

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ҚУРИЛИШ  
ВАЗИРЛИГИ**

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА  
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**САМАРҚАНД ДАВЛАТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ  
ИНСТИТУТИ**

**Х. Кулдашев, Х. Х. Абдусатторов,  
А. Х. Кулдашева**

**БЕТОН ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**Ўқув қўлланма**

**Самарқанд 2018**

**Х. Кулдашев, Х. Х. Абдусатторов, А. Х. Кулдашева.**  
Бетон технологияси. Ўқув қўлланма Самарқанд. 2018. 432 б.

**Такризчилар:**

**В. Ф. Усмонов** – т.ф.н., доцент “SVP Maskan” МЧЖ директори,

**А. А. Султонов** – т.ф.н. Мирзо Улуғбек номидаги Самарқанд Давлат архитектура-қурилиш институти “Қурилиш материаллари, буюмлари ва конструкцияларини ишлаб чиқариш” кафедраси доценти

*Мирзо Улуғбек номидаги Самарқанд Давлат архитектура-қурилиш институти Илмий Кенгашининг 2018-йил 15. XI. (2-сон баённома) мажлиси қарори билан Олий ўқув юртлари “Архитектура ва қурилиш” таълим соҳаси “Қурилиш материаллари, буюмлари ва конструкцияларини ишлаб чиқариш” таълим йўналиши талабалари учун ўқув қўлланма сифатида тавсия этилган*

Ўқув қўлланма Олий ўқув юртларининг 340000- „Архитектура ва қурилиш” таълим соҳаси, 5340500- “Қурилиш материаллари, буюмлари ва конструкцияларини ишлаб чиқариш” бакалавр таълим йўналиши ва 5А340501 - “Қурилиш материаллари, буюмлари ва конструкцияларини ишлаб чиқариш” магистр мутахассислиги талабалари учун мўлжалланган. Шунингдек, ўқув қўлланмадан соҳа муҳандис-техник ходимлари ва илмий изланувчилар ҳам фойдаланишлари мумкин.

**Кулдашев Х., Абдусатторов Х. Х,  
Кулдашева А. Х. 2018 й.**

## **Аннотация**

Ўқув қўлланмада бетонлар хақида асосий маълумотлар, бетон учун ишлатиладиган боғловчи ва тўлдирувчиларнинг ҳиллари, бетон қоришмаси ва унинг асосий хоссалари, бетон тузилишининг ҳосил бўлиши, унинг физик ва механик хоссалари, бетон таркибини ҳисоблаш тартиби, оғир, енгил, махсус ва алоҳида бетонларнинг турлари, хоссалари ва қўлланилиш соҳаси батафсил баён қилинган. Шунингдек, бетон сифатини назорат қилиш, унинг самарадорлигини ошириш, бетон қоришмасини тайёрлаш ва бетонга қаров ўтказиш бўйича маълумотлар берилган. Ўқув қўлланманинг асосий боблари мисоллар билан тўлдирилган.

## **Аннотация**

В учебном пособии изложены основные сведения о бетонах, разновидности вяжущих и заполнителей для бетона, основные свойства бетонных смесей, структурообразование и физико-механические свойства бетонов, порядок расчета составов бетона, разновидности, свойства и области применения тяжелых, легких, специальных и особых бетонов. Кроме того, описаны вопросы контроля качества и повышения эффективности бетонов, приготовление бетонной смеси и уход за бетоном. Основные главы учебного пособия дополнены примерами.

## **Annotation**

There are stated main information about concrete, varieties of binding and fillers for concrete mixtures, the main characteristics of concrete mixtures, structure formation and physics-mechanical characteristics of concrete, order calculation composition of concrete mix, varieties, characteristic and application heavy, light, special and particular concretes in this textbook. In addition described questions of the checking quality and increasing to efficiency concrete, preparation concrete mixture and care of concrete. Main chapters of textbook are complemented with examples.

## МУНДАРИЖА

КИРИШ.....	16
1-БОБ. БЕТОН ХАҚИДА АСОСИЙ МАЪЛУМОТЛАР.....	19
§1.1. Умумий тушунчалар.....	19
§1.2. Бетоннинг қурилишда ишлатилиш тарихи.....	20
§1.3. Бетоннинг синфланиши.....	23
2-БОБ. БЕТОН УЧУН МАТЕРИАЛЛАР.....	28
§2.1. Боғловчи моддалар.....	28
§2.1.1. Портландцементнинг таркиби ва асосий хоссалари.....	28
§2.1.2. Портландцементнинг махсус ҳиллари.....	32
§2.1.3. Оҳакли, гипсли, магнезиал ва мураккаб боғловчилар.....	40
§2.2. Бетон учун тўлдирувчилар.....	44
§2.2.1. Тўлдирувчиларнинг синфланиши, донадорлик таркиби ва хоссалари.....	44
§2.2.2. Тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлиги.....	49
§2.2.3. Майда тўлдирувчилар.....	52
§2.2.4. Йирик тўлдирувчилар.....	56
§2.3. Бетон учун қўшимчалар.....	63
§2.4. Бетон қоришмасини тайёрлаш учун сув.....	71
§2.5. Бетон учун ишлатиладиган материалларга доир мисоллар.....	71
3- БОБ. БЕТОН ҚОРИШМАСИ.....	78
§3.1. Бетон қоришмасининг тузилиши.....	78
§3.2. Бетон қоришмасининг реологик хоссалари.....	89
§3.3. Бетон қоришмасининг технологик хоссалари.....	96
§3.4. Бетон қоришма ҳаракатчанлиги ва бикрлигининг турли ҳил омилларга боғлиқлиги.....	101
§3.5. Бетон қоришмаси таркибини ҳисоблашга доир мисоллар.....	105
4-БОБ. БЕТОН ТУЗИЛИШИНING ҲОСИЛ БЎЛИШИ.....	110
§4.1. Бетон тузилишининг шаклланиши.....	110
§4.2. Бетоннинг тузилиши.....	119
§4.3. Қуруқ ва иссиқ иқлим шароитида бетон тузилишининг шаклланиши.....	123
§4.4. Бетон тузилишининг ҳосил бўлишига доир мисоллар.....	125
5-БОБ. БЕТОННИING МУСТАҲҚАМЛИГИ.....	128
§5.1. Бетоннинг юк таъсиридаги хусусиятлари.....	128
§5.2. Бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги.....	135
§5.3. Бетоннинг эгилишдаги-чўзилиш мустаҳкамлиги.....	142
§5.4. Бетон мустаҳкамлигининг таркибига боғлиқлиги.....	143
§5.5. Кўп компонентли бетонларнинг мустаҳкамлиги.....	147
§5.6. Бетоннинг мустаҳкамлигини аниқлашга доир мисоллар.....	149
6-БОБ. БЕТОННИING ДЕФОРМАТИВ ХОССАЛАРИ.....	154
§6.1. Бетон қоришмасининг бирламчи киришиш деформацияси.....	154
§6.2. Бетоннинг қотиш жараёнидаги киришиш деформацияси.....	156
§6.3. Бетоннинг юк таъсиридан деформацияланиши.....	157

§6.4. Бетоннинг ҳарорат таъсиридан деформацияланиши.....	163
7-БОБ. БЕТОННИНГ ФИЗИК ХОССАЛАРИ.....	166
§7.1. Бетоннинг зичлиги.....	166
§7.2. Бетоннинг ўтказувчанлиги.....	167
§7.3. Бетоннинг совуқбардошлиги.....	169
§7.4. Бетоннинг иссиқлик-физик хоссалари.....	171
§7.5. Бетоннинг физик хоссаларини аниқлашга доир мисоллар.....	172
8-БОБ. БЕТОННИНГ ЗАНГЛАШИ ВА УНИНГ ОЛДИНИ ОЛИШ ЧОРАЛАРИ.....	176
§8.1. Бетон ва темирбетонга зарарли муҳит таъсирининг алоҳида тамойиллари.....	176
§8.2. Суюқ зарарли муҳитда бетон занглашининг турлари.....	177
§8.3. Занглаш натижасида бетоннинг емирилиш чуқурлигини башорат қилиш.....	182
§8.4. Бетондаги арматура занглаши.....	183
§8.5. Темирбетон конструкцияларда бетон ва арматура занглашининг олдини олиш чоралари.....	186
9-БОБ. БЕТОННИНГ ҚОТИШИГА ҲАРОРАТНИНГ ТАЪСИРИ.....	190
§9.1. Бетоннинг меъёрий ҳароратда қотиши.....	190
§9.2. Бетоннинг қиш мавсумида қотиши.....	194
§9.3. Бетоннинг юқори ҳароратда қотиши.....	197
§9.4. Қуруқ ва иссиқ иқлим шароитида бетоннинг қотиши.....	203
§9.5. Бетоннинг қотишига ҳароратнинг таъсирига доир мисоллар.....	206
10-БОБ. ОҒИР БЕТОН ТАРКИБИНИ ЛОЙИҲАЛАШ.....	209
§10.1. Бетон таркибини танлашнинг умумий услуби.....	209
§10.2. Майда ва йирик тўлдирувчилар орасидаги нисбатни танлаш.....	212
§10.3. Бетон таркибини ҳисоблаш тартиби.....	216
§10.4. Бетон таркибини тажрибавий қоришмада текшириш.....	218
§10.5. Бетоннинг ишлаб чиқаришдаги таркибини аниқлаш.....	220
§10.6. Бетон таркибини график ва номограмма асосида аниқлаш.....	222
§10.7. Бетон таркибини кимёвий қўшимчалар билан аниқлаш.....	224
§10.8. Кўп компонентли бетонлар таркибини аниқлаш.....	229
§10.9. Оғир бетон таркибини лойиҳалашга доир мисоллар.....	232
11-БОБ. ОҒИР БЕТОННИНГ ТУРЛАРИ.....	238
§11.1. Йиғма темирбетон конструкциялар учун бетон.....	238
§11.2. Юқори мустаҳкам бетон.....	239
§11.3. Тез қотувчан бетон.....	241
§11.4. Майда кумли бетон.....	244
§11.5. Сув иншоотлари бетони.....	244
§11.6. Йўл ва аэродром қопламалари бетони.....	247
§11.7. Майда туйилган қўшимчали бетон.....	250
§11.8. Кам шағалли бетон.....	250
§11.9. Суюқ бетон.....	252

§11.10. Оғир бетон турлари таркибини ҳисоблашга доир мисоллар.....	253
12-БОБ. МАЙДА ДОНАЛИ БЕТОН.....	259
12.1. Майда донали бетоннинг алоҳида хоссалари.....	259
§12.2. Майда донали бетон таркибини лойиҳалаш.....	265
§12.3. Армоцементли конструкциялар учун майда донали бетон.....	266
§12.4. Микротўлдирувчи майда донали бетон.....	267
§12.5. Композицияли майда донали бетон.....	267
§12.6. Майда донали бетонлар таркибини ҳисоблашга доир мисоллар.....	270
13-БОБ. ЕНГИЛ БЕТОНЛАР.....	274
§13.1. Ғовакли тўлдирувчилар асосидаги енгил бетонлар.....	274
§13.2. Енгил бетон таркибини лойиҳалаш.....	277
§13.3. Ғоваклаштирилган енгил бетон.....	284
§13.4. Йирик ғовакли енгил бетон.....	287
§13.5. Ячейкали бетон.....	289
§13.6. Енгил бетонлар таркибини ҳисоблашга доир мисоллар.....	294
14-БОБ. БЕТОННИНГ АЛОҲИДА ТУРЛАРИ.....	300
§14.1. Силикатли бетон.....	300
§14.2. Цемент - полимерли бетон.....	303
§14.3. Полимербетонлар.....	305
§14.4. Бетонполимерлар.....	307
§14.5. Фибробетон.....	311
§14.6. Манзарали бетонлар.....	315
§14.7. Иккиламчи маҳсулот ва саноат чиқиндилари асосидаги бетонлар.....	316
§14.8. Арболит.....	318
§14.9. Иссиқбардош бетон.....	322
§14.10. Гипс боғловчили бетонлар.....	325
§14.11. Йирик ғовакли бетон.....	326
§14.12. Волластонитли бетон.....	328
§14.13. Бетоннинг алоҳида турлари таркибини ҳисоблашга доир мисоллар.....	331
15-БОБ. МАХСУС БЕТОНЛАР.....	335
§15.1. Махсус боғловчи моддалар асосидаги бетонлар.....	335
§15.2. Алоҳида хоссаларга эга бўлган бетонлар.....	342
§15.3. Юқори сифатли бетонлар.....	347
16-БОБ. БЕТОН СИФАТИНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШ.....	353
§16.1. Бетон ва темирбетон буюмларини ишлаб чиқаришда сифат назоратини ташкил қилиш.....	353
§16.2. Бетоннинг сифатини синдирмасдан назорат қилиш усуллари.....	357
§16.3. Бетоннинг сифатини механик усулларда назорат қилиш.....	359
§16.4. Бетоннинг сифатини физик усулларда назорат қилиш.....	365
§16.5. Бетоннинг деформациясини назорат қилиш.....	366

§16.6. Бетон сифатини назорат қилишга доир мисоллар .....	370
<b>17-БОБ. БЕТОН ТЕХНОЛОГИЯСИДА МАТЕМАТИК УСУЛЛАРНИ ҚЎЛЛАШ.....</b>	<b>375</b>
§17.1. Бетон сифатини статистик усуллар билан бошқариш.....	375
§17.2. Математик моделлаштириш асослари.....	376
§17.3. Бетон таркибини математик моделлаштириш асосида лойихалаш.....	378
<b>18-БОБ. БЕТОННИНГ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ.....</b>	<b>383</b>
§18.1. Бетон технологиясида материаллар, энергия ва меҳнат ресурсларини тежаш.....	383
§18.2. Бетон технологиясида экологик аспектлар.....	386
§18.3. Бетон ва темирбетон буюмларини таъмирлаш.....	387
<b>19-БОБ. БЕТОН ТЕХНОЛОГИЯСИНИ РИВОЖЛАНТИРИШ ЙЎЛЛАРИ.....</b>	<b>391</b>
§19.1. Цементли бетон ва композитлар тузилишининг шаклланишини бошқариш.....	391
§19.2. Гиперпластикловчилар.....	397
§19.3. Юқори мустаҳкам енгил бетонлар.....	400
§19.4. Ялтироқ бетон.....	403
<b>20-БОБ. БЕТОН ҚОРИШМАСИНИ ТАЙЁРЛАШ ВА БЕТОНГА ҚАРОВ ЎТКАЗИШ.....</b>	<b>406</b>
§20.1. Бетон қоришмасини тайёрлаш ва ташиш.....	406
§20.2. Бетон қоришмасини жойлаш ва зичлаш.....	408
§20.3. Бетон қоришмаси ва бетонга қаров ўтказиш.....	410
§20.3.1. Бетонга ички қаров ўтказиш.....	412
§20.3.2. Бетонга ташқи қаров ўтказиш.....	414
§20.4. Бетон ишларини бажаришда меҳнат муҳофазаси ва техника хавфсизлиги.....	417
<b>ИЛОВАЛАР.....</b>	<b>421</b>
<b>ГЛОССАРИЙ.....</b>	<b>426</b>
<b>АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ.....</b>	<b>429</b>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	16
ГЛАВА-1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О БЕТОНЕ.....	19
§1.1. Общие понятия.....	19
§1.2. История применения бетона в строительстве.....	20
§1.3. Классификация бетона.....	23
ГЛАВА-2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ БЕТОНА.....	28
§2.1. Вяжущие вещества.....	28
§2.1.1. Состав и основные свойства портландцемента.....	28
§2.1.2. Специальные виды портландцемента.....	32
§2.1.3. Известковые, гипсовые, магнезиальные и композиционные вяжущие.....	40
§2.2. Заполнители для бетона.....	44
§2.2.1. Классификация заполнителей, зерновой состав и их свойства.....	44
§2.2.2. Прочность заполнителей.....	49
§2.2.3. Мелкие заполнители.....	52
§2.2.4. Крупные заполнители.....	56
§2.3. Добавки к бетонам.....	63
§2.4. Вода для приготовления бетонной смеси.....	71
§2.5. Примеры по материалам, используемым для бетона.....	71
ГЛАВА-3. БЕТОННАЯ СМЕСЬ.....	78
§3.1. Структура бетонной смеси.....	78
§3.2. Реологические свойства бетонной смеси.....	89
§3.3. Технологические свойства бетонной смеси.....	96
§3.4. Зависимость подвижности и жесткости бетонной смеси от различных факторов.....	101
§3.5. Примеры по расчёту составов бетонной смеси.....	105
ГЛАВА-4. СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ БЕТОНА.....	110
§4.1. Формирование структуры бетона.....	110
§4.2. Структура бетона.....	119
§4.3. Формирование структуры бетона в условиях сухого и жаркого климата.....	123
§4.4. Примеры по процессам структурообразования бетона.....	125
ГЛАВА-5. ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА.....	128
§5.1. Поведение бетона под нагрузкой.....	128
§5.2. Прочность бетона при сжатии.....	135
§5.3. Прочность бетона на растяжение при изгибе.....	142
§5.4. Зависимость прочности бетона от его состава.....	143
§5.5. Прочность многокомпонентных бетонов.....	147
§5.6. Примеры по определению прочности бетона.....	149
ГЛАВА-6. ДЕФОРМАТИВНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНА.....	154
§6.1. Первоначальная усадка бетонной смеси.....	154
§6.2. Усадочные деформации в процессе твердения бетона.....	156



§6.3. Деформации бетона под нагрузкой .....	157
§6.4. Температурные деформации бетона .....	163
ГЛАВА-7. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОНА .....	166
§7.1. Плотность бетона .....	166
§7.2. Проницаемость бетона .....	167
§7.3. Морозостойкость бетона .....	169
§7.4. Теплофизические свойства бетона.....	171
§7.5. Примеры по определению физических свойств бетона.....	172
ГЛАВА-8. КОРРОЗИЯ БЕТОНА И МЕРЫ БОРЬБЫ С НЕЙ .....	176
§8.1. Особенности воздействия агрессивных сред на бетон и железобетона.....	176
§8.2. Виды коррозии бетона в жидкой агрессивной среде.....	177
§8.3. Прогнозирование глубины разрушения бетона при коррозии.....	182
§8.4. Коррозия арматуры в бетоне.....	183
§8.5. Предотвращение коррозии в бетона и арматуры в железобетонных конструкциях.....	186
ГЛАВА-9. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТВЕРДЕНИЕ БЕТОНА.....	190
§9.1. Твердение бетона при нормальной температуре.....	190
§9.2. Твердение бетона в зимний период.....	194
§9.3. Твердение бетона при повышенных температурах.....	196
§9.4. Твердение бетона в условиях сухого и жаркого климата.....	203
§9.5. Примеры по влиянию температуры на твердение бетона.....	206
ГЛАВА-10. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА.....	209
§10.1. Общие методы подбора состава бетона.....	209
§10.2. Выбор соотношения между мелким и крупным заполнителями.....	212
§10.3. Порядок расчета состава бетона.....	216
§10.4. Экспериментальная проверка состава бетона.....	218
§10.5. Определение производственного состава бетона.....	220
§10.6. Определение состава бетона по графикам и номограммам.....	222
§10.7. Определение состава бетона с химическими добавками.....	224
§10.8. Определение состава многокомпонентных бетонов .....	229
§10.9. Примеры по проектированию состава тяжелых бетонов.....	232
ГЛАВА-11. РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА .....	238
§11.1. Бетон для сборных железобетонных конструкций.....	238
§11.2. Высокопрочный бетон .....	239
§11.3. Быстротвердеющий бетон.....	241
§11.4. Бетон на мелком песке.....	244
§11.5. Бетон для гидротехнических сооружений .....	244
§11.6. Бетон для дорожных и аэродромных покрытий.....	247
§11.7. Бетон с тонкомолотыми добавками.....	250
§11.8. Малощебеночный бетон.....	250
§11.9. Литый бетон.....	252

§11.10. Примеры по расчету состава различных видов тяжелого бетона.....	253
ГЛАВА-12. МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН .....	259
§12.1. Особенности свойств мелкозернистого бетона .....	259
§12.2. Проектирование состава мелкозернистого бетона.....	265
§12.3. Мелкозернистый бетон для армоцементных конструкции.....	266
§12.4. Мелкозернистый бетон с микронаполнителями.....	267
§12.5. Композиционный мелкозернистый бетон .....	267
§12.6. Примеры по расчету состава мелкозернистых бетонов.....	270
ГЛАВА-13. ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ.....	274
§13.1. Легкие бетоны на пористых заполнителях.....	274
§13.2. Проектирование состава легких бетонов .....	277
§13.3. Поризованный легкий бетон .....	284
§13.4. Крупнопористый легкий бетон.....	287
§13.5. Ячеистый бетон.....	289
§13.6. Примеры по расчету состава легких бетонов.....	294
ГЛАВА-14. ОСОБЫЕ ВИДЫ БЕТОНА.....	300
§14.1. Силикатный бетон.....	300
§14.2. Цементно-полимерный бетон.....	303
§14.3. Полимербетоны.....	305
§14.4. Бетонополимеры.....	307
§14.5. Фибробетон.....	311
§14.6. Декоративный бетон .....	315
§14.7. Бетон на основе вторичного сырья и отходов промышленности.....	316
§14.8. Арболит.....	318
§14.9. Жаростойкий бетон .....	322
§14.10. Бетоны на гипсовых вяжущих .....	325
§14.11. Крупнопористый бетон .....	326
§14.12. Волластонитовый бетон .....	328
§14.13. Примеры по расчету состава особых видов бетона .....	331
ГЛАВА-15. СПЕЦИАЛЬНЫЕ БЕТОНЫ .....	335
§15.1. Бетоны на специальных вяжущих веществах.....	335
§15.2. Бетоны с особыми свойствами .....	342
§15.3. Высококачественные бетоны .....	347
ГЛАВА-16. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БЕТОНА .....	353
§16.1. Организация контроля качества при производстве бетона и железобетонных изделий .....	353
§16.2. Неразрушающие методы контроля качества бетона .....	357
§16.3. Механические методы контроля качества бетона .....	359
§16.4. Физические методы контроля качества бетона .....	365
§16.5. Контроль за деформациями бетона .....	366
§16.6. Примеры по контролю качества бетона .....	370
ГЛАВА-17. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА.....	375

§17.1. Статистические методы управления качеством бетона.....	375
§17.2. Основы математического моделирования.....	376
§17.3. Проектирование состава бетона по математическим моделям .....	378
<b>ГЛАВА-18. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕТОНА .....</b>	<b>383</b>
§18.1. Экономия материальных, энергетических и трудовых ресурсов в технологии бетона.....	383
§18.2. Экологические аспекты в технологии бетона .....	386
§18.3. Ремонт бетонных и железобетонных изделий.....	387
<b>ГЛАВА-19. ПУТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА. ....</b>	<b>391</b>
§19.1. Управление структурообразованием цементного бетона и композитов.....	391
§19.2. Гиперпластификаторы .....	397
§19.3. Высокопрочные легкие бетоны .....	400
§19.4. Прозрачный бетон .....	403
<b>ГЛАВА-20. ПРИГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ И УХОД ЗА БЕТОНОМ.....</b>	<b>406</b>
§20.1. Приготовление и транспортировка бетонной смеси.....	406
§20.2. Укладка и уплотнение бетонной смеси.....	408
§20.3. Уход за бетонной смесью и бетоном.....	410
§20.3.1. Внутренний уход за бетоном .....	412
§20.3.2. Внешний уход за бетоном .....	414
§20.4. Охрана труда и техника безопасности при выполнении бетонных работ.....	417
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ.....</b>	<b>421</b>
<b>ГЛОССАРИЙ.....</b>	<b>426</b>
<b>ГЛОССАРИЙ.....</b>	<b>429</b>

## THE CONTENTS

INTRODUCTION.....	16
CHAPTER-1. THE MAIN INFORMATION ABOUT CONCRETE.....	19
§1.1. The General notions.....	19
§1.2. The History of using the concrete in construction.....	20
§1.3. The Categorization of concrete.....	23
CHAPTER-2.THE MATERIAL FOR CONCRETE.....	28
§2.1. The binding material.....	28
§2.1.1. The Composition and main characteristic of portlandcement... ..	28
§2.1.2. The Special types of portlandcement.....	32
§2.1.3. Lime, gypsum, ox chloride cement and composition binding materials.....	40
§2.2. Concrete aggregate.....	44
§2.2.1. The Categorization of concrete aggregate, grain distribution and their characteristics.....	44
§2.2.2. Toughness of concrete aggregate.....	49
§2.2.3. The fine aggregate.....	52
§2.2.4. The coarse aggregate.....	56
§2.3. The concrete admixture.....	63
§2.4. Water for preparation concrete mixture.....	71
§2.5. The Examples on materials, used for concrete.....	71
CHAPTER-3. THE CONCRETE MIXTURE.....	78
§3.1. The Structure of concrete mixture.....	78
§3.2. Rheological properties of concrete mixture.....	89
§3.3. The Technological properties of concrete mixture .....	96
§3.4. The dependence of flow ability and hardness of concrete mixture from different factor.....	101
§3.5. The Examples on calculation composition of concrete mixture.	105
CHAPTER-4. THE STRUCTURIZATION OF CONCRETE.....	110
§4.1. Shaping of structure of concrete.....	110
§4.2. The Structure of concrete.....	119
§4.3. Shaping of structure of concrete in condition dry and hot climate.....	123
§4.4. The Examples on of structurization of concrete.....	125
CHAPTER-5.TOUGHNESS OF CONCRETE.....	128
§5.1. The Behavior of concrete under load.....	128
§5.2. Toughness of concrete at compression.....	135
§5.3. Toughness of concrete on sprain by bending.....	142
§5.4. The Dependency of toughness of concrete from its composition.....	143
§5.5. Toughness of multicomponent concretes.....	147
§5.6. The Examples on determination of toughness of concrete.....	149
CHAPTER -6. DEFORMATION PROPERTIES OF CONCRETE.....	154
§6.1. The Initial shrinkage of concrete mixture .....	154

§6.2. Shrink deformation in process of hardening of concrete.....	156
§6.3. Deformation of concrete mix under load.....	157
§6.4. Warm-up deformation of concrete.....	163
CHAPTER -7. THE PHYSICAL CHARACTERISTICS OF CONCRETE	166
§7.1. Density of concrete.....	166
§7.2. Permeability of concrete.....	167
§7.3. Freeze resistance of concrete.....	169
§7.4. Thermophysical properties of concrete.....	171
§7.5. The Examples on finding physical characteristics of concrete...	172
CHAPTER -8. CORROSION OF CONCRETE AND KARASURES OF FIDGHT WITH.....	176
§8.1. Parti cularity of influence of aggressive ambienceson concrete and reinforced concrete.....	176
§8.2. Types of corrosion concrete in fluid aggressive am bience.....	177
§8.3. Fare casting of the depth of destruction of concrete in corrosion.....	182
§8.4. Corrosion of steel in concrete.....	183
§8.5. Corrosion of concrete and steel in reinforced constructions.....	186
CHAPTER -9. THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON HARDENING OF CONCRETE.....	190
§9.1. Hardening of concrete under normal temperature.....	190
§9.2. Hardening of concrete in winter period.....	194
§9.3. Hardening of concrete under higher temperature.....	197
§9.4. Hardening of concrete in condition of dry and hot climate.....	203
§9.5. The Examples influence of temperature on hardening of concrete.....	206
CHAPTER -10. DESIGNING THE COMPOSITION OF HEAVY CONCRETE .....	209
§10.1. The General methods of selecting the composition of concrete. ....	209
§10.2. Choice correlation between fine and coarse aggregates.....	212
§10.3. The Order calculationof compositionof concrete.....	216
§10.4. Experimental checking the compositionof concrete.....	218
§10.5. The Determination of the production composition of concrete. ....	220
§10.6. The Determination of composition of concrete on graph and nomogramme.....	222
§10.7. The Determination of compositionof concrete withchemical additive.....	224
§10.8. The Determination of compositionplural-componentconcrete...	229
§10.9. The Examples ondesigning the composition heavy-concrete.....	232

CHAPTER -11. THE DIFFERENT TYPES OF THE HEAVY CONCRETE .....	238
§11.1. The Concrete for assembly rein-forced concrete construction...	238
§11.2. High-strength concrete.....	239
§11.3. Fast-hardening concrete.....	241
§11.4. The Concrete on smallsong.....	244
§11.5. The Concrete for hydraulic facilities.....	244
§11.6. The Concrete for road and airfield-grade concrete.....	247
§11.7. The Concrete with fine powder additive.....	250
§11.8. Few-stone concrete.....	250
§11.9. Liquid concrete.....	252
§11.10. The Examples on calculation of compositiondifferent type of heavy concrete.....	253
CHAPTER -12. THE FINE-GRAINED CONCRETE.....	259
§12.1. The Particularities characteristic fine-grained concrete.....	259
§12.2. Designing the composition of fine-grained concrete.....	265
§12.3. The Fine-grained concrete for armocement structure.....	266
§12.4. The Fine-grained concrete with micro-filling material,.....	267
§12.5. The Composite fine-grained concrete.....	267
§12.6. The Examples on calculation of composition fine-grained concrete.....	270
CHAPTER -13. EASY CONCRETE.....	274
§13.1. The Easy concretes on porous aggregate.....	274
§13.2. Designing the compositioneasyconcrete .....	277
§13.3. Porous easy-concrete.....	284
§13.4. Popcorn concrete easy concrete.....	287
§13.5. Cellular concrete.....	289
§13.6. The Examples on calculationof the compositioneasy concrete..	294
CHAPTER -14. SPECIAL TYPES OF CONCRETE.....	300
§14.1. Silicate concrete.....	300
§14.2. Cement-polymeric concrete.....	303
§14.3. Polimer-concrete.....	305
§14.4. Concrete-polimer.....	307
§14.5. Fibroconcrete.....	311
§14.6. Decorativeconcrete.....	315
§14.7. The Concrete on base secondary cheese and departure of industry.....	316
§14.8. Arbolit.....	318
§14.9. Heat-resistant concrete.....	322
§14.10. The Concretes on gypsum binding material.....	325
§14.11. Popcornconcrete.....	326
§14.12. Vollastoneconcrete.....	328
§14.13. The Examples on calculationof composition special types of concrete.....	331

CHAPTER -15. THE SPECIAL CONCRETES.....	335
§15.1. The Concretes on special binding materials.....	335
§15.2. The Concretes withspecialcharacteristics.....	342
§15.3. The High-quality concretes.....	347
CHAPTER -16. CONTROL QUALITY OF CONCRETE.....	353
§16.1. The Organization of control quality at production of the concrete and the rein-forced concrete products.....	353
§16.2. Non-destructive testing methods of control quality of concrete.....	357
§16.3. The Mechanical methods of controlqualityo concrete.....	359
§16.4. The Physical methods of controlquality of concrete.....	365
§16.5. Controlfordeformingtheconcrete.....	366
§16.6. The Examples oncontrolquality of concrete.....	370
CHAPTER -17. THE MATHEMATICAL METHODS IN TECHNOLOGIES OF CONCRETE.....	375
§17.1. The Statistical methods of management quality concrete.....	375
§17.2. The Bases of mathematical modeling.....	376
§17.3. Designing the composition of concrete on mathematical model.....	378
CHAPTER -18. INCREASING TO EFFICIENCY OF CONCRETE.....	383
§18.1. The Economy material, energy and labor resource in technologies of concrete.....	383
§18.2. The Ecological aspects in technologies of concrete .....	386
§18.3. The Repair concrete and rein-forced concrete products.....	387
CHAPTER -19. THE WAYS OF DEVELOPMENT TECHNOLOGIES OF CONCRETE.....	391
§19.1. Management structure formation of cement concrete and thecomposite.....	391
§19.2. Giperplastifikatore.....	397
§19.3. High-strength easy concretes.....	400
§19.4. Transparent concrete .....	403
CHAPTER -20. THE PREPARATION CONCRETE MIXTURE AND CARE FOR CONCRETE.....	406
§20.1. The Preparation and transportation concrete mixture.....	406
§20.2. The Stowage and compaction concrete mixture.....	408
§20.3. Care for concrete mixture and concrete.....	410
§20.3.1. Internal care for concrete.....	412
§20.3.2. External care for concrete .....	141
§20.4. The Guard of labour and safety when performing concretework.....	417
APPLICATION.....	421
GLOSSARY.....	426
THE LITERATURE.....	429

*Қадрли устозимиз профессор  
Зарифбой Юсуповнинг  
хотирасига бағишланади.*

## **КИРИШ**

Маълумки, мамлакатимизда чуқур ўзгаришлар, сиёсий ва ижтимоий-иқтисодий ҳаётнинг барча томонларини изчил ислоҳ этиш, жамиятимизни демократик янгилаш ва модернизациялаш жараёнлари жадал суръатлар билан амалга оширилмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг “Кадрлар тайёрлаш миллий дастури” ва “Таълим” тўғрисидаги қонунларда белгиланган вазифалардан келиб чиққан ҳолда таълим, хусусан олий таълим тизимида сифат жиҳатидан чуқур ислохотлар амалга оширилмоқда. Ушбу қонунларда белгиланган қарорларни бажариш учун “олий ўқув юртлари” зиммасига замон талабларига жавоб берадиган юқори малакали кадрларни тайёрлашдек улкан вазифалар қўйилган. Бу эса мамлакатимиз ижтимоий-иқтисодий ривожланишининг асосий пойдевори ҳисобланади.

Ҳозирги пайтда мамлакатимизнинг ишлаб чиқариш саноатига замонавий технологиялар жадал кириб келмоқда. Айниқса қурилиш индустрияси жуда тез суръатлар билан ривожланиб бораётганлиги натижасида қурилиш материалларининг сифати яхшиланиб ва уларнинг ҳиллари кўпайиб, янги технологик усуллар жорий этилмоқда. Бу эса бўлажак мутахассисларнинг юқори савияли билимга эга бўлишини талаб қилади.

Ишлаб чиқаришнинг тез суръатлар билан юксалиши малакали мутахассислар тайёрлаш тизимини янада ривожлантиришни, фан техника тараққиёти талабларидан келиб чиққан ҳолда таълимни бевосита ишлаб чиқариш билан биргаликда олиб боришни тақозо этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947 сонли фармони билан тасдиқланган 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича “Ҳаракатлар стратегияси”да кейинги беш йилда барча соҳаларда олиб бориладиган ислохотларнинг аниқ йўналишлари белгилаб берилган. Жумладан, “Ижтимоий соҳани ривожлантириш” деб номланган тўртинчи йўналиш туман ва шаҳарларни комплекс ва мутонасиб ҳолда ижтимоий-иқтисодий тараққий эттириш, аҳолини арзон уй-жой, электр энергия, газ, йўл-транспорт, муҳандислик-коммуникациялар билан таъминлашни яхшилаш шунингдек, “Олий ўқув юртлари” таълим сифатини янада ошириш, замон талабларига жавоб берадиган юқори малакали кадрларни тайёрлаш чора-тадбирларини амалга оширишни назарда тутди.

Шу сабабли кейинги йилларда мамлакатимизнинг капитал қурилиш соҳасига алоҳида эътибор берилиши билан бирга, уни ривожлантириш учун ҳар йили жуда катта маблағ ажратилмоқда. Қурилиш индустриясини ривожлантирмасдан туриб, ҳалқ хўжалигида керакли ютуққа эришиб бўлмайди.



Бугун шаҳар ва қишлоқларимизнинг турмуш даражасини тубдан юксалтириш мақсадида, минтақамизнинг иқлим ва демографик ҳолатини ҳисобга олган ҳолда, турар-жой биноларининг намунавий лойиҳалари тайёрланиб, шу лойиҳалар асосида замонавий уйлар, маиший хизмат кўрсатиш мажмуалари ва х. к. барпо этилмоқда. Табиийки, бундай улкан бунёдкорлик ишлари учун замонавий бетон ва темирбетон буюмлари зарур бўлади. Айти пайтда жойларда ана шундай мақсадлар учун хизмат қилувчи кўплаб корхоналар фаолият юритмоқда. Бу эса қурилиш материаллари ва конструкцияларига бўлган эҳтиёжни таъминлаш учун шароит яратмоқда.

Бетон технологиясининг ривожланиши, уни ишлаб чиқариш ва қўлланилишининг ошиши, шу соҳадаги илм-фан ва техникада эришилган ютуқлар, қурилишнинг қувватли индустриал базасини барпо этиш билан узвий боғлиқ. Кейинги йилларда бетон ишларини бажаришнинг ҳамма босқичлари яъни, бетон қоришмасининг таркибини танлашдан тортиб, қуйма бетон конструкциялар сифатини назорат қилишгача бўлган жараёнлар мукамаллаштирилган.

Ҳозирги пайтда қурилиш материаллари ва буюмлари умумий ҳажмининг қарийиб 70...80 % ни бетон ва бетонлар асосида тайёрланган буюм ҳамда конструкциялар ташкил этади. Бетон ўзининг физик-механик хоссалари, мустаҳкамлиги, уларни ишлаб чиқаришдаги техник-иқтисодий самарадорлиги ва хом ашё захираларининг етарли даражада эканлиги билан бугунги кунда ва келажакда капитал қурилишда энг юқори потенциалга эга бўлган материал бўлиб қолаверади.

Бетон ва бетон асосидаги конструкцияларни ишлаб чиқариш кун сайин ривожланиб бормоқда. Шу нуқтаи-назардан бетон технологиясини такомиллаштириш, унинг хосаларини яхшилаш, юқори самарадор бетонлар олиш муҳим аҳамиятга эгадир. Шунингдек, малакали мутахассисларни тайёрлаш, уларни бетоншунослик, бетон ва темирбетон буюмларини ишлаб чиқариш технологияси асослари билан чуқур таништириш асосий масалалардан бири ҳисобланади.

Ўқув қўлланма Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги томонидан тасдиқланган “Олий ўқув юртларида мутахассислар тайёрлаш учун ўқув режалар ва дастурлар” асосида ёзилди ва у олий ўқув юртларининг “Архитектура ва қурилиш” таълим соҳаси “Қурилиш материаллари, буюмлари ва конструкцияларини ишлаб чиқариш” бакалавр таълим йўналиши ва магистр мутахассислиги талабалари учун мўлжалланган. Унда Республикаимизнинг бетон технологияси соҳасидаги фан ва техника тараққиётининг истиқболлари ҳисобга олинди.

Ўқув қўлланманинг мақсади талабаларга “Бетон технологияси” бўйича керакли маълумотларни ўргатишдан иборат бўлиб, у тузилишига кўра бири-бирига боғлиқ йигирмата бобдан иборат ва алоҳида боблардаги назарий материаллар мисоллар билан тўлдирилган.

Ўқув қўлланмада терминларнинг ишлатилишига алоҳида эътибор берилди. Бунда ўзбек тилида аввал нашр этилган турдош адабиётларда, жумладан, қурилиш конструкциялари, темирбетон ва тош ғишт конструк-

циялари, бетон ва темирбетон буюмлари ишлаб чиқариш технологияси ва қурилиш материаллари бўйича профессорлар А. Б. Ашрабов, Б. А. Асқаров, Х. А. Акрамов, Э. У. Қосимов, Н. А. Самиғов, А. А. Тўлаганов, У. А. Газиев, доцентлар В. Ф. Усмонов, А. А. Султонов, Х. Н. Нуриддинов, Х. Х. Комилов ва бошқалар томонидан ишлатилган терминлардан унумли фойдаланилди.

Шунингдек, “Ўзбекистон Республикаси Қурилиш Вазирлиги” томонидан нашр этилган ҚМҚ ва ШНҚ да қабул қилинган белгиланишларга ва ҳалқаро бирликлар тизими (СИ - тизими) га амал қилинди.

Ўқув қўлланманинг кириш, 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15 боблари техника фанлари номзоди, доцент Х. Кулдашев, 12, 16, 17, 18, 19 боблари техника фанлари номзоди Х. Х. Абдусатторов, 2, 3, 20 боблари катта ўқитувчи А. Х. Кулдашевалар томонидан тайёрланди.

Ўқув қўлланма сифатини яхшилаш борасида ўларининг қимматли фикр ва маслаҳатларини бергани учун тақризчилар техника фанлари номзодлари, доцентлар В. Ф. Усмонов ва А. А. Султоновларга шунингдек, ўқув қўлланмани чоп этишда беғараз хомийлик қилган “GULCHORBOG<sup>1</sup> REAL AVTO STROY INVEST” МChJ раҳбари М. Н. Ибрагимовга ўзларининг самимий миннатдорчиликларини изҳор этади.

Ўқув қўлланма хато ва камчиликлардан холи эмас, шу сабабли унинг сифатини яхшилаш учун билдириладиган барча таклиф ва танқидий мулоҳазаларни муаллифлар миннатдорчилик билан қабул қилади ва қуйидаги манзилга юборишингизни сўрайди: 140147, Самарқанд шаҳри, Лолазор кўчаси, 70. Самарқанд Давлат архитектура-қурилиш институти, “Қурилиш материаллари, буюмлари ва конструкцияларини ишлаб чиқариш” кафедраси.

# 1-БОБ. БЕТОН ХАҚИДА АСОСИЙ МАЪЛУМОТЛАР

## §1.1. Умумий тушунчалар

Аниқ нисбатларда танлаб олинган минерал боғловчи моддалар, сув, йирик ва майда тўлдирувчилар (зарур ҳолларда махсус қўшимчалар) аралашмасининг қотиши натижасида ҳосил бўлган сунъий тошга “бетон” дейилади (бетон “лотинча” сўздан олиган бўлиб, тузилмавий материал маъносини билдиради). Ушбу компонентларнинг қуюқ ҳолдаги аралашмаси то у қота бошлангунга қадар “бетон қоришмаси” деб аталади.

Бетоннинг ёки бетон қоришмасининг айрим хоссаларини яхшилаш, таннархини камайтириш ва сифатини ошириш мақсадида тайёрлаш жараёнида унга махсус қўшимчалар ҳам қўшилади.

Қурилишда асосан цемент ёки бошқа боғловчилар асосида тайёрланадиган бетонлар кенг қўлланилади. Бундай бетонлар одатда сув билан қориштирилади. Сув ва цемент бетон таркибининг фаол ташкил этувчилари ҳисобланади. Улар орасидаги содир бўладиган реакция натижасида ёпишқоқ қоришма ҳосил бўлади. У тўлдирувчилар доналари атрофини юпқа қатлам билан ўраб тўлдиради, сўнгра вақт ўтиши билан қуюқлашиб қотади ва бетон қоришмаси яхлит бетонга айланади. Яъни, қотган бетон тузилиши шаклланади.

Одатда, цементли бетонларда қотган цемент миқдори бетон ҳажмининг 15...20 % ни, йирик ва майда тўлдирувчилар эса 80...85 % ни ташкил қилади ва таркибнинг асосий скелетини шакллантиради.

Тўлдирувчилар бетон ҳажмининг асосий қисмини ташкил қилганлиги сабабли, бетоннинг таннархини мумкин қадар камайтириш учун маҳаллий тўлдирувчилардан ҳамда саноат чиқиндиларидан кенг фойдаланиш мақсадга мувофиқдир.

Бетон ва темирбетон буюмларини ишлаб чиқаришда қурилиш ишларининг самарадорлигига талаблар қўйилади. Уларни муваффақиятли равишда амалга ошириш учун асосан, материал ва конструкциялар ишлаб чиқаришни ривожлантириш, қурилиш таннархи ва сермехнатлигини, буюмлар оғирлигини ва бошқа харажатлар сарфини камайтиришни таъминловчи омилларга эришмоқ талаб қилинади.

Бугунги кунда бетон асосий қурилиш материалларидан бири бўлиб, бино ва иншоотлар қурилишида кенг қўлланилади. Бетондан қуйма, йиғма ва аралаш (қуйма-йиғма) усулларда бетон ҳамда темирбетон буюмлар ва конструкциялар тайёрланади. Шунингдек, муҳандислик ва махсус бино ҳамда иншоотларни барпо этишда жумладан, кўприклар, сув иншоотлари (тиргак деворлари, каналлар, лоток ариқлар, сув хавзалари ва ш.к.), йўл қопламалари, электр таянчлари, ер ости иншоотлари (метрополитен, тозалаш тизимлари), атом электростанцияси реакторлари ва бошқа иншоотлар қурилишида бетон асосий қурилиш материали сифатида кенг қўлланилади. Шу сабабли унга бўлган талаб кун сайин ортиб ва бетон ишлаб чиқариш ҳажми кенгайиб бормоқда.

Бетоннинг қурилишда кенг қамровда ишлатилишининг асосий сабаблари ва афзалликлари шундан иборатки, унинг мустаҳкамлик, зичлик, иссиқ сақловчанлик ва бошқа ш. к. хоссаларини бошқариш мумкин.

Бетон қоришмасининг хусусиятларини бошқариш учун унинг таркибига турли ҳил қўшимчалар киритилиб, қоришманинг қотишини тезлатиш ёки секинлатиш мумкин, пластиклиги ва қулай жойланувчанлигини яхшилаш, мустаҳкамлиги ва совуққа чидамлилигини ошириш шунингдек, зарур ҳолларда унинг хусусиятларини ўзгартириш ҳам мумкин.

Бетоннинг афзаллик томонлари унинг узоқ муддатга чидамлилиги, ташқи муҳит ва бошқа салбий таъсирларга турғунлиги, ундан буюм тайёрлашнинг оддийлиги, тайёрланадиган буюмларга турли ҳилдаги шакллари бериш имкониятлари мавжудлиги кабилардир.

Темирбетон конструкцияларда эса бетон пўлат арматура билан жуда мустаҳкам бирикади (тишлашади) ва биргаликда ишлашини таъминлайди. Шунингдек, бетон арматурани занглашдан, иссиқдан ва бошқа салбий омиллар таъсиридан ҳимоя қилади.

Бетон бошқа қурилиш материаллари каби камчиликлардан ҳам холи эмас: унинг ўртача зичлиги юқори ва у айрим ҳолларда қийинчилик туғдиради; иссиқ ва товушни яхши ўтказади; қотиши учун маълум вақт талаб қилинади; қотиши жараёнида ҳажмий киришиш (ёки кенгайиш) деформацияланишидан ёриқлар пайдо бўлади; қиш мавсумида бетон ишларини бажариш учун қўшимча ҳаражатлар талаб қилинади (иситиш ва ш. к.); булардан ташқари, бетоннинг хоссалари ва уни ишлаб чиқариш технологиясида сезиларли камчиликлар мавжуд бўлиб, уни такомиллаштириш учун илмий тадқиқот ишларини узвий равишда олиб боришни тақозо этади.

Капитал қурилишда материал манбалари умумий нархининг 25...30 % га яқини бетон ва темирбетон конструкциялари хиссасига тўғри келади. Бу бошқа қурилиш конструкцияларининг нархи ва ҳажмидан анча юқоридир. Шу сабабли бетон юқорида қайд қилиб ўтилган ўзининг бир қатор афзал томонларига кўра ҳозирги кунда ва яқин келажакда капитал қурилишда асосий қурилиш материалларидан бири бўлиб қолаверади.

## **§1.2. Бетоннинг қурилишда ишлатилиш тарихи**

Бетон жуда қадимдан ишлатилиб келинган қурилиш материали ҳисобланади. Маълумки, эрамиздан олдин барпо этилган ва ҳозирги кунгача сақланиб келинаётган бино ва иншоотлар жуда мустаҳкам ва чидамли бўлиб, уларнинг асосий қисмлари бетондан ташкил топган. Эрамиздан олдин қурилган Мисрдаги иншоотларда, буюк Хитой деворининг бир қисмида, Италия, Греция, Хиндистон ва бошқа мамлакатларда қурилган иншоотларда бетон қўлланилган бўлиб, ҳозирги вақтгача сақланиб қолган. Рим шаҳридаги Пантеон мачитининг деаметри 40 м бўлган гумбази устки қисми бетон билан қопланган, Неаполь шаҳри яқинида бетондан кўприк қурилган, Миср, Ироқ

ва Эронда суғориш тармоқлари (лоток-ариклар, қувурлар ва ш. клар) қурилишида бетондан фойдаланилган.

Қурувчи мутахассисларнинг мустаҳкам сунъий материал тайёрлаш соҳасида тинимсиз олиб борган изланишлари натижасида сувда ҳам қотиш хусусиятига эга бўлган боғловчи модда ишлаб чиқарилди. Бу модда дастлаб XIX асрнинг бошида рус қурувчи-муҳандиси Е.Челиев томонидан лой-гил ва оҳак қоришмасини юқори ҳароратда қуйдириб, сўнгра совутилгач майдалаб туйиш орқали ҳосил қилинган. Бундай гидравлик боғловчи моддага “цемент” (тош елими) деб ном берилган. Бир вақтнинг ўзида цемент англиялик муҳандис Аспдин томонидан ҳам кашф этилган бўлиб, унга “портландцемент” деб ном берилган (асосий хом ашё Портланд номли шаҳарча яқинидан олингани учун шу ном берилган).

Кейинроқ яъни, XIX асрнинг ўрталарига келиб цемент ишлаб чиқариш технологияси Петербург (ҳозирги Санкт Петербург) ҳарбий муҳандислик академияси профессори А. Р. Шуляченко томонидан такомиллаштирилиб, тўлиқ йўлга қўйилган. Натижада бетон тайёрлаш учун боғловчи модда сифатида цемент ишлатила бошланган.

Сув-цемент аралашмасига йирик тошлар ва майда қумлар қўшиб тайёрланган қоришманинг маълум вақт давомида қотиши натижасида ҳосил қилинган сунъий тош яъни, бетон янги материал сифатида ўзининг мустаҳкамлиги ва бошқа хоссалари бўйича табиий тош материаллардан фарқ қилмаган.

Дастлаб бетон қуйма бино ва иншотларни барпо этишда қўлланила бошланган. Бунда асосан қуюқ ва кам ҳаракатчан бетон қоришмалари зичлантирилиб ишлатилган. Кейинроқ арматураланган бетон яъни “*темир-бетон*” конструкциялари пайдо бўлгач, ҳаракатчан ва суюқ бетон қоришмалари ҳам ишлатила бошланди (арматура тўрлари ва синчлари орасини тўлдириш учун асосан ҳаракатчан бетон қоришмаси ишлатилади).

Темирбетон-бу бетон танасига пўлат стерженлар яъни, “*арматура*” жойлаштирилган (арматураланган) бетондир. Арматура италянча сўздан олинган бўлиб “*қуроллантириш*” маъносини билдиради. Натижада зич ва мустаҳкам бетон олиш учун бетон қоришмасини титратиб зичлаш усуллари ишлаб чиқилди.

Ўтган асрнинг бошларидан бошлаб хорижий давлатларда бетон технологияси бўйича бир қанча ишлар амалга оширилган. Бунга қуйидаги муаллифларнинг Р. Фере (Франция), О. Грофа (Олмания), И. Боломе (Швецария), Д. Абрадс (АҚШ) ишларини мисол келтириш мумкин. Москва (Россия) шаҳрининг бетон мактабида 1930 йилда Б. Г. Скрамтаев, Н. А. Попов С. А. Миронов, С. В. Шестоперов, Р. М. Миклашевский ва бошқа олимлар томонидан қиш мавсумида бетон ишларини бажариш усуллари ишлаб чиқилган. Натижада тўлиқ йил давомида бетон ва темирбетон конструкциялардан бино ва иншоотларни барпо этиш имкониятлари яратилди.

Бетонлар ва бетон технологиясини ривожлантириш муаммоларига Россия ва Украинанинг қуйидаги олимлари улкан ҳисса қўшган: оғир

бетонлар бўйича И. Н. Ахверов, Ю. М. Баженов, И. М. Грушко, А. Б. Сталкина; энгил бетонлар бўйича Н. А. Попов, М. З. Симонова, И. А. Иванова; бетонларнинг махсус ҳилларини яратиш бўйича К. Д. Некрасов, Н. А. Мощанский, В. Д. Глуховский; завод шароитида бетон ва темирбетон буюмлар технологиясини такомиллаштириш бўйича В. В. Михайлов, Е. Г. Ратца, В. И. Сорокер, И. Г. Соловов ва бошқа олимларнинг ишлари диққатга сазовордир.

Бетонларнинг янги турларини яратиш шунингдек, бетон технологиясини ривожлантириш бўйича Ўзбекистонлик олимлар томонидан олиб борилган ва давом эттирилаётган илмий ишлар ҳам муҳим аҳамиятга эгадир. Буларга Э. У. Қосимов, Х. А. Акрамов, Л. М. Ботвина, Н. А. Самигов, А. А. Тўлаганов, Р. А. Мельник, С. Р. Раззоқов, Р. М. Мамажонов, М. М. Вохидов, У. А. Газиёв, М. К. Хасанова, М. Т. Туропов, В. Ф. Усманов, С. М. Матъязов, Х. Н. Нуриддинов, А. А. Султонов, А. Х. Азимов, Х. Х. Комилов, Х. В. Юсупов, Б. И. Саидмуратов, Н. Б. Бахриев ва бошқа бир қатор олимларнинг ишларини келтириш мумкин.

Кейинги йилларда мамлакатимизнинг қурилиш саноатига хорижий инвестициялар ва янги технологиялар жадал кириб келмоқда. Қурилиш саноатининг ривожланиши асосан бетон технологиясининг такомиллашувини, йиғма ва қуйма бетон ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириб боришни талаб қилмоқда. Бунда асосий йўналиш қуйидагилардан иборат бўлиши мақсадга мувофиқдир:

боғловчи моддаларнинг самарали ҳилларини ишлаб чиқариш шунингдек, сувталабчанлиги кам бўлган боғловчилар, сифатли тўлдирувчилар, турли ҳил кимёвий қўшимчалар ва фаол минерал компонентларни ишлаб чиқаришни кенгайтириш ва уларни қурилишга тадбиқ этиш;

турли ҳил бетонлар асосида янги замонавий буюм ва конструкцияларни ишлаб чиқариш ва уларни қурилишга қўллаш;

кўп компонентли бетонлар таркибини лойиҳалаш, уларнинг юқори сифатли бўлишини таъминлаш шунингдек, бетон таркибини компьютер технологияси ёрдамида лойиҳалаш;

саноат чиқиндилари ва иккиламчи хом ашёлардан кенг фойдаланган ҳолда кам харажат сарф қилинадиган ва экологик тоза технологияларни қўллаш;

бино ва иншоотлар вазнини камайтириш ва иссиқ сақлаш қобилиятини ошириш шунингдек, энгил ва ўта энгил бетонларни қўллаш орқали энергиясамарали биноларни барпо этишни кенгайтириш;

йиғма ва қуйма бетон ва темирбетон буюмлар ҳамда конструкциялар технологиясини янада такомиллаштириш, юқори самарали технологик тизимларни қўллаш, ишлаб чиқаришни бошқаришда компьютер технологияси ва автоматик бошқарув тизимларидан кенг фойдаланиш шунингдек, материал, энергия ва меҳнат харажатларини мумкин қадар камайтиришга эришиш.

### §1.3. Бетоннинг синфланиши

Ҳозирги кун қурилишида бетоннинг ҳар-ҳил турлари ишлатилмоқда ва уларга бўлган талаб йилдан-йилга ошиб бормоқда. Бетоннинг турлари ва ҳилларини ажратиш учун уларни синфлаш орқали тартибга солиш мақсадга мувофиқдир.

Маълумки, бетон сунъий тош конгломератлар туркумига киради. Бу туркум композицияли материаллар турига мансуб бўлганлиги сабабли, турли бетонлар учун тегишли бўлган хусусий қонуниятлар билан бир қаторда, умумий қонуниятларга ҳам бўйсунди. Бетон соҳасида олиб борилаётган техник ва технологик иқтисодий ҳисоблашлар бетоннинг таркиби ва тузилишини унинг хусусиятлари билан узвий боғлиқлигига асосланади. Бу боғлиқликлар бетоннинг физик ва кимёвий табиатини, аксарият, тажрибалар асосида олинган табиатини ҳисобга олади. Улар албатта ишлаб чиқариш шароитида синаб кўрилади ва зарурат бўлганда аниқ ҳисоблаш ишлари бажарилади (таркибига керакли тузатишлар киритиш мақсадида).

Механик хоссалари турлича бўлган тўлдирувчилар, минерал ва органик боғловчилар қўлланилиши натижасида тайёрлаш усули ва зичланишига кўра турли ҳил хоссаларга эга бўлган бетонлар олиш мумкин (оғир, енгил, оловбардош, йўл бетонлари ва ш. к.лар). Шу туфайли, бетонлар қуйидаги тавсифларга кўра синифланади: зичлиги, тузилиши, боғловчи ва тўлдирувчиларнинг ҳили, тайёрлаш ва зичлаш усуллари, қурилиш конструкциялари ва иншоотларда қўлланилиши бўйича (ЎзРСТ 707-96).

Бетоннинг кўп хусусиятлари унинг зичлигига боғлиқдир яъни, бетон зичлиги цемент тошининг зичлигига, тўлдирувчиларнинг ҳили ва тузилишига боғлиқ бўлади. Зичлиги бўйича бетонлар ўта оғир ( $2400 \text{ кг/м}^3$  ва ундан юқори); оғир ( $1800...2400 \text{ кг/м}^3$ ); енгил ( $600...1800 \text{ кг/м}^3$ ) ва ўта енгил ( $600 \text{ кг/м}^3$  дан кам) турларга бўлинади.

**Ўта оғир бетонлар** оғир тўлдирувчилардан яъни, пўлат қипиқлари ва қириндилари (пўлат бетон), темир рудалари (лимонит ва магнетит бетонлар) ёки барит рудалари (барит бетон) тайёрланади. Улар асосан атом электростанция реакторларини қоплашда, радиоактив нурланишдан ҳимоя қилиш учун шунингдек, махсус муҳандислик иншоотлари (ҳарбий соҳа йўналишидаги, уран рудасини қайта ишлаш корхоналари ва ш. к.лар) қурилишда қўлланилади.

**Оғир бетонлар** конструкциябоп материал сифатида қурилишда кенг қўлланилади. Тўлдирувчи сифатида асосан тоғ жинслари (гранит, оҳактош, мрамор, диабаз ва ш. к.лар) ва саноат чиқиндилари (асосан тоғ-кон саноати) ишлатилади.

**Енгил бетонлар** конструкциябоп, конструкциябоп-иссиқ сақловчи ва фақат иссиқ сақловчи материал сифатида қўлланилади. Улар сунъий ғовак (керамзит, аглопорит, перлит, кўпчитилган шлаклар, енгил саноат чиқиндилари ва ш. к.) ва табиий (вулқон қуми, туф, пемза, чиғоноқтошлар ва ш. к.) енгил тўлдирувчилар асосида тайёрланади. Енгил бетонларнинг қўлланилиши қурилиш конструкцияларнинг вазнини камайтиради ва уларни

ишлатилиш соҳасини кенгайтиради. Зичлиги 600...800 кг/м<sup>3</sup> бўлган енгил бетонлар конструкциябоп ва асосан иссиқ сақловчи, зичлиги 1200...1500 кг/м<sup>3</sup> эга бўлганлари эса конструкциябоп материал сифатида ишлатилади.

**Ўта енгил бетонлар** тоифасига ячейкали бетонлар (кўпикбетон, газбетон) киради. Ячейкали бетонлар таркиби туйилган қум, боғловчи, кўпик ва газ ҳосил қилувчи қўшимчалардан иборат бўлади. Кўпикбетон цемент-сув қоришмасини махсус сўнмайдиған кўпик билан аралаштириб тайёрланади. Кўпик тайёрлаш учун канифоль совуни эритмаси билан хайвонат елими ишлатилади. Газбетон эса цемент-сув бўтқасига газ ҳосил қилувчи моддалар (алюмин кукуни, канифоль совуни, шлак, туйилган оҳак ва ш. к.лар) қўшиб олинади. Боғловчи сифатида, асосан, оз миқдорда оҳак қўшилган портландцемент ишлатилади. Бундай бетонлар асосан девор ва пардадевор конструкцияларини, иссиқ йўқолишини камайтирувчи ва пардозбоб-манзарали конструкцияларни тайёрлаш учун қўлланилади.

Боғловчи моддалар бетоннинг хоссаларини тавсифлайдиған асосий ташкил этувчилар бўлиб, уларнинг турига кўра бетонлар цементли, силикатли, гипсли, шлакишқорли, полимерли, полимерцементли ва махсус бетонларга бўлинади.

**Цементли бетонлар** турли цементлардан тайёрланади ва уларнинг аксарияти қурилишда кенг қўлланилади. Улар орасида асосий ўринни портландцементли бетонлар ва уларнинг турли ҳиллари (шлакли портландцемент, пуццоланли портландцемент, сульфатга чидамли цемент ва ш.к.лар) эгаллайди. Улар умумий цемент ишлаб чиқаришнинг асосий қисмини (80...85 % гача) ташкил қилади ва конструкцияларда фойдаланиш шароитига қараб қўлланилади. Шунингдек, цементли бетонларнинг махсус ҳилларига оқ ва рангли цементлардан тайёрланған манзарали бетонлар, кенгаювчи ва зўриқувчи цементлардан тайёрланған бетонлар, гилтупроқли, кислоталарга чидамли ва ш. к. цементлардан тайёрланған бетонлар киради.

**Силикатли бетонлар** кенг тарқалған қурилиш материалларидан бири ҳисобланади. Боғловчи модда сифатида сўндирилмаған оҳак ишлатилади. Силикатли бетонлардан майда блоклар, юк кўтарувчи конструкциялар, девор панеллари ва ҳаво алмаштириш блоклари тайёрланади. Уларни қотиришда автоклав билан ишлов бериш усули қўлланилади.

**Гипсли бетонлар** олиш учун боғловчи модда сифатида турли навли гипслар ишлатилади. Бундай бетонларни тайёрлаш учун фақат гипс эмас, балки кимё саноати чиқиндиларидан ҳам кенг фойдаланилади.

Гипсли бетонлар намли муҳитга чидамли бўлмағанлиги туфайли улар, асосан, биноларнинг ички конструкциялари сифатида (орадеворлар, осма шифтлар, пардоз элементлари ва ш. к.лар) кенг қўлланилади.

**Шлакишқорли бетонлар** учун боғловчи модда сифатида ишқор эритмасига аралаштирилған майда туйилған шлаклардан фойдаланади. Шлакишқорли бетонлар бетоннинг янги турларидан бири ҳисобланиб, хозирча қурилишда кам қўлланилмоқда.

**Полимербетонлар** асосан полимерли боғловчилардан яъни, смолалар (полиэфирли, эпоксидли, карбамидли ва ш. к.) ва махсус қўшимчалар



ёрдамида бетонда котадиган мономерлардан тайёрланади. Бундай бетонларнинг таннархи қиммат бўлганлиги сабабли, улардан емирилишга чидамлилиги юқори ва сувга чидамли бўлган бетонлар ишлатилиши зарур бўлган ҳолларда фойдаланилади.

**Полимерцементли бетонлар** цемент ва полимер моддалардан ташкил топган аралаш боғловчилардан тайёрланади. Полимер сифатида сувда эрийдиган смола ва латексдан фойдаланилади. Бундай бетонлар ҳам салбий муҳит таъсирига чидамли ҳисобланади ва йўл қопламаларини қуришда, айниқса, таъмирлаш ишларида самарали қўлланилади.

**Махсус бетонлар** алоҳида боғловчи моддалар асосида тайёрланади. Бундай бетонлар юқори ҳарорат ва кислоталар таъсири мавжуд бўлган жойларда қўлланилади. Масалан, иссиқбардош ва кислоталар таъсирига чидамли бетонлар тайёрлаш учун боғловчи сифатида кремний-фторли натрий билан суюлтирилган шиша, фосфорли ва бошқа турдаги боғловчилар ишлатилади. Айрим ҳолларда бетонга махсус хусусият берадиган боғловчи моддалар ҳам ишлатилади. Уларга шиша-ишқорли, нефелинли шлаклар ва бошқалар киради.

Бетон тайёрлаш учун ишлатиладиган тўлдирувчиларнинг турига қараб, бетонлар махсус хусусиятларга эга бўлади ва мос равишда номланади. Масалан, йирик тўлдирувчи сифатида керамзит ишлатилган бетонларга керамзитбетон ёки аглопорит ишлатилган бўлса, аглопоритбетон деб аталади ва ш. к.лар. Айрим ҳолларда қўлланиладиган тўлдирувчиларнинг майда-йириклигига қараб ҳам бетонлар номланади. Масалан, фақат майда тўлдирувчи (қумлар) асосида тайёрланадиган бетонларга майда донали (майда жинсли) бетонлар дейлади.

Бино ва иншоотларда ишлатилишига кўра бетонлар қуйидаги турларга бўлинади: оддий бетонлар; гидротехник бетонлар; ўтга чидамли (иссиқбардош) бетонлар; йўлбоп бетонлар; кислотага чидамли бетонлар; қумли бетонлар; фибробетон, волластонитли бетон ва ш. к.лар.

**Оддий бетонлар** бино ва иншоотларнинг юк кўтарувчи ва тўсувчи конструкцияларида (пойдеворлар, устунлар, тўсинлар, плиталар ва ш. к.), ишлатилиб, уларнинг асосий кўрсаткичлари сиқилишга, эгилишга ва чўзилишга бўлган мустаҳкамлиги ҳисобланади. Ташқи ёпма конструкциялар бетони учун эса совуқбардошлик ҳам асосий кўрсаткичлардан бири ҳисобланади.

**Гидротехник бетонлар** мунтазам ёки вақти-вақти билан сув таъсирида бўладиган иншоотларни қуришда қўлланилиб (сув омборлари, тиргак деворлари, каналлар, тозалаш қудуқлари, ва ш. к.), уларга мустаҳкамликдан ташқари сув ўтказмаслик талаби ҳам қўйилади. Бундай бетонларга боғловчи модда сифатида пуццоланли портландцемент ёки шлакли портландцемент шунингдек, таркибида уч кальцийли алюминат миқдори кам бўлмаган портландцемент ишлатилади.

**Ўтга чидамли (иссиқбардош) бетонлар** саноат хумдонларининг ички қобикларини (темир эритадиган хумдонлар, сопол материаллари хумдонлари ва ш. к.лар) шунингдек, иссиқлик камераси деворларини барпо этишда

қўлланилади. Ўтга чидамли бетонларни тайёрлашда боғловчи моддалар сифатида гилтупрокли цемент, турли минерал қўшимчалар қўшилган портландцемент, ўтга чидамли лой ҳамда суюқ шиша ишлатилади. Бундай бетонлар узок муддат таъсир қиладиган юқори технологик ҳарорат таъсирида ҳам ўз хусусиятларини йўқотмаслиги лозим.

**Йўлбоп бетонлар** асосан бетон қопламалар, автомобиль йўллари, аэродромларда самолётларнинг учиш қўниш майдонлари, автомобилларнинг тўхташ жойлари, юк омборхоналарнинг майдонлари ва йўлакларни қуришда ишлатилади. Уларнинг эгилишга, сиқилишга ва ишқаланишга мустаҳкамлиги одатдаги бетонларникига нисбатан юқори бўлиши талаб қилинади. Бетон йўллардан фойдаланилганда қиш мавсумида яхмалак бўлмаслиги учун юзасига туз сепилади. Бетон тайёрлашда шуни ҳам ҳисобга олиш зарур шунингдек, йўлбоп бетонлар етарли даражада совуқбардошликка эга бўлиши ҳам керак.

**Маида донали бетонлар** (кум-бетон) кумлар асосида тайёрланадиган бетонлар бўлиб, улар юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетонлар тоифасига киради ва асосан, юпқа қобикли ва армоцемент конструкцияларни тайёрлашда шунингдек, йўл қурилишида ҳам самарали қўлланилади.

**Фибробетон** (кипиқ бетон) бетон таркибига толасимон материал кипиқлари қўшилади. Бундай толаларга “*фибр*” дейилади. Толалар металл симлардан (диаметри 0,1...0,5 мм, узунлиги 10...50 мм ва сирти ғадир-будирланган) ёки металлмас материаллардан олиннадиган (шиша, базальт, капрон, асбест ва ш. к.) ҳилларга бўлинади. Бундай бетонларнинг чўзилишга ва эгилишга, ёриқбардошликка мустаҳкамлиги нисбатан юқори ҳисобланади ва асосан юпқа қобикли конструкцияларни тайёрлашда кенг қўлланилади.

**Кўп компонентли бетонлар** цемент ва тўлдирувчилардан ташқари ҳар-қил мақсадлар учун мўлжалланган комплекс кимёвий қўшимчалар (фаол минерал тўлдирувчилар, кенгаювчи компонентлар ва ш. к.лар) қўшиб тайёрланадиган бетонлар тоифасига киради. Бундай бетонларда сув-цемент нисбати кам олинади ва улар юқори мустаҳкамлиги, чидамлиги ва бошқа тавсифлари билан бошқа бетонларга нисбатан фарқланади.

Бетон ва бетон қоришмасига қўйиладиган умумий талабларга қўйиладигилар киради:

бетон қоришмаси қотгунга қадар яхши аралашадиган, осон ташиладиган, қулай жойланувчан, умаланиб кетмайдиган (қатламларга ажралмайдиган) бўлиши керак;

керакли вақтда қолипдан чиқариб олиш учун, маълум қотиш тезлигига эга бўлиши керак;

цемент сарфи ва бетоннинг таннархи мумкин қадар кам бўлиши керак.

Қўйилган талабларнинг барчасига жавоб берадиган бетонни олиш учун, бетон таркибини тўғри лойиҳалаш, бетон қоришмасини тайёрлаш, қолиплаш ва зичлашда тегишли тайёрлаш ишларини олиб бориш ва унинг дастлабки қотиши даврида қаров ўтказишни тўғри амалга ошириш зарур бўлади.

Агар конструкцияларнинг тури ва ишлатилиш хусусиятига боғлиқ холда бетоннинг тури ва таркиби ўрнатиладиган бўлса, бетон қоришмасига

қўйиладиган талаб конструкцияни тайёрлаш шароитига, технологик хусусиятларига (арматураланиш зичлигига, қолип шаклининг мураккаблигига ва ш. к.лар) ва ишлатиладиган ускуналарнинг тавсифлари асосида аниқланади.

Бетон ва темирбетон конструкцияларни тайёрлашнинг ўзига хос хусусиятлари шундан иборатки, ишлатиладиган материалларнинг сифатини олдиндан баҳолаб бўлмайди. Бетоннинг керакли хусусиятлари конструкцияни тайёрлаш жараёнида намоён бўлади. Бунда материални тўғри танлаш, конструкцияларни тайёрлаш учун қабул қилинган технология асосида бетон таркибини танлаш, технологик режимларга амал қилиш ва ишлаб чиқаришни кетма-кет назорат қилиб бориш талаб қилинади.

Бетон мураккаб конгломератли материал бўлиб, маълум вақт ўтиши ва ишлатилиши жараёнида хусусиятлари сезиларли даражада ўзгариши мумкин. Унинг табиатини, таркибий тузилишининг ҳосил бўлишини чуқур билган ҳолдагина, уни турли мақсадларда ишлатиладиган қурилиш конструкцияларида қўллаш ва ундан унумли фойдаланиш мумкин.

### **Назорат саволлари**

1. Бетон қоришмаси қандай компонентлардан ташкил топади?
2. Нима учун бетон ҳозирги пайтда асосий қурилиш материалларидан бири ҳисобланади?
3. Тўлдирувчилар бетон таркибида қандай вазифани бажаради?
4. Бетоннинг қандай камчиликлари мавжуд?
5. Бетоннинг қурилишда ишлатилиш тарихини айтиб беринг?
6. Бетон технологиясини ривожлантиришда хисса қўшган хорижий давлатларнинг олимларини айтиб беринг
7. Республикамизда бетон технологиясига хисса қўшган қайси Ўзбекистонлик олимларни биласиз?
8. Бетонлар қандай тавсифлари бўйича синфланади?
9. Бетонлар зичлиги бўйича қандай турларга бўлинади?
10. Боғловчи моддаларнинг ҳили бўйича бетонлар қандай турларга бўлинади?
11. Бино ва иншоотларда ишлатилиши бўйича бетонлар қандай ҳилларга бўлинади?
12. Бетон ва бетон қоришмасига қандай талаблар қўйилади?

### **Қўшимча адабиётлар**

1. Пирожников Л. Б. Занимательно о бетоне. -М.: Стройиздат, 1986.-104 б.
2. ЎзРСТ 707-96. Бетонлар. Синфланиши ва умумий техник шартлар.

## 2-БОБ. БЕТОН УЧУН МАТЕРИАЛЛАР

### §2.1. Боғловчи моддалар

Бетоннинг мустаҳкамлиги ва бошқа тавсифлари асосан қўлланиладиган материалларнинг сифатига боғлиқ бўлади. Бетон учун материалларни тўғри танлаш яъни, бетонга қўйиладиган талаб, материалларнинг хусусиятларини ҳисобга олиш орқали амалга оширилади ва бу бетон технологиясида алоҳида ўрин тутади. Бунда цемент ва меҳнат сарфининг максимал тежалишига эришилади.

Қурилиш конструкциялари бетонини тайёрлаш учун аорганик боғловчи моддалардан кенг фойдаланади. Бу моддалар сув билан аралаштирилганда ички физик-кимёвий жараёнлар таъсирида юмшоқ хамир ҳолатидан аста-секин қотиб, мустаҳкамлиги ортиб боради ва тошдек қаттиқ материалга айланади. Аорганик боғловчи моддалар сувда (цементлар) ва ҳавода (оҳак, гипс ва ш. к.лар) қотадиغان ҳилларга бўлинади.

#### §2.1.1. Портландцементнинг таркиби ва асосий хоссалари

Бетон ишлаб чиқаришда энг кўп қўлланиладиган боғловчи моддалардан бири бу портландцемент ва унинг махсус ҳилларидир (ГОСТ 23464-79, ГОСТ 10178-85).

**Портландцемент** гидравлик боғловчи модда бўлиб, сувли муҳит ва ҳавода жуда яхши қотади. Бу-кул ранг кўринишдаги клинкерни майин туйиш ва гипс қўшиш орқали олинади. Клинкер эса аниқ миқдорда олинган ва таркибида 75...78 %  $\text{CaCO}_3$  ва 22...25 %  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  бўлган ҳом ашё аралашмасини бир текис пишгунга қадар куйдириб олинади.

Юқори сифатли цемент олиш учун унинг кимёвий таркиби шунингдек, ҳом ашё аралашмасининг таркиби барқорар бўлиши шарт. Цемент клинкерини туйиш даврида 10...20 % доналанган хумдон ўчоғи шлаки ёки фаол минерал қўшимчалар (кремнезем) қўшилади. Олинган таркибни 1200...1450 °С ҳароратда куйдириш натижасида клинкер минераллари ҳосил бўлади: ўзгарувчан таркибли кальций алюмоферритлар  $x\text{CaO} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; уч кальцийли алюминат  $3\text{CaO} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3$ ; икки кальцийли силикат (белит)  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  ва уч кальцийли силикат (алит)  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ . Бу тўрт бирикма цемент клинкерининг асосий таркибий қисмидир, лекин охирги икки кальций силикатлар клинкер ҳажмининг 70...80 % ни ташкил этади.

Портландцемент таркибидаги турли минералларнинг тахминий миқдори қуйдагича бўлади:  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  ёки  $\text{C}_3\text{S}$  -37...60 %;  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  ёки  $\text{C}_2\text{S}$  -15...37 %;  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  ёки  $\text{C}_3\text{A}$  -5...15 %;  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{F}_2 \cdot \text{O}_3$  ёки  $\text{C}_4\text{AF}$  -10...18 %,

Цементнинг сифатига юқори мустаҳкамликдаги тез қотадиغان гидравлик модда хусусиятига эга бўлган уч кальцийли силикатнинг юқори даражадаги миқдори асосий таъсир кўрсатади. Икки кальцийли силикат ўртача мустаҳкамликдаги секин қотадиغان гидравлик боғловчи ҳисобланади. Уч

кальцийли алюминат тезроқ қотади, лекин мустаҳкамлиги пастроқ бўлади. Цементнинг минерологик таркибини ўзгартириб, унинг сифатини бошқариш мумкин. Юқори маркали ва тез қотадиган цемент уч кальцийли силикат миқдорини (алитли цементлар) ошириш билан тайёрланади. Белит миқдори юқори бўлган цементлар (белитли) секин қотади, аммо вақт ўтиши билан мустаҳкамлиги ошиб боради ва бир неча йилдан сўнг юқори мустаҳкамликка эришиши мумкин.

**Цементнинг мустаҳкамлиги.** Ҳар қандай цементнинг асосий хусусиятини тавсифловчи жиҳати унинг мустаҳкамлиги (маркаси) ҳисобланади (ГОСТ 310.4-81). Цемент маркаси томонларининг ўлчами 4x4x16 см бўлган, 1:3 нисбатдаги вольск (98 %) куми қоришмасидан тайёрланган ва 28 кун давомида  $20 \pm 2$  °C ҳароратли сувда қотган ярим балкачаларнинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига мос келади (намуналар биринчи кунда қолипдан чиқарилгунга қадар ҳаво шароитида қотирилади). Қоришманинг силтовчи столдаги конус асосининг ёйилиши 106...115 мм бўлиши керак. Бунга кўпчилик цементларда сув-цемент нисбати С/Ц=0,4 бўлганда эришилади. Агар ёйилувчанлик юқорида кўрсатилган чегарадан кам бўлса С/Ц нисбати оширилади, акс ҳолда эса С/Ц нисбати камайтиради.

Цементнинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги 30 дан 60 МПа гача ўзгаради. Мос ҳолда балкачаларнинг эгилишдаги мустаҳкамлиги эса 4,5...6,5 МПа ни ташкил этади.

Цементнинг ҳақиқий мустаҳкамлиги унинг фаоллиги билан тавсифланади. Масалан, синалган намуналарнинг мустаҳкамлиги 44 МПа бўлса, унинг фаоллиги 44 МПа, маркаси эса 400 бўлади. Бетон таркибини лойиҳалашда цемент фаоллигидан келиб чиққан маъқул, чунки бу цемент миқдорини тежаш имконини беради. Цемент мустаҳкамлигининг 1 МПа га ортиши унинг сарфини 2...5 кг/м<sup>3</sup> гача камайтиради ва бу кўрсаткич юқори мустаҳкамликдаги бетонларда янада яққол намоён бўлади.

Цемент ишлаб чиқариш саноати асосан 400 ва 500 маркали, алоҳида буюртмалар бўйича эса 600 маркали цементлар ишлаб чиқаради. Паст маркали цементларга нисбатан юқори маркали цементларнинг мустаҳкамлиги жадалроқ ортиб боради. Масалан, 500 маркали цемент учун унинг мустаҳкамлиги 3 кунда 20...25 МПа ни ташкил қилади. Шу сабабли юқори маркали цементлар нафақат юқори мустаҳкам, балки тез қотувчан ҳамдир. Бундай цементларни қўллаш буюмларни тез қолипдан чиқаришни ва йиғма темирбетон конструкциялари ишлаб чиқариш муддатининг қисқаришини таъминлайди.

Цементнинг мустаҳкамлигига бўлган талабдан ташқари, яна бошқа талаблар яъни, меъёрий қуюқлиги, қотишнинг бошланиш муддати ҳам муҳим аҳамиятга эгадир.

**Меъёрий қуюқлик** деб ГОСТ 310.3-76 талаби бўйича, маълум консистенцияга эга бўлган цемент ҳамирини олиш учун цементга қўшилаётган зарурий сувнинг фоиз (%) миқдорига айтилади.

Портландцементнинг меъёрий қуюқлиги 22...27 % ни, пуццоланли портландцементники эса 30 % ва ундан ортиқроқ бўлиш мумкин. Цементга

юқори сув талабчанликка эга бўлган трепел, опока каби қўшимчаларни майда туйиб қўшилганда унинг меъерий қуюқлиги ортади. Паст меъерий қуюқлик соф клинкерли цементларда учрайди.

Цементнинг меъерий қуюқлиги маълум даражада цемент хамирининг реологик хусусиятларини белгилайди ва бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигига сезиларли таъсир кўрсатади. Қоришманинг зарурий ҳаракатчанлигига (бикрликка) эришиш учун цементнинг меъерий қуюқлиги қанча кам бўлса, бетон қоришманинг сувга эҳтиёжи ҳам шунча кам бўлади. Бетон таркибига боғлиқ холда цементнинг ўртача меъерий қуюқлигини 1 % га пасайтириш, бетон қоришмасининг сув талабчанлигини 2...5 л/м<sup>3</sup> камайтиради. Одатда юқори мустаҳкам бетонларда сув талабчанликнинг жуда пастлиги кузатилади.

Сув сарфини камайтириш ўз навбатида цемент сарфининг камайишига олиб келади. Анъанавий бетонларда меъерий қуюқлиги паст бўлган цементларни ишлатиш мақсадга мувофиқдир.

**Цемент қотишининг бошланиш муддати** ГОСТ 310.3-76 бўйича махсус асбобга ўрнатилган нинанинг цемент хамирага ботиш чуқурлиги билан аниқланади ва у материалнинг қаттиқ жисмга айланишининг бошланиши ва тугаши жараёнларини тавсифлайди. Стандарт бўйича қотиш муддатининг бошланиши цементни сув билан қориштирилгандан сўнг 20 °С ҳароратда 45 мин.дан олдин бошланмаслиги ва тугаши эса 10 с.дан кеч бўлмаслиги талаб этилади. Ҳақиқатда эса цемент қоришмаси қотишининг бошланиши 1...2 с.дан, тугаши 5...8 с.дан кейин содир бўлади. Бу муддатлар бетон ишларининг бажарилишини таъминлайди, қоришманинг қотиши бошлангунча уни ташиб бориш ва жойлаштириш имконияти мавжуд бўлади.

Цемент қотишининг муддатини бошқариш учун уни ишлаб чиқаришда гипс ва бошқа кимёвий маҳсулотлар киритилади. Шунингдек, цементнинг қотиш муддатини бетон қоришмасини тайёрлаш жараёнида унга турли ҳил кимёвий қўшимчалар қўшиш орқали ҳам бошқариш мумкин. Масалан: кальций хлори цементнинг гидратланиши ва қотишини тезлаштиради, сирт-фаол моддалар (СДБ-сульфат дрозжали брожка) ёки махсус кимёвий секинлатувчилар эса секинлатади. Бетон ҳарорати ошганда ва сув-цемент нисбати камайганда эса унинг қотиш муддати қисқаради. Баъзи бир цемент корхоналарида иссиқ цемент клинкери туйилади. Натижада бетон ҳарорати 150 °С дан юқорини ташкил этади. Бу эса гипснинг дегидратацияси яъни, ярим сувли гипс шунингдек, сувсизланган кальций сульфатини ҳосил қилади. Цемент сув билан қориштирилганда, ярим сувли гипс ва ангидриднинг тез кечадиган гидротацияланиши цемент хабири ёки бетон қоришмасининг барвақт қуюқлашишига сабаб бўлади. Кейинчалик қориштириш даврида яна суюлиб кетади. Бу ҳолат цементнинг “ёлгон қотиб қолиши” деб номланади. Юқори сифатли цементларда бундай ҳолат содир бўлмаслиги керак. Агар бу ҳолат сезилса, уни нейтраллаш учун бетон қоришмасига камроқ миқдорда сирт фаол моддалар (СДБ ёки СФМ) қўшилади ва бетон қоришмасини қориштириш вақти узайтирилади.

Портландцемент, одатда, майин туйилган бўлади. Унинг № 008 элакдан ( $1 \text{ см}^2$  юзасида ўлчамлари 0,08 мм бўлган 4900 га яқин тешиклари бўлган) цемент умумий ҳажмининг 85 % ўтиши керак. Цемент заррачаларининг ўртача ўлчами 15...20 мкм ни ташкил этади. Цементни туйиш майдалиги 1 г цементдаги зарраларнинг солиштирма юзаси билан тавсифланади. Цементнинг солиштирма юзаси ГОСТ 310.0-76 асосан махсус асбобда аниқланади. Ўрта сифатли цементнинг солиштирма юзаси  $2000...2500 \text{ см}^2/\text{г}$  ни ташкил қилади, юқори сифатли цементларда эса  $3500 \text{ см}^2/\text{г}$  ва ундан юқори бўлади.

Портландцементнинг ҳажми бир маромда ўзгариб туриши керак. Бу эса махсус синовлар билан назорат қилиб турилади. Цемент ҳажмининг нотекис ўзгариши қоришма ва бетонда микродарзларнинг пайдо бўлишига олиб келади. Натижада бетон мустаҳкамлиги ҳамда узок муддатга чидамлилиги пасайиши мумкин. Цемент ҳажмининг нотекс ўзгариши цементни куйдиришда технологик жараённинг бузилиши, унинг таркибида эркин кальций ёки магний оксидларининг кўп бўлиши ва бу оксидларни сўндириш учун зарур муддат давомида корхонада ушлаб турилмагани натижасида содир бўлади.

*Портландцементнинг ҳақиқий зичлиги* (кўшимчасиз)  $3,05...3,15 \text{ г}/\text{см}^3$  ни ташкил этади. Бетон таркибини ҳисоблашда унинг зичлаштирилган холатдаги ўйма зичлиги шартли равишда  $-1300 \text{ кг}/\text{м}^3$  қабул қилинади.

Цемент қотишининг бошланиши ва қотиши экзотермик жараёнлардир. Бетонда 300 маркали 1 кг цемент сув билан қориштирилгач 7 кунда 170 кДж дан кам бўлмаган миқдорда, 400 маркали 1 кг цемент эса 210 кДж дан кам бўлмаган миқдорда иссиқлик ажратади. Ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдори цемент клинкерининг минерологик таркибига, киритилган кўшимчаларнинг тури ва цементни туйиш майинлигига боғлиқ бўлади. Цемент таркибига кирадиган клинкер минералларидан уч кальцийли алюминат ва уч кальцийли силикатда иссиқлик ажралиши кўпроқ, қолган бирикмаларда эса камроқ иссиқлик ажралиб чиқади. Асосий иссиқлик ажралиш цемент қота бошлаганидан кейинги биринчи 3...7 кун давомида содир бўлади.

Қиш мавсумида бетон ишларини бажаришда цементнинг қотиши натижасида ажралиб чиқадиган иссиқлик фойдали ҳисобланади. Аммо, ёз мавсумида катта ўлчамдаги массив иншоотларни бетонлашда (тўғон, қалин девор ва ш. к. лар) бетоннинг нотекис қизиши сабабли конструктив дарзларнинг пайдо бўлишининг олдини олиш учун бетондан ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдорини камайтирадиган махсус чора-тадбирлар кўрилади. Бундай мақсад учун иссиқни кам чиқарадиган цементлар ишлатилади (таркибида  $\text{C}_3\text{S}$  ва  $\text{C}_3\text{A}$  миқдорлари камайтирилган,  $\text{C}_2\text{S}$  миқдори кўпайтирилган), бетон совуқ сувда қорилади, бетонлаш алоҳида блокларда олиб борилади ва сунъий совутиш чоралари қўланилади.

Цемент узок муддат сақлаб турилганида мустаҳкамлигининг камайиши кузатилади (айниқса намлик ва ҳаводаги угленордон газлардан етарлича ҳимоя қилинмаган бўлса). Масалан, цемент 3 ой сақланганидан кейин мустаҳкамлигининг камайиши маркасига нисбатан 10...20 %, 6 ойдан кейин

30 % гача, 1 йилдан кейин 40 % ни ташкил этади. Бундай холда бетон қоришмасини аралаштириш вақтини 2...4 мартагача узайтириш ёки цементни фаоллаштириш тавсия этилади.

### §2.1.2. Портландцементнинг махсус хиллари

Кўпчилик цементларнинг асосини портландцемент клинкери ташкил қилади. Унинг минерологик таркибини меъёрлаштириб ва минерал ёки органик қўшимчалар қўшиб бир-биридан хусусияти жиҳатидан фарқланадиган ва қурилишнинг турли жойларида қўлланиладиган ҳар-ҳил цементлар олинади (2.1-жадвал).

**Портландцемент** деб, таркибида гипсдан ташқари минерал қўшимчалар бўлмаган цементга айтилади. Қўшимчасиз тоза клинкерли портландцемент юқори мустаҳкам бетонларда, йиғма темирбетон ишлаб чиқаришда, айниқса олдиндан зўриктирилган конструкцияларда ва махсус шароитларда (совуқ, қуруқ ва иссиқ иқлимларда) қўлланилади.

Умумий ишлаб чиқариладиган цементнинг 60...65 % ни қўшилмали портландцементлар ташкил этади. Улар аксарият қўйма ва йиғма бетон ва темирбетон конструкцияларда кенг қўлланилади ва бундай цементларга ГОСТ 10178-85 талаблари қўйилади (2.1-жадвалга қаранг).

*Тез қотадиган портландцемент* портландцементнинг қўшимчали тури бўлиб, 400, 500 маркали бу цементнинг 3 кунликдаги сиқилишга мустаҳкамлиги 25 МПа дан кам бўлмайди. Тез қотишни таъминлаш учун клинкер таркибида  $C_3S > 50\%$ ,  $C_3S + C_3A > 60\%$  бўлиб, цемент эса майин туйилган бўлиши керак (солиштирма юзаси  $3500 \text{ см}^2/\text{г}$  дан кам эмас).

*Шлакли портландцемент* портландцемент клинкери ва доналанган хумдон ўчоғи шлакини биргаликда туйиш орқали олинади. Ўзининг хусусиятларига кўра шлакли портландцемент оддий цементдан кам фарқ қилади, ҳақиқий зичлиги  $2,9...3 \text{ г/см}^3$ , шунга қараб уйма зичлиги ҳам камроқ.

Шлакли портландцемент қотишининг бошланиши портландцементдан (клинкер таркиби бир хил бўлганда) анча кечроқ бўлиб, бошланиши 4...6 с.дан тугаши 10...12 с.дан кейин ва дастлабки 7...10 кунда секин қотиши билан фарқланади. Ушбу цемент клинкери таркибида  $C_3A$  миқдори 8 % дан кам бўлганда, минераллашган сувлар (сульфатли, денгиз суви) таъсирига чидамли бўлган бетон олинади. Иссиқ-нам билан ишлов берилганда оддий портландцементга нисбатан шлакли портландцементнинг қотиши анча тезлашади. Бу эса йиғма темирбетон ишлаб чиқаришда унинг юқори самарадорлигини таъминлайди.

*Пластиклиги оширилган (юмшатирилган) портландцемент* портландцемент клинкери билан юмшатувчи қўшимча бирга майин туйиб олинади. Бундай қўшимча сифатида сульфат-дрожжали брожканинг (СДБ) модификацияланган концентрати (гидролиз-спирт саноатининг чиқиндиси) цемент массасига нисбатан 0.1...0.25 % миқдорда (кукунсимон қуруқ модда) ишлатилади. СДБ-сирт фаол модда бўлиб, цементнинг сув билан бирикишига



қаршилик кўрсатади ва цемент заррачалари атрофида мойловчи қоплама парда ҳосил қилади.

### Цементга қўйиладиган талаблар

2. 1-жадвал

Цемент хиллари	Маркаси	Қўшимчаларнинг миқдори, %		
		доналанган шлак	фаол минераллар	
			трепел, опо-ка, диа-мит	бошқалар
Умумий қурилишга мўлжалланган цементлар:		йўл қўйилмайди		
портландцемент (ГОСТ 10178-85):	400, 500 550, 600			
минерал қўшимчали портландцемент	400, 500 550, 600	20	10	15
тез қотувчан портландцемент	400, 500	20	10	15
шлакли портландцемент	300, 400 500	21...60	-	-
тез қотувчан шлакли портландцемент	400	1...60	-	-
Сульфатга чидамли портландцементлар (ЎзРСТ 22266-94):	300, 400, 500			
сульфатга чидамли портландцемент	400	йўл қўйилмайди		
қўшимчали сульфатга чидамли портландцемент	400, 500	10	5...10	йўл қўйилмайди
сульфатга чидамли шлакли портландцемент	300, 400	1...60	йўл қўйилмайди	
пуццоланли цемент	300, 400	йўл қўйилмайди	20...30	25...40

Юмшатишган цементдан фойдаланилганда қоришма ва бетоннинг пластиклиги ошади. Бу эса бетон қоришмасининг қулай жойланувчанлигини тезлаштиради, бетонда цемент сарфини 5...10 % гача тежаш имконини беради, ёки сув-цемент нисбатини камайтиради ва бетоннинг совуқбардошлигини оширади. Юмшатишган цемент портландцемент каби маркаларга эга.

*Гидрофоб портландцемент* портландцемент клинкерини сирт-фаол гидрофобловчи (сув юқтирмайдиган) қўшимча билан майин туйиб олинган

боғловчидир. Кўшимча сифатида милонафат ёки асидол, яъни нефть маҳсулотлари ишлатилади ва цемент массасига нисбатан 0,1...0,15 % миқдорда олинади. Гидрофоб портландцемент бошқа оддий цементлардан фарқли ўлароқ кўйидаги хусусиятларга эга: нам тортиши паст; узоқ муддат сақланганда ва ҳатто нам муҳитда ҳам фаоллигини йўқотмай сочилувчан холатда қолади; юқори пластикликка (пластиклаштирилган цементларга нисбатан паст бўлсада) эга; сув шимиш ва сув ўтказиш даражаси паст, совуққа чидамлилиги юқори. Гидрофоб портландцемент ҳам оддий портландцемент каби маркаларга бўлинади.

Сирт-фаол кўшимчали цементлар бошланғич даврда нисбатан секинроқ қотиш тезлигига эга бўлиб, шунга кўра камроқ иссиқлик ажратиб чиқаради. Бундай цементлар алоҳида махсус шароитларда яъни, сув иншоотларини қуришда ва қуйма темирбетон конструкцияларини бетонлашда ишлатилади. Бунда бетоннинг сув ўтказмовчанлиги ва иссиқлик ажратиб чиқариши муҳим аҳамиятга эга.

**Сульфатга чидамли цементлар** алоҳида гуруҳга ажратилган ва уларга ЎзРСТ 22266-94 талаблари қўйилади (2.1-жадвалга қаранг). Сульфатга чидамли портландцемент 400 маркада ишлаб чиқарилади. Цементнинг сульфатга чидамлилиги минералогик таркибининг меъёрда бўлиши билан таъминланади яъни, сульфат таъсирига чидамсиз минералларнинг миқдори камайтиради. Бу цемент таркибида:  $C_3S > 50\%$ ,  $C_3A < 5\%$ ,  $C_3A + C_4AF < 22\%$  атрофида бўлади. Кўшимчали сульфатга чидамли портландцемент махсус таркибдаги портландцемент клинкери ( $C_3A < 5\%$ ,  $C_3A + C_4AF < 22\%$ ) ва майин туйилган фаол минерал кўшимчалар билан бирга туйиб олинади. Кўшимчалар сифатида трепел, опока, диатомит (5...10 %) ёки доналанган хумдон шлаки (10...20 %) ишлатилади. Кўшимчалар  $C_3S$  гидратацияланганда ажраладиган кальций гидроксидни боғлайди. Бу эса цементнинг сульфатга чидамлилигини оширади. Бундай холатда таркибида жуда кўп  $C_3S$  бўлган клинкерни қўллаш мумкин бўлади. Кўшимчали сульфатга чидамли цементлар 400 ва 500 маркаларда ишлаб чиқарилади.

**Сульфатга чидамли шлакли портландцемент** клинкер таркибидаги  $C_3A < 8\%$  миқдори чекланиб олинади ва 300, 400 маркаларда ишлаб чиқарилади. Сульфатга чидамли цементлар сув сатҳи ўзгарувчан шароитда ишлатиладиган бетон ва темирбетон конструкциялар шунингдек, кўпинча бир вақтда кўп марта музлаши ва эриши ёки кўп марта намланиши ва қуриши содир бўладиган сульфатли сувларнинг салбий таъсирига учрайдиган иншоотлар учун мўлжалланган.

**Пуццоланли портландцемент** ҳам сульфатга чидамли цементлар гуруҳига киради. Бу цемент таркиби  $C_3A < 8\%$  бўлган портландцемент клинкерини фаол минерал кўшимча билан бирга туйиб олинади. Фаол минерал кўшимча оддий кўшимчали портландцементга нисбатан кўпроқ миқдорда қўшилади. Кўшимчалар миқдори унинг турига боғлиқ бўлиб, трепел, опока ва диатомит учун 20...30 % ташкил этади. Қолган бошқа фаол минераллар, айниқса кремноземли кўшимчалар (масалан, туф, пемза ва ш. к.лар) учун 25...40 % атрофида олинади. Трепел, опока ва диатомит бошқа

қўшимчаларга нисбатан цементга оз миқдорда қўшилади, чунки улар юқори гидравлик фаолликка эга бўлиш билан бирга бир вақтнинг ўзида сув талабчанлиги юқоридир. Шунинг учун цементга бундай қўшимчаларнинг ортиқча киритилиши унинг меъёрий қуюқлигини кескин даражада оширади, бу эса мақсадга мувофиқ эмас.

Пуццолан портландцементнинг ранги оддий цементга нисбатан очроқ бўлади. Ҳақиқий зичлиги  $2,8...2,9 \text{ г/см}^3$  ва уйма зичлиги ҳам оддий цемент-никидан камроқ. Оддий цементга қараганда бир хил миқдорда олинган пуццолан портландцементда қоришмани чиқиши ҳамда қоришма ва бетон зичлиги юқори бўлади. Меъёрий қуюқликдаги ҳамирни олиш учун пуццолан портландцементга кўпроқ сув қўшиш керак (30...40 % гача), натижада анчагина ёпишқоқ қоришма ҳосил бўлади. Бунинг натижасида бетон қоришманинг ҳаракатчанлиги камаяди. Бу ҳолатни баргараф қилиш учун бетондаги цемент сарфи 5...10 % гача оширилади ёки пластикловчи (юмшатувчи) қўшимчалар киритилади.

Пуццолан портландцемент гидравлик қўшимча аралаштирилмаган цементга нисбатан сув билан аралаштирилганидан сўнг дастлабки кунларда секинроқ қотади. Сувда 6 ой қотганидан кейин ушбу цемент қўшимчасиз цементдек мустаҳкамликка эришади. Пуццолан портландцементнинг қотиши вақтида эркин кальций гидроксиди фаол кремнезем қўшимчаси билан брикади ва сувда деярли эримайдиган кальций гидросиликати ҳосил қилади. Натижада бундай цемент денгиз ва бошқа минерал сувларда парчаланмайди. Юқори даражада физик-кимёвий таъсирларга чидамли ва нам шароитда қотадиган бетонларда масалан, сув иншоотларининг ички сув ости қисмларини қуришда, денгиз ва чучук сув иншоотлари қурилишида (тўлқин қайтаргич, тиргак деворлари, тўғон ва х. к.лар), муҳандислик коммуникация иншоотларида, туннель ва бошқа ер ости иншоотларни барпо этишда пуццолан портландцементни қўлаш самаралидир.

**Цементларнинг махсус ҳиллари.** Бетон тайёрлаш учун цементларнинг ҳиллари йилдан-йилга кўпаймоқда. Махсус цементлар бетонга алоҳида хоссалар бериб, уларнинг қурилишда қўлланилишини кенгайтиради.

*Оқ портландцемент* таркибида кам темир бўлган оқартирилган клинкерни майдалаб, гипснинг зарур миқдори ва оз миқдордаги диатомит қўшимчаси билан туйиб олинади. Оқ цемент 300, 400, 500 маркаларда ишлаб чиқарилади ва оддий цементга қўйиладиган талабларни қониқтириши керак (ЎзРСТ 761-96). Оқлик даражасига қараб оқ цемент уч навга бўлинади: олий, Бц-I ва Бц-II навлар. Цементнинг оқлиги, цемент оқлигини 100 % деб қабул қилинган барийнинг сульфат оқлигига нисбатан ёрқинлик коэффиценти билан тавсифланади. Навига қараб ёрқинлик 80, 76 ва 72 % дан кам бўлмаслиги керак.

*Рангли портландцементлар* оқ цемент, гипс ва пигментларни биргалликда туйиб олинади. Синтетик минерал ёки табиий пигментнинг миқдори цемент массасига нисбатан 15 % дан, органик пегметнинг миқдори эса 0,3 % дан ошмаслиги керак. Рангли портландцементни махсус тайёрланган рангли клинкердан олиш мумкин (ЎзРСТ 762-96).

Оқ рангли цементлар рангли бетонлар олиш, меъморчилик деталлари ва юзаларни қоплаш, плиткаларни яшаш шунингдек, пардозлаш ва манзарали безак ишлари учун мўлжалланган.

*Зўриқувчи цемент* портландцемент клинкери ва зўриқадиган компонентни глинозем шлаки ёки таркибида алюмин минерали бўлган модда шунингдек, гипс ва оҳакни биргаликда туйиб олинади. Уларнинг ўртача компонентлараро нисбати 65:20:10:5. Пастсульфат шаклидаги кальций гидросульфоалюминатининг юқорисульфат шаклига кристаллашиши натижасида цемент тоши нисбатан юқори мустаҳкамликка эришганидан кейин (15...20 МПа) цемент ўз ҳажмини сезиларли кенгайтириш хусусиятига эга бўлади (4 % гача). Бундай цемент зўриқтирилган темирбетон тайёрлашда қўлланилади. Бунда бетонга ўрнатилган арматура бетон билан мустаҳкам бирикканидан кейин бетоннинг кенгайиши натижасида арматура чўзилади ва унда чўзувчи кучланишлар бетонда эса сиқувчи кучланишлар юзага келади. Цементнинг ана шу хусусияти ўзидан-ўзи зўриқтириладиган темирбетон конструкцияларни ишлаб чиқариш имконини беради.

Зўриқувчи цемент ва улар асосидаги бетонлар юқори мустаҳкамликка эга бўлади (28 кунда 50...70 МПа), сув ва газ ўтказмайди. Зўриқувчи цементни ўзини-ўзи зўриқтирувчи темирбетон қувурлар, йўл ва аэродромлар қопламаларини, туннель ва катта диаметрли сув қувурлари ва шунга ўхшаш конструкцияларни тайёрлашда ишлатиш самаралидир. Бу конструкцияларни тайёрлашда зўриқувчи цемент қотишнинг жуда тез бошланиши (тутиб қолишининг бошланиши 2 мин, тугаши 6 мин) шунингдек, бетон керакли мустаҳкамликка эришганидан кейин цементнинг кенгайишини таъминловчи қотишнинг махсус тартиби қўлланилишини ҳисобга олиш зарур.

*Кенгаювчи ёки киришмайдиган цементлар* сув ўтказмайдиган бетон тайёрлашда қўлланилади. Ушбу цементларнинг моҳияти шудан иборатки, цемент қотишида физик-кимёвий жараёнлар натижасида ҳажми кенгайдиган таркибларнинг борлигидир. Бундай цементларнинг жуда кўп рецептлари маълум, лекин доимий ишлаб чиқарилмайди (улар алоҳида махсус мақсадлар учун ишлаб чиқарилади).

Охирги йилларда бетоннинг қотиши жараёнида унинг ҳажм ўзгаришини бошқариш мақсадида кенгаювчи цементлар ўрнига оддий портландцементли бетонлар учун комплекс қўшимчалар қўлланилмоқда.

*Фосфат цементлар* иссиққа чидамли ва бошқа махсус бетонларни тайёрлашда қўлланилади. Бу цементларнинг қотиши бир ҳил майин туйилган оксидларнинг (титан диоксида, мис, магний, руҳ оксиди ва ш. к.) ва фосфор кислотаси махсус таркибларининг ўзаро таъсири ҳисобига рўй беради. Бундай цементлар юқори мустаҳкамликка эга бўлиши билан бирга иссиққа ҳам чидамлидир. Таркибининг турига қараб махсус қотиш шароитини талаб қилади.

*Кислотага чидамли цемент* кислота таъсирига чидамли бетон ва темирбетон буюмлар ишлаб чиқариш учун мўлжалланган. У кварц куми ва кремний-фторли натрийни ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ) биргаликда жуда майин туйиб олинади. Бу цемент боғловчилик хусусиятига эга бўлган, зичлиги 1,32...1,5 г/см<sup>3</sup> ли

натрий ёки кальций силикатнинг коллоидли эритмаси билан қориштирилади. Талаб қилинадиган қуюқликка эришиш учун суюқ шишага сув қўшиб суюлтирилади. Суюқ шиша карбонат ангидрид газ таъсирида қуриши ва аморф кремнезъм ажралиши оқибатида ҳавода қотади. Суюқ шишанинг қотишини тезлатиш ва цемент тошининг зичлигини ошириш учун кислотабардош цементдан фойдаланилади. Унинг таркибига кирадиган кремний-фторли натрий қотиш катализатори ҳисобланади ва қотган материалнинг кислота ҳамда сувга чидамлигини оширади. Кремний-фторли натрий қўшимчаси эриган шиша массасига нисбатан 12...15 % ни ташкил этиши керак.

Кислотабардош цемент асосидаги бетонлар арматура билан мустаҳкам боғланиш хусусиятига эга бўлгани учун кислоталар сақланадиган ховузларни қуришда ҳамда кислоталар таъсирида бўлган қурилиш конструкцияларини муҳофазалашда кенг қўлланилади. Шунингдек, бундай цементни қоришмалар ва суртмалар тайёрлашда, кимёвий ускуналарни қоплашда, девор ва полларни бўяшда, кислотага чидамли ғиштларни теришда кенг қўлланилади.

*Тампонаж портландцемент* цемент клинкери, гипс ва қўшимчаларни майин туйиш орқали олинади. У асосан нефть ва газ қудуқларининг ичини цементлаш учун ишлатилади. Бундай цементлар тез қотиб, қисқа вақт ичида юқори мустаҳкамликка эришиш хусусиятига эга. Унинг оддий портландцементдан фарқи шундаки, цементнинг таркибида кальцийли алюминат ва гипс миқдори кўп бўлади. Цемент саноати асосан икки хил тампонаж цементи ишлаб чиқаради. Унинг бир тури “совуқ” қудуқларга, иккинчи тури эса “иссиқ” қудуқлар учун мўлжалланган (ГОСТ 1581-96).

Қудуқ қувурларига цемент қоришмасини тезлик билан босим остида юбориш учун у етарли даражада ҳаракатчан (оқувчан) бўлиши керак. Қудуққа цемент қоришмаси юборилгач у қисқа вақт ичида тегишли мустаҳкамликка эришади.

*Гилтупроқли цементлар* оҳақтош ва гилтупроқли тоғ жинсларни эригунга қадар куйдириб, сўнгра клинкер туйиб олинади. Улар тез қотувчан ва жуда пишиқ гидравлик боғловчи бўлиб, гилтупроқли ёки “алюминат” цемент деб аталади. Гилтупроқли цемент таркибида 40 % гача гилтупроқ ( $Al_2O_3$ ), 45 % гача кальций оксиди ( $CaO$ ) ва 5...10 % кремний оксиди ( $SiO_2$ ) бор.

Гилтупроқли цемент тез қотувчан бўлиб, 1 кунда 90 % гача, 3 кунда эса 100 % мустаҳкамликка эришади. Гилтупроқли цементнинг маркаси 1:3 нисбатда цемент ва қумдан тайёрланган намунани уч кундан кейин сиқилишга синаш орқали аниқланади. Бу цемент 400, 500 ва 600 маркаларда ишлаб чиқарилади (ГОСТ 969-91).

Гилтупроқли цементлар асосида тайёрланадиган бетонлар ишқорли ва бошқа суюқ зарарли муҳит таъсирига чидамли ҳисобланади. Шунинг учун улар махсус иншоатларда яъни, тез бажарилиши керак бўлган таъмирлаш ва монтаж ишларини бажаришда кенг қўлланилади. Булардан ташқари ушбу

цементлар иссиқбардош бетонлар ва қоришмалар олишда ишлатилади. Гилтупрокли цементлар кенгаювчи цементлар тоифасига киради.

*Крент (кристалланган компонент) қўшимчали цемент* гидросиликатлар ва уч сульфат кўринишидаги гидросульфоалюминатларни кристаллаштириш хусусиятига эга бўлиб, мустаҳкамлигининг 5...15 % юқорлиги билан фарқланади (ўртача 10 МПа га ортиқ). Бундай цементларнинг совуқбардошлиги анча юқори ва ишқорли муҳит таъсирига чидамли ҳисобланади.

*Сульфоалюминат клинкери асосидаги цементлар* тез қотувчан ва юқори мустаҳкамликка эга бўлган цементлар тоифасига киради. Бундай цементлар 6 соатдан кейин 20...30 МПа, 1 кундан кейин 40...50 МПа мустаҳкамликка эришади.

*Аралаш цементлар* маҳаллий хом ашёлар, тошдан олинадиган минерал кукунлар ёки иккиламчи чиқиндилар асосида олинади. Цементнинг мустаҳкамлиги нисбатан паст бўлади. Бундай цементлар мустаҳкамлиги пастроқ ва ўртача бўлган бетон буюмлар (блоклар, пойдевор конструкциялари ва ш. к.) ишлаб чиқаришда ишлатилади.

Ҳозирги кунда қурилишда боғловчиларнинг бир қатор махсус ҳиллари, яъни, шлакишқорли, кулишқорли, кулшлакли, полимерли ва бошқа боғловчилар ишлатилмоқда.

*Шлакишқорли боғловчилар* доналанган шлакларни ишқорли компонентлар билан биргаликда туйиш орқали олинади. Ишқорли компонентлар сифатида сувда юқори ишқорли реакция ҳосил қилувчи натрий ёки калий каби ишқорли металлларнинг туйилган кукунлари ёки сувли эритмаси ишлатилади.

Шлакишқорли боғловчилар проф. В. Д. Глуховский Киев архитектура-қурилиш университети (Украина) томонидан таклиф қилинган ва тадқиқотланган. Шлакишқорли боғловчи олиш учун доналанган хумдон, электротермофосфор ва рангли металлургия шлаклари ишлатилади. Уларнинг туйилганлик даражаси (солштирма юзаси)  $3000 \text{ см}^2/\text{г}$  дан катта бўлмаслиги керак.

Ишқорли компонент сифатида каустик ва кальцийлаштирилган сода, поташ, натрий ва калий силикати эритмаси ва х.к қўлланилади. Ишқорли брикмаларнинг боғловчи таркибидаги энг мақбул миқдори  $\text{Na}_2\text{O}$  га ҳисобланганда шлак массасига нисбатан 2...5 % ташкил қилади. Ишқорли металлар брикмаларининг юқори фаоллиги кальцийли брикмаларга нисбатан тез қотувчан ва юқори мустаҳкам боғловчилар олиш имконини беради. Бундай боғловчилар тишлашиш муддатининг бошланиши 30 мин.дан кам ва тугаши 12 с.дан кеч эмас.

Шлакишқорли боғловчилар сиқилишдаги чегаравий мустаҳкамлиги бўйича 300...1200 маркаларга (30...120 МПа) бўлинади. Мустаҳкамлигининг ошишини тезлатиш ва деформацияланишини нисбатан камайтириш учун таркибига боғловчи массасига нисбатан 2...6 % цемент клинкери қўшилади.

Шлакишқорли боғловчиларнинг контракцияси портландцементга нисбатан 4...5 марта кам, шу сабабли улар кам ғовакликка эга. Бу эса

боғловчининг юқори сув ўтказувчанлиги ва совуқбардошлигини таъминлайди шунингдек, ҳажмий қисқариш ва сирпаниш деформацияси нисбатан паст. Шлакишқорли боғловчилар юқори зангбардошлик ва биологик чидамлиликка эга. Ишқорли компонентлар музлашга қарши қўшилма вазифасини ўтайди. Шу сабабли бундай боғловчилар манфий ҳароратда ҳам бир текис қотиш хусусиятига эга бўлади.

Ҳозирги пайтда шлакишқорли боғловчиларнинг бир қатор махсус ҳиллари жумладан, юқори мустаҳкам, тез қотувчан, чўкмайдиган, зангбардош, иссиқбардош ва тампонаж кабилари ишлаб чиқилган. Бундай боғловчиларнинг иқтисодий самарадорлиги юқори ҳисобланади.

*Пиширилмай олинадиган ишқорли цемент (ПОИЦ).* Пиширилмай олинадиган модификацияланган ишқорли боғловчиларни Ўрта Осиё маҳаллий хом ашёлари ҳамда иккиламчи чиқиндилар асосида олишни профессорлар Э. У. Қосимов ва А. А. Тўлагановлар (Тошкент архитектура-қурилиш институти) таклиф этишган. Ўтказилган илмий тадқиқот ишлари ва уларни ишлаб чиқариш жараёнида синаб кўрилган натижаларига асосан ПОИЦ нинг портландцементга нисбатан иқтисодий самарадорлиги юқори эканлиги исботланган.

Бундай цемент учун хом ашё захиралари Марказий Осиё жумладан, Ўзбекистон ва Қозоғистонда етарлидир. Бунда металлургия, кимё, тоғ-кон ва энергия саноати чиқиндилари (шлаклар, кул-чанги ва уларнинг аралашмалари), табиий жинслар (глиеж, глауканит ва х.к) ва ишқорли моддалар (содосульфат аралашмаси, поташ, суюқ шиша) ПОИЦ учун асосий хом ашё сифатида ишлатилади.

ПОИЦ асосида юқори мустаҳкамлик ва техник хоссаларга эга бўлган оғир, енгил, ячейкали бетонлар ва органик тўлдирувчилар асосида махсус композицияли буюмлар (арболит, прессланган плиталар) ишлаб чиқариш технологияси йўлга қўйилган. Жумладан, энергиятежамкор ва махсус бино ва иншоотлар қурилиши учун ПОИЦ асосида А. А. Тўлаганов (ТАҚИ) томонидан зичлиги  $1700...1800 \text{ кг/м}^3$ , мустаҳкамлиги  $70...90 \text{ МПа}$  бўлган енгил бетонлар таркиби ишлаб чиқилган.

*Чўкмайдиган ва кенгаювчи цементлар* А. А. Азимов ва А. А. Султановлар (Самарқанд Давлат архитектура-қурилиш институти) томонидан ишлаб чиқилган бўлиб, уларнинг қурилиш технологик, механик ва деформатив хоссалари “шлакишқорли компонент-кенгаювчи қўшилма” тизимида аниқланган. Саноат чиқиндилари асосида ишлаб чиқарилган ушбу цемент ГОСТ 1581-96 талабларига жавоб беради ва катта миқдорда кимё технологияси ҳамда металлургия саноати чиқиндиларини кескин камайтириш, экологик муаммоларни ечиш имконини яратади. Ушбу цементларни бир қатор темирбетон буюмлар ишлаб чиқаришда, тампонаж қоришмаларда, гидроизоляция ишларида ва ш.к. ларда самарали қўллаш мумкин. Масалан, А. А. Султанов бошчилигида (СамДАҚИ) зичлиги  $400...1200 \text{ кг/м}^3$  бўлган шлакишқорли боғловчилар асосида стандарт талабларга тўлиқ жавоб берадиган ва автоклавда қотирилмайдиган серғовак енгил бетонлар таркиби ишлаб чиқилди ва уларни ишлаб чиқариш технологияси йўлга қўйилган.

Шунингдек, бундай бетонлар таркибига базальт ва волластонит толаларини кўшимча сифатида киритиш орқали бетон мустаҳкамлигининг жумладан, эгилиш мустаҳкамлигининг 20...40 % ортишига эришилди. Бундай бетонлар ва улар асосидаги буюмлар энергиятежамкор турар-жой биноларни барпо этишда самарали қўлланилмоқда.

*Кулишқорли боғловчилар.* Нисбатан анча кенг тарқалган ишқорли компонентлар (сода, суюқ шиша ва ш. клар) асосида кулишқорли боғловчилар олиш усули П. В. Кривенко ва бошқалар (Киев архитектура-қурилиш университети, Украина) томонидан таклиф этилган. Бунда кул ёки кулшлакли аралашмалар оҳак билан биргаликда туйилади (ёки металлургия шлаклари ва портландцемент клинкери билан). Ишқорли компонентнинг қотишида ушбу кўшимчалар кулнинг гидратланишини ва қотишини таъминлайдиган натрий оксидини ҳосил қилади.

Кулшлакли боғловчилар оғир, енгил ва серғовакли бетонлар олишда ишлатилиши мумкин. Бундай бетонларнинг мустаҳкамлиги оҳак миқдори ва ишқорли металллар тузи ортишига мос ҳолда ўсади. Иссиқлик билан ишлов берилган бетонларнинг мустаҳкамлиги 40 МПа гача ва ундан ҳам ортиши ва кейинчалик сувли муҳитда янада ўсиши кузатилади. Кулишқорли бетонлар кимёвий емирилиш ва сувли муҳитга нисбатан чидамлидир. Бундай боғловчилар асосидаги бетонлардан девор ва пойдевор блоклари, бино ва иншоотларнинг турли ҳил конструкциялари, ер ости ва сув иншоотларининг элементлари тайёрланади.

### **§2.1.3. Оҳакли, гипсли, магнезиал ва мураккаб боғловчилар**

*Романцемент* оҳактош ёки магнезиал мергелларни қисман эритиб, сўнгра бир-бирига ёпишиб қолмайдигин даражада совутиб туйиш орқали олинади. Қуюқлашиш муддатини кераклича ўзгартириш учун романцементга 5 % гача гипс ва 15 % гача (оғирлиги бўйича) гидравлик кўшимчалар қўшиб туйилади.

Кальций карбонат ва гилнинг табиий аралашмасидан иборат бўлган мергеллар таркибида 25...60 % гача гил бўлиши мумкин. Романцементни ишлаб чиқариш учун эса, таркибида гил аралашмаси 25...30 % бўлган мергелларни ишлатиш яхши натижа беради. Демак, гил аралашмалари куйдириш вақтида парчаланиб, ҳосил бўлган таркибий қисмларни боғлай оладиган даражада СаО керак бўлади.

Романцемент секин қотадиган, мустаҳкамлиги нисбатан паст маркали боғловчи модда ҳисобланади. Чунки, унинг таркибида секин қотадиган минерал-икки кальцийли силикат мавжуд. Лекин бундай цемент бир йил мобайнида сақланганда, унинг мустаҳкамлиги ошади. Шунинг учун романцементдан тайёрланган бетон қотишининг даслабки 5...7 кунларида бевосита нам ҳавода қотирилади. Романцементнинг қотишига ва мустаҳкамлигининг ошишига ҳароратнинг кўтарилиши яхши, пасайиши эса салбий



таъсир кўрсатади. Ҳарорат 5...10 °С бўлганда унинг қотиши бутунлай тўхтайди.

Романцемент сиқилишдаги мустаҳкамлик чегарасига қараб 25, 50 ва 100 маркаларга бўлинади. Романцемент сув билан қорилган пайтдан бошлаб камида 15 мин. ўтгандан сўнг қуюклашиши бошланиб (тутиб қолиши), кечи билан 24 с. да бутунлай тугаб бўлиши керак. У доимо сув таъсирида бўладиган конструкцияларда ҳам ишлатилади. Романцемент асосан маҳаллий қурилишларга мўлжалланган ва бир қатор бетон конструкциялар ишлаб чиқаришда портландцемент ўрнида ишлатилади.

**Ҳавойи оҳак** оддий боғловчи бўлиб, карбонатли жинсларни (оҳактош, мел, чиғаноқтош, кимёвий ишлаб чиқариш чиқиндилари ва х. к.) ўртача куйдириш усули билан олинади. Унинг таркибида лойтупроқли аралашмалар 8 % дан ортиқ бўлмаслиги талаб этилади. Қурилишда сўндирилмаган сувсиз кальций оксиди (СаО) ва сўндирилган кальций гидроксиди Са(ОН)<sub>2</sub> дан ташкил топган оҳаклар ишлатилади.

Ҳавойи оҳакка минерал қўшимчалар, тўйилган тоғ жинслари ёки ишлаб чиқариш чиқиндилари (хумдон ва ёқилғи шлаклар, кул, вулқон туфи, пемза, кварц куми, гипс тоши) қўшилиши мумкин. Сифати бўйича таркибидаги фаол СаО ва MgO ларининг миқдorigа қараб оҳак уч навга бўлинади: қўшимчасиз оҳакда уларнинг миқдори тегишли равишда 90; 80; 70 % га тенг бўлиши керак; қўшимчали I ва II навли оҳакларда тегишли равишда 64 ва 52 % га тенг бўлади. Сўниш тезлигига қараб тез сўнадиган оҳак (сўниш тезлиги 20 мин. гача) ва секин сўнадиган оҳакларга (сўниш тезлиги 20 мин.дан кўпроқ) бўлинади.

Ҳавода қотадиган оҳакли қоришма ва бетонларнинг мустаҳкамлиги паст бўлиб, 28 кунда 0,5...3 МПа ни ташкил этади (ГОСТ 22688-77). Уларнинг мустаҳкамлигини автоклавда ишлов бериш орқали (175 °С ҳарорат ва 0,8 МПа босимда) сезиларли даражада ошириш мумкин. Оҳакнинг тўлдирувчи кремнезем билан ўзаро таъсири натижасида мустаҳкам гидросиликатлар ҳосил бўлади. Бу усул автоклавда силикат бетон олиш учун қўлланилади. Бетоннинг мустаҳкамлиги 20...50 МПа ни ташкил этади (ҳатто бундан ҳам юқори бўлиши мумкин). Серғовак бетонлар ишлаб чиқаришда ҳам бу усулни қўллаш мумкин. Автоклав усулида силикат материалларни олиш учун таркибида магний оксиди 5 % дан кўп бўлмаган тез сўнадиган оҳакдан фойдаланади.

**Гипс ва унинг асосидаги боғловчилар (ГОСТ 125-79).** Қурилиш гипси ҳавода қотадиган боғловчи модда ҳисобланади. Қурилиш гипси табиий икки сувли гипсни 150...170 °С ҳароратда ярим сувли гипсга айлангунча қиздириб олинади. Гипс сув билан аралаштирилганда хамирга ўхшаш бўтқа ҳосил бўлади ва у тез қота бошлайди. Суюқ ҳолатдаги бўтқа каттиқ ҳолатга ўтиб, ҳавода қотади ва аста секин мустаҳкамлиги ошиб боради. Гипс тез қотадиган боғловчилар тоифасига киради. Гипс қотишининг бошланиши гипс сув билан қориштирилганидан кейин 4 мин.дан олдинроқ бошланмаслиги, тугаши эса 6 мин.дан олдинроқ ва 30 мин.дан кеч бўлмаслиги керак. Гипс қотишининг бошланишини секинлатиш учун сульфат дрожжали брожка (СДБ) ёки сув

массасига нисбатан 0,1...0,2 % бўёқчилик елими ва бошқа органик елимлар қўшилади. Қурилиш гипси юқори сув талабчанликка (55...65 %) ва нисбатан кам мустаҳкамликка (2...7 МПа) эга. Гипснинг мустаҳкамлиги қотиш жараёнида сезиларли ошади ва 7,5...12,5 МПа га етиши мумкин.

Икки сувли гипсга махсус ишлов берилиб, мустаҳкамлиги ўта юқори 10...25 МПа бўлган гипс олинади. Унинг қотиши бошланиши мудати 15...20 мин.дан иборат. Ўта мустаҳкам гипсдан пластик хамир олиш учун кам сув (гипс массасига нисбатан 35...45 %) талаб қилинади. Бу ўз навбатида қуйма бетонларда фойдаланиш имконини беради.

Мустаҳкамлик кўрсаткичи бўйича гипс Г-2 дан Г-25 гача бўлган ўн икки маркага бўлинади. Қурилишда асосан гипснинг Г-4...Г-7 маркалари ишлатилади. Қотган гипснинг зичлиги нисбатан камроқдир (1200...1700 кг/м<sup>3</sup>), ғоваклиги эса сезиларли юқоридир (30...60 %).

Гипснинг алоҳида хусусиятларидан бири қотишининг тез бошланиши бўлиб, буюм ўлчамларининг тўғри шаклда бўлишини таъминлашидир. Чунки, гипс қотиш мобайнида озгина кенгайди ва қолипни зич тўлдиради. Унинг асосий камчилиги сувга чидамсизлигидир. Нам тортганда гипснинг мустаҳкамлиги кескин камаяди. Кам юк таъсирида сезиларли деформацияга учрайди ва буюм сифатсиз бўлиб қолади. Гипснинг сувга чидамлигини таркибига туйилган хумдон шлаklarини қўшиб бир мунча ошириш мумкин.

*Гипсцемент-пуццоланли боғловчи* гипсга нисбатан сув таъсирига анчагина чидамли. У 50...80 % ярим сувли гипс ва 20...50 % пуццолан портландцемент ёки фаол минерал қўшимчали портландцементдан ташкил топган. Минерал қўшимча микдори қуйидаги шартга жавоб бериши керак: боғловчи таркибидаги СаО концентрацияси 0,85 г/л дан ошиб кетмаслиги керак. Бундай шароитда СаО ни минерал қўшимчалар ўзига боғлаб гидросульфолюминатнинг моносульфатли турини ҳосил қилади. Натижада майин дисперсли кам емириладиган гидросиликатлар боғловчининг сувга чидамлилигини оширади.

Гипсцемент-пуццоланли боғловчилар 100, 150, 200 маркаларда ишлаб чиқарилади. Улар асосида тез қотадиган ва мустаҳкамлиги 15...25 МПа бўлган бетонлар олиш мумкин. Бундай бетонлар тайёрланганидан 2...3 с.дан кейин лойихавий мустаҳкамлигининг 30...40 % га эришади. Бетон қотишини тезлатиш учун буюмларга 5...8 с. давомида 70...80 °С ҳароратда буғ билан ишлов берилади.

*Магнезиал боғловчилар.* Магнезиал боғловчи моддаларни олиш учун таркибида магнезит ёки доломит бўлган чўкинди тоғ жинслари шахтали ёки айланма хумдонларда 700...850 °С ҳароратда қуйдирилади. Ҳосил бўлган маҳсулот (клинкер) майдалаб тўйилади. Ишлатиладиган дастлабки хом ашёлар турига қараб магнезиал боғловчи моддалар каустик магнезит ва каустик доломит каби ҳилларга бўлинади.

*Каустик магнезитли боғловчи* асосан магний оксидидан иборат бўлган кукундир. Каустик магнезитни қуйдириш жараёнида ундан карбонат ангидрид гази ажралиб чиқади. Қолган куюндисифат магний оксиди эса моддага боғловчилик хусусиятини беради. Ҳаводан намланиш хусусияти

юқори бўлганлиги учун каустик магнезитли боғовчини узок муддат сақлаб бўлмайди.

Каустик магнезит магний хлор ёки магний сульфатнинг сувли эритма-сида қорилади. У қуруқ шароитда нисбатан тез қотади. Қуюқланишининг (тутиб қолишининг) бошланиши 40 мин.дан кейин, тугаши 8 с.гача. Каустик магнезитли боғловчининг сиқилишдаги мустаҳкамлиги 40...60 МПа га тенг.

*Каустик доломитли боғловчи* магний ва кальций оксидларидан иборат бўлган кукундир. У табиий доломитни 800 °С хароратда қиздириб ва кейинчалик кукун ҳолатигача туйиб олинади. Таркибида инерт СаСО<sub>3</sub> бўлиши туфайли каустик доломитнинг магнезитга нисбатан фаоллиги кам.

Каустик магнезит ва доломитли боғловчилар ёғоч кипиқлари ва бошқа органик тўлдирувчилар билан мустаҳкам боғланиш хусусиятига эга. Шунинг учун ксилолит ва фибролит каби материалларни тайёрлашда асосан, магнезиал боғловчилар кенг қўлланилади. Бундан ташқари, улар махсус совуқбардош қоришмалар, меъморчилик қисмлари ва кўпикбетонлар тайёрлашда ҳам кенг қўлланилади.

*Суюқ шиша* сариқ рангли натрий силикат (Na<sub>2</sub>·nSiO<sub>2</sub>) ёки калий силикат (K<sub>2</sub>O·nSiO<sub>2</sub>) дан иборат бўлади. У суюлтириш ўчоқларида майдаланган соф кварц кумни сода (Na<sub>2</sub>С<sub>3</sub>) ёки поташ (K<sub>2</sub>СО<sub>3</sub>) билан бирга 1300...1400 °С хароратда суюлтириб олинади. Эритма тез совутилгандан кейин ҳосил бўлган кўкиш- яшилроқ ва сарғиш рангли шаффоф бўлаклар ва палахсалар 0,4...0,6 МПа босимли буғ таъсири остида (автоклажда) суюлтирилиб, одатда, суюқ шиша деб аталадиган ёпишқоқ қоришмага айланади. Қурилишга суюқ шиша (асосан натрийли) 1,32...1,50 г/см<sup>3</sup> га тенг ҳақиқий зичликда келтирилади. У фақат ҳавода қотади. Суюқ шишанинг қотиш жараёнини унинг таркибига катализатор – натрий кремнефторид (Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>) ни кўшиб анча тезлаштириш мумкин.

Суюқ шиша ўтдан сақлайдиган силикат бўёқлар олиш, табиий тош материалларни нурашдан сақлаш шунингдек, кислотага чидамли ва оловбардош бетон ишлаб чиқаришда ишлатилади.

***Мураккаб (компазитли) боғловчи моддалар.*** Юқори сифатли бетонлар олиш ва цементни ишлатилиш самарадорлигини ошириш учун унга ҳар -хил моддалар кўшилади. Яъни, асосий боғловчига (цементга) боғловчилик хусусиятига эга бўлган махсус кўшимчалар ва фаол минерал компонентлар кўшилади. Натижада цемент хамирининг реологик хоссалари яхшиланади, шунингдек, бетоннинг мустаҳкамлиги ва бошқа сифат кўрсаткичлари ортади.

Мураккаб боғловчи моддаларнинг таркиби уларни ишлатиш мақсадларига қараб кенг қамровда ўзгариши мумкин. Бундай боғловчилар цемент корхоналарида махсус технология асосида (қуруқ аралашма кўринишида) тайёрланади.

Мураккаб боғловчи моддалар туркумига кирувчи “*сувталабчанлиги кам боғловчилар*” (СКБ) ҳозирги кунда кенг қўлланилмоқда. Ҳар хил хоссаларга эга бўлган СКБ, фаол минерал кўшимчалар (туйилган шлак, кварц куми ва ш.к.лар) ва портландцементни биргаликда туйиш орқали олинади.

Бундай боғловчилар СКБ-100, СКБ-50 ва СКБ-30 хилларда ишлаб чиқарилади. СКБ-100 асосан юқори мустаҳкам бетон ва темирбетон конструкцияларни, СКБ-50 ўртача мустаҳкамликка эга бўлган конструкцияларни, СКБ-30 эса бетон ва кўпикбетон блокларни ҳамда энгил темирбетон конструкцияларни тайёрлашда қўлланилади.

## §2.2. Бетон учун тўлдирувчилар

### §2.2.1. Тўлдирувчиларнинг синфланиши, донадорлик таркиби ва хоссалари

**Тўлдирувчиларнинг синфланиши.** Бетон учун ишлатиладиган тўлдирувчилар “майда” ва “йирик” турларга бўлинади. Доналарининг ўлчамлари 0.16...5 мм гача бўлган тўлдирувчилар майда, доналарининг ўлчамлари 5...70 мм бўлган тўлдирувчилар эса йирик тўлдирувчилар тоифасига киради. Майда ва йирик тўлдирувчилар ҳосил бўлиши ва олинишига қараб “табий” ва “сунъий” бўлади. Майда тўлдирувчилар сифатида асосан турли хил кумлар ишлатилади. Улар тоғ жинсларининг нурашидан ҳосил бўлади ёки кум-шағал конларидан бойитиш орқали (майдаланиб) олинади. Сунъий кумлар эса саноат чиқиндилари ва иккиламчи маҳсулотларни майдалаш орқали олинади. Йирик тўлдирувчилар сифатида шағал, чақиқ тош ва саноат чиқиндилари ишлатилади. Шағал пишиқ тоғ жинсларининг емирилиши натижасида ҳосил бўлади ва доналари силлиқ (шарсимон ёки яполоқ) материалдир. Чақиқ тошлар эса қаттиқ тоғ жинслари ҳамда шағалларни майдалаш ва бойитиш орқали олинади. Улар қиррали ва ғадир-будир кўринишли бўлади.

Энгил бетонлар учун ғовакли тоғ жинсларидан олинadиган табиий (туф, пемза, чиғаноқтош ва ш. к) ва сунъий усулда махсус тайёрланadиган энгил тўлдирувчилар (керамзит, аглопорит, перлит ва ш. к) ишлатилади.

Тўлдирувчилар бетоннинг 80 % ҳажмини эгаллаб, унинг хусусиятларига, узоқ муддатга чидамлигига ва нархига маълум даражада таъсир кўрсатади. Тўлдирувчиларнинг бетонга қўшилиши натижасида бетондаги энг қимматбаҳо ва ноёб ҳисобланган хом ашё-цемент сарфининг кескин камайишига эришилади. Бундан ташқари, тўлдирувчилар бетоннинг техник хусусиятларини яхшилади. Юқори мустаҳкам тўлдирувчи скелет маълум даражада бетоннинг мустаҳкамлигини оширади шунингдек, бетонга узоқ муддат юк таъсир қилиш натижасида юзага келиши мумкин бўлган қайтмас деформацияларни камайтиради. Бетоннинг киришиш деформацияси натижасида ички зўриқишлар ва хатто микроёриқлар юзага келади. Тўлдирувчи киришиш деформацияси зўриқишини қабул қилади ва цемент тошига нисбатан бир неча баробар киришишни камайтиради.

Табиий ва сунъий ғовак тўлдирувчилар кам зичликка эга бўлиб, энгил бетоннинг зичлигини камайтиради, иссиқ саклаш хусусиятини эса яхшилайди. Махсус бетонларда (юқори ҳароратга чидамли, нурланишдан

ҳимояловчи ва ш. к.) тўлдирувчиларнинг аҳамияти жуда катта, чунки уларнинг хусусиятлари асосан бундай бетонларнинг махсус сифатларини аниқлаб беради.

Тўлдирувчиларнинг нархи бетон ва темирбетон конструкциялари нархининг 30...40 % (баъзи ҳолларда янада кўпроқ) ташкил этади. Шунинг учун бетон тайрлашда маҳаллий тўлдирувчилар ва саноат чиқиндиларини ишлатиш қатор ҳолларда қурилиш таннархини, транспорт харажатларини камайтиришга ва қурилиш муддатининг қисқаришига олиб келади.

**Тўлдирувчиларнинг донадорлик таркиби.** Бетон тайёрлаш учун тўлдирувчиларни тўғри танлаш, уларни меъёрида ишлатиш бетон технологиясида муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Бетон учун мўжалланган тўлдирувчиларга унинг таркибига таъсир этувчи хусусиятларидан келиб чиқиб, тегишли талаблар қўйилади. Бетоннинг хусусиятига тўлдирувчиларнинг минералогик ва донадорлик таркиби, мустаҳкамлиги ва тозаллиги сезиларли таъсир кўрсатади.

Тўлдирувчиларнинг донадорлик таркиби ундаги турли йирикликдаги доналар миқдорини билдиради. Бу миқдор тўлдирувчидан олинган намунани тешиклари 0,16...70 мм стандарт элакларда элаш орқали аниқланади. Тўлдирувчилар турли ўлчамларга эга бўлади ва бир-бирига яқин бўлган доналари гуруҳларга бўлинади. Масалан, 5...10, 10...20 ёки 20...40 мм дан иборат бўлган гуруҳлар. Тўлдирувчилар энг кичик ёки энг катта йирикликдаги доналари бўйича тавсифланади. Бу тавсиф тўлдирувчи доналарининг нисбатан энг кичик ёки энг катта ўлчамларига қараб аниқланади. Тўлдирувчиларда алоҳида йирик ёки майда доналар учраши мумкин, бироқ уларнинг миқдори 5 % дан ошмаслиги керак.

Таркибида барча ўлчамдаги доналар яъни, энг кичик ўлчамдаги доналардан энг йирик ўлчамдаги доналар мавжуд бўлса, бундай таркиб “узликсиз” таркиб дейилади. Агарда тўлдирувчида қандайдир бир оралик ўлчамлардаги доналар мавжуд бўлмаса, бундай доналар таркиби “узликли” таркиб деб аталади.

Тўлдирувчиларнинг донадорлик таркибини танлаш бўйича жуда кўп тавсиялар мавжуд. Кўпчилик тадқиқотчилар узликсиз таркибни самаралироқ деб биладилар. Узликли таркибдаги қоришмалардан ўртача ўлчамдаги фракциялар олиб ташланганда ғовакликнинг камайиши таъминланади. Бироқ, ундаги йирик доналар орасида сиқилиб қолган майда доналарининг ҳаракатчанлиги чегараланади ва маълум даражадаги ҳаракатчан бетон қоришмасини олиш учун зарурат туғилади. Узликсиз таркибли қоришмаларда эса бу қатлам юпқароқ бўлиши кузатилади. Узликли таркибда тўлдирувчидаги майда фракцияларнинг ҳажми ҳамда тўлдирувчиларнинг нисбий юзаси ортади. Натижада доналарни қамраб олиш учун цемент сарфи ортади ва уни тежаш имкони камаяди. Бундан ташқари узликли таркиб қатламланишга мойил бўлиб, бу бетоннинг бир жинслигига салбий таъсир кўрсатади.

Тўлдирувчиларнинг узликсиз таркибини танлаш учун самарали “элаш эгри чизиғи” таклиф этилган. Бир вақтнинг ўзида энг кам бўшлиқлар ва энг

кам миқдордаги доналар нисбий юзасига эга бўлган қоришмани олиш мумкин бўлмагани туфайли аниқ “элаш эгри чизиғини” куйидаги шартдан аниқлаш мумкин. Бунинг учун қоришмадаги бўшлиқлар миқдори ва доналар юзалари йиғиндиси маълум даражадаги ёйилувчанликка эга бўлган бетон қоришмасини олиш учун минимал миқдордаги цементни талаб этиши керак. Аниқ эгрилик чизиғи бўйича турли ўлчамлардаги доналарни танлаш ва солиштиришда цемент сарфи билан қатламланишга мойиллиги камроқ ва ёйилувчанроқ қоришмалар олинади. Бундай аниқ элаш эгрилигига мисол сифатида куйидаги Фуллер ва Боломейлар томонидан таклиф этилган тенгламани келтириш мумкин:

$$y = k_{\phi} + (100 - k_{\phi}) [x / D_{\text{чек}}]^{1/2} \quad (2.1)$$

бу ерда:  $k_{\phi}$  - шакл коэффиценти бўлиб,  $k_{\phi} = 8 \dots 14$ ;  $x$  - берилган фракциядаги доналар ўлчами;  $D_{\text{чек}}$  - тўлдирувчининг чегаравий йириклиги.

Амалиётда аниқ эгрилик бўйича тўлдирувчилар таркибини танлаш учун шағал ва кумни элаш бўйича қўшимча жараёнлар талаб этилади. Алоҳида фракциядаги материалларнинг бир қисми ортиб қолиши мумкин, бошқа фракцияларни тўлдириш учун эса қўшимча майдалаш талаб этилади. Шунинг учун амалиётда бу усул кенг тадбиқ этилмаган.

Темирбетон корхоналари ёки қурилиш майдонларида тўлдирувчиларнинг донадорлик таркибини танлашда керакли миқдорда аниқланган кум ва шағал фракциясидан фойдаланилади. Бунда кум ҳамда алоҳида олинган шағал фракциялари орасидаги нисбат имкон даражасида энг мақбул эгриликка яқинлашиши лозим. Бироқ, бу нисбатнинг аниқ эгриликка мос тушиши талаб этилмайди. Яъни, сезиларли бўлмаган технологик камчиликларга йўл қўйилиши мумкин. Дондорлик бўйича таркибнинг ўзгаришини қатор технологик усулар ёрдамида қоплаш мумкин. Натижада бетоннинг нарҳини, ташиш ва таёрлаш ҳаражатларини камайтириш мумкин. Шунинг учун стандарт ва техник хужатларда бир неча хил донадорлик бўйича таркиблар тавсия қилинади. Тўлдирувчининг энг мақбул донадорлик таркиби, нафақат йирик ва майда тўлдирувчиларнинг донадорлик таркибига, балким уларнинг ўзаро нисбатини тўғри танлашга ҳам боғлиқ.

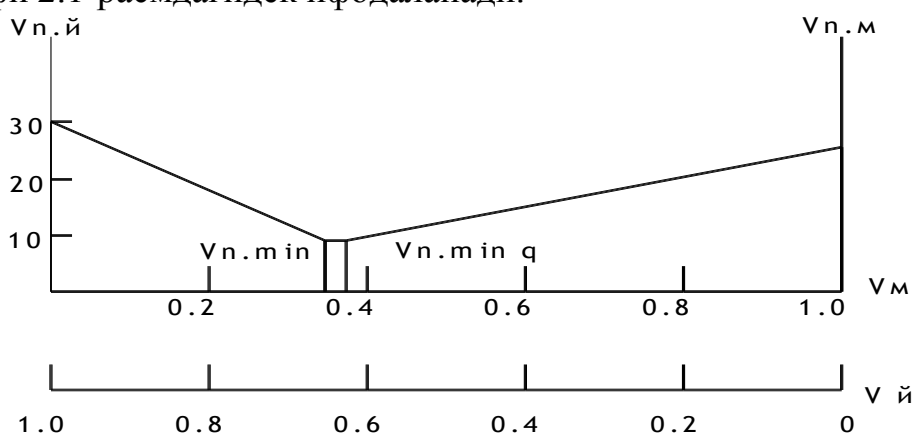
Бу нисбатнинг тўғри танланишига фақат бетон таркибини ҳисобга олиш билан жумладан, цемент ва сувнинг миқдорини тўғри танлаш орқали эришиш мумкин (3 бобга қаранг). Ўрта ва паст мустаҳкамли (цемент сарфи  $200 \dots 300 \text{ кг/м}^3$  бўлган) бетонларда, бетон қоришмасининг энг қулай ҳаракатчанлик кўрсаткичини энг мақбул “элаш эгрилигига” яқин бўлган донадорлик таркиб таъминлайди. Цемент сарфи кўп бўлган юқори мустаҳкамли ва бикр бетон қоришмаларда майда тўлдирувчиларнинг фракцияларини, умумий ҳажмга нисбатан камайтириш мақсадга мувофиқ ҳисобланади.

Тўлдирувчиларнинг жойлашиш зичлиги донадорлик таркиби билан бевосита боғлиқ. Шунингдек, тўлдирувчи доналарининг шакли жойланиш зичлигига таъсир кўрсатади. Тўлдирувчиларнинг жойланиш зичлиги алоҳида тавсиф бўлиб,  $y$  цемент сарфи (қанчалик бўшлиқлар кўп бўлса, шунчалик цемент сарфи ортади) ва бетоннинг хусусиятларига маълум даражада таъсир

кўрсатади.. Назарий жиҳатдан тўлдирувчилар орасидаги бўшлиқлар ҳажми ундаги доналарнинг йириклигига эмас, балки доналарнинг шаклига, уларнинг жойлашиш зичлигига боғлиқ. Битта фракциядаги тўлдирувчиларнинг жойлашиш зичлиги 0,3 дан 0,48 гача ўзгаради.

Доналарнинг қирралари кўпайиши билан бўшлиқлар ҳосил бўлиш эҳтимоли ортади. Айниқса, узунчоқ кўринишдаги (нинасимон, яполоқ) доналар қўлланилганда бўшлиқлар ортиб кетади. Шунинг учун бундай доналарнинг шағал ёки чақиқ тошдаги миқдори оддий оғир бетонларда 35 % дан, йўл қурилиши учун мўжалланган шағалда эса 25 % дан ошиб кетмаслиги зарур. Яполоқ доналар бетоннинг мустаҳкамлигига салбий таъсир кўрсатади.

Агарда икки фракцияда бир биридан ўлчамлари билан кескин фарқ қилувчи доналар олинган бўлса, қоришма ғоваклигининг аралаштирилаётгандаги тавсифи 2.1-расмдагидек ифодаланади.



**2.1-расм. Қоришма ғоваклари ҳажмининг майда ва йирик тўлдирувчи миқдорига боғлиқлиги.  $V_{п.й}$ —йирик тўлдирувчиларнинг бўшлиқ ҳажми;  $V_{п.м}$ —майда тўлдирувчиларнинг бўшлиқ ҳажми;  $V_{й}$ —йирик тўлдирувчиларнинг ҳажми;  $V_{м}$ —майда тўлдирувчиларнинг ҳажми.**

Қуйидаги белгилашларни қабул қиламиз:  $V_б$ —бўшлиқ ҳажми;  $V_т$ —тўлдирувчи доналарининг абсолют ҳажми;  $V = V_б + V_т$ —қоришманинг умумий ҳажми;  $F_н = V_б/V$ —нисбий миқдордаги ғоваклик;  $F_т = V_б/V_т$ —тўлдирувчи доналарининг абсолют ҳажмига нисбатан ғоваклиги.

Йирик тўлдирувчиларнинг бўшлиқларини майда фракцияли доналар билан тўлдирилганда бўшлиқлар ҳажми қуйидагига тенг бўлади:

$$V_{б.1} = F_{т.й} \cdot V_{т.й} - V_{т.м} = F_{нис.й} \cdot V - V_{т.м} \quad (2.2)$$

Майда фракцияга бўшлиқлари бўлмаган йирик доналар қўшилганда, ҳажмнинг бир қисмини йирик доналар тўлдириши ҳисобига тўлдирувчи доналарининг бўшлиқли ҳажми қуйидаги формула асосида камаяди:

$$V_{б.2} = F_{т.м} \cdot V_{т.м} = F_{нис.м} (V - V_{т.й}) \quad (2.3)$$

Юқоридаги (2.2) формула  $V_м < F_{т.й} \cdot V_{т.й}$  шарт бажарилганда яъни, майда фракцияларнинг ҳажми йирик фракция бўшлиқларининг ҳажмидан ортиқ бўлмаганда қўлланилади. Шунингдек, (2.3) формула эса  $V_м > F_{т.й} \cdot V_{т.й}$  шарт

бажарилганда яъни, кум миқдори йирик фракциядаги бўшлиқлар ҳажмидан ортиқ бўлганда қўлланилади. Назарий жиҳатдан энг кам бўшлиқлар ҳажмини қуйидаги формула орқали аниқлаш мумкин:

$$V_{б.мин} = F_{нис.м} \cdot F_{нис.й} \cdot V \quad (2.4)$$

Ҳақиқатда эса минимал бўшлиқлар ҳажми  $V_{б.мин}$  ҳар доим нисбатан кўпроқ бўлади. Яъни, амалда доналарнинг энг мақбул тақсимланишига эришиб бўлмайди.

Агар аралаштирилаётган фракциялар бир биридан катта фарқ қилмаса, майда доналарнинг ўлчамлари йирик доналар орасидаги бўшлиқларнинг ўлчамларидан катта бўлади ва майда доналар бўшлиқларга жойлаша олмай йирик тўлдирувчини бир оз суриб юборади. Натижада бутун тизимнинг бўшлиқлари камайиш ўрнига ортиб кетиши мумкин. Нисбатан икки фракцияли зич аралашма тайёрлаш учун бир фракция доналарининг ўлчамлари иккинчи фракция доналарининг ўлчамидан 6,5 баробар кичик бўлиши керак (йирик тўлдирувчи ва кумнинг аралашмаси). Бироқ узликсиз донадор таркибли тўлдирувчилар кенг тарқалган. Уларнинг маълум миқдорида бўшлиқлари кўпроқ бўлиб, улар кам қатламланади ва бу амалиётда кўп учрайди.

Тўлдирувчилар аралашмасининг бўшлиғи 20 дан 50 % гача ўзгариб туради. Шу сабабли бетонга ғоваклиги энг кам ва бир неча фракциялардан ташкил топган тўдирувчиларни қўллаган маъқул.

Минимал ғовакликка эришиладиган шағал (чақиқ тош) ва кумнинг нисбатини кум йирик тўлдирувчи ғовақларини тўлиқ қоплайди деган фараз орқали аниқлаш мумкин. Бунда уларнинг кум зарралари билан маълум миқдорда сурилиши эътиборга олинади. Бу ҳолда қуйидаги формула келиб чиқади.

$$K/\rho_{км} = V_{шн}(\rho_{шн}/\rho_{шм})\alpha \quad (2.5)$$

бу ерда;  $K$ ,  $\rho_{км}$  - кум ва шағал (чақиқ тош) сарфи;  $\alpha$  - силжиш коэффициент;  $V_{шн}$  - шағалнинг нисбий бўшлиқлиги;  $\rho_{км}$ ,  $\rho_{шм}$  - мос ҳолда кум ва шағал (чақиқ тош) нинг ўйма зичликлари.

Бироқ минимал ғовакли қоришма ҳар доим ҳам бетонда рисоладагидек бўлавермайди. Чунки кум ва шағални нисбатини тўғри танлашда цемент ва сув сарфини ҳам ҳисобга олиш керак.

**Тўлдирувчиларнинг хоссалари.** Бетон учун ишлатиладиган тўлдирувчиларнинг сифатига баҳо бериш учун лаборатория шароитида уларнинг ҳақиқий ва ўйма зичликлари, намлиги, таркибидаги чангсимон ва гилли аралашмалар миқдори аниқланади.

Тўлдирувчиларнинг ҳақиқий зичлигини аниқлаш учун танлаб олинган ва пухта аралаштирилган намунадан тарозида 200...220 г ўлчаб олинади. Намуна қуритиш жавонида  $110 \pm 5$  °С ҳароратда турғун (ўзгармас) массагача қуритилади. Сўнгра меъерий ҳароратгача совитилади ва керакли ўлчамдаги элакда эланади. Тўлдирувчиларнинг ҳақиқий зичлиги Ле Шателье ҳажм ўлчагичида аниқланади. Бунинг учун тайёр намунадан тарозида 0.01 г гача аниқликда 80 г ўлчаб олинади ва асбобга солинади. Ҳажм ўлчагичда



суюқликнинг энг сўнги ва дастлабки сатҳлари орасидаги тафовут асбобга солинган тўлдирувчининг ҳажмини билдиради. Тўлдирувчи қолдиғи тарозида тортилади. Ҳажм ўлчагичдаги тўлдирувчининг массаси унинг дастлабки ва қолдиқ массалари орасидаги тафовутга тенг бўлади.

Тўлдирувчиларнинг ҳақиқий зичлиги  $\rho$  (г/см<sup>3</sup>) қуйдаги формула бўйича ҳисоблаб топилади.

$$\rho = (m_1 - m_2)/V \quad (2.6)$$

бу ерда:  $m_1$  –тарозида тортиб олинган намунанинг синовдан олдинги массаси, г;  $m_2$  –қолдиқ намунанинг массаси, г;  $V$ -ҳажм ўлчагичга солинган намуна сиқиб чиқарган суюқлик ҳажми (ҳажм ўлчагичдаги намуна ҳажми), см<sup>3</sup>.

Тўлдирувчиларнинг уйма зичлигини аниқлаш учун қуритилган тўлдирувчи сиғими 1 л бўлган металл цилиндрсимон идишга солиб тўлдирилади. Сўнгра тўлдирувчига тўла идиш тарозида тортилади. Тўлдирувчининг уйма зичлиги  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) қуйдаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\rho_m = (m_2 - m_1)/V \quad (2.7)$$

бу ерда:  $m_1$ –бўш ўлчов цилиндрнинг массаси, кг.  $m_2$ -намуна солинган цилиндрнинг массаси, кг,  $V$ -цилиндрнинг ҳажми, м<sup>3</sup>.

Тўлдирувчиларнинг жойлашиш ғоваклиги, яъни доналари (зарралари) орасидаги бўшлиқлар уларнинг зичлик кўрсаткичлари бўйича қуйдаги формула орқали аниқланади (ҳажми бўйича 0,1% гача аниқликда):

$$F_T = [1 - (\rho_m/\rho)]100 \% \quad (2.8)$$

Қуйма бетон олиш учун цемент ҳамири нафақат доналар орасидаги бўшлиқларни тўлдириши, балки қуюқ цемент қатламини ҳосил қилиши мақсадида доналар орасини очиш талаб этилади. Бундай қобикни ҳосил қилиш учун талаб қилинадиган цемент сарфи тўлдирувчининг солиштирма юзасига боғлиқ бўлади. Доналар ўлчамларининг камайиши билан цемент сарфи ортиб боради. Натижада бетон қоришмасининг техник қовушқоқлиги ортади. Яъни, қоришманинг маълум даражадаги қуюқлиги ёки ёйилувчанлигига эришиш ва белгиланган мустаҳкамликдаги бетонни олиш учун сув ва цемент сарфини ўзгартиришга тўғри келади.

### §2.2.2. Тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлиги

Тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлиги у олинган тоғ жинсининг мустаҳкамлиги билан тавсифланади. Мустаҳкам тоғ жинсларидан олинган тўлдирувчилар (гранит, диабаз ва ш. к.) юқори мустаҳкамликка эга (80 МПа ва ундан юқори). Чўкинди тоғ жинсларидан, масалан, оҳақтошдан олинган тўлдирувчилар 30 МПа ва ундан юқори мустаҳкамликка эга. Енгил ғовакли табиий ва сунъий тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлиги уларнинг зичлигига боғлиқ бўлиб, ўртача 2...20 МПа ни ташкил этади.

Мустаҳкамлиги бетонга нисбатан 20 % юқори бўлган йирик тўлдирувчилар бетон мустаҳкамлигига кам таъсир кўрсатади. Чунки тўлдирувчида

алоҳида заиф доналар учраши мумкин, шу сабабли ишончли бўлиши учун одатда, тоғ жинсининг мустаҳкамлиги бетон мустаҳкамлигига нисбатан 1,5...2 мартаба ортиқ бўлиши тавсия этилади.

Бунда тўлдирувчининг жойлашишдаги ғоваклигини орттирадиган ва қатор ҳолларда сиқилишга мустаҳкамлигини пасайтириб юборадиган яполоқ доналарнинг миқдори чекланади. Бундай доналарнинг миқдори одатдаги тўлдирувчида 35 %, доналарининг шакли яхшиланган чақик тошда 25 %, кубсимон шаклли доналарда 15 % дан ошмаслиги керак.

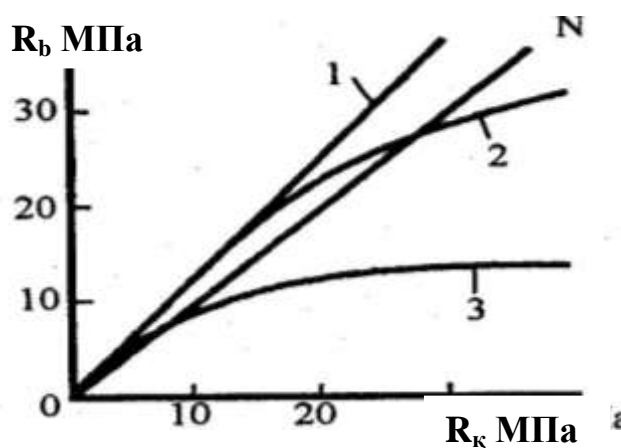
Амалиётда (қурилиш ёки корхонада) бир турдаги чақик тошлар турли мустаҳкамликдаги бетонлар учун ишлатилади. Шунинг учун тоғ жинсининг минералогик таркибидан келиб чиқиб, ишлаб чиқаришдаги техник-иктисодий самарадорлигини ҳисобга олган ҳолда ва нисбатан кўп ишлаб чиқариладиган В 12,5...В 25 синфдаги бетонлар таъминоти учун чақик тош мустаҳкамлик бўйича меъёрлаштирилади. Одатдаги бетон учун отқинди тоғ жинсларидан олинган чақик тош мустаҳкамлиги 80 МПа, метаморф жинслар учун 60 МПа ва чўқинди жинслар учун эса 30 МПа дан кам бўлмаслига талаб этилади. Йўл қурилиши учун ишлатилладиган бетон учун отқинди ва чўқинди тоғ жинсларидан олинган чақик тошнинг мустаҳкамлиги 80 МПа дан кам бўлмаслиги керак.

Шағал ёки чақик тошдан синов намуналарини тайёрлаш мураккаб-лигини инобатга олган ҳолда тўлдирувчининг мустаҳкамлиги бевосита, 150 мм диаметрли пўлат цилиндр ичига солинган тўлдирувчини 200 кН юк остида майдалашга (эзишга) синаш орқали аниқланади. Бунда намуна оғирлигининг камайиши эзилган тўлдирувчини майда кўзли элакда элаш орқали аниқланади. Тўлдирувчининг майдаланиш даражасига материалнинг чўзилишга мустаҳкамлиги ва заиф доналарнинг мавжудлиги катта таъсир кўрсатади. Ташки куч таъсирида бўлган бетонда чўзувчи кучланишлар пайдо бўлади. Бу кучланишларнинг миқдори тўлдирувчи мустаҳкамлигидан катта бўлганда тўлдирувчи синиб майдаланади. Шунинг учун тўлдирувчининг майдаланиш даражасига қараб, йирик тўлдирувчининг бетон мустаҳкамлигига таъсирини олдиндан аниқлаш имконини беради. Чақик тошнинг мустаҳкамлиги майдаланувчанлик кўрсаткичига боғлиқ ҳолда ва бошланғич тоғ жинсининг кўринишига қараб аниқланади. Масалан, мустаҳкамлиги 80 МПа бўлган отқинди ва чўқинди жинслардан олинган шағалнинг майдаланувчанлик кўрсаткичи 13...15 %, 60 МПа бўлганда 15...20 % ни ташкил этади. Синфи В 20 ва ундан паст бўлган бетон учун майдаланувчанлик кўрсаткичи Мк-16 дан катта бўлмаган маркали, синфи В 25...В 30 бетонлар учун Мк-12, синфи В 30 ва ундан юқори бўлган бетон учун эса Мк-8 дан катта бўлмаган маркали чақик тошни қўллаш мумкин.

Агарда тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлиги бетон мустаҳкамлигига яқин ёки ундан паст бўса, у бетонга сезиларли таъсир кўрсатади. Қуйидаги 2.2-расмда бетон мустаҳкамлигининг қоришма ва тўлдирувчи мустаҳкамлигига боғлиқлиги графиги кўрсатилган. Гранитли чақик тош асосидаги бетон учун  $R_T > R_6$  бўлганда бетон мустаҳкамлиги қоришма мустаҳкамлигидан сезиларли

даражада юқори бўлади (бу ерда  $R_T$ -тўлдирувчи мустаҳкамлиги). Мустаҳкамлиги нисбатан пастроқ бўлган тўлдирувчи ишлатилиб тайёрланган бетонда қоришма мустаҳкамлиги ошиши билан бетоннинг мустаҳкамлиги маълум бир қийматгача ортиб боради. Қоришма мустаҳкамлигининг кейинги ошиши эса бетон мустаҳкамлигининг ортишига олиб келмайди. Йирик тўлдирувчи мустаҳкамлигининг камайиши ва унинг бетондаги микдорининг ошиши бетон чегаравий мустаҳкамлигининг камайишига олиб келади.

Енгил тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлиги ҳам юқорида келтирилган тартибда яъни, диаметри 150 мм бўлган пўлат цилиндр ичига солинган тўлдирувчини куч ёрдамида майдалаш йўли билан аниқланади. Бироқ, қаттиқ жинслардан олинган чақиқ тошдан фарқли равишда енгил бетон учун баландлиги 100 мм бўлган цилиндр қабул қилинади. Бунда нисбий мустаҳкамлик материални сиқиш жараёнида поршеннинг 20 мм га чўкиши орқали аниқланади. Керамзитнинг нисбий мустаҳкамлиги 3...5, аглопоритники эса, материалнинг ҳақиқий мустаҳкамлигидан 20...30 марта кам бўлади.



**2.2-расм. Тўлдирувчилар қўлланилганда бетон мустаҳкамлигини унинг қоришмасини ташкил этувчилари мустаҳкамлигига боғлиқлиги. 1-мустаҳкамлиги юқори тўлдирувчилар; 2-мустаҳкамлиги ўртача тўлдирувчилар; 3- мустаҳкамлиги паст тўлдирувчилар (керамзит).**

Бетон учун тўлдирувчини танлашда, одатда унинг бетон қоришмаси хусусиятларига ва бетонга умумий таъсирини инобатга олишга тўғри келади. Бетонда шағал ёки чақиқ тошни имконият даражасидаги максимал йирикликда қўллаш мақсадга мувофиқ. Бу ҳолда тўлдирувчи энг кам солиштирма юзага эга бўлгани учун бетон тайёрлаш шартларидан бири бажарилади. Талаб даражасидаги бетон қоришмасини жойлаш ва зичлаш мақсадида шағал ёки чақилган тош ўлчамлари 1/4 конструкция минимал ўлчамининг қисмидан йирик бўлиши мумкин эмас. Бу ўз навбатида темирбетон конструкциялардаги арматура стерженлари орасидаги минимал масофадан кичик бўлиши талаб этилади. Плиталар, поллар ва ёпмаларни

Тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлиги доналар йириклигига ҳам боғлиқ. Тоғ жинсларининг нураши ёки уларни майдалаш жараёнида бузилиши материал тузилишининг заиф жойларида юзага келади. Ўлчамларининг кичиклашиши билан доналардаги заиф жойлар камаяди. Айни пайтда мустаҳкамлик эса орта боради. Табиий кумлар одатда сиқилиш ва чўзилишга қоришма ёки бетондаги цемент тошига нисбатан юқорироқ мустаҳкамликка эга бўлади. Шу сабабли оддий кумларга махсус талаблар қўйилмайди. Енгил кумнинг мустаҳкамлиги бетон мустаҳкамлигига ва тўлдирувчининг кўришишга мос холда танланади.

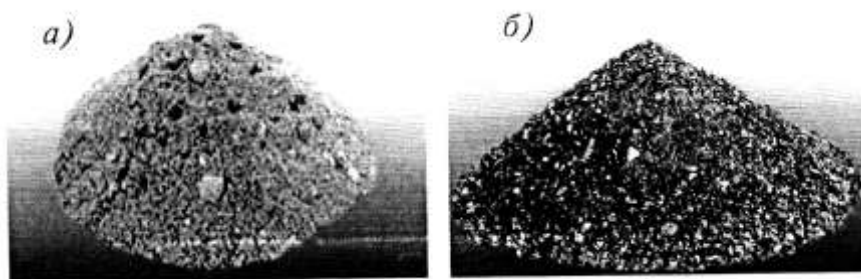
бетонлашда шағал ёки чақиқ тошнинг максимал йириклиги плита қалинлигининг 1/2 қисмидан кичик бўлиши керак. Йирик тўлдирувчининг жойлашиш бўшлиғини камайтириш мақсадида, бир неча фракциялардан иборат бўлган аралашмалардан фойдаланилади. Ғовакликнинг минимал даражада бўлиши учун улар орасидаги энг мақбул ўзаро нисбат танланади.

Бетоннинг мустаҳкамлиги ва тежамлигига тўлдирувчининг тозаллиги катта таъсир кўрсатади. Чангсимон ва лойсимон аралашмалар тўлдирувчи доналари сиртида цемент тоши билан боғланишига моънелик қилувчи қобик ҳосил қилади. Натижада бетоннинг мустаҳкамлиги сезиларли даражада пасайиб кетади (баъзан 30...40 % гача). Шу сабабли тўлдирувчиларга тааллуқли меъёрий хужжатларда ифлослантирувчи аралашмаларнинг рухсат этиладиган чегаравий миқдорлари кўрсатилган бўлади. Ифлосланган ва сифатсиз тўлдирувчиларнинг бетон мустаҳкамлигига таъсирини цемент сарфини ошириш орқали назорат қилиш мумкин эмас.

### § 2.2.3. Майда тўлдирувчилар

Бетон тайёрлаш учун майда тўлдирувчи сифатида донадорлиги 0,16...5 мм бўлган табиий ва сунъий қумлар ишлатилади (ЎзРСТ 8767-93).

**Қум** қаттиқ минералларнинг, асосан кварцнинг сочиловчан майда доналаридан ташкил топади. Қумлар қандай шароитда ҳосил бўлганлигига ва жойлашиш шароитларига қараб дарё, денгиз, тоғ (жарлик), бархан (чўл тепаликлари) қумлари шунингдек, гранитли ва бошқа тоғ жинисларини майдалаб олинадиган қумларга бўлинади (2.3-расм).



2.3-расм. Қумларнинг умумий кўриниши. а-табиий қум; б-майдаланган қум.

*Табиий қумлар* оғир тоғ жинсларнинг нурашидан ҳосил бўлади ёки махсус бойитиш ускуналаридан фойдаланиб қум ва қум-шағал конларидан олинади (2.3 а-расм). Уларнинг донаси ўткир қиррали, сирти ғадир-будир бўлади. Бу уларнинг цемент қоришмаси ва йирик тўлдирувчилар билан зич бирикишини таъминлайди ва бетоннинг мустаҳкамлигини оширишга хизмат қилади.

Майдаланган қумлар тоғ жинсларини майдалаш орқали олинади. Заррачалари тоғ қуминики сингари ўткир қиррали, сирти ғадир-будир бўлади

(2.3 б-расм). Тоғ жинслари асосидаги кумлар таркибида дарё ва денгиз кумларига қараганда зарарли аралашмалар одатда кўпроқ учрайди.

*Сунъий кумлар* қора ва рангли металлургия саноати чиқиндиларини (металл кипиқлари, хумдон шлаклари ва ш. к), тошкўмир катрони, кокс, тоғ-кон саноатининг иккиламчи чиқиндиларини (ёқилғи шлаклари, кул ва кул шлакли аралашмалар) майдалаш ва саралаш орқали олинади. Майдаланган бундай кум доналарининг шакли ўткир бурчакли, юзаси эса ғадир-будир бўлади. Уларнинг таркибида зарарли аралашмалар бўлмайди. Майдаланган бундай кумларнинг таннархи қиммат бўлади, шу сабабли улар юқори мустаҳкам бетон олиш учун ишлатиладиган табиий кумларни бойитишда қўлланилади.

Бетон учун йирик донали кумдан фойдаланиш яхши натижа беради. Бироқ кум таркибида йирик зарраларнинг учраши бўшлиқларнинг ошишига сабаб бўлиши мумкин (40 % гача) ва бу бўшлиқларни цемент хаамири билан тўлдиришга тўғри келади. Бунинг натижасида цемент сарфи ва бетоннинг таннархи ошиб кетади. Шунинг учун энг яхши натижаларни таркибида ўзаро энг мақбул нисбатдаги йирик, ўртача ва майда доналари бўлган кум беради ва бундай нисбатдаги кум минимал бўшлиқни таъминлайди. Яъни, бетон учун ишлатиладиган кум донадорлик таркиби бўйича қуйидаги чегараларда бўлиши зарур (2.2- жадвал).

#### Бетон учун ишлатиладиган кумнинг донадорлик таркиби чегаралари

2.2-жадвал

Элак тешигининг ўлчамлари, мм	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,16 кичик
Элакдаги тўла қолдиқлар, массасига нисбатан % ҳисобида	0-2	0-20	5-45	5-70	0-90	0-100	0-10

Сифати юқори бўлган кумда бўшлиқлик 38 % ошмаслиги керак. Энг мақбул донадорлик таркибда бу кўрсаткич 30 % гача камаяди. Агар бетон ёки қоришмада кум доналари орасидаги бўшлиқларни фақат цемент хаамири билан тўлдирилса кам ёйилувчан, қолипаниши оғир кечадиган бикр қоришма ҳосил бўлади.

Кум доналарини бир-биридан ажратиш ва уларни цемент қобиғи билан ўраб олиш зарур ва бу қобиқ бетон қоришмасининг ёйилувчанлигини таъминлайди. Кум қанчалик йирик бўлса доналарининг солиштирма юзаси камайиб, қобиқ ҳосил қилиш учун цемент сарфи камаяди. Бироқ, юқорида таъкидланганидек, фақат йирик доналардан иборат бўлган кум катта миқдордаги бўшлиқларга эга бўлиб, уни қўллаш мақсадга мувофиқ эмас.

Бетон тайёрлаш учун таркибида майда ва ўртача йирикликдаги доналари бўлган кум танланиши тавсия этилади. Бундай аралаш ҳолдаги доналарда бўшлиқлар камайиб, доналар сирти катта бўлмайди.

Нотекис сиртга эга бўлган қумдан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлиб, бундай қум цемент тоши билан яхши боғланади ва бетон мустаҳкамлигининг ортишига олиб келади. Бетон учун ишлатиладиган қумларнинг хоссалари ЎзРСТ 730-96 талаблари асосида аниқланади.

Бетон тайёрлаш учун ишлатиладиган қумларнинг таркиби тоза бўлиши лозим. Яъни, қумдаги слюда миқдори 0,5 % дан, оҳак ва гипс 1 % дан, шунингдек, гил ва чангсимон зарралар миқдори 3 % дан кўп бўлмаслиги керак. Айниқса қумдаги органик аралашмалар жуда зарарли бўлиб, улар бетон мустаҳкамлигини пасайтиради ва цемент тошини аста секин емириб бузади.

Қумдаги органик аралашмаларнинг миқдорини аниқлаш учун қумга ранг бериш усулидан фойдаланилади. Синаш учун табиий намлиги ўзгармаган қумдан 250 г ўлчаб олинади. Намуна 250 мл ҳажмли цилиндрсимон шиша идишга солинади. Бунда қумнинг сатҳи ўлчов цилиндрининг 130 мл ли белгисига тенглашиши керак. Сўнгра цилиндрга 200 мл белгисигача ўювчи натрийнинг 3 % ли эритмаси (NaOH) қўйилади. Аралашма яхшилаб аралаштирилади ва 24 соат тиндириб қўйилади. Шу муддат ўтгандан кейин идишдаги қум устидаги эритманинг ранги эталан эритма ранги билан таққосланади. Агар идишдаги қум устидаги суюқликнинг ранги эталон рангдан очроқ бўлса, демак қумдаги органик моддалар миқдори рухсат этиладиган миқдордан ортиқ эканлигини билдиради.

Қумнинг донадорлик таркибига боғлиқ ҳолда, бетон ва бетон қоришма хоссаларига таъсирини белгилайдиган муҳим тавсифи унинг солиштира юзаси ҳисобланади. Қумнинг солиштира юзаси унинг диаметрига тескари пропорционалдир. Яъни, доналарнинг ўлчами кичрайса унинг солиштира юзаси ортади.

Қум донадор таркибининг юзаси А. С. Ладинский формуласи ёрдамида, тахминан қуйидагича ҳисобланади:

$$S = 16,5 \cdot k / 1000(a + 2 \cdot b + 4c + 8d + 16e + 32f) \quad (2.9)$$

бу ерда  $k$  – қумнинг ҳилини ҳисобга олувчи коэффицент бўлиб, тоғ қуми учун  $k = 2$ ; дарё ва денгиз қумлари учун  $k = 1,65$ ; майда қумлар учун  $k = 1,30$  олинади;  $a, b, c, d, e$  - мос ҳолда тешиклари 2.5, 1.25, 0.63, 0.314, 0.16 бўлган элаклардаги хусусий қолдиқлар,  $f$  – ўлчами 0.16 мм бўлган элакдан ўтган тўла қолдиқ (% ҳисобида)

Ўрта донадор табиий қумларнинг солиштира юзаси 50 дан 100 см<sup>2</sup>/г гача ўзгаради. Қум доналарининг диаметри 1 мм дан кичиклашса унинг солиштира юзаси сезиларли ортади.

Қумнинг донадор таркиби цементни кам сарфлаб керакли мустаҳкамликдаги бетон олиш учун катта аҳамиятга эга. Оғир бетонда қум йирик тўлдирувчи доналарининг орасидаги ғовак (бўш) жойларини тўлдиради. Шунингдек, ўз навбатида қум доналарининг орасидаги барча бўш жойлар цемент қоришмаси билан тўлдирилган бўлиши керак. Агар қумда бўшлик кўп бўлса, бетон учун цемент сарфи ортади, зичлиги эса ка маяди.

Қумнинг донадорлиги унинг таркибида ҳар ҳил ўлчамли доналарнинг бўлиши билан тавсифланади. Унинг донадорлигини аниқлаш учун

тешикларининг ўлчамлари 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 ва 0,16 мм бўлган стандарт элаклардан фойдаланилади. Элаклар устма-уст қўйилиб энг усткисига маълум миқдорда қум солиниб эланади ва ҳар қайси элакдаги қолган айрим қолдиқлар ( $a_{2,5}$ ;  $a_{1,25}$ ; ва ш. к.), сўнгра эса тўла қолдиқлар ( $A_{2,5}$ ;  $A_{1,25}$   $A_{0,63}$  ва ш. к.) фоиз ҳисобида аниқланади. Исталган элакдаги тўла қолдиқ шу элакдаги айрим қолдиқлар ва юқорида жойлашган барча элакдаги қолдиқлар йиғиндисига тенг бўлади. Тўла қолдиқлар катталиги қумнинг донадор таркибининг тавсифи ҳисобланади.

Қумнинг эланиш натижаларини анализ қилиш асосида донларнинг йириклик модули  $M_{\text{й}}$  қуйдаги формула ёрдамида аниқланади.

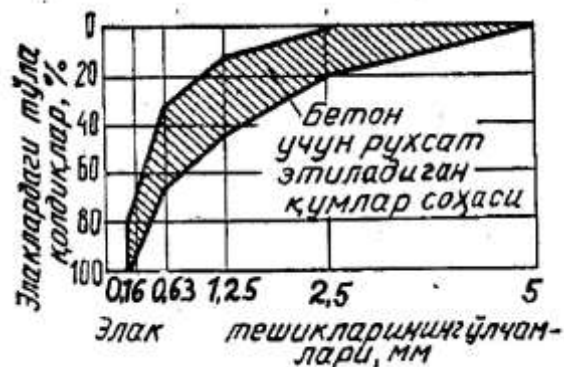
$$M_{\text{й}} = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16})/100 \quad (2.10)$$

Қумлар йирик, ўртача, майда ва жуда майда турларга бўлинади (2.3-жадвал)

### Қумнинг майда-йириклик тавсифи

2.3-жадвал

Қумнинг турлари	№63 элакдаги тўла қолдиқ, %	Йириклик модули, $M_{\text{й}}$	Сув талабчанлиги, %
Йирик	50...70	3,5...2,5	4...6
Ўртача	35...50	2,5...2	6...8
Майда	20...35	2...1,5	8...10
Жуда майда	20 дан кам	1,5...1,0	10 кўп



2.4-расм. Қум донадор таркибининг графиги.

Қумнинг донадорлиги ва унинг бетон тайёрлаш учун яроқлилигини баҳолаш учун элаш натижалари (тўла қолдиқлир бўйича) графика чизилади (2.4-расм).

Агар қум донадорлигининг эгри чизиғи штрихланган юза ичида жойлашса, қум бетон тайёрлаш учун яроқли ҳисобланади. Эланиш эгри чизиғи штрихланган юза чегарасининг

юқорисидан ўтса бундай қум майда, пастидан ўтса эса йирик ҳисобланади. Шунингдек, бетон учун мўлжалланган

қумда ўлчамлари 5...10 мм бўлган донлар массаси бўйича 5 % дан, 0,16 мм элакдан ўтган майда зарраларнинг (гил чанглари ва ш. к) миқдори 10 % дан ортиқ булмаслиги керак.

Юқори мустаҳкам бетонлар тайёрлаш учун йириклик модули  $M_{\text{й}} = 2...3.5$  бўлган йирик ва ўртача қумлар ишлатилади. Йириклик модули  $M_{\text{й}} = 1...1.5$  бўлган қумларни майда донли бетонлар учун ишлатиш тавсия қилинади.

Кумнинг йириклик модули қанчалик кичик бўлса, бетон учун цемент сарфи шунча ортади.

Кумнинг ўртача зичлиги унинг ғоваклиги ва намлигига боғлиқ бўлади. Унинг ғоваклиги қанча кам бўлса, ўртача зичлиги шунчалик юқори бўлади. Шу сабабли ўртача зичлик даражаси бўйича кумнинг донаторлиги сифатини баҳолаш мумкин. Зич, мустаҳкам ва совуққа чидамли донатор кумларнинг ўртача зичлиги  $1550 \text{ кг/м}^3$  атрофида бўлади. Бошқа ҳолларда ўртача зичлик  $1450 \text{ кг/м}^3$  дан кам бўлмаслиги талаб этилади. Силташ жараёнида кум зичлиги  $1600\text{...}1700 \text{ кг/м}^3$  га етиши мумкин. Кум  $5\text{...}7 \%$  намликда энг катта ҳажмга эга бўлади.

Муҳит ҳарорати ва намлигига боғлиқ равишда очик ҳавода сақланадиган кумларнинг намлиги ўзгариб туради. Шу сабабли бетон қоришмасини тайёрлаш жараёнида даврий равишда кумнинг зичлиги ва намлигини аниқлаб туриш ва бетон таркибига тузатишлар киритиш зарурияти туғилади.

Бетон учун ишлатиладиган кумларнинг ўртача сув шимувчанлиги (намкашлиги)  $4\text{...}14 \%$  атрофида бўлади. Йирик донали кумларники  $4\text{...}6 \%$ , ўртача йирикликдаги кумларники  $6\text{...}8 \%$ , майда кумларники  $8\text{...}10 \%$  ва жуда майда кумларники  $10 \%$  дан ортиқ бўлади.

#### §2.2.4. Йирик тўлдирувчилар

Бетон тайёрлаш учун йирик тўлдирувчи сифатида асосан донаторлиги  $5\text{...}70 \text{ мм}$  бўлган шағал, чақиқ тош ва саноат чиқиндилари ишлатилади (ЎзРСТ 8267-93).

**Шағал** пишиқ тоғ жинсларнинг табиий раишда емирилиши натижасида вужудга келган ва доналари ялпоқ юмолоқсимон материалдир (2.5-расм). Шағал ҳосил бўлишига кўра тоғ, дарё ва денгиз шағалларига бўлинади. Тоғ шағалининг ташқи кўриниши ғадир-будир ва таркибида одатда кум, гил, чанг ва органик моддалар аралашмалари бўлади. Дарё ва денгиз шағали сувда кўп ювилганлиги сабабли сирти силлиқ бўлади. Бу эса унинг цемент-кум қоришмаси билан бирикишини ёмонлаштиради. Бетон учун ишлатиладиган шағал таркибида яполоқ доналарнинг миқдори  $15 \%$  дан ва нинасимон чўзинчоқ доналарнинг миқдори эса  $25 \%$  дан кўп бўлмаслиги керак (оғирлиги бўйича). Шағал асосан мустаҳкамлиги унча юқори бўлмаган (синфи В25 гача) оғир бетонлар тайёрлаш учун ишлатилади. Шағал силлиқ сиртга эга ва шунинг учун у янада ёйилувчанроқ бетон қоришмасини беради. Шунингдек, у цемент тоши билан яхши боғланмайди. Бундан ташқари шағал лойсимон ва бошқа аралашмалар билан ифлосланган бўлади. Шунинг учун уни ювиш талаб этилади.

**Чақиқ тош** қаттиқ тоғ жинсларини майдалаш йўли билан олинадиган йирик тўлдирувчидир (2.6-расм). У қиррали ва ўткир бурчакли доналардан ташкил топган бўлиб, доналарининг сирти ғадир-будирлиги билан фарқланади. Бу эса унинг цемент хамири билан мустаҳкам бирикишини таъминлайди. Унинг таркибида зарарли органик аралашмалар кам бўлади. Шу

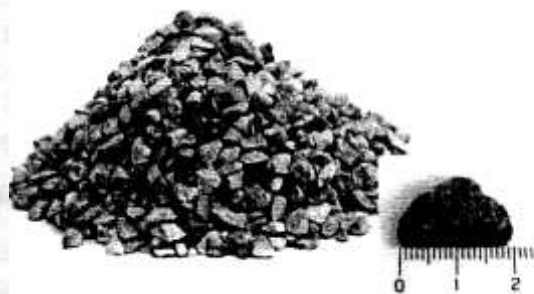


сабабли чақиқ тошлар синфи В 30 дан катта бўлган юқори мустаҳкам бетонлар тайёрлашда ишлатилади.

Йирик тўлдирувчиларнинг сифати доналар таркиби, шакли ва ундаги зарарли аралашмаларнинг миқдори билан тавсифланади. Отқинди тоғ жинсларидан олинган чақиқ тошдаги аралашмалар сув билан тозалаш усулида аниқланади ва синфи В 25 ва ундан юқори бўлган бетонлар учун бу миқдор 1 % , пастроқ синфдаги (мустаҳкамлиги паст) бетонлар учун эса 2 %



**2.5-расм. Тоғ жинсларининг емирилишидан ҳосил бўлган шағал**



**2.6-расм. Тоғ жинсларини майдалдаш орқали олинган чақиқ тош**

миқдорда бўлишига рухсат этилади. Чўкинди жинслардан олинган чақиқ тошларда аралашмаларнинг умумий миқдори 2...3 % дан, шағалда эса 1 % дан кўп бўлмаслиги керак.

Органик аралашмалар йирик тўлдирувчилар сифатини пасайтиради, шу сабабли унинг миқдори кумдаги сингари “колориметриқ” усулда аниқланади.

Йирик тўлдирувчи доналари орасидаги бўшлиқларни камайтириш мақсадида бир неча фракциялардан иборат бўлган аралашмалардан фойдаланилади. Бўшлиқларнинг минимал даражада бўлиши учун тўлдирувчилар орасидаги ўзаро энг мақбул нисбат танланади.

Юқори мустаҳкам бетонлар олиш учун мустаҳкам чақиқ тошлардан фойдаланилади. Бундай чақиқ тош цемент тоши билан мустаҳкам боғланади. Йирик тўлдирувчиларнинг донадорлиги бетон сифатига катта таъсир кўрсатади. Яъни, йирик тўлдирувчиларнинг донадорлигини танлашда асосий талабларга асосланиш керак ва энг кам миқдорда цемент сарф бўлишига эришмоқ лозим.

