

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM  
VAZIRLIGI**

**Ashrabov Anvar Abbasovich,  
Raupov Choriqul Salixovich**

**TRANSPORT INSHOOTLARI KONSTRUKSIYALARINING  
YUQORI MUSTAHKAMLI POLIMER MATERIALLAR  
YORDAMIDA REABILITATSIYASI**

O'quv qo'llanma

O'quv qo'llanma 5A340603—«Ko'priklar va transport tonnellaridan  
foydalanish» mutaxassisligi talabalari uchun mo'ljallangan

Toshkent – 2013

UDK 624. 21.072.012. 4.04

O'quv qo'llanmada temirbeton ko'priklar elementlarini kuchaytirish va tiklashda qo'llanadigan materiallar, shu jumladan ko'priklar qurilishida ishlatiladigan beton va zamonaviy polimer kompozitli materiallar, ularning qo'llanish sohalari, hamda fizik-mexanik xossalari, nuqson va shikastlanishlarning sinflanishi, temirbeton va metall ko'priklardagi chirishlar to'g'risidagi ma'lumotlar, temirbeton ko'priklar elementlarini tiklash va kuchaytirish usullari keltirilgan.

Mazkur o'quv qo'llanmada prof. A.A.Ashrabov ilmiy rahbarligida o'tkazilgan ko'priklar oraliq qurilmalarining temirbetonli to'sinlarini yuk ko'taruvchanligi, bikrligi va yoriqbardoshligini tajribaviy va nazariy tadqiqotlarining natijalari, hamda ko'priklar temirbeton konstruksiyalarini matoli polimer kompozitli materiallar bilan kuchaytirish bo'yicha ishlab chiqilgan amaliy taklif va tasiyanomalar ham keltirilgan.

O'quv qo'llanma 5A340603–«Ko'priklar va transport tonnellaridan foydalanish» mutaxassisligi talabalari uchun mo'ljallangan.

Rasmlar – 59; jadvallar – 18; adabiyotlar – 18.

Tuzuvchilar: t.f.n., dos. **Raupov Ch.S.**,

t.f.d., prof. **Ashrabov A.A.**,

Taqrizchilar: A.O.Eshonxo'jayev – t. f. d., prof., TAYI ning

«Ko'priklar va transport tunnellari» kafedrası  
mudiri;

O'.E.Raxmonov – t.f.n., ToshTYMI ning

«Ko'priklar va tunnellar» kafedrası dotsenti.

O'quv qo'llanma «Ko'priklar va tunnellar» kafedrası majlisida ma'qullangan va institut o'quv–uslubiy kengashi tomonidan tasdiqlangan.

© Toshkent temir yo'l muhandislari instituti, 2013 y.

## KIRISH

Ko'priklar beton va temirbeton konstruksiyalarining foydalanishdagi ishonchliligini oshirish va uzoq muddat xizmat qilishiga erishish transport qurilishi sohasidagi eng muhim vazifalardan hisoblanadi. O'ttiz yil va undan ham ilgari qurilgan ko'p sonli temirbeton ko'priklar kapital ta'mirlash va tiklashni talab etadi [32].

Ko'priklar infratuzilmaning o'ta muhim inshootlari tarkibiga kirib, transportning xalq xo'jaligida faoliyat ko'rsatishi nuqtai nazaridan yirik ahamiyatga ega. Bugungi kunda yuk va ta'sirlar ortib borishiga bog'liq ravishda ko'priklarning yuk tushadigan konstruksiyalariga tobora yuqori talablar qo'yilmoqda:

- vaqt bo'yicha yukning ortishi;
- kimyoviy moddalar (reagentlar va boshqa faol moddalar) ta'siri;
- mexanik yuklar;
- dinamik yuklar (nisbatan yuqori harakat intensivligi, horg'inlikka chidamlilik).

Ko'pincha o'ta noyob, qimmat, tarixiy jihatdan muhim ahamiyatga ega bo'lgan konstruksiyalardan ishonchli foydalanish talab etilib, ularni qayta yig'ish (demontaj) yoki almashtirish ta'mirlashga nisbatan ancha qimmat tushadi, yo buning umuman iloji yo'q. Qurilish konstruksiyalarini ugleplastik yordamida kuchaytirish bugungi kunda ularni tiklash va ekspluatatsion tavsiflarini yaxshilashning eng "ehtiyotkor" chorasi hisoblanadi.

Ko'pgina mavjud temirbeton ko'priklarning yuk ko'tarish imkoniyati qoniqarsiz bo'lib, buning sabablari quyidagilardir:

- oddiy va oldindan kuchaytirilgan armaturaning jiddiy zanglashi (chirish);
- vaqt bo'yicha yukning o'zgarishi;
- loyihalashdagi xatoliklar;
- qurilish me'yor va qoidalarini o'zgarishi;
- jadal ravishda nuqsonlar yuzaga kelishi;
- qoniqarsiz seysmobardoshlilik.

So'nggi vaqtda ko'prik inshootlarini qurish va ulardan foydalanish muammolari tobora dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Bu O'zbekiston Respublikasi yo'llaridagi transport oqimi keskin ortishi bilan bog'liq. Mos ravishda, ko'prik inshootlariga tushadigan yuklar ham ortib ketdi. Bundan tashqari, beton konstruksiyalardan foydalanishda tabiiy omillar ham jiddiy ahamiyat kasb etadi. Shu sababli ko'priklarning uzoq muddat xizmat qilishi masalasi bir necha umumlashtirilgan tarkibiy qismga ega bo'lib, ular qatoriga ma'naviy, mexanik va fizik-kimyoviy eskirishni kiritish mumkin. Hozirgi kunda inshootlar birinchi navbatda ma'naviy jihatdan eskiradilar.

O'tgan asrning 50-yillaridan boshlab, yo'l quruvchilar kapital ko'prik inshootlari barpo eta boshladilar. Oltmish yil mobaynida ko'prik konstruksiyalariga tushadigan yuklar 3,2 marotaba, gabaritlar esa – 180% ga oshdi [7]. Biroq, yuklar ortishi bilan birga barcha inshootlar bo'yicha ularning muddatidan ilgari yemirilish faktlari qayd etilgan.

Bugungi kunda ko'priklarni rekonstruksiya qilish va qayta tiklash muammosi kechiktirmay hal etilishini talab etmoqda. Yo'llardan harakatlanish jadalligining ortishi va tashilayotgan yuklar miqdorining ortishi ekologiya vaziyatining yomonlashuvi bilan birga ko'prik inshootlarining ishonchliligiga xavf tug'diradi. Ko'priklar holatining keskin yomonlashib borishi deyarli barcha mamlakatlar va iqlimiy hududlarda qayd etilgan. Biroq Rossiya va Yevropa mamlakatlari 15-20 yil ilgari transport vositalari umumiy miqdori ortishiga tayyorgarlik ko'ra boshlab, buni davlat investitsiyalari yordamida aksar ko'priklarni qayta qurish orqali amalga oshirganlar [10]. Bizda esa yomonlashish moyilligi me'yoriy hujjatlar nomukammalligi va inshootlar tegishli qarovga muhtojligi tufayli rivojlanib bormoqda.

Mahalliy va xorijiy me'yorlarni taqqoslash shuni ko'rsatdiki, bizning me'yorlarda bir qadar kamroq qo'zg'aluvchan foydali yuk ko'zda tutilib, ularning ishonchlilik ko'rsatkichi ham 20...30% ga kamroq ekan [25]. Shuningdek yuk tushadigan konstruksiyalar va ular uchun materiallarga qo'yiladigan talablar ham qat'iy tartiblashtirilmagan. Ko'prikning xizmat qilish muddati unga "risoladagi

kabi saqlash”ga ham bog’liq. Bunday talab ko’priknining loyihadagi xizmat muddatini aniqlash bo’yicha mahalliy me’yorlarda qayd etilgan bo’lib, biroq davlat me’yorlari darajasida u shakllantirilmagan va faqat idoraviy yo’riqnomalar bilan muvofiqlashtiriladi [25]. Uzoq muddat xizmat qilishni kafolatlaydigan “risoladagi” foydalanish konstruksiyalarni o’z vaqtida chirishga qarshi himoyalash, ko’prik polotnosini ta’mirlash, gidrozolyatsiya va tayanch qismlarini vaqti-vaqti bilan almashtirish, suv ketqazish qurilmalarini ishchi holatida tutishni nazarda tutadi. Ilgariroq qurilgan ko’priklar yuk ko’tarish imkoniyati va gabaritlariga ko’ra KMK 2.05.03.97 “Ko’prik va trubalar” talablarini qoniqtirmaydi, chunki ular qatnov qismining eni 8 m dan tor bo’lib, ularda xavfsizlik polosasi yo’q [25].

***Oqibatlar sabablari.*** Ko’prik konstruksiyalarining zaif jihati shundaki, XX asrning ikkinchi yarmida yuqori mustahkamli materiallarni, ammo kichikroq kesimli konstruksiyalarni qo’llash bilan bog’liq. Sobiq sho’ro davrida loyihachilarni konstruksiyani imkon qadar yengillashtirishga majbur qilishgan bo’lib, bu ko’priklar xizmat muddatining qisqarishiga sabab bo’ldi [25]. Mahalliy loyihalash me’yorlari ko’priklarning xizmat muddatlarini tartibga solmaydi va hatto eng mukammal (asosli) me’yorlar ham kuch ta’sirlari va materiallar fizik-mexanik xossalarning o’zgaruvchanligini to’liq hisobga ololmaydi. Ko’priklarning yana bir salbiy xususiyati – ularda yig’ma konstruksiyalardan foydalanganligida. Statistika shu ko’rsatdiki, ayniqsa temirbeton ko’priklar yomon ahvolda ekanligidan dalolat beradi, yig’ma ko’priklar monolit (yaxlit) ko’priklarga nisbatan xizmat muddati kamroq ekan. Progonli inshootlarning yig’ma va monolit (yaxlit) variantlarda yasalgan, butunlay bir xil bo’lgan konstruksiyalarini qiyoslaganda, ular texnik holatidagi katta farq mavjudligi hayron qoldiradi: deyarli barcha monolit (yaxlit) konstruksiyalar yig’malariga nisbatan yaxshiroq saqlanib qolgan. Bu hodisaning asosiy sababi konstruksiyalarning yig’maligida emas, balki birikma tugunlarining bajarilish sifati, betonlar tarkibi, yaqinda yotqizilgan betonga ishlov berish texnologiyasida bo’lsa kerak. Ko’prik inshootlari halokatlarining [25] ishda keltirilgan sabablari ham e’tiborga loyiq [25]:

- loyihalash me’yorlarining yaxshi ishlanmaganligi – 4%;

- noqulay loyiha yechimi, loyiha xatolari – 25,1%;
- materiallar sifati pastligi – 6%;
- tayyorlash va montaj nuqsonlari – 48,3%;
- noto'g'ri saqlash – 15,7%;
- boshqa sabablar – 0,3%.

Vaziyatning [25] ish muallifi tomonidan qilgan tahlili ko'priklar qoniqarsiz holatining sabablarini umumlashtirish imkonini berdi.

1. Hisobiy bo'lmagan (yuk ko'tarmaydigan) konstruksiyalar uchun materiallar sifatiga qo'yiladigan me'yoriy talablar yo'qligi, va an'anaviy tarzda ularga bepisand munosabatda bo'lish. *O'n yillar davomida ko'prik polotnosini mustahkamlash (armaturalash) uchun bitum muhitida to'laligicha erib ketadigan shishasimon mato qo'llanib kelinib, bitumning o'zi bir necha mavsum ichida shunchalik eskiradiki, suv uchun to'siq vazifasini umuman o'tamay qo'yadi. Temirbeton konstruksiyalarni zanglash (chirish) ga qarshi himoya qilish umuman ko'zda tutilmagan bo'lib, metall konstruksiyalar uchun qalinligi me'yorlar bo'yicha Yevropa mamlakatlarida qabul qilingan me'yoriy ko'rsatkichlarning uchdan birini tashkil etadi. Suv qochirgichlarning konstruktiv yechimlari, odatda, yuklar darajasiga nomuvofiqdir.*

2. Qurilish ishlarining, ularning mavsumdan tashqari, operatsiyalar orasidagi texnologik oraliqlarni buzilishi bilan bog'liq past darajada bajarilishi.

*So'nggi hol ko'p jihatdan qurilishni biron-bir tantanali sanaga yakunlash talabi bilan belgilanib, afsuski, bu narsa hozirga qadar amal qilib kelmoqda.*

3. Ko'priklarni tadqiq etish va joriy ta'mirlashni bajarishga oid qabul qilingan muddatlarning buzilishi. Buning sabablari – mablag' yetishmasligi, maxsus xizmatlar yo'qligi, ko'prik ta'mirlash uchun yopilganida muqobil (alternativ) o'tish yo'llari yo'qligi.

*Ekspertlar aytishicha, joriy ta'mirlash ishlari har yili bajarib borilganida bir yilda bir birlik mablag' sarflansa, 20 yilga kechiktirilgan ta'mirlash ishlarida inshootni normal holga keltirish uchun 125 birlik sarflashga to'g'ri keladi [25].*

4. Ko'prik bo'ylab harakatni cheklab qo'yishi, hattoki uni yopib qo'yishi ham

mumkin bo'lgan mustaqil ekspert organining yo'qligi. Oqibatda bir kunda o'n va yuz minglab odamga xizmat ko'rsatadigan ko'priklar qarovsiz qolmoqda.