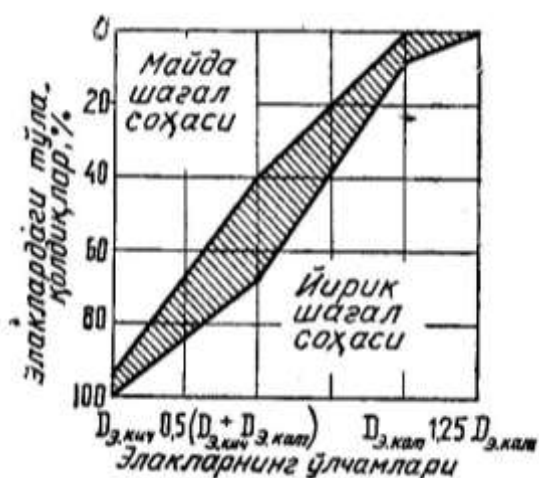
Доналарининг ўлчамларига қараб йирик тўлдирувчилар жуда майда (5...10 мм), майда (10...20 мм), ўртача (20...40 мм) ва йирик (40...70 мм) фракцияларга бўлинади. Уларнинг хар-бир миқдорида барча ўлчамдаги жуда майда ва йирик ўлчамгача бўлган доналар бўлиш керак. Тўлдирувчи донасининг йириклиги бетонладиган конструкциянинг ўлчами ва арматура стерженлари орасидаги масофа билан белгиланади (§2.2.2-қаранг). Йўл пилиталарини бетонлашда доналарининг ўлчамлари 40...70 мм бўлган йирик тўлдирувчилар миқдори 50% гача бўлишига рухсат этилади. Зич

арматураланган кичик ўлчамли темирбетон конструкциялар учун йириклиги 20 мм гача бўлган тўлдирувчилар ишлатилиши лозим.

Йирик тўлдирувчиларнинг донадорлиги массаси 10 кг бўлган ўртача намунани (шағал ёки чақиқ тош) тешиklarининг ўлчамлари 70, 40, 20, 10 ва 5 мм ли стандарт элакларда элаб, кейин ҳар бир элакда қолган қолдиқларни тарозида ўлчаш орқали аниқланади. Сўнгра алоҳида ва тўла қолдиқлар фоизда ҳисобланади. Тўлдирувчи доналарининг катта кичиклиги аниқланади ва  $D_{\text{ЭНГ кат.}}$ ,  $D_{\text{ЭНГ кич.}}$  деб белгиланади.

Доналарнинг энг йириги учун тўла қолдиқ 5 % дан ошмайдиган энг устки элак тешиklarининг ўлчами қабул қилинади. Энг кичик йирик дона учун эса энг пастки элак тешиklarининг ўлчами (унда тўла қолдиқ камида 95 % ни ташкил қилиши керак) қабул қилинади. Бундан ташқари  $0,5 (D_{\text{ЭНГ кат.}} + D_{\text{ЭНГ кич.}})$  ва  $1,25 D_{\text{ЭНГ кат.}}$  қийматлари ҳисоблаб топилади. Сўнгра йирик тўлдирувчиларнинг донадорлиги ва унинг бетон тайёрлаш учун яроқлилигини баҳолаш учун элаш натижалари чизиғи чизилади (2.7-расм). Графикда дона таркибининг эгри чизиғи штирихланган юза ичида жойлашса, йирик тўлдирувчи бетон тайёрлаш учун яроқли ҳисобланади.

Шағалнинг жойлашишидаги ғовакликлар ҳажми 45 % дан, чақиқ тошларда эса 50 % дан ортиқ бўлмаслиги керак. Уларнинг жойлашишидаги ғовакликларни камайтириш учун доналарнинг алоҳида фракцияларини кўшиш лозим.



**2.7-расм. Шағал онадор таркибининг графиги**

Турли ҳил бетон синфлари учун шағал ва чақиқ тошнинг яроқлилиги олдиндан яъни, пўлат цилиндрда эзилганда майдаланувчанлик кўрсаткичи бўйича баҳоланади. Йирик тўлдирувчилар бу кўрсаткич бўйича куйдаги маркаларга бўлинади: Мк 8; Мк 12; Мк 16; ва Мк 24. Бунда 8; 12; 16 ва 24 рақамлар тўлдирувчи намунасини эзишда ҳосил бўлган диаметри 5 мм дан кичик майда доналарнинг энг кўп миқдорини (массасига кўри % да) билдиради (ГОСТ 8269-87).

Шағал ва чақиқ тошнинг совуққа чидамлиги унинг тузилишига боғлиқ. Совуққа чидамлиликни даврий ўзгарувчан музлатиш ва сувда эритиш йўли

Йирик тўлдирувчи доналарининг мустаҳкамлиги ундан тайёрланган бетон мустаҳкамлигига таъсир қилади. Улар мустаҳкамлик ва совуққа чидамлик бўйича маълум талабларга жавоб бериши керак. Ўз навбатида майдаланган тошнинг мустаҳкамлиги бўйича маркази дастлабки тоғ жинсининг мустаҳкамлигига боғиқ бўлади.

Махсус иншоотларда ишлатиладиган бетонлар учун оддий бетон мустаҳкамлигидан 1,5...2 марта мустаҳкамроқ бўлган тоғ жинсларидан майдалаб олинадиган чақиқ тош ишлатиш лозим.

билан ёки натрий сульфат эритмасида синаш орқали аниқланади (тезлаштирилган усул). Шағал ва чақиқ тошнинг совуққа чидамлилиги уларни ташқи муҳит тасиридан ҳимояланган конструкцияларда қўллаш учун меъёрлаштирилади. Бундай ҳолларда йирик тўлдирувчининг совуққа чидамлилиги бетоннинг лойиҳада талаб этилган совуққа чидамлилик маркасини таъминлаши керак.

Чақиқ тошнинг совуққа чидамлилиги  $C_{415}$  дан  $C_{4300}$  гача ўзгаради ва жинснинг тузилишга боғлиқ бўлади. Тўлдирувчининг ғоваклиги ва сув шимувчанлиги ортиши билан унинг совуққа чидамлилик хусусияти пасаяди.

Бетоннинг талаб этилган мустаҳкамлигини таъминлаш учун шағал ёки чақиқ тошнинг яроқлилиги узул кесил айна шу тўлдирувчи асосида тайёрланган бетонни синаш натижалари бўйича белгиланади.

Ишлатишдан олдин тўлдирувчилар зарарли аралашмалардан тозаланади, майдаланади, элаб фракцияларга ажратилади. Дастлабки хом ашёни (тоғ жинсларини) майдалаш жағли, конусли ва валикли майдалагичларда бажарилади. Фракциялаш (навларга ажратиш) эса титратма ғалвирли ускуналар билан амалга оширилади. Таркибидаги чангсимон, лойли ва бошқа аралашмалардан тозалаш учун тўлдирувчи бир йўла ювилади. Ишлатилишга тайёр бўлган тўлдирувчилар махсус ажратилган очик майдонларда, ер ости галереялари билан жихозланган ёпиқ ёки ярим ёпиқ омборларда ҳиллари ва фракциялари бўйича алоҳида-алоҳида бўлинмаларда сақланади.

**Ғовакли тўлдирувчилар.** Енгил бетонларни тайёрлаш учун қўйидаги ғовакли тўлдирувчилар ишлатилади:

1. Ғовакли тоғ жинсларни майдалаб олинадиган қум ва чақиқ тошлар (пемза, вулқон туфи, оҳактошлар, чиғаноқтошлар ва ш. клар);

2. Саноат чиқиндилари асосидаги ғовак тўлдирувчилар (ёқилғи шлаклар; доналанган хумдон шлакларидан олинадиган шағал; иссиқлик электростанцияси кулидан олинадиган шағал ва ҳ. клар);

3. Махсус тайёрланадиган (сунъий) ғовак тўлдирувчилар: лой ва лойли жинсларни кўпчителиб ҳамда уларни тезлатилган режимда куйдириб олинадиган керамзит шағали ва қуми; ғовак хумдон шлакларини сув буғи орқали кўпчителиб ва майдалаб олинадиган шлакли пемза шағали ва қуми; кул ва ёқилғи шлакларини агломерациялаб куйдириш натижасида олинадиган аглопорит шағали ва қуми; тоғ жинсларини кўпчителиб куйдириш орқали олинадиган перлит ва шунгизит шағали ҳамда қуми; шлакларни махсус қайта ишлаш орқали олинадиган шлакли ғовак шағаллар;

4. Полимерли ғовак тўлдирувчилар (кўпикполистрол, кўпикпласт, кўпикполивинилхлорид, мипора, сотопласт, кўпикполиэтилен, петрофом, пороизол ва бошқа пластмасса маҳсулотлари чиқиндилари ва ш. клар) киради..

Сунъий ғовакли тўлдирувчилар ўзининг юқори сифати билан оддий ёқилғи ёки бошқа шлакларидан ҳамда саноат чиқиндиларидан олинадиган тўлдирувчилардан фарқ қилади. Улардан нисбатан мустаҳкам ва чидамли енгил бетонлар олиш имкониятлари юқоридир.

Енгил тўлдирувчиларнинг уйма зичлиги  $1000 \text{ кг/м}^3$  дан кам яъни,  $500\text{...}800 \text{ кг/м}^3$  бўлиши керак (оддий кум ва шағалга нисбатан икки маротаба кам). Айрим ғовак тўлдирувчиларнинг уйма зичлиги ва мустаҳкамлик кўрсаткичлари 2.4-жадвалда келтирилган.

### Енгил тўлдирувчиларнинг хоссалари

2.4-жадвал

Тўлдирувчиларнинг ҳили	Уйма зичлиги, $\text{кг/м}^3$	Донасининг сиқилишдаги мустаҳк. чегараси, МПа
Шағал (табiiй ғовакли жинслардан олинган):		
пемзадан олинган	400...600	1,0...3,5
туфдан олинган	700... 800	5,0...10
енгил чиғаноқтошдан олинган	700...800	1,0...2,5
Шлакли пемза (кўпчитилган хумдон шлакидан олинган):		
енгил	300...400	2,5...10
ўртача	500...700	5,0...20
керамзит куми	600...800	-
аглопорит шағали	600...1000	2,5...10
Доналанган хумдон шлаки:		
енгил	500...600	-
ўртача	800...1000	
Кўпчитилган тоғ жинслари (перлит ва ҳ.к)	200...800	0,5...1,5

Енгил бетон таркибини танлашда кўлланиладиган тўлдирувчи донларининг уйма зичлиги уларнинг ҳилига қараб  $700\text{...}1800 \text{ кг/см}^3$  атрофида ўзгаради.

Ғовакли тўлдирувчиларнинг ҳақиқий зичлиги  $\rho=2,6\text{...}2,7 \text{ г/см}^3$  бўлади. Енгил тўлдирувчиларнинг умумий ғоваклиги 40...75 % бўлиб, кўпчилик ғоваклар ўзаро улашиб кетган ва очик бўлиб, сув кириши учун шароит мавжуд. Ёпиқ ғоваклар ва бўшлиқлар эса 10...20 % дан ошмайди. Енгил тўлдирувчилар донлари орасидаги бўшлиқлар эса кум ва шағал учун ўртача 30...40 % ни ташкил қилади.

Енгил бетонлар учун йирик ғовакли тўлдирувчиларнинг 5...10, 10...20, 20...40 мм ли фракциялари ва майдалаб олинган 0,16...5 мм ли енгил кумлар ишлатилади. Кумнинг дондорлик таркиби 2.8-расмда кўрсатилган тавсифга мос келиши керак.

Майдаланган кум юқори сув талабчанликка ва паст мустаҳкамликка эга бўлади. Бундан ташқари  $1 \text{ м}^3$  кум хом ашёси майдалангандан кейин  $0,4\text{...}0,7 \text{ м}^3$  ташкил қилади.

Ғовакли тузилиш тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлигини сезиларли даражада пасайтириб юборади. Керамзит каби ғовакли тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлиги тахминан қуйидаги формула орқали аниқланиши мумкин.



Цементнинг фаоллигини аниқлашда нисбатан ўзгармас таркибга ва донадорликка эга бўлган стандарт вольск куми ишлатилади. Ушбу кумнинг сув талабчанлигини аниқлаш учун олдин унинг  $(C/C)_к$  нисбати ва стандарт вольск кумининг  $(C/C)_ц$  нисбати аниқланади.

Қоришма ва бетоннинг мустаҳкамлигига тўлдирувчиларнинг таъсирини тахминий баҳолаш қоришма ва бетондан тайёрланган намуналарни синаш натижалари бўйича амалга оширилади. Бетон мустаҳкамлигини аниқлаш формуласидаги мустаҳкамлик коэффици- ентининг миқдори қуйидагича аниқланади:

$$A = R_b/R_{ц}(C/C) - 0,5 \quad (2.14)$$

Қумнинг қоришма ва майда донали бетон мустаҳкамлигига таъсирини намуналарни 28 кундан кейин синаш натижалари бўйича баҳоланади. Шағалнинг бетонга таъсири эса бетон намуналарни синаш орқали аниқланади. Мустаҳкамлик коэффициенти А турли ҳил тўлдирувчилар учун сезиларли ўзгаради. Қум учун ушбу коэффицент 0,3...0,6 ораликда, шағал ва чақиқ тош учун эса 0,34...0,75 ораликда бўлади. Ушбу коэффицентдан энг мақбул фойдаланиш учун бетон тўлдирувчилари технологиясини янада мукамаллаштириш талаб қилинади. Масалан, бетоннинг эталон таркиб- ларига ўтиш керак бўлади ва ҳ. к.

Қуйидаги 2.5 -жадвалда айрим тўлдирувчиларнинг стандарт ва техно- логик тавсифлари келтирилган.

Айрим тўлдирувчиларнинг стандарт ва технологик тавсифлари  
2.5- жадвал

Тўлди- рувчилар	Ҳақиқий зичлиги, г/см <sup>3</sup>	Уйма зичлиги, кг/м <sup>3</sup>	Ғовак- лиги, F, %	Ўирик- лик моду- ли, M <sub>ў</sub>	Сув талабч анлиги, C, %	Мустаҳ- камлик коэффи- циенти, A
Чўкинди жинс.олин - ган шағал	2,69	45	45,7	-	3,43	0,50
Оҳактошли шағал	2,56	1,34	45,6	-	6,72	0,59
Қурилиш куми	2,63-2,7	1,5-1,37	42,5-49	2,79-1	7-11,5	0,25-0,5
Вольск куми	2,65	1,56	41	2,05		0,32

Ушбу жадвалдан кўриш мумкинки, стандарт тавсифлари ўзаро яқин бўлган тўлдирувчилар турли ҳил технологик тавсифларга эга бўлиши мумкин ва бетон қоришма ёйилувчанлигига ҳамда мустаҳкамлигига ҳар- ҳил таъсир кўрсатади.

Тўлдирувчиларнинг сув талабчанлик кўрсаткичи қоришманинг қотиш муддати ва C/C нисбатининг чегарасини ҳам аниқлаш имконини беради.

### §2.3. Бетон учун қўшимчалар

Бетон ва бетон қоришмаси хоссаларини яхшилаш ва цемент сарфини тежаш учун бетон қоришмаси таркибига турли ҳил қўшимчалар қўшилади (ГОСТ 24211-2003). Қўшимчалар икки гуруҳга бўлинади. Биринчи гуруҳга кимёвий моддалар киради ва улар унча кўп бўлмаган миқдорда цемент массасига нисбатан 0,1...2 %) қўшилади. Иккинчи гуруҳга майда туйилган минерал моддалар киради ва улар цемент массасига нисбатан 5...20 % миқдорда қўшилади.

**Кимёвий қўшимчалар** ҳозирги пайтда энг фаол ва кўп қўлланиладиган моддалар бўлиб, бетон хоссалари ва технологиясини бошқаришда қулай ва самарали ҳисобланади. Кимёвий қўшимчалар ўз таъсирининг самарасига қараб қуйидагича тавсифланади:

бетон қоришмасининг хоссаларини тартибга солувчи яъни, бетон қоришмаси пластиклигини ва ёйилувчанлигини оширувчи, қоришма қатламланишининг олдини олувчи, сувни сақлаб турувчи ва сув ажралишини камайтирувчи қўшимчалар;

бетон қоришмаси қотишининг бошланиши ва бетоннинг қотиши жараёнини тартибга солувчи яъни, қотиш бошланишини тезлатувчи ёки секинлатувчи шунингдек, бетоннинг мустаҳкамлигини оширувчи, салбий ҳароратда қотишни таъминловчи (совуққа қарши ва ш. к.) қўшимчалар;

бетон қоришмаси ҳамда бетоннинг зичлиги ва ғоваклигини тартибга солувчи яъни, ҳаво ютувчи, газ ва кўпик ҳосил қилувчи, зичлаштирувчи (ҳавони чиқарувчи ва бетон ғовақларини беркитувчи) қўшимчалар;

бетон деформациясини тартибга солувчи шунингдек, бетон ҳажмини кенгайтирувчи қўшимчалар;

пўлатга нисбатан бетоннинг ҳимоялаш хусусиятини оширувчи, пўлат занглашининг ингибаторлари ;

бетонга махсус хоссалар берувчи яъни, сув юқтирмайдиган қилувчи, бетоннинг намланишини камайтирувчи, емирилишдан сақловчи, ранг берувчи, салбий муҳит ва моғорлашга чидамлилигини оширувчи, электр токидан ҳимояловчи ёки электр ўтказувчанлигини оширувчи ва радиация нурларига чидамлилигини таъминловчи қўшимчалар.

Баъзи қўшимчалар кўп функционали таъсир қилишга масалан, қоришма пластиклигини оширувчи, ҳаво сўрадиган, газ ҳосил қиладиган хусусиятларга эга бўлади. Бундай ҳолда қўшимчалар таъсир қилиш самарасига қараб ишлатилади. Кўпинча, зарур бўлганда кўп функционал самарага эришиш учун бир неча компонентлар киритилган комплекс қўшимчалардан фойдаланилади. Масалан, бетон қоришмасини бир вақтнинг ўзида пластиклигини оширувчи, бетоннинг қотишини тезлаштирувчи ва ингибирлайдиган таъсирга эга бўлган қўшимчалар. Қўшимчалар турининг кўплиги ва улардан энг самаралисини бетон қоришмаси ва бетоннинг технологик хусусиятларини яхшилаш учун ишлатиш технолог зиммасига юклатилади.

Қоришма пластиклигини оширадиган қўшимчалар таъсир кўрсатиш самараси бўйича қуйидаги тоифаларга бўлинади (2.6-жадвал).

Пластикликни оширувчи қўшимчаларнинг синфланиши

2.6-жадвал

Тоифа -лари	Гуруҳи ва ҳили	Таъсир кўрсатиш самараси	
		конус чўкмасини ўзгартириши, см	бир ҳил ҳаракатчан қо ришманинг сув талабч.камайтир. %
I	Суперпластикловчи	2-3 дан 20 гача	20 гача
II	Кучли пластикловчи	2-3 дан 14-20 гача	10 гача
III	Ўртача пластикловчи	2-3 дан 8-14 гача	5 гача
IV	Кучсизпластикловчи	2-3 дан 6-8 гача	5 дан кам

Бетон қоришма пластиклигини оширувчи моддалар кимёвий қўшимчалар ичида асосий ўринлардан бирини эгаллайди. Ҳозирги кунда бу қўшимча бетон технологиясида самарали қўлланилмоқда. Пластикликни оширувчи қўшимча сифатида иккиламчи маҳсулотлар ва кимё саноати чиқиндиларидан олинadиган сирт-фаол моддалар (СФМ) ишлатилади. Улар икки гуруҳга бўлинади:

1 гуруҳ-гидрофил туридаги пластикловчи қўшимчалар (улар цемент ҳамирининг коллоид тузилишини диспергирлайдиган ва шу билан бирга унинг ёйилувчанлигини яхшилайдиган хусусиятга эга);

2 гуруҳ-сув юқтирмайдиган хусусият берувчи қўшимчалар (улар бетон қоришма орасига майда ҳаво пуфакчаларини жалб қиладиган хусусиятга эга).

Биринчи гуруҳ қўшилмаларга сульфат дрозжали брожка (СДБ) киради. Бу қўшимча асосан лигносульфон кислотасининг кальцийли тузидан иборатдир. Қўшимча суюқ ҳолатда бўлиб, целлюлозани қайта ишлаганда ҳосил бўладиган сульфатли ишқордан олинади.

Иккинчи гуруҳ қўшимчаларга: натрий абетати (абиетин кислотасининг натрий тузи) -кукун ёки канифолни ўювчи натрий билан парчалаб ва нейтраллаб олинadиган суюқлик; милонафт -суртма кўринишидаги сарғиш-жигарранг рангдаги модда (натрий тузининг органик кислотаси); асидоль-нефть кислоталари, нефтни қайта ишлаганда олинadиган чиқиндилар киради.

Сув юқтирмайдиган қўшимчаларнинг сирт-фаол молекулалари ҳаво-сув юзасида шимилиб, сувнинг сирт тортилишини пасайтиради ва цемент ҳамиридаги майда ҳаво пуфакчаларни бир ҳиллаштиради.

СФМ бетон қоришмасининг ёйилувчанлигини, унинг бир ҳиллигини, қатламларга ажралмаслигини, сўрилганда оқувчанлигини, вақт давомида қоришманинг қулай жойланувчанлигини таъминлайди. Пластикликни оширувчи қўшимчалар сув сарфини камайтириши ҳисобига цемент сарфи 8...12 % гача тежаллади, ёки цемет сарфи ўзгармаган ҳолда сув-цемент нисбатини сезиларли камайтиради. Бунда бетоннинг мустаҳкамлиги, сув ўтказувчанлиги ва совуққа чидамлилиги сезиларли даражада ошади.



Оддий бетонларда пластикликни оширувчи қўшимча сифатида СДБ дан кенг қўламда фойдаланилади. Бу қўшимча бетоннинг бошланғич даврида қотишини секинлатади, шунинг учун йиғма темирбетон ишлаб чиқаришда СДБ ни цементнинг қотишини тезлатувчи қўшимчалар билан бирга қўшиб қўлланилади. СДБ цементдан иссиқ ажралиб чиқишини қотишнинг дастлабки кунларида сезиларли камайтиради. СДБ асосан цемент хамирига таъсир қилади, шунинг учун уни цемент кўп сарфланадиган бетонларда қўллаш самаралидир.

*Пластикликни оширувчи сув юқтирмайдиган қўшимчаларга кремний-органик суюқликлар: натрий метилсиликонат (ГКЖ-11), натрий этилсиликонат (ГЖК-10) ва этилгидросилоксанли суюқлик (ГКЖ-94) киради. Улар қотган бетон ва бетон қоришмаларининг салбий муҳитда узок муддатга чидамлигини ошириши учун шунингдек, серғовак бетонларнинг сиртини сув юқтирмайдиган қилувчи сифатида қўлланилади.*

*Ҳаво сўрувчи қўшимчалардан асосан совуқбардошлик талаб қилинадиган бетонларда ва қурилиш қоришмаларида фойдаланилади. Бетон қоришмадан ҳаво сўрилиши унинг мустаҳкамлигини пасайтиради. Тажрибалардан маълумки, 1 % сўрилган ҳаво бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлигини 3 % камайтиради. Шунинг учун бетон қоришма пластиклигини ошириш учун унга кўп миқдорда ҳаво сўрадиган қўшимчаларни қўшишнинг хожати йўқ. Сўрилган ҳавонинг миқдори одатда 4...5 % дан ошмаслиги керак. Бундай холда бетоннинг мустаҳкамлиги деярли ўзгармайди. Чунки сўрилган ҳавонинг бетон мустаҳкамлигига салбий таъсири қўшимчанинг пластикловчи самараси ҳисобига цемент тоши мустаҳкамлигининг ошиши туфайли барқарорланади. Ҳаво сўрувчи қўшимча бетондаги капиллярларни сув юқтирмайдиган қилади. Ҳаво пуфакчалари эса сув музлаганда бетонда ички кучланишнинг келиб чиқишининг олдини олувчи заҳира ҳажмдир. Натижада бетоннинг сув ўтказмаслик ва совуққа чидамлилик хусусияти анча ошади.*

Кейинги йилларда янги кимёвий қўшимчалар яъни, “*суперпластикловчилар*” ишлаб чиқарилмоқда ва улар бетон ишларига самарали тадбиқ этилмоқда. Бундай қўшимчалар бетон қоришмасининг ёйилувчанлиги ва оқувчанлигини кескин оширади, бетоннинг технологик хусусиятларини яхшилади. Кўпинча, суперпластикловчи-синтетик полимер моддалар бетон қоришмасига цемент массасининг 0,1...1,2 % миқдорида қўшилади. Суперпластикловчиларнинг таъсири одатда, бетон қоришмасига қўшилгандан кейин 2...3 соат мобайнида намоён бўлади. Ишқорли муҳит таъсиридан улар таркибини қисман ўзгартиради ва бошқа яъни, бетон учун зарарсиз моддага айланади ва қоришманинг қотишига монелик қилмайди.

Суперпластикловчиларнинг ишлатилиши айниқса темирбетон ишлаб чиқаришда самаралидир. Чунки, бетон қотиши тезлигининг ошиши катта аҳамиятга эга ва одий пластикликни оширувчи қўшимчалардан фойдаланиш бетон қотишини секинлатади. Натижада махсус чоралар кўриш заурати туғилади. Бетон қоришмасига бир вақтнинг ўзида қотишни тезлатувчи моддаларнинг қўшилиши иссиқлик билан ишлов беришнинг мўътадил режимини қўллашни талаб қилади. Бундан ташқари суперпластикловчилар

оддий суьлтирувчиларга нисбатан бетон қоришмасини юқори даражада суьлтиради. Бунда, қоришманинг ёйилувчанлиги конус чўкмаси бўйича 2 см дан 20 см га ошади .

Суперпластикловчилар самарали қўлланилганда сув-цемент нисбати камайиши ҳисобига мустаҳкамлиги 60...80 МПа бўлган юқори мустаҳкам бетонлар олиш имкониятлари мавжуд. Бундан ташқари, мураккаб кўриниш-даги конструкцияларни тез ва сифатли бетонлаш, буюм юза қисмининг сифатини ошириш, цемент сарфини камайтиришга эришиш мумкин.

Суперпластикловчиларни ўзининг табиатига кўра шартли равишда тўртта гуруҳга бўлиш мумкин:

1. Сульфурланган меламинаформальдегидли смолалар ва улар асосидаги комплекс қўшимчалар;

2. Нафталинсульфокислоталар ҳамда формальдегидни конденсациялаш маҳсулоти ва улар асосидаги комплекс қўшимчалар;

3. Модификацияланган лигносульфатлар ва улар асосидаги комплекс қўшимчалар;

4. Поликарбокислоталар асосидаги қўшимчалар.

Ҳозирги пайтда самарали қўлланилаётган суперпластикловчиларнинг айрим ҳиллари 2.7-жадвалда келтирилган..

#### Суперпластикловчиларнинг ҳиллари

2.7-жадвал

Гуруҳлари	Номланиши	Ишлаб чиқарувчи мамлакат
I	10-30 НИЛ-10 Мельмент Компласт	Россия Россия АҚШ, Олмания Буюк Британия
II	С-3 40-03 Дофен Майти Кормикс	Россия Россия Украина АҚШ, Япония Буюк Британия
III	ЛСТМ ХДС Позолиш 300N Хрис флюид	Россия Украина АҚШ, Япония, ЖАР Франция
IV	Пластамент BV40	Буюк Британия, Франция

Суперпластикловчилар орасида нафталинсульфокислоталар асосидаги С-3 қўшимча кенг тарқалган. Шунингдек, меламина смоласи асосидаги 10-03 ва КМ-30 маркали қўшимчалар ҳам қўлланилмоқда.

Кучли пластикловчилар қаторига иккиламчи саноат хом ашёларидан тайёрланадиган қўшимчалар ҳам киради масалан, ОП-7, 40-03 ва ш. к.лар. Уларни ўзгарувчан қўшимчалар турига киритиш мумкин, чунки улар бетон

қотшини бир мунча секинлатади. Бу эса қўшимчалар миқдорини чеклашга олиб келади.

Қотишни тезлатувчи сифатида кальций хлор (КХ), натрий сульфат (НС), кальций нитрит-нитрат-хлор (КННХ) ва ш. к. қўлланилади. Бунда ушбу қўшимчаларнинг иккинчи таъсири ҳам борлигини ҳисобга олиш керак. Масалан, кальций хлорид арматура занглашини келтириб чиқаради. Шунинг учун уни темирбетонда қўллаш меъёри чегараланган (2 % дан кам) ва салбий шароитларда ишлатиладиган юпка ҳамда арматураси олдиндан таранглаштириладиган конструкцияларда қўллашга рухсат этилмайди. Натрий сульфат конструкция сиртида шўрлаш ҳосил қилади, бу эса махсус ҳимояловчи чора қўллаш заруратини туғдиради.

Совуққа қарши таъсир этувчи қўшимчалар сифатида поташ (П), натрий хлор (НХ), кальций хлор (КХ) ва бошқалар қўлланилади. Ушбу қўшимчалар сувнинг музлаш нуқтасини пасайтиради ва бетоннинг манфий ҳароратда қотишига ёрдам беради. Қотиш ҳарорати қанча паст бўлса, қўшимча миқдори шунча кўп (цемент массасига нисбатан 10 % ва ундан кўпроқ) олинади.

Газ ҳосил қилувчи қўшимча сифатида алюмин кукуллари (АК) кенг қўламда қўлланилади. Аксинча, бетон таркибини зичлаш учун кальций нитрати (КН), темир хлори ва сульфати (ТХ ва ТС), алюмин сульфати (АС), иккиэтиленгликолли ИЭГ-1 ёки учэтиленгликолли УЭГ-1 смолалар қўшилади.

Бетонни сув юқтирмайдиган, зарарли муҳит таъсирига турғунлиги ва чидамлигини ошириш учун сув юқтирмайдиган пластикловчи-кремний органикли суюқликлар-натрий метилсиликонат ГКЖ-11, натрий этилсиликонат ГКЖ-10 ва этилгидросилоксанли суюқлик ГКЖ-94 қўлланилади. Занг ингибитори сифатида натрий нитрат ва калий бихромат, радиациябардошлигини ошириш учун оғир металллар тузи, электр ўтказувчанлигини ошириш учун кокс каби қўшимчалар қўлланилади.

Кўпчилик қўшимчалар сувда эрийди ва уларни бетон қоригичга олдиндан тайёрланган қоришма сифатида солинади. Баъзи бир қўшимчалар эмульсия ҳолатида (ГКЖ-94) ёки сувли эритма ҳолида қўшилади. Қўшимчанинг энг мақбул миқдори цемент турига, бетон қоришмасининг таркибига ва конструкцияни тайёрлаш технологиясига боғлиқ. Одатда қўшимчалар цемент массасига нисбатан қуйидагича олинади: пластиклигини оширувчилар 0,1...0,3 %; суперпластикловчилар 0,5...1 %; ҳаво ютувчилар 0,01...0,05 %; қотишни тезлатувчилар 1...2 %. Уларнинг энг мақбул миқдори (сарфи) тажриба орқали аниқланади.

Яримфункционал самарага эришиш учун бир неча компонентлардан ташкил топган комплекс қўшимчалар қўлланилади. Масалан, бетон қоришмасини бир вақтнинг ўзида пластиклигини оширадиган ва қотишини тезлатадиган ва ш. к.лар. Бетон хоссалари ва технологиясини бошқаришни амалга оширадиган жуда кўп комплекс қўшимчалар ишлаб чиқилган. Бундай комплекс қўшимчаларни шартли равишда бешта гуруҳга бўлиш мумкин:

1. Сирт-фаол моддалар аралашмаси;
2. Сирт-фаол моддалар ва электролитлар аралашмаси;

3. Электролитлар аралашмаси;;
4. Кўп компонентли мураккаб комплекс қўшимчалар.
5. Суперпластикловчилар асосидаги комплекс қўшимчалар.

Комплекс қўшимчалар тайёр маҳсулот кўринишида ишлаб чиқарилади ёки бевосита бетон қориш цехларида алоҳида компонентлардан тайёрланади.

**Майда туйилган минерал қўшимчалар** бетон ва бетон қоришмасининг тузилишини ва хоссаларини фаол бошқариш хусусиятига эгаллиги билан фарқланади. Бундай компонентлар ҳар- хил минерал жинсларнинг майдалаб туйилган кукунларидан иборат бўлиб, табиий ёки технологик хом ашёлардан олинади. Уларга куллар, туйилган шлаклар, фаол тоғ жинслари, кумлар ва ш. к. моддалар киради. Бундай қўшимчалар бетон хоссаларини (зичлигини, иссиқбардошлигини, сувга ва зарарли муҳит таъсирига чидамлилигини оширадиган, ток ўтказувчанлигини ўзгар- тирадиган, ранг берадиган ва ш. к.) керакли йўналишга ўзгартириш хусусиятига эга.

Минерал қўшимчалар майда тўлдирувчиларга нисбатан жуда майдалиги (0,16 мм дан кичик) билан фарқланади ва сувда эримайди, бетон қаттиқ фазасининг юпқа ташкил этувчилари ҳисобланади. Улар цемент билан биргаликда тўлдирувчилар орасидаги бўшлиқ ва ковакларни тўлдиради ҳамда бетон тузилишини зичлаштиради. Кўпчилик ҳолларда эса цемент сарфини камайтиради. Солиштирама юзаси 2000...5000 см<sup>2</sup>/г (цементникига яқин). Зичлаш хусусиятига эга бўлган қўшимчалар заррачалари ўта кичик бўлади. Масалан, микрокремнеземнинг зарралари цемент зарраларидан тахминан 100 марта кичик (солиштирама юзаси 20000...30000 см<sup>2</sup>/г) ва жуда самарали минерал қўшимча ҳисобланади. Ушбу қўшимча хатто цемент зарралари ичидаги бўшлиқларни ҳам тўлдириш ва реакцияга киришиш қобилиятига эгадир.

Минерал қўшимчалар фаол ва инерт (бефарк) бўлиши мумкин. Фаол минерал қўшимчалар меъёрий ҳароратдаги сувли муҳитда цементнинг гидратацияси натижасида ажралиб чиқадиган кальций диоксиди Са (ОН)<sub>2</sub> билан бирикади ва боғловчилик хусусиятига эга бўлган бирикмани ҳосил қилади.

Инерт қўшимчалар (туйилган кварц қуми ва ш. к) оддий муҳитда цемент компонентлари билан реакцияга киришмайди. Уларга маълум шароит яратилгандагигина (масалан, автоклавда ишлов берилганда) ўзининг фаоллик хусусиятини намоён қилади. Кўпчилик ҳолларда инерт қўшимчалар бетоннинг донадорлик таркибини бошқариш ва бетоннинг қаттиқ фазасидаги ковакларини тўлдириш учун ишлатилади (тўлдирувчи-цемент-минерал қўшимча).

Табиий минерал қўшимчалар вулқонлардан ҳосил бўлган тоғ жинслари (туф, кул, пемза) ёки чўкинди жинсларни (диатомит, трепел, опока) майда туйиш йўли билан олинади.

Туф биринчи марта Италиянинг “Пуццолан” деб номланган жойида қазиб олинган ва у пуццоланли деб аталган. Кейинчалик ушбу термин бошқа фаол табиий минерал моддаларига ҳам қўлланилган. Бундай минераллар

асосан аморфли кремний ва лойли бирикмалардан (70...90 %) ташкил топган бўлиб, пуццоланли фаоллик хусусиятига эгадир.

Технологик хом-ашёлардан олинадиган минерал қўшимчалар (туйилган шлаклар, куллар, микрокремнезем ва ш. к.) турли минералогик таркибга ва майинликка эга бўлиб, уларнинг самараси цемент ва бетонга қўлланилганда маълум бўлади.

**Куллар** иссиқлик электростанцияларида майда тошқўмирни ёкиш натижасида ҳосил бўладиган қолдиқ-чиқинди (кул чанги) бўлиб, таркиби лойсимон моддалар, кварцли ва карбонатли жинслардан иборат. Уларнинг кимёвий таркиби қуйидагича тавсифланади:  $\text{SiO}_2$  -35...60 %;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -15...35 %;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  -1...20 %; Ca- 0 1...30 % ва унча кўп бўлмаган  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ , ишқорлар ва бошқа бирикмалар мавжуд. Ушбу компонентларнинг нисбати кулнинг фаоллигини ва боғловчилик хоссасини белгилайди.

Кальций оксиднинг миқдорига қараб куллар юқори кальцийли ( $\text{CaO} > 10\%$ ) ва паст кальцийли ( $\text{CaO} < 10\%$ ) ҳилларга бўлинади. Юқори кальцийли куллар боғловчилик хусусиятига эга бўлади. Мустаҳкамлиги паст бўлган бетонларда цементнинг бир қисми кул билан алмаштирилиши мумкин.

Кулнинг ҳақиқий зичлиги  $1,74...2,4 \text{ г/см}^3$ , солиштирма юзаси  $1500...3000 \text{ см}^2/\text{г}$ , уйма зичлиги  $600...1300 \text{ кг/м}^3$  атрофида бўлади. Зич бетонлар олиш учун солиштирма юзаси  $1500 \text{ см}^2/\text{г}$  дан кам бўлмаган, серфовакли енгил бетонлар учун эса  $2500 \text{ см}^2/\text{г}$  дан кам бўлмаган куллар ишлатилиши тавсия қилинади.

**Шлаклар** чўян ва бошқа металларни эритиш жараёнида ҳосил бўладиган иккиламчи маҳсулотлардир (қолдиқ қотишмалар). Улар майдалаб туйилгач цемент ва бетон учун фаол минерал қўшимчага айланади. Ушбу шлакларнинг гидравлик фаоллиги унинг солиштирма юзаси ортганда юқори бўлади. Одатда майда туйилган шлакларнинг солиштирма юзаси  $2500...3500 \text{ см}^2/\text{г}$  ни ташкил қилади. Цемент таркибига қўшиладиган ушбу шлаклар цемент тоши таркибий тузилишининг шаклланишига сезиларли таъсир кўрсатади.

**Микрокремнезем** кремний таркибли қуймаларни ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган чиқиндидир. Микрокремнезем таркибидаги  $\text{SiO}_2$  миқдори 85...98 % ни ташкил қилади.

Микрокремнезем зарраларининг жуда майдалиги ( $0,1...0,5 \text{ мкм}$ ) ва юқори солиштирма юзага ( $18000...25000 \text{ см}^2/\text{г}$ ) эгаллиги билан бошқа фаол минераллардан фарқланади. Микрокремнезем бетонда цемент бўшлиқларига жойлашиб бетоннинг зичлиги, чидамлиги ва бошқа хоссаларини яхшилайдди. Ушбу қўшимча бетон қоришмасига цемент масасига нисбатан 5...15 % миқдорда қўшилади (бошқа минерал қўшимчаларга қараганда камроқ).

Кейинги йилларда органик ва минерал қўшимчалардан ташкил топган компонентлардан фойдаланиш юқори самара бермоқда. Бундай комплекс қўшимчалар аниқ модификацияловчи самарадорликка эга. Комплексли модификатор МБ-01 цемент массасига нисбатан 6...12 % суперпластикловчи С-3 ва уйма зичлиги  $750...800 \text{ кг/м}^3$  бўлган микрокремнезем аралашмасидан ташкил топган. Қоришма қотишини бошқариш учун фосфоорганик

қўшимчалар ҳам қўшилади. Бундай комплекс қўшимчаларни қўллаш натижасида сув ўтказмайдиган, юқори чидамликка эга бўлган ва мустаҳкамлиги 100 МПа гача ва ундан юқори булган бетонлар олиш мумкин.

Органик ва минерал моддалардан ташкил топган бундай комплекс қўшимчалар асосан кукун шаклида ишлаб чиқарилади. Бу эса бетон қоришмасини тайёрлашда ишлатиш учун қулай ҳисобланади.

Бетон қоришмаси ва бетон учун мураккаб (композитли) боғловчилар сифатида ишлатиладиган кимёвий ва минерал қўшимчаларни қўлашнинг самарадорлик кўрсаткичлари 2.8-жадвалда келтирилган.

Бетон қоришмасига турли хил қўшимчаларни қўшишдан кутиладиган самарага эришиш учун техник-иқтисодий ҳисоблашлар бажарилади. Чунки айрим қўшимчалар нисбатан қиммат туради шунингдек, уларни тайёрлаш, қайта ишлаш ва ташиш ишлари қўшимча харажатларни талаб қилади.

#### Кимёвий ва минерал қўшимчаларни қўлашнинг самарадорлиги

2.8-жадвал

Қўшимчалар		Техник самараси	Қўллаш варианты	
номи	ҳили		бетон қоришмасига компонент	компо-тли боғловчига модифика.
Супер-ластикловчилар	Яримкарбон кислоталар	Сувталабчанликни камайтиради, %	20...25	20...50
		Цемент клинкери сарфини камайтиради, %	15...20	20...60
	Яримнафталин сульфатлар	Сувталабчанликни камайтиради, %	15...20	15...30
		Цемент клинкери сарфини камайтиради, %	10...15	15...40
	Сульфидланган меламинаформальдегид смоласи	Сувталабчанликни камайтиради, %	15...20	20...40
		Цемент клинкери сарфини камайтиради, %	15...20	20...50
Тутиб қолиш ва қотишни бошқарувчилар	Оскорбинкарбонат кислоталар тузи	Бетон тузилишини шаклланишини секинлатади	8...36	8...48
	Минерал кислоталар тузи	Тузилишнинг шаклланишини тезлатади, дастлабки мустаҳкамликни тез оширади, %	10...30	30...50
Бетон тузилиши бошқарувчилари	Ачитқи кислоталар тузи	Совуқбардошиқни оширади, %	50...150	100...200
	Ярим гидросилоксанлар	Совуқбардошлиқни оширади, %	50...200	100...300
	Наносиликатлар (зичловчилар)	Совуқбардошлиқни оширади, %	50...200	-
Минерал қўшим-	Меъёрлаштирилган минерал	Мустаҳкамликни оширади, %	5...15	15...30

чалар	таркибли фаол пуццоланлар	Цемент клинкери сарфини камайтиради, %	5...15	10...50
	Микрокремне-зем	Мустаҳкамликни оширади, %	50...100	50...100
		Цемент клинкери сарфини камайтиради, %	20...40	10...50
	Кенгайтирувчилар	Мустаҳкамликни оширади, %	5...15	20...40
		Цемент клинкери сарфини камайтиради, %	5...15	10...50
		Киришиш деформациясини камайтиради, %	50...150	200...300
Органик минерал қўшимчалар	Микрокремне-зем ва суперпластикловчилар	Мустаҳкамликни оширади, %	60...120	60...120
		Сув ўтказувчанликни камайтиради, %	100...250	-

## §2.4. Бетон қоришмасини тайёрлаш учун сув

Бетон қоришмасини тайёрлашда ичимлик учун мўлжалланган водопровод суви ишлатилади. Бундай сувнинг водорат кўрсаткичи  $pH = 4$  дан кам бўлмаслиги шарт. Яъни, сув нордан бўлмаслиги ва лакмус қоғози ботирилганда қизил рангга айланмаслиги керак. Сув таркибида сульфатлар 2700 мг/л ва бошқа ҳамма тузлар 5000 мг/л дан ошмаслиги лозим ( $SO_4$  ионларига қайта ҳисобланганда). Сувнинг яроқлилигига шубҳа пайдо бўлганда, назорат-текшурув намуналарни берилган сув ва оддий водопровод суви билан тайёрлаб текшириш зарур.

Бетон қоришмасини тайёрлаш учун денгиз ва бошқа шўр сувдан ҳам фойдаланиш мумкин. Бунда сув юқорида қўйилган талабларга жавоб бериши шарт. Уй-жой ва жамоат биноларининг ички конструкцияларини бетонлашда, иссиқ ва қуруқ об-ҳаво шароитида фойдаланиладиган темирбетон иншоотларда, денгиз ва шўр сувдан фойдаланиб бўлмайди. Чунки бундай сувдаги тузлар бетон сиртига чиқиб, пўлат арматурани занглатади. Бетонга сепиладиган сув ҳам бетон қорилган сувдан бўлиш керак.

## §2.5. Бетон учун ишлатиладиган материалларга доир мисоллар

**2.1-мисол.** Таркиби портландцемент ва куйдирилган оҳақтошдан иборат бўлган аралашманинг фаоллиги аниқлансин. Аралашманинг 75 % ни М400 маркали (фаоллиги 40 МПа) портландцемент, 25 % ни эса туйилган оҳақтош ташкил қилади. Туйилган оҳақтош портландцемент учун қўшимча-тўлдирувчи сифатида ишлатилади.

*Ечилиш:* Аралаш цементнинг фаоллиги

$$R_{acc} = 0,75 \cdot R_c = 0,75 \cdot 4000 = 3000 \text{ Н/см}^2 = 30 \text{ МПа}$$

**2.2-мисол.** Цемент тўлиқ гидратланиши учун массасига нисбатан 15 % сувни талаб қилади. Цемент тоши  $C/Ц = 0,38$  бўлган цемент ҳамиридан тайёрланганда унинг гидратланиш даражаси 30 % ( $\alpha = 0,30$ ) бўлса, қотган цемент тошининг ғоваклиги аниқлансин. Цементнинг ҳақиқий зичлиги  $\rho_c = 3,1 \text{ г/см}^3$ .

*Ечили:* Цементнинг бирлик массасига нисбатан цемент ҳамирининг абсолют ҳажми:

$$V_c = 1/\rho_c + C/Ц = 1/3,1 + 0,38 = 0,703$$

Цемент тошининг абсолют ҳажми:

$$V_T = 1/\rho_c + \alpha(C/Ц)_{г.с} = 1/3,1 + 0,30 \cdot 0,15 = 0,368$$

Цемент тошининг ғоваклиги

$$V_F = (1 - V_T/V_c) \cdot 100 = (1 - 0,368/0,703) \cdot 100 = 47,6 \%$$

**2.3-мисол.** Шлакли портландцементдан тайёрланган бетон учун (№1 таркиб) цемент сарфи  $330 \text{ кг/м}^3$ , пуццоланли цементдан тайёрланган бетон учун (№2 таркиб) эса  $360 \text{ кг/м}^3$  ни ташкил қилади. Шу таркиблардан тайёрланган стандарт кубларнинг 28 кундаги сиқилиш бўйича мустаҳкамликлари мос ҳолда 28 ва 26 МПа, кимёвий боғланган сув миқдори эса 0,12 ва 0,11 ташкил этади (цемент массасига нисбатан). Цементнинг гидратланиш даражаси мос равишда 0,3 ва 0,29. Ушбу цементлардан қайси бирининг боғловчилик хоссасидан тўлиқ фойдаланилади.

*Ечили:* Ҳар қайси таркиблар учун цементнинг боғловчилик хусусиятини баҳоловчи  $K_1$  ва  $K_2$  коэффициентларни аниқлаймиз:

Шлакли портландцемент учун (№1 таркиб):

$$K_1 = R_B/(Ц \cdot C_K) = 28/(330 \cdot 0,12) = 0,71; K_2 = R_B/(Ц \cdot \alpha) = 28/(330 \cdot 0,3) = 0,28$$

Пуццоланли цемент учун (№2 таркиб):

$$K_1 = 26/(360 \cdot 0,11) = 0,65; K_2 = 26/(360 \cdot 0,29) = 0,25$$

Демак №1 таркибдаги  $K_1$  ва  $K_2$  коэффициентларнинг қиймати №2 таркибникидан кўп бўлганлиги сабабли шлакли портландцементнинг (№1-таркиб) боғловчилик хоссасидан кўпроқ фойдаланилади.

**2.4-мисол.** Икки ҳил кумнинг донадорлик таркиблари 2.9-жадвалда берилган:

№1 ва №2 кумларнинг элакдаги айрим қолдиқлари миқдори, %

2.9-жадвал

№ т/р	Элак кўзларининг ўлчамлари, мм						
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,16 дан ўтгани
№1	1	3	21	20	36	11	8
№2	0,5	1,5	10,5	12	26	37	12,5

Тўла қолдиқлар миқдори ва кумнинг йириклик модули  $M_H$  аниқлансин. Шунингдек, кумнинг ишлатилишига яроқли ёки яроқсизлиги кўрсатилсин.

*Ечили.* Юқорида берилган (2.9-жадвал) кумнинг донадорлик таркиби бўйича тўла қолдиқлар миқдори қуйидаги формула орқали аниқланади.



$$A_i = a_5 + a_{2,5} + a_{1,25} + a_{0,63} + a_{0,315} + a_{0,16}$$

бу ерда:  $a_5, a_{2,5}, \dots, a_i$ -элақлардаги айрим қолдиқлар миқдори (% ҳисобида).

№1 таркибли қум учун тўла қолдиқлар миқдори, %:

$$A_5 = 1; A_{2,5} = 1+3 = 4; A_{1,25} = 1+3+21 = 25;$$

$$A_{0,63} = 1+3+21+20 = 45; A_{0,315} = 1+3+21+20+36 = 81;$$

$$A_{0,16} = 1+3+21+20+36+11 = 92.$$

№2 таркибли қум учун тўла қолдиқлар миқдори, %.

$$A_5 = 0,5; A_{2,5} = 0,5+1,5 = 2; A_{1,25} = 0,5+1,5+10,5 = 12,5;$$

$$A_{0,63} = 0,5+1,5+10,5+12 = 24,5; A_{0,315} = 0,5+1,5+10,5+12+26 = 50,5;$$

$$A_{0,16} = 0,5+1,5+10,5+12+26+37 = 87,5.$$

Қумнинг йириклик модули қуйидаги формула орқали аниқланади:

№1 таркибли қум учун йириклик модули

$$M_{\text{й}} = (A_5 + A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16})/100 = \\ = (1+4+25+45+81+92)/100 = 2,48$$

№2 таркибли қум учун йириклик модули.

$$M_{\text{й}} = (0,5+2+12,5+24,5+50,5+87,5)/100 = 0,93.$$

Юқорида аниқланган натижалар бўйича қуйдагича хулоса қилиш мумкин: №1 қумнинг № 0,63 элақдаги тўла қолдиқлар миқдори  $A_{0,63} = 45 \% < 50 \%$  ва йириклик модули  $M_{\text{й}} = 2,48 < 2,5$ , демак №1 қум-ўртача қумлар гуруҳига киради. №2 қумнинг № 0,63 элақдаги тўла қолдиқлар миқдори  $A_{0,63} = 24,5$  ва йириклик модули  $M_{\text{й}} = 0,93 < 1$ , демак №2 қум жуда майда қумлар гуруҳига киради (2.3-жадвал асосида, §2.2.3 қаранг).

Демак, ўзининг донаторлик таркиби бўйича №1 қум бетон тайёрлаш учун яроқли ҳисобланади. №2 қум эса жуда майда қумлар гуруҳига киради ва уни ишлатиш учун донаторлик таркибига йирик қум қўшиб сифатини яхшилаш тавсия этилади.

**2.5-мисол.** Қуйидагилар берилган: қумнинг уйма (тўкма) зичлиги  $\rho_{\text{қм}} = 1520 \text{ кг/м}^3$ , ҳақиқий зичлиги  $\rho_{\text{қ}} = 2630 \text{ кг/м}^3$ . Шу қум намунасининг нам ҳолдаги массаси  $m_1 = 500 \text{ г}$  ва қуритилгандан кейинги массаси  $m_2 = 480 \text{ г}$ . Қумнинг ғоваклиги ва намлиги аниқлансин.

*Ечили.* Қумнинг ғоваклиги ва намлиги қуйидагича аниқланади:

ғоваклиги

$$V_{\text{қ}} = (1 - \rho_{\text{қм}}/\rho_{\text{қ}}) \cdot 100 \% = (1 - 1520/2630) \cdot 100 \% = 42,2 \%$$

намлиги

$$W_{\text{қ}} = [(m_1 - m_2)/m_2] \cdot 100 \% = [(500 - 480)/480] \cdot 100 \% = 4,2 \%$$

**2.6-мисол.** Икки ҳил қум намунасининг қуруқ ҳолдаги уйма зичлиги  $\rho_{\text{мқ}} = 1500 \text{ кг/м}^3$ , нам ҳолдаги зичликлари эса 1200 ва 1220  $\text{кг/м}^3$ . Қумнинг намликлари 3 ва 8 % бўлганда ҳажмининг ўзгариши ҳисоблансин.

*Ечили.* 1  $\text{м}^3$  қумнинг 3 ва 8 % намлангандаги массалари:

$$m_1 = \rho_{\text{қм}} \cdot 1,03 = 1500 \cdot 1,03 = 1545 \text{ кг}; m_2 = \rho_{\text{қм}} \cdot 1,08 = 1500 \cdot 1,08 = 1620 \text{ кг}$$

Нам ҳолдаги қурук ҳажмлари:

$$V_1 = m_1/\rho_{\text{км}} = 1545/1200 = 1,29 \text{ м}^3; \quad V_2 = m_2/\rho_{\text{км}} = 1620/1200 = 1,33 \text{ м}^{3\Delta}$$

Қум ҳажмининг ўзгариши:

$$\Delta V_1 = V_1 - V_k = 1,29 - 1 = 0,29 \text{ м}^3; \quad \Delta V_2 = V_2 - V_k = 1,33 - 1 = 0,33 \text{ м}^3.$$

**2.7-мисол.** Икки ҳил шағалнинг донадорлик тақибни қуйидаги 2.10-жадвалда берилган.

№1 ва №2 тарқибни шағалларнинг элакдаги айрим қолдиқлар миқдори, %

2.10-жадвал

№ т/р	Элак кўзларининг ўлчамлари, мм					
	70	40	20	10	5	3
№1	1	5	10	42	30	12
№2	-	4	9	49	23	3

Тўла қолдиқлар миқдори аниқлансин ва шағалнинг ишлатилишига яроқли ёки яроқсизлиги кўрсатилсин.

*Ечили.* Шағалнинг тўла қолдиқлар миқдори  $A_i$  қумники каби аниқланади (юқоридаги 2.4-мисолга қаранг).

№ 1-тарқибни шағал учун тўла қолдиқлар миқдори, % .

$$A_{70} = 1; \quad A_{40} = 1+5 = 6; \quad A_{20} = 1+5+10 = 16; \quad A_{10} = 1+5+10+42 = 58$$

$$A_5 = 1+5+10+42+30 = 88; \quad A_3 = 1+5+10+42+30+12 = 100.$$

№ 2-тарқибни шағал учун тўла қолдиқлар миқдори, %

$$A_{40} = 4; \quad A_{20} = 4+9 = 15; \quad A_{10} = 4+9+49 = 62;$$

$$A_5 = 4+9+49+23 = 85; \quad A_3 = 4+9+49+23+13 = 98;$$

Демак №1 ва №2 шағаллар учун  $D_{\text{Энг. кат}} = 3$  мм (элакдаги тўла қолдиқлар миқдори 95 % дан кўп ). №1 шағал учун  $D_{\text{Энг. кич}} = 70$  мм ва №2 шағал учун  $D_{\text{Энг. кат}} = 40$  мм (элакдаги тўла қолдиқлар миқдори 5 % дан кам ).

№1 тарқибни шағал учун  $0,5 (D_{\text{Энг. кат}} + D_{\text{Энг. кич}}) = 0,5(70+3) = 36,5$  мм қабул қиламиз 40 мм (элакдаги тўла қолдиқлар миқдори 50,5 %).

№2 тарқибни шағал учун  $0,5(D_{\text{Энг. кат}} + D_{\text{Энг. кич}}) = 0,5(70+3) = 36,5$  мм. Қабул қиламиз 40 мм (элакдаги тўла қолдиқлар миқдори 51 %). Аниқланган натижаларга кўра иккала шағал учун ҳам  $D_{\text{Энг. кат}}$  ва  $D_{\text{Энг. кич}}$  доналарнинг тўла қолдиқлар миқдори зарурий (ЎЗРСТ талаби бўйича) миқдор чегарасида жойлашади. Демак иккала шағал ҳам бетон тайёрлаш учун йирик тўлдирувчи сифатида ишлатишга яроқли ҳисобланади.

**2.8-мисол.** Тарқибни 1:2:3,5 нисбатда кварц қуми ҳамда гранитли шағалдан тайёрланган ва сув-цемент нисбати  $C/Ц = 0,52$  бўлган бетон қоришманинг стандарт конус чўкмаси, тарқибни 1:2 нисбатда худди шундай материаллардан тайёрланган ва сув-цемент нисбати  $C/Ц = 0,43$  бўлган қоришманинг стандарт конус чўкмаси билан бир ҳил бўлади. Стандарт намуналарни 28 кундан кейин синаб кўрилганда бетон мустаҳкамлиги

$R_b=43,2$  МПа бўлди. Цемент фаоллиги  $R_{ц} =56,0$  МПа. Шағалнинг сув талабчанлиги ва мустаҳкамлик коэффиценти аниқлансин.

*Ечили.* Шағалнинг сув талабчанлиги Б. Г. Скрамтаев ва Ю. М. Баженов услуги бўйича қуйдагича аниқланади:

$$V_{ш} = [(C/Ц)_б - (C/Ц)_к/3,5] \cdot 100 \% = [(0,52-0,43)/3,5] \cdot 100 = 2,57 \%$$

Шағалнинг мустаҳкамлик коэффиценти

$$k_{ш} = [R_b/R_{ц}(Ц/C - 0,5)] = [43,2/56(1,92 - 0,5)] = 0,54$$

бу ерда  $Ц/C = 1 : C/Ц = 1 : 0,52 = 1,92$

**2.9-мисол.** Қуйдагилар берилган: қумнинг ҳақиқий зичлиги  $\rho_k = 2600$  кг/м<sup>3</sup>, шағалнинг ҳақиқий зичлиги  $\rho_{ш} = 2650$  кг/м<sup>3</sup>, уйма зичлиги  $\rho_{шм} = 1700$  кг/м<sup>3</sup>. Тўлдирувчиларнинг зич аралашмасини танлаш учун қум ва шағалнинг массаси бўйича энг мақбул нисбати аниқлансин. Шағал доналарининг силжишини тавсифловчи коэффицент қиймати  $\alpha = 1,1$  тенг (меъёрий бетон қоришмаси учун).

*Ечили.* Қум ва шағал доналари орасидаги бўшлиқни  $\alpha=1,1$  бўлган ҳолда тўлдирганда, уларнинг орасидаги нисбат энг мақбул ҳисобланади, яъни:

$$K/\rho_k = V_{ш}(Ц/\rho_{ш}) \cdot \alpha, \text{ бундан}$$

$$K/Ц = V_k(\rho_k/\rho_{ш}) \cdot \alpha = 0,358(2600/2650) \cdot 1,1 = 0,386.$$

бу ерда  $K$  ва  $Ц$ -қум ва шағалнинг массаси, кг;  $\rho_k, \rho_{ш}$  –қум ва шағалнинг ҳақиқий зичликлари, кг/м<sup>3</sup>,  $V_{ш}$ -шағал доналари орасидаги бўшлиқ (ғоваклик)

$$V_{ш} = 1 - \rho_{шм} / \rho_{ш} = 1 - 1700/2650 = 0,358.$$

**2.10-мисол.** Қуйдагилар берилган: чақик тошнинг уйма зичлиги  $\rho_{чм} = 1500$  кг/м<sup>3</sup>, ўртача зичлиги  $\rho_{ўр} = 2600$  кг/м<sup>3</sup>, ҳақиқий зичлиги  $\rho_ч = 2700$  кг/м<sup>3</sup>. Чақик тош доналарининг оралик бўшлиғи, чақик тош тайёрланган дастлабки тошнинг ғоваклиги, чақик тошнинг умумий бўшлиғи (ғоваклиги) шунингдек, 1 м<sup>3</sup> чақик тошдаги тош ҳажми ва унинг абсолют зич ҳолдаги ҳажми аниқлансин.

*Ечили.* Чақик тош доналари орасидаги бўшлиқ (ғоваклик):

$$V_1 = (1 - \rho_{чм}/\rho_{ўр}) \cdot 100 \% = (1 - 1500/2600) \cdot 100 \% = 43 \%$$

Чақик тошнинг ғоваклиги:

$$V_2 = (1 - \rho_{ўр}/\rho_ч) \cdot 100 \% = (1 - 2600/2700) \cdot 100 \% = 3,7 \%$$

Чақик тошнинг умумий ғоваклиги:

$$V_3 = (1 - \rho_{чм}/\rho_ч) \cdot 100 \% = (1-1500/2700) \cdot 100 \% = 44 \%$$

1 м<sup>3</sup> чақик тошдаги тош ҳажми:

$$V_T = \rho_{чм}/\rho_{ўр} = 1500/2600 = 0,58 \text{ м}^3$$

Чақик тошнинг абсолют зич ҳолдаги ҳажми

$$V_{та} = \rho_{чм}/\rho_ч = 1500/2700 = 0,56 \text{ м}^3$$

## Назорат саволлари

1. Портландцемент клинкерининг таркиби қандай минераллардан иборат бўлади?
2. Портландцементнинг мустаҳкамлиги қандай аниқланади?
3. Портландцементнинг меъёрий қуюқлиги ва тутиб қолиш муддати қандай аниқланади?
4. Портландцемент деб қандай боғловчи моддага айтилади?
5. Портландцементнинг махсус ҳилларини айтиб беринг.
6. Оҳакли ва гипсли боғловчи моддаларни айтиб беринг.
7. Магнезиал боғловчи моддалар қандай олинади?
8. Композицияли (мураккаб) боғловчи моддалар қандай ҳилларга бўлинади?
9. Бетон учун ишлатиладиган тўлдирувчилар қандай синфларга бўлинади?
10. Тўлдирувчиларнинг донадорлик таркиби қандай танланади?
11. Тўлдирувчиларнинг уйма ва хақиқий зичликлари қандай аниқланади?
12. Тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлиги қандай аниқланади?
13. Тўлдирувчи мустаҳкамлиги билан бетон мустаҳкамлиги орасида қандай боғлиқлик мавжуд?
14. Майда тўлдирувчиларнинг донадорлик таркиби қандай аниқланади?
15. Қум донадорлик таркибининг юзаси қандай аниқланади?
16. Қумнинг йириклик модули қандай аниқланади?
17. Йирик тўлдирувчиларнинг донадорлик таркиби қандай аниқланади?
18. Шағал (чақиқ тош) нинг цилиндрада эзиш бўйича қандай маркалари мавжуд?
19. Бетон учун ишлатиладиган кимёвий қўшилмаларни айтиб беринг.
20. Бетон учун ишлатиладиган минерал қўшилмаларни айтиб беринг.

## Қўшимча адабиётлар

1. Дуда В. Цемент. -М.: Стройиздат, 1981. - б.
2. ГОСТ 23464-79. Цементлар. Синфланиши.
3. ГОСТ 10178-85. Портландцемент ва шлакли портландцемент. Техник шартлар.
4. . ГОСТ 310.2-76. Цементлар. Туйилганлик даражасини аниқлаш усуллари.
5. ГОСТ 310.3-76. Цементлар. Меъёрий қуюқликни, тутиб қолиш муддатини ва ҳажмининг бир маромда ўзгаришини аниқлаш усуллари
6. ГОСТ 310.4-81. Цементлар. Эгилиш ва сиқилишдаги мустаҳкамлик чегарасини аниқлаш усуллари.
7. ЎзРСТ 22266-94. Сульфатга чидамли цементлар. Техник шартлар

8. ЎзРСТ 761-96. Оқ портландцементлар. Техник шартлар.
9. ЎзРСТ 762-95. Рангли портландцементлар. Техник шартлар.
10. ГОСТ 1581-96. Тампонаж портландцементлар. Техник шартлар.
11. ГОСТ 969-91. Гилтупроқли цементлар. Техник шартлар.
12. ГОСТ 22688-77. Оҳак ва оҳакли боғловчилар. Синаш усуллари.
13. ГОСТ 125-79. Гипс боғловчилар. Техник шартлар.
14. ЎзРСТ 8767-93. Қурилиш ишлари учун қум. Техник шартлар
15. ЎзРСТ 8267-93. Қурилиш ишлари учун зич тоғ жинсларидан олинган чақиқ тош ва шағал. Техник шартлар.
16. ГОСТ 24211-2003. Бетонлар учун қўшилмалар. Синфланиши.

## 3-БОБ. БЕТОН ҚОРИШМАСИ

### §3.1. Бетон қоришмасининг тузилиши

Бетонни тайёрлаш ва қотиш жараёнини материалнинг турли ҳил хоссалари ва ҳолати билан тавсифланувчи иккита босқичга ажратиш мумкин:

1. Цементнинг тишлашиши ва қуюқлашиб бетон қоришмага айланиши;
2. Қотиш даври ва ишлатилиши давомида ҳамма хоссаларини ўзида шакллантирган қаттиқ материал яъни, бетонга айланиши.

Бетон қоришмаси мураккаб кўп компонентли ва яримдисперсли тизимни ўзида мужассамлаштирган бўлиб, цемент ва тўлдирувчилар аралашмасини сув билан қориштириш натижасида ҳосил қилинади (қуюқ бўтқасимон аралашма ГОСТ 7473-94). Қоришманинг сифатини яхшилаш ва хоссаларини бошқариш мақсадида унинг таркибига турли ҳил қўшимчалар ҳам қўшилади. Унга цементнинг майда дисперсли зарралари, нисбатан йирикроқ бўлган майда ва йирик донали тўлдирувчи, зарур ҳолларда киритиладиган махсус қўшимчалар, сув ва қоришмани тайёрлаш жараёнида қўшилиб кетадиган ҳаво киради.

Маълумки, қаттиқ зарралар билан сувнинг ўзаро ички кучлари таъсири натижасида бетон қоришмаси қовушқоқ тузилишли суюқликлар учун тавсифли бўлган аниқ хоссаларга ва боғланувчанликка эга бўлади. Бетон қоришмаси ўзининг ҳоссларига кўра қовушқоқ суюқликлар ва қаттиқ фазалар орасидаги ўринни эгаллайди. Ҳақиқий қовушқоқ суюқликлардан бетон қоришмаси тузилишининг нисбатан мустаҳкамлиги ёки тузилиш қовуш. қоқлиги билан фарқланади. Қаттиқ жисмлардан эса шаклини сақлаш яъни, қовушқоқлик хусусиятининг йўқлиги ва хатто жуда кичик миқдордаги куч таъсирида ҳам қайтмас деформацияланиш хусусияти билан ажралиб туради.

Бетон қоришмасининг хусусиятлари унинг тузилиши, таркибидаги ташкил этувчиларнинг хоссаларига боғлиқ ва қуйидаги муҳим хусусиятларга эга: механик таъсир остида сохта суюлиши ёки ҳаракатчанлигининг ошиши; цемент билан сувнинг ўзаро физик-кимёвий жараёнлари таъсирида тизимнинг қовушиши ва қаттиқ фазага айлангунга қадар доимий ўз хусусиятларини ўзгартириб бориши (ҳаракатчанлигининг йўқолиши).

Бетон қоришмасини тайёрлаш шунингдек, уни жойлаштириш (қолип-лаш) ва зичлаш жараёнидаги хоссалари қаттиқ ва суюқ фазалар орасида таъсир қилувчи кучлар миқдори ва тавсифи билан аниқланади.

Бетон қоришмасидаги қаттиқ фазаларнинг (зарраларнинг) ўзаро таъсири суюқ муҳит миқдори билан тавсифланади. Қаттиқ зарралар орасидаги ўзаро таъсир кучлари турли ҳил физик табиатга эга бўлади ва зарраларнинг ўлчамига (3.1-жадвал) шунингдек, суюқ фаза ҳажмига ва бошқа моддалар ионларининг мавжудлигига боғлиқ бўлади.

Шағал ва қум доналари орасидаги ғоваклик кераклигича юқори, солиш-тирма юзаси эса кичик, шу сабабли юза қисмларида куч таъсири сезиларсиз бўлади. Натижада қоришма боғланувчанликка эга бўлмайди, сув эса эркин ҳаракатланувчи кучлар таъсирида тўлдирувчи доналари орасидаги

ғоваклардан чиқиб кетади. Бундай қоришмага ташқи куч таъсир қилганда унда ички механик ишқаланиш кучлари ҳосил бўлади.

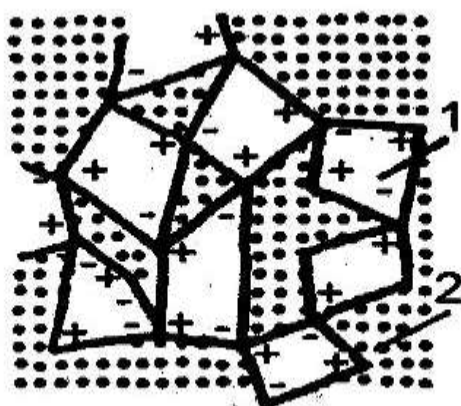
Бетон қоришмасининг қаттиқ зарралари ўртасидаги таъсир қилувчи кучлар

3.1-жадвал

Зарраларнинг ўлчамлари, мм	Таъсир қилиш тавсифи ва кучларнинг хили	Таъсир қилиш самараси	
		сиқувчи (яқинлаштирувчи)	силжитувчи (узоқлаштирувчи)
40...1	Механик	-	-
1...0,1	Капиллярли	+	-
0,1... $2 \cdot 10^{-4}$	Флокуляцияли	++	-
$10^{-4}$ ... $10^{-6}$	Коллоидли	-	+

Зарралар ўлчами 1...0,1 мм гача кичрайганда капилляр кучлар пайдо бўлади. Қоришма боғланувчанлик хоссага эриша бошлайди. Капилляр кучлар ортиқча сув бўлмаганда таъсир қилади. Қаттиқ зарралар туташган жойлар орасидаги ғоваклар ҳаво билан тўлдирилган бўлади. Сувли жойларда ҳосил бўладиган юза тортилиш кучлари зарралар орасидаги боғланишларни таъминлайди. Бундай ҳолда қоришма одатда, қаттиқ консистенцияга эришади.

Зарралар ўлчами  $0,1...2 \cdot 10^{-4}$  мм гача кичрайганда ўзаро таъсир қилувчи юза тортилиш яъни, флокуляцияли кучлар ҳосил бўла бошлайди. Кристалли тузилишга эга бўлган материаллар (масалан, цемент, майин дисперсли қўшимчалар ва ш. к) юзасида одатда, электр зарядлари пайдо бўлади (3.1-расм). Майда зарраларнинг ўткир учлари ва қовурғаларида ушбу зарядлар флокулларнинг шаклланишида асосий рол ўйнайди (мусбат ва манфий зарядларнинг ўзаро тортилиши натижасида).



3.1-расм. Флокулларнинг ҳосил бўлиш схемаси. 1-цемент зарралари; 2-сув.

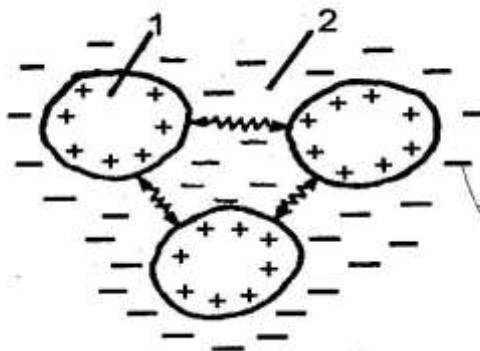
Флокуллардаги сув ҳара катсиз ҳолатда бўлганда ғоваклар ҳажми сезиларли намоён бўлади. Зарралар ўлчами майда бўлганлиги сабабли гравитацияли кучлар микдори сезиларсиз бўлади. Қоришма юқори боғланувчанлик хусусиятига эга бўлади, аммо сув сарфи кўпроқ талаб қилинади ва унинг ҳаракатчанлиги нисбатан унча катта бўлмайди.

Коллоидли зарраларнинг ўлчами  $2 \cdot 10^{-4}...10^{-6}$  мм бўлганда улар орасидаги ўзаро таъсир юза

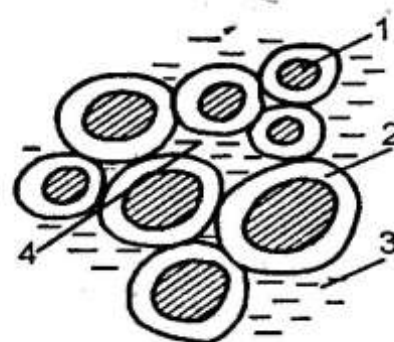
қисмида ҳосил бўлган сув адсорбцияли боғланган қаттиқ фазлардан иборат қобикларда содир бўлади.

Замонавий қарашларга кўра сув билан ўзаро боғланишга киришган қаттиқ зарралар сув молекулаларини ўзига тортиш хусусиятига эга. Натижада қаттиқ зарралар атрофида концентрацияларнинг ўзгариши содир бўлади яъни, адсорбцияланади. Адсорбцияланган плёнқадаги сув ҳаракатсиз бўлиб қолади ва маълум маънода қаттиқ зарра хусусиятига эришади. Бунда бир неча юзлаб сув молекулалари занжир шаклида суюқ фаза ички қисмига йўналган бўлади. Ушбу занжирларнинг узунлиги қаттиқ зарралар юзасининг хоссларига ва гидратланиш жараёнларининг кечишига боғлиқ бўлади. Қаттиқлашган бундай сув қатламларининг қалинлиги 0,15 мкм дан ошмайди.

Цемент зарралари сувда  $\text{Ca}^{++}$  ионларини адсорбциялайди ва уларнинг юзасида мусбат  $\xi$ - потенциал юзага келади. Агарда сув миқдори етарли бўлса зарралар бир-биридан қочади (3.2-расм). Зарралар қанчалик майда ёки зарядлар зичлиги юқори бўлса, ўзаро силжитиш кучлари шунчалик юқори бўлади. Уларнинг таъсири остида қоришма юқори ҳаракатчанликка эришади, аммо қаттиқ зарраларнинг юқори солиштирама юзаси кўп сув сарфланишини талаб этади. Сув миқдори кам бўлганда эса цемент зарралари контакт жойларда ўзаро бирлашади ва бир-бирига тортилиб, коагуляцияли тузилиш ҳосил бўлади (3.3-расм). Ҳаракатланмайдиган сувда флокуляцияли кучлар ҳосил бўлиши ҳам мумкин. Суюқ масса гел ҳолатига ўтади. Қоришмадаги зарралар карама-қарши зарядларга эга бўлса коагуляцияланиш (ёки флокуляцияланиш) содир бўлади ва бу жараён қоришма ҳаракатчанлигини камайтиради.



3.2-расм. Цемент зарраларининг  $\xi$ -потенциал таъсирида ўзаро силжиши. 1-цемент зарралари; 2-сув.



3.3-расм. Коллоидли ўлчамдаги зарралардан коагуляцияли тузилишнинг ҳосил бўлиш схемаси. 1-цемент зарралари; 2-зарра атрофидаги қобик; 3-эркин сув; 4-ҳаракатланмайдиган сув.

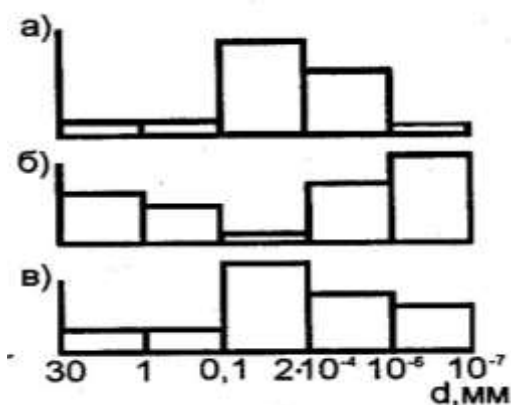
Коллоидли зарралар юзасида ҳосил бўлган ярим қаттиқ сувли қобиклар кўш функцияни бажаради. Бир томондан қобик цемент эритмасига боғланувчанлик ва маълум турғунлик яъни, ташқи кучлар таъсирида маълум



чегарада деформацияланишига қаршилик кўрсатиш қобилиятини беради. Иккинчи томондан эса ушбу қобиклар ёғлаш хоссасига эга бўлади. Яъни, қаттиқ зарраларнинг ўзаро силжишини таъминлайди.

Бетон қоришмаси турли ҳил ўлчамдаги зарралардан иборат бўлганлиги учун унда юқорида кўрсатиб ўтилган ички кучларнинг барчаси намоён бўлади. Аммо уларнинг таъсир кўрсатиш самараси қоришма тузилишининг тавсифи ва турли ҳил ўлчамдаги зарралар орасидаги ўзаро боғланишларга боғлиқ бўлади. Майда заррачалар анча катта заррачалар юзасига ёпишиб, ҳаракатланишини йўқотади. Уларнинг силжишини таъминлаш учун сув миқдорини ошириш керак. Сув миқдорининг кўпайиши эса қоришма ҳаракатчанлигининг ортишига сабаб бўлади, натижада қоришманинг боғланувчанлиги камаяди.

Бетон қоришмасининг боғланувчанлик, ҳаракатчанлик ва сув талабчанлик каби хоссаларига турли ҳил омилларнинг таъсири 3.4-расмда кўрсатилган. Бетон қоришмаси тузилишини ўзгартира бориб (турли ҳил ўлчамли



**3.4-расм. Бетон қоришмаси қаттиқ зарраларининг (турли ҳил ўлчамдаги ва кучлар таъсиридаги) боғланувчанлик (а), ҳаракатчанлик (б) ва сув талабчанликка (в) таъсири графикалари.**

зарралари орасидаги масофани узайтириш, цемент флокулларини диспергациялаш учун юқори тезликда аралаштиришни қўллаш, флокул ҳосил бўлишига ҳалақит берувчи ва цемент зарралари билан адсорбцияланувчи юқори молекулаларни киритиш,  $\xi$ -потенциали

миқдорини оширувчи моддаларни киритиш, ҳаво бўшлиқларини ҳосил қилиш шунингдек, сувнинг юзавий тортилишини камайитириш ҳисобига эришилади.

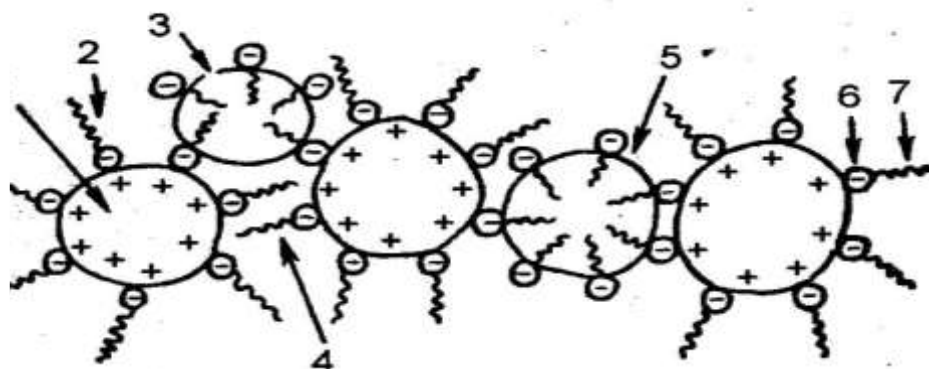
Бетон қоришмаси тузилиши ва хоссалари учун самарали модификатор бўлиб кимёвий қўшимчалар, биринчи навбатда, пластикловчи ва суперпластикловчилар ҳисобланади. Қўшимчалар цемент ҳамирининг юза қисми ва микротузилишига таъсир этиб, бетон қоришманинг хоссаларини бошқариш қобилиятига ва унинг энг мақбул тузилишга эришишига имкон яратади.

Юза фаол моддалар (ЮФМ) энг кўп қўлланиладиган пластикловчилар бўлиб, улар мураккаб тузилишга эга ҳисобланади. Бундай қўшимчаларнинг

цемент ҳамири ва бетон қоришмасига таъсир кўрсатиш доираси ЮФМ молекулаларининг тузилиши билан тавсифланади. ЮФМ нинг алоҳида хусусияти қаттиқ фазалар юзасида адсорбцияланиши ва фазовий коагуляцияли тузилишнинг ҳосил бўлишида фаол катнашишидир.

Сув юқтирмайдиган хусусиятга эга бўлган ЮФМ цемент юзасини адсорбиялаб, сув юқтирмовчи кутбли гуруҳга боғловчи анионларни бирлаштиради (3.5-расм). Натижада сув юқтирмовчи ЮФМ қаттиқ зарралар юзасида молекулаларга мўлжалланган “частокол” ҳосил қилади.

Сув юқтирмайдиган қўшилмалар флокул ҳосил бўлишини ва бетон қоришмасининг ҳаво ютилишини бир хиллаштиради. Манфий зарядланган



**3.5-расм. Сув юқтирмайдиган ҳаво ютувчи қўшимчаларнинг таъсири; 1-цемент зарралари; 2-қўшимча молекулалари; 3-ютилган ҳаво шарлари; 4-қўшимча молекулалари занжири таъсирининг камайиш зонаси; 5-қаттиқ зарралар ва ҳаво шарлари елимланиши ҳисобига флокулларнинг кўпайиш зонаси; 6-анионлар гуруҳи; 7-қутбсиз радионлар.**

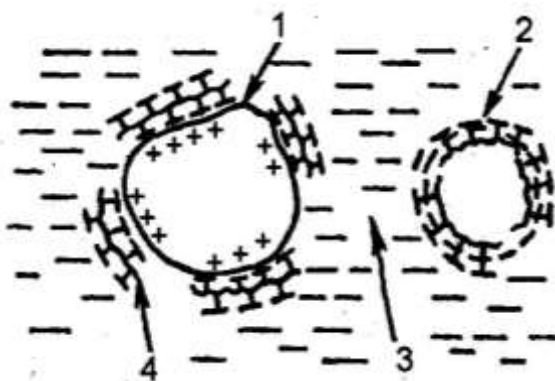
ҳаво шарлари цемент зарраларига елимланиб қолади ва уларнинг бир хиллашиши учун яхши шароит яратади. Ташқи куч таъсирида эса шарнир вазифасини ўтайди шунингдек, қоришманинг оқувчанлигини таъминлайди. Натижада қоришманинг ҳаракатчанлиги ва боғланувчанлиги ортади. Сув юқтирмайдиган қўшимчалар миқдорини ошириб юбориш эса цементнинг тўлиқ гидратланишини тўхтатиб қўяди яъни, адсорбцияли экрансимон қатламлар сув ва цементнинг ўзаро таъсирланишига тўсқинлик қилади.

Бетон технологиясида анионли ЮФМ қўллаш ҳам анча самарали ҳисобланади ва уларнинг хиссасига 75 % гача пластиклигини оширувчи қўшимчалар киради (3.6-расм). Шунингдек, молекулалари бошқа тузилишга эга бўлган ЮФМ қўшилмалар ҳам мавжуд. Уларнинг таъсир қилиш механизми қаттиқ заряд-суюқлик тизимидаги юзавий жараёнларнинг фаол таъсирига асосланган. Натижада қоришма ҳаракатчанлиги ва бошқа хоссалари яхшиланади.

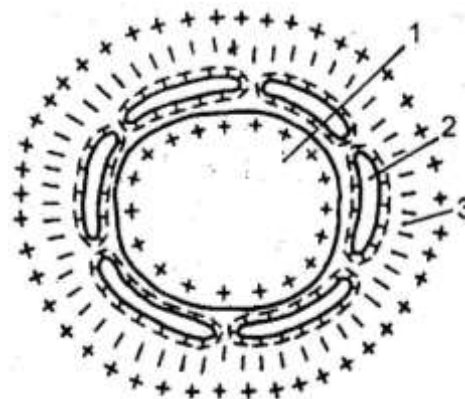
Кейинги йилларда бетон қоришмасини модификациялаш бўйича суперпластикловчилар алоҳида ўрин эгалламоқда. Бетон қоришмага бундай суперпластикловчилар қўшилганда улар цемент ва тўлдирувчи зарра-

ларининг қаттиқ юзасида адсорбцияланади ва юза қисмида сезиларли манфий потенциалли қалинлашган қобик ҳосил қилади (3.7-расм). Натижада бетон қоришманинг ёйилувчанлик самараси ортади ва ҳаракатчанлиги яхшиланади.

Бетон қоришмасига суперпластикловчиларнинг таъсир қилиш механизми ўтказилган тажрибалар асосида тасдиқланган. Тажрибаларни ўтказиш учун кенг тарқалган натрий тузли формальдегиднинг ярим конденсати ва нафталин сульфонат (НСФ) ҳамда формальдегиднинг ярим конденсати ва меламинасульфонафт (МСФ) ишлатилган.



3.6-расм. Анионли фаол қўшимчаларнинг таъсири. 1-цемент зарралари; 2-ҳаво шарчалари; 3-сув; 4-манфий заряд қўшимча молекуласи.



3.7-расм. Суперпластикловчиларнинг таъсири. 1-цемент зарралари; 2-юзаси манфий зарядли коллоидли ўлчамдаги органик молекула; 3-сувли қобик.

МСФ қўшилма юқори адсорбциялаш хусусиятига эга. Суперпластикловчилар ҳам  $\xi$ -потенциал қийматига худди шунга ўхшаш таъсир кўрсатади. Анион тавсифли қўшимча ишлатилганлиги сабабли юзавий заряд манфий бўлади. Цемент эритмасига МСФ қўшилмаси қўшилганда юқори  $\xi$ -потенциал пайдо бўлади. Натижада юқори миқдордаги  $\xi$ -потенциалнинг ҳосил бўлиши цемент зарралари ўртасида электростатик силжиш кучини келтириб чиқаради. Буни 3.8-расмда келтирилган эгри чизиклардан кўриш мумкин.

Цементнинг гидратланиш жараёнида қўшимчаларнинг киритилиши қоришмада флокулларнинг ҳосил бўлишига ҳалақит беради. Айниқса цементнинг бошланғич гидратланиш даврида қўшимчалар сезиларли таъсир кўрсатади (3.9-расм).

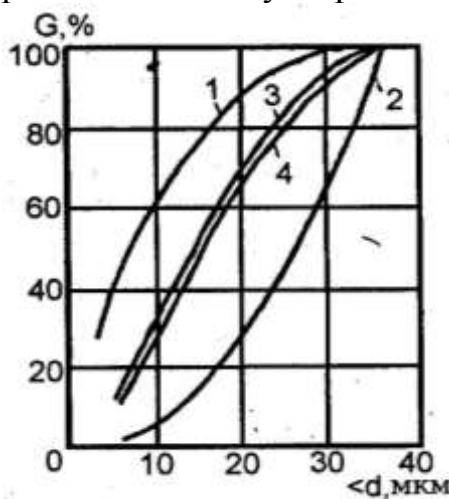
Суперпластикловчининг қўлланиши дастлабки дақиқаларда цемент гидратланишни анча секинлатади. Натижада таркибда қўшилма билан таъсирлашувчи майда заррачаларнинг ҳосил бўлиши ва кўпайишига имкон туғилади.

Юқорида қайд этилган омиллар яъни, манфий  $\xi$ -потенциалнинг ҳосил бўлиши ва цемент заррачаларининг дисперцияланиши ҳамда янги зар-

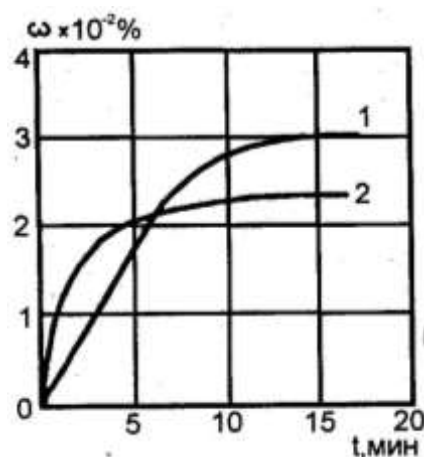
рачаларнинг пайдо бўлиши цемент хаамири ҳаракатчанлигининг сезиларли ошишига олиб келади.

Қўшимчаларнинг миқдори ва ҳили бўйича олинган қоришма ҳаракатчанлиги юқорида қайд қилинган натижаларга тўлиқ мос келади (қўшимчаларнинг цемент хаамири тузилишига таъсири) яъни, қўшимча миқдори 1...1,25 % гача ўзгарганда қоришма ҳаракатчанлиги сезиларли ортади, бунда МСФ қўшимчаси нисбатан самарали ҳисобланади.

Бетон қоришмасини тайёрлаш, қолиплаш ва зичлаш жараёнларида қоришма турли ҳил ташқи кучлар таъсирига учрайди. Бу эса қоришма



**3.8-расм.** Цемент зарраларининг ўлчамлари бўйича бўлинишига суперпластикловчларининг таъсири. 1-қуруқ цемент учун; 2-қўшимчасиз сувли муҳитда; 3-МСФ қўшимча билан. 4-НСФ қўшимча билан.



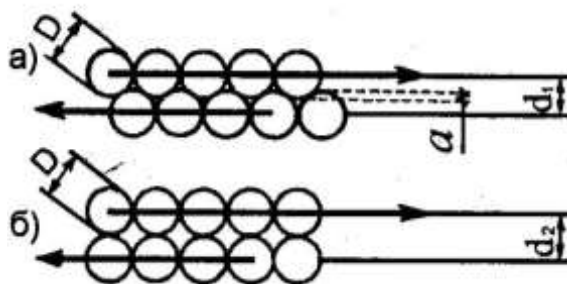
**3.9-расм.** Цемент хаамирининг гидратланиш кинетикаси. 1-МСФ ва НСФ қўшимчали; 2-қўшимчасиз.

тузилишида маълум ўзгаришларнинг содир бўлишига олиб келади. Ташқи кучлар таъсирида қоришманинг алоҳида ҳажмларида ўзаро силжишлар вужудга келади, флокуллар бузилади, тузилишнинг боғланувчанлиги камаяди ва ҳаракатчанлиги ортади. Таъсир қилувчи кучлар тўхтатилганда эса қоришманинг боғланувчанлиги қайта тикланади. Ушбу ходисага “тиксотропия” дейилади.

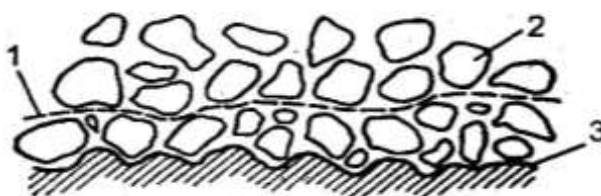
Бетон қоришмасининг микро ва макротузилиш кесимларидаги силжиши маълум текислик бўйлаб содир бўлади. Ушбу текисликлар силжувчи зўриқишлар таъсири остида ҳосил бўлади (3.10-расм). Цемент зарралари силжиши натижасида уларнинг оғирлик марказлари орасидаги масофа катталашади ва ўзаро боғланиши камаяди. Қоришма қуюқлашиши давомида унча зич бўлмаган ва юмшоқ тузилиш ҳосил бўлади. Агарда тўлдирувчи сирти ўта силлиқ бўлса силжиш текислиги бевосита сиртда ҳосил бўлади. Одатдаги тўлдирувчилар эса ғадир-будирли сиртга эга бўлади ва бундай холда силжиш текислиги тўлдирувчи сиртидан орқада қолади ва айнан шу зонада бетоннинг қотишдаги тузилиши пастроқ бўлади (3.11-расм).

Силжиш текислигининг ҳосил бўлиши ва флокулларнинг бузилиши учун маълум ташқи силжитувчи кучни қўйиш керак. Системанинг боғланувчанлиги пасайганидан кейин бетон қоришманинг силжишини таъминловчи куч камаяди. Бетон қоришмаси реалогик хоссаларининг алоҳида хусусиятларини шундай асослаш мумкин.

Бетон қоришмасини цемент ҳамири ва тўлдирувчилардан ташкил топган икки таркибий тизим деб қараш қулайроқ. Асосий тузилишни ҳосил қилувчи таркиб сифатида цемент ҳамири ҳисобланади ва унинг таркибига



**3.10-расм.** Цемент зарралари нинг силжиши схемаси ва цемент ҳамирида силжиш текислигининг ҳосил бўлиши. а-зарраларнинг силжимасдан олдинги вазияти; б-силжиш пайтидаги вазияти ( $a \approx 0,3 D$ ).



**3.11-расм.** Бетон қоришмасининг контакт зонасида силжиш текислигининг ҳосил бўлиши схемаси. 1-силжиш текислиги; 2-цемент зарраси; 3-тўлдирувчи юзаси.

**цемент, сув ва аксарият ҳолларда** майдаланган минерал қўшимчалар киради. Цемент зарралари ва майда туйилган қўшимчалар ўлчамлари кичик ҳамда катта нисбий юзаси билан фарқланади, натижада цемент ҳамири юқори ривожланган юзали “қаттиқ жисм-сууюқлик” ҳолатга эга бўлади. Бундай системада адсорбцияли, молекуляр ва капиллярли кучларнинг ўзаро таъсирлашуви кучлироқ намоён бўлади.

Цемент ҳамирининг хоссалари қаттиқ ва сууюқ ҳолатлар нисбатига боғлиқ бўлади. Таркибидаги сув миқдорининг ошиши билан цемент ҳамири ҳаракатчанлиги ортади, мустаҳкамлиги эса камаяди. Бетон қоришмасида сув турли ҳолатларда бўлиши мумкин (3.2-жадвал).

Сувнинг камроқ қисми цемент билан реакцияга киришади ва кимёвий боғланган ҳолатда қолади. Унинг нисбий миқдори борган сари ўсиб боради, бироқ қотиш вақтида 5 % дан ошмайди. Сувнинг бошқа қисми адсорбцион

кучлар таъсирида каттик фазанинг юзасида физик-кимёвий боғланишда бўлади.

Бетон қоришмаси турли-ҳил ўлчамдаги зарралардан иборат бўлганлиги сабабли улар орасида ўзаро боғланиш кучлари ҳосил бўлади. Уларнинг самарадорлигига бетон қоришмасининг тузилиш тавсифи таъсир қилади. Майда заррачалар анча катта зарралар юзасига ёпишиб, ҳаракатчанлигини секинлатади. Зарраларнинг ҳаракатчанлигини ошириш учун кўшимча сув зарур бўлади. Сув миқдори кўпайтирилса қоришманинг ҳаракатчанлиги ортади аммо, боғланиш хусусияти камаяди.

### Бетон қоришмасидаги сув миқдорининг синфланиши

3.2-жадвал

Боғланиш тавсифи	Боғланиш юзага келишининг шароити ва сабаблари	Сувнинг тақрибий-нисбий миқдори (сувнинг миқдоридан % ҳисобида)	
		янги тайёрланган қоришмада	цементнинг тутиб қолиши даврида
Кимёвий (аниқ миқдорий нисбатларда)	Гидратланиш ва кристалланишларнинг қоришмадан бошланиши	1...2	1...5
Физик-кимёвий адсорбцияли	Қаттик фазанинг молекуляр кучлар майдонида адсорбцияланиши	3...5	20...25
Механик тузилишли	Сувнинг капиллярлар, ёриқлар ва ғовакларни эгаллаши	93...95	70...75

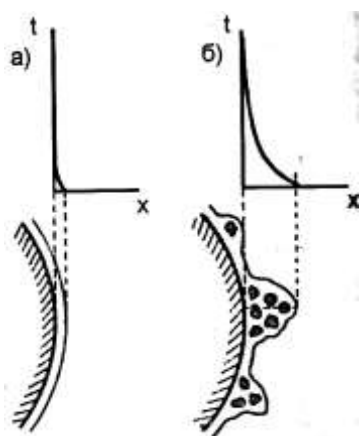
Бетон қоришмасининг керакли ҳаракатчанлигини сақлаб қолган ҳолда, унинг хоссаларини яхшилаш учун таркибига махсус самарали кўшимчалар қўшилади. Бундай модификаторларга кимёвий кўшимчалар яъни, биринчи навбатда пластикловчилар ва суперпластикловчилар киради. Бундай кўшимчалар цемент хамирининг микротузилишига таъсир қилиб, бетон қоришмасининг хоссаларини ўзгартира олади ва энг мақбул тузилишни вужудга келтиради.

Физик-кимёвий боғланган сувнинг миқдори ҳам одатда каттик жисм нисбий сиртининг ортиши билан цементнинг гидратланиши натижасида ўзгаради. Янги тайёрланган цемент ҳамирида бундай сувнинг миқдори 3...5 % ни, қотиш вақтида эса ўсиб бориб, умумий сув миқдорининг 25 % гача етади.

Цемент хамиридаги асосий сув миқдори зарралар орасидаги ўлчамлари 1 дан 50 мкм гача ва ундан ортиқ бўлган ғовакларда жойлашади. Цементнинг гидратацияси жараёнида капилляр кучлар таъсири ва гел пайдо бўлиши натижасида, доналараро муҳитда сув цемент тоши билан физик-кимёвий

боғланади. Одатда буни эркин боғланиш деб аташ мумкин, бинобарин, улар кимёвий боғланмаган ва қаттиқ фазанинг ҳеч қандай молекуляр кучлари таъсирида бўлмайди. Цемент хаамири тайёрланган заҳоти эркин сувнинг миқдори умумий сув ҳажмининг 90 % ни ташкил этади ва қотиш жараёнида унинг 65...70 % чиқиб кетади. Айнан эркин сувгина цемент хаамирининг ҳаракатчанлигига энг кўп таъсир кўрсатади.

Цемент хаамирига тўлдирувчиларнинг киритилиши унинг хосаларига сезиларли даражада таъсир кўрсатади. Яъни, тўлдирувчиларнинг ташқи сирти цемент хаамири билан ёпишиб, маълум қалинликдаги қатламлар вужудга келади. Сўнгра адсорбцияли молекулярли ва капиллярли кучлар таъсирида ушбу қатламлар ўзининг ҳаракатчанлигини йўқотади. Натижада тўлдирувчининг цемент хаамирига таъсир қилиш зонаси кўпаяди (3.12-расм). Таъсир қилиш зонаси тўлдирувчилар ва цементнинг хосаларига боғлиқ бўлиб, ўртача 10...15 мкм га тенг бўлади. Тўлдирувчиларнинг миқдори ёки солиштира юзаси ортса, унинг таъсири ҳам ортади.



**3.12-расм. Тўлдирувчиларнинг сув (а) ва цемент хаамирига (б) таъсири.**

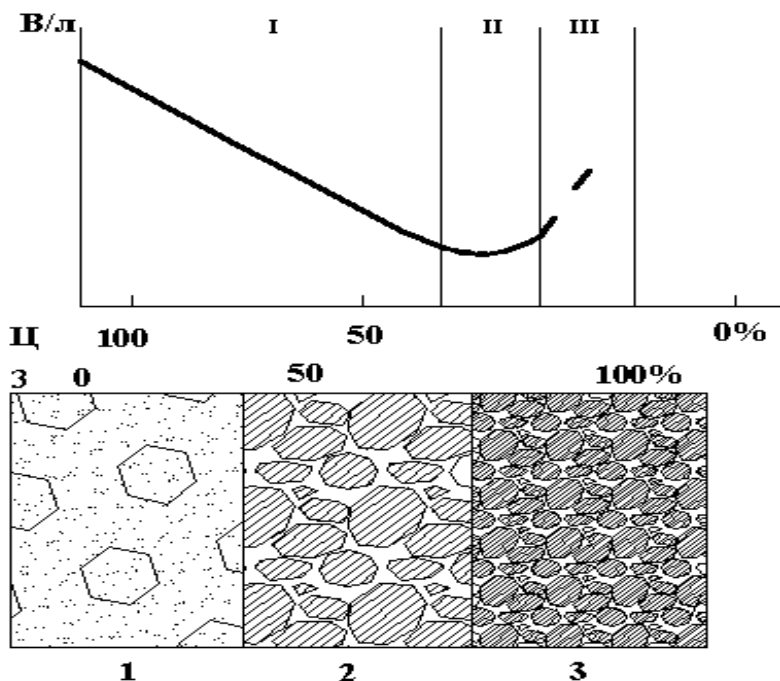
Цемент хаамири билан тўлдирувчининг ўзаро нисбанисбатига кўра бетон қоришмасининг тузилишини уҳта асосий турга ажратиш мумкин (3.13-расм). Бу турларнинг ҳар бири бетон ва темирбетон буюмларини қолиплашда хосалари ва ҳолати билан тавсифланади. Биринчи тур тузилишидаги бетонда тўлдирувчи доналари бир-биридан сезиларли масофада жойлашган ва умуман бир-бирига таъсир этмайди. Доналар фақат цемент хаамирининг тегиб турган худудига таъсир кўрсатади. Улар таъсирининг йиғиндиси тўлдирувчи доналарининг миқдорига тўғри пропорционал бўлади.

Иккинчи турдаги тузилишда цемент хаамири камроқ бўлиб, у фақат тўлдирувчи доналари орасидаги бўшлиқларни тўлдиради ва доналар сиртига суртилгандек бўлиб, қалинлиги цемент зарраларининг 1...3 диаметрига тенг бўлади. Бундай ҳолатда алоҳида тўлдирувчи доналари ўзининг таъсир доирасида бир-бирини тўсади ва тўлдирувчи доналари орасида ишқаланиш юзага келади. Қоришмага юқорида айтилганидек (биринчи турдаги каби) ҳаракатчанликни бериш учун С/Ц нисбати ошрилиши талаб этилади.

Бетон қоришмасининг учинчи тур тузилишида цемент хаамири кам, у фақат тўлдирувчи доналарининг сиртини жуда юпқа қалинликда қоплайди, доналар орасидаги ғовакларни қисман тўлдиради.

Ҳар қайси тузилиш ўзининг қонуниятларига эга бўлиб, уларнинг хосаларига турли хил омилларнинг таъсири бўлади. Бетоннинг биринчи хил тузилишида ҳал қилувчи вазифани цемент хаамири ўтайди. Иккинчи хил

тузилишда эса тўлдирувчининг роли ва улар орасидаги ишқаланиш кучининг таъсири ортади. Айниқса тўлдирувчи бетоннинг учинчи ҳил тузилишга кучли таъсир кўрсатади. Бундай вазиятда қоришманинг реологик хоссалари ички ишқаланишни ҳисобга олган ҳолда аниқланиши керак.



**3.13-расм. Бетон қоришмаси тузилишининг ҳиллари ва уларнинг меъёрий ҳаракатчан қоришма сув шимувчанлигига таъсири. I-сийрак жойлашган тўлдирувчили; II-зич жойлашган тўлдирувчили; III-йирик ғовакли тўлдирувчили (цемент ҳамири кам).**

Бир турдаги бетон қоришма тузилишидан иккинчисига ўтиш тўлдирувчи миқдорининг ошиши орқали бирин-кетин амалга оширилади. Дастлабки ўтиш аввал кичик ҳажмларда кузатилади ва кейинчалик кетма-кет бутун бетон ҳамирини қамраб олади. Иккинчи тузилишдан учинчи тузилишга ўтишда (цемент ҳамирининг тўлдирувчилар орасидаги ғовакларни тўлдиришга етишмаётганда) бетон қоришмасини қориштириш ёки жойлаштиришда катта миқдорда ҳаво кўшилиб кетади. Ҳаво тўлдирувчи доналари орасидаги ғовакликларни тўлдириб, цемент ҳамири ҳажмини оширгандек бўлади. Бундай тузилишни иккинчи турга мансуб дейиш мумкин. Цемент ҳамири миқдорининг тобора камайиши ва ҳаво ҳамда ҳаво пуфакчалари ўлчамларининг ортиши натижасида нотекикликлар ва ички микродарзлар пайдо бўлади. Бундай тузилиш учинчи турга мансуб.

Бетон қоришмаси тузилиши тавсифининг кетма-кет ўзгариши натижасида турли тузилишлар орасидаги чегаралар нисбийдир. Бу чегаралар цемент ва тўлдирувчи, бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги, қолиплаш усуллари ва бошқа омилларнинг ўзгариши натижасида сезиларли даражада ўзгариши мумкин.



Одатдаги бетон қоришмалари иккинчи тур тузилишга киради. Бундай тузилиш ўзининг юқори самарадорлиги билан ажралиб туради ва энг кам цемент сарфи билан берилган ҳаракатчанликдаги (қатламланмайдиган) бетон қоришмасини олиш имконини беради. Тузилиши биринчи турга мансуб бўлган қоришмаларга асосан, армоцемент конструкциялар тайёрлаш учун қўлланиладиган ва боғловчи сарфи кўпайтирилган цемент-қумли қоришмалар киради. Тузилиши учинчи турга мансуб қоришмаларга қумсиз бетон қоришмалари ва ш.к.лар киради.

### **§3.2. Бетон қоришмасининг реологик хоссалари**

Тайёр бетон маҳсулотларни олиш бетон қоришмасини тайёрлаш, жойлаш, зичлаш ва қотиришдан бошланади. Бу жараёнлар бетон ва темирбетон буюмларнинг сифат кўрсаткичларини белгилайди. Шу сабабли ГОСТ 10181.0-81 талаби бўйича бетон қоришмаси хоссаларининг турли омилларга боғлиқлигини яъни, талаб даражасидаги бетон қоришмасини олиш учун бетон қоришмасини тайёрлаш жараёнларини аниқ бошқариш муҳим аҳамиятга эга.

Бетон қоришмасининг асосий хоссаларидан бири унинг қулай жойланувчанлиги ёки қолипланувчанлиги яъни, берилган шакл бўйича бир текисда ёйилиб қопланиши ва айна вақтда бир ҳиллигини сақлашидир. Қулай жойланувчанлик бетон қоришмасининг қолипни тўлдириш жараёнидаги ҳаракатчанлиги (ёйилувчанлиги) ва пластиклиги шунингдек, ёрилмасдан деформацияланиши билан тавсифланади.

Бетон қоришмасининг турли шароитлардаги ҳолатини тавсифлаш учун унинг ёйилишидаги чегаравий зўриқишининг ўзгариш даври ва қовушқоқлиги каби реологик хоссаларидан фойдаланилади. Ушбу хоссаларни аниқлаш учун турли-ҳил вискозиметрлардан фойдаланилади. Бундай тажрибалар асосан илмий-тадқиқот лабораторияларда амалга оширилади. Ишлаб чиқариш шароитида эса одатда бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги назорат қилинади. Бу эса тез ва нисбатан оддий ҳолда бетон қоришмасининг зарурий тавсифларини аниқлаш имконини беради.

Бетон қоришмасини тўлиқ баҳолаш, бетон ва темирбетон буюмларни ишлаб чиқаришни тўғри ташкил этиш учун қоришманинг бошқа хусусиятларини ҳам билиш зарур ва уларга қуйидагилар киради: қоришманинг зичланувчанлиги, бир турлилиги, қатламланувчанлиги, қотиш жараёнида ҳажмининг ўзгариши, ҳаво ютувчанлиги, бирламчи мустаҳкамлиги (зудлик билан қолипдан чиқариладиган бикр бетон қоришмалари учун).

Бетон қоришмаси хоссаларининг уни тайёрлашдан то қотгунича доимий ўзгариб туриши, бетон қоришмаси ва бетонда содир бўладиган мураккаб физик-кимёвий жараёнларга боғлиқ бўлади.

Юқорида қайд қилинганидек, бетон қоришмаси мураккаб кўп компонентли тизимдан иборат. Бетон қоришмаси боғловчининг сув билан бирикишидан ҳосил бўлган цемент кристаллари, тўлдирувчи доналари,

кўпчилик ҳолларда махсус кўшилмалар ва ҳаво билан тўлган бўшлиқлардан ташкил топган. Қаттиқ фазанинг дисперсли бўлаклари (зарралари) билан сув орасида ўзаро таъсир қилувчи кучлар бўлганлиги сабабли ушбу тузилма боғланиш хусусиятига эга бўлади ва алоҳида реологик, физик ва механик хоссаларга эга бўлган бир ҳил жинсли физик масса сифатида қаралади.

Бетон хоссаларига асосан цемент ҳамирининг миқдори ва сифати ўз таъсирини кўрсатади. Чунки айнан цемент ҳамиригина дисперс система сифатида суюқ ва қаттиқ фазалар орасида маълум чегарага эга. Бу эса молекуляр тишлашиш кучларининг кучайишига ҳамда тузилма боғланувчанлигининг ошишига олиб келади. Бетон қоришмасининг хусусиятига сув сарфи ҳал қилувчи таъсир қилади. Сув бутун тузилма учун тавсифли бўлган ҳаракатланувчанликни таъминловчи шунингдек, суюқ фазанинг тузилишида ва боғланиш кучларининг ортишида муҳим роль ўйнайди.

Цементнинг гидратланиши жараёнида (қотишдан олдин) янада кўпроқ янги ташкил топган гелсимон сувли боғланишлар юзага келади ва улар қаттиқ фазанинг дисперслигини оширади. Айни пайтда бу жараён бетон қоришмасида цемент ҳамирининг елимловчи ва пластикловчи хусусиятларини ошириб, унинг боғловчилик хоссасини ҳам яхшилайти. Натижада бетон қоришманинг ҳаракатчанлиги камая боради.

Цемент ҳамири бетон тузилишининг бошланғич мустаҳкамлигини қисман тавсифлайди. Цемент ҳамирида юпка сув қобиғи билан ўралган зарралар орасидаги молекуляр боғланиш кучлари ҳисобига аниқ тузилиш юзага келади. Суюқ фазанинг қобиклари цемент ҳамири таркибида узлуксиз тўрсимон фазани ҳосил қилади ва бу унга пластиклик хоссаларини беради.

Одатда бетон қоришмалари бир жинсли бўлиши учун етарли миқдордаги цемент ҳамири ва сувга эга бўлиши керак (юқорида келтирилган биринчи ва иккинчи тур бетон қоришмаларининг тавсифларига қаралсин). Бундай қоришмалар тузилишининг дастлабки мустаҳкамлиги аниқ пластиклик ва ҳаракатчанликка эга бўлган цемент ҳамириники каби бўлади.

Тузилиши шаклланган тузилмаларга ташқи кучлар қўйилганда уларнинг қовушқоқлиги таъсир этувчи ташқи кучларга боғлиқ ҳолда доимий ҳароратда ҳам бир неча марта ўзгаради.

Ташқи кучлар таъсири остида дастлабки таркибнинг бузилишига ўхшаш ҳолат юзага келади, унинг алоҳида элементлари орасидаги боғланишлар сусаяди. Натижада тузилманинг деформацияланиш хусусияти ва ҳаракатчанлиги ортади. Силжиш ўзининг критик тезлигига эришганда тузилманинг дастлабки тузилиши охириги чегарагача бузилади, силжишга қаршилиқ минимал даражада бўлиб, хатто кам ҳаракатчан қоришмалар ҳам маълум даражада оқувчанликка эга бўлади. Ташқи кучлар олингандан сўнг тузилма аввалги ҳолатига қайтади, тузилиш мустаҳкамлигининг бирламчи ҳолати тикланади, қоришма ҳаракатчанлиги эса камаяди.

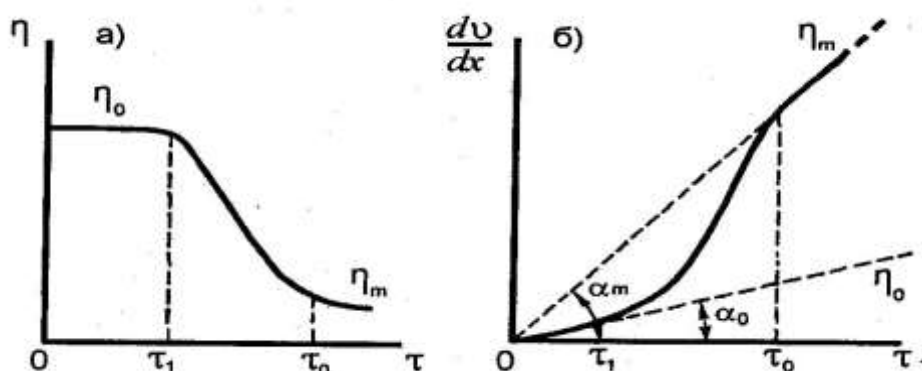
Бетон қоришмасига ташқи куч қўйилганда унинг қовушқоқ-пластиклик хоссаларининг ўзгариши учта участкага бўлинади ва буни 3.14-расмда келтирилган графиклардан кўриш мумкин. Биринчи участкада унча катта бўлмаган силжитувчи  $\tau$  кучланишда бетон қоришманинг бузилмаган

дастлабки тузилиши сақланиб қолинади ва у ковушқоқликнинг энг катта миқдори  $\eta_0$  билан тавсифланади. Тузилманинг оқувчанлик чегарасига мос келувчи критик чегаравий кучланиш  $\tau_1$  га эришганда тузилишнинг бузилиши бошланади ва бу ҳолат чегаравий кучланиш  $\tau_0$  да тўлиқ бузилиши билан тавсифланади. Ушбу участкада тузилманинг бузилиши билан бир вақтда бетон қоришмасининг қовушқоқлиги силжитувчи кучланиш ошиши билан камаё боради. Таркиб батамом бузилганидан сўнг бетон қоришмаси энг кам даражадаги қовушқоқликка эга бўлади (пластик қовушқоқлик  $\eta_m$ -эгри чизиқни учинчи участкаси 3.14 а-расм). Бу босқичда бетон қоришманинг қовушқоқлиги таъсир этаётган кучланишларга боғлиқ булмай, улар ошса ҳам ўзгармайди.

Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, зичлантирилмаган бетон қоришмасининг реологик модули Шведов-Бингом тенгламаси ёрдамида қуйидагича ёритилади:

$$\tau = \tau_0 + \eta_m (dv/dx) \quad (3.1)$$

бу ерда  $\tau$ -силжиш кучланиши;  $\tau_0$ -силжиш кучланишининг чегаравий ҳолати;  $\eta_m$ -тузилманинг пластик (қолдиқ) қовушқоқлиги;  $dv/dx$ -силжиш тезлиги градиенти.



**3.14-расм. Бетон қоришмаси қовушқоқ-пластиклик хоссаларининг силжиш кучланишига боғлиқлиги графиклари. а-тузилишли қовушқоқлик; б-оқувчанликдаги деформацияланиш тезлиги ( $\alpha_0$  ва  $\alpha_m$ -тузилманинг қовушқоқлигини тавсифловчи бурчаклар).**

Ушбу келтирилган тенглама бетон қоришмасини қувурлар орқали узатиш ва жуда суяқ қоришмаларни титратмасдан қолиплашдаги ҳолатини тавсифлайди.

Бетон қоришмасини титратиб зичлантирилганда унинг дастлабки тузилиши бузилади, ички ишқаланиш ва боғланиш кучлари энг кичик миқдоргача камаёди ва силжиш кучланишининг чегаравий миқдори жуда кам бўлиб қолади. Бундай шароитда бетон қоришмасининг ҳолати маълум даражада, тахминий яқинлашиш асосида Ньютон тенгламаси ёрдамида қуйидагича ёритилади.

$$\tau = \eta_m (dv/dx) \quad (3.2)$$

Бетон қоришмаси таркибидаги йирик тўлдирувчилар миқдорининг ортиши ва сув миқдорининг камайиши силжишга қаршилиқ қилишнинг ортишига олиб келади. Бундай қоришмаларнинг ҳолатини ёритиш учун Кулон тенгламасидан фойдаланилади:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + \eta_{\tau} \quad (3.3)$$

бу ерда  $\sigma$ - меъёрий кучланиш;  $\varphi$ - ички ишқаланиш бурчаги;  $\eta_{\tau}$ -қоришманинг тузилиш қовушқоқлиги.

Юқорида келтирилган маълумотлар бетон қоришмасини бункердан бўшатиш, ташиш, қолиплаш ва х. к. жараёнлар учун фойдали ҳисобланади.

Амалиётда эса бетон ва темирбетон буюмларни ишлаб чиқариш талабларига жавоб берадиган бетон қоришмаси таркибини танлаш керак бўлади. Ушбу масалаларни ечиш учун бетон қоришмаси таркиби билан унинг реологик хоссалари орасидаги ўзаро боғлиқликни билиш керак.

Юқорида айтилганларни баҳолаш учун ишлаб чиқариш шароитида бетон қоришмасининг хоссаларини аниқлашнинг соддалаштирилган усуллари қўлланилади жумладан, бикрлик кўрсаткичи, конус чўкиши ва ш. к.лар. Аммо ушбу усуллар орқали бетон қоришмасининг реологик хоссаларини тўлиқ аниқлаб бўлмайди.

Бетон қоришмасининг реологик тавсифларини аниқлаш учун махсус асбоблар ва вискозиметрлардан фойдаланилади ва улар ишлаш принципи бўйича бешта гуруҳга бўлинади (3.15-расм):

1. Цемент ҳамири ёки бетон қоришмасининг трубка ёки тешикдан оқиб ўтиш тезлигини аниқлашга асосланган асбоб. Ушбу асбоб цемент ҳамирининг реологик хоссаларини аниқлашда кўп қўлланилади (3.15 а-расм);

2. Цемент ҳамири ёки бетон қоришмасига конуснинг ботиш чуқурлигини ўлчашга асосланган асбоб. Ушбу асбоб ёрдамида цемент ҳамири билан тажриба ўтказишда аниқ натижа олиш мумкин (3.15 б-расм);

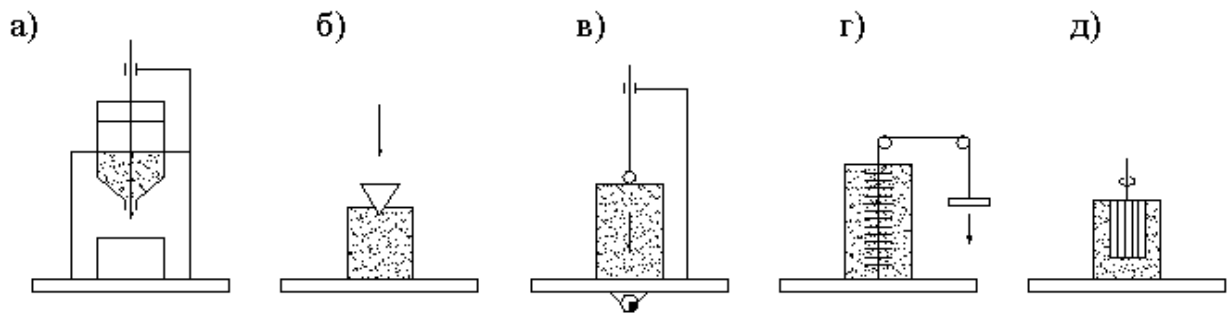
3. Маълум оғирлик ва ўлчамдаги пўлат шарикнинг қоришмага ботиш тезлигини аниқлашга асосланган асбоб (Десов асбоби). Тажриба одатда қоришмани зичлаштиришда ўтказилади (3.15 в-расм);

4. Бетон қоришмадан қовурғали пластинка, стержень ёки цилиндрни суғириб олиш кучини ўлчашга асосланган асбоб (3.15 г-расм);

5. Орасига бетон қоришмаси жойлашган коаксиал цилиндрнинг айланишига асосланган асбоб. Бунда ички ёки ташқи цилиндр айланиши мумкин.

Тажрибани ўтказиш пайтида бетон қоришма қаршилигини бартаараф этадиган айланиш частотаси ва кучи ўлчанади (3.15 д-расм).

Бетон қоришмаси ёки цемент ҳамирининг реологик хоссаларини аниқлашда кўпинча титратиш таъсири қўлланилади. Бундай ҳолда вискозиметрлар титратиш ускунасига ўрнатилади ёки уларнинг конструкциясига титратувчи мосламалар жойлаштирилади



**3.15-расм. Цемент ҳамири ва бетон қоришмасининг реологик хоссаларини аниқлайдиган асбобларнинг схемалари. а-тешикдан ўтган қоришманинг оқиш тезлигини ўлчайдиган; б-конуснинг ботиш чуқурлигини ўлчайдиган; в-шарчанинг ботиш тезлигини ўлчайдиган; г-сузириб олишдаги кучни ўлчайдиган; д-коаксиал цилиндрнинг айланишидаги частотаси ва кучини ўлчайдиган.**

Маълумки, бетон қоришмасининг реологик хоссаларини аниқлашда тажрибаларнинг аниқлиги унинг тузилиши ва таркибига боғлиқ бўлади. Бир жинслик қанчалик юқори бўлса тажрибалар шунчалик аниқ чиқади. Бунда цемент ҳамирини тажриба қилишда яхши натижаларга эришилади. Тўлдирувчиларнинг миқдори кўпайганда, айниқса йирик тўлдирувчиларнинг, тасодифий омилларнинг таъсири ортади, тажриба натижаларида тафовутлар кўпаяди. Шу сабабли қоришма компонентларининг ўлчамлари йириклашганда шунга мос ҳолда бетон қоришма ҳажми ортади ва асбобларнинг ишчи ўлчамлари ҳам катталашади.

Қоришманинг тузилмавий қовушқоқлигини пўлат шарикни бетон қоришмага ботириш орқали оддий усулда аниқлаш мумкин (3.16-расм). Бу ҳолда

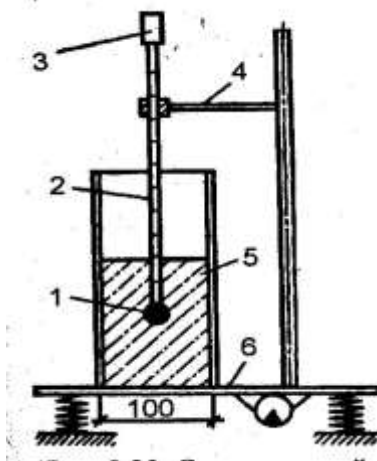
$$\eta = K(\rho_1 - \rho_2)t \quad (3.4)$$

бу ерда  $K$ -асбобнинг константаси;  $\rho_1$ -бетон қоришма зичлиги;  $\rho_2$ -шарик зичлиги;  $t$ -шарикнинг ботиш вақти.

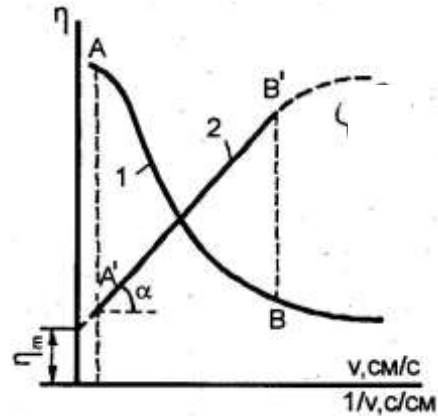
Амалий мақсадлар учун А.Е.Десов томонидан таклиф қилинган қоришманинг реологик хоссаларини тавсифловчи эгри чизиклар қўлланилади (3.17-расм). Қовушқоқлик эгри чизигининг АВ участкадаги тебранишлар тезлигини унинг қайтиш тезлиги миқдори  $1/v$  га алмаштирилса АВ тўғри чизикқа айланади. Бундай ҳолда тузилмавий қовушқоқлик

$$\eta = \eta_m a / v \quad (3.5)$$

бу ерда  $a$ -тиксотропия коэффиценти;  $v$  - тебранишлар тезлиги.



**3.16-расм. Оддий шарикли вискозиметрнинг схемаси: 1-пўлат шарик; 2-ўлчов линейкаси; 3- юк; 4- штатив; 5-қолип; 6-титратувчи мослама.**



**3.17-расм. Бетон қоришма тузилмавий қовушқоқлигининг тебранишлар тезлигига боғлиқлиги: 1-тебраниш тезлиги; 2-тебранишнинг кайтиш тезлиги.**

Ушбу боғланиш орқали бетон қоришманинг қовушқоқлигини тебранишларнинг исталган тезлигида тахминий аниқлаш мумкин.

Цемент ҳамирининг тузилмавий қовушқоқлиги ва тиксотропия коэффициентига цементнинг майин туйилганлик даражаси сезиларли таъсир кўрсатади. Дастлаб туйилиш майинлиги ортиши билан тузилмавий қовушқоқлик ва тиксотропия коэффициенти камаяди. Туйилиш майинлиги 4500...6000 см<sup>2</sup>/г бўлганда юқоридаги кўрсаткичларнинг миқдори минимал бўлиши кузатилади. Туйилиш майинлигининг яна ошиши тузилмавий қовушқоқлик ва тиксотропия коэффициентининг ўсишига олиб келади.

Жуда майда туйилган заррачали қоришмалардаги ички боғланиш кучлари ўзаро-молекуляр ва адгезияли кучлар таъсири ҳисобига сезиларли ортади. Сувли қатламлар қалинлиги камаяди, натижада қоришманинг тузилмавий қовушқоқлиги ўсади.

Қоришма доналари ўлчами катталашганда (қум, йирик тўлдирувчилар) ички ишқаланиш кучлари ортиб боради. Р. Лермт тадқиқотларига кўра мумкин бўладиган ишқаланиш коэффициенти  $k_{к.ишк} = (\pi/2) \cdot \text{tg}\varphi$  айнан шу қоришма учун тўлдирувчи доналарнинг ўртача диаметрига боғлиқ ҳолда катталашади ва қуйидаги ифода бўйича аниқланади:

$$k_{к.ишк} = \log \cdot a \cdot d^b \quad (3.6)$$

бу ерда а ва b-тақрибий коэффицентлар бўлиб,  $a \approx 1,23$ ,  $b \approx 0,22$  олинади.

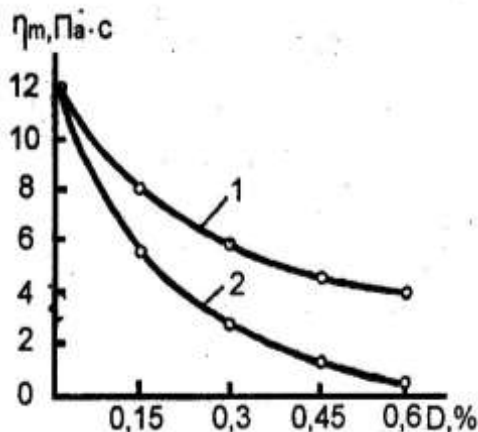
Коэффицент  $k_{к.ишк}$  бетон тўлдирувчиларининг реологик хоссаларига таъсирини кўрсатади. Титратиш пайтида қаттиқ донали тўлдирувчилардан ташкил топган скелет бузилади, алоҳида зарраларнинг боғланишлари йўқолади ва ички ишқаланиш кучлари кескин камаяди. Титратиш тўхтатилганидан кейин эса қоришмадаги доналар анча қулай жойлашади ва мос ҳолда ички боғланиш ва силжиш кучлари ортади.

Доналарнинг ўртача ўлчамлари кичрайишига мос ҳолда мумкин бўладиган ишқаланиш камаяди, аммо чегаравий силжиш зўриқишлари ортади. Бунда кум ёки минерал қўшимчаларнинг майда фракциялари бетон қоришманинг реологик хоссаларига цемент зарралари каби таъсир қилади.

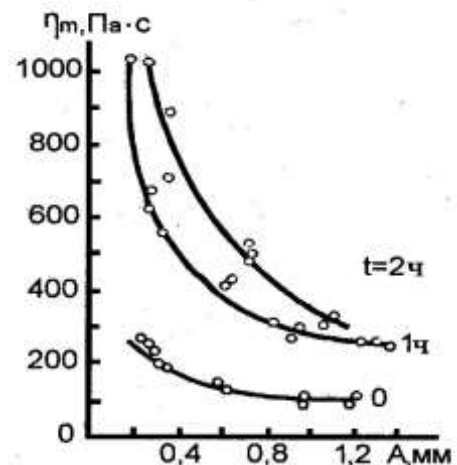
Бетон қоришмасининг реологик хоссаларига сув-цемент ва сув билан қаттиқ фазалар нисбати катта таъсир кўрсатади. Қоришмада С/Ц кўпайишига мос ҳолда тузилмавий қовушқоқлик ва тиксотропия коэффициенти жадал камаяди. Тузилмавий қовушқоқликнинг камайиши С/Ц нисбатининг кўпайиши ҳисобига кузатилади. Бетон қоришмада цемент ҳамири ўзининг қовушқоқлигини С/Ц миқдорининг маълум оралиғида сақлайди. Унинг қиймати цементнинг реологик хоссаларига, тўлдирувчи ва бетон қоришмасининг таркибига боғлиқ бўлади. С/Ц нисбатининг юқори қийматларида бетон қоришмасида қатламланиш бошланади, қаттиқ жисмлар чўка бошлайди, сув билан тўлдирилган ғоваклар пайдо бўлади ва бетон қоришмаси талаб даражасидаги боғланиш сувини сақлаб қолиш қобилиятини йўқотади. Қоришманинг бир жинслилиги йўқолади, реологик тавсифларини аниқлашда олинadиган натижалар ўртасида катта тафовутлар бўлади. Бундай қоришма ишлатишга яроқсиз ҳисобланади.

Бетон қоришмасининг тузилмавий қовушқоқлигини пластикловчи қўшимчалар қўшиш орқали сезиларли камайтириш мумкин (3.18-расм).

Маълумки, бетон қоришмасининг реологик хоссалари доимий бўлиб турмайди. Цемент ва сувнинг ўзаро таъсири натижасида қоришмада физик-кимёвий жараёнлар содир бўлади ва қоришмада қовушқоқлик ҳамда чегаравий силжиш зўриқишлари ортади (3.19-расм). Қоришма реологик хоссаларининг ўзгариш даражаси цемент хилига, С/Ц нисбатига, қоришма ҳароратига, қўлланиладиган қўшимча ва бошқа омилларга боғлиқ бўлади.



3.18-расм. Таркиби 1:3 нисбатда олинган қоришманинг тузилмавий қовушқоқлигига пластикловчи қўшимчаларнинг таъсири: 1-СДБ - қўшимча; 2-суперпластикловчи МСФ -қўшимча.



3.19-расм. Таркиби 1:3 ва С/Ц = 0,55 нисбатда олинган қоришманинг ушлаб туриш вақтидаги тузилмавий қовушқоқлигининг ўзгариши (А-титратиш амплитудаси).

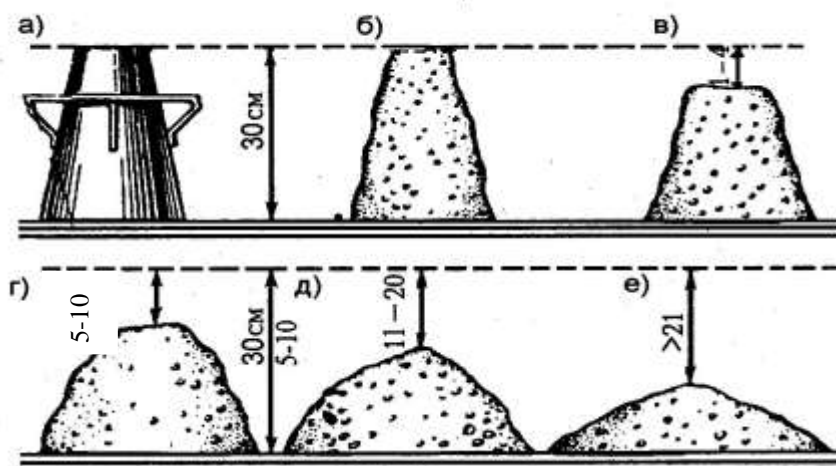
### §3.3 Бетон қоришмасининг технологик хоссалари

Бетоннинг ишлаб чиқаришдаги шунингдек, қолипланадиган буюмдаги сифатини таъминлашда бетон қоришмасининг қуюқлик даражаси муҳим аҳамият касб этади. Бетоннинг қуюқлик даражаси унинг таркибига кўра бикр ҳолатдан, суyoқ-осон оқувчан ҳолатгача бўлиши мумкин. Бетон қоришмасининг қуюқлик даражасига қараб унинг технологик хусусиятларини аниқлашнинг у ёки бу усулидан фойдаланилади.

Бетон қоришма, асосан икки талабга жавоб бериши керак: осон ва қулай жойланувчан бўлиши; узoқ масофага ташиганда эса дастлабки хоссалари ўзгармас (боғланувчан яъни, қатламларга ажралиб кетмайдиган ) бўлиши керак.

**Қулай жойланувчанлик**- бетон қоришмасининг буюм қолипни эркин тўлдириши ва ташқи механик таъсир натижасида эркин зичланиш хусусиятини билдиради. Унинг бу хоссаси ГОСТ 10181.1-81 талаби бўйича қоришма “ҳаракатчанлиги” ва “бикрлиги” билан баҳоланади.

*Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги* деб унинг ўз массаси таъсири остида ёйилиб кетиш хусусиятига айтилади. Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлик даражаси “П” айна шу қоришмадан қолипланган бетон конуснинг чўкиш баландлиги (см ҳисобида) билан баҳоланади. Бунда баландлиги 300, устки асосининг диаметри 100 ва пасткисиники 200 мм бўлган кесик конус шаклидаги тубсиз металл қолипдан иборат стандарт асбобдан фойдаланилади (3.20-расм).



**3.20-расм.** Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигини кесик конус шаклидаги асбоб ёрдамида аниқлаш. а-асбобнинг умумий кўриниши; б-бикр; в-кам ҳаракатланувчан; г-ҳаракатланувчан; д-ўта ҳаракатланувчан; е-суyoқ қоришмалар.

Ички қисми олдиндан сув билан намланган қолип нам шиммайдиган текис горизонтал юзага ўрнатилади. Сўнгра қолип уч қатламдан иборат бўлган бетон қоришмаси билан тўлдирилади. Ҳар бир қатлам металл-стержень ёрдамида шиббалаб зичлаштирилади. Бетон қоришма зичланаётган



пайтда конус-қолип қўзғалмаслиги шарт. Охирги марта солинган қоришма қатлами зичлаштирилгач, конусдан чиқиб қолган ортиқча қоришма сидириб ташланади ва текисланади. Сўнгра қолип дастасидан ушлаб тик ҳолда кўтариб олинади ва ҳосил бўлган бетон конус ёнига қўйилади. Қолип кўтариб олинганидан кейин ҳосил бўлган бетон конус ўз оғирлигидан чўкади. Чўкиш баландлиги чизғич билан ўлчанади. Конуснинг чўкиш миқдорига кўра бетон қоришмалар, бикр, кам ҳаракатланувчан, ҳаракатланувчан, ўта ҳаракатланувчан ва суюқ ҳилларга бўлинади (3.3-жадвал).

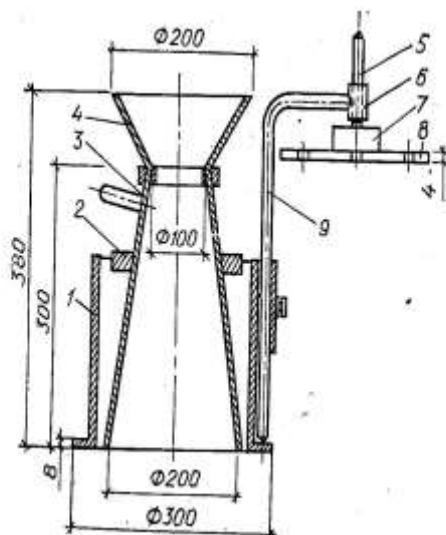
Тўлдирувчилар канча йирик бўлса, бетон қоришмаси шунча ҳаракатланувчан бўлади. Боғловчи моддалар таркибида гидравлик фаол қўшимчалар кўп бўлса, бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги ортади. Қурилишда ишлатиладиган бетон таркибини танлашда, қоришманинг ҳаракатчанлик кўрсаткичи конструкцияларнинг турига, арматураланишига ва бошқа тавсифларига шунингдек, иқлим зоналарига қараб олиниши керак (бунда қоришмани зичлаш усуллари ҳам ҳисобга олиниши лозим).

*Бетон қоришмасининг бикрлиги*-титратиш таъсирида унинг ёйилиши ва қолипни тўлдириш хусусиятидир. Бетон қоришмасининг бикрлик даражаси “Ж” бетон қоришмасининг олдиндан қолипланган конусининг бикрлиги аниқланадиган асбобда текислаш ва зичлаш учун зарур бўлган титратиш вақти (сек. ҳисобида) билан белгиланади (3.21-расм).

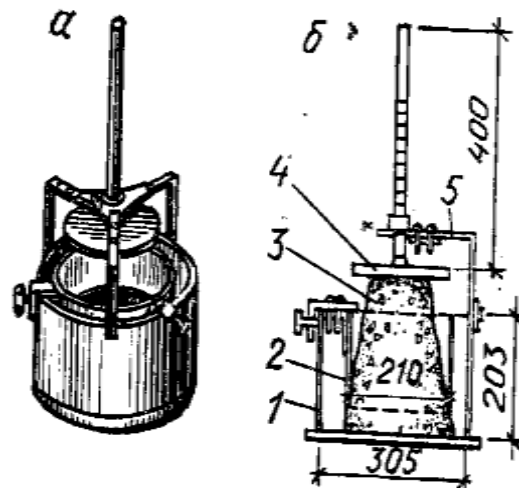
Ушбу асбоб ҳалқа 1, конус 3 ва воронка 4 дан ташкил топган бўлиб, улар силлиқ пўлат тунукадан ясалган. Ҳалқанинг тик деворчасига штатив 9 бириктирилган; шу ҳалқада диск 8 нинг штативи айланади. Диск штанга 5 га шайба 6 орқали маҳкамланган. Дискда диаметри 5 мм бўлган олти та тешиги бор.

Бетон қоришманинг бикрлигини аниқлашда ҳалқа титратма майдончага ўрнатилади. Ҳалқага конус 3 ўрнатилиб, дастлари махсус ўйиққа тушиб турадиган сиқувчи ҳалқа 2 ёрдамида маҳкамлаб қўйилади. Сўнгра воронка 4 ўрнатилади. Конус юқорида айтиб ўтилган тартибда қоришма билан тўлдирилади. Қоришманинг ҳар қатлами металл стержень ёрдамида шиббалаб зичлантирилади. Конус чиқариб олингач, штатив 9 нинг тик ўқи атрофида айлантрилади ва конус шаклини олган бетон қоришма устига диск 8 штангаси 5 билан бирга туширилади. Втулка 10 винтини бураб, штатив зарур вазиятда маҳкамлаб қўйилади. Айни пайтда титратма майдонча ва секундомер ишга туширилиб, бетон конуснинг текисланиши ва зичланиши кузатилади. Дискнинг исталган икки тешигидан қоришма сизиб чиқа бошлагунча майдонча тебраниб туради. Дискнинг тешигидан қоришма сизиб чиқиши билан секундомер ва майдончанинг титратиши тўхтатилади. Секундомер мили кўрсатиб турган вақт (сек) бетон қоришмасининг бикрлигини билдиради (3.3-жадвал).

Бетон қоришмасининг бикрлигини аниқлаш учун амалдаги бошқа стандарт асбоблардан, масалан, техник вискозиметрдан ҳам фойдаланиш мумкин (3.22-расм).



**3.21-расм. Бетон қоришмасининг бикрлигини аниқлаш асбоби. 1-цилиндрсимон идиш (ҳалқа); 2-ушловчи ҳалқа; 3-конуссимон идиш; 4-воронка; 5-диск штанга; 6-шайба; 7-втулка; 8-диск; 9-штатив.**



**3.22-расм. Бетон қоришмасининг бикрлигини аниқлайдиган техник вискозиметр. а-умумий кўриниши; б-қирқими. 1-цилиндрсимон идиш; 2-ички ҳалқа; 3-конуссимон бетон намуна; 4-штангали диск; 5-штатив.**

Техник вискозиметр баландлиги 200, ва диаметри 300 мм бўлган цилиндр идишдан иборат. Идиш ичига цилиндрик ҳалқа 2 жойлашган. Ҳалқанинг устки четига учта тўр бириктирилган. Ҳалқа идиш тубидан 70 мм баландликда жойлашадиган қилиб шу тўрлар ёрдамида идишнинг четларига осиб кўйилади. Вискозиметр комплектида учликли металл конус ва штангали штатив 5 бор, штангали диск 4 шу штатив учига маҳкамланган.

Тўлдирувчи доналарининг йириклиги 40 мм гача бўлган бетон қоришманинг бикрлиги ушбу вискозиметр ёрдамида қуйидагича аниқланади: вискозиметр титратма майдончага ўрнатилади, сўнгра идишга ҳалқа 2 жойланиб қисқичлар билан маҳкамланади. Уч қатлам қилиб (қатламлар қалинлиги бир ҳил) зичлантирилган бетонли конус ана шу ҳалқа ичига жойланади. Майдончани титратиш йўли билан конусдаги қоришма узул кесил зичлантирилади. Бетон қоришма юзасида цемент ҳамири пайдо бўлгач (конуснинг остки томонидан ҳам цемент ҳамири сизиб чиқа бошлагач), майдонча титратишдан тўхтатилади. Майдончанинг титратиш вақти камида 5 сек ва кўпи билан 50 сек бўлиши мумкин.

Титратиш тўхтатилганидан кейин конуснинг учлиги олинади, конусдан ортиқча чиқиб қолган бетон қоришма сидириб ташланади ва конус эҳтиётлик билан чиқариб олинади. Сўнгра диск 4 штатив 5 билан биргаликда бетон конус устига тушириб (теккизиб) кўйилади. Кейин майдонча титрата бошланади ва бир вақтнинг ўзида секундомер ишга туширилади, штанганинг пастга тушиши кузатилади. Штангадаги белги (чизиқча) штатив

йўналтирувчи каллагининг юқориги юзаси билан бир текисликда жойлашгач, секундомер ҳамда майдончанинг титратиши тўхтатилади. Титратиш ишга туширилган пайдан то тўхтатилгунга қадар ўтган вақт секундомердан ёзиб олинади. Секундлар ҳисобидаги шу вақт 0,45 коэффицентга кўпайтирилиб, бетон қоришмасининг бикрлик даражасини ифодаловчи қиймат (сек) аниқланади (3.3-жадвал).

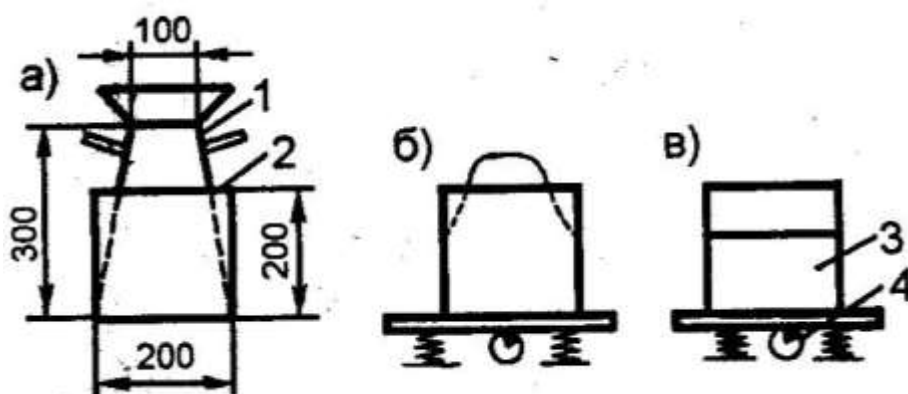
Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги ва бикрлиги бўйича ҳиллари

3.3-жадвал

Қоришманинг ҳиллари	Ҳаракатчанлиги П, см (бетон конуснинг чўкиши бўйича)	Бикрлиги, Ж сек	
		цилиндрсимон стандарт асбобда аниқ-ганда	техник вискозиметрда аниқ-ганда
Ўта бикр	-	30...21	200...150
Бикр	-	20...11	150...75
Ўртача бикр	-	10...4	50...15
Кам ҳаракатланувчан	1...4	-	15-0
Ҳаракатланувчан	5...10	-	-
Ўта ҳаракатланувчан	11...20	-	-
Суюқ	>21	-	-

Доналарининг йириклиги 70 мм гача бўлган тўлдирувчи бетон қоришмасининг бикрлиги Б.Г.Скрамтаев томонидан таклиф қилинган содалаштирилган усулда қуйидагича аниқланади (3.23-расм).

Бу усулда томонларнинг ўлчамлари 200x200x200 мм бўлган металл қолипдан фойдаланилади. Қолип титратма майдончага ўрнатилади ва ичига остки томони планкаси стандарт конус жойлаштирилади. Сўнгра конусга



3.23-расм. Бетон қоришмасининг бикрлигини аниқлашнинг оддий усули; а-конусли қолип асбобнинг умумий кўриниши; б-қоришманинг титратишдан олдинга вазияти; в-қоришманинг титратилгандан кейинги вазияти: 1-конус; 2-куб-қолип; 3-бетон қоришмаси; 4-титратма-майдонча.

бетон қоришмаси юқорида айтиб ўтилган тартибда тўлдирилади. Кейин конус секин-аста чиқариб олинади ва айна пайтда секундомер билан титратиш майдончаси ишга туширилади. Бетон қоришма қолипнинг ҳамма бурчакларини тўлдириб, юзаси горизонтал ҳолга келгач яъни, текислангач, титратиш ва секундомер тўхтатилади. Қолипдаги бетон қоришманинг юзаси текис бўлгунга қадар ўтган вақт (сек) 1,5 га кўпайтирилса, бетон қоришмасининг техник вискозиметр ёрдамида аниқланган бикрлик кўрсаткичи келиб чиқади.

Бетон қоришмасидаги сув миқдорини камайтириш ва пластиклигини ошириш учун махсус органик қўшимчалар ишлатилади. Қоришмага цемент массасига нисбатан 0,2...0,25 % миқдорда СДБ ёки 0,08...0,1 % совун қўшилса, ундаги сув миқдори 8...12 % гача камайиши мумкин (қоришма таркибига қўшиладиган махсус қўшимчалар ҳақида § 2.3 тўлиқ маълумотлар берилган).

**Боғланувчанлик (қатламларга ажралиб кетмаслик)**-қоришмани ташиш, тўкиш ва йўл қоламаларига ётқизишда (бетонлашда) унинг қатламларга ажралиб кетмаслик хусусиятини билдиради (ГОСТ 10181.4-81). Боғланувчан бўлмаган бетон қоришмаси қатламларга осон ажраладиган, бир жинслилигини йўқотадиган сув ва тўлдирувчиларнинг механик аралашмаларидангина иборат бўлади. Бетон қоришмасининг боғланувчанлиги бетон таркибини тўғри танлаш орқали таъминланади.

Бетон қоришмасининг боғланувчанлик даражасини пластиклик даражаси билан бир йўла аниқлаш мумкин. Етарли даражада боғланувчан бўлмаган бетон қоришмасидан стандарт конус асбобини тўлдиришда ва уни зичлашда цемент сути ажралиб чиқади, металл қолип олинганидан кейин эса бетон конус одатда умаланади ёки кулайди.

Цемент сарфининг ортиши ва сув-цемент нисбатининг камайиши билан бетон қоришмасининг боғланувчанлиги ортади. Аммо цемент ортиқча сарфланмаслиги учун бетон қоришмасининг талаб этиладиган боғланувчанлиги тўлдирувчиларнинг энг мақбул дондорлик таркибини саралаш ва қум билан шағал ёки майдаланган тош орасидаги нисбатни тўғри танлаш орқали таъминланади.

Бетон қоришмаси тайёр бўлгач цемент хамирида гидратланиш жараёни бошланади ва қоришма қуюқлашиб қота бошлайди. Натижада қоришманинг ҳаракатчанлиги камаяди ва боғланувчанлиги ортади. Бу жараён цементнинг қотиши бошланишидан кейин содир бўлади. Шу сабабли қуйма бетонлар учун ишлатиладиган цементлар қотишининг бошланиши (тишлашиш муддати) 1...2 соатдан кейин содир бўлиши керак.

Корхонада тайёрланган бетон қоришмасининг боғланувчанлиги вақт ўтиши билан ортади. Бу ҳолат бетон таркибини танлашда ҳисобга олиниши зарур. Яъни, бетон қоришмаси тайёрланганидан кейин уни ишлатишгача бўлган вақт мобайнида таъсир қиладиган технологик омиллар (ишлаб чиқариш шароити, об ҳаво таъсири ва ш. к.) муҳим аҳамиятга эгадир.

### §3.4. Бетон қоришма ҳаракатчанлиги ва бикрлигининг турли хил омилларга боғлиқлиги

Бетон қоришманинг технологик хоссалари унинг таркиби ва ишлатиладиган материалларнинг хусусиятларига кўра аниқланади.

Цемент ҳамири бетон қоришмасига боғланувчанликни ва қолипни бир текисда тўлдириш хусусиятини беради. Цемент ҳамири миқдорининг ортиши, унинг консистенциясининг суяқ бўлиши қоришманинг ҳаракатчанлигини оширади. Цемент ҳамирига тўлдирувчиларнинг киритилиши эса жумладан, унинг миқдори ва нисбий юзаларининг ортиб бориши қоришманинг ҳаракатчанлигини камайтиради.

Доимий сув сарфи ва цемент сарфининг 200 дан 400 кг/м<sup>3</sup> гача ўзгаришида бетон қоришмаси ҳаракатчанлигининг ўзгариши кузатилмайди. Сув сарфи ўзгаргандагина қоришманинг ҳаракатчанлиги ҳам ўзгаради. Сувга бўлган талабчанликнинг ушбу доимийлик қонунияти, бетон қоришмаси ҳаракатчанлигини ўрганишда сув сарфига боғлиқликнинг куйидаги соддалаштирилган ҳисоблаш усулини беради. Бетон қоришмасида цемент миқдорининг ортиши тўлдирувчи дозаларининг цемент ҳамири билан қопланиш қалинлигини оширади. Бироқ бу ҳолда С/Ц нисбати камаяди (доимий сув сарфида) жумладан, цемент ҳамири кам ҳаракатчан бўлиб боради. Бу омилларнинг бир вақтда таъсир этиши натижасида, бетон қоришмасида улардан бири консистенцияни (куюқ-суяқлик даражасини) орттириб, иккинчиси консистенцияни камайтиради. Бу омиллар шундай тартибда умумлаштирилиши керакки, белгиланган чегараларда цемент сарфининг ўзгариши бетон ҳаракатчанлигига таъсир этмасин.

Цемент ҳамири миқдорини доимий С/Ц нисбатда ошириш ёки тўлдирувчилар миқдорини камайтириш бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигини оширади, мустаҳкамлиги эса умумий ҳолда ўзгармай қолади. Агарда цемент ҳамири тўлдирувчилар орасидаги бўшлиқларни тўлдирадиган миқдорда олинса бетон қоришмаси ноқулай жойланувчан бўлиб қолади. Қоришма ҳаракатчан бўлиши учун нафақат бўшлиқларни тўлдириши, балки тўлдирувчи дозаларини цемент ҳамири қатламлари билан бир биридан ажратиши керак. Тўлдирувчининг хоссалари ва қумшағал нисбатларига кўра, бетон қоришмасининг қатламларга ажралмайдиган бўлишини таъминлаш учун, цемент ҳамирининг таркибидаги энг кам миқдори бикр қоришмада 170...200 л/м<sup>3</sup>, ҳаракатчан ва суяқ қоришмаларда эса 220...270 л/м<sup>3</sup> ни ташкил этиши керак.

Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигига цементнинг хоссалари ҳам таъсир кўрсатади. Юқори маромдаги куюқ цемент ҳамирининг қўлланилиши бетон қоришмаси ҳаракатчанлигини (доимий сув сарфида) камайтиради.

Бетон қоришмасидаги сув миқдорининг ошиши билан ҳаракатчанлик ортади (бирок, цемент сарфи ўзгармаса бетон мустаҳкамлиги пасайиб кетади). Аммо, ҳар бир бетон қоришмаси тажриба асосида аниқланадиган ўзига хос сув талабчанлик хусусиятига эга. Сув миқдори кўп бўлганда унинг бир қисми бетон қоришмасидан ажралиб чиқади ва бу ҳолга йўл қўйиш

мумкин эмас. Сув миқдорини ўзгартириш–бетон қоришмаси консистенциясини бошқарадиган асосий омил ҳисобланади.

Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги тўлдирувчининг йириклигига бевосита боғлиқ. Тўлдирувчи доналарининг йириклик даражаси ортиши билан уларнинг умумий юзаси камаяди, цемент ҳамирига таъсири секинлашади, натижада бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги ортади.

Ҳаракатчанлик қум ва шағалнинг ўзаро нисбатига ҳам боғлиқ бўлади. Талаб даражасидаги ҳаракатчанликка энг мақбул нисбатларда эришилади ва бунда цемент ҳамири қобиғининг қалинлиги максимал даражага етади. Тўлдирувчилар орасида қумнинг миқдори шу нисбатдан юқори даражада бўлса, қоришма кам ҳаракатчан бўлиб қолади ва бу хол тўлдирувчи юзасининг ортиши билан тавсифланади.

Бетон қоришмаси ҳаракатчанлигининг ошишига, сув талабчанлигининг ёки цемент сарфининг камайишига пластикловчи қўшимчаларни қўллаш билан эришилади. Масалан, сульфит-дрожжали брожкаларни цемент массасига нисбатан 0,1 дан 0,3 % миқдоргача қўшиш (минерал таркиби ва солиштирма юзасига кўра) тавсия қилинади. Суперпластикловчиларнинг янада самарали таъсир этадигани С-3 бўлиб, улар пластик бетон қоришмаларнинг ҳаракатчанлиги ва сув талабчанлигини сезиларли даражада ўзгартиради (СДБ га нисбатан 20...40 % га кўп). Қуйидаги 3.4-жадвалда бетон қоришмасига суперпластикловчилар (С-3) ва пластикловчилар (СДБ) киритилганда сув талабчанликнинг нисбатан камайишини тавсифловчи кийматлар келтирилган.

Бетон қоришмасига С-3 (суратда) ва СДБ (махражда) киритилганда сув талабчанликнинг нисбатан камайиши, % ҳисобида.

3.4-жадвал

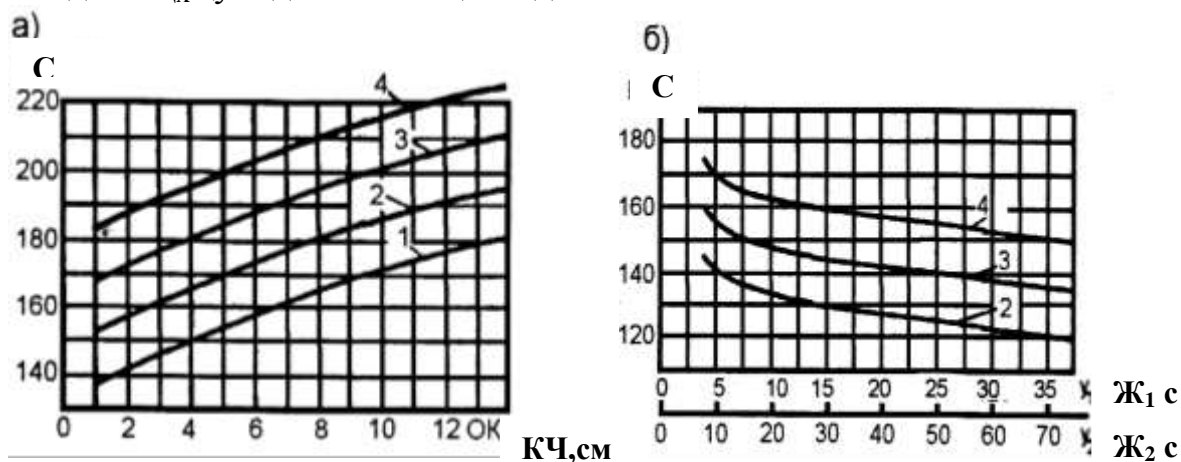
Бикрлик, с	Ҳаракатчанлик, см	Цемент сарфи қуйидагича бўлганда, кг/м <sup>3</sup> сув талабчанликнинг камайиши, %		
		500	400	300
-	15...18	23/16	20/14	7/12
-	8...10	21/14	17/12	15/10
5...10	1...4	18/12	14/10	2/8
20...30		13/10	12/8	9/6

Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги вақт ўтиши билан цемент ва сувнинг ўзаро физик-кимёвий реакцияси натижасида камая боради. Жумладан, бикр бетон қоришмасининг қулай жойланувчанлиги ёмонлашади, шунинг учун бундай қоришмаларни имкон даражасида тезроқ қолипларга жойлаш зарур. Бетоннинг таркибини аниқлашда сув сарфи берилган бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигидан келиб чиққан ҳолда аниқланади. Бунинг учун бетон қоришмаси ҳаракатчанлигининг сув сарфи ва бошқа омилларга боғлиқлиги қўлланилади. Тақрибан сув сарфини тажрибалар асосида, кейинчалик бетон таркибини текшириш учун тажрибавий қоришмалар асосида олинган жадваллар ва графиклар (3.24-расм) бўйича танлаш мумкин.

Қум ва шағалнинг сув талабчанлигидан келиб чиқиб, турли омилларнинг таъсирини кенгрок инобатга олиш мумкин.

Бетон технологиясининг ривожланиши, турли ҳил материалларнинг ишлатилиши ва бетон қоришмасини тайёрлашда замонавий усулларнинг қўлланилиши қоришманинг сув талабчанлигини унинг ўртача қийматларидан сезиларли четлаштириб юборади (тажрибалар асосида олинган натижалар билан ишлаб чиқариш жараёнидаги маълумотлар ўртасида тафовут мавжуд бўлганлиги учун). Цемент сарфини тежаш ва технологик жараёнларнинг самарадорлигини ошириш учун анча мураккаб бўлган кўп омилли моделлардан фойдаланиш лозим. Технологик ҳисобларнинг маълум даражада аниқлигини ошириш учун тўлдирувчиларнинг интеграл тавсифларини, яъни сув талабчанлиги, бетон қоришмаси хоссаларига тўлдирувчиларнинг таъсири, бетон қоришманинг тузилмавий тавсифларини (энг мақбул ёки ҳақиқий  $S/C_x$  ва цемент хамирининг ҳажмий концентрациясини) ҳисобга олиш талаб қилинади.

Энг мақбул ёки ҳақиқий  $S/C_x$  деганда шундай сув-цемент нисбати тушиниладики, бунда бетон қоришмаси цемент хамириникидек ҳаракатчанликка эга бўлиши керак. Қум ва шағалнинг сув талабчанлиги маълум бўлган холда  $S/C_x$  қуйидагича аниқланади:



**3.24-расм. Портландцемент, уртача йирикликдаги қум (сув шимувчанлиги 7 %) ва ўртача йирикликдаги шағалдан тайёрланган пластик (а) ҳамда бикр (б) бетон қоришмасининг сув шимувчанлик графиклари. 1 - 80 мм; 2 - 40 мм; 3 - 20 мм; 4 - 10 мм; Ж<sub>1</sub> - техник вискозиметр бўйича бикирлик; Ж<sub>2</sub>-худди шундай, Б. Г. Скрамтаев усули бўйича.**

*Эслатма: 1. Агарда сув шимувчанлиги 7 % дан ортиқ бўлган майда қум-дан фойдаланилса, сув сарфи ҳар бир фоиз учун 5 л. оширилади, сув шимувчанлиги 7 % дан кам бўлган йирик қум қўлланданда, сув сарфи ҳар бир фоизи учун 5 л. камайтиради.*

*2. Чақиқ тош қўлланилганда сув сарфи 10 л. га оширилади.*

*3. Пуццолан цементлар қўлланилганда сув сарфи 15...20 л. га оширилади.*

*4. Цемент сарфи 400 кг дан ошганда ҳар 100 кг цемент учун сув сарфи 10 л оширилади.*

$$(C/\Pi)_x = (C - K \cdot C_K - \Pi \cdot C_{\Pi})/\Pi \quad (3.6)$$

$$\text{ёки } (C/\Pi)_x = C/\Pi - n \cdot C_K - m \cdot C_{\Pi} \quad (3.7)$$

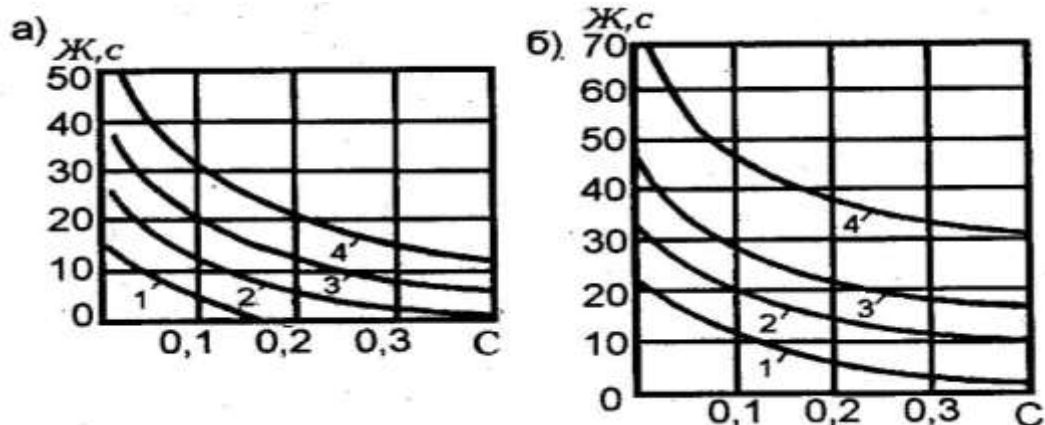
бу ерда  $n = K/\Pi$ ;  $m = \Pi/\Pi$ . Юқоридаги (3.6) ва (3.7) формулалардаги  $C_K$  ва  $C_{\Pi}$  қийматлари нисбий миқдор сифатида ҳисобланади. Цемент ҳамирининг ҳажмий концентрацияси  $C$  қоришма ҳажмига нисбатан улушларда ифодаланади.

$$C = \Pi/1000[1/\rho_{\Pi} + (C/\Pi)_x] \quad (3.8)$$

бу ерда  $\Pi$ -цемент сарфи,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\rho_{\Pi}$ -цементнинг ҳақиқий (солиштирма) зичлиги,  $\text{г}/\text{см}^3$ .

Қоришма таркиби ва дастлабки материалларнинг хоссалари сезиларли ўзгарганда, тузилмавий тавсифлардан фойдаланилган ҳолда “ҳаракатчанлик, бетон қоришма таркиби-материаллар хоссалари” нинг аниқлаштирилган боғланишларини олиш мумкин. Қуйидаги 3.25-расмда бетон қоришма бикрлигини гранитли шағал ва керамзитда аниқлаш натижалари келтирилган. Бунда қоришма бикрлигининг  $C$  ва  $C/\Pi_x$  нисбатига боғлиқлиги жуда аниқ бўлиши кўрсатилган.

Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги вақт ўтиши билан аста-секин камаяди. Айниқса бикр бетон қоришмасининг қулай жойланувчанлиги жуда тез ёмонлашади, шу сабабли бундай қоришмаларни мумкин қадар тез қолиплаш талаб қилинади. Бетон қоришма ҳаракатчанлигининг пасайиши бетон ва темирбетон буюмларни тайёрлашда эътиборга олинади.



**3.25-расм. Гранит шағали (а) ва керамзит (б) асосидаги бетон қоришма бикрлигининг цемент ҳамир ҳажмий концентрацияси ва  $C/\Pi_x$  боғлиқлиги: 1-  $C/\Pi_x = 0,2$ ; 2-худди шундай,  $0,25$ ; 3- $0,3$ ; 4- $0,35$ .**

Бетон ва темирбетон буюмларни ишлаб чиқаришда буюмнинг ҳили, арматураланиш тавсифи ва қабул қилинган ишлаб чиқариш технологияси бўйича турли ҳил ҳаракатчанликка эга бўлган бетон қоришмалари қўлланилади. Қуйида талаб доирасида қўлланиладиган бетон қоришмаларнинг синфланиши 3.5-жадвалда келтирилган.



Бетон қоришмасининг синфланиши

3.5-жадвал

Қулай жойланувчанлик бўйича маркаси	Қулай жойланувчанлик меъёри		
	Бикрлиги, сек	Ҳаракатчанлиги, см	
		конус чўкмаси	конус оқиши
Юқори бикр қоришмалар			
СЖ 3	>100	-	-
СЖ 2	51...100	-	-
СЖ 1	50 ва ундан кам	-	-
Бикр қоришмалар			
Ж 4	31...60	-	-
Ж 3	21...30	-	-
Ж 2	11...20	-	-
Ж 1	5...10	-	-
Ҳаракатчан қоришмалар			
П 1	4 ва ундан кам	1...4	
П 2	-	5...9	
П 3	-	10...15	
П 4	-	16...20	21...30
П 5	-	21 ва ундан кўп	31 ва ундан кўп

### §3.5. Бетон қоришмаси таркибини ҳисоблашга доир мисоллар

**3.1-мисол.** Синфи В15 бўлган бетон қоришмасини тайёрлашда цемент массасига нисбатан 0,25 % СДБ (сульфит-дрожжали брожка) қўшилганлиги тажриба йўли орқали аниқланган. Ушбу қўшилма 1 м<sup>3</sup> бетон учун сув сарфини 180 л дан 163 л гача камайтиради. Бунда бетон синфи ва ҳаракатчанлиги ўзгармайди деб қабул қилиб, 1 м<sup>3</sup> бетон учун цементнинг тежалиш миқдори аниқлансин. Бетон тўлдирувчилари-юқори сифатли, С/Ц>0,4.

*Ечиши.* Ҳисоблашда қуйидаги формулалардан фойдаланилади:

$$\text{Ц/С} = (\text{R}_{\text{в28}} + 0,3 \cdot \text{R}_{\text{ц}}) / (0,6 \cdot \text{R}_{\text{ц}}).$$

Қўшимчасиз бетон учун

$$\text{Ц}_1 / \text{С}_1 = (\text{R}_{\text{в28}} + 0,3 \cdot \text{R}_{\text{ц}}) / (0,6 \cdot \text{R}_{\text{ц}}).$$

СДБ қўшимчали бетон учун

$$\text{Ц}_2 / \text{С}_2 = (\text{R}_{\text{в28}} + 0,3 \cdot \text{R}_{\text{ц}}) / (0,6 \cdot \text{R}_{\text{ц}}).$$

Иккала таркибдаги бетон учун синфи бир ҳил қабул қилиниб қўшимча қўшилган таркиб учун цемент сарфини аниқлаймиз ( $\text{Ц}_1 / \text{С}_1 = \text{Ц}_2 / \text{С}_2$  асосан):  $\text{Ц}_2 = (\text{С}_2 / \text{С}_1) \cdot \text{Ц}_1 = (163 / 180) \cdot \text{Ц}_1 = 0,91 \cdot \text{Ц}_1$ . Цементнинг тежалиши 9 % ташкил қилади.

**3.2-мисол.** Меъерий шароитда қотувчи одатдаги бетон учун портланд-цементга қўшиладиган туйилган инертли минерал қўшимча (микротўлди-

рувчи-оҳактош) миқдори фоиз ҳисобида аниқлансин. Цементнинг дастлабки фаоллиги  $R_{ц} = 40$  МПа бўлганда фаоллиги  $R_a = 30$  МПа бўлган аралаш боғловчи ҳосил қилинган. Цемент ва оҳакнинг меъёрий қуюқланиш даражаси ҳамда қоришманинг чиқиши коэффицентлари ўзаро яқин.

*Ечили:* Киритилган минерал қўшилма  $D$  миқдорига цементнинг ортиқча фаоллигини талаб доирасига пропорционал камайтириш орқали эришилади, яъни:

$$(R_{ц} - R_a)/R_{ц} = D/100,$$

бундан

$$D = (R_{ц} - R_a) \cdot 100 / R_{ц} = (40 - 30) \cdot 100 / 40 = 25 \%;$$

цемент миқдори

$$Ц = (R_a / R_{ц}) \cdot 100 = (30 / 40) \cdot 100 = 75 \%.$$

Демак, цементнинг дастлабки фаоллигини 30 МПа га тушириш учун унга 25 % миқдорда минерал қўшимча (туйилган оҳактош) қўшиш керак экан.

**3.3-мисол.**  $C/Ц$  нисбати 0,5 ва 0,65 бўлган қоришмалардан тайёрланган бетонларнинг ғоваклиги аниқлансин. Йккала ҳолатда ҳам эритма сув миқдори  $200 \text{ л/м}^3$ , цемент массасига нисбатан кимёвий боғланган сув миқдори 16 %. Бетон қоришмасини тайёрлаш пайтидаги ютиладиган ҳаво натижасида ҳосил бўладиган ғоваклар ҳисобга олинмайди.

*Ечили:*  $1 \text{ м}^3$  бетон учун цемент сарфи қуйидагича аниқланади:

$$Ц_1 = C / (C/Ц)_1 = 200 / 0,5 = 400 \text{ кг};$$

$$Ц_2 = C / (C/Ц)_2 = 200 / 0,65 = 308 \text{ кг}.$$

Цемент билан кимёвий бриккан сув миқдори:

$$C_1 = Ц_1 \cdot C_k = 400 \cdot 0,16 = 64 \text{ л};$$

$$C_2 = Ц_2 \cdot C_k = 308 \cdot 0,16 = 51 \text{ л}.$$

$1 \text{ м}^3$  бетондаги эркин сув миқдори (эркин сув миқдори ғоваклар ҳажмига тенг бўлади):

$$V_{1с} = C - C_1 = 200 - 64 = 136 \text{ л};$$

$$V_{2с} = C - C_2 = 200 - 51 = 149 \text{ л}.$$

Қотган бетоннинг ғоваклиги қуйидагича аниқланади:

$$V_1 = (V_{1с} / 1000) \cdot 100 \% = (136 / 1000) \cdot 100 \% = 13,6 \%;$$

$$V_2 = (V_{2с} / 1000) \cdot 100 \% = (149 / 1000) \cdot 100 \% = 14,9 \%.$$

**3.4-мисол.**  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмасини тайёрлаш учун 350 кг портландцемент, 620 кг қум, 1200 кг шағал ва 190 л сув сарф бўлади.

Бетон таркибини ташкил этувчиларнинг массалари нисбат кўринишда (1:х:у) ифодалансин ва сув-цемент ( $C/Ц$ ) нисбати аниқлансин. Бу ерда х-қум миқдори, у-шағал миқдори. Цемент миқдори 1 тенг деб қабул қилинади.

*Ечили:* Бетон таркибини ташкил этувчилар миқдорини нисбат кўринишда ифодалаш учун уларнинг юқорида берилган миқдорларини цемент миқдорига бўлиш орқали аниқланади, яъни:

$$\text{қум } x = К/Ц = 620/350 = 1,77; \quad \text{шағал } y = Ш/Ц = 1200/350 = 3,43;$$

$$\text{сув-цемент нисбати } C/Ц = 190/350 = 0,54.$$

Демак, бетон таркибини ташкил этувчиларнинг массаси бўйича нисбати қуйидагича бўлади: Ц:Қ:Ш = 1:х:у = 1:1,77:3,43 ва С/Ц = 0,54.

**3.5-мисол.** Ўртача зичлиги  $\rho_b = 2400 \text{ кг/м}^3$  бўлган бетоннинг таркиби массаси бўйича нисбатларда 1:х:у = 1:1,6:3,8 ташкил этади. Сув-цемент нисбати С/Ц = 0,5 бўлганда,  $1 \text{ м}^3$  бетон учун материаллар сарфи аниқлансин.

*Ечиши:*  $1 \text{ м}^3$  бетон учун материаллар сарфи қуйидагича аниқланади:

цемент сарфи:  $\text{Ц} = \rho_b / (1 + \text{Х} + \text{У} + \text{С}/\text{Ц}) = 2400 / (1 + 1,6 + 3,8 + 0,5) = 348 \text{ кг};$

қум сарфи:  $\text{Қ} = \text{Ц} \cdot \text{Х} = 348 \cdot 1,6 = 557 \text{ кг};$

шағал сарфи:  $\text{Ш} = \text{Ц} \cdot \text{У} = 348 \cdot 3,8 = 1322 \text{ кг};$

сув сарфи:  $\text{С} = \text{Ц} \cdot \text{С}/\text{Ц} = 348 \cdot 0,5 = 174 \text{ л}.$

Бетоннинг ўртача зичлиги (ҳажмий массаси)

$$\rho_b = \text{Ц} + \text{Қ} + \text{Ш} + \text{С} = 348 + 557 + 1322 + 174 = 2401 \text{ кг/м}^3.$$

**3.6-мисол.**  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун материаллар сарфи қуйидагича: цемент -350 кг, қум -650 кг, шағал -1200 кг, сув -190 л. Бетоннинг қотиши учун цемент массасига нисбатан 25 % сув сарф бўлади. Бетон қоришманинг ҳисобий зичлиги, қотганидан кейинги ҳосил бўладиган ғоваклиги аниқлансин.

*Ечиши:* Бетон қоришманинг ҳисобий зичлиги қуйидагича аниқланади:

$$\rho_{б.к.} = \text{Ц} + \text{Қ} + \text{Ш} + \text{С} = 350 + 650 + 1200 + 190 = 2390 \text{ кг/м}^3.$$

Қотган бетоннинг зичлиги:

$$\rho_b = 1,25 \cdot \text{Ц} + \text{Қ} + \text{Ш} = 1,25 \cdot 350 + 650 + 1200 = 2288 \text{ кг/м}^3.$$

$1 \text{ м}^3$  бетондаги сувнинг камайиши (буғланиб чиқиб кетиши):

$$\Delta \text{С} = \rho_{б.к.} - \rho_b = 2390 - 2288 = 102 \text{ л}.$$

Демак  $1 \text{ м}^3$  қотган бетондаги ғоваклар ҳажми  $V = \Delta \text{С} = 102 \text{ л}$ . Бетоннинг ғоваклиги эса

$$V = (V/V_b) \cdot 100 \% = (102/1000) \cdot 100 \% = 10,2 \% \text{ тенг бўлади.}$$

**3.7-мисол.** Қуйидагилар берилган: бетон қоришма таркиби 1:х:у = 1:2:4; сув-цемент нисбати С/Ц = 0,6; бетон қоришмасининг ҳисобий зичлиги  $\rho_{б.к.} = 2350 \text{ кг/м}^3$ ; цементнинг ҳақиқий зичлиги  $\rho_{ц} = 3,1 \text{ г/см}^3$ ; қумники  $\rho_{қ} = 2,6 \text{ г/см}^3$ , шағалники  $\rho_{ш} = 2,65 \text{ г/см}^3$ . Бетон қоришмасининг зичланганлик даражаси аниқлансин.

*Ечиши:*  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун сарф бўладиган материаллар сарфи қуйидагича аниқланади:

цемент:  $\text{Ц} = \rho_b / (1 + \text{х} + \text{у} + \text{С}/\text{Ц}) = 2350 / (1 + 2 + 4 + 0,6) = 309 \text{ кг}$

қум:  $\text{Қ} = \text{Ц} \cdot \text{х} = 309 \cdot 2 = 618 \text{ кг}.$

шағал:  $\text{Ш} = \text{Ц} \cdot \text{у} = 309 \cdot 4 = 1236 \text{ кг}.$

сув:  $\text{С} = \text{Ц} \cdot \text{С}/\text{Ц} = 309 \cdot 0,6 = 185 \text{ л}.$

$1 \text{ м}^3$  бетон қоришма учун материалларнинг ҳақиқий ҳажми:

$$\text{Ц} = 309 : 3,1 = 100 \text{ дм}^3 \quad \text{Қ} = 618 : 2,6 = 238 \text{ дм}^3.$$

$$\text{Ш} = 1236 : 2,65 = 466 \text{ дм}^3 \quad \text{С} = 185 \text{ л}.$$

Жами:  $\text{Ц} + \text{Қ} + \text{Ш} + \text{С} = 100 + 238 + 466 + 185 = 989 \text{ дм}^3.$

$1 \text{ м}^3$  бетон қоришмасидаги ғоваклик  $1000 - 989 = 11 \text{ дм}^3$  ёки 1,1 %.

Қоришманинг зичланганлик даражаси  $100 - 1,1 = 98,9 \%.$

**3.8-мисол.** 1 м<sup>3</sup> бетон қоришмаси учун цемент сарфи Ц = 400 кг, сув-цемент нисбати С/Ц = 0,50. Цемент билан кимёвий бириккан сув миқдори цемент массасига нисбатан 16 %. Қотган бетоннинг ғоваклиги аниқлансин.

*Ечиш:* 1 м<sup>3</sup> бетон қоришмасига сарф қилинадиган сув миқдори:

$$C = Ц \cdot С/Ц = 400 \cdot 0,5 = 200 \text{ л.}$$

Цемент билан кимёвий бириккан сув миқдори:

$$C_1 = 16 \cdot 400/100 = 64 \text{ л.}$$

Эркин (ортиқча) сув миқдори: 200-64=136 л., демак 1 м<sup>3</sup> бетондаги ғоваклар миқдори V<sub>в</sub> = 136 л.

Қотган бетоннинг ғоваклиги:

$$V = V_{\text{в}}/V = 136/1000 \cdot 100 \% = 13,6 \%$$

**3.9-мисол.** Бетоннинг ишлаб чиқариш жараёнидаги таркиби (материаллар сарфи), қум намлиги W<sub>к</sub> = 6 % ва шағал намлиги W<sub>ш</sub> = 3 % бўлганда қуйидагича: Ц = 250 кг, Қ = 630 кг, Ш = 1300 кг ва С = 185 л.

Қумнинг намлиги W<sub>к</sub> = 10% ва шағал намлиги W<sub>ш</sub> = 6 % ўзгарганда бетон таркиби қайта ҳисоблансин.

*Ечиш:* 1 м<sup>3</sup> бетон қоришмаси учун материаллар сарфини қуйидагича аниқланади:

$$\text{Қум } Q = 630(1,10/1,06) = 654 \text{ кг.}$$

$$\text{Шағал } Ш = 1300(1,06/1,03) = 1338 \text{ кг.}$$

$$\text{Қумдаги сув миқдори } C_{\text{к}} = 654 - 630 = 24 \text{ л.}$$

$$\text{Шағалдаги сув миқдори } C_{\text{ш}} = 1338 - 1300 = 38 \text{ л.}$$

Бетон учун сарф қилинадиган сув миқдори тўлдирувчилар таркибидаги сув миқдорини ҳисобга олган ҳолда: С = 185 - C<sub>к</sub> - C<sub>ш</sub> = 185 - 24 - 38 = 123 л. Цемент сарфи ўзгармай қолади.

**3.10-мисол.** Бетон қоришмага сирт фаол моддалар (СФМ) қўшилганда унинг қўшимча ғоваклиги ва СФМ сарфи аниқлансин.

Қуйидагилар берилган: Цемент сарфи 1 м<sup>3</sup> бетон учун Ц=300 кг; бетон қоришмасининг зичлиги ρ = 2400 кг/м<sup>3</sup>. Цемент массасига нисбатан 0,50 % сирт -фаол модда қўшилганда бетоннинг зичлиги ρ<sub>б</sub> = 2310 кг/м<sup>3</sup> гача камайган.

*Ечиш:* Юза-фаол модда таъсири натижасида бетонда ҳосил бўладиган қўшимча ғоваклик қуйидагича аниқланади:

$$\Delta V = [(\rho - \rho_{\text{б}})/\rho] \cdot 100 \% = [(2400 - 2310)/2400] \cdot 100 \% = 3,75 \%$$

$$\text{ёки } 0,0375 \cdot 1000 = 37,5 \text{ л/м}^3.$$

1 м<sup>3</sup> бетон қоришмаси учун юза-фаол модда миқдори:

$$\text{СФМ} = 0,50 \cdot 300 \cdot 0,01 = 1,5 \text{ кг.}$$

### Назорат саволлари

1. Бетон қоришма таркиби қандай танланади?
2. Бетон қоришманинг хоссалари қандай омиллар таъсирига боғлиқ бўлади?

3. Бетон қоришма таркибидаги сув миқдорининг синфланишини айтиб беринг.
4. Тўлдирувчилар сув ва цемент хамирига қандай таъсир кўрсатади?
5. Бетон қоришмаси тузилиши қандай ҳилларга бўлинади?
6. Бетон қоришманинг реологик хоссаларини айтиб беринг.
7. Цемент хамири ва бетон қоришманинг реологик хоссалари қандай асбоблар ёрдамида аниқланади?
8. Бетон қоришмасининг технологик хоссаларини айтиб беринг.
9. Бетон қоришмасининг қулай жойланувчанлиги нимани билдиради?
10. Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги қандай аниқланади?
11. Бетон қоришмасининг бикрлиги техник вискозиметрда қандай аниқланади?
12. Бетон қоришмасининг бикрлиги цилиндрсимон стандарт асбоб билан қандай аниқланади?
13. Бетон қоришмаси ҳаракатчанлиги ва бикрлиги бўйича қандай ҳилларга бўлинади?
14. Бетон қоришмасининг боғланувчанлиги унинг қандай хусусиятини билдиради?
15. Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги ва бикрлиги қандай омилларга боғлиқ бўлади?
16. Қандай қўшилмалар қўшиш орқали бетон қоришмасининг хоссаларини ўзгартириш мумкин?
17. Бетон қоришма учун меъёрий сув миқдори қандай олинади?
18. Цемент сарфи ортганда қоришма учун сув сарфи қандай олинади?
19. Қумнинг сув шимувчанлиги бўйича сув сарфи қандай олинади?
20. Бикр ва ўта бикр қоришмалар қандай мақсадларда ишлатилади?