***Ko'priklarni qanday qilib saqlab qolish mumkin?*** Dastavval, ko'priklar texnik diagnostikasiga yangicha yondashish lozim. Faqat o'z ichiga 20 ga yaqin testni olgan har tomonlama tadqiqotlar asosida ko'prik inshootini rekonstruksiya qilish yoki ta'mirlash yuzasidan to'g'ri qaror qabul qilish mumkin [25]. Bunday tadqiqotni amalga oshirish uchun zamonaviy uskunalari va yuqori malakali mutaxassislar xizmatidan foydalanish talab etiladi. Afsuski, bugungi kunda temir yo'llar qurilishi sohasida ana shunday uskunaga ega bo'lgan bironta ham ko'prikni sinash tashkiloti yo'q, chunki uning narxi juda qimmat. Shuningdek, ko'priklarni rekonstruksiya qilish va ta'mirlash loyihalari ko'pincha zamonaviy talablarga javob bermaydi. Ko'p jihatdan buning sababi eskirib qolgan me'yoriy bazada bo'lib, u zamonaviy texnologiyalar, materiallar va konstruksiyalarning (geoto'qimalar, geopanjaralar, gofrlangan metall konstruksiyalar, polimer va sintetik materiallar, betonga qo'shimchalar) joriy etilishiga yo'l qo'ymayayotganligiga ham e'tibor qaratish kerak. Bundan tashqari, loyiha tashkilotlari ko'priklarni ta'mirlash loyihalarini ishlab chiqish tajribasiga ega emaslar, chunki shu paytgacha yangi inshootlarni loyihalashtirish, namunaviy loyihalarni moslashtirish bilan shug'ullanib kelganlar. Ko'priklarni ta'mirlashni loyihalashtirishda esa har bir inshootga alohida yondashish, konstruksiyalarni zamonaviylashtirish, yangi materiallarni qo'llash, oqibatda, ishlar an'anaviy qiymatining ortishi talab etiladi. Zamonaviy texnologiyalarni tezkor tatbiq etish zaruratini hisobga olgan holda tegishli vazirliklarga amaldagi me'yorlar bilan muvofiqlashtirilmagan masalalar yuzasidan muvaqqat me'yoriy hujjatlarni tasdiqlashni topshirish maqsadga muvofiq bo'lar edi. Bunda quyidagi muammolar eng yaqin vaqt ichida hal etilishi lozim:

- me'yoriy bazani zamonaviy talablar darajasiga yetkazish;
- ko'priklar yuk tushadigan elementlarining, ayniqsa qo'shimcha yangi konstruksiyalar qurib rekonstruksiya qilishda, qoldiq resursini yuksaltirish;
- ko'priklar eski va yangi elementlarining birgalikda ishonchli ishlashini

ta'minlash;

- temirbeton konstruksiyalarning yoriqbardoshlilikini kuchaytirish;
- rezina tayanch qismlarining uzoq muddat xizmat qilish va ularni almashtirish texnologiyasi muammosini hal qilish;
- suv toshqinlari tufayli yuzaga kelgan, tayanchlar poydevorlari ishonchliligi va qirg'oqlarni mustahkamlashga oid muammolarni hal qilish;
- ko'priklarni ta'mirlash va rekonstruksiya qilishga oid iqtisodiy muammolarni hal qilish.

Birinchi navbatdagi masalalar quyidagilardir:

- ko'priklardan foydalanish ishonchliligini nazorat qilib boradigan mustaqil inspeksiyanı yaratib, unga hukumat darajasida vakolatlar taqdim etish;
- ko'prik qurilishida O'zbekistonda sertifikatıadan o'tmagan materiallar qo'llanishini taqiqlash.

Bugungi kunda rekonstruksiya qilish va kuchaytirish ulkan vaqt va moliyaviy sarfni talab qilgani sababli, ko'prik bo'ylab harakatni cheklamagan holda ishlarni bajarish imkonini beradigan maxsus zamonaviy materiallar birinchi o'ringa chiqadi.

*Akustik emissiya uslubini qo'llagan holda ko'priklarni texnik diagnostika qilish* ko'priklarning temirbeton qismlarida nuqsonlar paydo bo'lishiga ta'sir ko'rsatadigan omillarni tadqiq etish maqsadida ko'p mamlakatlarda faol joriy etilmoqda, chunki bu diagnostikaning ma'lum usullari orasida eng ko'p ma'lumot beradigan turidir [9]. Shikastlanishsiz nazoratning an'anaviy turlaridan farqli ravishda akustik emissiya usulida qayd etilayotgan maydon ob'ektning o'zi tomonidan hosil qilinadi va ushbu vaqtda ro'y berayotgan hamda kelgusida kutilayotgan jarayonlar to'g'risida to'liq hajmli axborotga ega bo'ladi. Olingan natijalar jiddiy mulohazalarga sabab bo'ladi. Ko'priklarning asosiy qismi 40–60 yil ilgari qurilgan. Ularning o'rtacha xizmat muddati – 50 yil, maksimal muddati esa – 105 yilga teng [9].

# **BOB I. TEMIRBETON KO'PRIK ELEMENTLARINI TIKLASH VA KUCHAYTIRISHDA ISHLATILADIGAN MATERIALLAR**

## **1.1. Ko'prik inshootlarida ishlatiladigan beton**

Yuqoridagi fikrlarga qaramay, bugungi kunda eng nozik masala – beton masalasidir. Gap shundaki, O'zbekistonning iqlim sharoitida qator o'ta noxush ta'sir ko'rsatadigan omillar mavjud. Tabiiy jarayonlar sement tarkibiga jiddiy ta'sir ko'rsatib, avtotransport tomonidan chiqarilayotgan karbonat angidrid gazi esa betonning kislotaga tufayli (chirishi) zanglashiga sabab bo'ladi. Betonga bu kabi ko'rsatilgan fizik-kimyoviy ta'sirlar uning jadal yemirilishiga olib keladi. Sementbeton yemirilishi jarayonini sekinlashtirish uchun u quyidagi xossalarga ega bo'lishi lozim: agressiv reagentlar uchun qarshilik ko'rsata olish, yuzasining pishiqligi va mustahkamligi, yoriqlarga yuqori bardoshlik, shuningdek sovuqqa va turli-tuman deformatsiyalarga nisbatan bardoshlik. Barcha keltirilgan xossalarga sof klinkerli sementlarni ulardan foydalanish hamda sement toshining maksimal zich, suyuqlik kira oladigan oraliqlarni qoldirmay, materialning o'zida kapillyar-uzlukli pufakchalar hosil qilgan holdagi tuzilmasini shakllantirish hisobiga ega bo'lish mumkin [7].

Betondan foydalanish muddatini uzaytirish va sement toshining suyuqlik kira olmaydigan tuzilmasini shakllantirish maqsadida sement qorishmalarini tayyorlash texnologiyasida maxsus qo'shimcha – superplastifikatorlarni qo'llash talab etilib, ular havoni o'ziga jalb etib, sementning qotish jarayonini sekinlashtirishga xizmat qiladi. Bundan tashqari, beton yuqori chastotali vibratsiyani qo'llagan holda yotqizilishi (zichlantirilishi) lozim.

Yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan betonni tayyorlash texnologiyasining o'ta muhim elementlaridan biri – mikrokremniy tuproqli to'ldirgichlardan foydalanish hisoblanadi. Mikrokremniy tuproqdan yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan beton olishda faol foydalanilib, butun dunyodagi qurilish ishlarida ko'pdan

beri ishlatilib kelinadi. Mikrokremniy tuproqdan betonning tarkibiy qismi sifatida osmono'par binolar qurilishida birinchi bo'lib amerikaliklar foydalana boshlaganlar. Bu holda binoning barcha kommunikatsiya inshootlari asosiy qismi yotqizilgan monolit betondan tayyorlangan [7].

Ko'prik konstruksiyalariga xizmat ko'rsatishning yakuniy bosqichi – muhitning zararli ta'siriga duch keladigan betonning ochiq yuzalarini gidroizolyatsiya qilish bilan bog'liq muhofaza tadbirlari. Turli-tuman shimdirmalar, surtmalar, yelimplamalar va h.k. Yana bir narsa, betonning qotish rejimi omili o'ta muhim ahamiyatga ega: beton ichidagi harorat  $40^{\circ}\text{S}$  dan, namlik esa 90 dan oshmasligi kerak. Yuqori sifatli beton ana shunday yo'l bilan olinadi [7].

Endi bevosita ko'prik konstruksiyalari qurilishiga o'tamiz. Beton tayyorlashda beton uzellarining o'zida beton inshootlarining pishiqligi va xolatiga bevosita ta'sir ko'rsatadigan ko'plab omillar qo'shimcha ravishda yuzaga keladi. Bunday omillarga: beton qorishmasi tarkibiy qismlarini noaniq dozalash, joyning iflosligi va changlanganligi, betonni tayyorlash joyidan qurilish joyiga tashish yo'lining uzoqligi (beton tarkibiga uning qotish jarayonini sekinlashtiradigan maxsus qorishmalar qo'shilmagan bo'lsa, tashish davomida beton sifati ancha yomonlashib, bu qotish rejimining buzilishiga sabab bo'ladi). Shuning uchun betonni tayyorlash, tashish, yotqizish va uning qotishi bilan bog'liq barcha texnologiya bosqichlarida nazorat ta'minlanishi shart.

## **1.2. Ko'prik inshootlarini kuchaytirishda ishlatiladigan zamonaviy kompozitsion polimer materiallar**

XX asrning 80-yillari oxiriga kelib jahon amaliyotida qurilish konstruksiyalarini uglerod, aramid, poliefir tolalar, shishatola, shuningdek RVO (poliparafenil benzobisokzallar) tolalari asosidagi kompozitsion polimer materiallarni qo'llagan holda tashqi tarafdin armaturalash (kuchaytirish) keng qo'llana boshlandi [1–4, 8, 10–12, 15–24, 28–31, 33–35].

Shu bilan birga, po'lat armaturaning chirishga qarshi bardoshlilikini ta'minlash qiyin bo'lgan o'ta agressiv muhitlarda ishlatiladigan muhim inshootlardagi metall bo'lmagan armatura yordamida kuchaytirilgan beton konstruksiyalarni qo'llash ham ancha kengaydi. Bundan esa ba'zi mahsulot va inshootlarning magnitlanishga va dielektrik xoslarini ta'minlash zarurati yuzaga keladi. Bundan tashqari, kelajakda po'latga bo'lgan ehtiyojning to'xtovsiz o'sib borishini, doim kamyob bo'lib kelgan legirlovchi qo'shimchalarni ta'minlash uchun yaroqli rudalar zaxirasining cheklanganligini ham hisobga olish kerak [23].

Yuzaga kelgan muammolarni kimyo sanoatining jadal rivojlanishi tufayli amalda hal qilish imkoniyati paydo bo'ldi. Hozirda metall bo'lmagan armaturani oldindan kuchaytirish (taranglash) qo'llanilmoqda [22]. Rossiyada temirbeton ko'priklarni kuchaytirishda qo'llaniladigan tolalarning asosiy fizik-kimyoviy tavsiflari 1.1-jadvalda keltirilgan [10].

1.1-jadval

Tolalar tavsiflari

Material	Elastiklik moduli E, GPa	Cho'zishdagi mustahkamlik chegarasi $\sigma_r$ , MPa	Uzilishdagi deformatsiyasi $\epsilon_r$ , %
E-shisha	70...80	2000...3500	3,5...4,5
Ugletola (yuqori elastikli)	390...760	2400...3400	0,5...0,8
Ugletola (yuqori mustahkamli)	240...280	4100...5100	1,6...1,73
Aramid-tola	62...180	3600...3800	1,9...5,5
RVO	270	5800	2,1

Fizika fani nuqtai nazaridan kuchaytirish uchun ugletolalar hamda RVO tolalari asosidagi kompozitlarni qo'llash istiqbolli hisoblanib, chunki ular uzilishga mustahkamligi yuqori bo'lishi bilan birga po'lat armatura bilan bir xil elastiklik moduliga ham ega (1.1-jadval) [10].

Ko'prik konstruksiyalarini kompozitsion materiallar bilan kuchaytirish ularni temirbeton konstruksiyalarning maxsus yuzasiga yopishtirishdan iborat bo'lib, bu

ular vaznini deyarli og'irlishtirmagan holda zarur mustahkamlik bilan ta'minlaydi.



Shisha tolali polimer material



Ikki yo'nalishli ugleplastikli polimer material



Sterjen (o'zak)li va plastinasimon polimer material

1.1-rasm. Turli polimer materiallar

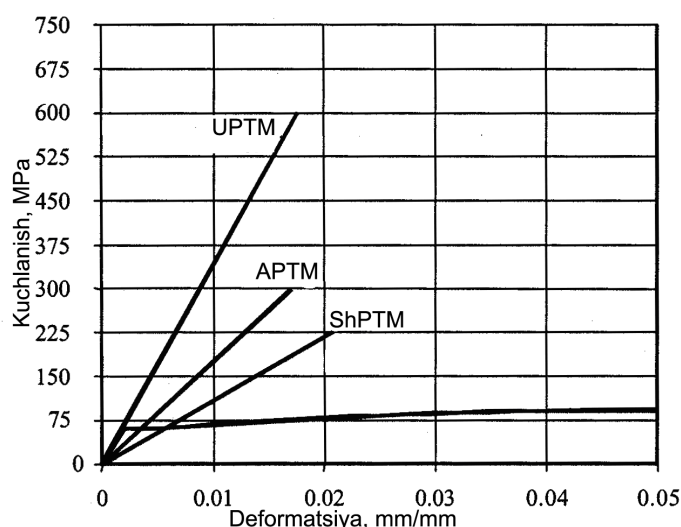
Ilk marotaba polimer tolali material (PTM) listlari shikastlanishlangan konstruksiyalarni kuchaytirish va tiklash uchun 1991 yili, Shveysariyada qo'llangan bo'lib, so'ng AQSh, Yaponiya, Rossiyada muvaffaqiyat bilan davom ettirildi. 1997 yilga kelib dunyoda 1500 tadan ortiq beton konstruksiyalar tashqi tomonidan PTM bilan kuchaytirildi /33, 34/. PTM listlaridan foydalanish so'nggi o'n yil ichida va bugunga kelib keskin ortib, unga bo'lgan talab butun dunyoda uzluksiz ortib bormoqda. Ular sanoatning barcha tarmoqlari, xususan kosmos, dengiz transporti va qurilish sanoatida keng qo'llanish topdi.