### **Қўшимча адабиётлар**

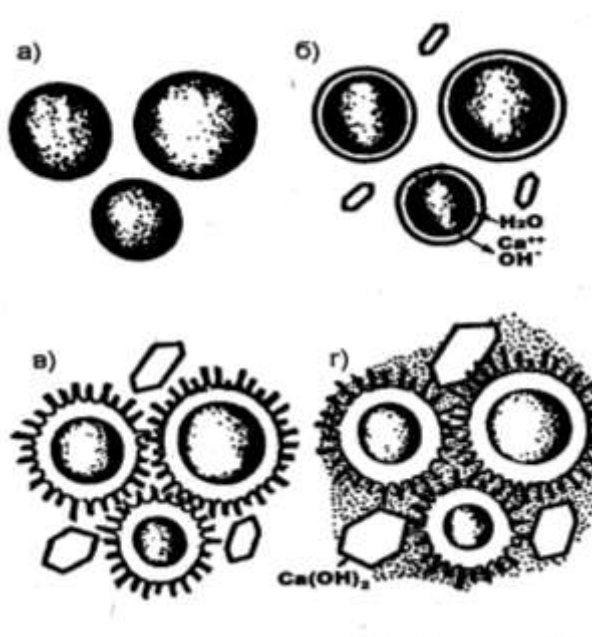
1. Васильева З. П., Загайчук Л. С., Круглицкий Н. Н. Применение СДБ для получения литых бетонных смесей. “Гидротехника и мелиорация”, 1982, № 10.
2. ГОСТ 7473-94. Бетон қоришмалари. Техник шартлар.
3. ГОСТ 10181.0-81. Бетон қоришмалари. Синаш усуллари.
4. ГОСТ 10181.1-81. Бетон қоришмалари. Қулай жойланувчанликни аниқлаш усуллари.
5. ГОСТ 10181.4-81. Бетон қоришмалари. Қатламланишни аниқлаш усуллари.

## 4-БОБ. БЕТОН ТУЗИЛИШИНING ҲОСИЛ БЎЛИШИ

### §4.1. Бетон тузилишининг шаклланиши

Бетон тузилиши бетон қоришмасининг қуюқланиб тишлашиши ва кейинчалик бетоннинг вақт давомида қотиши натижасида шаклланади. Унинг шаклланишига цементнинг гидратланиши ва қотиши ҳал қилувчи таъсир кўрсатади.

Цемент сув билан аралаштирилгандан сўнг бошланғич даврда уч кальцийли силикатнинг гидратланиши жараёнида кальций гидроксиди ажралиб, тўйдирилган қоришма ҳосил қилади. Бу қоришмада сульфат, гидроксид ва ишқор ионлари шунингдек, кам миқдорда кремнезем, глинозем ва темир моддалари мавжуд бўлади. Кальций ва сульфат ионларининг юқори концентрацияси қотаётгандан кейинги қисқа вақт мобайнида кузатилади, чунки бир неча минут давомида янги пайдо бўладиган моддалар—кальций гидроксиди ва эттрингит массалари чўка бошлайди (4.1 а-расм).



*4.1-расм. Цементнинг гидратланиши натижасида цемент хамири ва тоши тузилишида рўй берадиган жараёнларнинг схемаси. а-цемент зарралари сувда (гидратланишининг бошланғич даври); б-цемент зарралари атрофида гел қобиқларнинг ҳосил бўлиши (гидратланишининг яширин даври); в-гелли қобиқларнинг иккиламчи ўсиши яъни, зарралар атрофида тузилишининг шаклланиши (гидратланишининг учинчи босқичи); г-цементнинг кейинги гидратланиши натижасида цемент тоши таркибининг зичланиши.*

Тахминан бир соатдан кейин гидратланишнинг иккинчи босқичи бошланади. Унда жуда майда кальций гидросиликатларнинг ҳосил бўлиши кузатилади. Реакцияда фақат цемент зарраларининг устки қатламлари

иштирок этиши натижасида қайтадан юзага келувчи гидратли фазалар жуда юпқа гранулометрия билан тавсифланади. Цемент зарралари ўлчами эса кам ўзгаради. Янги пайдо бўлган моддалар миқдори ва зичлигининг ортиши билан унинг чегаравий қатлами тахминан 2...6 соат ичида кам сув ўтказувчан бўлади. Гидратланишининг иккинчи босқичи цемент гидратланишининг «*яширин даври*» деб аталади (4.1 б-расм).

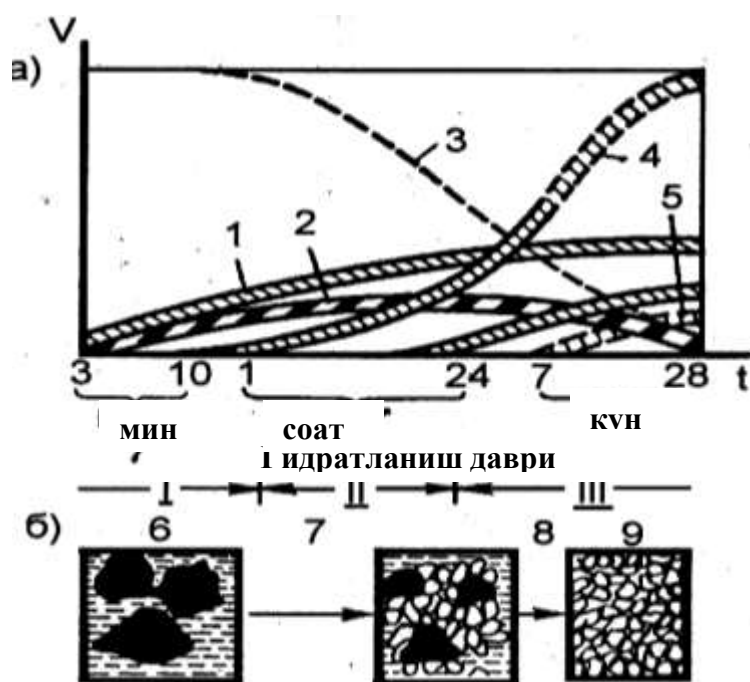
Гидратланиш жараёнининг учинчи босқичи кальций гидроокиси кристаллашувининг бошланиши билан тавсифланади (4.1 в-расм). Бу жараён жуда жадал кечади. Кальций гидросиликати ва эттирингит ғоваклар орқали ўтувчи ва майда бўлақларга ажратувчи узун толалар шаклида ўсиб чиқиши мумкин. Шу тарзда цемент тошининг «*асосий*» тузилиши шаклланади.

Гидратланиш жараёнининг тўртинчи ва бешинчи босқичлари цементнинг тўлиқ гидратланишувига қадар секин давом этадиган реакциялар билан тавсифланади. Бу босқичларда пайдо бўлган ғовакларнинг гидратланиш маҳсулотлари билан тўлдирилиши натижасида цемент тошининг ғоваклиги ўзгаради. Қотаётган цементли тош тузилиши зичланади ва олдин пайдо бўлган эттрингитнинг моносulfатга айланиши содир бўлади (4.1 г-расм).

Бетон хусусиятининг ўзгариши асосан цементнинг гидратланиши билан тавсифланади. Гидратланиш жараёни етакчи ҳисобланади ва унинг кечиш йўналиши бетон тузилиши ва хусусиятининг ўзгаришини белгилайди. Бошқа омиллар (масалан, тўлдирувчилар хусусияти ва ш. к.) бетон тузилиши ва хусусиятига таъсир кўрсатсада, иккиламчи ҳисобланади ва муайян маънода улар цемент гидратланиши ва цемент тоши тузилишинининг шаклланишига таъсири билан белгиланади. Бетон хусусиятлари ўзгаришининг вақт мобайнида аста-секин сусайиши ва уларнинг барқарорлашуви цемент гидратланиши жараёнининг борган сари сусайиши билан тавсифланади.

Ҳосил бўлган тузилиш дастлаб жуда юмшоқ бўлади ва вақт ўтиши билан аста-секин зичланиб боради. Бундай тузилишнинг сув билан тўлдирилган ғовакларида тинимсиз янги гидрат фазалар ҳосил бўлади. Ғоваклар хажми ва ўлчамлари кичрайиб боради, цемент зарралари атрофини ўраб олган гел қобиклар қалинлашади, улар орасидаги боғланишлар ортади ва ортиқча сув зарраларини сиқиб чиқаради. Натижада таркибнинг ички боғланиш мустаҳкамлиги шаклланади ва у тинимсиз ўсиб бориб цемент тошига айланади.

Цементнинг умумлаштирилган гидратланиш схемаси ва цемент тоши тузилишининг шаклланиши жараёнлари Ф. Лохтер ва В. Рихартцлар томонидан таклиф этилган. Бунда вақт бўйича таркибнинг 28 кунгача шаклланиб боришини кузатиш мумкин (4.2 а, б-расмлар). Бетон мустаҳкамлигининг ўсиш графиги эгри чизиқдан иборат бўлиб иккита характерли участкалардан ташкил топган. Биринчи участканинг тавсифланишига кўра жуда майда толасимон зарралар цемент доналари орасидаги сувли муҳитда ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган ғовакли масса аста-секин мустаҳкамланади ва кейин гидратланиш маҳсулоти билан тўлдириб борилади.



**4.2-расм. Цементнинг гидратланиши (а) ва цемент тоши тузилишининг вақт бўйича шаклланиш схемалари (б). 1-уzun кристалларнинг ҳосил бўлиши; 2-этрингит; 3-ғовакларнинг ўзгариши; 4-калта толаларнинг ҳосил бўлиши; 5-моносульфат; 6-шаклланаётган тузилиш; 7-асосий тузилишининг шаклланиши; 8-тузилишининг зичланиши; 9-тўлиқ шаклланган ўзгармас тузилиши.**

Гидратланиш жараёни зарралар чегарасида ривожланади ва цементли гел қобиклар бир вақтнинг ўзида ичкари ва ташқари томон ўсади. Яъни, ҳар қайси зарра гел қатламлари билан ўралади. Сув эса гел қобиклари орасидаги зарралар бўшлиғини тўлдиради. Цементнинг гидратланган компонентларидан бир қисми эса гел қатламининг ташқи қисмида йиғилади ва улар аввал ҳосил бўлган кристаллар билан қўшилади.

Гидратланиш жараёнида цемент хамиридаги ғоваклар ўлчами кичраяди, натижада улар ичига сувнинг кириши қийинлашади ва гидратланиш жараёни секинлаша бошлайди. Гидратланишнинг дастлабки даврида ҳосил бўлган кальций гидросиликатининг толалари узунлиги 5...10 нм ва диаметри 0,1...0,2 нм бўлади ва гидратланишнинг охирида эса 40...100 мартагача кичраяди. Аммо цемент тоши гел қобикларида ички ғовакликлар барибир сақланиб қолади. Уларнинг ўлчамлари жуда майда бўлиб, ҳозирги кунда тўлиқ ўрганилган эмас.

Гелнинг ғоваклиги 28 % гача бўлиши мумкин. Ғоваклик 28% дан ортиқ бўлса, гелда йирик ғоваклар мавжуд бўлиб, гидратланиш жараёни (ғовакликлар ҳажми 28 % гача пасайгунча) давом этиши кузатилади.

Гидратланиш жараёнида аста-секин суyoқ фазанинг тақсимланиши содир бўлади. Яъни, эркин (капиллярли) сувлар миқдори камаяди, кимёвий ва физик-кимик боғланган сувлар миқдори кўпаяди. Цемент тўлиқ гидрат-



ланганда унинг массасига нисбатан 20...25 % сув кимёвий боғланади (ушбу миқдор цементнинг минералогик таркиби ва фаол минерал қўшимчалар миқдorigа қараб озроқ ўзгариши мумкин). Гидратланган цемент коллоидлик кристаллашган моддадан иборат бўлади ва бу ҳар қандай турдаги цементлар учун монанддир.

Цементнинг гидратланиши унинг турли фазалари ҳажмининг нисбий ўзгариши билан тавсифланади. Гидратланиш жараёнида сув цемент билан реакцияга киришиб, тузилишни секинлаштиради ва цемент-сувнинг умумий ҳажми камаяди. Қаттиқ фазанинг ҳажми эса сувнинг шимилиши ҳисобига ортади (4.3-расм). Гидратланган цемент гидратланмаган цементга нисбатан 2,1...2,2 марта кўп ҳажм эгаллайди. Сув билан тўйинган гидратланган маҳсулотнинг ҳақиқий зичлигининг ўртача миқдори 2,1...2,2 г/см<sup>3</sup> тенг.

Цемент-сув тизимида гидратланиш жараёнидаги ҳажмининг кичра-йишига “*контракцияланиш*” дейилади. Контракция миқдори цемент таркиби ва тўйинганлик даражасига, С/Ц нисбатига, қўшилмалар миқдори, ҳили ва ш.к. га боғлиқ бўлади. Контракция миқдори 100 г цементда ўртача 7...9 мл ташкил қилади.

Цемент узоқ муддат давомида гидратланади. Унинг  $\alpha$  вақтидаги гидратланиш даражаси қуйидагича аниқланади:

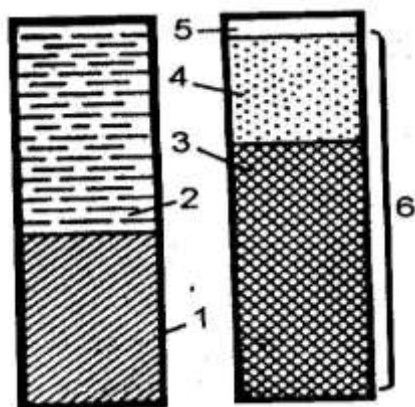
$$\alpha = W_t/W_{\max}, \quad (4.1)$$

бу ерда  $W_t$ -исталган  $\alpha$  вақтдаги бириккан сув миқдори;  $W_{\max}$ -тўлиқ гидратланиш давомидаги бириккан сув миқдори.

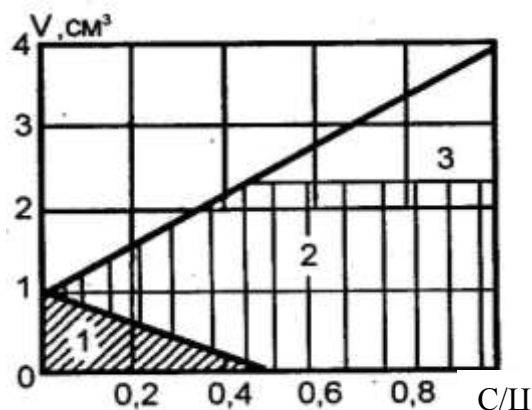
Цемент тоши гел қобикларидаги кимёвий ва физик-кимёвий боғланган сув миқдори тахминан тенг бўлади. Т. Пауэрс ва С. Брунауэр маълумотларига кўра, кимёвий ва физик-кимёвий боғланган сув миқдори цемент тўлиқ гидратланганда цемент массасига нисбатан 47...52 % ни ташкил қилади. Шу сабабли бетоннинг тўлиқ гидратланиши ва қотиши учун С/Ц нисбати 0,5 дан кам бўлмаслиги мақсадга мувофиқдир.

Агарда цемент хаами сувли муҳитда қотса, унда цементнинг тўлиқ гидратланиши С/Ц нисбати 0,5 дан кичик миқдорда содир бўлади. Бунда сувли муҳитда капилляр ва контракцияли ғоваклик ва бўшлиқлар сув билан тўйиниб қолади. Сув-цемент нисбати С/Ц = 0,38...0,5 бўлганда цемент тошида капилляр ва контракцияли ғовакликлар сақланиб қолинади. Сувли муҳитда ушбу ғовакликлар гидратацияланиш маҳсулоти билан қисман тўлдирилади, С/Ц < 0,38 бўлганда эса цемент тошида капилляр ғовакликлар деярли бўлмайди. Таркиб цемент тоши ва гелдан иборат бўлади. Унда гидратланмаган цемент сақланиб қолинади ва у материалнинг зичлиги ҳамда мустаҳкамлигининг юқори бўлишини таъминлайди.

Цемент тоши таркибининг С/Ц нисбатига боғлиқ ҳолда тўлиқ гидратланишининг ўзгариши 4.4-расмда кўрсатилган. Маълум компонентлар тузилишидан эгалланган ҳажм оддий ҳисоблашлар орқали аниқланиши мумкин.



4.3-расм. Цементнинг гидратланиши натижасида цемент-сув тизимида суюқ ва қуруқ фазалар ҳажмининг ўзгариши ( $C/Ц < 0,5$  бўл-ганда). 1-гидратланмаган цемент ҳажми; 2-сувнинг дастлабки ҳажми; 3-гидратланган цементнинг қаттиқ фазаси; 4-гелли сув ҳажми; 5-контракцияли ғоваклар ҳажми; 6-цемент гелининг ғовакликлари билан биргаликдаги ҳажми.



4.4-расм. Цемент тоши таркибининг  $C/Ц$  нисбатиغا боғлиқ ҳолда тўлиқ гидратланганидан кейин ўзгариши. 1-гидратланмаган цемент; 2-цементли гел; 3-найчалардаги сув.

Цемент тошининг гидратланиш жараёнидаги ташкил этувчиларининг ҳажми куйидагича аниқланади:

гидратланмаган цемент

$$V_{ц} = (1 - \alpha) \cdot Ц / \rho_{ц}; \quad (4.2)$$

боғланган сув миқдори

$$V_{с} = 0,25 \cdot \alpha \cdot Ц; \quad (4.3)$$

гидратланишнинг қаттиқ фаза маҳсулоти

$$V_{гф} = \alpha [Ц / \rho_{ц} + 0,25 \cdot Ц (1 - 0,254)]; \quad (4.4)$$

гелнинг ғоваклари ҳажми

$$V_{гг} = 0,28 \cdot V_{гф} / 0,72; \quad (4.5)$$

гелнинг ғовакларидаги сув миқдори

$$V_{гс} = 1,1 \cdot V_{гг}; \quad (4.6)$$

цемент гелининг ғовакликлар билан биргаликдаги ҳажми

$$V_{цг} = V_{гф} + V_{гг}; \quad (4.7)$$

контракция натижасида ҳажмининг камайиши

$$V_{конт} = (Ц / \rho_{ц} + V_{гс} + V_{с}) - V_{цг}; \quad (4.8)$$

капилляр ғоваклар ҳажми

$$V_{кф} = C - V_{с} - V_{гг}. \quad (4.9)$$

Гидратланган цемент тузилишининг шаклланишига фаол минерал компонентлар (куллар, туйилган шлак, кварц куми ва ш.к.) сезиларли таъсир

кўрсатади. Бундай қўшимчалар зарраларининг ўлчами цементнинг гидратланишида деярли ўзгармайди, ўзининг дисперсли ҳолатини сақлаб қолади.

Минерал компонентлар қўшилган цемент тоши тузилишининг С/Ц нисбатига боғлиқ ҳолда ўзгариши 4.5-расмда келтирилган. Ушбу расмдан кўриш мумкинки, цементнинг тўлиқ гидратланиши С/Ц нисбатининг кичик қийматларида (С/Ц=0,2...0,35) эришилади.

Совуқ иқлим шароитларида қўлланилишга мўлжалланган бетонлар учун уларнинг юқори совуқбардошлиги ва чидамлилигини таъминлаш мақсадида юқори дисперсли цементлар ва минерал компонентлар қўлланилган, тўлиқ гидратланмаган цемент тоши олиш мумкин. Бундай цемент тоши ташқи таъсирлар натижасида тузилишда ҳосил бўладиган микронуксонларнинг тўлдирилишини таъминлайди.

Суперпласткловчиларни қўллаш ва С/Ц нисбатини камайтириш бетонда фаол минерал қўшимчаларни самарали ишлатишни таъминлайди. Супермайда минерал компонентларни қўллаш натижасида масалан, микрокремнеземда тузилишнинг ҳосил бўлиши бошқа минерал тўлдирувчиларникидан фарқ қилади. Бундай ҳолда минерал компонентларнинг супермайда зарралари цемент зарралари орасидаги бўшлиқларни тўлдириши ҳисобига цемент тошининг ғоваклигини камай-тиради ва зичлигини орттиради. Аммо микрокремнезем цемент ҳамирининг сув талабчанлигини оширади.

Цемент тоши тузилишининг зичлиги унинг ғоваклигига боғлиқ бўлади. Сифатли зичланган цемент тошининг ҳисобий ғоваклиги қуйидаги формулалар билан аниқланиши мумкин:

найчаларники

$$P_{\text{най}} = (C/\Psi - 0,5 \cdot \alpha) / (C/\Psi + 0,32); \quad (4.10)$$

контракционларники

$$P_{\text{кон}} = 0,09 \cdot \alpha / (C/\Psi + 0,32); \quad (4.11)$$

гелларники

$$P_{\text{гел}} = 0,09 \cdot \alpha / (C/\Psi + 0,32); \quad (4.12)$$

умумий ғоваклик

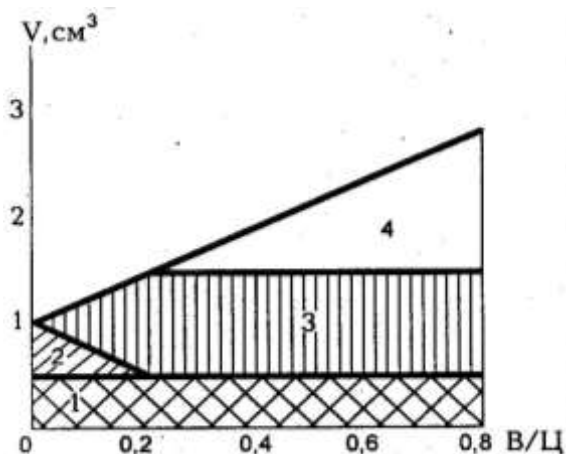
$$P_{\text{Ғ}} = (C/\Psi - 0,21 \cdot \alpha) / (C/\Psi + 0,32). \quad (4.13)$$

Цемент тўлиқ гидратланганида С/Ц нисбатининг камайиши ҳисобига ғоваклик ҳам камаяди. С/Ц = 0,38 бўлганда нисбий ғоваклик цемент гелининг тахминан 28 % ғоваклигига тенг бўлади. С/Ц > 0,38 бўлганда гелнинг ғоваклигига контракцияли ғовакликлар, С/Ц > 0,5 бўлганда эса найчали ғовакликлар қўшилади.

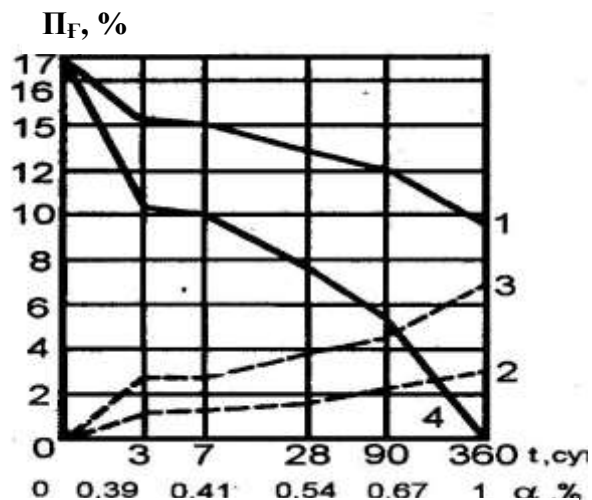
Бетон сувли муҳитда қотганда цементнинг гидратланиш даражаси ортади. Цемент тошининг ғоваклиги камаяди ва мустаҳкамликнинг ортиши таъминланади. Оддий шароитда қотганда цементнинг маълум қисми гидратланмай қолади. Хатто С/Ц = 0,5 ва ундан катта бўлганда, цементда гидратланмаган зарралар ва найчасимон ғовакликлар сақланиб қолинади.

Цемент тошининг дастлабки найчали ғоваклиги С/Ц = 0,5 бўлганда 61 % бўлса, сув сарфи 170 л ва цемент 340 кг бўлганда бетоннинг ғоваклиги 17 %

гача камаяди. Бетон ғоваклигининг вақт бўйича ўзгариши графиклари 4.6-расмда кўрсатилган.



4.5-расм. Минерал тўлдирувчи қўшилган цемент тоши таркибининг тўлиқ гидратланганидан кейин С/Ц нисбатига боғлиқ ҳолда ўзгариши. 1-минерал тўлдирувчи; 2-гидратланмаган цемент; 3-цементли гел; 4-капилляр сув.



4.6-расм. Бетоннинг қотиши жараёнида ғоваклигининг ўзгариши. 1-умумий ғоваклик; 2-контракциявий ғоваклар; 3-гелнинг ғоваклари; 4-найчасимон ғоваклар.

Цемент ва сув сарфи ўзгарганда ғоваклик ҳам ўзгаради. Масалан, капилляр ғовакликларни 1 % га камайтириш учун сув сарфини 10 л/м<sup>3</sup> га камайтириш ёки цемент сарфини 20...35 кг/м<sup>3</sup> га ошириш керак бўлади. Капилляр ғовакликни камайтириш бетон мустаҳкамлиги ва чидамлигининг ошишига олиб келади. Шу сабабли ишлаб чиқариш шароитида бетон қоришмасини тайёрлашда энг кам сув сарфлашга ҳаракат қилинади (буюмларни қолиплаш ва зичлаш шароитидан келиб чиққан ҳолда).

Бетоннинг ғоваклигини энг мақбул миқдоргача камайтиришга эришиш учун унинг таркибини аниқлашда қаттиқ фазаларнинг зич жойлашишини таъминлаш зарур. Қаттиқ фазаларнинг ўлчамлари турли-ҳил бўлганлиги учун уларни мос ҳолда урта гуруҳга бўлиш мумкин: “шағал-қум”, “тўлдирувчи-цемент” ва “тўлдирувчи цемент қоришма-супермайда минерал компонент”. Шағал орасидаги ғовакликларда жойлашган қум “шағал-қум” тизимидаги ғовакликларни, цемент “цемент-тўлдирувчи” тизимдаги ғовакликларни камайтиради. Микрокремнезем эса жуда майда ғовакларни тўлдириб, қаттиқ фазанинг нисбатан минимал ғоваклигини таъминлайди. Масалан, қум ва шағалнинг ғоваклиги 40...45 % бўлса, улар аралашмасиники 20...25 % гача, цемент-тўлдирувчиники 12...14 % гача, микрокремнезем критилганда эса 7...10 % гача камаяди.

Амалий мақсадлар учун бетон қоришмасининг қотиш муддатини билиш талаб қилинади. Тузилиш мустаҳкамлигининг ўсиши иккита тавсифли участкадан иборат бўлади. Биринчи участка тузилиш мустаҳкамлигининг

сезиларсиз ўсишини тавсифлайди. Бетон қоришма ҳали ўзининг тузилмавий суяқ хоссасини сақлайди. Сўнгра гидратланишнинг иккинчи босқичи бошланади яъни, бетон қоришма тишлашиб, таркибининг мустаҳкамлиги ортади.

Қоришма қуюқлашишининг бошланишидан мустаҳкамлигининг тез ўсишигача бўлган вақт *“тузилишнинг шаклланиш даври”* дейилади. Унинг давом этиш вақти цемент ҳамири учун цементнинг концентрацияси яъни, С/Ц нисбатига боғлиқ бўлади (4.7-расм). Концентрациянинг ортиши қоришманинг бириктиш муддатини қисқартиради. Қаттиқ фаза шаклланиши даврининг охиригача ҳосил бўлган зичлик ва ғовакликлар ҳам С/Ц нисбатига боғлиқ бўлади.

Цементнинг гидратланиши натижасида ҳосил бўлган дастлабки бирикма *“дастлабки каркас”* деб аталади ва цемент тоши тузилишининг шаклланишида ҳал қилувчи таъсир кўрсатади.

Тузилишнинг кейинги мустаҳкамланиши бетон таркибий тузилиши шаклланиш жараёнларининг учинчи босқичига мос ҳолда давом этади. Таркиб шаклланишининг охириги босқичида цемент ҳамири мустаҳкам каркасли цемент тошига айланади.

Маълумки, цемент ҳамирига киритилган тўлдирувчи қоришма хоссаларига сезиларли таъсир кўрсатади. Яъни, қоришма ҳаракатчанлиги кескин камаяди, тузилишнинг шаклланиш вақти қисқаради ва ш. к. Бунда тўлдирувчининг миқдори ва солиштирма юзаси қанчалик кўп бўлса унинг таъсири ҳам шунчалик юқори бўлади.

Бундан ташқари, тўлдирувчи тузилма шаклланишининг дастлабки босқичидан бошлаб қаттиқ каркасни ҳосил қилади. Тўлдирувчиларнинг киритилиши цемент ҳамирининг қотиш шароитига ҳам сезиларли таъсир ўтказиши. Шунингдек, тўлдирувчилар цемент ҳамирининг сув сақлаш қобилиятини ҳам оширади, бетоннинг киришиш деформациясини камайтиради ва цемент ҳамирининг қотиши жараёнидаги ҳароратига, намлигига ва бошқа хоссаларига ижобий таъсир кўрсатади.

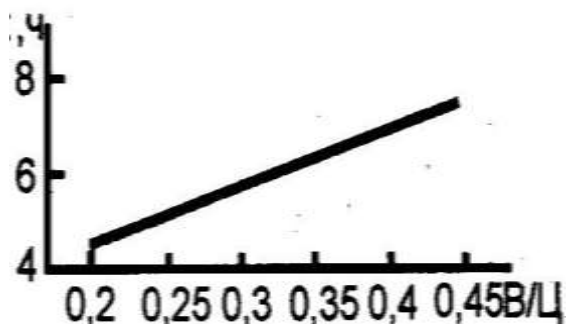
Бетон хоссаларини олдиндан башорат қилиш ва таркибни ҳисоблаш қулай бўлиши учун таркибнинг шаклланиш жараёнларини учта босқичга бўлиш мумкин (4.8-расм). Биринчи босқичда бетон қоришмаси қота бошлайди ва маълум бир мустаҳкамликка эришиб, бетонга айланади. Иккинчи босқичда бетон қотиши давом этиб мустаҳкамлиги аста-секин ошиб боради ва белгиланган қийматга тенг бўлади. Учинчи босқичда бетон тузилма тўлиқ шаклланиб, максимал мустаҳкамликка эришади ва вақт ўтиши билан ўзгармас бўлиб қолади.

Биринчи ва иккинчи босқичлар орасидаги чегара А нуқтада жойлашади ва шу моментга келиб бетоннинг дастлабки тузилиши тўлиқ шаклланган бўлади. Кейинги босқичда яъни, В нуқтагача бўлган ораликда тузилманинг мустаҳкамлиги ошиб боради ва В нуқта чегарасидан кейин тузилма тўлиқ ўзгармас қонуниятга бўйсинади. Графикдаги А ва В нуқталар орасидаги оқичда бетон мустаҳкамлиги логарифмик қонуниятга бўйсинган ҳолда ўсади. Бу эса бетон хоссаларини жумладан, мустаҳкамлигининг ўзгаришини

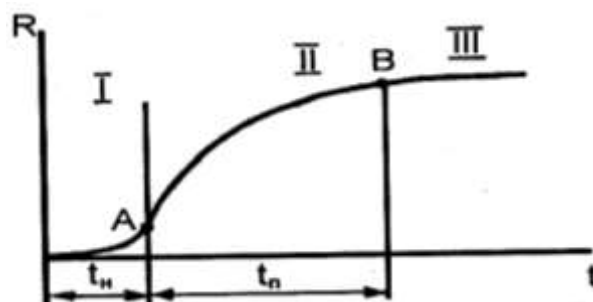
аниқ ёритиш имконини беради. Умумий холда, юқоридаги график (4.8-расм) асосида бетон мустаҳкамлигининг ўзгаришини қуйидаги боғланиш орқали ифодалаш мумкин:

$$R = R_0 + \Delta R \quad (4.14)$$

бу ерда  $R_0$ -бетон тузилишининг дастлабки мустаҳкамлиги,  $\Delta R = f(t, T)$  - бетоннинг вақт давомида қотиши жараёнидаги эришган кейинги мустаҳкамлиги.



4.7-расм. Цемент тоши тузилиши шаклланиши даврининг C/Ц нисбатига боғлиқлиги.



4.8-расм. Тузилиш ҳосил бўлишининг ҳисобий даврлари. I-дастлабки тузилишининг ҳосил бўлиши; II-тузилишининг мустаҳкамланиши; III-тузилишининг ўзгармас бўлиб қолиши.

Бетон тузилишининг шаклланиш жараёни ва кейинчалик қотишида нафақат унинг мустаҳкамлиги, балким бошқа хоссалари масалан, ғоваклиги, иссиқлик ажратиши, электр ўтказувчанлик ва х. клар ҳам ўзгаради. Тузилишининг шаклланиш жараёни ҳажмий ўзгариш орқали кузатилади. Қотиш шароитига боғлиқ ҳолда бетон ҳажми бўйича кенгайиши ёки кичрайиши мумкин. Бунга бетоннинг “бўкиши” ёки “киришиши” дейилади. Ушбу ҳажмий ўзгаришлар асосан тузилиш шаклланишининг дастлабки босқичларида содир бўлади. Кейинчалик бетон тузилиши тўлиқ шаклангач, яъни, мустаҳкамлиги нисбатан ўзгармас бўлиб қолгач ушбу жараёнлар секин аста тўхтайдди.

Бетон хоссаларининг ўзгариши цементнинг гидратланиши билан аниқланади. Гидратланиш жараёни асосий ҳисобланади ва унинг рўй бериши бетон тузилиши ва хоссаларининг ўзгаришини аниқлайди. Бошқа омиллар (масалан, бетон таркиби, тўлдирувчиларнинг хоссалари ва х.к) ҳам бетоннинг тузилиши ва хоссаларига таъсир қилсада, уларнинг бетон хусусиятларини ўзгартириш кинетикасига таъсири иккиламчи ҳисобланади. Бетон хоссалари ўзгаришининг вақт бўйича ўзгармай қолишига цементни гидратланиш жараёнининг секин аста тўхташи натижасида рўй беради деб изоҳлаш мумкин.

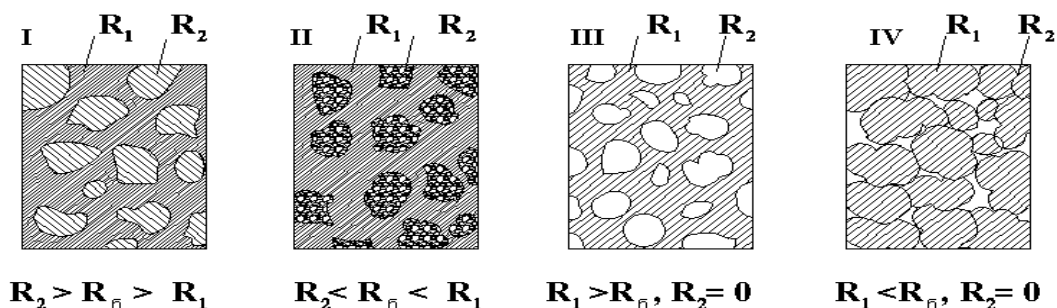
## §4.2. Бетоннинг тузилиши

Бетон қоришмаси тузилиши унинг қотиши жараёнида ҳам сақланиб қолади. Шу сабабли бетоннинг тузилишини цемент тошининг миқдорига ва унинг бетонда жойлашишига қараб синфлаш мумкин.

Маълумки, бетон хоссаларига унинг зичлиги ва ғоваклиги ҳал этувчи таъсир кўрсатади. Бир ҳил тенг шароитдаги ғовакларнинг ҳажми ва тавсифи шунингдек, бетоннинг алоҳида ташкил этувчиларининг хоссалари нисбатидаги мутаносиблик унинг асосий техник хусусиятларини, узоқ муддатга чидамлигини ва турли шароитларга турғунлигини белгилайди. Шу нуқтаи назардан бетон тузилишини унинг зичлигини ҳисобга олган ҳолда синфлаш мақсадга мувофиқдир.

Бетон тузилишининг асосий турлари 4.9-расмда келтирилган бўлиб, улар куйидагича синфланади: “зич,” “ғовак тўлдирувчили”, “ячейкали” ва “донадор”. Зич тузилиш ўз навбатида тўлдирувчиларнинг ўзаро таъсирлашув жойлашувига эга бўлиши мумкин. Унинг доналари бир-бирига цемент тошининг юпқа қатлами орқали тегиб туради ва тўлдирувчининг “сузувчисимон” жойлашувига эга яъни, улар донасининг жойлашуви бир-биридан анча узоқликда жойлашади. Зич тузилиш қаттиқ материалнинг яхлит (туташ) матрицаси (масалан, цемент тоши) дан ташкил топиб, унга матрица материаллари билан анча мустаҳкам боғланган бошқа қаттиқ материал (тўлдирувчи) доналари ора-сира жойлашган бўлади (4.9 I-расм).

Ячейкали тузилиш қаттиқ материалнинг яхлит муҳитида турли ўлчамдаги ғоваклар шартли алоҳида ёпиқ уялар кўринишида жойлашганлиги билан фарқланади (4.9 II, III-расмлар).



4.9-расм. Бетон макро<sup>b</sup>тузилишининг асосий турлари. I-зич; II-зич ғовак тўлдирувчили; III-я<sup>b</sup>йкали; IV-донадор;  $R_0$ -тузилишнинг ўртача мустаҳкамлиги;  $R_1$  ва  $R_2$  - бетон таркибини ташкил этувчиларнинг мустаҳкамлиги.

Донадор тузилиш қаттиқ материалнинг ўзро жипслашган доналар йиғиндисидан иборат. Донадор тузилишнинг ғоваклиги сочилувчан материалнинг ғовакларига ўхшашдир (4.9 IV-расм).

Зич тузилишли материал (бетон) юқори, донадор тузилиш эса кам мустаҳкамликка эга бўлади. Зич материал ғоваклига нисбатан кам шимувчан ҳисобланади. Ковакли ва донадор тузилишли материаллар юқори сув шимувчанлик хусусиятига эга.

Бетон хоссаларига доналарнинг ўлчами, ғовакликлар ва бошқа тузилиш элементлари катта таъсир кўрсатади. Шу сабабли бетонда микротузилиш ва макротузилиш ўзаро фарқланади. Макротузилиш деганда кўз билан ёки лупа орқали кўриш мумкин бўлган тузилиш тушинилади. Тузилиш элементлари сифатида бу ерда йирик тўлдирувчи, кум, цемент тоши ва ғовакларни келтириш мумкин. Айрим ҳолларда таҳлил қилиш ва технологик ҳисобларни бажариш учун икки элемент–йирик тўлдирувчи ва қоришмани бириктирувчи цемент тоши ва кумдан ташкил топувчи макротузилиш шартли равишда олинади.

Микротузилиш деганда таркиби микроскоп ёрдамида аниқланадиган тузилишга айтилади. Бетон учун цемент тошининг реакцияга киришмаган заррачалари, янги пайдо бўлган моддалар ва турли ўлчамдаги микроғоваклардан иборат микротузилиш катта аҳамиятга эга. Бундай тузилишни “микробетон” деб аташ мумкин.

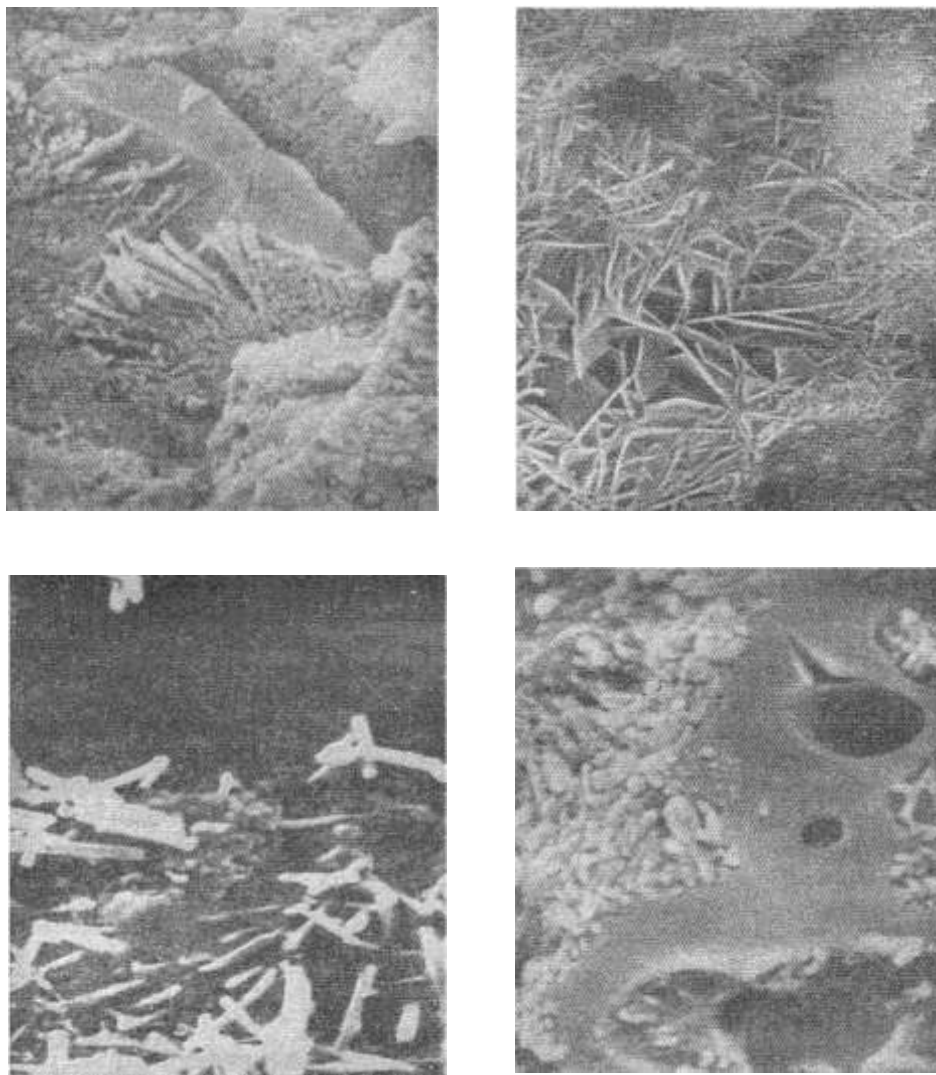
Цемент тоши – бетон хоссалари ва мустаҳкамлигига таъсир этувчи асосий компонент ҳисобланади. Ўз навбатида цемент тошининг хоссалари тузилиш ва микротузилиш элементларининг ўзаро кимёвий боғланишлар кучини белгиловчи цементнинг минерал таркибига боғлиқ. Минерал боғовчи таркибини ва қотиш шароитларини ўзгартириш орқали цемент тошининг турли ҳил микротузилишларини (серғовак, донадор, толасимон, ғовакли ва бошқа турлардан ташкил топувчи мураккаб тузилишлар) ҳосил қилиш мумкин (4.10-расм). Бетон технологиясида турли боғловчи моддалар ишлатилиши ва бетонни қотиришнинг ҳар-ҳил усуллари қўлланилиши сабабли бетонларда цемент тошининг турли ҳил микротузилишлари учраши мумкин.

Турли бетонлар ўзига хос тузилишга эга бўлади. Оғир бетонлар учун зич тузилиш, енгил конструктив бетонлар учун эса ғовак аралашмали зич тузилиш, серғовак бетонлар эса серғовак тузилишга, йирик бўшлиқлилар донадор тузилишга эга. Албатта, юқорида келтирилган тузилишларни турларга ажратиш шартли бўлиб, аслида бетон тузилиши ўта мураккаблиги билан фарқланади. Масалан, оғир бетоннинг зич тузилишида цемент тоши маълум миқдордаги ғовакларга эга бўлади. Енгил бетоннинг зич тузилишида ғоваклар фақатгина тўлдирувчида эмас цемент тошида ҳам кузатилади. Серғовак тузилишда алоҳида ячейкалар ўзаро капиллярлар билан боғланган бўлиши мумкин. Аммо тузилишнинг турлари тўғрисидаги тасаввурга бетон таркибининг ҳар бир ҳолатига хос хусусиятларига эга бўлиб, сўнгра уни лойиҳалаштириш мумкин.

Бетон таркиби бир ҳил эмас. Материалнинг айрим ҳажмлари ўз хусусиятларига кўра бир-биридан анча фарқ қилиши мумкин ва у якуний хусусиятларга таъсир кўрсатади. Цемент тоши ва тўлдирувчи, тўлдирувчининг айрим зарралари ва цемент тошининг айрим микроҳажмлари ўз хусусиятларига кўра фарқланиши мумкин. Реакцияга кириш муҳитида цемент тошининг асосий массасидаги яроқсиз жойларида, реакцияга киришмаган микродарзлар ва материал яхлитлигини камайтирувчи бошқа элементлар мавжуд бўлади.



Вақт ўтиши билан цемент хамирининг қотиши жараёнида гел ўз ҳажмини камайтириб, қуюқлашиб боради. Бунда кристалланиш жараёни гел массасини қамраб олади, натижада қаттиқ кристалл ўсимталар ҳосил бўлади. Бетон тузилишининг муҳим белгиларидан бири- бу цемент тошининг яъни, бетоннинг капилляр ғовакли материал эканлигидир. Ундаги ғоваклар ўлчамлари ва шакли билан бир-биридан фарқ қилади. Бетон таркибида

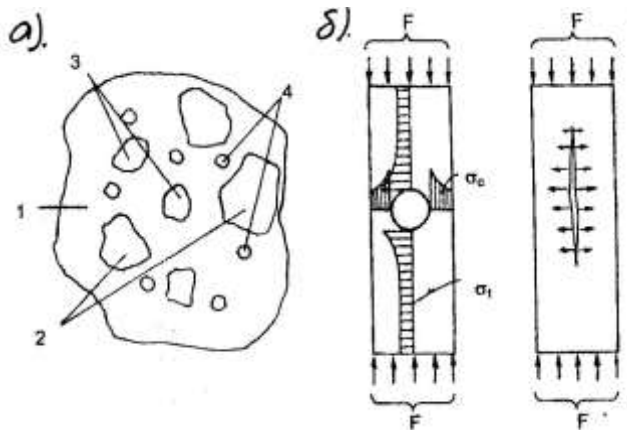


***4.10-расм. Электрон сканерловчи микроскопда олинган цемент тоши ва бетоннинг микротузилишлари: юқорида - цемент тоши тузилишлари; пастда-цемент тошининг тўлдирувчи билан туташини ҳудудидаги тузилишлари.***

ортиқча сув миқдорининг мавжудлиги ғовакларнинг ҳосил бўлишига сабаб бўлади. Одатда, цемент билан реакцияга киришмаган ортиқча сув бетон танасида маълум бир ҳажми эгаллайди. Қотиш жараёнида шу ортиқча сувнинг маълум бир қисми бетон танасидан буғланиб чиқиши натижасида бетонда ғовакликлар (микробўшлиқлар) ҳосил бўлади. Бу ғоваклар бир-

бири билан туташганда ўлчамлари 0,1...1,0 мкм дан 20...50 мкм гача бўлган капиллярлар ҳосил қилади. Улар сув ва ҳаво билан тўлган бўлади.

Шундай қилиб, бетон тузилишини кристалл ўсимталар, гел, ғоваклар ва капиллярларни мужассамлаштирган цемент тошида тартибсиз жойлашган тўлдирувчилар доналарининг фазовий панжараси сифатида тасаввур қилиш мумкин (4.11 а-расм). Улар сув ва ҳаво билан тўлган бўлади.



**4.11-расм. Бетоннинг тузилиши (а) ва унда ҳосил бўладиган кучланишлар схемаси (б). 1-цемент тоши; 2-йирик тўлдирувчи; 3-майда тўлдирувчи; 4-сув ва ҳаво билан тўлган ғовакликлар.**

Шундай қилиб, бетон тузилишини кристалл ўсимталар, гел ғоваклар ва капиллярларни мужассамлаштирган цемент тошида тартибсиз жойлашган тўлдирувчилар доналарининг фазовий панжараси сифатида тасаввур қилиш мумкин (4.11 а-расм).

Бундан кўринадики, бир жинсли бўлмаган бундай сунъий материал ташқи кучлар таъсирида мураккаб кучланиш ҳолатида бўлади. Сиқилган бетон намунадаги кучланишлар эластик модули катта бўлган қаттиқ заррачаларда тўп ланади. Натижада заррачаларни бирлаштирувчи сиртда бу боғланишни бузувчи зўриқишлар вужудга келади. Шу билан бирга бетондаги ғоваклар ва бўшлиқлар ҳосил бўлган жойларда кучланишларнинг тўпланиши содир бўлади. Эластиклик назарияси курсидан маълумки, бўшлиқларга эга бўлган қаттиқ жисм сиқилганда, бўшлиқлар атрофида сиқувчи ҳамда чўзувчи кучланишлар тўпланади. Чўзувчи кучланишлар сиқувчи кучга параллел бўлган юзалар бўйича таъсир қилади (4.11 б-расм).

Бетон танасида ғовак ва бўшлиқларнинг сони кўп бўлганлиги учун бир ғовак атрофида ҳосил бўладиган узувчи кучланиш, иккинчи ғовакдаги кучланиш билан кўшилиб кетади. Натижада сиқилган бетонда бўйлама сиқувчи ҳамда кўндаланг чўзувчи кучланишлар ҳосил бўлади. Бетоннинг чўзилишдаги қаршилиги сиқилишдаги қаршилигига нисбатан бир неча марта кам бўлганлиги сабабли, чўзувчи кучланишлар таъсиридан унда микроёриқлар пайдо бўлади. Бунда тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлиги ва эластиклик модули цемент тошининг мустаҳкамлиги ва эластиклик модулидан катта бўлса ёриқлар тўлдирувчи билан цемент тоши чегарасидан ёки цемент тоши бўйлаб ривожланади.

Шу кунгача бетоннинг мустаҳкамлиги ва деформацияланиши ҳақидаги маълумотлар фақат бетон намуналарини синаш натижалари орқали аниқланиб келинмоқда. Бунда бетоннинг физик ва механик хоссаларининг ўртача қийматлари топилади ва улар бетон ҳамда темирбетон конструкцияларини лойиҳалаш учун асос қилиб олинади.

### **§4.3. Қуруқ ва иссиқ иқлим шароитида бетон тузилишининг шаклланиши**

Ҳозирги пайтда қўлланилаётган бетон мустаҳкамлиги назариясида унинг тузилиши эътиборга олинмайди. Бетоннинг мустаҳкамлиги унинг тузилишига боғлиқлиги масаласи шу вақтгача ўзининг аниқ ечимини топгани йўқ. Бу масаланинг ечими айниқса Марказий Осиё табиий иқлим шароитида йўл қурилиши учун ишлатиладиган бетонлар учун жуда муҳим аҳамият касб этади. Чунки йўл қурилишида ишлатиладиган бетонлар қуруқ ва иссиқ иқлим шароитида ҳарорат ва намлик таъсирида (ташқи кучлар таъсиридан ташқари) қўшимча ички кучланишлар ҳолатида бўлади.

Иссиқ ва қуруқ иқлим шароитида қотадиган бетоннинг таркиби талаб этилган муддатда лойиҳадаги мустаҳкамликка эришишини таъминлайдиган қилиб лойиҳаланиши лозим. Бундай шароитда, бетоннинг ҳажмий деформацияланишини ва ҳарорат таъсиридан зўриқишни камайтириш, бинобарин, унинг сифатини ҳамда чидамлигини ошириш мақсадида, бетоннинг таркибини цемент мумкин қадар кам сарфланадиган қилиб танлаш, унинг талаб этиладиган мустаҳкамлигини таъминлаш тавсия этилади.

Иссиқ муҳитда тайёрланадиган бетон таркибини танлашнинг асосий хусусиятларидан бири бу-бетон қоришмасининг ҳарорати билан унинг бошланғич консистенцияси орасидаги тесқари пропорционал боғлиқликни ҳисобга олишдир. Бунга бетоннинг таркиби, қоришманинг сув-цемент нисбати, цемент тури ва таркиби, туйилиш майинлиги ва бошқа омиллар таъсир кўрсатади.

Бетон қоришмасининг сувга бўлган талаби унинг ҳароратига боғлиқ. Ҳарорат кўтарилиши билан унинг сувга бўлган талаби ортиб боради. Шунингдек, қоришманинг сувга бўлган талабининг ортиши бетоннинг таркибига, сув-цемент нисбатига, қоришманинг қуюқ-сууюқлигига ҳамда тўлдирувчиларнинг тури ва сифатига боғлиқ бўлиб, катта ораликда ўзгариб туради.

Бетон киришишини ҳисобга олиниши иссиқ ва қуруқ иқлим шароитида тайёрланадиган бетон таркибини танлашнинг асосий хусусиятларидан биридир. Бу ходиса бетон ва темирбетон конструкцияларнинг барвақт ёрилишига, уларнинг физик-механик кўрсаткичларининг пасайишига ҳамда хизмат муддатининг қисқаришига олиб келади. Бетон учун цемент миқдорини камайтириш, қоришманинг қаттиқлигини ошириш, скелет қисмининг ҳажмини катталаштириш, қумнинг шағалга нисбатини тўғри танлаш эвазига пластик киришишни камайтириш мумкин.

Бетон қуриётганда унда ҳарорат таъсирида киришиш зўриқишлари юзага келади. Унинг чўкишига, асосан цемент тошини ташкил этувчилари таркибининг ҳажм жиҳатидан ўзгариши сабаб бўлади. Бетон қурий бошлаганида, унинг ёши қанча кичик ва сув-цемент нисбати қанча юқори, шунингдек, цемент миқдори қанча кўп бўлса, бетон киришишининг абсолют қийматлари шунча катта бўлади.

Буюмнинг кесими бўйича иссиқлик ва масса кўчишининг нотекис тарқалиши кўшимча ички зўриқишларни келтириб чиқаради. Қуриш тезлигининг бетон қалинлиги бўйича бир ҳил бўлмаслиги ташқи қатламларнинг кичрайишга олиб келади. Бошланғич ўлчамларини сақлаб қолган ички қатламлар эса сиртқи қатламларнинг кичрайишига тўсқинлик қилади ва сиқилган ҳолатда бўлади. Бунинг оқибатида бетоннинг сиртида чўзувчи кучланишлар пайдо бўлиб, бетон танасида ёриқлар ҳосил бўлишига олиб келади. Йўл қопламалари ва бошқа текис қуйма бетонларнинг чет томонлари ўрта қисмга нисбатан тезроқ қуриydi. Бунинг натижасида конструкциянинг четлари ва ён қисмлари ҳар-ҳил киришади. Бу эса бетонда киришиш деформациялари ва ёриқларнинг пайдо бўлишига олиб келади. Шу каби ҳолатлар бетон таркибини танлашда етарли даражада эътиборга олинмайди.

Юқорида айтиб ўтилганидек, қуруқ ва иссиқ иқлим шароитида қотаётган бетондан намнинг буғланиб кетишини камайтиришга интилиш билан бирга, бетоннинг мавжуд қалинлиги бўйича намликнинг бир текис тақсимланишини таъминлаш чораларини ҳам кўриш зарур.

Бетон қоришмаси ва қотаётган бетондан сувнинг буғланиш тезлигига қатор омиллар ва биринчи навбатда қотган конгломератнинг тузилиши ва зичлиги таъсир қилади.

Ўзбекистон ФА иншоотлар институтида ўтказилган тажрибалар бир ҳил шароитда зичлиги юқори бўлган цемент қоришмаларнинг сувсизланиши зичлиги пастроқ бўлган қоришмаларга нисбатан секинроқ кечиши аниқланган (4.1-жадвал).

Муҳит ҳарорати  $30^{\circ}\text{C}$  дан  $60^{\circ}\text{C}$  гача кўтарилганда 1:3 таркибли қоришмадан 6 соат ичида буғланиб ажраладиган сув миқдори 5 марта, 1:4 таркиблидан 7 марта; 1:5 таркиблидан эса 10 марта кўпаяди. Бетон қоришмалар таркибида (1:1 таркибли) цемент миқдорининг ортиши, кўплаб микрокапиллярларнинг пайдо бўлишига олиб келади. Уларнинг буғланиш юзасини катталаштиради, бу эса ўз навбатида бетоннинг жадал ёрилишига сабаб бўлади.

Атроф муҳит ҳарорати кўтарилганда бетон қоришмасининг қотиш муддати қисқаради. Натижада унинг тайёрланган пайдан бошлаб то конструкцияларни бетонлашга қадар бўладиган ҳаракатчанлиги анча пасаяди. Бундай ҳолда СДБ ёки ВРП-1 ҳилдаги пластикловчи қўшилмалар қўшиш, қоришманинг таркибий қисмларини жумладан, қориш сувини совутиб туриш йўли билан бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигини сақлаб қолиш мумкин.

Таркибида цемент миқдори турли ҳил бўлган қоришмалар учун  
30 °С да буғланиб кетган сув миқдори (вақт бўйича)

4.1-жадвал.

Ўлчов вакти, мин	Оғирлиги бўйича таркиби қуйидагича бўлган қоришма- ларда буғланиб кетадиган сув миқдори, %			
	1:2	1:3	1:4	1:5
0	0	0	0	0
30	6,0	33,5	4,30	7,5
60	11,0	12,5	15,30	14,0
90	22,0	21,0	23,3	22,0
120	29,0	26,0	32,32	36,0
180	39,0	39,7	45,50	46,5
240	46,0	49,7	55,20	58,0
300	57,0	57,7	68,32	71,0
360	64,0	67,7	76,07	85,2

Қуруқ ва иссиқ иқлим шароитида бетоннинг физик ва механик хоссалари ҳамда чидамлигини пасайтирадиган салбий омиллардан бири унинг сувсизланишидир. Бошланғич даврда кимёвий ва механик усуллар билан сувнинг қанча кўп буғланишига эришилса, бетоннинг кейинги қотиш потенциали шунчалик юқори ва намнинг йўқолиши туфайли тузилишнинг бузилиш ҳавфи шунчалик кам бўлади. Қурилиш майдонлари, очик цехлар, дала шароити ва корхоналарда бетон ва темирбетон тайёрлашнинг энг мақбул технологиясини ишлаб чиқишида атроф муҳитнинг юқори ҳарорати ва паст нисбий намликнинг салбий таъсирини бутунлай йўқотишга ёки ҳеч бўлмаса камайтиришга эришмоқ лозим.

#### §4.4. Бетон тузилишининг ҳосил бўлишига доир мисоллар

**4.1-мисол.** 150 г цемент тўлиқ гидратланганда тузилишни ташкил этувчиларнинг ҳажми аниқлансин. Цементнинг ҳақиқий зичлиги  $\rho_{ц} = 3,15 \text{ г/см}^3$ , цемент тўлиқ гидратланиши учун массасига нисбатан 25 % сувни кимёвий бириктиради.

*Ечили:* қуруқ цементнинг абсолют ҳажми:

$$V_{ц} = Ц / \rho_{ц} = 150 / 3,15 = 47,6 \text{ см}^3.$$

Боғланган сув миқдори:

$$V_{с} = 0,25 \cdot Ц = 0,25 \cdot 150 = 37,5 \text{ г.}$$

Гелли қаттиқ фаза ҳажми:

$$V_{гф} = V_{ц} + V_{с}(1 - 0,254) = 47,6 + 37,5(1 - 0,254) = 75,58 \text{ см}^3.$$

Гелнинг ғовақлари ҳажми:

$$V_{гг} = 0,28 \cdot V_{гф} / 0,72 = 0,28 \cdot 75,58 / 0,72 = 29,4 \text{ см}^3.$$

Гелнинг ғовақларидаги сув ҳажми:

$$V_{гс} = 1,1 \cdot V_{гг} = 1,1 \cdot 29,4 = 32,34 \text{ см}^3.$$

Сувнинг умумий миқдори:

$$\Sigma V_c = V_c + V_{гц} = 37,5 + 32,34 = 69,84 \text{ г.}$$

Гидратланган цемент ҳажми:

$$V_{гц} = V_{гф} + V_{гг} = 75,58 + 29,4 = 104,98 \text{ см}^3.$$

Цемент ва сувнинг дастлабки ҳажми:

$$V_{ц} + \Sigma V_c = 47,6 + 69,84 = 117,44 \text{ см}^3.$$

Контракционли ўзгаришлар туфайли ҳажмнинг камайиши:

$$V_{конт} = (V_{ц} + \Sigma V_c) - V_{гц} = 117,44 - 104,98 = 12,46 \text{ см}^3.$$

1 см<sup>3</sup> қуруқ цементнинг гидратланиш маҳсулоти ҳажми:

$$V_{гц}/V_{ц} = 104,98/47,6 = 2,21 \text{ см}^3.$$

**4.2-мисол.** Зич цемент гели (тоши) ҳосил бўлиши учун талаб қилинадиган С/Ц нисбати аниқлансин.

*Ечили:* Юқоридаги 4.1-мисолга асосан 150 г цементдан ҳосил бўладиган гел ҳажми  $V_{гц} = 104,98 \text{ см}^3$ . Қуруқ цемент ҳажми  $V_{ц} = 47,6 \text{ см}^3$ . Демак, дастлабки тайёрланган цемент ҳамирига сарф қилинадиган сув ҳажми:

$$V_c = V_{гц} - V_{ц} = 104,98 - 47,6 = 57,4 \text{ см}^3$$

Яъни, керакли сув-цемент нисбати

$$С/Ц = V_c/C = 57,4/150 = 0,38$$

**4.3-мисол.** Бетон қоришманинг куйидаги таркиби бўйича унинг қотиши бошланиш муддати аниқлансин. Цемент - 320 кг/м<sup>3</sup>, қум - 650 кг/м<sup>3</sup>, шағал - 1200 кг/м<sup>3</sup>, сув - 180 л. Қумнинг сув талабчанлиги 8 %, шағалники 2 %.

*Ечили:* Сув-цемент нисбати

$$С/Ц = (С - W_k \cdot K - W_{ш} \cdot Ш)/Ц = (180 - 0,08 \cdot 650 - 0,02 \cdot 1200)/320 = 0,33$$

Юқоридаги 4.7 расмда келтирилган графикка асосан С/Ц=0,33 бўлганда цемент ҳамири қотишининг бошланиши 6 соатдан кейин содир бўлади.

**4.4-мисол.** Цементнинг контракцияланиш жараёни натижасида 1 м<sup>3</sup> бетонда ҳосил бўладиган ғовакликлар ҳажми  $V_f$  аниқлансин.

1 м<sup>3</sup> бетон учун цемент сарфи мос ҳолда 250 ва 400 кг. Цементнинг контракцияланиши ҳажми бўйича 10 мл-100 г цемент учун.

*Ечили:* 1 кг цемент учун контракция миқдори

$$10 \cdot (1000/100) = 100 \text{ см}^3 = 0,1 \text{ л}$$

Контракцияланиш натижасида 1 м<sup>3</sup> бетондаги ғовакликлар ҳажми:

$$Ц = 250 \text{ кг/м}^3 \text{ бўлганда, } V_f = 0,1 \cdot 250 = 25 \text{ л.}$$

$$Ц = 400 \text{ кг/м}^3 \text{ бўлганда, } V_f = 0,1 \cdot 400 = 40 \text{ л.}$$

**4.5-мисол.** 1 м<sup>3</sup> бетон учун 350 кг цемент ва 180 л сув сарфланган бўлса, капилляр ғовакликлар ҳажми Г. И. Горчаков формуласи орқали аниқлансин.

*Ечили:* Капилляр ғовакликлар ҳажми:

$$П = [(С - 0,5 \cdot \alpha \cdot Ц)/1000] \cdot 100\% = [(180 - 0,5 \cdot 0,5 \cdot 350)/1000] \cdot 100\% = 9,3\%$$

бу ерда  $\alpha = 0,5$  цементнинг гидратланиш даражаси.

Бетоннинг капилляр ғовакликларини камайтириш учун  $С - 0,5 \cdot \alpha \cdot Ц$  миқдорини камайтириш талаб қилинади. Бу куйидагича амалга оширилади:

дастлабки сув миқдорини ёки сув - цемент нисбатини камайтириш орқали;

қотиш шароитининг иссиқ-намлик муҳитини яхшилаш, цементнинг туйилиш майинлигини ошириш ҳисобига унинг гидратланиш даражасини фаоллаштириш орқали.

### **Назорат саволлари**

1. Бетоннинг дастлабки тузилиши қандай шаклланади?
2. Гидратланиш жараёнининг босқичларини айтиб беринг.
3. Цементнинг гидратланиши қандай тавсифланади?
4. Цемент-сув тизимида контракцияланиш деб нимага айтилади?
5. Цемент тошини гидратланиш жараёнидаги ташкил этувчиларнинг ҳажми қандай аниқланади?
6. Бетон тузилиши шаклланишининг босқичларини айтиб беринг?
7. Бетон мустаҳкамлигининг ўзгариши қандай боғланиш орқали ифодаланади?
8. Қотган бетоннинг тузилиши қандай турларга бўлинади?
9. Бетоннинг тузилиши билан зичлиги орасида қандай боғлиқлик мавжуд?
10. Микробетон деб қандай тузилишга айтилади?
11. Тузилиш ҳосил бўлишнинг ҳисобий даврларини айтиб беринг.
12. Бетон тузилишининг муҳим белгиларидан бири нима?
13. Бетоннинг ички тузилишида қандай кучланишлар ҳосил бўлади?
14. Қуруқ ва иссиқ муҳитда тайёрланадиган бетон таркибининг асосий хусусиятларини айтиб беринг.
15. Қуруқ ва иссиқ иқлим шароитида қотаётган бетонда қандай деформациялар ҳосил бўлади?

### **Қўшимча адабиётлар**

1. Ахвердов И. Н. Основы физики бетона, -М.: Стройиздат, 1981, -250 б.
2. Шейкин А. Е., Чеховский Ю. В., Бруссер М. И. Структура и свойства цементных бетонов. –М.: Стройиздат, 1979,-200 б.

## 5-БОБ. БЕТОННИНГ МУСТАҲҚАМЛИГИ

### §5.1. Бетоннинг юк таъсиридаги хусусиятлари

Маълумки, бетоннинг мустаҳкамлиги бир қатор омилларга боғлиқ бўлиб таркиби, тайёрлаш жараёни ва қотиш шароити бир-ҳил бўлганда ҳам ўзгарувчан хоссаларга эга бўлади. Яъни, унинг мустаҳкамлиги асосан, ишлатиладиган материалларнинг сифатига, таркибининг энг мақбул танланганлигига, ғоваклигига, қотиш шароитига, синалаётган намунанинг шакли ва ўлчамларига шунингдек, кучланиш ҳолатининг тавсифига ҳам боғлиқ бўлади.

Бетон таркибини ташкил этувчи тўлдирувчиларнинг жойланишида аниқ қонуният бўлмаганлиги ва ғовакларнинг тартибсиз жойланиши натижасида бир-ҳил қоришмадан тайёрланган намуналарни синашда ҳар-ҳил қаршилиқ олинади. Бундан ташқари, намуналарни бир-ҳил бўлмаган шароит ва турли ҳил тезликда синаш ҳам бетон мустаҳкамлигининг ўзгарувчанлигига олиб келади.

Бетон сиқилишга яхши қаршилиқ кўрсатади, бироқ чўзилишга ва кесилишга мустаҳкамлиги анча камдир. Шу сабабли конструкциялар шундай лойиҳаланадики, бунда бетон фақат сиқувчи кучларни қабул қилиши керак. Бетоннинг чўзилувчи қисмига эса чўзувчи зўриқишларни қабул қилиши учун пўлат арматура ўрнатилади.

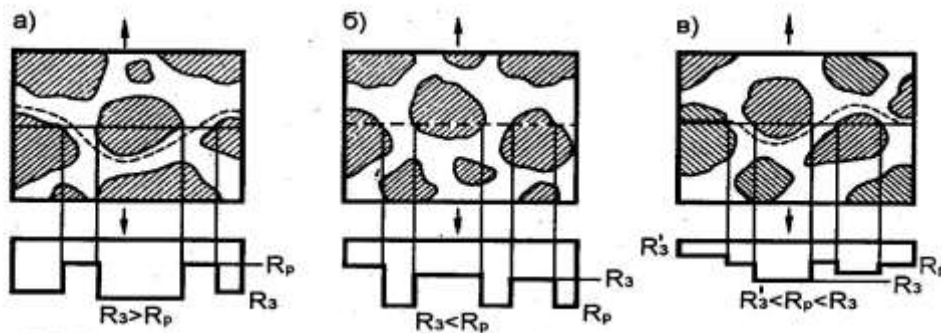
Бетоннинг мустаҳкамлиги интегралли тавсифдан иборат бўлиб, у бетон таркибини ташкил қилувчи компонентлар ва уларнинг сифатига боғлиқдир. Шунингдек, унинг мустаҳкамлиги бир қатор бошқа омиллар таъсирига ҳам боғлиқ бўлиб, аниқ қонуниятга бўйсунмайди.

Бетоннинг мустаҳкамлиги ундан ясалган намуналарни куч таъсирида синаб кўриш орқали аниқланади. Бетоннинг куч таъсиридаги ҳолати ва бузилиш тавсифи кўп тадқиқотчилар томонидан ўрганилган. Бунда бетоннинг бузилиши бир неча ҳил кўринишда содир бўлади (5.1-расм).

Биринчи ҳолатда тўлдирувчиларнинг чўзилишга бўлган мустаҳкамлиги цемент тошининг (қоришманинг) мустаҳкамлигидан катта бўлса, таркибнинг бузилиши цемент тоши бўйича содир бўлади ва бузилишлар тўлдирувчи доналари атрофидан ўтади (5.1 а-расм). Иккинчи ҳолатда, яъни тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлиги цемент тоши мустаҳкамлигидан паст бўлса, бузилиш тўлдирувчилар орқали ўтади (5.1 б-расм). Учинчи ҳолатда эса, тўлдирувчилар ва цемент тошининг мустаҳкамликлари ўзаро яқин бўлганида таркибнинг бузилиши аралаш ҳолда рўй беради (5.1 в-расм). Бунда таркибнинг қайси жойидаги мустаҳкамлиги пастроқ ва ғоваклар мавжуд бўлса, бузилиш шу ердан ўтади.

Бетоннинг бузилиш жараёнини ўрганиш натижасида Б. Г. Скрамтаев бетон мустаҳкамлигининг уч ҳил гипотезасини таклиф қилган. Биринчи гипотеза цемент тоши ва тўлдирувчилар ўртасидаги меъёрий зўриқишларнинг бўлиниши уларнинг эластиклик модулига мос келишига асосланган, яъни материалнинг эластиклик модули юқори бўлган жойларида зўриқишлар





**5.1-расм. Бетоннинг куч таъсирида бузилиш ҳолати. а-тўлдирувчиларни бузмасдан цемент қоришмаси бўйича; б-тўлдирувчи доналари бўйича, в-аралаш бузилиш (цемент тоши ва тўлдирувчилар бўйича).**

шу жойга тўпланиши назарда тутилган. Иккинчи гипотезага кўра бетоннинг сиқилишдаги бузилиши қия юзалардаги кесилиш оқибатида рўй беради. Учинчи гипотеза бўйича бетон сиқилиш таъсиридаги кўндаланг кенгайиши натижасида бузилади.

Бундай бузилишлар қуйидаги сабабларга кўра юз бериши мумкин: цемент тошининг ёрилиши натижасида; цемент тоши ва тўлдирувчилар орасидаги боғланишнинг бузилиши натижасида; тўлдирувчи доналарининг узилиши натижасида.

Бетоннинг мустаҳкамлиги бўйича таклиф қилинган гипотезалар тажрибавий натижалар билан текшириб кўрилганда, учинчи гипотезанинг ҳақиқатга анча яқинлиги ва биринчи гипотеза қисман тўғри эканлиги маълум бўлди. Бу ҳолатлар яъни, бетоннинг юк таъсирида ўзгариши ва бузилиш тавсифларини ўтказилган тажрибалар тасдиқлайди.

Бетон таркибининг бузилиш жараёнини микроскопли ва ультратовушли усуллар орқали ўрганиш натижаларидан маълумки, бетонда бузилишдан анча олдин микродарзлар пайдо бўлади. Кузатилган омилларнинг назарий асосини яъни, бетондаги кучланишлар майдонини А. А. Гвоздев ишлаб чиққан. Юк таъсирида юзага келган кучланишлар майдони материалнинг бир жинсли бўлмаганлиги натижасида юзага келган кучланиш майдони билан таъсирлашади, натижада дарз ҳосил бўлишига сабаб бўладиган ички кучланишларнинг бир жойда тўпланиши содир бўлади. Бетоннинг куч таъсиридаги бузилиш жараёнининг замонавий илмий таҳлили ва тажрибалар асосидаги механизми қуйидагича бўлади:

1. Бетоннинг бузилиши босқичма-босқич содир бўлади. Бунда куч таъсирида бетон танасида зўриқишлар майдони вужудга келади. Сўнгра алоҳида жойларида маҳаллий зўриқишлар йиғилади (ғовакларда ва тўлдирувчи билан цемент тошининг бириккан жойларида). Натижада алоҳида микроҳажмларда микроёриқлар пайдо бўлади. Сўнгра ташқи куч таъсирининг ортиши натижасида ички зўриқишлар ортиб боради ва у бетон танаси бўйича тақсимланиб, микроёриқларни бир-бирига улайди ва таркибда макро-ёриқларни вужудга келтиради. Бундай ёриқлар асосан тузилишнинг

мустаҳкамлиги камроқ бўлган жойларида кўпроқ ҳосил бўлади. Натижада бетоннинг қаршилиқ қилиш қобилияти кескин камаяди, бинобарин ёриқлар кенгайиб бетон бузилади.

2. Сиқилган бетоннинг бузилиши, кучнинг таъсир қилиш йўналишига параллел вазиятда ҳосил бўладиган микроёриқларнинг ривожланиши билан бошланади. Бунда бетон намуна ҳажми кенгайгандек бўлади, ҳақиқатда эса таркибнинг бир жинслилиги бузилади. Микроёриқларнинг ривожланиш жараёни эса бетоннинг тузилиши билан тавсифланади (яъни, қаерда ғоваклар ва камчиликлар бўлса, шу ерда ёриқлар тез ривожланади).

3. Бетоннинг бузилиш жараёнига сезиларли таъсир қилувчи омил, бубетондаги суюқ фазадир. Сув бетоннинг сирпаниш ва пластик деформациялари ҳамда микроёриқларнинг ривожланишини енгилаштириб, унинг тузилиш боғланишларини кучсизлантиради ва мустаҳкамлигини пасайтиради. Ушбу омилнинг таъсир даражаси юкнинг қўйилиш тезлигига боғлиқдир.

4. Бетоннинг мустаҳкамлиги ва деформацияланиши тўлдирувчи доналарини яхлит (қўйма) бириктирувчи цемент тошининг таркиби ва тузилиши орқали аниқланади. Цемент тошининг таркиби ва тузилиши эса унинг минералогик таркибига, сув-цемент нисбатига, цементнинг туйил-ганлик даражасига (дисперслигига), турли-ҳил қўшимчалар миқдорига, қоришмани тайёрлаш шароитига ва ш. к.ларга боғлиқ бўлади. Шунингдек, бетоннинг тузилиши тўлдирувчиларнинг ҳили ва сифатига, уларнинг таркибига ҳам боғлиқдир.

Кейинги пайтларда у ёки бу технологик усулларни қўллаш, масалан, титратиб аралаштириш, қўшимчалар қўшиш орқали бетоннинг мустаҳкамлиги ва деформацияланиш ҳоссаларини анча яхшилиш мумкинлиги исботланди. Баъзи ҳолларда бетоннинг хоссалари 1,5...2 гача ўзгарганлиги кузатилган. Бетоннинг хоссалари тўлдирувчининг тури, сифати ва таркибига кўпроқ боғлиқ бўлади. Бир ҳил сифатли цемент, сув -цемент нисбати бир ҳил лекин турли тўлдирувчилар ишлатилган бетонларнинг мустаҳкамлиги бири-биридан 1,5...2 мартагача фарқ қилиши мумкин.

Демак бетоннинг бузилиш жараёни ҳақиқатдан ҳам мураккаб бўлиб, юқорида қайд қилинганидан ҳам кўпроқ омиллар таъсирига боғлиқдир. Шу сабабли ушбу муаммо ҳозирги кунга қадар тўлиқ асосланмаган ва қўшимча илмий изланишларни талаб қилади.

Бетоннинг мустаҳкамлигини аниқлашда унга бир қанча омиллар таъсир қилишини кузатиш мумкин. Яъни, битта қоришмадан тайёрланган, бир-ҳил шароитда қотирилган ва битта пресс ускунасида синаб кўрилган бетон намуналар ҳар-ҳил мустаҳкамлик кўрсаткичларга эга бўлиши мумкин. Синаш пайтида озгина четланиш содир бўлса мустаҳкамлик кўрсаткичлари орасидаги фарқ анча катта бўлади. Шу нарсани эсда тутиш керакки, бетоннинг синаш орқали аниқланган мустаҳкамлик кўрсаткичи материалнинг ўзигагина эмас, маълум даражада, синаш усулига ҳам боғлиқ бўлади. Шунинг учун синаш усулларига қатъий амал қилиш ва синовларни максимал даражада бир ҳил шароитда ўтказиш лозим.

Юқорида айтилганларнинг исботи учун бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига намуналарни тайёрлаш ва синаш билан боғлиқ бўлган турли омилларнинг қандай таъсир қилишини кўриб чиқамиз. Шартли равишда бу омилларни уч гуруҳга бўлиш мумкин: технологик, услубий ва статистик омиллар.

Маълумки, тузилиши мутлоқ бир ҳил бўлган бетон намуналарни олиш имкони йўқ. Бетон компонентларининг жойлашиш тизимида пайдо бўладиган камчиликлар (ғоваклар ва микродарзлар) шунингдек, цемент ва тўлдирувчи таркибидаги доналар хусусиятида (кам бўлса ҳам) фарқ бўлади. Натижада материал тузилиши маълум даражада бир ҳил бўлмайди ва у синов натижаларига таъсир кўрсатади.

Намуналарни таёрлаш ва уларнинг сифат кўрсаткичлари билан боғлиқ жараёнлар технологик омиллар ҳисобланади. Синов натижаларига намуна қирраларининг параллеллиги, геометрик ўлчамларининг аниқлиги, юзасининг силлиқлиги ва тайёрланиш шароити таъсир кўрсатади. Мисол учун, сув сарфи юқори бўлган суяқ қоришмадан бетон намуналари тайёрланганда тўлдирувчи доналари остида, седиментация натажасида бўшашган жойлар пайдо бўлади. Ён томонидан куч қўйиб намуналар сиқилишга синалганда, бўшашган бўшлиқлар сиқувчи кучининг йўналишига мос келиб қолса натижа паст бўлади.

Бундай ҳолда бўш жойларнинг мавжудлиги намунанинг горизонтал йўналишдаги тортувчи кучга қаршилигини жиддий камайтиради ва унинг бузилишига олиб келади. Ён томони билан қўйиб синалган намунанинг мустаҳкамлиги намуна қолиплаган ҳолатда синалганидан 15...20 % кам бўлиши мумкин. Шунинг учун синаш вақтида айтиб ўтилган омилларни албатта ҳисобга олиш ва намуналарни прессга бир ҳил ҳолатда қўйиш керак.

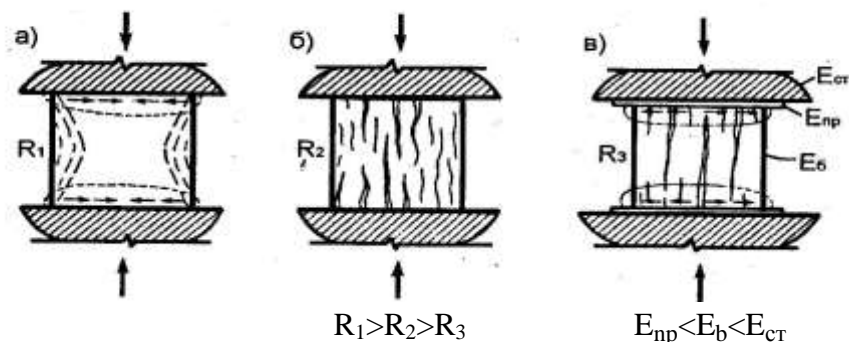
Услубий омилларга синаш усулининг турли жиҳатлари киради ва уларнинг ҳар бири синаш натижаларига таъсир қилади. Пресснинг конструкцияси ва хусусиятлари, намунанинг ўлчами, пресс билан намунанинг бир-бирига таъсир қилиш шароити, юклаш тезлиги, бетоннинг намлиги яқиний натижага, яъни бетоннинг чегаравий мустаҳкамлигини аниқлашга таъсир қилиши мумкин.

Бетон намунаси прессда синаб кўрилганда кучланиш намунадан ташқари пресс плиталарида ҳам ҳосил бўлади. Пўлатнинг эластиклик модули бетон эластиклик модулидан юқори бўлгани учун пресс плитасида ҳосил бўладиган бир-ҳил йўналишдаги деформациялар, шу жумладан, чўзувчи кучланишлар таъсирида бўладиган кўндаланг деформация ҳам бетон деформациясига нисбатан кам бўлади. Пресс плиталари ва намуна сиртига ишқаланиш кучи таъсир этади, натижада прессга тегиб турган бетон намуна юзасидаги деформация билан плита деформацияси бир ҳил бўлади. Ушбу деформациялар бошқа қесимлардаги деформациялардан анча кам бўлади ва деформациялар чегаравий микдорга етиб ёриқлар кўпайганда намуна бузилиб кетади.

Пресс плитаси унга тегиб турган бетон қатламларининг деформациясини камайтириб уларни тутиб туради ва бузилишдан сақлайди. Бу

ходиса “обойма самараси” деб аталади ва деформация намунанинг пресс плитаси сиқиб турадиган ўрта қисмида айниқса кўпроқ бўлгани учун бетон кублар бир-бирига ўхшаш тарзда бузилади.

Кубнинг бузилиши натижасида ён томонларидан иккита учбурчак шаклидаги бетон синиқлари ажралиб чиқади. Намунанинг ўзи эса кичик асослари бир-бирига туташган иккита кесик пирамида шаклига ўхшаб қолади (5.2 а-расм).



**5.2-расм. Турли ҳил синаш шароитида бетон кубларнинг бузилиш тавсифлари. а-оддий синаш схемаси (иштрихланган чизиқлар билан обойма самараси таъсир доираси кўрсатилган); б - таянч юзларига мой суртилган; в – силжувчи қоплама кўйилган.**

Бетон намунанинг бундай схема бўйича бузилишига асосий сабаб, пресс плиталари билан намуна сирти орасида ҳосил бўладиган ишқаланиш кучларидир. Бу кучлар намунанинг ичкарасига қараб йўналган бўлиб, бетоннинг кўндаланг йўналиш бўйича деформацияланишини чеклайди. Намуна сиртидан узоқлашган сари бу кучларнинг қиймати камайиб боради.

Агар пресс плитаси билан намуна сирти орасида ҳосил бўладиган ишқаланиш кучлари йўқотилса (масалан, мой суртилиб ёки силжувчи қоплама кўйилиб), бетон намунанинг бузилиши умуман бошқа схема бўйича содир бўлади (5.2 б, в-расмлар). Яъни, намунада куч йўналишига параллел бўлган ёриқлар пайдо бўлади. Ишқаланиш кучлари бўлмаганлиги сабабли намуна кўндаланг йўналиш бўйича эркин деформацияланади. Бунда бетоннинг қаршилиги 20...30 % гача камаяди. Шунинг учун давлат стандарти бўйича бетоннинг мустаҳкамлиги биринчи схема асосида, яъни бетон намуналарнинг сирти ёғланмасдан ёки силжувчи қоплама кўйилмасдан аниқланади.

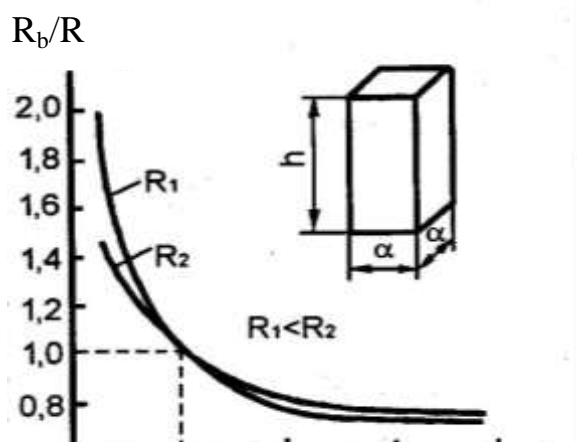
Тажрибалардан маълумки, ишқаланишни батамом йўқ қилиш мумкин эмас ва мой ишқаланиш коэффициентини қандайдир даражада камайтиради ҳолос. Ишқаланишнинг ўзи эса бетон тузилишининг мустаҳкамлиги ва бир қатор бошқа омилларга боғлиқ бўлади. Мойлаш синаш шароитининг ноаниқ бўлишига олиб келади, олинadиган натижалардаги фарқни ошириб юборади. Шунинг учун бетоннинг ҳақиқий мустаҳкамлигини билиш учун обойма самарасининг тутиб турувчи таъсирини йўқ қилувчи бошқа усул яъни, призмаларни синаш усули қабул қилинади.

Агар пресс плитаси билан намуна ўртасига деформация модули бетон деформацияси модулидан кам бўлган қалин қоплама қўйилса унда бетон деформациясидан юқори бўлган чўзилиш деформацияси ҳосил бўлади. Натижада қоплама бетоннинг парчаланишига ёрдам беради ва тажрибавий кубларнинг мустаҳкамлиги стандарт усул билан синалганидан 35...50 % кам чиқиши мумкин (5.2 в-расм).

Обойма самараси сабабли синов натижасига намунанинг ўлчами ва шакли сезиларли таъсир кўрсатади. Обойма самараси бетоннинг пресс плитасига тегиб турган юпқа қатламида ҳосил бўлади. Шунинг учун пресс плитаси қанча кенг очилган бўлса, яъни намунанинг ўлчами қанча катта бўлса, обойма самараси ҳам шунча кам бўлиб, синовлар вақтида бир ҳил бетондан олиниб ва бир ҳил шароитда қотирилган намуналар мустаҳкамлиги анча кам эканлигини кузатиш мумкин.

Призмалар синаб кўрилганда бетоннинг ўлчами мустаҳкамликка таъсир қилиши айниқса кўпроқ кузатилади. Агар пресс плиталари ўртасидаги масофа узайтирилиб ва оралиқ  $h/a$  ўзгартириб борилса мустаҳкамлик бир неча маротабагача ўзгариши мумкин. Юпқа намуналарда у баланд призмаларга қараганда 2...3 марта каттароқ бўлади. Оғир бетондан тайёрланган призмаларнинг мустаҳкамлиги кубларни синаш кўрсаткичидан 20...30 % кам бўлади. Тажрибалардан маълумки,  $h/a > 3$  бўлганда  $h/a$  қиймати бундан катталаниши билан бетон мустаҳкамлиги ўзгармайди, яъни обойма самараси ва бошқа омилларнинг таъсири деярли сезилмайди. Шу сабабли темирбетон конструкцияларни лойиҳалашда улардаги бетоннинг ҳақиқий мустаҳкамлигини юқори даражада тавсифловчи призма шаклидаги бетоннинг мустаҳкамлиги олинади.

Квадрат шаклидаги асосининг томонлари “ $a$ ” ва баландлиги “ $h$ ” бўлган



5.3-расм. Бетоннинг мустаҳкамлигига намуна ўлчамларининг таъсири.

призма кўринишдаги бетон намуна марказий сиқилишга синалганда  $h/a$  нисбатнинг ошиши билан бетон призманинг мустаҳкамлиги камая боради (5.3-расм). Бунда  $h/a = 4$  бўлганда ишқаланиш кучларининг таъсири умуман йўқолиб, бетоннинг қаршилиги ўзгармайди.

Обойма самарасининг таъсир даражаси бетоннинг тури ва хусусиятига ҳам боғлиқ бўлади. Мустаҳкамлиги паст ва кўпроқ деформацияланадиган бетонда пресс плиталари де-

формациясининг таъсири тез сўнади ва намунанинг камроқ қисмига таъсир қилади. Натижада обойма самарасининг таъсири камаяди. Шунинг учун паст синфдаги енгил бетонлар учун маълум даражагача турли ўлчамдаги

кубларнинг мустаҳкамлигини бир ҳил қабул қилиш мумкин. Бетон тузилиши ва мустаҳкамлиги унинг призмавий мустаҳкамлигига таъсир қилади. Яъни,  $R_b/R_{куб}$  нисбати оғир бетон учун 0,6 дан 0,9 гача, енгил бетон учун эса 0,65 дан 1 гача ўзгариши мумкин.

Аммо турли ўлчамдаги намуналарни синаш вақтида мустаҳкамлик кўрсаткичлари турлича бўлишини обойма самараси билангина тавсифлаб бўлмайди. Бунда бошқа омиллар борлигини ҳам назарда тутиш керак. Намуна қанча катта бўлса унда бетон мустаҳкамлигини камайтирувчи ҳар-ҳил нуқсонлар ҳосил бўлиши ҳам шунча кўп бўлади. Маълум маънода бетоннинг бузилишига насбатан ишлатиладиган материалларнинг мўрт бузилиш назарияси маълумотларига асосан, мустаҳкамлик кўрсаткичини ўртача чегарасининг намуна ҳажмига боғлиқлиги қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$R = R_0[a + b(V_0/V)^{1/\alpha}] \quad (5.1)$$

бу ерда  $R_0$  – стандарт намунанинг мустаҳкамлик чегараси, МПа;  $a$ ,  $b$ ,  $\alpha$  – тақрибий коэффициентлар;  $V_0$  – стандарт намунанинг ҳажми. Тажриба натижаларига кўра  $a = 0,45...0,7$ ;  $b = 0,4...0,6$ ;  $\alpha = 3$  қабул қилинади. Бирок ушбу коэффициентлар бундан ҳам кўпроқ ўзгариши мумкин.

Намуналарни синаш вақтида масштаб, пресс конструкцияси, статистик ва технологик омиллар таъсирини ажратишнинг деярли имкони йўқ. Шу сабабли юқоридаги формула қайсидир маънода турли омиллар таъсирини акс эттиради.

Турли ўлчамдаги намуналар тайёрланганда уларнинг мустаҳкамлигига технологик омиллар ҳам таъсир қилади. Бундай намуналарда тузилиш турли ҳил даражада зичланган, бир ҳил бўлмаган шароитда қотган ва ташқи омиллар таъсирида кучланишлар ҳам турлича бўлиши мумкин ва ш.к. Юқорида айтилганлар бетон тузилишининг шаклланишига ва тажрибавий (назорат) намуналарнинг мустаҳкамлигига таъсир қилиши мумкин.

Технологик жараёнларни ташкил этиш ҳам мустаҳкамликка маълум даражада таъсир кўрсатади. Мустаҳкамликнинг статик назариясидан маълумки, технологик жараёнлар қанча яхши ташкил қилинган ва бетон мустаҳкамлигининг вариациялаш коэффициенти кам бўлса, масштаб самараси ҳам шунча кам намоён бўлади.

Тажрибалар натижасига пресс конструкцияси ҳам сезиларли таъсир кўрсатиши мумкин. Г. Рюша ишларидан маълумки, бетон куб намуналарни тажрибавий натижаларига пресс таянч плитасининг қаттиқлиги катта таъсир кўрсатади. Пресс таянч плитасининг қаттиқлиги ва қалинлиги етарли даражада бўлмаса бетон куб намуналар кам мустаҳкамликни кўрсатиши мумкин.

Одатда прессларга қалинлиги 10 см бўлган плиталар ўрнатилади. Бунда ўлчами 20x20x20 см ( $\alpha = 10/20 = 0,5$ ) бўлган кубларни синашда пўлат плитада бетоннинг мустаҳкамлигига боғлиқ ҳолда турли кучланиш ва деформациялар ҳосил бўлади. Масалан, мустаҳкамлиги 20 МПа бўлган бетон учун обойма самараси таъсири эвазига кубнинг мустаҳкамлиги қийматининг

ортиши кузатилади ( $k = \varepsilon_{п.тах}/\varepsilon_b = 0,4$ ; бу ерда  $\varepsilon_{п.тах}$  – пўлатнинг максимал узайиши;  $\varepsilon_b$  – бетон кубнинг бузилиш пайтидаги чўзилиши). Мустаҳкамлиги 40 МПа бўлган бетон учун обойма самараси қарийиб йўқолади ( $k = 0,9$ ). Мустаҳкамлиги 60 МПа бўлган бетон учун эса обойма самараси сезиларли бўлади ва бетоннинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари кам чиқади.

Керакли қалинликдаги қаттиқ таянч плитаси қўлланилганда бетон кубнинг бузилиш тавсифи 5,2 а-расмдагига ўхшаш бўлади. Кераклича қаттиқликка эга бўлмаган таянч плитаси қўлланилганда кубнинг бузилиши 5,2 в-расмдагидек бўлишини кузатиш мумкин, бундай ҳолатда бетоннинг мустаҳкамлиги камаяди. Тажрибалар кўрсатадики, пресс плитасининг таъсирини рухсат этиладиган миқдоргача камайтириш учун унинг қалинлиги куб қирраси ўлчамининг ярмидан кўп бўлиши керак (пресс плитаси битта нуқтага маҳкамланган ҳолда). Пресс плитаси икки нуқтага маҳкамланган бўлса  $\alpha$  қийматини 0,35 гача камайтириш мумкин.

Юқоридаги ҳолатлардан хулоса қилиш мумкинки, тажрибаларни ўтказиш услуби ҳам бетоннинг мустаҳкамлигини аниқлашда сезиларли таъсир кўрсатади. Шу сабабли ишончли натижаларни олиш учун тажрибаларни ташкил қилиш ва ўтказиш Давлат стандартлари (ЎЗРСТ) ва бошқа меъёрий ҳужжатлар тавсиялари асосида амалга оширилиши керак.

## §5.2. Бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги

Бетоннинг энг муҳим тавсифларидан бири, бу унинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги бўлиб, у бетоннинг бошқа мустаҳкамликларига нисбатан жуда оддий усулда аниқланади. Яқин йилларгача “эталон” сифатида бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлигини ифодалаш учун бетоннинг “маркаси” деган кўрсаткич қабул қилинган эди. Бетоннинг маркаси деб, қирраларининг ўлчамлари 15x15x15 см бўлган куб намунасининг муҳит ҳарорати  $20 \pm 2$  °С ва намлиги 90 % бўлган шароитда 28 кун қотганидан кейин сиқилишдаги чегаравий қаршилик қилиш қобилятига айтилади (ГОСТ 10180-2012 талаби бўйича).

Қурилиш меъёрлари ва қоидалари оғир бетонларнинг қуйидаги маркаларини белгилаб беради: М50, М75, М100, М150, М200, М250, М300, М350, М400, М450, М500, М600 ва ундан юқори (М 100 дан ошиб боради). Ишлаб чиқаришда бетоннинг кўзда тутилган маркаси бўлишини таъминлаш зарур. Белгиланган бетон маркаси 15 % дан ортиқ бўлмаслиги керак, акс ҳолда бу ҳол цементнинг ортиқча сарфланишига сабаб бўлади.

Енгил бетоннинг ҳам маркаси 15x15x15см ўлчамли кубларни сиқилишга синаш орқали аниқланади. Бошқа ўлчамдаги кублар синалганда ўтиш коэффициентлари қўлланилмайди. Енгил бетонларнинг қуйидаги маркалари мавжуд: М25, М35, М50, М75, М100, М150, М200, М250, М300, М350, М400.

Йиғма темирбетон конструкцияларни тайёрлашда, тез қотадиган цемент ишлатилганда ёки цементни тез қотириш усуллари қўлланилганда, унинг

мустаҳкамлиги қисқа муддат қотганидан кейин масалан, 1, 3 ва 7 кундан сўнг синаб кўрилади. Аксинча қуйма конструкцияларда ишлатиладиган ва секин қотувчи цемент ишлатилганда бетоннинг қотиш муддати 28 кундан кўп қилиб белгиланиши мумкин (60, 90 ва 120 кун). Бетон қотишининг белгиланган муддати ошганда цемент кўпроқ тежаллади. Бунда белгиланган қотиш муддати техник ва иқтисодий жиҳатдан асосланган бўлиши керак.

Маълумки 1984 йилдан бошлаб, бетоннинг мустаҳкамлик бўйича сифатини ифодаловчи тавсифи сифатида бетоннинг “*синфи*” деган тушунча қўлланилмоқда. Бетоннинг синфи деб, қирраларнинг ўлчамлари 15x15x15 см бўлган бетон кубнинг 95 % таъминланиш билан 28-чи кунда аниқланган сиқилишдаги чегаравий қаршилик қилиш қобилятига айтилади (МПа). Бетоннинг синфи билан маркаси ўртасидаги фарқ қабул қилинадиган қаршилик миқдорининг таъминланиши билан ифодаланади. Бетоннинг маркаси учун қаршиликнинг таъминланиши 50% ни ташкил қилади (қаршиликнинг ўрта статистик миқдори). Бетоннинг синфи учун эса, бу таъминланиш 95 % ни ташкил қилади.

Бетоннинг маркаси билан синфи орасидаги боғланиш қуйидаги формула орқали ифодаланади.

$$B = 0,1 \cdot M (1 - 1,64 v_R) \quad (5.2)$$

бу ерда B- бетоннинг синфи, МПа; M-бетоннинг маркаси, кгс/см<sup>2</sup>;  $v_R$  -бетон мустаҳкамлигининг ўзгарувчанлик коэффиценти (вариациялаш коэффиценти; оғир ва енгил бетонлар учун  $v_R = 0,135$  га тенг).

Бетоннинг марказий сиқилишдаги мустаҳкамлигини аниқлаш учун куб шаклидаги бетон намуна гидравлик пресс плиталари орасига ўрнатилиб, марказий сиқилишга синаб кўрилади. Одатда УзРСТ талаби бўйича қирраларининг ўлчамлари 15 см бўлган бетон куб намуналарни синаш тавсия қилинади. Бетон куб намуналарнинг сиқилишидаги чегаравий қаршилиги R бузувчи  $F_u$  кучни шу куч йўналишига перпендикуляр бўлган куб томонининг  $A_b$  юзасига нисбати билан ифодаланади, яъни:

$$R = \alpha \cdot (F_u / A_b) \quad (5.3)$$

бу ерда  $\alpha$ -ўтиш коэффиценти. Қирраларининг ўлчами 15 см бўлган куб учун  $\alpha = 1,0$  тенг деб олинади.  $F_u$ -бузувчи куч, кН,  $A_b$ -намунанинг куч таъсир қиладиган юзаси, см<sup>2</sup>.

Йирик тўлдирувчи доналарнинг ўлчамлари 20 мм гача бўлганда ўлчамлари 10 см ли бетон-куб намуналар, худди шундай 40 мм гача бўлганда ўлчамлари 15 см ли бетон -куб намуналар ва худди шундай 70 мм гача бўлганда ўлчамлари 20 см ли бетон-куб намуналарни синашга тавсия этилади. Бунда ўлчамлари 10 ва 20 см ли куб намуналарнинг тажрибада олинган мустаҳкамлигидан ўлчами 15 см ли кубникига ўтиш учун мос ҳолда ўтиш коэффиценти  $\alpha$  га кўпайтирилади (10 см ли куб учун,  $\alpha = 0,85$ ; 20 см ли куб учун эса  $\alpha = 1,05$ ).

Амалда юқоридаги коэффицентлардан анча четланиш кузатилади, чунки уларнинг кўрсаткичи пресс плиталари таянчининг бикрлиги, бетоннинг мустаҳкамлиги ва бошқа омилларга боғлиқ бўлади. Аниқроқ



натижага эришиш учун пресс таянч плиталарининг қалинлиги синалаётган куб ўлчамининг ярмидан кам бўлмаслиги керак. Бу ҳолда ҳақиқий ўтиш коэффициентлари тавсия этилганидан кўпроқ бўлиши мумкин ва бетон шу ҳол ҳисобга олиниб лойиҳаланса конструкциянинг қўшимча мустаҳкамлиги ошади (§ 5.1-қаранг).

Бетон тузилиши бир жинсли бўлмаганлиги сабабли ва уни синашда ишқаланиш кучларининг ҳосил бўлиши натижасида ҳар-ҳил ўлчамдаги кубларнинг мустаҳкамликлари бир ҳил бўлмайди. Куб қирраларининг ўлчамлари қанча кичик бўлса, унинг мустаҳкамлиги шунча юқори бўлади. Стандарт ўлчамдаги кубнинг (15x15x15 см ли) мустаҳкамлиги  $R$  бўлганда, қирраларининг ўлчами 10 см бўлган кубнинг мустаҳкамлиги  $1,16 \cdot R$ , қирраларининг ўлчами 20 см бўлган кубнинг мустаҳкамлиги эса  $0,95 \cdot R$  га тенг бўлади. Бунга сабаб бир жинсли бўлмаган бетон намуналарда, улар ўлчамларининг катталаниши билан нуқсонлар сонининг кўпайишидир.

Бетоннинг кубик қаршилиги фақат унинг сифатини назорат қилиш учун фойдаланилади ва темирбетон конструкцияларни ҳисоблашда эса бевосита қўлланилмайди. Темирбетон конструкцияларда бетоннинг ишлаш ҳолати бетон-кубнинг ишлаш ҳолатидан фарқ қилиб, бетон-призманинг ишлаш ҳолатига яқин бўлади. Шунинг учун конструкцияларни ҳисоблашда бетоннинг призмавий қаршилиги ишлатилади.

Бетоннинг призмавий қаршилиги (ГОСТ 22452-80 асосан) баландлиги унинг асоси ўлчамига нисбати  $h/a = 4$  бўлган бетон намунани (призми) бузилиш даражасигача синаш йўли билан аниқланади (§ 5.1-қаранг). Бунда бетон призма босқичма-босқич юкланиб, ҳар босқичда юкнинг миқдори бузувчи кучнинг 10 % га тенг қилиб олинади. Бетон намуна ҳар бир босқичда юк таъсирида 4...5 мин ушлаб турилади. Юклаш тезлиги ўзгармас бўлиб, 0,2...0,6 МПа/сек га тенг қабул қилинади.

Бетоннинг призмавий ва кубик қаршилиги ўртасида тўғри пропорционал боғланиш мавжуд. Бу боғланиш қуйидаги тақрибий формула орқали ифодаланади:

$$R_b = (0,77 - 0,001 \cdot R) \cdot R, \text{ ёки } R_b = 0,75 \cdot R \quad (5.4)$$

Тажрибалар шуни кўрсатадики, бетоннинг мустаҳкамлиги вақт ўтиши билан ошиб боради ва бу жараён бир неча йил давом этиши мумкин. Вақт давомида бетон мустаҳкамлигининг ошишига унинг таркиби, атроф-муҳитнинг иссиқлик ва намлиги катта таъсир кўрсатади. Бетон мустаҳкамлигининг вақт давомида энг кўп ортиши дастлабки қотиш даврига тўғри келади.

Бетоннинг мустаҳкамлиги билан унинг ёши ўртасидаги боғланишни ифодаловчи кўп тақлифлар мавжуд булиб, бу тақлифлардан бири Б. Г. Скрамтаев томонидан портландцемент асосида тайёрланадиган бетонлар учун берилган оддий логарифмик боғланишдир ва у қуйидаги формула билан аниқланади:

$$R_i = R_{28}(\lg t / \lg 28) = 0,7 R_{28} \lg t \quad (5.5)$$

бу ерда  $R_{28}$ -бетоннинг 28 кундаги кубик мустаҳкамлиги, МПа;  $R_t$ -  $t$  вақтдаги бетоннинг мустаҳкамлиги, МПа.

Бетон ва темирбетон конструкциялар учун оғир бетоннинг сиқилишга бўлган мустаҳкамлиги буйича қуйидаги синфлари мавжуд (шаҳарсозлик норма қоидалари буйича): В1, В1,5, В2, В2,5, В3,5, В5, В7,5, В10, В12,5, В15, В20, В25, В30, В35, В40, В45; В50, В55, В60.

Енгил бетонлар учун эса: В2,5, В3,5, В5, В7,5, В10, В12,5, В15, В20, В25, В30, В35, В40 синфлари тавсия қилинади.

Бетоннинг синфидан унинг мустаҳкамлигига ўтиш (5.2) формула асосида қуйидагича бўлади (бунда ўзгарувчанлик коэффиценти  $\nu_R = 0,135$  га тенг)  $V = 0,778 \cdot R_b$  ва  $R_b = V/0,778$

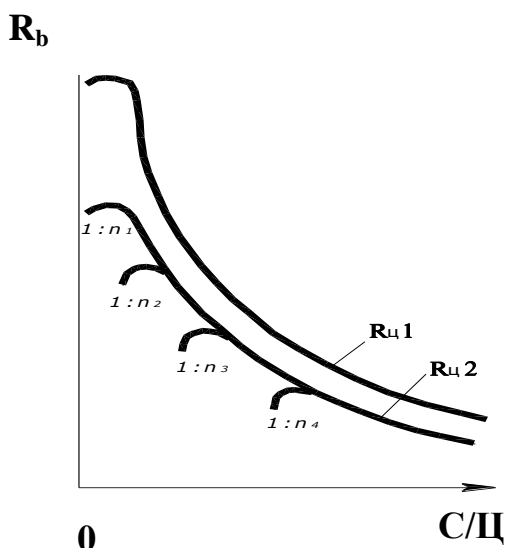
Мисол учун синфи В7,5 бетон учун, унинг мустаҳкамлиги:  $R_b = 7,5/0,778 = 9,6$  МПа; синфи В45 бетон учун  $R_b = 45/0,778 = 57,8$  МПа.

Бетоннинг таркибини танлашда, бетон мустаҳкамлигининг цемент ва тўлдирувчилар сифатига, уларнинг нисбати ва ш. к омиллар таъсирига боғлиқлигини ҳисобга олиш керак. Меъёрий шароитда ва белгиланган вақтда қотаётган бетон мустаҳкамлиги цемент фаоллиги ва сув-цемент нисбатига боғлиқ бўлади. Яъни, цемент фаоллиги ошса ва сув-цемент нисбати камайса, бетон мустаҳкамлиги юқори бўлади ва аксинча. Ушбу боғланиш қуйидаги формула орқали ифодаланади.

$$R_b = R_{ц}/A \cdot (C/Ц)^{1/2} \quad (5.6)$$

бу ерда  $R_b$ -бетоннинг 28 кундаги меъёрий мустаҳкамлиги, МПа;  $R_{ц}$ -цемент фаоллиги, МПа;  $A$ -бошқа омиллар таъсирини ҳисобга олувчи коэффицент,  $C/Ц$ -сув цемент нисбати.

Бетон мустаҳкамлигининг сув-цемент нисбатига боғлиқлиги бетон тузилиши шаклланишининг физик моҳиятидан келиб чиқади ва



5.4-расм. Бетон мустаҳкамлигининг  $C/Ц$  ва  $R_{ц}$  боғлиқлиги ( $1:n_1$  - цемент массасининг тўлдирувчи массасига нисбати,  $R_{ц1}$  ма  $>R_{ц2}$  ).

гипербалосимон эгри чизик кўринишида бўлади (5.4-расм). Цементнинг гидратланиш жараёнини ўрганишлар шуни кўрсатадики, цемент қотиши давомида (қотиш вақтига боғлиқ ҳолда) массасига нисбатан 15...25% сувни бириктиради (яъни, талаб қилинадиган сувнинг миқдори цемент массасининг тахминан 0,15...0,25 қисмини ташкил қилади). Биринчи ой давомида цемент массасига нисбатан 20 % гача сувни бириктиради. Аммо бундай бетон жуда бикр ва қуруқ бўлади ва уни қолипларга жойлаб бўлмайди. Шу сабабли қоришма пластиклигини ошириш мақса-

дида унга нисбатан кўпроқ сув кўшилади (цемент массасига нисбатан 40...70 %) яъни,  $C/Ц = 0,4...0,7$ . Натижада бетон танасида ортиқча сув сақланиб қолади.

Цемент билан кимёвий реакцияга киришмай қолган ортиқча сув бетон танасида сув капиллярлари сифатида қолади ва вақт ўтиши мобайнида ҳаво ғоваклари қолдириб буғланиб кетади. Иккала ҳолатда ҳам бетонда ғоваклар бўлгани учун унинг тузилиши заифлашади ва шунинг учун  $C/Ц$  қанча кўп бўлса бетоннинг мустаҳкамлиги шунча камаяди. Шундай қилиб сув-цемент нисбати қонуният моҳиятан, бетон мустаҳкамлигининг зичлик ва ғовак-лигига боғлиқ эканлигини кўрсатади.

Бетон мустаҳкамлигининг сув-цемент нисбатига боғлиқлиги маълум чегара доирасидагина бажарилади. Сув-цемент нисбати жуда паст бўлган ёки цемент ва сув сарфи кўпайтирилган ҳолатда ҳам, қулай жойлашувчан бетон қоришмасини олиб бўлмайди яъни, бетон керакли даражада зич бўлмайди. Шу сабабли  $R_b = f(C/Ц)$  боғланиш бузилади.  $C/Ц$  нисбати яна камайтирилгани билан бетоннинг мустаҳкамлиги ошмайди, хатто кейинроқ эса у камая бошлайди. Бетон мустаҳкамлигининг пасайишида цемент гидратланиши учун, цемент билан бевосита реакцияга киришадиган сувга нисбатан маълум даражада (2...3 марта) кўпроқ сув кераклиги ҳам таъсир қилади. Ушбу ортиқча сув миқдорини белгиланган миқдордан камайтириш гидратланшни секинлаштиради, бу эса ўз навбатида бетоннинг мустаҳкамлигини пасайтиради.

Мустаҳкамликнинг сув - цемент нисбатига боғлиқлигини бетон бир ҳил материалдан тайёрланганида ва бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги аниқ бўлганда шунингдек, бетонни тайёрлаш ва ётқизиш технологиялари бир ҳил бўлгандагина қатъий риоя қилинади. Бетон мустаҳкамлигига цемент фаоллиги ва  $C/Ц$  нисбатидан ташқари, цементнинг тури, тўлдирувчиларнинг хоссалари, намуналарни тайёрлаш усули ва бошқа омиллар ҳам таъсир қилади.

Шундай қилиб, амалда  $R_b = f(C/Ц)$  тавсифловчи эгри чизикда бетон мустаҳкамлигининг ўзгаришидини ҳисобга оладиган бошқа омилларнинг таъсирида аниқланган тажрибаларнинг натижаси ҳам жойлашади. Бироқ, ҳисоблашларни осонлаштириш учун  $R_b$  нинг  $C/Ц$  га боғлиқлигини билдирувчи ўртача эгри чизиклар ёки уларнинг формулалари ишлатилади. Бетон мустаҳкамлиги формулаларида цемент, тўлдирувчи ва бошқа компонентларнинг таъсири одатда тақрибий коэффицентлар ёрдамида ҳисобга олинади.

Амалда эса бетон мустаҳкамлигининг у ёки бу ўртача эгри чизикдан ёки формулалар орқали аниқланган қийматларидан четланганини кўриш мумкин. Айрим ҳолларда ҳақиқий мустаҳкамлик ҳисобдагидан 1,3...1,5 марта фарқ қилиши мумкин. Шу сабабли бетон таркиби лойиҳалаштирилаётганда ҳисоб орқали аниқланган таркиб назорат (синов) қоришмаси билан текшириб кўрилади.

Курилиш амалиётида шу жой ва корхонада ишлатиладиган материал ва технологиялар ишлаб чиқариш давомида алмаштирилмайди. Шунинг учун турли мустаҳкамликдаги бетон олишнинг асосий омили, сув цемент нисбати бўлиб қолади. Бу эса сув-цемент нисбати қонуниятининг бетон технологиясидаги муҳим аҳамиятини яна бир марта таъкидлайди.

Бетон мустаҳкамлигининг сув-цемент нисбатига боғлиқлиги яъни,  $R_b = f(C/C)$  боғланиш маълум чегара оралиғида бажарилади. Амалда эса, бетоннинг ишлаб чиқариш жараёнидаги мустаҳкамлиги билан назарий йўл орқали ҳисобланган мустаҳкамликлари орасида 15...20 % фарқ бўлади. Бу фарқ аниқ қонуниятга бўйсунмайди, чунки бетоннинг мустаҳкамлиги жуда кўп омиллар таъсирига боғлиқдир. Шу сабабли бетон таркиби ҳисобланганда, лаборатория шароитида бир неча хил таркиб танланиб, намуналар тайёрланади ва уларнинг мустаҳкамлиги текшириб кўрилади. Фақат талаб қилинадиган мустаҳкамликка эришилгач, шу таркиб ишлаб чиқариш шароитига тавсия қилинади.

Бетон таркибини аниқлашда сув-цемент ўрнига цемент-сув нисбатини ишлатиш анча қулай ҳисобланади. Бунда цемент-сув нисбати  $C/C = 1,3...2,5$  оралиқда ўзгарганда,  $R_b = f(C/C)$  боғланиш тўғри чизик кўринишида бўлади. Бунда бетон мустаҳкамлиги қуйидагича аниқланади:

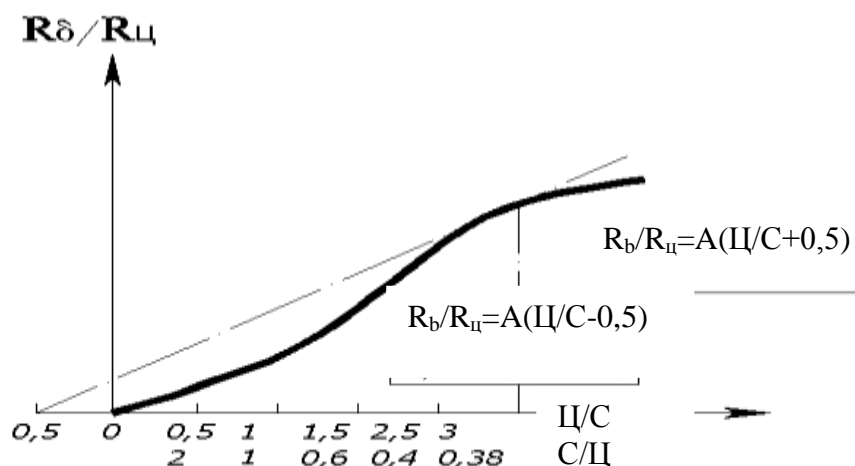
$$R_b = A \cdot R_{ц}[(C/C) - D] \quad (5.7)$$

бу ерда  $R_b$  –бетоннинг 28 кундаги меъёрий мустаҳкамлиги, МПа;  $A$  ва  $D$  тўлдирувчилар ва бошқа омилларнинг бетон мустаҳкамлигига таъсирини ҳисобга олувчи тақрибий коэффициентлар бўлиб,  $A = 0,6$  ва  $D = 0,5$  қабул қилинади.

Юқоридаги (5.6) ва (5.7) боғланишлар фақат ҳаракатчан бетон қоришмаси ишлатилганда ва зич ётқизилган ҳолатгагина тўғри келади. Бикр бетон қоришмаларни яхшилаб зичлаш учун эса алоҳида усуллардан фойдаланиш керак бўлади (титратиш вақтининг кўпроқ бўлиши, кўшимча шиббалаш, прокатлаш, пресслаш ва ш. к.). Бетон зичланганда унинг орасида ҳаволи ғоваклар қоладиган бўлса, бу ғоваклар ҳажми сувдан қоладиган ғоваклар ҳажмига кўшилади ва (5.7) формуладаги  $C$  ўрнига  $C+XX$  қўйилади. Бунда  $XX$  ҳаво ғовакларининг ҳажмини билдиради.

Корхона шароитида тайёрланиб ва иссиқлик билан ишлов бериб қотириладиган бетон ва темирбетон конструкциялар бетонининг мустаҳкамлигини юқоридаги (5.6) ва (5.7) формулалар билан аниқлаш мумкин. Бунда буюмлар буғ билан қотирилганда 1 кунда маркасига нисбатан ўртача 70...80 % мустаҳкамликка эришади.

Бетон мустаҳкамлигининг цемент- сув нисбатига ва цемент фаоллигига боғлиқлигини битта формула билан ифодалаб бўлмайди. Бу боғланиш нисбатан эгри чизикликдир (5.5-расм).



5.5-расм. Бетон мустаҳкамлигининг С/Ц нисбатига боғлиқлиги.

Амалий ҳисоблар учун ушбу эгри чизикни иккита тўғри чизиклар билан алмаштириш мумкин ва бетон таркибини ҳисоблаш учун қуйидаги эмпирик формулалардан фойдала нилади:  $C/C \geq 0,4$ ,  $(C/C \leq 2,5)$  бетонлар учун

$$R_b = A \cdot R_{ц}[(C/C)0,5] \quad (5.8)$$

$C/C < 0,4$  ( $C/C > 2,5$ )-бетонлар учун

$$R_b = A_1 \cdot R_{ц}[(C/C)+0,5] \quad (5.9)$$

бу ерда  $A$  ва  $A_1$  коэффициентлар қийматлари 5.1-жадвалдан олинади.

Юқорида келтирилган (5.8) ва (5.9) формулалар титратиб зичлаш орқали қолипланадиган, зичланиш даражаси 0,98 дан кам бўлмаган бикр ва ҳаракатчан бетон қоришмалари асосида олинандиган бетон мустаҳкамлигини аниқлаш учун қўлланилади.

$A$  ва  $A_1$  коэффициентларнинг қийматлари

5.1-жадвал

Бетоннинг материали	Коэффициентларнинг қиймати	
	$A$	$A_1$
Юқори сифатли	0,65	0,43
Оддий	0,6	0,4
Паст сифатли	0,55	0,37

**Эслатма.** Юқори сифатли материалларга: зич тоғ жинсларидан олинган чақиқ тош, энг мақбул йирикликдаги қум ва фаоллиги юқори бўлган портландцемент киради; Оддий матери- алларга: ўрта сифатли тўлдирувчилар, шу жумладан, шагал, фаоллиги ўрта даражада бўлган портландцемент ёки мустаҳкамлиги юқори бўлган шлакли портланд-цементлар киради. Паст сифатли материалларга: мустаҳкамлиги паст йирик тўлдирувчилар, майда қумлар, фаоллиги паст цементлар киради.

Бетон таркибини аниқлашда мустаҳкамлик формуласи аниқ цемент фаоллиги асосида бетоннинг берилган мустаҳкамлигини таъминлаш ва сув-цемент нисбатини тавсия этиш учун ишлатилади. У ёки бу ҳолатда қайси формулани ишлатишни билиш учун, портландцемент мустаҳкамлигини аниқлашда кўп ишлатиладиган яъни,  $C/Ц = 0,4$  бўлган хол учун (5.8) формула асосида бетон билан цементнинг мустаҳкамлигини солиштирамиз. Бу қуйидагича бўлади:

$$R_b = 0,6R_{ц} (2,5 - 0,5) = 1,2 R_{ц} \quad (5.10)$$

Шундай қилиб, бетоннинг мустаҳкамлиги йирик тўлдирувчи сифат коэффициенти ( $A=0,55$  дан  $0,65$  гача ўзгарганда), меъёрий цемент қоришмасиникидан  $10...30\%$  юқорироқ бўлиши кузатилмоқда. Буни қуйидагича изоҳлаш мумкин: бир томондан цемент қоришмаси тузилиши ва тайёрланишининг ўзига хослиги; иккинчи томондан бир-ҳил фракцияли дарё қуми ишлатилишини ҳам ҳисобга олиш керак (тажрибаларга кўра, дарё қуми қўшилган қоришманинг мустаҳкамлиги, сув-цемент нисбати бир ҳил бўлганда, сифатли қурилиш қуми қўшилган қоришма мустаҳкамлигидан  $15...25\%$  камроқ бўлади).

Юқоридагилардан келиб чиққан ҳолда (5.8) формулани қуйидаги ҳолларда қўллаш лозим бўлади:  $R_b \geq 1,3$  бўлганда  $A=0,65$ ;  $R_b \geq 1,2$  бўлганда  $A=0,6$  ва  $R_b \geq 1,1$  бўлганда  $A=0,55$ .

### §5.3. Бетоннинг эгилишдаги - чўзилиш мустаҳкамлиги

Бетоннинг эгилишдаги - чўзилиш мустаҳкамлиги, бетон балкачаларни синаш йўли билан аниқланиб, синфи эгилишдаги чўзилиш мустаҳкамлигига қараб белгиланади. Бунда бетон балкачалар узунлигининг  $1/3$  оралик масофаси бўйича синаб кўрилади (5.2-жадвал).

Стандарт бетон балкачаларнинг ўлчами

5.2-жадвал.

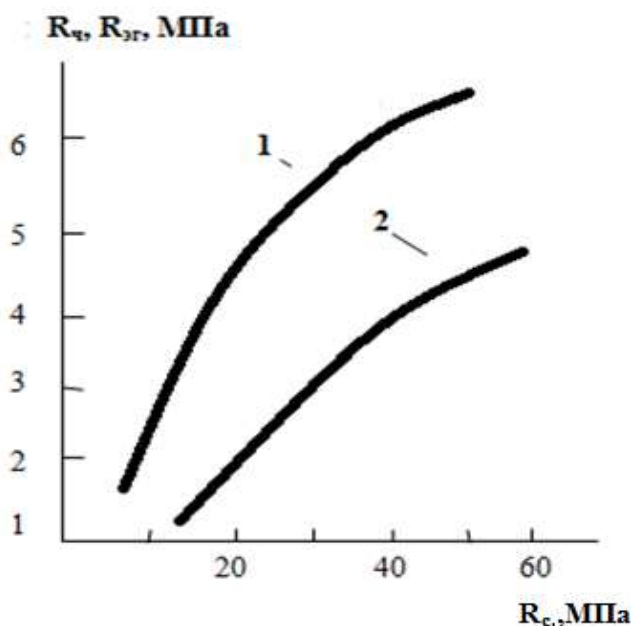
Тўлдирувчи энг йирик донасининг ўлчами, мм	Балкачанинг ўлчами, мм		
	кўндаланг кесим ўлчами	узунлиги	таянчлар орасидаги масофа
30	100x100	400	300
50	150x150	600	450
70	200x200	800	600

Эгилишдаги чўзилишга мустаҳкамлик чегараси  $R_{эгл}$ , МПа, қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$R_{эгл} = kP_{max}/bh^2 \quad (5.11)$$

бу ерда  $P_{max}$  – бузувчи куч кН;  $b, h$  – намунанинг эни ва баландлиги, см;  $k$  – қуйидагича қабул қилинадиган коэффициент: балкачалар узунлиги 40 см бўлганда  $k = 31,5$ ; 50 см бўлганда  $k = 45$  ва 80 см бўлганда  $k = 57$ .

Бетоннинг эгилишдаги мустаҳкамлиги унинг сиқилишдаги мустаҳкамлигидан бир неча марта кам бўлади. Бетоннинг эгилишдаги чўзилишга бўлган мустаҳкамлиги бўйича қуйидаги синфлари мавжуд:  $B_t$  0,8;  $B_t$ 1,2,  $B_t$ 1,6,  $B_t$ 2,  $B_t$ 2,4,  $B_t$ 2,8,  $B_t$ 3,2,  $B_t$ 3,6,  $B_t$ 4,0.



5.6-расм. Бетоннинг эгилишга  $R_{эгл}$  (1) ва чўзилишга  $R_{ч}$  (2) мустаҳкамликларининг сиқилиш мустаҳкамлигига боғлиқлиги.

Бетоннинг сиқилишга мустаҳкамлиги қайси омилларга боғлиқ бўлса унинг эгилишга мустаҳкамлиги ҳам шундай омилларга боғлиқ бўлади. Бироқ иккинчи ҳолатда миқдорий боғлиқликлар бошқача ҳосил бўлади. Бетоннинг мустаҳкамлиги ошиши билан  $R_{сик}/R_{эгл}$  нисбат ҳам ошиб боради (5.6-расм). Амалиётда бетоннинг эгилишга мустаҳкамлиги 6 МПа гача бўлади.

Цементнинг эгилишдаги фаоллиги ўзРСТга мувофиқ ҳисобланса, бетоннинг эгилишга мустаҳкамлигининг цемент сифатига боғлиқлигини яна ҳам аниқроқ ҳисоблаб чиқарса бўлади. Бунинг учун ҳисоблашларда қуйидаги формуладан фойдаланиш мумкин:

$$R_{эгл} = A_{п} R_{ц}^3 (Ц/С - 0,2) \quad (5.12)$$

бу ерда  $R_{эгл}$  – бетоннинг эгилишдаги мустаҳкамлиги МПа;  $A_{п}$  – тақрибий коэффициент бўлиб, юқори сифатли материаллар учун  $A_{п} = 0,42$ , оддий материаллар учун  $A_{п} = 0,4$  ва паст сифатли материаллар учун  $A_{п} = 0,37$  га тенг деб олинади;  $R_{ц}$  – цементнинг эгилишдаги фаоллиги, МПа.

Бетоннинг ёши ортиб борган сари унинг эгилишдаги ва чўзилишдаги мустаҳкамлиги сиқилишдаги мустаҳкамлигига қараганда секинроқ ошади ва  $R_{чўз}/R_{сик}$  камаяди.

#### §5.4. Бетон мустаҳкамлигининг таркибига боғлиқлиги

Маълумки, бетоннинг таркиби ва тузилиши кенг қўламда ўзгариши мумкин ва кўпчилик ҳолларда уни ҳисобга олиш зарурати туғилади. Яъни, бетон таркибини лойиҳалашда асосий омилларга аниқ тўғрилашлар киритилиши лозим.

Таркиби ва тузилиши бўйича фарқланадиган материаллар (цемент, қум, шағал ва ш.к.) бетоннинг хоссаларига турли ҳил таъсир кўрсатади. Битта таркибда уларнинг ижобий хоссалари намоён бўлса, бошқа таркибда эса материаллардан самарасиз фойдаланилади.

Бетон қоришмасини тайёрлаш ва қолиплаш шароити бир-ҳил бўлганда, унинг тузилиши ва таркибининг ўзгаришини мумкин бўладиган икки ҳолатда кўриб чиқамиз: бетондаги цемент ва тўлдирувчилар миқдорининг доимий нисбатида цемент - сув нисбатининг ўзгариши; бетон қоришмаси ҳаракат чанлигининг доимий миқдорида цемент ва тўлдирувчилар нисбатининг ўзгариши.

Цемент хаамири ва тўлдирувчилар ўзининг қаттиқ фаза зарралари орасида ҳамда ковакларида маълум миқдордаги сувни ўзаро боғлаб ва сақлаб туради. Сув кам бўлса қоришма қулай жойлашмайдиган (бикр) бўлиб қолади. Бетон қоришмаси яхши зичланмаганлиги ва суюқ фазанинг етишмаганлиги натижасида бўшлиқлар ва ғоваклар кўпаяди. Бунинг натижасида цемент тоши ва тўлдирувчилар орасидаги боғланишларнинг сифати ёмонлашади, бетоннинг мустаҳкамлиги эса пасаяди.

Сув сарфи ортиқча бўлса бетон қоришмаси таркиби қатламларга ажрала бошлайди ва натижада яна бетоннинг мустаҳкамлиги пасаяди. Шу сабабли цемент-сув нисбатининг аниқланган маълум чегарасида (цемент-тўлдирувчи нисбати ўзгармас бўлганда) бетон қоришмаси таркиби ва тузилиши бўйича энг мақбул бўлади. Яъни, у яхши жойланадиган ва қолипланадиган бўлади. Ц/С нисбатининг энг мақбул миқдори цемент ва тўлдирувчилар орасидаги нисбатга боғлиқ бўлади. Чунки, бу омиллар бетон қоришмасининг сув тутиш қобилиятини ва қулай жойланувчанлигини аниқлайди. Энг мақбул Ц/С нисбатда бетон юқори зичликка эришади.

Бетон қоришмасининг сув талабчанлиги ва бетоннинг мустаҳкамлигига Ц/С нисбати доимий бўлган ҳолда цемент-тўлдирувчи нисбатининг (Ц/Т) ўзгариб туриши ҳам сезиларли таъсир қилади. Юқорида айтилганидек (4-бобга қаранг), Ц/Т нисбатига кўра бетон тузилиши бўйича учта турга бўлинади ва шунга қараб унинг хоссалари ҳам турлича ўзгаради.

Бетон қоришма ҳаракатчанлиги ўзгармас бўлганда бетон ва бетон қоришма тавсифларининг ўзгаришини ифодаловчи эгри чизиклар графиги 5.7-расмда келтирилган. Графиклардаги эгри чизиклар  $R_b = f(C/C)$  ва  $C = f(C/T)$  нинг энг мақбул таркибига мос келади. Бунда материалларнинг

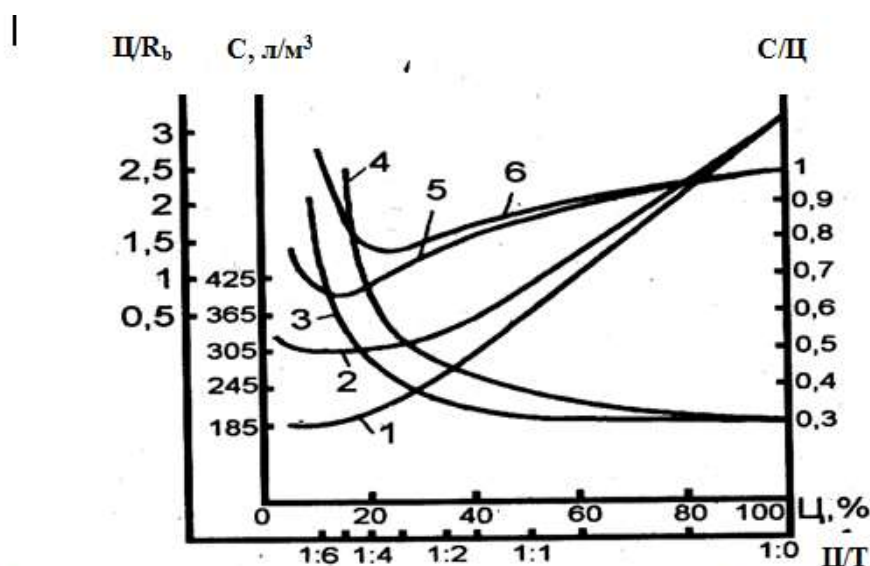
хоссаларидан тўлиқ фойдаланилади ва бетоннинг нисбатан бирлик мустаҳкамлигига энг кам солиштирма цемент сарф қилинади. Бетон энг мақбул таркибдагина юқори сифатга эришади. Ц/Т нисбатнинг кам қийматида бетон қоришманинг сув талабчанлиги кам ўзгаради, аммо қаттиқ фаза зарраларининг етишмаслиги туфайли бетоннинг зичлиги камаёди, натижада унинг мустаҳкамлиги бирданига пасайиб кетади.

Ц/Т нисбатнинг юқори қийматида бетоннинг мустаҳкамлиги ортади, аммо қаттиқ фаза солиштирма юзасининг кўпайиши ҳисобига бетон қоришманинг сув талабчанлиги ҳам кескин ўсади.

Юқорида келтирилган натижалар бетон технологияси бўйича бир-қанча муҳим масалаларни ечиш имконини беради. Масалан, цементнинг фаоллиги ва бетоннинг мустаҳкамлигига мос ҳолда турли ҳил тўлдирувчиларни ишлатишнинг рационал нисбатини аниқлаш мумкин ва ш.к. Юқоридаги графиклардан олинган (5.7 расм) маълумотлар бўйича ҳисоблашлар шуни



кўрсатадики, мустаҳкамлиги 30 МПа бўлган оддий бетон учун маркаси М500 бўлган цемент ишлатилиши мақсадга мувофиқ (5.7-расм, 1 ва 3 эгри чизиқлар). Мустаҳкамлиги худди шундай майда донали (кумли) бетонлар учун эса маркаси М400 цемент ишлатилади (5.7-расм, 2 ва 4 эгри чизиқлар).



5.7-расм. Бетон қоришма харақатчанлиги доимий бўлганда бетон ва бетон қоришма тавсифларининг Ц/Т нисбатига боғлиқлиги графикалари: 1-оддий бетон учун; 2-худди шундай, кумли бетон учун; 3-бетон қоришмаси учун С/Ц миқдори; 4-худди шундай, цемент-кумли қоришмалар учун; 5-оддий бетон учун унинг бирлик мустаҳкамлигига цементнинг солиштирма сарфи; 6-худди шундай, кумли бетон учун.

Бетоннинг хоссаларига тўлдирувчиларнинг алоҳида фракциялари турли-ҳил таъсир кўрсатади (5.3-жадвал).

### Бетон қоришмаси ва бетон хоссаларига тўлдирувчилар сифатининг таъсири

5.3-жадвал

Бетоннинг тури	Бетон мустаҳкамлигининг ўзгариши, %	Бетон қоришмаси сув талабчанлигининг ўзгариши, %
Эталон таркиб, гранитли шағал ва йирик кумли бетон ( $M_{\text{й}} = 2,79$ )	0	0
Чақиқ тош ва йирик кумли бетон	-13	-6
Мустаҳкамлиги пастроқ оҳактош ва йирик кумли бетон	-42	+12
Гранитли шағал ва майда кумли бетон ( $M_{\text{й}} = 0,69$ )	-5	+17

Йирик зич тўлдирувчилар бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига сезиларли таъсир кўрсатади, бетон қоришманинг ҳаракатчанлигига ёки сув талабчанлигига эса камроқ. Майда тўлдирувчилар эса аксинча, бетон қоришманинг сув талабчанлигини сезиларли ўзгартириб, бетоннинг мустаҳкамлигига камроқ таъсир кўрсатади.

Йирик тўлдирувчи бетон танасида тошли скелетни ҳосил қилади ва таркибнинг зўриққанлик ҳолати тавсифига, куч таъсиридаги деформацияланишига ва ёриқлар ҳосил бўлишига сезиларли таъсир қилади. Майда тўлдирувчилар эса, йирик тўлдирувчилар доналари орасини тўлдириб, бетоннинг юк таъсиридаги ҳолатига, жумладан, мустаҳкамлигига нисбатан камроқ таъсир кўрсатади.

Бетоннинг сифатини унинг ўртача мустаҳкамлиги билангина баҳолаб бўлмайди. Амалиётда бу ўлчамдан четланиш кўпроқ бўлишини кузатиш мумкин. Цемент фаоллигининг ўзгариб туриши, унинг меъёрий қуюқлиги, минерологик таркиби, тўлдирувчиларнинг хоссалари, бир-биридан сал бўлсада фарқ қиладиган доналари, материалларнинг сараланиши, аралаштириш усуллари ва қотириш режимлари бетон тузилишининг турлича бўлишига сабаб бўлади. Натижада бетоннинг баъзи ҳажмлари бошқасидан озми-кўпми фарқ қилиши мумкин. Бу эса ўз навбатида ишлатиладиган материалнинг хусусияти ва технологик жараёнларнинг бир маромда бажарилишига боғлиқ бўлади. Демак, бетоннинг мустаҳкамлик, зичлик, ўтказувчанлик, совуққа чидамлилиқ ва бошқа сифат кўрсаткичлари ўзгариб туради. Бетоннинг бир ҳиллигини баҳолаш учун статистик усуллар ишлатилади. Яъни, бетоннинг сифати унинг ўртача мустаҳкамлиги (ёки тегишли кўрсаткичлар мажмуи) ва бир ҳиллиги билан белгиланади. Бир ҳиллик эса мустаҳкамликнинг вариациялаш коэффициенти (ёки бошқа кўрсаткичлар) нинг ўзгаришига қараб баҳоланади.

Бетон ва темирбетон конструкцияларни лойиҳалашда бетоннинг меъёрий ўртача мустаҳкамлиги эмас, балки бетон мустаҳкамлиги кўрсаткичлари тўғрилигини ҳисобга оладиган, бундан ташқари конструкциянинг самарали ишлашига кафолат берадиган муайян коэффицентлар ёрдамидаги ҳисобий қаршилик кўрсаткичлари олинади (ГОСТ 18105-2010 талаблари бўйича).

Бетоннинг ҳисобий қаршилик кўрсаткичлари қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$R_x = R_m/k = R(1 - 2 v_R)/k \quad (5.13)$$

бу ерда  $R_m$ —бетоннинг меъёрий қаршилиги;  $k$ —бетоннинг хавфсизлик коэффициенти;  $R$ —бетоннинг маркаси (меъёрлаштириладиган ўртача мустаҳкамлик);  $v_R$ —бетон мустаҳкамлигининг ўзгарувчанлик коэффициенти, ШНҚ бўйича унинг ўртача қиймати  $v_R - 13,5 \%$  олинади.

Хавфсизлик коэффициенти бўлган  $k$  баъзи салбий омиллар таъсирида конструкциянинг заифлашишини ҳисобга олади. Масалан, назорат намуналари ва конструкциядаги бетон мустаҳкамликларининг ўзаро мос келмаслиги, буюм ва конструкциянинг ўз ўлчамларидан оғиши, арматура

жойланишининг лойиҳавий вазиятдан четланиши, нотасодифий ишлаб чиқариш хатолари ва бошқа омиллар шулар жумласига киради.

Агар бетоннинг ҳақиқий ўртача мустаҳкамлиги унинг лойиҳавий мустаҳкамлигига мос келса ва вариациялаш коэффиенти ўртача олганда 13,5 % бўлса, меъерий қаршилиқ 97,7 % таъминланган бўлади. Яъни, 1000 ҳолатдан 977 тасида бетоннинг ҳақиқий мустаҳкамлиги унинг меъерий қаршилигидан юқори бўлади.

Ҳақиқатда эса вариациялаш коэффиенти ўртача кўрсаткичдан бошқача бўлиши ҳам мумкин ва бунинг натижасида конструкциядаги мустаҳкамлик захираси бетон бўйича ўзгаради. Ишлаб чиқариш технологияси яхши йўлга қўйилган корхона ва қурилишларда вариациялаш коэффиенти 4...6 % камайиши мумкин. Сифати етарли бўлмаган, хоссаларидаги фарқ катта бўлган материаллар ишлатилганда, шунингдек, технологик жараёлар сифатсиз ташкил этилганда вариациялаш коэффиенти фарқи 20...25 % бўлиши ҳам мумкин.

Бир ҳиллик кўрсаткичи қанча кам бўлса, вариациялаш коэффиенти шунча юқори бўлади. Бунда конструкцияларда мустаҳкамлиги меъерий қаршилиқдан кам бўлган бетон ишлатилади яъни, конструкцияларнинг ишончилиги камаяди. Мустаҳкамликнинг доимий бўлишини таъминлаш учун вариациялаш коэффиенти ўзгарганда бетоннинг ўртача мустаҳкамлигини турлича қилиб белгилаш лозим. Вариациялаш коэффиентини камайтириш орқали бетоннинг ўртача мустаҳкамлигига талабни камайтириш мумкин. Бу ҳолатда конструкциядаги бетоннинг меъерий қаршилиги доимий таъминланган бўлади яъни, бетоннинг сифатли бўлиши кафолатланади.

Айрим конструкцияларда бетоннинг ўртача мустаҳкамлигига талаб камайтиради натижада, цемент сарфи тежалиб, конструкция таннархи пасаяди. Шунинг учун бетон мустаҳкамлиги ва бир ҳиллигини тўла баҳолаш унинг сифатини тўғри белгилайди ва ишлаб чиқаришни такомиллаштириш ва иқтисодий кўрсаткичларини яхшилаш имконини беради.

Шундай қилиб, бетон хоссаларининг турли ҳил омилларга боғлиқлиги технологик ҳисоблашларда ишлатилади жумладан, бетон таркибини аниқлашда статистик тавсифга эга бўлади ва уларда сезиларли четланиш рўй бериши мумкин. Шу сабабли технологик ҳисоблашлар асосида аниқланган таркибни тажриба ёрдамида текшириб кўриш тавсия қилинади.

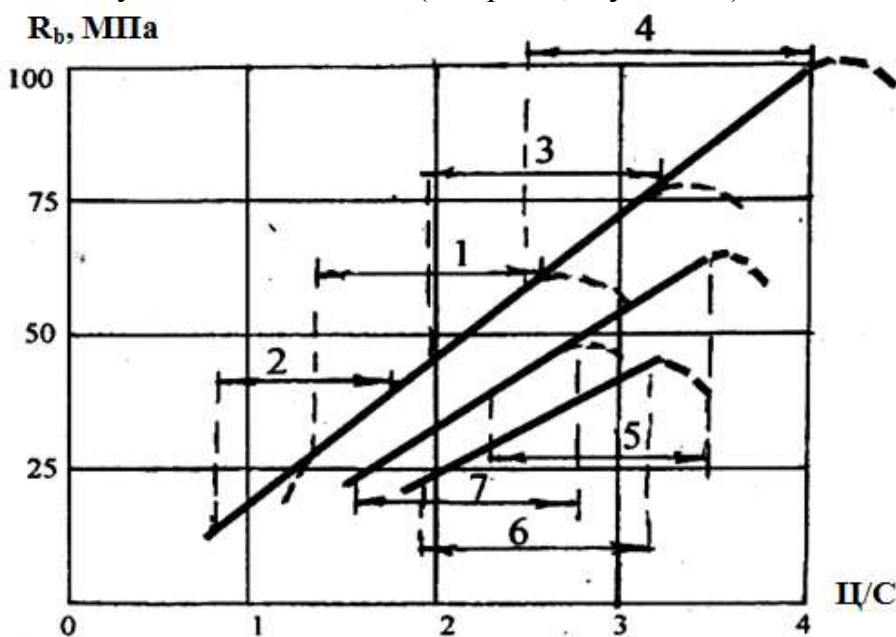
### **§5.5. Кўп компонентли бетонларнинг мустаҳкамлиги**

Цемент ва бетон таркибига кимёвий қўшилмалар, фаол минераллар ва бошқа компонентларни киритиш қатор ҳолларда бетоннинг мустаҳкамлигига ва унинг технологик омилларига ( $C/C$ ,  $R_c$  ва х. к) жуда сезиларли таъсир кўрсатади. Яъни, қўшилма моддалар ва дисперсли минерал компонентлар умумий боғланишлар тавсифини ўзгартирмасдан, ўзининг таъсир қилиш доирасида  $R_b = f(C/C)$  боғланишига таъсир кўрсатади. Таркибнинг кўп компонентли бўлиши бетон тузилишининг шаклланиш

жараёнини самарали бошқариш ва турли хоссаларга эга бўлган бетонларни олиш имконини яратади.

Оддий бетонларда цемент-сув нисбати аниқ чегарада ўзгарганда  $R_b = f(\text{Ц/С})$  боғланиш тўғри чизиқлигини сақлаб қолади (5.8-расм, 1 участка).

Цемент-сув нисбатининг паст миқдорида бетон қоришмасининг сув тутиш қобилияти етарлича бўлмайди. Натижада унинг қатламланиши бошланади ва бу ҳолат бетон мустаҳкамлигининг пасайишига олиб келади. Бундай ҳолатда бетон қоришмага махсус сув тутувчи қўшимчалар ёки суперюпка минерал компонентлар киритиш орқали ижобий натижаларга эришиш мумкин. Натижада нисбатан паст цемент-сув миқдорида ( $\text{Ц/С} < 1,3$ ) юқори сифатли бетон олинади. Унинг мустаҳкамлиги мос ҳолда тўғри чизиқли боғланиш бўйича аниқланади (5.8-расм, 2 участка).



5.8-расм. Кўп компонентли бетонлар мустаҳкамлигининг боғловчи моддалар фаоллиги ва цемент-сув нисбатига боғлиқлиги: 1-оддий цементда; 2-сув тутувчи қўшимчалар қўшилганда; 3-суперпластикловчилар қўшилганда; 4- СКБ-100 бўлганда; 5-СКБ-70 бўлганда; 6-СКБ-40 бўлганда; 7-суперпластикловчилар ва минерал қўшимчалар 30% бўлганда.

Цемент-сув нисбатининг паст миқдорида бетон қоришмасининг сув тутиш қобилияти етарлича бўлмайди. Натижада унинг қатламланиши бошланади ва бу ҳолат бетон мустаҳкамлигининг пасайишига олиб келади. Бундай ҳолатда бетон қоришмага махсус сув тутувчи қўшимчалар ёки суперюпка минерал компонентлар киритиш орқали ижобий натижаларга эришиш мумкин. Натижада нисбатан паст цемент-сув миқдорида ( $\text{Ц/С} < 1,3$ ) юқори сифатли бетон олинади. Унинг мустаҳкамлиги мос ҳолда тўғри чизиқли боғланиш бўйича аниқланади (5.8-расм, 2 участка).

Цемент-сув нисбатининг юқори миқдорида бетон қоришмаси юқори бикрликка эга бўлади. Бундай қоришмани жойлаш ва зичлаш қийин кечади.

Бундай вазиятда бетон қоришмасини зичлаш талаб доирасида таъминланса  $R_b = f(C/S)$  боғланиш тўғри чизиклигини сақлаб қолади.

Юқоридаги 5.8-расмда тўғри чизикли  $R_b = f(C/S)$  боғланишнинг суперпластикловқчилар ишлатилгандаги (3-участок) ва “сувталабчанлиги кам боғловчилар” (СКБ) ишлатилгандаги (4-участок) мумкин бўлган ўзгариш чегараси кўрсатилган. Маълумки СКБ асосидаги бетон қоришмалари суперпластификаторлар ишлатилган бетон қоришмаларига нисбатан анча паст сув талабчанликка эга. Улар жуда паст сув-цемент нисбатида ҳам бетон қоришмасининг сифатли зичланишини ва мос холда юқори зичлик ҳамда мустаҳкамликни таъминлайди. Кўп компонентли бетонларнинг максимал мустаҳкамлиги оддий бетонларнинг максимал мустаҳкамлигига нисбатан 1,5...2 мартагача юқори бўлади.

Бундай бетонларни олиш эҳтиёжи туғилганда суюлтирилган СКБ ёки аралаш цементлар қўлланилади. Аралаш цементлар таркиби турли ҳил фаолликка ва таркибга эга бўлган минерал моддалардан ташкил топади. Юқоридаги 5.8-расмда суюлтирилган СКБ бетонга 30 % (5-участка) ва 60 % (6-участка) майин туйилган кварц қуми боғловчи сифатида қўшилгандаги  $R_b = f(C/S)$  боғланиш кўрсатилган. Ушбу бетонлар мос холда ўзининг ижобий сифатли тузилиш чегарасига эга. Худди шундай ўзгариш суперпластикловчи ва минерал қўшимчалар қўшилган кўп компонентли бетонларда ҳам юқоридагидек хусусиятларга эга бўлади (7-участок).

Суюлтирилган СКБ ва “суперпластикловчи-минерал тўлдирувчи” комплексидаги қўшимчалар асосида мустаҳкамлиги олдиндан бериладиган бетонларни олиш имкониятлари ишлаб чиқилган ва бетон технологиясига қўлланила бошланди.

Кўп компонентли бетонларнинг мустаҳкамлиги тахминан қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$R_b = A \cdot R_{ц}(C/S - D) \quad (5.14)$$

бу ерда  $A$  ва  $D$  коэффицентлар (5.7) формуладагидек қабул қилинади.

Сувталабчанлиги кам боғловчилар (СКБ) ва аралаш цементлар қўлланилганида (5.14) формулдадаги  $A$  ва  $D$  коэффицентлар миқдорини аниқлаштириш талаб қилинади. Чунки бундай боғловчиларда цемент тошининг тузилиши фарқланади ва  $R_b = f(C/S)$  боғланиш чизигининг вазияти ўзгариши мумкин.

## §5.6. Бетоннинг мустаҳкамлигини аниқлашга доир мисоллар

**5.1-мисол.** Шағал тўлдирувчи асосида тайёрланган бетон учун сув цемент нисбати  $C/S = 0,4$  дан  $0,8$  га ўзгарганда бетон мустаҳкамлигининг ўзгариши аниқлансин. Цемент фаоллиги  $R_{ц} = 4000 \text{ Н/см}^2$  (40 МПа).

*Ечили:* Сув-цемент нисбати  $C/S = 0,4$  ёки ( $C/S = 2,5$ ) бўлганда бетоннинг мустаҳкамлиги БолOMEЯ-Скрамтаев формуласи орқали аниқланади:

$$R_b = A \cdot R_{ц}(C/S - 0,5) = 0,6 \cdot 4000(2,5 - 0,5) = 4800 \text{ Н/см}^2 = 48 \text{ МПа}.$$

Сув-цемент нисбати  $C/\text{Ц} = 0,8$  ёки ( $\text{Ц}/C = 1,25$ ) бўлганда эса:

$$R_b = 0,6 \cdot 4000(1,25 - 0,5) = 1800 \text{ Н/см}^2 = 18 \text{ МПа.}$$

бу ерда  $A = 0,6$  тўлдирувчиларнинг сифатини белгиловчи коэффициент.

Бетон мустаҳкамлигининг ўзгариши (камайиши)  $R_b = 48:18 = 2,67$  марта.

**5.2-мисол.** Бир ҳил ҳаракатчан бетон қоришмаси учун цемент сарфи 1,5 марта оширилганда (яъни  $280 \text{ кг/м}^3$  дан  $420 \text{ кг/м}^3$  гача), бетон мустаҳкамлигининг ўзгариши аниқлансин. Цемент фаоллиги  $R_{\text{ц}} = 4000 \text{ Н/см}^2$  (40 МПа), сув сарфи доимий- $C = 180$  л.

*Ечили:* Цемент сарфи  $\text{Ц} = 280 \text{ кг/м}^3$  бўлганда, бетон мустаҳкамлиги:

$$R_{b1} = A \cdot R_{\text{ц}}(\text{Ц}/C - 0,5) = 0,6 \cdot 4000(280/180 - 0,5) = 2530 \text{ Н/см}^2 = 25,3 \text{ МПа.}$$

Цемент сарфи  $\text{Ц} = 420 \text{ кг/м}^3$  бўлганда, бетон мустаҳкамлиги:

$$R_{b2} = 0,6 \cdot 4000(420/180 - 0,5) = 4390 \text{ Н/см}^2 = 43,9 \text{ МПа.}$$

Демак бетоннинг мустаҳкамлиги  $R_{b2}/R_{b1} = 43,9/25,3 = 1,74$  марта ортади.

**5.3-мисол.** Бетоннинг 28 кунликдаги лойиҳавий мустаҳкамлиги  $R_{28}=30$  МПа га тенг. Унинг 7, 90 ва 365 кунликдаги мустаҳкамликлари аниқлансин.

*Ечили:* Бетоннинг исталган ёшидаги мустаҳкамлигини унинг логарифмик

қонуният билан ўсиши орқали аниқланиши мумкин,  $R_0 = R_{28} \cdot \frac{\lg n}{\lg 28}$ ;

$$7 \text{ кунликдаги мустаҳкамлиги: } R_7 = R_{28} \cdot \frac{\lg 7}{\lg 28} = 30 \cdot \frac{0,846}{1,447} = 17,5 \text{ МПа.}$$

$$90 \text{ кунликдаги мустаҳкамлиги: } R_{90} = R_{28} \cdot \frac{\lg 90}{\lg 28} = 30 \cdot \frac{1,954}{1,447} = 40,5 \text{ МПа.}$$

$$365 \text{ кунликдаги мустаҳкамлиги: } R_{365} = R_{28} \cdot \frac{\lg 365}{\lg 28} = 30 \cdot \frac{2,562}{1,447} = 53,4 \text{ МПа.}$$

**5.4-мисол.** Бетон мустаҳкамлигининг вақт бўйича ошишини логарифмик қонуният  $R_n/R_{28} = \lg n/\lg 28$  дан фойдаланиб, унинг 90 ва 180 кунликдаги мустаҳкамликларининг ўзгаришини 28 кунликдагига нисбатан аниқлансин.

*Ечили:* 90 кунликдаги мустаҳкамликнинг ўсиши:

$$K_{28-90} = R_{90}/R_{28} = \lg 90/\lg 28 = 1,954/1,447 = 1,35 \text{ ёки } 135 \%.$$

180 кунликдаги мустаҳкамликнинг ўсиши:

$$K_{28-180} = R_{180}/R_{28} = \lg 180/\lg 28 = 2,255/1,447 = 1,55 \text{ ёки } 155 \%.$$

**5.5-мисол.** Қирраларининг ўлчамлари 15 см бўлган стандарт куб намуналарни 28 кундан кейин сиқилишга синаш орқали қуйидаги натижалар олинган (5.4-жадвал).

Тажриба натижалари

5.4-жадвал

Куб на- муналар	Намуналарнинг ўлчами, мм	Юзаси, А, см <sup>2</sup>	Бузувчи куч, миқдори, Р, кН	Ўтиш коэф- фициенти, α
1	150x152x151	228	580	1
2	151x151x150	228	583	1
3	150x149x151	224	581	1

Бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги бўйича синфи аниқлансин.

*Ечили:* Алоҳида кубларнинг мустаҳкамликларини аниқлаймиз:

$$R_1 = \alpha \cdot (P_1/A_1) = 1 \cdot (580/228) = 2,54 \text{ кН/см}^2 = 25,4 \text{ МПа};$$

$$R_2 = \alpha \cdot (P_2/A_2) = 1 \cdot (583/228) = 2,56 \text{ кН/см}^2 = 25,6 \text{ МПа};$$

$$R_3 = \alpha \cdot (P_3/A_3) = 1 \cdot (581/224) = 2,59 \text{ кН/см}^2 = 25,9 \text{ МПа}.$$

Кубларнинг ўртача мустаҳкамлиги:

$$R_m = (R_1 + R_2 + R_3)/3 = (25,4 + 25,6 + 25,9)/3 = 25,63 \text{ МПа}.$$

Бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги бўйича синфи қуйидагича аниқланади:  $B = R_m(1 - 1,64 \cdot v_R) = 25,63(1 - 1,64 \cdot 0,135) = 20 \text{ МПа}.$

**5.6-мисол.** Бетон куб намуналарни сиқилишга синаш орқали қуйидаги натижалар аниқланган (5.5-жадвал).

### Бетоннинг берилган мустаҳкамликлари

5.5-жадвал

Намуналар рақами	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бетон мустаҳкамлиги, $R_i$ , МПа	25	21	23	24,5	22,5	21,3	15,1	24,0	23,6	22,2

Бетон мустаҳкамлигининг бир жинслилик кўрсаткичи ва синфи аниқлансин.

*Ечили:* Бетон кубларнинг сиқилишдаги ўртача мустаҳкамлиги қуйидагича аниқланади:

$$R_m = \Sigma R_i/n = (25+21+23+24,5+22,5+21,3+25,1+24+23,6+22,2)/10=23,22 \text{ МПа}.$$

Бетон мустаҳкамлиги бир жинслилик кўрсаткичларининг (ўртача квадратик чекланиши, вариация коэффиценти ва х.к.) ҳисобланган қийматлари 5.6-жадвалда келтирилган.

Бетон мустаҳкамлигининг ўртача квадрат чекланиши қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\sigma_m = [(R_m - R_i)^2/n - 1]^{1/2} = [20,15/(10 - 1)]^{1/2} = 1,49.$$

### Ҳисобий қийматларни аниқлаш

5.6-жадвал

Намуналарнинг т/р	Бетон мустаҳк., $R_i$ , МПа	Ўртача мустаҳк., $R_m$ , МПа	$R_m - R_i$	$(R_m - R_i)^2$	Ўртача квадрат. чекланиш, $\sigma_m$	Вар-ция коэфф., $C_v$
1	25		1,78	3,17		
2	21		2,22	4,93		
3	23		0,22	0,04		
4	24,5		1,28	1,64		
5	22,5	23,22	0,72	0,52	1,49	0,064
6	21,3		1,92	3,69		
7	25,1		1,88	3,53		

8	24,0		0,78	0,61		
9	23,6		0,38	0,14		
10	22,2		1,02	1,04		
$\Sigma$				20,15		

Бетон мустаҳкамлигининг вариация коэффиценти:

$$C_v = \sigma_m / R_m = 1,49 / 23,22 = 0,064.$$

Бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги бўйича синфи:

$$B = R_m(1 - 1,64 \cdot C_v) = 23,22(1 - 1,64 \cdot 0,064) = 20,8 \text{ МПа}.$$

**5.7-мисол.** Бетон куб намуналарнинг 28 кунликдаги мустаҳкамликлари 20, 21 ва 22 МПа. Бетоннинг призмавий ва чўзилишдаги мустаҳкамликлари аниқлансин.

*Ечиш:* Бетон куб намуналарнинг сиқилишдаги ўртача мустаҳкамлиги:

$$R_m = (R_1 + R_2 + R_3) / 3 = (20 + 21 + 22) / 3 = 21 \text{ МПа}$$

Бетоннинг призмавий мустаҳкамлиги куйидаги формула орқали аниқланади:

$$R_b = R_m(0,77 - 0,001 \cdot R_m) = 21(0,77 - 0,001 \cdot 21) = 15,7 \text{ МПа}.$$

Бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги:

$$R_{bч} = 0,23 \cdot R^{2/3} = 0,5 \cdot 21^{2/3} = 3,77 \text{ МПа}.$$

### Назорат саволлари

1. Бетоннинг юк таъсиридаги хусусиятларига нималар киради?
2. Бетон тузилишининг юк таъсирида бузилиши қандай рўй беради?
3. Бетоннинг куч таъсиридаги бузилиш механизмини айтиб беринг.
4. Бетоннинг мустаҳкамлигига қандай омиллар таъсир кўрсатади?
5. Бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги қандай аниқланади?
6. Бетон куб намуналарни синашда куб ўлчамлари қандай бўлиши керак?
7. Бетон куб намуналарни синашда нима учун ўтиш коэффиценти қўлланилади?
8. Синов призма ўлчамлари (баландлигининг асоси томонига нисбати) қандай бўлганда энг юқори мустаҳкамликка эришиш мумкин?
9. Бетоннинг маркаси билан синфи ўртасидаги боғланиш қандай аниқланади?
10. Бетоннинг кублик мустаҳкамлиги қандай аниқланади?
11. Бетоннинг призмавий ва кубик мустаҳкамликлари ўртасида қандай боғланиш мавжуд?
12. Бетоннинг сиқилишга мустаҳкамлиги бўйича синфларини айтиб беринг.
13. Бетон мустаҳкамлигининг сув-цемент нисбатига боғлиқлигини айтиб беринг.
14. Сув-цемент нисбати 0,4 дан катта ёки ундан кичик бўлганда бетон



мустаҳкамлиги қандай аниқланади?

15. Бетоннинг эгилишдаги ва чўзилишдаги мустаҳкамликлари қандай аниқланади?

17. Бетоннинг эгилишдаги чўзилишга мустаҳкамлиги бўйича синфларини айтиб беринг.

18. Бетон мустаҳкамлигининг таркибига боғлиқлигини айтиб беринг.

19. Бетон қоришмаси ва бетон хоссаларига тўлдирувчилар қандай таъсир кўрсатади?

20. Кўп компонентли бетонларнинг мустаҳкамлигини тушинтириб беринг.

### **Қўшимча адабиётлар**

1 Берг О. Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. –М.: Стройиздат, 1974. 280 б.

2. Лещинский М, Ю. Испытание бетона. Справочное пособие. –М.: Стройиздат, 1980. -360 б.

3. ГОСТ 10180-2012. Бетонлар. Синов намуналар мустаҳкамлигини аниқлаш усуллари.

4. ГОСТ 24452-80. Призмавий мустаҳкамлик, эластиклик модули ва Пуассон коэффициентини аниқлаш усуллари.

5. ГОСТ 18105-2010. Бетонлар. Мустаҳкамликни назорат қилиш ва баҳолаш қоидалари.

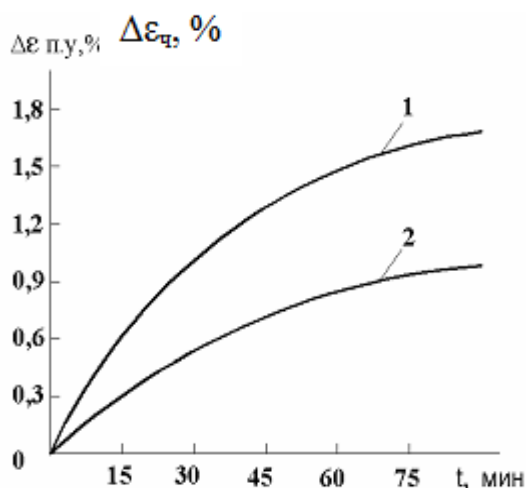
## 6-БОБ. БЕТОННИНГ ДЕФОРМАТИВ ХОССАЛАРИ

### §6.1. Бетон қоришмасининг бирламчи киришиш деформацияси

Бетонни тайёрлаш, қотириш, фойдаланиш ва синаш давомида турли омиллар таъсирида бетонда ҳажмий ўзгаришлар рўй беради, яъни материалнинг деформацияланиши рўй беради. Унинг қандай миқдорда содир бўлиши бетоннинг тузилишига, таркибидаги моддаларнинг хоссаларига, тайёрлаш технологиясининг ўзига хос хусусиятларига ва бошқа бир қатор омилларга боғлиқ бўлади. Конструкцияларни лойиҳалашда бетоннинг деформацияланиш хусусиятлари эътиборга олинади. Чунки, бу ҳолат бетон ва темирбетон конструкцияларнинг сифати ва чидамлигига катта таъсир кўрсатади.

Бетон деформациясини шартли равишда қуйидаги турларга бўлиш мумкин: бетонда содир бўладиган физик ва кимёвий жараёнлар таъсирида рўй берадиган бетон қоришмасининг “ўз деформацияси” (бетоннинг бирламчи киришиши) ва “бетоннинг деформацияси” (киришиши ва кенгайиши); “механик юклар таъсирида деформацияланиши”, бу ерда қисқа муддатли ва узоқ муддатли юклар таъсирида бетоннинг “сирпаниш деформацияси”; бетоннинг “ҳарорат таъсирида деформацияланиши”.

Бетон қоришмаси жойлаштирилгандан сўнг қаттиқ доналарининг седиментацияли киришиши ва уларнинг аста-секин зичлашиши юз беради. Ушбу жараён айниқса пластик ва суюқ қоришмаларда аниқроқ намоён бўлади. Натижада қоришманинг юзасига сув чиқиб қолиши ва аралашманинг ҳажми ўзгариши мумкин. Буюм ўлчамлари нисбатан катта бўлганда унинг киришганлигини қараб ҳам билиш мумкин.



**6.1-расм. Бирламчи киришиш  $\Delta\varepsilon_{\text{ч}}$  нинг бетон қоришмаси жойлаштирилгандан кейинги ўтган вақтга боғлиқлиги: 1-суюқ қоришма; 2-ҳаракатчан қоришма**

Қуйидаги 6.1-расмда бетон қоришмасининг бирламчи киришиш деформациясининг вақт бўйича ўсиши кўрсатилган. Бетон қоришмаси жойланиб зичланганидан сўнг деформацияланиш жараёни жуда тез рўй беради ва 30...90 дақиқалардан сўнг секин тўхтайд. Агар қуйма қоришмалар ишлатилаётган бўлса дастлабки даврда бетон устида сув пайдо бўлади. Сувнинг ажралиб чиқиши 10...20 дақиқалардан сўнг максимал даражага етади, сўнгра жадал ўтадиган цемент ҳамирининг контракцияси жараёни натижасида аста-секин бетонга шимилиб кетади.

Бирламчи киришнинг миқдори бетон қоришмасининг таркиби ва ишлатилдиган материалларнинг хоссаларига

боғлиқ бўлади. Оғир бетонларнинг бирламчи кириш ҳажми, айниқса қуйма бетонларга қараганда камроқ бўлади.

Бирламчи киришиш қуйдаги ҳолларда кам бўлади: бетон қоришмасида сув ёки цемент хаами сарфи кам бўлганда; сувни яхши тутиб турувчи майдаланган қўшимчалар (трепел, диатомит ва ш. к.) қўшилганда; бетон қоришмасининг таркиби бикр бўлишини таъминлайдиган йирик тўлдирувчилар бўлганда.

Қуйида гранит тўлдирувчили оддий бетон қоришмасининг баландлиги 300 мм ва диаметри 100 мм бўлган пластмассали махсус цилиндр қолипда синаб кўрилганда олинган бирламчи киришиш миқдорлари кўрсатилган (6.1-жадвал).

#### Бетоннинг бирламчи киришиши

6.1-жадвал

Боғловчи	Цемент сарфи, кг/м <sup>3</sup>	Бирламчи киришиш, %, сув сарфи л/м <sup>3</sup> бўлганда		
		150	180	210
Портландцемент	310	0,15	0,82	1,64
	500	-	0,21	0,36
20 % трепел қўшилган портландцемент	310	0,1	0,11	0,42

Бирламчи киришиш миқдориға қолип, арматура синчи ва ишлаб чиқариш омиллари таъсир қилиши мумкин. Арматура зич жойлаштирилган ва қолипнинг тор бўлиши бирламчи киришиш ҳосил бўлишга қаршилиқ қилади.

Бетон қоришмасида бикр скелетнинг ҳосил қилиниши сув сарфининг кўплигига қарамасдан бирламчи ташқи киришишни камайтиради, аммо йирик тўлдирувчи доналари орасида седиментация жараёнлари содир бўлишига тўсқинлик қила олмайди. Шу сабабли бетондаги яширин киришиш миқдори баъзи микроҳажмларда кўпайиб кетади, натижада бетон қатлам-ланиб сифати ёмонлашади.

Темирбетон буюмларни қолиплашда ишлатиладиган босим бетон қоришмасига таъсир қилганда унинг зичлиги ошади, босим туширилганда эса материал қандайдир миқдорда ҳажмий кенгаяди. Бетон қоришмасининг сиқилиши унинг таркиби ва ишлатиладиган материалларга боғлиқ бўлади. Сиқилишда, айниқса бу жараёнда қўшилган ҳаво сезиларли таъсир қилади, ҳаво қанчалик кўп бўлса сиқилиш ҳам шунчалик юқори бўлади. Босим таъсирида қоришмадан ҳаво билан сув чиқариб ташланса унинг зичланиши ҳам кам бўлади. Агар бетон қоришмада ҳаво қолса, кейин содир бўладиган деформация ҳам катта бўлади. Бетон ва темирбетон буюмлар қолип-ланаётганда бетоннинг бирламчи киришиш деформацияси ва жипслашиш хусусияти албатта хисобга олиниши керак. Яъни, улар буюмнинг сўнгги ўлчами ва очик юзаларнинг сифатиға таъсир қилади.

## §6.2. Бетоннинг қотиш жараёнидаги киришиш деформацияси

Бетоннинг қотиш жараёни уни ҳажмининг ўзгариши билан кузатилади. Меъёрий об-ҳаво шароитда ёки муҳит намлиги етарли даражада бўлмаганда бетоннинг ҳажмий кичрайиши анча сезиларли бўлиши беради. Бунга бетоннинг “*кришиши*” (ҳажмий қисқариши) дейилади. Сувда ёки нам шароитда қотганда бетон эса ўз ҳажмини ошириш хусусиятига эга бўлади ва бунга бетоннинг “*бўкиши*” ёки “*шишиши*” дейилади. Бетоннинг киришиши унинг қотишида намлигининг ўзгариши натижасида содир бўладиган физик-кимёвий жараёнлар таъсирида бўлиши беради. Киришишнинг умумий миқдори бир неча таркибий қисмлардан ташкил топади. Улардан айниқса муҳимлари намликли, контракцияли ва карбонизацияли деформациялар ҳисобланади.

Намлиқдан киришиш цемент тоши бўйича намликнинг тақсимланиши, силжиши ва буғланишининг ўзгариши натижасида содир бўлади. Бетоннинг умумий киришишига унинг таъсири айниқса катта бўлади. Контракцияли киришиш цемент тошидаги янги ҳосил бўлган моддалар ҳажми реакцияга киришаётган моддалар ҳажмидан кам бўлганлиги боис содир бўлади. Ушбу киришиш цемент билан сув ўртасидаги кимёвий реакция тинимсиз давом этаётган вақтда содир бўлади ва намунасининг ташқи ўлчамини ўзгартиришдан ташқари, материалдаги ғоваклар тузилишини ҳам ўзгартиради. Сувли ғоваклар ҳажми камайиб ҳаволи ғоваклар миқдори кўпаяди. Одатда бундай киришиш бетон қотаётган аммо ҳали етарли даражада юмшоқ бўлган вақтда содир бўлади. Шу сабабли бетон юзасида ёриқлар ҳосил бўлмайди. Карбонизацияли киришиш кальций оксиди гидратининг карбонлашуви натижасида содир бўлади ва бетоннинг юза қисмидан бошланиб, секин-аста унинг ички қатламларига ўтади.

Бетоннинг киришиши, айниқса қотган материалда содир бўладиган намлик ва карбонизацияли киришиш бетоннинг ёрилишига сабаб бўлиши мумкин. Масалан, олдиндан зўриқтирилган арматура химоя қобиғи бўлиб ёки очиқ юзаси катта бўлган буюмларда дарзлар пайдо бўлиб, конструкциянинг сифати ва чидамлигига сезиларли таъсир кўрсатади. Баъзи ҳолатларда эса конструкцияларни таъмирлаш лозим бўлади. Шунинг учун бетон ва темирбетон буюмлар лойиҳалаштирилади ва бетон киришишининг таъсирини ҳисобга олиш лозим.

Бетоннинг киришиши унинг таркиби, ишлатилган материалларнинг хоссаларига боғлиқ бўлади. Цемент ва сув миқдори юқори бўлганда, юқори алюминатли цементлар, майда заррали ва ғовакли тўлдирувчилар ишлатилганда бетоннинг киришиши ошиб кетади. Бетоннинг тез қуриши уни тез ва нотекс чўқтиради (материал юзасининг киришиши кўпроқ бўлади) ва бетонда дарз пайдо бўлиши мумкин.

Бетоннинг киришишини унинг таркибига боғлиқлиги бўйича бир қатор фикрлар таклиф этилган. Бироқ, амалда унинг киришиши ҳисобий қийматлардан анча фарқ қилиши мумкин, чунки бунда ҳисобга олиш қийин бўлган омилларнинг таъсири кўп бўлади.

Бетоннинг киришиш деформациясини унинг таркибига боғлиқлиги Р. Лермит томонидан таклиф қилинган формула орқали қуйдагича ифодаланади:

$$\epsilon_{ch.ц} / \epsilon_{ch.b} = 1 + \beta(V_T / V_{ц}) \quad (6.1)$$

бу ерда:  $\epsilon_{ch.ц}$  ва  $\epsilon_{ch.b}$  – мос ҳолда цемент тоши ва бетоннинг киришиши;  $\beta$  – материал константаси, бўлиб С/Ц нисбати, тўлдирувчиларнинг йириклиги ва бошқа омилларга боғлиқ ҳолда  $\beta=1,5...3,1$  оралиқда олинади;  $V_T$  ва  $V_{ц}$  – мос ҳолда тўлдирувчи ва цементнинг ҳажми.

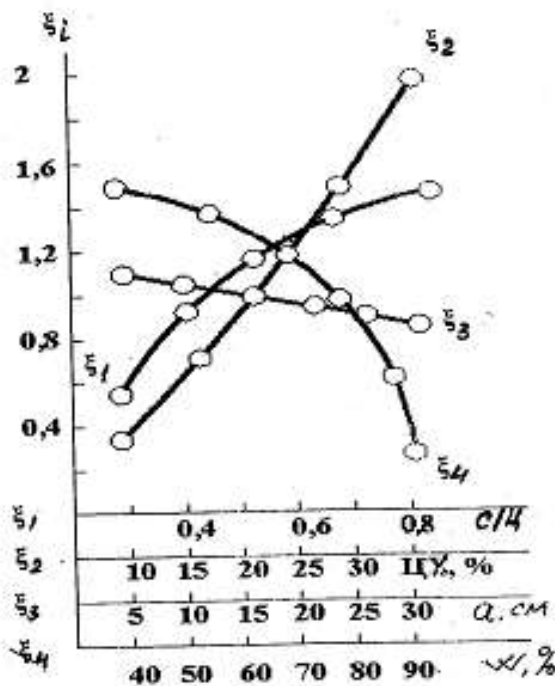
Турли омилларнинг бетон киришишига тўлиқ таъсирини қуйдаги формула асосида баҳолаш мумкин.

$$\epsilon_{ch} = / \epsilon_{ch.max} \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot \xi_4 \quad (6.2)$$

бу ерда:  $\epsilon_{ch}$  - бетон киришиш деформациясининг чегаравий миқдори;  $\epsilon_{ch.max}$  - берилган дастлабки шартга кўра маълум таркибдаги бетон киришиш деформациясининг чегаравий миқдори;  $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4$  - нисбий коэф-

фициентлар бўлиб, С/Ц нисбатини, цемент хамирининг миқдорини, намуна ўлчамларини ( $r=F/P$ ; бу ерда F-кўндаланг қирқим юзаси, P-унинг периметри) ва ҳавонинг намлигини ҳисобга олади (6.2-расм).

$\epsilon_{ch.m}$  - миқдорини аниқлашда С/Ц = 0,5, цемент ҳамири миқдори ЦХ = 0,2, қоришма ҳаракатчанлиги  $n = 2,5$  см ва ҳавонинг нисбий намлиги  $W = 70$  % олинади. Юқоридаги (6.2) формулада бетон ёшининг кириш деформациясига таъсирини ҳисобга олувчи коэффициент кўрсатилмаган. Чунки нам шароитда бетон дастлабки қотишининг давомийлиги киришиш деформациясининг чегаравий миқдорига кам таъсир кўрсатади.

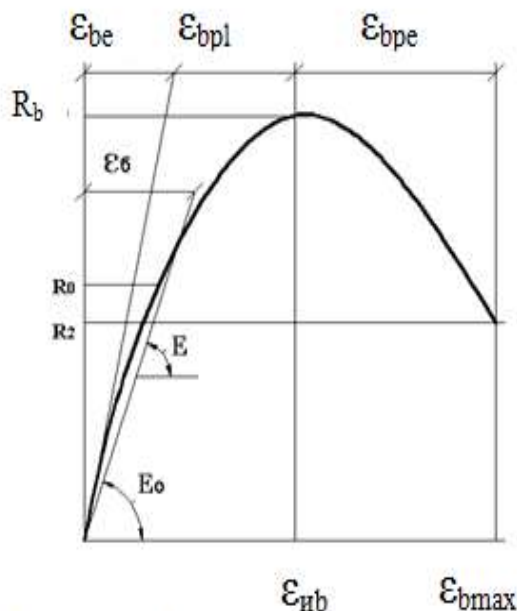


6.2-расм. Бетоннинг киришишини аниқлаш учун  $\xi$ -коэффициентларнинг қийматлари.

### §6.3. Бетоннинг юк таъсиридан деформацияланиши

**Бетоннинг қисқа муддатли юклар таъсиридан деформацияланиши.**  
Бетоннинг юк таъсиридаги деформацияси унинг таркиби, таркибдаги материалларнинг хоссалари ва кучланиш ҳолатининг турига боғлиқ бўлади. Бетоннинг сиқилишдаги деформацияланиш диаграммаси ёй шаклида бўлиб, кучланиш ортиб боришига мос ҳолда эгрилик ҳам ортиб боради (6.3-расм).

Бетон мустаҳкамлиги ортиши билан унинг деформацияси ва эгрилик чизиғи “ $\sigma_s - \varepsilon$ ” камаяди. Мустаҳкамлиги паст бўлган бетонларда сиқилиш диаграммасининг ҳатто пасаювчи шахобчаси ҳам бўлади. Бироқ бу жойда материалнинг яхлитлиги бузилиб, микроскопик дарзлар пайдо бўлади ва баъзи жойлари ажралиб кетади. Темирбетон конструкцияларда арматура



6.3-расм. Бетоннинг сиқилишдаги деформацияланиш диаграммаси.

бетоннинг алоҳида қисмларини бир бутун қилиб бирлаштириб туради. Конструкцияларни ҳисоблашларининг алоҳида ҳолатлари учун эса бетоннинг сиқилиш диаграммаси пасаювчи шахобчасини ҳисобга олиш зарур. Юқ таъсирида деформациянинг ошишига юклар тезлиги, намунанинг ўлчами, бетоннинг ҳарорат-намли ҳолати, муҳит ҳарорати ва бошқа омиллар таъсир қилади.

Бетон деформацияси  $\varepsilon_b$ , эластик  $\varepsilon_{be}$ , пластик  $\varepsilon_{bpl}$  ва қолдиқ  $\varepsilon_{bpe}$  қисмлардан иборат бўлади:

$$\varepsilon_b = \varepsilon_{be} + \varepsilon_{bpl} + \varepsilon_{bpe} \quad (6.3)$$

Уларнинг ўзаро нисбати бетон таркиби, ишлатилган материаллар ва бошқа омилларга боғлиқ бўлади. Пластик ва қолдиқ қисмларининг миқдори юкнинг давомлилиги ошганда, бетон мустаҳкамлиги камайганда, сув-цемент нисбати кўпайганда ва мустаҳкамлиги паст тўлдирувчилар ишлатилганда ошади.

**Бетоннинг эластиклик модули.** Бетоннинг деформацияланувчанлик хоссасини тавсифлайдиган энг муҳим кўрсаткичларидан бири, бу бетоннинг эластиклик модулидир. Бетоннинг юқ таъсирда деформацияланиши хусусияти унинг “деформация модули”, яъни кучланишнинг нисбий деформацияга нисбати бўйича баҳо берилади. Деформация модули қанча юқори бўлса материал шунчалик кам деформацияланадиган бўлади.

Бетоннинг сиқилиш диаграммаси ёйсимон бўлгани боис унинг деформация модули нисбий кучланиш  $\sigma_b/R_b$  нисбатига боғлиқ бўлади ва кучланиш ортган сари у камайб боради (6.4-расм). Бетон мустаҳкамлиги қанча паст бўлса, унинг деформацияланиши шунча юқори бўлади. Одатда  $\sigma_b/R_b$  нинг маълум қийматида бетоннинг бошланғич деформация модули ёки  $\sigma_b/R_b$  нинг маълум қийматида деформация модули аниқланади, масалан  $\sigma_b/R_b = 0,5$  бўлганда (ГОСТ 24452-80).

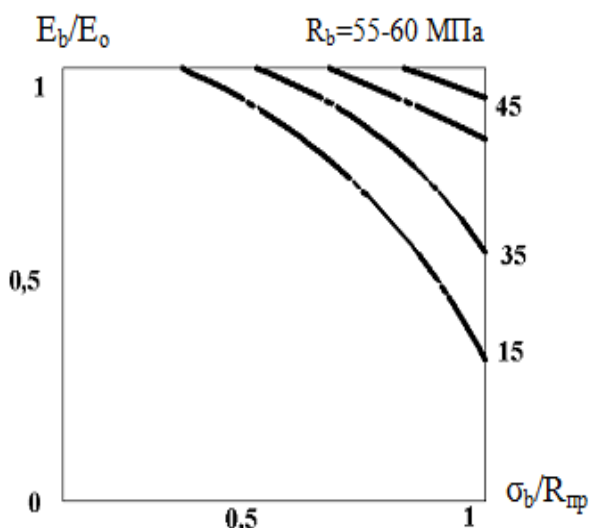
Амалда деформация модулининг турли омилларга тақрибий боғлиқлиги ишлатилади. Темирбетон конструкцияларни ҳисоблаш учун деформация модулининг бетон мустаҳкамлигига боғлиқлиги муҳимдир. Деформация

модулининг ўртача миқдори  $\sigma_b/R_b = 0,5$  бўлганда тақрибан қуйдаги формула билан аниқлаш мумкин.

$$E_b = 100000 / [1,7 + (3600/R)] \quad (6.4)$$

Амалда эса деформация модули ушбу миқдордан анча фарқ қилиши мумкин. Қуйидаги 6.2-жадвалда баъзи бетон турларининг сиқилишдаги деформация модули кўрсатилган. Ушбу жадвалдан технологик омилларнинг деформация модулига таъсири катта эканлигини кўриш мумкин.

Юк таъсирида конструкцияларни ҳисоблашда уларнинг ҳолатини баҳо-



6.4-расм. Юклаш жараёнида бетон деформацияланиш модулининг ўзгариши.

лаш учун бетоннинг бузилиши бошланадиган чегаравий деформация муҳим аҳамиятга эгадир. Тажрибалардан олинган маълумотларга кўра бетоннинг чегаравий сиқилувчанлиги 0,0015...0,003 атрофида ўзгариб, бетон мустаҳкамлиги ошганда ортиб боради. Бетоннинг чегаравий сиқилувчанлиги деформативлиги кўпроқ бўлган компонентлар ишлатиш ва уларнинг боғланишини етарли бўлишини таъминлаш йўли билан ҳам ошириш мумкин. Бетоннинг чегаравий чўзилувчанлиги 0,0001...0,0015 ни ташкил этади яъни,

Баъзи бир бетон турлари учун деформация модулининг ўртача миқдори,  $E_b \cdot 10^3$ , МПа

6.2-жадвал

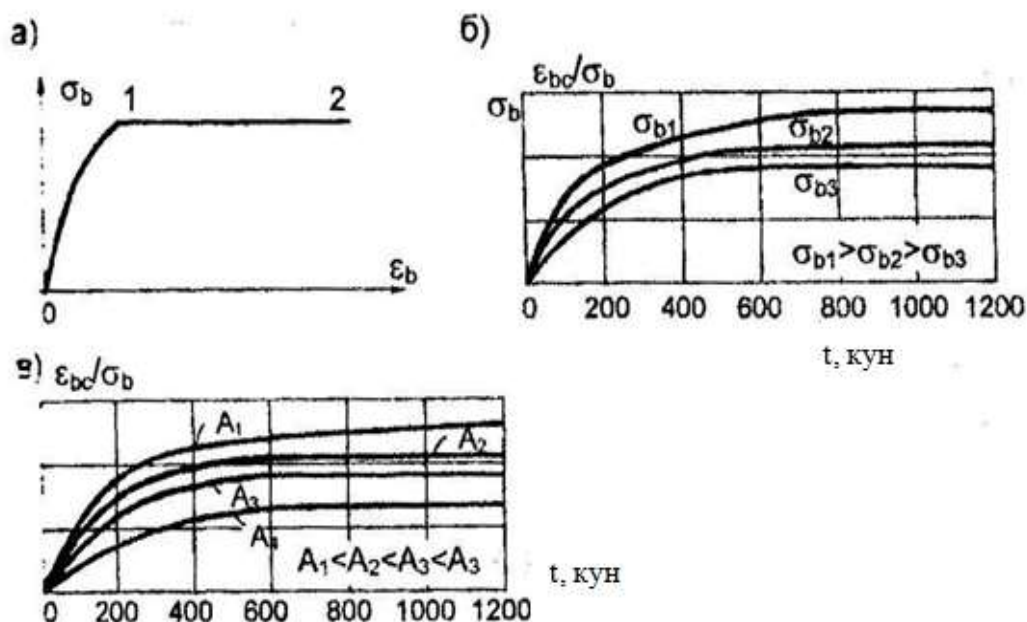
Бетон турлари	Бетон мустаҳкамлиги (МПа) бўйича деформация модули		
	10	30	50
Оддий, оғир бетон	19	34	410
Енгил бетон	11	19	-
Майда донали бетон	13	23	300

унинг чегаравий сиқилувчанлигидан тахминан 15...20 марта кам. Бетонга пластикловчи қўшимчаларнинг қўшилиши, белитли цементлар ишлатилиши, тўлдирувчи йириклигини камайтириш ёки деформацияланиш хусусияти юқори бўлган тўлдирувчиларни ишлатиш орқали, унинг чегаравий чўзилувчанлигини ошириш мумкин.