Kompozit materiallarining xossalari ko'plab omillarga bog'liq. Ulardan eng muhimlari – tolaning tipi va yo'nalishi. PTM – polimerli smola tarkibida ishlaydigan katta miqdordagi o'ta pishiq ingichka tola (ip yoki to'qima)lardan tashkil topgan kompozit tolali material.

Polimer tolali materiallarni uch guruhga birlashtirish mumkin: ugleplastikli, shishaplastikli va aramidplastikli (1.1-rasm). Barcha ana shu materiallarni sotib olish mumkin. Ugle- va shishaplastikli PVM lar po'latga nisbatan olti barobar mustahkamroq va besh barobar yengil (1.2-rasm) /33, 34/.

Bu tolalar diametriga nisbatan yuzlab marta uzun bo'lgan ipsimon moddadan iborat. Armaturalaydigan tolalar maksimal samarador-likka erishish uchun muayyan foiz hisobi va yo'nalishda hamda ishlab chiqaruvchi spetsifikatsiyalariga muvo-fiq matritsa tarkibiga kiri-tilishi mumkin. Tolalar turli konfiguratsiyaga ega bo'lishi mumkin:

a) bir yo'nalishli, unda barcha tolalar bir tomonga qarab joylashgan; b) ikki yo'nalishli, unda tolalar bir-biriga nisbatan perpendikulyar joylashgan; v) tasodifiy yo'nalishli, unda tolalar tartibsiz ravishda joylashgan bo'ladi.



1.2-rasm. PTM va po'lat uchun «kuchlanish–deformatsiya» diagrammasi

Shisha plastik tolali materiallarning (ShPTM) yaxshi jihati shundaki, ular katta xarajat talab qilmaydi, cho'zilishga mustahkam va yaxshi izolyatsiyalash xossalari ega /38/. ShPTM 0,79...3,18 mm o'lchamli tirqish orqali quyma massani siqib chiqarish orqali tayyorlanadi. Shishaplastik tolalarni ikki turga ajratish mumkin:

a) E A, C, E–CR tipidagi tolalar, ular 70 GPa elastiklik moduli va 1000...2000 MPa mustahkamlikka ega; b) R, S va AR tipidagi tolalar, ular 85 GPa elastiklik moduli va 2000...3000 MPa mustahkamlikka ega.

Ugleplastik tolali materiallar (UPTM) fazilatlari qatoriga ularning yuqori solishtirma mustahkamligi; bo'ylama va ko'ndalang issiqli kengayish koeffitsiyentining pastligi; horg'inlik yuklariga kam ta'sirchanligi; yaxshi

kimyoviy qarshilikka ega ekanligini kiritish mumkin. UPTM larning asosiy tavsiflari:  $\gamma = 1900 \text{ kg/m}^3$ ,  $Y_e = 230 \dots 300 \text{ GPa}$ ,  $R = 3000 \dots 5000 \text{ MPa}$  /39/. UPTM shishaplastik va aramidplastik tolalilarga nisbatan yuqori mustahkamlik va bikrlikka ega bo'lib, issiqli kengayish koeffitsiyenti pastroq.

Aramidoplastik tolali materiallar (APTМ) o'tga bardoshli, organik erituvchilar, yoqilg'i va moylarga nisbatan chidamli bo'lib, bo'ylama yo'nalishda manfiy va radial yo'nalishda esa – musbat issiqli kengayish koeffitsiyentiga ega /1/. APTМ – juda qattiq organik sintetik tola hisoblanib, yuqori darajada mustahkamligi (3000 MPa gacha), elastiklik modulining pastligi (60...120 GPa) va juda kichik zichligi ( $1400 \text{ kg/m}^3$  atrofida) bilan ajralib turadi /39/.

APTМ ikki toifaga ega: birinchi toifa elastiklik moduli – ShPTМ kabi (60...70 GPa), ikkinchi toifa elastiklik moduli esa – birinchisiga nisbatan ikki marotaba katta. APTМ ning o'ziga xos xususiyatlari – ularning solishtirma mustahkamligi va bikrligi.

Bir yo'nalishli APTМ cho'zilishga yuqori (1200...1400MPa) va siqilishga esa nisbatan past (230 MPa ga yaqin) mustahkamlikka ega.

Polimer birikmalar smolasi (smolai)ni ikki toifaga ajratish mumkin: termofaol va termoplastik smolalar. Termofaol smola yuqori haroratda tayyorlanganida qiyin eriydigan va erimaydigan materialga aylanish xususiyatiga ega. Termoplastik smola tegishli harorat o'zgarganida ko'p marotaba qattiqlashish va yana yumshoqlashish xususiyati bilan ajralib turadi. Birikmalar tarkibida qo'llanadigan eng oddiy termofaol smolalar – epoksidli smola, poliester va vinilester. Ular izotrop material bo'lib, tolalar o'rtasida yukni qayta taqsimlash imkonini beradi. Smola matritsasi tolalar va atrof muhit o'rtasida himoya to'sig'ini shakllantirib, oksidlanishning oldini oladi va chirish jarayonini namlik va kimyoviy moddalardan saqlaydi.

Epoksid smolalar termofaol plastiklarning muhim sinfini tashkil qiladi /39/. Ular eng qo'p qo'llanilib, konstruktiv plastik sifatida qabul qilingan. Ishlab chiqaruvchi (Sikadur 330) qo'llanmasiga muvofiq, epoksid smola xossalari quyidagicha: bog'lovchi mustahkamligi – 4 MPa; cho'zishga mustahkamligi – 30

MPa; elastiklik moduli – 3,800 MPa. PTM listlarining zichligi po'lat zichligining 20% ga teng bo'lib, vazni – xuddi shu mustahkamlikka ega bo'lgan po'lat plastinalar vaznidan 10% ga yengil.

Texnologiyani joriy etishning texnik-iqtisodiy samaradorligi temirbeton oraliq qurilmalarini yangi konstruksiyaga almashtirish o'rniga ularni kuchaytirish qo'llanganidagi tejalgan mablag'dan kelib chiqadi. Bir temir yo'l ko'prigi oraliq qurilmasini almashtirish qiymati [23] ma'lumotlariga ko'ra 270000...540000 AQSh dollariga teng. Bir temir yo'l ko'prigi oraliq qurilmasini zamonaviy kompozit materiallar bilan kuchaytirish uchun esa 135000...270000 dollar sarflanar ekan. Bir temir yo'l ko'prigi oraliq qurilmasidan tejalgan mablag' 975000...1890000 dollarni tashkil qilishi mumkin.

Xorijiy tajriba tahlili yuk tushadigan konstruksiyalarni kuchaytirishda kompozit materiallarni qo'llashning maqsadga muvofiqligi va yaqqol samaradorlikka egaligidan dalolat beradi. Kuchaytirish uchun kompozitsion material turini tanlash foydalanish shart-sharoitlari hamda kuchaytirilayotgan konstruksiyaning nima uchun mo'ljallanganligidan kelib chiqib tanlanadi. Kompozitsion materiallarning temirbeton konstruksiyani kuchaytirishda jiddiy ahamiyatga ega bo'lgan fazilatlaridan biri – ularning yemirilishga qadar elastik deformatsiyalanishi bo'lib, ya'ni ular plastik xususiyatga ega bo'lmay, ularning uzilishi (yemirilishi) ham mo'rtlik ko'rinishda bo'ladi. Shuning uchun temirbeton elementlarni kompozit materiallar bilan kuchaytirishni loyihalashda ushbu materiallar bilan birga qo'llanadigan beton va po'latning elastik deformatsiya qiymatlari cheklab qo'yilishi talab etiladi [23]. Shuningdek kompozitsion materialning elastik deformatsiyasi kuchaytirilayotgan konstruksiyada zo'riqlashning qayta taqsimlanishiga ko'maklashmasligini yodda tutish kerak.

Ba'zi hollarda egiluvchi temirbeton konstruksiyalar uchun oldindan zo'riqtirilgan kompozitsion materiallardan foydalanishga yo'l qo'yiladi. Oldindan zo'riqtirilgan kompozitsion material polosalarini qo'llash zo'riqtirilmaganlari oldida qator ustunliklarga ega [23]: kuchaytirilayotgan konstruksiyaning qarshilik momenti kattalashadi, yoriqlar hosil bo'lish jarayoni sekinlashadi, kuchaytirish

materialining kichikroq kesimli bo'lishi talab etiladi, temirbeton konstruksiyaga tushishiga ruxsat etiladigan yuk ham kattalashadi. Biroq jiddiy kamchiliklardan biri sifatida ishlar texnologiyasi murakkablashuvi tufayli ish qiymati va mehnattalabligining ortishi hamda qo'shimcha asbob-uskunalar qo'llanishi, ishlar davomiyligining ortishini ko'rsatish mumkin [23].

Ko'tarish imkoniyati hamda foydalanishga yaroqlilikni oshirish, shuningdek foydalanish va transport xarajatlarini kamaytirish, konstruksiyalarni kuchaytirish maqsadida, asosan, ajoyib fizik-mexanik xususiyatlarga ega bo'lgan ugletola asosidagi kompozit materiallar qo'llaniladi.

Seysmobardoshlilikni oshirishda shishatola asosidagi yedirilishga bardoshli mato so'zsiz ustunlikka ega. Ko'prik tayanchlarini transport shikastlanishlaridan himoya qilish zarurati tug'ilganida kevlar tolasi asosidagi matolar qo'llaniladi.

Zika kompaniyasi (Shveysariya) ko'priklar qurilishi va ularni qayta tiklash sohasida faol ish olib bormoqda [12]. Kompaniyaning ko'prik qurilishi va ta'miri uchun mo'ljallangan materiallari va ilg'or texnologiyalari Rossiyadagi o'nlab ko'priklar va yo'l o'tkazgichlar qurilishi va rekonstruksiyasida muvaffaqiyat bilan qo'llangan va qo'llanilmoqda [10].

Temirbeton konstruksiyalarni polimer materiallar yordamida kuchaytirishni qo'llangan material turlariga qarab sinflash (tasniflash) mumkin [10]:

- suyuq polimer (epoksid) tarkiblar (bir- va ko'p komponentli);
- epoksid tarkib shimdirilgan uglerod tolali plastinalar;
- yuqori darajadagi mustahkam uglerod tolali qoplamalar (polosalar va polotnolar);
- polimerlarning armaturalangan tolalaridan tashkil topgan xivich (simli o'rama).

XX asrning so'nggi o'n yilligida jahon qurilish amaliyotida bino va inshootlarni rekonstruksiya qilish va qayta jihozlashda sanoatning yuksak texnologiyalar bilan ishlaydigan, masalan aerokosmik kabi sohalari yutuqlarini qo'llash hollari ko'paydi. Shu bilan birga buyurtmachilarning ishlar muddatini

qisqartirish hamda sifatini oshirishga bo'lgan talablari qattiqlashuvi kuzatilmoqda. Shu sababli, XX asrning 90-yillari boshida "ZIKA" (Sika®) (Shveysariya), BBR (Shveysariya), Freyssine (Fransiya) kabi yirik xorijiy kompaniyalarning qurilish (birinchi navbatda temirbeton) konstruksiyalarini kuchaytirish amaliyotiga sintetik yuqori mustahkam tolalardan yasalgan elementlarni tatbiq qilishga intilishi mantiqqa muvofiq bo'lib ko'rinadi [10, 12].

Ugletolalar asosidagi kompozitlarni tatbiq etish jarayonida ularni qurilish konstruksiyasida ishonchli mahkamlash muammosiga duch kelindi. Armatura elementining mahkamlanishi uning konstruksiya ishiga qo'shilishini ko'zda tutib, tushgan kuchning qayta taqsimlanishiga ko'maklashishi, texnologik bo'lib, uzoq muddat xizmat qilishini ta'minlashi kerak edi. Eng muvofiq mahkamlash tizimi montaj uchun qo'llanadigan maxsus epoksidli yelim qo'llanishini o'z ichiga oladi.

***Kuchaytirish uchun qo'llanadigan materiallar*** [10, 12]. Shveysariyaning "ZIKA" [10, 12] kompaniyasi tomonidan suv dispersiyasi asosida ishlab chiqilgan epoksidli tarkiblarni qurilish konstruksiyalarining hatto nam yuzasiga ham qo'llash mumkin [10, 12].

Shveysariyaning "ZIKA" firmasining «**Zika karbodur**» tizimi ham yuksak talablarga javob beradi. O'zining universalligi va texnologiyabopligi sababli u jahon qurilish amaliyotida keng qo'llanilmoqda.

Kuchaytirish tizimi asosan to'sin va to'sinli plitalarning 50 t ga qadar oraliq eguvchi momentlarini qabul qila oladigan turli kesimli "Zika karbodur" «**Zika karbodur**» ugleplastik polosalari, to'sinli konstruksiyalardagi ko'ndalang kuchlarni qabul qilish uchun mo'ljallangan G-simon «**Zika karbosher**» xomutlari, egiladigan va nomarkaziy siqilgan konstruksiyalardagi asosiy cho'zuvchi kuchlanishlarni qabul qila oladigan ugletoladan tashkil topgan «**Zika karbovrapp**» to'qilgan mato (xolsti) ko'rinishidagi armatura elementlarini o'z ichiga olgan [10, 12].

Bikrlik va yoriqbardoshlilikni oshirish uchun ugleplastik armaturani dastlab taranglatish mumkin. Temirbeton konstruksiyalarni kuchaytirish usulini ishlab chiqishda kuchaytirish elementlarini tashqi muhitning agressiv ta'siridan himoya

qilish hamda ularning kuchaytirilayotgan konstruksiya bilan birga ishlashini ta'minlash muammolarini hal qilishga to'g'ri keladi.