**Бетоннинг давомли юклар таъсиридан деформацияланиши.** Бетонга давомли юклар таъсир қилганда унинг деформацияси кўпайиб боради ва бу жараён 4...5 йил ва ундан кўп муддатгача давом этиши мумкин. Давомли юк таъсиридан бетон деформациясининг кескин ошиши биринчи 4...5 ой давомида кузатилади.

Давомли юклар таъсиридан бетоннинг сиқилиш ҳолатидаги деформациясининг ривожланиши 6.5 а-расмда кўрсатилган. Диаграмманинг 0-1 қисми намуна юкланган вақтдаги бетон деформациясини тавсифлайди ва бу участканинг эгрилиги намунани юклаш тезлигига боғлиқ бўлади. Диаграммадаги 1-2 участка давомли юклар билан юкланган бетоннинг доимий кучланишлар таъсиридан деформациянинг ошишини тавсифлайди. Вақт ўтиш билан деформациянинг ошиши секинлашади ва маълум бир чегаравий қийматга эришади.

Давомли юклар таъсиридан деформациянинг ошишини тавсифлайдиган бетон хоссасига унинг “сирпанувчанлиги” дейилади ва ЎЗРСТ 763-96 бўйича аниқланади. Тажрибалар асосида олинган натижалар шуни кўрсатадики кучланиш миқдорининг ошиши билан бетонда сирпанувчанлик деформацияси ҳам ошади. Ҳар-хил миқдордаги кучланишлар таъсиридан бетон деформациясининг вақт давомида ўзгариши 6.5 б-расмда кўрсатилган.



6.5-расм. Бетоннинг давомли юклар таъсиридан деформацияланиши. а - “ $\sigma_b - \epsilon_b$ ” диаграммаси; б-сирпаниш деформациясининг кучланишлар миқдорига боғлиқлиги ( $\sigma_{b1}, \sigma_{b2}, \sigma_{b3}$  кучланишлар миқдори), в-сирпаниш деформациясининг бетон намуна ўлчамларига боғлиқлиги ( $A_1, A_2, A_3, A_4$  намуна ўлчамлари).

Бетоннинг сирпанувчанлик деформациясининг физик моҳияти тўлиқ ўрганилган эмас. Кўпчилик муаллифлар томонидан таклиф қилинган фаразларга биноан бетоннинг сирпанувчанлиги зўриқишларнинг вақт давомида кальций гидросиликатлари ҳосил қилган гелдан цемент тошининг кристалл ўсимталарга қайта тақсимланиши ва доимий статик юклар таъсиридан бетонда маҳаллий микроёриқларнинг пайдо бўлиши натижасида содир бўлади деб қаралади. Аммо сирпаниш деформациясининг механизими ва физик моҳияти аниқ очиқ берилмайди.

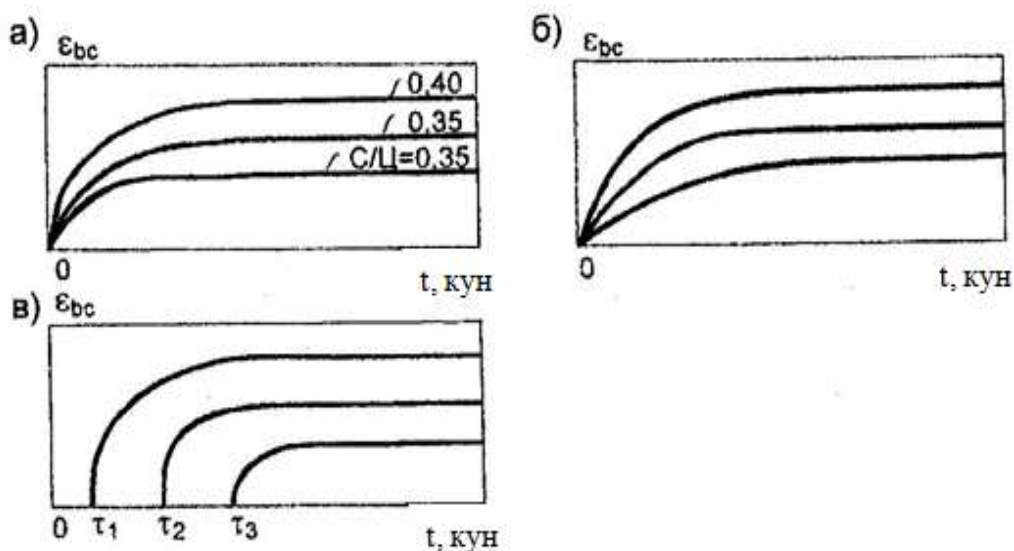
Бетоннинг сирпанувчанлигини ўрганиш мақсадида олимлар томонидан кенг кўламда тажрибалар ўтказилган бўлиб, унинг сирпанувчанлик деформациясига асосан намунанинг ўлчамлари, цемент миқдори, сув-цемент



нисбати, атроф муҳитнинг намлиги, бетонни юклаш вақтидаги ёши ва бошқа омиллар катта таъсир кўрсатади. Бетон намуна ўлчамларининг кичрайиши сирпанувчанлик деформациясининг ошишига олиб келади (6.5 в-расм).

Цемент миқдорининг ихтиёрий қийматида сув-цемент нисбатининг ошиши билан сирпанувчанлик деформацияси кўпаяди (6.6 а-расм). Атроф муҳит нисбий намлигининг камайиш натижасида бетон сирпанувчанлик деформациясининг ошиши шунингдек, сирпанувчанлик деформациясининг бетон ёшига нисбатан ривожланиши 6.6 б, в-расмларда кўрсатилган.

Бетон таркибидаги тўлдирувчилар цемент тошининг сирпанувчанлик деформациясининг ривожланишига тўсқинлик қилади. Бетоннинг сирпанувчанлик деформацияси бир бирлик ҳажмда тўлдирувчилар эгаллаган ҳажмга пропорционал равишда камаёди. Тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлиги ва эластиклик модули қийматининг ошиши билан бетон сирпанувчанлиги натижасида ҳосил бўладиган деформациялар камаёди.



6.6-расм. Бетоннинг сирпаниш деформациясининг сув-цемент нисбатига (а), намликка (б) ва юклаш вақтига (в) боғлиқлиги графиклари.

Бетоннинг сирпанувчанлиги нафақат сиқилишда, балким чўзилиш эгилиш ва буралишда ҳам содир бўлади. Аммо бу деформациялар жуда кам ўрганилган.

Тажрибалардан олинган натижалар шуни кўрсатадики, умуман олганда, бетоннинг давомли деформацияланиши эгри чизик билан тавсифланади. Давомли таъсир қилувчи юкларнинг кичик миқдорида сиқувчи кучланиш билан сирпанувчанлик деформацияси орасидаги боғланиш чизикли деб қаралиши мумкин. Давомли юк миқдорининг ошиши билан кучланиш ва деформация ўртасидаги чизикли боғланиш эгри чизикқа айлана боради. Чизикли сирпанувчанлик соҳасидан ночизикли соҳага ўтиш чегараси, тахминан, микроёриқлар пайдо бўлишининг шартли қуйи чегараси  $R_{сгс}^0$  билан мос тушади. Чизикли сирпанувчанлик бетон тузилишининг зичланиши билан боғлиқ бўлиб вақт давомида сўниб боради ва ўзининг чегаравий маълум бир қийматига интилади. Бетондаги кучланиш  $\sigma_b > R_{сгс}^0$  бўлганда сирпанувчанлик деформациясига бетон тузилишининг юмшаши ва унда вақт

давомида микроёриқларнинг пайдо бўлишидан ҳосил бўладиган деформациялар қўшилади. Кучланишларнинг миқдори  $\sigma_b > R_{сгс}^v$  бўлса бетон тузилишининг бузилиш жараёни чегараланган бўлиб, вақтинчалик тавсифига эга бўлади,  $\sigma_b > R_{сгс}^v$  бўлганда эса бетон тузилишининг бузилиши ривожлана бориб, маълум вақтдан кейин бетон бузилади.

Сирпанувчанлик деформациясининг миқдорини ифодалаш учун “сирпанувчанлик тавсифи” ва “сирпанувчанлик меъёри” деган тушунчалар қўлланилади. Сирпанувчанлик деформациясининг  $t$ -вақтдаги қийматининг дастлабки эластик деформацияга нисбати сирпанувчанлик тавсифини ифодалайди.

$$\varphi_t = \varepsilon_{bpl}^{(t)} / \varepsilon_{be} \quad (6.5)$$

Сирпанувчанлик меъёри кучланиш миқдорининг 0.1 МПа га ошишидан ҳосил бўладиган  $t$  вақтдаги бетон сирпанувчанлик деформациясини ифодалайди ва сирпанувчанлик деформациясининг кучланишга нисбати орқали аниқланади.

$$C_t = \varepsilon_{bpl}^{(t)} / \sigma_b \quad (6.6)$$

Сирпанувчанлик тавсифи билан сирпанувчанлик меъёри ўртасида қуйидаги боғланиш мавжуд.

$$C_t = \varphi_t \cdot E_b \quad (6.7)$$

Амалий ҳисоблашлар учун сирпанувчанлик меъёри қуйидаги формула орқали ифодаланиши мумкин.

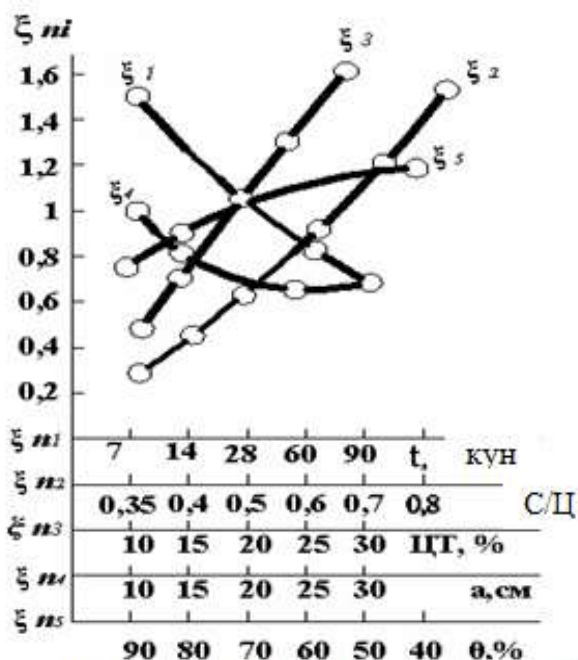
$$C_t = C_0 \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot \xi_4 \cdot \xi_5 \quad (6.8)$$

бу ерда  $C_0$  сирпанувчанлик меъёрининг дастлабки миқдори, оддий портландцементли бетонлар учун  $C_0 = 15,2 \cdot 10^{-7} \text{ см}^2/\text{Н}$  ва юқори мустаҳкам цементли бетонлар учун эса  $C_0 = 10,2 \cdot 10^{-7} \text{ см}^2/\text{Н}$  га тенг деб олинади  $\xi_0, \xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4, \xi_5$  - тўғриловчи коэффициентлар бўлиб, мос ҳолда юклаш

тавсифини, сув-цемент нисбатини, цемент сарфини, намуна ўлчамларини ва муҳит намлиги таъсирларини ҳисобга олади (6.7-расм).

Бетондаги дастлабки деформацияларнинг ўзгармаган ҳолатида бетондаги дастлабки кучланишларнинг камайишни тавсифловчи бетоннинг хоссасига кучланишнинг “камайиши” дейилади. Бетон сирпанувчанлиги билан кучланишларнинг камайиши ҳодисаси узвий боғлангандир.

Бетон сирпанувчанлиги ва кучланишларнинг камайиши бетон ва темирбетон конструкцияларнинг ташқи юқлар таъсиридан ишлаш ҳолатига катта таъсир кўрсатади.



6.7-расм. Бетон сирпанувчанлигини аниқлаш учун  $\xi_{ni}$  коэффициентларнинг қийматлари.

Бетон сирпанувчанлиги конструкторияларни ёриқлар пайдо бўлишига чидамлик ва деформация бўйича ҳисоблашда эътиборга олинади. Кучланишларнинг камайиши эса, статик ноаниқ конструкцияларда таянчлар чўкиши натижасида ҳосил бўладиган кучланиш ҳолатини аниқлашда ва бошқа ҳолатларда эътиборга олинади.

#### §6.4. Бетоннинг ҳарорат таъсиридан деформацияланиши

Атроф муҳит ҳароратининг ўзгаришидан бетоннинг ўз ҳажмини ўзгартиришига бетоннинг “*ҳарорат таъсиридаги деформацияланиши*” дейилади. Бетоннинг ҳарорат таъсиридан деформацияланиши икки қисмдан иборат бўлиб, деформациянинг биринчи қисми ҳароратнинг ўзгаришига пропорционал равишда ўзгариб, қуйидаги формула орқали аниқланади.

$$\varepsilon_t = \alpha_b(T - T_0) = \alpha_b \cdot \Delta T \quad (6.9)$$

бу ерда  $\alpha_b$ -бетоннинг ҳарорат таъсиридан чизиқли кенгайиш коэффициентини;  $\Delta T$  -муҳит ҳароратининг ўзгаришидан ҳосил бўладиган фарқ,  $^{\circ}\text{C}$ .

Ҳарорат таъсиридан ҳосил бўладиган бетон деформациясининг иккинчи қисми ҳарорат таъсиридан ҳосил бўладиган кучланишлардан вужудга келади. Бетон намуна ҳажми бўйича бир текис қиздирилганда ҳарорат таъсиридан ҳосил бўладиган деформациялар эркин ривожланади ва натижада даслабки кучланишлар ҳосил бўлади. Одатда, дастлабки ички кучланишлар бетон нотекис қиздирилганда рўй беради. Баъзи бир шароитда бу кучланишлар таъсиридан бетонда ёриқлар пайдо бўлиши ҳам мумкин.

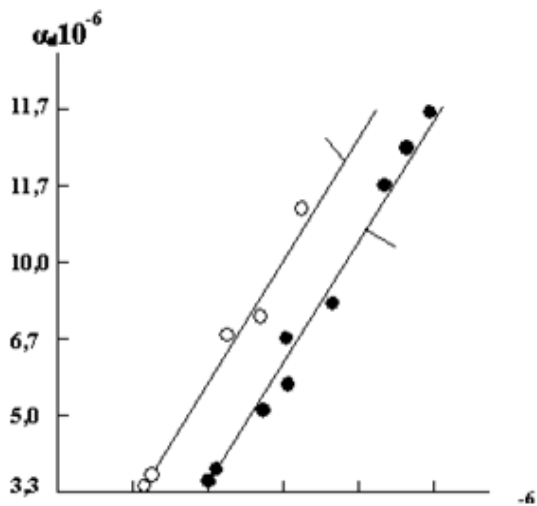
Меъёрий ишлатилиш шароитида (атроф муҳитнинг ҳарорати  $-40^{\circ}\text{C}$  дан  $+50^{\circ}\text{C}$  гача ўзгарганда) ишлатиладиган бетоннинг чизиқли кенгайиш коэффициентини  $\alpha_b = (0,7...1) \cdot 10^{-5}$  1/град тенг бўлади. Бу коэффициентининг қийматига цемент ва тўлдирувчиларнинг ҳили, бетон қоришмасининг таркиби, атроф муҳитнинг ҳарорати ва нисбий намлиги, бетоннинг ёши ва унинг ўлчамлари катта таъсир кўрсатади. Цемент тоши миқдори кўпайиши билан бетоннинг ҳарорат таъсиридан чизиқли кенгайиш коэффициентини  $\alpha_b$  ортади. Мисол учун, таркиби 1:3 нисбатда тайёрланган қоришмада  $\alpha_b = 10,4 \cdot 10^{-6}$ , цемент тошида эса  $\alpha_b = 13,1 \cdot 10^{-6}$ , тенг бўлади.

Тўлдирувчининг тури ҳам  $\alpha_b$  коэффициентга маълум даражада таъсир қилади. Мисол учун, гранитли бетон билан тажриба ўтказилганда  $\alpha_b = 9,8 \cdot 10^{-6}$ , керамзитли бетонда  $\alpha_b = 7,4 \cdot 10^{-6}$ , оҳактошли бетонда эса  $\alpha_b = 8,6 \cdot 10^{-6}$  бўлган.

Бетоннинг ҳарорат таъсиридаги чизиқли кенгайиш коэффициентини  $\alpha_b$  нинг тўлдирувчи чизиқли кенгайиш коэффициентини  $\alpha_t$  га боғлиқлиги 6.8-расмда келтирилган.

Цемент тоши ва тўлдирувчиларнинг чизиқли кенгайиш коэффициентлари ўртасидаги фарқ ҳам бетонда ички кучланишларнинг ҳосил бўлишига олиб келади. Атроф муҳитнинг ҳарорати  $100^{\circ}\text{C}$  гача кўтарилганда бетонда ҳосил бўладиган ички кучланишларнинг миқдори унча катта бўлмайди ва бетоннинг ҳолатига таъсир қилмайди. Аммо  $100^{\circ}\text{C}$  дан юқори

бўлганда унинг мустаҳкамлиги кескин ўзгаради. Ҳароратнинг 250...350 °С гача ошиши натижасида бетоннинг сув билан юқори даражада тўйинган танасидаги сув ва газ алмашиш жараёни кучаяди. Натижада бетон кескин равишда қурийд ва унинг ҳарорат чўкишидан микроёриқлар пайдо бўлади, ҳарорат коэффициентнинг қиймати ошади.



**6.8-расм. Бетоннинг ҳароратдан чизикли кенгайиш коэффициентини  $\alpha_6$  нинг тўлдирувчи чизикли кенгайиш коэффициентини  $\alpha_7$  га боғлиқлиги. 1-сувли муҳитда қотганда; 2-оддий шароитда қотганда.**

Ҳарорат 350 °С дан ошганда цемент тоши ва йирик тўлдирувчилар ўртасидаги ҳажмий деформациялар фарқи ошади. Бу деформацияларнинг фарқи натижа-сида бетонда жуда катта ички кучланишлар ҳосил бўлади. Бу кучланишлар цемент тошини ёриб, бетон мустаҳкамлигининг пасайишига олиб келади. Баъзи ҳолларда бетон бузилиш ҳолатига келиб қолиши мумкин. Шунинг учун юқори ҳарорат давомли таъсир қиладиган шароитда оддий бетонлар ишлатилмайди.

Бетонга паст ҳарорат таъсир қилганда (бетон музлаганда) унинг мустаҳкамлиги ошади. Ҳаво ҳарорати кўтарилиб, бетон эриганда унинг деформацияланиши ортади ва мустаҳкамлиги камаяди.

Бетоннинг деформацияланишига асосан унинг музлаш ва эриш ҳарорати, ҳамда сув билан тўйиниши катта таъсир кўрсатади. Паст ҳароратда бетон деформацияланиши ўзгаришига асосий сабаб, бу бетон танасидаги сувнинг музга айланишдан ўз ҳажмини ошириши натижасида ҳосил бўладиган ички ортиқча босимлардир. Музлаш ва эриш жараёнида бетоннинг бузилишини аниқлашда микроёриқлар пайдо бўлишининг қуйи ва юқори шартли чегаралари катта рол ўйнайди. Бетонга таъсир қиладиган кучланишларнинг миқдори микроёриқлар пайдо бўлишининг қуйи чегараси  $R^0_{сгс}$  дан кичик бўлганда бетон тузилиши зичлашади ва шу билан бирга унинг музлашига чидамлиги ошади. Кучланишларнинг миқдори  $R^0_{сгс}$  дан катта бўлиб, микроёриқлар пайдо бўлишининг юқори чегараси  $R^v_{сгс}$  гача ўзгарганда бетоннинг тузилиши бузилиб унинг музлашга чидамлиги нисбатан камаяди.

Бетоннинг ҳарорат таъсиридаги деформацияси пўлатнинг ҳарорат таъсиридаги деформациясига яқин. Ушбу ҳолат атроф муҳитнинг турли хил ҳароратида уларнинг темирбетон конструкцияларда биргаликда ишлашини таъминлайди.

## Назорат саволлари

1. Бетон қоришмасининг деформацияларини айтиб беринг.
2. Бетон қоришмасининг бирламчи киришиш деформацияси қандай содир бўлади?
3. Бирламчи киришиш деформация миқдори цемент миқдorigа қараб қандай ўзгаради?
4. Бетоннинг қотиш жараёнидаги деформацияларини айтиб беринг.
5. Бетоннинг киришиш деформацияси қандай аниқланади?
6. Бетоннинг юк таъсиридаги деформацияланиши қандай содир бўлади?
7. Бетоннинг сиқилишдаги деформацияланиш диаграммасини тушунтириб беринг.
8. Бетоннинг эластикли модули маъноси нимани билдиради?
9. Турли ҳил бетонлар учун бетоннинг эластиклик модули миқдори қандай бўлади?
10. Бетоннинг давомли юклар таъсиридаги деформацияланишини тушунтириб беринг.
11. Бетоннинг сирпанувчанлик деформациясининг физик моҳиятини айтиб беринг.
12. Сипанувчанлик деформациясининг тавсифи ва меъёри қандай аниқланади?
13. Бетоннинг ҳарорат таъсиридан деформацияланишини айтиб беринг.
14. Ҳарорат таъсиридан ҳосил бўладиган деформациялар қандай ички зўриқишларни келтириб чиқаради.
15. Ҳарорат  $300...350^{\circ}\text{C}$  дан ошганда бетонда қандай деформациялар ва ички кучланишлар ҳосил бўлади?

## Қўшимча адабиётлар

1. Невиль А. М. Свойства бетона. –М.: Стройиздат, 1982.-270 б.
2. ГОСТ 24452-80. Бетонлар. Призмавий мустаҳкамлик, эластиклик модули ва Пуассон коэффицентини аниқлаш усуллари.
3. ЎЗРСТ 763-96. Бетонлар. Ҳажмий чўкиш ва сирпаниш деформацияларини аниқлаш усуллари.

## 7-БОБ. БЕТОННИНГ ФИЗИК ХОССАЛАРИ

### §7.1. Бетоннинг зичлиги

Одатда бетон қоришмаси билан қотган бетон зичликлари орасида фарк бўлади. Бетон қоришмасининг таркиби тўғри танланган ва яхшилаб зичлантирилган бўлса, бундай қоришма зич ҳисобланади (таркибидаги боғланган сув билан биргаликда). Бундай бетон қоришманинг зичлиги материалларнинг ҳақиқий ҳажмлари йиғиндиси бўйича аниқланган назарий зичлигига мос келади (ЎзРСТ 719-96).

Бетон қоришмасининг зичланиш сифати “*зичланиш коэффициентини*” орқали баҳоланади (ЎзРСТ 720-96 талаби бўйича):

$$k_3 = \gamma_b / \rho_b \quad (7.1)$$

бу ерда  $\gamma_b$  ва  $\rho_b$  -мос ҳолда бетон қоришмасининг ҳақиқий ва назарий зичликлари. Одатда зичланиш коэффициентини  $k_3 \approx 1$  га тенг деб қаралади, амалда эса  $k_3 = 0,97 \dots 0,98$  атрофида бўлади.

Қотган бетон таркиби абсолют зич бўлмайди. Таркибидаги ортиқча сувнинг буғланиб чиқиб кетиши шунингдек, қоришмани зичлаш давомида ҳаво пуфакчаларининг тўла чиқиб кетмаслиги натижасида унда микроғоваклар ҳосил бўлади. Бетоннинг ғоваклиги (% ҳисобида) қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$V_F = [(C - \omega \cdot Ц) / 1000] \cdot 100 \quad (7.2)$$

бу ерда  $C$ ,  $Ц$  –бетондаги сув ва цемент сарфи,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\omega$ -кимёвий боғланган сув миқдори, цемент массасига нисбатан фоиз ҳисобида.

Бетон 28 кунлик ёшида цемент массасига нисбатан тахминан 15 % сувни бириктиради. Масалан,  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун 300 кг цемент ва 170 л сув сарф қилинса бетоннинг ғоваклиги юқоридаги (7.2) формула асосида қуйидагича бўлади:  $V_F = [(170 - 0,15 \cdot 300) / 1000] \cdot 100 = 12,5 \%$ . Бетоннинг зичлиги  $100 - 12,5 = 87,5 \%$ .

Бетоннинг нисбий зичлигини талаб даражасида оширишга эришиш учун тўлдирувчиларнинг донадор таркиби тўғри танланиши, қоришманинг сув талабчанлигини пасайтирувчи пластикловчи қўшимчалар қўшилиши, шунингдек, қоришма сифатли зичлантирилиши керак. Яъни, зичлантирилган қоришма таркибида эркин сувлар қолмаслигига эришиш лозим.

Бундан ташқари гидратланиш пайтида нисбатан кўпроқ сувни бириктирадиган юқори мустаҳкамликка эга бўлган портландцемент, гилтупроқли ва кенгаювчи цементлар ёки кўпроқ ҳажм эгаллайдиган пуццоланли цемент турларини ишлатиш мумкин. Бетоннинг зичлигини  $C/Ц$  нисбатини камайтириш, қоришмани титратиб зичлаш, марказдан қочма ва бошқа механизациялаштирилган усуллар орқали эришиш мумкин. Бетон қоришмасидаги эркин сувнинг бир қисмини уни қолиплаш пайтида вакуумлаш ёки пресшлаш усули билан чиқариб юбориш ҳам мумкин.

Бетоннинг зичлиги унинг муҳим хоссаси бўлиб, у қанчалик юқори бўлса бетоннинг мустаҳкамлиги ва совукбардошлиги ортади, сув ўтказувчанлиги эса камаяди.

## §7.2. Бетоннинг ўтказувчанлиги

Йўл қопламалари, кўприклар, қувурлар, лоток ариқлар, сув иншоотлари ва ш. к. конструкцияларда ишлатиладиган бетонлар учун унинг асосий хоссаларидан бири - бетоннинг “ўтказувчанлиги” ҳисобланади.

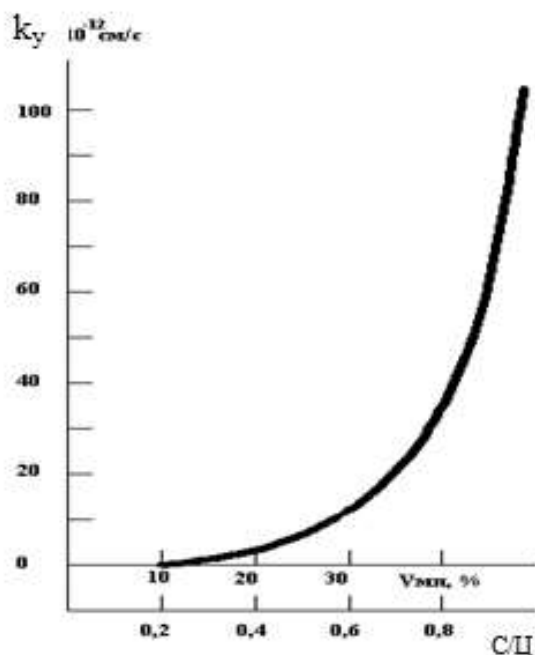
Бетоннинг ўтказувчанлиги унинг ғоваклигига ва ғовакларнинг тузилишига шунингдек, цемент ва тўлдирувчиларнинг хоссаларига боғлиқ бўлади. Бетоннинг таркиби ўлчамлари  $10^{-5}$  см дан кичик микроғоваклар ҳамда, найчалардан ва улар билан туташган ўлчамлари  $10^{-5}$  см дан катта бўлган макро ҳаво пуфакчаларидан иборатдир. Бундай макроғоваклар босим остида намликни шимиб олиши ва ўзида сақлаш хусусиятига эга. Шу сабабли бетоннинг ўтказувчанлиги бетон таркибининг ғоваклигига, найчалар ва ҳаво пуфакчалари миқдorigа боғлиқ бўлади.

Макроғовакларнинг тахминий ҳажми  $V_M$  (% ҳисобида) қуйидагича аниқланади:

$$V_M = [(C - 2 \cdot \omega \cdot \rho) / 1000] \cdot 100 \quad (7.3)$$

Бетон таркибидаги макроғоваклар миқдори 1...40 % атрофида бўлади. Бетоннинг макроғоваклигини С/Ц нисбатини пасайтириш, бетон тузилишини зичловчи кимёвий қўшимчалар қўшиш орқали камайтириш мумкин. Бетоннинг ёши ошиши натижасида унинг танасидаги ғоваклар миқдори бир мунча камаяди (бунда цемент тоши гидратланишининг давом этиши натижасида макроғоваклар ҳажми аста секин камайиб боради). Натижада бетоннинг ўтказувчанлиги камаяди.

Бетон ўтказувчанлигининг макроғовакликка боғлиқлиги графиги 7.1-расмда кўрсатилган. Макроғоваклик асосан сув -цемент нисбатига боғлиқ



7.1-расм. Бетоннинг ўтказувчанлик коэффициентининг макроғоваклик ҳажмига боғлиқлиги.

бўлганлиги учун ўтказувчанликни С/Ц нисбати билан боғлаш мумкин ва бу ҳолат амалда фойдаланиш учун анча қулайроқдир. Амалда бу боғланишдаги четланиш анча катта бўлиши мумкин. Чунки сув цемент нисбати бир хил бўлган шароитда макроғоваклик цементнинг тури ва сарфига, зичланганлик даражаси ва бетоннинг ўтказувчанлигига таъсир қилувчи бошқа бир қанча омилларга боғлиқ бўлади.

Бетон намланганда майда ғовак ва найчаларнинг “кольматацияси” деган ҳолат юзага келиб, бетоннинг ўтказувчанлигини камайтиради.

Бетоннинг ўтказувчанлиги “ўтказувчанлик” коэффициенти орқали баҳоланади, яъни бетон намунасининг

1 см<sup>2</sup> юзасидан доимий босим остида 1 соат давомида ўтган сув миқдори билан ўлчанади:

$$k_y = V_c / A \cdot t(p_1 - p_2) \quad (7.4)$$

бу ерда  $V_c$  - бетон намунадан ўтган сув миқдори, л;  $A$  - намуна юзаси, см<sup>2</sup>;  $t$  - вақт, с;  $p_1, p_2$  - намунанинг қарама-қарши юзасидаги босимлар, МПа.

Бетоннинг ўтказувчанлигини аниқлаш учун бетон намунанинг бир томонига (сுவга тегиб турган юзасига) маълум босим остида сув берилади ва унинг босими ошириб борилади. Намунанинг иккинчи томонида (қарама-қарши) намлик ёки сув томчилари пайдо бўлганда босим тўхтатилади. Ана шу босим кўрсаткичи орқали бетоннинг ўтказувчанлик даражаси тавсифланади. Яъни сув ўтказувчанлик бўйича бетонлар ЎзРСТ 724-96 кўра қуйидаги маркаларга бўлинади; С2, С4, С6, С8, С10, С12, 14, С16, С18, С20, С25, ва С30- мос ҳолда 0.2, 0.4, 0.6 ва 3 МПа гача босимга бардош бера оладиган бетонларга бўлинади.

Бетонни тайёрлаш, зичлаш ва ишлатиш жараёнида таркибининг бир ҳиллигини ва зичлигини таъминлаш муҳим аҳамиятга эгадир. Бетон таркибида унинг “*киришмиши*” шунингдек, узлуксиз намланиши ва музлаши натижасида ҳосил бўладиган микроёриқлар, бетон таркибининг тузилишига салбий таъсир кўрсатади. Натижада унинг ўтказувчанлиги ортади (бунда салбий муҳит таъсири ҳам муҳим рол ўйнайди, жумладан ишқорий муҳит, кислоталар, газлар ва ш.к).

Бетоннинг ўтказувчанлигини камайтириш (ўтказувчанлигини ошириш) учун бетон ва темирбетон конструкцияларни ишлаб чиқаришда қуйидаги махсус тадбирлар амалга оширилади (7.1 жадвал).

#### Бетоннинг ўтказувчанлигини камайтириш усуллари

7.1-жадвал

№	Бажариладиган тадбирлар	Бетон ўтказувчанлигининг камайиш даражаси, марта
1	Бетон қоришмасини тайёрлаш жараёнида қўшиладиган қўшимчалар: органик, сув юқтирмайдиган моддалар; анорганик моддалар; махсус қотирувчилар ёки термопластик полимерлар;	2...10 5...1000 10...500
2	Бетон танасига махсус моддаларни сингдириш (мономерлаш ва ш.к).	50...1000
3	Бетоннинг ташқи юзасига сув юқтирмайдиган моддалар билан ишлов бериш	2...10
4	Бетоннинг ташқи юзасини махсус қатлам ҳосил қилувчи материаллар билан қоплаш	10...100



Бетон қоришмасини тайёрлаш жараёнида унга махсус қўшимчалар ва моддалар қўшиш унинг ўтказувчанлигини камайтиришнинг энг самарали усулларида хисобланади. Бундай қўшимчаларга сирт-фаол моддалар, сувда эрийдиган смолалар, латекслар, битум эмульсиялари, майин туйилган полимер ва қатрон куқунлари киради. Бетон қоришмаси қотганидан кейин қиздирилади, натижада полимерли куқунлар юмшайди ва бетон таркибидаги ғовакларга ўрнашиб, уларни беркитади. Анорганик қўшилмалар сифатида натрий алюминати, темир хлорид, суюқ шиша каби моддалар ишлатилади. Шунингдек, бентонит гили, кенгаювчи цементлар ишлатилса, бетоннинг ўтказувчанлиги анча камаяди.

Қотган бетоннинг ўтказувчанлигини камайтириш учун бетон таркибига суюқ шиша, олтингугурт, парафин, битум каби моддалар шимдирилади. Бу усулга “*мономерлаш*” дейилади. Бунда буюм олдин яхшилаб қуритилади, сўнгра вакуумлаш орқали ғоваклар ва бўшлиқлари тозаланади. Шундан кейин буюмни мономерлаш жараёни амалга оширилади.

### **§7.3. Бетоннинг совуқбардошлиги**

Бетоннинг совуқбардошлиги деганда сув билан тўйинтирилган бетон намунанинг кетма-кет музлатилиши ва эритилишга чидамлигига айтилади. Сув музлаганда унинг ҳажми 9 % гача ортади. Бунда сувнинг музлаб ҳажмининг кенгайишига бетон скелети йўл қўймайди. Натижада ички зўриқишлар ҳосил бўлади. Музлаш ва эриш даврларининг кўп марта такрорланиши бетон тузилиши мустаҳкамлигини аста-секин пасайишига олиб келади. Натижасида ҳосил бўладиган ички зўриқишлар таъсирида таркибида микроёриқлар ҳосил бўлиб, унинг бузилишга сабаб бўлади. Олдин бетоннинг четлари, сўнг юзаси ва охирида унинг ички қисми бузилади. Бетон ташкил этувчиларининг чизиқли ҳарорат кенгайиш коэффициентини ва ҳарорат-намлик градиенти ўртасидаги фарқ натижасида ҳосил бўладиган кучланиш ҳам маълум маънода таъсир кўрсатади.

Бетоннинг совуққа чидамлигини аниқлаш учун ГОСТ 10060-2012 талаби бўйича кетма-кет музлатиш ва эритиш усулидан фойдаланилади. Синаш усули, хусусан музлатиш ҳарорати, намунанинг сувни шимиш шароити, намунанинг ўлчами, циклнинг давомийлиги бетоннинг совуққа чидамлик кўрсаткичларига сезиларли таъсир кўрсатади. Музлатиш ҳарорати пасайтирилганда, айниқса сув ёки тузлар эритмасида музлатилганда, бетоннинг емирилиши нисбатан тез содир бўлади.

Бетоннинг совуқбардошлик бўйича критериясини белгилайдиган маълум циклларда унинг оғирлигининг 5 % гача йўқолиши ва мустаҳкамлигининг 25 % гача камайиши қабул қилинган. Ушбу цикллар сони бетоннинг совуқбардошлик бўйича маркасини билдиради ва F50, F75, F100, F150, F200, F350, F400, F500, F600, маркаларга бўлинади (рақамлар музлатиш ва эритиш цикллари сонини билдиради).

Совукбардошлилик бўйича бетон маркаси конструкция тури, бино ва иншоот тоифаси ва улардан фойдаланиш шароитларига қараб белгиланади. Турар жой ва саноат бинолари учун бетоннинг совуққа чидамлилиги, одатда F50...F75 марка билан тавсифланади. Сув иншоотлари, кўприк конструкциялари ва йўл қопламаларида ишлатиладиган бетонларнинг совукбардошлигига анча юқори талаблар қўйилади.

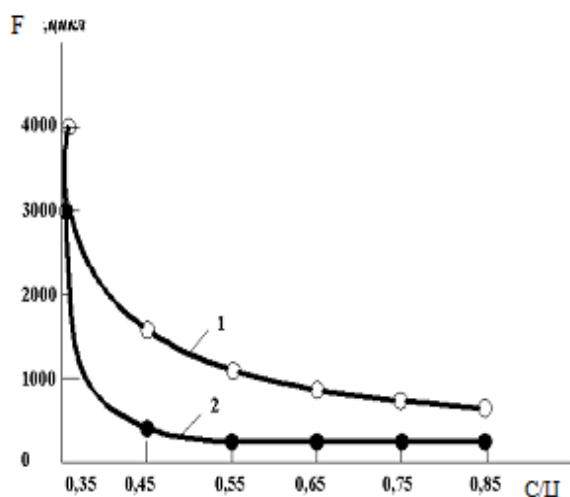
Бетоннинг совукбардошлиги ишлатиладиган цемент турига, тўлдирувчиларнинг сифатига, бетоннинг зичлигига ва бошқа омилларга боғлиқ бўлади. Паст алюминатли портландцемент, юқори сифатли гранитли майдаланган тош асосида тайёрланган зич тузилишли бетонларнинг совуққа чидамлилик даражаси юқори бўлади. Бетондаги ўлчамлари  $10^{-5}$  см бўлган микроғовакларда одатда боғланган сув мавжуд бўлади. Ушбу сувлар ҳатто жуда паст ҳароратда ( $-70^{\circ}\text{C}$  гача бўлганда) ҳам музга айланмайди. Шу сабабли микроёриқлар бетоннинг совукбардошлигига сезиларли таъсир кўрсатмайди. Бетоннинг совукбардошлигини ошириш асосан икки усулда амалга оширилади:

бетоннинг зичлигини ошириш, микроғоваклар ҳажмини ва сув-цемент нисбатини камайтириш шунингдек, сув юқтирмайдиган қўшимчалар қўшиш ёки махсус моддаларни шимдириш орқали ғовакларни ҳимоялаш;

бетон танасида махсус ҳаво ютувчи қўшимчалар ёрдамида захира ҳаво ҳажмини (ғоваклар) ҳосил қилиш орқали.

Совуққа чидамлиликнинг сув -цемент нисбатига боғлиқлиги 7.2-расмда кўрсатилган. Бетон совуққа етарли даражада чидамли бўлиши учун  $S/C = 0.5$  дан кам бўлмаслиги керак.

Совуққа чидамлилик даражасини оширишнинг оддий ва самарали усули ҳаво ютувчи қўшимчаларни қўшиш ҳисобланади. Бундай қўшилмалар ҳаво ғоваклари ўлчамини имкон қадар кичрайтириб, бетоннинг совуққа



7.2-расм. Ооддий (1) ва ҳаво ютилган (2) бетоннинг совуққа чидамлигининг  $S/C$  нисбатига боғлиқлиги.

чидамлилик даражасини оширади ва ҳаво сўрилгани боис мустаҳкамлик камаймайди. Ҳаво ютилишининг энг мақбул ҳажми одатда 4...6 % ни ташкил этади ва цемент, сув ҳамда йирик тўлдирувчи сарфи билан аниқланади. Тўлдирувчилар йириклиги камайиб ва цемент сарфи кўпайса ушбу ҳажм ошиб боради. Бетондаги ҳаво ютувчи қўшилмалар билан биргаликда ғовакларнинг натижасида солиштирма юзаси  $1000...2000 \text{ см}^2/\text{см}^3$ , ўлчамлари 0,005...0,1 см ва улар орасидаги масофа 0,025 см дан кўп бўлмаслиги керак.

## §7.4. Бетоннинг иссиқлик-физик хоссалари

Био ва иншоотлар ҳамда конструкцияларнинг ишлатилиш ишончилигини таъминлашда бетоннинг иссиқлик-физик хоссалари (иссиқ ўтказувчанлик, иссиқ ютувчанлик ва ҳарорат деформацияси) муҳим аҳамиятга эга. Ёппа конструкцияларнинг иссиқлик-физик хоссалари биноларнинг иссиқлик ҳимоясини белгилайди. Юк кўтарувчи конструкцияларнинг иссиқлик-физик хоссалари эса уларни ёнғиндан ва бошқа омиллар таъсиридан ҳимояланишини таъминлайди. Шу сабабли ушбу хоссалар йиғма темирбетон корхоналарида буюм ва конструкцияларни тайёрлаш жараёнларини лойиҳалашда ҳисобга олинади (айниқса қиш мавсумида бетон ишларини бажариш ва турли ҳил технологик ҳисобларни амалга оширишда).

*Иссиқ ўтказувчанлик* - деб материалнинг бир томонидан (юзасидан) иккинчи томонига иссиқни ўтказиш хоссасига айтилади. Яъни, материалнинг 1 м<sup>2</sup> юзасидан 1 соат давомида ўтадиган (ҳарорат фарқи 1 °С бўлганда) иссиқлик миқдори билан тавсифланади.

Бетон тузилиши қаттиқ фаза ҳамда ҳаво ва сув ғовақларидан иборат бўлади. Ҳавонинг иссиқ ўтказувчанлиги  $\lambda = 0.023$  Вт/(м °С) бўлиб, қаттиқ фазанинг иссиқ ўтказувчанлигидан анча камдир. Шу сабабли бетоннинг таркибида ҳаво ғовақлари қанча кўп бўлса ёки зичлиги қанча кам бўлса унинг иссиқ ўтказувчанлиги ҳам кам бўлади, яъни иссиқ сақлаш қобилияти ортади (7.2 жадвал).

Бетон иссиқ ўтказувчанлигининг ўртача зичлиги ёки ғовақлигига  
боғлиқлиги

7.2-жадвал.

Бетоннинг ҳиллари	Ўртача зичлиги, кг/м <sup>3</sup>	Ғовақлиги, %	Иссиқ ўтказувчанлик коэффиценти $\lambda$ , Вт/(м.°С)
Оғир бетон	2400	8	1.2
Керамзитбетон	900	60	0.24
Ячейкли бетонолар	300	85	0.9/0.17
	600	75	0.14/0.22
	900	65	0.23/0.32
Гранит (таққослаш учун)	2600	1	3

*Эслатма.* Қаср чизигининг суратида қуруқ бетоннинг, махражидида эса намлиги 8 % бўлган бетонларнинг иссиқ ўтказувчанликлари келтирилган.

Бетоннинг ғовақларини нам билан тўлдирилганда унинг иссиқ ўтказувчанлиги ортади, чунки сувнинг иссиқ ўтказувчанлиги  $\lambda = 0.58$  Вт/(м °С) га тенг бўлиб, ҳавонинг иссиқ ўтказувчанлигидан 25 марта кўпдир. Бетон музлатилганда унинг иссиқ ўтказувчанлиги янада ортади, чунки музнинг

иссиқ ўтказувчанлиги  $\lambda = 2.3 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{С)}$  га тенг бўлиб, сувнинг иссиқ ўтказувчанлигидан тўрт марта юқоридир. Бетоннинг ҳарорати кўтарилганда унинг иссиқ ўтказувчанлиги ҳам бир неча марта ортади.

Бетоннинг техник ҳисоблаш ишларида қўлланиладиган иссиқ сақлаш хоссаси унинг таркибига, тузилиши ва зичлигига боғлиқ бўлиб,  $0.75\text{...}1.1 \text{ кДж/(кг}^{\circ}\text{С)}$  атрофида ўзгаради. Сув анча юқори иссиқ сақлаш хусусиятига  $4.19 \text{ кДж/(кг}^{\circ}\text{С)}$  эга, шу сабабли бетон қоришмадаги сув миқдори юқори бўлса, бетоннинг иссиқ сақловчанлиги ортади.

## §7.5. Бетоннинг физик хоссаларини аниқлашга доир мисоллар

**7.1-мисол.**  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун цемент сарфи  $\text{Ц} = 350 \text{ кг}$ , сув сарфи  $190 \text{ л}$ . Бетон  $28$  кунликда  $15\%$  сувни кимёвий бириктиради ( $\omega=0,15$ ).

Бетоннинг  $28$  кунликдаги ғоваклиги ва зичлиги аниқлансин.

*Ечиш:* Цемент билан кимёвий бириккан сув миқдори:

$$C_1 = \omega \cdot \text{Ц} = 0,15 \cdot 350 = 45 \text{ л.}$$

Қотган бетоннинг ғоваклиги:

$$V_F = [(C - \omega \cdot \text{Ц})/1000] \cdot 100\% = [(190 - 45)/1000] \cdot 100 = 14,5\%.$$

Бетоннинг зичлиги:

$$\rho_b = 100 - V_F = 100 - 14,5 = 85,5\%.$$

**7.2-мисол.**  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун цемент сарфи  $\text{Ц} = 28 \text{ кг}$ , сув-цемент нисбати  $\text{С/Ц} = 0,55$ , кимёвий боғланган сув миқдори бетоннинг  $90$  кунлигида  $20\%$  га тенг. Бетоннинг  $90$  кунликдаги ғоваклиги ва зичлиги аниқлансин.

*Ечиш:*  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун сарф қилинадиган сув миқдори  $\text{С/Ц} = 0,55$  бўлганда,  $\text{С} = 0,55 \cdot \text{Ц} = 0,55 \cdot 280 = 154 \text{ л}$  га тенг бўлади.

Цемент билан кимёвий боғланган сув миқдори:

$$C_1 = \omega \cdot \text{Ц} = 0,20 \cdot 280 = 56 \text{ л.}$$

Қотган бетоннинг ғоваклиги:

$$V_F = [(C - \omega \cdot \text{Ц})/1000] \cdot 100\% = [(154 - 56)/1000] \cdot 100 = 9,8\%.$$

Бетоннинг зичлиги:  $\rho_b = 100 - V_F = 100 - 9,8 = 90,2\%$ .

**7.3-мисол.** Ўлчамлари  $100 \times 100 \times 100 \text{ мм}$  бўлган бетон куб намунанинг табиий ҳолдаги массаси  $m_1 = 2300 \text{ г}$ , қуруқ ҳолдаги массаси  $m_2 = 2210 \text{ г}$ . Намуна сувга тўйинтирилгандан кейин массаси  $m_3 = 2395 \text{ г}$  кўпайди.

Бетоннинг ўртача зичлиги, массаси ва ҳажми бўйича сув шимувчанлиги аниқлансин.

*Ечиш:* Бетоннинг массаси бўйича сув шимувчанлиги (%):

$$W_m = [(m_3 - m_2)/m_2] \cdot 100\% = [(2395 - 2210)/2210] \cdot 100\% = 8,4\%.$$

Бетоннинг ҳажми бўйича сув шимувчанлиги (%):

$$W_x = [(m_3 - m_2)/V_b] \cdot 100\% = [(2395 - 2210)/1000] \cdot 100\% = 18,5\%.$$

Бу ерда  $V_b = 10 \times 10 \times 10 = 1000 \text{ см}^3$  - бетон куб намуна ҳажми.

Бетоннинг қуруқ ҳолдаги ўртача зичлиги:

$$\rho = m_2/V_b = 2210/1000 = 2,21 \text{ г/см}^3.$$

Бетоннинг табиий ҳолдаги ўртача зичлиги:

$$\rho = m_1/V_b = 2300/1000 = 2,3 \text{ г/см}^3.$$

**7.4-мисол.** Куйидагилар берилган:  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун материаллар сарфи: цемент Ц = 300 кг, сув С = 180 л, қум Қ = 700 кг, шағал Ш = 1100 кг. Цементнинг ҳақиқий зичлиги  $\rho_{\text{ц}} = 3,0 \text{ г/см}^3$ ; қумники  $\rho_{\text{к}} = 2,6 \text{ г/см}^3$ ; шағалники  $\rho_{\text{ш}} = 2,58 \text{ кг/м}^3$ , сувники  $\rho_{\text{с}} = 1,0 \text{ г/см}^3$ .

Бетон қоришмасининг зичлаш коэффициентини  $k_3$  аниқлансин.

*Ечили:* Бетон қоришмасининг зичланиш коэффициентини икки усулда аниқлаш мумкин.

1.  $1 \text{ м}^3$  зичлантирилган бетон қоришма компонентларининг абсолют ҳажмлари йиғиндисининг қоришма ҳажмини ҳақиқий йиғиндисига нисбати орқали.

Материаллар абсолют ҳажмининг йиғиндиси:

$$\text{Ц}/\rho_{\text{ц}} + \text{С}/\rho_{\text{с}} + \text{К}/\rho_{\text{к}} + \text{Ш}/\rho_{\text{ш}} = 300/3 + 180/1 + 700/2,6 + 1100/2,58 = 975 \text{ л.}$$

Бетон қоришманинг зичланиш коэффициенти:

$$k_3 = 975/1000 = 0,975$$

2.  $k_3$  миқдорини ҳажмий массалар нисбати бўйича ҳисоблаш.

Ҳақиқий ҳажмий массалар миқдори:

$$\rho_b = (\text{Ц} + \text{С} + \text{К} + \text{Ш})/k_3 = (300 + 180 + 700 + 1100)/0,975 = 2338 \text{ кг/м}^3.$$

Тажрибавий ҳажмий массалар йиғиндиси:

$$\gamma_b = (300 + 180 + 700 + 1100)/1 = 2280 \text{ кг/м}^3.$$

Бетон қоришманинг зичланиш коэффициенти:

$$k_3 = \gamma_b/\rho_b = 2280/2338 = 0,975.$$

**7.5-мисол.** Куйидагилар берилган: бетон таркиби Ц:Қ:Ш = 1:1,8:3,0 ва С/Ц = 0,50; бетон қоришманинг ҳисобий зичлиги  $\rho_b = 2360 \text{ кг/м}^3$ ; цементнинг ҳақиқий зичлиги  $\rho_{\text{ц}} = 3,1 \text{ г/см}^3$ ; қумники  $\rho_{\text{к}} = 2,62 \text{ г/см}^3$ ; шағалники  $\rho_{\text{ш}} = 2,65 \text{ г/см}^3$ ;

Янги куйилган бетоннинг зичланганлик даражаси аниқлансин.

*Ечили:*  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун материаллар сарфи куйидагича аниқланади:

$$\text{цемент Ц} = \rho_b / (\text{Ц} + \text{К} + \text{Ш} + \text{С}/\text{Ц}) = 2360 / (1 + 1,8 + 3,0 + 0,5) = 375 \text{ кг,}$$

$$\text{қум К} = \text{Ц} \cdot 1,8 = 375 \cdot 1,8 = 675 \text{ кг,}$$

$$\text{шағал Ш} = \text{Ц} \cdot 3 = 375 \cdot 3 = 1125 \text{ кг,}$$

$$\text{сув С} = \text{Ц} \cdot 0,5 = 375 \cdot 0,5 = 188 \text{ л.}$$

Жами материаллар сарфи:

$$V_b = \text{Ц} + \text{К} + \text{Ш} + \text{С} = 375 + 675 + 1125 + 188 = 2363 \text{ кг/м}^3$$

Материалларнинг абсолют ҳажмлари ( $1 \text{ м}^3$  бетон учун):

$$\text{цемент Ц} = 375/3,1 = 121 \text{ дм}^3,$$

$$\text{қум К} = 675/2,62 = 258 \text{ дм}^3,$$

$$\text{шағал Ш} = 1125/2,65 = 425 \text{ дм}^3,$$

$$\text{сув С} = 188 \text{ л.}$$

Жами материаллар ҳажми:

$$V = 121 + 258 + 425 + 188 = 992 \text{ дм}^3 \text{ (л).}$$

1 м<sup>3</sup> бетон қоришмадаги ғоваклар ҳажми  $V_F = 1000 - 992 = 8 \text{ дм}^3$  ёки 0,8 % демак бетон қоришманинг зичланганлик даражаси:  $100 - 0,8 = 99,2 \%$

**7.6-мисол.** Зичлиги  $\rho = 2300 \text{ кг/м}^3$  бўлган оғир бетоннинг иссиқ ўтказувчанлик коэффиценти зичлиги  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  бўлган керамзитбетонникидан неча марта ортиқлиги аниқлансин.

*Ечили.* Бунда Б. Н. Кауфманнинг қуйидаги тақрибий формуласидан фойдаланилади:

$$\lambda = 0,0935 \cdot \rho^{1/2} \cdot 2,28^{\rho} + 0,025 \text{ ккал/м.ч.С}^0.$$

Оғир бетон учун:

$$\lambda = 0,095 \cdot 2,3^{1/2} \cdot 2,28^{2,3} + 0,025 = 1,195 \text{ ккал/м.ч.С}^0.$$

Керамзит бетон учун:

$$\lambda = 0,095 \cdot 1^{1/2} \cdot 2,28^1 + 0,025 = 0,238 \text{ ккал/м.ч.С}^0$$

Демак оғир бетоннинг ҳажмий массаси керамзитбетонга нисбатан  $2300/1000 = 2,3$  марта, иссиқ ўтказувчанлик коэффиценти эса  $1,195/0,238 = 5$  марта ортиқ экан.

**7.7-мисол.** Қуйидагилар берилган. Ташқи девор юзасининг ҳарорати  $t_1 = -18 \text{ }^{\circ}\text{С}$ . Шу девор ички юзасининг ҳарорати  $t_2 = +18 \text{ }^{\circ}\text{С}$ . Девор қалинлиги  $a = 25 \text{ см}$ . Деворнинг иссиқ ўтказувчанлик коэффиценти аниқлансин.

*Ечили:* Деворнинг 1 м<sup>2</sup> юзасидан 1 мин. давомида 1 ккал иссиқ ўтади. Деворнинг иссиқ ўтказувчанлик коэффиценти қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$Q = \lambda[(t_2 - t_1)/a] \cdot S \cdot \tau, \text{ бундан}$$

$$\lambda = [Q \cdot a / (t_2 - t_1) \cdot S \cdot \tau] = [4,2 \cdot 0,25(1000) / [18 - (-18)] \cdot 1 \cdot 60] = 0,48 \text{ w/m}^{\circ}\text{С}.$$

бу ерда  $Q = 1 \text{ ккал} = 4,2 \text{ ж}$ ,  $a = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$ ,  $\tau = 1 \text{ мин} = 60 \text{ сек}$ ,  $S = 1 \text{ м}^2$ .

## Назорат саволлари

1. Бетоннинг зичлиги нима ва у қандай аниқланади?
2. Бетондаги ғоваклар ҳажми қандай аниқланади?
3. Бетоннинг зичлигини қандай усуллар орқали ошириш мумкин?
4. Бетоннинг ўтказувчанлиги қандай омилларга боғлиқ бўлади?
5. Бетоннинг ўтказувчанлик коэффиценти қандай аниқланади?
6. Бетон сув ўтказувчанлик бўйича қандай маркаларга бўлинади?
7. Бетоннинг ўтказувчанлигини камайтириш учун қандай чора тадбирлар қўлланилади?
8. Бетоннинг совуқбардошлиги деб унинг қандай ҳоссасига айтилади?
9. Бетоннинг совуқбардошлиги лаборатория шароитида қандай аниқланади?
10. Бетоннинг совуқбардошлик бўйича қандай маркалари мавжуд?
11. Бетоннинг совуқбардошлигини ошириш қандай усулларда амалга оширилади?
12. Бетоннинг иссиқлик-физик ҳоссалари унинг қандай тавсифини белгилайди?

13. Бетоннинг иссиқ ўтказувчанлиги қандай миқдор билан тавсифланади?

14. Бетон иссиқ ўтказувчанлигининг зичлиги ёки ғоваклигига боғлиқлигини айтиб беринг.

15. Бетоннинг иссиқ ўтказувчанлигини ошириш ёки камайтириш усулларини айтиб беринг.

### **Қўшимча адабиётлар**

1. Состав, структура и свойства цементных бетонов./Г. И. Горчаков, Л. П. Оrentлихер, В. И. Савин и др. –М.: Стройиздат, 1976.-

2. ЎзРСТ 719-96. Бетонлар. Зичлик, намлик, шимувчанлик, ғоваклик ва сув ўтказувчанликни аниқлаш усулларининг умумий талаблари.

3. ЎзРСТ 720-96. Бетонлар. Зичликни аниқлаш усуллари.

4. ЎзРСТ 724-96. Бетонлар. Сув ўтказувчанликни аниқлаш усуллари.

5. ГОСТ 10060-2012. Бетонлар. Совуқбардошликни аниқлаш усуллари.

## 8-БОБ. БЕТОННИНГ ЗАНГЛАШИ ВА УНИНГ ОЛДИНИ ОЛИШ ЧОРАЛАРИ

### §8.1. Бетон ва темирбетонга зарарли муҳит таъсирининг алоҳида тамойиллари

Саноат, турар-жой, қишлоқ хўжалиги, йўл қуришили ва бошқа тармоқларда ишлатиладиган бетон ва темирбетон конструкцияларга зарарли муҳит таъсир қилади. Конструкцияларнинг узоқ муддатга чидамлилиги эса бетон ва арматуранинг зарарли муҳитга турғунлиги билан баҳоланади.

Зарарли муҳитнинг бетон ва темирбетон конструкцияларга таъсир қилиш даражасига қуйидагилар киради:

*суяқ муҳит учун* – зарарли унсурларнинг мавжудлиги, уларнинг тўпланиши ва суяқ муҳитда ҳаракатланиши;

*газли муҳит учун* – газларнинг ҳили ва тўпланиши, уларнинг сувда эрувчанлиги, намлиги ва х.к;

*қаттиқ жинслар учун (тузлар, аэрозоллар, чанглар)* – дисперслиги, сувда эрувчанлиги, атроф муҳитдан намланиши.

Уларнинг бетонга зарарли таъсир қилиш даражаси қурилиш конструкцияларини занглашдан ҳимоялаш бўйича махсус меъёрлар асосида аниқланади (СНиП 2.03.11-85).

Бетоннинг занглаш натижасидаги емирилиши унинг чуқурлигига боғлиқ ҳолда паст, ўртача ва юқори зарарли муҳитлар бўйича фарқланади (8.1-жадвал).

50 йил давомида бетонда содир бўладиган емирилишнинг рухсат этиладиган чуқурлиги

8.1-жадвал

Сувли - муҳит даражасининг зарарлиги	Конструкцияларда бетоннинг емирилиш чуқурлиги, см	
	темирбетонли	бетонли
Зарарли бўлмаган муҳитда	1	2
Паст зарарли муҳитда	1...2	1...2
Ўртача зарарли муҳитда	2...4	4...6
Юқори зарарли муҳитда	4 дан катта	6 дан катта

Сувли муҳит бетонга таъсир этганда I, II ёки III турлар билан тавсифланувчи занглаш натижасида бетонда емирилиш содир бўлади. Конструкцияларнинг бузилиши ушбу ҳолда бетоннинг етарлича чидамсизлиги натижасида рўй беради. Конструкцияларни лойиҳалашда талаб қилинадиган чидамлилигини таъминлаш учун зарарли муҳит таркибини, конструкцияларнинг хизмат қилиш шароитини, материалларни тўғри танланишини ва бетоннинг керакли зичлигига эга бўлишини ҳисобга олиш зарур.



Темирбетон конструкцияларда арматуранинг бетонда химояланиш масаласи ҳам муҳим аҳамиятга эгадир. Бетонга таркибида пўлатга нисбатан зарарли унсурлар бўлмаган ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_2^{-2}$  ва х.к) суюқ муҳит таъсир қилганда, биринчи ўринда бетон емирилади яъни, занглаш жараёни асосий ҳисобланади. Газ-ҳаволи шароит муҳитида ҳавонинг нисбий намлиги 60 % дан кўп бўлмаганда шунингдек, конструкцияга суюқ ёки қаттиқ муҳит (таркибида пўлатга нисбатан зарарли унсурлар, масалан  $\text{Cl}^-$  бўлган) таъсир қилганда арматурада ҳам занглаш содир бўлиши мумкин. Бундай ҳолатда темирбетон конструкцияларнинг бузилиши арматуранинг занглаши натижасида рўй беради. Занглаш маҳсулотлари арматура сиртида йиғилади ва у бетонга босим ўтказидади. Натижада химоя қатлами сусаяди ва бетонда ёриқлар ҳосил бўлиши кузатилади. Айниқса юқори мустаҳкам пўлат арматуралар қўлланилганда ушбу жараён яққол содир бўлади (занглаш натижасида зўриқтирилган арматура узилиб кетиши ҳам мумкин).

Газли муҳитда бетоннинг занглаши одатда намлик бўлганда рўй беради ва ушбу жараёнлар бетоннинг сувли муҳитдаги занглашидан қарийиб фарқ қилмайди.

Конструкцияларнинг бузилиш сабаблари билан яқиндан танишиш учун уларга зарарли муҳит таъсир қилганда бетон ва арматурада содир бўладиган жараёнлар билан яқиндан танишиш керак.

## **§8.2. Суюқ зарарли муҳитда бетон занглашининг турлари.**

Маълумки, 1952-йил В .М. Москвин томонидан занглашнинг турлари таклиф қилинган. Олинган тажрибалар натижасига ва конструкцияларни ишлатиш мобайнида йиғилган маълумотларга кўра, бетоннинг занглашида содир бўладиган жараёнлар учта асосий турга бўлинади. Уларнинг ҳар биридаги занглаш жараёнлари асосий белгилари билан тавсифланади.

*“Биринчи (I) турдаги занглаш”* бетонга юмшоқ сувлар таъсир этганда содир бўладиган занглашларни ўз ичига олади. Бунда цемент тошининг таркибий қисмлари эрийди ва сизиб чиқувчи сув билан ювилиб кетади. Бундай типдаги занглашнинг алоҳида ривожланиши бетондан сувнинг филтрланиши туфайли содир бўлади.

*“Иккинчи (II) турдаги занглаш”*га цемент тошининг ташкил этувчилари билан таркибида кимёвий моддалар мавжуд бўлган сувнинг реакцияга киришиши натижасида бетонда содир бўладиган занглаш жараёнлари киради. Бунда реакция маҳсулотлари осон эрийди ва сув билан ювилиб кетади ёки боғловчилик хоссасига эга бўлмаган аморфли масса сифатида йиғилиб қолади. Ушбу гуруҳга кислоталар, магнезиалли тузлар таъсирида содир бўладиган жараёнлар киради.

*“Учинчи (III) турдаги занглаш”*га кам эрувчи тузларнинг бетон ғоваклари ва найчаларида йиғилиб қолиши натижасида содир бўладиган занглаш жараёнлари киради. Бунда кристалланган тузлар ғоваклар ва найчалар деворларида сезиларли зўриқишларни ҳосил қилади ва бу

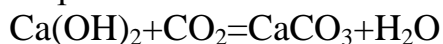
зўриқишлар бетоннинг тузилиш элементларининг бузилишига олиб келади. Ушбу гуруҳга сульфатлар таъсиридаги занглаш жараёнлари ҳам киради (кальций гидросульфоалюминат кристалларининг ўсиши натижасидаги емирилишлар).

Биринчи турдаги занглаш юбка қобикли конструкцияларда шунингдек, сув босими таъсирида ишлатиладиган конструкцияларда анча ҳавфли ҳисобланиди. Чунки цемент тошининг ташкил этувчилари сув таъсирида эриб кетса ёки ювилса, бунда цемент тоши билан реакцияга киришмаган тузларнинг сувда бўлиши цемент килинкерининг гидратланиши маҳсулотлари эрувчанлигини оширади ва занглаш жараёнини тезлаштиради. Бунда биринчи навбатда икки кальцийли ва уч кальцийли гидросиликатлар туридаги кўп асосли бирикмаларнинг, сўнгра эса паст асосли бирикмалар (масалан,  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{aq}$ ) нинг бузилиши содир бўлади. Гидроалюминатлардан тўрт кальцийли алюмоферрит  $\text{C}_4\text{AF}$  кам чидамли ҳисобланади.

Кальций гидроксидининг ишқорланиши бетондан қоришма қисми мустаҳкамлигининг пасайишига олиб келади. Бетонда 33 %  $\text{CaO}$  нинг йўқолиши натижасида унинг бузилиши бошланади.

Биринчи турдаги занглаш жараёнининг содир бўлишига сувли – муҳитнинг кимёвий таркиби сезиларли таъсир кўрсатади. Цемент тоши элементлари билан хатто реакцияга киришмаган тузларнинг сув таркибида бўлиши ҳам  $\text{CaO}$  нинг ишқорланишини оширади.

Қоришмада кальций тузларининг бўлиши ( $\text{CaNC}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ) ишқорланиш тезлигини камайтиради. Шу сабабли бетоннинг карбонизацияланиши биринчи турдаги занглашнинг ривожланиш тезлигини камайтиради:



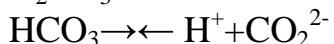
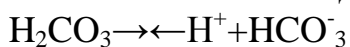
Бетоннинг биринчи тур занглашига чидамлилиги қўлланиладиган цементнинг кимёвий таркибига ҳам боғлиқ бўлади. Портландцементдаги юқори асосли бирикмаларнинг (алит  $\text{C}_3\text{S}$ , белит  $\text{C}_2\text{S}$ ) юқорилиги цемент тошининг чидамлилигини пасайтиради (бунда қоришмага  $\text{CaO}$  нинг кўп қисми ўтиб кетади).

Бетоннинг чидамлилигини цементга фаол гидравлик қўшимчалар (трепел, трасса ва х.к) киритиш орқали ошириш мумкин. Улар эрмаган бирикмалардаги  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ни боғлаш қобилятига эга бўлиб,  $\text{CaO}$  нинг ишқорланиш даражасини камайтиради. Бундан ташқари, қўшимчалар бетоннинг сув ўтказувчанлигини ҳам камайтиради. Шунини қайд қилиш керакки, пуццоланли портландцементлар биринчи тур занглашга анча турғун ҳисобланади, агарда сув ва совуқнинг биргаликдаги таъсири бартараф этилса.

Иккинчи тур занглашда бетоннинг кетма-кет давомли бузилиши содир бўлмайди. Бетоннинг ташқи муҳит билан туташадиган сиртқи қатламларининг цемент тоши билан гидратланган тузилиш элементларида емирилиш рўй беради. Янги ҳосил бўлган бирикмалар боғловчилик хусусиятига ва керакли зичликка эга бўлмайди. Улар зарарли муҳитнинг бетонга сингиб кетишига қаршилик кўрсата олмайди. Аксарият холларда улар эрийди ва ювилиб кетилади, натижада бетоннинг навбатдаги қатламлари очилиб қолинади.

Табийй сувлар таъсирида кўп учрайдиган бетоннинг занглашига – нордон тузлар таъсиридаги занглаш киради. Углекислота  $\text{H}_2\text{CO}_3$  деярли барча сувларда мавжуд. Сувларнинг углекислота билан бойитилиш манбаи сувда ва озуқаларда рўй берадиган биокимёвий жараёнлар ҳисобланади.

Углекислота иккита диссоцияланиш босқичига эга:



Қоришмада водород ( $\text{H}^+$ ) ионларининг ортиши реакциянинг тенглигини аралаштиради. Бунда  $\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$  ва  $\text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{HCO}_3^-$ .

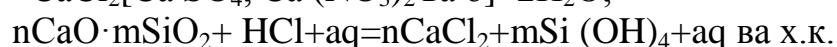
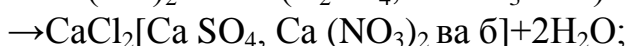
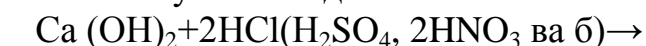
Водород ионларининг камайиши углекислоталардан  $\text{HCO}$  ва  $\text{CO}_3^{2-}$  ҳосил бўлишига олиб келади. Турли ҳил рН аралашма учун қуйидагилар тавсифлидир:  $\text{pH} > 8.4$  бўлганда, сувда углекислота  $\text{H}_2\text{CO}_3$  қатнашмайди;  $4 < \text{pH} \leq 6.5$  бўлганда,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ - асосий форма,  $\text{pH} < 4$  бўлганда эса,  $\text{HCO}_3^-$  қатнашмайди;  $\text{pH} > 6.5$  бўлганда  $\text{HCO}_3^-$  асосий форма,  $\text{pH} > 11$  бўлганда эса  $\text{CO}_3^{2-}$  асосий форма ҳисобланади. Аралашмада  $\text{HCO}_3^-$  туғун ҳолатда бўлиши учун  $\text{CO}_2$  нинг маълум миқдори бўлиши зарур.

Қоришмада реакцияга қатнашмайдиган ионларнинг ( $\text{Cl}$ ,  $\text{Na}^+$  ва х.к) қатнашиши қоришманинг ионли кучини оширади ва кўп миқдорда  $\text{CaHCO}_3$  нинг эришини таъминлайди. Бетонга оқмас ёки секин оқувчи сувлар таъсир қилганда, бетон сиртида карбонатли тенглик ўрнатилади яъни, емирилиш секинлашади. Тез оқувчи сувларда эса реакцияларнинг секинлашиши  $\text{OH}^-$  ионларнинг қоришмада камайишига ва  $\text{CaHCO}_3$  нинг чўкиндисифат ҳолатдаги  $\text{CaCO}_3$  га ўтишига муҳит яратади. Цемент тошидаги  $\text{OH}^-$  концентрацияси қанча юқори бўлса унинг зарарли сувдаги емирилиши ҳам юқори бўлади.

Юқоридагилардан хулоса қилиш мумкинки, цемент тошининг емирилиш тезлиги портландцемент ва пуццолан цементларда бир ҳил бўлади. Сўнгра пуццолан цемент тошида емирилиш сезиларли камаяди, чунки унинг суюқ фазасида гидрооксилли ионлар ( $\text{OH}^-$ ) миқдори нисбатан кам. Ушбу сабабларга кўра иккинчи тур занглашга гилтупроқли цементлар юқори чидамли ҳисобланади.

Углекислотали занглашнинг содир бўлиш жараёнларини анализи асосида хулоса қилиш мумкинки, зарарли  $\text{H}_2\text{CO}_3$  қанча кўп бўлса қоришманинг кислотали хоссаси ва занглаш тезлиги юқори бўлади.

Бетонга анорганик кислоталар таъсир қилганда ҳам иккинчи тур занглаш жараёнлари содир бўлади ва улар бетондаги цемент тошини тўлиқ емириб биринчи тур занглашга ўтиб кетади.

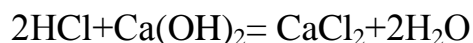


Кислоталарнинг турига боғлиқ ҳолда реакцияланиш жараёнида турли ҳил тузлар ҳосил бўлади. Цемент тошининг емирилиш тезлиги кальций тузларининг эриганлик даражасига боғлиқ бўлади. Занглаш тезлиги зарарли муҳитнинг реакцияланиш сиғими билан тавсифланади. Реакцияланиш

маҳсулотлари кам эрувчан бўлса, улар бетон сиртида йиғилиб салбий муҳитнинг ички қатламларга ўтиб кетишига моънелик қилади ва занглаш тезлигини нисбатан секинлатади.

Иккинчи тур занглаш жараённинг ривожланишига цемент тоши сиртидаги қоришманинг алмашилиш тезлиги сезиларли таъсир кўрсатади.

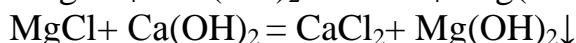
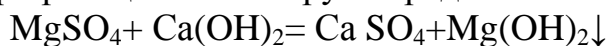
Паст тезликдаги алмашилишларда ва килоталарнинг паст концентрациясида ( $pH > 4$ ) кальций гидроксидининг килоталар билан реакцияланиши тўлиқ рўй беради



Шундан сўнг қоришма нетраллашади,  $Ca(OH)_2$  нинг эриши рўй беради,  $CaCO_3$  ҳосил бўлади ва кейинчалик иккинчи тур занглаш биринчи тур занглаш жараёни билан алмашинади.

Кам концентрацияли кислоталарга чидамлилиги бўйича цементларни қуйидаги кетма-кетлик бўйича жойлаштириш мумкин: гилтупроқли, пуц-цоланли ва портландцемент. Иккинчи тур занглаш жараёнлари биринчи тур занглаш жараёнлари билан биргаликда содир бўлади. Шу сабабли бундай ҳолда кейингисига алоҳида эътибор қаратилиши лозим.

Килоталар концентрацияси оширилганда цементларнинг чидамлилиги бўйича фарқи кескин ўзгаради. Ушбу ҳолатда махсус кислотабардош цеменлар чидамли ҳисобланади. Бетоннинг иккинчи тур занглаш жараёнига магнезиалли тузларнинг бетонга таъсири ҳам киради. Магний тузлар  $MgSO_4$  ва  $MgCl$  одатда ер ости сувларида учрайди. Ушбу тузларнинг катта миқдори денгиз сувларида мавжуд. Бундай тузлар бетонга таъсир этганда кальций гидроксиди билан ўзаро реакцияланиши рўй беради.



Магний хлор ( $MgCl$ ) нинг паст концентрациясида эритманинг реакцияланиш сифими кам бўлади. Унинг  $Ca(OH)_2$  билан реакцияга киришиши бетон сиртида содир бўлади ҳолос. Бунда ажралган  $Mg(OH)_2$  бетон сиртида плёнкасимон қатлам ҳосил қилади ва у бетонни емирилишдан ҳимоя қилишда ўз таъсирини ўтказиши. Магний хлорнинг юқори концентрациясида эса  $Ca(OH)_2$  нинг миқдори етарли эмас ва эритма бетоннинг ички қатламларига сугиб кетади ва биринчи тур занглаш жараёнининг ривожланишини келтириб чиқаради.

Учинчи тур занглаш бетон ғовақлари ва найчаларида унинг тузилишини емирилишини (бузилишини) таъминловчи сезиларли зўриқишларни келтириб чиқарувчи кам эрувчан тузларнинг ҳосил бўлиши билан тавсифланади. Бетонга сульфатлар таъсир қилганида ҳосил бўладиган бундай маҳсулотлар гипс ва кальций гидросульфаталюминатлар бўлиб, улар икки модификация бўйича учрайди:



ва



Учинчи тур занглаш жараёнининг дастлабки босқичида тузларнинг янгитдан кристалланиши ҳисобига бетоннинг зичланиши давом этади. Зич

бетонда тузларнинг йиғилиши секин кечади, занглаш жараёнини бир неча йилдан кейин билиш мумкин. Ғовак бетонда ушбу жараёнлар тинимсиз (бир текис) содир бўлади ва занглаш жараёни қисқа вақт ичида (бир неча ҳафта ёки ойда) намоён бўлади.

Учинчи тур занглаш жараёнининг ривожланишига бетондаги микро ва макроғоваклар шунингдек, очиқ ғовакларнинг мавжудлиги муҳим аҳамиёт касб этади. Таркибида сульфатлар мавжуд бўлган сувлар ҳамма жойда учрайди. Кўл ва дарёларда  $\text{SO}_4^{2-}$  миқдори 60 мг/л атрофида бўлади. Минералланган сувларда эса  $\text{SO}_4^{2-}$  миқдори 100 мг/л гача бўлиши мумкин. Денгиз сувида туз миқдори 33...35 г/л,  $\text{SO}_4^{2-}$  миқдори эса 2500...2700 мг/л ташкил этади.

Сувда сульфатларнинг бўлиши цемент тоши ташкил этувчиларининг эрувчанлигини оширади. Натижада биринчи тур занглаш жараёнига муҳит яратилади ва иккинчи тур занглаш учун алмашилиш реакция рўй беради. Бундай шароитда учинчи тур занглаш ривожланади. Таркибидаги сульфатлар миқдори  $\text{CaSO}_4 > 2100$  мг/л бўлган сувнинг бетонга тегиб турадиган жойларида (сиртида)  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ҳосил бўлади.

Бетонда ҳосил бўладиган ва нисбатан анча хавфли тузларга кальций гидросульфоалюминат (ГСАК) киради. ГСАК ўзига 30...32 сув молекуласини бириктиради ва ҳажми бўйича сезиларли кенгайиш хусусиятига эга. Ушбу тузнинг ҳосил бўлишида сульфатлар ва  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  нинг реакцияси натижасида ҳосил бўлган цемент тошининг гидро- алюминатлари ва гипс қатнашади. Аралашмада  $\text{SO}_4^{2-}$  концентрацияси қанча юқори ва цементда  $\text{C}_3\text{A}$  (уч кальцийли алюминат) миқдори кўп бўлса кальций гидросульфоалюминатнинг ҳосил бўлиши учун қулай шароит яратилади.

Бетон хоссаларига таъсир қилувчи ГСАК,  $\text{SO}_4^{2-} > 2500$  мг/л бўлганда ҳосил бўлади. ГСАК ҳосил бўлиш реакциясининг тўлиқлиги аралашмада кальций гидросульфоалюминатнинг ( $\text{C}_3\text{A}$  ақ) керагидан ортиқ бўлишига боғлиқ бўлади. Яъни,  $\text{SO}_4^{2-} / \text{C}_3\text{A} = 1,04$ . Агар  $\text{C}_3\text{A}$  миқдори талаб қилинадиган қийматдан кам бўлса, унда ГСАК миқдори реакция содир бўладиган жойда чекланади ва аксинча  $\text{C}_3\text{A}$  талаб қилинадиган қийматдан кўп бўлса, унда ГСАК,  $\text{SO}_4^{2-}$  ионлар миқдори ҳисобига реакция жойида лимитланган бўлади.

Аралашмада ГСАКнинг ташкил этувчилари билан реакцияда қатнашмайдиган  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KCl}$  ва ш.к тузларининг мавжудлиги қоришманинг ионланиш қобилятини оширади ва ГСАКнинг ҳосил бўлиши ҳамда кўпайишига ҳалақит қилади. Юқорида қайд қилинганидек, ГСАКнинг ҳосил бўлиши ва кейинчалик кристалланиши (30...32)  $\text{H}_2\text{O}$  нинг қаттиқ фаза ҳажмининг сезиларли ортиши билан боғлиқ. Реакцияда  $\text{C}_3\text{A}$  қатнашганда ҳажмининг кенгайиши тахминан 1,63,  $\text{C}_3\text{A}$  ва  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  қатнашганда эса 2,27 мартагача ортади.

Учинчи тур занглашда бетон сиртида дастлаб гипс кристалларидан иборат юпқа қобик ҳосил бўлади. Сўнгра гипс ва ГСАК кристалларининг цемент тошининг ички қатламларида аста-секин тўпланиши рўй беради.

Гипснинг тўпланиши одатда  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  тўпланган жойларда кузатилади. Гипс кристалларининг ГСАК да ҳосил бўлиши цемент тоши ғовакларининг

деворига катта босим ўтказди ва маҳаллий емирилишларни келтириб чиқаради (параллел сиртларда ёриқлар ҳосил бўлади). Ёриқлар ҳосил бўлиши натижасида бетоннинг аста-секин бузилиши бошланади.

Учинчи тур занглашга гилтупроқли цементлар асосидаги бетонлар анча юқори чидамликка эга ҳисобланади. Шунингдек, пуццолан портландцементлар юқори чидамликка эгаллиги билан фарқланади. Ундаги  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  миқдорининг камайиши юқори асосли гидроалюминатларнинг ҳосил бўлишини бутунлай йўққа чиқаради. Шунингдек, ГСАК нинг ҳосил бўлиш имконияти ҳам чекланади.

### **§8.3. Занглаш натижасида бетоннинг емирилиш чуқурлигини башорат қилиш**

Биринчи ва иккинчи тур занглашларда бетоннинг емирилиши унинг сиртқи қисмидан ички томонига қараб аста-секин рўй беради. Салбий муҳит шароитида ишлатиладиган бетон ва темирбетон конструкцияларнинг узок муддатга чидамлигини баҳолаш учун, бетоннинг емирилиш чуқурлигини аниқлаш муҳим аҳамият касб этади.

Бетон емирилиш жараёнининг тинимсизлиги зарарли муҳитни кўчиш механизми ва уларнинг бетон компонентлари билан ўзаро таъсирлашувига (айниқса цемент тоши билан) боғлиқ бўлади.

Занглаш жараёнларининг ривожланиши учун бетон компонентларига зарарли муҳитнинг доимо таъсири зарур (шунингдек, унинг ички қатламларига ҳам, қачонким занглаш чегараси материалга чуқурроқ силжиганда). Бетоннинг занглаш жараёнида зарарли моддаларнинг зангланган сиртлар бўйича кўчиш механизми рўй беради. Босимли ер ости ва сув тагида ишлатиладиган конструкцияларда шунингдек, сув билан тўлдирилган ер усти конструкцияларда зарарли моддаларнинг диффузияли кўчиши юқори бўлади. Бир томонлама босимда, ҳарорат ёки намлик фарқида шунингдек, капил- лиярли сўришда зарарли муҳитнинг филтрланган механизми таъсир этади.

Бетоннинг занглаш тезлиги одатда дастлабки даврда тез ривожланади ва вақт ўтиши билан секинлашади. Дастлабки пайтдаги занглаш тезлиги зарарли муҳитнинг бетон компонентлари билан ўзаро таъсирлашиш тезлиги орқали аниқланади. Аммо бундай ҳолда, бетон сиртида занглаш маҳсулотлари ҳам тез пайдо бўлади ва занглаш тезлигига зарарли муҳитнинг диффузияси таъсир қила бошлайди. Бетоннинг шикастланиш чуқурлиги ва занглаш маҳсулотлари қатламининг ортишида ҳал қилувчи омил сифатида зарарли унсурларнинг занглаш сиртига диффузияланишида намоён бўлади. Ушбу давр-ички диффузияланиш даври дейилади.

Бетоннинг диффузиявий-кинетик даврдаги занглаш жараёнининг давомийлиги бетон таркибига, салбий муҳит турига, занглаш маҳсулотларининг таркиби ва қалинлигига боғлиқ ҳолда 6...10 кун давомида ўзгаради. Занглаш маҳсулотлари гел, гел кристаллари, кальций тузлари ва ш.к дан иборат

бўлади. Занглаш маҳсулотларининг диффузияли қаршилиги кристалли ташкил этувчиларнинг тузилиши орқали аниқланади. Гелли тузилишдаги занглаш маҳсулотлари энг кам қаршиликка эга бўлади.

Тупроқ ичида жойлашган конструкцияларда занглаш маҳсулотлари ўз жойида йиғилиб қолади (ювилиб кетмайди). Бунда занглаш маҳсулотлари қатлами қалинлиги ва зичлиги аста-секин ортиб боради. Бундай шароитда занглаш жараёни тезлиги ва бетоннинг емирилиш чуқурлиги моддаларнинг диффузияланиши ҳамда уларнинг салбийлик даражаси бўйича аниқланади.

Ҳозирги пайтда зарарли муҳит таъсирида бетоннинг емирилиш чуқурлигини аниқлашнинг ишончли усуллари тўлиқ ишлаб чиқилмаган. Бетоннинг занглаш чуқурлиги миқдорини башорат қилиш бўйича мавжуд усуллар олдиндан тажрибалар ўтказишга асосланган. Бетоннинг маълум вақтдаги емирилиш чуқурлиги куйидаги формула орқали аниқланиши мумкин

$$h = (P_{CaO} / \rho P'_{CaO}) 10^{-5} \quad (8.1)$$

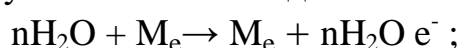
бу ерда  $P_{CaO}$  – CaO га қайта ҳисобланган цемент тоши миқдори, г/см<sup>2</sup>;  $\rho$  – бетондаги цемент сарфи, кг/м<sup>3</sup>;  $P'_{CaO}$  – цементдаги CaO миқдори (кимёвий таҳлил бўйича), %.

Одатда  $P_{CaO} = f(\sqrt{t})$  боғланишни ўрнатиш учун 6...8 марта олдиндан тажрибалар ўтказиш асосида  $P_{CaO}$  миқдори аниқланади. Тажрибалар башорат қилинадиган материалларда ва муҳитда ўтказилади. Шунинг қайд қилиш керакки, зарарли муҳитга чидамли зич тўлдирувчилар асосидаги бетонларда занглаш чуқурлиги материал умумий зичлигининг ортиши ҳисобига кескин камаяди. Яъни, зич тузилишда ғовақлар кам бўлганлиги сабабли, салбий муҳит таъсирида ҳосил бўладиган занглаш маҳсулотларининг ички қатламларга ўтишига шароит яратилмайди.

#### §8.4. Бетондаги арматура занглаши

Бетоннинг арматурага нисбатан ҳимоялаш таъсири цемент тошининг пўлатни нейтраллаш қобилияти орқали аниқланади. Маълумки, кўпчилик ҳолларда металлларнинг занглаши электромеханик механизм бўйича содир бўлади. Ушбу жараёнларнинг амалга ошиши учун куйидаги шартлар зарур:

1. металл сиртида потенциаллар фарқининг мавжудлиги;
2. металл сиртидаги участкалар орасида турли ҳил потенциалга эга бўлган электролитли боғланишнинг мавжудлиги (электролитлар анод ва катод ионлари орасида заряд ўтказувчи вазифани ўтайди);
3. анодли участкадаги сиртнинг фаол ҳолати яъни, металлнинг эриш ҳолати куйидаги реакция бўйича амалга ошади



4. керакли миқдорда кислород яъни, металл сиртининг катодли участкасини ассимиляциялаш учун керакли бўлган ортиқча электронларнинг мавжудлиги



Биринчи шарт ҳар доим бажарилади, чунки техник металллар бир ҳил тузилишга эга эмас. Бетон билан пўлатнинг ўзаро бирикиши (контакт-ланиши) ҳам бир ҳил бўлмайди (улар орасида микроғоваклар ва капиллярлар сақланиб қолинади). Шу сабабли тасаввур қилиш мумкинки, бунда 2 -чи ва 4-чи занглаш жараёнларининг шартлари ҳам бетонда ўз ўрнига эга. Маълумки, бетон қарийиб ҳамма вақт цементнинг гидратланиш жараёнида кимёвий боғланган сувдан ташқари физик боғланган капилляр ва осматик сувларни ўзида сақлайди.

Бетондаги физик боғланган сув миқдори, кимёвий боғланган сув миқдоридан фарқли равишда пўлат сиртидаги анодли ва катодли участкалардаги зарядлар орасида электролит-ўтказувчи вазифасини ўтайди. Бетонни сувга узоқ муддат солиб қўйилганда ундаги капиллярлар ва микроғоваклар сув билан тўлиқ тўйинтирилади. Бунда бетоннинг ғоваклиги қанча кўп бўлса, унинг сув шимиши шунча юқори бўлади.

Ҳаво-намли муҳитда ишлатиладиган конструкциялардаги сувнинг миқдори муҳитнинг нисбий намлигига боғлиқ бўлади. Ҳаво намлиги 100 % бўлганда бетондаги сув миқдори капиллярли сўришдагига тенглашади. Муҳит намлиги камайганда бетоннинг сув тутувчанлиги ҳам камаяди. Бетондаги пўлат учун шунингдек, сирти очик пўлат учун ҳам ҳавонинг маълум киритик намлиги мавжуд бўлиб, ундан паст бўлганда намлик пўлат сиртидаги анод ва катод ионлари орасидаги силжишни таъминлай олмайди. Бундай киритик муҳит ҳавонинг нисбий намлиги 50...60 % бўлганда мавжуд бўлади. Аммо шуни қайд қилиш керакки, арматурада занглаш жараёни содир бўлиши учун ҳамма вақт намлик етарли бўлади.

Кислород масаласига келганда, унинг бетонда етишмаслиги (кам бўлиши) пўлатнинг занглаш жараёнини чегаралаб қўйиши мумкин. Тажрибалардан маълумки, сув билан тўлиқ тўйинтирилган бетонда кислороднинг диффузияланиши кескин секинлашади. Зичлиги юқори бўлган ( $C/C < 0,5$ ) бетонларда, ҳавонинг нисбий намлиги 80...85 % бўлганида занглашнинг секинлашиши кузатилади. Кўпчилик ҳолларда, бетондаги ғоваклар арматуранинг занглаш жараёнини таъминловчи керакли миқдордаги кислородни ўтказиш қобилиятига эга бўлади.

Пўлатнинг занглаш тезлиги сувли муҳитнинг зарарлилик даражасига боғлиқ бўлади. Бу ҳолат сувдаги рН ва кислород миқдори билан баҳоланади. У ёки бу сабаб бўйича арматура сирти фаол бўлиб турса ёки конструкцияни тайёрлаш ва уни ишлатиш жараёнида фаоллиги камайса бетондаги арматурада занглаш содир бўлади.

Бетондаги арматура сиртининг занглашга сустигини сақлаш учун ишқорлиги водород кўрсаткичи бўйича  $pH \geq 11,8$  бўлган суяқ муҳит билан алоқада бўлиши зарур. Ушбу шарт одатда портландцемент ва унинг хиллари (шлакли портландцемент, пуццоланли цемент) асосидаги бетонларда



бажарилади (чунки бундай цементлар сув билан аралаштирилганда водород кўрсаткичи  $pH \geq 12,6$  бўлган кальций гидроксидининг тўйинтирилган қоришмасини ҳосил қилади). Цемент қоришмасининг тишлашиши ва қотиши жараёнида  $pH$  миқдори 12,0...12,5 гача бўлади яъни, киритик миқдордан ( $pH \geq 11,8$ ) юқори.

Портландцемент асосида тайёрланган ва меъёрий муҳитда қотириладиган одатдаги зич бетонда сезиларли кальций гидроксиди захираси мавжуд бўлади. Бундан ташқари тўлиқ гидратланмаган цемент клинкери зарралари “клинкерли фонд” сифатида сақланиб қолинади. Ушбу фонддан  $Ca(OH)_2$  захираси бетонда тўлдирилади.

Агар цемент фаол гидравлик кўшилмага эга бўлса (пуццоланли ва шлакли портландцемент) бунда кальций гидроксиднинг сезиларли қисми улар билан боғланади. Кальций гидроксиднинг боғланиши иссиқлик билан ишлов беришда мўътадиллашади ва бу ғоваклардаги суюқликнинг  $pH$  миқдорини сезиларли камайишига олиб келади. Айниқса автоклавда қотириладиган кальций гидроксидининг кремнеземли туйилган кум ва куллар билан чуқур боғланиши ҳисобига юқори мустаҳкамликка эришган ячейкали ва силикатли бетонларда  $pH$  миқдори тез тушиб кетади.

Автоклавда қотириладиган бетонларда табиий ҳаво муҳити шароити таъсирида бир йил ушлаб турилган арматура сиртида занглаш таъсирида 100 % гача бузилиш ҳолатини кузатиш мумкин.

Меъёрий шароитда қотадиган цементли бетонларда хлор ионларининг қатнашиши пўлат сиртининг суствлик ҳолатини ўзгартириб юборади. Хлорлар цемент алюминатлари билан кам эрувчан тузлар комплекси-гидрохлор-алюминатларни ҳосил қилиш имконига эга. Шу сабабли бетон қотаётгандаги кўшилган хлорли кальцийнинг унча катта бўлмаган миқдори пўлатнинг суствлигини келтириб чиқармайди.

Бетон ташкил этувчиларининг (компонентларининг) пўлат занглашини суствлаштириш қобиляти ҳақида сўз юритилганда, шлаклар ва куллар асосида олинандиган тўлдирувчиларнинг алоҳида хусусиятларини ҳисобга олиш керак. Ушбу тўлдирувчилар сувда эрийдиган олтингугуртнинг сульфат ва сульфид кўринишидаги бирикмаларини ўзида мужассамлаштиради. Улар арматура сирти билан контактда бўлганда самарали катод ролини ўтайди.

Сульфат-ионлари хлор-ионларига нисбатан кам даражада бўлсада пўлатнинг суствлигини ўзгартира олади. Сульфидларнинг кимёвий жараёнларидаги алмашишида, бетонда олтингугурт водородлари ҳосил бўлиши мумкин ва улар маълум мос шароитда пўлат сирти билан таъсирлашиб, зўриқтирилган юқори мустаҳкам арматурада водородли мўртликнинг ривожланишини келтириб чиқариши мумкин.

Маълумки, вақт ўтиши билан муҳит таъсирида бетоннинг хоссалари ўзгаради. Намли муҳит шароитида бетоннинг мустаҳкамлиги ортиб боради, унинг тузилиши зичлашади. Қуруқ шароитда эса бундай бўлмайди. Ўзгарувчан музлатиш ва эритиш, намлаш ва қуриштириш, қиздириш ва совутиш режимларида бетон тузилишида салбий ўзгаришлар рўй беради (тузилиш боғланишлари кучсизланади, микро ва макроёриқлар ҳосил бўлади, натижада

бетонда бузилиш содир бўлади). Бинобарин, у ёки бу ташқи омиллар таъсирида арматурадаги бетоннинг химоя қатлами арматурани химоялаш қобилиятини йўқотади (бетон емирилиб, бузилади). Аммо бетон учун зарарли бўлмаган кўпгина (ёки кам зарарли бўлган) муҳитлар пўлатга нисбатан зарарлидир. Масалан, ҳаво-намли муҳит у ёки бу сабабларга кўра сустлик хусусиятига эга эмас. Шунини қайд қилиш керакки, пўлат бетон танасида суст ҳолатда бўлганида юқоридаги таъсирлар занглашни келтириб чиқармайди.

Портландцемент асосидаги зич бетонда арматура сустлигининг бузилиши ташқи муҳит таъсири билан бевосита боғлиқдир. Бунда бетондаги арматура сиртида рН миқдори тушиб кетади ёки хлор ионлари ҳосил бўлади.

Бетоннинг муҳит билан таъсирлашишини камайтиришнинг энг самарали усулларида бири уни нейтраллаштиришдир. Бунда ҳаводаги угленордон газлар билан бетонни карбонизациялаш анча тавсифли ҳисобланади.

Бетоннинг табиий шароитда карбонизацияланиш тезлиги ҳавонинг нисбий намлиги 50...60 % бўлганда сезиларли кузатилади. Ҳавонинг нисбий намлиги 25 % гача бўлганда, бетонда нам етишмаслиги туфайли карбонизацияланиш амалда тўхтайдир. Ҳарорат кўтарилганда углекислоталар диффузияланишининг енгиллашиши ҳисобига бетоннинг карбонизацияланиши тезлашади.

Бетондаги йирикроқ ғоваклар углекислотанинг арматура билан бетоннинг бевосита контактлашган қатламигача кириб боришига имкон яратади ва арматура сиртининг сустлигини издан чиқаради.

### **§8.5. Темирбетон конструкцияларда бетон ва арматура занглашининг олдини олиш чоралари**

Маълумки, ташқи муҳит шароитида ишлатиладиган бетон ва темирбетон конструкцияларнинг сифати ва узоқ муддат ишлатишга чидамлилигини таъминлаш асосий муаммолардан бири ҳисобланади. Зарарли муҳит узликсиз таъсир қиладиган ҳудудларда жойлашган бино ва иншоотларнинг узоқ муддатга чидамлигига, сифатининг пасайишига таъсир қилувчи асосий омиллардан бири, темирбетон конструкцияларда бетон ва арматуранинг занглаши натижасидаги кимёвий емирилиши ҳисобланади.

Бетон ва темирбетон конструкцияларнинг занглаш натижасида емирилиб ишдан чиқишининг олдини олиш ҳозирги кун қурилишининг долзарб муаммоларидан бири ҳисобланади. Чунки, фойдаланилаётган бино ва иншоотларнинг қарийиб 25 % га яқини зарарли муҳит мавжуд бўлган шароитда жойлашган. Бу эса ўз навбатида конструкцияларнинг талаб этиладиган муддатга яроқли хизмат қилишини камайтиради, натижада қўшимча таъмирлаш ва химоялаш ишларини амалга ошириш заруриятини тақоза этади.

Бетон ва темирбетон конструкцияларнинг ҳолатини текширишлар ҳамда лойиҳавий ишларни таҳлил қилиш натижалари шунини кўрсатадики, занглашга

қарши ҳимоя қилишнинг такомиллашган воситалари ва усулларини қўллаш, уларнинг узоқ муддатга чидамлилигини тўлиқ таъминлай олмайди. Чунки конструкцияларнинг керакли муддатдан олдин ишдан чиқишининг яна асосий сабабларидан бири иссиқ-намли муҳитнинг таъсири ҳам ҳисобланади.

Темирбетон конструкцияларни занглаш натижасида емирилишдан ҳимоя қилиш чора-тадбирлари умумий ҳаражатлар қийматининг сезиларли ошиб кетишига олиб келади. Уларни занглаш натижасида емирилишдан ҳимоя қилишнинг асосий бўғини, зарарли муҳитнинг таъсирини ҳисобга олган ҳолда лойиҳалашдир.

Темирбетон конструкцияларда бетоннинг зарарли муҳит таъсирига турғунлигини ошириш учун турли хил тадбирлар амалга оширилади. Масалан, бетоннинг чидамлилигини I-тур занглашдан ҳимоялаш учун:

юқори зичликка эга бўлган бетонларни қўллаш;  
махсус цементларни қўллаш (масалан, пуццоланли, гилтупроқли ва х.к);  
бетоннинг ситқи қатламини табиий ёки сунъий усулларда карбонизациялаш;

бетонни конвертизациялаш яъни, юза қисмига юпқа ҳимояловчи қатлам суртиб чиқиш ёки сув ўтказмайдиган материалларни сингдириш, масалан мономерлаш (нефть маҳсулотлари, стирол ва ш. к.лар билан) ёки полимерлаш (эпоксидли смола, парафин ва ш. к.лар билан);

турли-хил қўшимчалар қўшиш орқали бетоннинг тузилиши ва хоссаларини яхшилаш каби тадбирлар амалга оширилиши лозим.

Бетоннинг чидамлилигини II-тур занглашдан ҳимоялаш учун цементни тўғри танлаш, бетон зичлигини ошириш, бетон сиртини махсус таркиблар билан ҳимоялаш ва бошқа ҳимояловчи воситаларни қўллаш керак.

Бетонда содир бўладиган III- тур занглашнинг олдини олиш ва унга қарши курашиш учун қуйидаги тадбирлар амалга оширилиши лозим:

конструкцияларнинг хизмат қилиш шароити ва салбий муҳитнинг зарарлилик даражасига боғлиқ ҳолда цементни танлаш;

ҳаво ютувчи (СНВ, СПД, ПАШ-1), пластикловчи (СДБ, ВРП-1) ва  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaSO}_4$  ларнинг эриш хусусиятини оширувчи  $\text{CaCl}_2$  ва шу каби қўшимчаларни киритиш;

бетоннинг зичлигини турли усуллар билан ошириш,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ни боғлаш учун юпқа туйилган кремнеземли қўшимчаларни киритиш шунингдек, С/Ц нисбатини мумкин қадар кам олиш ва х.к.

Бетоннинг занглашга турғунлигини оширувчи ушбу қўшимчалар сув сарфини камайтириш имконини беради, цемент тоши ва тўлдирувчиларнинг ўзаро бирикишини яхшилайти, улар бетондан боғланган ички сувнинг ажралишини камайтиради ва х. к.

Бетон ва темирбетон конструкцияларни занглашдан ҳимоялаш учун ишлатиладиган материалларга бетон сиртига (юзасига) ёпиштириладиган яъни, битумли, қатронли, полимерли ва донали материаллар (қоплама плиткалар, листлар, тошлар ва ш.к) шунингдек, мастика ва бўёвчи органик ёпишқоқ моддалар, суюқ шиша, пластмасса ва ш. к. киради.

Зарарли муҳитдан ҳимояловчи бундай материаллар юқори кимёвий ва механик таъсирларга чидамли, газ ва суюқликларни ўтказмайдиган бошқа материаллар билан адгезияланадиган, ҳароратнинг кескин ўзгаришига турғун, баъзи ҳолларда эса эластикликка ҳам эга бўлиши лозим. Одатда ишлатилган алоҳида у ёки бу материал талаб этиладиган барча сифатларга эга бўлмайди. Шунинг учун ҳимоялашда бир ёки бир неча материалдан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир. Шунингдек, ҳимояловчи қатлам сифатида ишлатиладиган битта материал ёки модда турли мақсадларда ҳам ишлатилиш мумкинлигини ҳисобга олиш лозим.

Юқорида қайд қилинган тадбирлар бетонни зарарли муҳит таъсиридан етарли даражада ҳимоялашни таъминламаса, унда бетон сиртига сувнинг сизиб киришини (шимилишини) тўхтатиш керак ва бунда юзавий ҳимоялашни амалга ошириш зарур. Зарарли муҳит таъсирида бетоннинг чидамлилигини ошириш учун қўлланиладиган турли хил тадбирларнинг самараси лаборатория шароитида тажрибалар орқали текширилади.

Лаборатория шароитида бетоннинг занглаш жараёнларини моделлаштиришда, бетоннинг занглаш тезлигини аниқловчи кўрсаткичларининг тенглигига риоя қилиш керак.

Зарарли муҳит таъсирида бетон емирилишининг нисбатан кўп бўлишига рухсат этилмайди. Масалан, 50 йилдан кейин бетоннинг башорат қилинадиган емирилиш чуқурлиги 1...3 см дан ошиб кетса, бундай ҳолда махсус ҳимоя чоралари қўлланилади (масалан, махсус таркиблар билан бўяш, сиртига сингдириш ва ш. к).

Темирбетон конструкцияларнинг узок муддатга чидамлилигини таъминлаш чораларидан бири, арматуранинг занглашдан ҳимоялашдир. Оғир ва енгил бетонлардаги арматуранинг ҳимояланишини таъминлаш учун бетоннинг зичлигини ошириш, унинг ўтказувчанлигини камайтириш, зичликни оширувчи қўшимчалар қўшиш орқали бетоннинг ҳимоялаш хоссасини ошириш мумкин. Аммо шундай бетонлар мавжудки, улар арматуранинг ҳимоялаш қобилиятига эга эмас, чунки бетон ғовақларидаги суюқликда рН кўрсаткичи нисбатан паст. Бундай бетонларга автоклавда қотириладиган цементли ёки силикатли шунингдек, гипсоцементпуццоланли боғловчилар асосидаги бетонлар киради. Бундай бетонларда арматуранинг ҳимояланиши арматура сиртига “цемент-битумли”, “цемент-полистролли”, ва “цемент-латексли” махсус таркибларни суртиш орқали таъминланади (арматуранинг ўзини ҳимоя қилиш усуллари). Бундай таркиблар арматура сиртига 0,3...0,6 мм қалинликда суртилади (арматурага ҳимоя қатламини суртишдан олдин унинг сирти яхшилаб тозаланиши керак).

Одатда, бетондаги арматура ҳимоя қобилиятининг қалинлиги муҳитнинг зарарлиги ва намлиги шунингдек, арматуранинг диаметри ва ҳилига қараб белгиланади. Жумладан, ҳаво намлиги 60...75 % бўлган шароитда стерженли арматуралар учун бетоннинг ҳимоя қатлами қалинлиги ўртача 15...20 мм, кучли зарарли муҳитда эса 20...25 мм атрофида қабул қилинади. Шунинг назарда тутиш керакки, ҳимоя қатлами қалинлигининг ошиши бетон емирилиши ва арматуранинг занглашини бутунлай бартараф эта олмайди.

Чунки, бунда бетон ҳимоя қатлами қалинлашади ва унда технологик ёриқлар ҳосил бўлиб қолишига замин яратилади.

Темирбетон конструкцияларнинг чидамлилигини таъминлаш учун юқорида айтиб ўтилган ҳимояловчи таркиблар етарли бўлмаса, бундай ҳолда бетонга СНиП 2.03.11-85 талаблари бўйича махсус ҳимоялаш воситалари қўлланилади.

### **Назорат саволлари**

1. Бетон занглашининг асосий турларини айтиб беринг.
2. Бетон танасида унинг занглашига сабаб бўладиган қандай камчиликлар мавжуд бўлади?
3. Биринчи тур занглаш қандай омиллар таъсирида рўй беради?
4. Иккинчи тур занглаш қандай омиллар таъсирида рўй беради?
5. Учинчи тур занглаш қандай омиллар таъсирида содир бўлади?
10. Бетоннинг узок муддатга чидамлилигига занглаш омиллари қандай таъсир кўрсатади?
11. Бетон ва темирбетон конструкцияларнинг кимёвий занглаши қандай кечади?
12. Бетондаги арматуранинг занглаши қандай босқичларга бўлинади?
13. Пўлатнинг занглаш тезлиги муҳитнинг қандай омилларига боғлиқ бўлади?
14. Бетон ва темирбетон конструкциялар занглашининг олдини олиш учун қандай чора-тадбирлар қўлланилади?
15. Бетон ва темирбетон конструкцияларни данглашдан сақлашнинг самарали усулларини айтиб беринг.
16. Арматурани занглашдан сақлаш учун қандай ҳимоя чоралари қўлланилади?

### **Қўшимча адабиётлар**

1. СНиП 2.03.11-85. Қурилиш конструкцияларини занглашдан ҳимоялаш.-М.: 1986.
2. ЎзРСТ 710-96. Бетонлар. Қурилишда занглашдан ҳимоялаш. Синов ўтказишга умумий талаблар.
3. СТ СЭФ 2440-80. Қурилишда занглашдан ҳимоялаш. Бетон ва темирбетон конструкциялар. Зарарли муҳитларнинг синфланиши.

## 9-БОБ. БЕТОННИНГ ҚОТИШИГА ҲАРОРАТНИНГ ТАЪСИРИ

### §9.1. Бетоннинг меъёрий ҳароратда қотиши

Қуйма ва қуйма-йиғма конструкцияларни барпо этишда ва дала шароитида темирбетон буюмларни тайёрлашда бетон оддий муҳит шароитида яъни, 5...35 °С ҳароратда қотади. Ҳавонинг керакли намлиги таъминланганда бетон мустаҳкамлигининг ўсиши узоқ вақт давом этади. Бетон мустаҳкамлигининг вақт бўйича ўсишини тахминан қуйидаги формула билан аниқлаш мумкин:

$$R_n = R_{28}(\lg n / \lg 28) \quad (9.1)$$

бу ерда  $R_n$  ва  $R_{28}$  –мос ҳолда бетоннинг  $n$  ва 28 кунликлардаги сиқилиш бўйича мустаҳкамликлари, МПа;  $\lg n$  ва  $\lg 28$  худди шундай бетон ёшининг ўнлик логарифмлари.

Ушбу формула  $n > 3$  бўлганда 15...20 °С ҳароратда қотадиган оддий портландцементли бетонлар учун қониқарли натижа беради. Амалиётда эса бетон мустаҳкамлигининг ўсиш тезлиги, айниқса эрта ёшида кўп омиллар таъсирига боғлиқ бўлади масалан, цементнинг минерологик таркиби ва солиштира юзасига, бетоннинг таркибига, сув-цемент нисбатига, ишла-тилган қўшимчаларнинг тури ва меъёрига ва ш.к.

Тез қотувчи цемент асосида тайёрланган шунингдек, қотишни тезлатувчи қўшимчалар, сувталабчанлиги кам боғловчилар қўшилган бетонларнинг мустаҳкамлиги тез ортади.

Қуйидаги 9.1-жадвалда ҳар-ҳил С/Ц нисбати бўйича тайёрланган бетонлар нисбий мустаҳкамлигининг турли вақтлардаги қийматлари келтирилган. Бунда С/Ц нисбати қанча кам бўлса, бетон мустаҳкамлигининг ўсиши шунча юқори бўлади.

#### Бетоннинг турли вақтдаги нисбий мустаҳкамликлари

9.1-жадвал

С/Ц нисбати	Нисбий мустаҳкамлик, $R_n/R_{28}$ , $n$ кунларда					
	1	3	7	28	90	360
0,4	0,24	0,48	0,7	1	1,15	1,38
0,5	0,17	0,43	0,66	1	1,19	1,47
0,6	0,11	0,37	0,64	1	1,21	1,55
0,7	0,08	0,33	0,63	1	1,35	1,67
(9.1) формула бўйича	-	0,33	0,58	1	1,35	1,77

Бетон мустаҳкамлигининг логарифмик қонуният бўйича ўсиши унинг дастлабки тузилиши шаклланганидан кейин ўрнатилади, яъни унинг дастлабки мустаҳкамлиги ҳосил бўлгач (9.1-расм). Ушбу графикдан хулоса қилиш муминки, бетоннинг  $k$  ва 28 кунлардаги мустаҳкамликлари маълум

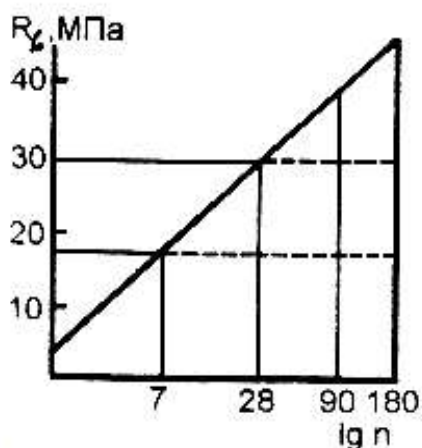
бўлса, унинг  $n$  кундаги мустаҳкамлигини қуйидаги нисбат орқали аниқлаш мумкин:

$$\frac{(R_n - R_k)}{(R_{28} - R_k)} = \frac{(\lg n - \lg k)}{(\lg 28 - \lg k)} \quad (9.2)$$

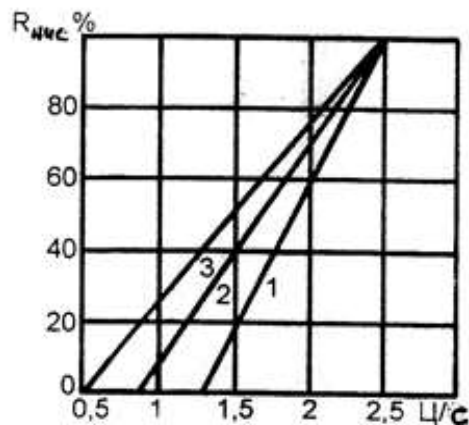
бундан

$$R_n = R_k + (R_{28} - R_k) \frac{(\lg n - \lg k)}{(\lg 28 - \lg k)} \quad (9.3)$$

Ушбу формула бетоннинг қотишига турли омилларнинг таъсирини тўлиқ ҳисобга олиш имконини беради.



9.1-расм. Бетон мустаҳкамлигининг ўсиши (вақт бирлиги логарифмик масштабда)



9.2-расм. Бетон учун кунлар бўйича  $R_{нис} = f(Ц/С)$  боғланиш графиклари: 1-1 кунда; 2-3 кунда; 3-7 ва 28 кунда.

Бетоннинг 1, 3, 7 ва 28 кунлардаги  $R_{нис} = f(Ц/С)$  боғланиши 9.2-расмда кўрсатилган. Бу ерда таққословчи вариант сифатида  $Ц/С = 2,5$  ( $С/Ц = 0,4$ ) бўлгандаги бетоннинг мустаҳкамлиги қабул қилинган.

Ушбу боғланишлар асосида бетоннинг мустаҳкамлиги тахминан қуйидагича аниқланади:

бир кунликда:

$$R_{b1} = A_1 \cdot R_{ц1}(Ц/С - 1,3) \quad (9.4)$$

уч кунликда:

$$R_{b3} = A_3 \cdot R_{ц3}(Ц/С - 0,9) \quad (9.5)$$

бу ерда  $R_{ц1}$ ,  $R_{ц3}$ -цементнинг 1 ва 3 кунлардаги фаоллиги, МПа;  $A_1$ ,  $A_3$ -бетоннинг мустаҳкамлигига тўлдирувчилар таъсирини ҳисобга олувчи коэффициентлар бўлиб, 5.1 жадвал орқали қабул қилинади (5 бобга қаранг).

Цементнинг 1 ва 3 кунлардаги фаоллиги маълум бўлмаса, уларни тахминан қуйидагича қабул қилиш мумкин:

$$R_{ц1} = k_{ц1} \cdot R_{ц28} \quad (9.6)$$

$$R_{ц3} = k_{ц3} \cdot R_{ц28} \quad (9.7)$$

бу ерда  $R_{ц28}$ -цементнинг 28 кунликдаги фаоллиги, МПа;  $k_{ц1}$  ва  $k_{ц3}$ -тўғриловчи коэффициентлар бўлиб, бир кунлик цементда: секин қотувчи цементлар учун  $k_{ц1} = 0,2$ ; оддий цементлар учун  $-0,24$ ; тез қотувчан ва юқори мустаҳкам цементлар учун  $-0,28$  қабул қилинади. Уч кунлик цементлар учун мос ҳолда  $0,43$ ,  $0,48$  ва  $0,53$  олинади.

Бетоннинг 7 ва ундан кўп кунларида  $R_b = f(C/C)$  боғланиш  $R_{28} = f(C/C)$  боғланишга ўхшаш бўлади. Яъни,  $C/C$  нисбатининг таъсири бир-ҳил намоён бўлади ва бетоннинг мустаҳкамлиги цементнинг қотиш тезлиги бўйича аниқланади:

$$R_{bn} = k_{цп} \cdot R_{28} = k_{цп} \cdot A \cdot R(C/C - 0,5) \quad (9.8)$$

бу ерда  $R_{bn}$ -бетоннинг  $n$  кундаги мустаҳкамлиги ( $n > 7$  кун), МПа;  $k_{цп}$ -қотиш вақтига ва материаллар сифатига боғлиқ коэффициент;  $A$ -бетоннинг 28 кунликдаги мустаҳкамлиги коэффициенти бўлиб 5.1-жадвалдан олинади (5 бобга қаранг).

Коэффициент  $k_{цп}$  ёки умумлаштирилган коэффициент  $k_n = k_{цп} \cdot A$  тажриба натижалари бўйича қуйидаги формулалар орқали аниқланади:

$$\begin{aligned} k_n &= a + b \cdot \lg n \\ k_{цп} &= a_1 \cdot b_1 \cdot \lg n \end{aligned} \quad (9.9)$$

бу ерда  $a$  ва  $b$  доимий катталиклар бўлиб, бетонга ишлатилган цемент ва тўлдирувчилар учун тажрибилар ёрдамида аниқланади.

Юқоридаги (9.9) формула бетон тузилишининг шаклланиш моҳиятини ёритади. Жумладан, бетон ёшига боғлиқ ҳолда мустаҳкамликнинг логарифмик қонуният бўйича ўзгариши бетон ўзининг дастлабки мустаҳкамлигига эришганидан кейин бошланади.

Бетоннинг қотиш тезлигига цементнинг минералогик таркиби анча сезиларли таъсир кўрсатади. Бетон мустаҳкамлигининг меъёрий ҳароратда тинимсиз ўсишига қараб ҳозирги цементларни тўртта ҳилга бўлиш мумкин (9.2-жадвал). Бунда I ва II ҳилдаги цементлар бетоннинг ёш вақтидаги мустаҳкамлигининг тез ўсишини таъминлайди ва узоқ муддатда қотиш мустаҳкамлигининг ўсишини секинлатади, III ва IV ҳилдаги цементлар эса

#### Цементларнинг қотиш тезлиги бўйича синфланиши

9.2-жадвал

Цемент ҳил-ри	Минералогик тавсифлари	$k_{28-90} = R_{90}/R_{28}$	$k_{28-180} = R_{180}/R_{28}$
I	Алюминатли цемент ( $C_3 \cdot A > 12\%$ )	1-1,05	1-1,1
II	Алитли цемент ( $C_3 \cdot S > 50\%$ , $C_3 \cdot A < 8\%$ )	1,05-1,2	1,1-1,3
III	Мураккаб минералогик тавсифли цементлар (пуццоланли, $C_4AF > 14\%$ бўлган портландцемент, шлак миқдори 30...40% бўлган шлакли портландцемент)	1,2-1,5	1,3-1,8
IV	Белитли ва шлакли портландцемент (шлак миқдори 50 %дан юқори)	1,6-1,7	1,85
	Таққослаш учун $R_n = R_{28}(\lg n / \lg 28)$	1,85	1,55

бетоннинг қотишни дастлаб секинлаштиради, кейинчалик эса вақт ўтиши билан унинг мустаҳкамлигини сезиларли тезлаштиради.



Қулай шароитли муҳитда бундай цементлар асосидаги бетоннинг ярим йиллик ёшидаги мустаҳкамлиги унинг 28 кунликдаги мустаҳкамлигига нисбатан 1,5...1,8 марта ўсади шунингдек, мустаҳкамликнинг аста-секин ўсиши кейинги бир неча йиллар мобайнида кузатилади.

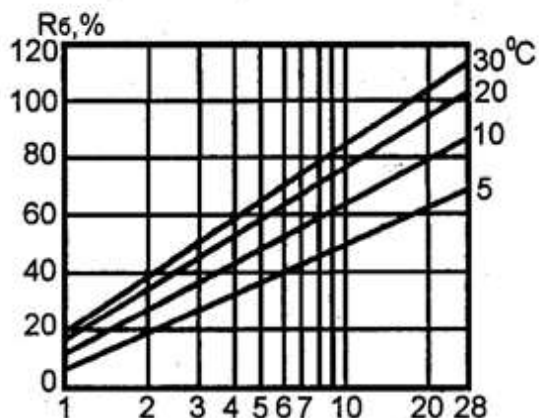
Бетоннинг қотиш кинетикасини ёритиш учун қўлланиладиган (9.1) формула III-ҳилдаги цементлар ишлатилганда ишончли натижалар беради (9.2-жадвалга қаранг). Бошқа ҳолларда, бетоннинг турли ҳил цементлардаги қотиш тавсифларини ҳисобга олувчи тўғрилаш коэффициентларини киритиш керак бўлади.

Юқоридаги 9.2-жадвалда келтирилган  $k_{28-90}$  ва  $k_{28-180}$  коэффициентларнинг қийматлари, намуналар меъёрий шароитда сақланганда ( $t = 15...20^{\circ}\text{C}$ ,  $W = 90...100\%$ ) мос келади. Ташқи муҳит ҳарорати ва ҳавонинг нисбий намлиги пасайганда бетоннинг қотиши кескин секинлашади.

Темирбетон конструкцияларни тайёрлашда бетоннинг қотиш давридаги талаб қилинадиган намлигини ҳамма вақт таъминлашнинг имкони бўлмайди. Чунки конструкцияларни монтаж қилиш ва бошқа ишларни бажаришда бетоннинг намлигини камайтириш, ҳатто уларнинг юзасини қуриштириш талаб қилинади. Бундай ҳолда юқоридаги (9.1) формуладан ёки 9.2-жадвалда келтирилган коэффициентларнинг қийматидан фойдаланиб бўлмайди. Шу сабабли бетон ташқи муҳит шароитида қотганда I ва II ҳил цементлар учун  $k_{28...90} = 1,05$ ;  $k_{28...180} = 1,1$ ; III-ҳил цемент учун  $k_{28...90} = 1,05$ ;  $k_{28...180} = 1,25$  ва IV-ҳил цемент учун  $k_{28...90} = 1,1$ ;  $k_{28...180} = 1,3$  қабул қилинади.

Кўпчилик ҳолларда конструкциялар ҳисобий юкланишларни 28 кундан кейин қабул қилади (яъни, конструкция жойига ўрнатилганидан кейин). Бу вақтга келиб бетоннинг ҳақиқий мустаҳкамлиги лойиҳада кўрсатилган 28 кунликдаги мустаҳкамлигидан юқорироқ бўлади (чунки вақт ўтиши билан бетоннинг мустаҳкамлиги ортиб боради). Бундай ҳолда цемент сарфини тежаш учун бетоннинг  $R_{28}$  кунликдаги мустаҳкамлигини камайтириш ёки паст маркали цементларни ишлатиш мумкин.

Бетоннинг қотиш тезлигига ҳаво ҳароратининг унча катта бўлмаган ўзгариши ҳам сезиларли таъсир кўрсатади. Қуйидаги 9.3-расмда турли ҳил



9.3-расм. Турли ҳил ҳароратда бетон мустаҳкамлигининг ўсиши.

ҳарорат таъсирида бетон мустаҳкамлигининг ўсиш графиклари келтирилган. Масалан, бетоннинг 3 кундаги нисбий мустаҳкамлиги  $5^{\circ}\text{C}$  ҳароратда қотганда  $0,27 \cdot R_{28}$  бўлса  $30^{\circ}\text{C}$  ҳароратда эса  $0,50 \cdot R_{28}$  га тенг бўлиб, қарийиб икки мартаба юқоридир. Шу сабабли катта яхлит иншоотларни бетонлашда (айниқса баҳор ва куз фаслларида) ташқи муҳит ҳарорати ўзгаришининг бетон қотишига таъсирини ҳисобга олиш мақсадга мувофиқдир.

Агар бетон ҳар-ҳил ҳароратда қотса, унинг тахминий мустаҳкамлиги қуйидагича аниқланди:

$$R_b = \Delta R_1 + \Delta R_2 + \dots + \Delta R_n \quad (9.10)$$

бу ерда  $\Delta R_1$ ,  $\Delta R_2$ ,  $\Delta R_n$ -мустаҳкамлик ўзгаришининг  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_n$  вақтлардаги миқдори.

Ҳисоблаш ишларини график усулда тажрибалардан олинган  $R_b = f(n, T)$  эгри чизиклари орқали ҳам амалга ошириш мумкин (9.4-расм).

Мустаҳкамлик миқдорлари  $\Delta R_1 \dots \Delta R_n$  ни аналитик ҳисоблаш учун юқорида келтирилган (9.8) ва (9.9) формулалардан фойдаланилади ва турли ҳил ҳароратда бетоннинг қотишини тавсифловчи эгри чизиклар учун коэффициент  $k_n$  аниқланади. Масалан, 9.3-расмдаги маълумотларга асосан  $t = 5^\circ\text{C}$  бўлганда  $k_{n5} = 0,06 + 0,44 \lg n$  бўлади;  $t = 10^\circ\text{C}$  да  $k_{n10} = 0,1 + 0,54 \lg n$ ;  $t = 20^\circ\text{C}$  да  $k_{n20} = 0,16 + 0,6 \lg n$  ва  $t = 30^\circ\text{C}$  да  $k_{n30} = 0,2 + 0,64 \lg n$ . Шулардан келиб чиққан ҳолда  $t = 5^\circ\text{C}$  ҳароратда қотадиган бетоннинг  $n$  кундаги мустаҳкамлиги қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$R_n = (0,06 + 0,44 \cdot \lg n) R_b \quad (9.11)$$

Маълум шароитда муҳит ҳароратининг ўзгариши жуда тез содир бўлади. Бетонни қиздириш ва совутиш режимлари ҳароратнинг фарқига, бетон таркибига, конструкциянинг ўлчамига, цементнинг иссиқлик чиқаришига (ажратишига) ва бошқа омилларга боғлиқ бўлиб, уларни ҳисоблаш одатда анча меҳнатни талаб қилади. Шу сабабли турли ҳил ҳароратда бетоннинг мустаҳкамлигини тавсифловчи ҳақиқий эгри чизикларидан фойдаланилган ҳолдагина керакли таркиб учун аниқ натижаларга эришиш мумкин.

Бетоннинг қотишида, айниқса дастлабки кунларда унга қаров ўтказилишни ташкил қилиш муҳим аҳамият касб этади. Бетонга қаров ўтказишдан кўзланадиган асосий мақсад, унинг қотиши учун қулай шароит яратишдир. Шу сабабли янги қуйилган бетон полимер плёнка билан ўралади, намли қум сепилади ва ҳўлланиб турилади ёки сунъий ёмғир ҳосил қилинади ва х.к. Яъни, бетоннинг қуриб қолмаслиги ва цемент гидратланишининг секинлашуви олдини олиш зарур. Чунки бетонда дастлабки кунларда тез қотиб қуриши натижасида сезиларли киришиш деформацияси рўй беради ва унда микроёриқлар пайдо бўлади. Натижада унинг тузилиши ёмонлашади, охириги мустаҳкамлиги пасаяди. Шу сабабли бетонга дастлабки кунларда қаров ўтказиш сифатли бетон олишининг муҳим шартларидан бири ҳисобланади.

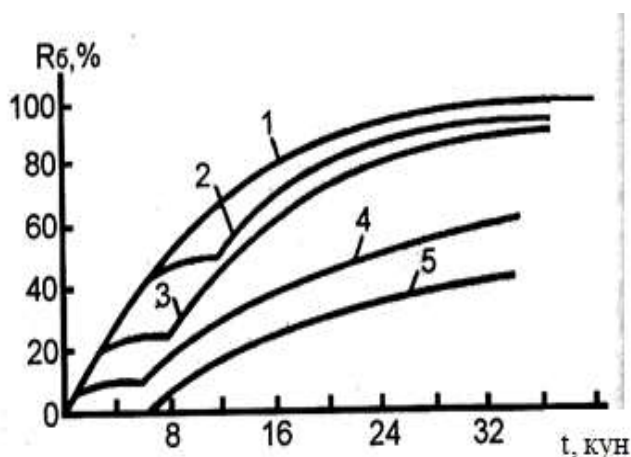
## §9.2. Бетоннинг қиш мавсумида қотиши

Бетоннинг қотиши учун меъёрий муҳит ҳарорат шартли равишда  $15 \dots 20^\circ\text{C}$  атрофида бўлиши керак. Паст ҳароратда бетоннинг мустаҳкамлиги меъёрий ҳароратдагига нисбатан секин ўсади. Ҳаво ҳарорати  $0^\circ\text{C}$  дан паст бўлганда бетоннинг қотиши қарийиб тўхтайтиди. Қиш мавсумида ҳарорат  $0^\circ\text{C}$

дан юқорига ёки пастга тез-тез ўзгариб туради ва бу ҳолат бетоннинг қотишига ўз таъсирини ўтказди.

Қотиши бошланган бетон кейинчалик музлатилса, сўнгра илиқ муҳитда эритилса ва унда бузилишлар содир бўлмаган бўлса унинг мустаҳкамлиги аста-секин ўсади (9.5-расм). Албатта бетоннинг бундай ҳолатдаги мустаҳкамлигининг ўсиши меъёрий ҳароратда қотган бетонникидан орқада қолади.

Қиш мавсумида қуйиладиган бетонни қолипдан бўшатиш учун у етарли



9.5-расм. Бетонни музлатилганда нисбий мустаҳкамлигининг вақт бўйича ўзгариши (C/Ц = 0.6): 1-музлатилмаган бетон; 2-музлатилган бетон, 7 кунлик; 3-худди шундай 3 кунлик; 4-худди шундай 1 кунлик; 5-худди шундай, 6 соатлик.

мустаҳкамликка эришган бўлиши керак. Қуйилган бетоннинг дастлабки кунларда (1...3 кун) музлаши унинг мустаҳкамлиги паст бўлишига олиб келади. Унинг янги қуйилган ва тўлиқ қотмаган таркибида сув миқдори кўп бўлиб, музлаганда кенгайди ва тўлдирувчилар ҳамда кучсиз цемент тоши орасидаги боғланишларни узиб юборади. Шунингдек, музлаган бетон темирбетонда бетон билан арматура бирикишига ҳам салбий таъсир кўрсатади.

Бетон ишларини қандай усулларда бажаришдан қатъий

назар, бетон минимал мустаҳкамликка эришгунга қадар уни музлашдан ҳимоя қилиб туриш керак (9.3-жадвал).

Бетон учун тез қотувчи юқори мустаҳкам цементлар ишлатилса ушлаб туриш вақти икки мартагача қисқаради. Агар бетонга юқори талаблар қўйилса, масалан, сув ўтказмовчанлик, совукбардошлик ва ш. к., бунда бетоннинг лоиҳавий мустаҳкамликка эришгунича музлашига йўл қўйилмайди.

Бетон таркибига юқори миқдорда кальций хлор ( $\text{CaCl}_2$ ), натрий хлор ( $\text{NaCl}$ ), натрий нитрат ( $\text{NaNO}_3$ ) ва поташ ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) тузларининг эритмалари қўшилганда унинг манфий ҳароратда қотиши секин давом этади. Чунки тузлар сувнинг музлаш нуқтасини секинлатади ва бетондаги суяқ фазани ҳимоя қилади. Бетонга қўшиладиган тузларнинг миқдори бетоннинг қотиши пайтидаги ўртача ҳароратга боғлиқ бўлади (9.4-жадвал).

Таркибига поташ қўшилган бетон қоришмаси тез қуюқланади ва тутиб қолади, аммо уни қолиплаш қийинчилик туғдиради. Бундай бетон қоришманинг қулай жойланувчанлигини сақлаб қолиш учун унга СДБ, милонафт ёки суперпластикловчилар қўшилади. Музлашга қарши қўшимча қўшилган бетон қоришмасини тайёрлаш учун совук тўлдирувчилар ишлатиш мумкин. Бундай бетон қоришмасини  $-5\text{ }^\circ\text{C}$  гача манфий ҳароратда қолипга жойлаш мумкин.

Бетоннинг музлашгача эришиши керак бўлган минимал  
мустаҳкамликлари

9.3-жадвал

Бетоннинг 28 кун- даги меъёрий мустаҳкамлиги, $R_{28}$ , МПа	Минимал мустаҳкамлиги		15-20 °С харо- ратда ортланд- цементли бет- онни ушлаб туриш вақти, кун
	28 кунликдагига нисбатан, % ҳисобида	Минимал мус- таҳкамлик миқдори, МПа	
10	50	5	5...7
20	40	7	3...5
30	35	10	2...2,5
40	30	12	1,5...2
50	20	12,5	1...2

Бетонга солинадиган музлашга қарши қўшимчаларнинг тавсия  
этиладиган миқдорлари (цемент массасига нисбатан % ҳисобида)

9.4-жадвал

Бетоннинг қотиш харорати, °С	NaCl+CaCl <sub>2</sub>	NaNO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
-5	3+0, ёки 0+3	4...6	5...6
-10	3,5+1,5	6...8	6...8
-15	3,5+4,5	8...10	8...10
-20	-	-	10...12
-25	-	-	12...15

Совуқ хароратда қотадиغان ва таркибига қўшимчалар қўшилган портландцемент асосидаги бетонларнинг мустаҳкамлиги 9.5-жадвал асосида тахминий аниқланиши мумкин. Натрий нитрат қўшилган бетон -5 °С хароратда секин қотади. Хлорли тузлар қўшилган бетон -10 °С хароратда қотиши секин давом этади.

Музлашга қарши қўшимчалар қўшилган бетонларнинг  
мустаҳкамлиги ( $R_{28}$  га нисбатан % да)

9.5-жадвал

Қўшилмаларнинг ҳили	Бетоннинг қотиш харорати, °С	Совуқда қотиш муддати, кун		
		7	14	28
Хлорли тузлар	-5	36	65	80
	-10	26	35	45
	-15	15	25	35
Поташ	-5	50	65	75
	-10	30	50	70
	-15	25	40	60
	-20	22	35	55
	-25	20	30	50

Қиш мавсумида музлашга қарши қўшимчалар қўллаш ёрдамида бетон ишларини бажариш оддий ва тежамли ҳисобланади, аммо айрим ҳолларда бетоннинг тузилиши ёмонлашиши, чидамлилиги камайиши мумкин ва х.к. Шунингдек, бетоннинг қотиш жараёнида ҳосил бўладиган ишқорли муҳит фаол кремнезем билан реакцияга киришиб, бетоннинг емирилишига сабаб бўлади.

Шу сабабли музлашга қарши қўшимчалар қўшилган бетон ва темир-бетон конструкциялар жавобгарлиги юқори бўлган ва муттасил нам таъсир қиладиган жойларда ишлатилиши тавсия қилинмайди.

### §9.3. Бетоннинг юқори ҳароратда қотиши

Йиғма темирбетон конструкцияларни ишлаб чиқаришда бетоннинг қотишини тезлатиш учун турли-ҳил усуллар қўлланилади: механик усулларга цементнинг солиштирма юзасини ошириш ёки бетон қоришмасини фаоллаштириш киради; кимёвий усулларга қотишни тезлатувчи қўшимчалар қўшиш; иссиқлик ёрдамида буғлаш ёки электр ёрдамида қиздириш кабилар киради. Бетонни иссиқлик ёрдамида қотириш йиғма темирбетон конструкцияларни ишлаб чиқаришда кенг миқёсда қўлланилади. Йиғма темирбетон конструкцияларга иссиқлик ёрдамида ишлов беришда бетоннинг талаб қилинадиган хоссаларини олиш учун иситиш режимлари, тавсифлари ва бир қанча бошқа омилларни ҳисобга олиш керак бўлади.

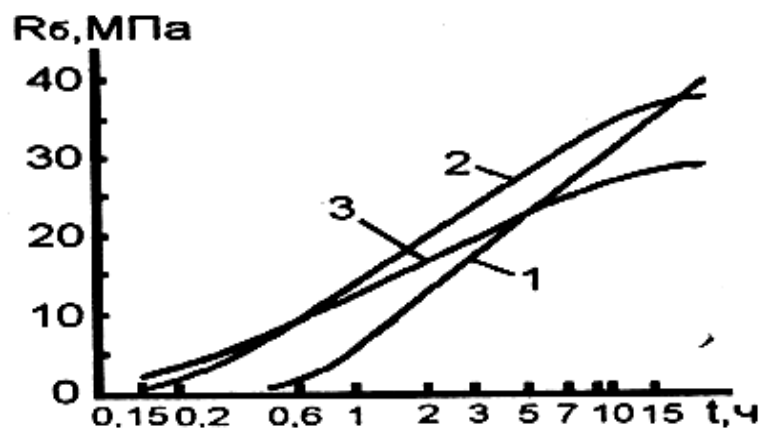
Маълумки, қиздириш кимёвий реакцияларни тезлаштиради. Бетон ҳароратининг ошиши сув ва цементнинг ўзаро таъсирини фаоллаштиради ва бетоннинг қотишини тезлаштиради.

Бетоннинг қиздирилгандаги мустаҳкамлигининг ўсиши, худди меъёрий муҳитда қотганидек логарифмли боғланиш орқали аниқланади:

$$R = A \cdot (\lg t - \lg t_0) \quad (9.12)$$

бу ерда  $A$ -қабул қилинган шароитда цементни буғлашдаги ҳолатини тавсифловчи кўрсаткич, МПа;  $t$ -иссиқлик билан ишлов бериш вақти, с; ( $t = t_1 + 3$ ,  $t_1$ -иситиш, изотермик ушлаб туриш ва совутиш вақтларининг бир қисми);  $t_0$ -индукцияли қотириш даври, с.

Юқоридаги (9.12) формула турли-ҳил минералли таркибга эга бўлган махсус цементлар асосида тайёрланган бетонлар учун мос келади. Ўтказилган тажрибалар  $A$  ва  $t_0$  қийматларини график боғланиш ёрдамида ўрнатиш имконини беради (9.6-расм) ва шунингдек, буғлашда бетоннинг мустаҳкамлигига цементнинг минералогик таркиби таъсирини аниқлаштиради (9.6-жадвал



9.6-расм. Минералогик таркиби I, II ва III гуруҳ бўлган бир ҳил фаолликдаги цементлардан тайёрланган бетонни буғлаш вақтидаги мустаҳкамлигининг ўзгариш боғланишлари.

Ҳар-ҳил минералогик таркибли цементлар учун  $A$  ва  $t_0$  нинг қийматлари  
9.6-жадвал

Цементнинг гуруҳлари	Цементнинг минералогик таркиби, %		A нинг нисбий қиймати, %	$t_0$ нинг қиймати, соат	Мустаҳкам-нинг ўсиш чегараси, соат
	$C_3S$	$C_3A$			
I-кам алю-минатли	60	2-3	125	0,6	20...25
	50	2-3	95	0,45	20
II-ўрт. алю-минатли	60-65	8	100	0,15	9...10
	50	8	95	0,2	9...10
III-юқори алюминат.	55	11-12	85	0,15	9
	40-50	11-12	70	0,18	7...8

Ушбу 9.6-жадвалдан хулоса қилиш мумкинки, цементнинг минералогик таркиби бетоннинг мустаҳкамлигига сезиларли таъсир кўрсатади. Буғлаш режимининг дастлабки соатларида II ва III гуруҳ цементлари асосидаги бетонларнинг мустаҳкамлиги юқори бўлади. Биринчи гуруҳ цементдан тайёрланган бетонларнинг мустаҳкамлиги 3...4 соатдан кейингина тез ошади ва 6...7 соатга бориб энг юқори қийматгача эришади. Мустаҳкамликнинг ўсиши I-гуруҳ учун 20...25 с. изотермик ушлаб туришда, II ва III гуруҳлар учун мос холда 9...10 ва 8...9 с давом этади.

Бетон чегаравий мустаҳкамлигининг ( $C/S = 2...2,5$  бўлганда) иссиқлик билан қотириш режимига ва цемент фаоллигига боғлиқлиги тавсифлари 9.7-жадвалда келтирилган.

Одатда иссиқлик билан қотириш бетон ўзининг чегаравий мустаҳкамлигининг 70...80 % эришгунча давом эттирилади. Ушбу холда бетон мустаҳкамлигининг бир текис ўсиши таъминланади ва иссиқлик билан қотириш тугаганидан кейин бетон ўзининг 28 кунликдаги меъёрий мустаҳкамлигига эришади. Буюм қолиплаганидан кейин тахминан икки соатлар ўтгач иссиқлик билан қотириш бошланади. Ҳароратни кўтариш 3 соатгача давом

эттирилади ва иссиқлик камераси харорати ўртача 80 °С гача етказилади. Агар 9.7-жадвалда келтирилган режимлардан кам вақт қабул қилинса цемент сарфи кўпайиб кетиши мумкин.

Бетонни буғ билан қотиришда унинг чегаравий  
мустаҳкамлигига цемент минералогик таркибининг таъсирлари.

9.7-жадвал

Цемент-хиллари	Цементнинг ўртача фаоллиги, МПа	Бетон чегаравий мустаҳкамлигининг цемент фаоллигига нисбати, $R_b/R_{ц}$	Чегаравий мустаҳкамликка эришишнинг тахминий вақти, с.	Юқори харорат ушлаб туриш вақти (мустаҳкамлик $0,8 \cdot R_b$ га этгунча), с.
Портцем				
I-гурух	32,5	1,45	27...33	12
II-гурух	35,0	1,15	15...18	6
III-гурух	27,5	1,10	10...12	4
ОБТЦ	39,0	1,05	12...15	3
Шлакли портцем:				
шлак 30 %	24,0	1,55	25...30	8
шлак 50 %	17,0	1,85	27..0	14

Бетонни иссиқлик билан буғлаб қотиришда унинг мустаҳкамлигига цементнинг таъсир қилиш самараси кўрилганда, энг мақбул цемент сифатида шлакли портландцемент (юқори миқдорда шлакли) ва  $C_3S$  миқдори юқори бўлган ўртача алюминатли цементларни ишлатиш мақсадга мувофиқ ҳисобланади. Яна шуни ҳам қайд қилиш керакки, иссиқлик билан қотиришда мустаҳкамликнинг ўсишига бетоннинг таркиби ва бошқа бир қатор омиллар ҳам таъсир қилади.

Юқорида келтирилган маълумот ва тавсиялар иссиқлик билан қотириш режимлари тавсия этиладиган энг мақбул ҳолатлар учун ўринлидир. Иссиқлик билан қотириш режимининг бузилиши бетон хоссаларининг пасайишига, макроёриқлар ва бошқа кутилмаган камчиликларнинг ҳосил бўлишига олиб келади. Бетон қиздирилганда ҳажми кенгайди, совутилганда эса аксинча (ҳажми тораяди). Шаклланган ички тузилиш унинг сиқилишига ҳалакит беради, натижада қолдиқ деформациялар ҳосил бўлади яъни, бетоннинг иссиқлик билан қотирилганидан кейинги ҳажми унинг дастлабки ҳажмидан катта бўлади.

Бетонни 20 °С дан 80 °С гача қиздирганда ундаги сув ҳажми 2,7 % гача ортади. Натижада бетонда ички босим ҳосил бўлади (буғ ва сув зарралари орасида) ва унинг миқдори 0,01...0,015 МПа гача ўзгаради.

Ортиқча босим бетон тузилишининг тавсифига боғлиқ бўлади. Маълум босимда таркибнинг бир ҳиллиги бузилади, яъни буғнинг чиқиб кетиши натижасида ортиқча босим камаяди, оқибатда бетоннинг тузилиши сезиларли юмшайди.

Цемент тошининг қотиши жараёнидаги контракцияси бетон тузилишидаги камчиликларни камайтиради. Яъни, контракция натижасида ҳосил бўлган қўшимча ғоваклар ҳажми захира ҳажмлар ҳисобланади ва уларда сув сиқилиб жойлашади.

Бетонда ортиқча босимнинг ҳосил бўлиши қиздириш режимларига боғлиқ бўлади. Одатда бетоннинг дастлаб ташқи юзаси исийди, шу сабабли ортиқча босим унинг юза қисмида ҳосил бўлади. Буюм секин иситилганда ортиқча босим кам намоён бўлади ва бетон танасидаги боғланмаган сув зарралари бир текис буғланиб чиқади. Буюм тез қиздирилганда эса ортиқча ички босим тез ошиб кетади. Натижада ички зўриқишлар концентрацияси ҳосил бўлиб, бу ҳолат бетонда ёриқлар пайдо бўлишига олиб келади, буюм бетонининг юзасида кўпчилган ғоваксимон тузилиш пайдо бўлиб қолади.

Бетоннинг тузилиши қанчалик мустаҳкам бўлса, қиздирилганда, у шунчалик ички зўриқишларга яхши қаршилиқ кўрсата олади. Бетон қоришмаси ўзининг дастлабки мустаҳкамлигига эришгач яъни, тузилиш шаклланиб қиздирилса ҳарорат деформацияси тез камаяди. Чунки шаклланиб улгурган тузилиш сувнинг кенгайишига ва буғсимон фазаларнинг ҳосил бўлишига тўсқинлик қилади. Натижада бетон тузилишининг юмшаши ва қолдиқ деформация кескин камаяди. Ижобий натижага эришиш учун, бетоннинг тузилиш мустаҳкамлиги уни қиздириш жараёнида бетоннинг ички зўриқишларидан юқори бўлиши керак.

Иссиқлик билан қотирилган бетон сифатига иссиқлик масса алмашиш жараёни катта таъсир кўрсатади. Бундай жараёнда, буюм бетонидаги ҳарорат билан намлик ўртасида фарқ вужудга келади ва уларнинг таъсири натижасида намлик ва буғсимон фазалар ўзаро силжиб бетоннинг тузилишини юмшатади. Баъзи ҳолларда (нотўғри қиздириш режимлари қўлланилса) сув бетон танасидан тез буғланиб кетади ва цементнинг гидратланиши секинлашади (керакли сув етмаслиги туфайли). Бетонда капиллярлар ҳосил бўлиб қолади, натижада бетоннинг ўтказувчанлиги ортади, чидамлилиги эса камаяди.

Бетонни совутиш пайтида эса янгитдан шаклланиган тузилиш ҳарорати таъсири натижасида унда (бетонда) зўриқишларни ҳосил қилади. Оқибатда бетон дастлабки ўлчамига кичраймайди, мустаҳкамлиги эса камайиб қолиши ҳам мумкин.

Бетонни иссиқлик билан қотиришда ҳарорат ва намлик градиентлари (фарқлари) минимал бўлиши лозим. Чегаравий градиентлар қиймати бетонни қиздириш бошланган пайтдаги тузилишининг мустаҳкамлигига боғлиқ бўлади.

Бетоннинг тузилиши ва мустаҳкамлигига унинг иссиқдан кенгайиши ҳамда иссиқлик масса алмашиш жараёни сезиларли таъсир кўрсатади. Масалан, ғовакликнинг 1 % ортиши бетоннинг мустаҳкамлигини 5 % гача



камайтиради. Шу сабабли бетонни қиздириш пайтида турли-ҳил технологик усулларни қўллаш орқали унинг сифатини ошириш мумкин (9.8-жадвал).

Иссиқлик билан қотиришнинг энг самарали усулларида бири бетонни иссиқ буғ ёрдамида қотиришдир. Буғ билан қотирилган бетоннинг мустаҳкамлиги буғлаш режими, цементнинг тури ва фаоллиги ҳамда бетон таркиби билан аниқланади (9.9-жадвал).

Таркибида алит миқдори юқори бўлаган алюминатли цементлар ишлатилганда нисбий мустаҳкамлик ушбу 9.9-жадвалда келтирилган чегаравий мустаҳкамликларга нисбатан 5 % гача юқори бўлади. Одатда, бетон таркибини лоиҳалашда уни буғ билан қотирилгандаги мустаҳкамлиги талаб қилинадиган (меъёрий) мустаҳкамликнинг 70 % дан кам бўлмаслиги белгиланади. Буғ билан қотиришда 100 % мустаҳкамликка эришиш учун бетон таркибини ўртача мустаҳкамликдан анча юқорироқ бўладиган қилиб танлаш керак. Бу эса цемент сарфининг кўпайишига олиб келади. Бундай ҳол ўта муҳим ва жавобгарлиги юқори бўлган конструкцияларни ишлаб чиқаришда қўлланилади.

Юқори ҳароратда бетоннинг қотишига композицияли боғловчи моддалар, суперпластикловчилар, микрокремнезем ва бошқа минерал қўшимчалар сезиларли таъсир кўрсатади. Композицияли боғловчилар бетоннинг қотишини дастлабки соатларда сезиларли тезлаштиради ва бундай ҳолда иссиқлик миқдори 50...60 °С бўлиши кифоядир.

Суперпластикловчилар маълум цемент сарфида сув-цемент нисбатини камайтиради ва қотишни тезлатади. Аммо маълум маънода цементнинг гидратланишини секинлатади.

#### Бетон ҳароратини кўтаришда деструктив жараёнлар таъсирини камайтириш усуллари

9.8-жадвал

Иссиқлик билан қотириш усуллари	Кузатиладиган самарали натижалар
Буғли муҳитда ортиқча босим таъсирида иссиқнам билан ишлов бериш (автоклав идишда ва босимли буғ камерасида)	Буғ-ҳаволи муҳитда ҳосил қилинадиган босим бетонда ҳосил бўладиган ортиқча босимни бир ҳиллаштиради, ички масса кўчишини камайтиради, бетоннинг эркин кенгайишига ҳалақит беради ва унинг тузилишини зичлашти ради
Ёпиқ металл қолипларда иссиқлик билан ишлов бериш	Бетоннинг иссиқдан эркин кенгайишини чегаралайди, ташқи масса алмашишни бартараф қилади
Ҳароратни ўрнатилган график бўйича кўтариш орқали буғлаш (бетондаги ички зўриқишлар уни қотириш пайтидаги мустаҳкамлиги дан ошиб кетмаслиги керак)	Бетонда ҳосил бўладиган ортиқча босим ички ҳажмий вакуум ҳисобига қопланади. Натижада қиздирилаётган бетондаги ҳарорат деформацияси қотаётган бетоннинг ҳарорат деформациясидан ошиб кетмайди

Олдиндан ушлаб туриш	Конракцион холатларнинг ривожланишига олиб келади ва бетоннинг дастлабки “критик” мустах камлиги шаклланади. Натижада бетон қиздириш пайтида ҳосил бўладиган ички зўриқишларга қаршилик қилиши ортади.
Ўзгарувчан нисбий намли муҳитда иссиқ-нам билан ишлов бериш	Бетондаги ортиқча босимни камайтиради, ташқи ва ички иссиқлик масса алмашишни бошқаради
Сифатли зичлантирилган бикр бетон қоришмасини ва бетонни дастлабки қотишини тезлаштирадиган усулларини қўллаш	Сув ва ҳаво миқдорини чеклайди, контракцияли холатларнинг ривожланиши ва бетон мустахкамлигининг ўсишини тезлаштиради
Буюмларни қолиплашга қадар бетон қоришмасини олдиндан электр ва буғ орқали қиздириш	Буюмнинг қирқими бўйича ҳарорат-намлик градиентини бартараф қилади, цементнинг гидратланишини тезлаштиради
Иситиш ҳароратини чеклаш (масалан, 80 °С гача)	Бетон компонентларининг кенгайишини камайтиради, (айниқса 80 °С дан юқори ҳароратда тез кенгаювчи газли фазаларни, натижада бетондаги ортиқча босим ва ички зўриқишлар камаяди

Буғланган бетон мустахкамлигининг С/Ц нисбатига боғлиқлиги

9.9-жадвал

С/Ц нисбати	Бетоннинг мустахкамлиги, берилган ўртача мустахкамликка нисбатан % ҳисобида	
	буғланганидан сўнг 4 соат ўтказ	буғланганидан сўнг 28 кун ўтказ
0,6 ва юқори	60...65	85...95
0,4...0,5	65...70	95...105
0,4 дан кам	70...85	100...110

Суперпласткловчилар ва микрокремнеземнинг биргаликда қўлланилиши бетон қаттиқ фазасининг зичланишини таъминлайди ва бетоннинг дастлабки вақтдаги қотишини тезлаштиради. Бетоннинг қотиш кинетикасига у ёки бу қўшимчаларнинг таъсири уларнинг ҳили, меъёри ва бетоннинг таркиби бўйича аниқланади ҳамда аниқ маълумотлар, тажрибалар орқали ўрнатилади.

## §9.4. Қуруқ ва иссиқ иқлим шароитида бетоннинг қотиши

**Қуруқ ва иссиқ иқлимнинг ўзига ҳос хусусиятлари.** Ўрта Осиё жумладан, Ўзбекистон Республикасининг иқлими иссиқ ва кескин ўзгарувчан ҳисобланади. Республиканинг табиий-иқлим шароити ёзнинг жуда иссиқ, қуруқ ва узоқ вақт давом этиши, қиш фаслининг қисқа вақт барқарор бўлиши шунингдек, чўл ва яримчўл худудларининг кўплиги билан тавсифланади.

Йилнинг ёз ойларида қуёш радиациясининг миқдори кун мобайнида 600...1800 кал/с<sup>2</sup> атрофида, ҳавонинг ўртача ҳарорати 25 °С ва ундан юқори бўлган йил давомидаги кунлар сони қатор худудларда 140...150 кун атрофида бўлади. Ёгин-сочиннинг кўп қисми йилнинг совуқ фаслларида ёғади. Ёз мавсумида ҳавонинг нисбий намлиги ўртача 30...40 % га, кундузги бу қиймат 10...15 % гача камайиб, кечаси 50...60 % гача кўпайиб туради.

Республиканинг жанубий худудларидаги чўл кенгликларида йилнинг илиқ пайтларида ҳаво босими пасайганда иссиқ, қуруқ шамол ҳосил бўлади. Унинг ўртача тезлиги ёз ойларида 1,5...2,5 м/сек га етади. Иқлимга жойнинг рельефи ҳам катта таъсир кўрсатади. Яъни, баландликка кўтарилган сари ҳар 250 м да ҳарорат тахминан 1 °С га камаяди.

Об-ҳаво шароитлари шу жойларнинг кўп йиллик табиий-иқлим кўрсаткичлари билан белгиланганлиги сабабли, бетон тайёрлаш ва уни қотириш технологиясини танлашда уларнинг умумлаштирилган таъсирини ҳисобга олиш мақсадга мувофиқдир.

Ҳавонинг юқори ҳарорати ва тинимсиз қуёш радиацияси шамол билан қўшилиб бетон тайёрлаш, уни ташиш ва ётқизиш пайтида қоришмадаги намнинг тез буғланиб кетишига сабаб бўлади. Бу эса ўз навбатида бетоннинг қотишида содир бўладиган физик-кимёвий жараёнларга сезиларли таъсир кўрсатади. Бетон ва темирбетон конструкцияларни тайёрлаш ва қотириш технологиясини лойиҳалашда ёки қуйма бетон ишларини бажаришда қуруқ иссиқ иқлим билан қуруқ иссиқ ҳаво тушунчаларини ажратиш лозим.

Қуруқ, иссиқ иқлим деганда маълум бир жойга ҳос бўлган метрологик шароитлар тушунилади. Бундай шароитда (кечаси ва кундузи) ҳарорат ва ҳаво нисбий намлигининг кескин фарқи, қуёш радиацияси ва иссиқ шамол (гармсел) таъсирида кун давомида ер устки қатламининг ва конструкцияларнинг даврий равишда кучли қизиши билан тавсифланади.

Қуруқ, иссиқ ҳаво деганда соат 13 да ҳаво ҳарорати 25 °С дан юқори ва ҳавонинг нисбий намлиги 50 % дан кам бўлган маълум муҳитнинг ҳолати тушунилади. Қуруқ, иссиқ ҳаво, асосан бетон ва темирбетон буюмлар тайёрлаш технологиясига сезиларли таъсир кўрсатади. Қуруқ, иссиқ иқлимнинг таъсири эса қотиб бўлган бетон ва темирбетон конструкция ҳамда иншоотларнинг хоссаларида ҳам намоён бўлиб, узоқ вақт даврли равишда таъсир этадиган юқори ҳароратлар (исиш, совуш ва ш.к.) таъсири уларнинг чидамлилигини пасайтириб юборади.

**Бетонни қотиришда қуёш радиацияси иссиқлигидан фойдаланиш.** Қуруқ ва иссиқ иқлим шароитида бетоннинг қотишини тезлатиш юқори

ҳарорат ва ҳавонинг нисбатан паст намлиги таъсирини камайтиришга ҳам имкон беради. Бунда бошланғич даврда қанча кўп сувни кимёвий ва механик тарзда боғлашга муваффақ бўлинса, бетоннинг кейинги қотиш потенциалининг имкониятлари шунча юқори ва намнинг камайиши туфайли бетон тузилишининг бузилиш ҳавфи ҳам шунча кам бўлади. Бетоннинг қотишини тезлатишга ёрдам берувчи усуллар жумласига қуйидагилар киради:

ювилган ва сараланган тўлдирувчиларни ишатиш, бетонда қум миқдорини нисбатан камайтириш;

юқори мустаҳкам ва тез қотадиган цементларни қўллаш;

бикир бетон қоришмаларидан фойдаланиш ва уларни зичлашнинг самарали усулларини қўллаш;

қотишни тезлатувчи комплекс қўшимчаларни ишлатиш;

табiiй иссиқликдан унумли фойдаланиш.

Қуруқ ва иссиқ иқлим шароитида қуёшни тик келиши, йил давомида булутсиз кунларнинг кўп бўлиши эвазига қуёш энергиясининг атроф муҳитга таъсири юқори бўлади.

Муҳитнинг нисбий намлиги паст бўлганда қуёш радиацияси илк даврда клинкерли минералларнинг жадал гидратланишига ва ҳосил бўлган тузилишнинг қайта кристалланишига шунингдек, ташқи массанинг жадал алмашуви ва ички массанинг кучайишига сабаб бўлади.

Кристалланиш жараёнларининг тезлашиши ҳисобига цемент билан боғланган сувнинг умумий миқдори ортади, бу эса қуриш тезлигининг катта бўлишига ва цемент тошининг концентрацияси туфайли киришиш деформациясининг кучайишига сабаб бўлади. Натижада цемент тошининг ҳажми ўзгариб, унда кўп миқдорда ғоваклар пайдо бўлади ва зўриқиш ортади.

Ўта ноқулай шароитда қориш сувининг камайиши 50...65 % га етади. Бошланғич даврда қанча кўп миқдорда сувни кимёвий ва механик боғлашга муваффақ бўлинса, цемент тошининг кейинги мустаҳкамланиш потенциалларининг имкониятлари шунча юқори ва ички ҳамда ташқи массанинг қизиши туфайли тузилишининг бузилиш ҳавфи шунча кам бўлади.

Қуруқ ва иссиқ иқлимнинг салбий таъсирини камайтириш мақсадида ТошТИМИ да Г. И. Ступаков томонидан поливинилхлоридли полимер плёнка ёпқичли махсус камера тайёрланган. Ушбу камерада ўтказилган тажрибалар ва бошқа таҳлиллар поливинилхлорид (ПВХ) полиэтилен плёнкаларга қараганда табiiй иқлим омилларининг таъсирига чидамлироқ эканлигини кўрсатди. Бундан ташқари поливинилхлорид плёнкаси тўғри тушадиган радиация нурларининг 75 % ни ўтказа олади, холбуки полиэтилен плёнкада бу кўрсаткич 66 % ни ташкил этади.

Поливинилхлорид плёнканинг молекуляр тузилиши иссиқликнинг камера ичида тўпланишини ва унинг ташқарига кам чиқиб кетишини таъминлайди. Бу эса темирбетон буюмларга қўшимча гидротермик ишлов бериш ҳамда кескин ўзгарувчан иқлим шароитида ҳароратлар фарқининг кунлик амплитудасини бир мунча тенглаштириш имконини беради.

Поливинилхлорид ёпмали камерадаги ҳаво тунда бироз совуйди, аммо унинг ҳарорати ташқи ҳароратдан 10...15 °С юқори бўлади. Бундай ёпқич

плёнка қуёш радиациясининг қисқа тўлқинли нурларини ўтказиб юборади ҳамда узун тўлқинларни эса ташқарига чиқиб кетишига тўсқинлик қилади. Камерада бетонни намли ҳаво қуршаб туради ва у буғлашда “юмшоқ” режимга яқин режим яратади. Бундай режим туфайли кундузги ва тунги ҳарорат кескин фарқ қилмайди. Натижада бетон қотишининг бошланғич даврида унинг тузилиши кам бузилади. Камеранинг ўлчами темирбетон буюмларнинг ўлчами ва ҳажмига боғлиқ бўлади.

Камераларнинг ҳажми ва сони цех бир кунда ёки иш сменасида ишлаб чиқарадиган маҳсулотнинг ҳажмига қаррали бўлиши керак. Камера ўлчамлари бетоннинг (буюмнинг) ҳажмини ҳисобга олиб шундай танланадики, бунда тўлдирилиш (юкланиш) коэффициенти (бетон ҳажмининг камера ҳажмига нисбати)  $K_T = 0,70 \dots 0,85$  атрофида бўлиши лозим.

Камераларнинг иссиқликни тўплаш ва ушлаб туриш самараси уларни қуёш нурлари йўналишига нисбатан қандай жойлаштирилишига боғлиқ. Меридиан бўйлаб йўналган камералар яхши натижа беради, чунки бундай жойлаштирилиш жадал конвекция эвазига нисбатан қисқа вақт ичида бутун кесим бўйлаб ҳарорати ва намлиги бир ҳил бўлган майдонларни ҳосил қилиб, бетоннинг талаб этилган мустаҳкамлигини олиши учун қулай шароит яратишга имкон беради.

Бетонга бундай камераларда қаров ўтказиш икки даврга бўлинади:

янги ётқизилган бетон қолипни ечса бўладиган даражада мустаҳкамликка эришганга қадар ўтказиладиган бошланғич қаров;

буюмларга тайёр маҳсулотлар омборида ўтказиладиган кейинги қаров.

Буюмлар қолипланиб бўлинган захоти ўтказиладиган бошланғич қаров янги ётқизилган бетон қоришмасини қуёш радиацияси ва шамолнинг бевосита таъсиридан асрашдан иборатдир. Бунинг учун бетонланган қолип плёнкали камера ичига жойланиб, бетон дастлабки (технологик) мустаҳкамликка эришгунга қадар у ерда сақлаб турилади.

Кейинги қаров тайёр буюмлар омборида ўтказилади. Яъни, буюмлар таҳланади, плёнка билан беркитилиб, то лоихавий мустаҳкамлигига эришгунга қадар сақлаб турилади.

Буюмларни қолипдан чиқариб олиш вақти қолипланган ва плёнка тагида бошқа буюмлар билан биргаликда қотаётган намуна-кубларни синаб кўриш орқали аниқланади. Очиқ юзасининг модули турлича бўлган бетон ва темирбетон буюмларнинг полимер плёнкали камера ичида табиий етилишининг (қотишининг) таҳминий вақтлари 9.10 жадвалда келтирилган. Ҳаракатчан бетон қоришмасидан очиқ юзасининг модули катта конструкцияларни тайёрлашда қолипни дарҳол плёнкали камера ичига жойлаштириш керак, чунки бетоннинг ҳажмий киришишидан юзага келадиган ёриқлар зичлаш тугаганидан 20...30 мин. ўтганидан сўнг пайдо бўлади.

Очиқ юзасининг модули кичик бўлган, цемент кўп сарфланган буюмларда бетон тузилишининг бузилиш жараёнларининг олдини олиш учун, зичлаш тугалланган захоти уларнинг очиқ юзасини ва камеранинг асосини намлаш зарур.

Буюмларни полимер плёнка ёпқичли камераларда қотиришнинг давом этиш вақтлари

9.10-жадвал

Камера қопламасининг тури	Йил фасли ва ҳарорат	30-40 % дан 70 %, $R_{28}$ гача мустаҳкамликка эришишнинг давомийлиги, соат
Бир қават ПВХ плёнка шунинг ўзи	Ёзда, $+20^{\circ}\text{C}$ дан юқори	6...8
	Қишда, $-10^{\circ}\text{C}$ гача	22...24
Икки қават ПВХ плёнка шунинг ўзи	Ёзда, $+20^{\circ}\text{C}$ дан юқори	4...6
	Қишда, $-10^{\circ}\text{C}$ гача	18...20

Юқоридаги 9.10 жадвалдан хулоса қилиш мумкинки, бундай камералар ишончли қаровни таъминлабгина қолмасдан, бетоннинг қотиши (мустаҳкамликка эришиш) муддатини анча қисқартиради. Масалан, фаоллиги 40 МПа цементдан тайёрланган ва мустаҳкамлиги 20 МПа бўлган бетон табиий шароитда ҳавонинг ўртача ҳарорати  $25^{\circ}\text{C}$  бўлганда 168 соатдан сўнг,  $0,7 R_{28}$  га тенг узатиш мустаҳкамликка эришади. Камерада эса ана шу мустаҳкамликка: буюмнинг очик юза модули  $1...2 \text{ м}^{-1}$  бўлганда 60 соатдан кейин, модул  $5...8 \text{ м}^{-1}$  бўлганда 64 соатдан кейин яъни, ўртача 2,5 марта тезроқ эришади.

Шундай қилиб, бетонга қаров ўтказиш ва уни қотириш учун поливинилхлорид плёнка қопламали камералардан фойдаланиш юқори техник-иқтисодий самара беради. Чунки бу усул атроф муҳит ҳароратидан фойдаланиш ҳисобига буюмнинг талаб этилган физик-механик кўрсаткичларини одатдаги сув сепилгандагидан жадалроқ таъминлайди. Бунда қотаётган бетоннинг пластик киришиш жараёнлари деярли содир бўлмайди, бетон ва темирбетон буюмларнинг сифати ҳамда чидамлилиги сезиларли ортади.

### §9.5. Бетоннинг қотишига ҳароратнинг таъсирига доир мисоллар

**9.1-мисол.** Фаоллиги 40 МПа (М400) ли портландцемент ва гранитли шағалда тайёрланган ва  $C/C = 0,5$  бўлган бетоннинг 1 ва 3 кунликдаги мустаҳкамликлари аниқлансин.

*Ечилиш:* Бетоннинг 1 кунликдаги мустаҳкамлиги (9.4) формула асосида:

$$R_{b1} = A_1 \cdot R_{ц1} (Ц/С - 1,3) = 0,65 \cdot 0,24 \cdot 40 (1/0,5 - 1,3) = 4,4 \text{ МПа.}$$

$$\text{бу ерда } R_{ц1} = k_{ц1} \cdot R_{ц28} = 0,24 \cdot 40 = 9,6 \text{ МПа.}$$

Бетоннинг 3 кунликдаги мустаҳкамлиги (9.5) формула асосида:

$$R_{b3} = A_3 \cdot R_{ц3} (Ц/С - 0,9) = 0,65 \cdot 0,48 \cdot 40 (1/0,5 - 0,9) = 13,7 \text{ МПа.}$$

$$\text{бу ерда } R_{ц3} = k_{ц3} \cdot R_{ц28} = 0,48 \cdot 40 = 19,2 \text{ МПа.}$$

бунда  $k_{ц1}$  ва  $k_{ц3}$ -тузатиш коэффициентлари бўлиб, оддий цементлар учун  $k_{ц1}=0,24$ ; 3 кунда қотадиган цементлар учун  $k_{ц3}=0,48$  олинади.

**9.2-мисол.** Бетоннинг 7 ва 28 кунлардаги мустаҳкамликлари мос ҳолда 14 ва 20 МПа бўлса, қотиш муддатига боғлиқ коэффициент  $k_n$  аниқлансин ва бетон мустаҳкамлигининг ўсиши формуласи чиқарилсин.

*Ечили:* Қуйидаги  $R_{28} = (a + b \lg 28) \cdot R_{28}$  тенгламадан  $a = 1 - 1,44 \cdot b$  аниқланади.  $R_7 = (a + b \lg 7) \cdot R_{28}$  тенгламадан  $14/20 = a + 0,845$  ва  $b = 1 - 1,44b + 0,845b = 1 - 0,602 \cdot b$ .

Бу ердан  $a = 0,28$ ;  $b = 0,5$  ва  $k_n = 0,28 + 0,5 \cdot \lg n$ .

Бетон мустаҳкамлигининг вақт бўйича ўсиши формуласи

$$R_n = (0,28 + 0,5 \cdot \lg n) \cdot R_{28}.$$

**9.3-мисол.** Дастлабки 5 кун мобайнида  $t=5$  °С ҳароратда ва кейинги 5 кун мобайнида эса  $t=30$  °С ҳароратда қотган бетоннинг 10 кунликдаги нисбий мустаҳкамлиги  $R_n/R_{28}$  аниқлансин.

*Ечили:* Бетон мустаҳкамлигининг турли хил ҳароратда ўсиши 9.3-расмда келтирилган тажриба натижаларига мос келади. Топшириқнинг график ечими 9.4-расмда келтирилган. Дастлабки 5 кунда бетон  $0,37 \cdot R_{28}$  миқдордаги мустаҳкамликка, кейинги 5 кунда эса  $0,36 R_{28}$  га эришади. Унинг 10 кундаги мустаҳкамлиги  $R_{10} = (0,37 + 0,36) \cdot R_{28} = 0,73 \cdot R_{28}$  га тенг бўлади.

Топшириқни аналитик усулда ечиш учун юқоридаги (9.11) формуладан фойдаланилади:

$$R_5 = (0,06 + 0,44 \cdot \lg n) \cdot R_{28} \text{ ва } R_{30} = (0,2 + 0,64 \cdot \lg n) \cdot R_{28}.$$

Дастлабки 5 кунда  $R_5/R_{28} = 0,06 + 0,44 \cdot 0,699 = 0,37$ .

Бетон  $t = 30$  °С да қотганда ушбу мустаҳкамликка  $n_1$  кунда эришади.

$$\lg n = (0,37 - 0,2)/0,64 = 0,266, \text{ бу ерда } n_1 = 1,8$$

Бетоннинг 10 кундаги нисбий мустаҳкамлиги:

$$R_{10}/R_{28} = 0,2 + 0,64[\lg n(n_1 + 5)] = 0,2 + (0,64 \cdot 0,833) = 0,73$$

**9.4-мисол.** Бетон ўзининг лойиҳавий мустаҳкамлиги 40 МПа га 180 кунда эришган бўлса, цемент сарфининг тежалиш миқдори аниқлансин.

*Ечили:* Цемент IV-хил, маркаси М400 (9.2-жадвал бўйича). Сув сарфи  $180 \text{ л/м}^3$ .

$$R_{28} = R_{ц}/k_{180} = 40/1,8 = 22,2 \text{ МПа.}$$

$R_b = 40$  МПа бетон учун:

$$C/Ц = A \cdot R_{ц}/(R_b + 0,5 \cdot A \cdot R_{ц}) = 0,6 \cdot 40/(40 + 0,5 \cdot 0,6 \cdot 40) = 0,46$$

$$Ц = C:C/Ц = 180/0,46 = 391 \text{ кг/м}^3$$

$R_b = 22,2$  МПа бетон учун:  $C/Ц = 0,6 \cdot 40/(22,2 + 0,5 \cdot 0,6 \cdot 40) = 0,7$

$$Ц = 180/0,7 = 257 \text{ кг/м}^3.$$

Цементнинг тежалиши:  $391 - 257 = 134 \text{ кг/м}^3$  ёки  $(134/391) \cdot 100 \% = 34 \%$

### Назорат саволлари

1. Бетоннинг меъёрий ҳароратда қотиши қандай кечади?
2. Бетон мустаҳкамлигининг логарифмик қонуният бўйича ўсиши қандай ўрнатилади?

3. Бетоннинг С/Ц нисбатига боғлиқ ҳолда бир, уч ва ундан кўп кунлардаги мустаҳкамликлари қандай аниқланади?
4. Бетоннинг қотиш тезлигига цементнинг минералогик таркиби қандай таъсир қилади?
5. Бетон ҳар-ҳил ҳароратда қотса унинг тахминий мустаҳкамлиги қандай аниқланади?
6. Бетоннинг қиш мавсумида қотиши қандай кечади?
7. Бетоннинг музлашгача эришиши керак бўлган минимал мустаҳкамликларини айтиб беринг
8. Бетон қоришмасига қўшиладиган музлашга қарши қўш- имчаларнинг тавсия этиладиган миқдорини айтиб беринг.
9. Музлашга қарши қўшимчалар қўшилган бетонларнинг мустаҳкамликлари қандай бўлади?
10. Бетонни юқори ҳароратда қотириш қандай амалга оширилади?
11. Бетонни буғ билан қотиришда унинг чегаравий мустаҳкамлигига цементнинг минералогик таркиби қандай таъсир кўрсатади?
12. Буғ билан қотиришда бетон ўзининг неча фоиз чегаравий мустаҳкамлигига эришади?
13. Буғлаш режимлари бетоннинг тузилишига қандай таъсир кўрсатади?
14. Буғлаб қотирилган бетон мустаҳкамлиги билан С/Ц нисбати орасида қандай боғланиш мавжуд?
15. Бетоннинг юқори ҳароратда қотишига пластикловчи қўшимчалар қандай таъсир кўрсатади.

### **Қўшимча адабиётлар**

1. Ступаков Г. И. Технология бетона для гражданского и промышленного строительства в условиях жаркого климата. –Т.: Ўқитувчи, 1983. - 180 б.
2. Пунагин В. Н. Технология бетона в условиях сухого жаркого климата. –Т.: Фан, 1977. -210 б.
3. Некрасов К. Д., Жуков В. В., Гуляева В. Ф. Тяжелый бетон в условиях повышенных температур. –М.: Стройиздат, 1972. -220 б.



## 10-БОБ. ОҒИР БЕТОН ТАРКИБИНИ ЛОЙИҲАЛАШ

### §10.1. Бетон таркибини танлашнинг умумий услуби

Оддий оғир бетон энг кўп қўлланиладиган бетонлар тоифасига киради. Маълумки, бундай бетонлар зич тузилишга эга бўлиб, қўлланилиши ва технологик хусусиятлари бўйича фарқланади. Уларнинг мустаҳкамлиги кенг кўламда ўзгаради яъни, 5 дан 80 МПа гача (синфлари В3,5...В60). Керакли таркиб ва хом ашёларни танлаш орқали совуқбардош, сув ўтказмайдиган, тез қотувчан, юқори мустаҳкам, оловбардош ва бошқа хусусиятларга эга бўлган бетонларни олиш мумкин.

Оддий оғир бетонлар фуқаро ва саноат биноларининг турли ҳил буюмлари ва конструкцияларини тайёрлашда, йўл ва сув иншоотлари қурилишида, муҳандислик ва бошқа махсус иншоотлар қурилишида кенг қўлланилади. Буюм ва конструкциялар йиғма бетон ва темирбетон корхоналарида шунингдек, бевосита қурилиш жойининг ўзида кўйма усулда тайёрланади.

Бетон таркиби лойиҳаланганда ишлатиладиган материаллар ўртасидаги нисбат шундай танланиши керакки, бунда, тайёрлаш технологияси ҳам назарда тутилганда, конструкциядаги бетоннинг мустаҳкамлиги, бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги ва бетоннинг тежамли бўлиши (цемент сарфининг минимал камайтирилиши) кафолатланиши лозим.

Бетон таркибини лойиҳалаш кўйидагиларни ўз ичига олади: конструкциянинг тури, қандай шароитда ишлатилиши ва тайёрланиш усулидан келиб чиққан ҳолда бетонга қўйиладиган талабни белгилаш; бетон учун материалларни танлаш ва уларнинг хоссаларини тавсифлайдиган керакли маълумотларни олиш; бетоннинг бирламчи таркибини аниқлаш; намуна учун қорилган бетон қоришма таркибини текшириш; бетон тайёрлаш жараёнини назорат қилиш; тайёрлаш вақти, тўлдирувчилар хоссалари ва бошқа омиллар ўзгарганда унинг таркибига тузатишлар киритиш.

Бетоннинг дастлабки таркибини аниқлаш бетон мустаҳкамлигининг цемент фаоллигига, сув-цемент нисбатига, ишлатиладиган материалларнинг сифатига, бетон қоришмаси ҳаракатчанлигига, сув сарфи ва бошқа омилларга боғлиқлиги асосида амалга оширилади.

Бетон хоссалари ва бетон қоришмасини унинг таркибига қай даражада боғлиқ эканлигин аниқ белгилаш учун, дастлабки синов ишлари ўтказилади. Бу ҳолда тажрибани режалаштириш ва унинг натижаларини ўрганишнинг математик усулларини ишлатиш тавсия этилади. Бетон мустаҳкамлигига қўйиладиган талаб ишчи чизмаларда кўрсатилади.

Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги (бикрлиги) конструкциянинг ўлчами, арматураланиши, бетонни қуйиш ва уни зичлаш усулларида келиб чиққан ҳолда белгиланади (10.1-жадвал).

Таркибидаги цемент миқдори етарли бўлгандагина бетон қоришмасининг жойланиши осон бўлади. Цемент миқдорининг белгиланган даражадан кам бўлиши бетон қоришмасининг қатламларга ажралиши, унда микро-

бўшлиқлар пайдо бўлиши ва хизмат қилиш муддатининг камайиши хавфини оширади.

Бетон қоришмасининг бикрлиги ва ҳаракатчанлигига  
қўйиладиган талаблар

10.1-жадвал

Конструкция ва уларни зичлаш усуллари	Бикрлик, сек		Ҳаракат- чанлиги, см
	стандарт вискози- метр бўйича	техник вис- козиметр бўйича	
Титратмамайдончада ёки титратма мослама билан қолипланадиган ва тез қолипдан чиқариб олинадиган конструкциялар	10...30	40...120	-
Титратма майдончада горизонтал вазиятда қолипланадиган ковакли ёпма плиталар, девор панеллари	5...10	20...40	1...4
Ташқи ёки ички томонидан титратиш усули билан тайёрланадиган зич арматурали конструкциялар (устунлар, ригеллар, плиталар)	3...5	10...20	5...9
Уриб титратувчи мосламаларда қолипланадиган конструкциялар (ковурғали плиталар, зич арматураланган буюмлар)	20...30	80...120	-
Кассета установада қолипланадиган конструкциялар (ҳажмий блоклар, лифт кабиналари)	5...10	-	7...17
Марказдан қочма куч таъсирида қолипланган конструкциялар (электр таянчлари, босимли қувурлар)	-	-	5...10
Сув билан пресслаб қолипланган конструкциялар (босимсиз қувурлар, цилиндрсимон буюмлар)	5...10	20...40	-

Цемент сарфининг минимал бўлиши бетон қоришмасининг қуюқлиги ва тўлдирувчи доналарининг ўлчамига боғлиқ бўлади (10.2-жадвал). Бетон таркибини аниқлашда, цемент сарфи белгиланган мустақамлик учун кўрсатилган миқдордан кам бўлса, ҳисоб учун цементнинг минимал сарфи

олинади. Бетон учун материаллар эса 2 бобда келтирилган тавсияларга риоя қилинган ҳолда танланади.

Қатламланиб кетмайдиган зич бетон қоришмасини олиш учун сарф бўладиган цементнинг минимал миқдори

10.2-жадвал

Қоришма	Тўлдирувчиларнинг чегаравий йириклиги бўйича (мм), цементнинг минимал сарфи, кг/м <sup>3</sup>			
	10	20	40	70
Жуда бикр (Ж>20с)	160	150	140	130
Бикр (Ж = 10...20 с)	180	160	150	140
Кам ҳаракатланувчан (КЧ = 1...4 см)	200	180	160	150
Ҳаракатланувчан (КЧ = 5...10 см)	220	200	180	160
Жуда ҳаракатланувчан (КЧ = 11...20 см)	240	220	210	180
Суюқ (КЧ>21 см)	250	230	200	190

*Изоҳ:* Бикрлик стандарт ва техник вискозиметр бўйича кўрсатилган.

Цементни тежамли ишлатиш учун унинг маркаси бетоннинг берилган мустаҳкамлигидан баландроқ бўлиши талаб этилади:

бетоннинг мустаҳкамлиги, МПа: 10, 15, 20, 30 40, 50.

цемент маркаси, М: 300, 400, 400, 500, 600, 600.

Бетон учун цементнинг нисбатан паст маркалари ишлатилганда цемент сарфини кўпайтириш талаб этилади. Аксинча, цемент маркаси юқори бўлганда, унинг сарфи, техник шартга кўра эришилиши лозим бўлган керакли зичлик учун белгиланган минимал қийматдан камроқ бўлиши мумкин. Бундай ҳолда, цементни тежаш учун бетон таркибига майдаланган кремнийли ёки инерт қўшимчалар (кул, майдаланган кварц қуми, оҳак уни ва ш.к.) қўшиш талаб этилади.

Бетон тўлдирувчиси сифатида, одатда, маҳаллий материаллар ёки яқин атрофда жойлашган конлардан олинадиган материалларни ишлатишга ҳаракат қилинади. Одатда, уларнинг орасидан цемент сарфи минимал бўлган ҳолда керакли хусусиятли бетон олиш имконини бера оладиганлари танлаб олинади (сифатлилари). Бетон қоришмасининг белгиланган ҳаракатчанлигига сув сарфини тўғри танлаш, бетоннинг мустаҳкамлигига эса сув-цемент нисбати ва цемент сарфини тўғри тақсимлаш орқали эришилади.

Майда ва йирик тўлдирувчиларнинг миқдорини тўғри танлаш орқали энг кам цемент сарфлашга эришиш мумкин. Уларнинг миқдорини аниқлашда илгари қум ва шағал ўртасидаги энг мақбул нисбат  $r$  бўйича берилган тавсиялар қўлланилган. Замонавий ҳисоблаш усуллари учун  $\alpha$  коэф-фициентидан фойдаланилади ( $\alpha$ -шағал ёки чақиқ тош доналарининг қоришма

билан силжиш коэффиценти). Яъни, қоришма ҳажми шағал орасидаги бўшлиқлар ҳажмидан қанча ортиқ бўлишини кўрсатади. Ушбу коэффицентнинг киритилиши бетон таркибини аниқлашни соддалаштиради ва уни ишончли қилади. Ушбу ҳолда  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун зарур бўладиган қум ва шағал сарфи иккита шартга асосланиб ҳисоблаш орқали аниқланади: биринчиси-бетон компонентлари абсолют ҳажмлари йиғиндиси  $1 \text{ м}^3$  (1000л) зичланган бетон қоришмасига тенг, яъни:

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + С + \frac{Қ}{\rho_{к}} + \frac{Ш}{\rho_{ш}} = 1000 \quad (10.1)$$

иккинчиси-цемент қум қоришмаси йирик тўлдирувчида доналарни бир оз силжитиб бўшлиқларни тўлдиради, яъни:

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + С + \frac{Қ}{\rho_{к}} = \Pi_{ш} \cdot \alpha \left( \frac{Ш}{\rho_{шм}} \right) \quad (10.2)$$

бу ерда Ц, С, Қ, Ш-мос ҳолда цемент, сув, қум ва шағал сарфи,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\rho_{ц}$ ,  $\rho_{к}$ ,  $\rho_{ш}$ -цемент, қум ва шағалнинг ҳақиқий зичликлари,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\Pi_{ш}$ -шағалнинг ғоваклиги, %;  $\alpha$ -шағал (чақиқ тош) доналарининг силжиши (керилиш) коэффиценти;  $\rho_{шм}$  -шағалнинг уйма зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Ушбу (10.1) ва (10.2) тенгламаларда иккита номаълум, яъни қум ва шағал сарфидир. Сув ва цемент сарфи эса бетоннинг берилган мустаҳкамлиги ва қоришманинг ҳаракатчанлиги бўйича аниқланади.

Юқорида келтирилган (10.1) ва (10.2) тенгламаларни биргаликда ечиш орқали шағал ва қум сарфи қуйидагича аниқланади:

$$\text{шағал} \quad Ш = 1000 / \left[ \alpha \left( \frac{\Pi_{ш}}{\rho_{шм}} \right) + 1 / \rho_{ш} \right] \quad (10.3)$$

$$\text{қум} \quad Қ = \left[ 1000 - \left( \frac{Ц}{\rho_{ц}} + С + \frac{Ш}{\rho_{ш}} \right) \right] \cdot \rho_{к} \quad (10.4)$$

Енгил бетонлар учун ушбу ифодаларнинг бошқа усули қўлланилади ва бунда иккинчи тенглама бетоннинг белгиланган зичлиги орқали чиқарилади. Бетонга ҳаво сўрувчи қўшимчалар қўшилган тақдирда, тенгламага сўрилган ҳаво ҳажмини белгиловчи қиймат қўшилади. Шундай қилиб, ушбу услубда материаллар сарфининг якуний қиймати, материаллар эгаллайдиган абсолют ҳажм назарда тутилганда ҳам бетоннинг тежамлилиги, мустаҳкамлиги ва бошқа хусусиятлари етарли бўлиши ҳисобга олинган ҳолда чиқарилади.

Бетон хоссалари кимёвий қўшимчалар билан яхшиланган тақдирда, материаллар сарфини ҳисоблашда ҳисоб ишларига тегишли ўзгартиришлар киритиш орқали уларнинг таъсири ҳисобга олинади.

## §10.2. Майда ва йирик тўлдирувчилар орасидаги нисбатни танлаш

Бетон таркибини танлашда цемент сарфини мумкин қадар тежаш ва юқори сифатли бетон олиш учун майда ва йирик тўлдирувчилар орасидаги  $r = Қ/Ш$  нисбатини тўғри танлаш керак. Бунда  $r$  миқдори камайса тўлдирувчиларнинг солиштирма юзаси ҳам камаяди. Агарда  $r$  нисбатнинг миқдори энг мақбул олинса, бетон қоришмаси ҳаракатчан ва қулай жойланувчан бўлади.

Маълум консистенциядаги цемент ҳамирининг бетон қоришма орасида ички силжиши ва ҳаракатланиши унинг тўлдирувчи доналари орасидаги

қалинлиги орқали белгиланади. Яъни, тўлдирувчи доналари орасини тўлдириб турувчи цемент хамирининг қалинлиги қуйидагича аниқланади:

$$\delta = (\text{Ц} \cdot \text{X} - V_T) / S_T \quad (10.5)$$

бу ерда ЦХ-цемент хамирининг миқдори, л;  $V_T$ -тўлдирувчидаги ғоваклар ҳажми, л;  $S_T$ - тўлдирувчилар аралашмасининг солиштирма юзаси, м<sup>2</sup>/л (2 бобга қаранг).

Тўлдирувчиларнинг солиштирма юзаси ошса, бетон қоришманинг ҳаракатчанлиги камаяди (хатто цемент хамирининг доимий қалинлиги ўзгармас бўлганда ҳам). Бетон қоришманинг ҳаракатчанлиги қуйидаги чегарага боғлиқ бўлади.

$$N = \delta / S_T \text{ ёки } N = (\text{Ц} \cdot \text{X} - V_T) / S_T^2 \quad (10.6)$$

Чегара  $N$  қанча катта бўлса, бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги шунча юқори бўлади (цемент хамирининг аниқланган консистенциясида). Тўлдирувчилар аралашмасининг ғоваклиги ва солиштирма юзаси маълум бўлганда  $r$  нисбатнинг турли миқдори учун чегаравий тавсифларини аниқлаш мумкин. Нисбат  $r$  ни аниқлашда тўлдирувчилар ғоваклари ҳажми қуйидагича аниқланади:

$$V_K = r V_T / (1+r) \text{ ва } V_{\text{ш}} = V_T - V_K \quad (10.7)$$

Тўлдирувчилар аралашмаси солиштирма юзаси қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$S_T = (r S_K + S_{\text{ш}}) / (1+r) \quad (10.8)$$

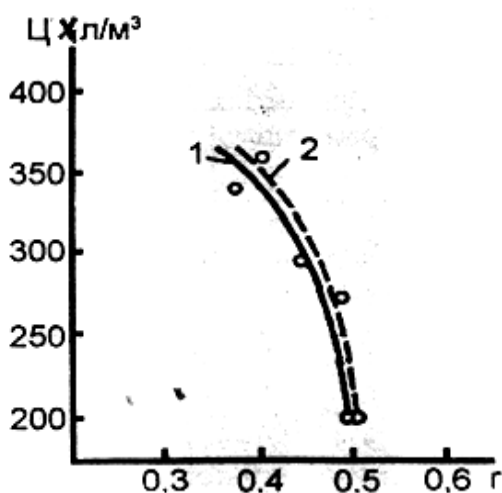
бу ерда  $S_K$  ва  $S_{\text{ш}}$  мос ҳолда қум ва шағалнинг солиштирма юзаси бўлиб, (2.9) формула орқали аниқланади (2-бобга қаранг).

Шундай қилиб, чегара  $N$  асосида  $r$  нинг энг мақбул миқдорини тахминий аниқлаш мумкин. Аммо шуни ҳисобга олиш керакки,  $r$  нисбат амалда анча мураккаб боғланишга бўйсунди. Яъни, Ц·Х нинг ўсиши  $S_T$  нинг камайишига ва  $\delta$  нинг ошишига олиб келади. Шу сабабли  $r$  нинг энг мақбул миқдори ЦХ > 320 л/м<sup>3</sup> бўлганда анча юқори бўлади (ҳисоблаб топилганига нисбатан).

Қуйидаги 10.1-расмда  $r$  нисбатнинг назарий ва тажрибалар орқали аниқланган қийматлари келтирилган.

Ушбу графиклардан (10.1-расм) кўриш мумкинки,  $r$  нинг нисбати бетонда доимий эмас. Цемент хамирининг миқдори ошса  $r$  нинг миқдори камаяди яъни, тўлдирувчилар аралашмасидаги қумнинг миқдори камаяди.

Мустаҳкамлиги ўртача ва ундан паст бўлган бетонлар учун (цемент хамири ҳажми 300 л/м<sup>3</sup> дан ортиқ



10.1-расм. 1 м<sup>3</sup> бетон қоришмаси учун сарфланган қум ва шағал орасидаги энг мақбул  $r$  нисбатнинг ўзгариши. 1-тажрибавий, 2-назарий эгри чизиқлар.

бўлмаганда) минимал ғовакликка эга бўлган кум ва шағал аралашмаси ишлатишга яроқлидир. Бундай холда бетон қоришманинг ҳаракатчанлиги юқори бўлади. Кўп цемент сарфланган юқори мустаҳкам бетонларда эса мумкин қадар кум миқдори кам бўлган қоришма ишлатилиши мақсадга мувофиқ.

Кум ва шағал нисбати  $\alpha$  коэффицент орқали ўрнатилади. Нисбат  $r$  маълум бўлганда  $\alpha$  коэффицент миқдори қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\alpha = [\text{ЦХ}(\rho_{\text{к}}/\rho_{\text{ш}}) + 1000 \cdot r \rho_{\text{шм}} / (1000 - \text{ЦХ}) \cdot \Pi_{\text{ш}} \cdot \rho_{\text{ш}}] \quad (10.9)$$

Агар  $\rho_{\text{к}} = \rho_{\text{ш}}$  бўлса, унда (10.9) формула қуйидаги кўринишга келади:

$$\alpha = (\text{ЦХ} + 1000 \cdot r) \rho_{\text{шм}} / (1000 - \text{ЦХ}) \cdot \Pi_{\text{ш}} \cdot \rho_{\text{ш}} \quad (10.10)$$

Майда ва ўртача кумлар ишлатилган бетонлар учун юқоридаги формулалар ва тажрибалар асосида аниқланган  $\alpha$  коэффицентнинг қийматлари 10.3 жадвалда келтирилган.

#### $\alpha$ -коэффицентнинг тажрибавий ва ҳисобий қийматлари

10.3-жадвал

Майда кумли бетонлар учун			Ўртача кумли бетонлар учун		
цемент хамири миқдори, л/м <sup>3</sup>	$\alpha$ нинг қийматлари		цемент хамири миқдори, л/м <sup>3</sup>	$\alpha$ нинг қийматлари	
	ҳисобий	ҳақиқий		ҳисобий	ҳақиқий
220	1,12	1,10	220	1,24	1,23
280	1,32	1,28	280	1,43	1,39
350	1,54	-	350	1,54	1,51

Юқоридаги 10.3-жадвалдан кўриш мумкинки, пластик бетон қоришмаси учун  $\alpha$  коэффицентнинг энг мақбул миқдори кумнинг йириклиги ва цемент хамирининг миқдorigа боғлиқ бўлади. Кўпчилик тажрибалар натижаларидан маълумки, цемент сарфи 200...400 кг/м<sup>3</sup> бўлган бикр қоришмалар учун  $\alpha$  коэффицентнинг ҳақиқий қиймати  $\alpha = 1,05...1,15$  га тенг бўлади.

Бетон таркиби ва бетон қоришма консистенциясига боғлиқ холда  $\alpha$  коэффицент ўзгарашининг физик моҳияти қуйидагича бўлади. Бикр бетон қоришмасида нисбатан кўп бўлмаган юқори қовушқоқликка эга цемент хамири мавжуд бўлиб, ундан сув ажралиб чиқиши ёки қатламларга ажралиб кетиш хавфи туғилмайди. Бундай шароитда бетон қоришмаси жуда яхши жойланувчан бўлади ва бетоннинг мустаҳкамлиги шағал доналарининг минимал силжиши ҳисобига юқори бўлади. Натижада тўлдирувчи доналари зич жойлашади ва бетоннинг сифати юқори бўлишини таъминлайди. Бетон қоришмасининг боғланувчанлигини ва қатламларга ажралиб кетмаслигин таъминлаш учун  $\alpha$  коэффицент миқдорини ошириш зарур.

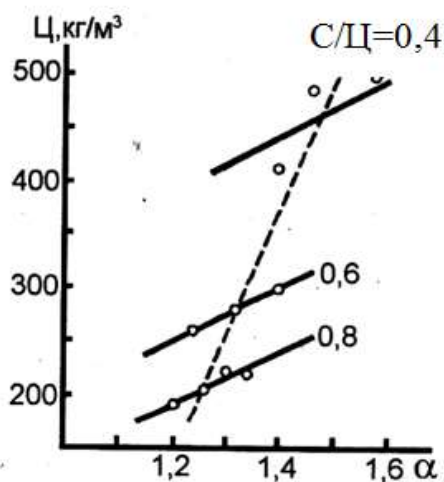
Турли ҳил омиллар таъсирида  $\alpha$  коэффицентнинг ўзгариши тажрибалар асосида ўрнатилган. Тўлдирувчи доналарининг силжиши коэффиценти  $\alpha$  нинг цемент сарфига боғлиқлиги 10.2 расмда келтирилган. Бунда цемент

сарфининг кўпайиши бетонда цемент хаами миқдорининг ортишига олиб келади.

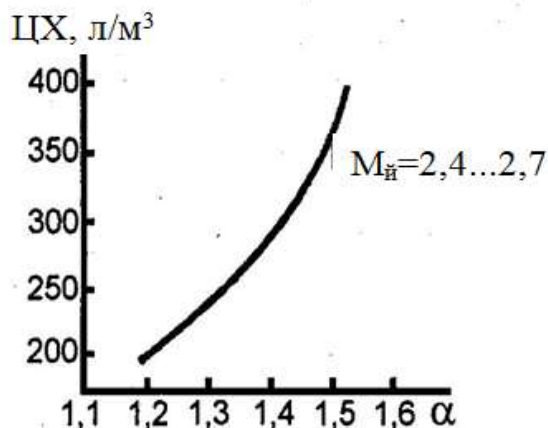
Цемент сарфи ўзгармас бўлганда, сув-цемент нисбатининг кўпайиши сув сарфини ва цемент хаами ҳажмини оширади ва мос ҳолда  $\alpha$  коэффициентнинг миқдори ортади. Бир ҳил шароитда қум йириклигининг камайиши,  $\alpha$  миқдорининг ҳам камайишига олиб келади.

Шағалнинг йириклиги  $\alpha$  нинг миқдорига кам таъсир қилади. Йирик тўлдирувчиларнинг ҳили ва ташқи кўриниши  $\alpha$  нинг миқдорига деярли таъсир қилмайди яъни, шағал ёки чақик тош ишлатилганда  $\alpha$  нинг миқдори бир-ҳил олинади. Турли ҳил омилларнинг  $\alpha$  коэффициентга таъсири шуни кўрсатадики, бикр қоришмалар учун цемент сарфи  $400 \text{ кг/м}^3$  дан кам бўлганда  $\alpha=1,05\dots 1,15$  қабул қилинади (ўртача 1,1).

Ёғли таркибли бикр қоришмалар ( $\text{Ц} > 400 \text{ кг/м}^3$ ) учун  $\alpha$  коэффициентнинг миқдори график асосида аниқланади (10.3-расм) ва бунда унинг қиймати  $0,05\dots 0,1$  миқдорда камайтириб борилади. Қумнинг йириклик модули  $M_{\text{й}}$  1 миқдорга камайса,  $\alpha$  коэффициент  $0,1\dots 0,15$  миқдорга камайтирилади (аммо 1,1 дан кам бўлмаслиги керак). Пластик бетон қоришмалари учун  $\alpha$  коэффициентнинг миқдори  $\alpha = f(\text{ЦХ})$  боғланиш орқали ўрнатилиши мумкин (10.3-расм).



10.2-расм. Тўлдирувчи доналарининг силжии коэффициенти  $\alpha$  нинг цемент сарфига боғлиқлиги.



10.3-расм. Тўлдирувчи доналарининг силжии коэффициенти  $\alpha$  нинг  $1 \text{ м}^3$  бетонга сарфланадиган цемент хаамига боғлиқлиги.

Ҳисоблаш ишлари учун  $\alpha = f(\text{ЦХ})$  боғланиш  $\alpha = f(\text{Ц}, \text{С/Ц})$  боғланишга айлантирилганда аниқ натижаларга эришилади. Бунда 10.4-жадвалдаги маълумотлардан фойдаланилади. Шунингдек, ушбу жадвалда қумнинг йириклигини ҳисобга олувчи тузатишлар бўйича тавсифлар ҳам келтирилган.

Пластик бетон қоришмалари учун  $\alpha$  коэффициентнинг энг мақбул қийматлари ( $C_k = 7\%$  қумнинг сув талабчанлиги)

10.4-жадвал

Цемент сарфи, кг/м <sup>3</sup>	С/Ц нисбати бўйича $\alpha$ коэффициентнинг энг мақбул қийматлари				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	-	-	1,26	1,32	1,38
300	-	1,30	1,36	1,42	-
350	1,32	1,38	1,44	-	-
400	1,40	1,46	-	-	-
500	1,50	1,56	-	-	-

*Эслатма. 1. Цемент ва С/Ц нисбатининг бошқа қийматларида  $\alpha$  коэффициентини интерполяция орқали аниқланади.*

*2. Сувталабчанлиги 7% дан кўп бўлган майда қум ишлатилса,  $\alpha$  коэффициентнинг миқдори ҳар бир фоиз кўпайиши ҳисобига 0,33 миқдорга камайтиради ва аксинча сувталабчанлиги 7% дан кам бўлган йирик қумлар ишлатилса,  $\alpha$  коэффициент миқдори ҳар бир фоиз камайиши ҳисобига 0,3 миқдорга кўпайтиради.*

### §10.3. Бетон таркибини ҳисоблаш тартиби

Бетон қоришмасининг таркиби ЎзРСТ 679-96 талаби бўйича икки усулда ҳисобланади:

1. Сув-цемент нисбати (С/Ц) кўрсатилган ҳолда, оғирлиги бўйича нисбатларда. Бунда цемент сарфи Ц = 1 га тенг деб, қум сарфи-х, шағал (чақиқ тош) сарфи - у деб олинади. Яъни, цемент сарфига мос ҳолда, нисбатларда: Ц:Қ:Ш = 1:х:у ва бунда С/Ц нисбати кўрсатилган ҳолда (масалан Ц:Қ:Ш = 1:2,5:4,7; С/Ц = 0,6).

2. 1 м<sup>3</sup> зичланган бетон қоришмасига сарф бўладиган материалларнинг ҳақиқий миқдори бўйича, масалан:

Цемент – 298 кг, Қум – 620 кг, Шағал – 1292 кг, Сув – 170 л,  
Жами: 2380 кг.

Бетон иккита таркиби билан, яъни қуруқ ҳолатдаги материаллар билан ҳисобланган (лаборатория шароитидаги) ва ишлаб чиқариш шароитидаги табиий нам ҳолатдаги ҳисобланган материаллар таркиби билан фарқланади.

Бетон таркибини танлашда қўлланиладиган энг қулай усуллардан бири бу В. Г. Скрамтаев томонидан таклиф қилинган “абсолют ҳажмлар” усулидир. Бунда, олдин бетоннинг тахминий таркиби (цемент, қум, шағал ва сув сарфи) керакли формулалар ёрдамида ҳисоблаб топилади, сўнгра синов қоришмаси тайёрланиб, унинг ҳаракатчанлиги ва шу қоришмадан тайёрланган куб намуналарнинг мустаҳкамлиги аниқланади.



Синов қоришмасини тайёрлаш учун қуйидаги маълумотлар маълум бўлиши керак: бетоннинг синфи (маркаси) қоришманинг ҳаракатчанлиги, цементнинг фаоллиги, цемент, қум, шағал (чақиқ тош) ларнинг ҳақиқий ва уйма зичликлари шунингдек, майда ва йирик тўлдирувчиларнинг ғоваклиги ва сув талабчанлиги кабилар.

Синов қоришмаси учун бетон таркиби қуйидаги кетма-кетликда ҳисобланади:

1. Бетоннинг талаб қилинадиган мустаҳкамлиги ва қоришма ҳаракатчанлигига асосланиб сув-цемент нисбати қуйидаги формулалар орқали аниқланади:

оддий бетонлар учун,  $C/C \geq 0,4$  ( $C/C \leq 2,5$ ) шартга асосан:

$$C/C = A \cdot R_{ц} / (R_b + A \cdot 0,5 \cdot R_{ц}). \quad (10.11)$$

юқори мустаҳкам бетонлар учун,  $C/C < 0,4$  ( $C/C \geq 2,5$ ) шартга асосан:

$$C/C = A_1 \cdot R_{ц} / (R_b - A_1 \cdot 0,5 \cdot R_{ц}). \quad (10.12)$$

бу ерда  $R_{ц}$ -цементнинг фаоллиги, МПа,  $R_b$ -бетоннинг мустаҳкамлиги, МПа,  $A$  ва  $A_1$ -тўлдирувчиларнинг сифатини ҳисобга олувчи коэффициентлар. Юқори сифатли тўлдирувчилар учун  $A = 0,65$ ,  $A_1 = 0,43$ ; оддий тўлдирувчилар учун  $A = 0,6$ ,  $A_1 = 0,4$  ва сифати паст тўлдирувчилар учун  $A = 0,55$ ,  $A_1 = 0,37$ .

2. Сув сарфи бетон қоришмасининг талаб қилинган ҳаракатчанлиги, тўлдирувчиларнинг тури, донаторлиги ва бошқа хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда тузилган махсус 10.5-жадвалдан ёки 3.29-расмдаги графиклардан (§ 3.4-қаранг) аниқланади.

3. Юқорида аниқланган сув цемент ва сув миқдори бўйича  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун сарф қилинадиган цемент миқдори қуйидагича аниқланади:

$$Ц = C / (C/C) \quad (10.13)$$

Зич тўлдирувчили  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун сарф қилинадиган тахминий сув миқдори

10.5-жадвал

Қориш. кўрсаткичи	Бикрл. ГОСТ бўйича, сек	Ҳаракатчанлиги, см	Сув сарфи, л/м <sup>3</sup> , тўлдирувчиларнинг донаторлиги қуйидагича бўлганда							
			шағал				чақиқ тош			
			10	20	40	70	10	20	40	70
Ж <sub>0</sub>	31	-	150	135	125	120	160	150	135	130
Ж <sub>1</sub>	30...21	-	160	145	130	125	170	160	145	140
Ж <sub>2</sub>	20...11	-	165	150	135	130	175	165	150	155
Ж <sub>3</sub>	10...4	-	175	160	145	140	185	175	160	155
П <sub>1</sub>	-	1...4	190	175	160	155	200	190	175	170
П <sub>2</sub>	-	5...10	200	185	170	165	210	200	185	180
П <sub>3</sub>	-	11...20	215	205	190	180	225	215	200	190
П <sub>4</sub>	-	>20	225	220	205	195	235	230	215	205

**Эслатмалар:** а). Ушбу жадвал цементнинг қуюқлиги 26...28 %, қумнинг йириклик модули  $M_{ii} = 2$  бўлган хол учун мос келади.

б). Цемент хамирининг меъёрий қуюқлиги 26...28 % дан пастга қараб камайса, яъни 1 % камайшига  $3...5 \text{ л/м}^3$  сув камайтирилади ва аксинча кўпайса шунча сув қўшилади.

в). Қумнинг йириклик модули  $M_{ii} = 2$  га нисбатан 0,5 миқдордан камайса, сув сарфи  $3...5 \text{ л/м}^3$  кўпайтирилади ва аксинча  $M_{ii}$  кўпайса, сув сарфи шунча миқдорга камайтирилади.

Бунда  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун аниқланган цемент миқдори меъёрий хужжатларда рухсат этилган цемент сарфидан кам ёки кўп бўлса, мос холда цемент сарфини керакли миқдорга камайтириш ёки кўпайтириш керак (ёки майда туйилган фаол қўшимчалар қўшиш ҳам мумкин).

4. Йирик тўлдирувчи доналарининг силжиш (керилиш) коэффиценти,  $\alpha$  нинг қиймати юқоридаги (10.9) формула орқали ҳисоблаб топилади. Ёки 10.4 жадвалдан олинади.

5. Йирик ва майда тўлдирувчилар (қум, шағал, чақиқ тош) сарфи мос холда (10.3) ва (10.4) формулалар орқали аниқланади.

6. Бетон таркиби ҳисоблаб топилганидан кейин синов қоришмаси тайёрланади ва унинг ҳаракатчанлиги ёки бикрлиги аниқланади (§3.3 да келтирилган усуллар орқали). Қоришманинг хоссалари унга қўйиладиган талабга жавоб бермаса, таркибга ўзгартириш киритилади.

#### **§10.4. Бетон таркибини тажрибавий қоришмада текшириш**

Назарий йўл билан ҳисобланган бетон таркиби талаб қилинган (лойихада кўрсатилган) таркибга ҳамма вақт ҳам мос келавермайди. Чунки цементнинг фаоллиги, йирик ва майда тўлдирувчиларнинг ўзига хос хусусиятлари таъсири натижасида қоришма ҳаракатчанлиги ёки бикрлиги талаб қилинадиганидан фарқ қилади. Шу сабабли бетон таркибини тажрибавий қоришмада текшириш учун бетон қоришмаси (синов қоришма) тайёрланади ва унинг ҳаракатчанлиги ёки бикрлиги аниқланади.

Мисол учун, бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги талаб этилганидан камроқ бўлса, у холда сув сарфи дастлабки миқдордан 5...10 % улушлар миқдорида оширилади. Шунингдек, сув -цемент нисбати ўзгармаслиги учун тегишлича (5...10 %) цемент қўшилади. Сўнгра қоришма тайёрланиб, ҳаракатчанлиги текширилиб кўрилади. Агарда қоришма ҳаракатчанлиги талаб этилганидан ортиқ бўлиб қолса, қум ва шағал кичик улушлар билан қўшилади (бунда уларнинг нисбати ўзгармас бўлиши керак). Бетон қоришмасининг зарурий (талаб қилинадиган) ҳаракатчанлигига шундай йўл билан эришилади.

Бетон қоришмасининг таркиби ҳаракатчанлиги бўйича ростланганидан кейин, унинг ҳақиқий ҳажми қуйидагича аниқланади:

$$V_{\delta} = \sum G/\rho_{\text{б}} \quad (10.14)$$

бу ерда  $\sum G$ -синов қоришмаси учун ишлатиладиган материаллар массасининг йиғиндисиди, кг;  $\rho_b$ - зичлантирилган бетон қоришмасининг ҳақиқий зичлиги, кг/л. Унинг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$\rho_b = (G_2 - G_1)/V_k \quad (10.15)$$

бу ерда  $G_2$  ва  $G_1$ - мос ҳолда бетонланган ва бўш қолиплар массаси, кг;  $V_k$ - қолипнинг ички ҳажми, л.

Синов қоришманинг ҳажми талаб қилинадиган бетон-куб намуналарнинг сонига боғлиқ бўлади. Намуналарнинг ўлчамлари 15x15x15см (ГОСТ 10180-2012 талаби бўйича) ва сони учтадан кам бўлмаслиги керак. Бетон-куб намуналар 28 кун меъерий муҳитда қотирилганидан кейин сиқилишга синаб кўрилади. Синов натижаси бўйича  $R_b = f(C/\Sigma)$  графиги тузилади, ва шу график бўйича керакли мустаҳкамликдаги бетон ҳосил бўлишини таъминлайдиган сув -цемент нисбати аниқланади.

Синов қоришмаси орқали бетонининг ҳаракатчанлиги ёки бикрлиги текшириб кўрилади шунингдек, зичлиги аниқланади. Бу зичлик ҳисобдагига тўғри келиши керак. Синов қоришмалар ва кубларни синаш натижалари бўйича бетоннинг ҳисобий таркибига тузатишлар киритилади.

Ўлчамлари 15x15x15 см бўлган учта кубга ўртача 12 л бетон қоришмаси сарф бўлади. У ҳолда битта қоришма учун сарф бўладиган материаллар миқдори (1 м<sup>3</sup> бетон қоришмасига сарф бўладиган материаллар миқдори Ц:С:Қ:Ш = 298:170:620:1292 кг бўлганда, зичлиги  $\rho_b=2380$  кг/м<sup>3</sup> (§10. 3 қаранг) қуйидагича бўлади:

Цемент -  $298 \cdot 0,012 = 3,58$  кг; Қум -  $620 \cdot 0,012 = 7,45$  кг;

Шағал -  $1292 \cdot 0,012 = 15,53$  кг; Сув -  $170 \cdot 0,0122 = 2,04$  кг;

Жами: 28,6 кг.

Агарда бетон қоришмасининг талаб қилинадиган ҳаракатчанлигига эришиш учун унга 10 % цемент ва сув қўшилган бўлса, у ҳолда битта қоришма учун сарф бўладиган материалларнинг охирги миқдори қуйидагича бўлади:

Цемент -  $3,58 \cdot 0,1 + 3,58 = 3,94$  кг; Қум - 7,45 кг;

Шағал - 15,53 кг; Сув -  $2,04 \cdot 0,1 + 2,04 = 2,24$  л;

Жами: 29,16 кг.

Бетон қоришмасининг зичлиги (массаси)  $\rho_b = 2383$  кг/м<sup>3</sup> ёки 2,383 кг/л. У ҳолда қоришма ҳажми

$$V_k = 29,16/2,383 = 12,24 \text{ л.}$$

Демак 1 м<sup>3</sup> бетон қоришмасига сарф қилинадиган материалларнинг ҳақиқий миқдори:

Ц =  $3,94:0,01224 = 322$  кг; Қум =  $7,45:0,01224 = 609$  кг;

Шағал =  $15,53:0,01224 = 1266$  кг; Сув =  $2,24:0,01224 = 183$  л;

Жами: 2383 кг/м<sup>3</sup>.

Охирги яъни, таркиби қайта тўғриланган бетон қоришмасидан яна куб намуналар тайёрланиб мустаҳкамлиги текшириб кўрилади. Ҳар бир синаш муддатида энг камида учта намуна тайёрланади. Намуналар ечиладиган чўян ёки пўлат қолипларда қолипланади. Уларнинг ўлчами аниқ бўлишига

эришиш керак ва кирралари бўйича четланиш  $\pm 1$  фоиздан ошмаслиги керак. Намуналарни бетонлаш ва зичлаш усули ишлаб чиқаришда қабул қилинган усулларга мос келиши лозим. Бетон қоришмасини қолипга жойлаш 30 минут давомида амалга оширилиши керак.

Бетон қоришмаси тиратиш усули билан зичлаштирилганда қолипга бетон кўпроқ солинади ва шундан сўнг у лаборатория майдончасида титратилади (тебраниш частотаси 50 Гц, титратгичнинг тебраниш амплитудаси 0,5 мм). Лаборатория титратма майдончасини юзали титраткич билан алмаштириш мумкин. Титратиш давомийлиги  $t$  (сек) бикрлик қийматларига мутаносиб равишда белгиланиши керак яъни,  $t = (1,5+2)$  Ж, бироқ Ж+30 с дан кам бўлмаслиги лозим.

Намуналар икки кун давомида, хона харорати 18...20 °С бўлган шароитда, қолипда сақланади. Сўнг улар қолипдан чиқарилиб, белги қўйилади ва синалгунга қадар намлик даражаси 100 % бўлган махсус камераларда ёки доим намлаб туриладиган кум, ёғоч кипиғида сақланади. Синашдан олдин намуналар яхшилаб текширилади, кирралари ўлчанади (аниқлиги 1 мм гача).

Мустаҳкамлиги синаб кўрилганда намуналар пастки тутиб турувчи плитага ён кирраси билан қўйилади. Бетон сиқилган вақтда унинг мустаҳкамлик чегарси 0,1 МПа гача ҳисобланади, бу қиймат синовнинг ўртача арифметик натижаси деб олинади, бироқ намуналар ўртасидаги фарқ энг яқин қийматдан 20 % дан ортиқ бўлмаслиги керак. Бу фарқ 20 % дан ортганда ҳисоблаш энг катта икки натижа бўйича амалга оширилади.

Агар бетоннинг ҳақиқий мустаҳкамлиги, синаш натижалари бўйича белгиланган мустаҳкамликдан  $\pm 15$  % фарқ қилса бетон таркибини қайта тўғрилаш лозим бўлади яъни, мустаҳкамликни ошириш учун цемент сарфи оширилиши керак ёки аксинча.

## §10.5. Бетоннинг ишлаб чиқаришдаги таркибини аниқлаш

Маълумки, ишлаб чиқариш жараёнида таркибида намлик бўлган тўлдирувчилар кўп ишлатилади. Бундай холда тўлдирувчиларнинг ҳақиқий намлиги ҳисобга олинади ва бетон қоришмасининг энг мақбул таркиби ишлаб чиқариш қоришмасига қайта ҳисобланади яъни, таркиб қайта тўғриланади. Бундай қайта ҳисоблашда нам тўлдирувчилар таркибидаги қуруқ материаллар миқдори ҳисобланган миқдорга тенг бўлиши учун улар миқдори кўпайтирилади, умумий сув миқдори эса тўлдирувчилар таркибидаги табиий сув миқдорича камайтирилади.

Тўлдирувчилар таркибидаги табиий намлик (сув) миқдори қуйидагича аниқланади:

$$\text{кумдаги} \quad C_K = K \cdot W_K; \quad (10.16)$$

$$\text{шағалдаги} \quad C_{Ш} = Ш \cdot W_{Ш}. \quad (10.17)$$

бу ерда  $W_K$ ,  $W_{Ш}$ - кум ва шағалнинг намликлари, % ҳисобида.

Сўнгра сувнинг ҳақиқий сарфи аниқланади:

$$C_x = C - (C_k + C_{ш}). \quad (10.18)$$

Қум ва шағал миқдори эса улар таркибидаги сув массаси ҳисобига кўпаяди, яъни:

$$\text{қум} \quad K_x = K + C_k; \quad (10.19)$$

$$\text{шағал} \quad Ш_x = Ш + C_{ш}. \quad (10.20)$$

Цемент сарфи эса бундай тўғрилашда ўзгармай қолдирилади.

Юқоридаги мисол бўйича қумнинг намлиги  $W_k = 3\%$  ва шағалники  $W_{ш} = 1\%$  бўлса, улар таркибидаги табиий сув миқдори (10.16 ва 10.17) асосан қуйидагича бўлади:

$$\text{қумда} \quad C_k = 620 \cdot 0,03 = 18,60 \text{ л};$$

$$\text{шағалд} \quad C_{ш} = 1292 \cdot 0,01 = 12,92 \text{ л}.$$

Жами сув миқдори:  $C = 18,60 + 12,92 = 31,52 \text{ л}$ .

У ҳолда сувнинг ҳақиқий миқдори (10.18) асосан  $C_x = 170 - (18,60 + 12,92) = 138,0 \text{ л}$ . Қум ва шағал миқдори эса (10.19) ва (10.20) асосан:

$$K = 620 + 18,60 = 638,6 \approx 639 \text{ кг}; \quad Ш = 1292 + 12,92 = 1304,90 \approx 1305 \text{ кг}.$$

Демак бетон қоришмасининг қайта ҳисобланган таркиби қуйидагича бўлади (1 м<sup>3</sup> учун қайта тўғриланган таркиб):

Цемент – 298 кг; Қум – 639 кг; Шағал – 1305 кг; Сув – 138,5 л.

Жами:  $V = Ц + K + Ш + C = 298 + 639 + 1305 + 138,5 = 2380,4 \approx 2380 \text{ кг/м}^3$ , бетон қоришманинг зичлиги ўзгармай қолади.

Одатда бетон қоригич барабанини дастлабки материаллар (цемент, қум, шағал) билан юкланганда, уларнинг ҳажми қоришма ҳажмига насбатан катта бўлади (орасидаги бўшлиқлар ҳисобига). Шу сабабли бетонқоригичда қорилиши мумкин бўлган қоришма ҳажми, унинг чиқиш коэффициенти  $\beta$  орқали белгиланади:

$$\beta_b = [1000 / (Ц / \rho_{цм} + K / \rho_{км} + Ш / \rho_{шм})] \quad (10.21)$$

бу ерда  $\rho_{цм}$ ,  $\rho_{км}$ ,  $\rho_{шм}$  – мос ҳолда цемент, қум ва шағалнинг уйма зичликлари, кг/м<sup>3</sup>.

Бетон қоришмасининг чиқиш коэффициенти қоришма таркибига, тўлдирувчиларнинг ҳоссаларига боғлиқ бўлиб,  $\beta_b = 0,55 \dots 0,75$  оралиқда ўзгаради. Бетонқоригичнинг бир маротаба бетон қориши (юкланиши) учун сарф қилинадиган материаллар миқдори қуйидагича аниқланади:

$$V_{ю} = \beta_b \cdot V_б \quad (10.22)$$

бу ерда  $V_б$  – бетонқоригич барабанининг ҳажми, л.

Юқоридаги мисолга асосан  $\beta_b$  қийматини (10.21) асосида аниқлаймиз ( $\rho_{цм} = 1,30 \text{ кг/л}$ ,  $\rho_{км} = 1,65 \text{ кг/л}$  ва  $\rho_{шм} = 1,48 \text{ кг/л}$  – мос ҳолда цемент, қум ва шағалнинг уйма зичликлари):

$$\beta_b = [1000 / (298 / 1,3 + 639 / 1,65 + 1305 / 1,48)] = 0,666 \approx 0,67.$$

Бетонқоригич барабанининг фойдали ҳажми 500 л бўлса, бир маротаба қориш миқдори (10.22) асосан:

$$V_{ю} = 0,67 \cdot 500 = 335 \text{ л ёки } 0,335 \text{ м}^3 \text{ бўлади. +}$$

Битта қоришма учун сарф бўладиган материаллар миқдори (бетон-қоригичга солинадиган материаллар) қуйидагича бўлади:

Цемент –  $298 \cdot 0,335 = 99,8 \approx 100$  кг; Кум –  $639 \cdot 0,335 = 214$  кг;

Шағал –  $1305 \cdot 0,335 = 437,8 \approx 438$  кг; Сув –  $138,5 \cdot 0,335 = 46$  л.

Бетон таркибини оғирлиги бўйича қуйидаги нисбатларда ифодалаш мумкин (§ 10.3 қаранг):

Ц:К:Ш = 1: X: Y =  $(298/298:639/298:1305/298) = 1:2,15:4,39$ ; бунда С/Ц =  $138,4/298 = 0,46$ .

Ҳисоблаш натижаларини аниқлаштириш учун, айниқса бетон ишлари ҳажми кўп бўлганда, ишлатиш учун мўлжалланган материаллар ишлаб чиқариш шароитига яқин шароитда бетон ва бетон қоришмасини дастлабки синовдан ўтказиш талаб этилади. Бетон мустаҳкамлиги ва ҳаракатчанлигининг бетон қоришмаси учун аниқланган боғлиқликлари тажрибада текширилмасдан фойдаланилганда, кейинчалик тўғрилаш киритиш билан бетон таркибини белгилаш мумкин. Бунда конструкцияларни бетонлашда назорат учун тайёрланган намуналарни текшириш орқали аниқланган натижалардан келиб чиқилади. Агар бетоннинг битта ёки иккита синфи ишлатилиши кутилаётган бўлса, учта С/Ц қийматли синов қоришмасини тайёрлаш кифоя қилади. Масалан, 0,4; 0,55 ва 0,7. Сув-цемент нисбатининг қиймат даражаси шундай бўлиши керакки, бунда бетонни мустаҳкамлиги белгиланганидан 15...20 % кўп ёки кам бўлган бетон олишга эришилиши керак. Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги топширикқа биноан олинади.

## **§10.6. Бетон таркибини график ва номограмма асосида аниқлаш**

Амалиётда турли ҳил консистенцияли бетон қоришмасидан ҳар-ҳил синфдаги бетонларни тайёрлашга тўғри келади. Бунда бир қанча ўнлаб таркиблар кўрилиши мумкин. Бундай ҳолда ҳар қайси бетон синфи учун алоҳида тажрибалар ўтказилади. Олинган натижалар асосида бетоннинг мустаҳкамлиги, қоришма ҳаракатчанлиги, сув -цемент нисбати ва цемент сарфи бўйича умумлаштирилган боғланишларнинг графиклари қурилади.

Одатда умумлаштирилган боғланишларни қуриш учун тўққизта серия бўйича намуналар синаб кўрилади. Бунда учта серия цемент сарфи ва учта серия сув-цемент нисбати бўйича қабул қилинади. Бундай комплекс тажрибалар натижасида ҳар-ҳил ҳаракатчанликдаги бетон қоришмаси ва турли ҳил мустаҳкамликдаги бетон олинади. Тажриба натижалари матрицаси 10.6 жадвалда келтирилган.

Олинган натижалар бўйича, боғланиш графиклари қурилади ва улар асосида бетоннинг таркибини, бетон қоришманинг олдиндан берилган бикрлигига мос ҳолда унинг мустаҳкамлигини аниқлаш мумкин.

Бетон қоришма бикрлигининг сув- цемент нисбати ва цемент сарфига боғлиқлиги графиклари 10.4-расмда кўрсатилган. Тажриба натижалари бўйича уч ҳил цемент сарфи учун учта  $Ж = f(C/C)$  боғланиш графиги

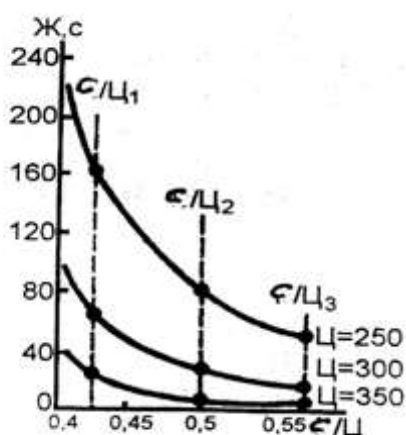
қурилади. Зарурат туғилган холда бошқа цемент сарфи учун интерполяция ёрдамида кўшимча график куриш мумкин.

Бетон мустаҳкамлигининг сув– цемент нисбатига боғлиқлигини аниқлаш учун ҳам учта эгри чизиклар қурилади (10.5-расм).

Турли хил таркибдаги бетонларни синаш натижалари матрицаси

10.6-жадвал

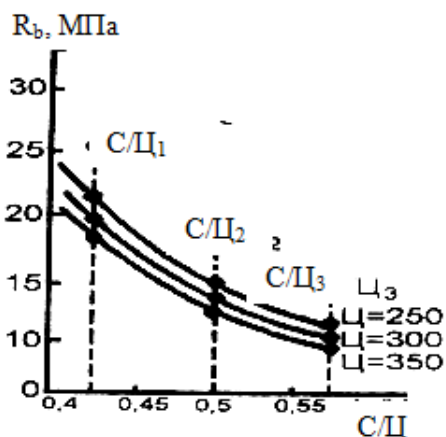
Аниқланадиган кўрсаткичлар	Намуналар серияси								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Цемент сарфи, кг/м <sup>3</sup>	Ц <sub>1</sub>	Ц <sub>2</sub>	Ц <sub>3</sub>	Ц <sub>4</sub>	Ц <sub>5</sub>	Ц <sub>6</sub>	Ц <sub>7</sub>	Ц <sub>8</sub>	Ц <sub>9</sub>
Сув-цемент нисбати	С/Ц <sub>1</sub>	С/Ц <sub>2</sub>	С/Ц <sub>3</sub>	С/Ц <sub>4</sub>	С/Ц <sub>5</sub>	С/Ц <sub>6</sub>	С/Ц <sub>7</sub>	С/Ц <sub>8</sub>	С/Ц <sub>9</sub>
Бетон қоришма бикрлиги, сек	Ж <sub>1</sub>	Ж <sub>2</sub>	Ж <sub>3</sub>	Ж <sub>4</sub>	Ж <sub>5</sub>	Ж <sub>6</sub>	Ж <sub>7</sub>	Ж <sub>8</sub>	Ж <sub>9</sub>
Бетоннинг сиқи лишдаги мустаҳкамлиги, МПа	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>8</sub>	R <sub>9</sub>



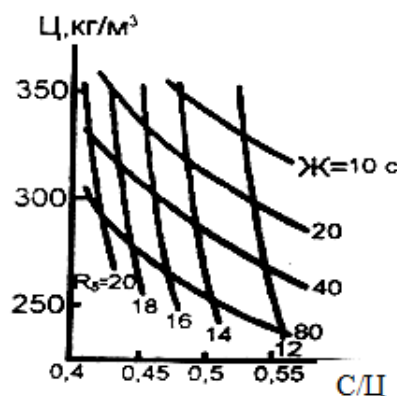
10.4-расм. Бетон қоришма бикрлигининг С/Ц нисбати ва цемент сарфига боғлиқлиги.

Бетон қоришма бикрлигининг ва мустаҳкамлигининг сув-цемент нисбатига ва цемент сарфига боғлиқлиги бўйича умумлаштирилган боғланишлар графиклари 10.6-расмда кўрсатилган.

Бетон таркибини ушбу графиклар орқали аниқлашда чизикларнинг ўзаро кесишиш нуқтаси топилади. Ушбу нуқталар бетон қоришмасининг бикрлиги ва мустаҳкамлигига мос деб олинади, С/Ц нисбати ва цемент сарфи эса шу нуқталарга мос қиймат бўйича олинади.



10.5-расм. Бетон мустаҳкамлигининг С/Ц нисбати ва цемент сарфига боғлиқлиги.



10.6-расм. Бетон мустаҳкамлигининг С/Ц нисбати, цемент сарфи ва қоришма бикрлигига боғлиқлиги.

## §10.7. Бетон таркибини кимёвий қўшимчалар билан аниқлаш

Ҳозирги пайтда бетон қоришмаси ва бетоннинг хоссаларини яхшилаш учун ишлатиладиган қўшимчаларнинг ҳиллари кўпайиб бормақда. Одатда ушбу қўшимчаларни қўллашда бетон таркибини лойиҳалашнинг алоҳида услублари талаб этилмайди. Бетон таркибини лойиҳалаш юқорида қайд қилинганидек бир ҳил услубда амалга оширилади. Чунки қўшимчалар бетон қоришмаси ва бетоннинг асосан сифат кўрсаткичларини яхшилаш учун хизмат қилади.

Қўшимчалар бетон қоришма ҳаракатчанлигини оширади, цемент сарфини тежайди, бетоннинг физик ва механик хоссаларини яхшилайди, аммо асосий боғланиш  $KЧ = f(C)$  оддий бетонда ва қўшимча қўшилган бетонда бир ҳил тавсифга эга бўлиб қолаверади (КЧ-конус чўкмаси).

Бетон қоришмасига қўшиладиган суперпластикловчилар самараси қўшимчанинг миқдорига ва цементнинг минералогик таркибига боғлиқ бўлади (10.7-жадвал). Алюминатли цементлар ишлатилганда қўшимча меъёри цемент массасига нисбатан 0,1...0,2 % гача оширилади.

Тажрибалардан маълумки, тоза клинкерли цемент ишлатилганда суперпластикловчиларнинг таъсир қилиш даражаси юқори самарали бўлади. Таркибида минерал қўшимчалар мавжуд бўлган ёки аралаш таркибли цементлар ишлатилганда эса суперпластикловчиларнинг таъсири анча камдир. Масалан, СКБ (сувталабчанлиги кам боғловчилар) тайёрлашда цементнинг меъёрий қуюқлиги 28 % дан 14 % гача камаяди, СКБ-50 (50 % майда дисперсли минерал компонент) таркибли боғловчини тайёрлашда эса 17...20 % гача камаяди.

Суперпластикловчилар миқдори ва цемент минералогик таркибининг таъсир қилиш самараси

10.7-жадвал

Цементнинг шартли гуруҳи	Цементдаги миқдори, %		Ўртача ҳаракатчан қоришмадаги сув сарфининг суперпластикловчини меъёрлашда камайиши, %			
	C <sub>3</sub> S	C <sub>3</sub> A	0,5	0,75	1	1,25
I	49	6	18	23	28	33
II	40	7...8	17	22	27	32
III	33	10	15	14	24	29

Бетон қоришмага турли ҳил суперпластикловчиларнинг пластикловчи таъсири тахминан бир-ҳил бўлади. Масалан, цемент царфи 500 кг/м<sup>3</sup> бўлганда унинг массасига нисбатан 1 % қўшилган қўшимча, бетон қоришманинг сув талабчанлигини ўртача 23...25 % гача камайтиради.

Тажрибавий қоришма таркибини аниқлашда чиқиб кетадиган сув миқдори  $\Delta C$  суперпластикловчиларнинг меъёрига боғлиқ бўлади. Яъни, цемент массасига нисбатан 0,5 % қўшимча қўшилганда сув сарфи 15 % га



камайтирилади ва қўшимча миқдорининг ҳар 0,25 % кўпайишига мос ҳолда 4...5 % гача сув сарфи камайтирилади.

Бетон қоришмасига СДБ ёки шунга ўхшаш ҳилдаги қўшимчалар қўшилганда бетон қоришма таркибини ҳисоблаш учун 3.3-жадвалда (3 бобга қаранг) келтирилган маълумотлардан фойдаланиш мумкин (бунда шартли равишда  $\Delta C = 10\%$  қабул қилинади).

Шунингдек, СДБ қўшимчанинг пластикловчи хусусиятини яхшилаш мақсадида ишқорли ёки полимерли қўшимчалар, масалан ХДСК ёки ЛСТМ қўшилса  $\Delta C$  миқдори 12...15 % гача оширилади. Ҳаво ютувчи қўшимчалар қўшилганда  $\Delta C = 3...7\%$  олинади.

Бетон қоришмасининг сув талабчанлигига қўшимчаларнинг таъсири  $k_1$  коэффициент орқали ҳисобга олиниши мумкин. Яъни,  $C_1 = k_1 \cdot C$  боғланиш киритилади. Масалан, бетон қоришмага СДБ қўшимча қўшилганда  $\Delta C = 10\%$  бўлса,  $k_1 = (100 - \Delta C)/100 = (100 - 10)/100 = 0,9$  га тенг бўлади.

Пластикловчи ва ҳаво ютувчи қўшимчаларни энг мақбул меъёрлаш бўйича тавсия қилинадиган миқдорлари (ЎзРСТ 671-96 бўйича) 10.8 ва 10.9 жадвалларда келтирилган.

Пластикловчи қўшимчаларни энг мақбул меъёрлаш бўйича тавсия қилинадиган миқдори

10.8-жадвал

Цементнинг ҳиллари	Цемент массасига нисбатан қўшимчанинг қуруқ ҳолдаги миқдори, % ҳисобида		
	СДБ, УПБ	М, ВЛХК	ВРП-1
Портландцемент, тез қотувчи портландцемент	0,15...0,25	0,1...0,2	0,005...0,001
Ишқорларга чидамли портландцемент	0,1...0,2	0,05...0,15	0,01...0,02
Шлакли портландцемент, пуццоланли портландцемент	0,2...0,3	0,1...0,2	0,01...0,03

Ҳаво ютувчи ва газ ҳосил қилувчи қўшимчаларни энг мақбул меъёрлаш бўйича тавсия қилинадиган миқдори

10.9-жадвал

Қўшимчаларнинг ҳили	Цемент массасига нисбатан қўшимчанинг қуруқ ҳолдаги миқдори, % ҳисобида, цемент сарфи кг/м <sup>3</sup> бўлганда		
	300 гача	300...400	450 дан кўп
СНВ, СПД, ЦНИПС-1, СДО, С, ОП	0,005...0,015	0,01...0,02	0,015...0,035
ГКЖ-94	0,06...0,08	0,05...0,07	0,03...0,05

Бетон қоришмага қўшилаётган суперпластикловчиларнинг энг мақбул миқдори кутиладиган техник-иқтисодий самарага боғлиқ бўлади. Одатда

суперпластикловчиларнинг энг мақбул меъёри тажриба йўли билан аниқланади ва оддий бетонлар учун цемент массасига нисбатан 0,5...0,7 %, юқори мустаҳкам бетонлар учун эса 0,7...1,2 % гача олинади.

Комплекс қўшимчали суперпластикловчилар ишлатилганда эса уларнинг бетон қоришмага таъсири ҳар қайси қўшимча учун алоҳида олинади (10.10-жадвал).

### Комплекс қўшимчаларнинг таъсия этиладиган таркиби

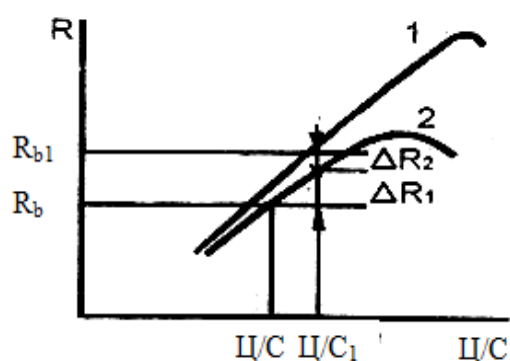
10.10-жадвал

Комплекс қўшимчалар	Цемент массасига нисбатан комплекс қўшимчаларнинг қуруқ ҳолдаги миқдори, % ҳисобида
СДБ+(СНВ, СПД)	(0,1-0,3)+(0,003-0,03)
СДБ+(ГКЖ-94, ПГЭН)	(0,1-0,3)+(0,05-0,1)
СДБ+(СН, ХК, НК, ННХК)	(0,1-0,3)+(0,3-1,5)
УПД+СН	(0,1-0,3)+(0,5-1,5)
ПАЦ-1+(СНВ, СПД)	(0,1-0,3)+(0,005-0,02)
СДБ+(СНВ, СПД)+ННХК	(0,1-0,15)+(0,001-0,03)+(0,5-1,5)

Кимёвий қўшимчалар ишлатилганда бетон мустаҳкамлигининг цемент-сув нисбатига боғлиқлиги таъсири ўзгармайди. Қўшимча бетон қоришмадаги қўшимча ҳавони ютиши натижасида, Ц/С нисбати доимий бўлганда ҳам унинг мустаҳкамлиги бирмунча камаёди.

Бетон мустаҳкамлигининг Ц/С нисбатига боғлиқлигига суперпластикловчининг таъсири 10.7-расмда кўрсатилган.

Бунда бетон мустаҳкамлигининг Ц/С нисбатига боғлиқлиги  $R_b = f(C/S)$  эгри чизиғи суперпластикловчи қўшилган бетон учун, оддий бетонга



10.7-расм. Бетон мустаҳкамлигининг Ц/С нисбатига боғлиқлигига суперпластикловчининг таъсири. 1-суперпластикловчи бетон; 2-оддий бетон (қўшимчасиз).

нисбатан анча юқори бўлади. Бетон таркибини аниқлашда юқорида келтирилган (10.11) ва (10.12) формулалардан фойдаланиш мумкин. Бетон мустаҳкамлигининг ўзгариши эса тузатиш коэффициенти  $k_2 = R_k/R_b$  ёрдамида ўрнатилади (бу ерда  $R_k$ -қўшимча қўшилган бетоннинг мустаҳкамлиги). Агар қўшимча бетоннинг 28 кунликдаги мустаҳкамлигига таъсир кўрсатмаса, унда коэффициент  $k_2=1$  га тенг бўлади. Пластикловчи қўшимчалар қўшилгандаги бетон мустаҳкамлигининг Ц/С нисбатига боғлиқ ҳолда ўсиши  $\Delta R_1$  ва  $\Delta R_2$  кесмалар билан ифодаланади.

Қўшимчаларнинг умумий ҳолдаги таъсири умумлаштирилган коэффициент  $k_3$  орқали ифодаланиши мумкин.

$$k_3 = k_2[(1 - k_2 \cdot 0,5 k_1 C / \rho_c) / (1 - 0,5 k_1 C / \rho_c)] \quad (10.23)$$

Бетон қоришмага ҳаво ютувчи қўшимчалар қўшилганда, материаллар сарфи тажрибавий қоришмалар учун бетонда 4...5 % сўрилган ҳаво миқдори мавжуд деб ҳисобланади. Шу сабабли, зич тузилишли бетонни олиш тенгламалари (10.1) ва (10.2) куйидаги кўринишга эга бўлади.

$$\rho_c / \rho_c + C + K / \rho_k + W / \rho_w + C \cdot X = 1000 \quad (10.24)$$

ва

$$\rho_c / \rho_c + C + K / \rho_k + C \cdot X = \rho_w \cdot \alpha (W / \rho_w) \quad (10.25)$$

бу эрда  $C \cdot X$ -сўрилган ҳаво миқдори, л.

Қум сарфи эса куйидаги формула орқали аниқланади:

$$K = [100 - (\rho_c / \rho_c + C + W / \rho_w + CX)] \cdot \rho_k \quad (10.26)$$

Тажрибалар шуни кўрсатадики, бетон қоришмасининг қулай жойланувчанлиги, сув ўтказувчанлиги ва совуқбардошлигини ошириш учун 10.4 жадвалда келтирилган  $\alpha$  коэффициент миқдорини 0,05...0,1 бирликка ошириш тавсия қилинади.

Ҳаво ютувчи қўшимчалар қўшилганда бир ҳил биқриқдаги ёки ҳаракатчан бетон қоришмаси олиш учун сув сарфи юқорида кўрсатилган 3.24 расмдаги (§ 3.4 қаранг) миқдорига нисбатан 15...20 л га камайтиради. Яъни, ҳаво ютувчи қўшимчалар қўшилган бетон таркибини ҳисоблашда конус чўкмаси миқдори 25...30 % га камайтиради.

Бетон қоришмасига қўшилаётган қўшимчаларнинг самарадорлигини белгиловчи  $k_1$  ва  $k_2$  коэффициентларни қўллаш орқали бетон таркибини аниқлаш жараёнини анча соддалаштириш мумкин. Бунда таркиб куйидаги кетма-кетлик бўйича ҳисобланади:

1. Оддий бетон учун сув сарфи қоришманинг талаб қилинадиган ҳаракатчанлиги 10.5-жадвал ёки 3.24-расмдаги графиклардан аниқланади, сўнгра қўшимча қўшилган бетон учун сув сарфи  $C_1$  куйидагича аниқланади:

$$C_1 = k_1 \cdot C \quad (10.27)$$

бу эрда  $k_1$  - юқорида келтирилган тавсиялар бўйича қабул қилинади.

2.  $C / \rho_c$  миқдори куйидагича аниқланади:

$$C / \rho_c = (k_2 \cdot A \cdot R_w) / (R_b + 0,5 \cdot k_2 \cdot A \cdot R_w) \quad (10.28)$$

бу эрда  $k_2$  - тажрибалар асосида олинади ёки  $k_2 = 1$  қабул қилинади.

3. Сўнгра цемент сарфи аниқланди:

$$\rho_c = C_1 : C / \rho_c \quad (10.29)$$

4. Шағал ва қум сарфи (10.3) ва (10.4) формулалар орқали аниқланди.

Берилган мустаҳкамликка эришиш учун қўшимчанинг энг мақбул миқдорини аниқлаш мақсадида тўққизта таркиб бўйича бетон намуналар тажриба қилинади. Мисол учун, цемент сарфи ўзгармас, яъни 300 кг/м<sup>3</sup> бўлганда, қоришма ҳаракатчанликлари 1...2; 6...8 ва 12...14 см, қўшимчалар миқдори эса цемент массасига нисбатан 0,5; 0,75 ва 1 % га тенг қилиб олинади ва намуналар тайёрланиб, тажриба қилинади. Натижада қайси таркиб бўйича энг юқори мустаҳкамликка эришилса, шу таркиб асосий деб қабул қилинади.

Бетон қоришмасини тайёрлашда қўшимчалар сувда эритилиб, маълум концентрацияга келтирилгач бетонқоригичга солинади. Бунда қўшимчаларнинг сувдаги концентрацияси қуйидагича бўлади: ҳаво ютувчи қўшимчалар ва ВРП-1 учун 1...5 %; пластикловчи қўшимчалар учун 5...10 %; суперпластикловчилар учун эса 10...20 %.

Эритманинг концентрацияси унинг зичлигини белгилайди. Бу тавсиф бетон қоришмага солинадиган аралашманинг сарфини аниқлашда қўлланилади. Турли ҳил қўшимчали эритма зичлигининг унинг концентрациясига боғлиқлиги 10.11-жадвалда келтирилган.

Юқори концентрацияли қўшимча эритмасининг 1 м<sup>3</sup> бетон учун сарфи қуйидаги формула орқали аниқланади (л):

$$A = \frac{C \cdot K}{(k \cdot \rho_3)} \quad (10.30)$$

бу ерда  $C$ -цемент сарфи, кг/м<sup>3</sup>;  $K$ -қўшилма миқдори, цемент массасига нисбатан %;  $k$ -тайёрланган эритма концентрацияси, %;  $\rho_3$ -тайёрланган эритма зичлиги, г/см<sup>3</sup>.

1 м<sup>3</sup> бетон қоришмасини эритиш учун етишмайдиган сув миқдори  $C_2$  қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$C_2 = C_1 - A \cdot \rho_3 (1 - k/100) \quad (10.31)$$

бу ерда  $C_1$ -1 м<sup>3</sup> бетон учун сув сарфи бўлиб, юқоридаги (10.27) формула оқали топилади.

Турли ҳил қўшимчали эритма зичлигининг шу эритма концентрациясига боғлиқлиги

10.11-жадвал

Эритма концентрацияси, %	Эритма зичлиги, г/см <sup>3</sup>							
	СДБ	10-03	С-3	СН	ХК	ННХК	СНВ	ГКЖ-94
2	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01
4	1,01	1,02	1,04	1,03	1,04	1,01	1,01	1,03
6	1,02	1,02	1,03	1,05	1,05	1,05	1,02	1,04
8	1,04	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,02	1,05
10	1,04	1,04	1,04	1,09	1,08	1,08	1,03	1,63
15	1,07	1,06	1,07	1,14	1,13	1,13	1,05	-
20	1,09	1,08	1,09	-	1,18	1,18	1,06	-
30	1,14	1,14	1,15	-	1,28	1,26	1,09	-
40	1,20	-	-	-	-	-	1,12	-

Кукунсимон ёки қуюқ (бўтқасимон) қўшимчалар берилган миқдордаги сувга эритилади. Эритма тўлиқ тайёр бўлгач унинг зичлиги “ареометр” ўлчагичи ёрдамида аниқланади. Қўшимчаларнинг сувда эришини тезлатиш учун сувни 40...70 °С гача иситиш тавсия қилинади ва уни тинимсиз аралаштириб туриш зарур бўлади.

Кўшимча эритмасининг сифати унинг эритмадаги зичлиги орқали назорат қилинади. Ташқи ҳарорат ўзгарганда эса зичлик кўрсаткичига керкли тўғрилаш киритилади:

$$\rho_t = \rho_{20} - A_t(t - 20) \quad (10.32)$$

бу ерда  $\rho_t$ ,  $\rho_{20}$  - эритманинг ўзгарган ҳароратдаги ва  $+20$  °C даги зичликлари;  $A_t$ -ҳароратнинг зичлик коэффиценти;  $t$  - қоришма зичлигини аниқлаш вақтидаги ҳарорат, °C.

Кўшилма эритмасини ҳажмий меъёрлашда ташқи ҳарорат таъсири қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$D_t = D_{20} \cdot \rho_t / \rho_{20} \quad (10.33)$$

бу ерда  $D_t$  ва  $D_{20}$ -эритмадаги кўшилманинг  $t$  ва  $+20$ °C ҳароратлардаги миқдори.

### §10.8. Кўп компонентли бетонлар таркибини аниқлаш

Кўп компонентли бетонлар учун мураккаб (композитли) боғловчи моддалар ва комплекс кимёвий ҳамда минерал кўшимчалар ишлатилади. Хом ашё материалларнинг кўп ҳиллиги бундай бетонларнинг таркибини аниқлашда маълум қийинчиликлар туғдиради. Чунки, бетон қоришмаси ва бетон хоссаларига турли ҳил ташкил этувчи компонентларнинг таъсирини ҳисобга олиш лозим бўлади.

Бетон қоришмасининг ва қотган бетоннинг технологик хоссаларини аниқловчи асосий омиллардан бири, бу цемент-сув нисбатидир. Айнан ана шу компонентлар таркибнинг шаклланишини ва унда рўй берадиган физик-кимёвий жараёнларнинг содир бўлишини таъминлайди. Ҳар-ҳил кўшимчалар, модификаторлар, фаол минерал компонентлар ва бошқа моддалар эса таркибга ўзгартириш киритади холос. Яъни, бетон қоришмаси ва бетоннинг технологик хоссаларига таъсир қилади, умумий боғланишларнинг тавсифини ўзгартирмайди.

Бетон қоришмаси ва бетоннинг хоссаларига мураккаб боғловчиларнинг таъсири маълум маънода боғловчининг меъёрий қуюқлиги (МК) орқали белгиланади. Меъёрий қуюқлик қанча кам бўлса, С/Ц нисбатининг паст қийматларида меъёрий ҳаракатчан бетон қоришмаси олинади ва аниқ цемент сарфида бетоннинг юқори мустаҳкамлигига эришилади.

Меъёрий қуюқлиги турли ҳил бўлган мураккаб боғловчилар ишлатилганда бетон мустаҳкамлигини аниқлаш формуласи қуйидагича бўлади:

$$R_b = A_x \cdot R_{ц} (Ц/С - 0,5) \quad (10.34)$$

Ушбу (10.34) формуладаги  $A_x$  - коэффицент қуйидагича аниқланади:

$$A_x = 0,6 + (МК - 0,28) \cdot 0,02 \quad (10.35)$$

бу ерда МК-мураккаб боғловчининг меъёрий қуюқлиги

Меъёрий қуюқлиги паст бўлган мураккаб боғловчилар қўлланилганда бетон қоришмасининг сувталабчанлиги камаяди. Бундай холда мураккаб

боғловчили бетон қоришмасининг сувталабчанлиги куйидаги формула орқали аниқланиши мумкин:

$$C_{кб} = K_1 \cdot C_0 \quad (10.36)$$

бу ерда  $C_0$ -оддий цементли бетон қоришмасининг сув талабчанлиги, л/м<sup>3</sup>;  $K_1$ -цементнинг меъерий қуюқлиги буйича сув талабчанликнинг камайиши коэффициенти. Унинг миқдори куйидагича аниқланади:

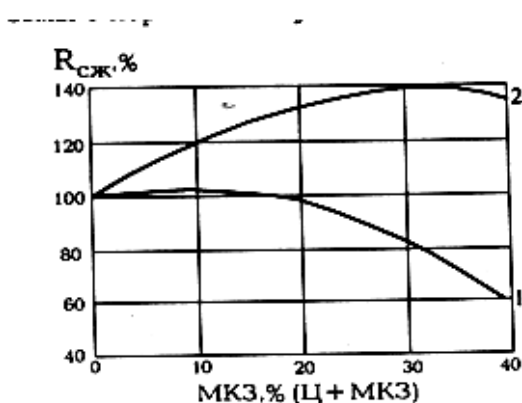
$$k_1 = 1 - [(MK_{оц} - MK_{мб}) / MK_0] \quad (10.37)$$

бу ерда  $MK_{оц}$ -оддий цементнинг нисбий бирликдаги меъерий қуюқлиги бўлиб, шартли равишда 0,28 га тенг олинади;  $MK_{мб}$ -мураккаб боғловчининг меъерий қуюқлиги.

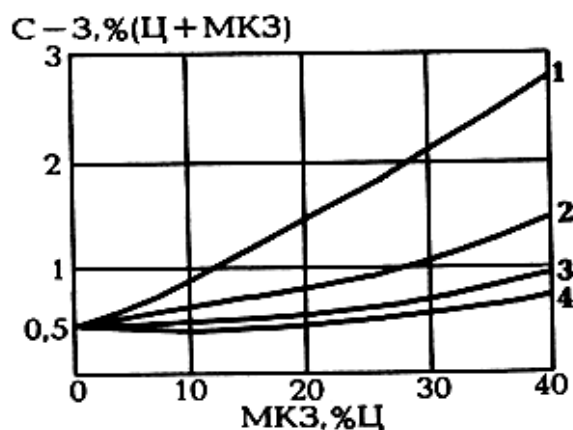
Ишлатиладиган материалларнинг хоссаларига боғлиқ холда бетон қоришманинг сув талабчанлиги 5...15 % гача камайиши мумкин. Бундай холда (10.37) формула орқали аниқланадиган  $k_1$  коэффициент миқдори 0,9 бирликкача камайтиради.

Бетон қоришмаси ва бетон таркибига суперпластикловчи микрокремнезем киритилса унинг хоссалари сезиларли ўзгаришларга эришади. Микрокремнезем зарраларининг солиштирма юзаси жуда юқори бўлганлиги учун улар цемент зарралари ичига жойлашиб, анчагина сувни шимиб олади. Одатда кремнеземнинг меъерий қуюқлиги 40 % атрофида олинади.

Микрокремнезем асосан бетоннинг зичлигини ошириш учун ишлатилади. Унинг зарралари қаттиқ фаза ғовақларига жойлашиб, таркибнинг тузилишини зичлайди, бетон қоришмасининг реологик хоссаларини яхшилади ва бетоннинг мустаҳкамлигини сезиларли оширади. Шу сабабли микрокремнеземли қўшимчаларниг ижобий таъсирини сақлаб қолиш учун бетон қоришманинг сув талабчанлигини мумкин даражада камайтириш керак бўлади. Чунки қоришма таркибидаги ортиқча сув микрокремнеземнинг



10.8-расм. Цемент мустаҳкамлигининг микрокремнезем сифатига боғлиқ холда ўзгариши. 1-суперпластикловчили бетон; 2-суперпластикловчисиз бетон.



10.9-расм. Суперпластикловчининг энг мақбул миқдорида микрокремнезем қўшилган меъерий ҳаракатчан (КЧ=6см) бетонларнинг нисбий мустаҳкамликлари: 1-МКЗ, МК=130 % бўлганда; 2-МКЗ, МК=60 % бўлганда; 3-МКЗ, МК=40 % бўлганда; 4-кул (таққослаш учун).

юқори сувталабчанлиги туфайли шимилади ва кейинчалик бетоннинг қотиши натижасида тузилиш ғовакли бўлиб қолади. Яъни, микрокремнеземли қўшимчаларнинг самараси кескин камайиб кетади (10.8-расм). Шу сабабли микрокремнеземли қўшимчалар одатда суперпластикловчилар билан биргаликда қўлланилади.

Бетон қоришмасининг меъёрий ҳаракатчанлигини таъминлаш мақсадида микрокремнеземнинг таркиби ва дисперслигига боғлиқ холда суперпластикловчиларнинг меъёри оширилади (10.9-расм). Бундай холда микрокремнеземнинг юқори “адсорбционлик” хоссаси туфайли органик-минерал композиция “цемент + микрокремнезем + суперпластикловчи” юқори самара беради.

Бетон мустаҳкамлигининг ушбу ортиши унинг таркибини танлашда ҳисобга олинади. Бетон мустаҳкамлиги формула-сига қўшимча коэффициент  $k_{mc} = R_{b,mc3}/R_{bk}$  киритилади ва у микрокремнеземнинг миқдори ва дисперслиги орқали аниқланади. У холда

$$R_b = k_{mc} \cdot A \cdot R_{ц}(C/C-0,5) \quad (10.38)$$

ва C/C нисбати қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$C/C = (k_{mc} \cdot A \cdot R_{ц}) / (R_b + k_{mc} \cdot A \cdot 0,5 \cdot R_{ц}) \quad (10.39)$$

Суперпластикловчи ва микрокремнезем биргаликда ишлатилганда бетон қоришманинг сувталабчанлигини биринчиси камайтиради, иккинчиси эса кўпайтиради. Яъни, бетон қоришмасининг керакли ҳаракатчанлигини сақлаш учун 1 кг микрокремнеземга тахминан 1 л қўшимча сув керак бўлади. Бундай холда кўп компонентли бетон қоришмасининг сувталабчанлиги қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$C_{кб} = k_1(C_0 + M \cdot Ц) \quad (10.40)$$

бу ерда  $C_0$  - оддий бетон қоришмаси учун дастлабки сув миқдори, л/м<sup>3</sup>;  $k_1$  - суперпластикловчи ишлатилганда бетон қоришма сувталабчанлигининг камайиши коэффициенти бўлиб,  $k_1 = 0,75 \dots 0,85$  атрофида олинади;  $M$  - микрокремнеземнинг нисбий бирликдаги миқдори;  $Ц$  - цемент сарфи, кг/м<sup>3</sup>.

Кўп компонентли бетонларга мураккаб боғловчилар ишлатилганда (масалан, турли хил қўшилма-модификаторлар ва фаол минерал компонентлар), умумий боғланишлар “хосса-сув цемент” нисбати текшириб борилади (юқори сифатли бетон қоришма олиш учун).

Юқори сифатли (самарали) бетон қоришма ёки бетон олиш қуйидаги шарт бажарилганда таъминланади, яъни:

$$C/C_{сам} = (0,86 - 1,65) \cdot M \cdot Қ \quad (10.41)$$

бу ерда  $MҚ$ -цементнинг нисбий бирликдаги меъёрий қуюқлиги.

Тўлдирувчининг сув талабчанлиги ҳисобга олинганда  $C/C_{сам}$  нисбати қуйидагича аниқланади:

$$C/C_{сам} = C/C_{бк} - C_{к} \cdot Қ/Ц - C_{ш} \cdot Ш/Ц \quad (10.42)$$

бу ерда  $C/C_{бк}$  - бетон қоришманинг сув-цемент нисбати;  $C_{к}$ ,  $C_{ш}$  - қум ва шағалнинг нисбий бирликдаги сувталабчанлиги.

Цементнинг фаоллиги ва меъерий қуюқлиги пластикловчиларнинг, тўлдирувчилар ва бошқа қўшимчаларнинг таъсирини ҳисобга олган ҳолда аниқланади.

### §10.9. Оғир бетон таркибини лойиҳалашга доир мисоллар

**10.1-мисол.** Ўртача мустакамлиги 3 МПа бўлган бетон таркиби аниқлансин. Бетон қоришмасининг конус чўкмаси бўйича ҳаракатчанлиги 4...5 см. Портландцемент, фаоллиги  $R_{ц} = 40,0$  МПа ҳақиқий зичлиги  $\rho_{ц} = 3,1$  г/см<sup>3</sup>; қум-ўртача йирикликли, сув талабчанлиги 7 %, ҳақиқий зичлиги  $\rho_{к} = 2,63$  кг/л; шағал-йириклиги 40 мм гача, ҳақиқий зичлиги  $\rho_{ш} = 2,6$  кг/л, уйма зичлиги  $\rho_{шм} = 1,48$  кг/л.

*Ечили:* 1. Сув-цемент нисбатини (10.11) формула орқали аниқлаймиз:

$$C/Ц = (0,6 \cdot 40,0) / (35,0 + 0,5 \cdot 0,6 \cdot 40,0) = 0,51.$$

2. Сув сарфи 10.5 жадвал асосида,  $C = 170$  л (қоришма ҳаракатчанлиги 5 см ва шағалнинг йириклиги 40 мм бўлган ҳол учун).

3. Цемент сарфи (10.13) формулага асосан:

$$Ц = 170 / 0,51 = 333 \text{ кг/м}^3.$$

4. Шағалнинг ғоваклиги

$$П_{ш} = 1 - (\rho_{шм} / \rho_{ш}) = 1 - (1,48 / 2,6) = 0,43 \%$$

Юқоридаги 10.4 жадвалдан цемент сарфи  $333 \text{ кг/м}^3$  ва  $C/Ц = 0,51$  ҳол учун  $\alpha$  коэффициент қиймати  $\alpha = 1,38$  га тенг (интерполяция қилиш орқали).

5. Шағал сарфи (10.3) формулага асосан

$$Ш = 1000 / [(1,38 \cdot 0,43) / 1,48 + 1 / 2,6] = 1282 \text{ кг/м}^3$$

6. Қум сарфи (10.4) формулага асосан

$$К = [1000 - (333 / 3,1 + 170 + 1282 / 2,6)] \cdot 2,63 = 605 \text{ кг/м}^3.$$

Бетон қоришмасининг зичлиги

$$\rho_{б} = Ц + C + К + Ш = 333 + 170 + 605 + 1282 = 2390 \text{ кг/м}^3.$$

**10.2-мисол.** Ўртача мустаҳкамлиги 35 МПа бўлган бетон таркиби аниқлансин. Бетон қоришмасининг стандарт вискозиметр бўйича биқирлиги 20 сек. Материалларнинг тавсифлари юқоридаги 10.1 мисолдагидек олинади.

*Ечили:* 1. Сув-цемент нисбатини (10.11) формула орқали аниқлаймиз:

$$C/Ц = [(0,6 \cdot 40) / (35 + 0,5 \cdot 0,6 \cdot 40)] = 0,51.$$

2. Сув сарфи 10.5 жадвал асосида  $C = 145$  л (қоришма биқирлиги 20 сек ва шағалнинг йириклиги 40 мм бўлган ҳол учун).

3. Цемент сарфи (10.13) формулага асосан:

$$Ц = 145 / 0,51 = 284 \text{ кг/м}^3.$$

4. Шағалнинг ғоваклиги

$$П_{ш} = 1 - 1,48 / 2,6 = 0,43 \%$$

Юқоридаги 10.4 жадвалдан цемент сарфи  $Ц = 284 \text{ кг/м}^3$  ва  $C/Ц = 0,51$  ҳол учун  $\alpha$  коэффициент қиймати  $\alpha = 1,30$  га тенг (интерполяция қилиш орқали).

5. Шағал сарфи (10.3) формулага асосан

$$Ш = 1000 / [0,43(1,30 / 1,48) + 1 / 2,6] = 1334 \text{ кг/м}^3.$$



6. Қум сарфи (10.4) формулага асосан

$$K = [1000 - (284/3,1 + 145 + 1334/2,6)] \cdot 2,63 = 658 \text{ кг/м}^3.$$

Бетон қоришмасининг зичлиги

$$\rho_b = C + S + K + \text{Ш} = 284 + 145 + 658 + 1334 = 2421 \text{ кг/м}^3.$$

Ушбу 10.1 ва 10.2 мисолларни солиштириб кўрамиз: бир хил мустаҳкамлик таъминланган холда, бикр бетон қоришмаси ишлатилганда цемент сарфи  $333-284 = 49$  кг тежалади, ёки 15 % атрофида.

**10.3-мисол.** Мустаҳкамлиги 70 МПа бўлган юқори мустаҳкам бетон таркиби аниқлансин. Цемент фаоллиги  $R_c = 50$  МПа, ҳақиқий зичлиги  $\rho_c = 3,1$  г/см<sup>3</sup>. Бетон қоришма ҳаракатчанлиги 2 см, пластикловчи қўшимча сифатида суперпластикловчи С-3 ишлатилган бўлиб, унинг миқдори цемент массасига нисбатан 0,75 % олинган. Шағал гранитли, йириклиги 40 мм гача, ҳақиқий зичлиги  $\rho_{\text{ш}} = 2,6$  г/см<sup>3</sup>, уйма зичлиги  $\rho_{\text{шм}} = 1480$  кг/м<sup>3</sup>. Ўртача йирикликдаги кварц қуми, ҳақиқий зичлиги  $\rho_k = 2,62$  г/см<sup>3</sup>. Ўртача йирикликдаги қумлар учун  $\alpha$  коэффициентнинг қиймати 10.3 жадвал асосида 1,25 қабул қилинади.

*Ечиш:* 1. Бетон қоришмасининг талаб қилинган ҳаракатчанлигини таъминлаш учун керакли сув сарфи 10.5-жадвал асосида  $S = 170$  л/м<sup>3</sup>. Унда қўшимчали бетон қоришма учун сарф қилинадиган сув миқдори (10.27) формула асосида:

$$S_1 = k_1 \cdot S = 0,8 \cdot 170 = 136 \text{ л/м}^3.$$

бу ерда  $k_1 = 0,8$  - қоришманинг сувталабчанлиги 20 % гача камаяди (С-3 суперпластикловчи ишлатилганда).

2. Сув-цемент нисбати (10.28) формула орқали аниқланади:

$$C/C = (1 \cdot 0,65 \cdot 50) / (70 + 0,5 \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 50) = 0,38.$$

бу ерда  $k_2 = 1$ ;  $A = 0,65$  юқори сифатли тўлдирувчилар учун.

3. Цемент сарфи (10.29) формулага асосан:

$$C = 136 : 0,38 = 358 \text{ кг/м}^3.$$

4. Қўшимча сарфи (миқдори):

$$K = 0,75 \cdot C / 100 = 0,75 \cdot 358 / 100 = 2,69 \text{ кг}.$$

5. Шағал сарфи (10.3) формулага асосан:

$$\text{Ш} = 1000 / [1,25(0,43/1,48) + 1/2,6] = 1350 \text{ кг/м}^3.$$

бу ерда шағалнинг ғоваклиги  $\Pi_{\text{ш}} = 1 - 1,48/2,6 = 0,43$ .

6. Қум сарфи (10.4) формулага асосан:

$$K = [1000 - (358/3,1 + 136 + 1350/2,6)] \cdot 2,62 = 603 \text{ кг/м}^3.$$

Бетон қоришмасининг зичлиги:

$$\rho_b = C + S + \text{ҚМ} + K + \text{Ш} = 358 + 136 + 2,69 + 603 + 1350 = 2450 \text{ кг/м}^3.$$

**Мисол 10.4.** Меъёрий қуюқлиги  $MK = 21$  % ва фаоллиги 70 МПа бўлган композицияли боғловчи асосида тайёрланган синфи В45 бетон таркиби аниқлансин. Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги конус чўкмаси бўйича 4...5 см. Шағал гранитли, чегаравий йириклиги 20 мм, сувталабчанлиги 1 %, ҳақиқий зичлиги 2,6 г/см<sup>3</sup>, уйма зичлиги 1480 кг/м<sup>3</sup>, қумнинг сувталабчанлиги 7 %, ҳақиқий зичлиги 2,68 г/см<sup>3</sup>.

*Ечиши:* 1. Композицияли боғловчининг меъерий қуюқлигини ҳисобга олган ҳолда  $A_x$ -коэффициентни (10.35) формула орқали ҳисоблаймиз:

$$A_x = 0,6 + (0,21 - 0,28) \cdot 0,02 = 0,59$$

2. Бетоннинг талаб қилинадиган мустаҳкамлиги:

$$R_b = B/0,778 = 45/0,778 = 57,8 \text{ МПа}$$

3. Сув-цемент нисбати (10.11) формула орқали аниқланади, бунда  $A = A_x = 0,59$ :

$$C/Ц = 0,59 \cdot 70 / (57,8 + 0,5 \cdot 0,59 \cdot 70) = 0,53$$

4. Сув сарфи 10.5-жадвал асосида  $C = 185$  л.

5. Бетон қоришма сув талабчанлигининг камайиш коэффициенти (10.37) формула орқали аниқланади:

$$k_1 = 1 - (0,28 - 0,21/0,28) = 0,75$$

6. Сув сарфи (10.36) формула асосида

$$C = 0,75 \cdot 185 = 139 \text{ л}$$

7. Композицияли боғловчи сарфи (10.13) формула асосида:

$$Ц = 139/0,53 = 262 \text{ кг/м}^3$$

8.  $\alpha$ -коэффициент қийматини 10.4 жадвал асосида  $\alpha = 1.24$ .

9. Шағалнинг ғоваклиги:

$$П_{ш} = 1 - 1,48/2,6 = 0,43$$

10. Шағал сарфи (10.3) формулага асосан:

$$Ш = 1000/[1,24(0,43/1,48) + 1/2,6] = 1352 \text{ кг/м}^3$$

11. Қум сарфи (10.4) формулага асосан  $52/2,6] \cdot 2,68 = 587 \text{ кг/м}^3$

12. Бетоннинг ҳисобий зичлиги:

$$\rho_b = 262 + 139 + 687 + 1352 = 2440 \text{ кг/м}^3$$

Нисбатларда ифодаласак  $Ц:К:Ш = 1:2,62:5,16$

13. Сув-цемент нисбатининг самарали.62 миқдори (10.42) формула асосида:

$C/Ц_{сам} = 0,53 - 0,07 \cdot 2,62 - 0,01 \cdot 5,16 = 0,30 < C/Ц = 0,53$ , демак бетон қоришмада қатламланиш содир бўлмайди (қоришма юқори сифатли ҳисобланади).

**10.5-мисол.** Қуйидагилар берилган:  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун материаллар сарфи  $Ц = 330$  кг,  $К = 650$  кг,  $Ш = 1210$  кг ва  $С = 190$  л. Цемент, қум ва шағалнинг уйма зичликлари мос ҳолда  $\rho_{цм} = 1,3$ ,  $\rho_{км} = 1,57$  ва  $\rho_{шм} = 1,63 \text{ г/см}^3$ .

Бетоннинг бетонқориғичдан чиқиш коэффициентини ва ҳажми  $1500$  л бўлган бетонқориғичга солинадиган материаллар сарфи аниқлансин.

*Ечиши:* Бетоннинг бетонқориғичдан чиқиш коэффициенти қуйидагича аниқланади:

$$\begin{aligned} \beta &= 1000 / (Ц/\rho_{цм} + К/\rho_{км} + Ш/\rho_{шм}) = \\ &= 1000 / (330/1,3 + 650/1,57 + 1210/1,63) = 0,71. \end{aligned}$$

Бетонқориғичда қориладиган бетон қоришма ҳажми:

$$V = V_б \cdot \beta = 1500 \cdot 0,71 = 1065 \text{ л.}$$

Бетонқориғичга бир марта солинадиган материаллар сарфи:

$$\text{цемент } Ц = (V_b \cdot \beta \cdot Ц) / 1000 = (1500 \cdot 0,71 \cdot 330) / 1000 = 351 \text{ кг,}$$

$$\begin{aligned} \text{қум} \quad K &= (V_b \cdot \beta \cdot Ц) / 1000 = (1500 \cdot 0,71 \cdot 650) / 1000 = 692 \text{ кг}, \\ \text{шағал} \quad Ш &= (V_b \cdot \beta \cdot Ц) / 1000 = (1500 \cdot 0,71 \cdot 1210) / 1000 = 1289 \text{ кг}, \\ \text{сув} \quad С &= (V_b \cdot \beta \cdot Ц) / 1000 = (1500 \cdot 0,71 \cdot 190) / 1000 = 202 \text{ кг}. \end{aligned}$$

**10.6-мисол.** Мустақкамлиги 17 ва 22 МПа бўлган бетонларнинг  $1 \text{ м}^3$  учун цемент сарфи аниқлансин. Цемент фаоллиги  $R_{ц} = 40 \text{ МПа}$ , сув сарфи  $C = 190 \text{ л/м}^3$ .

*Ечили:* Бетон мустақкамлигини аниқлаш формуласи  $R_b = 0,6 \cdot R_{ц} (Ц/С - 0,5)$  дан фойдаланиб  $Ц/С = [R_b / (0,6 \cdot R_{ц})] + 0,5$  аниқлаймиз. Бундан  $Ц = (R_b \cdot С) / (0,6 \cdot R_{ц}) + 0,5 \cdot С$  ҳосил қиламиз. У ҳолда цемент сарфи қуйидагича аниқланади:

мустақкамлиги  $R_b = 17 \text{ МПа}$  бетон учун:

$$Ц_1 = (17 \cdot 190) / (0,6 \cdot 40) + 0,5 \cdot 190 = 230 \text{ кг}.$$

мустақкамлиги  $R_b = 22 \text{ МПа}$  бетон учун:

$$Ц_2 = (22 \cdot 190) / (0,6 \cdot 40) + 0,5 \cdot 190 = 269 \text{ кг}.$$

**10.7-мисол.** Мустақкамлиги 30 МПа га тенг бўлган бетон олиш учун фаоллиги  $R_{ц} = 45 \text{ МПа}$  бўлган цемент ишлатилган. Сув сарфи  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун  $C = 180 \text{ л}$ . Цемент фаоллиги  $R_{ц} = 35 \text{ МПа}$  ва сув сарфи  $C = 190 \text{ л}$  га ўзгарганда цемент сарфининг ўзгариши аниқлансин ( $1 \text{ м}^3$  бетон қоришма учун).

*Ечили:* №1 таркибли бетон учун:

$$Ц/С = R_b / (0,6 \cdot R_{ц}) + 0,5 = 30 / (0,6 \cdot 45) + 0,5 = 1,61 \text{ ёки}$$

$$С/Ц = 1 : Ц/С = 1 / 1,61 = 0,62$$

Цемент сарфи:  $Ц = С : С/Ц = 180 : 0,62 = 290 \text{ кг}$ .

№2 таркибли бетон учун:

$$Ц/С = R_b / (0,6 \cdot R_{ц}) + 0,5 = 30 / (0,6 \cdot 35) + 0,5 = 1,93 \text{ ёки}$$

$$С/Ц = 1 : Ц/С = 1 / 1,93 = 0,52$$

Цемент сарфи:  $Ц = С : С/Ц = 190 : 0,52 = 365 \text{ кг}$ .

Цемент сарфининг ўзгариши (ортиши)  $\Delta Ц = 365 - 290 = 75 \text{ кг}$ . Ёки  $(75 : 290) \cdot 100 \% = 26 \%$ .

**10.8-мисол.** Мустақкамлиги 55 МПа бўлган кўп компонентли бетон таркиби танлансин. Бетон қоришма конус чўкмаси бўйича ҳаракатчанлиги 6 см. Портландцемент, фаоллиги  $R_{ц} = 60 \text{ МПа}$ , ҳақиқий зичлиги  $\rho_{ц} = 3,1 \text{ г/см}^3$ ; қум-сув талабчанлиги 7 %, ҳақиқий зичлиги  $\rho_{ц} = 2,65 \text{ кг/л}$ ; гранитли чақиқ тош-йириклиги 20 мм, ҳақиқий зичлиги  $\rho_{ш} = 2,6 \text{ кг/л}$ , уйма зичлиги  $\rho_{шм} = 1,50 \text{ кг/л}$ . Бетоннинг сифатини ошириш учун цемент микдорининг 10 % қисми микрокремнезем ва 2 % қисми суперпластикловчи билан алмаш-тирилган.

*Ечили:* Бетон таркибини қўшимчаларсиз текшириб кўрамиз.

1. Сув-цемент нисбати (10.11) формула орқали аниқланади:

$$С/Ц = [(0,6 \cdot 60) / (55 + 0,6 \cdot 0,5 \cdot 60)] = 0,49.$$

2. Сув сарфи 10.5-жадвал асосида (қоришма ҳаракатчанлиги 6 см ва чақиқ тош йириклиги 20 мм бўлган хол учун)  $C = 200 \text{ л/м}^3$ .

3. Цемент сарфи (10.13) формулага асосан:

$$Ц = 200 / 0,49 = 408 \text{ кг/м}^3.$$

4. Қўшимчалар киритилганда цемент ва сув сарфига аниқлик киритамиз.

Маълумки, суперпластикловчи қўлланилганда бетон қоришманинг сув-талабчанлиги 20 % гача камаяди, унда  $k_1 = 0,8$  га тенг бўлади. Демак кўп компонентли бетондаги сувнинг тахминий сарфи:

$$C_{кб} = k_1(C + M \cdot Ц) = 0,8(200 + 0,1 \cdot 408) = 193 \text{ л/м}^3.$$

5. С/Ц нисбатига аниқлик киритамиз (таркибга 10 % микрокремнезем суперпластикловчи билан биргаликда киритилганда бетоннинг мустаҳкамлиги 120 % гача ортади).

$$С/Ц = [(1,2 \cdot 0,60 \cdot 60) / (55 + 1,2 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 60)] = 0,56.$$

6. Боғловчи сарфи (цемент + микрокремнезем):

$$Ц = 193 / 0,56 = 345 \text{ кг/м}^3.$$

7. Микрокремнезем сарфи (10 %):

$$М = 0,1 \cdot 345 = 34,5 \text{ кг/м}^3.$$

8. Суперпластикловчи сарфи (2 %):

$$С = 0,02 \cdot 345 = 6,9 \text{ кг/м}^3.$$

9. Цементнинг аниқлик киритилгандан кейинги сарфи:

$$Ц = 345 - (34,5 + 6,9) = 304 \text{ кг/м}^3.$$

10. Чақиқ тош сарфи (10.3) формулага асосан

$$Ш = [1000 / (1,42(0,43/1,5) + 1/2,6)] = 1250 \text{ кг/м}^3.$$

бу ерда  $\Pi_{ш} = 1 - 1,50/2,6 = 0,43$ ; коэффициент  $\alpha = 1,42$  (10.4-жадвал асосида).

11. Қум сарфи (10.4) формулага асосан

$$Қ = [1000 - (304/3,1 + 193 + 41/2,2 + 1250/2,6)] \cdot 2,65 = 554 \text{ кг/м}^3.$$

бу ерда кремнеземнинг ҳақиқий зичлиги  $\rho_k = 2,2 \text{ кг/л}$ .

12. Қўшимчаларни киритилиши цемент сарфини

$$\Delta Ц = [(408 - 304) \cdot 100 / 408] = 25 \% \text{ га тежайди.}$$

## Назорат саволлари

1. Бетон таркибини танлашнинг умумий услубини айтиб беринг.
2. 1 м<sup>3</sup> бетон қоришмаси учун ишлатиладиган йирик ва майда тўлдирувчилар миқдори қандай аниқланади?
3. Йирик ва майда тўлдирувчилар орасидаги нисбат қандай танланади?
4. Майда ва ўртача қумлар ишлатилган бетонлар учун  $\alpha$  коэффициент қийматлари қандай аниқланади?
5. Бетон қоришма консистенциясига боғлиқ холда  $\alpha$  коэффициентнинг физик маъносини тушунтиринг?
6. Бетон қоришмасининг таркиби қандай усулларда ҳисобланади?
7. Оддий ва юқори мустаҳкам бетонлар учун сув-цемент нисбати қандай аниқланади?
8. Синов қоришмаси учун бетон таркиби қандай кетма-кетлик бўйича ҳисобланади?
9. Бетон таркиби тажрибавий қоришмада қандай текширилади?
10. Бетоннинг таркиби ишлаб чиқариш жараёнида қандай аниқланади?

11. Бетон қоришмасининг чиқиш коэффициенті  $\beta$  қандай маънони билдиради?
12. Бетон таркиби график ва номограмма асосида қандай танланади?
13. Нима сабабдан бетон қоришмаси таркибига кимёвий қўшимчалар қўшилади?
14. Бетон таркиби кимёвий қўшимчалар асосида қандай аниқланади?
15. Комплекс қўшимчаларнинг ҳилларини айтиб беринг.
16. Кўп компонентли бетонлар учун қандай боғловчилар ишлатилади?
17. Кўп компонентли бетонларнинг мустаҳкамлиги қандай аниқланади?
18. Бетон қоришма таркибига микрокремнезем киритилса қандай самарага эришилади?
19. Мураккаб боғловчили бетон қоришмасининг сувталабчанлиги қандай аниқланади?
20. Кўп компонентли бетонларга композицияли боғловчилар ишлатилганда бетон таркиби қандай текширилади?

### **Қўшимча адабиётлар**

1. Рекомендации по проектированию составов тяжелого (обычного) бетона. –Т.: Госстрой РУз, 1982. -72 б.
2. Сулковский И. А. Подбор состава бетона и управление его производством. –Т.: Фан, 1980. -55 б.
3. ГОСТ 10180-2012. Бетонлар. Синов намуналар мустаҳкамлигини аниқлаш усуллари.
4. ЎзРСТ 679-96. Бетонлар. Таркибини ҳисоблаш қоидалари.
5. ЎзРСТ 671-96. Бетон учун қўшимчалар. Синфланиши.

## 11-БОБ. ОҒИР БЕТОННИНГ ТУРЛАРИ

### §11.1. Йиғма темирбетон конструкциялар учун бетон

Йиғма темирбетон конструкцияларни тайёрлашда бетоннинг қотишини тезлатиш мақсадида иссиқ-намлик билан ишлов бериб қотириш усули қўлланилади. Бунда бетон мустаҳкамлигининг ошиши нафақат цемент фаоллиги балким, иссиқ-намлик билан қотиришнинг режимлари ва бошқа омиллар таъсирига ҳам боғлиқ бўлади. Бундай ҳолларда бетон таркибини танлашда аниқ натижаларга эришиш учун қўшимча тажрибалар ўтказилиши талаб қилинади.

Тажрибавий қоришмалар учун Ц/С нисбати 11.1-жадвалдан олинади. Ушбу Ц/С нисбати чегаралари йиғма темирбетон корхоналарида бетоннинг талаб қилинадиган узатиш мустаҳкамлигига эришиш учун, иссиқлик билан қотириш режимларини белгилайди: жумладан, олдиндан ушлаб туриш 1...2 с, ҳароратни кўтариш 3...4 с. Юқори ҳароратда ушлаб туриш портландцементли бетонлар учун 80 °С, шлакли портландцемент бетонлар учун 90 °С қабул қилинади.

Тажрибавий қоришмалар учун цемент-сув нисбати қийматлари

11.1-жадвал

Бетоннинг талаб қилинадиган мустаҳкамлиги, R <sub>28</sub> , МПа	Цемент маркаси			
	300	400	500	600
	Бетоннинг узатиш мустаҳкамлиги, R <sub>28</sub> нистан 70 %			
10	1...1,5	1,1...1,5	-	-
15	1,2...1,5	1,1...1,5	-	-
20	1,5...2	1,2...2	1,2...1,5	-
25	1,5...2,2	1,2...2	1,2...1,8	-
30	2...2,5	1,8...2	1,5...2	1,2...1,8
40	-	2...2,8	2...2,4	1,5...2,2
50	-	-	2,2...2,8	1,8...2,8
	Бетоннинг узатиш мустаҳкамлиги, R <sub>28</sub> нистан 85 %			
10	1,1...2,5	-	-	-
15	1,4...1,8	1,2...1,8	1,2...1,6	-
20	1,8...2,2	1,5...2,0	1,4...1,8	-
30	-	2,0...2,5	1,8...1,2	1,4...2,0
40	-	2,2...2,5	2,2...2,5	1,8...2,2
50	-	-	2,4...2,8	2,2...2,6

Агар иссиқлик билан қотириш режимининг давомийлиги технологик талаблар бўйича берилган бўлса, бундай ҳолда берилган режим бўйича тажриба натижалари асосида  $R_{y3} = f(\text{Ц/С})$  ва  $R_{28} = f(\text{Ц/С})$  боғланиш аниқ-

ланади. Сўнгра талаб қилинадиган Ц/С миқдори ва бетоннинг охириги таркибига аниқлик киритилади.

Бундай ҳолда олдиндан тажрибалар ўтказиш учун учта Ц/С миқдори (11.1-жадвалдан) ва иссиқлик билан қотириш режимларининг давом этиши вақтлари  $t_i$  (масалан, юқори ҳароратда ушлаб туриш 6, 9 ва 12 с) қабул қилинади. Тажриба натижалари асосида  $R_{y3} = f(\text{Ц/С}, t_i)$  ва  $R_{28} = f(\text{Ц/С}, t_i)$  боғланишлари ўрнатилади. Сўнгра ушбу боғланишлардан бетоннинг энг мақбул таркиби ва талаб қилинадиган иссиқлик билан қотириш режими аниқланади.

## §11.2. Юқори мустаҳкам бетон

Ҳозирги шароитда мустаҳкамлиги 50...100 МПа бўлган юқори мустаҳкам ва мустаҳкамлиги 100 МПа дан ҳам юқори бўлган алоҳида юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетонларни олиш имкониятлари мавжуд. Амалиётда эса мустаҳкамлиги 50...80 МПа бўлган юқори мустаҳкам бетонлар кенг қўлланилмоқда. Юқори мустаҳкамликка эришиш учун алоҳида зич ва мустаҳкам бетон тузилишини таъминлаш талаб қилинади. Ушбу мақсадга эришиш учун бетон тузилишининг шаклланишида қуйидаги шартлар бажарилиши лозим:

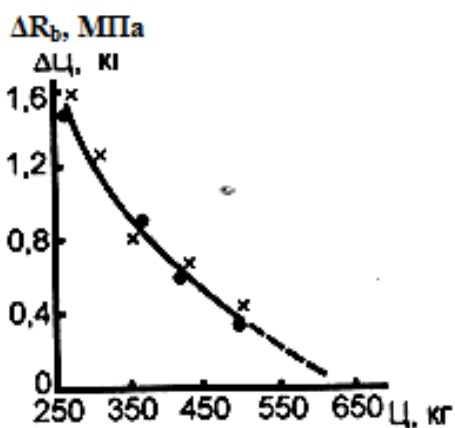
- юқори мустаҳкам цемент ва тўлдирувчиларни ишлатиш;
- цемент-сув нисбати мумкин қадар кам бўлишини таъминлаш;
- цемент сарфи чегаравий рухсат этилганидан кўпроқ бўлиши;
- зич тузилиш ҳосил қилиш имкониятига эга бўлган суперпластикловчилар ва комплекс қўшимчаларни қўллаш;
- бетон қоришмасини махсус ускуналар ёрдамида жуда сифатли зичлаш;
- бетоннинг қотиши даврида энг қулай шароит яратиш ва қаров ўтказиш.

Юқори мустаҳкам бетонлар олишда фаоллиги  $R_{ц} > 50$  МПа бўлган цементлар ишлатилиши ва уларнинг меъёрий қуюқлиги нисбатан кам бўлиши талаб қилинади. Ўлчамлари ўртача ва нисбатан ундан кичикроқ бўлган йиғма темирбетон конструкцияларни тайёрлашда таркибидаги  $C_3S$  ва  $C_3A$  миқдори юқори бўлган ва майда тўйилган юқори мустаҳкам портландцементлар шунингдек, тез қотувчи цементлар ишлатилади. Дала шароитида тайёрланадиган массив конструкциялар учун  $C_3A$  миқдори камайтирилган,  $C_3S$  миқдори эса чегараланган цементлар ҳамда белитли цементлар ишлатилади. Бундай цементлар узоқ муддатда қотади ва охириги мустаҳкамлиги юқори бўлади.

Юқори мустаҳкам бетонлар учун ишлатиладиган тўлдирувчилар тоза, ғовақлари кам, донадорлик таркиби жуда яхши сараланган бўлиши керак. Йирик тўлдирувчиларнинг чегаравий мустаҳкамлиги олинадиган бетон мустаҳкамлигидан энг камида 20 % юқори бўлиши мақсадга мувофиқ. Бундай тўлдирувчилар сифатида мустаҳкамлиги юқори бўлган тоғ жинслари (гранит, базальт, диабаз ва ш.к.) ишлатилади.

Бетоннинг юқори зичлиги ва мустаҳкамлигига сув-цемент нибатини камайтириш орқали эришилади. Одатда бу нисбат яъни,  $C/C = 0,25...0,35$  бўлганда, энг самарали натижа беради ва  $C/C$  нисбатини (10.12) ва (10.39) формулалар билан ҳисоблаш мумкин (10- бобга қаранг).

Юқори сифатли бетон технологиясида алоҳида ўрин эгаллайдиган омиллардан бири шуки,  $C/C$  нисбати кам бўлганда бетон қоришмасининг сув талабчанлик қонуниятининг доимийлиги бузилади. Яъни, цемент сарфи  $400 \text{ кг/м}^3$  дан ошса, меъерий ҳаракатчан қоришма олиш учун сув сарфини ҳам кўпайтириш керак бўлади. Натижада цементдан фойдаланиш самараси камаяди (11.1-расм). Цемент сарфининг ошиши тузилиш мустаҳкамлигининг пасайишига, иссиқлик ажралишининг ва киришиш деформациясининг ортишига олиб келади. Цемент сарфининг кейинги  $550...600 \text{ кг/м}^3$  гача



*11.1-расм. Цемент сарфи кўпайишининг бетон мустаҳкамлигига таъсири.*

кўпайтирилиши бетон мустаҳкамлигининг ошишига кам таъсир кўрсатади ва бу иқтисодий жихатдан мақсадга мувофиқ эмас.

Кафолатланган зич ва мустаҳкам тузилишга эришиш учун, юқори мустаҳкам бетонда цемент сарфини чеклаш керак. Кичик ва ўртача ўлчамдаги темирбетон буюмлар учун максимал руҳсат этиладиган цемент сарфи  $550... 600 \text{ кг/м}^3$ , катта ўлчамли буюмлар учун эса  $<450 \text{ кг/м}^3$  бўлиши мақсадга мувофиқ.

Юқори сифатли бетонларда цемент сарфини мумкин қадар камайтиришга ҳаракат қилинади. Бунинг учун қуйидаги тадбирлар амалга оширилади:

- юқори мустаҳкам цементлар ишлатиш, уларнинг фаоллигини механик ва кимёвий усуллар билан ошириш (таркибига 2...3 % гипс ёки комплекс қўшимчалар қўшиб, солиштирма юзаси  $4000...5000 \text{ см}^2/\text{г}$  бўлгунча обдон яхшилаб тўйиш, махсус қўшилмалар билан фаоллаштириш);

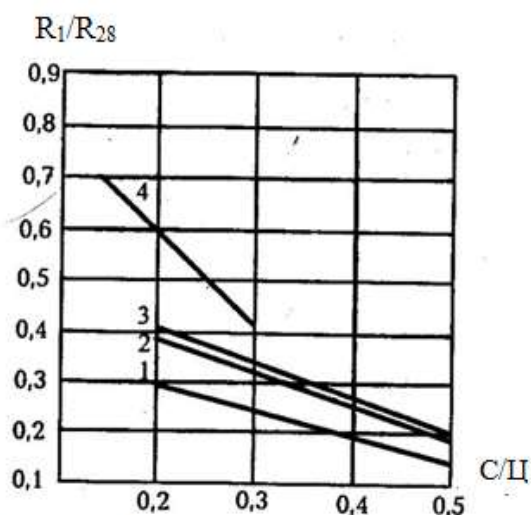
- ғоваклиги ва сув талабчанлиги кам бўлган махсус тўлдирувчиларни қўллаш;

- бетон қоришмага суперпластикловчилар ва комплекс қўшимчалар қўшиш;

- бетоннинг мустаҳкамлигини 28 кундан кўпроқ вақтда белгилаш (шундай вазият талаб қилинса).

Юқори мустаҳкам бетоннинг қотиши учун энг мақбул шароит  $20...25 \text{ }^\circ\text{C}$  ли ҳарорат ва 100 % намли муҳит ҳисобланади. Иссиқлик билан қотиришда ҳарорат тез кўтарилса, қотаётган бетонда ҳарорат ва намлик ўртасида тафовут ҳосил бўлади, натижада ҳарорат-намлик деформацияси таъсирида нотекис киришиш (ҳажмий қисқариш) рўй беради. Шу сабабли иссиқлик билан қотиришда анча юмшоқ режимларни қўллашга тўғри келади яъни, ҳарорат  $50...60 \text{ }^\circ\text{C}$  гача туширилганда муҳит намлиги юқори бўлиши керак.





11.2-расм. Бетоннинг бир кунлик нисбий мустаҳкамлигига цемент мустаҳкамлиги ва С/Ц нисбатининг таъсири. 1-М400 портландцементли бетонда; 2-М500 портландцементли бетонда; 3-М500 портландцемент, 10 % микрокремнезем ва 1,5 % суперпластикловчи қўшилган бетонда; 4-М100 СКБ бетонда

мустаҳкамлиги 100 МПа ва ундан юқори бўлган алоҳида юқори мустаҳкам бетонлар олиш имконияти кенгайди (шунингдек, қуйма конструкциялар учун суюқ бетон).

Юқорида кўриб чиқилган шартларга риоя қилинганда бетоннинг мустаҳкамлиги цемент мустаҳкамлигидан 1,5...1,7 марта ортиқ бўлади. Юқори мустаҳкам бетонларни қўллаш темирбетон конструкцияларнинг массасини камайтиради, узоқ муддатга чидамлилигини оширади ва замонавий конструкцияларни тайёрлаш имкони кенгайди.

Композицияли боғловчи моддалар, масалан СКБ (сув талабчанлиги кам боғловчилар), суперпластикловчилар, микрокремнезем, органик минерал қўшимчалар ва такомиллашган тинимсиз технологияларни қўллаш орқали, нафақат цементни ишлатишнинг самарадорлиги оширилади, балким

### §11.3. Тез қотувчан бетон

Нисбатан юқори мустаҳкамликка эга бўлган ва меъёрий муҳитда тез қотадиган (1...3 кунда) бетон олиш учун асосан, тез қотадиган цементлар, шунингдек, цементнинг қотишини тезлатувчи турли ҳил усуллар қўлланилади. Бундай усулларга қуйидагилар киради:

суперпластикловчилар қўшиш орқали сув-цемент нисбати камайтирилган бикр бетон қоришмасини қўллаш;

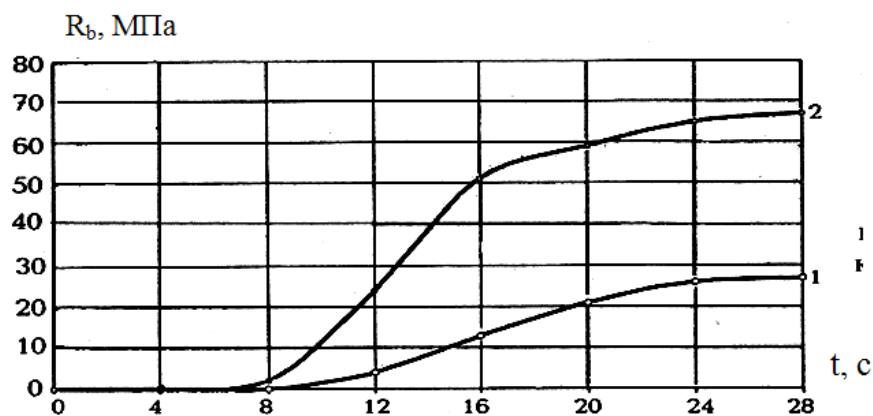
қотишни тезлатувчи қўшимчалар  $CaCl_2$ , глиноземли цемент ва ҳ. к. ишлатиш;

цементга гипс қўшиб (2...5 % цемент массасига нисбатан) куруқ ёки ҳўл усулда майдалаб туйиш шунингдек, махсус комплекс қўшимчаларни қўллаш; цемент қоришмасини фаоллаштириш орқали ва ҳ.к.

Юқори мустаҳкам ва тез қотувчан цементлар ишлатилганда бетоннинг нисбий мустаҳкамлиги дастлабки кунларда тез ортади. Бетоннинг нисбий мустаҳкамлигига боғловчи ҳили ва сув-цемент нисбатининг таъсири 11.2-расмда кўрсатилган. Сув-цемент нисбатининг камайиши нисбий мустаҳкамликнинг ошишига олиб келади, боғловчи мустаҳкамлиги қанча юқори бўлса, нисбий мустаҳкамлик ҳам шунча юқори бўлади.

Микрокремнезем ва суперпластикловчиларнинг биргаликда қўлланилиши бетоннинг дастлабки мустаҳкамлигига кам таъсир кўрсатади. Уларнинг таъсири “цемент-микрокремнезем-суперпластикловчи” тизим хоссаларида намоён бўлади. Уларнинг фаоллиги ошганда бетоннинг дастлабки кунлардаги нисбий мустаҳкамлиги анча ортиши мумкин. Бетоннинг дастлабки кунлардаги мустаҳкамлигининг ўсишига боғловчининг хоссалари ва сув-цемент нисбати катта таъсир кўрсатади. Бетоннинг 1 кундаги нисбий мустаҳкамлиги  $R_1/R_{28}$ , таркиби 90 % дан кўпроқ цемент клинкеридан иборат сув талабчанлиги кам боғловчили (СКБ) қўлланилганда сезиларли ортади (11.2-расм, 4 чизиқ).

Композицияли боғловчилар асосида тайёрланган бетон мустаҳкамлигининг ортиши бетон қоришмасини тайёрланганидан сўнг дастлабки соатлардаёқ содир бўлади (11.3-расм). Орадан 15...16 соат ўтгач, мустаҳкамлиги 50 МПа гача бўлган бетон олиш мумкин.



11.3-расм. Меъёрий муҳитда бетон мустаҳкамлигининг ўсиши. 1-М600 портландцементли бетонда; 2-М900 композицияли боғловчилар асосидаги бетонда.

Бетон қотишини тезлатиш усуллари унинг мустаҳкамлигига таъсири 11.2-жадвалда келтирилган.

Портландцемент асосидаги бетон таркибини танлашда биринчи тажрибавий қоришма учун меъёрий шароитда қотадиган бетоннинг 1 кунлик мустаҳкамлиги қуйидагича аниқланиши мумкин:

$$R_{b1} = 0,65 \cdot R_{ц1}(\text{Ц/С} - 1,3) \quad (11.1)$$

бу ерда  $R_{ц1}$ -цементнинг сиқилишдаги 1 кунлик мустаҳкамлиги, МПа.

Бетоннинг қотишини тезлатувчи усуллар қўлланилганда, унинг дастлабки (1...2 кунлик) мустаҳкамликларини 11.2-жадвалда келтирилган маълумотлар ёрдамида ҳам аниқлаш мумкин. Бетон таркибини ҳисоблашда бошқа, масалан 11.3-жадвалдан ҳам фойдаланиш мумкин (бетон мустаҳкамлигининг  $\text{CaCl}_2$  қўшилганда, цемент ҳилига боғлиқлиги жадвали).

Қуйидаги 11.2 ва 11.3 жадвалларда келтирилган кўрсаткичлар тахминий ҳисобланади, чунки бетоннинг дастлабки кунлардаги мустаҳкамлиги цемент ҳилига, қотишни тезлатиш усуллари ва қотиш шароитига боғлиқдир. Турли ҳил усуллари қўллаш орқали бетон мустаҳкамлигини

ошириш назарий жихатдан маълум қонуниятга бўйсунсада, амалиётда бетон мустаҳкамлигининг ўсиши ҳар қайси усул учун фарқ қилади.

Турли ҳил қотириш усулларининг бетон мустаҳкамлигига таъсири

11.2-жадвал

Қотишни тезлатиш усуллари	Бетоннинг сиқилишдаги чегаравий мустаҳкамлигининг ортиши, М400-М500 цементларда тайёрланган оддий бетонларга нисбатан % да	
	1 кунликда	2 кунликда
Тез қотувчи ёки М600 цемент ишлатилганда	130...170	115...135
Цемент массасига нисбатан 2 % CaCl <sub>2</sub> қўшимчаси қўшилганда	150...200	125...150
Органик кислоталар тузи асосидаги хлорсиз қотишни тезлатувчи қўшимчалар 2 % қўшилганда	140...150	120...130
Таркибига 2...3 % гипс қўшилган цементни солиштирма юзаси 5000-6000 см <sup>2</sup> /г гача туйилганда	200...250	150...200
Бетон қоришмаси ёки цементни тинимсиз аралаштириш орқали фаоллаштирилганда	140...170	120...300
Цементни қўшимча туйиш, 2 % CaCl <sub>2</sub> қўшиш орқали бетон қориш масини фаоллаштирилганда	300...400	200...300
СКБ (сувталабчанлиги кам боғловчилар) ишлатилганда	400...500	300...400

Бетоннинг дастлабки вақтдаги мустаҳкамлигига цемент маркаси ва CaCl<sub>2</sub> қўшимча таъсири

11.3-жадвал

Қотириш режимлари	Портландцементнинг қуйидаги маркалари ишлатилганда, бетоннинг R <sub>28</sub> га нисбатан мустаҳкамликлари					
	400		ТҚЦ (тез қотувчи цемент)		500	
	қўшим-часиз	қўшим-чали	қўшим-часиз	қўшим-чали	қўшим-часиз	қўшим-чали
20-25 °С хароратда 1 кун меъерий қотганда	0,2	0,35	0,3	0,4	0,3	0,4
20-25 °С хароратда 3 кун меъерий қотганда	0,4	0,55	0,5	0,6	0,5	0,6

## §11.4. Майда қумли бетон

Табиатда донадорлик таркиби бетон учун қўйиладиган талабларга жавоб берадиган майда қумлар захиралари кўп тарқалган бўлиб, улар бетон учун майда тўлдирувчи сифатида кенг қўлланилади. Бундай қумларнинг йириклик модули  $M_{\text{й}} < 1,5$  бўлиб, ўртача ва йирик қумларга нисбатан юқори ғовакликка ва солиштирма юзага эгадир. Аммо донадорлик таркиби паст ҳисобланади. Шу сабабли улар бетоннинг мустаҳкамлигини анча пасайтиради, бетон қоришмасининг ҳаркатчанлигини камайтиради ва энг асосийси бир ҳил мустаҳкамлик ва ҳаракатчанлик таъминланганида цемент сарфи кўпаяди.

Шу билан бирга майда қумлар йирик тўлдирувчи доналарини кам силжити ва сув тутиш қобилияти юқоридир. Бу эса бетон қоришмасининг сувталабчанлигига сезиларли таъсир кўрсатади. Шу сабабли майда қумли бетон таркибини аниқлашда, юқорида кўриб ўтилган (10-боб) оғир бетон таркибини лойиҳалаш усулларига қуйидаги тўғрилашлар киритилади:

1. С/Ц нисбати қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$C/Ц = 0,55 \cdot R_{\text{ц}} / (R_{\text{б}} + 0,55 \cdot 0,5 \cdot R_{\text{ц}}) \quad (11.2)$$

2. Тўлдирувчилар аралашмасидаги майда қум миқдори камайтиради, яъни  $\alpha$  коэффиценти миқдори 10.4 жадвалнинг (10-боб) эслатмаси бўйича камайтиради.

3. Бетон қоришма ҳаркатчанлиги унинг қулай жойланувчанлиги (йиғма темирбетон конструкциялар бетони учун) ёки бетон қоришмасининг қулай жойланувчанлигини ва ташилишини таъминлайдиган камайтирилган конус чўкмаси бўйича белгиланади.

Конус чўкмаси, бир ҳил қулай жойланувчан бетон қоришмаси учун қуйидагича бўлади, см:

оддий қум учун 1...3; 4...5; 6...8; 9...13.

майда қум учун 1...2; 2...3; 4...6; 7...10.

Бетон қоришмасининг сувталабчанлиги 10.5-жадвал асосида (10-боб), камайтирилган конус чўкмаси бўйича аниқланади.

## §11.5. Сув иншоотлари бетони

Сув иншоотлари учун ишлатиладиган бетонлар узок муддат ишлатилиши давомида доимо ёки вақтинчалик сув таъсирида бўлади. Шу сабабли бундай бетонларга хизмат қилиш шароитига боғлиқ ҳолда мустаҳкамлик талабидан ташқари, сув ўтказмаслик ва совуқбардошлик каби талаблар ҳам қўйилади. Ушбу қўшимча талабларга бетон таркибини тўғри танлаш орқали эришилади.

“Сув ўтказмаслик” ва “совуқбардошлик” талаблари конструкцияларнинг тавсифига ва уларнинг ишлаш шароитига боғлиқ бўлади. Одатда сув иншоотлари бетони қуйидаги ҳилларга бўлинади: сув ости яъни, доимо сувда турадиган; сув таъсирига учраб турадиган ва сувнинг устки қисмида

жойлашган, массив ва массив бўлмаган бетонлар ҳамда босимли ва босимсиз конструкциялар бетонлари.

Сув иншоотлари бетонининг сиқилишдаги мустаҳкамлиги унинг 180 кунлик ёшида аниқланади. Сув иншоотлари қурилишида бетоннинг В10...В40 синфлари қўлланилади.

Бундай бетонлар 180 кунлик ёшида сув ўтказмаслик бўйича қуйидаги маркаларга бўлинади (ЎзРСТ 724-96): W2; W4; W6; W8; W10. Бунда маркаси W2 бўлган бетон стандарт усулда тажриба қилинганда 0,2 МПа босим остида ўзидан сув ўтказмаслиги керак ва W4; W6; W8; W10 маркали бетонлар эса мос ҳолда 0,4; 0,6; 0,8 ва 1,0 МПа босимда.

Совуқбардошлик бўйича сув иншоотлари бетонлари бешта маркага бўлинади (ГОСТ 10060-2012): F50; F100; F150; F200; F300. Сув иншоотлари бетонига совуқбардошлик бўйича талаб уларга сув ва совуқ биргаликда таъсир қилиб турганда қўйилади.

Сув иншоотлари бетонининг таркиби юқоридаги оғир бетонларники каби аниқланади. Унинг сув ўтказмовчанлигини таъминлаш қуйидагича амалга оширилади: талаб қилинадиган совуқбардошликни ва сув ўтказмовчанликни таъминлайдиган материалларни танлаш; С/Ц нисбатини бетоннинг чидамлиги бўйича аниқлаш; цемент сарфини керакли чегарада олиш; зич бетон қоришмаси тайёрланишини таъминлайдиган силжиш коэффициенти  $\alpha$  нинг энг мақбул қийматини танлаш; микротўлдирувчиларни қўллаш орқали цемент сарфини нисбатан тежаш ва зич бетон олишга эришиш шунингдек, ҳаво ютувчи қўшимчаларни қўллаш.

Сув иншоотлари бетони учун портландцемент, пластиклаштирилган ва гидрофоб цементлар шунингдек, пуццоланли, шлакли ва сульфатга чидамли цементларни ишлатишга рухсат этилган.

Совуқ иқлим шароитида ишлатиладиган сув иншоотлари бетони учун пластиклаштирилган портландцемент ишлатилади. Бунда бетоннинг сув ўтказмовчанлиги ва совуқбардошлиги ортади, цемент сарфи 8...10 % гача тежаллади.

Алоҳида салбий шароитларда ва зарарли муҳитли сувларда эса сульфатга чидамли цементлар ишлатилади. Бунда сув иншоотлари бетони учун  $C_3 \cdot A$  миқдори 3...5 % дан ошиб кетмаслиги ва  $C_3A + C_4AF$  йиғиндиси эса 20 % дан кам бўлиши керак. Шунингдек, бетоннинг сув ўтказмовчанлиги ва совуқ-бардошлигини ошириш учун турли ҳил кимёвий қўшимчалар, яъни СДБ, СНВ, суперпластикловчилар ва органик минераллар қўшилади.

Сув иншоотлари бетони учун ишлатиладиган тўлдирувчилар унинг сувга чидамлилиги ва совуқбардошлигини таъминлаши керак. Майда тўлдирувчи сифатида кварц куми, йирик тўлдирувчилар сифатида эса чўкинди тоғ жинсларидан олинадиган шағал ва чақик тошлар ишлатилиши мақсадга мувофиқдир. Бунда тўлдирувчиларнинг донадор таркибига алоҳида эътибор бериш лозим яъни, кум имкон доирасида бойитилиши, йирик тўлдирувчилар фракциялари орасидаги нисбат қуйидаги 11.4-жадвалда келтирилган миқдорлар асосида тавсия қилиниши керак.

Сув иншоотлари бетони учун бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги ва қулай жойланувчанлиги юза-фаол қўшимчалар ҳамда майда донали кумлар қўлланилганда қуйидаги 11.5-жадвалда келтирилган қийматларга мос ҳолда қабул қилинади.

Тўлдирувчи фракциялари орасидаги тавсия этиладиган нисбатлар

11.4-жадвал

Доналарининг йириклиги, мм	Фракциядаги тўлдирувчилар миқдори, %					
	5 - 20 мм	5- 40 мм	20 - 40 мм	20 - 60 мм	48 - 80 мм	80 -150 мм
40	45...60	-	40...55	-	-	-
60	35...50	-	-	50...65	-	-
80	25...35	-	25...35	-	35...50	-
80	-	50...65	-	-	35...50	-
150	15...25	-	15...25	-	25...35	30...45
150	-	30...40	-	-	25...35	30...45

Сув иншоотлари учун ишлатиладиган бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги ва қулай жойланувчанлиги

11.5-жадвал

Конструкция ҳиллари	Қулай жойлан- увчан- лик, сек	Бетон қоришмасининг конус чўкмаси, см			
		Оддий қурилиш қумида		Майда донали қумда	
		қўшим- часиз	қўшим- чали	қўшим- часиз	қўшим- чали
Массив бетонли ва кам арматураланган, арматура 0,5 % гача	5...8	2...4	1...3	1...3	1...2
Темирбетонли арматура миқдори 1 % гача	3...5	4...8	3...6	3...6	2...5
Худди шундай арма- тура миқдори 1 % кўп	2...3	8...14	6...10	6...10	5...8

Сув-цемент нисбатини танлашда бетоннинг мустаҳкамлиги, сув ўтказ-  
мовчанлиги ва совуқбардошлиги каби талаблар эътиборга олинади. Сув-  
цемент нисбати мустаҳкамлик шартига асосан қотиш муддатини ҳисобга  
олган ҳолда (§9.1 қаранг) ва 11.6-жадвалда келтирилган сув ўтказмовчанлик  
ва совуқбардошлик шартлари асосида аниқланади. Бунда С/Ц нинг (10.11)  
формула (10-бобга қаранг) ва 11.6-жадвалдан аниқланган миқдорларининг  
энг ками қабул қилинади.

Цемент сарфи бетоннинг мустаҳкамлиги ва зичлигини таъминлайдиган  
энг кичик миқдордан кўпроқ бўлиши керак. Яъни, массив конструкциялар  
учун  $350 \text{ кг/м}^3$  дан кам эмас ва массив бўлмаган конструкциялар учун эса 400

кг/м<sup>3</sup> атрофида. Сувга чидамли (сув ўтказмайдиган) бетон олиш учун тўлдирувчилар аралашмасидаги кум миқдорини кўпроқ олиш тавсия қилинади. Яъни, силжиш коэффициенти  $\alpha$  миқдорини 10.4-жадвалда келтирилган қийматларидан 0,03...0,06 миқдорга кўп олиш керак (10-бобга қаранг).

Бетоннинг совуқбардошлигини таъминлайдиган С/Ц нисбатининг рухсат этиладиган максимал қийматлари

11.6-жадвал

Бетоннинг хизмат қилиш шароити	Сувли муҳитдаги темирбетон конс.лар		Сувли муҳитдаги бетон ва кам армат. ган массив конс.лар	
	денгиз суви	кўл суви	денгиз суви	кўл суви
Сувга тегиб турадиган иншоотлар учун:				
совуқ иқлим шароитида	0,5	0,55	0,55	0,60
меъёрий иқлим шароитида	0,55	0,60	0,60	0,55
Доимо сув тагида турадиган иншоотлар учун:				
босимли муҳитда	0,55	0,6	0,6	0,65
босимсиз муҳитда	0,6	0,65	0,65	0,65
Сувнинг устки қисмида жойлашган ва қисқа вақт сув билан ювилиб турадиган иншоотлар учун	0,65	0,65	0,70	0,70

### §11.6. Йўл ва аэродром қопламалари бетони

Йўл қопламалари учун ишлатиладиган бетонларнинг таркиби, тузилиши ва бошқа хоссаларига қўйиладиган талаблар худди шундай саноат, турар-жой бинолари, сув иншоотлари ва х. к. қурилиши учун ишлатиладиган оғир бетонлардан фарқ қилади. Чунки, йўл қопламалари бетони ишлатилиши давомида транспорт воситаларининг ҳаракатидан ҳосил бўладиган юклар, ташқи муҳит ва бошқа омиллар таъсирига учрайди. Транспорт воситаларининг ҳаракатланиши натижасида бетон қопламаларда муваққат таъсир қилувчи даврий юклар ҳосил бўлади. Шунингдек, қопламаларда ишқаланиш кучлари пайдо бўлади. Натижада қоплама юзасида чўзилиш ва сиқилиш зўриқишлари вужудга келади ва у бетоннинг деформацияланишига, аста-секин механик чарчаши ва ишдан чиқишига олиб келади. Қоплама пластик асосга ўрнатилган плита каби эгилишга ишлайди (эгилишдаги чўзувчи кучлар таъсирида бетон қоплама юзасида ёриқлар пайдо бўлади ва х. к.).

Шу сабабли йўл қопламалари бетонининг таркибини ҳисоблашда шундай нисбатни танлаш керакки, бунда бетоннинг чўзилиш ва эгилишдаги

мустаҳкамликлари шунингдек, унинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги ва совуқбардошлиги таъминланиши керак.

Йўл бетонининг лойиҳавий мустаҳкамлиги уни белгиланган ишлатилиш шароитига боғлиқ холда ўрнатилади (11.7-жадвал).

Бир ва икки қатламли йўл қопламалари бетони учун фаоллиги 40 МПа (М400) дан паст бўлмаган портландцемент (бунда уч кальцийли алюминат миқдори 10 % дан кам бўлмаслиги керак), бетон қоплама асоси бетони учун эса фаоллиги 30 МПа (М300) дан кам бўлмаган портландцемент ишлатилиши тавсия қилинади. Бир қатламли ва икки қатламли йўл қопламаларининг устки қатлами бетони учун йирик тўлдирувчи сифатида ювилган ва бойитилган (фракцияланган) шағал ва шағал асосида олинган чақик тошлар ишлатилади.

### Йўл қопламалари бетонининг мустаҳкамлигига қўйиладиган талаблар

11.7-жадвал

Бетоннинг қопламаларда ишлатилиши	Берилган мустаҳкамлиги, МПа	
	эгилишдаги	сиқилишдаги
Бир ва икки қатламли қопламаларнинг устки қатлами учун	4,0; 4,5; 5,0; 5,5	30; 35; 40; 50
Икки қатламли қопламаларнинг пастки қатлами учун	5,5; 4,0; 4,5	25; 30; 35
Капитал такомиллаштирилган асос қопламалари учун	2,0; 2,5; 3,0; 3,5	10; 15; 20; 25

Йўл қопламалари бетонининг совуқбардошлик бўйича маркалари қурилиш худудининг табиий иқлим шароитидан келиб чиққан холда белгиланади (11.8-жадвал).

### Йўл бетонининг совуқбардошлик бўйича маркаларини танлаш

11.8-жадвал

Йилнинг совуқ ойидаги ҳавонинг ўртача ҳарорати	Бетоннинг совуқбардошлик бўйича маркалари	
	бир ва икки қатламли қопламаларнинг устки қатлами учун	икки қатламли қопламаларнинг пастки қатлами ва такомиллаштирилган асосли бетон йўллар учун
0 дан -10 °С гача	F100	меъёрлаштирилмайди
-10 °С дан -20 °С гача	F150	F50
-20 °С дан паст	F200	F50

Чақик тошлар мустаҳкамлиги юқори бўлган тоғ жинсларидан олинади. Яъни, бир ва икки қатламли қопламаларнинг устки қатлами учун мустаҳкамлиги 120 МПа дан паст бўлмаган отилиб чиққан жинслар ва мустаҳкамлиги 80 МПа дан паст бўлмаган чўкинди жинслар асосидаги



тўлдирувчилар ишлатилади. Икки қатламли қопламаларнинг пастки қатлами учун ишлатиладиган шағалнинг мустаҳкамлиги отилиб чиққан жинслар учун 80 МПа дан кам бўлмаслиги, чўкинди тоғ жинслари учун 60 МПа дан кам бўлмаслиги керак.

Йирик тўлдирувчи доналарининг ўлчами: икки қатламли қопламаларнинг устки қатлами учун -20 мм; бир ва икки қатламли қопламаларнинг пастки қатлами учун -40 мм; қоплама асоси учун -70 мм дан кам бўлмаслиги керак.

Йўл қопламаси бетонининг совуқбардошлигини ошириш ва бетон қоришмасининг сифатини яхшилаш учун унга сирт-фаол қўшимчалар қўшилади. Бундай қўшимчаларга пластикловчи сульфит-дрожжали барда, суперпластикловчилар, органино-минерал ва ҳаво ютувчи қўшимчалар, милонафт ва х.к. киради. Ушбу қўшимчалар миқдори § 2.3 ва § 10.7 келтирилган тавсиялар бўйича аниқланади.

Бетон қоришмасини сифатли зичлаш учун унинг ҳаракатчанлик ва бикрлик кўрсаткичлари маълум бўлиши керак. Ушбу кўрсаткичлар қоришмани йўл қопламасига ётқизишдан олдин аниқланади ва уларнинг қийматлари 11.9-жадвалда келтирилган талаблар даражасида бўлиши керак.

#### Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигига қўйиладиган талаблар

11.9-жадвал

Бетон қоришмасини зичлаш усуллари	Конус чўкмаси, см	Бикрлиги, сек
Қоплама юзасини бетонқуйгич машина билан зичлаш	1...2	2...5
Қоплама юзасини майдончали титраткич билан зичлаш	2...3	-
Асос қисмини зичлаш	-	10...15

Йўл бетонининг таркибини аниқлаш юқорида кўриб ўтилган (10-боб) оғир бетонларникидек ҳисоб-тажрибалар шунингдек, қўшимча талаб ва тавсиялар асосида бажарилади.

Олдин эгилишдаги чўзилишга мустаҳкамлик чегараси (5.11) формуладан келиб чиққан холда (5-бобга қаранг), талаб қилинадиган С/Ц нисбати аниқланади. Таркибига ҳаво ютилган бетон учун С/Ц нисбати таҳминан қуйидагича қабул қилинади:

$$C/C = 0,36 \cdot R'_c (R_{\text{эгл}} + 0,36 \cdot 0,2 \cdot R'_c) \quad (11.3)$$

бу ерда  $R'_c$  - цементнинг эгилишдаги мустаҳкамлиги, МПа.

Сўнгра С/Ц нисбатига кўра бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги ва совуқбардошлиги бўйича аниқланган миқдорлари солиштирилиб, улардан С/Ц нисбатининг ками кейинги ҳисоблашларга ишлатилади. Кейин бетон қоришмасининг берилган ҳаракатчанлигини таъминлаш шартидан келиб чиққан холда 3.29-расмда келтирилган графиклар ёки 10.5-жадвал асосида сув сарфи аниқланади (3 ва 10-бобларга қаранг).

Бетонқуйгич машина ва механизмлар ишлатилганда (шағал йириклиги 40 мм гача бўлган хол учун) ўртача сув сарфи 160 л олинади. Оҳактошли шағал ва майда кум ишлатилганда сув сарфи 20 л кўп олинади. Бетон қоришма таркибига сирт-фаол қўшимчалар киритилганда сув сарфи 10 л га камайтиради. Шундан сўнг  $1\text{ м}^3$  бетон учун материаллар сарфи аниқланади.

### §11.7. Майда туйилган қўшимчали бетон

Бетон таркибига майда туйилган қўшимчаларни қўшиш икки ҳолда самарали ҳисобланади:

1. Бетоннинг талаб қилинадиган чидамлилигини таъминлаш шarti талабига боғлиқ бўлмаган ҳолда, сув-цемент нисбатини ошириш орқали унинг мустаҳкамлигини таъминлаш;

2. Бетоннинг зичланиши шarti талабига боғлиқ бўлмаган ҳолда, кам цемент сарфлаб унинг мустаҳкамлигини таъминлаш.

Цементнинг сувталабчанлигини сезиларли ўзгартирмайдиган қўшимча миқдорини ҳисоблаш қуйидагича амалга оширилади. Бетонга қўйиладиган талабларни қондириш учун биринчи ҳолда иккита шартга риоя қилинади:

1.  $x_1 = C/(Ц+К)$  нисбати 10.2-жадвалда (10-бобга қаранг) ўрнатилган ва бетоннинг керакли зичлигини таъминлайдиган қийматлардан кам бўлмаслиги керак.

2.  $x_2 = C/Ц$  нисбати (10.11) ёки (10.12) формулалар (10-боб) орқали аниқланадиган ва бетоннинг керакли мустаҳкамлигини таъминлайдиган қийматлардан катта бўлиши керак.

Бетоннинг зичлиги ва мустаҳкамлигининг биргаликда таъминланишига қуйидаги шарт бўйича эришилади:

$$x_1(Ц + К) = x_2 \cdot Ц \quad (11.4)$$

бу ердан қўшилма миқдори  $К = Ц(x_2 - x_1)/x_1 \quad (11.5)$

Иккинчи ҳолда, цемент сарфи мустаҳкамлик шarti бўйича кам олинганда (11.4) тенгликдан аниқланади:

$$Ц = [x_1(Ц + К)/x_2] \quad (11.6)$$

Боғловчи энг кам сарф қилинганда, масалан  $Ц + К = 200 \text{ кг/м}^3$ ,

$$Ц = 200 \cdot x_1/x_2; К = 200(x_2 - x_1)/x_2 \text{ га тенг бўлади.}$$

Бетон технологияси ривожланган ҳозирги шароитда, суперпластикловчи қўлланилганда бетоннинг мустаҳкамлик шarti бўйича керакли цемент сарфи бетоннинг зичлигини таъминлаш учун талаб қилинадиган цемент сарфига нисбатан камайд. Бундай ҳолда бетон таркибига майда туйилган қўшимчалар киритиш самарали ҳисобланади.

### §11.8. Кам шағалли бетон

*Кам шағалли бетон* деб таркибидаги шағал (ёки чақик тош) миқдори камайтирилган бетонларга айтилади. Оддий бетонларда шағал миқдори камайтирилганда, бетон қоришмасининг сувталабчанлиги ортади. Натижада

бетоннинг мустаҳкамлиги ва эластиклик модули камаяди, ҳажмий деформацияланиши эса ортади.

Тажрибалардан маълумки, бетоннинг хоссалари билан шағал миқдори орасидаги боғланиш тўғри чизиқли тавсифга эга бўлади.

Кам шағалли бетон таркиби қуйидаги таркибда аниқланади:

1. С/Ц нисбати (10.11) ва (10.12) формулалар орқали аниқланади (10-бобга қаранг).

2. Сув сарфи бетон қоришмасининг олдиндан берилган ҳаракатчанлигига боғлиқ холда 3.29-расмда келтирилган графиклар асосида топилади (3-бобга қаранг).

3. Цемент сарфи қуйидагича ҳисобланади,  $Ц = С:С/Ц$ .

4. Кейинги босқичда ҳисоблаш қуйидаги вариантлар бўйича амалга оширилиши мумкин:

а) цементнинг руҳсат этилган ортикча сарфи ва қабул қилинган зичлаш усулига боғлиқ холда 11.4-расмда келтирилган графиклардан фойдаланиб, меъёрий ҳаракатчан ва мустаҳкам бетон олиш учун цемент, сув ва шағал сарфи аниқланади. Сўнгра аниқланган натижаларга аниқлик киритилади.

б) майда донали бетоннинг талаб қилинадиган хоссаларига боғлиқ холда қўшиладиган шағал миқдори аниқланади:

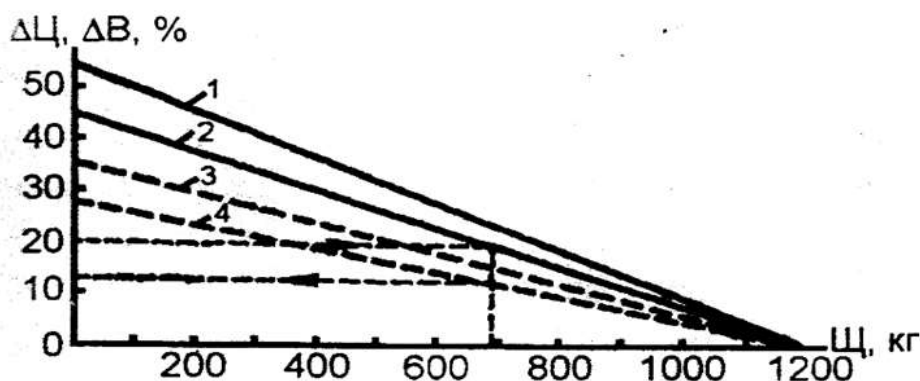
$$Ш = (y - 1) \cdot 1200 / a \quad (11.7)$$

бу ерда  $y$ -бетон хоссаларининг талаб бўйича ўзгариши,  $y < 1 + a$ ; 1200-оддий бетон қоришмаси учун шағалнинг ўртача сарфи,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $a$ -тақрибий коэффициент.

Шағал миқдори асосида 11.4-расмдан керакли сув ва цемент сарфи аниқланади.

5. Кум сарфи (10.4) формула орқали топилади (10-бобга қаранг).

6. Аниқланган натижалар бўйича тажрибавий қоришма тайёрланиб, синов ишлари бажарилади ва таркибга керакли тузатиш киритилади.



11.5-расм. Кам шағалли бетон таркибини ҳисоблаш графиги. 1-бир-қил қаттиқ бетон қоришмаси олиш учун цемент сарфининг ўсиши; 2-қисм шундай сув сарфининг ўсиши; 3, 4-қисм шундай бир қил қулай жойланувчан бетон қоришмасини олиш учун.

## §11.9. Суюқ бетон

Суюқ бетон юқори сув сарфида тайёрланади. Шу сабабли бетон қоришмасининг қатламланмаслигига алоҳида эътибор берилади (қатламланмаслик талаби қўйилади). Унинг қатламланишининг олдини олиш учун қоришманинг сувни тутиб туриш қобилиятини оширувчи қуйидаги тадбирлар амалга оширилади:

сув тутиш қобилиятига эга бўлган цементларни ишлатиш;  
суперпластикловчи, ҳаво сўрувчи ёки ҳаво тутувчи қўшимчаларни қўллаш;

цемент хамирнинг қатламланишининг олдини олиш учун сув-цемент нисбатини чеклаш;

бетон қоришмасидаги қум миқдорини кўпайтириш шунингдек,  $\alpha$  коэффициент қийматини ошириш ва х. к.

Суюқ бетонларни тайёрлаш учун маркаси М400...М500 бўлган портландцемент ва тез қотувчи цементларни ишлатиш мақсадга мувофиқ. Бундай цементлар зарраларининг дондорлик таркиби энг мақбуллиги ва туйилганлик даражасининг юқорилиги туфайли, С/Ц нисбатининг максимал миқдорида нисбатан яхши сув тутиш қобилиятига эгадир. Шунингдек, улар цемент хамирнинг тез тишлашиши (тутиб қолиши) ва қатламланишини камайтиради.

Цемент хамирнинг сув тутиш қобилиятини  $S/C_{кр}$  нисбатининг максимал миқдори бўйича баҳолаш мумкин (бунда ҳали қатламланиш кузатилмайди). Одатда  $S/C_{кр} = 1,65$  МҚ олинади (бу ерда МҚ-цемент хамирнинг сув-цемент нисбатига мос келувчи меъёрий қуюқлиги).

Суюқ бетон таркибини аниқлашда ҳақиқий  $S/C_x$  миқдори аниқланади ва у  $S/C_{кр}$  билан таққосланади. Бунда қуйидаги шарт бажарилиши керак:

$$S/C_x = S/C - C_k n - C_{ш} m < S/C_{кр} \quad (11.8)$$

бу ерда  $C$ ,  $S$ ,  $K$ ,  $Ш$ -мос ҳолда цемент, сув, қум ва шағал сарфи, кг/л;  $C_k$ ,  $C_{ш}$  –қум ва шағалнинг нисбий бирликдаги сувталабчанликлари, %;  $n=K/Ш$ ,  $m=Ш/C$  –қум-цемент ва шағал-цемент нисбатлари.

Шағал сарфини аниқлашда силжиш коэффициент  $\alpha$  нинг қиймати 0,1...0,2 бирликкача кўпроқ олинади. Аммо тўлдирувчиларнинг охирги сарфи тажрибавий қоришмалар натижаси бўйича аниқлаштирилади (бунда бетон қоришмасининг юқори боғланувчанлигига ва тажрибавий намуналар юзасида энг кам сув ажралиб чиқишига эришилган ҳолда).

Суюқ бетон қўлланилганда шуни ҳисобга олиш керакки, бунда бир ҳил шароитда қоришма ҳаракатчанлигининг ортиши цемент сарфининг кўпайишига олиб келади. Шу сабабли суюқ бетонларда цемент сарфини камайтириш учун суперпластикловчилар ва комплексли қўшимчаларни ишлатиш мақсадга мувофиқдир. Мустаҳкамлиги нисбатан паст бўлган суюқ бетонларни юқори мустаҳкам цементлар асосида тайёрланганда цемент сарфининг камайиши иқтисодий жихатдан асосланган. Бунда, цемент сарфи бетоннинг зич тузилишини олиш шароити асосида белгиланади (10.2-жадвал,

10-бобга қаранг). Ушбу цемент сарфи, берилган мустаҳкамликдаги бетонни олиш учун сарфланадиган цемент миқдоридан кам бўлади. Бундай ҳолат маркаси М500...М600 бўлган цементлар асосида мустаҳкамлиги 20 МПа гача бўлган бетонларни олишда самарали ҳисобланади.

Ҳозирги ривожланган замонавий технологияларда ўзи зичланувчи суюқ бетон қоришмаларни тайёрлашда композицияли боғловчи моддалар, суперпластикловчилар, дисперсли тўлдирувчилар, микрокремнезем ва органик минерал қўшимчалар ишлатилади. Қатламланмайдиган бетон қоришмасини олиш учун энг мақбул “цемент-тўлдирувчи” нисбати 1:3 бўлиши керак. Бунда, кўп қўлланиладиган ва арзон қўшимча сифатида куллар кенг ишлатилади.

Юқори мустаҳкам суюқ бетон олишда суперпластикловчи миқдори оширилган микрокремнезем қўлланилади. Бунда мустаҳкамлиги 100 МПа гача бўлган суюқ бетонлар олиш мумкин.

Мураккаб тузилишли ва зич арматураланган буюмларни бетонлашда суюқ бетонқоришмаси жуда самарали қўлланилади. Чунки, бунда меҳнат харажатлари ва буюмларни тайёрлаш вақти сезиларли камаяди (қоришмани қолипга жойлаш, зичлаш ва ш.к). Бунда асосан мустаҳкамлиги 60 МПа гача бўлган суюқ бетонлар ишлатилади. Суюқ бетон қоришмасини қўллашнинг ҳар қандай ҳолатларида ҳам цемент сарфини тежашга алоҳида эътибор қаратилади.

### §11.10. Оғир бетон турлари таркибини ҳисоблашга доир мисоллар

**Мисол 11.1.** Буғ ёрдамида 8 с қотирилганда 70 % лоихавий мустаҳкамлиги таъминладиган ва ўртача мустаҳкамлиги 30 МПа бўлган бетон таркиби аниқлансин. Бетон қоришма бикрлиги 15 с. Бетон учун материаллар 10.1 мисолдагидек олинади (10-бобга қаранг).

*Ечилиш:* Иккита тажрибавий қоришма учун Ц/С миқдори бўйича бетон таркиби аниқланади:

1. Тажрибавий қоришмалар учун 11.1-жадвал асосида Ц/С = 1,8 ва 2,2 қабул қилинади.

2. Сув сарфи 10.5 жадвал (10-боб) асосида  $C = 140$  л га тенг.

3. Цемент сарфи  $C_1 = 1,8 \cdot 140 = 250$  кг;  $C_2 = 2,2 \cdot 140 = 310$  кг.

4.  $\alpha$ -коэффициент қиймати 10.4-жадвал (10-боб) асосида  $\alpha = 1,1$  га тенг.

5. Иккала тажрибавий қоришмалар учун шағал сарфи (10.3) формула асосида:

$$Ш = [1000 / (0,43(1,1/1,48) + 1/2,6)] = 1415 \text{ кг.}$$

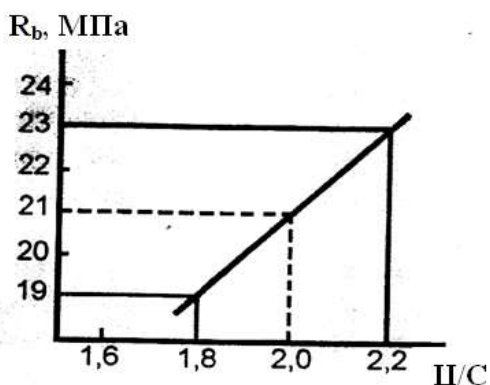
6. Қум сарфи (10.4) формулага асосан:

$$K_1 = [1000 - (250/3,1 + 140 + 1415/2,6)] \cdot 2,63 = 640 \text{ кг.}$$

$$K_2 = [1000 - (310/3,1 + 140 + 1415/2,6)] \cdot 2,63 = 565 \text{ кг.}$$

7. Қоришмалар таркиби  $1 \text{ м}^3$  бетон учун қуйидагича бўлади: биринчи қоришма учун  $-C_1 = 250$  кг,  $C_1 = 140$  л,  $K_1 = 640$  кг,  $Ш_2 = 1415$  кг; иккинчи қо-

ришма учун –  $C_2 = 310$  кг,  $S_2 = 140$  л,  $K_2 = 565$  кг,  $Щ_2 = 1415$  кг. Хар қайси таркиб бўйича ўлчамлари  $15 \times 15 \times 15$  см бўлган тўққизтадан бетон куб намуналар тайёрланади, улардан олтитаси 8 с. давомида буғлаб қотирилади. Сўнгра 4 с. совутилгач, хар қайси таркиб бўйича учтадан куб сиқилишга синаб кўрилади. Синов натижалари бўйича қуйидагилар олинган: биринчи таркиб учун  $C/C = 1,8$  бўлганда,  $R_1 = 19$  МПа; иккинчи таркиб учун  $C/C = 2,2$



11.5-раси. Сув-цемент нисбатининг бетон мустаҳкамлигига боғлиқлиги графиги (олдиндан берилган мустаҳкамлик бўйича буғлаб қотирилган бетоннинг тажрибавий натижалари асосида)

бўлганда  $R_2 = 23$  МПа. Олинган тажрибавий натижалар асосида  $R_b = f(C/C)$  боғланиш графиги қурилади (11.5-расм).

Топшириқда берилган талаб бўйича бетоннинг узатиш мустаҳкамлиги иссиқлик билан ишлов бериб қотирилгач, унинг 28 кунликдаги меъерий мустаҳкамлигининг 70 % га эришиши керак. Яъни,  $R_b = 0,7 \cdot 30 = 21$  МПа. Ушбу мустаҳкамликка  $C/C = 2$  бўлганда эришилади (11.5-расм).

Демак бетоннинг охирги таркиби қуйидагича бўлади:

$$C = 2 \cdot 140 = 280 \text{ кг}, S = 140 \text{ л}, Щ = 1415 \text{ кг}.$$

$$K = [1000 - (280/31 + 140 + 415/2,6)] \cdot 2,63 = 590 \text{ кг}.$$

**Мисол 11.2.** Бир кунлик мустаҳкамлиги  $R_{b1} = 20$  МПа бўлган бетон олиш учун қотишни тезлатиш усули аниқлансин. Цементнинг 1 кунлик мустаҳкамлиги  $R_{ц1} = 13$  МПа, гранит шағалининг йириклиги 20 мм. Бетон қоришманинг бикрлиги 7...8 с, цемент сарфи  $C = 450$  кг/м<sup>3</sup>, арматура диаметри 4 мм.

*Ечиш:* Сув сарфи 10.5 жадвал асосида (10-бобга қаранг)  $S = 160$  л/м<sup>3</sup> (бунда  $C/C = 160/450 = 0,35$ ). Юқоридаги (11.1) формулага асосан меъерий шароитда қотадиған хол учун бетоннинг 1 кунлик мустаҳкамлиги:

$$R_{b1} = 0,65 \cdot 13(450/160 - 0,3) = 13 \text{ МПа}.$$

Топшириқда берилган мустаҳкамликка эришиш учун бетоннинг мустаҳкамлигини  $(20/13) \cdot 100 = 153$  % га ошириш керак бўлади. Қотишни тезлатиш учун  $CaCl_2$  ишлатиш мумкин эмас, чунки бетонга арматура ўрнатилади ( $CaCl_2$  арматуранинг занглашига сабаб бўлади). Демак цементни технологик усулда фаоллаштириш усулини қўллаймиз (11.2-жадвалга қаранг).

Юқоридаги 11.2-жадвалга асосан бетон таркиби фаоллаштирилгач унинг 1 кунлик мустаҳкамлиги 170 % ортади. Ушбу холда сув-цемент нисбати (11.1) формулага асосан:

$$C/C = 0,65 \cdot 13 / (20/1,7 + 0,65 \cdot 1,3 \cdot 13) = 0,37 \text{ ва цемент сарфи}$$

$$C = 160/0,37 = 429 \text{ кг}.$$

**Мисол 11.3.** Мустаҳкамлиги 30 МПа бўлган бетон таркиби аниқлансин. Керакли материаллар тавсифи 10.1 мисолдагидек (10-бобга қаранг) олинади,

фақат оддий кум ўрнига йириклик модули  $M_{\text{й}} = 1,1$  сув талабчанлиги 10 % ва хақиқий зичлиги 2,63 кг/л бўлган майда кум ишлатилади.

*Ечили:* 1. Юқоридаги (11.2) формула асосида сув-цемент нисбатини аниқлаймиз:

$$C/Ц = 0,55 \cdot 40 / (30 + 0,55 \cdot 0,5 \cdot 40) = 0,54.$$

2. Майда кумли бетон учун камайтирилган конус чўкмаси қабул қилинади яъни, 4...5 см ўрнига 2...3 см. У ҳолда 10.5-жадвал асосида сув сарфи:

$$C = 160 + 5(10 - 7) = 185 \text{ л.}$$

3. Цемент сарфи  $Ц = 185/0,54 = 344 \text{ кг/м}^3$ .

4. Силжиш коэффициенти 10.4-жадвал асосида  $\alpha = 1,4 - 0,03(10 - 7) = 1,31$ .

5. Шағал сарфи (10.3) формула асосида

$$Ш = [1000 / (0,43(1,31/1,48) + 1/2,6)] = 1305 \text{ кг.}$$

6. Кум сарфи (10.4) формула асосида

$$Қ = [1000 - (344/3,1 + 185 + 1305/2,6)] \cdot 2,63 = 531 \text{ кг.}$$

7. Бетон қоришма зичлиги

$$\rho_b = Ц + C + Қ + Ш = 344 + 185 + 531 + 1305 = 2365 \text{ кг/м}^3.$$

**11.4-мисол.** Сиқилишдаги мустаҳкамлиги 40 МПа, эгилишдаги мустаҳкамлиги 5 МПа ва совукбардошлик бўйича маркази F200 бўлган бир қатламли бетон қоплама учун бетон таркиби танлансин. Бетон қоришмаси бетонқуйғич машинаси ёрдамида ётқизилади. Қуйидагилар берилган: цемент фаоллиги  $R_{\text{ц}} = 40$  МПа, эгилишдаги мустаҳкамлиги  $R_{\text{ц}} = 6$  МПа; йирик тўлдирувчи: фракциялари миқдори (5...20 мм)-60 %, (20...40 мм)-40 % бўлган гранит шағали, зичлиги 1,48 кг/л, хақиқий зичлиги-2,6 кг/л; майда тўлдирувчи-ўртача йирикликдаги кум,  $M_{\text{й}} = 2,2$ ; хақиқий зичлиги 2,63 кг/л; сирт-фаол қўшимчалар СДБ ва СНВ.

*Ечили:* 1 С/Ц нисбати қуйидагича аниқланади:

эгилишдаги мустаҳкамлик бўйича (11.3) формула асосида

$$C/Ц = 0,36 \cdot R'_{\text{ц}} / (R_{\text{эгл}} + 0,36 \cdot 0,2 \cdot R'_{\text{ц}}) = 0,36 \cdot 6 / (5 + 0,36 \cdot 0,2 \cdot 6) = 0,4;$$

сиқилишдаги мустаҳкамлик бўйича (10.10) формула асосида

$$C/Ц = 0,6 \cdot R_b / (R_b + 0,5 \cdot 0,6 \cdot R_b) = 0,6 \cdot 40 / (40 + 0,5 \cdot 0,6 \cdot R_{\text{ц}}) = 0,46;$$

совукбардошлик бўйича 11.6-жадвалга биноан  $C/Ц = 0,5$ .

Кейинги ҳисоблар учун юқорида аниқланган С/Ц нисбати миқдорларининг энг кичик қиймати олинади, яъни  $C/Ц = 0,4 < 0,46 < 0,5$ , чунки С/Ц нинг бошқа қийматларида бетоннинг талаб қилинадиган комплекс хоссалари таъминланмайди.

2. Сув сарфи 3.29-расмга асосан (3-бобга қаранг)  $C = 160$  л. Юза фаол қўшилмалар ишлатилганлиги сабабли сув сарфи 10 л га камайтирилади:

$$C = 160 - 10 = 150 \text{ л.}$$

3. Цемент сарфи  $Ц = C/0,4 = 150/0,4 = 375 \text{ кг}$ ;

4. Сирт-фаол қўшимчалар сарфи (бунда СДБ сарфи -0,2 %, 10.8-жадвал ва СНВ-0,02 % 10.9-жадвал асосида, 10-бобга қаранг):

$$D_{\text{СДБ}} = 0,002 \cdot 375 = 0,75 \text{ кг,}$$

$$D_{\text{СНВ}} = 0,0002 \cdot 375 = 0,075 \text{ кг.}$$

5. Шағал сарфи (10.3) формула асосида:

$$\Pi = [1000 / (1,5(0,43/1,48) + 1/2,6)] = 1220 \text{ кг}$$

Шағалнинг ғоваклиги

$$\Pi_{\text{ш}} = (2,6 - 1,48) / 2,6 = 0,43$$

$\alpha$ -коэффициентнинг қиймати 10.3 жадвалга асосан  $\alpha = 1,5$

Қум сарфи (10.4) формула асосида

$$K = [1000 - (375/3,1 + 150 + 45 + 1220/2,6)] \cdot 2,63 = 565 \text{ кг.}$$

бу ерда 45 л қоришмага ютилган хавонинг тахминий миқдори.

Бетоннинг зичлиги (ҳажми)

$$\rho_b = \Pi + C + X + K + \Pi_{\text{ш}} = 375 + 150 + 45 + 565 + 1220 = 2310 \text{ кг/м}^3.$$

Сўнгра ушбу таркиб бўйича тажрибавий қоришма тайёрланиб бетоннинг мустаҳкамлиги синаб кўрилади.

**Мисол 11.5.** Олдиндан берилган мустаҳкамлиги 30 МПа, қулай жойланувчанлиги 4...6 см ва рухсат этиладиган цементнинг қўшимча сарфи 20 % бўлган кам шағалли бетон таркиби аниқлансин. Цемент фаоллиги 37.5 МПа, қум йирик, зичлиги 2,6 кг/л; гранитли шағал, зичлиги 2,6 кг/л ва чегаравий йириклиги (донадорлиги) 40 мм.

*Ечиш.* 1. С/Ц нисбати (10.8) формула асосида аниқланади:

$$C/\Pi = 0,6 \cdot 37,5 / (30 + 0,6 \cdot 0,5 \cdot 37,5) = 0,54.$$

2. Сув сарфи 3.29 расмда келтирилган (3-боб) графика асосан  $C = 150$  л.

3. Цемент сарфи  $\Pi = 150 / 0,54 = 280$  кг.

4. Топшириқда берилган шартга биноан цемент сарфи 20 % оширилади.

Бунда 11.6 графика асосан сув сарфи 14 % кўпаяди ва шағал сарфи ўртача 700 кг га тенг бўлади. Унда цемент сарфи  $\Pi = 280 \cdot 1,2 = 335$  кг, сув сарфи

$$C = 150 \cdot 1,14 = 170 \text{ л.}$$

5. Қум сарфи (10.2) формула асосида

$$K = [1000 - (335/3,1 + 170 + 700/2,6)] \cdot 2,6 = 1175 \text{ кг.}$$

6. Бетоннинг ҳисобий зичлиги

$$\rho_b = \Pi + C + K + \Pi_{\text{ш}} = 335 + 172 + 1175 + 700 = 2380 \text{ кг/м}^3.$$

Охириги таркиб тажрибавий қоришма орқали текшириб кўрилади.

**11.6-мисол.** Бир кунда бетон мустаҳкамлигини 30 МПа га эришишини таъминлайдиган  $\text{CaCl}_2$  қўшимчасининг энг мақбул сарфи аниқлансин. Бетон қоришманинг конус чўкмаси бўйича ҳаракатчанлиги 4...5 см. Портланд-цемент-фаоллиги 40 МПа, ҳақиқий зичлиги 2,63 кг/л; чақиқ тош-йириклиги 40 мм гача, ҳақиқий зичлиги 2,6 кг/л, уйма зичлиги 1,50 кг/л.

*Ечиш:* Қўшилмасиз  $1 \text{ м}^3$  бетон учун материаллар сарфи 10.1 мисолдагидек (10-бобга қаранг) кетма-кетлик бўйича аниқланади.

Таркибига 1 ва 2 %  $\text{CaCl}_2$  қўшилган бетон учун зичлиги  $1,2 \text{ г/см}^3$  эритма сарфи 11.2 ва 11.3-жадваллар асосида қуйидагича бўлади:  $\text{CaCl}_2$  сарфи 1 % бўлганда эритма миқдори  $300 \cdot 0,01 \cdot 3,66 = 11$  л тенг бўлади;  $\text{CaCl}_2$  сарфи 2 % бўлганда эса  $300 \cdot 0,02 \cdot 3,66 = 22$  л тенг бўлади.

Масалан, тажрибавий бетон куб намуналарнинг 1 кунлик мустаҳкамликлари қуйидагича: қўшимчасиз бетон учун -7 МПа 1 %  $\text{CaCl}_2$  қўшимча-



линики эса -10,5 МПа. Демак цемент массасига нисбатан 2 %  $\text{CaCl}_2$  қўшилган таркиб энг мақбул ҳисобланади.

**11.7-мисол.** Мустаҳкамлиги 3 кунда 30 МПа га эришишни таъминлайдиган С/Ц миқдори аниқлансин. Портландцемент-фаоллиги 50 МПа ва бикр бетон қоришмаси ишлатилади. Бетон меъёрий муҳитда қотади,  $20 \pm 2$  °С.

*Ечили:* Юқоридаги 11.3- жадвал асосида бетоннинг 28 кундаги мустаҳкамлиги:

$$R_{b28} = R_{b3}/0,5 = 30/0,5 = 60 \text{ МПа.}$$

Сув цемент нисбати (10.10) формула асосида аниқланади:

$$C/Ц = 0,6 \cdot 50 / (60 + 0,5 \cdot 0,6 \cdot 50) = 0,4.$$

**11.8-мисол.** Мустаҳкамлик шартига кўра  $C/Ц < 0,7$  ва чидамлилиқ бўйича  $C/Ц < 0,6$  бўлса, мустаҳкамлик шарти бўйича ўртача  $250 \text{ кг/м}^3$  цемент сарф қилинади. Бундай ҳолда қанча миқдорда майда туйилган қўшимча зарур бўлади.

*Ечили:* Қўшимча миқдори (11.5) формула асосида:

$$D = 250[(0,7 - 0,6)/0,7] = 41 \text{ кг/м}^3 \text{ бўлади.}$$

Демак умумий боғловчи миқдори  $250 + 41 = 291 \text{ кг/м}^3$  тенг бўлади.

## Назорат саволлари

1. Йиғма темирбетон конструкциялари учун қўлланиладиган бетонларга қандай талаблар қўйилади?
2. Юқори мустаҳкам бетонлар олишда қандай марказдаги цементлар ишлатилади?
3. Юқори мустаҳкам бетонларни қўллаш орқали қандай самарадорликка эришилади?
4. Тез қотувчан бетонлар қандай боғловчилар асосида олинади?
5. Бетоннинг қотишини тезлатиш усуллари айтиб беринг.
6. Тез қотувчи бетоннинг 1 кунлик мустаҳкамлиги қандай аниқланади?
7. Майда қумли бетон таркиби қандай аниқланади?
8. Сув иншоотлари бетонига қандай талаблар қўйилади?
9. Сув ўтказмаслик ва совуқбардошлиқ бўйича сув иншоотлари бетони қандай маркаларга бўлинади?
10. Сув иншоотлари бетони учун ишлатиладиган йирик тўлдирувчилар фракцияси орасидаги нисбатлар қандай бўлиши керак?
11. Сув иншоотлари учун ишлатиладиган бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги ва қулай жойлашувчанлиги чегарасини кўрсатинг?
12. Бетоннинг совуқбардошлигини таъминлайдиган С/Ц нисбатининг рухсат этиладиган қийматларини кўрсатинг?
13. Йўл ва аэродром қопламалари бетонининг мустаҳкамлигига қандай талаблар қўйилади?
14. Йўл ва аэродром қопламалари бетонининг совуқбардошлиқ бўйича маркалари қандай танланади?
15. Йўл қопламалари учун қўлланиладиган бетон қоришмасига қандай

талаблар қўйилади?

16. Майда тўйилган қўшилмали бетон қандай ҳолларда самарали ҳисобланади?

17. Кам шағалли бетонлар қандай мақсадларда ишлатилади?

17. Кам шағалли бетон таркиби қандай аниқланади?

19. Суюқ бетон қоришмаси қандай конструкцияларни тайёрлаш учун ишлатилади?

20. Суюқ бетон таркибини аниқлашда ҳақиқий сув-цемент нисбати қандай аниқланади?

### **Қўшимча адабиётлар**

1. Баженов Ю. М., Демьянова В. С., Калашников В. И. Модифицированные бетоны. –М.: Стройиздат, 2006.-320 с.

2. Гончаров В.В. Гидротехнические бетоны. К.: Будівельник, 1978.-200 с.

3. Ўз РСТ 707-96. Бетонлар. Синфланиши ва умумий техник шартлар.

4. Ўз РСТ 728-96. Оғир ва майда донали бетонлар. Техник шартлар.

5. Ўз РСТ 724-96. Бетонлар. Сув ўтказмасликни аниқлаш усуллари.

6. ГОСТ 10060-2012. Бетоны. Методы определения морозостойкости.

## 12-БОБ. МАЙДА ДОНАЛИ БЕТОН

### §12.1. Майда донали бетоннинг алоҳида хоссалари

Кейинги йилларда қурилиш соҳасида қумли бетонлар ҳам кенг қўлланилмоқда. Тўлдирувчи сифатида фақат қум ишлатилиши туфайли тўлдирувчилар солиштирма юзасининг ва ғоваклигининг ошишига олиб келади. Меъёрий ҳаракатчан тузилишли бетон қоришмасини олиш учун ҳудди шундай йирик тўлдирувчили бетон қоришмасига нисбатан сув ва цемент миқдори 15...20 % кўп сарф қилинади. Бу эса ўз навбатида бетонни ҳажмий киришиш деформациясининг ўсишига сабаб бўлади.

Цемент сарфини мумкин қадар камайтириш талабларидан келиб чиққан ҳолда қурилишда майда донали бетонларни қўллаш нисбатан чегараланган эди. Республикамзнинг жанубий-ғарбий вилоятлари (Қашқадарё, Бухоро, Хоразм) худудларида қум захираларининг жуда кўплиги туфайли ҳозирги пайтда жойларда қурилишнинг алоҳида шароитларини ҳисобга олган ҳолда, майда донали бетонлар турли ҳил бино ва иншоотларни барпо этишда самарали қўлланилмоқда.

Кейинги йилларда фан ва техниканинг ривожланиши, ишлаб чиқариш технологик жараёнларининг такомиллашиши натижасида майда донали бетонларнинг таркиби кўп компонентли таркиблар билан (суперпластикловчилар, майда туйилган дисперсли фаол минерал қўшимчалар ва ҳ.к.) бойитилиши натижасида энг кам миқдордаги цемент ва сув сарфига, шунингдек, бетоннинг ҳажмий кришиш деформациясининг кескин камайишига эришилди.

Майда донали тузилишга эга бўлган материал (бетон) ўзининг бир қатор устунлик хоссаларига эга бўлиб, улардан қуйидагиларини келтириш мумкин:

йирик донали тўлдирувчиларсиз майда дисперсли ва тузилиши бир жинсли бўлган юқори сифатли тузилиш ҳосил қилиш мумкинлиги;

бетоннинг самарадорлигини кимёвий ва минерал қўшимчалар киритиш орқали ошириш имкониятлари мавжудлиги;

юқори технологияли қилиш яъни, буюм ва конструкцияларни қолип-лашда қуйиш, пресслаш,экструзия, штамповкалаш каби усуллардан унумли фойдаланиш мумкинлиги;

осон ташиладиган, жумладан қувурлар орқали ташишни таъминлашни; сифати юқори кафолатланган куруқ қоришмаларни кенг қўллаш имкониятлари таъминланиши;

турли ҳил комплексли хоссаларга эга бўлган бетонлар олиш имкониятлари мавжудлиги;

янги меъморий-конструктив ечимлар асосида юпқа қобиқли ва кўп қатламли конструкцияларни ишлаб чиқариш мумкинлиги;

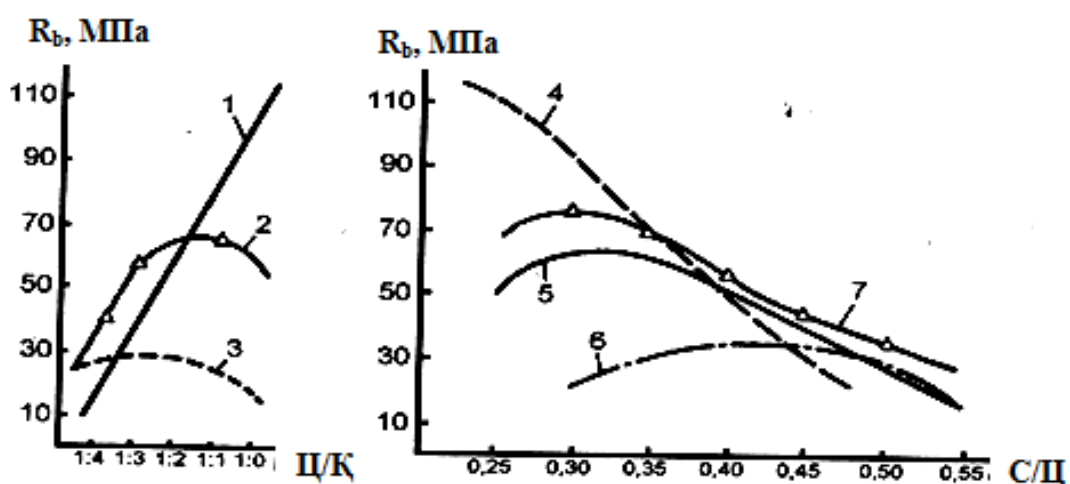
таннархи нисбатан юқори бўлмаган маҳаллий хом ашёларни кенг қўллаш орқали юқори мустаҳкам майда донали бетонлар олиш ва ҳ.к.

Майда донали бетонлар юпқа қобиқли темирбетон конструкцияларни тайёрлашда қўлланилганда юқори иқтисодий самарадорликка эришилади.

Бундай бетон пўлат сим тўрлар билан арматураланади, натижада “армоцемент” ҳосил бўлади яъни, юпқа қобикли конструкциялар учун юқори мустаҳкам материал. Майда донали бетон таркибига толасимон темир қипиқлари (фибр) қўшилганда, чўзилишга мустаҳкамлиги юқори бўлган “фибробетон” ҳосил бўлади. Бетоннинг тузилиши ва ҳоссаларини модификацияловчи композит боғловчи моддалар ва махсус комплекс қўшимчалар қўшиш орқали “кўп компонентли композицияли” майда донали бетонлар олинади. Майда донали бетоннинг ҳоссалари худди оғир бетонники каби усуллар орқали аниқланади. Аммо майда донали цемент-қумли бетон тузилиши, цемент миқдорининг кўплиги, қаттиқ тош скелетининг йўқлиги, юқори ғоваклиги каби алоҳида ҳусусиятлари билан фарқланади.

Қумли бетон мустаҳкамлигини унинг таркибига боғлиқлиги 12.1 а-расмда кўрсатилган. Бунда  $C/Ц = 0,3$  бўлганда бетон мустаҳкамлигининг цемент сарфига боғлиқлиги тўғри чизиқли тавсифга эга. Цемент сарфининг камайиши бетон мустаҳкамлигининг кескин тушиб кетишига олиб келади.

Сув-цемент нисбати  $C/Ц = 0,4$  ва ундан юқори бўлганда қум ва цемент орасидаги нисбат энг мақбул бўлган ҳолдагина бетон ўзининг юқори мустаҳкамлигига эришади. Бундай нисбатда бетон қоришма максимал зичликка эга бўлади.



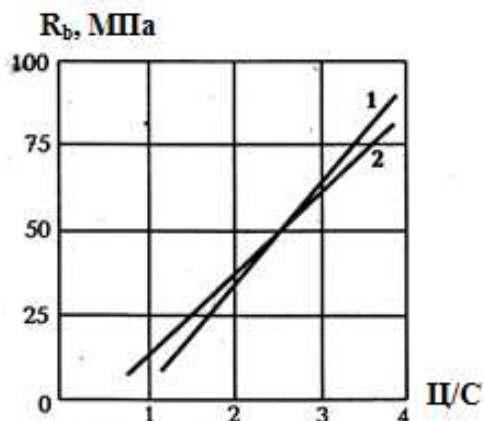
12.1-расм. Қумли бетон мустаҳкамлигининг таркибига (а) ва  $C/Ц$  нисбатига (б) боғлиқлиги графиклари. 1- $C/Ц = 0,3$ ; 2- $C/Ц = 0,4$ ; 3- $C/Ц = 0,5$ ; 4- $Ц/К = 1,0$ ; 5- $Ц/К = 0,5$ ; 6- $Ц/К = 0,25$ ; 7-оддий бетон учун (таққословчи таркиб).

Цемент сарфи кам бўлганда қоришманинг қулай жойланувчанлиги ёмонлашади ва уни қолиплаш қийинлашади. Натижада бетоннинг зичлиги ва мустаҳкамлиги камаяди. Цемент сарфи меъёрдан кўп бўлганда ортиқча сув миқдори кўпаяди ва мос ҳолда бетоннинг ғоваклиги ортади, мустаҳкамлиги эса камаяди.

Ҳар қайси бетон таркиби учун сув-цемент нисбатининг энг мақбул қийматлари бўлиб, бунда юқори мустаҳкамликка ва зичликка эга бўлган бетон олинади (12.1-расм б).

Маълумки, цемент-сув нисбатининг паст қийматида сифатли зичланиш таъминланса, мустаҳкамлиги йирик тўлдирувчилар асосида тайёрланган

оддий бетонларниқидан юқорироқ қумли бетон олиш мумкин (12.2-расм). Аммо бундай бетонлар кўп цемент талаб қилади ва уларни фақат махсус конструкциялар учун қўллаш мумкин.



12.2-расм. Майда донали ва оддий бетон мустаҳкамлигининг цемент-сув нисбатига боғлиқлиги (400 маркали портландцементда) 1-майда донали; 2-оддий бетон;

Майда донали бетонлар оддий бетонларга караганда цемент ва сув миқдорини анча кўпроқ ўзига бириктиради, бу эса тузилшида ғовакларнинг ортишига олиб келади. Майда донали бетонларнинг ғоваклигига зичлаш даражаси ва бошқа технологик омиллар ҳам таъсир кўрсатади.

Бундай бетонларда қум доналари кичик ўлчамли бўлганлиги сабабли бетон қоришманинг зичланишини камайтиради, лекин майда доналарнинг ўзаро силжиш тавсифи яхши бўлганлиги туфайли бетон қоришмасини аралаштириш анча осон кечади, қолипларга яхши жойланади.

Майда донали бетон учун турли ҳил цемент ва қумлар ишлатилиши, бетон қоришмасини тайёрлаш ва зичлаш жараён-

ларининг ҳар ҳиллиги туфайли бундай бетонларнинг мустаҳкамлигини  $R_b = f(\text{Ц/С})$  “мустаҳкамлик- Ц/С” нисбати боғланиш орқали тавсифлаб бўлмайди. Бунда бетон мустаҳкамлигини аниқлаш формулаларига керакли тўғрилаш коэффициентлари киритилиши зарур бўлади.

Одатда қум, шағал-қумли аралашмага нисбатан анча юқори ғовакликка эга бўлади. Цемент миқдори кам бўлган ҳолатда цемент хабири қум доналари атрофини ва улар орасини етарлича тўлдира олмайди. Натижада цемент хабири етмаслиги туфайли қўшимча ғоваклар ҳосил бўлиб қолади. Бу эса умумий ғовакликни оширади ва бетон мустаҳкамлигининг камайишига сабаб бўлади. Оддий бетонлар эса (цемент сарфи  $200...300 \text{ кг/м}^3$  бўлганда) бундан мустасно.

Юқоридагилардан келиб чиққан ҳолда қумли бетон мустаҳкамлигининг турли омилларга боғлиқлигини қуйидаги формула орқали аниқлаш мумкин:

$$R_{kb} = A \cdot R_{ц} [\text{Ц}/(\text{С} + \text{С} \cdot \text{Х}) - 0,8] \quad (12.1)$$

бу ерда С, Ц-мос ҳолда сув ва цемент сарфи,  $\text{кг/м}^3$ ; С·Х-сўралган ҳаво хажми (ёки қўшимча қўшилган), л; А-тақрибий коэффициент бўлиб, юқори сифатли материаллар учун  $A = 0,8$ , ўртача сифатли учун,  $A = 0,75$  ва паст сифатли учун  $A = 0,65$  қабул қилинади.

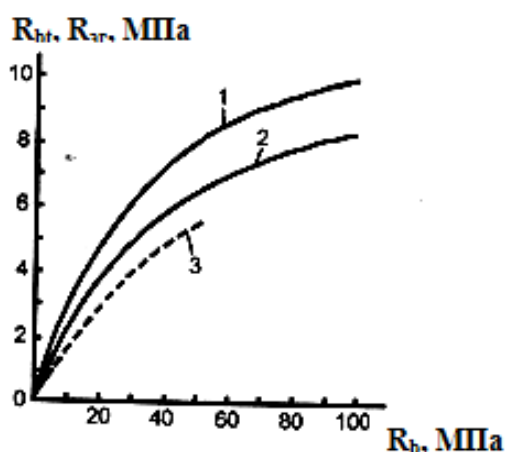
Ҳаво фазаси миқдори дастлабки материалларнинг сифатига, бетон таркибига ва уни тайёрлаш ҳамда зичлаш жараёнларига боғлиқ бўлади. Сўрилган ҳаво хажмини ҳисоб орқали аниқлаш бир-мунча қийинчиликлар туғдиради. Шу сабабли бетон таркибини аниқлашда олдин сув- цемент нисбати қуйидаги боғланишдан аниқланади:

$$R_{kb} = A \cdot R_{ц} (\text{Ц/С} - 0,8) \quad (12.2)$$

Ушбу бетон мустаҳкамлиги формуласидаги А-коэффициентни тажриба йўли билан аниқлаш мақсадга мувофиқдир, чунки кумнинг сифати унинг қийматиға сезиларли таъсир кўрсатади.

Майда донали бетоннинг таркиби ва кумнинг сифати цементнинг бетонға ишлатилиш самарасини белгилайди. Бунда 1:1...1:1:1,5 нисбатдаги таркиблар энг мақбул ҳисобланади ва цементнинг минимал солиштирма сарфи 12 кг/МПа гача ортади.

Майда донали бетонлар эгилишга, сув ўтказмовчанлик ва совуқбардошлик бўйича юқори мустаҳкамликка эга ҳисобланади (12.3-расм). Шу сабабли уларни йўл қопламаларида, қувурлар ва сув иншоотларини барпо этишда қўллаш юқори самара беради.



**12.3-расм. Бетоннинг эгилиш ва чўзилишидаги мустаҳкамликларнинг сиқилишидаги мустаҳкамликка боғлиқлиги 1- $R_{32}$  кумли бетон учун; 2-  $R_{32}$  оддий бетон учун; 3-  $R_{bt}$  кумли бетон учун.**

сарфи 260 л/м<sup>3</sup> бўлса, худди шундай 1:2 таркибли бетон қоришма учун эса, сув сарфи 300 л/м<sup>3</sup> бўлади.

Бир хил мустаҳкамликка ва ҳаракатчанликка эга бўлган майда донали бетон қоришмасини олиш учун худди шундай оддий бетонға нисбатан 20...40 % ортиқча сув ва цемент сарф қилинади. Шу сабабли цемент сарфини камайтириш учун бетонға кимёвий қўшимчалар қўшилади, қоришмани зичлашнинг самарали усуллари қўлланилади ва энг мақбул донадор таркибли йирикроқ кумлар ишлатилади. Шунингдек, пластикловчилар, масалан СДБ ва суперпластикловчилар ва органик минерал қўшимчалар қўлланилади.

Цемент-қумли бетон қоришмасини яхшилаб зичлашга уни пресшлаш, трамбовкалаш, қўшимча юк билан зичлаш, титратиб вакуумлаш ва роликлар ёрдамида зичлаш орқали эришилади. Масалан, маркаси М400 бўган цемент асосидаги 1:2 таркибли майда донали бетонни оддий усул билан зичлаштирилганда 28 кунда мустаҳкамлиги 55 МПа, зичлиги эса 2,3 т/м<sup>3</sup> га тенг бўлган

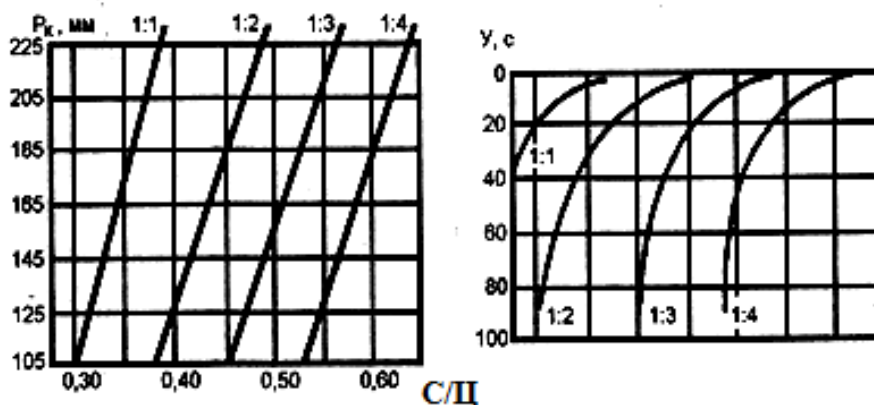
Майда донали бетоннинг мустаҳкамлигини ўлчамлари 3x3x3, 5x5x5, 7x7x7 см ли куб ва 4x4x16 см ли балкачаларни синаш орқали аниқланади (худди цемент мустаҳкамлигини аниқлашдагидек). Унинг призмавий мустаҳкамлиги ўртача  $R_b = 0,85 \cdot R_{куб}$  га тенг олинади.

Тўлдирувчи (кум) доналарининг майдалиги ва солиштарма юзасининг юқорлиги қоришманинг сув талабчанлигини оширади. Цемент-қумли қоришманинг сув талабчанлиги фақат қоришма ҳаракатчанлиги билангина эмас, балки унинг таркиби билан ҳам аниқланади. Масалан, ўртача йирикликдаги кум ишлатилган ва ҳаракатчанлиги конус чўкмаси бўйича 2 см бўлган 1:3 таркибли бетон қоришма олиш учун сув

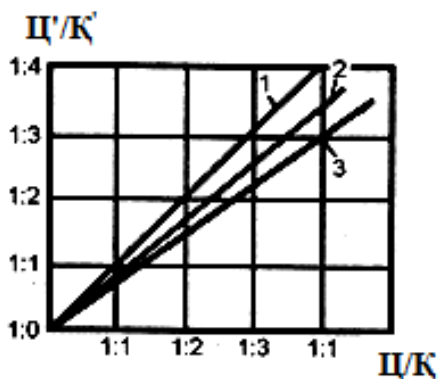
бетон олишга эришилади (тажрибалар асосида). Трамбовкалаб зичлаш усули қўлланилганда эса, бетон мустаҳкамлиги 77 МПа, зичлиги 2,4 т/м<sup>3</sup> гача ортади.

Юпқа қобикли темирбетон конструкцияларни тайёрлаш учун одатда такиби 1:3...1:4 нисбатда бўлган кам ҳаракатчан цемент–қумли қоришмалар ишлатилади. Армоцемент учун эса янада “мойлироқ” яъни, таркиби 1:2 нисбатли қоришма олинади.

Цемент–қумли қоришма ҳаракатчанлиги сув- цемент нисбатига боғлиқ ҳолда, цемент хамирининг миқдори ва унинг консистенцияси орқали аниқланади. Ушбу боғланишлар конус ёйилишининг Ц/Қ ва С/Ц нисбатларига боғлиқлиги асосида тавсифланади (12.4–расм).