Muhim (mas'ul) temirbeton konstruksiyalarni kuchaytirish uchun mo'ljallangan ugleplastikli tizimda armaturali mahsulotlarning uch turi mavjud:

1. Eguvchi moment ta'siri zonasidagi to'sin konstruksiyalarini kuchaytirish uchun «**Zika karbodur**» ugleplastik polosalari.

2. Ko'ndalang kuch ta'siri zonasidagi egiluvchi konstruksiyalarni kuchaytirish uchun «**Zika karbosher**» G-simon xomutlari.

3. Bir tomonlama armaturalashni qo'llash, ko'ndalang kuchni qabul qilish va halqa (oboyma) xosil qilish uchun ugletoladan to'qilgan mato.

Yuqorida aytib o'tilgan tashqi armaturalash elementlari, temirbeton konstruksiyada ugletola bilan birga yetkazib beriladigan yuqori mustahkamli epoksidli kompaund yordamida mahkamlanadi. Ugleplastikli armatura elementlari qo'llanishining samaradorligi yuzani tayyorlash hamda beton yuzasiga yelimlash sifati bilan belgilanadi.

Kuchaytirish tizimi betonga kamida 2,0 MPa adgeziyaga ega bo'lgan, bug' o'tkazadigan, nam yuzalarga (yuza namligi 4% dan ortiq bo'lmaganida) ham qo'llanishi mumkin bo'lgan polimersement qorishmalarni qo'llagan holda beton ta'mirlash texnologiyasini o'z ichiga oladi.

Yana bir, nisbatan zamonaviy yondashuv "temirbeton konstruksiyalarning eguvchi va qirqish yuklariga ko'tarish qobiliyatini kompozit yordamida kuchaytirish" nomini oldi. Bu yerda temirbeton konstruksiyalar ham zavodda ishlab chiqarilgan (laminatlar), ham bevosita qurilish ob'ektida to'qilgan mato (polosa, xolstlar)lardan ularni maxsus polimer tarkiblar (asosan epoksid asosidagi) bilan shimdirish va yelimlash orqali yaratilgan kompozit materiallar bilan kuchaytiriladi [10].

Temirbeton konstruksiyalar yuk ko'tarish qobiliyatini kompozitli kuchaytirish, an'anaviy metall yordamida kuchaytirishga nisbatan ko'prik inshootlarini ta'mirlash uchun ajratilgan mablag'ning 20% ga qadar qismini tejash imkonini beradi [10].

Ushbu materiallarning qo'llanish sohasi shikastlanishlanmagan, biroq kuchaytirilishi talab etilgan temirbeton konstruksiyalarga oiddir. Bu inshootlarni rekonstruksiya qilinishi (shu jumladan yo'nalishini o'zgartirish bilan bog'liq) natijasida ekspluatatsion yuklarning ortishi bilan ham bog'liq. Bundan tashqari, yuklar sanoat ob'ektlari konstruktiv elementlari ishi sxemalarining o'zgarishi tufayli ham ortishi mumkin.

Kompozitsion materiallarni foydalanish jarayonida shikastlanishlangan (himoya qatlamining "otib ko'chirish", armatura va betonning chirishi, yoriqlar, loyihada ko'zda tutilmagan salqiliklarning mavjudligi va h.k.) temirbeton konstruksiyalarni tiklashda ham qo'llash mumkin. Ana shunday tiklash natijasida mazkur konstruksiyalarning foydalanish xossalari saqlanib, ularning xizmat qilish muddati uzayadi. Buni polimerbeton kompozitlarning nisbatan yuqori mustahkamligi, suv o'tkazmasligi, ko'plab kimyoviy omillar ta'siriga bardoshlilik bilan izohlash mumkin.

Kompozitsion materiallarning kamchiliklari hisobiga ularning o'tga chidamsizligi, ultrabinafsha nurlanish ta'sirida xossalarining o'zgarishi, erkin deformatsiyalanishi cheklangan sharoitda yoriqlar yuzaga kelish ehtimolini kiritish kerak. Ushbu materiallarning fizik-mexanik xossalari ularni harorat o'zgarishlariga nisbatan sezuvchan bo'lishidir. Yuqori haroratda ularning o'z-o'zidan deformatsiyalanishi ancha ko'payishi mumkin.

Quyida temirbeton konstruksiyalarni kuchaytirish uchun mo'ljallangan materiallar ro'yxatini keltiramiz (**Zika** kompaniyasi ma'lumotlariga ko'ra).

Sika® kompaniyasi – maxsus va qurilish kimyosi sohasida faoliyat yurituvchi xalqaro konsern. Konsernning ishlab chiqarish, sotish va texnik xizmat ko'rsatishga ixtisoslashgan sho''ba korxonalarini jahonning 80 dan ortiq mamlakatida ish yuritmoqda. Sika® kompaniyasi gidroizolyatsiya, germetizatsiya, yelimlash, tovush izolyatsiyasi, binolar va muhandislik-texnik inshootlarni kuchaytirish va himoya qilish jahon bozorida yetakchi hisoblanadi. Sika® kompaniyasining sho''ba korxonalarida 10 000 dan ortiq kishi ishlaydi.

**SikaTop®-Armatec® 110 EpoCem®**– sement-epoksid asosidagi 3-

komponentli qorishma bo'lib, tarkibida chirishga qarshi ingibitorlari mavjud. Armaturani chirishdan himoyalash hamda eski va yangi beton o'rtasida adgeziya qatlami hosil qilish uchun qo'llanadi.

- Chirishdan ishonchli himoya.
- **Sika® MonoTop®** ta'mirlash qorishmalari uchun yelimlovchi qatlam.
- Eski va yangi betonni ulash uchun ular orasida adgeziya qatlami hosil qilish.

**Sika® MonoTop®-610**– armaturani chirishdan himoya qilish va eski va yangi beton o'rtasida adgeziya qatlami hosil qilish uchun sement va polimerlar asosidagi 1-komponentli qorishma.

- **Sika® MonoTop®** ta'mirlash qorishmasi bilan ishonchli adgeziya.

• **Sika® MonoTop®-612/614** bilan birga betonni dinamik yuklar ostida ta'mirlash uchun maxsus mo'ljallangan.

**Sika® MonoTop®-612/614**–beton siniqlari va nuqsonlarini tiklash va ta'mirlash uchun mo'ljallangan, sement va polimerlar asosidagi 1-komponentli qorishma.

- Dinamik yuklar ostida qo'llash uchun maxsus ishlab chiqilgan.
- Yuqori darajadagi mustahkamligi va agressiv moddalarga qarshi chidamliligi.

**SikaGrout®-311/-314/-318**–1-komponentli kengayuvchan quyib turiladigan qorishma.

- O'ta yuqori mustahkamlik.
- Tez qotishi.
- Shaklni tez va butunicha to'ldirishi (o'z-o'zini tekislaydigan va kengayuvchan tarkib).

- Analoglariga nisbatan narxi past.