12.4–расм. Цемент ва ўртача йирикликдаги қум (сув талабчанлиги 7%) орасидаги нисбатни аниқлаш графиклари. а– конус ёйилиши КЖ нинг ва б–қулай жойланувчанлик КЖ нинг С/Ц нисбатига боғлиқлиги.



12.5–расм. Қумнинг йириклигига боғлиқ ҳолда цемент–қумли қоришманинг берилган ҳаракатчанлигини таъминлаш учун Ц<sup>1</sup>/Қ<sup>1</sup> нисбатини тўғриловчи график. 1– $M_{и} = 2,5$ ; 2– $M_{и} = 1,5$ ; 3– $M_{и} = 0,75$  (Ц/Қ–ўртача йирикликдаги қум учун 12.4–расм бўйича қабул қилинади).

Конус ёйилишига қумнинг сифати сезиларли таъсир кўрсатади. Қум қанчалик майда бўлса, унинг солиштирма юзаси ортади ва сув сарфи ҳам кўпаяди. Меъёрий цемент–қумли қоришма олиш учун доимий Ц/Қ нисбатида сув сарфи оширилади, ёки берилган мустаҳкамликка эришиш учун доимий С/Ц нисбатида Ц/Қ миқдори оширилади.

Қумнинг йириклик модули ўзгарганда цемент-қумли қоришманинг қандай ўзгариши 12.5–расмда кўрсатилган.

Цемент-қумли қоришма ҳаракатчанлигини доимий сақлаб туриш учун С/Ц нисбатини қумнинг сув талабчанлиги ва қоришмадаги миқдори бўйича ошириш керак.

$$C/C_1 = C/C_2 + \Delta C/C = C/C_2 + C_K(K/C_1 - K/C_2) \quad (12.3)$$

бу ерда,  $C/C_1$  ва  $C/C_2$ –лар меъерий ҳара-катчан қоришмалар  $K/C_1$  ва  $K/C_2$  даги сув-цемент нисбатлари;  $C_K$ -қумнинг сув талабчанлиги.

Майда донали бетон сифатининг технологик омилларга боғлиқлиги  $R_b = f(R_c, C/C)$  ва  $K_E = f(C/C, C/K)$  графиклари маълум  $C/C$  ва  $C/K$  ораликларда тўғри чизиқли тавсифини сақлайди. Яъни, бунда цемент-қумли қоришма ўзининг сифатини сақлаб қолади. Қоришма сифати қуйидаги тенглик бўйича аниқланади:

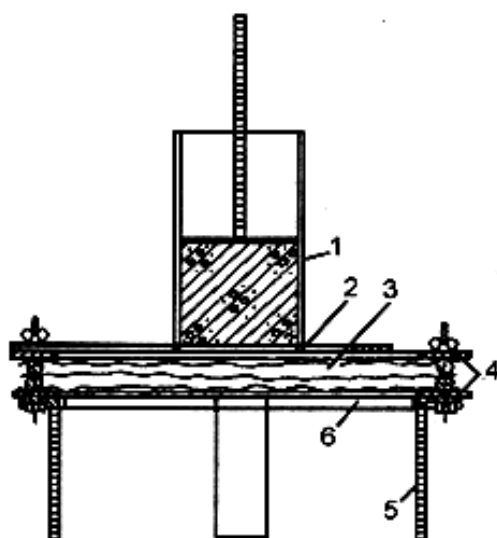
$$C/C_{\text{сиф}} = (0,86...1,65)M_K = C/C_{\text{цк}} - C_K \cdot K/C \quad (12.4)$$

бу ерда,  $C/C_{\text{цк}}$ –цемент–қумли қоришманинг сув–цемент нисбати.

Майда донали бетоннинг сифатини таъминлайдиган  $C/C$  нисбатнинг тахминий чегаравий қийматлари

12.1–жадвал.

Бетон таркиби	Қўшилмасиз	Суперпластикловчи қўшилганда	Сув талабчанлиги кам боғловчилар (СКБ) қўшилганда
1:1	0,29...0,5	0,24...0,41	0,2...0,33
1:2	0,36...0,57	0,3...0,47	0,26...0,39
1:3	0,43...0,64	0,36...0,53	0,32...0,45



**12.6–расм. Армоцемент қолипла-нишини аниқловчи ускуна схемаси.**  
1–пўлат цилиндр; 2–силъувчи қоп-қоқ; 3–арматура тўри; 4–ушловчи рамка; 5–асбобни стандарт қолипга маҳкамловчи қисқичлар; 6–оргстек-лоли пластинка.

Юпқа қобиқли темирбетон конструкцияларни тайёрлашда қот-таётган бетон намлигининг сақла-нишига алоҳида эътибор бериш керак. Бунда композицияли боғ-ловчилар ва сув тутувчи қўшим-чаларни қўллаш шунингдек, буюм юзасини махсус плёнкалар билан ҳимоя қилиш керак ва х.к. Натижада бетон мустаҳкамлигининг тез ўси-шини кузатиш мумкин ва юқори сифатли буюмларни тайёрлаш имкони кенгайди.

Армоцементли конструкциялар бетони таркибини аниқлашда пўлат мато шаклида зич арматураланган шароитда цемент–қумли қоришма ҳолатини тўғри баҳолаш муҳим аҳамиятга эгадир. Бундай баҳолаш “армоцементни қолиплаш” йўли билан аниқланади.

Армоцементни қолиплаш мах-сус асбоб ёрдамида аниқланади (12.6–расм). Ускуна устки ва пастки қисиб ушловчи рамкалардан иборат бўлиб, болтлар ёрдамида маҳкамланади.



Рамкалар орасига арматура тўри жойлаштирилади. Пастки рамкада махсус қисқичлар бўлиб, асбобни металл қолипга маҳкамлаш учун хизмат қилади. Устки рамкага махсус кронштейн ёрдамида металл цилиндр маҳкамланади. Цилиндрнинг пастки тешиги силжувчи қопқоқ билан ёпилади. Армоцементнинг қолипланиши икки усулда яъни, қоришманинг тўрдан оқиб ўтиши ва тўр орсига ёйилиб жойланиши орқали аниқланади.

Армоцементнинг қолипланишини аниқлаш учун ускуна титратма-майдончага ўрнатилган ўлчамлари 15x15x15см ли металл қолипга маҳкамланади. Сўнгра металл цилиндрга 300 г цемент–қумли қоришма солинади ва олдиндан зичлантирилади, кейин силжувчи қопқоқ очилади ва титратгач ишлатилади. Натижада цилиндрдаги қоришма арматурали тўр устига ўтиб тўлиқ жойлашади. Қоришманинг цилиндрдан тўлиқ пастки қолипга ўтиши учун кетган вақт (сек) армоцементнинг қолипланиш даражасини тавсифлайди.

## §12.2. Майда донали бетон таркибини лойихалаш

Цемент–қумли бетоннинг аниқ таркиби ҳисоб ва тажрибалар орқали аниқланади. Дастлаб берилган цемент–қумли қоришма ҳаракатчанлигини ва мустаҳкамлигини таъминлайдиган таркиб олдиндан ҳисоблаб чиқилади. Сўнгра ушбу таркиб тажрибавий қоришмалар билан текшириб кўрилади, зарурат бўлса яна аниқлик киритилади.

Цемент–қумли бетон таркиби қуйидаги тартибда ҳисобланади:

1. Бетоннинг берилган мустаҳкамлигини таъминлайдиган сув–цемент нисбати аниқланади

$$C/Ц = A \cdot R_{ц} / (R_b + 0,8 \cdot A R_{ц}) \quad (12.5)$$

бу ерда, А–тақрибий коэффициент бўлиб, қийматлари (12.1) формулада келтирилган;  $R_{ц}$ –цемент фаоллиги, МПа;  $R_b$ –цемент–қумли бетондан тайёрланган ўлчами 4x4x16см ли балка ярим бўлагининг 28 кундаги мустаҳкамлиги, МПа. Юқоридаги (12.5) формула бетон қоришмасини зичланиш коэффициенти 0,97 га тенг ва ундан юқори бўлганда тўғри келади. Зичланиш коэффициенти 0,97дан кам бўлган холда бетоннинг мустаҳкамлиги ҳар бир зичланиш коэффициенти фоизи ҳисобига 5 % дан камайтиради.

2. Юқоридаги (12.5) формула асосида аниқланган C/Ц миқдори бўйича графиклар (12.4–расм) асосида берилган ҳаракатчанлик ва қулай жойланувчанликни таъминлайдиган цемент ва қум орасидаги нисбат аниқланади. Қумнинг сув талабчанлиги номаълум бўлса 12.5–расмда келтирилган графикдан фойдаланилади.

3. Цемент сарфи қуйидагича аниқланади:

$$Ц = 1000 / (1/\rho_{ц} + C/Ц + n/\rho_{к}) \quad (12.6)$$

бу ерда,  $\rho_{ц}$ ,  $\rho_{к}$ –цемент ва қумнинг ҳақиқий зичликлари, кг/м<sup>3</sup>;  $n=C/К$ , 12.4-расмдаги графиклар асосида аниқланадиган цемент - қум нисбати.

Қумли бетонни зичлаш жараёнида, унга қоришма ҳажмига нисбатан ўртача 2...8 % ҳаво ютилади. Бундай ҳолда цемент сарфи

$$\text{Ц} = (1000 - \text{С} \cdot \text{Х}) / (1/\rho_{\text{ц}} + \text{С}/\text{Ц} + \text{К}/\rho_{\text{к}}) \quad \dots \quad (12.7)$$

бу ерда  $\text{С} \cdot \text{Х}$ –сўрилган ҳаво ҳажми, л. Ҳаракатчан бетон қоришмаси учун ўртача ва йирик қумлар ишлатилганда  $\text{С} \cdot \text{Х} = 20$  л; майда қумда  $\text{С} \cdot \text{Х} = 30$  л; бикр бетон қоришмаси учун ўртача ва йирик қумларда  $\text{С} \cdot \text{Х} = 50$  л; майда қумда  $\text{С} \cdot \text{Х} = 70$  л олинади. Сўрилган ҳавонинг ҳақиқий миқдори тажриба қоришмаси орқали текшириб кўрилади ва сўнгра аниқлик киритилади.

4. Сув сарфи қуйидагича аниқланади:  $\text{С} = \text{Ц} : \text{С}/\text{Ц} \quad (12.8)$

5. Қум сарфи қуйидагича ҳисобланади:  $\text{К} = \text{п} \cdot \text{Ц} \quad (12.9)$

6. Тажрибавий қоришмалар асосида цемент–қумли бетон қоришманинг ҳаракатчанлиги ёки қулай жойланувчанлиги текшириб кўрилади. Зарур ҳолда бетон таркибига тузатиш киритилади. Сўнгра бетоннинг зичлиги ва мустаҳкамлиги тажрибавий намуналар орқали аниқланади. Цемент–қумли бетоннинг аниқланган ҳаракатчанлиги асосида  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун сарфланадиган материалларнинг ҳақиқий миқдори аниқланади.

Цемент-қумли бетон таркибини ҳисоблашда ушбу жараён муҳим аҳамиятга эга. Чунки айрим ҳолларда цемент хаамири қум доналари орасидаги ғовакларни тўлдиришга етмай қолиши мумкин. Натижада бетон таркибида кўшимча ғовакликлар ҳосил бўлиб қолади ва уларнинг ҳажмини ҳисобга олишга тўғри келади (масалан,  $1 \text{ м}^3$  бетон учун материаллар сарфини аниқлашда).

### §12.3. Армоцементли конструкциялар учун майда донали бетон

Армоцементли конструкциялар учун бетон таркибини аниқлашда армоцементнинг қолипланишини ҳисобга олиш керак. Армоцементнинг қолипланишига арматураланиш схемаси (тўрлар сони, улар орасидаги масофа ва катаклари ўлчами) катта таъсир кўрсатади. Конструкция қанчалик тикис арматураланса, шунча тинимсиз ва давомли зичлантирилиши керак (бунда қоришманинг талаб қилинадиган ҳаракатчанлиги сақланиши лозим).

Армоцементнинг қолипланиши қабул қилинган зичлаш усулига боғлиқ ҳолда танланади, сек:

қўлда қолиплашда.....5...15,  
титратиш, 3000 марта/мин частота билан.....15...40,  
худди шундай, 6000 марта/мин частота билан...40...60,  
қўшимча юк билан титратиш.....60...100.

Армоцементли конструкциялар учун цемент–қумли қоришма таркибини ҳисоблашда қоришма ҳаракатчанлиги талаб қилинадиган қолипланиш кўрсаткичи ва арматураланиш схемаси бўйича аниқланади. Мато шаклида тўқилган симли тўрнинг катаклари 7x7 мм бўлади. Тўр катаклари 5x5 мм бўлса қоришма ҳаракатчанлиги 40 % га оширилади, 10x10 мм бўлса 30 % га камайтиради.

Арматуралаш шарти бўйича кумнинг рухсат этиладиган максимал йириклиги қуйидагича аниқланади:

$$D_{\max} = [h^2 + (l/2)^2]^{1/2} - 0,3 \quad (12.10)$$

бу ерда  $h$ –тўрлар орасидаги масофа, мм;  $l$ –тўр катаклари ўлчами (симларнинг қадами). Ушбу формула  $0 < h < l$  бўлганда тўғри ҳисобланади.

#### §12.4. Микротўлдирувчи майда донали бетон

Майда донали бетон таркибини бир ҳиллаштириш ва цемент сарфини тежаш мақсадида баъзида бетон таркибига микротўлдирувчилар киритилади. Бундай тўлдирувчилар сифатида кул, оҳак уни, туйилган кум ва шлаклар қўлланилади. Бунда боғловчининг фаоллиги ва унинг бетон қоришма сув талабчанлигига таъсири микротўлдирувчиларнинг таркиби ва миқдорига боғлиқ бўлади. Боғловчининг бетон қоришма сув талабчанлигига таъсири олдиндан тажриба ўтказиш орқали аниқланади. Тақрибий ҳисоблашлар учун цемент фаоллигининг пасайишига мос ҳолда микротўлдирувчи миқдорининг оширилиши қабул қилинади. Масалан, микротўлдирувчи миқдори 20 % бўлганда, боғловчи фаоллиги 20 % гача камаяди. Микротўлдирувчи қўшилиши натижасида талаб қилинадиган қўшимча сув миқдори қуйидагича аниқланади:

$$C_K = (C_{MT} - 0,25) \cdot M_T \quad (12.11)$$

бу ерда  $C_{MT}$ –микротўлдирувчининг сув талабчанлиги;  $M_T$ –микротўлдирувчи сарфи, кг/м<sup>3</sup>.

Бетон такиби аниқланиб, тажрибавий қоришма синаб кўрилгач материалларнинг сарфи уларнинг ҳақиқий зичлигини ҳисобга олган ҳолда қуйидагича аниқланади:

$$\text{цемент} \quad C = \rho_C / (1 + n + m + C/C) \quad (12.12)$$

$$\text{кум} \quad K = C \cdot n \quad (12.13)$$

$$\text{микротўлдирувчи} \quad M_T = C \cdot m \quad (12.14)$$

$$\text{сув} \quad C = C \cdot C/C \quad (12.15)$$

бу ерда  $n = K/C$ ,  $m = M_T / C$  кум ва микротўлдирувчи нисбатлари (цементга нисбатан массаси бўйича).

#### §12.5 Композицияли майда донали бетон

*Композицияли майда донали бетонлар*–бу юқори самарадорликка эга бўлган кўп компонентли бетонлардир. Уларга композицияли боғловчи моддалар, комплексли тузилиш модификаторлари, фаол минерал компонентлар шунингдек, суперюпқа кенгаювчилар ва бошқа махсус қўшимчалар ишлатилади.

Таркибининг кўп копонентлиги, бетон қоришма таркибининг шаклланишини технологик жараёнларнинг барча босқичларида самарали

бошқаришни шунингдек, юқори сифатли буюм ва конструкцияларни ишлаб чиқаришни таъминлайди.

Цемент–кумли қоришманинг реологик хоссаларига, физик–кимёвий жараёнларнинг кинетикасига, тузилишнинг шаклланиши ва хоссаларига таъсир қилувчи модификатор ва фаол компонентлар сифатида қуйидагилар ишлатилади:

- аниқ мақсадга мўлжалланган комплексли кимёвий модификаторлар;
- дисперсли кўшимча–суюлтирувчилар;
- ультродисперсли кўшимча–тўлдирувчилар, зичловчи ва фаоллаштирувчилар;
- тузилишнинг ҳажмий ўзгаришини бошқарувчи компонентлар;
- кимёвий модификаторлар билан биргаликда бетон қоришманинг реологик хоссаларини ва қотш жараёнини бошқарадиган компонентлар;
- бетон қоришмси қотишининг физик–кимёвий жараёнларини бошқарувчи компонентлар;
- бетонга махсус хоссалар берувчи компонентлар;
- дисперсли толасимон арматураловчилар;
- материалнинг ички иссиқлик алмашишини бошқарадиган компонентлар.

Композицияли боғловчилар, модификаторлар ва фаол компонентлар бетоннинг ишлатилаш соҳаси, таркиби, ишлаталадиган материалларнинг хоссалари ва бетонга қўйиладиган талаблардан келиб чиққан ҳолда танланади.

Суперпластикловчилар ва сув талабчанлиги кам боғловчиларни қўллаш натижасида майда донали бетонларнинг сув талабчанлиги камаяди, қоришманинг меъёрий ҳаракатчанлигига эришилади. Натижада, аниқ Ц/Қ нисбатида бетоннинг зичлиги ва мустаҳкамлиги ортади (12.2 жадвал).

Меъёрий цемент–кумли қоришмадан тайёрланган композицияли майда донали бетонларнинг хоссалари.

12.2–жадвал

Боғловчиларнинг ҳили	Аниқланадиган омиллар	Бетон таркиби, Ц/Қ			
		1:0	1:1	1:2	1:3
Портландцемент, М400	С/Ц	0,3	0,37	0,44	0,51
	Сиқилишдаги максимал мустаҳкамлиги, $R_{max}$ , МПа	865	650	510	406
Микрокремнозем ва суперпластикловчи қўшилган СКБ	С/Ц	0,16	0,21	0,27	0,33
	$R_{max}$ , МПа	1740	1230	910	670

Композицияли боғловчи микдори ортиши натижасида бетоннинг мустаҳкамлиги ҳам кескин ортади. Аммо бетоннинг ҳажмий киришиш деформацияси ҳам сезиларли ортади. Бу эса катта ўлчамли конструкцияларни тайёрлашда қўшимча тадбирлар қўллашни тақозо этади.

Бетоннинг қотиши жараёнида ҳажмий киришишини камайтириш ва меъёрлаш учун кенгаювчи композицияли боғловчи моддалар қўллаш яхши самара беради. Масалан, майда донали бетон таркибига микрокремнезем ва суперпластикловчи биргаликда қўшилса ҳажмий киришиш деформацияси бир неча марта камаяди.

Дастлабки хом ашёларни ва бетон таркибини энг мақбул танлаш орқали ҳажмий киришишмайдиган композицияли майда донали бетон олиш мумкин.

Юқори сифатли майда донали бетон олиш қуйидаги имкониятларни ўзида мужассам қилади:

бетон қоришмасининг юқори технологик хоссаларига эгаллиги;

бетон қоришмасининг юқори тикстропияга эгаллиги;

бетон қоришмаси ва бетон тузилишининг шаклланишида бошқаришнинг сақланиши;

дастлабки қотиш даврида қотиш тезлигини тезлаштириш ва деформацияланишини бошқариш, буюм ва конструкцияларни ишлаб чиқариш вақтини камайтириш ва х.к.

бетоннинг иссиқлик чиқариш хоссаларини кенг чегарада бошқариш;

йиғма темирбетон корхоналарида иссиқлик билан қотириш вақтини камайтириш ёки ундан воз кечиш.

Бундай имкониятлар натижасида бетон таркиби юқори кўрсаткичларга эришади. Композицияли майда донали бетоннинг 28 кундаги мустаҳкамлиги 100...150 МПа гача ортади, 2 кунликда 30...50 МПа мустаҳкамликка эришади, совуқбардошлиги F600 ва ундан юқори. Сув ўтказмовчанлиги W12 ва ундан юқори, сув шимувчанлиги эса 1...2 % бўлади. Бундай бетонларнинг меъерий муҳитда хизмат қилиш даври 100 йилдан кўп бўлади.

Композицияли боғловчи моддалар сифатида кимёвий қўшимчалар комплекси қўшилган ва тинимсиз технология жорий қилиниши натижасида ҳосил қилинган *“композицияли юпқа донали”* бетонлар қурилиш саноатига кириб келмоқда. Махсус технологиялар асосида тайёрланадиган юқори сифатли юпқа донали бетонларнинг мустаҳкамлиги 100...180 МПа, сув ўтказмовчанлиги W20 дан, совуқбардошлиги эса F600 дан юқори ва бошқа бир қатор устунликларга эгадир. Ҳақиқатда ушбу юқори сифатли *“бетонли скелет”* асосида олинадиган бетон ва темирбетон конструкциялар уларга қўйиладиган талабларга тўлиқ жавоб бера олади.

Майда донали композицияли бетонлар тайёрлаш учун саноат чиқиндилари ва иккиламчи махсулотлар (кум, туйилган шлаклар ва х.к) ҳам қўлланилади. Уларнинг бетон таркибига таъсирининг самараси минералогик таркиби орқали белгиланади ва майда донали бетонларнинг берилган хоссаси бўйича энг мақбул таркибини танлашни осонлаштиради.

## §12.6. Майда донали бетонлар таркибини ҳисоблашга доир мисоллар

**Мисол 12.1.** Юпқа қобикли темирбетон плитани тайёрлаш учун талаб қилинадиган мустаҳкамлиги 35 МПа бўлган цемент–қумли бетон таркиби аниқлансин. Цемент–қумли бетоннинг қулай жойланувчанлиги 7...8 с. Материаллар: портландцемент, фаоллиги  $R_{ц} = 40$  МПа; қум оддий, йириклик модули  $M_{й} = 1,5$ , ҳақиқий зичлиги  $\rho_{к} = 2,63$  кг/л; қотириш шароити–меъерий.

*Ечили.* 1. Юқоридаги (12.5) формула асосида сув–цемент нисбати:

$$C/Ц = A \cdot R_{ц} / (R_b + 0,8 \cdot A \cdot R_{ц}) = 0,75 \cdot 40 / (35 + 0,8 \cdot 0,75 \cdot 40) = 0,50.$$

2. 12.4–расмдаги график асосида  $C/Ц = 0,5$  бўлганда цемент–қум нисбати  $Ц:Қ = 1:4$ . Қумнинг йириклигини ҳисобга олувчи тузатиш киритилади (12.5–расм). Унда ҳақиқий цемент–қум нисбати  $1:n(Ц/Қ) = 1:3,5$ .

3. Цемент сарфи (12.6) формула асосида

$$Ц = 1000 / (1/\rho_{ц} + C/Ц + n/\rho_{к}) = 1000 / (1/3,1 + 0,50 + 3,5/2,63) = 465 \text{ кг}.$$

4. Сув сарфи (12.8) асосан

$$C = Ц \cdot C/Ц = 465 \cdot 0,50 = 233 \text{ л}.$$

5. Қум сарфи (12.9) асосан

$$Қ = n \cdot Ц = 3,5 \cdot 465 = 1627 \text{ кг}.$$

6. Бетоннинг ҳисобий зичлиги

$$\rho_b = Ц + C + Қ = 465 + 233 + 1627 = 2325 \text{ кг/м}^3.$$

7. Тажрибавий қоришма тайёрланиб, текшириб кўрилганда, унинг ҳақиқий зичлиги  $\rho_b = 2240$  кг/м<sup>3</sup> бўлади. Зичланиш коэффициенти:

$$k_3 = 2240 / 2325 = 0,96$$

Материалларнинг ҳақиқий сарфи 1 м<sup>3</sup> қумли бетон қоришмаси учун қуйидагича бўлади:

$$Ц = 0,96 \cdot 465 = 446 \text{ кг/м}^3,$$

$$C = 0,96 \cdot 233 = 223 \text{ кг/м}^3,$$

$$Қ = 0,96 \cdot 1627 = 1562 \text{ кг/м}^3,$$

$$\text{Жами: } \rho_b = 2231 \text{ кг/м}^3.$$

Тажрибавий намуналарни мустаҳкамлик бўйича синаб кўрилгач бошқа тузатишлар киритилиши мумкин.

**Мисол 12.2.** Қалинлиги 2 см бўлган армоцементли том ёпмаси учун цемент–қумли бетон қоришма таркиби танлансин. Армоцементли қоплама катақларининг ўлчами 10x10 мм бўлган беш қатлам сим тўр билан арматураланган, тўр қатламлари орасидаги масофа 4 мм. Бетон мустаҳкамлиги 45 МПа. Материаллар: портландцемент, фаоллиги  $R_{ц} = 50$  МПа, қум йирик, сув талабчанлиги 5 %, зичлиги  $\rho_{к} = 2,65$  кг/л, йирик доналари 5 мм. Цемент–қумли қоришма титратиш ёрдамида зичлантирилади. Титратиш вақти 20 сек. Қотиш шароити–меъерий.

*Ечили.* 1. Сув–цемент нисбати (12.5) биноан:

$$C/Ц = 0,75 \cdot 50 / (45 + 0,8 \cdot 0,75 \cdot 50) = 0,50.$$

2. Цемент–қумли қоришманинг талаб қилинадиган конус ёйилувчанлиги 12.4-расмдаги графикка асосан:

$$КЕ = 0,7 \cdot 165 = 115 \text{ мм.}$$

3. Қумнинг йириклиги (12.10) формула асосида:

$$D_{\max.} = [4^2 + (10/2)^2]^{1/2} - 0,3 = 6,1 \text{ мм}$$

Демак, берилган қум ( $D_k = 5 \text{ мм}$ ) ишлатишга яроқли.

4. Цемент–қум нисбати 12.4-расмга асосан:  $Ц:Қ = 1:3,2$  ва сув талабчанлиги ҳисобга олинганда  $0,05(7 - 5) \cdot 3,2 = 0,3$  миқдорда кўпаяди, яъни  $Ц:Қ = 1:3,5$

5. Цемент сарфи (сўриладиган ҳаво ҳажмини ҳисобга олган ҳолда), (12.7) формула асосида:  $Ц = (1000 - 20)/(1/3,1 + 0,50 + 3,5/2,65) = 460 \text{ кг.}$

6. Сув сарфи (12.8) формула асосида

$$С = 460 \cdot 0,50 = 230 \text{ л.}$$

7. Қум сарфи (12.9) формула асосида

$$Қ = 3,5 \cdot 460 = 1610 \text{ кг.}$$

8. Бетоннинг ҳисобий зичлиги

$$\rho_b = 460 + 218 + 1610 = 2300 \text{ кг/м}^3$$

**Мисол 12.3.** Топшириқ ва материаллар тавсифи юқоридаги 12.1 мисолдагидек олинади. Цемент сарфини тежаш учун микротўлдирувчи сифатида цемент массасига нисбатан 20 % кул қўшилган. Кулнинг сув талабчанлиги 30 %. Мустаҳкамлиги 35 МПа бўлган микротўлдирувчили цемент-қумли бетон таркиби аниқлансин.

*Ечиш.* 1. Аралаш боғловчи фаоллиги:

$$R_{ц} = (500 - 20) \cdot 0,1 = 48 \text{ МПа.}$$

2. Сув цемент нисбати (12.5) асосан

$$С/Ц = 0,75 \cdot 48 / (45 + 0,8 \cdot 0,75 \cdot 48) = 0,50.$$

3. График асосида (12.4-расм)

$(Ц + К)/Қ$  нисбати  $(Ц + Д)/Қ = 1:3,7$ . Тузатиш киритиш орқали (12.5-расм), охириги нисбати  $(Ц + Д)/Қ = 1:3,5$ .

4. Цемент сарфи (12.6) асосан

$$Ц + Д = 1000 / (1/3,1 + 0,50 + 3,5/2,63) = 465 \text{ кг;}$$

Цемент миқдори  $Ц = 0,8 \cdot 465 = 372 \text{ кг,}$

кул миқдори  $К = 465 \cdot 0,2 = 93 \text{ кг.}$

5. Сув сарфи

$$С = (Ц + Д) \cdot С/Ц = 465 \cdot 0,50 = 233 \text{ л.}$$

Кулнинг сув талабчанлиги асосида қўшимча сув сарфи (12.11) асосида

$$С_k = (0,3 - 0,25) \cdot 93 = 4,9 = 5 \text{ л}$$

Умумий сув сарфи  $С = 233 + 5 = 238 \text{ л.}$

$$\text{цемент } Ц = 372 + 5/0,50 = 375 \text{ кг.}$$

$$\text{қум сарфи } Қ = r(Ц + Д) = 3,5 \cdot (375 + 93) = 1638 \text{ кг.}$$

6. Бетон қоришма зичлиги  $\rho_b = 372 + 93 + 238 + 1638 = 2341 \text{ кг/м}^3$ .

Аниқланган таркиб тажрибвий қоришмада текшириб қўрилади.

**Мисол-12.4.** Бетон қоришмасини тайёрлаш учун ўрта донали қум ишлатилган. Цемент фаоллиги  $R_{ц} = 35 \text{ МПа.}$   $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун

цемент  $C = 360$  кг ва сув  $S = 180$  л сарф қилинган. Ўрта донали кум ўрнига майдадонали кум ишлатилганда қоришманинг сув талабчанлиги  $18 \text{ л/м}^3$  ортган ( $S = 198$  л).

1. Цемент сарфи ўзгармаган ҳолда бир ҳил ҳаракатчан қоришма учун бетон мустаҳкамлигининг ўзгариши аниқлансин.

2. Бир ҳил ҳаракатчан қоришма учун майда донали кум ишлатилганда цемент сарфининг ўзгариши аниқлансин.

*Ечиши:* Ўрта донали ва майдадонали кумлар ишлатилганда бетоннинг мустаҳкамликлари қуйидагича аниқланади:

$$R_{b1} = 0,6 \cdot R_c(C/S - 0,5) = 0,6 \cdot 35(360/180 - 0,5) = 31,5 \text{ МПа}$$

$$R_{b2} = 0,55 \cdot R_c(C/S - 0,5) = 0,55 \cdot 35(360/198 - 0,5) = 25,4 \text{ МПа}$$

Кумни ўзгартириш натижасида бетон мустаҳкамлигининг ўзгариши (камайиши):  $\Delta R_b = [(R_{b2} - R_{b1})/R_{b1}] \cdot 100 \% = [(25,4 - 31,5)/31,5] \cdot 100 \% = -19,4 \%$

2. Майда донали бетон ишлатилганда мустаҳкамлиги  $R_b = 31,5$  МПа бўлган бетон учун цемент-сув нисбати ва цемент сарфини аниқлаймиз:

$$C/S = [R_b/(0,55 \cdot R_c)] + 0,5 = [31,5/(0,55 \cdot 35)] + 0,55 = 2,14$$

$$C = S \cdot C/S = 198 \cdot 2,14 = 424 \text{ кг.}$$

$$\text{Цемент сарфининг ўзгариши: } \Delta C = [(424 - 360)/360] \cdot 100 \% = 17,8 \%$$

## Назорат саволлари

1. Майда донали бетонларнинг қандай устунлик томонлари мавжуд?
2. Майда донали бетонларни юпқа қобиқли темирбетон конструкциялар тайёрлашда қўлланилганда қандай самарадорликка эришилади?
3. Майда донали бетонларнинг хоссалари қандай аниқланади?
4. Майда донали бетонларда цемент сарфини тежаш учун қандай тадбирлар қўлланилади?
5. Кумли бетон мустаҳкамлигининг турли омилларга боғлиқлигини айтиб беринг.
6. Лаборатория шароитида майда донали бетоннинг мустаҳкамлиги қандай намуналар орқали аниқланади?
7. Майда донали бетоннинг сифатини таъминлайдиган  $S/C$  нисбатининг тахминий чегарасини кўрсатинг?
8. Армоцемент нима ва у қандай тайёрланади?
9. Армоцементнинг қолипанишини аниқловчи усқунани тушунтириб беринг.
10. Майда донали бетон таркиби қандай ҳисобланади?
11. Армоцементли конструкцияларнинг қандай афзалликлари мавжуд?
12. Нима сабабдан майда донали бетон таркибига микротўлдирувчилар қўшилади?.
13. Микротўлдирувчили майда донали бетон таркиби қандай аниқланади?
14. Композицияли майда донали бетонлар қандай олинади?



15. Композицияли майда донали бетонлар учун қандай боғловчилар ишлатилади?

16. Юқори сифатли майда донали бетонлар ўзида қандай имкони-ятларни мужассамлаштиради?

17. Композицияли майда донали бетоннинг мустаҳкамлик ва хизмат қилиш чегарасини кўрсатинг?

18. Махсус технологиялар асосида тайёрланадиган юқори сифатли композицияли бетонлар қандай мақсадларда қўлланилади?

### **Қўшимча адабиётлар**

1. Алиев А. Г., Волянский А. А., Глуховский В. Д. И др. Шлако-щелочные вяжущие и мелкозернистые бетоны на их основе.-Т.: Узбекистан, 1980.

2. Баженов Ю. М. Способы определения состава бетона различных видов. –М.: Стройиздат, 1975.

3. Ўз РСТ 679-96. Бетонлар. Таркибини ҳисоблаш қоидалари.

4. Ўз РСТ 728-96. Оғир ва майда донали бетонлар. Техник шартлар.

## 13-БОБ. ЕНГИЛ БЕТОНЛАР

### §13.1. Ғовакли тўлдирувчилар асосидаги енгил бетонлар

Енгил бетонларни тайёрлаш учун турли-хил ғовакли тўлдирувчилар ишлатилади, яъни: сунъий-керамзит, аглопорит, перлит, шунгизит, шлакли пемза ва х.к, ҳамда табиий-туф, пемза, вулқон чиқиндилари, чиғаноқтошлар ва х.к.

Ғовакли тўлдирувчилар асосида тайёрланган енгил бетонлардан тутиб турувчи ва тўсувчи конструкцияларни тайёрлашда шунингдек, юк кўтарувчи конструкцияларнинг массасини камайтириш учун кенг қўлланилади. Шу сабабли бундай бетонлар учун мустаҳкамликдан ташқари бетоннинг зичлиги ҳам муҳим аҳамиятга эгадир.

Зичлиги бўйича бундай бетонлар “*жуда енгил иссиқ- сақловчи*”, қуруқ холдаги зичлиги  $500 \text{ кг/м}^3$  дан паст бўлган ва “*енгил*”, зичлиги  $500\text{...}1800 \text{ кг/м}^3$  бўлган бетонларга бўлинади (ГОСТ 25820-2000). Енгил бетонларнинг мустаҳкамлиги 2.5 МПа дан 30 МПа гача ва ундан юқорироқ чегарада ўзгаради.

Вазифасига қараб енгил бетонлар қуйидаги турларга бўлинади:

қуруқ холдаги зичлиги  $200\text{...}500 \text{ кг/м}^3$ , мустаҳкамлиги 3.5 МПа гача, иссиқлик ўтказувчанлиги 0.25 Вт/(м.с) бўлган иссиқ сақловчи “*жуда енгил*” бетонлар. Улар асосан иссиқ сақловчи плиталар ва бошқа енгил буюмларни тайёрлашда ишлатилади;

ўртача зичлиги  $500\text{...}1400 \text{ кг/м}^3$ , мустаҳкамлиги 3,5...10 МПа гача, иссиқ ўтказувчанлиги ортиғи билан 0,6 Вт/(м.с) гача бўлган, тутиб турувчи ва ўзини ўзи тутиб турувчи конструкцияларда ишлатиладиган “*конструкциявий иссиқ сақловчи*” енгил бетонлар;

ўртача зичлиги  $1400\text{...}1800 \text{ кг/м}^3$ , мустаҳкамлиги 10...30 МПа ва ундан юқори бўлган, тутиб турувчи ва юк кўтарувчи конструкцияларда ишлатиладиган конструкциявий енгил бетонлар.

Тузилиши бўйича енгил бетонлар қуйидаги асосий турларга бўлинади:

боғловчи моддалар, сув, майда ва йирик ғовак тўлдирувчилардан тайёрланган зич тузилишли “*оддий*” енгил бетонлар. Бунда йирик ғовак тўлдирувчилар орасидаги бўшлиқлар оғир ёки енгил қумли қоришма билан тўлдирилган бўлади;

йирик ғовакли “*қумсиз*” енгил бетонлар. Уларда йирик тўлдирувчилар доналари юпқа цемент хаамири қатлами билан қопланади ва доналар орасида бўшлиқлар сақланиб қолинади;

боғловчи модда ва ғоваклик ҳосил қилувчи моддалар (кўпик ёки газ ҳосил қилувчи қўшимча ёрдамида қоришма таркиби кўпчителинган) асосида тайёрланган “*кўп ковакли (ғоваклаштирилган)*” енгил бетонлар. Бунда ғоваклик ҳосил қилувчи моддалар ёрдамида қоришма таркибида ҳаво ячейкалари (катакчалари) вужудга келтирилади. Натижада цемент қоришмасининг ғоваклиги ошади ва бинобарин бетоннинг зичлиги камаяди.

Энгил бетон тайёрлаш учун ишлатиладиган боғловчи моддалар бетон қотадиган шароитларни (табiiй қотиш шароити, буғ камерасида ёки автоклавда қотириш) шунингдек, бетоннинг талаб этилган мустаҳкамлигини, ишлатилиш шароитида зарур турғунлиги ва бошқа омилларни ҳисобга олган ҳолда танланади. Боғловчиларнинг ҳилига кўра энгил бетонлар цементли, охакли, гипсли, аралаш боғловчили ва сууқ шиша асосида тайёрланган ҳилларга бўлинади. Автоклавда қотирилмайдиган энгил бетонлар учун асосан портландцемент, шлакли портландцемент, пуццоланли портландцемент шунингдек, тез қотадиган портландцементлар ишлатилади.

Энгил бетонларнинг зичлиги, худди оғир бетонларники каби цемент-сув нисбатига боғлиқ бўлади. Одатда ғовак тўлдирувчилар ўз тузилишининг серғоваклиги туфайли мустаҳкамлиги унчалик юқори бўлмайди яъни, қотган цемент қоришмаси мустаҳкамлигидан кам бўлади. Шу сабабли бундай тўлдирувчилар ишлатилганда, бетоннинг мустаҳкамлиги ва зичлиги оғир бетонга нисбатан кам бўлади. Яъни, мустаҳкамлиги ҳар-ҳил бўлган тўлдирувчилар ишлатилганда, бетоннинг цемент-сув нисбатига боғлиқлиги  $R_b = f(C/S)$  асосида қуриладиган мустаҳкамлик эгри чизиклари ҳар-ҳил бўлади (13.1-расм).

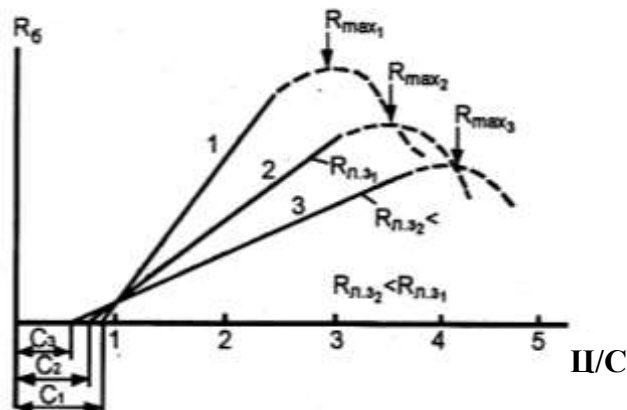
Энгил бетонларнинг мустаҳкамлигига сезиларли даражада таъсир қиладиган асосий омил ундаги йирик ғовак тўлдирувчиларнинг миқдори ёки тўлдирувчиларнинг концентрациясидир (нисбий миқдор, яъни  $1 \text{ м}^3$  бетондаги энгил тўлдирувчилар ҳажми). Тўлдирувчилар концен-трациясининг таъсири қоришма мустаҳкамлигига боғлиқ бўлади. Одатда конструкциявий энгил бетонларда қоришма мустаҳкамлиги юқори бўлишига қарамасдан, тўлдирувчилар концентрациясининг ортиши бетон мустаҳкамлигининг камайишига олиб келади. Қоришма билан бетон мустаҳкамлиги орасидаги фарқ нисбатан кам бўлган ҳолларда, масалан конструкциявий-иссиқлик сақловчи энгил бетонларда йирик тўлдирувчилар концентрацияси энг мақбул олинса максимал мустаҳкамликка эришиш мумкин (13.2-расм).

Ғовакли тўлдирувчилар асосидаги энгил бетонларнинг таркибини аниқлашда тўлдирувчилар миқдорининг бетон мустаҳкамлигига таъсири ҳолатлари ҳисобга олиниши керак. Бетон таркибини ҳисоблашда аниқ формула ёки графиклардан фойдаланиб тўлиқ натижага эришиб бўлмайди. Шу сабабли кўшимча жадваллардан, тўғриловчи коэффициентлардан фойдаланиш тавсия қилинади.

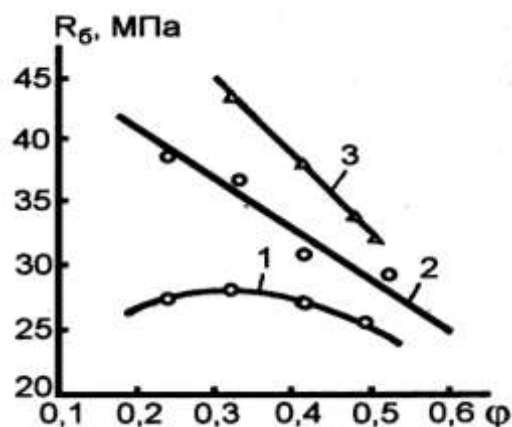
Ғовакли тўлдирувчиларнинг киритилиши бетоннинг деформацияланиш хоссаларига ҳам таъсир қиладди. Деформацияланувчан энгил тўлдирувчилар ишлатилса ва уларнинг миқдори қанча кўп бўлса бетоннинг эластиклик модули шунча кам бўлади ва х.к.

Энгил бетонларнинг муҳим хоссаларидан бири-иссиқ ўтказувчанлиги бўлиб, у асосан ташқи девор конструкцияларининг қалинлигини белгилашда ҳисобга олинади. Бетоннинг зичлиги билан иссиқ ўтказувчанлик коэффициенти ўртасидаги боғланиш тўғри пропорционалдир. Яъни, бетоннинг зичлиги ортса, унинг иссиқ ўтказувчанлик коэффициенти  $\lambda$

катталашади (13.3-расм). Бу эса девор қалинлигининг ва умумий масса-сининг ортишига сабаб бўлади.



13.1-расм. Бетон мустаҳкамлигининг цемент-сув нисбатига боғлиқлиги графиклари. 1-оддий оғир, 2-енгил ва 3-говак тўлдирувчилар асосидаги енгил бетонлар.

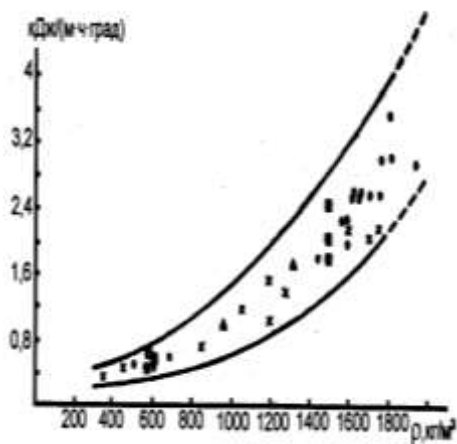


13.2-расм. Енгил тўлдирувчилар концентрациясини бетон му-с таҳкамлигига таъсири. 1- $R_k/R_k = 5,7$ ; 2- $R_k/R_k = 7,5$ ; 3- $R_k/R_k = 10,6$  (бу ерда  $R_k$  -қоришма,  $R_k$  -керамзит мустаҳкамликлари).

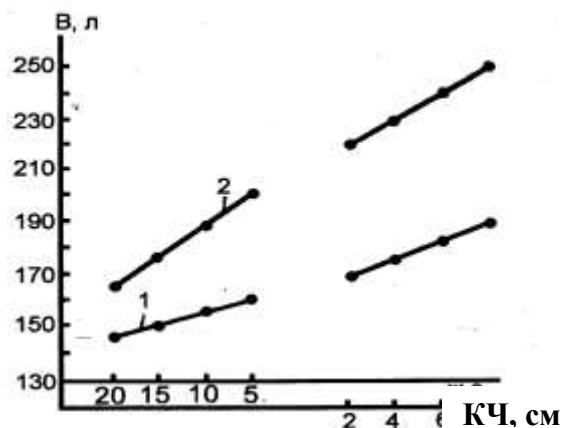
Енгил тўлдирувчилар миқдори кўпайтирилса бетоннинг зичлиги шунингдек, унинг иссиқ ўтказувчанлик коэффициенти камаяди. Шу билан бирга бетоннинг мустаҳкамлиги ҳам камаяди. Енгил бетонларнинг мустаҳкамлиги асосан цементнинг фаоллигига, сув-цемент нисбатига ва тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлигига шунингдек, цемент сарфи ва зичлаш даражасига боғлиқ бўлади. Бетон тузилишида (ҳажмида) мустаҳкам цемент тоши қанча кўп бўлса, бетоннинг мустаҳкамлиги шунча юқори бўлади. Аммо, цемент миқдори ортганда бетон зичлиги ортади, натижада унинг иссиқ ўтказувчанлиги ҳам ортади, бу эса мақсадга мувофиқ эмас. Ғовакли тўлдирувчилар сезиларли даражада сув шимувчанлик хусусиятига эгадир. Улар бетон қоришмасига солинганда ундаги сувнинг маълум бир қисмини шимиб олади. Бу жараён бетон қоришмаси тайёрланганидан кейин 10...15 минут давомида содир бўлади. Бунда тўлдирувчи шимиб оладиган сув миқдори бетон қоришмасининг таркибига боғлиқ бўлади.

Ғовакли тўлдирувчиларнинг қўшимча сув шимиб олишини қоплаш ва бетон қоришмасининг талаб қилинадиган ҳаракатчанлигини таъминлаш учун сув сарфини ошириш тавсия қилинади (13.4-расм). Бунда бетон қоришмасининг сув талабчанлик даражаси тўлдирувчининг миқдorigа ва унинг сув талабчанлигига қараб белгиланади.

Ғовакли тўлдирувчилар сиртининг шакли ва тавсифига кўра юмалок, нисбатан силлиқ (керамзит шағали) ва бурчакли ғадир-будирликка (майдаланган пемза шлаклари) эга бўлиши мумкин. Табиий тоғ жинсларидан майдалаб ва фракциялаб олинadиган ғовак тўлдирувчилар (вулқон туфи, чиганоктошлар ва х.к) асосан берк ғовакликка эга бўлиб, уларнинг сув шимувчанлиги камроқ бўлади.



**13.3-расм.** Ғовак тўлдирувчили енгил бетоннинг зичлиги билан иссиқ ўтказувчанлиги орасидаги боғланиш.



**13.4-расм.** Донадорлиги 20 мм гача бўлган шағал (1) ва керамзит (2) асосида тайёрланган бетон қоришмаларнинг сув талабчанлиги.

Тўлдирувчиларнинг ғовакларини ва улар орасидаги бўшлиқларни тўлдириш учун, шунингдек, қулай жойланувчан бетон қоришмасини тайёрлаш учун 1,5...2 марта кўпроқ цемент хаами сарф қилинади (зич тўлдирувчи оғир бетонларга нисбатан).

Сиртки қисми сув юктирмайдиган таркиблар билан ишлов берилган юқори ғовакли тўлдирувчиларни қўллаш орқали бетон қоришмасининг сув талабчанлигини камайтириш, цемент сарфини қисқартириш, мустаҳкамлигини ошириш ва ғовак тўлдирувчи бетонларнинг бошқа хоссаларини яхшилаш мумкин. Аммо, ушбу тадбирлар бетон таннарҳининг ошиб кетишига олиб келади. Бундай холда олдин техник-иқтисодий ҳисоблашлар асосида енгил бетон таркиби асосланиши керак.

### §13.2. Енгил бетон таркибини лойиҳалаш

Енгил бетонлар учун ишлатиладиган ғовак тўлдирувчиларнинг хиллари ва уларнинг хусусиятлари турлича бўлганлиги туфайли, енгил бетон таркибини ҳисоблашда мавжуд формула ва жадваллардан фойдаланиб аниқ натижалар олиб бўлмайди. Шу сабабли бундай бетон таркиби ҳисоб-тажриба орқали аниқланади. Олдин бетоннинг тақрибий таркиби аниқланади, сўнгра шу таркибдан синов қоришмаси тайёрланиб текшириб кўрилади.

Енгил бетон таркибини лойиҳалашда оддий бетондан фарқли-ўлароқ бетоннинг керакли мустаҳкамлиги ва қулай жойланувчанлигига эришилган холда, унинг берилган зичлиги ҳам таъминланиши керак. Бетоннинг зичлиги эса енгил тўлдирувчиларнинг таркибига ва миқдорига боғлиқ бўлади. Шу сабабли майда ва йирик тўлдирувчиларнинг сарфи берилган (талаб қилинадиган) зичлик бўйича аниқланади (Ўз РСТ 709-96).

Енгил бетон таркибини кам цемент сарфлаб аниқлаш учун керакли материаллар миқдорини тўғри танлаш талаб қилинади. Бетоннинг талаб қилинадиган мустаҳкамлигига эришиш учун тавсия қилинадиган цемент маркаси 13.1-жадвал асосида олинади. Йирик тўлдирувчиларнинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги 13.2-жадвалда келтирилган қийматлардан кам бўлмаслиги керак. Унинг уйма зичлиги эса 13.3-жадвалда келтирилган қийматлардан кўп бўлмаслиги керак.

Енгил бетонлар учун қўлланиладиган цемент маркалари.

13.1-жадвал

Цемент маркаси	Енгил бетоннинг талаб қилинадиган мустаҳкамлиги, МПа						
	15	20	25	30	35	40	50
Тавсия қилингани	400	400	400	500	500	500	600
Рухсат этилгани	300	300	300	400	400	400	500
-//-	500	600	600	600	600	600	-

Йирик ғовак тўлдирувчиларнинг энг кам мустаҳкамликлари.

13.2-жадвал.

Бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги, МПа	Йирик тўлдирув- чининг сиқил- ишдаги мустаҳ- калиги бўйича маркаси	Цилиндрда эзиш бўйича сиқилишдаги мустаҳкамлиги, МПа		
		ғовак шағал	ғовак чақиқтош	аглопорит шағали
15	75	1,5	1	0,6
20	100	2,0	1,2	0,7
25	125	2,5	1,5	0,8
30	150	3,5	1,8	1,0
35	200	4,5	2,2	1,2
40	250	5,5	2,7	1,4
50	300	6,5	3,3	1,6

Бетоннинг берилган зичлигига боғлиқ холда йирик тўлдирувчининг энг катта уйма зичликлари.

13.3-жадвал.

Тўлдирувч илар	Бетоннинг қуруқ холдаги зичлиги, кг/м <sup>3</sup>						
	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800
Ғовак шағал	-/500	-/600	-/700	600/800	700/900	800/-	900/-
Ғовак чақиқ тош	-	-/500	-/600	500/700	600/800	700/900	800/1000

*Эслатма. Каср чизигининг суратида-йирик тўлдирувчининг ўйма зичлиги, зич қум ишлатилганда; махражидида-худди шундай, йирик тўлдирувчини майдалаб фракцияланган ғовак қум ишлатилганда.*

Доналарининг йириклиги (ўлчами) бўйича ғовак тўлдирувчилар майда (қумлар) ва йирик (шағал, чақиқ тошлар) тўлдирувчиларга бўлинади. Ғовакли қумлар одатда иккита фракцияга тақсимланади: ўлчамлари 1,25 мм гачамайда қумлар ва 1,25...5 мм -йирик қумлар. Йирик ғовак тўлдирувчилар учта фракцияга бўлинади: 5...10, 10...20 ва 20...40 мм. Тўлдирувчилар аралашмасидаги ҳар бир фракция ўлчамларининг нисбати бетон қоришмаси мумкин қадар кўпроқ ғовакли бўладиган қилиб ўрнатилади.

Йирик тўлдирувчи фракциялари ўртасидаги нисбат қуйидагича олинади: (5...10):(10...20) мм фракция учун – 40:60 %; (5...10):(10...20):(20...40) мм фракция учун – 20:30:50 %.

Диаметри 150 мм бўлган пўлат цилиндрда эзиш орқали аниқланган йирик тўлдирувчиларнинг ўртача мустаҳкамлиги қуйидагича аниқланади

$$R_T = 0,01(R_{T1} \cdot x_1 + R_{T2} \cdot x_2 + R_{T3} \cdot x_3) \quad (13.1)$$

бу ерда  $R_{T1}$ ,  $R_{T2}$ ,  $R_{T3}$  - тўлдирувчиларнинг ҳар қайси фракциядаги мустаҳкамликлари;  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  - ҳар қайси аралашмадаги фракция миқдори, массаси бўйича % ҳисобида.

Енгил бетон учун ишлатиладиган майда тўлдирувчиларнинг (қумлар) мустаҳкамлиги 15...50 МПа, йириклик модули 1,8...2,5 ва ўйма зичлиги 600 кг/м<sup>3</sup> дан кам бўлмаслиги керак. Мустаҳкамлиги 15 МПа гача бўлган бетонлар учун ўйма зичлиги 200 кг/м<sup>3</sup> ва ундан юқори бўлган кўпчитилган перлитли қум ишлатилишига рухсат этилади. Бунда қумнинг ўлчами 0,16 мм дан кам бўлган қисмининг миқдори 10 % дан кўп бўлмаслиги керак. Мустаҳкамлиги 15...20 МПа бўлган бетонлар учун (цемент фаоллиги тавсиф қилинганидан юқори бўлганда) қумнинг ўлчами 0,16 мм дан кам бўлган қисмининг миқдори 25 % гача олиниши мумкин.

Демак енгил бетонларнинг мустаҳкамлиги фақат цемент фаоллиги ва цемент-сув нисбатига эмас, балким, тўлдирувчиларнинг хоссалари, миқдори ва бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигига ҳам боғлиқдир. Шу сабабли цемент сарфини аниқлашда тажрибалар асосида тузиб чиқилган жадваллардан фойдаланилади. Олдин бетоннинг берилган мустаҳкамлиги бўйича цемент сарфи 13.4-жадвалдан аниқланади, сўнгра 13.5-жадвал асосида аниқлик киритилади.

Сув сарфи йирик тўлдирувчи ҳили ва бетон қоришмасининг талаб қилинадиган бикрлиги бўйича белгиланади (13.6-жадвал). Бунда майда тўлдирувчи сифатида зич қум ишлатилган. Сув сарфини аниқ олиш учун 13.6-жадвалга бир неча тўғрилашлар киритилади (сув сарфига бошқа омиллар таъсирини ҳисобга олиш учун). Биринчи навбатда қумнинг сув талабчанлигини ҳисобга олиш керак. Чунки бетон қоришмасининг сув талабчанлиги қумнинг хоссаси ва миқдorigа (сарфига) боғлиқ бўлади.

Чегаравий йириклиги 20 мм гача бўлган ғовакли тўлдирувчилар асосидаги бетон таркибини ҳисоблаш учун цементнинг тахминий сарфи (бетон қоришма бикрлиги 5...8 с, зич қумда тайёрланган), кг/м<sup>3</sup>  
13.4-жадвал.

Бетоннинг мустаҳкамлиги, МПа	Тавсия қилинадиган цемент маркаси	Ғовакли тўлдирувчи доналарининг мустаҳкамлиги бўйича маркаси.						
		75	100	125	150	200	250	300
15	400	300	280	260	240	230	220	210
20	400	-	340	320	300	230	260	250
25	400	-	-	390	260	330	310	290
30	500	-	-	-	420	390	360	330
35	500	-	-	-	-	450	410	380
40	500	-	-	-	-	-	480	450
50	600	-	-	-	-	-	570	540

Бетон қоришма ҳаракатчанлиги, тўлдирувчиларнинг ўлчами, қум тури ва цемент маркаси ўзгарганда цемент сарфининг ўзгариши коэффициентлари.

13.5-жадвал.

Материалларнинг тавсифи	Бетоннинг мустаҳкамлиги, МПа						
	15	20	25	30	35	40	50
Цемент маркаси:							
300	1,15	1,2	-	-	-	-	-
400	1	1	1	1,5	1,2	1,25	-
500	0,9	0,88	0,85	1	1	1,1	1,1
600	-	-	0,88	0,9	0,88	0,85	1
Қум:							
зич	1	1	1	1	1	1	1
ғовак	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Тўлдирувчиларнинг йириклиги, мм							
40	0,9	0,9	0,93	0,93	0,95	0,95	0,95
20	1	1	1	1	1	1	1
10	1,1	1,1	1,07	1,0	1,05	1,05	1,05
Бикрлиги, сек:							
5...8	1	1	1	1	1	1	1
8...12	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
12...20	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Конус чўкмаси, см:							
1...2	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
2...5	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
8...12	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25



Табиий йирик тўлдирувчилар ва зич қум ишлатилган бетон қоришмасини тайёрлаш учун сувнинг дастлабки тахминий сарфи, л/м<sup>3</sup>.

13.6-жадвал.

Конус чўкмаси, см	Бикрлиги, сек	Чегаравий йириклиги, мм					
		шағал			чақиқ тош		
		10	20	40	10	20	40
8...12		235	220	205	265	250	235
3...7		220	205	190	245	230	215
1...2	3...5	205	190	175	225	210	195
	5...8	195	180	165	215	200	185
	8...12	185	170	160	200	185	175
	12...20	175	160	150	190	175	165

Қумнинг зичлиги ўзгарганда таққословчи натижалар олиш учун стандарт қоришма таркиби массаси бўйича эмас балким, ҳақиқий ҳажми бўйича белгиланади ва 1:2,28 тенг қабул қилинади. Бу тахминан кварц қумининг массаси бўйича 1:2 нисбатига мос келади. Ҳовак қумнинг сув талабчанлиги (%) қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$C_K = [(C/C - ЦК)/2,28] \cdot 100 \quad (13.2)$$

бу ерда ЦК-цемент қоришманинг меъёрий қуюқлиги.

Ҳовак қумларнинг сув талабчанлиги зич қумларга нисбатан 2...3 марта кўп бўлади масалан, майдаланган, керамзит қумининг сув талабчанлиги 13...16 %, шлакпемзали қумники 16...18 %.

Зич қумнинг ўртача сув талабчанлиги 7 % га тенг. Сув талабчанлиги бошқа бўлган қумлар ишлатилганда сув сарфига тузатиш киритилади:

$$C_1 = 0,02(K/\rho_K)(C - 7) \quad (13.3)$$

бу ерда  $\rho_K$ -сув талабчанлиги бошқа бўлган қумларнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>.

Енгил бетон қоришманинг сув талабчанлигига цемент сарфи ва йирик тўлдирувчиларнинг ҳажмий концентрацияси ҳам таъсир қилади. Цемент сарфи 450 кг/м<sup>3</sup> дан кўп бўлганда қоришманинг сув талабчанлиги ҳар 1 кг/м<sup>3</sup> қўшимча цемент сарфига тахминан 0,15 л/м<sup>3</sup> ортади. Бинобарин, цемент сарфи юқори бўлганда сув сарфига тузатиш қуйидагича киритилади:

$$C_2 = 0,15(C - 450) \quad (13.4)$$

Конструктив керамзитбетонлар учун бетон қоришманинг энг кам сув талабчанлиги керамзитнинг ҳажмий концентрацияси 0,3...0,4 бўлганда эришилади. Йирик тўлдирувчининг кўп ёки кам ҳажмий концентрацияси учун сув сарфига тузатиш қуйидагича киритилади:

$$C_3 = 2000(\varphi - 0,37)^2 \quad (13.5)$$

бу ерда  $\varphi = K/\rho_{ш}$  - йирик тўлдирувчининг ҳажмий концентрацияси.

Бетон қоришманинг умумий сув талабчанлигини аниқлаш учун 13.6-жадвалдан олинган дастлабки сув миқдори  $C_0$  га қўшимча сувлар қўшилади, яъни:

$$C = C_0 + C_1 + C_2 + C_3 \quad (13.6)$$

Бетоннинг талаб қилинадиган мустаҳкамлиги ва бетон қоришманинг ҳаракатчанлигини таъминлаш учун сарф қилинадиган цемент ва сув миқдори аниқлангач, йирик ва майда тўлдирувчилар сарфи қуйидаги тенгламалар системасини ечиш орқали аниқланади:

$$\rho_b = 1,15 \cdot Ц + К + Щ \quad (13.7)$$

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{К}{\rho_{к}} + \frac{Щ}{\rho_{щ}} + C = 1000 \quad (13.8)$$

бу ерда  $\rho_b$  - бетоннинг қуруқ ҳолдаги зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\rho_{к}$ ,  $\rho_{щ}$  - цемент хаамиридаги майда ва йирик ғовак тўлдирувчиларнинг зичлиги,  $\text{кг}/\text{л}$  (зич қум учун  $\rho_{к} = \rho_{щ}$  бўлади) Ц, К, Щ ва С -  $1 \text{ м}^3$  бетон учун цемент, қум, йирик тўлдирувчи ва сув сарфи.

Юқорида келтирилган (13.6) даги сув миқдорини (13.7) га қўйиб (13.7) ва (13.8) тенгламалар системасини ечиш орқали, улардан майда ва йирик тўлдирувчилар сарфини аниқлаш мумкин. Амалиётда эса бетоннинг берилган зичлиги, сувнинг бошланғич сарфи, цемент сарфи ва қумнинг сув талабчанлигига боғлиқ бўлган йирик тўлдирувчиларнинг ҳажмий концентрацияси жадвалларидан (13.7 ва 13.8 жадваллар) фойдаланилади.

Зич қумли енгил бетонлар учун йирик тўлдирувчиларнинг ҳажмий концентрацияси ф

13.7-жадвал.

Бетоннинг зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$	Цемент хаамирида йирик тўлдирувчи зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$	Қумнинг сув талабчанлиги, %								
		6			8			10		
		сув сарфи, л								
		160	200	240	160	200	240	160	200	240
1500	1	0,47	0,43	0,38	0,46	0,41	0,35	0,45	0,40	0,32
	1,2	0,50	0,46	0,42	0,50	0,45	0,40	0,48	0,44	0,38
	1,4	-	0,5	0,46	-	0,49	0,45	-	0,48	0,43
1600	1	0,43	0,38	0,32	0,42	0,35	0,25	0,39	0,32	-
	1,2	0,47	0,42	0,35	0,46	0,40	0,30	0,44	0,38	0,27
	1,4	0,50	0,46	0,41	0,50	0,45	0,39	0,48	0,43	0,36
	1,6	0,54	0,50	0,45	0,53	0,49	0,44	0,53	0,48	0,43
1700	1	0,39	0,31	-	0,36	0,26	-	0,32	-	-
	1,2	0,43	0,38	0,27	0,41	0,33	-	0,38	0,28	-
	1,4	0,47	0,41	0,33	0,45	0,39	0,3	0,43	0,36	0,29
	1,6	0,50	0,46	0,40	0,49	0,44	0,37	0,48	0,42	0,31
	1,8	0,54	0,50	0,45	0,53	0,49	0,43	0,53	0,48	0,41
1800	1,2	0,37	0,2	-	0,33	-	-	-	-	-
	1,4	0,42	0,34	0,25	0,39	-	-	0,36	-	-
	1,6	0,45	0,4	0,26	0,49	0,37	0,25	0,42	0,30	-
	1,8	0,51	0,45	0,38	0,49	0,44	0,3	0,48	0,41	0,27
	2,0	-	0,50	0,44	-	0,49	0,42	-	0,48	0,44

*Эслатма:* коэффициент  $\phi$  нинг фиймати цемент сарфи  $300 \text{ кг/м}^3$  хол учун берилган. Цемент сарфи хар  $100 \text{ кг/м}^3$  ортганда коэффициент  $\phi$  миқдори  $0,01$  қийматга ўсади, цемент сарфи камайганда эса аксинча.

Йирик тўлдирувчиларнинг энг мақбул ҳажмий концентрацияси.  
13.8-жадвал.

лар орасидаги ғоваклик	Энг мақбул ҳажмий кон-центрация куйидагича бўлганда			Донал ар орасидаги	Энг мақбул ҳажмий концентрация куйидагича бўлганда		
	30с м	ону с чўк	ону с чўк		икр лиг и	ону с	ону с
0,36	0,52	0,49	0,47	0,46	0,42	0,39	0,37
0,38	0,50	0,47	0,45	0,48	0,40	0,37	0,35
0,40	0,48	0,45	0,43	0,50	0,38	0,35	0,38
0,42	0,46	0,43	0,41	0,52	0,36	0,33	0,31
0,44	0,44	0,41	0,39	0,54	0,34	0,31	0,29

Йирик тўлдирувчиларнинг сарфи куйидагича аниқланади:

$$\text{Щ} = 1000 \cdot \phi \cdot \rho_{\text{щ}}^1 \quad (13.9)$$

Зич кум сарфи бетон зичлиги, цемент ва йирик тўлдирувчи сарфи бўйича аниқланади.

$$K = \rho_b - 1,15 \cdot \text{Щ} - \text{Щ} \quad (13.10)$$

Бетоннинг зичлигини унга ғовакли кум қўшиш ва зич хамда ғовакли кумлар нисбатини ўзгартириш орқали тўғрилаш (ўзгартириш) мумкин. Бу эса йирик тўлдирувчининг энг мақбул ҳажмий концентрациясини таъминлайди. Ғовакли ва зич кумларнинг сарфи куйидаги тенгламалар системасини ечиш орқали аниқланади (дастлабки сув ва цемент сарфи, шунингдек, йирик тўлдирувчининг ҳажмий концентрацияси танланганда):

$$K_1/\rho_{k1} + K_2/\rho_{k2} + C = 1000(1 - \phi) + \text{Щ}/\rho_{\text{ц}} \quad (13.11)$$

$$K_1 + K_2 = \rho_b - 1,15\text{Щ} - 1000 \cdot \phi \cdot \rho_{\text{щ}} \quad (13.12)$$

Шартли белгилашлар киритилгач:

$$A = 1000(1 - \phi) - \text{Щ}/\rho_{\text{ц}} - (C_0 + C_2 + C_3) \quad (13.13)$$

$$Q = \rho_b - 1,15\text{Щ} - 1000 \cdot \phi \cdot \rho_{\text{щ}} \quad (13.14)$$

$$C_1 = [(1 + 0,02(C_1 - 7))/\rho_{k1}] \quad (13.15)$$

$$C_2 = [(1 + 0,02(C_2 - 7))/\rho_{k2}] \quad (13.16)$$

бундан

$$K_2 = (A - Q \cdot C_1)/(C_2 - C_1) \quad (13.17)$$

бу ерда  $C_1$  ва  $C_2$  – мос холда зич ва ғовакли кумларнинг сув талабчанлиги;  $K_1$  ва  $K_2$  – худди шундай, кумларнинг сарфи, кг;  $\rho_{k1}$  ва  $\rho_{k2}$  – худди шундай, уларнинг зичликлари,  $\text{кг/м}^3$ .

Зич кум асосидаги енгил бетонларнинг таркиби синов қоришма учун куйидагича ҳисобланади:

1. Бетоннинг берилган мустаҳкамлиги, цемент фаоллиги ва йирик тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлигига боғлиқ холда цемент сарфи (Ц) 13.4 ва 13.5 жадваллардан аниқланади.

2. Бетон қоришманинг берилган ҳаракатчанлиги ёки бикрлиги шунингдек, йирик ғовак тўлдирувчининг ҳили ва йириклиги асосида дастлабки сув сарфи ( $C_0$ ) 13.6-жадвалдан топилади.

3. Аниқланган сув ва цемент сарфи шунингдек, йирик тўлдирувчининг берилган зичлиги, кумнинг сув талабчанлиги асосида йирик тўлдирувчиларнинг ҳажмий концентрацияси ( $\varphi$ ) 13.7-жадвалдан аниқланади. Агарда дастлабки берилган қийматлар 13.7-жадвалдаги қийматлар орасида бўлса, ҳажмий концентрация қиймати интерполяция орқали аниқланади.

Йирик тўлдирувчининг ҳажмий концентрацияси 13.8-жадвалда келтирилган энг мақбул миқдорлардан 0,05 га фарқ қилса, енгиллаштирилган тўлдирувчилар ишлатилади ёки бетон таркиби ғоваклаштирилади (кўшимча ғоваклик ҳосил қилинади).

4. Йирик тўлдирувчи (Ш) сарфи (13.9) формула ёрдамида аниқланади.

5. Кум (К) сарфи (13.10) формула асосида аниқланади.

6. Умумий сув (С) сарфи (13.6) формула билан ҳисобланади.

Ғовак кум ёки аралаш кумлар асосидаги енгил бетонларнинг дастлабки таркиби куйидагича ҳисобланади:

1. Цемент (Ц) сарфи 13.4 ва 13.5 жадваллардан аниқланади.

2. Ғовак кумнинг сув талабчанлиги асосида 13.6-жадвалдан дастлабки сув сарфи аниқланади.

3. Йирик тўлдирувчининг ҳажмий концентрацияси ( $\varphi$ ) 13.8-жадвалдан топилади.

4. Йирик тўлдирувчи (Ш) сарфи (13.9) формула ёрдамида аниқланади.

5. Бетоннинг куруқ холатдаги берилган зичлигини таъминлайдиган ғовакли кум сарфи ( $K_{2,3}$ ) А, Q,  $C_1$ ,  $C_2$  миқдорларини (13.13...13.16) формулалар ёрдамида ҳисоблангач (13.17) формула орқали аниқланади.

6. Зич кум сарфи ( $K_1$ ) эса (13.18) формула асосида аниқланади.

7. Умумий сув сарфи (13.6) формула бўйича аниқланади.

Юқорида ҳисобланган таркиб аниқ бўлиши учун яна иккита таркиб (бу таркибларда цемент сарфи 10...20 % кўп ёки кам олинади) ҳисоблаб кўрилади. Сўнгра олинган натижалар асосида бетон мустаҳкамлигининг цемент фаоллигига боғлиқлик  $R_b = f(R_{ц})$  графиги курилади ва график асосида цемент сарфининг ҳақиқий миқдори аниқланади.

### §13.3. Ғоваклаштирилган енгил бетон

Енгил бетонларнинг иссиқ-физик хоссаларини ошириш, зичлигини нисбатан камайтириш ва ғовакли тўлдирувчиларни ишлатиш имконини

ошириш мақсадида бетон қоришмаси ғоваклаштирилади, ёки ғоваклаштирилган цемент тоши ишлатилади (ГОСТ 25820-2000).

Ғоваклаштирилган енгил бетонларга таркибидаги ғовакли тўлдирувчиларнинг зичлиги  $800 \text{ кг/м}^3$  дан ортиқ, таркиби 5...25 % гача ғоваклардан иборат бўлган бетонлар киради. Бундай бетонларни ғоваклаштириш олдиндан тайёрланган кўпик билан ёки газ ҳосил қилувчи қўшилмалар қўшиш орқали амалга оширилади. Енгил тўлдирувчининг ҳили (масалан, керамзит бўлса) ва ғоваклаштириш усулига қараб ғоваклаштирилган бетонлар “*керамзит кўпикбетон*”, “*керамзит газбетон*” ва “*ҳаво ютувчи қўшилмали керамзи бетон*” каби турларга бўлинади.

Зич тузилишли енгил бетонга нисбатан ғоваклаштирилган енгил бетон кам зичликка ва иссиқ ўтказувчанлик коэффициентига эга бўлади. Бундай бетонларга ғовакли қум сарфини камайтириш ёки умуман ишлатмаслик шунингдек, нисбатан ғовакли оғир тўлдирувчиларни ишлатиш мумкин (бетоннинг зичлигини оширмасдан).

Автоклавда қотирилмайдиган кўп ковакли бетонларга қараганда ғоваклаштирилган енгил бетонлар нисбатан боғловчи моддаларнинг кам сарфланиши, кам деформацияланиши билан фарқланади. Бундай бетон қоришмалари боғланувчанлиги ва жойланувчанлиги билан ажралиб туради.

Ғоваклаштирилган енгил бетонларнинг мустаҳкамлиги 5...10 МПа, зичлиги  $700...1400 \text{ кг/м}^3$  атрофида бўлади. Боғловчи модда сифатида маркаси М400 ва ундан юқори бўлган цементлар ишлатилади. Керамзит маркаси қумнинг зичлиги ва ҳили асосида 13.9-жадвалдан танланади.

#### Ҳаво ютувчи қўшимчалар ёрдамида ғоваклаштирилган керамзитбетоннинг зичлиги

13.9-жадвал

Керамзит зичлиги, $\text{кг/м}^3$	Керамзитбетоннинг мустаҳкамлиги бўйича зичлиги, $\text{кг/м}^3$					
	50		75		100	
	қумда					
	керамзитли	кварцли	керамзитли	кварцли	керамзитли	кварцли
300	800	900	900	950	-	-
400	850	950	950	1000	1000	1100
500	900	1000	1000	1050	1050	1050
600	1000	1100	1050	1150	1100	1200
700	1100	1200	1150	1250	1200	1300

Ҳаво ютувчи қўшимчалар асосидаги енгил бетон таркиби ҳисоб-тажриба йўли билан тажрибавий қоришмалар орқали аниқланади. Тажрибавий қоришма учун цемент сарфи 13.10-жадвалдан, тахминий сув сарфи эса 13.11-жадвалдан олинади

Ҳаво ютувчи қўшимчалар асосидаги керамзитбетон таркибини танлаш учун тажрибавий қоришмага сарф қилинадиган цемент миқдори

13.10-жадвал

Қоришма т/р	Бетон мустаҳкамлиги учун, МПа, цемент сарфи, кг/м <sup>3</sup>		
	5	7,5	10
1	180	200	200
2	220	240	260
3	260	280	320

Ҳаво ютувчи қўшимчалар асосидаги керамзитбетон учун тахминий сув сарфи

13.11-жадвал

Конус чўкмаси, см	Бикрлиги, с	Қум ишлатилганда сув сарфи, л/м <sup>3</sup>	
		майдаланган керамзитли	кварцли
6...8	-	230...250	200...220
2...4	-	210...230	190...170
1...2	2...4	200...220	170...190
-	4...8	190...210	160...180
-	8...12	180...200	150...170

Бетон қоришмасининг керакли ҳаракатчанлигини таъминлаш учун керамзит шағали қуйидагича олинади: ҳаракатчан қоришма учун 0,9...0,95 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>; керамзит қумли кам ҳаракатчан ва бикр қоришмалар учун – 0,9...1,05 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>; кварц қумли бикр қоришмалар учун – 1,05...1,15 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Бетоннинг берилган зичлиги асосида қум сарфи:

$$Q = \rho_b - 1,15 \cdot \Pi - \Pi \quad (13.19)$$

Сувоқ таркибли ғовакли бетон қоришмаси олиш учун ютилган ҳаво ҳажмининг тахминий миқдори:

$$V_x = 1/10[1000 - (\Pi/\rho_\Pi + K/\rho_K + \Pi/\rho_\Pi + C)] \quad (13.20)$$

Қоришмага ютилган ҳаво ҳажмига боғлиқ холда ҳаво ютувчи қўшимчанинг тахминий миқдори (микрорўпик ҳосил қилгич) 13.12-жадвалдан аниқланади.

Маълумки ғоваклаштирилган керамзитбетоннинг хоссаларига турли-ҳил технологик омиллар таъсир қилади. Шу сабабли ишончли натижа олиш учун бетон таркибини танлашда унинг ҳисобий зичлиги 2...5 % камайтирилиб, мустаҳкамлиги эса 10...20 % кўпайтирилиб олиниши керак (лойиҳада талаб қилинадиганига нисбатан).

Бетон қоришмасининг берилган ҳаракатчанлиги бўйича тажриба қоришмалари тайёрланади ва сув сарфи тўғриланади (учта қоришма учун). Олинган натижалар бўйича ғоваклаштирилган енгил бетоннинг мустаҳкамлик ва зичлик графиклари қурилади. Цемент ва қўшимчаларнинг берилган сарфи

асосида бетоннинг энг мақбул таркиби ўрнатилади. Аниқланган таркиб ишлаб чиқариш шароитида текширилиб кўрилади (керамзит сарфига тўғрилаш киритиш орқали).

Ғоваклаштирилган енгил бетон тайёрлаш учун ҳаво ютувчи қўшимчаларнинг тахминий миқдори, цемент массасига нисбатан % ҳисобида

13.12-жадвал

Микроқўпик ҳосил қилгич	Ютилган ҳавонинг ҳажми, %	Қум		
		майдаланган керамзитли	кварцли	шлакли
ЦНИИПС-1	4...8	0,02...0,1	0,04...0,15	0,05...0,15
ёки СНВ	8...12	0,05...0,15	0,1...0,2	-
ПО-6	4...8	0,3...1	0,5...1,5	1...2
	8...12	0,5...1,5	1...2,5	

Ғоваклаштирилган цемент тошли “қумсиз” енгил бетон зичлиги 500 кг/м<sup>3</sup> дан юқори бўлган ғовакли тўлдирувчи ишлатилганда самарали қўлланилади. Қўпик ва газ ҳосил қилувчи қўшимчалар асосида ғоваклаштирилган қумсиз енгил бетон таркиби қуйидагича олинади:

1-тўлдирувчи сарфи ўрнатилади;

2-ғовакли бетон ҳажми аниқланади;

3-тажриба қоришмалари асосида ғовакли бетоннинг таркиби ҳисобланади. Бунда бетон қоришмасининг берилган ҳаракатчанлиги ва қотган бетоннинг мустаҳкамлиги таъминланиши керак.

Ғовакли тўлдирувчи сарфи қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$V_{ш} = 1000/[1 + П_{ш}(\alpha - 1)] \quad (13.21)$$

бу ерда  $П_{ш}$ -тўлдирувчи доналари орасидаги бўшлиқ;  $\alpha$ -тўлдирувчи доналари-нинг силжиш коэффициенти,  $\alpha = 1,1...1,2$ .

Ғовакли бетоннинг ҳажми, тўлдирувчи доналари орасидаги бўшлиқларни қўшимча тўлдириш шарти орқали аниқланади:

$$V_{fb} = V_{ш} \cdot П_{ш} \cdot \alpha \quad (13.22)$$

Ғовакли бетоннинг қуруқ ҳолдаги зичлиги, енгил бетоннинг берилган зичлигига эришиш шартидан топилади:

$$P_{fb} = (1000\rho_b - V_{ш} \cdot \rho_{ш})/V_{fb} \quad (13.23)$$

бу ерда  $\rho_{ш}$ - ғовакли тўлдирувчининг уйма зичлиги, кг/л.

### §13.4. Йирик ғовакли енгил бетон

Ғовакли тўлдирувчилар асосидаги енгил бетонларнинг иссиқ сақлаш хоссасини ошириш мақсадида бетонда сунъий ғоваклар ҳосил қилинади. Яъни, йирик тўлдирувчи доналари юпқа цемент хаамири билан қопланиб,

ўзаро бириктирилади, доналар орасидаги бўшлиқлар эса шундайлигича қолади, кум ишлатилмайди. Натижада йирик ғовакли таркиб ҳосил бўлади.

Ғовакли тўлдирувчилар асосидаги конструктив-иссиқ сақловчи йирик ғовакли енгил бетон таркиби ҳам ҳисоб-тажриба орқали аниқланади. Бундай бетон қоришмаси юқори бикрлиги билан ажралиб туради, шу сабабли унинг таркибини аниқлашда бетон қоришмасининг қатламларга ажралиб кетмаслиги назорат қилинади.

Бетон таркибини ҳисоблаш учун йирик тўлдирувчи сарфи Ш, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> унинг ғоваклигига П<sub>ш</sub>, % қараб қабул қилинади: яъни, П<sub>ш</sub> = 40 % бўлганда Ш = 1,1 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>; П<sub>ш</sub> = 50 % бўлганда Ш = 1,15 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> ва П<sub>ш</sub> = 60 % бўлганда Ш = 1,25 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Ишлаб чиқариш таркиби учун тўлдирувчи сарфи 5...15 % кўп олинади (технологик сабаблар бўйича). Цемент сарфи 13.13-жадвалдан олинади.

Енгил тўлдирувчилар асосидаги йирик ғовакли бетонлар учун  
маркаси М300 бўлган цементнинг тахминий сарфи

13.13-жадвал

Тўлдирувчилар	Тўлдирувчи зичлиги (зичланган холда), кг/м <sup>3</sup>	Бетоннинг мустаҳкамлиги, МПа	
		3,5	5,0
Керамзит шағали	500...800	225...190	300...235
Аглопорит, шлакли пемза, йирик ғовакли табиий тўлдирувчилар	500...800	215...155	250...180
Маида ғовакли табиий тўлдирувчилар	800...1200	85...180	275...210

Сув сарфи, л

$$C = (MK \cdot \zeta + \text{Ш} \cdot \omega_{30}) / 100 \quad (13.24)$$

бу ерда МК – цемент хамирининг меъерий куюқлиги, %;  $\omega_{30}$  – йирик тўлдирувчининг куруқ холдаги массаси бўйича сув шимувчанлиги, (30 мин. давомида), %.

Куруқ бетоннинг зичлиги:

$$\rho_b = 1,5 \cdot \zeta + \text{Ш} \quad (13.25)$$

Цемент ва сув сарфини аниқлаштириш учун учта тажриба қоришмаси тайёрланади: биринчиси цементнинг ҳисобий миқдори бўйича, қолган иккитасида эса цемент миқдори  $\pm 15...20$  % кўп ёки кам олинади. Сувнинг энг мақбул миқдори бетон қоришмасининг максимал зичлиги бўйича қабул қилинади. Бунда бетон қоришмасининг зичлиги берилган зичликдан юқори бўлса, қоришмага йирик тўлдирувчи қўшилади.

Бетоннинг энг мақбул таркиби намуналарни мустаҳкамликка синаш орқали ўрнатилади.



## §13.5. Ячейкали бетон

**Ячейкали бетон**(Ўз РСТ 680-96)-бу жуда енгил бетонлар тоифаси бўлиб, таркиби 85...90 % гача 1...1,5 мм ўлчамли ҳаво ғовакчаларидан ташкил топган бўлади. Бундай бетонлар минерал боғловчининг олдиндан шиширилган қоришмаси, майда зарраларга бўлинган кремноземли компонент, ғоваклар ҳосил қилувчиларнинг сув билан биргаликда қотиши натижасида олинади. Ғоваклар бир меъёрда тақсимланган ва бири бошқасидан цемент тоши ёки бошқа боғловчи моддадан ҳосил бўлган юпқа ҳамда мустаҳкам тўсиқлар билан ажралиб туради. Бундай ғоваклар бетон тайёрлашда қуйидаги усуллар билан ҳосил қилинади:

1. Механик усул – боғловчи сув аралашмаси алоҳида тайёрланган кўпик эритмаси билан тез суръатда аралаштирилади ва ушбу қоришма қотганидан кейин ғовак тузилишли таркиб, яъни “*кўпикбетон*” деб аталувчи енгил тош ҳосил бўлади;

2. Кимёвий усул – боғловчи ва моддага махсус газ ҳосил қилувчи кўшимчалар кўшилади натижада, тайёрланган қоришмадаги боғловчи билан кўшимча ўртасида ўзидан газ ажратувчи реакция содир бўлиб, бетонда ғоваклар ҳосил қилинади. Бунга “*газбетон*” дейилади.

Қотириш усулига кўра ячейкали бетонлар меъёрий босим ва ҳароратда ҳамда автоклавда (175...191<sup>0</sup> С ва 0,8...1 МПа буғ босими билан) қотирилади.

Ячейкали бетонлар зичлиги ва ишлатилиш соҳаси бўйича – иссиқ сақловчи, зичлиги 300...600 кг/м<sup>3</sup>, мустаҳкамлиги 0,4...1,2 МПа ва конструкциявий, зичлиги 600...1200 кг/м<sup>3</sup>, мустаҳкамлиги 2,5...15 МПа қилларга бўлинади.

*Конструкциявий кўпикбетон* тайёрлашда портландцемент бўтқасига 1:1 ёки 1:3 нисбатда тўйилган кварц куми ёки сўнмаган оҳак кўшилади. Цемент маркаси М400 дан паст бўлмаслиги керак (алитли  $C_3S > 50\%$ , ва ўртача алюминатли  $C_3A = 5...8\%$ ). Тўйилган оҳак – қайнатма, майинлик даражаси 3500...4000 см<sup>2</sup>/г атрофида бўлиши керак.

Кварц куми ишлатилганда бетоннинг зичлигига қараб, унинг солиш-тирма юзаси 1200...2000 см<sup>2</sup>/г атрофида олинади. Кўпик тайёрлаш учун канифоль совуни билан хайвонот елими (суяк елими) аралаштирилади. Ҳосил бўлган кўпик цемент қоришмаси билан қориштирилади. Кўпикдаги ҳаво пуфакчалари турғун ва сўнмайдиган бўлса, қоришманинг қотиши жараёнида улар ўз шаклини ўзгартирмайди ва бетонда майда ғовакчалар ҳосил қилади.

Энг яхши кўпик ҳосил қилувчиларга алюмосульфонафтен, ГК (гидролизланган қон), клееканифоль, смолосапонин эритмалари киради.

Алюмосульфонафтен тайёрлаш учун унга керосин, гилтупроқ ва ўювчи натрий аралашмаси кўшилади. У ўзининг хоссасини 6 ойгача йўқотмайди.

Кўпик ҳосил қилувчи ГК тайёрлаш учун маркаси П0-6 бўлган гидролизланган қон ва ачитқи ишлатилади. Ушбу таркиб ҳам ўзининг хоссасини меъёрий ҳароратда 6-ойгача йўқотмайди.

Кўпик олиш учун кўпик ҳосил қилувчи моддалар миқдори қуйидагича бўлади (сув массасига нисбатан %): Алюмосульфонафтен-16...20; смоло-сапонин-12..16; клееканифоль-8...12 ва ГК-4...6.

Кўпикбетон қоришмаси учта брабандан иборат бетонқоригичда тайёрланади. Кўпик тайёрлаш учун кўпик кўпиртирувчи ҳамда цемент билан сувни ва кремнеземли компонентни аралаштирувчи қоришма қоригичли иккита барабан устки томонида жойлашган. Улар остида тайёр кўпик ва қоришмани синчиклаб аралаштирадиган учинчи барабан жойлашган. Тайёр бўлган кўпикбетон аралашмаси металл қолипларга қуйилади ва буғ камераси ёки автоклавларда қотирилади.

Конструктив кўпикбетондан узунлиги 3 м гача, эни 50 см, қалинлиги 10...16 см бўлган арматурали плиталар тайёрланади. Бундай плиталарга диаметри 3...5 мм бўлган симтўр арматуралар жойланади. Конструктив кўпикбетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси 1...5 МПа га, иссиқ ўтказувчанлик коэффиценти эса 0,16...0,20 Вт/(мс) га тенг.

Зичлиги 1000...1100 кг/м<sup>3</sup> бўлган кўпикбетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги 10...15 МПа га тенг. Конструктив кўпикбетоннинг бошқа бетонлардан афзаллиги шундаки, кўпикбетон уй-жой қурилишида ёпма плита сифатида ишлатилганда у ҳам конструкция ҳам иссиқ сақловчи материал вазифасини ўтайди.

*Газбетон* тайёрлашда цемент, кремнеземли компонент ва сув аралашмасидан ҳосил бўлган қоришмага газ ҳосил қилувчи моддалар (алюмин кукуни, пергидрол, туйилган оҳактош ва хлорид кислотаси) ишлатилади. Айниқса, кўп ишлатиладиган газ ҳосил қилувчи модда-алюмин кукунидир. Унинг ПАК-3 ва ПАК-4 маркалари ишлатилиб, фаол алюмин миқдори 82 % ни ташкил қилади. Майинлик даражаси 5000...6000 см<sup>2</sup>/г бўлиб, олинadиган газ бетоннинг зичлигига боғлиқ холда 1 м<sup>3</sup> бетон қоришмаси учун 0,25...0,6 кг сарф қилинади.

Алюмин кукуни сув эритмаси холатига ўтган кальций гидроксиди билан реакцияга киришиб, ўзидан водород газини ажратади. Маълумки, кальций гидроксиди портландцементнинг қуюқланиши ва қотиши жараёнида уч кальцийли силикатнинг гидролизланиши натижасида ҳосил бўлади. Қоришмадан газ ажралишини тезлатиш мақсадида унга ҳавойи оҳак кўшилади. Ажралган газ цемент бўтқасида ҳаво пуфакчаларни ҳосил қилади ва у ғовакли тузилишга айланади. Газбетон учун керакли материаллар тахминан қуйидаги миқдорда олинади: 90 %-портландцемент, 9,75 %-оҳак кукуни, 0,25 %-алюмин кукуни (цемент массасига нисбатан). С/Ц нисбати 0,55...0,65 атрофида бўлиши керак. Цемент бўтқасининг қуюқланб қотишининг бошланиши билан водороднинг ажралиб чиқиши бир вақтда тамом бўлиши керак. Қуюқланишни тезлатиш учун сувни 30...50 °С гача иситиш лозим. Шунда бўтқа (қоришма) тузилишида майда газ ғоваклари пайдо бўлади.

Газбетоннинг дастлабки материаллари-цемент, оҳак-қайнатма, майдаланган кум ва сув бетонқоригичда яхшилаб қориштирилади, сўнгра алюмин кукунининг сувли эритмаси солинади ва такрор аралаштирилганидан кейин

газбетон қоришмаси қолипларга қўйилади. Қолипларда етилтирилганидан кейин буюм одатда автоклавларда тезлаштирилган усулда қотирилади.

Ячейкали енгил бетонларнинг таркиби қўйидагича ҳисобланади:

1. Бетон қоришмасидаги кремноземли компонентнинг боғловчига нисбати  $C$  қўйидаги 13.14-жадвалдан қабул қилинади.

2. Қоришманинг берилган оқувчанлигини таъминлайдиган  $C/K$  (сув-қотиш) нисбати 13.15 ва 13.16 жадваллардан аниқланади.

3. Қоришмада ғоваклар ҳосил қилувчи қўшимча миқдори  $P_f$  аниқланади.

4. Синов қоришма учун қуруқ материаллар, қўшимча ва сув миқдори аниқланади.

Ғовак ҳосил қилувчи қўшимча миқдорини ҳисоблаш учун, олдин бетоннинг тахминий ғоваклиги аниқланади:

$$V_{\text{FOB}} = 1 - (\rho_{\text{BF}}/k_c)(V_{\text{KX}} - C/K) \quad (13.26)$$

бу ерда  $\rho_{\text{BF}}$  - кўп ғовакли бетоннинг қуруқ ҳолдаги зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  $k_c$  - материалга бириккан сув миқдорини ҳисобга олувчи коэффицент;  $V_{\text{KX}}$  - қуруқ қоришманинг солиштирма ҳажми,  $\text{м}^3$ .

Ғовак ҳосил қилувчи қўшилманинг (алюмин кукуни ёки кўпик ҳосил қилувчи) битта қоришмага сарфи:

$$P_f = [V_{\text{FOB}}/(\alpha \cdot k)] \cdot V_6 \quad (13.27)$$

Кремноземли компонентнинг боғловчига нисбати,  $C$

13.14-жадвал.

Боғловчилар	Серғовакли бетон қоришмасида кремноземли компонентнинг боғловчига нисбати, $C$	
	автоклавда қотирилган бетон учун	автоклавда қотирилмайдиган бетон учун
Цементли ва цемент-оҳакли	0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2	0,75; 1; 1,25
Оҳакли	3; 3,5; 4; 4,5; 5,5; 6	-
Оҳак-белитли	1; 1,25; 1,5; 2	-
Оҳак-шлакли	0,6; 0,8; 1	0,6; 0,8; 1
Юқори асосли кулли	0,75; 1; 1,25	-
Шлакишқорли	0,1; 0,15; 0,20	-

бу ерда  $\alpha$ -ғоваклик ҳосил қилгичидан фойдаланиш коэффиценти;  $k$ -ғовак ҳосил қилгичнинг чиқиш коэффиценти;  $V_6$  - ячейкали бетон қоришманинг берилган ҳажми.

Юқоридаги  $k_c$ ,  $k$ ,  $\alpha$ -коэффицентлар қўйидагича қабул қилинади:  $k_c = 1,1$ ;  $k = 1390$  л/кг - алюмин кукуни ишлатилганда (қоришма харорати  $40^\circ\text{C}$  бўлганда)  $k = 20$  л/кг-кўпик ҳосил қилувчи ишлатилганда;  $\alpha = 0,85$ .

Сўнгра бетоннинг ҳақиқий ғоваклиги қўйидагича аниқланади:

$$V_{\text{X.FOB}} = 1(\rho_{\text{BK}}/\rho_{\text{K}}) \quad (13.28)$$

Ячейкали бетон қоришмасининг оқувчанлиги

13.15-жадвал.

Ячейкали бетоннинг берилган зичлиги, кг/м <sup>3</sup>	Қоришманинг ёйилиши диаметри, см		
	цементли, оҳак-цементли, шлак-ишқорли боғловчиларда	оҳакли, оҳак-шлакли ва белитли боғловчиларда	юқори асосли кулли боғловчиларда
	Қуйиш технологиясида		
300	38	30	-
400	34	25	25
500	30	23	23
600	26	21	21
700	22	19	20
800	18	17	18
	Титратиш технологиясида		
500	15	-	-
600	13	-	-
700	11	-	-
800	9	-	-

Ячейкали бетон қоришма ҳарорати

13.16-жадвал.

Ячейкали бетон ва боғловчилар	Бетон қоришма ҳарорати, °С (қолипга солинаётган пайтда)	
	қуйиш технологиясида	титратиш қолиплашда
Газбетон:		
цементли боғловчида	45	45
оҳак-цементли боғловчида	35	40
оҳак-шлакли ёки юқори асосли кулли боғловчида	40	45
оҳак-қайнатма ва оҳак-белитли боғловчида	30	40
Кўпикбетон:		
цементли боғловчида	25	-
шлакишқорли боғловчида	15	-

ва коэффиценти  $\alpha$ :

$$\alpha = V_{x.fov} / P_f \cdot k_c \quad (13.29)$$

коэффициент  $k_c$ :

$$k_c = \rho_{kk} / \rho_{bk} (1 + C/K) \quad (13.30)$$

бу ерда  $\rho_k$ -қоришманинг ўртача зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{bk}$ -ячейкали бетон қоришманинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{kk}$ -ячейкали бетоннинг қуруқ ҳолдаги зичлиги, кг/м<sup>3</sup>.

Битта қоришма учун материаллар сарфи қуйидаги формулалар орқали аниқланади:

$$P_K = (\rho'_{\text{як}}/k'_c) \cdot V \quad (13.31)$$

$$P_{\text{боғл}} = P_K / (1 + C) \quad (13.32)$$

$$P_{\text{ц}} = P_{\text{боғл}} \cdot n \quad (13.32)$$

$$P_o = P_{\text{боғл}} (1 - n) \quad (13.33)$$

$$P'_o = (P_o / A_{\text{ф}}) \cdot 100 \quad (13.33)$$

$$P_c = P_K \cdot (C/K) \quad (13.34)$$

$$P_K = P_K - (P_{\text{ц}} + P'_o) \quad (13.35)$$

бу ерда  $P_K$ -битта қоришма учун материаллар сарфи, кг;  $\rho'_{\text{як}}$ -ячейкали бетоннинг доимий оғирликкача қуритилгандаги зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $k'_c$ -материалга шимилган сув ҳисобига массасининг ортишини ҳисобга олувчи коэффициент,  $k'_c = 1,1$  қабул қилинади;  $P_{\text{боғл}}$ -боғловчи массаси, кг;  $P_{\text{ц}}$ -цемент массаси, кг;  $n$ -аралаш боғловчидаги цемент улуши, %;  $P_o$ -таркиби 100 % СаО иборат тоза оҳак, кг;  $P'_o$ -ўртача оҳак;  $A_{\text{ф}}$ -оҳакнинг фаоллиги, МПа;  $P_c$ -сув массаси, л;  $P_K$ -кремнеземли компонент массаси, кг.

Хақиқий материаллар асосида ишлаб чиқариш учун текширув қоришмасига зарур материалларнинг ўртача сарфи 13.17-жадвалдан олиниши мумкин.

Бунда бетон қоригичга солинадиган материаллар миқдорини ҳисоблашда  $C/K$  миқдори қуйидагича қабул қилинади: қумли бетон учун – 0,5; кул ишлатилса-0,6; юқори сифатли пластикловчи С-3 ишлатилганда, қумли бетон учун -0,3; кул ишлатилганда-0,4.

### Ячейкали бетонлар учун материаллар сарфининг ўртача миқдори

13.17-жадвал

Ячейкали бетон хиллари	Зичлиги кг/м <sup>3</sup>	Сарфи, кг					
		оҳак-қай-натма фаоллиги 70 %	цемент	тўйилган қум	кул	хумдон шлаги	гипс
Газ силикатли	350	72	-	247	-	-	3
	500	110	-	345	-	-	5
	600	130	-	415	-	-	6
	700	142	-	494	-	-	6
	800	162	-	564	-	-	7
Газ кулсиликатли	350	72	-	-	247	-	3
	500	110	-	-	345	-	5
	600	130	-	-	415	-	6
	700	142	-	-	494	-	6
	800	162	-	-	564	-	7

Қум қўшилган, аралаш боғловчили	350	36	36	247	-	-	3
	500	90	90	275	-	-	4
	600	110	110	325	-	-	5
	700	130	120	386	-	-	6
	800	140	140	446	-	-	7
Кул қўшилган, аралаш боғловчили	350	49	80	-	190	-	3
	500	70	115	-	275	-	4
	600	80	130	-	325	-	5
	700	100	150	-	386	-	6
	800	120	170	-	436	-	7
Газ шлакбетон	350	25	-	145	-	140	1
	500	35	-	240	-	180	1
	600	45	-	256	-	244	2
	700	50	-	300	-	286	2
	800	60	-	326	-	340	2
Газбетон	350	-	140	179	-	-	2
	500	-	220	236	-	-	3
	600	-	260	285	-	-	4
	700	-	300	336	-	-	6
	800	-	350	376	-	-	6

### §13.6. Енгил бетонлар таркибини ҳисоблашга доир мисоллар

**Мисол-13.1.** Мустаҳкамликлари 15 ва 35 МПа бўлган керамзитбетонларнинг конструктив сифат коэффиценти (КСК) аниқлансин. Уларнинг ўртача зичликлари мос ҳолда 1100 ва 1600 кг/м<sup>3</sup>. Аниқланган натижаларни оддий оғир бетоннинг ( $\rho_k = 2400$  кг/м<sup>3</sup>) КСК билан солиштирилсин.

*Ечили:* 1. Мустаҳкамлиги 15 МПа бўлган керамзитбетон учун:

$$\text{КСК} = R/\rho_{\text{км}} = 150/1100 = 0,14.$$

оғир бетон учун:  $\text{КСК} = R/\rho = 150/2400 = 0,063.$

Ўзаро нисбатни аниқлаймиз:  $0,14/0,063 = 2,2$ - демак керамзитбетоннинг КСК айнан шу мустаҳкамликдаги оғир бетонникига нисбатан 2,2 марта юқори экан.

2. Мустаҳкамлиги 35 МПа бўлган керамзитбетон учун:  $\text{КСК} = R/\rho_{\text{км}} = 350/1600 = 0,22.$  Оғир бетон учун:  $\text{КСК} = R/\rho = 350/2400 = 0,14$

Ўзаро нисбатни аниқлаймиз:  $0,22/0,14 = 1,47$  марта юқори экан.

**Мисол-13.2.** Автоклавда қотирилган кўпикбетоннинг қуруқ ҳолдаги ҳажмий оғирлиги  $\rho_k = 750$  кг/м<sup>3</sup>. Цемент ва туйилган кумнинг нисбати Ц:К = 1:1. Кўпикбетон таркибидаги кимёвий боғланган сув миқдори цемент ва кум массасига нисбатан  $C = 15$  %. Цементнинг ҳақиқий зичлиги  $\rho_{\text{ц}} = 3,1$  г/см<sup>3</sup>, туйилган кумники  $\rho_k = 2,65$  г/см<sup>3</sup>.

Кўпикбетоннинг ғоваклиги аниқлансин.

*Ечиши:*  $1 \text{ м}^3$  кўпикбетон учун цемент ва туйилган қум сарфи қуйидаги шартга асосан аниқланади:  $\rho_m = Ц + К + С = 750$ , ёки  $Ц + К + 0,15(Ц+К) = 750$ .

Масаланинг берилган шартига асосан  $Ц = К$  бўлганлиги учун  $2,3Ц = 2,3К = 750$  ҳосил бўлади. Бундан  $Ц = К = 750/2,3 = 326 \text{ кг}$ .

Кўпикбетоннинг ғоваклигини аниқлаш учун бетон таркибини ташкил этувчиларнинг абсолют ҳажмини аниқлаймиз,  $\text{дм}^3$ :

цемент- $326:3,1 = 105$ ; қум- $326:2,65 = 123$ ;

кимёвий боғланган сув- $326 \cdot 2 \cdot 0,15 = 98$ ;

Жами абсолют ҳажмлар йиғиндиси- $326 \text{ дм}^3$ .

Кўпикбетоннинг ғоваклиги:  $V_k = 1 - 0,326 = 0,67$  ёки  $67 \%$ .

**Мисол-13.3.**  $1 \text{ м}^3$  керамзитбетон тайёрлаш учун  $250 \text{ кг}$  цемент,  $730 \text{ кг}$  керамзит шағали ва  $190 \text{ л}$  сув сарф қилинган. Бетон таркибида цемент билан кимёвий боғланган сув миқдори цемент массасига нисбатан- $18 \%$ . Цементнинг ҳақиқий зичлиги  $\rho_c = 3,1 \text{ г/см}^3$ , керамзитники  $\rho_k = 2,5 \text{ г/см}^3$ .

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Бетон қоришмасининг ўртача зичлиги;

2. Қотган керамзитбетоннинг қуруқ ва  $5 \%$  намлангандаги ўртача зичликлари;

3. Керамзитбетоннинг ғоваклиги.

*Ечиши:* 1. Бетон қоришмасининг ўртача зичлиги:

$$\rho_m = Ц + К + С = 250 + 730 + 190 = 1170 \text{ кг/м}^3.$$

2. Қотган керамзитбетоннинг ўртача зичликлари:

$$\text{Қуруқ ҳолатда: } \rho_{m1} = 1,15 \cdot Ц + К = 1,15 \cdot 250 + 730 = 1018 \text{ кг/м}^3,$$

$$5 \% \text{ намланганда: } \rho_{m2} = 1,05 \cdot \rho_{m1} = 1,05 \cdot 1018 = 1068 \text{ кг/м}^3.$$

3. Керамзитбетоннинг ғоваклигини аниқлаш учун бетон таркибини ташкил этувчиларнинг абсолют ҳажмини ҳисоблаймиз,  $\text{дм}^3$ :

цемент- $250:3,1 = 81$ ; керамзит- $730:2,5 = 292$ ;

кимёвий боғланган сув- $0,18 \cdot 250 = 45$ ;

Жами абсолют ҳажмлар йиғиндиси- $418 \text{ дм}^3$ .

Керамзитбетоннинг ғоваклиги:  $V_k = 1 - 0,418 = 0,48$  ёки  $58 \%$ .

**Мисол-13.4.** Мустаҳкамлиги  $20 \text{ МПа}$  бўлган зич конструктив керамзитбетоннинг таркиби ҳисоблансин. Бунда керамзитбетоннинг қуруқ ҳолатдаги ўртача зичлиги  $\rho_{km} = 1600 \text{ кг/м}^3$ , бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги конус чўкмаси бўйича  $3 \text{ см}$ . Портландцемент, фаоллиги  $R_c = 40 \text{ МПа}$ ; уйма зичлиги  $\rho_{km} = 1450 \text{ кг/м}^3$  бўлган ўртача йирикликдаги кварц қуми; доналарининг йириклиги  $20 \text{ мм}$  гача ва уйма зичлиги  $\rho_{шм} = 500 \text{ кг/м}^3$  бўлган керамзит шағали.

*Ечиши:* 1. Цемент сарфи керамзитнинг уйма зичлиги ва цементнинг фаоллигига (маркасига) боғлиқ равишда аниқланади.

$$Ц = Ц_0 \cdot k_1 \cdot k_2 = 360 \cdot 1 \cdot 1 = 360 \text{ кг/м}^3.$$

бу ерда  $Ц_0 = 360 \text{ кг/м}^3$ -доналари  $20 \text{ мм}$  ли керамзит шағали ва мустаҳкамлиги  $20 \text{ МПа}$  бўлган бетон учун цемент сарфи, 13.4- жадвалдан олинади;  $k_1$ -енгил

тўлдирувчиларнинг зичлигига,  $k_2$ -цемент фаоллигига боғлиқ бўлган коэффицентлар бўлиб, 13.5- жадвалдан олинади.

2. Сув сарфи бетон қоришмасининг конус чўкмаси ва керамзит шағалининг уйма зичлиги бўйича олинади, яъни  $C = 215 \text{ л/м}^3$  (13.6-жадвал).

3. Тўлдирувчиларнинг умумий сарфини (қум, керамзит шағали), курук керамзитбетоннинг ўртача зичлиги  $\rho_{\text{км}} = 1600 \text{ кг/м}^3$  бўлган ҳолда қуйидагича аниқлаймиз:  $T = K + Ш = \rho_{\text{км}} - 1,15 \cdot Ц = 1600 - 1,15 \cdot 360 = 1186 \text{ кг/м}^3$ .

4. Ҳажм бўйича қум тўлдирувчиларнинг умумий ҳажмига нисбатан  $r = 0,55$  қисмини ташкил этади. Кварц қуми ишлатилганда унинг ҳажмини 10...20 % га, яъни 0,49 қисмгача камайтирилади.

Қумнинг сарфи қуйидагича аниқланади:

$$K = [(T \cdot \rho_{\text{мк}} \cdot r) / (r \cdot \rho_{\text{км}} + (1 + r) \cdot \rho_{\text{шм}})] = [(1186 \cdot 1450 \cdot 0,49) / (0,49 \cdot 1450 + (1 + 0,49) \cdot 500)] = 872 \text{ кг/м}^2$$

Ёки ҳажм бўйича:  $V_{\text{к}} = K / \rho_{\text{мк}} = 872 / 1450 = 0,601 \text{ м}^3 / \text{м}^3$  бетонда

4. Керамзит шағали сарфи:

$$K_{\text{ш}} = T - K = 1186 - 872 = 314 \text{ кг/м}^3.$$

5. Сув-цемент нисбати  $C/Ц = 215/360 = 0,60$  бўлганда бетон қоришмасининг ташкил этувчилари нисбати қуйидагича бўлади:  $Ц:К:Ш = 360:872:314$  ёки 1:2,42:0,87.

**Мисол-13.5.** Тажриба қоришмасини тайёрлаш учун мустаҳкамлиги 5 МПа бўлган йирик ғовакли бетон таркиби ҳисоблансин. Бетоннинг курук ҳолдаги ўртача зичлиги  $\rho_{\text{м}} = 1650 \text{ кг/м}^3$ ; портландцемент, фаоллиги  $R_{\text{ц}} = 35$  МПа, меъёрий қуюқлиги -25 %. Тўлдирувчи сифатида курук оҳактош шағали ишлатилади. Унинг уйма зичлиги  $\rho_{\text{шм}} = 1300 \text{ кг/м}^3$ , 30 мин. давомидаги сув шимувчанлиги  $W_{30} = 5 \%$ .

*Ечиши:* 1. Цемент сарфи қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$Ц = (A - \rho_{\text{шм}}) \cdot (100 + 2,5 \cdot R_{\text{б}}) \cdot k$ , бу ерда  $A = 2,08$ ,  $\rho_{\text{шм}} = 1,3 \dots 1,4$  бўлса;

$k$ -цемент фаоллигига боғлиқ бўлган тўғриловчи коэффицент бўлиб, у қуйидагича аниқланади:

$$k = 600 / (R_{\text{ц}} + 200) = 600 / (350 + 200) = 1,1.$$

У ҳолда цемент сарфи:

$$Ц = (2,08 - 1,3) \cdot (100 + 2,5 \cdot 50) \cdot 1,1 = 193 \text{ кг/м}^3.$$

2. Тўлдирувчи сарфи:

$$T = (1,5 - 0,28 \cdot \rho_{\text{шм}}) \cdot \rho_{\text{шм}} \cdot 1000 = (1,5 - 0,28 \cdot 1,3) \cdot 1,3 \cdot 1000 = 1477 \text{ кг/м}^3.$$

3. Бетон қоришмасини тайёрлаш учун сув сарфи (тўлдирувчининг сув шимувчанлигини ҳисобга олган ҳолда) қуйидагича аниқланади.

$$C = (N \cdot Ц + T \cdot W_{30}) / 100 = (25 \cdot 193 + 1477 \cdot 5) / 100 = 122 \text{ л/м}^3.$$

У ҳолда  $C/Ц = 122/193 = 0,63$  бўлади.

4. Бетон қоришмасининг ўртача зичлиги:

$$\rho_{\text{бм}} = Ц + T + C = 193 + 1477 + 122 = 1792 \text{ кг/м}^3.$$

5. Бетоннинг курук ҳолдаги ўртача зичлиги:

$$\rho_{\text{б}}^{\text{к}} = 1,15 \cdot Ц + T = 1,15 \cdot 193 + 1477 = 1700 \text{ кг/м}^3.$$



**13.6-мисол.** Қуруқ холдаги зичлиги  $\rho_b = 1700 \text{ кг/м}^3$  ва берилган мустаҳкамлиги 25 МПа бўлган керамзитбетоннинг таркиби танлансин. Бетон қоришма ҳаракатчанлик конус чўкмасы бўйича 3...7 см. Материаллар: цемент маркаси М500 ( $R_c = 40 \text{ МПа}$ ); зич қум, ҳақиқий зичлиги  $\rho_k = 2,65 \text{ кг/л}$ , сув талабчанлиги 6,5 %; керамзит шағали, тўлдирувчилар аралашмасидаги ўйма зичлиги  $\rho_{mk} = 680 \text{ кг/м}^3$ , цемент хамиридаги доналари зичлиги  $\rho_k = 1,22 \text{ кг/л}$ , ғоваклиги 43 %, цилиндрда эзиш бўйича мустаҳкамлиги  $R_k = 5,5 \text{ МПа}$ . Доналарининг йириклиги 20 мм гача.

*Ечили:* Керамзит шағали фракцияларининг нисбатини 5...10 ва 10...20 мм массаси бўйича 40:60 % қабул қиламиз.

1. Юқоридаги 13.4-жадвалга асосан цемент сарфи  $310 \text{ кг/м}^3$  бўлади.

Маркаси М500 бўлган цемент учун тўғриловчи коэффициент 13.5-жадвал асосида 0,86 ва конус чўкмасы 3...7 см бўлганда 1,15 қабул қилинади. Унда цементнинг ҳақиқий сарфи  $C = 310 \cdot 0,85 \cdot 1,15 = 305 \text{ кг/м}^3$ .

2. Дастлабки сув сарфи 13.6-жадвалга асосан  $C_0 = 205 \text{ л/м}^3$ .

3. Керамзит шағалининг ҳажмий концентрацияси 13.7-жадвал асосида  $\varphi = 0,38$  (бетоннинг зичлиги  $1700 \text{ кг/м}^3$ , қумнинг сув талабчанлиги 6,5 % ва сув сарфи  $205 \text{ л/м}^3$  бўлганда, интерполяция орқали). Ушбу қиймат керамзит шағалининг 13.8-жадвалдан аниқланган ҳажмий концентрацияси.  $\varphi = 0,43$  дан кам (керамзит доналари орасидаги ғоваклик 0,43 ва қоришманинг конус чўкмасы 3 см бўлганда  $\varphi = 0,43$  бўлади). Демак керамзит шағали сарфи (13.9) асосида.

$$Ш_k = 1000 \cdot \varphi \cdot \rho_k = 1000 \cdot 0,38 \cdot 1,22 = 465 \text{ кг/м}^3.$$

4. Қум сарфи (13.10) формула асосида:

$$K = \rho_b - 1,15 \cdot C - Ш_k = 1700 - 1,15 \cdot 305 - 465 = 885 \text{ кг/м}^3.$$

5. Умумий сув сарфи (13.6) формула асосида аниқланади.

$$C = C_0 + C_1 + C_2 + C_3 = \\ = 205 + [0,02(885/2,65)](6,5 - 7) + 2000(0,38 - 0,37)^2 = 209 \text{ л/м}^3.$$

**13.7-мисол.** Зичлиги  $\rho_b = 1000 \text{ кг/м}^3$  ва мустаҳкамлиги 5 МПа бўлган керамзитбетон таркиби танлансин. Бетон қоришма ҳаракатчанлиги 4...8 см. Материаллар: портландцемент маркаси М400 ( $R_c = 40 \text{ МПа}$ ); фракцияси 5...20 мм ли керамзит шағали, ўйма зичлиги  $\rho_{km} = 450 \text{ кг/м}^3$  ва керамзит доналарининг зичлиги 0,89 кг/л; ҳаво сўрувчи қўшимча - СНВ.

*Ечили:* 1. Юқоридаги 13.9-жадвалга асосан керамзитбетон кварцли қум асосида тайёрланган ( $M_{\text{й}} = 2,65$ ).

2. Тажрибавий қоришмалар учун учта цемент сарфи 13.10-жадвалдан аниқланади:  $C_1 = 180$ ,  $C_2 = 220$  ва  $C_3 = 260 \text{ кг/м}^3$ .

3. Керамзит сарфи:

$$K = \rho_k \cdot k = 450 \cdot 1,1 = 495 \text{ кг/м}^3.$$

бу ерда кварц қумли бикр қоришмалар учун  $k = 1,05 \dots 1,15 \text{ м}^3/\text{м}^3$  бўлади, демак  $k = 1,1$  қабул қиламиз.

4. Қум сарфи (13.19) формула асосида ҳар қайси цементлар сарфи учун аниқланади:

$$K_1=1000-1,15 \cdot 180-495=298 \text{ кг/м}^3, K_2=252 \text{ кг/м}^3 \\ \text{ва } K_3=206 \text{ кг/м}^3.$$

5. Сув сарфи (13.11-жадвал) асосида, кварцли кум ишлатилганда:  
 $C=170 \text{ л/м}^3$ .

6. Талаб қилинадиган ҳаво ҳажми (13.20) формула асосида:

$$V_{xx1} = 1/10[1000 - (180/3,1 + 495/0,89 + 298/2,65 + 170)] = 10,9 \%$$

мос ҳолда  $V_{xx2} = 11,8 \%$  ва  $V_{xx3} = 12,2 \%$ .

7. СНВ қўшимча миқдори 13.12-жадвал асосида 0,1; 0,15; 0,2 % цемент массасига нисбатан олинади. Аниқланган натижалар бўйича тажрибавий қоришмалар тайёрланади. Сўнгра  $R_b = f(\rho_b)$ ,  $\rho_b = f(R_b)$  ва  $R_b = f(\rho_b)$  боғланишлари курилади ва улар асосида бетоннинг энг мақбул таркиби танланади.

**13.8-мисол.** Мустаҳкамлиги 5 МПа бўлган йирик ғовакли енгил бетон таркиби аниқлансин. Материаллар: цемент, фаоллиги  $R_{ц}=30$  МПа, меъерий қуюқлиги 26 %; керамзит шағали-уйма зичлиги  $\rho_{мк}=600 \text{ кг/м}^3$ , доналари зичлиги -1,2 кг/л, сув шимувчанлиги -35 %.

*Ечиш:*

1. Цементнинг тахминий сарфи 3.13-жадвал асосида  $\rho_c = 270 \text{ кг/м}^3$ .

2. Тўлдирувчининг ғоваклиги:

$$P_k = [(\rho_k - \rho_{мк})/\rho_k] \cdot 100 \% = [(1,2 - 0,6)/1,2] \cdot 100 = 50 \%$$

3. Йирик тўлдирувчи (керамзит) нинг сарфини  $1,15 \text{ м}^3/\text{м}^3$  қабул қиламиз, ёки  $\rho_k = 1,15 \cdot \rho_{мк} = 1,15 \cdot 600 = 690 \text{ кг/м}^3$ .

4. Сув сарфи  $C = (26 \cdot 270 + 690 \cdot 35)/100 = 310 \text{ л/м}^3$ .

Бетоннинг зичлиги:  $\rho_b = 270 + 690 + 310 = 1270 \text{ кг/м}^3$ .

Айниқланган таркиб тажрибавий қоришма орқали текшириб кўрилади.

### Назорат саволлари

1. Зичлиги бўйича енгил бетонлар қандай ҳилларга бўлинади?
2. Вазифасига кўра енгил бетоннинг тузилишини айтиб беринг.
3. Тузилиши бўйича енгил бетонлар қандай турларга бўлинади?
4. Енгил бетонларнинг ғоваклиги ва мустаҳкамлигига қандай омиллар таъсир кўрсатади?
5. Енгил бетонларнинг асосий ҳоссаларини айтиб беринг.
6. Енгил бетонлар учун ишлатиладиган цемент маркаларини айтиб беринг.
7. Енгил бетон учун ишлатиладиган кумларнинг мустаҳкамлиги ва уйма зичлигининг чегараси қандай бўлади?
8. Енгил бетонлар таркиби қандай тартибда ҳисобланади?
9. Зич кум асосидаги енгил бетонларнинг таркиби синов қоришма учун қандай ҳисобланади?
10. Ғоваклаштирилган енгил бетонлар қандай тайёрланади?
11. Нима сабабдан бетон қоришма таркибига ҳаво ютувчи қўшимчалар кўшилади?

12. Кўпик ва газ ҳосил қилувчи қўшимчалар асосида ғоваклаштирилган енгил бетон таркиби қандай танланади?
13. Йирик ғовакли енгил бетонлар қандай мақсадларда қўлланилади?
14. Йирик ғовакли енгил бетон таркиби қандай ҳисобланади?
15. Ячейкали бетон қандай бетонлар тоифасига киради?
16. Ячейкали бетон таркибида ғоваклар қандай ҳосил қилинади?
17. Конструктив кўпикбетон тайёрлаш тизимини айтиб беринг.
18. Конструктив кўпикбетондан қандай буюмлар тайёрланади?
19. Газбетон тайёрлаш тизимини айтиб беринг?
20. Ячейкали енгил бетонларнинг таркиби қандай ҳисобланади?

### **Қўшимча адабиётлар**

1. Ашрабов А. А. Моделирование свойств и процессов разрушения легкого бетона и железобетона. –Т.: Фан, 1988, -270 с.
2. Бушевич Г. А. Легкие бетоны на пористых заполнителях. –М.: Стройиздат, 1970. -180 с.
3. Руководство по изготовлению изделий и конструкций из высокопрочных легких бетонов на пористых заполнителях. –М.: Стройиздат, 1979.-185 с.
4. Ўз РСТ 680-96. Ячейкали бетонлар. Техник шартлар.
5. Ўз РСТ 709-96. Енгил ва ячейкали бетонлар. Зичликни назорат қилиш қоидалари.
6. Ўз РСТ 870-98. Ячейкали бетонлар. Синаш усулларига умумий талаблар.
7. ГОСТ 25820-2000. Енгил бетонлар. Техник шартлар.

## 14-БОБ. БЕТОННИНГ АЛОҲИДА ТУРЛАРИ

### §14.1. Сликатли бетон

*Сликатли бетон (Ўз РСТ 676-96)*)-бу автоклав идишда қотириладиган цементсиз бетонлар тоифасига киради. Боғловчи модда сифатида оҳак ва майда туйилган кремноземли минерал аралашма ишлатилади. Автоклавда қотиришда оҳак кремноземли компонент билан кимёвий реакцияга киришади, натижада кальций гидросликати ҳосил бўлади ва у тўлдирувчи доналарини ўзаро боғлаб, мустаҳкам тузилишни ҳосил қилади.

Кремноземли компонентнинг ҳили бўйича сликатли бетонлар учун ишлатиладиган боғловчи моддаларнинг қуйидаги турлари мавжуд: оҳак-кремноземли яъни, майин туйилган оҳак ва кремноземли қумдан ташкил топган; оҳак-шлакли, ёқилғи ёки металлургия шлаklarини туйиш орқали олинган; оҳак-қумли, майда туйилган оҳак ва ёқилғи қулидан ташкил топган; оҳак-аглопоритли, майда туйилган оҳак ва сунъий ғовак тўлдирувчилардан ташкил топган. Оҳак ва кремноземли компонентлар нисбати 30:70 дан 50:50 % гача олинади. Майда тўлдирувчи сифатида стандарт талабларига жавоб берадиган табиий ва майдаланган қумлар ишлатилади. Йирик донали сликатли бетонлар учун эса донадорлиги 20 мм гача бўлган зич тоғ жинсларидан олинадиган шағал ва металлургия саноати шлакларини шунингдек, бошқа ғовак тўлдирувчилар ишлатилади.

Боғловчи моддаларнинг шунингдек, бетон қоришмаси ва бетоннинг хоссаларини бошқариш ва яхшилаш учун қуйидаги махсус қўшимчалар қўлланилади: оҳакнинг гидратланишини секинлаштириш учун гипс тоши; бетон қоришмасини пластикловчи ва боғловчиларнинг туйилишини тезлатувчи триэтанолламин; бетонни сув юқтирмайдиган қилиш ва чидамлигини оширувчи кремний-органик суюқликлар ГКЖ-10, ГКЖ-11 ва суперпластикловчилар.

Тўлдирувчи сифатида кварц қуми ишлатиладиган майда донали сликат бетонлар кўп ишлатилади. Сликатли бетонларнинг мустаҳкамлиги кенг доирада ўзгаради яъни, енгил сликатли бетонларники 5...10 МПа; оғир силикатли бетонларники 20...50 МПа ва юқори мустаҳкамлариники 80...100 МПа. Силикатли бетонлардан том плиталари, устунлар, ригел-балкалар, девор панеллари ва ш.к. ишлаб чиқарилади.

Сликатли бетон таркиби икки усулда ҳисобланади. Оҳак-кремноземли боғловчи фаоллиги маълум бўлса, унда цементли оғир бетон таркибни аниқлашдаги каби ҳисоб-тажриба усули қўлланилади. Бунда фақат сликат бетоннинг технологик ва алоҳида хоссаларини ҳисобга олувчи тўғрилаш коэффициентлари киритилади.

Сув-цемент нисбатини аниқлашда 10 бобда келтирилган (10.10) ва (10.11) формулаларда оҳакли-кремноземли боғловчининг фаоллиги ҳисобга олинади. Силикатли бетоннинг мустаҳкамлиги автоклавда ишлов берилганидан кейин аниқланади. Сликатли бетонлар учун сув сарфи 1:3 таркибда тайёрланган бетон қоришмаси синаб кўриш орқали ўрнатилади.

Силжиш коэффициент  $\alpha$  қиймати 10.3-жадвалда берилган қийматлардан 0,1...0,2 зиёд олинади.

Майда донали силикат бетон таркибини аниқлашда (10.10) формуладаги  $A$  коэффициент 0,5 га тенг олинади. Қум сарфи:

$$Q = [1000 - (C_{ок}/\rho_{ок} + C)] \cdot \rho_k \quad (14.1)$$

бу ерда  $C_{ок}$ -оҳак-кремнеземли боғловчи сарфи, кг;  $\rho_{ок}$ -оҳак-кремнеземли боғловчининг ҳақиқий зичлиги, кг/л;  $\rho_k$ -қумнинг ҳақиқий зичлиги, кг/л. Материалларнинг ҳақиқий сарфи тажрибавий қоришма натижаси бўйича аниқланади.

Сўндирилмаган оҳак ишлатилганда зич силикатли бетоннинг тахминий мустаҳкамлиги қуйидаги формула орқали аниқланиши мумкин:

$$R_b = 40,5[S_{т-к}/1000 + 1,6/(C/C - 1)] + 180 \quad (14.2)$$

бу ерда  $S_{т-к}$ -туйилган қумнинг солиштирма юзаси, см<sup>2</sup>/г.

Солиштирма юзаси юқори бўлган сўндирилган оҳак ишлатилганда, туйилган қум дисперслигининг ўзгариши бетоннинг мустаҳкамлигига сезиларли таъсир кўрсатмайди. Шу сабабли силикатли бетоннинг мустаҳкамлиги тахминан қуйидагича аниқланади.

$$R_b = 160(C/C - 1) + 140 \quad (14.3)$$

Юқори сифатли бетон олиш учун майда туйилган қум ишлатилиши керак. Сўндирилмаган оҳак асосида олинadиган юқори зичликка эга бўлган силикат бетоннинг мустаҳкамлиги сўндирилган оҳакли силикат бетон мустаҳкамлигидан 20...30 % юқорирокдир (бир хил  $C/C$  нисбатида). Зич бетон олиш учун оҳак-қумли боғловчининг минимал миқдори қуйидагича аниқланади.

$$C_0 = [1 - CX_1 - \rho'_k \cdot k_3 / (\rho_k \cdot m)] / (1/\rho_k + C/C) \quad (14.4)$$

бу ерда  $CX_1$ -зичлантирилган силикатли бетон қоришмасига сўрилган ҳаво ҳажми;  $k_3 = \rho'_{вк}/\rho'_k$ -хар-хил усулларда қолиплашда қумнинг зичланиш коэффициенти;  $\rho_k$ -зичлантирилган ҳолатдаги туйилмаган қумнинг зичлиги. Қоришмани қўшимча юк ёрдамида ҳажмий титратиб қолиплашда  $CX_1 = 0,05$ ,  $k_3 = 1,15...1,25$ ; силжувчи титратма штамповкада қолиплашда  $CX_1 = 0,04$ ,  $k_3 = 1,3...1,4$ ; махсус стенда кучайтирилган титратма прокатда қолиплашда  $CX_1 = 0,035$ ,  $k_3 = 1,35...1,45$  қабул қилинади;  $m$ -туйилмаган қум зарраларининг майда туйилган қўшимчалар ва оҳак орасидаги силжиш коэффициенти:

$$m = [(D_{\dot{y}p} - d_{\dot{y}p})/D_{\dot{y}p}]^3 \quad (14.5)$$

бу ерда  $D_{\dot{y}p}$ -туйилмаган қум донаси диаметри, мм

$$D_{\dot{y}p} = (3,1 \cdot a_1 + 0,9 \cdot a_2 + 0,45 \cdot a_3 + 0,25 \cdot a_4 + 0,12 \cdot a_5 + 0,46 \cdot a_6) / 10 \quad (14.6)$$

бунда  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$  -мос ҳолда 1,2; 0,6; 0,3; 0,15; 0,09 мм элакдаги хусусий қолдиқлар;  $a_6$ -ўлчами 0,09 мм ли элакдан ўтган қум миқдори;  $d_{\dot{y}p}$ -туйилган қум донаси диаметри, мм:

$$d_{\dot{y}p} = 26,5 / (S_{тк} - 850) \quad (14.7)$$

Силикатли бетон қоришмасига талаб қилинадиган ҳаракатчанлик бериш учун боғловчи сарфи оширилади. Боғловчининг ҳақиқий сарфи (т/м<sup>3</sup>)

$$C = n \cdot C_0 \quad (14.8)$$

бу ерда  $n$ -боғловчи хамирининг ортиқлик коэффициентини. Коэффициент  $n$  қоришманинг талаб қилинадиган намлигига боғлиқ, чунки қоришманинг намлиги унинг бикрлигини аниқлайди (14.1-жадвал).

Ҳар-ҳил кумлар ишлатилганда қоришманинг бикрлигини таъминлайдиган силикатли бетон қоришма намлиги

14.1-жадвал

Қоришма намлиги, %	Бикрлиги, с (қум ишлатилганда)			
	жуда айда $\rho'_k=1,2-1,29$	майда $\rho'_k=1,3-1,39$	ўртача $\rho'_k=1,4-55$	йирик $\rho'_k=1,56-1,65$
11	-	-	-	25
12	-	-	30	15
14	-	30	15	6
16	20	10	5	3
17	15	6	4	2

Силикатли бетон буюмларни турли-хил усулларда сифатли қолиплашувчун тавсия этиладиган қоришма бикрлиги 14.2-жадвалда келтирилган.

Силикатли бетон қоришма бикрлиги

14.2-жадвал

Қолиплаш усуллари	Бикрлиги, с	Титратиш вақти, мин
Титратма сердечник билан титратиб прокатлаш	30	3,5
Титратма прокатлаш	25	3
Титратма штамповкалаш	20	2,5
Титратма майдончада, 0,5 МПа босимли юк билан зичлаш	15	2
Кассетали қолипларда зичлаш	4	1...1,5
Титратма майдончада зичлаш	4	1...1,5

Оҳак сарфи,  $t/m^3$ :

$$O = O_{\phi}/A \quad (14.9)$$

$$O_{\phi} = \text{Ц}/(1/a+1,54) \quad (14.10)$$

бу ерда  $O_{\phi}$ -фаол оҳак миқдори,  $t/m^3$ ;  $A$ -оҳакдаги фаол кальций оксидининг миқдори, (бирлик миқдорда);  $a$ -фаол кальций оксиди билан туйилган кум орасидаги нисбат.

Туйилган кум сарфи,  $t/m^3$ :

$$K_T = \text{Ц} - O \quad (14.11)$$

Туйилмаган кум-тўлдирувчи сарфи,  $t/m^3$

$$K_T = 2,5 - (2,5 - \rho_k/m) \quad (14.12)$$

Бетон қоришмадаги сув миқдори,  $л/m^3$

$$C = \frac{\rho_b \cdot S_{\text{МК}}}{\rho_c} \quad (14.13)$$

Зичлантирилган силикат бетон зичлиги,  $\text{т/м}^3$

$$\rho'_b = \rho_c + K_T \quad (14.14)$$

Силикатли бетон таркибини аниқлашда қуйидагиларни ҳисобга олиш зарур:

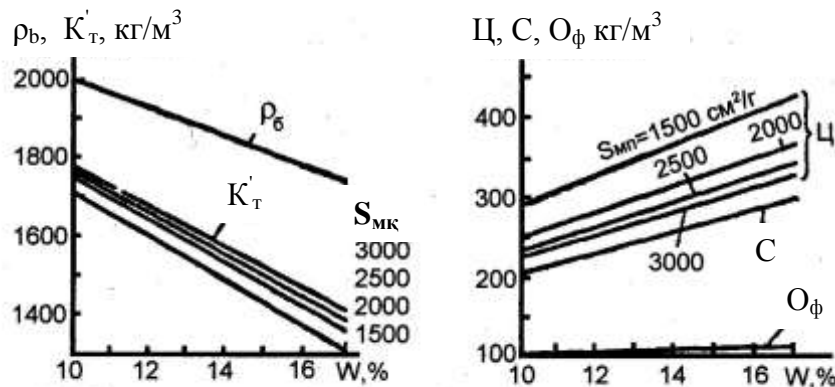
тўлдирувчи сифатида ишлатиладиган қум қанча майда бўлса, боғловчи таркибига кирувчи қумнинг маълум қисми шунча майда бўлиши керак;

бетоннинг берилган мустаҳкамлиги қанча юқори бўлса, боғловчи сарфи шунча кўп бўлади;

берилган мустаҳкамликдаги силикатли бетонни олиш учун майда қумнинг дисперслиги ошса боғловчи сарфи камаяди;

тўйилган оҳакнинг дисперслиги тўйилган қумникидан 2...2,5 марта юқори бўлиши керак.

Мустаҳкамлиги 20 МПа бўлган силикатли бетон таркибини тахминий аниқлаш учун қуйидаги графиклардан (14.1-расм) фойдаланиш мумкин.



**14.1-расм.** Қоришма намлиги ва тўйилган қум дисперслигининг мустаҳкамлиги 20 МПа бўлган силикатли бетон таркибига боғлиқлиги.  $O_\phi$ -фаол оҳак миқдори;  $C$ -қоришмадаги сув миқдори;  $\rho_c$ -оҳак-қумли боғловчи миқдори;  $K_T$ -тўйилмаган қум миқдори;  $\rho_b$ -бетон зичлиги;  $S_{\text{МК}}$ -тўйилган қумнинг солиштирма юзаси.

Ушбу холда 14.2-жадвалдан қоришманинг керакли бикрлиги аниқланади, сўнгра 14.1-жадвалдан қоришманинг намлиги ўрнатилади. Кейин 14.1-расмдаги графиклар асосида боғловчи сарфи, фаол оҳак, тўйилмаган қум, сув сарфи ва янги тайёрланган бетоннинг зичлиги аниқланади.

## §14.2. Цемент-полимерли бетон

**Цемент-полимерли бетонлар (ЎзРСТ 707-96)**-бу таркибига ҳар-ҳил юқори моле- кулали органик бирикмалар қўшилган цементли бетонларга айтилади. Боғловчи моддалар сифатида суюқ дисперсли полимерлар (винилхлорид, стирол, винулацетат, латекслар, битум, қатрон, нефть саноати чиқиндилари ва х.к) ва сувда эрийдиган коллоидлар (поливинилли спиртлар,

эпоксид смоласи, полиамид ва мочевиноформальдегид смолалалари ва х.к) ишлатилади. Бетон таркибига полимерларнинг киритилиши натижасида унинг тузилиши ва хоссаларини керакли томонга ўзгартириш шунингдек, бетоннинг техник-иқтисодий кўрсаткичларини яхшилаш мумкин.

Бетонга полимерларни қўллаш турли хил усуллар билан амалга оширилади. Полимерлар ва улар асосидаги материаллар бетон қоришмасига қўшимча ва боғловчи сифатида киритилади. Боғловчи сифатида улар бетон ва темирбетон конструкцияларига сингдириш полимер толалар билан дисперсли арматуралаш орқали, енгил ва таркиби модификацияланган минерал тўлдирувчи сифатида шунингдек, микротўлдирувчилар сифатида киритилади. Ҳар қайси йўналишнинг қўлланилиш соҳаси ва технологик хусусиятлари мавжуд.

Амалиётда бундай бетонларга “*П-бетонлар*” деб ном берилган бўлиб, улар тўртта гуруҳга бўлинади яъни, цементли-полимер бетонлар, полимербетонлар, бетонополимерлар ва полимер материаллар қўшилган (тўлдирувчилар-дисперсли арматура ёки микротўлдирувчилар) бетонлар.

Цемент-полимерли бетонлар таркиби иккита фаол ташкил этувчилардан яъни, минерал боғловчилар ва органик моддалардан ташкил топади. Боғловчи моддалар сув билан қотиб, тўлдирувчилар доналарини елимлаб монолит цемент тошини ҳосил қилади. Полимер бетон танасидан сувни сиқиб чиқариш жараёнида капилляр найчалар, цемент ва тўлдирувчи доналари атрофида юпқа қобиқ парда ҳосил қилиб, яхши ҳимоялаш хосасига эга бўлади. Тўлдирувчи билан цемент тошининг мустаҳкам боғланишини таъминлайди, бетоннинг зичлигини яхшилади ва таркиб минерал скелетининг юк таъсирида ишлашини оширади. Натижада цемент-полимерли бетон оддий бетонларга нисбатан юқори мустаҳкамликка (айниқса чўзилиш ва эгилишда), юқори совуқбардошликка, сув ўтказмовчанликка, зарарли муҳитлар таъсирига чидамлилиқ ва х.к. хоссаларга эга бўлади.

Цементли бетон учун энг кўп қўлланиладиган полимерларга поливинилацетат (ПВА), латекслар ва сувда эрийдиган смолалар ишлатилади. Одатда ПВА таркибида 50 % гача қуруқ модда бўлган эмульсия кўринишда қўлланилади. Модда қуриганидан кейин қаттиқ парда ҳосил бўлади.

Латексларнинг дивинилстиролли СКС-30, СКС-50, СКС-65 ва СКС-65 ГП маркалари қўлланилиб, улардаги дивинилнинг стиrolга нисбати мос ҳолда 70:30; 50:50; 35:65 олинади. Полимер таркибидаги стиrol миқдорининг кўпайиши унинг мустаҳкамлиги ва бикрлигини оширади, эластиклигини эса камайтиради. Шунингдек, латексларнинг дивинил-нитратли СКН-40 ва карбосиликатли СКД-1 хиллари ҳам қўлланилади.

Бетонга қўшиладиган полимер материалларнинг миқдори олдиндан тажриба ёрдамида аниқланади. Қўшилмаларнинг цемент-полимерли бетон хоссаларига таъсирини белгилайдиган асосий омил полимер-цемент нисбати. Одатда ПВА қўшимча миқдори цемент массасига нисбатан 20 % олинади. Латекслар қўлланилганда полимернинг коагуляцияли тузилиши бузилмаслиги учун таркибга стабилизаторлар киритилади (казеин, сода ва х.к.).



Полимерли қўшимчаларнинг қўшилиши бетон қоришмасининг пластиклигини яхшилайти. Куруқ муҳитда бетон мустаҳкамлиги ошади, намли муҳитда эса (90...100 % намликда) камайти.

Одий ва 1:3 нисбатда тайёрланган цемент-полимерли бетонларнинг хоссалари 14.3-жадвалда келтирилган.

#### Цемент-полимерли бетонларнинг мустаҳкамлиги

14.3-жадвал.

Полимерцемент нисбати	Сиқилишдаги мустаҳкамлиги, МПа		Эгилишдаги мустаҳкамлиги, МПа	
	куруқ намуналарда	нам намуналарда	куруқ намуналарда	нам намуналарда
0	10,8	13,6	4,8	4,7
0,1	14,8	12,5	13,1	6
0,2	16,5	11,2	14,8	5,6
0,3	9,4	7,4	12,1	4,6

Сувда суюлтирилган смолалар бетон таркибига кам миқдорда қўшилади (цемент массасига нисбатан 2 % гача). Сувда суюлтирилган ДЭГ-1, ТЭГ-1 ва полиамид №89 маркали эпоксидли смолалар материалларга нисбатан юқори адгезиялиги билан тавсифланади. Бундай смолалар ишқорли муҳитда ишлатиладиган бетонларни полимерлаш учун қўлланилади.

Цемент-полимерли бетонлар поллар, йўл қопламалари, сув иншоотлари ва салбий муҳит таъсирида бўладиган конструкцияларда самарали қўлланилади.

### §14.3. Полимербетонлар

**Полимербетонлар деб (ЎЗРСТ 707-96)-**боғловчи моддалар сифатида турли ҳил полимер смолалар, тўлдирувчи сифатида эса қум ва шағал асосида олинадиган бетонларга айтилади. Смола сарфини тежаш ва полимербетонларнинг хоссаларини яхшилаш мақсадида уларнинг таркибига майда туйилган қўшимчалар киритилади. Қотишини тезлатиш учун таркибига суюлтирувчилар, эритувчилар, пластификловчилар ва бошқа махсус қўшимчалар ҳам киритилади. Кўпчилик холларда полимербетонлар учун терморреактивли смолалар (фуранли, эпоксидли, полиэфирли) ишлатилади.

Фуран смоласи анча арзон полимер боғловчи бўлиб, фурфурол ва фурфуролли спиртни конденсациялаш йўли билан олинади. Қурилишда ФА маркали маномер кўп ишлатилади. Меъёрий ҳароратда ушбу суюқлик сарғич-жигар рангли бўлиб, зичлиги  $1,082 \text{ г/см}^3$ ,  $160...240 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ҳароратда қайнайди, эфир ёки ацетонда эрийди. Суюлтириш жараёни катализатор

(бензосульфат кислотаси) ёрдамида амалга оширилади. Бензосульфат кислотанинг энг мақбул миқдори ФА массасига нисбатан 20...30 % олинади.

Эпоксид смоласи чизиқли тузилишга эга бўлган полимерли модда бўлиб, ЭД-5 ва ЭД-6 маркаларга бўлинади. Эпоксидли смолалар ионли катализаторлар ёрдамида ишлатишбоп холга келтирилади. Бунда эпоксид смоласига полиэтилен-полиамин (смола массасига нисбатан 10...12 %), гексаметилендиамин (15...20 %) шунингдек, юқори молекулярли моддалар масалан, полиамидлар, полиэфирлар ва тиоколлар қўшилади.

Полимербетонлар учун боғловчи сифатида полиэфирли смолалар, яъни полиэфирмалеинатлар ПН-1 ва ПН-3, полиэфирокрилатлар МФГ-9 ва ТМГ-11 ишлатилади. Полиэфирли ва эпоксид смолали полимербетонлар учун турли хил тўлдирувчилар, шу жумладан карбонатли жинслар, асбест ва бошқа материаллар қўлланилади.

Полимербетонларнинг хоссалари смола ҳилига, бетон таркибига ва бетонни тайёрлаш технологиясига боғлиқ бўлади. Қуйидаги 14.4-жадвалда оддий цементли бетонлар билан таққослаш учун полимербетонларнинг меъёрлаштирилган тавсифлари келтирилган.

#### Полимербетонларнинг умумлаштирилган тавсифлари

14.4-жадвал

Асосий кўрсаткичлари	Порт-андц-мент	Смолали боғловчилар			
		фенол-ли Б	фуран-ли А	полиэф-ирли ПН-1	эпокс-идли ЭД-6
Сиқилишга мустаҳкамлиги, МПа	30	20	50	80	100
Чизиқли ҳажмий кичрайиши, %	0,001	-	0,5	1,5	0,2
Сирпаниш меъёри, см <sup>2</sup> /кг	0,2	-	0,5	0,4	0,3
Ҳарорат таъсирида чизиқли кенгайиш коэффициенти, $\alpha \cdot 10^{-6}$	10	30	30	30	30
Ғоваклиги, %	20	2	2	1	1
Ҳажмий қаршилиги, Ом·см	10	10	10	10	10
Қиздиришга турғунлиги, °С	200	160	180	100	120
Чидамлиги, бал (ўн баллик шкала бўйича): эскириши	10	8	7	6	8
	9	2	8	2	10
	1	8	10	8	6
Ранги	кулран	қора	қора	ҳар-ҳил	ҳар-ҳил

Бунда энг юқори мустаҳкамлик эпоксид смолали бетонларда кузатилади. Уларнинг бошқа тавсифлари ҳам юқоридир. Аммо эпоксид смолали бетонларнинг нархи жуда қимматдир (оддий цементли бетонларга нисбатан 10...15 марта). Ҳозирги пайтда қурилишда нисбатан анча арзонроқ бўлган фуран смолали полимербетонлар кўпроқ ишлатилмоқда.

Полимербетонларда смола сарфи тўлдирувчининг хоссаларига боғлиқ бўлади. Тўлдирувчилар ғоваклиги ва майда фракциялар сони қанча кўп бўлса, смола сарфи ҳам шунча кўп бўлади.

Полимербетоннинг таркибини танлаш абсолют ҳажмлар усули бўйича амалга оширилади. Олдин тажриба йўли билан зич тўлдирувчилар аралашмаси танланади, сўнгра микротўлдирувчилар миқдори ҳисобланади (микротўлдирувчиларнинг миқдори тўлдирувчи ғовақларини 10 % ортиғи билан тўлдириши керак). Сўнгра смола ва эритувчи сарфи аниқланади. Смола сарфи бетон қоришмасининг берилган ҳаракатчанлигини таъминлайдиган миқдорда бўлиши керак.

Полимербетонлар кимёвий ишлаб чиқаришда қўлланиладиган конструкцияларда, сув иншоотларида, зарарли муҳит таъсир қиладиган конструкцияларда, йўл қопламаларида, сантехника буюмлари ва бошқа махсус темирбетон конструкция ва буюмлар тайёрлашда ишлатилади.

#### **§14.4. Бетополимерлар**

Оддий бетонларнинг асосий камчиликлари уларни тайёрлаш, қотириш ва ишлатилиши давомида ҳосил бўладиган ғовақлар, капиллярлар, турли ҳил микрокамчиликлар ҳисобланади. Бундай ғовақлар ва камчиликлар бетоннинг мустаҳкамлигини, турли ҳил салбий таъсирларга чидамлилигини пасайтиради ва х.к.

Бетоннинг хоссаларини ундаги ғовақлар ва капиллярларни бошқа моддалар билан тўлдириш орқали ўзгартириш мумкин. Бунинг учун бетон ва темирбетон конструкцияларга махсус ишлов берилади. Бундай махсус ишлов беришга уни вакуумлаш, қуриштириш, махсус таркибларни шимдириш ва шимилган материалларни полимерлаш кабилар киради. Бетоннинг кейинги хоссалари таркибининг тавсифига, ишлатиладиган модданинг ҳили ва хоссаларига шунингдек, қайта ишлаш технологиясига боғлиқ бўлади.

Бетонни қуриштириш-таркибидаги ортиқча сувни чиқариб юбориш, ғовақлар ва капиллярларни махсус таркиб билан тўлдириш учун амалга оширилади. Вакуумлаш эса бетон капиллярларини янада сифатли тозалаш, таркибидаги ҳаво миқдорини чиқариб юбориш учун бажарилади.

Бетонга шимдириш учун турли ҳил моддалар ва материаллар ишлатилади. Бетон танасига сув, зарарли суюқлик ва газлар сингиб кирмаслиги учун петролатум, суюлтирилган смолалар, битумлар ва модификацияланган синтетик смолалар ишлатилади. Бетоннинг тузилиши ва хоссаларини ўзгартириш учун суюқ мономерлар (метилметакрилат, стирол) ва полимерлар (эпоксидли ва полиэфирли смолалар) ҳамда улар асосидаги турли ҳил

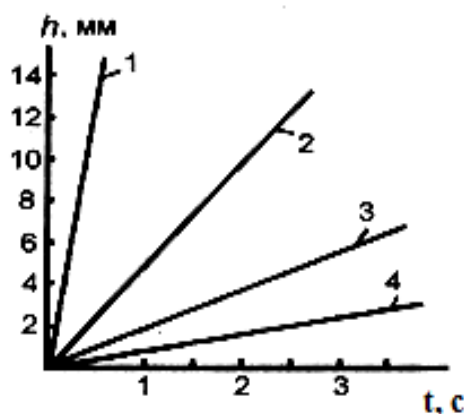
композитлар ишлатилади. Бетонга шимилган материалларнинг шимилиш (сингиш) чуқурлиги уларнинг хоссасига, таркибига ва ёпишқоқлигига боғлиқ бўлади. Масалан, петролатум ёки битумлар бетонга 1...3 см гача шимилади. Суюқ мономерлар, яъни стирол ёки метилметакрилат қисқа вақт мобайнида бетон танасига 10...20 см ва ундан кўпроқ сингади. Бетонга шимиладиган мономер миқдори унинг (бетоннинг) ғоваклигига боғлиқ бўлади. Зич таркибли бетонни тўлиқ мономерлаш учун массасига нисбатан 2...5 % миқдорда мономер сарф қилинади (ҳажми бўйича 4...10 %). Ғовак енгил бетонлар учун эса 30...60 % гача мономер ишлатилади.

Суюқ мономерлар ишлатилганда уларни полимерлаш бевосита бетоннинг танасида амалга оширилади. Полимерлаш-ишлатиладиган мономернинг тавсифига мос ҳолда турли усулларда амалга оширилади. Кўп қўлланиладиган усуллардан бири бу термокаталитли усулидир.

Ушбу усулда мономер таркибига ишлатилишдан олдин махсус модда – полимерлаш боғловчиси қўшилади. Мономер бетонга шимдирилгач, буюм ёки конструкция 70...120 °С гача қиздирилади (мономернинг ҳилига қараб). Сўнгра бир-неча соат ўтказ, суюқ мономер қаттиқ полимерга айланади ва бетон танасидаги ғоваклар ҳамда камчиликларни тўлдириб зич қобикларни ҳосил қилади. Натижада яхлит ва зич тузилишли мустаҳкам сунъий тош ҳосил бўлади. Бундай материалга “бетанополимерлар” деб ном берилган (ЎЗРСТ 707-96).

Бетанополимерларнинг хоссалари бетон ва полимер хоссаларига ва қайта ишлаш технологиясига боғлиқ бўлади. Шимдириш учун қўлланиладиган полимернинг миқдори қанча кўп бўлса, шунча бетанополимернинг мустаҳкамлиги юқори бўлади, ҳатто 200 МПа ва ундан ҳам юқорироқ.

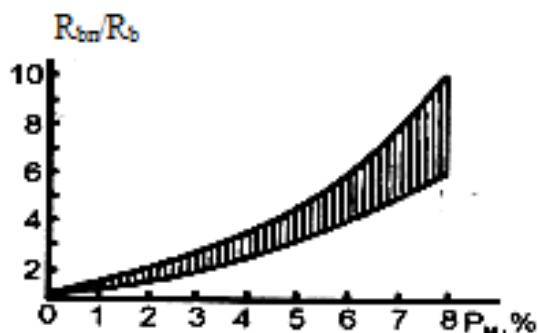
Бетонни мономерлаш чуқурлиги унинг тузилишига, мономернинг қовушқоқлигига, шимдириш ҳарорати ва бошқа бир қанча омилларга боғлиқ бўлади. Бетонни турли ҳил органик моддалар билан мономерлаш тезлиги ва чуқурлиги 14.2-расмда кўрсатилган.



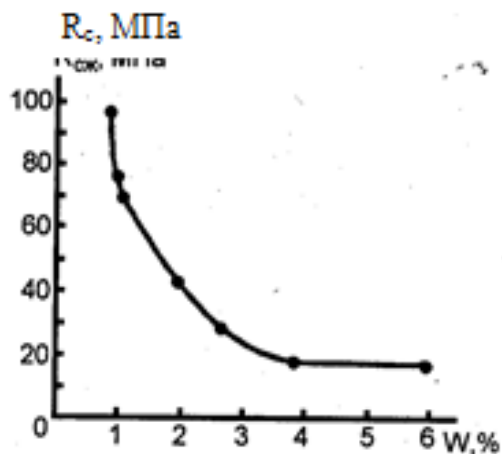
14.2-расм. Турли ҳил органик боғловчилар билан мономерлашда шимилиш чуқурлиги  $h$  (қоринма нисбати 1:2, бунда  $C/C = 0,5$ ). 1-метилметакрилат билан; 2-полиэфир билан; 3-петролатум билан; 4-суюқ битум билан.

Бетон танасида полимер тўрининг ҳосил бўлиши дисперсли арматуралашдек қаралади. Полимерлашда мономер ҳажми бўйича кичрайишга интилади ва материалнинг минерал қисмини сиқади. Натижада материалнинг ички тузилишида олдиндан зўриққанлик ҳолати ҳосил бўлади ва бу самара бетоннинг мустаҳкамлиги ва ёрикбардошлигини оширади.

Бетонни полимер билан махсус қайта ишлаш цемент тоши билан тўлдирувчи орасидаги боғланиш мустаҳкамлигини сезиларли оширади. Шунингдек, бундай қайта ишлаш натижасида



14.3-расм. Бетонполимер мустаҳкамлигининг полимер миқдорига боғлиқлиги.



14.4-расм. Мономерни шимдириш бошланishi вақтида бетонполимер мустаҳкамлигининг бетон намлигига боғлиқлиги.

цемент тошининг қулай арматура ёки дисперсли арматура толалари билан адгезияланиши (ёпишиши) ортади. Натижада арматуранинг бетон полимер билан биргаликда ишлаши яхшиланади.

Бетонни мономерлаш ва кейинчалик полимерлаш натижасида бетон тузилиши яхлит скелетга айланиб, мустаҳкамлиги ва бошқа хоссалари яхшиланади. Бетонполимернинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги оддий оғир бетонникига нисбатан 2...10 марта юқори бўлади, яъни мустаҳкамлиги 20...50 МПа билан бетон ўрнига мустаҳкамлиги 100...200 МПа бўлган бетонполимер олинади. Бетонполимерларнинг мустаҳкамлиги дастлабки материалларнинг мустаҳкамлигига, полимер хоссаларига ва унинг бетондаги миқдорига боғлиқ. Бетонга шимдирилдиган полимер миқдори ошиши билан бетонполимернинг мустаҳкамлиги ҳам ортади (14.3-расм).

Бетонни мономер билан тўлдириш даражаси уни шимдириш учун тайёрлашга боғлиқ бўлади. Бетон қанча қуруқ бўлса, шунча унинг танасидаги бўшлиқлар мономер билан тўлдирилади ва бетонполимернинг мустаҳкамлиги юқори бўлади (14.4-расм).

Бетонполимернинг мустаҳкамлигига унчалик сезиларли бўлмасида, технологик омиллар ҳам таъсир кўрсатади. Яъни, мустаҳкамлиги ўртача бўлган

бетонлар полимерланиб қайта ишлангач, жуда юқори мустаҳкамликка эришади (14.5-жадвал).

Оддий ва полимерлаб қайта ишланган бетонополимерларнинг мустаҳкамликлари.

14.5-жадвал.

Оддий бетон мустаҳкамлиги, МПа	Бетондаги полимер миқдори, %	Бетонополимер мустаҳкамлиги, МПа	Мустаҳкамлигининг ўсиш коэффициенти
20	6	130	6,5
30	6,5	120	4
40	5	110	2,75

Бетонполимерларнинг мустаҳкамлигига зич йирик тўлдирувчилар (шағал, чақиқ тош ва х.к) сезиларли таъсир кўрсатмайди. Чунки бетонополимерда шағал пассив тўлдирувчи ҳисобланади. Шу сабабли юқори мустаҳкамлик майда донали бетонополимерларда намоён бўлади. Хозирги пайтда мустаҳкамлиги 150...210 МПа гача бўлган майда донали бетонополимерлар олинган бўлиб, улардан самарали юпқа қобикли темирбетон конструкциялар тайёрлаш мумкин.

Маълумки, полимерларни 110...200 °С ҳароратда қиздирганда мустаҳкамлиги камая бошлайди. Табиийки, бу ҳолат бетонополимерларнинг мустаҳкамлигига салбий таъсир кўрсатади. Ҳарорат 0...100 °С ораликда ўзгарганда бетонополимернинг мустаҳкамлиги деярли ўзгармайди, ҳарорат 100 °С дан ортганда унинг мустаҳкамлиги камая бошлайди. Шу сабабли юқори ҳароратда (200...250 °С) ўзининг хоссаларини ўзгартирмайдиган бетонополимер олиш учун шимдириладиган махсус иссиқбардош композитлар ишлатилади.

Бетонполимерни 0 °С дан паст ҳароратгача совутилганда унинг мустаҳкамлиги ортади. Чунки полимернинг иссиқдан кенгайиш коэффициенти бетонникига нисбатан юқори бўлиб, совутилганда ҳажмий кичрайиб минерал скелетни сиқади.

Бетонни полимерлаш орқали унинг деформацияланишини бошқариш, чидамлигини ошириш ва бошқа хоссаларини яхшилаш имкони вужудга келади. Айниқса бетоннинг зарарли муҳитга чидамлиги ортади (14.6-жадвал).

#### Оддий бетон ва бетонополимерларнинг хоссалари

14.6-жадвал

Асосий кўрсаткичлар	Оддий бетон	Бетонполимер
Чегаравий мустаҳкамлиги, МПа:		
сиқилишдаги	30...60	100...200
чўзилишдаги	2...3	6...19
эгилишдаги	5...6	14...28
Эластиклик модули, МПа	$2,5...4 \cdot 10^4$	$(3,5...5) \cdot 10^4$
Сиқилишдаги чегаравий деформацияланиши	0,001	0,002
Бетоннинг арматура билан боғланиш мустаҳкамлиги, МПа	1...2	10...18
Бетоннинг куришидан ҳажмий деформацияланиши	$50 \cdot 10^{-5}$	$(0...5) \cdot 10^{-5}$
Бетоннинг куч таъсирида деформацияланиши (сирпаниши)	$(40...60) \cdot 10^{-5}$	$(6...8) \cdot 10^{-5}$
Сув шимувчанлиги, %	3...5	1
Совуқбардошлиги, цикл	200	500
Сульфат ва кислоталарга чидамлиги (занбардошлиги)	етарли эмас	юқори

Полимерлар қиммат турувчи боғловчи модда ҳисобланади. Шу сабабли полимерлаш учун ишлатиладиган таркибнинг ҳар бир фоизи бетоннинг максимал мустаҳкамлигини таъминлаши керак. Полимернинг ушбу хосса-сини самарадорлик коэффиценти орқали баҳолаш мумкин:

$$k_c = \Delta R / \Pi = (R_{\text{бп}} - R_b) / \Pi \quad (14.15)$$

бу ерда  $\Delta R$ -бетонга мономер шимдирилиб, кейин полимерлаш натижасида мустаҳкамлигининг ўсиши;  $\Pi$ -бетонполимердаги полимер миқдори, %.

Оғир бетонополимерда  $k_c = 10...20$  МПа % яъни, ҳар-бир фоиз полимер бетоннинг мустаҳкамлигини 10...20 МПа га оширади (оддий бетонларда бу ўртача 100 кг қўшимча цемент талаб қилган бўлар эди).

Бундай ҳолда цемент сарфини тежаш учун кул ва майда туйилган тош чиқиндиларини ишлатиш юқори самара беради. Цемент сарфини 50 % гача кул билан алмаштириш бетонополимернинг мустаҳкамлигига кам таъсир қилади. Кул қўшилган бетонополимерларнинг мустаҳкамлиги 140...160 МПа атрофида бўлади. Турли-ҳил бетонларни полимерлар билан қайта ишлаш орқали ҳар-ҳил бетонополимерлар олиш мумкин (14.7-жадвал).

#### Полимерлар билан қайта ишланган бетонларнинг яхшиланган хоссалари

14.7-жадвал

Бетон турлари	Сиқилишдаги мустаҳкамлиги, МПа	
	қайта ишлангунча	қайта ишланганидан кейин
Оддий бетон	10...40	80...150
Юқори мустаҳкам бетон	50...70	150...200
Керамзитбетон	3...15	30...90
Газбетон	1...8	15...90
Гипсбетон	15...22	80...92
Арболит	9	48
Силикат бетон	30...50	100...200
Гипс-цементли бетон	30	140

Зарарли шароитда ишлатиладиган буюмлар учун уларнинг чидам-лилигини ошириш мақсадида полимерлар ёрдамида махсус қайта ишлаш амалга оширилади. Шунингдек, бетонга алоҳида хоссалар (ишқаланишга чидамлик, электр ўтказмовчанлик, газ ўтказмовчанлик ва х.к) берилади. Полимерлар таркибларни шимдириш, таъмирлаш ва тузатиш ишларида ҳам кенг қўлланилади.

### §14.5. Фибробетон

**Фибробетон**-бу дисперсли толалар билан арматураланган бетондир (ЎзРСТ 707-96). Фибробетон юқори ёриқбардошликка, чўзилиш бўйича

мустаҳкамликка, ишқаланишга қаршилиқ қилиш қобилятига эгадир. Бундай бетонлардан тайёрланадиган буюмлар пўлат тўр ва синчлар билан арматураланмайди, шу сабабли уларни тайёрлаш технологияси анча қулай ва нисбатан кам меҳнат сарф қилинади.

Қўйиладиган талабларга жавоб берадиган ва турли ҳил хоссаларга эга бўлган бетон олиш учун бетон тузилишининг шаклланиши ва мустаҳкамлигини мақсадли бошқариш талаб қилинади. Чунки, бетоннинг му-с таҳкамлиги интеграл тавсифли бўлиб, у бетон компонентларининг таркиби ва хоссаларига, тайёрлаш ва қотириш шароитига, ишлатилиши ва бошқа омилларга боғлиқ бўлади.

Бетон тузилишининг шаклланишини мақсадли бошқариш ва турли ҳил хоссаларга эга бўлган бетон олиш учун тузилишни модификацияловчи компонентлар қўлланилади. Бетоннинг тузилиш элементлари орасидаги боғланишларни янада мустаҳкамлаш ва цемент тошининг тўлдирувчилар билан боғланиш (тишлашиш) жойларидаги чўзилиш кучларни қабул қилиш учун дисперсли (толасимон) арматуралаш қўлланилади. Турли ҳилдаги толасимон материалларнинг бетон хоссаларига самарали таъсири дисперсли толав ва бетоннинг эластиклик модуллари нисбатига боғлиқ бўлади. Яъни, дисперсли арматура модулининг бетон модулига нисбати бирдан катта бўлганда ( $E_f/E_b > 1$ ), чўзилишга ва ёриқбардошликка мустаҳкам бўлган бетон олиш имконияти мавжуд бўлади.

Одатда цемент тоши ва тўлдирувчилар орасидаги контактли зона бетон тузилишининг кучсиз элементи ҳисобланади. Бетон таркибига киритилган дисперсли тола цемент матрицаси учун худди одатдагидек арматуралаш вазифасини ўтайди ва микроматрицанинг ташкил этувчиларини ўзаро бирлаштириб, яхлит “скелет-тузилиш” ни ҳосил қилади. Яъни, тузилишда ҳосил бўладиган чўзувчи кучларни ўзига қабул қилади ва бетон матрицасининг ёрилишига қаршилиқ қилади.

Бетон матрицасининг таркиби ва хоссаларидан фарқ қилувчи, унинг мустаҳкамлик (жумладан, эгилиш, чўзилиш ва едирилишга) кўрсаткичларини оширувчи дисперсли материалларнинг самараси, қўлланиладиган толасимон компонентларнинг ҳилига, цемент матрицаси билан мустаҳкам брикишига, ҳосил бўладиган контакт зонанинг сифатига, толаларнинг цемент гидротацияси маҳсулотлари таъсирига нисбатан кимёвий турғунлигига ва бошқа омилларга боғлиқ бўлади.

Ҳозирги давр технологиясида бу дисперсли арматураланган “фибро-бетон” дир. Фибробетонда материалларнинг матрицаси ва дисперсли толаларнинг биргаликда яхлит ишлаши унинг (материалнинг) камчиликларини дисперс толаларнинг ижобий хоссалари орқали камайтиради ва юкланишлар натижасида бетонда ҳосил бўладиган зўриқишларни яхлит тизим шаклида қабул қилиш таъминланади.

Бетонни арматуралаш учун турли-ҳил металл ва металлсиз толасимон материаллар ишлатилади. Бундай толаларга “*фибр*” дейилади (ГОСТ 14613-83). Одатда металл ёки металлсиз толалар билан майда донали бетонлар ва цемент тоши арматураланади. Бетонни толасимон материаллар билан



арматуралаш самараси уларнинг миқдори ва алоҳида толаларнинг жойланаш масофасига боғлиқ бўлади. Толалар орасидаги масофа 10 мм гача бўлганда бундай арматуралаш толасимон ёриқлар ҳосил бўлишини кескин камайтиради. Йирик тўлдирувчилар эса бундай арматуралаш самарасини камайтиради.

Металли фибр сифатида диаметри 0,3...1,2 мм, узунлиги 20...50 мм қилиб қирқилган ва ташқи юзаси ғадир-будирланган ингичка симлар ишлатилади. Энг унумли фибра бу диаметри 0,5...0,8 мм ва узунлиги 25...30 мм бўлган сим толалардир. Фибра диаметри 1,2 мм дан қалинлашса дисперсли арматуралашнинг бетон мустаҳкамлиги бўйича самараси камаяди.

Металли фибраларнинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги 600...1500 МПа, нисбий узайиш коэффиценти 3...4 %, зичлиги 7,8 г/см<sup>3</sup> бўлиб, ишқорли муҳит ва занглашга турғунлиги нисбатан камдир. Металл фибралар 1 м<sup>3</sup> бетон қоришмаси учун 1...2,5 % бетон ҳажми бўйича ёки 3...9 % массаси бўйича (яъни, 70...200 кг 1 м<sup>3</sup> қоришма учун) қўшилади. Натижада бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги 10...30 % ортади.

Металлсиз толасимон фибр сифатида шиша толалари, базальтли, асбестли, полимерли, волластонитли ва ш.к толалар ишлатилади.

Шиша толалари диаметри 13...15 мкм, узунлиги 20...40 мм атрофида бўлади. Уларнинг чўзилишга мустаҳкамлиги жуда юқоридир (1500...3000 МПа), деформация модули эса цемент тошиникидан юқори. Нисбий узайиш коэффиценти 4...4,5 %, зичлиги 2,6 г/см<sup>3</sup>. Шиша толалар бетон қоришмасига унинг ҳажмига нисбатан 1...4 % миқдорда қўшилади. Улар ҳам худди металл толалар каби юқори эластиклик модулига эга бўлиб, бетон мустаҳкамлигининг ошишини, ёриқбардошликка чидамлигини таъминлайди.

Аммо шиша цементнинг ишқорли муҳитида тез бузилади. Шу сабабли шиша толаларини занглашдан ҳимоя қилиш учун махсус боғловчилар қўшилади ёки бошқа ҳимоя чоралари қўлланилади. Бундай мақсадларда глиноземли цемент ишлатилади, турли қўшимчалар қўшилади ва бетонга полимерлар шимдирилади.

Цемент тошини асбест толалари билан дисперсли арматуралаш кенг қўлланилади. Бундай толалар билан буюмлар корхона шароитида махсус технология асосида арматураланади. Асбест толаларининг диаметри 1 мкм, узунлиги 0,5...10 мм атрофида бўлиб, улар юқори мустаҳкамлиги, иссиқбардошлиги ва салбий муҳит таъсирига турғунлиги билан тавсифланади. Бундай толалар билан арматураланган цемент тошига “асбестоцемент” дейилади. Асбест толаларининг чўзилишга мустаҳкамлиги 600...800 МПа бўлиб, цемент тоши таркибига ўртача 10...15 % (цемент массасига нисбатан) киритилса, бетоннинг чўзилишдаги ва едирилишдаги мустаҳкамликлари 4...5 марта юқори бўлади ва зарбий мустаҳкамлиги ҳам ортади.

Говакли ва гипсли бетонларни арматуралаш учун полимер толалари кенг қўлланилади. Уларнинг иссиқдан кенгайиш коэффиценти цемент тошиникидан 3...9 марта юқори, эластиклик модули эса пастдир. Полимер материаллар сифатида полиэфирлар, полиакрилатлар, полипропилен ва х.к.

ишлатилади. Бундай материалларнинг мустаҳкамлиги 60...100 МПа атрофида бўлиб, полимер толалари фибра кўринишида қўлланилади. Айниқса юпка қобикли буюмларни тайёрлашда улар юқори самара беради.

Майда донали бетонларга базальт толаси қўшилганда, бундай бетонлар зарарли муҳитда ҳам ўз хоссаларини ўзгартирмайди. Базальт толаларининг чўзилишдаги мустаҳкамлиги 3000...3500 МПа, эластиклик модули цемент тошиникидан юқоридир. Толалари диаметри 13...17 мкм, узунлиги 3...16 мм, зичлиги  $2,6 \text{ г/см}^3$ , нисбий узайиш коэффициенти 3...3,5 % бўлиб, ишқорли муҳит ва занглашга турғунлиги юқорилиги билан тавсифланади. Базальт толалари майда донали оғир бетонлардан тайёрланадиган юпка қобикли конструкцияларда ва сув иншотларида қўлланилганда юқори самарага эришилади.

Цемент тоши матричасини дисперсли арматуралаш учун қўлланиладиган толасимон тузилишга эга бўлган материаллардан бири “волластонит” минералидир. Саноат учун ишлатиладиган волластонит толаларининг ўртача узунлиги 20...200 мкм. Волластонитнинг анизотропик тавсифи яъни, узун толаларининг диаметрига нисбати 5:1...10:1 бўлиб, уни майдалаб майда қум шаклига келтирилганида ҳам толасимон (жунсимон) тузилишнинг сақланиб қолинишидир. Шу сабабли волластонит бетон учун микроарматураловчи-тўлдирувчи сифатида қўлланилади (волластонитнинг бетон учун қўлланилиши бўйича §14.12 да маълумотлар келтирилган).

Бетонни дисперсли толалар билан арматураланганда унинг бузилиши аста секин содир бўлади. Бетонда ҳосил бўладиган ёриқлар оддий бетондагига нисбатан анча юқори деформацияларда рўй беради. Фибрлар бетоннинг ички каркасини ҳосил қилиб, унинг чўзилишга қаршилик қилишига ёрдам беради.

Бетон қоришмага фибр толаларининг киритилиши қоришма ҳаракатчанлигини секинлатади ва қоришмани тайёрлаш технологиясини анча мураккаблаштиради. Одатда сув, цемент ва майда тўлдирувчилар сарфини оширишга тўғри келади (цемент сарфи  $400...500 \text{ кг/м}^3$  атрофида олинади).

Қоришма таркибига фибр толаларини киритиш муҳим технологик жараён ҳисобланади. Чунки толалар бир жойга тўпланиб қолмаслиги керак. Шунинг учун бетонни тайёрлашдан олдин тўлдирувчилар билан фибр толалари аралаштирилади, сўнгра цемент ва сув қўшиб қориштирилади. Бунда қўшимча титратиб аралаштирувчи қоригичлардан фойдаланилади.

Бетондаги дисперсли арматуралар зич цемент тоши ҳисобига занглашдан яхши ҳимояланган бўлади. Аммо зарарли муҳит таъсир қиладиган жойларда қўлланиладиган бетонларнинг металл фибр толалари махсус таркиблар билан қопланади (ҳимоя қилинади).

Фибр толалари бетон билан мустаҳкам бирикиши туфайли бетоннинг чўзилишга мустаҳкамлиги 20...40 % ортади, ёриқбардошлиги ва чидамлиги, шунингдек, бошқа хоссалари сезиларли даражада яхшиланади.

Дисперсли толаларни бетонга қўллашнинг аҳамиятли томони шундан иборатки, у бетонга янги хусусият берибгина қолмай, темирбетон буюмларни тайёрлашнинг мутлақо янги технологиясини очиб беради. Бундай технология

бўйича арматуралаш жараёни бевосита бетонқоригичларда бажарилади яъни, дисперсли толалар бетон қоришмасига кўшиб аралаштирилади, натижада буюмни тайёрлаш учун кетадиган вақт ҳам сезиларли қисқаради.

#### §14.6. Манзарали бетонлар

Био ва иншоотларнинг ташқи қисмига бадиий-эстетик кўриниш ва меъёрий чирой бериш учун кейинги пайтларда манзарали бетонлар кенг қўлланилмоқда. Бетон қоришмаси ўзининг тавсифларига кўра манзарали ва пластиклик хусусиятларга эга бўлиб, унга оқ ёки бошқа рангдаги цементлар ва махсус тўлдирувчилар ишлатиш орқали турли хил рангдаги манзарали бетонлар олиш мумкин (ЎзРСТ 707-96).

Таркиби ва қўлланилиш соҳасига қараб манзарали бетонлар рангли ва табиий тош материалларни ўзида жилолайдиган хилларга бўлинади.

Рангли бетонларни олиш учун оқ ёки бошқа рангдаги турли-хил минераллар, кукунлар ёки органик пигментлар ишлатилади. Масалан, оқ цемент ишлатилганда бетоннинг оқлигини янада ошириш учун таркибга цемент массасига нисбатан 1...2 % гача титан дуокиси кукуни киритилади. Бетон учун ишлатиладиган рангли пигментлар атроф муҳит ва ишқорлар таъсирига чидамли, ранги ёрқин ва турғун бўлиши керак. Минерал моддалар асосидаги пигментлар (темир, хром, марганец оксидлари, мел, оҳактош, охра ва х.к.) кукун шаклида цемент массасига нисбатан 1...5 % гача қўшилади.

Кейинги йилларда турли хил органик пигментлар ва бўёвчи таркиблар кенг қўлланилмоқда. Улар цемент массасига нисбатан 0,1...0,2 % миқдорда қўшилади.

Керакли зичликдаги ва ранги чиройли кўринишдаги манзарали бетон олиш учун цемент сарфи анча оширилади. Рангли бетонлар сифатида майда донали бетонлар кенг қўлланилади.

Рангли бетонлар тайёрлаш учун сув сарфи тажриба-синов қоришма орқали аниқланади, сўнгра ушбу сув сарфи доимо назорат қилиб борилади. Чунки сув сарфининг озгина у ёки бу томонга ўзгариши бетоннинг рангини сезиларли ўзгартириб юборади. Рангли бетон қоришмасидан буюмларни қолиплашда нисбатан қуюқ қоришмалардан фойдаланилади.

Одатда цемент сарфини тежаш мақсадида шунингдек, буюмларнинг чидамлилигини ошириш учун пластикловчилар, суперпластикловчилар ва улар асосидаги комплекс қўшимчалардан фойдаланилади. Бетоннинг юзаси текис, силлиқ ва бир хил рангли бўлиши учун махсус суртма (ОП-7 ва х.к.) ишлатилади.

Бундай бетонлар учун майда тўлдирувчи сифатида тоза кварц қуми, йирик тўлдирувчи сифатида эса рангли оҳактош, доломит, мрамар ва тошли жинслардан майдалаб олинган чақиқ тошлар ишлатилади. Шуни унутмаслик керакки, йирик тўлдирувчилар рангли бетонларга алоҳида ранг бера олмайди. Бетонга асосан ўлчамлари 0,3 мм гача бўлган майда тўлдирувчилар ранг беради.

Рангли бетон қоришмаси олдиндан тозаланган бетонқоригичларда қорилади. Қоришмани аралаштириш вақтининг давомийлиги оддий бетонларникига қараганда анча кўпроқ давом этади. Буюмларни қолиплаш ва бетон қоришмасини зичлашда эгилувчан валли нинасимон чуқурлик титраткичлари, паст частотали титраткичлар кенг қўлланилади. Рангли бетонларни қолиплашдан олдин қолип ичи буюмнинг рангига таъсир қилмайдиган масалан, парафин, воск ва х.к. таркиблар билан мойланади.

Манзарали бетонларни иссиқлик ёрдамида қотириш пайтида бўёқ ранги ўзгариши мумкин, шу сабабли ранг ҳилини танлашда бу ҳолат эътиборга олинади. Қолипланган буюмларни омборларда сақлаш ва уларни ташиш пайтида юза қисми плёнкалар билан вақтинчалик ёпиб қўйилиши, махсус контейнер-тележка ёрдамида ташишиш тавсия этилади. Яъни, буюм бетонининг юзасида турли хил камчиликлар ҳосил бўлиб қолмаслиги керак. Арматура занглаши натижасида бетон қатлами ва юзасини емирилишдан сақлаш учун химоя қатлами қалинлиги 2 см дан кам бўлмаслиги керак.

Манзарали бетонларнинг юза қисми тузилишини бадий безаш учун махсус ишлов берилади. Яъни, силлиқланади, майда тўлдирувчи-кукунлар билан ишлов берилади, масалан, мрамар кукуни ва х.к.

Манзарали бетонлар турли хил қурилиш конструкцияларида қўлланилади: буларга турар-жой ва бошқа биноларнинг ёпма конструкциялари, ташқи ва ички деворларнинг манзарали плиталари, зинапоя конструкциялари, бино фасадлари, кичик меъморчилик деталлари, ҳайкалтарошлик ишлари ва ш.к. киради. Айрим ҳолларда манзарали бетонлар бошқа материаллар масалан, тошлар, эмалланган пўлат ва пластиклар билан биргаликда қўлланилиб, керакли манзарали кўриниш ҳосил қилинади.

Кейинги пайтларда қурилиш саноатида композицияли манзарали бетонлар яъни, сув талабчанлиги кам боғловчилар ва махсус комплекс қўшимчали (суперпластикловчилар, кенгайтирувчилар, қотишни бошқарувчилар ва х.к.) бетонлар қўлланила бошланди.

Манзарали - рангли бетонлардан буюмларни тайёрлашда, кўпчилик ҳолларда қатламли конструктив ечимлар қўлланилади. Бунда буюмнинг асосий юза қисми манзарали бетон қатламидан, ички юк кўтарувчи қисми эса оддий бетондан тайёрланади. Бу эса қоплама конструкцияларни ва йўлак плиталарини тайёрлашда манзарали рангли бетонлар сарфини тежаш имконини беради. Манзарали бетонларнинг кенг кўламда қўлланилиши умумий ҳолда бетон ва темирбетон конструкцияларининг келажакдаги қўлланилиш истиқболларини янада кенгайтиради.

#### **§14.7. Иккиламчи маҳсулот ва саноат чиқиндилари асосидаги бетонлар**

Бетон тайёрлашда иккиламчи саноат чиқиндилари (турли хил шлаклар, куллар, ёғоч қипиқлари ва х.к.) кенг қўлланилади (ЎзРСТ 707-96). Бу эса юқори иқтисодий ва экологик самара беради.

**Шлаклар**-чўян ва бошқа материалларни эритишда иккиламчи маҳсулот сифатида ҳосил бўладиган бирикмалар бўлиб, минерал таркиби бўйича асосий ва нордон ҳилларга бўлинади. Таркиби гилтупрок, глиноземга бой бўлган (асосийлик модули  $M_o > 0,65$ ) шлаклар цемент ишлаб чиқаришда қўлланилади. Шлаклар асосан бетон учун йирик ва майда тўлдирувчи сифатида шунингдек, цемент сарфини тежаш учун эса майда туйилган қўшимча сифатида ишлатилади. Кўпчитилган шлаклардан турли хил енгил бетонлар учун ишлатиладиган тўлдирувчилар (термолит, пемза ва х.к.) олинади (Ўз РСТ-693-96).

Доналанган хумдон шлакини майда туйиш ва металл (натрий, калий) бирикмалари эритмаси билан суюлтириш орқали шлакишқорли боғловчилар олинади. Ишқорли компонент сифатида поташ, эрувчан натрий сликати, калий шунингдек, таркибида ишқорли бирикмалар бўлган металл саноат чиқиндилари ишлатилади. Уларнинг миқдори шлак массасига нисбатан 5...6 % олинади Шлакишқорли боғловчилар 400, 500 ва 600 маркаларда ишлаб чиқарилади. Тутиб қолиш (қотиши) муддати-бошланиши 45 минутдан олдин ва тугаши 12 с дан кеч эмас (ГОСТ 5578-76).

Шлакишқорли боғловчилар асосидаги бетон таркибини танлаш юқорида кўриб ўтилган (10-боб) оғир бетон таркибини лойихалаш усуллари бўйича амалга оширилади (тажрибавий қоришмалар орқали). Шлакишқорли боғловчининг энг кам сарфи йирик тўлдирувчили бетонлар учун  $300 \text{ кг/м}^3$ , майда донали бетонлар учун эса  $400 \text{ кг/м}^3$  олинади. Бетон қоришмасини тайёрлаш жараёнида ишқорли компонент алоҳида махсус ускунада тайёрланади (майдаланади, саралаб миқдорланади ва сув билан аралаштирилади).

**Кул**-каттиқ ёқилғилар (тошкўмир, торф сланец ва х.к.) ёқилганидан кейин ҳосил бўладиган қолдиқ чиқиндилар бўлиб ўлчамлари 0,16 мм дан кичик заррачалар кўринишида бўлади. Йирикроқ доналилари эса шлакли кум ва шағал тоифасига киради. Бетон ва боғловчи моддалар учун ишлатишга яроқли куллар кимёвий таркиби ва зарарли қўшимчалар (олтингургурт, сўнмаган оҳак, магний оксиди ва х.к.) миқдори бўйича танланади.

Каттиқ ёқилғилар ёнишидан ҳосил бўлган куллар кўмирли, сланецли ва торфли ҳилларга бўлинади (ЎзРСТ 690-96).

Кулларнинг кимёвий таркиби ёқилғи ҳилига қараб ўзгаради. Кўмир кулларида  $\text{SiO}_2$  миқдори, сланец ва торф кулларида эса  $\text{CaO}$  миқдори кўпроқ бўлади. Кулларнинг фаоллиги оҳак билан майда туйилган ҳолда сувда суюлтирилиши ва ҳар-ҳил шароитда қотиши орқали белгиланади. Кул таркибида кремнийли компонентлар ёки куйган лойли жинслар миқдори бўлса унинг фаоллиги ортади. Куллар аралаш боғловчилар ва бетон учун фаол компонент ҳисобланади. Бетонни иссиқлик билан қотиришда кулларнинг кимёвий фаоллиги ортади. Айниқса асосий куллар юқори фаоликка эга бўлади. Баъзи куллар, масалан сланец ва торфнинг алоҳида ҳилларини куйдириш натижасида олинганлари майин туйилганидан кейин паст маркали боғловчилар сифатида ишлатилиши ҳам мумкин.

Кулларнинг хақиқий зичлиги ўртача  $1,75...2,4 \text{ г/см}^3$  бўлиб, баъзи фракциялариники эса ўртача зичликдан анча фарқ қилиши ҳам мумкин. Уйма зичлиги эса  $600...1300 \text{ кг/м}^3$  атрофида ўзгаради. Кулларнинг зичлиги ёқилғи турига ва куйдириш ҳароратига боғлиқ бўлади. Кул зарраларининг ўлчами дастлабки хом ашё турига ва куйдириш усулига боғлиқ бўлиб, ўртача  $5...100 \text{ мкм}$  орасида ўзгаради.

Темирбетон буюмларни тайёрлаш учун қўлланиладиган куллар таркибида ёнмай қолган ёқилғи миқдори  $5 \%$  дан ортиқ бўлмаслиги керак. Кулларнинг донадорлик таркибига алоҳида талаблар қўйилмайди. Ғовакли бетонлар учун ишлатиладиган кулнинг солиштира юзаси  $2500 \text{ см}^2/\text{г}$ , зич бетонлар учун  $1500 \text{ см}^2/\text{г}$  дан кам бўлмаслиги тавсия қилинади. Кулларнинг майдалиги юқори бўлса бетоннинг мустаҳкамлиги ортади, аммо бетон қоришманинг сув талабчанлиги ва ҳажмий киришиш деформацияси ҳам юқори бўлади. Шу сабабли кулнинг энг мақбул донадор таркиби тажрибавий қоришмалар орқали ўрнатилади.

Куллар цемент сарфини тежаш ва иссиқ ажралиб чиқишини таъминлаш мақсадида сув иншоотлари бетони учун майда туйилган қўшимча сифатида ҳам қўлланилади. Шунингдек, куллар сунъий ғовакли тўлдирувчилар (аглопорит ва кулли шағал) тайёрлашда кенг қўлланилади. Кулли ғовак тўлдирувчилар ўзининг хоссаларига кўра керамзит шағалига яқин келади ва унга нисбатан арзон ҳисобланади. Шу сабабли кулли ғовакли тўлдирувчилардан самарали енгил бетонлар тайёрланади.

Куллар куйдирилмаган кулли шағал тайёрлашда ҳам ишлатилиши мумкин. Бундай шағал-кул аралашмаси  $10...20 \%$  боғловчилардан (цемент, оҳак, гипс ва х.к.) ташкил топади. Унинг зичлиги  $600...900 \text{ кг/м}^3$ , мустаҳкамлиги  $4,5...6 \text{ МПа}$  бўлади. Шағалнинг массасини камайтириш учун таркибига ғовакли бетон чиқиндилари ва бошқа ғовакли материаллар қўшилади.

Таркиби  $60...80 \%$  гача кулдан иборат бўлган ғовакли бетонлар худди шундай майда туйилган кремноземли ғовакли бетонлар сингари самарали ҳисобланади. Автоклавда қотириладиган бундай бетонларнинг мустаҳкамлиги: зичлиги  $600 \text{ кг/м}^3$  бўлганда  $3...6 \text{ МПа}$ ; зичлиги  $800 \text{ кг/м}^3$  бўлганда  $5...10 \text{ МПа}$ ; зичлиги  $1100 \text{ кг/м}^3$  бўлганда  $12...24 \text{ МПа}$ . Кейинги йилларда кулли бетонларнинг қурилишда қўлланилиш соҳаси сазиларли кенгаймоқда.

## §14.8. Арболит

*Арболит (ГОСТ 19222-84)*-бу цементли боғловчи, сув ва органик тўлдирувчилар (зарур ҳолларда қўшимчалардан) иборат массани зичлаб олинган бетондир. Керакли таркибдаги хоссаларга эришиш учун унга махсус кимёвий қўшимчалар киритилади. Органик тўлдирувчилар сифатида майдаланган ёғоч чиқиндилари, қамишпоя, конопли, кунжут ва шоли поялари, ғўзапоя кабилар ишлатилади.

Органик тўлдирувчилар вақт ўтиши билан цементнинг гидратланишига салбий таъсир қилувчи моддалар чиқариш хусусиятига эгадир. Шу сабабли ушбу ҳолатнинг олдини олиш учун улар таркибига махсус қўшимчалар қўшилади (масалан хлорли кальций) ёки уларга антисептик ишлов берилади (чиришга ва биологик замбуруғларга чидамли бўлиши учун). Шунингдек, арболит бетон таркибига суюлтирилган шиша ва комплекс қўшимчалар (суюқ шиша+кальций хлор, суюқ шиша+фурил спирти ва х. к.) қўшилади. Натижада ушбу компонентлар органик тўлдирувчилар сиртида юпка парда ҳосил қилиб, уларда деструктив жараёнлар содир бўлишининг олдини олади.

Арболит таркибига бошқа қўшимчалар, жумладан материалнинг ғовақларини тартибга солувчи ва бошқарувчилар (кўпик ҳосил қилувчи ва ҳаво ютувчи), арматурани занглашдан ҳимояловчилар, совуқбардошликни оширувчи ва юқори намликка турғунлигини таъминловчи компонентлар киритилади. Арболит асосида тайёрланган конструкциялар асосан ҳавонинг нисбий намлиги 60 % гача бўлган бино ва иншоотларнинг ички хоналарида ишлатилиши тавсия этилади. Арболитли буюмларнинг нам ҳаво қатлами билан туташадиган юзаси фактурали қоришма билан суваб чиқилади.

Арболит ўртача зичлиги бўйича (доимий массагача қурилган ҳолатда) иссиқ сақловчи (зичлиги 500 кг/м<sup>3</sup> гача) ва конструкциявий (зичлиги 500...850 кг/м<sup>3</sup>) ҳилларга бўлинади. Арболитнинг хоссалари 14.8-жадвалда келтирилган.

#### Арболитнинг хоссалари

14.8-жадвал

Арболит -нинг ҳили	Сиқилиш. мустаҳ- камлиги бўйича синфи	Сиқилиш. мустаҳ- камлиги бўйича маркаси	Арболитнинг ўртача зичлиги, кг/м <sup>3</sup>			
			майда- ланган ёғоч	майда- ланган ғўзапоя	кунжут похоли	майдалан -ган гуруч похоли
Иссиқ сақлов- чи	B0,35	M5	400-500	400-450	400-500	500
	B0,75	M10	450-500	450-500	450-500	-
	B1,0	M15	500	500	500	-
	B1,5		500-600	550-650	550-650	600-700
Конст- рукция- вий	B2,0	M25	500-700	600-700	600-700	-
	B2,5	M35	600-750	700-800		-
	B3,5	M50	700-850			

Арболитнинг совуқбардошлиги F25 дан кам бўлмаслиги керак. Арболитни тайёрлаш учун турли ҳил портландцементлар ишлатилади (пуццоланли цемент бундан истисно). Конструктив арболит учун ишлатиладиган цемент маркаси M400 дан юқори бўлиши керак.

Органик тўлдирувчилар қуйидаги талабларни қониқтириши керак: майдаланган ёғоч бўлақларининг узунлиги 40, эни 10 ва қалинлиги 5 мм дан ошмаслиги, қобиқ қисми миқдори 10 %, новда ва барглари 5 % дан (тўл-

дирувчилар массасига нисбатан) ошмаслиги керак; гўзапоя, кунжут ёки конопли похолларининг узунлиги 40 мм дан катта, майда ва жунсимон қийқимлар миқдори 5 % дан кўп бўлмаслиги керак.

Арболитнинг донадор таркиби қуйидагича бўлади:

элак тешиклари ўлчами, мм.                    20;    10;    5;    2,5.

элакдаги тўла қолдиқлар миқдори,

массаси бўйича %.                                    0...5; 20...40; 40...75; 90...100.

Майдаланган ёғочларнинг ишлатишга яроқлилик кўрсаткичи арболитдаги ёғоч бўлақларини бевосита синаш орқали аниқланади (бунда  $C/C = 1,10$ , цемент сарфи тахминан  $360 \text{ кг/м}^3$ , ёғоч бўлақлари  $770 \text{ кг/м}^3$  ва кальций хлори  $10 \text{ кг/м}^3$  олинади). Ёғоч тўлдирувчиларнинг ишлатишга яроқлилик коэффиценти

$$k_{\text{я}} = C \cdot A_{\text{ц}} / (10 \cdot R_{\text{а}} \cdot R_{\text{ц}}) \quad (14.16)$$

бу ерда  $C$ -цемент сарфи,  $\text{кг/м}^3$ ;  $A_{\text{ц}}$ -цементнинг фаоллиги, МПа;  $R_{\text{а}}$ -арболитнинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги, МПа;  $R_{\text{ц}}$ -эталон маркали цементнинг мустаҳкамлиги бўлиб, 40 МПа олинади.

Арболитнинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги томонларининг ўлчами  $15 \times 15 \times 15 \text{ см}$  бўлган намуналарни 28 кун қотганидан кейин синаш орқали аниқланади (намуналар  $20 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$  ҳароратда ва ҳавонинг нисбий намлиги  $70 \pm 10 \%$  муҳитда сақланган бўлиши керак).

Ишлаб чиқариш шароитида арболитли қоришмани тайёрлаш учун тинимсиз ишлайдиган бетонқоригичлар ишлатилади. Қоришмани зичлаш учун пресслаш, трамбовкалаш, прокатлаш ва титратиб пресслаш усулари қўлланилади. Қотишини тезлатиш учун буғ камераларида иссиқлик билан ишлов берилади. Бунда камера ҳарорати  $40 \text{ } ^\circ\text{C}$  дан ошмаслиги ва камерадаги ҳавонинг нисбий намлиги  $50 \dots 60 \%$  бўлиши, электр ёрдамида қотиришда эса ҳарорат  $50 \text{ } ^\circ\text{C}$  дан ошмаслиги керак.

Арболитнинг таркиби ҳисоб-тажрибалар орқали аниқланади. Унинг энг мақбул таркибини аниқлаш учун учта сериядаги намуналар синаб кўрилади (бунда цемент сарфи ҳар-ҳил бўлиши керак). Биринчи таркиб учун ҳисобий цемент сарфи  $360 \text{ кг/м}^3$ , қолган икки сериялар учун эса ҳисобий цемент сарфига нисбатан 15 % кўп ёки кам цемент олинади яъни, 310 ва  $410 \text{ кг/м}^3$ . Аниқланган натижалар бўйича  $R_{\text{а}} = f(C)$  боғланиш графиги қурилади ва ундан керакли синфдаги арболитни олиш учун цемент сарфи аниқланади.

Арболитга сарф қилинадиган материалларнинг (дастлабки қоришма учун) тахминий миқдорлари 14.9...14.12 жадвалларда келтирилган. Ушбу материалларнинг ҳақиқий (ҳисобий) миқдорига тажриба натижалари асосида аниқлик киритилади.



Арболитга ишлатиладиган цементнинг тахминий сарфи

14.9-жадвал

Тўлдирувчиларнинг хили	1 м <sup>3</sup> арболитга ишлатиладиган М400 маркали портландцементнинг тахминий сарфи, кг (арболитнинг синфи бўйича)					
	В 0,5	В 0,75	В 1,0	В 1,5	В 2,0	В 2,5
Ўрмонда арраланган ва ёғочи қайта ишланган нинабаргли ёғочлар	240	250	280	300	330	360
Ўрмонда тайёрланган ни-набаргли ёғочлар	260	280	300	320	350	380
Ўрмонда арраланган ва ёғочи қайта ишланган аралаш навли ёғочлар	270	290	310	330	360	390
Ўрмонда тайёрланган ара-лаш навли ёғочлар	290	310	330	350	380	-
Одубина	280	300	320	340	370	400

Арболитга ишлатиладиган органик тўлдирувчиларнинг тахминий сарфи

14.10-жадвал

Тўлдирувчиларнинг хили	Цемент маркаси М400 бўлганда 1 м <sup>3</sup> арболитга ишлатиладиган органик тўлдирувчиларнинг тахминий сарфи, кг (арболитнинг синфи бўйича)					
	В 0,5	В 0,75	В 1,0	В 1,5	В 2,0	В 2,5
Ўрмонда арраланган ва ёғочи қайта ишланган ни-набаргли ёғочлар	140	160	180	200	220	240
Ўрмонда тайёрланган ни-набаргли ёғочлар	150	170	190	210	230	250
Ўрмонда арраланган ва ёғочи қайта ишланган аралаш навли ёғочлар	180	180	200	220	240	250
Ўрмонда тайёрланган ара-лаш навли ёғочлар	140	160	180	200	220	240
Одубина	160	180	200	220	275	290

Арболитга ишлатиладиган сувнинг тахминий сарфи

14.11-жадвал

Тўлдирувчиларнинг хили	Куруқ органик тўлдирувчилар ишлатилганда 1м <sup>3</sup> арболитга ишлатиладиган сувнинг тахминий сарфи, л (арболитнинг синфи бўйича)					
	В 0,5	В 0,75	В 1,0	В 1,5	В 2,0	В 2,5
Ўрмонда арраланган ва ёғочи қайта ишланган нинабаргли ёғочлар	260	280	300	330	380	400
Ўрмонда тайёрланган нинабаргли ёғочлар	280	300	330	360	400	440
Ўрмонда арраланган ва ёғочи қайта ишланган арлаш навли ёғочлар	310	330	360	390	430	460
Ўрмонда тайёрланган арлаш навли ёғочлар	310	330	360	390	430	460
Одубина	210	230	250	270	300	370

Арболитга ишлатиладиган кимёвий қўшимчаларнинг сарфи

14.12-жадвал

Кимёвий қўшимчаларнинг хили	Тўлдирувчиларнинг ҳилига боғлиқ холда 1 м <sup>3</sup> арболитга ишлатиладиган кимёвий қўшимчалар сарфи, кг	
	ёғоч блоклари	одубина
Техник кальций хлор	8	8...9
Суюқ натрийли шиша	8	-
Комплекс қўшимчалар: нордон олтингугуртли гилтупроқ оҳак-кукуни	20 25	- -

### §14.9. Иссиқбардош бетон

*Иссиқбардош бетонлар деб (ГОСТ-20910-90)*-узоқ муддат давомида юқори харорат таъсир қилганда керакли чегарада физик-механик хос-саларини сақлаб қолиш хусусиятига эга бўлган бетонлар тоифасига айтилади. Иссиқбардош бетонлар боғловчи модда (зарур холларда майда туйилган минерал қўшимчалар), сув (ёки бошқа суюқ эритма) ва иссиқбардош тўлдирувчилардан тайёрланади.

Боғловчи модда сифатида портландцемент, шлакли портландцемент, гилтупроқли цемент ва суюқ шиша ишлатилади. Цемент тошининг тузилишини яхшилаш ва мустаҳкамлигини сақлаб қолиш учун боғловчи

таркибига майда туйилган минерал қўшимчалар (хромит рудаси, шамот, андезит, пемза, ёқилғи ва хумдон шлаклари, суглинок, кул чанги ва х.к.) қўшилади. Қўшилмаларнинг туйилиш майдалиги (№009 элакдан ўтиши бўйича) қуйидагича бўлиши, яъни: портландцемент бетонлар учун 70 % дан, суюқ шишали бетонлар учун 50 % дан кам бўлмаслиги керак.

Иссиқбардош бетонлар учун майда ва йирик тўлдирувчилар сифатида майдаланган хромит рудаси, магнезит, шамот, сопол ғишт, хумдон шлаклари, базальт, диабаз, андезит кабилар ишлатилади. Йирик тўлдирувчиларнинг энг катта доналари ўлчами массив конструкциялар учун 40 мм гача, бошқа конструкциялар учун эса 20 мм дан ошмаслиги керак. Ўлчами 0,16 мм дан кичик бўлган майда заррачалар миқдори массасига нисбатан 15 % дан кўп бўлмаслиги керак.

Иссиқбардош бетонлар учун тавсия этиладиган майда ва йирик тўлдирувчиларнинг донадор таркиби 14.13-жадвалда келтирилган.

Иссиқбардош бетонлар учун тавсия этиладиган  
тўлдирувчиларнинг донадор таркиби

14.13-жадвал

Тўлдирувчи доналарининг йириклиги, мм	Элакдаги тўла қолдиқлар миқдори, массасига нисбатан % (элак тешиклари ўлчами бўйича, мм)					
	40	20	10	5	1,25	0,16
40	0...5	30-60	-	90-100	-	-
20	-	0-5	30-60	90-100	-	-
10	-	-	-	-	-	-
5	-	-	0-5	90-100	-	-
2,5	-	-	-	0-15	20-55	85-100

Иссиқбардош бетонларнинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги қирраларининг ўлчами 10x10x10 см бўлган бетон куб намуналарни синаш орқали аниқланади. Бунда портландцементли бетонлар 7 кун, гилтупроқли цементлар ва суюқ шиша асосида тайёрланган бетонлар эса 3 кун қотганидан кейин синалади.

Гилтупроқ ва портландцемент асосидаги бетон намуналар намли шароитда, суюқ шиша асосидаги намуналар эса қуруқ яъни, ҳаво ҳарорати 18±3 °С бўлган шароитда сақланади. Тажрибаларни ўтказишдан олдин намуналар 100...110 °С ҳароратда 32 с давомида қурилади, сўнгра совутилади. Чегаравий хизмат қилиш ҳарорати 600 °С дан юқори бўлган иссиқбардош бетонлар учун, уларни қиздирилгандан кейинги сиқилишдаги қолдиқ мустаҳкамлиги аниқланади. Қолдиқ мустаҳкамлик (% ҳисобида), бетон намунани 800 °С гача қиздириб совутилганидан сўнг аниқланган сиқилишдаги мустаҳкамлиги 32 с давомида қурилган назорат бетон намуналарнинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига нисбати орқали ифодаланади.

Чегаравий хизмат қилиш ҳарорати 600 ва 700 °С бўлган иссиқбардош бетон намуналар 32 с қурилганидан кейин шу ҳароратгача қиздирилади. Қиздириш тезлиги 150...200 °С/соат бўлиб, максимал 800 °С ҳароратда 4 с

ушлаб турилади. Сўнгра намуналар меъёрий ҳароратгача совутилади. Совуган намуналар 7 кун давомида сувли идишга солиб қўйилади ва кейин сиқилишга синалади.

Шлакли портландцементлар хизмат ҳарорати 700 °С гача бўлган иссиқбардош бетонлар учун қўлланилади. Бунда шлак миқдори 50 % кам бўлса, бетон таркибига 30 % гача (цемент массасига нисбатан) майда туйилган турли қўшимчалар киритилади (кулдан ташқари).

Иссиқбардошлиги 350 °С дан кам бўлган портландцементли бетонларга майда туйилган қўшимчалар қўшилмайди. Одатда портландцементли оддий бетонлар хизмат ҳарорати 200 °С гача бўлган конструкцияларда қўлланилади. Бунда бетоннинг синфи конструкцияга 200 °С ҳарорат узоқ муддат таъсир қилганда унинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги 25 % гача пасаймаслигига қараб танланади.

Портландцемент асосидаги иссиқбардош бетонлар нордон зарарли муҳит таъсирига учрайдиган конструкциялар учун қўлланилмайди. Бундай муҳитда суюқ шишали боғловчилар асосида тайёрланган иссиқбардош бетонлар ишлатилади. Суюқ шиша асосидаги бетонларни буғ ёки сувли муҳит доимий таъсир қилувчи шароитда ишлатиш мумкин эмас. Олдин бундай бетонлардан тайёрланган конструкцияларни 700...800 °С ҳароратда қиздириш тавсия қилинади. Бетоннинг меъёрий ҳароратда қотишини таъминлаш учун таркибига натрий кремнефторити қўшилади.

Гилтупроқли цемент асосидаги бетонлар қалинлиги 40 см дан катта бўлган конструкциялар учун қўлланилади. Бунда бетон танасидаги ҳарорат унинг дастлабки қотиш кунларида 40 °С дан ошиб кетмаслиги керак. Акс холда бетоннинг мустаҳкамлиги тез камайиб кетиши мумкин.

Портландцемент, гилтупроқ ва суюқ шиша боғловчилар асосидаги янги қуйилган иссиқбардош бетонларнинг зичлиги тўлдирувчиларнинг ҳилига боғлиқ холда қуйидагича бўлади, кг/м<sup>3</sup>:

хромитли бетон учун – 2900...3200;

магнетитли бетон учун – 2500...2800;

диабазли, базальтли ва андезитли бетонлар учун – 2300...2500;

ғишт ёки туф шағалли бетонлар учун – 1600...1900.

Иссиқбардош бетонларни тайёрлашда сув ва суюқ шиша миқдори минимал бўлишига ҳаракат қилинади. Конус чўкмаси 2 см дан ортиқ бўлмаслиги керак. Иссиқбардош бетон қоришмаси учун одатда 170...190 л/м<sup>3</sup> сув сарф қилинади. Юқоридаги 14.14-жадвалдан бетон таркиби танлангач, тажрибавий қоришма тайёрланади. Дастлабки (биринчи) қоришма учун сув миқдори 170 л олинади. Сўнгра бетон намуналар тайёрланиб, юқорида баён қилинган усул асосида иссиқбардош бетон синфи ва қолдиқ мустаҳкамлиги аниқланади. Бетоннинг охириги (ҳақиқий) таркибига тажрибавий қоришмалар натижаси бўйича аниқлик киритилади.

## §14.10. Гипс боғловчили бетонлар

Ҳавода қотувчи гипсли боғловчилар асосидаги бетонлар  $\beta$  ва  $\alpha$  ярим сувли гипс (қурилиш ва юқори мустаҳкам гипс) шунингдек, юқори куйдирилган гипслар (ангдридли цемент, экстрих гипс) ва табиий ангдрид асосида тайёрланади (ЎзРСТ 698-96). Кўпчилик ҳолларда буюмлар фақат гипсли боғловчилар асосида тайёрланади. Чунки одатдаги анъанавий тўлдирувчилар гипс билан яхши боғланмайди. Айрим ҳолларда майда донали гипсли бетонлар қўлланилади. Майда тўлдирувчи сифатида ғовакли перлит қумлари ёки ёғоч чиқиндилари (қиринди, пайраха ва ш.к.) ишлатилади.

Гипс бетонлардан тайёрланган буюмлар унча катта бўлмаган зичлиги, юқори иссиқ ва товуш сақлаш хусусияти, ўтга чидамлиги, меъморий ажралиб турувчанлиги ва юқори техник-иқтисодий кўрсаткичлари билан тавсифланади. Аммо гипсли бетонларнинг қўлланилиш соҳаси уларнинг алоҳида хоссаларига кўра чекланган. Бундай хоссаларга куйидагилар киради:

зичлиги ва мустаҳкамлигининг нисбатан камлиги шунингдек, гипсли боғловчиларнинг сув талабчанлиги анча юқорилигидир (қурилиш гипси учун 50...70 %);

намли муҳитда мустаҳкамлигининг тез пасайиб кетиши яъни, намга чидамлилиги камлиги (юмшаш коэффициенти 0,3...0,5);

намлик ва ташқи куч таъсирида пластик (қайтмас) деформацияланувчанлигининг юқорилиги;

гипсбетонли қоришмалар арматура билан мустаҳкам боғланишга эга эмаслиги ва арматурани занглашдан ҳимоя қилиш хусусиятининг пастлиги ва х.к.

Гипсбетонларнинг юқорида кўрсатиб ўтилган камчиликларини камайтириш мақсадида унинг таркибига турли ҳил қўшимчалар қўшиш тавсия қилинади. Бундай қўшимчаларга қоришмани пластиклигини оширувчи, сув юктирмайдиган қилувчи (гидрофобли), туйилган оҳак (сўндирилмаган), толасимон дисперсли минераллар ва х.к. киради. Шунингдек, гипсбетонли конструкцияларни ишлатилиш шароитида ташқи юза қисмига сувдан ҳимояловчи ва манзарали кўриниш берувчи қоришмалар билан ишлов берилади, сувга чидамли бўёқлар суртилади ёки турли плёнка ҳамда плиталар билан қопланади.

Ҳозирги ривожланган замонавий қурилишда гипсбетонлардан ички деворлар, том шиплари ва тўлқинсимон варақлар, акустик плиталар, кичик меъморий безак буюмлари ва шунга ўхшаш замонавий қурилиш буюмлари ҳамда конструкциялар тайёрланади.

Гипсоцемент-пуццоланли боғловчилар (ГЦПБ) асосидаги бетонлар одатдаги гипсобетонларга нисбатан камчиликлардан холидир. ГЦПБ бетонларнинг тузилишини ва хоссаларини яхшилаш, айниқса нам таъсирига чидамлилигини ошириш учун гипсга 20...30 % портландцемент ва 20...30 % майда туйилган фаол минерал қўшимчалар (трепел, диатомит, опока, шлаклар, куллар ва х.к.) қўшилади (гипс массасига нисбатан).

ГЦБ асосида зич тўдирувчи оғир, ғовак тўлдирувчи енгил, ғовакли ва майда донали бетонлар олинади. Бундай бетонларнинг мустаҳкамлик ва бошқа хоссалари цементли бетонларники каби сув-цемент нисбатига, боғловчининг фаоллигига, тўлдирувчиларнинг сифати ва бошқа омилларга боғлиқ бўлади. ГЦБ асосидаги оғир бетонларнинг синфи В10...В20, майда донали бетонларники В5...В15, енгил бетонларники эса В2,5...В10 атрофида бўлади.

ГЦБ бетонлар сувга чидамлилиikka, совуқбардошликка, зарарли муҳит таъсирига (айниқса ишқорли ва кислотали) чидамли ҳисобланади. Бундай бетонлардан тайёрланган буюм ва конструкциялар турар жой бинолари, ишлаб чиқариш ва қишлоқ хўжалиги қурилишида кенг қўлланилади. Айтиқса турар жой бинолари учун сантех кабиналар, ҳаво алмаштириш блоклари каби буюмлар ишлаб чиқаришда қўлланилиши кенгайиб бормоқда.

Композициявий гипс боғловчили (КГБ) бетонлар ГЦБ бетонларга нисбатан янада яхшироқ кўрсаткичларга эга бўлиб, уларнинг мустаҳкамлиги 15...35 МПа, юмшаш коэффициенти 0,74...0,84 ва сув талабчанлиги 28...40 % атрофидадир. Бундай боғловчилар асосида синфи В7,5...В35 бўлган оғир ва майда донали бетонлар, зичлиги 700...1300 кг/м<sup>3</sup> ва синфи В2,5...В10 бўлган енгил бетонлар, зичлиги 600...900 кг/м<sup>3</sup> ва синфи В2...В5 бўлган опилка-бетонлар ишлаб чиқарилади. Бундай бетонлардан буюмлар тайёрлашда иссиқлик билан ишлов бериш талаб қилинмайди. Шу сабабли уларнинг самарадорлиги бошқа гипсли бетонларга нисбатан юқори ҳисобланади.

КГБ асосидаги бетонлар юқори мустаҳкамлик ва ёриқбардошликка, совуқбардошликка, сувга чидамлилиikka ва бошқа ижобий тавсифларга эга ҳисобланади. Шу сабабли бундай бетонлардан тайёрланган буюм ва конструкцияларнинг қурилишда қўлланилиш соҳаси жуда кенгдир. Жумладан, йиғма конструкциялар, йиғма ва қуйма том плиталари, девор панеллари ва блоклари, пол конструкциялари, сувоқ учун қуруқ қоришмалар, иссиқ сақловчи буюмлар ва бошқа конструкциялар тайёрланади.

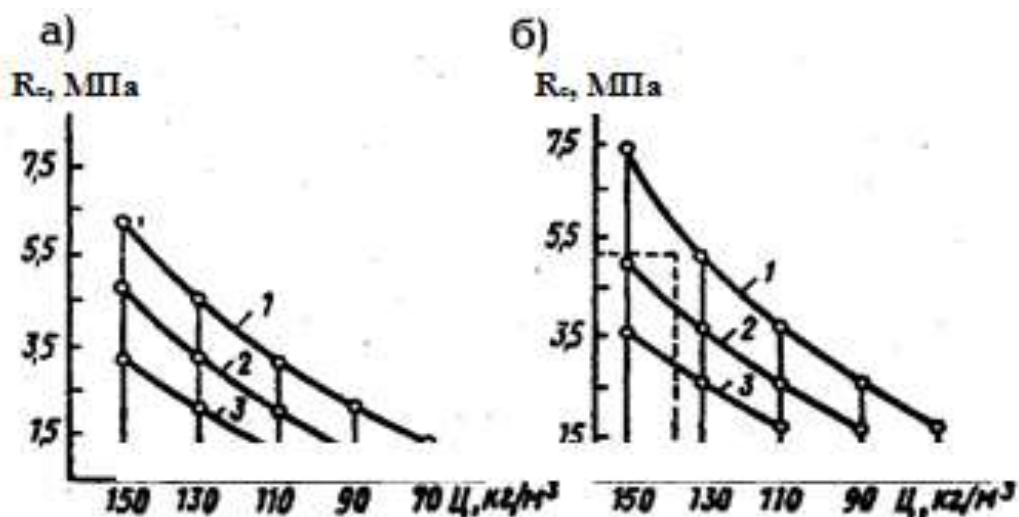
### §14.11. Йирик ғовакли бетон

*Йирик ғовакли бетон деб (ГОСТ 25820-2000)* -майда тўлдирувчи ишлатилмайдиган бетонларга айтилади. Бундай бетонлар мустаҳкамлигининг цемент сарфига боғлиқлиги графиклари 14.5-расмда келтирилган.

Йирик ғовакли бетон таркиби қуйидагича ҳисобланади:

1. 1 м<sup>3</sup> бетон учун шағал (а) ва чақиқ тош (б) ишлатилганда цемент сарфи 14.5-расмдаги графиклар асосида ўрнатилади.

2. Сув-цемент нисбатининг тахминий қиймати 14.15-жадвалдан аниқланади.



14.5-расм. Шағал (а) ва чақиқ тош (б) асосидаги йирик ғовакли бетонларни 28 кунликдаги мустақамликларининг цемент сарфига боғлиқликлари: 1-М400, 2-М300, 3-М250.

Цемент сарфига боғлиқ холда йирик ғовакли бетонларнинг сув-цемент нисбатлари

14.15-жадвал

Цемент сарфи, кг/м <sup>3</sup>	Бетон		
	гранитли чақиқ тошли	шағалли	оҳактош асосида- ги чақиқ тошли
70	0,5	0,66	0,83
90	0,46	0,6	0,74
110	0,42	0,55	0,65
130	0,4	0,51	0,59
150	0,30	0,46	0,52

3. Йирик ғовакли бетоннинг зичлиги 14.16-жадвалдан аниқланади.

4. Тўлдирувчи массаси бетон зичлиги, цемент ва сув массаси фарқи бўйича аниқланади:

$$m_T = \rho_b - 1,15 \cdot C \quad (14.17)$$

Йирик ғовакли бетоннинг зичликлари

14.16-жадвал

Тўлдирувчилар	Цемент сарфи, кг/м <sup>3</sup>				
	150	130	110	90	70
Оғир шағал ёки гранитли чақиқ тош	1850	1820	1790	1770	1750
Зич оҳактошли чақиқ тош	1780	1760	1740	1720	1700

Йирик ғовакли бетон қоришмасининг оҳирги таркиби учта сериядаги куб намуналарни синаш орқали ўрнатилади. Бунда сув-цемент нисбати 14.15-жадвал асосида олинади ва  $\pm 0,05$  миқдоргача тўғрилашлар киритилади.

## §14.12. Волластонитли бетон

Ҳозирги пайтда қурилиш саноатида кенг ишлатилаётган янги хом ашёлардан бири бу—“волластонит”дир. Ундан қурилиш саноатида сопол буюмлари, турли ҳил бўёқлар, электродлар, иссиқбардош материаллар ишлаб чиқаришда шунингдек, цемент саноатида ҳам фойдаланилмоқда. Волластонит минералини бетон учун тўлдирувчи сифатида ишлатиш мумкинлиги олимлар томонидан таъкидлаб ўтилган. Унинг захиралари Марказий Осий минтақасида кенг тарқалган, жумладан республикамизда ўнлаб йирик конлари мавжуддир.

Волластонитнинг ранги кул ранг, оқ, ёки қизғиш тусли оқ, гоҳо қизилдир. Унинг рангсиз, мутлақо шаффоф бўлган ҳили ҳам учрайди. Ялтираши шишадек, уланиш текислиги юзасида садафдек товланиб туради.

Маълумки, волластонит цемент ишлаб чиқаришда минерал қўшимча сифатида, бетон тайёрлаш учун эса йирик ва майда тўлдирувчи сифатида ишлатилиши мумкин. Минерал қўшимча сифатида цемент клинкерига қўшилган волластонит талқони унинг физик ва механик хоссаларини сезиларли даражада яхшилайти. Яъни, бундай цементлар кам деформацияланадиган, ташқи муҳит таъсирига чидамли, совуқбардошли ва бошқа устувор хусусиятларга эга бўлади. Шунингдек, бетон учун фракцияланган волластонит куми ва чақиқ тоши тўлдирувчи сифатида ишлатилиши натижасида юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетон олиш мумкин. Бетон қоришмаси волластонит толалари билан дисперсли арматураланганда унинг пластиклик хусусияти яхшиланади, ҳажмий киришиш ёриқларнинг пайдо бўлиши кескин камаяди (масалан металл ёки бошқа металлмас фибраларга нисбатан). Чунки волластонитли массалардан тайёрланадиган материаллар волластонит таркиби нинасимон (жунсимон) тузилишга эгаллиги туфайли тез қурийти, бошқа компонентлар (цемент, қум ва ш.к.) билан тез адгезияланиши ҳисобига жуда мустаҳкам боғланишни ҳосил қилади. Шунингдек, волластонитнинг ҳажми деярли ўзгармас ва иссиқ-совуққа чидамлилиги каби бир қатор ажойиб хусусиятларга эгадир. Бир ҳил мустаҳкамликка эга бўлган бетон олишда волластонитли бетонда цемент сарфи сезиларли тежаллади.

Волластонит асосида олинадиган бетонларнинг эгилишга ва чўзилишга мустаҳкамлиги юқоридир. Бундай мустаҳкам бетонлардан айниқса Республикаимизнинг қуруқ ва иссиқ иқлим шароитига чидамли темирбетон буюм ва конструкциялар ишлаб чиқариш мумкин.

Соф волластонитнинг кимёвий формуласи  $\text{CaSiO}_3 = \text{Ca}_3[\text{SiO}_3\text{O}_3]$  (кальций силикати) бўлиб, унинг кимёвий таркибида 48,3 %  $\text{CaO}$  ва 51,7 %  $\text{SiO}_2$  бор. Шунингдек унинг таркибида 9 % гача бошқа маъданлар (темир, натрий, магний, алюминий оксидлари ва бошқа арлашмалар) борлиги аниқланган. Таркибнинг нинасимон алоҳида-алоҳида занжирлардан иборат тузилишга эга бўлганлиги сабабли волластонит кристаллари уни майдалаганда ҳам ўзининг толасимон тузилишини йўқотмайди. Кварц кристалларининг юқори мустаҳкамлиги ушбу минералнинг қаттиқлигини таъминлайди.



Волластонит минерали асосан қаттиқлашган оҳактошларда ёки магма-тик жинслардаги кристаллашган кальцийли гранитлар, габбороидлар ва дала шпати, диоксид каби маъданлар контактларида ёхуд алоҳида масса шаклида ҳосил бўлади.

Волластонит таркиби нинасимон тузилишга эга бўлганлиги сабабли у асосан микроарматураловчи тўлдирувчи сифатида қўлланилади. Саноат учун ишлатиладиган волластонит толаларининг ўртача узунлиги 200 дан то 20 мкм гача навлари мавжуд. Унинг микроинасимон тузилиши 14.5-расмда кўрсатилган.



**14.5-расм. Волластонитнинг микроинасимон тузилиши (1700 марта катталаштириб олинган).**

Волластонит ҳам ашёсининг минерал тўлдирувчи сифатида ишлатилишининг асосий сабабларидан бири унинг табиий кристалларидаги нинасимон тузилишидир, уни майдалаб охириги маҳсулотга айлантирилганида ҳам ўзгармай қолишидир. Волластонит анизотропик зарраларининг асосий кўрсаткичи-узун толаларининг шу толалар энига нисбати орқали белгиланади.

Волластонит минералининг тузилиши жуда мустаҳкам боғланган полимерли силикатдир. Бундай боғланишни одатда бузиш жуда қийин. Волластонитдан боғловчи минерал сифатида фойдаланиш учун автоклав ёрдамида (буғнинг юқори ҳарорати ва босими остида) ишлов берилса, анча яхши натижаларга эришиш мумкин.

Волластонит минералини цемент учун микроқўшилма, бетон учун эса дисперсли тўлдирувчи сифатида ишлатиш бўйича Самарқанд Давлат архитектура-қурилиш институти қошидаги №5-сон “Илмий-тадқиқот ва синов” лабораториясида тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Бетон учун тўлдирувчи сифатида Қўйтош (Жиззах вилояти) ва Лангар (Навоий вилояти) конларининг таркибида 60...70 % волластонит ( $\text{CaSiO}_3$ ) маъдани бўлган табиий хом ашёси ишлатилди. Уларнинг кимёвий таркиби

қуйидагича:  $\text{SiO}_2$ -38,6/51,5;  $\text{CaO}$ -42,5/46,9;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -2,37/0,05;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  -3,6/0,16;  $\text{TiO}_2$  -0,20/-;  $\text{MgO}$ -1,60/-;  $\text{MnO}$ -0,18/0,1;  $\text{K}_2\text{O}$ -0,40/0,03;  $\text{Na}_2\text{O}$ -0/25/- ва бошқа қўшилмалар 10,3/1,26 (каср суратида Кўйтош, маҳражида эса Лангар конларининг волластонити келтирилган). Уларнинг минерал таркиби волластонитдан ташқари қуйидаги минераллардан иборат: кварц-12,0...12,5%; пироксенлар-11,8...12,2%; кальцит-2,5...2,7%; дала шпати-2,4...2,6%; гранит-2,0...2,15% ва бошқа минераллар-1,6...1,75%.

Бетон қоришмаси ва бетон намуналарни тайёрлаш учун боғловчи модда сифатида портландцемент, майда тўлдирувчи сифатида кварц қуми ва бойитилмаган табиий волластонит (майдаланган), йирик тўлдирувчи сифатида эса чақиқ тош ишлатилди. Бетон қоришмаси учун майда тўлдирувчи сифатида қўшилган волластонит минералининг асосий хоссалари қуйидагича: хақиқий зичлиги-2,85 г/см<sup>3</sup>; уйма зичлиги- 1700 кг/м<sup>3</sup>; ғоваклиги-5,02 %; сув талабчанлиги-5,2 %; моос шкаласи бўйича қаттиқлиги-4,5; водород кўрсаткичи рН=8...8,5; оклиги-80...90 %; Синиш кўрсаткичи  $N_g=1,63...1,64$ ; Иссиқдан кенгайиш коэффициентини- $6,5 \cdot 10^{-6}$ ; Зарарли қўшилмалар ва компонентлар-йўқ;

Ўтказилган тажрибалар натижаларидан маълум бўлдики, шағал массасига нисбатан 20 % миқдорда йирик тўлдирувчи сифатида волластонит фракцияси қўшилган таркибда бетоннинг мустаҳкамлиги 28...360 кунлик ёшида оддий таркибга (волластонитсиз) нисбатан ўртача 5...6 % юқори бўлиши кузатилди. Ушбу кўрсаткич 40 % волластонит қўшилган таркиб учун эса 8...10 % гача ортади. Таркибига 60 % волластонит қўшилган вариантда эса бетоннинг мустаҳкамлиги 40 % ли таркибниқидан деярли фарқ қилмаслиги кузатилди. Демак волластонит минерали йирик тўлдирувчи сифатида 30...40 % миқдорда қўшилиши мақсадга мувофиқдир.

Кейинги босқичда волластонит хом ашёсини бетон учун майда тўлдирувчи сифатида ишлатиш учун фракцияси 0,16...2,5 мм ли қум шаклига келтирилди (йириклик модули  $M_{\text{й}} = 1,5...2$ ). Бунда волластонит қуми майда тўлдирувчи массасига нисбатан 15, 30 ва 45 % миқдорда қўшилди. Олинган тажрибалар натижаларига кўра волластонит қуми 15 ва 45 % қўшилган таркибларнинг мустаҳкамликлари бетоннинг 28...360 кунлик ёшида оддий таркибга нисбатан 20...25 % ортиши кузатилди. Ушбу кўрасткич 30 % волластонит қуми қўшилган таркибда эса 30...35 % ни ташкил этди. Демак, волластонитни бетонга майда тўлдирувчи сифатида 25...30 % миқдорда қиритилганда юқори самарага эришиш мумкин.

Бархан қумларининг захираси кўп бўлган худудларда бархак қуми асосидаги майда донали бетонлар олиш иқтисодий жиҳатдан самарали ҳисобланади. Одатда бундай қумлардан тайёрланадиган бетонларга цемент нисбатан кўпроқ сарф қилинади. Шу сабабли мустаҳкамликни ошириш ҳисобига цемент сарфини камайтириш мақсадида майда донали бетон таркибига волластонит қумини қўшиш бўйича ҳам тадқиқотлар ўтказилди. Бунда бархан қумининг 20 % волластонит қумига алмаштирилди (массасига нисбатан). Олинган тажриба натижаларига кўра волластонит қўшилмалари

майда донали бетоннинг мустаҳкамлиги 28...360 кунлик ёшида оддий бархан кумли таркибни кига нисбатан 25...28 % ортиши кузатилди.

Ўтказилган тажрибалар асосида хулоса қилиш мумкинки, волластонит минералини бетон учун йирик тўлдирувчи сифатида ишлатилганда бетоннинг мустаҳкамлиги кам ўзгаради. Аммо уни майда тўлдирувчи сифатида ишлатилганда эса мустаҳкамлиги сезиларли даражада юқори бўлган оғир ва майда донали бетонлар олиш мумкин. Ёки бир ҳил мустаҳкамлик таъминланганда, қурилиш учун қимматбаҳо бўлган материаллар (цемент, металл) сарфини тежаш ва иқтисодий жихатдан юқори самарага эришиш мумкин.

Волластонит хом ашёси асосида олинадиган бетонлар халқ хўжалиги учун жуда муҳим аҳамиятга эгадир. Жумладан, ўта мустаҳкам ва чидамли бетон ҳамда темирбетон конструкциялар тайёрлаш, енгиллаштирилган бетонлар ишлаб чиқариш; цемент ва бошқа материаллар сарфини кескин камайтириш мумкин ва х. к.

### §14.13. Бетоннинг алоҳида турлари таркибини ҳисоблашга доир мисоллар

**14.1-мисол.** Том ораёпмасини тайёрлаш учун силикат бетон таркиби танлансин. Бетон қоришма титратма прокат машинаси ёрдамида титратма сердечник орқали қолипланади. Материаллар: кум майда, уйма зичлиги  $\rho_{\text{МК}} = 1,35$  кг/л; оҳак фаоллиги 0,6; бетоннинг талаб қилинадиган мустаҳкамлиги 20 МПа.

*Ечиш:* 1. Юқоридаги 14.2 жадвал асосида қоришма қаттиқлиги  $J = 30$  с.

2. Кум учун  $\rho_{\text{МК}} = 1,35$  кг/л бўлганда қоришма намлиги 14.1 жадвалга асосан 14 %.

3. Майда кумнинг ўртача солиштирма юзаси  $S_{\text{МК}} = 200$  см<sup>2</sup>/г қабул қилинади. Мустаҳкамлиги 20 МПа ва намлиги 14 % бўлган бетон учун, шунингдек,  $S_{\text{МК}} = 200$  см<sup>2</sup>/г бўлганда 14.1 расмдаги графиклардан фойдаланиб, қуйидагилар аниқланади:  $\text{Ц} = 330$  кг/м<sup>3</sup>;  $\text{Қ} = 1550$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho'_{\text{б}} = 1850$  кг/м<sup>3</sup>,  $\text{О}_{\text{ф}} = 110$  кг/м<sup>3</sup>. Сўнгра қуйидагилар аниқланади;  $\text{О} = 110/0.6 = 184$  кг/м<sup>3</sup>;  $\text{Қ}_{\text{Г}} = 330 - 184 = 146$  кг/м<sup>3</sup>.

4. Аниқланган таркиблар бўйича силикат бетоннинг таркиби тажрибавий қоришма ёрдамида текшириб кўрилади.

**14.2-мисол.** Ташқи девор блоклари учун синфи В 2,5, зичлиги 650 кг/м<sup>3</sup> бўлган арболит таркибини танлаш талаб қилинади. Портландцемент М400, ёғочни қайта ишлашдан ҳосил бўлган чиқинди бўлақлар (куруқ холдаги зичлиги 120 кг/м<sup>3</sup>), массаси бўйича намлиги 50 %, қўшилма сифатида 10 % концентрацияли кальций хлорид ишлатилган.

*Ечиш:* 1. Юқоридаги 14.9-жадвалдан цемент сарфи  $\text{Ц} = 360$  кг/м<sup>3</sup>.

1. 14.10-жадвалдан ёғоч бўлақлар (йирик тўлдирувчи) сарфи  $\text{Д}_{\text{р}} = 240$  кг/м<sup>3</sup> ва 50 % намлик билан  $\text{Д}_{\text{р}}' = 240 + (240 \cdot 50)/100 = 360$  кг/м<sup>3</sup>;

2. 14.11-жадвалдан сув сарфи  $C = 400 \text{ л/м}^3$ ; 14.12-жадвалдан кальций хлор сарфи  $8 \text{ кг/м}^3$ .

3. Қўшилмалар эритма миқдори қуйидаги формула орқали аниқланади  $A = D_k / k \cdot \rho$ ; бу ерда  $D_k$ -қуруқ қўшилма миқдори,  $\text{кг/м}^3$ ;  $k$ -тайёрланган эритма концентрацияси, %;  $\rho$ -эритманинг зичлиги. Демак  $A = 8 / 1,084 \cdot 0,1 = 74 \text{ л}$  ( $1,084 - 10\%$  ли кальций хлорнинг зичлиги).

4. Ёғоч бўлаклари ўзида  $120 \text{ л}$  сувни шимади (намлиги  $50\%$  бўлганда), кальций хлор эритмасида  $74 - 8 = 66 \text{ л}$  сув бор. Демак арболит қоришмаси учун сарф қилинадиган сувнинг ҳақиқий миқдори (ёғоч бўлаклари ва эритмадаги сувларни ҳисобга олган ҳолда)

$$C = 400 - 120 - 66 = 114 \text{ л}$$

5. Арболитнинг қуруқ ҳолдаги зичлиги

$$\rho_a = 1,15 \cdot \rho + D_p + A_k = 1,15 \cdot 360 + 240 + 8 = 662 \text{ кг/м}^3$$

6. Янги қуйилган арболит қоришмасининг зичлиги

$$\rho_{ак} = \rho + D_k + C + D_k' = 360 + 240 + 400 + 8 = 1008 \text{ кг/м}^3.$$

**14.3-мисол.** Мустаҳкамлиги  $20 \text{ МПа}$  бўлган автоклавда қотирилган силикатбетоннинг таркиби ҳисоблансин.

Қуйидагилар берилган: бетон қоришма бикрлиги  $60 \text{ сек}$ ; солиштирма юзаси  $S = 2000 \text{ см}^2/\text{г}$  бўлган майда донали кум; оҳак активлиги  $A_0 = 60\%$

*Ечиш:* 1. Топшириқда берилган бикрликни таъминлаш учун қоришма намлиги илова  $15\%$  асосан  $W = 15\%$ , боғловчи сарфи  $\rho = 310 \text{ кг/м}^3$ , кум  $K = 1420 \text{ кг/м}^3$ , сув  $C = 270 \text{ л/м}^3$ , актив оҳак  $I_a = 110 \text{ кг/м}^3$ .

2. Оҳакнинг умумий сарфи қуйидагича аниқланади:

$$I_0 = (I_a / I_0) \cdot 100\% = (110 / 55) \cdot 100 = 200 \text{ кг/м}^3$$

3. Боғловчи таркибидаги  $\text{CaO}$  нинг актив миқдори:

$$A_{\text{боғ}} = (I_a / \rho) \cdot 100\% = (110 / 310) \cdot 100 = 35,5 \text{ кг/м}^3$$

4. Туйилган кум миқдори:  $K_T = \rho - I_0 = 310 - 200 = 110 \text{ кг/м}^3$

5.  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун ашёлар сарфи:

Оҳак-қумли боғловчилар  $\rho = 310 \text{ кг}$  (бу ерда  $K_T = 110 \text{ кг}$ ;  $I_0 = 200 \text{ кг}$ ).

Майда жинсли кум  $K = 1420 \text{ кг}$ . Сув  $C = 270 \text{ кг}$ .

Жами  $2000 \text{ кг}$ .

4. Силикат бетон таркиби, сув-цемент нисбати

$$C/\rho = 270/310 = 0,87 \text{ бўлганда } \rho:C = (310/310):(1420/310) = 1:4,58$$

**14.4-мисол.** Мустаҳкамлиги  $30 \text{ МПа}$  бўлган  $1 \text{ м}^3$  майдадонали силикат бетон учун  $480 \text{ кг}$  боғловчи,  $1350 \text{ кг}$  кум ва  $250 \text{ л}$  сув сарф қилинган. Боғловчининг ҳақиқий зичлиги  $\rho_b = 2,7$  ва кумники  $\rho_k = 2,64 \text{ г/см}^3$ . Боғловчи модданинг фаоллиги аниқлансин. Ҳисоблаш жараёнида бетон қоришмасидаги қолдиқ ҳаво миқдори ҳисобга олинсин.

*Ечиш:* 1. Абсолют ҳажмлар тенгласидан фойдаланиб,  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси таркибидаги қолдиқ ҳаво миқдорини аниқлаймиз:

$$C_1 = 1000 - (\rho/\rho_c + K/\rho_k + C) = 1000 - (480/2,7 + 1350/2,64 + 250) = 61 \text{ л}$$

1. Мустаҳкамлик тенгласидан:

$$R_b = 0,6 \cdot R_c [\rho / (C + 0,5 \cdot C_1) - 0,6]$$

Боғловчи модданинг активлиги:

$$R_{ц} = R_b / 0,6 [Ц / (C + 0,5 \cdot C_1) - 0,6] = 30 / 0,6 [480 / (250 + 0,5 \cdot 61) - 0,6] = 45$$

МПа

**14.5-мисол.** Хизмат қилиш ҳарорати  $900^0$  С бўлган иссиқбардош бетон таркиби танлансин. Конструкцияга ишқорли (нордон) муҳит таъсир қилиши мумкин.

*Ечили:* 1. Юқоридаги 14.14-жадвалдан кўрсатилган ҳарорат ва муҳит учун суюқ шишали бетон танлаймиз.

2. Суюқ шишали  $1 \text{ м}^3$  бетон қоришмаси учун материаллар сарфи:

Зичлиги  $\rho = 1,38 \text{ г/см}^3$  бўлган суюқ шиша -350; Майда туйилган шамот 500; Натрий кремнофторити -40; Шамот куми -500; Шамот шағали -750.

Жами:  $2140 \text{ кг/м}^3$ .

3. Тажрибавий қоришма танлаймиз. Бетон қоришма ҳаракатчанлиги етарли бўлмаса суюқ шиша ва натрий кремнофторити кўшилади ва бетоннинг мустаҳкамлиги назорат тажрибаси орқали текшириб кўрилади.

**14.6-мисол.** Фаоллиги  $R_{ц} = 37,5$  МПа ва уйма зичлиги  $\rho_{\text{мш}} = 1600 \text{ кг/м}^3$  шағал асосида тайёрланган мустаҳкамлиги 5 МПа бўлган йирик ғовакли бетон таркиби аниқлансин.

*Ечили:* 1. Цемент сарфи 14.5 а-расмдаги график асосида  $Ц = 135 \text{ кг/м}^3$ .

2. Сув-цемент нисбати 14.15-жадвалга асосан  $С/Ц = 0,5$  олинади.

3. Йирик ғовакли бетоннинг куруқ холдаги зичлиги 14.16-жадвал асосида  $\rho_b = 1820 \text{ кг/м}^3$  га тенг бўлади.

4.  $1 \text{ м}^3$  бетон учун сув сарфи:  $С = Ц \cdot С/Ц = 135 \cdot 0,5 = 68 \text{ л}$ .

5. Шағал сарфи (14.17) формула асосида:

$$m_{\text{ш}} = 1820 - 1,15 \cdot 135 = 1665 \text{ кг/м}^3.$$

6. Ҳажми бўйича бетоннинг таркиби:

$$Ц/\rho_{\text{мш}} : m_{\text{ш}}/\rho_{\text{мш}} = 135/1,3 : 1665/1,6 = 1:10$$

7.  $1 \text{ м}^3$  бетон учун материаллар сарфи:

$$Ц = 135 \text{ кг}; \text{ Ш} = 1665 \text{ кг}; С = 68 \text{ л};$$

жами: 1868 кг.

8. Сув-цемент нисбати,  $С/Ц = \pm 0,05$  миьдорга ўзгартирилганда, яъни,  $С/Ц = 0,45$  ва  $С/Ц = 0,55$  бўлганда бетон қоришма таркиблари юқоридагидек аниқланади.

9. Олинган учта  $С/Ц$  нисбати миқдорлари бўйича  $R = f(C/C)$  графиклари қурилади ва талаб қилинган мустаҳкамлик асосида бетон таркиби танланади.

### Назорат саволлари

1. Сликат бетон қандай бетонлар тоифасига киради.
2. Сликат бетон учун қандай боғловчи моддалар ва тўлдирувчилар ишлатилади.
3. Сликат бетон таркиби қандай усулларда ҳисобланади.
4. Сликат бетондан қандай буюмлар тайёрланади.
5. Қандай бетонларга цемент-полимерли бетонлар дейилади.
6. Цемент-полимерли бетонлар қандай олинади.

7. Цемент полимерли бетонларнинг мустаҳкамлик кўрсаткичларини айтиб беринг.

8. Полимербетонлар қандай мақсадларда ишлатилади.

9. Полимербетонларнинг асосий тавсифларини айтиб беринг.

10. Бетонополимерлар қандай олинади.

11. Бетонни маномерлашнинг физик маъносини тушунтиринг.

12. Бетонополимерларнинг мустаҳкамлик чегараси қандай доирада ўзгаради.

13. Фибробетон нима ва у қандай олинади.

14. Фибробетон қандай мақсадларда ишлатилади.

15. Манзарали бетонлар қандай мақсадларда ишлатилади.

16. Иккиламчи саноат чиқиндилари асосида қандай бетонлар олинади.

17. Арболит нима ва унинг таркиби қандай танланиди.

18. Иссиқбардош бетонлар қандай олинади ва қайси мақсадларда ишлатилади.

19. Гипс боғловчили бетонлардан қандай буюмлар тайёрланади.

20. Волластонит тўлдирувчи бетонлар қандай олинади.

### **Қўшимча адабиётлар**

1. Самигов Н. А. Карбамид полимербетон (Технология ва хоссалар). –Т.: 1993.

2. Повышение долговечности промышленных зданий и сооружений за счет применения П-бетонов. Сборник научных трудов НИИЖБ. –М.: 1987.

3. Волластонит. –М.: Наука, 1982,

4. Сычевой Л. И., Воловина А. В. Материалы, армированные волокном. – М.: Стройиздат, 1982.

5. Кулдашев Х. Волластонит билан дисперсли арматураланган бетонларнинг мустаҳкамлик хоссаларини тадқиқотлаш. Меъморчилик ва қурилиш муаммолари. “Илмий-техник журнал”. –С.: СамДАҚИ. 2016, №4.

6. ЎзРСТ 707-96. Бетонлар. Синфланиши ва умумий техник шартлар.

7. ЎзРСТ 676-96. Силикатли зич бетон. Техник шартлар.

8. ГОСТ 20910-90. Иссиқбардош бетонлар. Техник шартлар.

## 15-БОБ. МАХСУС БЕТОНЛАР

Бетоннинг композицияли материал сифатида хоссаларининг турлитуманлиги махсус бетонларда намоён бўлади. Бундай бетонлар алоҳида юқори мустаҳкамлиги, юқори зичлиги, тез қотувчанлиги, кислотабардошлиги, иссиқбардошлиги ва бошқа тавсифлари билан фарқланади. Шу сабабли махсус бетонлар ўзининг улкан имкониятлари туфайли, уларни асосий конструкциявий материал сифатида ишлатиш соҳаси кенгайиб бормоқда.

Махсус бетонлар олиш учун алоҳида махсус боғловчилар ва тўлдирувчилар, махсус кимёвий қўшилма-модификаторлар ишлатилади. Шунингдек, бетон қоришмасини тайёрлашнинг махсус технологик усуллари қўлланилади.

### §15.1. Махсус боғловчи моддалар асосидаги бетонлар

Махсус боғловчи моддалар асосида олинадиган бетонлар тоифасига магнезиал боғловчили, фосфат цементли, модификациялаштирилган цементли, кислотага чидамли цементли, зўриқувчи цементли, гипссиз портландцементли бетонлар киради (ЎзРСТ 707-96, ЎзРСТ 737-96).

Бугунги кунда “магнезиал боғловчилар” асосида олинадиган махсус бетонлар қурилишда кенг қўлланилмоқда. Бундай бетонлар ўзининг кўп хоссалари бўйича портландцементли бетонларга нисбатан устун туради. Уларни тайёрлаш учун турли хил анорганик (оҳактош, мармар, асбест, қум, майдаланган чақиқ тош ва шағаллар, доналанган шлаклар, магний сульфати ва пигментлар) ва органик (ёғоч қипиқлари, майдаланган резиналар, пластмасса чиқиндилари ва х.к.) тўлдирувчилар ва қўшимчалар ишлатилади.

Магнезиал боғловчили бетонлар ўзининг эластиклиги, тез қотувчанлиги, юқори мустаҳкамлиги, оловбардошлиги, кам иссиқлик ўтказувчанлиги, зарарли муҳитлар таъсирига турғунлиги ва бошқа хоссалари билан фарқланади. Ушбу бетонлар бино ва иншоотларнинг полларини қоплашда, бадий-меъморий буюмлар, махсус девор қопламалари кабиларни тайёрлашда қўлланилмоқда.

Қуйидаги 15.1-жадвалда каустик доломит асосида тайёрланган махсус бетонларнинг техник тавсифлари келтирилган.

Магнезиал боғловчили бетонларнинг асосий камчиликларидан бири уларнинг сув таъсирига турғун эмаслигидир. Узок муддат сув таъсирида бўлганда бундай бетонларнинг мустаҳкамлиги сезиларли тушиб кетади.

Кейинги йилларда “фосфатли цементлар” асосида олинадиган махсус бетонларни ишлатиш бўйича сезиларли натижаларга эришилмоқда. Ушбу бетонлар жуда тез қотиш хусусиятига эгаллиги туфайли саноат ва фуқаро қурилиши биноларини таъмирлашда, автомобиль йўллари, қувурлар ва бошқа муҳандислик тармоқлари қурилишида кенг қўлланилади.

Таъмирлаш ишлари учун мўлжалланган аммоний-фосфатли цемент асосидаги бетонлар 45 минут қотиши давомида сиқилиш бўйича 30 МПа

Каустик доломит асосида олинадиган магнезиал боғловчили  
бетонларнинг таркиби ва хоссалари

15.1-жадвал

Асосий кўрсаткичлари	Ўлчов бирлиги	Таркибларнинг кўрсаткичи		
		№ 1 таркиб	№ 2 таркиб	№ 3 таркиб
“Боғловчи-тўлдирувчи” нисбати	кг/м <sup>3</sup>	1:2,9	1:1,6	1:1,1
Материалларнинг тахминий сарфи:				
боғловчилар		515-525	725-750	860-950
тўлдирувчилар		1500-1525	1215-1240	860-950
қотирувчилар (MgCl <sub>2</sub> нинг сувли эритмаси)		225-250	250-275	285-310
сувсиз MgCl <sub>2</sub> ва сувсиз MgO нинг нисбати		1:2,35	1:2,9	1:3,3
Бетоннинг 28 кундаги сиқи- лишдаги мустаҳкамлиги	МПа	50-60	70-80	80-90
Бетоннинг эгилишдаги чўзи- лиш мустаҳкамлиги	МПа	8-9	12-13	13-15

мустаҳкамликка эришади, силикатнофосфатли цементли бетонлар қотишининг бошланиши 30 минут ва 4 соатдан кейин сиқилишдаги мустаҳкамлиги 50 МПа дан юқори бўлади. Натрий гексаметафосфат боғловчилар магний оксиди билан биргаликда қўлланилади. Натижада хумдон ўчоқлари учун ишлатиладиган оловбардош бетонлар олинади. Бундай бетонлар 24 соатда ва 1200 °С ҳароратда 65 МПа гача мустаҳкамликка эришади.

“Кальций галогеналюминатли модификациялантирилган цементлар”- (цемент формуласи  $C_{11} \cdot A_7 \cdot C \cdot X_2$ ; бу ерда  $X = F, Cl, Br, J$ ) асосида тутиб қолиш муддати бошқариладиган махсус бетонлар олинади. Бундай боғловчилар портландцементга мос ҳолда галогеналюминатни аралаштириб клинкер, ҳосил қилиш орқали тайёрланади.

Юқоридаги айтилган цементлар асосидаги бетонлар қисқа муддат давомида тутиб қолиш ва жуда тез юқори мустаҳкамликка эришиш хусусиятига эга бўлиб, аэродромларнинг учиш-қўниш майдонлари қурилишида, йўл қопламалари ва кўприкларни таъмирлаш ишларида ва бошқа махсус иншоотлар қурилишида самарали қўлланилади. Ушбу бетонлар қиш шароитида бетонлаш ишларини амалга оширишда жуда қўл келади (-100 °С гача манфий ҳароратда қотиш хусусиятига эга) шунингдек, уларнинг совуқбардошлиги ҳам юқоридир. Унинг асосий камчилиги ишқорли муҳит таъсирига чидамлилиги юқори эмас. Шу сабабли бетон қоришма таркибига кальций фторалюминати ёки 20 % гача (цемент массасига нисбатан) фаол минерал қўшимчалар, масалан кул чангини қўшиш тавсия қилинади.



“Кислотабардош бетонлар”- одатда, боғловчи модда сифатида эритилган шиша, юқори боғланувчанлик хусусиятига эга бўлган юқори силикатли модулли натрий ёки калий силикат эритмалари асосида олинади. Бундай бетонлар учун ишлатиладиган тўлдирувчилар кислота таъсирида массасига нисбатан 1 % дан кам эриши керак. Тўлдирувчи сифатида зич кварц, базальт ёки порфир каби минераллар ишлатилади. Тўлдирувчи таркибидаги 0,25 мм дан кичик зарралар миқдори 30 % гача бўлиши керак. Бетон қоришмани тайёрлаш жараёнида эритилган шиша меъёрий қулай жойланувчанликни таъминлаш мақсадида қўшилади (12 % гача).

Кислотабардош бетонларнинг зичлиги 2100...2300 кг/м<sup>3</sup>, сиқилишдаги мустаҳкамлиги 10...25 МПа, эгилишдаги мустаҳкамлиги эса 4,5...6,0 МПа бўлади.

“Олтингугуртли бетонлар” деб - олтингугурт тўлдирувчи билан ўзаро боғланган композицияли материалга айтилади. Олтингугуртли боғловчилар одатда пластикловчилар киритиш орқали модификацияланади.

Бундай бетонлар мустаҳкамлигининг тез ортиши ва зарарли муҳит таъсирига чидамлилиги, уларни минерал кислоталар сақланадиган резервуарлар, сув-оқова тармоқлари ва таъмирлаш ишларида ишлатиш имконини беради.

Олтингугуртли бетонларнинг қурилиш-техник хоссалари қуйидаги 15.2-жадвалда келтирилган.

#### Олтингугуртли бетонларнинг асосий хоссалари

15.2-жадвал

Т/р	Кўрсаткичлар	Миқдори
1	Зичлиги, кг/м <sup>3</sup>	2,1...2,2
2	Эгилишдаги – чўзилиш мустаҳкамлиги, МПа	10
3	Сиқилишдаги мустаҳкамлиги, МПа	50...60
4	Адгезияланиши, МПа	
	металга	0,4...0,6
	ёғочга	0,4...1,0
	сополга	1,3
5	Сув шимувчанлиги, массаси бўйича %	1,0...1,5
6	Сув ўтказмовчанлиги	0
7	Эриш ҳарорати, °С	110...120

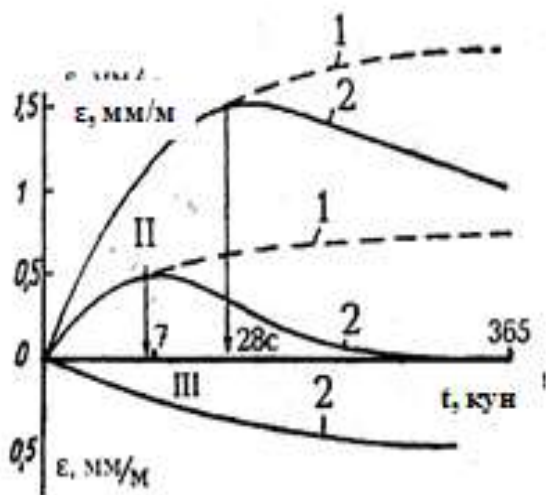
Олтингугуртли бетонлар сувли муҳит таъсирига шунингдек, муттасил музлатиш ва эритиш цикллари таъсирига унчалик чидамли эмас. Бундан ташқари, олтингугурт ёнувчи материал бўлиб, кислород таъсирида ёниб олтингугурт диоксидига айланади. Ушбу айтилган камчиликлар олтингугуртли бетонларни турар-жой ва маиший хизмат кўрсатиш бинолари қурилишида ишлатилиш соҳасини чеклаб қўяди.

Олтингугуртли бетонлар цементли бетонларга нисбатан чўзувчи ва сиқувчи даврий (кўп такрорланувчи) юқлар таъсирига чидамли ҳисобланади.

Шу сабабли бундай бетонларни йўл қопламаларига ишлатиш юқори самара беради. Транспорт воситаларининг харакатланиши туфайли йўл қопламаларида муваққат таъсир қилувчи даврий юклар ҳосил бўлади. Натижада, йўл қопламаларда ишқаланиш кучлари ҳамда қоплама юзасида сиқилиш ва чўзилиш зўриқишлари пайдо бўлади. Бинобарин йўл қопламалари учун ишлатиладиган бундай бетонлар оҳақтошли тўлдирувчилардан тайёрланиши мақсадга мувофиқдир. Цементли бетонлар сингари олтингугуртли бетонлар учун ҳам модификаторли қўшимчалар қўшиш орқали бетоннинг хоссалари тартибга солинади ва бошқарилади. Ҳозирги замонавий олтингугуртли бетонлар учун қўшимчалар сифатида дициклопентадиен, дипентен, стирол, метилциклопентадиен каби модификаторлар қўлланилади. Ушбу қўшимчаларнинг таъсир қилиш самараси уларнинг миқдори, таъсир қилиш вақти ва ҳарорат орқали белгиланади.

Ҳозирги кунда олтингугуртли бетонларнинг хоссаларини бошқариш, боғловчи таркибини яхшилаш чидамлигини, айниқса совуқбардошлигини ошириш, киришиш деформациясини камайтириш борасида илмий-тадқиқот ишлари кенг қўламда олиб борилмоқда.

Бетон ва темирбетон конструкцияларнинг ишлатилиш тавсифига салбий таъсир қилувчи бетоннинг киришиш деформацияланишининг олдини олиш учун махсус минерал боғловчилар ишлаб чиқарилган бўлиб, у “*киришиш-майдиган кенгаювчи*” ёки “*зўриқувчи цементлар*” дейилади. Бундай цементлар таркибига қотиши мобайнида ҳажмини сезиларли кенгайтириш (киришиш деформациясининг ўрнини қоплайдиган) хусусиятини берувчи минерал қўшимчалар қўшилади (15.1-расм).



15.1-расм. Кенгаювчи ва киришиш-майдиган цементларнинг бетонга таъсири. I-кенгаювчи цемент; II-киришмайидиган цемент; III-оддий портландцемент. 1-сувли муҳитда ва 2-меъёрий муҳитида қотганда.

Барча кенгаювчи цементлар аралаш бўлади ва асосий боғловчи моддалардан (портландцемент ёки гилтупрокли цемент) ҳамда кенгаювчи компонентлардан ташкил топади. Бундай компонентлар қотиши мобайнида ўзаро ҳажмий кенгайтириш хусусиятига эга бўлиб, асосий боғловчи модда қотиб бўлгунча давом этади. Ушбу жараён бетон қотишининг дастлабки 3...7 кунларида содир бўлади.

Кенгаювчи цементлар асосида олинандиган бетонларга қотишининг дастлабки даврида алоҳида қаров ўтказиш талаб қилинади. Чунки бу босқичда материалнинг кенгайтириши билан боғлиқ бўлган физик ва кимёвий жараёнлар рўй беради.

Янги қуйилган кенгаювчи бетон

қоришмасига керакли қаров ўтказилма-си унинг юза қисмида ёриқлар пайдо бўлади. Бу эса қотаётган бетоннинг ёриқбардошлигига салбий таъсир кўрсатади. Яъни, бетоннинг қирқими (қалинлиги) бўйича ички зўриқишларнинг нотекис тақсимланиши содир бўлади. Натижада намлик таъсиридаги ҳажмий киришиш деформация ортади. Агарда бетонга сифатли қаров ўтказилса, ҳажмий киришиш деформацияси ҳосил бўлганидан кейин ҳам бундай бетонларда ички сиқувчи кучланишлар пайдо бўлади ва уларнинг ёриқбардошлиги оддий бетонларга қараганда юқори бўлади.

Кенгаювчи цементларда кенгайишнинг қуйидаги иккита асосий механизми содир бўлади:

кальций гидросульфоалюминати ҳосил бўлиши натижасида унинг ҳажми дастлабки компонентларга нисбатан 2,2 марта ортади;

оксидли, яъни MgO ва CaO нинг гидратланиши натижасида материалнинг дастлабки ҳажми 2,0 марта кўпаяди.

Хозирги пайтда сульфоалюминатли кенгаювчи композициялар асосидаги компонентлар кўп қўлланилмоқда. Бунда анъанавий боғловчиларга икки компонентли кенгаювчи қўшимчалар, яъни кальций сульфат (гипс) ва юқори асосли кальций алюминати қўшилади.

Кенгаювчи минерал тизимлар сифатида бошқа композитлар ҳам ишлатилади:

юқори гилтупроқли хумдон шлаки ва гипс асосидаги гипсогилтупроқли кенгаювчи цемент (шлак-гипс нисбати 7:3, бунда SO<sub>3</sub> миқдори <17 %);

майда туйилган 60...65 % портландцемент клинкери, 5...7 % гилтупроқли цемент, 7...10 % икки молекулали гипс ва қотадиган цемент таркибидаги ишқорли муҳитни бошқариш учун 20...25 % фаол минерал қўшимчалар асосида олинадиган кенгаювчи портландцемент.

Кенгаювчи цементлар асосида ўзидан-ўзи зўриқадиган темирбетон конструкцияларни тайёрлаш усули ишлаб чиқилган бўлиб, бундай конструкцияларда арматура бетон билан мустаҳкам бирикканидан кейин бетоннинг кенгайиши натижасида арматура чўзилади ва унда чўзувчи кучланишлар, бетонда эса сиқувчи кучланишлар юзага келади. Ана шу самара туфайли оддий темирбетон конструкция зўриқтирилган темирбетон конструкцияга айланади. Ушбу мақсад учун В.В.Михайлов томонидан таркиби 65...75 % портландцемент, 13...20 % гилтупроқли шлак ва 3...4 % гипс бўлган компонентлар майда туйилиб олинган зўриқувчи цементлар кенг қўлланилмоқда. Бундай цементлар учта маркага бўлинади: НЦ-20, НЦ-40 ва НЦ-60 (мос холда 2, 4 ва 6 МПа гача ўзидан-ўзи зўриқишга эга). Уларнинг 1 кунлик мустаҳкамлиги 15 МПа гача, 28 кунликдаги мустаҳкамлиги эса 50 МПа дан кам эмас (ҳажмий кенгайиши 2...3 %). Зўриқувчи цементларнинг хоссалари 1:1 нисбатли (цемент:кум) таркиб бўйича аниқланади (бунда конус чўкмаси 12...15 см бўлиши керак).

Ўзидан-ўзи зўриқадиган темирбетон конструкциялар учун зўриқувчи цемент бетоннинг кенгайишини дастлабки вақтда, яъни унинг мустаҳкамлиги 15 МПа гача бўлганда таъминлайди. Ушбу мустаҳкамлик арматура билан бетоннинг керакли бирикиши учун етарлидир.

Кенгаювчи минерал компонентлар асосида махсус кенгаювчи қўшимчалар ишлаб чиқарилиши йўлга қўйилган бўлиб, улар бетон қоришмасини тайёрлаш жараёнида киритилади. Бундай қўшимчаларга худди кенгаювчи цементларни ишлаб чиқаришдагидек кенгайтириш компонентлари ишлатилади. Масалан, Японияда кенгаювчи қўшимчаларнинг тўртта тури (А, В, С, D) ишлаб чиқарилади. “А” қўшимча цемент таркибига мос келади ва ундаги кенгайиш портландцемент, кенгаювчи компонент  $C_4A_3S$  ҳамда гипснинг ўзаро реакцияси натижасида содир бўлади; “В” турдаги қўшимчада  $C_4A_3S$  ва  $CaO$  компонентлари ишлатилади; “С” турдаги қўшимчадаги кенгайиш  $CaO$  ва  $Ca(OH)_2$  ҳосил бўлиши билан тавсифланади; “D” турдаги қўшимчада  $Ca(OH)_2$  нинг ҳосил бўлиши сульфатли муҳитда рўй беради.

Бетоннинг хажмий кенгайиш кўрсаткичи ишлатиладиган цементнинг ҳамда кенгаювчи қўшимчаларнинг ҳили ва миқдори, компонентларнинг нисбатига, қўшимчанинг туйилиш даражасига ва бетоннинг қотиш ҳарорати режимига боғлиқ бўлади. Бетоннинг эркин кенгайиши кенгаювчи цементниқига нисбатан кам бўлади ва у асосан цемент сарфига боғлиқдир.

Кенгаювчи минерал компонентларнинг қотиши пайтидаги тузилишининг шаклланиши бир текис ва узлуксиз кенгайиш жараёни билан тавсифланади. Ушбу жараён И. Я. Харченко томонидан таклиф қилинган кенгайиш коэффициенти  $k_k$  орқали қуйидагича ифодаланади:

$$k_k = (R_t - R_0/R_t) \cdot (L - L_0/L_t) \quad (15.1)$$

бу ерда  $R_0$ ,  $L_0$ -бетоннинг қолипдан чиқарилган пайтдаги мустаҳкамлиги ва дастлабки узунлиги;  $R_t$ ,  $L_t$ -бетоннинг кенгайиши тўхтаганидан кейинги мустаҳкамлиги ва узунлиги.

Кенгаювчи минерал тизимларнинг 60 дан зиёт ҳилларининг хоссаларини статик қайта ишлаш натижасида барча кенгаювчи минерал компонентларни шартли равишда учта асосий гуруҳга бўлиш мумкин: 1-гуруҳ учун  $k_k < 10$ ; 2-гуруҳ учун  $10 < k_k < 100$  ва 3-гуруҳ учун  $k_k > 100$ .

Кенгайиш коэффициенти  $k_k < 10$  бўлган цементлар учун кенгайиш деформациясига чеклаш ўрнатилади. Бунда кенгайиш деформацияси бетоннинг дастлабки қотиш даври 24...36 с орасида рўй беради.

Кенгайиш миқдори 20 % ва ундан кўпроқ бўлиши мумкин. Бундай тоифадаги кенгаювчи бетонлар асосан конструкция чокларини тўлдиришда, таъмирлаш ва қайта қуриш ишларида шунингдек, жиҳоз ва ускуна полларини тиклашда ишлатилади.

Иккинчи гуруҳга мансуб бўлган кенгаювчи цементлар ( $10 < k_k \leq 100$ ) арматураси таранглаштирилладиган (ўз-ўзидан зўриқадиган) темирбетон конструкциялар учун шунингдек, олдиндан зўриқтирилган фибробетонлар учун ишлатилади. Учунчи гуруҳга кирувчи цементлар ( $k_k > 100$ ) оддий бетон ва темирбетон конструкциялар учун қўлланилади.

Зўриқувчи цементлар ва улар асосидаги бетонлар ер ости иншоотлари конструкцияларида, сув хавзаларида, босимли қувурларда, саноат бино-

ларининг полларида, йўл ва аэродром қопламаларида, спорт ва фуқаро биноларида ва бошқа муҳандислик иншоотларида кенг қўлланилади.

Қиш мавсумидаги манфий ҳароратда бетон ва темирбетон конструкцияларни тайёрлаш учун “*гипссиз портландцемент*” қўлланилади. Гипссиз портландцементнинг тутиб қолиш муддатининг бошланиши жуда тез содир бўлади (бир неча минут). Шу сабабли тутиб қолиш муддатини бошқариш мақсадида майда туйилган портландцемент клинкери таркибига комплекс органиано-минерал қўшилмалар киритилади. Бундай компонентларга СДБ ёки суперпластикловчилар (1...1,5 % цемент массасига нисбатан) ва карбонат ёки ишқорли металл силикатлари (1...1,5 %  $K_2CO_3$ ,  $Na_2$ ,  $SiO_3$  ва х.к.) кабилар кирази. Биринчи компонент бетон қоришмасининг тутиб қолиш муддатини секинлатади ва пластиклигини оширади, иккинчи компонент эса бетоннинг қотишини тезлатувчи катализатор ёки манфий ҳароратда қотишини таъминловчи (сувли эритманинг музлаш нуктасини пасайтирувчи) қўшимча ҳисобланади.

Одатдаги анъанавий цементли бетонларда поташ ( $K_2CO_3$ ) гипс билан муттасил боғланади. Шу сабабли унинг (поташнинг) миқдорини сезиларли ошириш керак бўлади. Бу эса бетоннинг тузилиши ва мустаҳкамлигига салбий таъсир кўрсатади.

Гипссиз цементдан тайёрланган бетонларда цементнинг гидратланиш жараёни совуқ муҳит шароитида секинлашади. Шу сабабли уларнинг 28-кунликдаги мустаҳкамлиги меъёрий муҳитда қотган бетон мустаҳкамлигидан 1,5...2 марта паст бўлади.

Қуйидаги 15.3-жадвалда Л. Г. Шпынова томонидан қоришмани ва таркибига 1 % СДБ ҳамда 1 % поташ қўшилган гипссиз цементни тажриба қилиш натижалари келтирилган.

#### Гипссиз цемент асосидаги қоришма ва бетоннинг қотиши

15.3-жадвал

Т/р	Бетон таркиби, нисбатда	С/Ц	Қотиш ҳарорати, °С	Бетоннинг вақт бўйича сиқилишдаги мустаҳкамлиги, МПа		
				1-кун	28-кун	1 йил
1	Қоришма 1:3	0,25	+20	8,4	68,4	82,2
2	—//— 1:3	0,25	-15	2,5	13,5	26
3	Бетон 1:1,8:0,35	0,44	+20	2,0	37	-
4	—//— 1:1,8:0,35	0,44	-15	1,4	12	-

Москва Давлат қурилиш университетида (Россия) қиш мавсумида бетонлаш учун гипссиз модификацияланган боғловчилар ишлаб чиқилган бўлиб, бунда портландцемент клинкерини туйиш пайтида комплексли М-1 қўшилмалар (озик-овқат саноати чиқиндилари), поташ ва фаол минерал қўшилмалар ишлатилган.

Модификацияланган қуйдирилмаган боғловчиларни қўллаш натижасида бетоннинг совуқ муҳитда қотиши яхшиланади (15.4-жадвал). Ушбу тажриба-

ларда солиштирма юзаси 3800 см<sup>2</sup>/г бўлган боғловчи ишлатилган. Бетон қоришма таркиби 1:2,1:3,6:0,37, конус чўкмаси бўйича ҳаракатчанлиги 1 см.

Модификацияланган гипссиз цементли бетоннинг  
қотиш кинетикаси

15.4-жадвал

Т/р	Қўшимчаларнинг сараланиши, боғловчи массасига нисбатан %		Қотиш харорати, °С	Бетоннинг вақт бўйича мустваҳкамлиги, МПа		
	М-1	Поташ		10 соат	1 кун	28 кун
1	0,7	4	+20	6,8	28,4	50,6
2	0,7	4	-30	6,7	8,3	39,5
3	1,0	7	+20	12,5	28,7	61,0
4	1,0	7	-30	11,4	15,0	51,0

### §15.2. Алоҳида хоссаларга эга бўлган бетонлар

Самарали модификаторларнинг пайдо бўлиши “алоҳида юқори мустваҳкам” бетонлар олиш имконини яратади. Бундай бетонларнинг хизмат қилиш муддати 100 йилдан кўп бўлиб, улар асосидаги конструкциялар ноқулай муҳит шароитларида самарали қўлланилади. Бундай бетонларнинг мустваҳкамлиги 80...100 МПа ва ундан ҳам юқорироқдир. Масалан, Сиэтлдаги (АҚШ) 58 қаватли осмонўпар бино қурилишида мустваҳкамлиги 133 МПа бўлган бетон ишлатилган. Чикаго шаҳридаги 610 м (125-қаватли) бинонинг темирбетон каркаслари мустваҳкамлиги бундан ҳам юқорироқ бўлган бетондан тайёрлангандир.

Алоҳида юқори мустваҳкам бетонларнинг конструктив хоссалари уларнинг сиқилишдаги мустваҳкамлик кўрсаткичлари бўйича меъёрланади. Евро-стандарт EN206 бетоннинг мустваҳкамлиги бўйича синфи В115, Норвегия меъёрлари бўйича синфи В105, Япония ва Англия меъёрлари бўйича В80 синфини кўзда тутди. Россия ва бошқа ҳамдўстлик давлатларида бетоннинг синфи В60 гача чекланган.

Алоҳида юқори мустваҳкам бетонларни физик ва механик хоссаларининг ишлатилган йирик тўлдирувчиларга боғлиқлиги 15.5-жадвалда шунингдек, бундай бетонларнинг тахминий таркиби 15.6-жадвалда келтирилган.

Боғловчиларнинг донадор таркибини оптимизациялаш натижасида сув-цемент нисбатини камайтиришга эришилади. Натижада мустваҳкамлиги 250 МПа гача бўлган “DSP-композицлари” (ультромайда зарралари гомогенли тарқатилган ва зичлантирилган тизимлар) олинади. Ушбу материаллар яъни, махсус тайёрланган цементлар, микрокремнезем, махсус тўлдирувчилар ва микротолалар системаси С/Ц = 0,12...0,22 бўлганда мустваҳкамлиги 270 МПа гача бўлган юқори чидамли, зангбардош ва бошқа уствор хоссаларга эга бўлган бетонлар олиш имконини беради.

Алоҳида юқори мустаҳкам бетонларнинг физик ва механик тавсифлари  
(4 кун давомида 60...80 °С ҳароратли сувда қотирилган)

15.5-жадвал

Т/р	Тўлдирувчиларнинг ҳили	Зичлиги, кг/м <sup>3</sup>	Сиқилиш бўйича мустаҳкамлиги, МПа	Динамик эластиклик модули МПа
1	Гранит, 16 мм	2500	124,6	68000
2	Диабаз, 16 мм	2666	168,1	65000
3	Кальцийланган боксит, 10 мм	2878	217,5	109000
4	Худди шундай, 4 мм	2857	268,3	108000

Алоҳида юқори мустаҳкам бетоннинг тахминий таркиби

15.6-жадвал

Т/р	Компонентлар	Бетон учун сарфи, кг/м <sup>3</sup>
1	Портландцемент	400
2	Микрокремнезем	133
3	Кварц қуми, 0,25...1 мм	141
4	Кварц қуми, 1...4 мм	566
5	Йирик тўлдирувчи	1153
6	Нафталинли суперпластикловчи (кукун кўринишда)	13,5
7	Сув	100

Кейинги қадам сифатида “МДФ-цементларни” (макрокамчиликлардан холи бўлган цементлар) кўрсатиш мумкин. Цементни суперпластикловчи ва гел ҳосил қилувчилар билан бойитиш орқали  $S/C = 0,10...0,18$  бўлганда жуда зич микротузилишли, капилляр ғоваксиз композитларни олиш мумкин. Бундай композитларнинг эгилишдаги мустаҳкамлиги 40...150 МПа, Юнг модули 35...50 ГПа, сиқилишдаги мустаҳкамлиги 100...300 МПа.

“Ғовақлар миқдори камайтирилган цементлар (PRC)” зич тузилишга эга бўлади. Ушбу композитларни олиш пайтида цемент бўтқасига 200 МПа дан юқорироқ босим билан махсус ишлов берилади. Натижада ҳақиқий сув-цемент нисбати камаяди. Ҳосил бўлган юқори тўлдирувчили композитнинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги 250 МПа дан юқори, эгилишдаги – чўзилиш мустаҳкамлиги эса 35 МПа дан юқори бўлиб, таркиби зич матрицада бир текис тақсимланган ва гидратланган цемент зарраларидан иборат бўлади.

“Кукунсимон реактив композитлар (RPC)” юқори миқдорда микрокремнезем ва кимёвий қўшимчалардан иборат бўлган махсус юқори мустаҳкам фибротўлдирувчили аралашмалардир. Бундай комплекс тизимларнинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги 200...800 МПа, эгилишдаги – чўзилиш мустаҳкамлиги 100 МПа га тенг. Мустаҳкамлиги 200 МПа гача бўлган композитни олиш учун тайёрланган аралашмани 90 °С ҳароратда ушлаб туриш керак, алоҳида юқори мустаҳкам композитга айлантириш учун эса 400 °С ҳароратда

махсус технология асосида синтез қилиш керак. RPC-200 композитнинг анъанавий таркиби қуйидаги 15.7-жадвалда келтирилган.

### RPC-200 композитнинг таркиби

15.7-жадвал

Т/р	Компонентлар	Миқдори, кг/м <sup>3</sup>
1	Сульфатга чидамли портландцемент	955
2	Микрокремноезем (солиштира юзаси 18 м <sup>2</sup> /г)	229
3	Маида қум	1051
4	Туйилган микрокремноезем (солиштира юзаси 35000 см <sup>2</sup> /г)	10
5	Суперпластикловчи	13
6	Металл фибра	191
7	Сув	153

Кукунсимон композит системалар технологиясини ривожлантириш ва такомиллаштириш асосида “*электр ўтказувчанлик*” хусусиятига эга бўлган бетонларни яратиш имкониятига эга бўлинди. Бундай бетонларни олишнинг анъанавий усули бетон қоришмага микроқўшимчалар ва тўлдирувчилар сифатида ток ўтказувчи заррачалар (графитли материаллар ёки металл кукунлар) киритиш орқали амалга оширилади. Уларнинг сифатини ошириш ва бошқа хоссаларининг чидамли бўлишини таъминлаш учун кальций силикат асосидаги аралаш боғловчилар ишлатилади. Натижада ўзининг физик ва механик хоссаларига кўра, одатдаги сопол материаллар билан тенглашадиган электр ўтказувчи бетонлар олинади. Бундай бетонларнинг мустаҳкамлиги 150...300 МПа атрофида ўзгаради, қолдиқ намлиги 4 % дан ошмайди.

Электр ўтказувчи бетонлар асосан саноат бинолари полларини, гараж деворларини, тўхташ майдонлари ва махсус бинолар конструкцияларини қуришда кенг қўлланилади.

Атом энергетикасининг ривожланиши унда хизмат қилувчи одамлар ва атроф муҳитни радиация нурларидан ишончли ҳимоя қилишни тақоза этади. Бундай мақсадлар учун “*радиоэкранловчи*” бетонлар самарали қўлланилади. Ҳимояловчи экранлаштириш натижасида радиация нурларининг миқдорини максимал камайтириш мумкин. Бундай бетонлар энг кўп қўлланиладиган ва чидамли материал ҳисобланади.

Ишлатиладиган бетон, конструкция ва уларнинг қалинлиги атом реакторларнинг ишлаш шароити, радиактив нурларнинг энергияси ва бошқа тавсифлари асосида аниқланади. Радиоэкранловчи бетонларга қўйиладиган асосий талабларга уларнинг юқори зичлиги, бир жинслилиги, радиактив нурлар таъсирига ва иссиқлик таъсирига чидамлилиги кабилар қиради. Шу сабабли бундай бетонлар учун тўлдирувчилар сифатида магнетит, лимонит, гематит, барит, металл қипиқлар ва х.к. минераллар ишлатилади. Алоҳида



оғир бетонларнинг тахминий зичликлари қуйидаги 15.8-жадвалда келтирилган.

### Алоҳида оғир бетонларнинг зичликлари

15.8-жадвал

T/p	Тўлдирувчининг ҳиллари	Бетоннинг зичлиги, г/см <sup>3</sup>
1	Лимонитли қум ва шағал	2,3...3,0
2	Магнетитли қум ва шағал	2,8...4,0
3	Баритли қум ва шағал	3,3...3,6
4	Баритли шағал ва оддий қум	3,0...3,2
5	Чўян қириндиси	3,7...5,0

Алоҳида оғир бетонларни олиш учун портландцемент, пуццоланли цемент, шлакли портландцемент, гилтупроқли цемент ва гипс-гилтупроқли кенгаювчи цементлар ишлатилади. Тўлдирувчилар учун эса қуйидаги талаблар қўйилади:

тўлдирувчиларнинг сиқилишдаги минимал мустаҳкамликлари магнетит ва чўян қириндиси учун 200 МПа, лимонит ва гематит учун 350 МПа, барит учун 400 МПа бўлиши керак;

баритдаги оксидлар ( $Al_2O_3$  ва  $Fe_2O_3$ ) миқдори тўлдирувчи массасига нисбатан 1 % дан кўп бўлмаслиги керак;

магнетит ва баритнинг сув шимувчанлиги 1...2 %, лимонит ва гематитники 9...10 % (оғирлиги бўйича) бўлиши керак.

Бетон қоришмасининг бир жинслилигини таъминлаш учун ҳаракатчанлиги конус чўкмаси бўйича 2...4 см бўлган кам ҳаракатланувчан ва бикрлиги 20...25 с бўлган бетон қоришмасини ишлатиш тавсия қилинади. Бунда барит ва чўян қипиқлари ишлатилган бетон қоришмасининг сув талабчанлиги тахминан 180 л/м<sup>3</sup>, лимонит қуми ва магнетитда 240 л/м<sup>3</sup>, лимонит шағалида эса 280 л/м<sup>3</sup> дан кўп бўлмаслиги талаб қилинади.

Радиактивлиги юқори бўлган  $\gamma$ -нурлардан химояланиш учун алоҳида юқори мустаҳкам оғир бетонлар қўлланилади. Бунга ҳажмий оғирлиги 4000 кг/м<sup>3</sup> дан юқори бўлган ильменитли (қумнинг солиштирма зичлиги 4,62 г/см<sup>3</sup>, шағалники 4,76 г/см<sup>3</sup>) бетонлар киради. Юқори бир жинслиликни таъминлаш учун бетон қоришма ҳаракатчанлиги конус чўкмаси бўйича КЧ = 10 см олинади ва юқори меъёрдаги суперпластикловчилар ишлатилади. Ильменитли қум миқдори оширилади (майда тўлдирувчининг-йирик тўлдирувчига нисбати = 1:15). Бунда қоришма таркибидаги ҳаво ҳажми 3 % дан оширилмайди.

Нейтронли нурлар оқимини “гидратли” бетонлар самарали тўхтатади, чунки бундай бетонлар таркибидаги кимёвий боғланган сув миқдори юқори бўлади. Ушбу бетонларни тайёрлашда гилтупроқли цемент, тўлдирувчилар сифатида эса лимонит ва серпентинит ишлатилади. Химоялаш хусусиятини яхшилаш учун бетон қоришма таркибига бор карбиди, литий хлориди, кадмий сульфати ва бошқа кимёвий қўшимчалар киритилади. Бундай бетонлар-

ни модификациялашнинг янги йўналишдаридан бири махсус парафинли эмульсиялар қўллаш ҳисобланади. Бетонни иссиқлик билан қотиришда таркибдаги ғовақлар ва капиллярлар парафин эритмаси билан полимерланиб қолади.

Радиактив бетонларнинг тузилиши ва хоссаларини яхшилиш, радиактив нурларга чидамлигини ошириш учун замонавий суперпластикловчилар, майда дисперсли тўлдирувчилар ва композицияли боғловчиларни ишлатиш юқори самара беради.

Кам иссиқ ажратувчи “махсус юқори мустаҳкам” бетон радиактив чиқиндилар сақланадиган ер ости омборлари учун қўлланилади. Ушбу бетоннинг 28 кундаги сиқилиш бўйича мустаҳкамлиги 75 МПа дан юқори бўлиб, цементнинг гидратланиши жараёнида ҳароратининг максимал ортиши 15<sup>0</sup> С гача етади. Унинг оддий бетонлардан фарқи, таркиби сульфатга чидамли портландцемент ва микрокремнезем, кўп миқдорда силикат уни ва суперпластикловчилардан иборат бўлади. Бундай бетонларнинг одатдаги таркиби қуйидаги 15.9-жадвалда келтирилган.

Кам иссиқлик ажратувчи махсус юқори мустаҳкам бетоннинг таркиби

15.9-жадвал

Т/р	Компонентлар	Материаллар сарфи, кг/м <sup>3</sup>
1	Портландцемент	97
2	Микрокремнезем	97
3	Силикат уни	194
4	Майда тўлдирувчи	894
5	Йирик тўлдирувчи	1040
6	Суперпластикловчи	10
7	Сув	92

Бундай таркибли бетон қоришмаси қуйидаги хоссаларга эга: конус чўкмаси 17 см, сўрилган ҳаво миқдори 2,75 %, ҳажмий оғирлиги 2424 кг/м<sup>3</sup>, 28 ва 90 кунлардаги мустаҳкамликлари мос ҳолда 70 ва 90 МПа.

“Биоцидли (бактерияцидли, фунгицидли)” – бетон чорвачилик, паррандачилик ва х.к. комплекслари, тиббиёт муассалари бинолари, озик-овқат саноати бино ва иншоотлари учун қўлланилади. Бундай бино ва иншоотларда турли ҳил бактерия ва зимбуруғлар пайдо бўлишининг олдини олиш учун бетон таркибига биоцидли ишлов берилади.

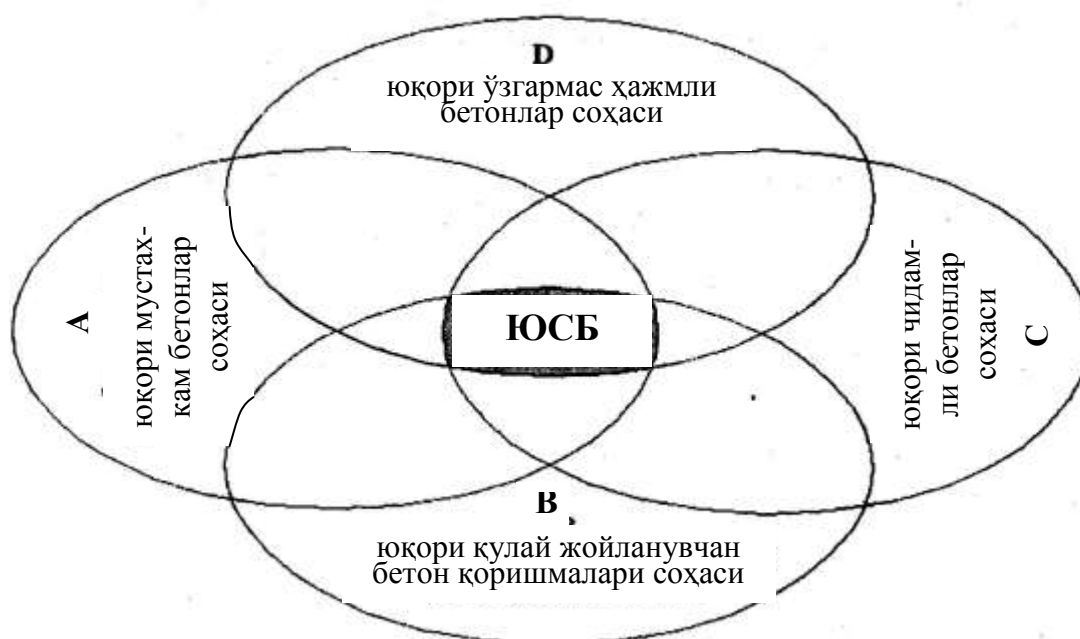
Бетонга биоцидли хосса бериш учун уни тайёрлаш жараёнида таркибига махсус қўшимчалар жумладан, катапин-бактерицид, (цемент массасига нисбатан 0,5...2 % миқдорда) қўшилади. Қўшимчанинг аниқ миқдори бинонинг (хоналарнинг) санитар-гигиена талаблари ва ишлатилиш шароити бўйича олинади.

### §15.3. Юқори сифатли бетонлар

Юқори сифатли бетонлар концепцияси биринчи мартаба 1986 йилда ишлаб чиқилган (High Performance Concrete, HPC). Юқори сифатли бетонларда алоҳида юқори хоссаларга эга бўлган бетонларнинг тавсифлари мужассамланади (15.2-расм). Япониялик мутахасисларнинг таъкидлашича, бундай бетонларнинг башорат қилинадиган хизмат қилиш муддати 500 йилгачадир. Юқори сифатли бетонларнинг асосий киритериялари қуйида гилардан иборат:

юқори мустаҳкамлиги, шу жумладан тез юқори мустаҳкамликка эришиши ( $R_1 - 25...30$  МПа,  $R_{28} = 60...120$  МПа ва ундан юқори);

юқори совуқбардошлиги (F400 ва ундан юқори);



15.2-расм. Юқори сифатли бетонлар (ЮСБ) концепциясининг график кўриниши.

сув ва кимёвий ионларга нисбатан паст ўтказувчанлиги (W12 ва ундан юқори);

ишқаланишга юқори қаршилик қилиши ( $0,4$  г/см<sup>2</sup> дан кўп эмас);

кам сув шимувчанлиги (массаси бўйича 2,5 % дан кам);

адсорбцияланиш хусусиятининг пастлиги;

диффузияланиш коэффициентининг пастлиги;

юқори кимёвий турғунлиги;

эластиклик модулининг юқорилиги;

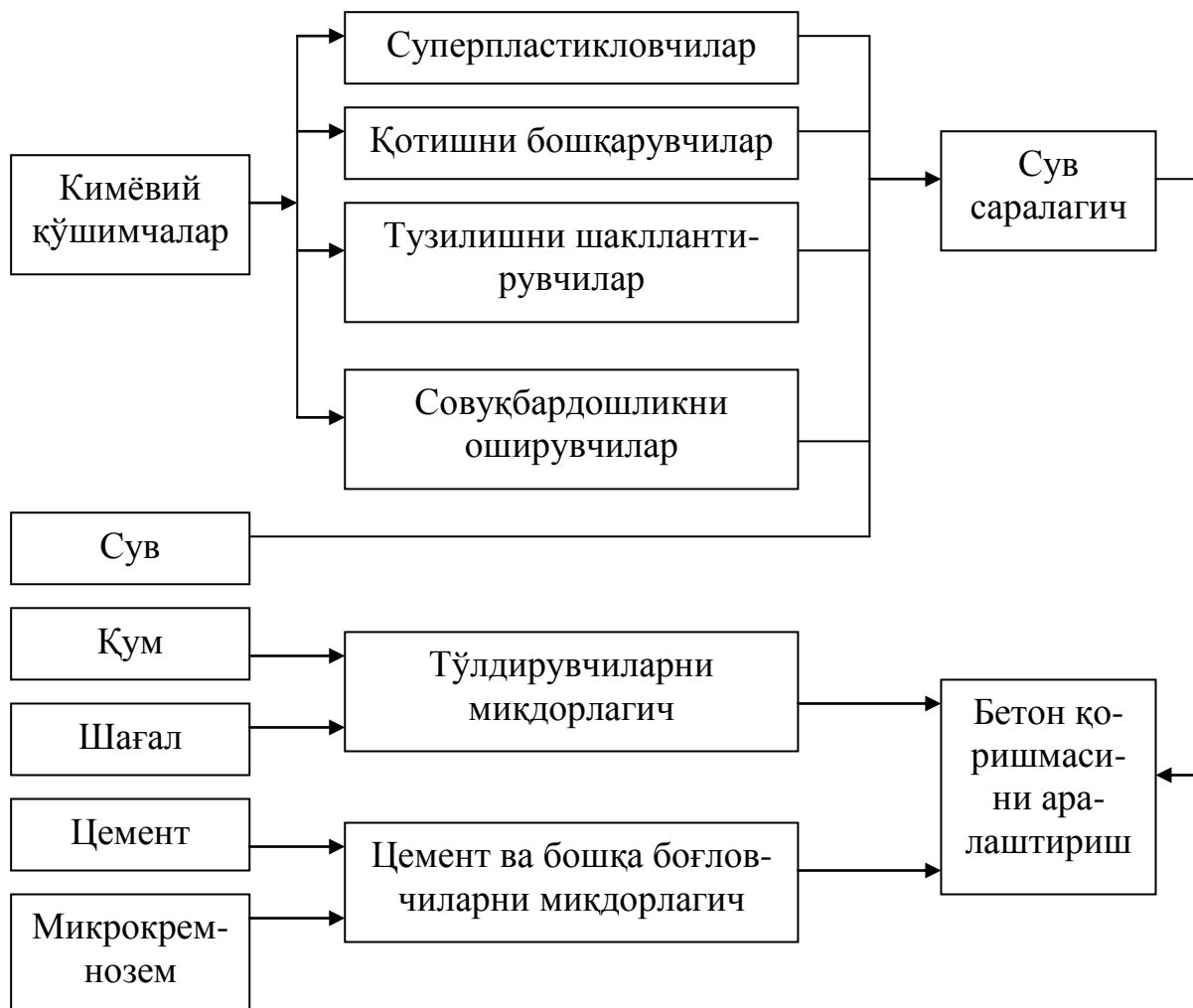
бактерицидли ва фунгицидли хоссаларга эгаллиги;

деформацияланиш кўрсаткичларини бошқариш мумкинлиги.

Юқори сифатли бетонларнинг технологияси уларни ишлаб чиқаришнинг ҳамма босқичларида тузилишининг шаклланишига асосланади. Шу сабабли

уларга юқори сифатли портландцемент ёки композицияли боғловчилар ишлатилади, шунингдек, комплекс кимёвий модификаторлар, фаол дисперсли минерал компонентлар ва кенгайтирувчи қўшимчалар қўшилади.

Фаол минерал боғловчи сифатида микрокремнезем минерал компоненти ишлатилган юқори сифатли бетон олишнинг технологик схемаси 15.3-расмда, композицияли боғловчилар ишлатилган бетон олишнинг технологик схемаси эса 15.4-расмда келтирилган.

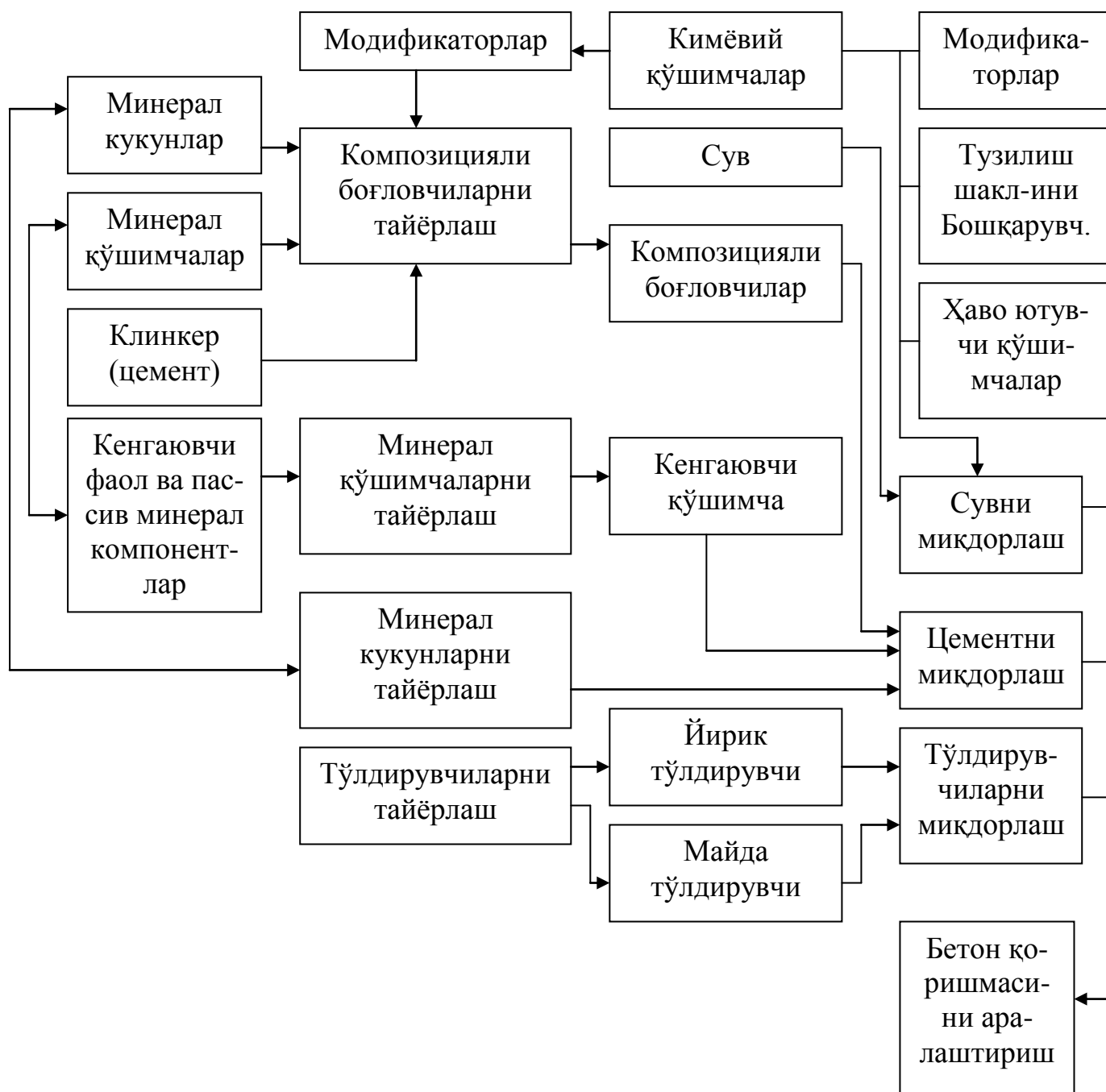


**15.3-расм. Микрокремнезем боғловчили юқори сифатли бетон қоришмасини ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси.**

Бетонни ишлаб чиқаришда компонентларни юқори аниқликда миқдорлайдиган, қоришмани сифатли аралаштирадиган ва гомогенлайдиган, сифатли зичлайдиган ва қотирадиган интенсив технологиялар қўлланилади.

Норвегиянинг Шимолий денгизда 1995 йил қурилган “Тролл” нефть қазиб олиш платформаси ЮСБ концепциясини ишлаб чиқаришга тадбиқ қилинишига мисол бўлади. Унинг баландлиги 472 м бўлиб, шундан 370 м қисми юқори сифатли темирбетондан иборат. Платформа денгизга 300 м чуқурликка ўрнатилган бўлиб, максимал баландлиги 31 м гача бўлган шамол тўлкини (сув бўрони) таъсирига ҳисобланган. Платформанинг хизмат қилиш муддати 70 йилга мўлжалланган.

Шунга ўхшаш платформа Аляска қирғоқларидан 400 км узоқликда жойлашган Шимолий Муз океанида кўп йиллик қалин муз қатламида барпо этилган. Платформа конструкциялари жуда зич арматураланган (1 м<sup>3</sup> темирбетон учун 800 кг арматура сарфланган) бўлиб, таркибида 12 хил компонент бўлган комплексли модификаторлар асосидаги мустаҳкамлиги 120 МПа бўлган бетон ишлатилган.



**15.4-расм. Композицияли боғловчилар асосида юқори сифатли бетон қоринмасини тайёрлашнинг технологик схемаси.**

Юқори сифатли бетон марказий равоғи 1990 м бўлган Акаса қўлтиғи- даги (Япония) кўприк қурилишида қўлланилган. Шунингдек, Нордамберленд (Шарқий Канада) қўлтиғида қурилган ва узунлиги 12,9 км бўлган кўприк

конструкциялари ҳамда 35 м чуқурликкача сувга ўрнатилган устунлари шундай бетонлардан тикланган бўлиб, кўприкнинг хизмат қилиш муддати 100 йилга мўлжалланган.

Бундай улкан бунёдкорлик ишлари ва конструкцияларни барпо этиш учун янги замонавий материаллар, бетон ва темирбетон ишлаб чиқариш учун эса илғор ва замонавий технологиялар талаб қилинади.

Ана шундай боғловчи материаллардан бири “сув талабчанлиги кам боғловчилар (СКБ)” бўлиб, уни ишлаб чиқариш Москва Давлат қурилиш университетида (Россия) йўлга қўйилган.

СКБ махсус технология асосида комплекс компонентларни (порланд-цемент клинкери ва қуруқ модификаторлар, фаол минерал қўшимчалар, микротўлдирувчилар шунингдек, гипс тоши) майдалаб туйиш орқали олинади. Сув талабчанлиги кам боғловчилар контур ғоваклари сезиларли кам бўлган бетонлар олиш имконини беради яъни, бундай самара полимер бетонлар тавсифига мос келади. Шу нуқтаи назардан СКБ янги боғловчилар авлодига мансубдир.

Сув талабчанлиги кам боғловчилар ва улар асосидаги бетонлардан турли ҳил буюмлар ва конструкциялар тайёрланади. Бунда ҳаракатчанлиги ҳар-хил бўлган бетон қоришмалар ишлатилади ва бу қоришмалар ўзининг юқори технологик хоссалари билан тавсифланади. Жумладан, бир жинслилик, қатлам-ланиб кетмаслик, қулай жойланувчанлик, юқори тиксотропиклик ва х.к. Ушбу хоссалар оғир ва майда донали бетонлардан хажмий блоклар, юпқа қобикли конструкцияларни тайёрлашда яққол намоён бўлади.

СКБ асосидаги бетонларни қўллашнинг устун томонларидан яна бири, иссиқлик билан ишлов бериш ҳарорати кескин камаяди ёки умуман иссиқлик билан қотириш талаб қилинмайди. Чунки бундай бетон буюмлар қолиплангач дастлабки кунлардаёқ лойиҳавий мустаҳкамликка эришади, 28 кунда эса ҳақиқий мустаҳкамлиги лойиҳавий мустаҳкамликка нисбатан 50...70 % ортади.

СКБ асосидаги бетонларнинг устувор томонлари таркибининг кўп вариантлиги, портландцемент клинкерининг ўз энергиясини тўлиқ сарф қилиши, шунингдек экологик нуқтаи назардан бундай янги технология саноат чиқинди-газларини икки мартагача камайтириш имконини беради, техноген чиқиндиларни ишлатиш мумкин бўлади.

СКБ асосидаги бетонлар айниқса меъморий-манзаравий безак ишларида яққол намоён бўлади. Ушбу бетонлар кейинги пайтда бино ва иншоотларнинг ташқи қопламаларида, замонавий санъат монументларини қуришда, ички ландшафт ва масканларни безашда шунингдек, кичик меъморий буюмларни тайёрлашда кенг қўлланилмоқда.

Бундай бетонларга турли ҳил рангдаги қуқунларни қўшиш орқали рангли бетонлар олиш, шунингдек юқори сифатли ва зич тузилишли буюмлар тайёрлаш мумкин ва х.к.

Қуйидаги 15.10-жадвалда қуйма конструкциялар учун ишлатилган СКБ асосидаги бетонларнинг таҳминий таркиби ва асосий хоссалари келтирилган.

## СКБ асосидаги бетонларнинг таркиби ва тавсифлари

15.10-жадвал

Т/р	СКБ микдори, кг/м <sup>3</sup>	Бетон қориш. ҳаракатчанлиги, КЧ, см	Сув-боғл. нисбати	Сиқилишдаги мустаҳкамлиги, МПа (t = 25 <sup>0</sup> С, W <sub>≥</sub> 90 %)			Призмавий мустаҳкамлик коэффициенти.	Эластиклик модули МПа, 10 <sup>4</sup>	Совуқбар-дошлиги, цикл.
				1-кун	28-кун	180-кун			
1	350	1...4	0,27	100,5	152,3	163,7	0,78	5,1	800
2	450	1...4	0,23	131,8	171,5	172,1	0,79	5,3	900
		5...9	0,25	111,5	153,1	161,8	0,77	4,5	700
3	550	1...4	0,20	142,1	183,2	181,3	0,85	5,5	1100
		5...9	0,23	121,8	173,5	174,1	0,82	4,7	900
		10...15	0,26	105,5	162,8	164,1	0,81	4,1	700

*Эслатма: Йирик тўлдирувчи сифатида габродиабазли шагал ишлатилган.*

### Назорат саволлари

1. Махсус боғловчи моддалар асосида олинадиган бетонларнинг хилларини айтиб беринг.
2. Магнезиал боғловчилар асосидаги бетонлар қандай мақсадларда қўлланилади.
3. Фосфатли цементлар асосида олинадиган бетонлар қандай хусусиятларга эга.
4. Модифициялаштирилган цементлар асосида олинадиган махсус бетонлар қандай мақсадларда ишлатилади.
5. Олтингургуртли бетонларнинг асосий ҳоссаларини айтиб беринг.
6. Кенгаювчи ёки зўрикувчи цементлар асосида олинадиган бетонлар асосан қандай конструкцияларни тайёрлашда қўлланилади.
7. Кенгаювчи цементлар ишлатилганда бетонда содир бўладиган зўриққанлик ҳолатини тушунтириб беринг.
8. Гипсиз портландцемент асосида олинадиган бетонлар қандай мақсадларда ишлатилади.
9. Алоҳида хоссаларга эга бўлган бетонларнинг тавсифларини айтиб беринг.
10. Алоҳида юқори мустаҳкам бетонларнинг тахминий таркиби қандай танланади.
11. Электр ўтказувчанлик хусусиятига эга бўлган бетонлар қандай композициялар асосида олинади.
12. Радиоэкранловчи бетонлар қандай мақсадларда қўлланилади.
13. Алоҳида оғир бетонлар қандай тўлдирувчилар асосида тайёрланади.
14. Алоҳида юқори мустаҳкам оғир бетонлар қандай конструкцияларда қўлланилади.

15. Кам иссиқ ажратувчи махсус юқори мустаҳкам бетон таркиби қандай танланади.
16. Биоцидли бетонлар қандай мақсадларда қўлланилади.
17. Юқори сифатли бетонларнинг концепцияси қачон ишлаб чиқилган ва уларнинг хизмат муддатини айтиб беринг.
18. Юқори сифатли бетонларнинг асосий критериялари нималардан иборат.
19. Композицияли боғловчили юқори сифатли бетон тайёрлашнинг технологик тизимини айтиб беринг.
20. Сув талабчанлиги кам боғловчили асосидаги бетонларнинг қўлланилиш соҳасини айтиб беринг.

### **Қўшимча адабиётлар**

1. Берг О. Я., Щербаков Е. Н., Писанко Г. Н. Высокопрочный бетон. М.: Стройиздат, 1971,
2. Дворкин Л. И., Казима В. Н. Эффективные литые бетоны, -Львов.: Вища школа, 1986.
3. ЎзРСТ 707-96. Бетонлар. Синфланиши ва умумий техник шартлар.
4. ЎзРСТ 737-96. Кимёвий таъсирга чидамли бетонлар. Техник шартлар.



## 16-БОБ. БЕТОН СИФАТИНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШ

### §16.1. Бетон ва темирбетон буюмларини ишлаб чиқаришда сифат назоратини ташкил қилиш

Юқори сифатли ва иқтисодий жихатдан самарали бетон олиш учун уни ишлаб чиқариш жараёнини доимо назорат қилиб бориш талаб қилинади. Бунда асосан, технологик жараёнларни бошқариш дастлабки хом ашё материалларнинг хоссалари ва ишлаб чиқариш шароитларига боғлиқ бўладиган четланишларни ҳисобга олган ҳолда уларга тузатишлар киритиб бориш муҳим аҳамиятга эгадир. Чунки, айнан ушбу талаблар бажарилиб борилгандагина талаб қилинадиган хоссаларига эга бўлган бетон олиш мумкин (нисбатан кам материал, энергия ва иш харажатлари сарфланган ҳолда).

Бетон ва темирбетон буюмларини ишлаб чиқаришни назорат қилиш уларнинг ҳамма босқичларда амалга оширилади масалан, дастлабки материалларнинг сифати, бетон қоришмасини тайёрлаш ва зичлаш, қотириш ва ҳ.к. (16.1-жадвал). Назорат қилиш учун турли ҳил усуллар қўлланилади ва жихозлар ишлатилади. Олинган натижалар асосида бетон таркибига, технологик жараёнларнинг кўрсаткичлари ва режимларига бетон хоссаларига турли ҳил технологик омилларнинг таъсирини ҳисобга олувчи керакли тузатишлар киритилади. Бетоннинг сифатини аниқ ва ишончли бошқариш учун маълум ишлаб чиқариш шароити учун, аниқланган боғланишлардан фойдаланилади. Ушбу боғланишлар бетон таркибини статик назорат қилиш натижалари асосида доимо тўғриланиб борилиши керак.

Бетоннинг сифатини ва уни ишлаб чиқаришни бошқариб бориш учун компьютерлаштирилган ҳисоблаш техникаси ва автоматлаштирилган бошқарув тизимларидан фойдаланилади. Бунинг учун математик таъминлаш талаб қилинади яъни, математик модуллардан фойдаланиш зарур бўлади. Бунда бетон хоссаларининг ишлатилган материаллар сифатига, бетон таркибининг ишлаб чиқариш шароитига боғлиқлиги каби омиллар ҳисобга олинади.

Бетон сифатини бошқариш ишлаб чиқаришни кетма-кет назорат қилиб бориш орқали амалга оширилади. Буни амалга ошириш учун экспресс-усуллар қўлланилади. Махсус ярим автоматик ва автоматик ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилади. Цементнинг хоссаларини баҳолаш учун яъни, унинг минералогик таркиби ва солиштирма юзасини тез аниқлашда рентгенографик ва бошқа экспресс-анализ усуллари ишлатилади. Аниқланган натижалар асосида цемент сифатини бетон қоришмаси хоссаларига таъсир доираси башорат қилинади. Олинган маълумотлар махсус дастурлар асосида ЭҲМ қайта ишланади.

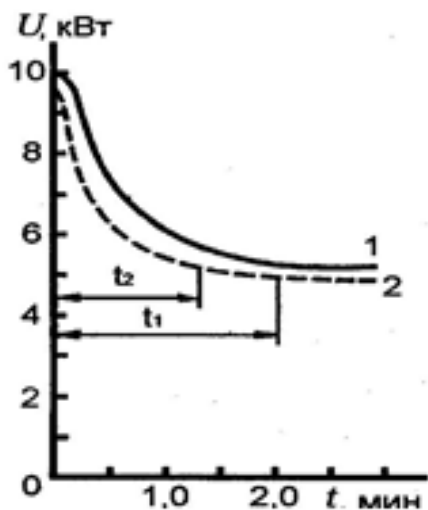
Тўлдирувчиларнинг сифати стандарт усуллар билан баҳоланади ёки уларни бевосита бетонда синаш орқали. Тўлдирувчиларнинг намлиги электрофизик ва радиациявий усулларда аниқланиши мумкин. Бетон қоришма хоссаларига тўлдирувчиларнинг таъсири қоришмани аралаштиришдаги қаршилиги ва унинг ҳаракатчанлиги (бикрлиги) билан баҳоланади.

Йиғма темирбетон корхоналарида амалга ошириладиган ишлаб чиқариш назорат босқичлари.

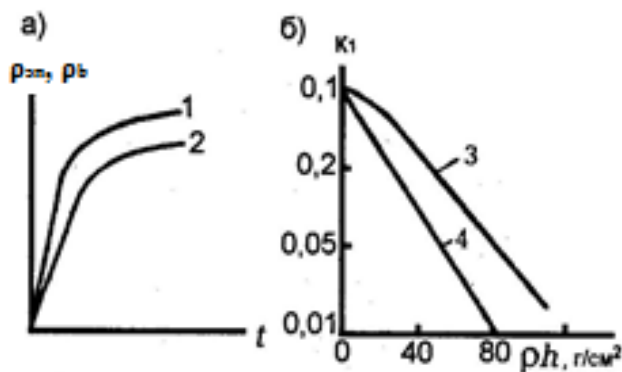
16.1-жадвал

№	Назорат қилишнинг босқичлари	Назорат объекти	Назоратнинг мақсади ва мазмуни
1	Материалларни қабул қилиш	Цемент, тўлдирувчилар, кўшимчалар	Физик-механик хоссаларини аниқлаш
2	Ярим тайёр махсулотларни ишлаб чиқариш	Бетон қоришмаси  Арматура синчлари	Материалларни миқдорлаш аниқлиги, қориш вақтининг давомийлиги ва ҳаракатчанлик кўрсаткичлари Синчларнинг ўлчамлари ва пайванд чокларининг мустаҳкамлигини текшириш
3	Буюмларни қолиплаш	Қолиплар  Бетонлашга тайёргарлик кўриш  Бетонлаш	Қолипларнинг тўғри йиғилганлигини ҳамда уларнинг мойланиш сифатини текшириш Арматура синчлари ва пайвандлаш деталларининг вазиятини текшириш, арматуранинг таранглик даражасини назорат қилиш Бетон қоришмасини қолипга жойлаштиришнинг давом этиш вақти ва бетоннинг зичланиш даражасини назорат қилиш
4	Иссиқ – нам билан ишлов бериш	Иссиқлик билан ишлов бериш режимлари	Иссиқлик билан қотиришнинг давом этиш вақти, иссиқлик миқдори ва намликни назорат қилиш
5	Буюмларни қолипдан чиқариш	Тайёр буюмлар	Қолип ва буюм ўлчамларини назорат қилиш
6	Буюмларни қабул қилиш (ТНБ) ва омборга ўтказиш	Назорат кублари	Бетоннинг мустаҳкамлиги, сув ўтказмовчанлиги ва совуқбардошлигини аниқлаш
7	Истеъмолчига жўнатиш	Тайёр буюмлар	Бетоннинг мустаҳкамлигини синдирмаслик усулида аниқлаш, буюмни тажриба қилиш орқали бикрлиги ва ҳимоя катламини аниқлаш

Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигини автоматик усулда назорат қилиш учун турли ҳил жихозлар таклиф қилинган бўлиб, улар бетон қоришмасини аралаштиришда унинг қаршилиқ қилиш қобилиятига асосланган (3-бобга қаранг). Бетон қоришма ҳаракатчанлигини бетонқоригич мотори қувватининг ўзгариши орқали жуда қулай назорат қилиш мумкин. Бундай усул бетон қоришмасининг сифатли аралашини назорат қилиш имконини беради. Бунда қоришманинг бир жинслилиги ортиши натижасида унинг ҳаракатчанлиги яхшиланади, бетонқоригич моторининг сарфлайдиган қуввати камаяди (16.1-расм).



16.1-расм. Бетонқоригич мотори қувватининг қоришмани аралаштириш жараёнидаги ўзгариши. 1-одатдаги аралаштиришда; 2-қоришмага СФҚ қўшиб аралаштиришда.



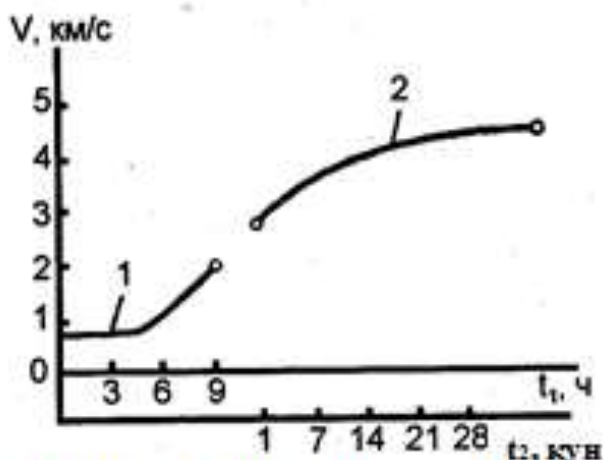
16.2-расм. Бетон қоришмасининг зичланиш даражасини назорат қилиш. а-бетон қоришмасини зичлашда электр ўтказувчанлигининг ўзгариши бўйича; б-радиоизотопли усулда. 1-бетон қоришмани зичлашда электрик қаршилиқнинг ўзгариши; 2-бетон қоришмани зичлашнинг ўзгариши; 3-нурланишларнинг кенг доирада сўниши; 4-худди шундай тор доирада сўниши.

Бетон қоришмасининг зичланишини назорат қилиш учун  $\gamma$ -нурланишга асосланган усуллар қўлланилади, яъни қоришманинг электрик қаршилигининг камайиши усули (16.2-расм).

Бетоннинг қотиш жараёнидаги мустаҳкамлигининг ўзгаришини ультратовуш асбоби кўрсаткичининг ўзгариши орқали кузатиш мумкун. Бетон мустаҳкамлигининг ўсиши цемент тошининг кристалланиши, микроғовакларнинг камайиши ва зичлигининг ошиши билан тавсифланади. Натижада бетон танасидан ультратовуш тўлқинларининг ўтиши тезлашади (16.3-расм).

Қотган бетоннинг мустаҳкамлигини назорат қилиш стандарт усулларда амалга оширилади. Ишлаб чиқариш шароитида бетоннинг мустаҳкамлигини назорат қилиш синдирмаслик усулида бажарилади. Темирбетон конструкцияларни ишлаб чиқаришда қуйидагилар назорат қилинади:

Олдиндан зўриктирилган ва зўриктирилмаган конструкциялар учун бетоннинг бўшатиш мустаҳкамлиги (агарда бўшатиш мустаҳкамлиги узатиш мустаҳкамлигидан юқори бўлса);



16.3-расм. Бетоннинг қотишиш жараёнида ультратовуш тўлқинлари тезлигининг ўзгариши. 1-бетон қоришмаси қотаётган даврда; 2-бетоннинг мустаҳкамлиги ўсаётган даврда;

1. Олдиндан зўриктирилган конструкциялар учун узатиш мустаҳкамлиги;

2. Бетоннинг лоихада кўрсатилган оралиқ вақтидаги мустаҳкамлиги-қуйма конструкциялар учун;

3. Бетоннинг лоихавий вақтидаги мустаҳкамлиги йиғма ва қуйма конструкциялар учун;

Бетоннинг бўшатиш ёки узатиш мустаҳкамликлари айнан шу синфдаги бетон учун ўрнатилган мустаҳкамликнинг 90 % дан юқори бўлса бетоннинг лоихавий вақтдаги мустаҳкамлиги назорат қилинмайди. Назорат қилинадиган партиядаги бетоннинг мустаҳкамлиги  $R_m$  талаб қилинадиган мустаҳкамлик  $R_t$  билан солиштириб кўрилади. Бунда  $R_m > R_t$

бўлса буюмларнинг ушбу партияси қабул қилинади.

Партиядаги бетоннинг мустаҳкамлигини аниқлаш шу партия учун тайёрланган бутон куб намуналарни синаш ёки буюмни синдирмаслик усули орқали малага оширилади. Бунда битта сменадаги қоришмадан иккита намуна олиниб, ундан бетон кублар тайёрланади. Намуналар тайёрланадиган конструкциялар билан биргаликда яъни, бир ҳил шароитда қотирилиши керак.

Синдирмаслик усулида назорат қилишда эса битта партиядан 10 % ёки энг камида учта буюм ажратиб олиниб текширилади. Бунда буюмнинг энг камида иккита жойи текширилиб кўрилади (чизикли конструкциялар учун ҳар 4 м дан кейин, текис конструкциялар учун эса ҳар 4 м<sup>2</sup> юзасида).

Юқори сифатли бетон олиш учун технологик жараёнларнинг аниқ бажарилиши муҳим аҳамиятга эгадир. Яъни, стандарт ва технологик кўрсатмаларнинг аниқ бажарилиши таъминланиши зарур. Ушбу талаблар ишлатиладиган машина ва ускуналарнинг ишлаш имкониятларига мос келиши керак. Масалан, цементни миқдорлагичнинг аниқлиги 2 % бўлса, унда цемент сарфини 5 кг гача аниқликда танлаш керак (энг кам цемент сарфи 250 кг/м<sup>3</sup> бўлса, меъёрлаш аниқлиги  $0.02 \cdot 250 = 5$  кг бўлади).

Йиғма темирбетон корхоналарида ишлаб чиқариладиган маҳсулотларнинг сифатини ошириш учун тинимсиз тадбирлар амалга ошириб борилади ва аттестация ўтказиб турилади. Шунингдек, буюмлар тайёрланганидан кейин ҳам ўзининг юқори сифатини сақлаб қолиш керак ва ҳ.к.

## §16.2. Бетоннинг сифатини синдирмасдан назорат қилиш усуллари

Темирбетон конструкцияларда бетоннинг сифатини тўлиқ назорат қилиб бориш одатдаги стандарт усуллар билан етарли бўлмайди. Чунки назорат намуналар (бетон кублар, призмалар ва х.к) буюмларнинг тайёрлаш шароитларига ва усулларига мос келсада, уларнинг ўлчамларида, қолиплаш ва қотириш шароитларида фарқ бўлади. Шу сабабли, назорат намуналар буюм бетонининг хоссаларини керакли даражада баҳолай олмайди.

Ҳозирги пайтда буюм бетонининг мустаҳкамлигини назорат қилишнинг буюмни “синдирмаслик” усуллари кенг қўлланилади. Яъни, буюмни исталган жойидаги бетонининг мустаҳкамлигини синдирмасдан тезкор усулда аниқлаш мумкин. Бетоннинг мустаҳкамлигини синдирмаслик усулида назорат қилиш шартли равишда икки гуруҳга бўлинади яъни, “механик” ва “физик” усуллар.

Механик усулларда бетоннинг юза қисмига махсус асбоблар билан механик таъсир қилинади. Бетоннинг мустаҳкамлиги эса шу механик таъсирга қаршилиқ қилиш қобиляти билан баҳоланади. Ушбу тажрибаларни ўтказиш учун унча мураккаб бўлмаган жиҳозлар ва мосламалар қўлланилади.

Физик усулларда эса бетоннинг мустаҳкамлиги ундан ўтадиган ультратовуш тўлқинларининг тезлиги ёки резонанс тебранишларининг тарқалиши орқали назорат қилинади. Ушбу усулларда мураккаб физик асбоблардан фойдаланилади. Физик усулларда бетоннинг нафақат мустаҳкамлигини, балким буюмнинг ички қисмидаги камчиликларини (ҳаво бўшлиқларини, технологик ёриқларни ва ш.к) ҳам аниқлаш мумкин. Ишлатиладиган ускуна ва жиҳозлар жуда тез таъсир қилувчи бўлиб, электрон ҳисоблаш тизимларига уланади ва алоҳида тажрибавий-комплекс тизимни ҳосил қилиши мумкин.

Юқорида қайд қилинган усуллар орқали бетон сифатини назорат қилишнинг автоматлаштирилган тизими ҳосил қилинади ва у йиғма темирбетон корхоналарида ишлаб чиқаришни бошқаришнинг умумий комплексига киради.

*Таърировкалаш боғланишларини қуриши.* Бетоннинг мустаҳкамлигини синдирмаслик усулида назорат қилиш буюм юза қисмининг механик таъсирга қаршилиқ қилиш даражасига асосланган (қаттиқлиги, товуш ва резонанс тўлқинларининг ўтиш тезлиги ва ш.к). Бундай ҳолатда бетоннинг мустаҳкамлигини қўлланилган тажриба услубидан олинган кўрсаткичлар билан боғлайдиган таърировкалаш графигидан фойдаланилади. Бу боғланиш олдиндан тажрибалар ўтказиш йўли билан қабул қилинган усул ва стандарт орқали ишлаб чиқилган бўлиб, фойдаланиш қулай бўлиши учун график кўринишда берилади.

Аниқ боғланишларни олиш ва тажрибаларнинг ҳақиқий қийматлари-ни аниқлаш учун энг камида 50 марта олдиндан тажрибалар ўтказилиши керак. Таърировкалаш эгри чизиғидан бетон мустаҳкамлигини аниқлашда тажрибалар натижаси бўйича ўртача квадратик четланиш миқдори  $S$  ўрнатилади.

$$S = [(\Delta R_i/R_{Ti})^2 + \dots + (\Delta R_n/R_m)^2/n]^{1/3} \quad (16.1)$$

бу ерда:  $\Delta R_i = \Delta R_{Ti} - R_i$ ;  $R_{Ti}$ -таърировкалаш эгри чизигидан олинган чегаравий мустаҳкамлик;  $R_i$  ( $R_1 \dots R_n$ )—стандарт тажрибалар орқали шу намуналар учун ўрнатилган чегаравий мустаҳкамлик.

Микдор  $S$  одатда 20 % дан ортиб кетмаслиги керак ва у бетоннинг таркиби, мустаҳкамлиги ҳамда тажрибаларнинг услуби ва шароитига боғлиқ бўлади. Маълум шароитда ҳар бир тажриба усули яхши натижа кўрсатади. Масалан, ўртача ва паст мустаҳкамликка эга бўлган бетонларни синашда бетон юзасига махсус метални ботириш усули юқори аниқлик беради, юқори мустаҳкам бетонларни синашда эса бетон юзасидан ургичнинг эластик сакрашига асосланган усуллар қўлланилади.

Айрим ҳолларда бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлигини аниқлашга ҳам эҳтиёж туғилади. Бундай ҳолда бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлигини унинг сиқилиши орқали тахминан қуйидагича аниқланади:

$$R_{bt} = k_t [(R_b)^2]^{1/2} \quad (16.2)$$

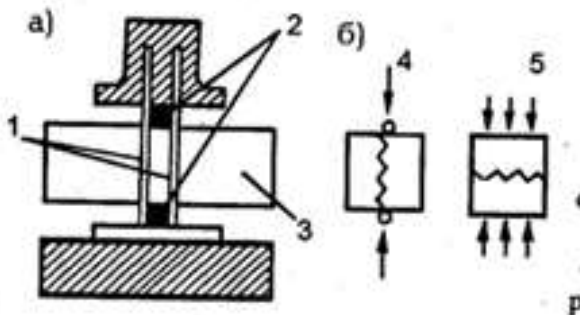
бу ерда:  $k_t$ - коэффициент, оддий бетонлар учун - 0.5 ва майда донали бетонлар учун 0.55 олинади.

Бетонни марказий чўзилишга синаш мураккаб бўлиб, махсус намуналар талаб қилинади. Шу сабабли амалиётда соддалаштирилган яъни, бетонни эзиб майдалаш (ёриш) орқали мустаҳкамлигини аниқлаш усули қўлланилади. Бундай ҳолда чўзилишдаги мустаҳкамлик  $R_{bt}$  қуйидаги формула орқали аниқланади.

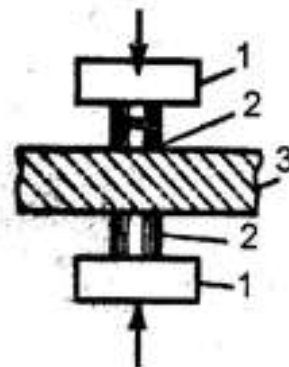
$$R_{bt} = 2P/\pi \cdot a^2 = 0,636 \cdot P/a^2 \quad (16.3)$$

бу ерда  $P$  - бузувчи куч, кН;  $a$  – куб томони (қирраси) ўлчами, см.

Бетон намуналарни ёрилишга синаш учун унинг устки ва пастки томонларига пўлат стерженлар ўрнатилиб сўнгра юкланади (16.4 а-расм) ёки бошқа ёрувчи мосламалар қўлланилади. Синов натижалари маълум даражада



16.4-расм Бетон намуналарни ёришга синаш а – намунани марказий ҳолатда синаш мосламаси; б – битта намунада чўзилиш ва сиқилишга синаш орқали мустаҳкамликни аниқлаш. 1, 2-ўнатирувчи ва ёрувчи стерженлар; 3-бетон намуна; 4, 5-намунанинг ёрилишдаги ва сиқилишдаги базиятлари.



16.5-расм Бетоннинг мустаҳкамлигини икки томонлама штампобкалаш усулида аниқлаш. 1-прес плиталари; 2-штамплар; 3-намуна.

юкнинг таъсир қилиш энига (стерженнинг диаметрига) боғлиқ бўлади. Масалан, стержин диаметри  $d = 14$  мм бўлганда  $R_{bt} = 2,4$  МПа,  $d = 10$  мм бўлганда  $R_{bt} = 1,9$  МПа га тенг бўлади.

Бетоннинг сиқилишдаги ва чўзилишдаги мустаҳкамлигини тахминий баҳолаш учун битта намуна синаш етарли бўлади. Бунинг учун намуна юқоридаги 16.4 а-расмдаги схема бўйича ёрилиб икки бўлакка ажратилади, сўнгра намуналар ўзаро бирлаштирилиб 16.4 б-схема бўйича сиқилишга синалади. Бунда ёрилиш текислиги таъсир этувчи юкларга перпендикуляр жойла- ниши керак.

Ташқи кўриниши нотекис ўлчамли, яъни бевосита буюмдан кесиб олинган намуна бетоннинг мустаҳкамлиги икки томонлама штамплаш орқали аниқланади (16.5-расм). Агарда намунанинг юк қўйиладиган қарама қарши томон-лари параллел юзага эга бўлмаса, улар қоришма ёрдамида текисла-нади.

### **§16.3. Бетоннинг сифатини механик усулларда назорат қилиш**

Бетоннинг сифатини механик усулда синдирмасдан назорат қилиш усуллари уч гуруҳга бўлинади:

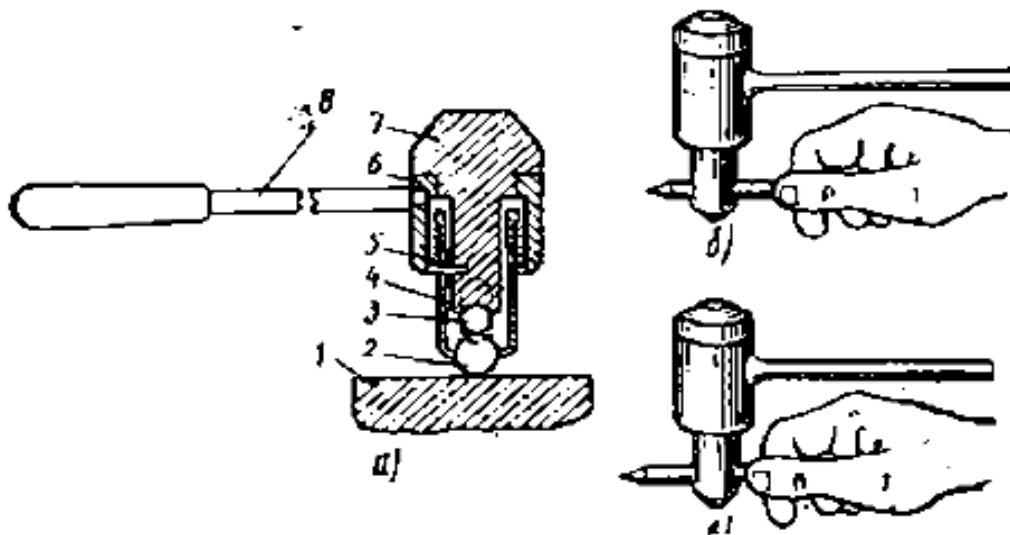
биринчи гуруҳга - бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги билан юза қисмининг қаттиқлиги орасидаги боғланишга асосланган *“пластик деформацияланиш”* усули;

иккинчи гуруҳга-бетоннинг мустаҳкамлиги билан эластиклик тузилиши орасидаги боғланишга асосланган *“эластик сакраш”* усули;

учинчи гуруҳга-бетоннинг мустаҳкамлиги билан унинг юзасида маҳаллий бузилиш ҳосил қиладиган куч орасидаги боғланишга асосланган *“бетон бўлагини узиб (синдириб) олиш”* усули киради.

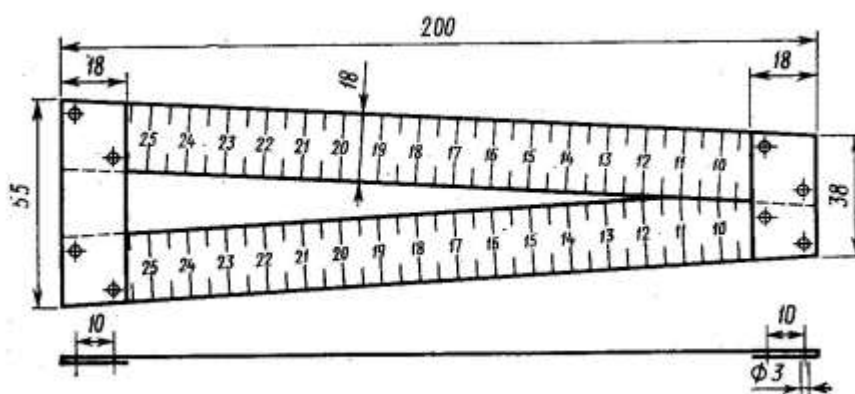
*“Пластик деформацияланиш”* -усулида бетоннинг юза қисмига шар шаклидаги металл куч ёрдамида ботирилади. Натижада бетон юзасида ярим шарсимон чуқурча ҳосил бўлади. Чуқурчанинг диаметри бетоннинг қаттиқлигига боғлиқ бўлади (яъни бетон қанчалик қаттиқ бўлса, чуқурча диаметри шунчалик кичик бўлади). Бетоннинг мустаҳкамлиги эса чуқурчаларнинг диаметри бўйича махсус таърировкалаш графиги асосида аниқланади. Аниқ натижа олиш учун бетон юзасида ҳосил бўлган чуқурча диаметри  $(0.2...0.6)d$  атрофида бўлиши керак (бу ерда  $d$ -шарик диаметри).

Бетоннинг юзасига куч билан таъсир қилувчи шарикли асбоблардан бири Кашкаров эталон болғасидир (16.6-расм). Болға корпусининг пастки қисмида, яъни стакан асосида диаметри 15 мм ли пўлат шарик жойлашган. Шарикнинг устки қисмида, яъни болға корпусида тешик бўлиб, унга эталон стержень киритилади. Эталон стержень диаметри 10 ёки 12 мм, узунлиги 100...150 мм бўлиб, маркаси  $C_T-3$  пўлатдан, юмалоқ ва силлиқ кўринишда ясалади.



**16.6-расм. Кашкаров эталон болгаси (а) ва эталон стерженни ўрнатиш (б, в) вазиятлари. 1-бетон намуна, 2- пўлат шарик, 3- эталон стержень, 4-стакан, 5-ички пружина, 6-болга корпуси, 7- устки каллак, 8-ушловчи даста.**

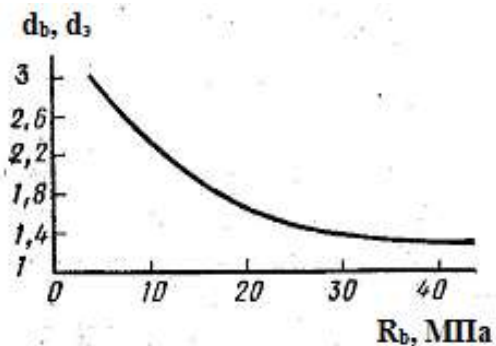
Болғани ишлатиш принципи қуйидагича: болға дастасидан ушланиб, пастки шарчаси бетон юзасига тик холда теккизиб турилади ва бошқа болға билан унинг корпуси устига ўртача куч билан урилади. Натижада бетон юзасида диаметри  $d_b$  ва эталон стержень юзасида эса диаметри  $d_s$  бўлган чуқурчалар ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган чуқурчаларнинг диаметри бурчак масштаб ёрдамида 0.1 мм аниқликда ўлчанади. Бурчак масштаб (16.7-расм) иккита бир ҳил металл линейкаларни ўзаро бурчакли қилиб бириктирилган ўлчов асбобидир.



**16.7-расм. Бетондаги чуқурча диаметрини ўлчовчи “бурчак масштаб” асбоби.**

Одатда чуқурчалар диаметри қарама-қарши перпендикуляр бўйича ўлчанади ва уларнинг ўртача миқдори аниқланади яъни,  $d_{\text{ўр}} = (d_1 + d_2)/2$ ; бу ерда  $d_1$  ва  $d_2$  икки перпендикуляр йўналиш бўйича чуқурчаларнинг диаметрлари, мм. Синалаётган намуна учун синов 3...4 маротаба такрорланади. Болға

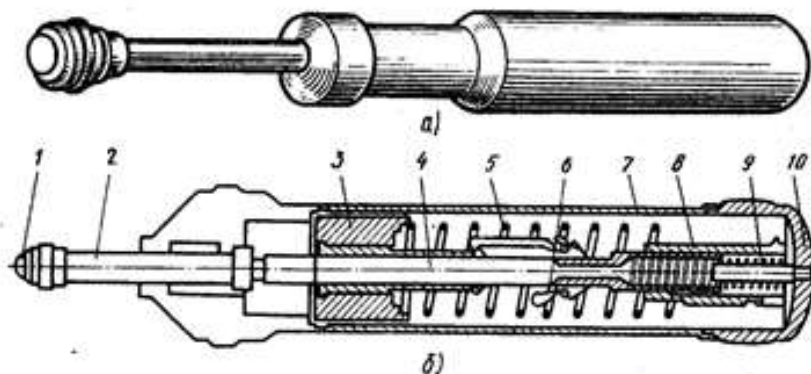




16.8-расм. Бетон мустаҳкамлигини аниқлаш учун “таръировкалаш” графиги.

билан урилган чуқурчалар орасидаги масофа 30...40 мм бўлиши керак. Сўнгра бетондаги ва эталон стержендаги чуқурчаларнинг ўртача диаметри  $\Sigma d_b$  ҳамда  $\Sigma d_s$  аниқланади, кейин уларнинг нисбати  $d_b/d_s$  топилиб, махсус “таръировкалаш” графиги асосида (16.8-расм) бетоннинг мустаҳкамлиги аниқланади.

Бетоннинг мустаҳкамлигини аниқлашда қўлланиладиган шарикли асбоблардан бири ПМ-2 маркали пружинали асбобдир (16.9-расм). Асбоб цилиндрсимон шаклида ясалган бўлиб, доимий уриш энергиясига эга. Унда иккита пружиналар 5 ва 9 ўрнатилган бўлиб, пружина 5 ғилоф 3 ва стакан 8 ни ўзаро боғлайди. Ғилоф 3 цилиндр корпуси 7 ичида ҳаракатланади. Турткич 4 учига диаметри 17 мм ли шарик ўрнатилган бўлиб, у ургич стержень 2 га уланган. Асбобнинг шарикли учи бетон юзасига тираб (перпендикуляр вазиятда) ушланиб, орқа томони яъни, қопқоғидан босилади. Шунда турткич 4 ва тишли илмоқ 6 олдинга қараб силжийди ва пружина 5 чўзилади. Тишли илмоқнинг силжиши яна давом этганда ғилоф илмоқдан ўтиб кетади, натижада пружина турткичига кинетик энергия беради ва ургич стержень 2 бетонга урилиб унинг юзасида чуқурча ҳосил қилади. Асбобни ишлатиш вазияти (16.10-расм) да кўрсатилган. Сўнгра махсус “таръировкалаш” графиги асосида бетоннинг мустаҳкамлиги аниқланди.



16.9-расм. ПМ-2 асбоби. а-асбобининг умумий кўриниши, б-ички қисмининг конструкцияси. 1-шарик, 2-ургич стержень, 3-ғилоф, 4-турткич, 5, 9-пружиналар, 6-тишли илмоқ, 7-цилиндрсимон корпус, 8-стакан, 10-ташқи қопқоқ.

Бетоннинг юзасидаги чуқурчаларнинг диаметри аниқ бўлиши учун синалаётган юзага рангли қоғоз (одатда қора қоғоз) қўйилиши тавсия этилади. Қоғознинг рангли қисми юза томонга тескари қаратилиб ва унинг устидан оқ қоғоз қўйилади. Натижада оқ қоғозда шарикнинг бетонга урилиши натижа-сида ҳосил бўладиган чуқурчаларнинг ўрни (акси) чизилиб қолинади.

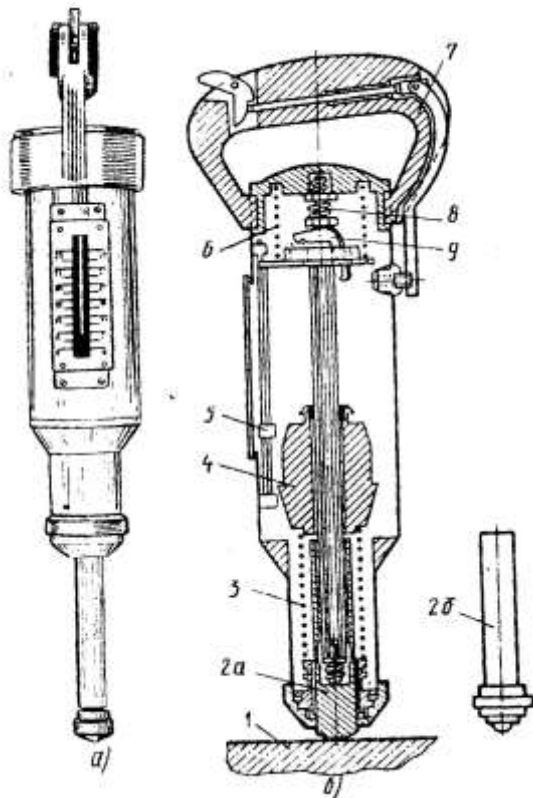


**16.10-расм. ПМ-2 асбоби билан бетон юзасини синаш.**

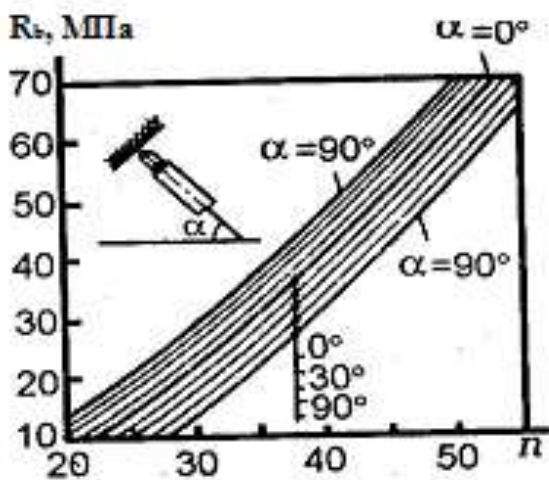
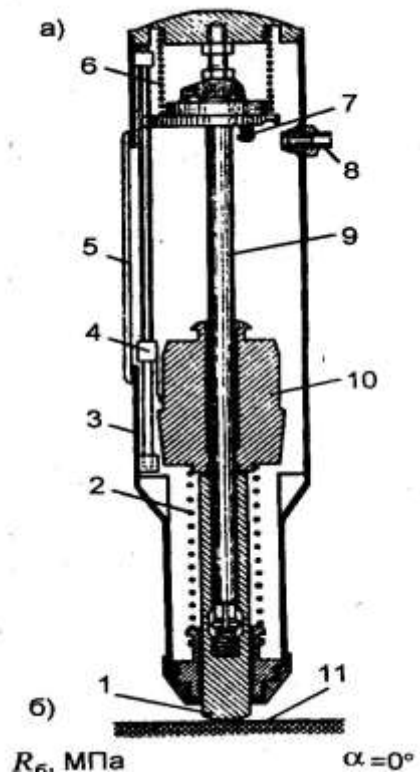
Юза нотекис (ғадир-будур) бўлса кум қоғоз ёки чарх тош билан силлиқланади. Асбоб билан синаладиган юзадаги нуқталар, намуна четидан (қиррасидан) энг камида 5 см бўлиши керак. Шунингдек, синаб кўриладиган буюмнинг қалинлиги 7 см дан кам бўлмаслиги керак. Ушбу асбоблар ёрдамида мустаҳкамлиги 5 МПа дан 60 МПа гача бўлган бетонларни синаш мумкин. Синов натижалари бўйича аниқланган миқдорлар фарқи (ўртача ҳар 10 ўлчовда) 5 % дан кўп фарқ қилса, асбобни таъмирлаш ва қайта таърировка қилиш тавсия этилади.

“Эластик сакраш”- усулида бетоннинг қаттиқлиги, унга урилган стерженнинг орқага сакраш баландлиги (масофаси) орқали аниқланади. Бундай асбобнинг, (маркаси КМ) ички қисми пуржиналик механизимлардан ташкил топган (16.11-расм). Асбобнинг ишлаш принципи қуйидагича. унинг шарикли учи бетон юзасига теккизилиб тик вазиятда ушлаб турилган холда корпус дастасидаги илмоқ 7 сиқилади ва ғилоф 4 юқорига кўтарилади. Бунда урувчи пружина 3 чўзилади, қайтарувчи пружина 6 сиқилади. Сўнгра тишли илмоқ 9 марказий болт 8 га тегиб, пружина 6 бўшалади ва ғилоф 4 ни пастга уриб юборади. Ғилоф ўз навбатида шарикли ургич 2 га тегиб уни ҳаракатга келтиради. Шарикли ургич эса бетон юзасига тегиб орқага сакрайди ва ғилофни юқорига ҳаракатлантиради. Ғилоф эса сакраш баландлигини кўрсатувчи шкала ричагини юқорига силжитилади. Ғилофнинг эластик сакраш баландлиги бўйича “таърировкалаш” графиги асосида, бетоннинг мустаҳкамлиги аниқланади. Худди шундай “эластик сакраш” принципи бўйича ишлайдиган асбоблардан бири Шмидт болғасидир (16.12-расм).

Бундай шарикли болғалар ҳар-ҳил уриш энергиясига эга бўлган вариантларда ишлаб чиқарилади. Уриш энергияси 0,736 Дж бўлган болғалар юпқа қобиқли конструкциялар ва мустаҳкамлиги 10 МПа дан кам бўлган бетонларнинг сифатини назорат қилишда; уриш энергияси 2,207 Дж–оддий конструкцияларнинг ва уриш энергияси 29,43 Дж бўлган болғалар эса массив иншоотларнинг сифатини назорат қилишда ишлатилади. Ушбу усулларда бетоннинг мустаҳкамлиги махсус “таърировкалаш” графиклари орқали аниқланади (16.13-расм).



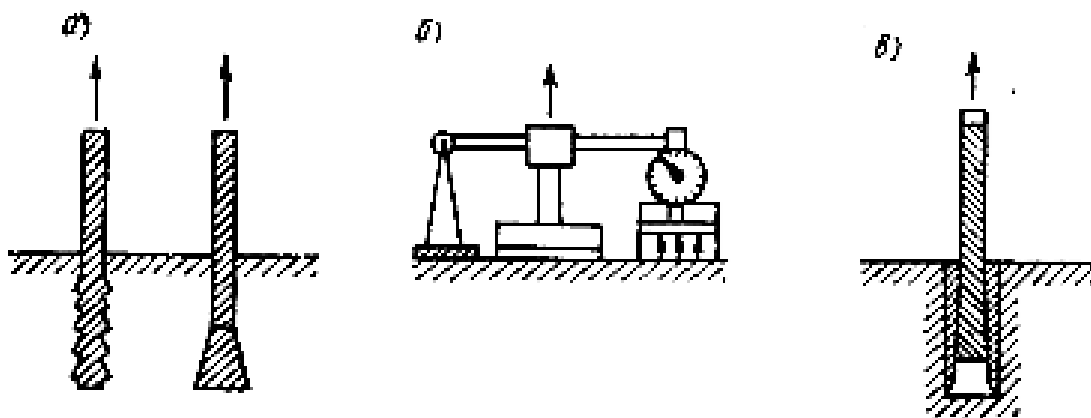
16.11-расм. КМ асбоби. а-асбобнинг умумий кўриниши, б-ички қисмининг конструкцияси. 1-бетон, 2а-шарикли ургич, 2б-силжувчи индикатор, 3, 6 - пружиналар, 4-гилоф, 5-сакраш баландлигини кўрсатувчи шкала, 7-корпус дастаси, 8-марказий болт, 9-тишли илмоқ.



16.13-расм. КМ ва Шмидт болгалари учун таърировкалаш графиклари.

Ўлчов натижалари аниқ бўлиш учун бетон юзасининг энг камида беш жойи синаб кўрилади, сўнгра уларнинг ўртача арифметик қиймати аниқланади. Алоҳида олинган натижалар, уларнинг ўртача миқдоридан  $\pm 5\%$  дан кўп бўлмаслик керак.

“Бетон бўлагини узиб олиш” - усулида, бетон танасига махсус металл стерженлар олдиндан ўрнатилган бўлади. Ёки силлик шайбасимон металл парчаси бетон юзасига эпоксид елим ёрдамида ёпиштирилади (маҳкамланади). Бундай усулларда бетоннинг мустаҳкамлигини аниқлаш схемалари 16.14 а, б, в-расмларда кўрсатилган.



**16.14-расм. Бетоннинг мустаҳкамлигини маҳаллий бузиш орқали аниқлаш усуллари. а, в-олдидан ўрнатилган металл стерженларни суғуриб олиш; б-бетон юзасига елимланган шайбани узиб олиш.**

Синаб кўрилаётган бетон юзасига ўрнатиладиган стерженлар орасидаги масофа 25 см дан шунингдек, конструкция четидан эса 15 см дан кам бўлмаслиги керак. Стерженларни суғуриб олиш гидравлик домкрат ёрдамида амалга оширилади. Бетоннинг мустаҳкамлиги эса домкратнинг суғуриб олган кучи бўйича, таърировкалаш графиги ёки жадвали орқали аниқланади.

Ушбу усулларда бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги:

$$R_b = A R_y - B \quad (16.4)$$

бу ерда  $A$  ва  $B$  – тақрибий коэффицентлар. Пастки учи кенгайтирилган ботиш чуқурлиги 50 мм ва диаметри 10 мм бўлган стреженлар учун  $A = 0.1$ ;  $B = 0$  олинади (16.14 а, в - расмлар).

Елимланган шайбани узиб олиш усулида (16.14 б - расм) куйидаги боғланишдан фойдаланиш мумкин:

$$R_b = A P_y / A_1 + B = A R_y + B \quad (16.5)$$

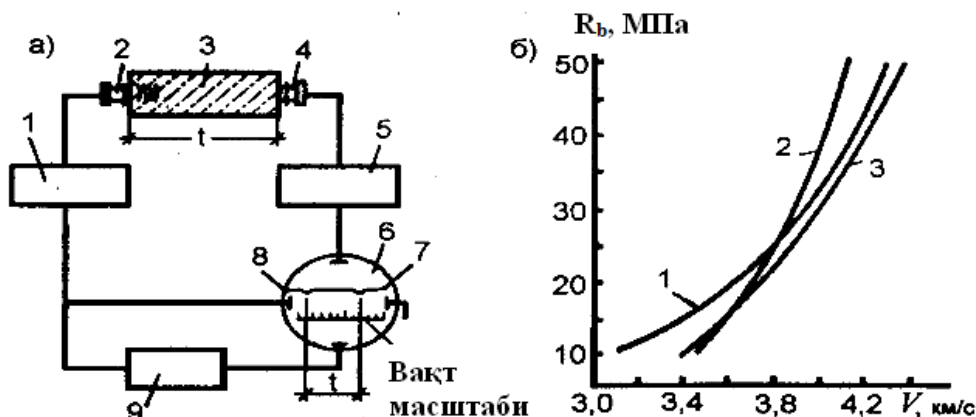
бу ерда  $R_y$  - узиб олиш мустаҳкамлиги, МПа;  $A_1$  – узиб олининиш юзаси, см<sup>2</sup>;

Оддий бетонлар учун шайба диаметри 60 мм бўлганда  $A = 20$ ,  $B = 30$  қабул қилинади. Шайба диаметри кичрайиб борса айнан шу бетон учун  $R_y$  қиймати ортади. Шу сабабли бундай ҳолда бетоннинг хоссалари ва шайбанинг диаметрига боғлиқ бўлган камайтирувчи тузатиш коэффицентлари киритилади.

Юқорида қайд қилинган бетон бўлагини узиб олиш усули бошқа механик усулларга нисбатан анча аниқ ҳисобланади. Ушбу усул билан мустаҳкамлиги 5 МПа дан 70 МПа бўлган бетонларни синаш мумкин. Камчилиги эса-стерженларни ўрнатиш ва узиб олишда бажариладиган ишлар ҳажмининг бирмунча кўплигидир.

## §16.4. Бетоннинг сифатини физик усулларда назорат қилиш

Бетоннинг сифатини физик усулларда назорат қилиш, ундан ўтадиган “ультротовуш тўлқинларининг тезлиги” ва “титратиш тебранишларининг тарқалиш частотаси” орқали амалга оширилади. Ультротовуш тўлқинларининг тарқалиш тезлиги усулининг схемаси 16.15 расмда кўрсатилган.



16.15-расм. Бетонни ультротовуш тўлқинлари усулида синаш. а-синаш схемаси. 1-юқори частотали электрон генератор; 2-нурлатгич; 3-бетон намуна; 4-тўлқин қабул қилгич; 5-кучайтиргич; 6-импульс ўлчовчи қурилма; 7, 8-қабул қилинган ва узатишган сигналларнинг экрандаги кўриниши; 9-ток манбаи; б-таърировкаланиш графиги. 1-гранитли шагалда. 2-оҳактошли шагалда. 3-чақиқ тошларда.

Ушбу усулда электрон генератор 1 юқори частотали электр импульси ҳосил қилади. Сўнгра бу импульслар нурлатгич 2 ёрдамида ультротовуш тўлқинларига айлантирилиб, бетон танасига юборилади. Бетон намунанинг иккинчи томонида ўрнатилган қабул қилгич 4 ушбу тўлқинларни яна электр импульсига айлантиради ва кучайтиргич 5 ёрдамида кучайтирилиб, ўлчовчи қурилмага узатади. Ўлчовчи қурилма 6 ультротовуш тўлқинларининг бетондан ўтиш вақтини ўлчайди. Ультротовуш тўлқинларининг тарқалиш тезлиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

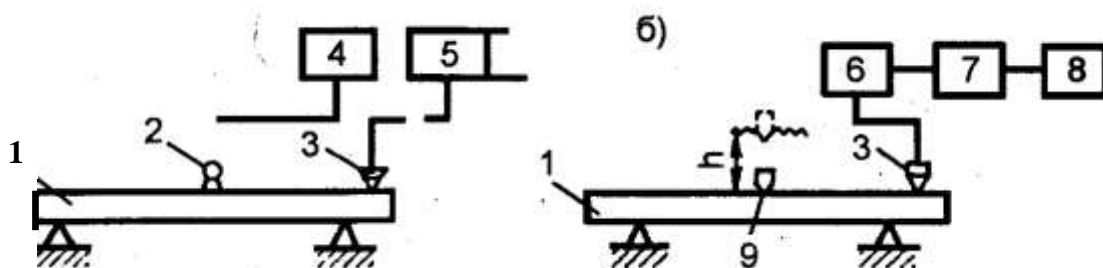
$$V = (l/t) \cdot 1000 \quad (16.5)$$

бу ерда  $l$ -бетон намуна узунлиги, мм;  $t$ -ультротовуш тўлқинларининг намунадан ўтиш вақти, мкс (микросекунд).

Ультротовуш тўлқинларининг бетондан ўтиш тезлиги бетоннинг мустаҳкамлигига боғлиқ ҳолда 2550...4550 м/сек орасида бўлади. Юқоридаги (16.5) формула орқали тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги асосида таърировкаланиш графигидан (16.15-расм б), фойдаланиб бетоннинг мустаҳкамлиги аниқланади.

Титратиш усули, бетон намунадан ўтадиган хусусий тебранишлар частотасининг тавсифига асосланган. Бу усулда бетондаги микрокамчиликларни, таркиби ва тузилишидаги ўзгаришларни ҳам аниқлаш мумкин. Титратиш усулларида одатда эгилиш тебранишлари вужудга келтирилади. Бундай тебранишлар ҳосил бўлиши тавсифига қараб “резонанс” ва “сўнувчи тебраниш” усулларига бўлинади. (16.16 а, б-расмлар).

Резонанс тебранишлар усулида (16.16 а-расм) электродинамик тебраниш ҳосил қилувчи конструкция 2 ёрдамида бетон намунада ютилмайдиган тебранишлар ҳосил қилинади. Намунанинг бошқа томонидаги қабул қилувчи мослама 3 бетондаги тебранишларни электрик сигналга айлантиради ва резонанс тебранишлар индикаторига узатади. Ўлчовчи генератор 4 тебранишларнинг частотаси ва унга мос келувчи амплитудасини аниқлайди.



**16.16-расм. Бетонни титратиш усулида синаш схемалари. а-резонанс усули; б-тебранишларнинг сўниши усули. 1-бетон намуна; 2-тебранишларни ҳосил қилгич; 3-тебранишларни қабул қилгич; 4-ўлчовчи генератор, 5-резонанс тебранишлари генератори; 6-импульсларни йиғувчи қурилма; 7-стандарт частотали генератор; 8-электрон частота ўлчагич; 9-урғич.**

Хусусий тебранишлар частотаси бўйича намунанинг динамик эластиклик модули  $E_d$  ҳисобланади ва таърировкалаш боғланиши орқали бетоннинг мустаҳкамлиги аниқланади яъни,  $R_b = f(E_d)$ . Синаш шароитига боғлиқ ҳолда ҳар қайси асбоб учун динамик модулни аниқлаш услуби қўлланилади. Бетоннинг мустаҳкамлиги эса ушбу тавсифга қуйидагича боғланади.

$$R_b = (E_d / k)^n \quad (16.5)$$

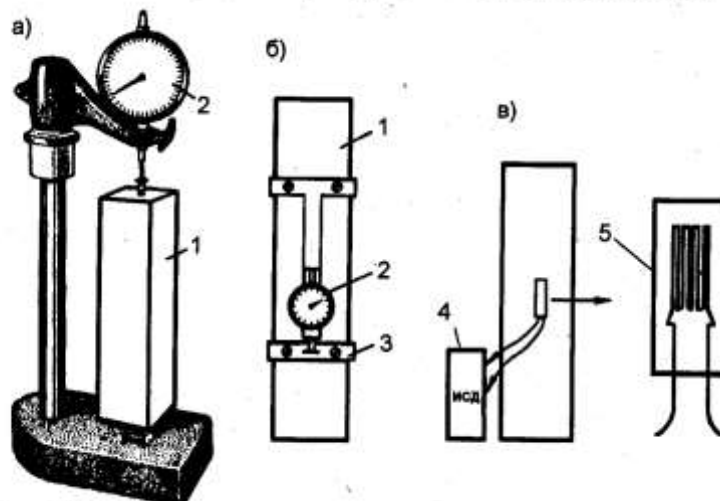
оддий бетонлар учун  $n = 3$ ,  $k = 5 \cdot 2 \cdot 10^3$  олинади.

Тебранишларнинг сўниши усулида синашда (16.15 б расм), урувчи мослама 9 ёрдамида намунага таъсир қилинади. Ҳосил бўлган тебранишлар частотаси махсус мосламалар 6, 7, 8 ёрдамида қайд қилинади. Сўнгра таърировкалаш графиклари орқали бетоннинг мустаҳкамлиги аниқланади.

Физик усулларга, шунингдек, радиометрик усуллар ҳам киради. Бундай усулларда темирбетон конструкциялар арматурасининг лойиҳавий вазиятда жойланиш ҳолатлари ва ҳимоя қатламининг қалинлиги аниқланади.

## §16.5. Бетоннинг деформациясини назорат қилиш

Бетоннинг қотишида ишлатилиши жараёнида, юкланганда, шунингдек, музлатилганда ва бошқа турли ҳил омиллар таъсирларда унинг ички қисмида содир бўладиган барча жараёнлар бетоннинг деформацияланиши сифатида намоён бўлади. Бетонда содир бўладиган деформацияларнинг тавсифи унинг сифатини ўзгартириши бўйинча баҳоланади. Одатда бетоннинг деформацияси механик ёки электрик - тензометрлар, компораторлар ва дилатометрлар каби махсус (16.17 а, б, в-расмлар) асбоблар билан ўлчанади.



**16.17-расм. Бетоннинг деформациясини ўлчовчи асбоблар. а-компоратор; б-бетон призмага индикаторнинг ўрнатилиши; в-худди шундай тензодатчикнинг ўрнатилиши. 1-бетон призма; 2-соатсимон индикатор; 3-индикаторни ўрнатиш учун металл рамкалар; 4- деформацияни ўлчовчи ускуна; 5-тензодатчик.**

Қурилиш амалиётига кенг қўлланиладиган стрелкали компоратор тузилиши бўйича энг оддий ҳисобланади 16.17 а-расм. Компораторнинг пастки таг қисми штативга ҳаракатланмайдиган қилиб маҳкамланган. Устки рамкаси эса кўзгалувчан бўлиб, махсус цилиндирсимон гайка ёрдамида бошқарилади. Ушбу рамкалар орасига диаметри 5...8 мм бўлган металл шарикчалар жойлаштирилган ва уларга бетон призма ўрнатилади. Бундай компоратор ёрдамида 0,01...0,001 мм аниқликгача ўлчовларини бажариш мумкун.

Дилатометрлар ҳарорат деформациясини ўлчаш учун қўлланилади. Улар мураккаб тузилишга эга бўлган юқари сифатли ўлчовчи тизимлардан иборат бўлиб, намунани иситувчи ва совутувчи махсус конструкциядан ташкил топган. Бундай ўлчагичлар асосан илмий-текшириш лабораторияларида қўлланилади.

Кейинги пайтларда электротензодатчиклар кенг қўлланилмоқда. Улар қоғоз, мато ёки махсус плёнкага ингичка ипсимон симларни елимлаб тайёрланади 16.17 в-расм. Датчиклар материал (бетон) юзасига елимлаб ёпиштирилади ва симларининг икки учи статик деформация ўлчовчи конструкцияга уланади. Бетоннинг юза қисми деформацияланганда мос холда тензодатчик ҳам деформацияланади яъни, датчик симлари чўзилади ёки сиқилади, натижада унинг қаршилига ўзгаради. Датчик қаршилигининг ўзгариш миқдори бўйича деформация ҳақида маълумот олинади.

Датчик диаметри 0,02...0,05 мм ли нихорм ёки мангили юпқа симлардан ясалади. Датчикларнинг базаси, яъни ўлчов масофаси 5, 10, 20 ва 50 мм га тенг бўлади. Датчиклар орқали ўлчанган деформациянинг нисбий миқдори, қуйидагича аниқланади.

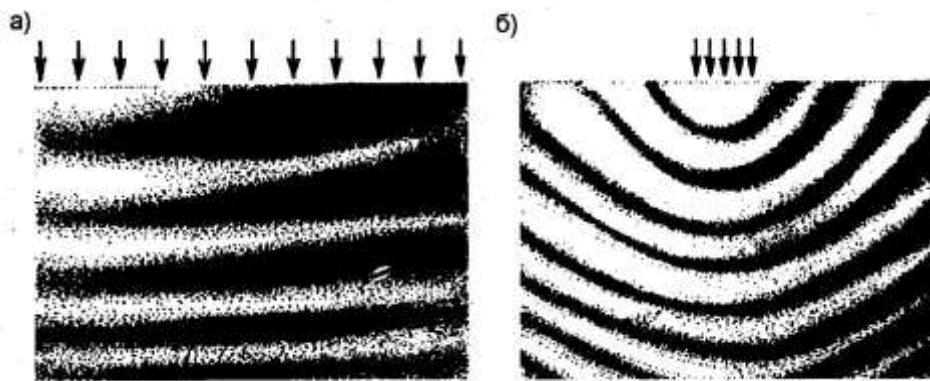
$$\varepsilon = \Delta R / (k \cdot R) \quad (16.6)$$

бу ерда  $\Delta R$ -датчик деформацияланганда қаршилигининг ўзгариши, Ом;  $R$ -датчикнинг бошланғич деформацияси,  $R = 100 \dots 400$  Ом;  $k \approx 2$  датчикнинг сезиш коэффиценти. Кераксиз омилар таъсиридан чекланиш ва камчиликлар содир бўлишининг олдин олиш учун алоҳида “компенсацияловчи” (қопловчи) датчик ҳам елимлаб ёпиштирилади (бундай датчик одатда тажриба қилинмайдиган бетон юзасига елимланади).

Бетоннинг ёриқбардошлигини назорат қилиш учун кўпчилик холларда бетон намуна ёки конструкциянинг тўлиқ юза қисмини кузатишга тўғри келади. Бундай холда тўлиқ маълумот олиш учун жуда кўп миқдорда датчик ва жихозлардан фойдаланиш зарур бўлади. Бу эса тажриба ишларни қийинлаштириб юборади, кўп вақт сарф қилинади ва меҳнат ишлари ҳажми ортиб кетади. Шунингдек, олинган ўлчов натижаларини қайта ишлаб чиқишда хато ва камчиликлар келиб чиқишига сабаб бўлади.

Булардан ташқари ёриқбардошликни назорат қилишда бетон юзасида ёриқлар датчик ўрнатилмаган жойларда ҳам ҳосил бўлиш эҳтимоли мавжуд бўлади. Шу сабабли бетон ёки конструкция юзасини талаб қилинадиган аниқликда кузатиш учун янги замонавий усуллар таклиф қилинган ва ишлаб чиқилган. Буларга “муаровли” ва “голография” назорат қилиш усулларини киритиш мумкин.

Бетон деформациясини муаровли усулда аниқлашда намуна юзасига тўрсимон ёки зебрасимон рангли юпка қоришма суртиб чиқилади. Бунда бетон юзаси деформацияланганда қоришманинг алоҳида вазиятлари ўзгариб муаровли расм кўринишга келиб қолади. Бетон қанча кўп деформацияланса шунча тўлқинсимон эгри қатламлар яққол ҳосил бўлади (16.18 а, б-расмлар).



**16.18-расм. Бетон юзасидаги деформацияланиш майдонининг муаровли кўриниши. а-бир текис сиқилганда; б-маҳаллий эзилишда.**

Голография усулида бетоннинг деформацияланишни кузатиш ва қайд қилиш янада яққол ва аниқ бажарилади. Бу янги замонавий усул бўлиб, асосан лазер нурлари ёруғлигидан фойдаланишга асосланади.

Битта голограмма картинасида предметнинг бир неча ҳил ҳолатини акс эттириш мумкин. Голограмманинг ана шу хусусияти бетоннинг деформацияланиши кузатиш ва ёзиб бориш учун қўлланилади. Бетоннинг деформа-



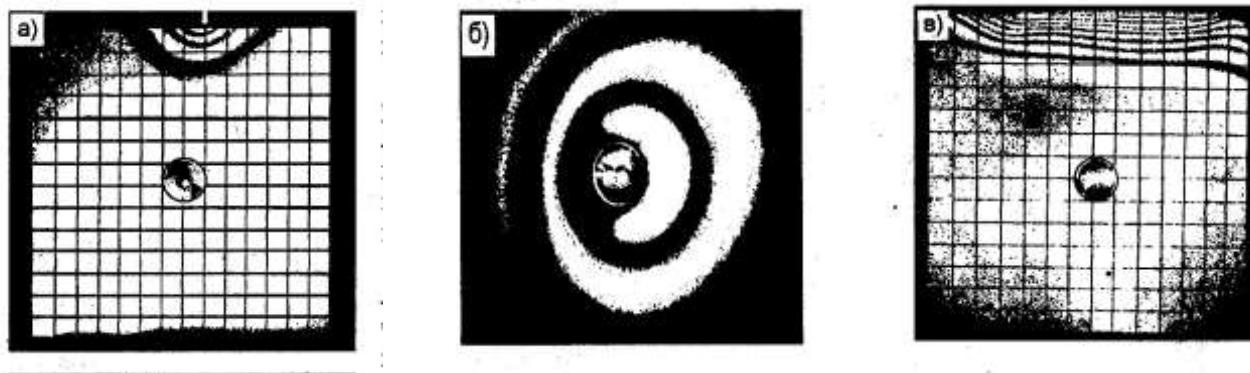
цияланиш ҳолатини голографик усулда кузатиш ва текширишнинг ижобий ва самарали томонлари қуйидагилардан иборат:

биринчидан, бетоннинг жуда кам деформацияланишни ҳам кузатиш ва қайд қилиш мумкин;

иккинчидан, намуна (бетон) нинг юзасида содир бўладиган барча ўзгаришларни кузатиш мумкин;

учинчидан, бетон намунани алоҳида тажрибага тайёрлаш, унинг сиртига турли хил ўлчов ускуналарини ўрнатиш талаб қилинмайди.

Голографик кузатиш усулининг имкониятлари қуйидаги 16.19 а, б, в-расмларда келтирилган. Асосий модуль сифатида ўлчами  $7 \times 7 \times 3,5$  см ва ўртасига диаметри 8 мм ли силлиқ арматура ўрнатилган намуналардан фойдаланилган намунанинг устки қисмига оғирлиги 100 Н юк қўйилганда (16.19 а-расм), материал алоҳида нукталарининг деформацияланиши лазер нурлари таъсирида яққол намоён бўлади. Ана шу картина орқали бетоннинг деформацияланиш ҳолати аниқланади.



**16.19-расм. Намунани голография усулида текшириш. а-100 Н юк қўйилганда; б-ўртасидаги арматурани  $20^{\circ}\text{C}$  қиздирилганда; в-намланганда.**

Бетондаги арматурани хатто  $20^{\circ}\text{C}$  қиздирилганда, унинг атрофида айланма деформацияларнинг ҳосил бўлишини (арматура атрофидаги бетоннинг кенгайиши) яққол кузатиш мумкин (16.19 б-расм).

Навбатдаги 16.19 в-расмда намунани намлашда ҳосил бўладиган деформацияларнинг голограммаси кўрсатилган. Бунда бетон намуна устиги хўл латта қўйилган. Натижада бетоннинг устки қатламида нам таъсирида кенгайиш деформацияси ҳосил бўлади ва у голограммада яққол кўриниб турибди. Ушбу усул билан бетоннинг деформацияланишини жуда кичик таъсирларда ҳам аниқлаш имкони мавжуд.

## §16.6. Бетоннинг сифатини назорат қилишга доир мисоллар

**16.1-мисол.** Темирбетон пойдевор блоки бетонининг мустаҳкамлигини Физдел шарикли болғаси ёрдамида аниқлансин.

Пойдевор блоки бетонининг юзасида болға билан уриш натижасида ўнта чуқурча олинган бўлиб, уларнинг диаметри 16.2-жадвалда келтирилган.

Бетон юзасида ҳосил бўлган чуқурчалар

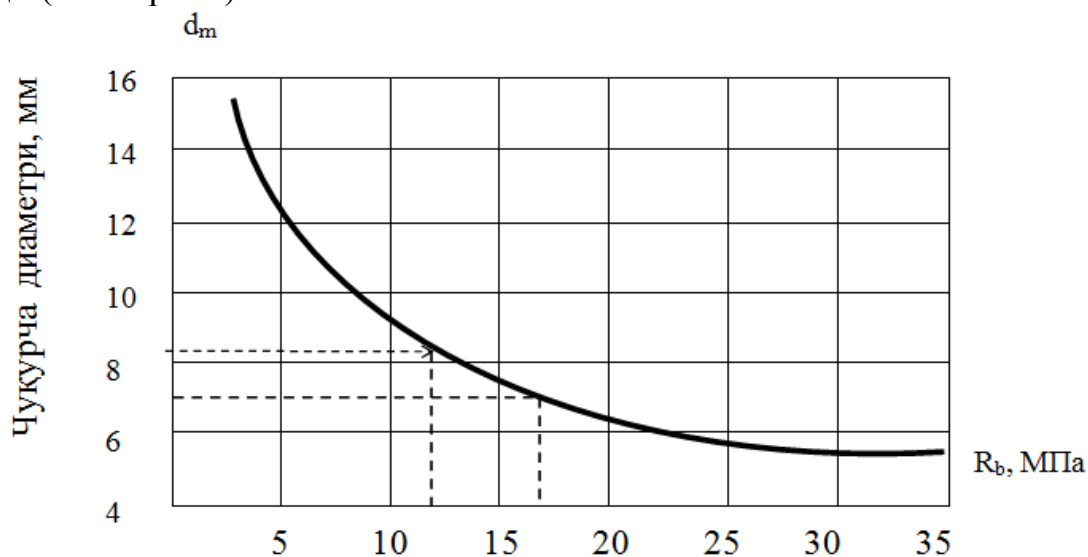
16.2-жадвал

Бетон юзасидаги чуқурчалар сони	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чуқурчаларнинг диаметри, d, мм	8,2	8,0	8,1	8,5	9,0	8,8	9,1	8,2	7,9	8,6

*Ечиш:* 1. Чуқурчаларнинг ўртача диаметри қуйидагича аниқланади:

$$d_m = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} = \frac{8,2 + 8,0 + 8,1 + 8,5 + 9,0 + 8,8 + 9,1 + 8,2 + 7,9 + 8,6}{10} = 8,44 \text{ мм}$$

2. Чуқурчанинг ўртача диаметри асосида махсус графикдан фойдаланиб, яъни  $d = 8,44$  мм бўлганда бетоннинг мустаҳкамлиги  $R_b = 12$  МПа тенг бўлади (16.20-расм).



16.20-расм. Бетон мустаҳкамлигини аниқлаши графиги (Физдель болғасининг таърировкалаши графиги).

**16.2-мисол.** Темирбетон устун бетонининг мустаҳкамлигини Физдель шарикли болғаси ёрдамида аниқлансин.

Устун бетонининг юза қисмида болға билан уриш натижасида ўн учта чуқурча олинган бўлиб, уларнинг диаметрлари 16.3-жадвалда келтирилган.

Устун бетони юзасида ҳосил бўлган чуқурчалар

16.3-жадвал

Бетон юзасидаги чуқурчалар сони	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Чуқурчанинг диамет. d, мм	6	6,5	5	7,0	7,2	10	7,1	6,3	6,7	9,5	7,4	7,1	6,9

*Ечили:* 1. №3 чуқурчада болға шағалга урилган, №6 ва №10 чуқурчаларда эса болға бетоннинг ғоваклиги бор жойларга урилган.

Чуқурчаларнинг ўртача диаметри:

$$d_m = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} = \frac{6 + 6,5 + 5 + 7 + 7,2 + 10 + 7,1 + 6,3 + 6,7 + 9,5 + 7,4 + 7,1 + 6,9}{13} = 7,13 \text{ мм}$$

2. Юқоридаги график (16.20-расм) асосида  $d_m = 7,13$  мм бўлганда, бетоннинг мустаҳкамлиги  $R_b = 17$  МПа тенг бўлади.

**16.3-мисол.** Темирбетон балка бетонининг мустаҳкамлиги Кашкаров эталон болғаси ёрдамида аниқлансин. Бетоннинг намлиги -3%.

Балка бетонининг юза қисмида болға биланн уриш натижасида ўнта чуқурча, шунингдек болғанинг эталон стерженида ҳам ўнта эллипис шаклидаги чуқурчалар ҳосил бўлган бўлиб, уларнинг диаметри 16.4-жадвалда келтирилган.

Балка бетони юзасида ва эталон стерженда ҳосил бўлган чуқурчалар

16.4-жадвал

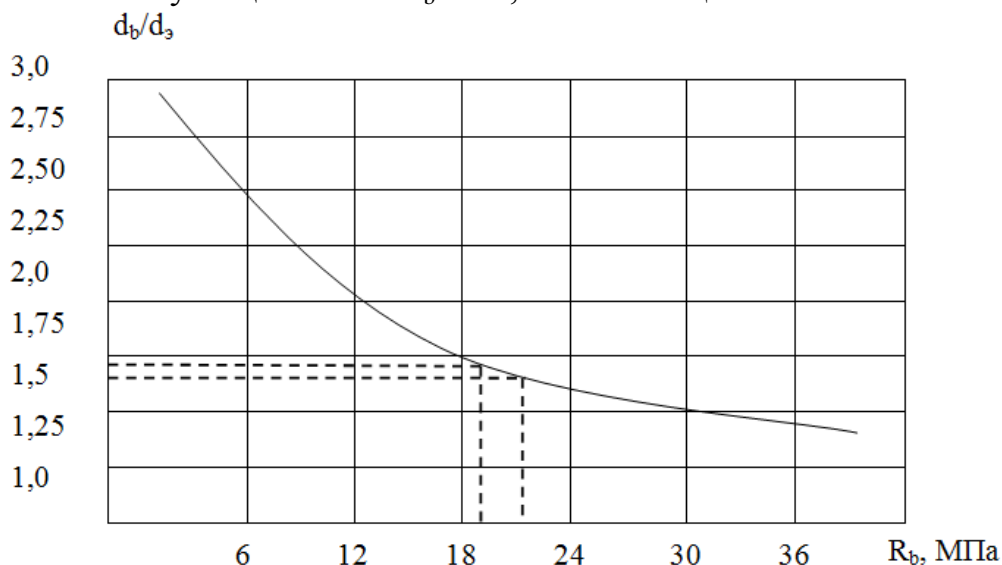
Тажриба қилинган нуқталар сони	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бетондаги чуқурчаларнинг диаметри, $d_b$ , мм	7,0	6,5	6,3	6,8	7,2	6,0	6,1	6,5	6,7	6,9
Эталон стержендаги чуқурчалар диаметри, $d_s$ , мм	4,0	3,5	4,1	4,2	3,9	3,8	3,9	3,3	3,8	3,7
Диаметрлар нисбати, $d_b/d_s$	1,75	1,86	1,54	1,62	1,85	1,58	1,56	1,97	1,76	1,86

*Ечили:* 1. Бетондаги чуқурчалар  $d_b$  ва эталон стержендаги чуқурчалар  $d_s$  нинг нисбатлари йиғиндисини аниқлаймиз.

$$\sum_{i=1}^{10} \frac{d_b}{d_s} = 1,75 + 1,86 + 1,54 + 1,62 + 1,85 + 1,58 + 1,56 + 1,97 + 1,76 + 1,86 = 17,37$$

2. Чуқурчаларнинг ўртача миқдори  $\sum_{i=1}^{10} \frac{d_b}{d_s} \cdot n = 17,37 : 10 = 1,74$

3. Таърировкалаш графигидан (16.21-расм) фойдаланиб,  $d_b/d_s = 1,74$  бўлганда бетоннинг мустаҳкамлиги  $R_b = 19,5$  МПа аниқлаймиз.



16.21-расм. Бетон мустаҳкамлигини аниқлаш графиги (Кашкаров эталон болгаси таърировкалаш графиги)

**16.4-мисол.** Темирбетон том плитаси бетонининг мустаҳкамлиги Кашкаров эталон болгаси ёрдамида аниқлансин. Плита бетонининг намлиги 12 %.

Плита бетонининг юза қисмига эталон болға билан уриш натижасида олинган маълумотлар 16.5-жадвалда келтирилган.

Плита бетонини текшириш натижасида олинган маълумотлар

16.5-жадвал

Таъриба қилинган нуқт. сони	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Бетондаги чуқурчал. диаметри, $d_b$	6,5	6,0	6,2	6,4	7,0	7,3	6,8	6,4	6,7	6,3	6,1	6,3
Эталон стерги чуқурч. диаметри, $d_s$	3,9	3,8	3,7	3,7	4,2	4,0	4,1	3,8	3,9	3,6	3,6	3,4
Диаметрлар Нисбати $d_b/d_s$	1,6	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,6	1,6	1,7	1,7	1,6	1,8

*Ечиш:* 1. Бетондаги чуқурчалар  $d_b$  ва эталон стержендаги чуқурчалар  $d_s$  нинг нисбатлари йиғиндисини аниқлаймиз:

$$\frac{d_b}{d_s} = 1,67 + 1,58 + 1,68 + 1,73 + 1,75 + 1,83 + 1,66 + 1,68 + 1,72 + 1,75 + 1,69 + 1,85 = 21,04$$

$$2. \text{Ўртача миқдори: } \sum_{i=1}^{10} \frac{d_b}{d_s} \cdot n = 20,59 : 12 = 1,72$$

3. Тарировка лаш графигидан фойдаланиб (16.21-расм),  $d_b/d_3 = 1,72$  бўлганда бетоннинг мустаҳкамлиги  $R_b = 20,5$  МПа аниқлаймиз.

4. Бетоннинг намлиги 12 % бўлганда тўғрилаш коэффициентини  $k = 1,2$  тенг. Унда бетоннинг мустаҳкамлиги  $R_b = 20,5 \cdot 1,2 = 25$  МПа бўлади.

**16.5-мисол.** Маркаси ИКВТ-2 бўлган резонансли асбоб билан аниқланган бетоннинг эластиклик модули  $E_b = 30240$  МПа тенг.

Бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги аниқлансин.

*Ечилиш:* Бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлигини аниқлаш учун Г. М. Рушука формуласидан фойдаланамиз:

$$E_b = (4 \cdot R_b) / (1 + 0,007 \cdot R_b), \text{ бундан} \\ R_b = E_b / (4 - 0,007 \cdot E_b) = 302,4 / (4 - 0,007 \cdot 302,4) \approx 16 \text{ МПа}$$

### Назорат саволлари

1. Йиғма темирбетон корхоналарида қандай сифат назоратлари амалга оширилади?

2. Цемент ва тўлдирувчиларнинг сифати қандай усуллар билан баҳоланади?

3. Бетон қоришмасининг таркиби ва зичланганлик даражасини қандай аниқланади?

4. Темирбетон конструкцияларни ишлаб чиқаришда қайси кўрсаткичлари назорат қилинади?

5. Бетоннинг сифатини синдирмасдан назорат қилишнинг моҳиятини тушунтириб беринг.

6. Бетоннинг мустаҳкамлигини синдирмаслик усулида аниқлашда қандай усуллар қўлланилади?

7. Бетоннинг мустаҳкамлигини назорат қилишда таърировка лаш боғла нишларини қуришнинг моҳиятини тушунтириб беринг.

8. Бетоннинг чўзилишга мустаҳкамлиги қандай аниқланади?

9. Бетоннинг сифатини механик усулда синдирмасдан назорат қилиш қандай гуруҳларга бўлинади?

10. Бетоннинг сифатини назорат қилишда “пластик деформациялаш” усулининг моҳиятини тушунтириб беринг?

11. Бетоннинг сифатини назорат қилишда “эластик сакраш” усулининг моҳиятини тушунтириб беринг.

12. Бетоннинг сифатини назорат қилишда “бетон бўлагини узиб олиш” усулининг моҳиятини тушунтириб беринг.

13. Бетоннинг мустаҳкамлигини физик усулда назорат қилишнинг моҳиятини тушунтириб беринг.

14. Бетоннинг мустаҳкамлигини ультратовуш тўлқинлари усулида аниқлаш қандай амалга оширилади?

15. Бетоннинг мустаҳкамлигини резонанс тебранишлари орқали аниқлаш қандай амалга оширилади?

16. Бетоннинг деформациясини аниқлаш учун қандай ўлчов асбоблари

ишлатилади?

17. Электротензометрларнинг функцияси нимадан иборат?

18. Бетон юзасида ҳосил бўладиган ёриқлар қандай аниқланади?

19. Голография ва муаровли усулларда бетоннинг деформацияси қандай аниқланади?

20. Бетондаги арматура холати ва ҳимоя қатлами қалинлиги қандай назорат қилинади?

### **Қўшимча адабиётлар**

1. Долидзе Д. Е. Испытание конструкций и сооружений. -М.: Высшая школа, 1975.

2. Лещинский М. Ю., Скрамтаев Б. И. Справочник работника строительной лаборатории заводов ЖБИ. –К.: Будівельник, 1975.

3. Шестоперов С. В. Контроль качества бетона. –М.: Высшая школа, 1981.

4. ЎзРСТ 872-98. Бетонлар. Бузмасдан механик усуллар билан мустаҳкамликни аниқлаш.

5. Ўз РСТ 764-96. Бетонлар. Мустаҳкамликни аниқлашнинг кльтротовуш усуллари.

## 17-БОБ. БЕТОН ТЕХНОЛОГИЯСИДА МАТЕМАТИК УСУЛЛАРНИ ҚЎЛЛАШ

### §17.1. Бетон сифатини статистик усуллар билан бошқариш

Хозирги ривожланган ишлаб чиқариш шароитда бетоннинг сифатини ошириш ва таркибини такомиллаштириш муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Йилдан-йилга бетонларнинг турлари кўпайиб, уларнинг қўлланилиш соҳаси кенгайиб бормоқда. Бетон технологиясида кўп компонентли “рецепларга” ўтилмоқда, янги физик-кимёвий жараёнлар ишлатилмоқда, автоматлаштирилган мураккаб жихозлар қўлланилмоқда ва х.к.

Бундай шароитда бетоннинг сифати ва уни ишлаб чиқаришни бошқариш масаласи қийинлашади. Энг мақбул ечимни танлаш эса математик усулларни кенг қўлланилишини талаб қилади. Математик усуллар ёрдамида кўп элементлар бирикмаларини бирлаштирувчи мураккаб тизимларни тадқиқотлаш ва таҳлил қилиш мумкин.

Бетоннинг хоссаларига таъсир қилувчи технологик омилларнинг умумий сони жуда кўп бўлиши мумкин. Бундай ҳолда бетон хоссаларига технологик омилларнинг фақат тўғридан-тўғри таъсири эмас, балким алоҳида, унга сезилмас технологик факторлар таъсирларини ҳам эътиборга олиш керак бўлади.

Бетон технологиясини бошқаришда математик усулларни самарали қўллашда технологик омилларни баҳолаш ва керакли чегараларни танлаш катта аҳамиятга эга. Бундай технологик тизимларни “детерминированли” ва “стохастикли” синфларга бўлиш мумкин.

*Детерминированли* тизимларда битта элемент миқдорининг ўзгариши иккинчи миқдорнинг жуда аниқ чегарада ўзгаришига олиб келади. Масалан, бирор технологик фактор  $x_i$  миқдори  $\Delta x$  га ўзгарса, бунда  $y_i$  хоссаси  $\Delta y$  га ўзгаради.

*Стохастикли* тизимларда аниқ маълумотни олдиндан айтиб бўлмайди. Бундай тизимларда битта элемент миқдорининг ўзгариши бошқа миқдорнинг ўзгаришига ҳамма вақт сабаб бўлмайди. Фақат баъзи ҳолларда  $x_i$  миқдори  $\Delta x$  га ўзгарганда  $R_k$  миқдори  $\Delta R_k + \phi$  миқдорга ўзгаради (бу ерда  $\phi$ -тасодифий миқдор).

Темирбетон конструкцияларнинг технологиясини лойиҳалашнинг мураккаблиги шундан иборатки дастлабки 0 вазиятдан керакли  $R$  мустаҳкамликка эришиш учун бетон компонентларини, қоришма рецепларини, жихозлар ҳилини, қотириш режимларини танлаш керак.

Мисол учун, бетон технологиясини самарали бошқаришда унинг хоссаларига таъсир қилувчи омиллар шартли равишда 14 босқичдан иборат бўлса, ҳар бирининг учта алтернативи мавжуд. Масалан, қум учта карьердан олинган, учта бетонқорғич қўлланилиши мумкин ва х.к. Ҳатто шундай чекланган ҳолатда ҳам  $3^{14}$  даражали ечимли вариантлар мавжуд бўлади. Мисол учун 99,9 % вариантларни яроқсиз деб қаралса ҳам яна 500 га яқин, танлашга яроқли ечимлар мавжуд бўлади. Бундай ҳолатда фақат математик

усуллар ёрдамида қўйилган мақсадга мувофиқ келадиган ечимни ажратиш олиш мумкин.

Керакли мақсадга эришиш даражасини тавсифловчи кўрсаткич “*самара критерияси*” дейилади. Критерия сифатида турли хил кўрсаткичлар, масалан бетоннинг мустаҳкамлиги ёки бошқа хоссалари, корхонанинг унумдорлиги, хом ашёнинг таннархи ва х.к танланади.

Самара критериясини аниқлаш учун қуйидаги функциядан фойдаланилади:  $J = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ; бу ерда,  $x_i$ -тадқиқот қилинаётган жараёнга асосий таъсир қилувчи омиллар. Одатда ушбу функция мақсадли, математик тажриба назариясида эса “*отклик*” фунуцияси дейилади.

Барча аниқ ва хақиқий вазиятларда технологик омилларга маълум чекланиш қўйилади яъни,  $(X_i)_{\min} \leq X_i \leq (X_i)_{\max}$ . Масалан, бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги меъёрий бўлиши ва қатламларга ажралиб кетмасдан қолипни зич тўлдириши, иссиқ-нам билан қотиришда харорат 100 °С дан ошиб кетмаслиги керак ва х.к.

Маълум чегараланишнинг мавжудлиги оптимизациялашнинг икки хил масаласини сафарбар қилади:

1. Энг кам ресурс сарфлаб, берилган чегарада самарадорлик критериясига эришиш;
2. Ажратилган ресурсларни тўлиқ сарфлаб, максимал чегарада самарадорлик критериясига эришиш.

Биринчи ҳолдаги масалага - энг кам цемент сарфлаб, берилган мустаҳкамликдаги бетон таркибини танлаш мисол бўла олади.

Иккинчи ҳолдаги масалага-керакли миқдорда цемент захираси мавжуд бўлганда, корхона томонидан максимал бетон ишлаб чиқаришга эришиш мисол бўлади.

Технологик ечимларга йўналтирилган самара критерияларига қуйидаги талаблар қўйилади:

1. Критериялар ишлаб чиқаришнинг охириги мақсади бўйича технологиянинг самарадорлигини тавсифлаши керак;
2. Критериялар сон жихатдан бир хил бўлиши, физик маънога эга бўлиши ва осон ечилиши керак;
3. Критериялар статик самарадорликка эга бўлиши, тасодифий таъсирларга муносабати ўзгармаслиги керак;
4. Критериялар имкон доирасида универсал бўлиши, яъни технологиянинг иқтисодий ва техник томонларини ҳисобга олиш керак ва х.к.

Самара критериясини тўғри танлаш-энг мақбул ечимларни асосий мезони ҳисобланади.

## §17.2. Математик моделлаштириш асослари

Математик моделлар қуйидагиларга бўлинади: субстанционли, тузил-ишли ва функционалли.

*Субстанционли* модель ўзининг айрим хоссаларига кўра материалнинг монандлигига мос келади. Масалан, конструкция билан параллел равишда



тайёрланган бетон куб намуналар материалнинг субстанцион модули ҳисобланади, яъни куб намуна бетониға мос келади.

*Тузилишли* модель деганда одатдаги материалнинг ички тузилишини тавсифловчи модель тушинилади.

*Функционалли* модель материалнинг аниқ ҳолатини тавсифлайди.

Исталган математик моделни қуришда ўзгарувчилар ўртасидаги боғланиш формасини танлаш масаласини ечиш қийинчилик туғдиради. Бунда айрим ноқулайликлар чиқариб ташланса, танланган модель аниқ вазиятни ёритади. Исталган узлуксиз функцияни Тейлор қаторига ёйиш орқали тизимнинг бошланғич моделини  $m$ -чи даражали полинум кўринишида келтириш мумкин:

$$y_n = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \dots \quad (17.1)$$

Системали тадқиқотлар натижаси бўйича ҳисоблашда бундай локалли интеграл моделда  $b_i \rightarrow \beta_i$  қийматни аниқ топиш керак. Юқоридаги (17.1) модель асосида  $y_n$  нинг қиймати бўйича  $y$  нинг ҳисобий миқдори аниқланади:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \dots \quad (17.2)$$

бу ерда,  $b_0$ ,  $b_i$ ,  $b_{ij}$ ,  $b_{ii}$  коэффициентлар энг кичик квадратлар усулида аниқланади.

Технологик масалаларни ечишда кўп қўлланиладиган моделни кўриб чиқамиз. Масаланинг ёритилиши соддароқ бўлиши учун учта кириш параметрлари  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  ва битта чиқиш параметри  $y$  танлаймиз. Ушбу технологик системани ўрганиш учун маълумотларни йиғишнинг иккита йўли танланиши мумкин: кузатиш ва тажриба ўтказиш.

Бундай системаларнинг бажарилиш режаси 17.1-жадвалда кўрсатилган.

Уч факторли ҳолат учун ўлчов натижалари жадвали (тажриба режаси).

17.1-жадвал

Тажрибалар	Факторлар қиймати			Параллел ўлчамлар сони	Чиқиш натижаси
	$x_1$	$x_2$	$x_3$		
1	$x_{11}$	$x_{21}$	$x_{31}$	$m_1$	$y_1$
2	$x_{12}$	$x_{22}$	$x_{32}$	$m_2$	$y_2$
...	...	...	...	...	...
$u$	$x_{1u}$	$x_{2u}$	$x_{3u}$	$m_u$	$y_u$
...	...	...	...	...	...
$N$	$x_{1N}$	$x_{2N}$	$x_{3N}$	$m_N$	$y_N$

Тажрибаларни ўтказишда аралаштириладиган факторлар махсус режа асосида ўзгартирилади ва чиқиш миқдори қайд қилинади. Ушбу 17.1-жадвалда келтирилган миқдорларға (тажрибалар сони  $n$ , факторлар қиймати

$x_i$ , параллел ўлчашлар сони  $m_i$ ) “тажрибалар режаси” дейилади. Режалаштиришни тузиш математик назария асосида амалга оширилади.

### §17.3. Бетон таркибини математик режалаштириш асосида лойиҳалаш

Юқоридаги 10-бобда келтирилган бетон таркибини аниқлаш усуллари ўртача боғланишларга асосланган. Ишлаб чиқариш шароитида эса ушбу таркибларга тажриба орқали аниқлик киритилади ва натижада бетон таркибини ҳисоблашнинг аниқлиги ортади. Аммо бетон қоришма хоссаларига таъсир қилувчи факторларнинг кўплиги таркибни аниқ ҳисоблашда қийинчилик туғдиради.

Математик модуллаштириш усулини қўллаш орқали бетон таркибига таъсир қилувчи кўплаб факторлар таъсирини ҳисобга олиш имконияти пайдо бўлади. Шунингдек, бетон сифатини ишлаб чиқариш шароитида муваффақиятли бошқариш мумкин бўлади.

Кўп факторли математик моделлаштириш жараёнини ҳосил қилиш қуйидаги босқичлардан иборат бўлади: бетон қоришманинг дастлабки таркибини ҳисоблаш, асосий факторлар ва уларни аралаштириш оралиғини танлаш; тажрибаларни ўтказиш режаси ва шароитини танлаш; бетон қоришнинг ҳамма таркибларини ҳисоблаш ва танланган вариант бўйича тажриба ўтказиш; бетон қоришмаси ва бетон хоссалари бўйича аниқланган математик боғланишларни тажриба натижалари билан текшириш.

Асосий факторлар сифатида цемент сарфи, йирик ва майда тўлдирувчилар сарфи ва улар орасидаги алоҳида фракциялар миқдори, турли ҳил қўшилмалар сарфи ва х.к. танланади.

Тажрибаларни ўтказиш учун барча факторлар икки босқичда аралаштирилади яъни, устки ва пастки. Аралаштириш оралиғи факторларнинг рационал ўзгарувчанлиги асосида ўрнатилади. Ҳисоблашлар соддароқ бўлиши учун факторларнинг юқори (устки) сатҳини (+1), пастки сатҳини (-1) деб белгиланади. Ушбу ҳолда факторларни ўтказувчи (кўчирувчи) янги кодли масштаб қуйидагича кўришга эга бўлади:

$$X_i = (X_i - X_{i0})/\Delta X_i \quad (17.3)$$

бу ерда  $X_i$ -янги кодли масштабнинг  $i$ -чи фактор қиймати;  $X_i$ -эски натурал масштабнинг  $i$ -фактор қиймати;  $X_{i0}$ - $i$ -чи факторнинг асосий сатҳи;  $\Delta X_i$  – $i$ -чи факторнинг аралаштириш оралиғи.

Тажрибаларнинг факторлар сонига боғлиқлиги махсус режа бўйича бажарилади. Уч ва тўрт факторли тажрибалар учун мисол режаси 17.2 ва 17.3 жадвалларда келтирилган.

Ушбу 17.2-жадвалдаги 1-графада тажрибаларни ўтказиш тартиби берилган. Кейинги 2...4 графаларда мос ҳолда биринчи ( $x_1$ ) иккинчи ( $x_2$ ) ва учинчи ( $x_3$ ) факторларнинг қиймати жойланган. Ушбу графалар тажрибаларни ўтказиш шароитини белгилайди. Тажрибаларни ўтказиш режасига

Факторлар сони учта бўлганда тажрибаларни ўтказиш режаси.

17.2-жадвал.

Тажрибалар сони	Режалаштириш матрицаси						Бетон таркиби $Y_i$
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1*x_2$	$x_1*x_3$	$x_2*x_3$	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	
2	-1	+1	+1	-1	-1	+1	
3	+1	+1	-1	+1	-1	-1	
4	+1	+1	+1	-1	+1	-1	
5	-1	+1	-1	-1	+1	-1	
6	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
7	-1	-1	-1	+1	+1	+1	
8	+1	-1	-1	-1	-1	+1	

Факторлар сони тўртта бўлганда тажрибаларни ўтказиш режаси

17.3-жадвал

Тажрибалар сони	Режалаштириш матрицаси										Бетон таркиби
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_1*x_2$	$x_1*x_3$	$x_1*x_4$	$x_2*x_3$	$x_2*x_4$	$x_3*x_4$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	+1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	
2	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	
4	-1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	
5	+1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	
6	+1	-1	+1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	
7	-1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	
8	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	
9	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
10	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
11	+1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	
12	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	
13	+1	+1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	
14	-1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	
15	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	
16	+1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	

асосан биринчи тажрибада  $x_1 = -1$ ,  $x_2 = -1$  факторлар пастки,  $x_3 = +1$  устки сатҳни билдиради. Кейинги 5...7 графалардаги микдорлар ( $x_1x_2$ ,  $x_1x_3$ ,  $x_2x_3$ ) 2...4 графалардаги микдорларни кўпайтириш орқали аниқланади. Бунда 2...4 графалардаги микдорлар бетон таркибини ва тажрибаларни ўтказиш шароитини аниқлашда қўлланилса, 5...7 графалардаги микдорлар эса

аниқланган натижаларни қайта ишлаш учун қўлланилади. Охирги 8 графада бетон таркибини аниқлаш натижалари жойлашади.

Тажрибаларнинг натижалари математик статистика усулида қайта ишлаб чиқилади. Натижада дастлабки берилган факторларга боғлиқ ҳолда бетоннинг тадқиқот қилинаётган хоссаларини ифодаловчи алгебраик тенгламалар тизими ҳосил қилинади. Уч факторли тажрибалар учун

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 \quad (17.4)$$

Тўрт факторли тажрибалар учун

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{14} x_1 x_4 + b_{23} x_2 x_3 + b_{24} x_2 x_4 + b_{34} x_3 x_4 \quad (17.5)$$

бу ерда  $i, j=1, 2, \dots$  факторларнинг тартиб рақамлари,  $y$ -бетоннинг тадқиқотланаётган хосси;  $x_i$ -дастлабки берилган факторлар;  $b_0, b_i, b_{ij}$ -коэффициентлар қуйидаги формулалар орқали аниқланади:

$$b_0 = \sum_{u=1}^N \frac{\phi_u}{N} \quad (17.6)$$

$$b_i = \sum_{u=1}^N \frac{x_{iu} \phi_u}{N} \quad (17.7)$$

$$b_{ij} = \sum_{u=1}^N \frac{x_{ij} x_{ju} \phi_u}{N} \quad (17.8)$$

бу ерда,  $y_u$  -  $u$  чи тажриба бўйича тадқиқотланаётган бетон хоссаларининг ўртача қиймати;

$x_{ij} - x_i$  факторнинг  $u$ -чи тажрибадаги қиймати;  $x_{iu} - x_j$  факторнинг  $u$ -чи тажрибадаги қиймати;  $N$ -режа бўйича тажрибалар сони (уч факторли тажрибалар учун  $N = 8$ , тўрт факторли тажрибалар учун  $N = 12$ ).

Тенгламалар ҳосил қилинган  $b_i$  коэффициентнинг нолдан фарқ қилиши ва изланаётган боғланишларни тавсифлаш учун тенгламаларнинг яроқлилиги текшириб кўрилади. Текшириш амаллари Стьюдент ва Фишер чегаралари ёрдамида бажарилади. Ҳар қайси тажрибалар учун иккита параллел кузатишларнинг абсолют фарқи қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$l_u = [y_{1u} - y_{2u}] \quad (17.9)$$

Тажрибаларнинг хатосини тавсифловчи ўртача квадратик чекланиш қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$S_1 = \sum_{u=1}^N \frac{l_u}{(1,58 N)} \quad (17.10)$$

Тенглама коэффициентлари учун ишончлилиқ оралиғи қуйидагича ҳисобланади:

$$\Delta b_i = \sum_{i=1}^{tS_i} \frac{1}{\sqrt{N}} \quad (17.11)$$

бу ерда  $t$ -Стьюдент критерияси қиймати бўлиб,  $S_i$ -қийматини аниқлашда эркинлик даражаси  $f_1$  сонига боғлиқ ҳолда 17.4-жадвалдан олинади.

Ҳар қайси тажрибалар икки мартадан қайтарилганда  $f_1 = N$  га тенг бўлади.

Стъудент критерияси  $t$  нинг 5 % ли сатҳ учун қийматлари

17.4-жадвал

Эркинлик даражаси сони	4	8	10	12	14	16	20	25	30
Стъудент критерияси	2,78	2,31	2,23	2,18	2,15	2,12	2,09	2,06	2,04

Тенгламадаги коэффицентларнинг абсолют қийматлари (17.11) формула орқали ишончлилик оралиғида аниқланган миқдорлар билан солиштириб кўрилади. Агарда коэффицентларнинг абсолют қийматлари ишончлилик оралиғидан ортиқ бўлса уни ишончли (керакли) деб қабул қилинади, акс холда улар тенгламадан чиқариб ташланади. Аниқлик киритиш орқали олинган тенгламанинг яроқчилигини текшириш учун унинг дисперсияси қуйидагича ҳисобланади:

$$S_2^2 = \sum_{u=1}^N (\dot{y}_u - y_u)^2 / (N - k) \quad (17.12)$$

бу ерда  $y_u$ -и чи тажриба бўйича тадқиқотланаётган бетон хоссаларининг ўртача қиймати;  $y_u$ -и чи тажриба бўйича тадқиқотланаётган бетон хоссаларининг аниқлик киритилган тенгламалар орқали аниқланган қиймати;  $k$ -чиқариб ташланадиган коэффицентлар сони ( $b_0$  ҳам шунга тегишли).

$F_3$ -критериянинг эмпирик қиймати қуйидагича аниқланади:

$$F_y = S_2^2 / S_1^2 \quad (17.13)$$

Олинган натижа 17.5-жадвалда келтирилган  $F$ -критериянинг қийматлари билан солиштириб кўрилади.

$F$ -критериясининг 5 % сатҳдаги қийматлари

17.5-жадвал

$f_2$	$f_1$ бўлганда, $F$ -критерияси			$f_2$	$f_1$ бўлганда, $F$ -критерияси		
	4	8	16		4	8	16
1	7,71	5,32	4,49	8	6,04	3,44	2,59
2	6,94	4,46	3,63	9	6,00	3,39	2,54
3	6,59	4,07	3,24	10	5,96	3,35	2,49
4	6,39	3,84	3,01	11	5,91	3,28	2,42
5	6,26	3,69	2,85	15	5,86	3,22	2,35
6	6,16	3,58	2,74	20	5,80	3,15	2,28
7	6,09	3,50	2,66				

$S_2^2$  га мос келувчи эркинлик даражаси сони қуйидагича ҳисобланади:

$$f_2 = N - k \quad (17.14)$$

Агарда  $F_y < F$  бўлса, тенглама яроқли ҳисобланади. Кўйилган топшириқни ечиш учун олинган тенгламаларни ишлатишдан олдин уларни ишлаб чиқариш шароитида текшириб кўриш керак.

## Назорат саволлари

1. Бетон технологиясида математик усулларни қўллашнинг моҳиятини тушунтириб беринг.
2. Бетоннинг сифати статик усуллар билан қандай бошқарилади?
3. “Самара критерияси”нинг физик моҳияти нимани англатади?
4. Математик моделлаштириш қандай ҳилларга бўлинади?
5. Тейлор қаторида қандай моделнинг тавсифи ёритилган?
6. Математик моделлаштиришда қандай факторлар ҳисобга олинади?
7. Тажрибаларни ўтказишда факторлар қандай босқичларда аралаштирилади?
8. Уч факторли тажрибалар режаси қандай тузилади?
9. Тўрт факторли тажрибалар режаси қандай тузилади?
10. Уч ва тўрт факторли тажрибалар учун бетоннинг тадқиқот қилинаётган хоссаларини ифодаловчи тенгламалар қандай тузилади?
11. Стьюдент ва Фишер чегаралари қандай аниқланади?
12. Тажрибаларнинг хатосини тавсифловчи ўртача квадратик четланиш ва уларнинг ишончлилики оралиғи қандай ҳисобланади?

## Қўшимча адабиётлар

1. Афлидж А., Эйзен С. Статистический анализ. –М.: Статистика, 1982,
2. Ибрела К. Факторный анализ. –М.: Статистика, 1980.
3. Ферстер Э., Ренц Б. Метод корреляционного и регрессионного анализа. –М.: Финансы и статистика, 1983.
4. Харман Г. Современной факторный анализ. –М.: Статистика, 1972.

## **18-БОБ. БЕТОННИНГ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

Хозирги ривожланган шароитда бетоннинг сифатини бошқариш ва самарадорлигини ошириш, технологиясини мукамаллаштириш йиғма ва қуйма темирбетон ишлаб чиқаришда муҳим аҳамият касб этади. Бунга цементни модификациялаш, фаол минерал компонентларни шунингдек, бетонларнинг янги хилларини қўллаш ва уларни ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштириш орқали эришиш мумкин.

Шу билан бир қаторда бетоннинг самарадорлигини ошириш масаласи иқтисодий ва экологик муаммоларини ҳам ривожланган шароит талабларидан келиб чиққан ҳолда ечишни тақозо қилади.

### **§18.1. Бетон технологиясида материаллар, энергия ва меҳнат ресурсларини тежаш**

Бетон ва темирбетон ишлаб чиқариш технологиясида материалларни, энергия ва меҳнат ресурсларини тежаш халқ хўжалигининг муҳим масалаларидан бири ҳисобланади. Ушбу масалаларни ечиш учун бетонга ишлатиладиган материалларни энг мақбул ва тўғри танлаш, ишлаб чиқаришни рационал ташкил қилиш талаб қилинади. Масалан, бетоннинг берилган мустаҳкамлигининг таъминланиши ишлатиладиган материалларнинг энг кам сарфи бўйича амалга оширилиши керак ва х.к.

Бетон учун ишлатиладиган компонентлар орасида энг қиммат турувчиси цемент ҳисобланади. Мисол учун, 400 маркали портландцемент ишлаб чиқариш учун шартли ёқилғи сарфи 250 кг/т, 600 маркалиги учун эса 345 кг/т га тенг бўлади. Айни пайтда табиий тўлдирувчилар учун 3...6 кг/т, сунъий тўлдирувчиларни ишлаб чиқариш учун эса 90...130 кг/т шартли ёқилғи ишлатилади. Демак бетон учун цементни мумкин қадар тежаш бетон технологиясида муҳим муаммолардан бири ҳисобланади. Цемент сарфини турли хил усулларини қўллаш орқали 10...25 % гача тежаш мумкин.

Цемент сарфини тежашнинг энг самарали усулларига қуйидагилар киради:

бетоннинг ишлатилиш шароити ва мустаҳкамлигидан келиб чиққан ҳолда, цемент маркасини тўғри танлаш;

бетон қоришма таркибига суперпластикловчилар, ҳаво ютувчи ва комплекс қўшимчалар ҳамда бетон қоришмасининг сув талабчанлигини камайтирувчи компонентларни қўшиш орқали;

буюм ва конструкцияларни қолиплаш шароитидан келиб чиққан ҳолда, ҳаракатчанлиги кам бўлган бетон қоришмасини қўллаш;

конструкцияларни бетонлаш шароитидан келиб чиққан ҳолда, ювилган, тоза, донадорлик таркиби ва ўлчамлари руҳсат этиладиган чегарада бўлган тўлдирувчиларни ишлатиш;

тўлдирувчиларнинг энг мақбул нисбатларини, уларнинг таркиби ва хоссалари асосида танлаш;

бетон қоришмаси ва цементни фаоллаштириш усулларини қўллаш;

микротўлдирувчиларни қўллаш жумладан, куллар, туйилган шлаклар ва бошқа иккиламчи саноат чиқиндилари (енгил ва мустаҳкамлиги нисбатан кам бўлган бетонлар учун);

бетон қоришмани зичлаш жараёнида ортиқча сувни чиқариб юбориш усуллари қўллаш (масалан, гидропресслаш, вакуумлаш ва х.к);

бетонни қотиришнинг энг мақбул режимларини танлаш;

ишлаб чиқариш шароитида бетон таркибини ўз вақтида тўғрилаб бориш, технологик жараёнларнинг режимларини тўғри танлаш ва ҳар қандай шароитда ҳам энг кам цемент сарфланишини таъминлаш ва х.к.

Қуйидаги 18.1-жадвалда бетон учун сарф қилинадиган цементнинг нисбий миқдорлари берилган.

Бетон учун цемент сарфининг нисбий миқдорлари.

18.1-жадвал

Бетон қоришмаси	Цемент сарфининг нисбий кўрсаткичлари					
	оддий (қўшилмасиз) бетон қоришмасида			суперпластикловчили бетон қоришмасида		
	цемент маркалари қуйидагича бўлганда					
	400	500	600	400	500	600
Бикр	0,77	0,66	0,59	0,6	0,52	0,45
Ҳаракатчан	1,0	0,85	0,76	0,77	0,66	0,59
Суюқ	1,27	1,09	0,97	1,0	0,85	0,85

Эталон вариант сифатида маркаси М400 цементдан тайёрланган ва мустаҳкамлиги 30 МПа бўлган бетон учун цемент сарфи ўртача 315 кг/м<sup>3</sup> қабул қилинган. Ушбу 18.1-жадвалдан хулоса қилиш мумкинки, цемент маркасининг ортиши, бикр бетон қоришмаси қўлланилиши шунингдек, суперпластикловчилар киритилиши цемент сарфининг камайишини таъминлайди. Аммо, шуни этиборга олиш керакки, цемент сарфининг камайиш миқдори чегараланган (цемент сарфи янада камайтирилса бетоннинг керакли мустаҳкамлиги таъминланмай қолади). Ушбу ҳолатда цементнинг нисбий камайиш миқдори 0,64 гача бўлиши мумкин. Талаб қилинадиган мустаҳкамлик таъминлаган ҳолда, цемент сарфини янада камайтириш учун микротўлдирувчилар қўшиш керак бўлади.

Бетоннинг синфини тўғри танлаш орқали цемент сарфини тежаш муҳим аҳамиятга эга. Масалан, мустаҳкамлиги 30 МПа бўлган бетон учун маркаси М400 бўлган цемент сарфи ҳудди шундай, мустаҳкамлиги 20 МПа бўлган бетонга нисбатан 31 % гача ортади, ҳудди шундай 40 МПа учун 64 % ва 50 МПа учун 102 % ортади.

Кўпчилик ҳолларда юқори мустаҳкам бетонлар ишлатилганда конструкциянинг ўлчамлари кичраяди ва юқори сифатли арматураларни (зўриқтирилган) қўллаш имкони кенгайди. Бундай ҳолларда алоҳида буюмлар учун цемент сарфининг минимал қийматига эришилади. Маълумки, юқори маркали цементларни ҳар доим ҳам ишлатишнинг имконияти чекланган (бундай



цементларни ишлаб чиқарувчи корхоналарнинг камлиги ва цемент тан-нархининг ошиб кетиши туфайли).

Халқ хўжалигининг самарадорлигини максимал даражада ошириш нуктаи-назаридан, оддий бетонлар учун ўртача мустаҳкамликка эга бўлган цементларни ишлатиш мақсадга мувофиқдир (бунда фаол қўшимчалар ва сифатли тўлдирувчиларни қўллаш орқали). Юқори маркали цементларни эса юқори мустаҳкам ва махсус бетонлар тайёрлашда ишлатиш лозим (мос холда техник-иқтисодий асослаш бўйича).

Бетон ишлаб чиқаришда умумий энергия ҳаражатларининг асосий қисми цемент улушига тўғри келади. Масалан, 1 м<sup>3</sup> оғир бетон ишлаб чиқариш учун 110...210 кг шартли ёқилғи сарф қилинади. Унинг 65...75 % цемент ишлаб чиқаришга, 2...3 % тўлдирувчиларга, 13...18 % буюмларни иссиқлик билан қотиришга ва 10...15 % бошқа технологик жараёнларга сарф қилинади. Бетон ишлаб чиқаришда энергия ҳаражатларининг ўртача ўзгариш миқдори 18.2-жадвалда берилган (ҳаракатчан бетон қоришмаси қўлланилганда).

Бетон ишлаб чиқаришда энергия ҳаражатларининг цемент ҳили ва бетон мустаҳкамлигига боғлиқлиги.

18.2-жадвал.

Цемент ҳили	Шартли ёқилғи сарфи, кг (бетоннинг қуйидаги мустаҳкамликлари бўйича, МПа)			
	20	30	40	50
Портландцемент	70	95	130	165
Фаол минерал қўшилмали портландцемент	65	90	130	175
Шлакли портландцемент	45	60	80	105

Шлакли портландцемент асосида мустаҳкамлиги паст бетонлар ишлаб чиқаришда энергия ҳаражатлари сезиларли камаяди. Минерал қўшилмали портландцементлар эса ўртача мустаҳкамликдаги бетонлар учун самарали ҳисобланади.

Сунъий ғовак тўлдирувчили енгил бетонлар учун эса асосий ҳаражатлар (20...50 % гача) тўлдирувчиларни ишлаб чиқариш учун сарф қилинади. Шу сабабли бетон ишлаб чиқаришда цементни тежаш усулларида ташқари, кам энергия ҳаражатлари сарф қилинадиган тўлдирувчиларни қўллаш, масалан, термозит, кўпчитилган перлит, табиий ғовак тўлдирувчилар ишлатиш шунингдек, бетонни ғоваклаштириш мақсадга мувофиқдир.

Бетон ишлаб чиқаришда иккиламчи саноат чиқиндиларидан унумли фойдаланиш (кул, шлак, гипс ва х.к) материал ва энергия ҳаражатларини сезиларли тежаш имконини беради.

Бетон ва темирбетон буюмларини ишлаб чиқаришда меҳнат ҳаражатларини қисқартириш учун технологик жараёнларни тўлиқ механизациялаш ва автоматлаштириш ҳал қилувчи омиллардан бири ҳисобланади. Хозирги ривожланган ишлаб чиқариш шароитида бетон ва темирбетон технологиясида материалларни тежаш, энергия ва меҳнат ҳаражатларини мумкин қадар камайштиришнинг имкониятлари кенгдир.

## §18.2 Бетон технологиясида экологик аспектлар

Кейинги йилларда экология (табиатни асраш) масаласи инсониятнинг муҳим муаммоларидан бирига айланиб бормоқда. Чунки ишлаб чиқариш саноатининг ривожланиши, транспорт ва энергетика тизимларининг кўпайиши табиатга салбий таъсир кўрсатмоқда (турли хил чиқиндилар, газлар, иккиламчи маҳсулотлар ва х.к). Бундай чиқиндиларнинг маълум қисми қайта ишланиб охирги маҳсулот сифатида қўлланилади, аммо асосий қисми чиқинди сифатида йиғилиб қолмоқда.

Бетон ва темирбетон табиатни асрашда улкан имкониятларга эга. Чунки бетон тайёрлашда турли хил ишлаб чиқаришнинг техноген чиқиндиларидан кенг фойдаланилади. Айниқса бетон технологиясида металлургия ва энергетика саноатининг техноген чиқиндилари, яъни куллар, шлаклар микрокремнезем кенг қўлланилади. Кимё, нефть ва ёғочни қайта ишлаш саноати чиқиндилари эса турли хил кимёвий қўшимчалар ишлаб чиқаришда қўлланилади. Ёғочни қайта ишлаш орқали арболит, фибролит ва бошқа материаллар, тоғкон саноати чиқиндиларидан эса кум ва чақиқ тошлар олинади.

Кейинги йилларда хизмат муддатини ўтаб бўлган бино ва иншоотларни бузиш ва қайта таъмирлаш натижасида катта миқдорда чиқиндилар ҳосил бўлади. Бундай чиқиндилар махсус ускуна ва майдалагичларда майдаланади, навларга ажратилади, арматураси чиқариб олиниб металл корхонасига юборилади.

Бинонинг тош ва бетон қисмларидан фракцияси 5...10; 10...20; 20...40 ва 40...70 мм чақиқ тошлар олинади. Уларнинг таркиби ва хоссалари дастлабки бетоннинг таркибига боғлиқ бўлади. Бундай тўлдирувчиларнинг сув талабчанлиги табиий тўлдирувчиларга қараганда юқори бўлади (18.3-жадвал).

Бино конструкцияларини майдалаш орқали олинadиган тўлдирувчиларнинг сув талабчанлиги.

18.3-жадвал

Фракция ўлчами, мм	0...5	5...10	10...20	20...40
Сув талабчанлиги, %	12,8	10,1	8,2	6,1

Ҳоваклиги эса ўртача 38...42 % ни ташкил этади. Уларни йирик тўлдирувчи сифатида синфи В25гача бўлган бетонлар учун шунингдек, йўл қурилиши ишларига ишлатиш мумкин.

Бетон бўлақларини майдалаш натижасида фракцияси 10 мм дан кичик бўлган жинслар (30 % гача) ҳам ҳосил бўлади. Улар асосан чангсимон зарралар ва цемент тошининг майда кумларидан иборат бўлади. Таркибида кварц, дала шпати, доломит, оҳактош, кальций гидросиликатлари каби минераллар мавжуд. Ушбу жинсларни фаоллаштириш (туйиш ва суперпластикловчилар киритиш) орқали мустаҳкамлиги 30...35 МПа гача бўлган бетонлар учун боғловчилар олинади.

### §18.3. Бетон ва темирбетон буюмларини таъмирлаш

Бетон ва темирбетон буюмлари нисбатан оғир шароитларда ишлатилганда уларнинг ташқи юзалари ва алоҳида қисмларида бузилиш, ёрилиш, синиш каби нуқсонлар содир бўлади. Бундай нуқсон ва бузилишлар асосан тўрт гуруҳга бўлинади:

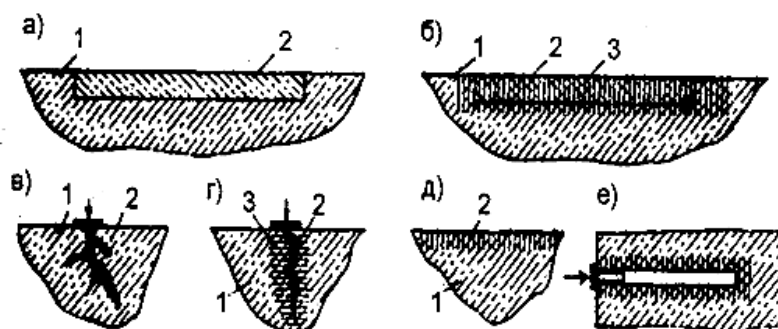
1. Тузилишининг умумий юмшаши жумладан, бетоннинг мустаҳкамлигини туширувчи ва кейинчалик бузилишга олиб келувчи ички ғоваклик тавсифининг ўзгариши, бўшлиқларнинг кенгайиши ва майда ғоваклар ҳосил бўлиши;

2. Ҳимоя қатламининг ўзгариши, бетон юза қатламларининг бузилиши ва кўчиши шунингдек, юза ғовакларнинг ҳосил бўлиши;

3. Ёриқлар ҳосил бўлиши ва уларнинг бетон ички қатламларига ўтиб кетиши;

4. Арматуранинг сезиларли занглаши, таранглаштирилган арматуранинг узилиши, пайвандлаш деталларининг занглаши ва ишдан чиқиши.

Бетон ва темирбетон буюмларининг ушбу нуқсон ва камчиликларини тузатиш ҳамда таъмирлаш учун турли хил технологик усуллар қўлланилади (18.1-расм).



18.1-расм. Бетон ва темирбетон буюмларининг бузилган жойларини таъмирлаш схемалари. а-бетон қопламани (1) янги бетон (2) билан қоплаш; б-худди шундай полимер (3) сингдириши; в-бетондаги ёриқларни полимерли ёки цементлиқоришма (2) билан тўлдириши; г-худди шундай эски бетон ёриқларига полимер (3) сингдириб цементли (2) елимлаш; д-бетоннинг кучсизланган юзасига полимер сингдириши; е-бетоннинг нуқсонли жойига канал орқали полимер сингдириши.

Бетоннинг бузилган жойлари олиб ташланади ва яхшилаб тозаланади, сўнгра шу жойга юқори мустаҳкам майда донали бетон қопланади (18.1 а-расм). Янги бетон қатлами эски бетон билан мустаҳкам бирикиши учун орасига суяқ шиша, махсус боғловчилар суртилади (18.1 б-расм).

Бетондаги ёриқларни тўлдириш учун махсус таркибли қоришмалар ишлатилади. Ёриқлар нисбатан катта бўлса томпонажли цементлар, суяқ шишали қоришмалар босим билан ёриқ ичга юборилади (18.1 в, г-расмлар). Майда ўлчамли ёриқ ва камчиликларни тузатиш учун эса полимерли боғловчилар асосидаги таркиблар ишлатилади (18.1 д, е-расмлар).

Бетон ва темирбетон буюмларнинг бузилган жойларини таъмирлаш учун ишлатиладиган композитли таркиблар 18.4-жадвалда келтирилган.

Бетонни таъмирлаш учун ишлатиладиган композитли таркиблар.

18.4-жадвал

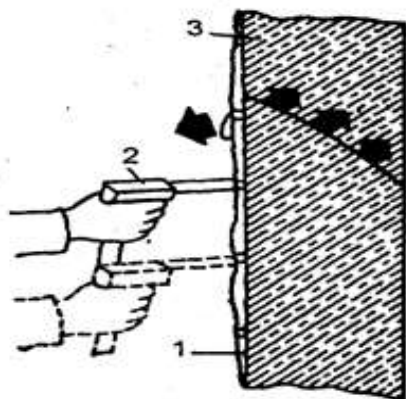
Таркиб компонентлари	Таркиблар учун компонентларнинг миқдори, мас.соат							
	сингдирилувчи			ёриқларни тўлдирувчи			ҳажмий нуксонларни таъмирловчи	
Метилметакрилат	100	100	100	100	-	-	100	-
Суяқ каучук СКН	-	-	20	30	-	-	-	20...40
Полиэфир ТГМ-3	30	-	10	30	-	-	-	-
Полистирол	-	5-7	-	-	-	-	5...7	-
Эпоксид смоласи ЭД-16, ЭД-20	-	-	-	-	100	-	-	100
ФАЭС ёки ФАЭД-20	-	-	-	-	-	100	-	-
Алифатли олиго- мер ДЭГ-1	-	-	-	-	10	-	-	-
Парафин	-	0,5	-	0,5	-	-	0,5	-
Бензоил ачитмаси	-	5-8	-	-	-	-	6-8	-
Диметиланилин	-	2-3	-	-	-	-	2-3	-
Порофор ЧХЗ	0,5- 1,5	-	-	-	-	-	-	-
Гипериз	-	-	5-6	5-6	-	-	-	-
Полиэтиленпо- лиамин	-	-	5-6	5-6	8- 10	-	-	8-10
ГМДА	-	-	-	-	-	-	20-35	-
Дибутилфталат	-	-	-	-	-	-	-	5-10
Ацетон	-	-	-	-	10- 30	-	-	10-30
Маида туйилган кўшимча	-	-	-	-	10- 100	50- 200	100-300	50-100
Кварц қуми	-	-	-	-	-	-	100-300	50-100

Таъмирлаш ишларини бажариш учун махсус жихоз ва технологиялар қўлла-нилади (18.2-расм).

Буюмнинг таъмирланадиган юзасига герметикловчи таркиб суртилади. Унинг керакли жойларида тешик қолдирилади. Сўнгра ушбу тешиклардан махсус асбоб билан бетоннинг ички қисмига елимловчи таркиб юборилади. Бундай таркиблар тез қотувчан бўлиб, одатда 10...15 мин. дан бир неча соат мобайнида ўртача 20...50 МПа мустаҳкамликка эришади.

Хозирги пайтда таъмирлаш ишлари учун ишлатилаётган композитли таркибларнинг хоссалари турли ҳилдир. Уларнинг таркиблари ҳилма-ҳил

бўлганлиги учун баъзилари бетоннинг таъмирланган жойларидаги мустаҳкамлигини, бошқаси эса бетоннинг адгезияланишини яхшилайти ва х.к (18.4-жадвал).



**18.2-расм. Бетон ва темирбетон буюмларнинг ёриқлари ва юзаларини таъмирлаш. 1-юза қисмига суртилувчи герметик таркиб; 2-қоршима суртувчи асбоб; 3-бетон конструкцияси.**

Бетондаги арматура занглаган ва ишлатишга яроқсиз бўлиб қолса, бунда алоҳида таъмирлаш учун махсус таклиф ишлаб чиқилади. Арматурани таъмирланганидан ёки алмаштирилганидан кейин янгидан бетонланади (бунда химоя қатламининг лойихадан четланишига йўл қўйилмайди).

Бетон ва темирбетон буюмларини таъмирлаш ва мустаҳкамлигини ошириш уларнинг хизмат қилиш муддатини узайтиради шунингдек, кам харажат сарфлаб биноларни қайта қуриш имкониятлари кенгайтирилади.

### Назорат саволлари

1. Бетоннинг самарадорлигини ошириш қандай амалга оширилади?
2. Бетон технологиясида материаллар сарфини тежаш усулларини айтиб беринг.
3. Цемент сарфини тежашнинг энг самарали усулларига қандай омиллар киради?
4. Бетон ишлаб чиқаришда иккиламчи саноат чиқиндиларидан қандай фойдаланилади?
5. Бетон технологиясида экологик аспектларни айтиб беринг.
6. Бетон бўлақларини майдалаб қайта ишлатиш орқали қандай бетонлар олинади?
7. Бетон ва темирбетон юзаларида қандай нуқсонлар ҳосил бўлади?
8. Бетоннинг бузилган жойларини таъмирлаш қандай амалга оширилади?
9. Бетонни таъмирлаш учун қандай ҳилдаги композитли таркиблар ишлатилади.
10. Бетондаги арматура яроқсиз бўлиб қолганда қандай таъмирланади?
11. Бетоннинг таъмирланувчи юзаларига қандай ишлов берилади?
12. Таъмирлаш ишларининг сифати қандай назорат қилинади?
13. Бетон учун ишлатиладиган цемент сарфининг нисбий миқдорлари қандай чегараларда ўзгаради?

14. Цемент сарфини нисбатан камайтириш қандай амалга оширилади?
15. Бетондаги ёриқларни тўлдириш учун қандай таркибли қоришмалар ишлатилади?

### **Қўшимча адабиётлар**

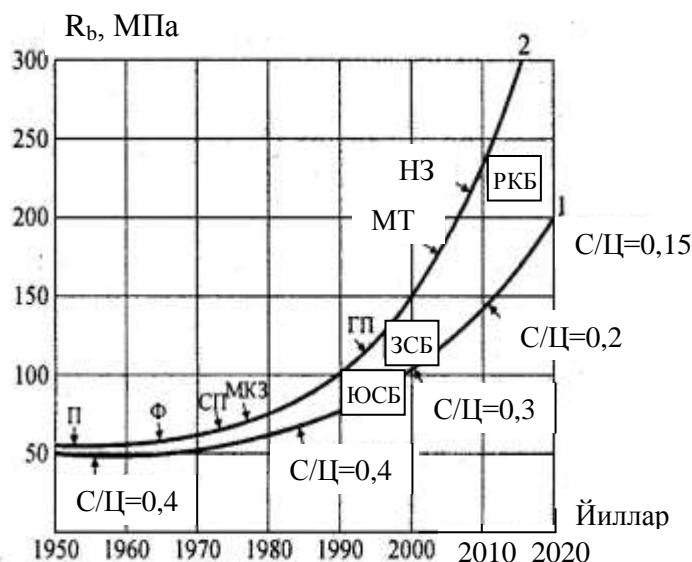
1. Демьянова В. С., Калашников В. И. И др. Эффективные сухие строительные смеси на основе местных материалов. –М.: Стройиздат, 2001.
2. Труды I-Всероссийский конференции по бетону и железобетону. – М.:НИИЖБ, 2001.
3. Труды II-Всероссийский конференции по бетону и железобетону. – М.:НИИЖБ, 2006.
4. Ферронская А. В. Долговечность конструкций из бетона и железобетона. –М.: Стройиздат, 2006.

## 19-БОБ. БЕТОН ТЕХНОЛОГИЯСИНИ РИВОЖЛАНТИРИШ ЙЎЛЛАРИ

### §19.1. Цементли бетонлар ва композитлар тузилишининг шаклланишини бошқариш

Турли хил хоссаларга эга бўлган бетон олиш учун бетон тузилишининг шаклланишини мақсадли бошқариш керак, чунки материалнинг тузилиши унинг хоссаларини аниқлайди. Хозирги вақтда бетон тузилишининг шаклланишини бошқаришнинг имкониятлари сезиларли кенгаймоқда. Бетон учун янги хом – ашё материаллари кўпаймоқда, турли хил тузилишга эга бўлган бетонлар олиш учун янги технологиялар кириб келмоқда.

Бетоннинг тузилиши ва хоссалари биринчи навбатда цемент тошининг сифати ва сув-цемент нисбати орқали аниқланади. Қуйидаги 19.1-расмда сув-цемент нисбатини камайтириш, таркибга янги хом-ашё компонентларни киритиш орқали бетоннинг зичлиги ва мустаҳкамлигини ошириш шунинг-

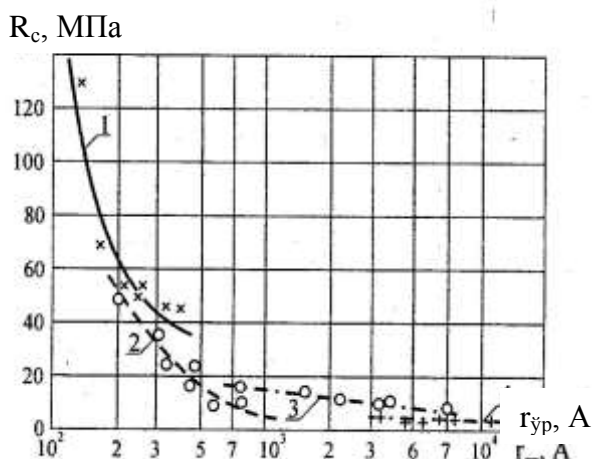


**19.1-расм. Бетон технологиясининг ривожланиш графикалари. 1- $C/Ц$  нисбатининг камайиши ҳисобига бетон мустаҳкамлигининг ортиши; 2-  $C/Ц$  нисбатининг камайиши ва бетон тузилишини турли хил технологиялар қўллаб модернизациялаш ҳисобига бетон мустаҳкамлигининг ортиши. Шартли белгилашлар: П-пластикловчи; Ф-фибра; СП-суперпластикловчи; МКЗ-микрокремнезем, ГП – гиперпластикловчи; МТ-микротолла; НЗ-нанозарра; ЮСБ-юқори сифатли бетон; ЗСБ-ўзи зичланадиган суюқ бетон; РКБ-реакцияли кукунли бетон.**

дек, янги самарали бетон ҳиллари кўрсатилган.

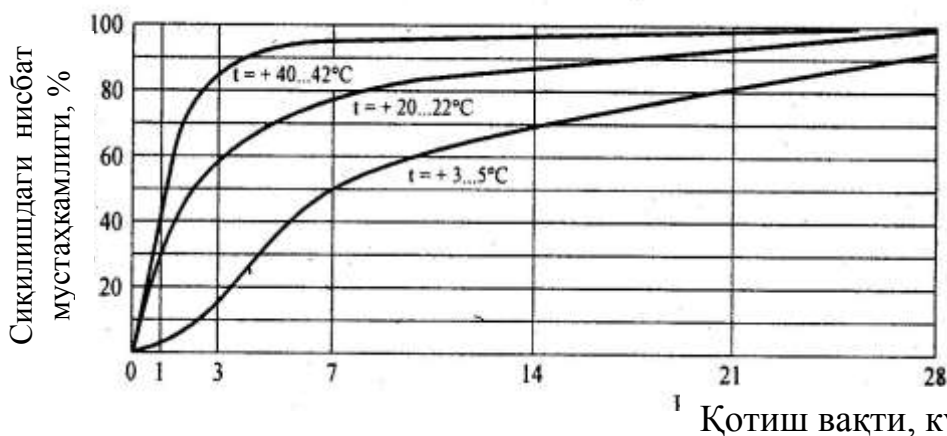
Сув-цемент нисбатининг камайиши ва кимёвий ҳамда минерал қўшимчаларнинг киритилиши ҳам цемент тошининг гидратланиш тавсифининг ўзгаришига таъсир кўрсатади. Натижада мустаҳкам ва чидамли гидросиликатлар ҳосил бўлиб, бетоннинг мустаҳкамлиги янада ошади. Яъни,  $C/Ц$  нисбатининг минимал қийматида гидросиликатлардаги  $CSH$  (1) ва  $CSH$  (2) микдори (гидратловчи сув микдори) ҳамда улар эгаллаб турган ҳажмлар мос ҳолда камаяди ва таркибнинг жипсланиш имконияти кўпаяди. Шу сабабли узок муддат қотиши давомида бетоннинг мустаҳкамлиги ошиб боради.

Қуйидаги 19.2-расмда ғовак ўлчамларининг ва янги ҳосил бўлган ғовакларнинг цемент тоши мустаҳкамлигига таъсири кўрсатилган. Ғоваклар ҳажми бир хил бўлганда ҳам цемент тоши турли-хил тузилишга эга бўлади.



**19.2-расм. Цемент тоши мустаҳкамлигининг ғовак ўлчами ва янги ҳосил бўлган ғовакларнинг минералли таркибига боғлиқлиги. 1-тоберморит ва CSH (1); 2-70...80 % теленит ва 20...40 % CSH (1); 3-70...80 % гидрогранит ва 20...40 % CSH (1); 4-СЗАН6 ва гидрогранитлар.**

айтириш ва бетонга МБ қўшимчалар киритиш орқали иссиқлик билан қотирилмайдиган йиғма темирбетон буюмлар ишлаб чиқариш мумкин. Бундай ҳолатда қуйма конструкцияларни тайёрлаш ҳам тезлашади ва энергия харажатлар сезиларли камаёди.



**19.3-расм. Турли ҳил ҳароратда МБ-1 қўшимчали бетоннинг қотиш кинетикаси (бунда цемент 480 кг/м<sup>3</sup>, С/Ц = 0,32).**

Қурилишда МБ-С ҳилдаги органик-минералли суперпластикловчилар кенг қўлланилмоқда. Унинг минерал қисми микрокремнезем ва нордон кул чангидан иборатдир. Кул-чанг хоссасининг ошиши гелсимон ғоваклар ҳажмини камайтиради ва микро ҳамда макрокапилляр ғоваклар ҳажмини оширади, натижада бетоннинг сувга, совуққа ва зарарли муҳит таъсирига турғунлиги камаёди. Сув-цемент нисбатининг суперпластифактор ҳисобига

Ғоваклар ҳажмининг кичрайиши ва минералли таркибни оптималлаштириш материал мустаҳкамлигининг ортишини таъминлайди.

Бетон таркибига МБ ҳилдаги таркибида С-3 бўлган органик-минералли ва микрокремнеземли қўшимчаларни киритилиши цемент тошининг гидратланишига сезиларли таъсир кўрсатади. Натижада цемент тошининг гидратланиш даражаси ортади, таркибдаги портландит Са (ОН)<sub>2</sub> миқдори камаёди. Тузилишнинг жипсланиш ва мустаҳкамланиш жараёни фаоллашади, сув шимувчанлиги эса кескин камаёди. Бетоннинг нисбий мустаҳкамлиги дастлабки 1...7 кунларда жуда тез ортади (19.3-расм).

Сув-цемент нисбатини кам-



камайиши кулнинг зарарли таъсирини сезиларли даражада дахлсизлантиради ва сифатли бетонлар олинишини таъминлайди.

Сувоқ ва юқори зич тузилишли бетон қоришмаси ва бетон олиш мақсадида самарали суперпластикловчилар қўлланилганда бетонга турли хил минерал қўшимчалар киритилади (19.1-жадвал).

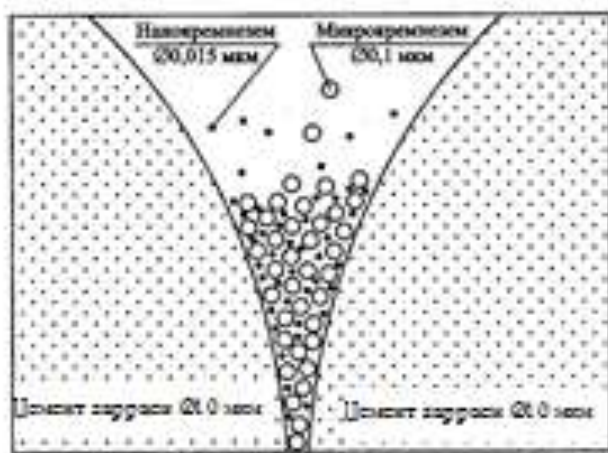
Турли хил қўшимчаларнинг таркиби ва хоссалари.

19.1-жадвал

№	Кимёвий компонентлар	Цемент массасига нис-ан, %	Кул-чанги массасига нисбатан, %	Микрокремнозем, массасига нисбатан, %	Нанокремнозем, массасига нисбатан, %
1	SO <sub>2</sub>	18-24	40-60	80-96	100
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4-8	23-24	0,5-3,0	-
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1-5	2-16	0,1-5,0	-
4	CaO	61-69	1-2,5	0,7-2,5	-
5	Зарраларнинг ўртача ўлчами, мкм	10-20	10-30	0,1-0,3	0,007-0,04
6	Зичлиги, кг/дм <sup>3</sup>	3,1-3,13	2,15-2,45	2,22-2,40	2,20
7	Солиштира юзаси, м <sup>2</sup> /г	0,3-0,6	0,3-0,8	16-22	30-300
8	Кўриниши	Кукун	Кукун	Кукун, эритма	Кукун, коллоидли қоришма

Ушбу қўшимчаларнинг кўпчилиги гидравликли (пуццоланли) фаолликка эга бўлиб, цемент тоши тузилишининг шаклланишига ижобий таъсир кўрсатади.

Микро ва нанокремноземларни қўллаш нафақат цемент тоши тузилишининг зичланишини таъминлайди, балким дисперсли қўшилмаларнинг пуццоланли фаоллигини ҳам оширади шунингдек, цемент тошининг ғовақларини камайтиради ва унинг хоссаларини яхшилади (19.4-расм).



19.4-расм. Цемент зарралари орасидаги бўшлиқларни, микро ва нанокремнозем билан тўлдириш.

Фаол минерал қўшилмалар қўллаб бетоннинг хоссаларини баҳолашда ва таркибини лойиҳалашда С/Ц нисбати ўрнига С/(Ц+Дк) нисбатини ишлатиш мумкин (бу ерда Д-қўшимча, к-қўшимчанинг цемент тоши мустаҳкамлигига таъсирини белгиловчи коэффициент бўлиб, тажрибалар орқали аниқланади).

Бетон тузилишининг шаклланишини бошқариш ва турли ҳил хоссали бетонлар олиш учун тузилишни шакллантирувчи модификаторлар ишлатилади.

Бетон ва темирбетон конструкцияларнинг ёриқбардошлиги ва чидамлигини ошириш учун киришмайдиган ва зўриқувчи бетонлар қўлланилади. Одатда уларга кенгаювчи қўшилмалар ишлатилади. Бундай қўшимчалар суперпластикловчилар ва дисперсли тўлдирувчилар билан биргаликда қўлланилганда яхши самара беради.

ОАЖ “Мастер бетон” корхонаси томонидан ярим функционал таъсир қилувчи “Эмбелит” номли, янги модификатор ишлаб чиқилган бўлиб, таркиби суперпластикловчи С-3 (7...10 % модификатор массасига нисбатан), микрокремнезем, кенгаювчи компонент (50...10 % модификаторнинг минерал қисмига нисбатан) ва кул чангидан иборат. Эмбелит киришиш деформациясини камайтирган ҳолда бетоннинг юқори мустаҳкамлигини таъминлайди. Модификаторнинг энг мақбул миқдори цемент массасига нисбатан 10...15 % атрофида олинади. Бунда бетон мустаҳкамлигининг ўсиши 20 % гача таъминланади, чизиқли кенгайиши 0,02...2 % гача. Кенгаювчи компонент миқдори ортиши билан бетоннинг чизиқли кенгайиши катталашади.

Цемент тоши ва бетоннинг киришишидаги мустаҳкамлигини ошириш шунингдек, тузилиш элементлари ўртасидаги боғланишларнинг мустаҳкамлигини яхшилаш учун толасимон дисперсли арматуралаш қўлланилади. Бундай толасимон “*фибра*”ларнинг метали, шишали, полимерли, асбестли, волластонитли ва х.к каби хиллари кенг қўлланилади (14 бобга қаранг). Фибра билан биргаликда кенгаювчи қўшимчалар суперпластикловчилар ва юпқа дисперсли қўшимчаларнинг киритилиши натижасида юпқа зичликка эга бўлган “*юпқа донали*” зўриқувчан тузилишли материаллар олиш имкониятлари мавжуд. Натижада материалнинг мустаҳкамлиги ва чидамлиги кескин ошади, деформацияланиши эса сезиларли камаяди.

Оддий фибрадан толасимон микро ва наноўлчамларга ўтиш юпқа донали цементли-минералли матрицанинг тузилиши ва хоссаларини сезиларли яхшилади. Ушбу толаларнинг мустаҳкамлиги пўлатнинг мустаҳкамлигидан 5...10 мартагача ортиқ бўлади. Юпқа донали композитлар микротолалар билан арматураланганда мўртлик, чўзилишга, эгилишга ва ишқаланишга чидамсизлик каби камчиликлардан холи бўлади. Бундай материалларнинг мустаҳкамлиги 300...600 МПа шунингдек, эгилишдаги ва сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси нисбати 0,7...0,9 гача етади (оддий материалларда ушбу кўрсаткич 0,1...0,2 атрофида ўзгаради). Материалларнинг ёриқбардошлиги ва хизмат қилиш муддати кескин ортади, айниқса совуқ иқлим шароитида.

Бетоннинг тузилиши ва хоссаларига тўлдирувчилар (қум, шағал) ҳам маълум даражада таъсир кўрсатади. Тўлдирувчиларнинг киритилиши бетон қоришманинг сув талабчанлигини кескин камайтиради, қаттиқ фазанинг дастлабки тузилишини зичлаштиради, цемент сарфини ва бетоннинг киришиш деформациясини камайтиради.

Аммо цемент тоши ва тўлдирувчилар орасида “қаттиқ” контактли зонанинг пайдо бўлиши тузилишда нуқсонларнинг ҳосил бўлишига ва кўпайишига олиб келади. Цемент тоши ва тўлдирувчилар орасида контактли зона бетон тузилишининг кучсиз элементи ҳисобланади. Контакт зонасида цемент тоши тузилишининг зичлиги бошқа жойлардагига нисбатан кам бўлади, чунки доналар орасидаги бўшлиқлар қаттиқ фаза билан тўлиқ тўлдирилмаган бўлади. Яъни, контакт зонасидаги бўшлиқлар цемент тошидаги бўшлиқлардан 2,5...3,5 марта юқори бўлади. Натижада цемент тоши билан тўлдирувчилар ўртасидаги чўзилишга мустаҳкамлик цемент тоши мустаҳкамлигининг 70 % гача етади. Бетон таркибига микрокремнезем ва нанозарралар киритилганда эса контакт зоналар ичи зичланади ва мустаҳкам тузилиш ҳосил бўлади.

Тўлдирувчилар бетон қоришмасининг реологик хоссаларини пасайтиради, натижада бир ҳил ҳаракатчан қоришма олиш учун сув-цемент нисбатини ошириш керак бўлади. Бу эса мустаҳкамликнинг пасайишига олиб келади. Суперпластикловчилар ёки комплекс қўшимчалар “суперпластификатор+микрокремнезем+фаоллаштирувчи компонентлар” бетоннинг тузилишини сезиларли яхшилади ва унинг мустаҳкамлигини оширади.

Қуйидаги 19.2-жадвалда бир ҳил ҳаракатчан бетон қоришмасидан тайёрланган майда донали бетоннинг эришиши мумкин бўлган максимал мустаҳкамликлари берилган.

Майда донали бетон мустаҳкамлигининг максимал қийматга эришиши.

19.2-жадвал

Боғловчи ҳили	Бетон таркиби	Бир-ҳил ҳаракатчан қоришма учун С/Ц нисбати	Сиқилишдаги максимал мустаҳкамлиги, МПа
Портланд-цемент ПЦ	1:0	0,3	85
	1:1	0,37	65
	1:2	0,44	51
	1:3	0,51	41
Композицияли боғловчи К-1	1:0	0,17	184
	1:1	0,23	131
	1:2	0,29	98
	1:3	0,36	73

Бунда маркаси М500 бўлган портландцемент ва иккинчи вариантда солиштирма юзаси 6000 см<sup>2</sup>/г бўлган (юқори солиштирма юзали) махсус модификаторли композицияли боғловчи К-1 ишлатилган. Ушбу жадвалдан хулоса қилиш мумкинки, композицияли боғловчи қўлланилганда цемент сарфи сезиларли камаяди ва бетоннинг мустаҳкамлиги ортади.

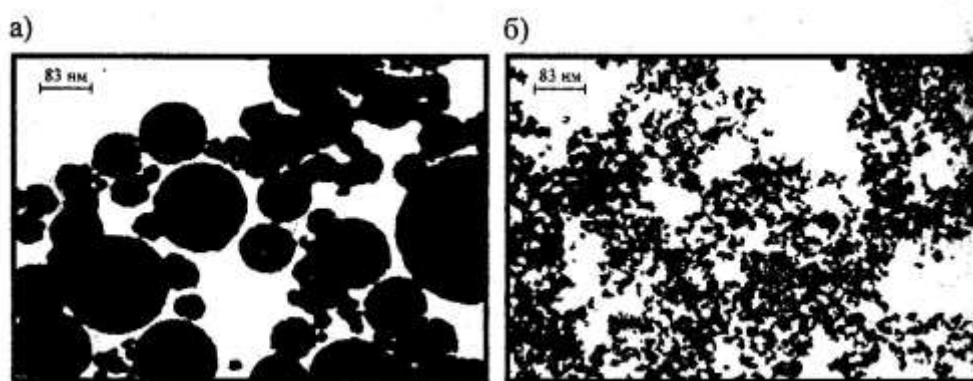
Тўлдирувчилар сарфи камайганда тузилишнинг максимал мустаҳкамлигига эришилади. Энг яхши натижа қумсиз материалда кузатилиши мумкин. Аммо бундай холда тўлдирувчини талаб даражасида фаол қўшимчалар билан алмаштириш керак (масалан туйилган шлаклар, микрокремнезем

ва х.к). Бундай қўшимчалар цемент сарфини камайтиради, тузилишнинг шаклланишини бошқаради, бетоннинг қотиши жараёнида содир бўладиган физик ва кимёвий жараёнларга таъсир кўрсатади.

Бетоннинг юпқа донали тузилишига ўтиш унинг мустаҳкамлигини сезиларли ошишига имкон яратади. Бундай тузилишни ҳосил қилишда наносистема ва нанотехнологиялар катта рол ўйнайди.

**Наноматериал**-бу зарраларининг ўлчами 0,1...100 нм бўлган моддалар бўлиб, зарралари ўлчамларининг ўзгариши натижасида янги сифатли материал ҳосил бўлади. Бундай янги зарраларни олиш ва улар билан ишлаш нанотехнологияларга киради.

Бетон технологияси ва кукунсимон қурилиш композитларида жуда юпқа минерал кукунлар ишлатилади, яъни наносиликатлар, фуллеренлар ва х.к (19.5-расм).



19.5-расм. Микрокремнезем (а) ва наносиликатларнинг (б) ўлчамларини таққослаш.

Ушбу композитларнинг ҳисобий тавсифлари 19.3-жадвалда келтирилган.

Микрокремнезем ва наносиликатларнинг тавсифларини таққослаш.

19.3-жадвал

Материалнинг ҳили	Зарралари ўлчами, нм	Зарралари сони, п/см <sup>3</sup>	Солиштирма юзаси, м <sup>2</sup> /г
Микрокремнезем	180	$5,9 \cdot 10^{12}$	15
Наносиликат	14	$1,2 \cdot 10^{15}$	180

Самарали гиперпластикловчиларни олиш учун турли ҳил тузилишли наноўлчамли молекулалар яратилади. Суперпластикловчиларнинг фаоллигини ошириш учун уларга нанозарралар киритилади масалан, материалнинг дисперслигини ҳосил қилувчи фуллеренлар ва х.к. Махсус бетонлар учун эса таркиби нанозаррали бўлган минерал хом ашёлар ишлатилади.

Цементни гидратлашда, айниқса модификатор қатнашганда, цемент зарралари юзасида наноўлчамли ва гелийга ўхшаган юпқа қатламлар ҳосил

бўлади (каллоидли зарралар). Бундай тузилишнинг қотаётган бетонда сақла-  
ниб қолиши унинг (бетоннинг) сифатини оширади.

Юпқа донали бетонлар олиш учун механо-кимёвий фаоллаштириш, кўп  
босқичли аралаштириш, роторли тез ишловчи қоригичлар, термофаоллашти-  
риш ва бошқа технологик усулларни қўллаш тавсия қилинади.

Бетон таркибини лойиҳалашда ва унинг технологиясида асосий звено  
цемент матрицаси бўлиб, цемент тошини ҳосил қилади ва ҳамма компо-  
нентларни (қум, цемент, қўшилмалар) яхлит монолитга бирлаштиради. Унга  
турли ҳил дисперсли фазларни қўшиш орқали ҳар-ҳил кўринишдаги бетон-  
ларни олиш мумкин:

оддий шағал ва қум ишлатиб, турли ҳил конструкциябоп бетонлар олиш;  
енгил тўлдирувчиларни қўллаб, конструкциябоп-иссиқ сақловчи бетон-  
лар олиш;

ҳаво фазасини киритиш орқали ковакли иссиқ сақловчи бетонлар олиш;  
турли ҳил бўёвчи таркибларни (кукунлар) ишлатиш орқали манзарали  
бетонлар олиш;

турли ҳил “фибр”лар асосида фибробетонлар олиш;  
махсус компонентларни қўшиш орқали юқори мустаҳкам ва махсус  
бетонлар (масалан радиация нурларидан ҳимояловчи, электр ўтказувчи ва  
х.к) олиш.

Юқори сифатли ва чидамли бетон олиш учун биринчи навбатда юқори  
сифатли цемент тошини ҳосил қилиш керак. Ушбу мақсад учун юқорида  
қайд қилинганидек, композицияли боғловчилар қўлланилиши, турли органик  
ва минерал қўшимчалар, тузилиш ва таркиб модификаторлари, мураккаб  
комплексли қўшимчалар, материал тайёрлашнинг тинимсиз технологияси,  
таркибни энг мақбул лойиҳалаш ва ш.к. тадбирлар амалга оширилиши керак.

Цемент тошининг ишончли тузилиши ва таркиби таъминлангач, юқори-  
да қайд қилинган тадбирлар бетон қоришмасининг сув тутувчанлигига,  
ҳаракатчанлигига, қулай жойланувчанлигига ва бетоннинг умумий хосса-  
ларига таъсир кўрсатади. Бетон тузилишининг шаклланиши ва технология-  
сини бошқариш учун кейинги пайтларда компьютерли модуллаштириш  
усулларидан фойдаланилмоқда. Натижада кўп омилли вариантлардан энг  
мақбул ечимларни танлаб олиш имкониятлари пайдо бўлмоқда.

## §19.2. Гиперпластикловчилар

Кейинги йилларда қурилиш амалиётида янги авлодга мансуб бўлган  
бетонларни тайёрлашда юқори самарали поликарбонатли суперпластифи-  
каторлар яъни, “*гиперпластикловчилар*” қўлланилиши ўз ўрнини топмоқда.

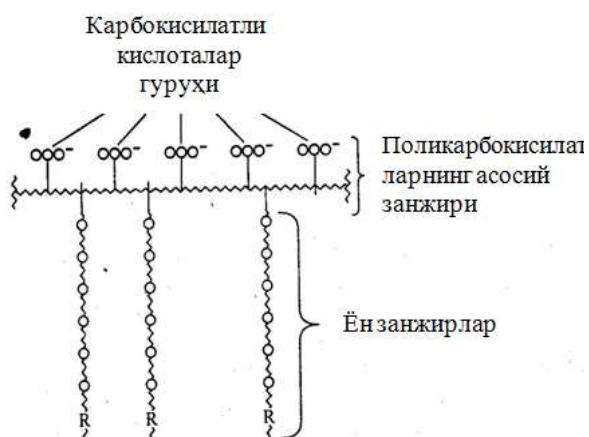
Юқори самарали, сувда эрийдиган карбозанжирли суперпластикловчи-  
ларни яратишнинг молекуляр дизайни карбонатли полимерларнинг  
кимёвий модификациясига асосланган. Ушбу вазият полимерларнинг ким-  
ёвий ва физик ҳолатларини ҳамда, уларнинг цемент зарралари билан ўзаро

таъсирлашуви натижасида асосий ва ён занжирлар узунлигининг ўзгаришини назорат қилишнинг чегараланмаган имкониятларини очиб беради.

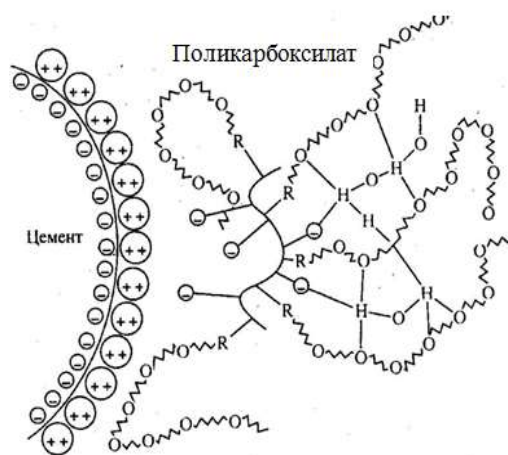
Поликарбоксилатли гиперпластикловчиларнинг молекулалари манфий зарядли занжирдан иборат бўлиб, улар цемент зарралари билан “адсорбцияланади” ва зарядланмаган алоҳида занжирлардан иборат бўлади (19.6-расм). Ушбу занжирлар ҳаракатланувчан бўлиб, бўшлиқларни тўлдиради.

Маълумки, анъанавий су-перпластикаторларнинг таъсир қилиш механизми янги ҳосил бўлган гидратлар билан адсорбцияланишига асосланган. Бунда суперпластикловчининг таъсир қилиши давомийлиги суёқ фазадаги микдорининг ортиқчалиги билан таъминланади. Адсорбционли қатламларнинг ҳосил бўлиши электро-кинетик потенциалнинг ўзгаришига ва натижада дисперсионли муҳит ҳажмининг ортишига олиб келади.

Поликарбоксилатларнинг таъсир қилиш чегарасига бошқа бир механизм- $\zeta$  потенциалининг пластиклаш қобилияти таъсири камайганда адсорбцияланган макромолекулаларнинг ён занжирларини туртиб юбориши ётади (19.7-расм).



19.6-расм. Поликарбоксилатли гиперпластикловчиларнинг молекулалари тузилиши.



19.7-расм. Поликарбоксилатнинг цемент юзаси билан боғланиш моделининг тузилиши.

Поликарбоксилатлар гидро-сульфоалюминатларда адсорбцияланади ва кейинги гидратланиш жараёнида уларнинг самараси тўхтайди. Демак, суперпластикловчилар молекулаларини “лойиҳалашда” адсорбцияланиш ва гидратланиш фаза ҳосил бўлиш тезлигини ҳисобга олиш муҳимдир.

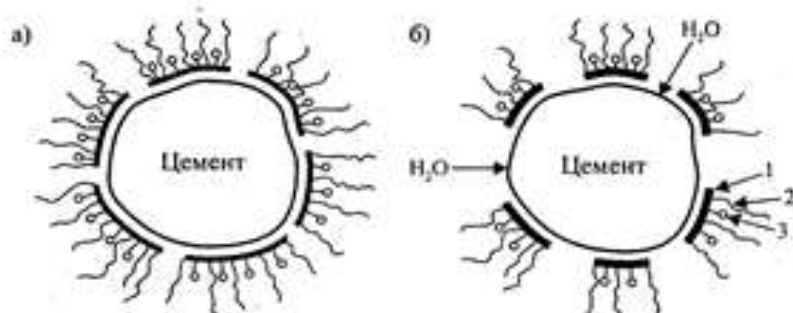
Нанотехнология полимерлар тузилишини конструкциялаш ва уларнинг физик-кимёвий хоссаларини полимерларнинг асосий ва ёрдамчи занжирлар узунлигини бошқариш орқали имкон яратади.

Поликарбоксилатларнинг кимёвий тузилишини оптимизациялашни нанотехнологияларни қўллаш орқали амалга ошириш барча киритилган суперпластикловчиларни тўлиқ ишлатиш имконини беради.

Саноатда поликарбоксилатли гиперпластикловчиларнинг ҳар хил молекулалари турли ҳиллари ишлаб чиқарилмоқда. Гиперпластикловчиларни қўллаш бетон тузилишининг шаклланишини бошқаришнинг катта имкони-

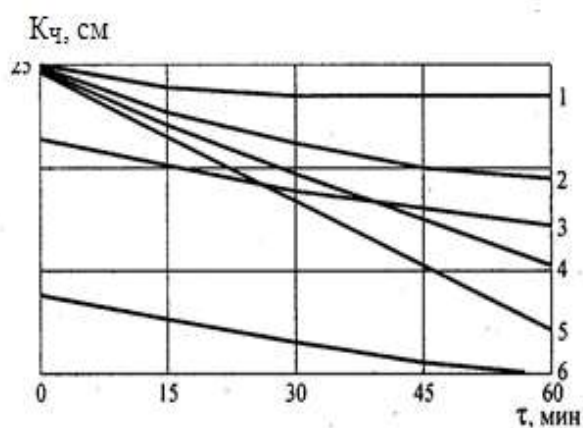
ятларини очмоқда. Масалан, бетоннинг меъёрий қотишини таъминлаш зарур бўлса поликарбосилат қўллаш керак, чунки унинг молекулалари цемент зарралари атрофини тўлиқ қоплаб олади ва бетон қоришманинг юқори ҳаракатчанлигини таъминлайди (19.8 а-расм).

Бетоннинг тез қотишини таъминлаш керак бўлса, унда молекулаларнинг жойланиш қаторини ўзгартириш мумкин ва бунда қўшилмалар қўлланилади. Натижада молекулалар цемент зарраси қобиғи атрофида очик жойлар қолдиради. Ана шу жойлардан сув ўтиб цементнинг гидратланишини тезлаштиради (19.8 б-расм). Бундай ҳолда йиғма темирбетон конструкцияларни иссиқлик билан қотирмасдан тайёрлаш мумкин.



19.8-расм Ҳар-хил тузилишли поликарбосилатнинг цемент зарралари билан боғланиши. а-цемент зарраларини молекулалар тўлиқ қоплаган; б-цемент зарраларини молекулалар тўлиқсиз қоплаган; 1-асосий занжир; 2-ён томонлама занжир; 3-функционал гурuhlар.

Поликарбосилатли суперпластикловчиларни қўллашда шуни ҳисобга олиш керакки, улар сезиларли ҳаво ютувчанлик хоссасини намоён қилади. Шу сабабли одатда уларнинг таркибига юқорида айтилган омилни сўндирадиган компонентлар киритилади.



19.9-расм. Турли-хил пластификловчилар ишлатилганда бетон қоришма ҳаракатчанлигининг камайиши. 1-поликарбосилат; 2-полиакрил; 3-лигносульфонат; 4-нафталинсульфонат; 5-меламинсульфонат; 6-пластикловчиларсиз.

Бетон таркибини поликарбосилатли компонентлар билан лойиҳалашда яна бир муҳим жиҳатлардан бири, қоришмага ишлатиладиган майда тўлдирувчилар хиссасини кўпайтириш лозим бўлади. Демак суперпластикловчилар майда донали бетонлар олишда яхши самара беради.

Поликарбосилатлар бетон қоришмасига сақланувчанлик хоссасини ҳам беради. Бу эса айниқса қуйма бетон ишларида қўл келади. Қуйидаги 19.9-расмда турли хил поликарбосилатлар қўшилганда бетон қоришма ҳаракатчанлигининг вақт бўйича ўзгариши кўрсатилган. Бунда

энг яхши кўрсаткичини поликарбосилатли таркибда кузатиш мумкин.

Хозирги пайтда ўзи зичланадиган ва ўзи нивелирланадиган бетон қоришмаларини шунингдек, реактив кукунли бетонларни тайёрлашда поликарбоксилатли қўшилмалар алоҳида қўлланилмоқда. Бу эса бетон технологиясида янги истиқболли босқичлар очмоқда.

### §19.3. Юқори мустаҳкам енгил бетонлар

Қурилиш конструкцияларининг юк кўтариш қобилияти ва бошқа хоссаларини пасайтирмасдан, уларнинг оғирлигини ҳамда материал сарфини камайтириш хозирги кунда самарадорликни оширишнинг энг асосий омилларидан бири ҳисобланади, айниқса баланд бинолар учун. Ушбу мақсадга эришишнинг амалий усулларидан бири юқори конструктив сифатга эга бўлган енгил бетонларни яратиш ва қўллашдан иборатдир (одатдаги енгил бетонларга нисбатан сифат кўрсаткичлари жуда юқори бўлган).

Замонавий талаб бўйича енгил бетонлар ҳам юқори мустаҳкамли тоифага кириши мумкин, фақат қуйидаги талаб бажарилса:

$$R_b/p_b \geq 25 \quad (19.1)$$

бу ерда,  $R_b$ -бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги, МПа;  $p_b$  – бетоннинг куруқ холдаги зичлиги, кг/дм<sup>3</sup>.

Евромеъёрлар ЕН206 бўйича енгил бетонларнинг зичлиги 1,1 дан 2,0 кг/дм<sup>2</sup>, мустаҳкамлиги бўйича синфи В9дан В88 гача ўзгаради.

Юқори мустаҳкам енгил бетонлар олиш учун худди юқори мустаҳкам оғир бетонлар олишдагидек усуллар қўлланилади:

1. Юқори мустаҳкам шунингдек, композицияли цемент ва тўлдирувчиларни қўллаш;
2. Бетон таркибини мумкин қадар паст сув-цемент нисбати бўйича лойиҳалаш;
3. Супер ва гиперпластикловчиларни микрокремнезем ёки бошқа юпка дисперсли қўшимчалар билан биргаликда қўллаш;
4. Енгил тўлдирувчиларни олдиндан тайёрлаш (намлаш, юзасини фаоллаштириш ва х.к);
5. Бетон қоришмасини алоҳида технологиялар билан тайёрлаш ва зичлаш (бир жинслилигини сақлаган холда);
6. Бетоннинг қотиши учун меъерий муҳит яратиш.

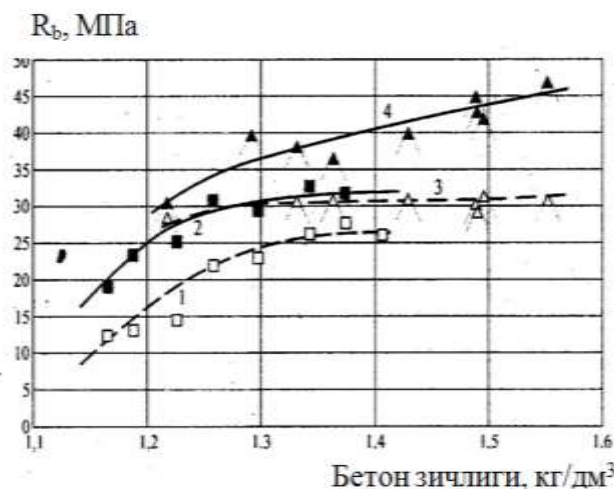
Баланд биноларни барпо этиш лойиҳасини амалга ошириш учун Москва (Россия) шаҳрида 62 та осмонўпар биноларни қуриш режалаштирилган бўлиб, хозирги пайтда бу лойиҳа муваффақият билан амалга оширилмоқда. Ушбу бинолар қурилиши учун “НИИЖБ” (Бетон ва темирбетон илмий текшириш институти) томонидан бетон таркиби ва зичлиги 1,4 кг/дм<sup>3</sup>, 28 кунлик мустаҳкамлиги 40 МПа бўлган керамзитбетон тайёрлаш ва уни қўллаш технологияси ишлаб чиқилган. Технологик талаблардан келиб чиққан холда бетон қоришма ҳаракатчанлиги 21...25 см (конус чўкмаси бўйича) қабул қилинган (бунда бетонни ташиш ва қолиплагунча ушлаб туриш вақти 2 с давом этиши мумкин деб қаралади).



Бетон қоришмасини тайёрлашда маркаси М500 бўлган портландцемент, ўртача йирикликдаги кварц қуми, уйма зичлиги  $0,7 \text{ кг/дм}^3$  ва фракцияси  $0...10 \text{ мм}$  ли керамзит, суперпластикловчи С-3 (1 % цемент массасига нисбатан) ва микрокремнезем (10 % цемент массасига нисбатан) қўлланилган. Цемент сарфини  $350$  дан  $500 \text{ кг/м}^3$  гача, тўлдирувчиларни  $0,6 \text{ м}^3$  дан  $0,9 \text{ м}^3$  гача алмаштириш (ўзгартириш) орқали  $1 \text{ м}^3$  бетон учун турли ҳил мустаҳкамлик ва зичликка эга бўлган бетон олинади (19.10-расм).

Цемент сарфи  $500 \text{ кг/м}^3$  бўлганда мустаҳкамлиги  $40 \text{ МПа}$  ва зичлиги  $1,4 \text{ кг/дм}^3$  бўлган юқори мустаҳкам енгил бетон олинган. Бундай бетоннинг совуқбардош-лиги  $250$  циклдан юқори.

Керамзитбетонли қориш-мани тайёрлаш жараёнда микрокремнезем қуруқ қуқун холда сачратиб қўшилади. Қуйидаги 19.11-расмда керамзитбетон қоришмасининг вақт бўйича ўзгариш тавсифлари келтирилган. Ушбу графиклардан кўриш мумкинки, қуруқ керамзитбетон бетон қоришмасига микрокремнезем чангитиб қўшилганда қоришма-нинг ҳаракатчанлиги дастлабки  $0,5...1$  соат мобайнида сезиларли камаяди (1-эгри чизик), микро-кремнезем қуруқ холда қўшиганда (2-эгри чизик), қоришма ҳаракат-чанлигининг камайиши меъёрий даражада бўлади. Намланган керамзит ишлатилганда эса (3, 4-чизик-лар) қоришма ҳаракатчанлиги камаяди, яъни: микрокремнезем чангитиб (намроқ холда) қўшилганда конус чўкмасининг  $21...25 \text{ см}$  ли қиймати  $1...1,5$  соат давомида сақланади; микро-кремнезем қуруқ холда қўшилганда эса конус чўкмаси миқдори  $24 \text{ см}$   $2$  соатдан кўпроқ сақланиб туради.



19.10-расм. Кремзитбетон мустаҳкамлигининг зичлигига боғлиқлиги. Цемент сарфи: 1,  $350 \text{ кг/м}^3$ ; 3,4- $500 \text{ кг/м}^3$  (штрихли чизик-3 қуликда, тўлиқ чизиклар  $28 \text{ кунликда}$ ).



19.11-расм. Керамзитбетонли қоришма ҳаракатчанлигининг вақт бўйича ўзгариш графиклари. Керамзитнинг намлиги ва МК киритиш усуллари: 1, 2- керамзит табиий намликда бўлганида; 3, 4- керамзит сув билан тўйинтирилган бўлганда (тўлиқ чизик-лар МК сув билан аралаштирилиб, штрихли чизиклар эса МК қуруқ холда киритилганда).

Юқоридагилардан хулоса қилиш мумкинки, бетон қоришма ҳаракат-чанлигининг камайиши унинг зичлиги ва мустаҳкамлигининг ортиши билан тавсифланади.

Юқори мустаҳкам керамзит ва замонавий органоминералли модификаторлар (МБ ва эмбэлит) ишлатилганда ҳам, мустаҳкам енгил бетон олиш

мумкин. Керамзит ва модификаторлар ҳилларининг энгил бетон хоссаларига таъсирини таққослаш натижалари 19.4-жадвалда келтирилган.

Юқори мустаҳкам энгил бетонларнинг таркиби ва хоссалари.

19.4-жадвал.

Т/р №	1 м <sup>3</sup> бетон қоришмаси учун материаллар сарфи							конус чўкмаси, см	С/(Ц+МБ)	Қуруқ ҳолдаги зичлиги, кг/м <sup>3</sup>	Сиқилишдаги мустаҳкамлиги, МПа		
	цемент	МВ, 10-50°С	эмбэлит, 10-100	юқори мустаҳкам керамзит	оддий керамзит	қум	сув				1-кун	3-кун	28-кун
1	502	75	-	0,703	-	603	159	28	0,28	1794	34,7	54,3	69,5
2	485	-	73	0,68	-	570	172	24	0,31	1748	33,3	50,1	64,2
3	510	77	-	-	0,51	825	212	24	0,36	1750	16,9	31,1	40,1
4	501	-	75	-	0,50	810	199	27	0,35	1720	14,1	26,2	43,6

Юқори мустаҳкам керамзит ва модификаторларни қўллаш натижасида мустаҳкамлиги 60 МПа дан юқори ва зичлиги 1,75 кг/дм<sup>3</sup> бўлган бетон олиш имконияти мавжуд. Унинг бир кундаги мустаҳкамлиги 30 МПа дан ортиқ бўлиб, бу кўрсаткич жуда муҳим ва юқори ҳисобланади.

Эмбэлит модификатори қўшилган энгил бетонлар эса юқори мустаҳкамликдан ташқари кенгайиш хусусиятига ҳам эга бўлиб, уларнинг чўкиш деформацияси жуда камдир (180 кунда  $42 \cdot 10^{-5}$  мм/мм ташкил қилади холос).

Юқори мустаҳкам энгил бетонлардан дастлабки бино ва иншоотлар ўтган асрнинг 60...70 йилларида Олмонияда қурилган. Висбаденда қурилган Дюккерхофф кўприги қурилишида олдиндан зўриктирилган темирбетон учун синфи В35, зичлиги 1,64 кг/дм<sup>3</sup> бўлган энгил бетон ишлатилган. Дюс-сельдорф шаҳридаги Кай марказининг жанубий фасадини барпо қилишда синфи В45 ва зичлиги 1,35 кг/дм<sup>3</sup> бўлган энгил қуйма бетон ишлатилган. Ушбу бетон бир вақтнинг ўзида конструкция, манзарали-меъморий ва иссиқ-сақлаш вазифаларни ўтайди.

Норвегия мутахассислари томонидан қурилган “Хайдарун” нефть платформаси қурилишида мустаҳкамлиги 75 МПа ва зичлиги 1,75 кг/дм<sup>3</sup> бўлган энгил бетон ишлатилган.

## §19.4. Ялтироқ бетон

Ялтироқ бетон 2001 йил кашф қилинган ва қурилиш бозорига 2004 йил охирида кириб келган. Хозирги кунда қурувчиларнинг эътиборини жалб қилаётган материал LiTraCon яъни “*ёруғлик чиқарувчи бетон*” (Light Transparent Concrete) деб номланади. Ушбу бетон Олмония компанияси томонидан “LiTraCon” номланиш билан ишлаб чиқарилмоқда ва меъморчилик қурилишида қўлланила бошланди.

Венгриялик архитектор Арон Лошонци томонидан ишлаб чиқилган ялтироқ бетон концепцияси кўриниши бўйича жуда оддий. Унинг таркибига майда донали композицияли материаллар (цемент, қум, қўшимчалар) ва диаметри 0,25...3 мм гача бўлган шиша толалари киради. Минглаб оптик шиша толалар матрицани ҳосил қилади ва улар асосий блоклар орасига ўзаро параллел жойлаштирилади. Толалар хиссаси майда донали бетон ҳажмининг 4...5 % ни ташкил қилади. Толалар ўзига яраша тузилиш ҳосил қилувчи компонент ҳисобланади ва бир қанча функцияни бажаради.

Қисқачи айтганда, LiTraCon минглаб оптик шиша толалар мажмуасидан иборат бўлиб, чизиқлар матрицасини ташкил қилган холда бетонга юқори сифат беради ва шиша толалар ёруғликни блокнинг битта юза қисмидан иккинчи блок юзасига тўпланган нуқталар кўринишида узатади, натижада материалнинг ялтираши таъминланади. Ана шу махсус самара умумий кўринишни шакллантиради, натижада бетон деворнинг қалинлиги ва массаси йўқолгандек бўлади.



**19.12-расм. Ялтироқ бетоннинг кўриниши**

Деворда турли ҳил соя ва расмлар пайдо бўлиши мумкин. Бунинг учун манба ёруғлик манбаи ва деворнинг ташқи юзаси ўртасида жойлаштирилиши керак. Бунда соя деворнинг ички қисмида ҳам кўриниши мумкин (19.12-расм).

Ушбу қурилиш материали объектлар кўриниши ва одамлар қиёфасини фарқлаш имконини беради, яъни бино ва иншоотларни барпо этишда улкан дизайнерлик ечимлар яратилади.

Ялтироқ бетон мустаҳкам қурилиш материали бўлиб, юқори сифатлилиги ва хизмат қилиш муддатининг давомийлиги билан тавсифланади. Чунки таркибига киритилган шиша толалар дисперсли арматура вазифасини ўтайди ва бетоннинг хоссаларини яхшилади. Бундай бетонларнинг сиқилишга ва эгилишга мустаҳкамлиги юқоридир. Улар сувга чидамли, сув шимувчанлиги 6 % гача, етарлича совуқбардош, яхши иссиқ сақловчи ва товуш ҳимоялаш хусусиятига эга бўлган манзарали бетонлар тоифасига киради. Шиша толалар олов таъсирига

барқарор бўлиб, ҳароратнинг кескин ўзгариши ва ультрофиолетли нурлар таъсирига ҳам турғунлиги билан фарқланади.

Ёруғлик нурларини узатувчи бетондан тикланган деворнинг назарий конструкцияси бир неча метр бўлиши мумкин, чунки толалар табиий ёруғликни 20 м масофагача узата олади.

LiTraCon қорамтир, оқ ва кул рангли кўринишда ишлаб чиқарилади. Улардан юзасига манзарали ишлов берилган турли ҳил ўлчамдаги блоклар ва панеллар тайёрланади. Бундай буюмлар бино ва иншоотларнинг ташқи деворларини, ички орадеворларни (пардадеворлар), зинапоя конструкцияларини ва ш.к. қуришда самарали қўлланилмоқда. Шунингдек, LiTraCon бино интерьерларининг дизайнерлик деталларини яратишда ҳам қўлланилади.

Бундай блоклардан юк таъсирида ишлайдиган конструкцияларни барпо этиш ҳам мумкин. Чунки шиша толалар дисперсли арматура вазифасини ҳам ўтайди ва бетоннинг юқори мустаҳкамлигини таъминлайди (уларнинг мустаҳкамлиги 50 МПа дан ортади). Блоклар турли ҳил ўлчамларда ишлаб чиқарилади ва иссиқ-ҳимояловчи вазифани ҳам ўтайди.

Шундай қилиб, бугунги кунда янги ва замонавий қурилиш материаллари, яъни турли ҳил бетонлардан бино ва иншоотларни барпо этиш кескин ривожланиб бормоқда ва бизнинг дунёқарашларимизни ўзгартириб юбормоқда.

### Назорат саволлари

1. Бетон технологиясининг ривожланишига қандай омиллар таъсир кўрсатади?
2. Цемент тоши мустаҳкамлиги қандай омилларга боғлиқ бўлади?
3. Органик-минералли (МБ) қўшимчалар бетон таркибига қандай таъсир кўрсатади?
4. Микро ва нанокремнеземли қўшимчаларни бетон таркибига киритиш орқали қандай самарага эришилади?
5. Наноматериал – бу қандай материаллар тоифасига киради?
6. Гиперпластикловчилар нима ва улар қандай мақсадларда қўлланилади?
7. Поликарбосилатли гиперпластификловиларнинг молекулалари тузилишини айтиб беринг.
8. Ҳар ҳил тузилишли поликарбосилатнинг цемент зарралари билан боғланишини тушунтириб беринг.
9. Қандай шарт бажарилганда енгил бетонлар юқори мустаҳкамли бетонлар тоифасига киради?
10. Қандай усуллар қўлланилганда юқори мустаҳкам енгил бетонлар олиш мумкин?
11. Юқори мустаҳкам енгил бетонларнинг таркиби ва хоссаларини айтиб беринг.

12. Юқори мустаҳкам енгил бетонлар қандай мақсадларда қўлланилади?
13. Микрокремнозем ва наносиликатлар орасида қандай фарқ бор?
14. Поликарбонатлар цемент зарралари билан қандай боғланади?
15. Поликарбонатлар бетонга қандай таъсир кўрсатади?
16. Ялтироқ бетон қачон кашф этилган?
17. Ялтироқ бетоннинг тузилишини айтиб беринг?
18. Ялтироқ бетон қандай мақсадларда ишлатилади?

### **Қўшимча адабиётлар**

1. Комоков П. Г. О бетоне XXI века. РААСН, 2001. №5,
2. Рабинович Ф. Н. Дисперсно-армированные бетоны. –М.:Стройиздат, 1989.
3. Сучов А. Нанотехнологии: Когда наноразмер имеет вселенские размеры. –М.: Интернет-журнал, 2004.

## 20-БОБ. БЕТОН ҚОРИШМАСИНИ ТАЙЁРЛАШ ВА БЕТОНГА ҚАРОВ ЎТКАЗИШ

### §20.1. Бетон қоришмасини тайёрлаш ва ташиш

Маълумки, бетон таркибини танлаш бетон технологиясининг энг муҳим босқичларидан бири ҳисобланади. Шу сабабли бетон қоришмаси ва бетонга қуйидаги талаблар қўйилади:

бетон қоришмаси қотгунга қадар яхши аралашадиган, ташиладиган, қулай ётқизиладиган (жойланувчан) ва қатламларга ажралиб кетмайдиган бўлиши керак;

бетонлар муайян қотиш тезлигига эга бўлиши, берилган шаклни олиши ва мустаҳкамлиги буюм, конструкция ёки иншоотни фойдаланишга топшириш муддатига мос келиши лозим;

бетоннинг лойиҳавий мустаҳкамлиги сақланган ҳолда, цемент нисбатан кам сарфланиши ва бетоннинг нархи арзон бўлишига эришиш лозим.

Иссиқ ва қуруқ иқлим шароитида қотадиган бетоннинг таркиби талаб этилган муддатда лойиҳадаги мустаҳкамликка эришишини таъминлайдиган турли усуллар билан текширилади. Бундай шароитда бетон ишларини бажаришда, бетоннинг киришиш деформацияланишини ва ҳарорат таъсирида зўриқишини камайтириш бинобарин, унинг сифатини ошириш мақсадида бетоннинг таркибини мумкин қадар кам цемент сарфланадиган қилиб танлашга, унинг талаб этиладиган ҳаракатчанлиги ва мустаҳкамлигини таъминлашга ҳаракат қилинади.

Иссиқ иқлим шароитида талаб этилган бошланғич қуюқ-суюлувчан бетон қоришмасини ҳосил қилиш учун цемент сарфини ўзгартирмасдан сув сарфини кўпайтириш (С/Ц нисбатининг ортиши) аммо, унинг мустаҳкамлигининг пасайишига олиб келади. Шу сабабли бетоннинг керакли мустаҳкамлигига эришиш учун қоришманинг сувга бўлган талабини эътиборга олган ҳолда, цемент сарфини керакли миқдорда кўпайтириш лозим бўлади.

Бошланғич (пластик) киришишининг ҳисобга олиниши иссиқ ва қуруқ иқлим шароитида тайёрланадиган бетон таркибини танлашнинг асосий хусусиятларидан биридир. Бу ҳолат бетон ва темирбетон конструкцияларнинг барвақт ёрилишига, уларни физик ва механик хоссаларининг пасайишига ҳамда хизмат қилиш муддатининг қисқарилишига олиб келинади. Одатда, бетонда цемент миқдорини камайтириш, қоришманинг бикрлигини ошириш, қум-шағал нисбатини энг мақбул танлаш ва ш.к орқали бошланғич кири – шиш деформацияни камайтириш мумкин.

Бетон қоришмасининг сувга бўлган талаби унинг ҳароратига боғлиқ бўлади. Ҳарорат кўтарилиши билан унинг сувга бўлган талаби ортиб боради. Шунингдек, қоришма сув талабчанлигининг ортиши бетоннинг таркибига, С/Ц нисбатига, қоришманинг қуюқ-суюқлигига, тўлдирувчиларнинг тури ва сифатига боғлиқ бўлиб, кенг доирада ( $1^{\circ}\text{C}$  га 0,5 дан 1,2 л/м<sup>2</sup> гача) ўзгариб туради. Цементнинг фаоллиги ва қоришманинг ҳаракатчанлиги қанча юқори бўлса, ҳарорат кўтарилганда унинг сувга бўлган талаби шунча ортади.

Шунингдек, қуруқ ва иссиқ иқлим шароитида бетоннинг қотиши жараёнидаги асосий хоссалари ва мустақамлигига салбий таъсир қилувчи омиллардан бири унинг сувсизланишидир. Бундай шароитда бетонлаш ишларини бажаришда, атроф мухитнинг юқори ҳарорати ва нисбий намлиги пастлигининг салбий таъсирини бутунлай йўқотишга ёки ҳеч бўлмаса, камайтиришга интилиш лозим. Жумладан, бетон қоришмасини тайёрлаш жараёнида қуйидагиларга риоя қилиш шарт:

бетон қоришмасини тинимсиз ҳаракатланадиган қоригичларда қорилиши;

боғловчи моддалар массаси бўйича  $\pm 1\%$ , йирик ва майда тўлдирувчилар миқдори эса, массаси бўйича  $\pm 2\%$  аниқликда олиниши;

сув миқдори тўлдирувчилар таркибидаги табиий намликни ҳисобга олган ҳолда, массаси бўйича  $\pm 1\%$  аниқликда олиниши лозим.

Қоришманинг ҳарорати мумкин қадар паст бўлиши ( $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  дан ошмаслиги) керак. Шу сабабли бетон қоришмасининг ҳароратини пасайтириш учун биринчи навбатда тўлдирувчилар ва қориш сувини совутиш мақсадга мувофиқдир.

Йирик тўлдирувчили бетон қоришмасини тайёрлашдан олдин уни намлаб, сўнгра унинг сиртидаги сувни буғлатиб юбориш ҳисобига совитиб турилиши керак. Бунда намланган тўлдирувчилар бетон қориш цехига конвейер тасмаси ёрдамида келтириляётган пайтида совуқ ҳаво оқими билан совитилади. Шунингдек, намланган тўлдирувчиларни айланувчи барабан (қуритиш барабани) орқали ўтказиш ҳам тавсия этилади.

Бетон қоришмасини тайёрлашда тўлдирувчиларни буғлаш йўли билан совутиш, уларнинг бошланғич ҳароратини пасайтиришнинг жуда самарали усулларида бири ҳисобланади. Шунингдек, бетон қоришмасининг ҳароратини пасайтириш мақсадида, уни қориш учун ҳарорати мумкин қадар паст бўлган сувни ишлатиш мақсадга мувофиқдир. Бундай ҳолларда совуқ манбалардан олинган сувдан фойдаланиш ва қувурларни, сув идишларини иссиқдан ҳимоялаш йўли билан сувнинг исишига қарши чоралар кўриш керак.

Бетон қоришмасини қурилиш майдонига ташиб келтириш давомида унинг бир жинслилиги ва ётқизиш жойига тўкилганда талаб қилинадиган ҳаракатчанлиги ўзгармаслиги керак. Буни таъминлашнинг қуйидаги асосий усуллари тавсия қилинади:

товар ҳолдаги бетон қоришмасини автобетон қоригичларда ташиб келтирилганда, йўлнинг ўзида ёки ётқизиш жойида бетоннинг миқдорланган таркибий қисмларини сув билан аралаштириш;

миқдорланган цемент ва тўлдирувчиларни махсус контейнерларда келтириш ва бетонни ётқизишдан олдин бетон қоригичларда қориштириш;

бетон қоришмасига пластикловчи, яъни таркибини сақлаб қолувчи турлихил қўшимчаларни қўшиш;

бетон қоришмасини паст ҳароратли қилиб тайёрлаш ва ташиш.

Ушбу тадбирлар алоҳида-алоҳида ёки биргаликда қўлланилиши мумкин. Бетон қоришмасини тайёрлаш ва уни узоқ масофага ташиб бориш учун

самарали транспорт-автобетонқоригичдир. У асосан икки ҳил вазифани бажаради:

товар ҳолдаги бетон қоришмасини ётқизиш жойига етказиб берадиган автобетонқоригич транспорт воситаси вазифасини ўтайди. Бунда бетон қоришмасининг берилган ҳаракатчанлиги ва бир жинслилиги, қоригич барабанининг кичик тезликда айланиб туриши ҳисобига сақланади;

бетоннинг таркибий қисмлари юклаш тезлигида ишлаб турган автобетон қоригичнинг барабанига миқдорлаб солинади, кейин айланиш тезлиги оширилади, шу билан қоришмани тайёрлаш жараёни тугалланади. Уни ташиш пайтида эса автобетоннинг қоригич барабани вақти-вақтида кичик тезликда ишлатиб борилади.

Узоқ масофага ташишда бетон қоришмасининг (ётқизиш жойидаги) талаб этиладиган ҳаракатчанлигини таъминлаш учун, уни тайёрлаш жараёнида қориш сувининг бир қисмини (ҳисобий сув миқдорининг 1/4 қисмини) кўшмаслик, ётқизиш жойига етиб келганидан кейин эса керакли нисбатдаги сувни кўшиш тавсия этилади. Сўнгра автобетонқоригич ишга туширилиб, (керакли аралаштириш тезлигида) барабан яна 25...30 марта айлантрилади.

Иссиқ ва қуриқ иқлим шароитида, бетон қоришмасини тайёрлаш ҳамда ташишда 1 м<sup>3</sup> бетонга ишлатиладиган сув сарфига алоҳида эътибор бериш керак. Ҳисобланган керакли сув миқдоридан ортиқ сув ишлатилса бетон ва темирбетон конструкцияларнинг мустаҳкамлиги пасайиб кетади. Шунингдек, қоришманинг камайган ҳаракатчанлигини тиклаш учун унга ётқизиш жойида сув кўшиш қатъиян ман этилади.

Очиқ цехлар ва дала шароитларида бетон қоришмаси ағдарма вагончалар ва идишлар ёрдамида ташилади. Қоришма ташиладиган бундай идишлар имкони борича катта сиғимли бўлиши, тасмали конвейерлар эса қуёш нуридан ва шамол таъсиридан ҳимоялайдиган махсус қоплама материаллар билан беркитилган бўлиши керак.

Кўпчилик темирбетон буюмлари ишлаб чиқарадиган корхоналар ва уйсозлик комбинатлари тажрибаларидан маълумки Ўзбекистон иқлим шароитида бетон қоришмасини, асосан бетон насослар ёрдамида узатиш самарали ҳисобланади. Шунда қоришманинг сувсизланишига батамом барҳам берилади.

Бетон қоришмасини ташиш ва ётқизишнинг давомийлиги уни бетон қоригичдан бўшатиш вақтида қоришманинг ҳарорати 25 °С да 30...60; 30 °С да 15...30; 35...40 °С да эса 10...15 мин.дан ошмаслиги зарур.

## **§20.2. Бетон қоришмасини жойлаш ва зичлаш**

Бетон қоришмасини жойлаш пайтида унинг ҳаракатчанлиги мунтазам текшириб турилиши лозим. Агар унинг ҳаракатчанлиги 3.3-жадвал (3-боб) да келтирилган меъёрий қийматлардан фарқ қилса, ёки унинг бир жинслилиги бузилган бўлса, ташиш шароитларини яхшилаш чоралари кўрилиши ёки бетон қоришма таркибига тузатишлар киритилиши лозим (20.1-жадвал).



Бетон қоришмасини қолиплга жойлаш ва зичлаш пайтида унинг ҳарорати одатда 30...35 °С дан юқори бўлмаслиги керак. Ўлчамлари нисбатан катта бўлган буюмларга жойлашда эса, қоришманинг ҳарорати мумкин қадар паст бўлиши, яъни 20 °С дан ошмаслиги лозим (бу талаб олдиндан иситилган бетон қоришмасини жойлаш услулига тааллуқли эмас).

Бетон қоришмасини жойлашдан олдин:

соябонлар қуриш ёки кўчма соябонлар ўрнатиш йўли билан бетон жойланаладиган жойни қуёш нуридан ҳимоя қилиш;

қолип, арматура ва асосни совуқ сув сепиб совитиш тавсия этилади.

Бетон қоришмасининг тавсия этиладиган ҳаракатчанлик кўрсаткичлари

20.1-жадвал

Т/р	Конструкцияларнинг ҳили	Ҳаракатчанлиги, см (КЧ бўйича)
1	Пойдевор, пол, йўл ва аэродром асослари учун	0...1
2	Йўллар ва аэродромлар қопламалари, кам арматураланган катта ўлчамли конструкциялар учун	1...3
3	Арматураланган катта ўлчамли конструкциялар (плиталар, тўсин ва устунлар) учун	3...6
4	Зич арматураланган конструкциялар (деворлар, силослар, плиталар ва ш.к) учун	6...10
5	Силжувчи қолипларда бетонланадиган конструкциялар учун: қўлда зичлашда механик зичлашда	3...10 6...8

Қуруқ ва иссиқ иқлим шароитида бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги тез ўзгариши оқибатида уни жойлаш ва зичлаш жараёнида титраткичлар ва бошқа зичловчи ускуналар анча зўриқиб ишлайди. Шу сабабли кўшимча ускуналар талаб қилинади. Навбатдаги бетон ҳажмининг очиқ юзасини имкони борича кичик қилиб ётқозишга ҳаракат қилиш керак бўлади.

Турли буюмлар юзасини бетонлашда эса юза қатламнинг сифатини ошириш ва текис бўлишини таъминлаш учун бетон қоришмасини зичлашнинг вакуумлаш усули қўлланилади. Бунда қуйдаги қоидаларга амал қилиш зарур:

вакуумланган юзалар текис бўлиши, вакуум-шит ва вакуум-қолиплар бетонга тегиб туриши, ҳамда вакуум бўшлиққа ҳавонинг сўрилишига йўл қўймаслик керак;

бетон қоришмаси олдин яхшилаб зичланган бўлиши лозим ;

вакуумлашни бетонлаш ишлари тугалланганидан сўнг кўпи билан 15...20 мин.дан кейин бошлаш зарур;

агар йирик панелли вакуум шитлар қўлланиладиган бўлса, вакуумлаш вакуум-бўшлиқда камида 350 мм симоб устунига тенг сийрқаланиш ҳосил қилиниб, майда вакуум-шитлар қўлланилганда эса камида 500 мм симоб устунига тенг сийрақланиш ҳосил қилиниб амалга оширилиши керак;

қалинлиги 250 мм гача бўлган буюмларни вакуумлашнинг давом этиш вақти ва режими қориш сувининг камида 15 % ни сўриб олишини таъминлаш зарур;

копламалар қалинлиги 250 мм дан қалин бўлганда қориш сувининг 1 м<sup>2</sup> вакуумланган юзасидан 5 л сувни сўриб олишни таъминлаши лозим.

Бетоннинг сиртига вакуумланиб ишлов берилганда, бетоннинг қотиши учун қулай шароит юзага келади, чунки бунда сув буғланиб кетмайди. Бироқ бунда кам сув ажратадиган цементларни вакуумлаш, сув тутиб туриш қобилияти паст бўлган цементларни вакуумлашга қараганда қийинроқлигини ҳисобга олиш лозим. Шу сабабли, сув тутиб турувчи қўшимчалар қўшилган цементлардан тайёрланган бетонларга дастлабки текширувдан сўнг ва тажриба йўли билан вакуумланган энг мақбул режими аниқлангандан кейингина, вакуумлаб ишлов беришга руҳсат этилади.

Бетон юзасини пардозлаш ишлари эса бетонни зичлаш тугалланганидан кейин бажарилиши тавсия этилади.

Бетон жойланиб бўлинганидан кейин унинг юзасида ёриқлар пайдо бўлганда (пластик чўкиш натижасида) бетонни ётқизиш тугалланганидан сўнг кўпи билан 2 соат ўтгач (цемент қуюқлашиб қотмасдан олдин), қурилиш лабораторияси назорати остида ётқизилган бетонни яна сиртидан титратиб, мавжуд ёриқларни бартараф этиш ва янги ёриқлар пайдо бўлишининг қисман олдини олиш мумкин.

Жазирама иссиқ кунларда (кундузи ҳарорат 45 °С ва ундан юқори бўлганда) бетонлаш ишларини куннинг иккинчи ярмида ва тунги пайтда бажариш тавсия этилади.

### **§20.3. Бетон қоришмаси ва бетонга қаров ўтказиш**

Бетон қоришмаси жойлаштирилгандан сўнг унинг қотиши учун етарли (меъёрий) намлик ва ҳароратли муҳит билан таъминланиши керак яъни, қаров ўтказиш жараёни амалга оширилиши лозим. Қаров ўтказиш қотаётган бетоннинг хоссаларига сезиларли даражада таъсир кўрсатади. Тегишлича қаров ўтказилмаса қотаётган бетон юзасида микроёриқлар пайдо бўлиб, бетон тўлиқ қотгач талаб этиладиган мустаҳкамлик, сув ўтказмовчанлик ва бошқа кўрсаткичларга эга бўлмайди.

Бетонга қаров ўтказишга цементнинг гидратланиш ижобий таъсир кўрсатади. Айрим ҳолларда бетон қоришмалари цементнинг тўлиқ гидратланиши учун талаб қилинадиган сувга нисбатан кўпроқ сувни ўзида ушлаб туради. Агар ташқи муҳит ҳарорати меъёрий бўлса, цементнинг гидратланиши бетон қоришмаси жойлаштирилганидан кейин бир неча кун ичида содир бўлади.

Бетонга қаров ўтказиш омиллари фақат цемент гидратланишининг таъминланишидан иборат бўлмасдан, унинг ҳажмий киришиш деформациясини ҳам минималлаштиришдан иборат бўлади. Бетоннинг дастлабки қуйилган кунларидаги ҳажмий киришиш ва ёриқлар ҳосил бўлишини

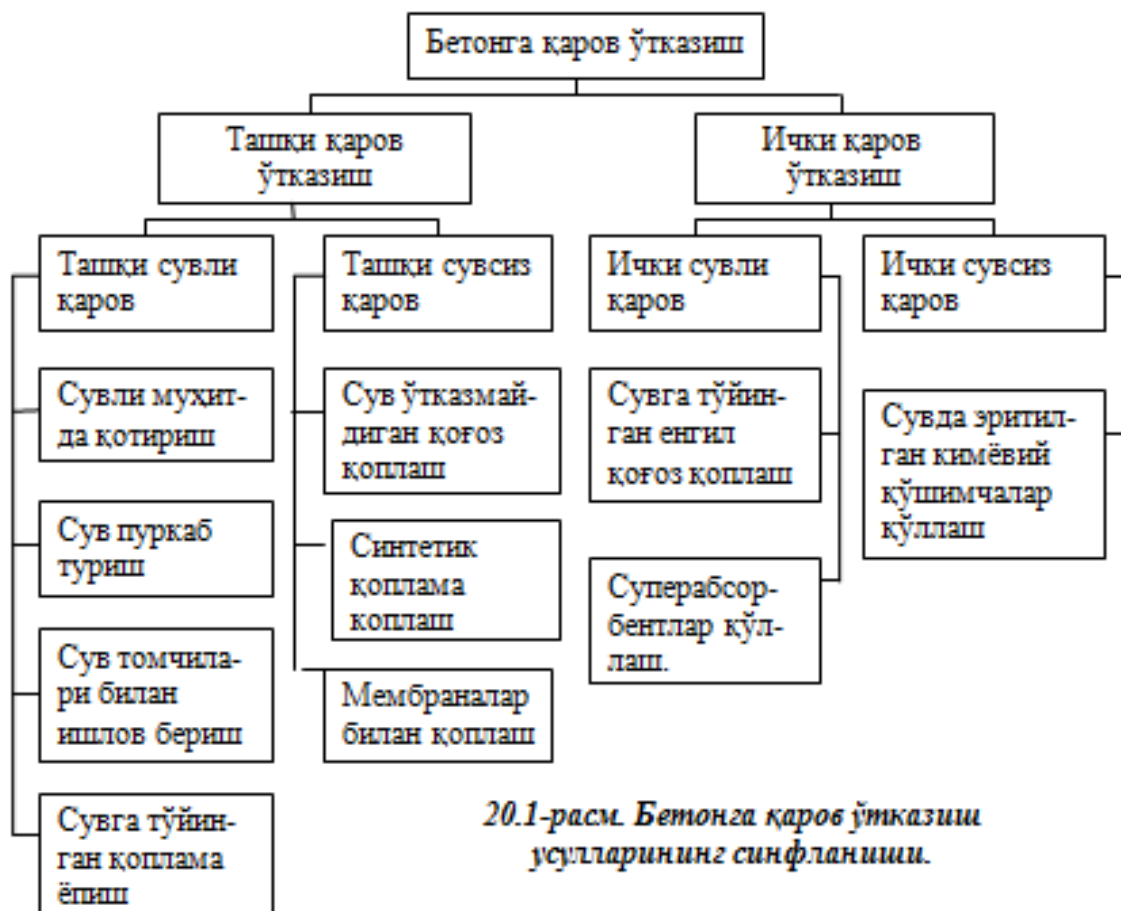
камайтириш усуллари одатда цементни модификациялаш яъни, минерал ва кимёвий қўшимчалар қўшиш ҳамда ишончли қаров ўтказиш орқали амалга оширилади.

Демак, бетонга қаров ўтказиш бетон ишларини бажаришнинг муҳим босқичларидан бири ҳисобланади. Бетонга қаров ўтказишдан кўзланиладиган мақсадларга қуйидагиларни киритиш мумкин:

дастлабки 28 кунгача ва ундан кейин бетоннинг лойиҳадаги мустаҳкамликка эришишини таъминловчи мустаҳкамлиги ортиб бориши учун, зарур бўлган қотишнинг ҳарорат-намлик режимини бир ҳил меъёрда сақлаб туриш;

бетоннинг чўзилишга мустаҳкамлигидан ортиқ бўлган ички зўриқишларни келтириб чиқарувчи ва бунинг оқибатида унинг ёрилишига олиб келувчи анчагина катта ҳарорат-киришиш деформацияларининг олдини олиш ва ш.к.

Бетонга қаров ўтказишнинг синфланиши схематик равишда қуйидаги 20.1-расмда кўрсатилган.



20.1-расм. Бетонга қаров ўтказиш усуллариининг синфланиши.

Кўпчилик анъанавий усуллар “ташқи” қаров ўтказиш услубларига асосланган. Улар ҳам оддий, ҳам юқори мустаҳкам ва юқори технологияли (HSC, HPC) бетонлар учун қўлланилади. Бу усулларга сувли муҳит, сув сачратиш, сувли қопламалар (хўл латта, ёғоч қипиғи ва ш.к), синтетик ҳимоялаш қопламаларини қўллаш кабилар киради. Ташқи қаров усуллари икки гуруҳга бўлинади: сувли қаров (бетон юзасида қўшимча намли муҳит ҳосил қилиш) ва ёпиқ (сувсиз) қаров (намлик йўқолишининг олдини олиш).

Бетонга намли муҳит таъсирида қаров ўтказиш анча самарали ҳисобланади, айниқса оддий бетонлар учун. Бунда албатта бетон керакли мустаҳкамликка эришгунга қадар шундай муҳит таъсирида бўлиб туриши керак. Акс ҳолда бетон юзасида ёрилишлар ҳосил бўлиб қолиши мумкин.

### §20.3.1. Бетонга ички қаров ўтказиш

Кейинги йилларда бетоннинг ҳажмий киришишини камайтиришнинг “ички қаров” принципларига асосланган янги усуллари ишлаб чиқилмоқда. Яъни, бетон таркибида цементнинг тўлиқ гидратланиши учун захира сув сақланиб қолинади.

“Ички қаров” - бу бетонга қаров ўтказишнинг бошқа концепцияси бўлиб, бетонга ташқи қаров ўтказиш концепциясидан сезиларли фарқ қилади. Ички қаров деганда бетон қоришма таркибига қаров ўтказилишига хизмат қилувчи компонент-агентлар тушинилади. Бундай агентлар сифатида бетон қоришмага киритиладиган тўлдирувчилар ёки янги компонентлар (қўшилмалар, махсус тўлдирувчилар) қўлланилади.

Ички қаров ўтказиш ҳам худди ташқи қаров ўтказишдагидек икки тоифага бўлинади: ички сувли қаров, бунда сувли муҳит агент сифатида таъсир кўрсатиб, бетон қоришмасидаги сувни аста-секин чиқариб юборади; ёпиқ ички қаров (сувсиз)-бунда сувсиз агент қотаётган бетондаги сувни ушлаб қолиш ёки йўқолишининг олдини олиш (бартараф қилиш) вазифасини ўтайди.

Нисбатан паст сув-цемент нисбатига эга бўлган НСC ёки НРС бетонларда гидратланиш реакцияси натижасида йирик капилляр-найчаларни тўлдириш учун керакли сув миқдори етарли бўлмайди. Шу сабабли бундай бетонлар учун қўшимча ички сув қўшиш усуллари анча юқори самара беради. Бундай усулда бетоннинг “аутогенли” (курук) ҳажмий киришиши кескин камаяди.

Бетонга сувли ички қаров ўтказиш унинг мустаҳкамлик тавсифларининг анча олдиндан яхшиланишини таъминлайди. Бетоннинг сув ўтказувчанлиги камаяди. Қаров ўтказиш вақти қанчалик кўпроқ давом этса, гидратланиш натижасида ҳосил бўладиган маҳсулотнинг миқдори ҳам ортади ва капиллярлар камаяди.

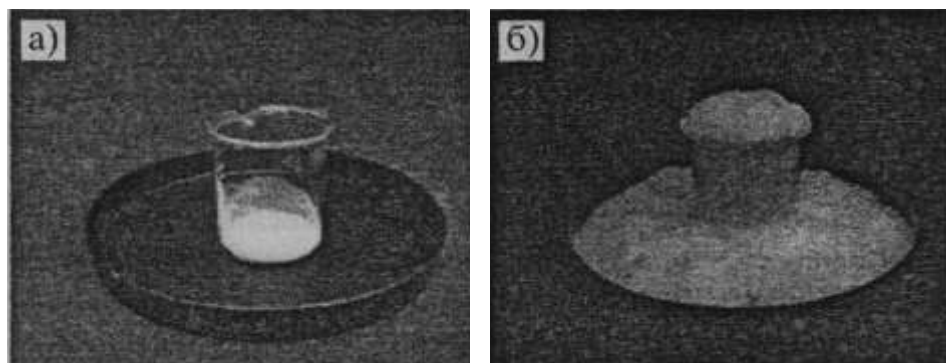
Бетон қоришмасини тайёрлашда пуццоланли қўшилмалар (микрокремнезем, кул чанги, куйдирилган тупроқ, лой ва майда туйилган енгил тўлдирувчилар) қўшилса сувли ички қаров янада самарали бўлади. Бундан ташқари, сувнинг адсорбцияланишини таъминлайдиган сувли ички қаровга ишлатиш концепцияси оддий бетонлар учун яхши йўлга қўйилган. Енгил тўлдирувчидаги адсорбцияланган юқори даражадаги намлик ички қаров учун етарли бўлади ва мураккаб дала шароитларида қотадиган ва ўзига ортиқча қаров талаб қилмайдиган бетонлар олиш имконини яратади. Гидратларнинг шаклланиши жараёнида ушбу қўшимча сув енгил тўлдирувчиларнинг нисбатан йирик ғоваклардан цемент ҳамирининг майда ғовакларга тортилади

(шимилади). Бу эса аутогенли ҳажмий киришишнинг ривожланишини секинлатади, яъни ҳажмий киришиш кучланишлари майда бўш ғовакларнинг ўлчами орқали назорат қилинади.

Олдиндан намланган енгил тўлдирувчиларни ишлатиш орқали ўтказиладиган ички қаров, одатда юқори технологияли бетонларни қўллаганда амалга оширилади. Енгил тўлдирувчининг юпқа фракциялари ички қаровда наминг тарқалишига самарали таъсир кўрсатади.

Айрим енгил тўлдирувчилар айниқса юқори мустаҳкамликка эга бўлганлари, чегараланган сув шимувчанликка (6 % дан 20 % гача) эга бўлади. Бундай ҳолда ички қаровга сарф қилинадиган керакли миқдордаги сувга эришиш учун енгил тўлдирувчилар миқдорини кўпайтириш керак бўлади. Ёки, нисбатан мустаҳкам ва юқори сув шимувчанликка эга бўлган енгил ғовак тўлдирувчилар ишлатилади. Масалан, цемент массасига нисбатан 6 % миқдордаги енгил тўлдирувчи юқори мустаҳкам бетонларнинг аутогенли ҳажмий киришишини тўлиқ бартараф қилади.

Суперадсорбциялаш қобилиятга эга бўлган полимерларни (SAP) ишлатиш орқали бетоннинг тез қуриб қолишининг олдини олиш янги усуллардан бири ҳисобланади (20.1-расм). Бунда SAP полимерлар ўз атрофида анчагина суюқликни “адсорбциялаш” (ютилиш, шимилиш) ва ушбу суюқликларни ўз тузилишида эритмасдан сақлаш хусусиятига эгадир. Ушбу ҳилдаги полимерлар таъсирида сувнинг максимал назарий адсорбцияланиши унинг ҳақиқий оғирлигидан 5000 марта юқоридир.



**20.1-расм. SAP полимернинг сув қўшилмасдан олдинги (а) ва сув қўшилгандан кейинги кўринишлари.**

Сувнинг SAP таъсирида адсорбцияланиши иккиламчи кимёвий боғланишларга асосланади. Кўпчилик SAP полимерлар тўқилган полиэлектролитлар ҳисобланади. Ўзининг ионли табиати ва ички боғланишли тузилишга эга бўлганлиги учун, улар сувни кўп миқдорда адсорбциялайди.

Енгил тўлдирувчиларга нисбатан SAP қуруқ кимёвий қўшилма сифатида ишлатилади ва у қоришмани аралаштириш жараёнида сувни шимиб олади. Шундай қилиб, SAP қўллаш орқали ғовакли тузилиш ҳосил қилиш ва ғовакларни қотаётган бетон танасида бир хил ўлчамда жойлаштириш мумкин.

Бетон қоришмасини аралаштириш жараёнида суперадсорбент зарралари катта миқдордаги сувни адсорбциялайди ва эркин сувли микроқўшилмаларни ҳосил қилади. Ушбу эркин сувлар цементнинг гидратланишида иштирок этади ва цемент матрицаси қуриб қолишининг олдини олади шунингдек, ташқи муҳит таъсиридан ички қаров ўтказилишини таъминлайди. Қаров ўтказишнинг ушбу концепцияси ҳаво ютиш жараёнига ўхшаш бўлади ва бетоннинг совуқбардошлигини таъминлашда қўлланилади. Шу сабабли ушбу жараён “*сувни талаб қилиш*” дейилади.

Бетонга ташқи қаров ўтказиш талаб қилинмайдиган ушбу ички қаров ўтказиш, қўшимча сув қўшиш концепциясига асосланмайди. Ушбу концепция бетон қоришмасини аралаштириш жараёнида сувда эрийдиган кимёвий бирикмаларни қўшишни ичига олади ва улар бетонни қуруқ шароитда ушлаб туришда сувнинг буғланиб кетишининг олдини олади. Сувда эрийдиган полимерлар яъни, гидроксилли (-ОН) ва эфирли (-О-) функционалли гуруҳлар “кимё-ўзини-ўзи бошқариш” (seef-cure chemicae) учун ўрнатилган гуруҳлар талабини қондиради, яъни улар бетондаги сувнинг сақланишини оширади ва цементнинг гидратланиш даражасини тезлаштиради. Ушбу функционалли гуруҳлар орасида ҳосил бўладиган водородли боғланишлар сув буғининг босимини камайтиради ва буғланиб кетишининг олдини олади.

### **§20.3.2. Бетонга ташқи қаров ўтказиш**

Маълумки, бетонга ташқи қаров ўтказишнинг энг кенг тарқалган усуллари билан бири уни узлуксиз намлаб туришдир. Бунда бетоннинг очик юзалари маълум вақт давомида муттасил намлаб турилади. Яъни, бетоннинг юзасига сунъий ёмғир ҳосил қилинади ёки сувни яхши шимадиган материаллар билан қопланади (кейинги пайтларда полиэтилен плёнкалар билан қоплаш орқали гелиокамералар ҳосил қилиш усуллари кенг қўлланилмоқда).

Бетонга ташқи қаров ўтказиш (намлик билан ишлов бериш) асосан икки босқичга бўлинади: бошланғич қаров ва кейинги давомли қаров.

Бошланғич қаров бетон қоришмаси ётқизиб бўлингандан кейин дарров бошланади. бу қаров янги ётқизилган бетонни бевосита қуёш радиацияси ва шамолнинг салбий таъсиридан асрашдан иборат. Бунинг учун бетоннинг очик юза қисмлари намланган материаллар билан ёки нам ўтказмайдиган плёнкалар билан беркитиб қўйилади. Бошланғич қаровнинг давом этиш вақти бетоннинг камида 0,5...0,7 МПа ли бошланғич мустаҳкамликка эришиши учун кетган вақти билан белгиланади.

Бетоннинг пластик киришиш миқдорини шунингдек, сув йўқотишини мумкин қадар камайтириш мақсадида қотаётган бетоннинг очик юзаларига бошланғич ташқи қаровни бетон ётқизиблиб ва пардозланиб бўлинган заҳотиёқ ўтказиш зарур. Пластик киришиш катталиги бошланғич ташқи қаровнинг ўз вақтида ва яхшилаб ўтказилишига боғлиқ. Қаровни бошлашдаги ҳар қандай кечикиш, бетоннинг очик юзаларини сифатсиз беркитиш, шунингдек, қотишнинг дастлабки 4...6 соати давомида тўхтатиб

қўйиш бошланғич киришиш деформациясининг катталашиб кетишига олиб келади.

Бошланғич қаров тугалланганидан сўнг бошланадиган кейинги ташқи қаров бетоннинг қотишига турли ҳил усуллар билан қулай шароит яратишдан иборатдир. Ушбу усулларнинг энг самаралиларига қуйидагилар киради:

буюм ва конструкцияларнинг юза қисмларини сувни яхши шимадиган материаллар, масалан нама, мато, қум, ёғоч қипиқлари ва ш.к. билан беркиштиш ва уларни мунтазам намлаб туриш;

бетоннинг очик текис юзаларини сув қатлами остида тутиб туриш (беркитиб турувчи сув хавзалари усули);

бетоннинг юзасига турли намловчи ускуналар ёрдамида майда томчилар тарзида узлуксиз сув пуркаб туриш (сунъий ёмғир ёғдириш усули). Кейинги қаров, одатда бетон ўзининг лойиҳавий мустаҳкамлигининг 70 фоизига эришганидан кейин ўтказилади. Ушбу қаровнинг давом этиш вақти маҳаллий шароит ва ишлатиладиган материалларни ҳисобга олган ҳолда курилиш лабораториясида белгиланади. Шунингдек, бу қаровнинг давомийлиги маҳаллий ва технологик шароитлардан келиб чиққан ҳолда, қуруқ-иссиқ иқлимли муҳитнинг кейинги таъсири бетонга нам билан ишлов берилмаганда ҳам, унинг мустаҳкамлигини янада ортишига жиддий таъсир ўтказмайдиган бўлгунга қадар давом эттирилади.

Ташқи қаровни тўхтатиш мумкин бўлган бетоннинг нисбий мустаҳкамлиги қиймати унинг таркибига, сув цемент нисбатига, цементнинг ҳили ва фаоллигига ҳамда бошқа омилларга боғлиқ бўлади.

Сувни яхши шимадиган материаллардан тайёрланган ёпқичларни иқлим шароитига қараб шундай намлаб туриш керакки, бунда бетоннинг сирти кейинги ишловгача нам ҳолатда бўлсин.

Бетонга ташқи қаров ўтказишда, унинг очик текис юзаларини сув қатлами остида тутиб туриш йўли билан амалга ошириш ҳам самарали усуллардан бири ҳисобланади. Ушбу усулда қотаётган бетондан 6...7 см кўтарилиб турадиган махсус сув қолипидан фойдаланилади. Бетонга қаровнинг бошланғич даври тугагач, конструкцияларнинг очик юзалари 2...5 см қалинликда сув билан тўлдирилади.

Сув хавзалари усули қўлланилганда бетонга қаров анча осонлашади, бу усулни сув камчил бўлган жойларда ҳам осонгина амалга оширса бўлади. Шунингдек, қотаётган бетонга қаров ўтказишда сарфланадиган сув миқдори анча тежаллади.

Бетон юзаларини тез қуриб қолишдан ва ёрилишдан сақлаш учун кейинги қаров тугалланганидан сўнг унинг устига яна 2...3 кун ёпқич ёпиб қўйи, аммо қўшимча намланмаслик тавсия этилади.

Очик юза модули катта бўлган қоплама-конструкцияларни (йўлак ва автомобиль йўллари, аэродром қопламалари, каналлар ва ш.к.) бетонлашда, нам билан ишлов бериш ўрнига, уларнинг юзаларини парда ҳосил қилувчи махсус таркиблар (асосан оч ранг) билан бўяш мумкин. Буларга битумли эмульсиялар, фуран-эпоксидли смолалар, лок-этиноль кабилар киради. Бунда

1 м<sup>2</sup> бетон юзасини бир марта бўяш учун 0,25...0,35 кг бўёвчи таркиб сарф қилинади.

Пардали ҳимоялаш, бетон учун салбий иқлим таъсирини камайтиришга имкон беради, айрим ҳолларда эса бундай қопламали бетоннинг мустаҳкамлик тавсифлари меъёрий шароитда қотадиган бетонларникидан 15...20 % ортиқ бўлади.

Янги ётқизилган бетон сиртига қопланувчи парда ҳосил қилувчи материалларга нисбатан қуйидаги асосий талаблар қўйилади:

улар бетоннинг сиртига яхши пуркалиши, юзада сув ўтказмайдиган яхлит парда ҳосил қилиши ва ушбу парда бетонни сувсизланишдан ҳам, қизиб кетишдан ҳам ҳимоялаши шунингдек, бетон сиртига мустаҳкам ёпиши керак;

бетон ва арматурани занглатмаслиги ҳамда зарарли бўлмаслиги керак; сақлаш ва ташиш вақтида таркиби бир жинсли (ўзгармас) бўлиши зарур.

Корхона шароитида йиғма темирбетон конструкцияларни тайёрлашда қуруқ ва иссиқ иқлимнинг ноъмақбул таъсири қуйма темирбетон тайёрлашдагига қараганда бирмунча пастроқ бўлади. Бунга бир қатор физик-кимёвий омиллар сабаб бўлади.

Тажрибалардан маълумки, технологик жараёнларни бузиш ва буюмларнинг қаровига доир махсус чораларни кўрмаслик, айниқса очик цехлар ва дала шароитларида конструкциядаги бетон мустаҳкамлигининг 50 % гача камайиб кетишига олиб келади. Шу сабабли йиғма темирбетон корхоналарида иқлим таъсири материаллар ва бетон таркибини танлашда, буюмларни қолиплаш ва уларга иссиқлик билан ишлов беришда, буюмларни омборда сақлаш ва уларга қаров ўтказишда ҳисобга олинмоғи лозим.

Буюмларни қолиплашда бетон қоришмасидаги цемент хамирининг қуюқланиб қолмаслиги учун имкони борича қоришмани қисқа вақт ичида жойлаш зарур. Қўлланиладиган зичлаш усуллари ва механизмларидан тўғри фойдаланилганда талаб қилинган мустаҳкамликка эга бўлган буюм ва конструкцияларни олиш таъминланади.

Қуруқ ва иссиқ иқлим шароитида темирбетон буюмларга иссиқлик билан ишлов беришнинг тури ва режимининг ҳам аҳамияти кам эмас. Бошланғич даврда кимёвий ва механик боғланган сув қанчалик кўп бўлса, бетоннинг кейинги қотиш потенциалининг имконияти шунча юқори ва сувсизланиб қолиши туфайли унинг тузилишининг бузилиш хавфи шунча кам бўлади.

Иссиқлик билан ишлов бериш натижасида бетоннинг физик-механик кўрсаткичлари яхшиланади масалан, буғ билан ишлов берилган бетонларда қориш сувининг камайиб қолиши нам ҳолатда сақлашда 7...13 % қисқаради, қаров бўлмаганда эса табиий шароитларда қотаётган буюмларга нисбатан 27...35 % қисқаради.

Корхоналар, уйсозлик комбинатлари ва дала цехларида йиғма темирбетон буюмларни тайёрлашда иссиқ нам билан ишлов бериб ёки бундай ишлов бермасдан шакллантиришдан сўнг қотириш усуллариининг, уларга таъсири хусусиятларини ҳисобга олиш зарур. Қаров жараёнининг ўзи атроф



муҳит иссиғидан фойдаланиб гидротермал ишлов бериш формаларидан бири сифатида қаралмоғи лозим.

Иссиқ нам билан ишлов бериб қотирилган буюмлар учун қўшимча қаров ўтказишнинг қуйидаги усуллари қўлланилади:

1. Буюмларни сув табиий исийдиган махсус камералар – иссиқлик ховузларида 2...7 кун давомида сақлаб туриш. Бу усул сувга чидамлилиқ ва совукбардошлиқ бўйича юқори талаблар қўйиладиган буюм ва конструкциялар учун самарали қаров ўтказиш;

2. Буюмларни сувни яхши шимадиган материаллар билан беркитиш ва 3...7 кун давомида уларга сув сепиб туриш;

3. Буюмларни намга тўйинган махсус камераларда тутиб туриш ёки доимо ишлаб турадиган намловчи конструкциялар билан жихозланган майдончалар ва омборларга жойланган буюмларга 3...7 кун давомида сув сепиш;

4. Буюмларни сув ўтказмайдиган полимер плёнкалар билан беркитиш. Қолипни ечиб олса бўладиган даражадаги мустаҳкамликка эришган бетон буюмларга иссиқ нам билан ишлов бериш жараёнида улардан қолиплар ечиб олингач, полимер плёнка билан беркитиш зарур. Бундай сунъий камеранинг ичида буюмлар қотишда давом этиб, атроф муҳитнинг ҳароратига боғлиқ холда 6...12 соат давомида талаб этиладиган лойиҳавий мустаҳкамликнинг энг камида 70 % ига эришади.

Атроф муҳит иссиғидан самарали фойдаланиш, бетоннинг қотишини тезлатиш, шунингдек, кундузги ҳамда тунги ҳароратлар орасидаги фарқни камайтириш мақсадида очиқ цех ва дала шароитида қолипланган буюм ва конструкцияларнинг синчларига поливинилхлоридли полимер плёнка тортилган махсус камералар тагида тутиб туриш тавсия этилади.

Кейинги қаров тайёр буюмлар омборида ўтказилади: буюмлар тахланади ва яна плёнкалар билан беркитилиб, то жўнатиш мустаҳкамлигига эришгунга қадар тутиб турилади.

## **§20.6. Бетон ишларини бажаришда меҳнат муҳофзаси ва техника хавфсизлиги**

Бетон ва темирбетон корхоналарида бетон тайёрлаш жараёнларининг барча асосий босқичлари назорат қилиниб борилади. Акс холда бетон қоришмасининг сифати бўйича керакли маълумотларга эришилмайди. Қоришма таркибини назорат қилиб боришда асосий эътибор цемент ва сувни миқдорлашга қаратилиши керак. Айниқса қоришмани қориштириш сифати доимо текширилиб борилиши шарт. Чунки бетон қоригич барабанидан бир жинсли ва сифатли қоришма чиқиши керак.

Ушбу ишларни бажаришда атроф муҳитни муҳофаза қилиш ва меҳнат хавфсизлигини таъминлаш асосий вазифалардан бири ҳисобланади. Масалан, цемент ва тўлдирувчилар омборларида технологик жараёнлар бажарилиши давомида чанг ва газлар ажралиб чиқади шу сабабли атроф-муҳитни химоя

қилиш меҳнат хавфсизлигини таъминлаш ва бошқа масалалар бўйича махсус меъёрий ҳужжатлар ишлаб чиқилган бўлиб, уларда юқоридаги муаммоларни баргараф этиш учун керакли чора-тадбирлар ишлаб чиқилган.

Бетон қоришмасини тайёрлаш жараёнида хавфсиз меҳнат қилиш шароитини яратиш учун керакли қоидаларга риоя қилиш талаб қилинади.

Тўлдирувчилар омборларига ўтиладиган йўлаклар, бетонқоригичларнинг иш майдонлари тоза бўлиши, иш жараёнларининг бажарилишига ҳалақит берувчи тўсиқлар бўлмаслиги керак. Шунингдек, ишловчи барча механизмлар атрофи ёритилган бўлиши лозим. Материалларни узатувчи тасмасимон конвейерлар, кўтарувчи мосламалар, бункерлар ва бошқа ускуналар тўсиқлар билан ҳимояланган бўлиши, электр двигателларнинг корпуси ерга уланган бўлиши керак.

Чанг ҳосил бўладиган ва махсус қўшимчалардан фойдаланиладиган ёпиқ хоналар, цемент омборлари хаво алмаштирувчи ускуналар билан жихозланган бўлиши керак. Айниқса цементни ташиш ва туширишда чанг ҳосил бўлади. Шу сабабли ушбу жараёнларни бажаришда ишловчи ишчилар чангни тутиб қолувчи махсус филтрловчи ниқоблардан фойдаланиш керак. Шунингдек, герметик кўзойнак ва махсус кийим-бошлар ишлатилади.

Бетон қоришмасига кимёвий қўшилмалар қўшишда куйиб қолишдан, айниқса кўз шикастланишидан ва кўнгил айнишидан жуда эҳтиёт бўлиш керак. Бундай эритмаларни тайёрлашда ишчилар сув ўтказмайдиган махсус кийим бош кийими, резина этик, қўлқоп ва ҳимоя кўзойнак тақиши шарт.

Ускуна ва жихозларни тозалаш, мойлаш ва қайта таъмирлаш ишлари улар тўлиқ ишладан тўхтатилгандан сўнг бажарилиши лозим. Айниқса бетонқоригичларни тозалаш ва таъмирлаш ишлари улар тўлиқ ўчирилиб, электр симлари олингач, бажарилиши керак. Бунда шу ускунага “тегинилмасин, таъмирлаш ишлари бажарилмоқда” деб ёзилган огоҳлантирувчи афиша осиб қўйилиши шарт.

Бетонқоригичдан бетон қоришмасини тўқишда барабани секин айлантириб ағдариш керак ва ичидаги қоришманинг тўлиқ тўкилишини кузатиб туриш лозим.

Тасмали конвейер ишлаётган жойлар атрофи энг камида 1 м масофада тўсиқлар билан чегараланган бўлиши керак. Конвейер тасмаси ҳаракатланаётган пайтда унинг барабанини, ролик ва тасмаларини тозалашга рухсат берилмайди.

Цемент сақланувчи бункер ва силос идишлар цементни тўкмайдиган жихозлар билан таъминланган бўлиши керак. Зарур пайтларда ишчилар бункер ичига тушиб, керакли таъмирлаш ишларини бажаришига рухсат берилади. Силос ёки бункер ичида ишловчилар махсус филтрловчи ниқоблар (респиратор) билан таъминланади.

Бетон қоришмасини тайёрлаш, ташиш зичлаш ва ш.к. ишларни бажаришда хавфсизлик техникасидан керакли кўрсатмалар олганидан кейингина ишга қўйилади. Ишчилар махсус кийим бош, пойафзал ва бошқа ҳимоя воситалари билан таъминланиши шарт.

Цех ва ички майдонлар ҳамиша тоза бўлиши лозим. Иш сменаси тугагач, ҳар қайси бригада ўз иш ўрнини тартибга келтириб қўйиши, ортиб қолган материаллар ва ускуналарни йиғиштириб қўйиши зарур.

Цех ва омборлардаги ишчилар юрадиган ҳамда машиналар ўтадиган йўллар тўсиб қўйилмаслиги керак. Тунги сменада иш бажарилаётган жойлардаги иш ўринлари, йўл ва йўлаклар, омборхоналар амалдаги меъ-ёрларга мувофиқ тарзда ёритилиши лозим.

Ер устки қисмида иш бажариладиган майдончалар, ўтиш жойлари, хандаклар доимий ёки вақтинчали панжаралар билан тўсиб (чегаралаб) қўйилиши керак.

Омборлар ва цехларда ортиш-тушириш ҳамда ташиш ишларига мўлжалланган кранлар тегишлича текширилиб ва синаб кўрилганидан кейингина улардан фойдаланиш мумкин. Махсус ўқиган, аттестациядан ўтган ва тегишли гувоҳнома олган ишчиларгина юкларни ортиш-тушириш ишларини бажариши мумкин.

Кран билан кўтариладиган юкнинг массаси краннинг юк кўтариш қувватидан ортиқ бўлмаслиги керак. Юк илдириб бўлинганидан кейин уни тахминан 0,5 м гача кўтариб кўриш, сўнг шу ҳолатда ушлаб туриб, ишончли илдирилганлигини текшириб кўрилганидан кейингина уни яна кўтариш ва силжитиш мумкин.

Электр токи кучланиши 40 Вт дан ортиқ бўлганда электр асбобларнинг корпуси албатта ерга уланган бўлиши шарт. Бунинг учун асбобда ранги ток ўтказувчи симнинг рангидан фарқ қилувчи қўшимча симдан фойдаланилади.

Буюмлар тахланадиган бўлса, тахламлар орасида камида 0,5...0,6 м масофа қолдирилиши лозим. Ер устида ишлатиладиган ортиш-тушириш ва ташиш механизмлари билан энг чеккадаги тахлам орасида камида 1 м кенгликда йўлак қолдириш лозим.

### **Назорат саволлари**

1. Бетон қоришмаси ва бетонга қандай талаблар қўйилади?
2. Иссиқ ва қуруқ иқлим шароитида қотадиган бетон таркиби қандай танланади?
3. Бетон қоришмасини қурилиш майдонига ташиб келтиришда унинг хоссаларига қандай талаблар қўйилади?
4. Бетон қоришмасини ётқизиш ва зичлаш пайтида қандай технологик тадбирлар қўлланилади?
5. Бетон қоришмасини вакуумлаш усулида зичлашда қандай тадбирларга амал қилинади?
6. Бетон қоришмаси ва қотган бетонга қандай қаров ўтказилади?
7. Бетонга ички қаров ўтказиш қандай босқичларни ўз ичига олади?
8. Бетонга ташқи қаров ўтказиш қандай жараёнларни ўз ичига олади?
9. Бетоннинг “аутогенли” ҳажмий киришиши қандай камайтирилади?
10. SAP полимерлари бетоннинг қуриб қолишига қандай таъсир кўрса-

тади?

11. Иссиқ-нам билан ишлов бериб қотирилган буюмлар учун қўшимча қаров ўтказишнинг қандай усуллари қўлланилади?

12. Бетон сиртига суртиладиган парда ҳосил қилувчи материалларга қандай талаблар қўйилади?

13. Бетон қоришмасини тайёрлаш жараёнида меҳнатни мкҳофаза қилиш учун қандай чора – тадбирлар қўлланилади?

14. Ускуна ва жиҳозларни тозалаш ва қайта таъмирлашда қандай ҳавфсизлик тадбирлари қўлланилади?

15. Юк қўтарувчи мосламалар ва электр токи билан ишлаганда қандай техника хавфсизлиги қоидаларига риоя қилиш керак?

### **Қўшимча адабиётлар**

1. Балицкий В. С., Марченко Л. С. Бетонные работы. –К.: Будівельник, 1977.

2. Королев К. М. Производство бетонной смеси и раствора. –М.: Высшая школа, 1973.

3. Руководство по производству бетонных работ в условиях сухого жаркого климата. –М.: НИИЖБ, 1977.

4. КМК 3.01.02-00. Ёурилишда техника хавфсизлиги.

## ИЛОВАЛАР

### Ҳалқаро бирликлар тизимлари, ўнлик кўпайтмалар, ўлчов бирликлар ва физик катталиклар тавсифлари (1-илова)

Ҳалқаро бирликлар тизими (СИ тизимида)

1-жадвал

Катталиклар-нинг номланиши	Ўлчов бирлиги	Белгиланиши	СИ тизими ва бошқа бирликлар ўртасидаги нисбат
Узунлик	Метр	м	$1 \text{ м} = 100 \text{ см} = 1000 \text{ мм}$ ( $10^2 \text{ см}$ ёки $10^3 \text{ мм}$ )
Юза	Метр квадрат	$\text{м}^2$	$1 \text{ м}^2 = 10000 \text{ см}^2 = 1000000 \text{ мм}^2$ ( $10^4 \text{ см}^2$ ёки $10^6 \text{ мм}^2$ )
Ҳажм	Метр куб	$\text{м}^3$	$1 \text{ м}^3 = 1000000 \text{ см}^3 = 10^6 \text{ см}^2$ ёки $10^9 \text{ мм}^3$ $1 \text{ л} = 1000 \text{ см}^3 = 100 \text{ дм}^3$ ёки $1 \text{ м}^3 = (1000/1,000028) \text{ л}$
Вақт	Секунд	Сек	$1 \text{ соат} = 60 \text{ мин} = 3600 \text{ сек}$ ёки $1 \text{ сек} = 1,67 \cdot 10^{-2} \text{ мин} = 2,78 \cdot 10^{-4} \text{ соат}$
Зичлик	Килограм метр куб	$\text{кг}/\text{м}^3$	$1 \text{ кг}/\text{м}^3 = 10^{-3} \text{ г}/\text{см}^3 = 10^{-3} \text{ т}/\text{м}^3$
Тезлик	Метр секунд	м/сек	$1 \text{ м}/\text{сек} = 3,6 \text{ км}/\text{соат}$
Куч (масса)	Ньютон	Н	$1 \text{ Н} = 10^5 \text{ дин} = 0,102 \text{ кг}$ ёки $9,81 \text{ Н} = 1 \text{ кг}$ $1 \text{ кН} = 10^3 \text{ Н}$ ; $1 \text{ МН} = 10^6 \text{ Н}$
Чизиқли тақсимланган куч	Ньютон метрга	Н/м	$1 \text{ кгс}/\text{м} = 9,81 \text{ Н}/\text{м}$ ; $1 \text{ тс}/\text{м} = 9,81 \text{ кН}/\text{м}$ $1 \text{ кН}/\text{м} = 10^3 \text{ Н}/\text{м}$ ; $1 \text{ МН}/\text{м} = 10^6 \text{ Н}/\text{м}$
Босим	Паскаль	Па	$1 \text{ кгс}/\text{м}^2 = 9,81 \text{ Па}$ ; $1 \text{ кПа} = 10^3 \text{ Па}$ $1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па}$ ; $1 \text{ тс}/\text{м}^2 = 9,81 \text{ кПа}$
Механик кучланиш	Мегапаскаль	МПа	$1 \text{ МПа} = 9,81 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ; $1 \text{ кгс}/\text{мм}^2 = 10 \text{ МПа}$ $1 \text{ кПа} = 10^3 \text{ МПа}$
Динамик ковушқоқлик	Ньютон секунд метр	$\text{Н} \cdot \text{сек}/\text{м}^2$	$1 \text{ Н} \text{ сек}/\text{м}^2 = 1 \text{ кг}/\text{м} \cdot \text{сек} = 10 \text{ пуаз}$
Кинематик ковушқоқлик	Метр квадрат секундга	$\text{м}^2/\text{сек}$	$1 \text{ м}^2/\text{сек} = 104 \text{ стокс}$
Иш, энергия, иссиқлик миқдори	Жоул	Ж	$1 \text{ Ж} = 10^7 \text{ ерг} = 0,102 \text{ кг} \cdot \text{м}$ $1 \text{ Ж} = 0,239 \text{ кал} = 0,239 \cdot 10^{-3} \text{ ккал}$ $1 \text{ ккал} = 4,19 \cdot 10^3 \text{ Ж}$

Иссиқлик сифими	Жоул градусга	Ж/град	1 Ж/град = 0,000238 ккал/град 1 ккал/град = 4187 Ж/град
Солиштирма иссиқлик сифими	Жоул килограмм градусга	Ж/кг град	1 Ж/кг град = 0,000238 ккал/кг·град 1 ккал/кг град = 4187 Ж/град
Қувват	Ватт	Вт	1 вт = 0,102 кг·м/сек
Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти	Ватт метр градусга	Вт/м град	1 ккал/м·соат град = 1,163 Вт/м град
Товуш интенсивлиги	Ватт метр квадратга	Вт/м <sup>2</sup>	1 вт/м <sup>2</sup> = 10 <sup>3</sup> ерг/см <sup>2</sup> сек; 1 ерг/см <sup>2</sup> ·сек = 10 <sup>-3</sup> вт/м <sup>2</sup>
Иссиқ ўтказувчанлик, коэффициенти	Ватт метр квадрат градусга	Вт/м <sup>2</sup> град	1 ккал/м <sup>2</sup> соат град = 1,163 вт/м <sup>2</sup> град
Ҳарорат ўтказиш коэффициенти	Метр квадрат секундга	м <sup>2</sup> /сек	1 м <sup>2</sup> /сек = 10 <sup>4</sup> см <sup>2</sup> /сек
Термодинамик ҳарорат	Кельвин градуси	<sup>0</sup> К	1 <sup>0</sup> К = 1 <sup>0</sup> С + 273,15
Нур кучи	Свега	Св	

### Ўнлик кўпайтмалар

2-жадвал

Номи	Асосий ўлчовга нисбати	Белгиланиши	Номи	Асосий ўлчовга нисбати	Белгиланиши
Тера	10 <sup>12</sup>	Т	Сант	10 <sup>-2</sup>	<i>с</i>
Гига	10 <sup>9</sup>	Г	Милли	10 <sup>-3</sup>	<i>м</i>
Мега	10 <sup>6</sup>	М	Микро	10 <sup>-6</sup>	<i>мк</i>
Кило	10 <sup>3</sup>	<i>к</i>	Нано	10 <sup>-9</sup>	<i>н</i>
Гекто	10 <sup>2</sup>	<i>г</i>	Пико	10 <sup>-12</sup>	<i>п</i>
Дека	10	<i>да</i>	Фемто	10 <sup>-15</sup>	<i>ф</i>
Дец	0,1	<i>д</i>	Атто	10 <sup>-18</sup>	<i>а</i>

### Ўлчов бирликлари белгилари

3-жадвал

Катталиқ	Белгиланиши	Катталиқ	Белгиланиши
Ампер	<i>а</i>	Грамм	г
Меърий атмосфера	<i>атм</i>	Жоуль	Ж
Ватт	вт (W)	Дина	дин
Вольт	v	Моль	моль
Калория	кал	Ньютон	Н

Килограмм	кг	Ом	ом
Литр	л	Паскаль	Па
От кучи	л.с	Радиян	рад
Метр	м	Сантиметр	см
Микрон (микрометр)	мк (мкм)	Секунд	сек
Миллиметр, симоб устуни	мм сим.уст	Тонна	т
Минут	мин	Соат	с
Герц	гс	Цельсий градуси	$^{\circ}\text{C}$

### Физик катталиклар белгилари

4-жадвал

Катталик	Белгиланиши	Катталик	Белгиланиши
Водород кўрсаткичи	pH	Қувват	P, N
Вақт	t, τ	Ҳажм	V
Қовушқоқлик	μ, η	Зичлик	ρ
Босим	P	Юза	S
Узунлик	L	Куч	F, P
Электр сиғими	C	Ҳарорат	$t^{\circ}$ , Q
Иссиқлик миқдори	Q	Абсолют ҳарорат	T
Концентрация	n	Иссиқлик сиғими	C
Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти	λ	Тебраниш частотаси	f
Масса	m	Энергия	E, W
Молекулар масса	M	Эластиклик модули (юнг модули)	E
Силжиш модули	G		

### Бетон қоришмаси ва қотган бетоннинг тавсифлари (2-илова)

Турли конструкциялар учун бетон қоришмасининг тавсия этилган  
харакатчанлиги

1-жадвал

Конструкция, буюм тури ва уларни тайёрлаш усуллари	Конус чўкмаси, см	Бикрлик кўрсаткич и, сек
---	-------------------------	--------------------------------

Монолит конструкциялар		
Йўллар замини ва бинолар пойдеворларининг тайёрланган қатлами	0	50...60
Поллар, йўл ва аэродром қопламалари, арматураланмаган массив конструкциялар (тиргак деворлар, массив блоклар, пойдеворлар)	0...2	25...35
Арматураланган массив конструкциялар	2...4	15...25
Ўта оғир бетондан тайёрланган химоя конструкциялари	2...4	15...25
Плиталар, тўсинлар, жойида қуйиладиган йирик ва ўртача устунлар	2...4	15...25
Кўп арматураланган юпқа деворли конструкциялар	4...6	10...15
Бетон ва темирбетон буюмлар		
Тез қолипдан ечиладиган буюмлар (қисман ёки тўла)	0	80...100
Титратмаюкли горизонтал ҳолатда қолипланадиган деворбоп панеллар	0	60...80
Титратмапрокат станларда қолипланадиган темирбетон панеллар	0	50...60

Томон ўлчамлари 10 см куб ва бошқа ўлчамлардаги бетон куб мустаҳкамликлари ўртасида боғлиқлик коэффициенти,  $\alpha$

2-жадвал

Намуна ўлчами	Бетон мустаҳкамлиги, МПа			
	14,0	20,0	30,0	40,0
Куб намуналар				
30x30x30	1,06	1,05	1,05	1,04
20x20x20	1,0	1,0	1,0	1,0
15x15x15	0,96	0,94	0,92	0,9
10x10x10	0,87	0,85	0,83	0,81
7,07x7,07x7,07	0,91	0,88	0,86	0,84
Цилиндр намуналар				
19,5x39	1,24	1,24	1,26	1,28
15x30	1,19	1,2	1,24	1,25

Бетоннинг бир жинслилик коэффициентлари

3-жадвал

Зўриқиш ҳолатининг кўринишлари	Бетон синфлари, В:			
	3...15		20...60	
	А	В	А	В
Ўқи бўйлаб эгилишдаги сиқилиш	0,60	0,55	0,65	0,60
Ўқи бўйлаб эгилишдаги чўзилиш	0,45	0,40	0,50	0,45



Бетон ва бетон компонентларининг асосий физик хоссалари

4-жадвал

Материал ва буюмлар	Зичлиги г/см <sup>3</sup>	Ўртача зичлиги, кг/м <sup>3</sup>	Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти $\lambda$ , Вт/(м <sup>0</sup> С)	Буг ўтказувчан- лик коэффици- енти $k$ , г/м·с·Па
Арболит	-	500-800	0,25-0,3	0,001
Асфальтбетон	2,6	2100-2200	0,81-0,93	0,001
Оғир бетон	2,6	2200-2400	1,04-1,51	0,006
Енгил бетон	2,6	500-1800	0,22-0,7	0,009
Гипс бетон	2,7	750-1300	0,23-0,44	0,014
Гранит	3,0	2500-3000	3,3-3,5	0,004
Темирбетон:				
оғир	-	2200-2500	1,1-1,62	-
енгил	-	1200-1800	0,46-0,81	0,013
Оҳактош	2,6	1600-2100	0,51-1,0	0,010
Чиғаноқтош	2,7	1100-1600	0,29-0,6	0,005
Силикат бетон	2,6	2000-2400	0,64-0,93	0,015
Кўпикбетон	2,4	400-1000	0,16-0,20	0,03-0,05
Газбетон	2,4	400-1200	0,14-0,18	0,03-0,04
Дарё куми	2,6	1500-1700	0,46-0,58	-
Кварц куми	2,8	1500-1600	0,52-0,56	0,016
Оҳак-цементли қоришмалар	2,8	1600-1700	0,58-0,69	0,012
Вулқон туфи	2,8	800-1400	0,21-0,35	0,013
Фибролит	-	250-600	0,09-0,18	0,014
Шлак	3,3	500-900	0,12-0,17	0,029
Шлакли бетон	2,6	1400-1800	0,46-0,70	0,018-0,01

## ГЛОССАРИЙ

(атамаларнинг русча-ўзбекча имловий луғати)

<b>Адгезия</b>	Ёпишқоқликни ифодаловчи кўрсаткич (майда кукунсимон зарраларнинг материал юзасига кимёвий бирикиши)
<b>Агрегат</b>	Агрегат (бир-неча ускунадан иборат мураккаб тузилма)
<b>Адсорбция</b>	Адсорбция (сингиш, ютилиш, шимилиш)
<b>Алюмосиликаты</b>	Алюмосиликатлар (жинс ҳосил қилувчи маъданлар)
<b>Анализ</b>	Тахлил, тахлил қилиш
<b>Аэрация</b>	Аэрация (шамоллатиш, хавосини алмаштириш)
<b>Блок</b>	Блок (бетон блок, пойдевор блоки ва ҳ.к)
<b>Брусчатка</b>	Брусчатка (серқирра ясси тош, бетон)
<b>Бархан</b>	Бархан (қумтепа, майда чўл қуми)
<b>Вискозиметр</b>	Вискозиметр (қовушқоқликни ўлчовчи асбоб)
<b>Гидратация</b>	Гидратация (кимёвий моддаларнинг сув билан бирикиши)
<b>Гидролиз</b>	Гидролиз (моддаларнинг сув таъсирида таркибий қисмларга ажралиши)
<b>Градиент</b>	Градиент (босим, ҳарорат, намлик чегараси)
<b>Датчик</b>	Датчик (босим, намлик, зўриқиш, деформацияланиш ва ҳ.к ўлчовчи, ингичка симлар қоғозга елимланган жихоз)
<b>Деформация</b>	Деформация (материал шакли ва хажмининг ўзгариши)
<b>Диаграмма</b>	Диаграмма (чизма, бирор ўзгаришнинг чизикли акс эттирилиши, масалан, зўриқиш диаграммаси ва ҳ.к)
<b>Динамометр</b>	Динамометр (куч ўлчовчи пружинали асбоб)
<b>Дисперсия</b>	Майдаланиш, бўлакланиш, толасимон
<b>Импульс</b>	Импульс (ички таъсир, тулқин)
<b>Индикатор</b>	Индикатор (соатсимон ўлчов асбоби)
<b>Инерция</b>	Инерция (ҳаракат, мувозанат нисбийлиги)
<b>Интерполяция</b>	Интерполяция (оралиқнинг мос қийматини аниқлаш)
<b>Каландр</b>	Каландр (чиғирли зичлагич)
<b>Каландирование</b>	Чиғирлаб зичлаш
<b>Канат</b>	Сим арқон (пўлат симли арқон)
<b>Канифоль</b>	Канифоль (мўрт шишасимон модда)
<b>Капиллярный</b>	Жуда ингичка (нозик найчалар)
<b>Каркас</b>	Каркас (синч)
<b>Каучук</b>	Каучук (полимерли хом ашё)
<b>Клинкер</b>	Клинкер (сувга чидамли ва куймайдиган сунъий)

<b>Коагуляция</b>	минераллар аралашмаси)
<b>Конгломерат</b>	Коагуляция (суюқ пардали тузилиш)
<b>Компонент</b>	Конгломерат (бирикмали жинслар)
<b>Композицион</b>	Компонент (таркиб)
<b>Конвейер</b>	Композицияли
<b>Конденсат</b>	Конвейер (машина, конструкция)
<b>Конденсация</b>	Конденсат (суюлтирма)
<b>Консервация бетона</b>	Қуюлиш, қуюқлашиш, суюқликка айланиши
<b>Конструкция</b>	Бетонни бузилишдан сақлаш
<b>Консистенция</b>	Конструкция (конструкция)
<b>Консистенция бетонной смеси</b>	Консистенция (зичлик, юмшоқлик, қуюқлик даражаси)
<b>Концентрация</b>	Бетон қоришмасининг қуюқлиги
<b>Концентрация напряжений</b>	Концентрация (тўпланиш, жамланиш)
<b>Макроструктура</b>	Зўриқишларнинг бир нуқтага тўпланиши
<b>Микроструктура</b>	Макротузилиш (материалнинг оддий куз билан кўринадиган тузилиши)
<b>Оптимал</b>	Микротузилиш (материалнинг микроскоп орқали кўринадиган тузилиши)
<b>Параметр</b>	Оптимал (энг қулай, мақбул)
<b>Пенопласт</b>	Параметр (кўрсаткич, ўлчам ва х.к)
<b>Пенополистрол</b>	Пенопласт (серғовак пластмасса)
<b>Пенополиуретан</b>	Пенополистрол (стирол асосида олинган кўпикли материал)
<b>Пеносиликат</b>	Пенополиуретан (юмшоқ кўпикли материал)
<b>Пеношлакобетон</b>	Пеносиликат (оҳақ-қумли серғовак материал)
<b>Пигмент</b>	Ғовакли тошкол бетон
<b>Пикнометр</b>	Пигмент (кукун-буёқ)
<b>Пластификатор</b>	Пикнометр (тажриба асбоби)
<b>Полимер</b>	Пластификатор (юмшаткич)
<b>Полимербетон</b>	Полимер (сунъий хом ашё)
<b>Портландцемент</b>	Полимербетон (полимер боғловчилар асосида олинадиган бетон)
<b>Силикат</b>	Портландцемент (“Портланд” –Англияда хом ашё қазиб олинган жой номи, “Цемент” –тош елими ва биргаликда “портландцемент” деб ном берилган.
<b>Силикат бетон</b>	Силикат (минерал гипс)
<b>Тампонаж</b>	Силикатбетон (оҳақ боғловчили бетон)
<b>Томпонажный портландцемент</b>	Тампонаж (ёпиш, беркитиш)
<b>Тензодатчик</b>	Томпонажли портландцемент
	Тензодатчик (қаршилиқни ўлчовчи махсус пл-

<b>Ферроцемент</b>	ёнкали мослама)
<b>Фибра</b>	Темир–цемент қотишмаси
<b>Фибробетон</b>	Фибр (дисперсли, толасимон материаллар)
	Фибробетон (дисперсли толасимон арматурали бетон)
<b>Фибролит</b>	Фибролит (ёғоч жуни ва цемент хаширидан иборат иссиқ сақловчи материал)
<b>Фракция</b>	Фракция (таркибий қисм)
<b>Фракционирование</b>	Фракциялаш (таркибий қисмларга ажратиш, саралаш)
<b>Цемент</b>	Цемент (тош елими)
<b>Цементация</b>	Цементлаш (цемент ёрдамида мустаҳкамлаш)
<b>Шамот</b>	Шамот (пиширилган лой)
<b>Шихта</b>	Шихта (металлургия хумдони аралашмаси)
<b>Шлак</b>	Шлак (тошқол, куйган жинслар)
<b>Шлакопортланд цемент</b>	Шлакли портландцемент (тошқолли портландцемент)
<b>Щлам</b>	Щлам (майдаланган руда)
<b>Щебень</b>	Чақиқ тош
<b>Экстензометр</b>	Экстензометр (шакл ва хажм ўзгаришини ўлчовчи асбоб)
<b>Эмульсия</b>	Эмульсия (икки хил суюқлик аралашмаси)

## АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Ўзбекистон Республикасининг “Таълим тўғрисида”ги қонуни. Ўзбекистоннинг янги қонунлари. -№17.: Адолат, 2008.
2. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7февралдаги ПФ-4997 сонли “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги фармони.
3. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 20 апрелдаги “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари” тўғрисидаги ПК-2909 сонли қарори.
4. Акрамов Х. А., Нуритдинов Х. Н. Бетон ва темирбетон буюмлари ишлаб чиқариш технологияси. -Т.: Ўзбекистон файласуфлари миллий жамияти нашриёти, 2011.-380 б.
5. Акрамов Х. А., Газиёв У. А. Саноат чиқиндилари асосида бетон ва темирбетон ишлаб чиқариш. -Т.: ТАҚИ, 2012, 80 б.
6. Баженов Ю. М. Технология бетона.- М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007.-528 б.
7. Баженов Ю. М. и др. Мелкозернистые бетоны. -М.: Стройиздат, 1998.-150 б.
8. Баженов Ю. М. Комар А. Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. -М.: Стройиздат, 1984.-672 б.
9. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. -М.: Стройиздат, 1990.- 400 б.
10. Виноградов Б. Н., Влияние заполнителей на свойства бетона. -М.: Стройиздат, 1979.-244 б.
11. Газиёв У. А. Бетон буюмлари ва конструкцияларнинг коррозияси ҳамда ҳимояси. -Т.: ТАҚИ, 2000.-100 б.
12. Газиёв У. А. Отходы промышленности в производстве строительных материалов и изделий. “BROK CLASS SERVIS” МЧЖ, 2016.-262 б.
13. Газиёв У. А., Кадирова Д. Ш. Бетон ва қоришмалар учун кўшимчалар. -Т.: “BROK CLASS SERVIS” МЧЖ, 2016.-262.-155 б.
14. Иванов И. А. Технология легких бетонов на искусственных пористых заполнителях. -М.: Стройиздат, 1974.-180 б.
15. Ицкович С. М., Чумаков Л. Д., Баженов Ю. М. Технология заполнителей бетона. -М.: Стройиздат, 1991.-270 б.
16. Қосимов Э. Қурилиш ашёлари. Маълумотнома. -Т.: “Чўлпон” номидаги НМИУ, 2011.-495 б.
17. Қосимов Э. Ўзбекистон қурилиш ашёлари. -Т.: “ЎАЖБНТ” Маркази, 2003. -203 б.
18. Касимов Э. Долговечный бетон.-Т.: Мехнат, 1997.-208 б.
19. Конопленко А. И. Технология бетона. -К.: Выща школа, 1975.-248 б.
20. Кулдашев Х., Абдусатторов Х. Х., Кулдашева А. Х. Цементбетон йўл қопламалари конструкциялари. -Н.: “Наманган” нашриёти, 2013.-144 б.
21. Кулдашев Х., Саидмуратов Б. И. Бетон қориш ишлари технологияси. С.: СамДАҚИ, 2014. -159 б.

22. Кулдашев Х. Саноат чиқиндилари асосида қурилиш материалларини ишлаб чиқариш. –С.: СамДАҚИ, 2017. -159 б.
23. Коревицкая М. Г. Неразрушающие методы контроля качества железобетонных конструкций, -М.: Высшая школа, 1989.-78 б.
24. Москвин В. М., Иванов Ф. М., Алексеев С. Н., Гузеев Е. А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. -М.: Стройиздат, 1980.-250 б.
25. Миронов С. А., Малинский Е. Н. Основы технологии бетона в условиях сухого жаркого климата. -М.: Стройиздат, 1985. -316 б.
26. Попов Л. Н. Технология железобетонных изделий в примерах и задачах. -М.: Высшая школа, 1987.-192 б.
27. Пунагин В. Н. Основы проектирования составов бетона. -Т.: Узбекистан, 1983.-152 б.
28. Руководство по подбору составов тяжелого бетона. -М.: Стройиздат, 1979.-160 б.
29. Руководство по применению химических добавок в бетоне. -М.: Стройиздат, 1981.-80 б.
30. Самигов Н. А. Қурилиш материаллари ва буюмлари. -Т.: “Чўлпон” номидаги НМИУ, 2013.-320 б.
31. Самигов Н. А., Хасанова М. К., Зокиров Ж. С., Комилов Х. Х. Қурилиш материаллари фанидан мисол ва масалалар тўплами. -Т.: Турон-икбол, 2005.-160 б.
32. Самигов Н. А. Карбамид полимербетон. –Т.: ТАСИ, 1993.-76 б.
33. Сизов В. П. Проектирование составов тяжелого бетона.-М.: Стройиздат, 1979. -148 б.
34. Соломатов В. И. Технология полимербетонов и армополимербетонных изделий.- М.: Стройиздат, 1984.-144 б.
35. Сорокер В. И. Примеры и задачи по технологии бетонных и железобетонных изделий. -М.: Высшая школа, 1972.-295 б.
36. Ступаков Г. И. Бетоны на мелкозернистых песках для промышленного и гражданского строительства. -Т.: Фан, 1986.-104 б.
37. Султанов А. А., Тўлаганов А. А., Мелиев О. А., Қурбонов Т. Ю ва бошқалар. Қурилиш материаллари ва металлар технологияси. -Т.: “Ўзбекистон” ИПТД, 2013.-495 б.
38. Слесарев Ю. М. Приготовление бетонной смеси и строительного раствора. -М.: Высшая школа, 1989. -160 б.
39. Тўлаганов А. А., Камилов Х. Х. Теплоизоляционный арболит. I, II часть. -Т.: ТАСИ, 2011.-306 б.
40. Тўлаганов А. А., Камилов Х. Х., Вохидов М. М., Султанов А. А. Замонавий қурилиш материаллари, буюмлари ва технологиялари. –С.: “Зарафшон” нашриёти ДҚ, 2015. -140 б.
41. Тўлаганов А. А. Строительные материалы разработанные в Узбекистане. –Т.: Навруз, 2015. -87 б.
42. Усмонов В.Ф. Темирбетон конструкциялари элементларини ҳисоблаш асослари.- С,: “СамДАҚИ”, 2009.-137 б.

43. Указатель нормативных документов для строительства (По состоянию на 1 января 1998 г). Отраслевая система стандартизации в строительстве Республики Узбекистан. Издание официальное. –Т,: “Фан”, 1998.-79 б.

44. Чоцшиев К. Ч. Технология полимербетонов с использованием барханных песков. -Ашхабад. Илым, 1983.-232 б.

45. Шестоперов С. В. Контроль качества бетона. –М.: Высшая школа, 1981. -247 б.

46. Styk H. Bulding materials and products. Seince-book. England. Londjn. EACI, 2011. -124 p.

47. Concrete tehcnology. Standarts of bulding construction. 2015. -220 p.

48. Ravash Raja. Reinforced concrete texnologe. 2001. -111 p.

49. Mark Kidman. Texnologe of concrete.2000.-550 p.

50. www. Concrete and its texnologe.

51. www. Concrete.

:

**Кулдашев Холжигит**  
**Абдусатторов Хасан Холиқович**  
**Кулдашева Азиза Холжигитовна**

## **БЕТОН ТЕХНОЛОГИЯСИ**

Олий ўқув юртлари „Архитектура ва қурилиш“ таълим соҳаси, “Қурилиш материаллари, буюумлари ва конструкцияларини ишлаб чиқариш” таълим йўналиши талабалари учун ўқув қўлланма

Босишга рухсат этилди: 2018. Ҳажми 27 босма табоқ.  
Бичими 60x84 1/16. Офсет усулида оқ қоғозга чоп этилди.  
Times New Roman гранитураси. Адади 50 нусха.  
Буюртма № .