**SikaTop®-106 ElastoCem**–2-komponentli elastik shpaklevka, polimerlar bilan modifikatsiyalangan.

- Betonli qurilish elementlarini ta'mirlash uchun.
- Sovuqbardoshli va tuzga qarshi chidamlili.

**Sikafloor®-81/-82/-83 EpoCem®**–gorizontal yuzalar uchun 3-komponentli o'z-o'zini tekislaydigan ta'mirlash qorishmasi.

- O'z-o'zini tekislaydigan va zichlaydigan tortgich (styajka).
- Hidroizolyatsiya jihozlash uchun vaqtinchalik to'siq.

**SikaCem®-Gunit 133**–torkretlash uchun 1-komponentli ta'mirlash qorishmasi.

- Betondan tayyorlangan qurilish elementlarini ta'mirlash uchun, maxsus.

**Sikadur®-41**–epoksid smola asosidagi 3-komponentli ta'mirlash qorishmasi.

- Tutqich (perila) to'sig'i ustuncha (balyasina)larining montaji.

**Sikadur®-52/-53**–tarkibida eritgich bo'lmagan 2-komponentli in'eksiya materiali, qum bilan qorishtirilib, betonni ta'mirlash va tiklash uchun ishlatiladi.

- Yoriqlarni in'eksiyalash va ankerlash, shu jumladan suv ostida ham.

**Sikadur®-42**–3-komponentli epoksidli, quyib turiladigan qorishma.

• Po'latdan yasalgan oraliq detallarni quyish uchun, masalan, yo'lning qatnov qismidan o'tish joylari uchun.

- Yuqori darajadagi mustahkamlik va yuklarga chidamlilik.

**Sikadur®-12**–PMMA smolalar asosidagi 2-komponentli ta'mirlash uchun mo'ljallangan tez qotadigan quyma qorishma.

**SikaTop®-122 SL**–1-komponentli sintetik shpaklevka.

• Sikagard® himoya qoplamalari uchun tirqish to'ldirgichi va shpaklevka vazifasini o'taydi.

**Sikagard®-720 EpoCem®**–epoksid-sement asosidagi 3-komponentli shpaklevka.

• O'ta yuqori darajadagi adgeziya va suv o'tkazmasligi tufayli betonni ishonchli himoyalashi.

- Qo'shimcha ishlov va parvarish talab qilmaydi.

- Hidroizolyatsiya

**Sikadur®-186**–2-komponentli epoksidli praymer, ko'prik qatnov qismining plitasi uchun.

Keyin ustidan gidroizolyatsiya yotqizish uchun.

**Sistema Sikadur®-Combiflex®**—choklarni germetizatsiya qilish tizimi, yuqori elastik xaypalonli polosa va 2-komponentli epoksid yelimdan tashkil topgan.

- Ishchi va deformatsiya choklari germetizatsiyasi.
- Yoriqlar, zich bo'lmagan choklar germetizatsiyasi.

**Sikalastic®-821/-822**—2-komponentli suyuq poliuretan membrana.

Yuzalarning qaynoq asfalt, beton, qorishma kabilar ostiga yotqiziladigan juda barqaror va uzoq muddat xizmat qiladigan gidroizolyatsiyasi.

**Sika® Ergobit**—Rulonli polimer-bitum gidroizolyatsiyasi, ko'priklarning qatnov qismi uchun.

- Germaniya temir yo'llarining ZTV-ING me'yorlariga muvofiq, 7-qism, 1-bo'lim.

**Icosit® Elastomastic TF**—Epoksid-poliuretan yedirilishga chidamli material, ko'priklar gidroizolyatsiyasi uchun.

- Finish (so'nggi) qatlam sifatida qo'llanishi mumkin.
- Benzin va yaxlashga qarshi tuzlar ta'siriga chidamli.

**Icosit® Haftmasse**—elastiklashtirilgan epoksid smola asosidagi izolyatsiya materiali.

- Benzin va yaxlashga qarshi tuzlar ta'siriga chidamli, Rossiyada 10 yildan beri muvaffaqiyat bilan qo'llanmoqda.

**Icosit®Elastomastik Pronto**—PMMA asosidagi material.

- Qish mavsumida gidroizolyatsiya bo'yicha ishlarni amalga oshirish imkonini beradi.

- Betonni chirishdan himoyalash.

**Sikagard®-545 W Elastofill/550 W Elastic 526**—yoriqlarni germetizatsiyalash va beton yuzalarini uzoq muddatli himoyalash uchun 1-komponentli himoyalash tizimi.

Suv bug'larini o'tkazish xususiyatiga ega, CO2 diffuziyasiga chidamli.

**Sikagard®-Gidrofobizatsiya**—namlik kirishidan himoyalash uchun suv o'tkazmaydigan shimdirmalar.

Sikagard®-702 W Aquaphob: yuqori singib borish xususiyatiga ega bo'lgan suyuq shimdirma.

**Sikagard®-680 S Betoncolor**– akril-dispersiya asosidagi 1-komponentli himoya qoplamasi.

- Ayniqsa Sika® MonoTop®-620 shpaklevkasi bilan birga qo'llash uchun qulay

- Yangi yotqizilgan betonni parvarishlash uchun qoplama.

**Sikafloor-ProSeal i Sikafloor-ProSeal Color**–qotayotgan betonni parvarishlash uchun 1-komponentli akril kompaund.

- Qotayotgan betonni nam tarzda parvarishlashni ta'minlaydigan vosita.

### **Yelimlash uchun**

**Sikadur®-30**–epoksid asosidagi tiksotrop 2-komponentli yelimli qorishma.

Beton, tosh, g'ishtli terim, po'lat, alyuminiy va yog'och uchun yuk qabul qiladigan yelim, yelimli qorishma va shpaklevkali massa.

- Yig'ma qurilish elementlarini bikr (siljimaydigan) yelimlash.

**Sikadur®-31/-41**–turli materiallar uchun optimal adgeziya xususiyatiga ega bo'lgan epoksidli yelim.

- Ishlov berish oddiyligi.

- Keyinchalik mahkamlash va montaj uchun ta'mirlash qorishmasi.

- Eguvchi moment bo'yicha kuchaytirish.

**Sika® CarboDur® ugleplastikidan polosalar**–epoksid matritsali ugleplastikdan tashkil topgan lentalar.

- Egilishga ko'tarish xususiyatini oshirish yoki qurilish konstruksiyalarini kuchaytirish uchun.

- Yuklarga yuqori chidamliligi.

- O'z vazni kichikligi sababli o'ta sodda montaj qilinishi (yig'ilishi)

**SikaWrap®-530 C**–butun yuza bo'ylab egilishga kuchaytirish uchun mo'ljallangan ugletolali mato.

- Yo'nalishga ta'sirli tolasimon mato.

- Ham quruq, ham nam usul bilan qoplanishi mumkin.

**Sika®-StressHead oldindan kuchaytirish tizimi**– ugleplastik polosalarini oldindan kuchaytirish tizimi.

- Ugleplastik polosalarning mustahkamligini to'liq ro'yobga chiqarish.
- Sodda ankerlash tizimi.
- Bir nuqtaga yig'ilgan yuklarni taqsimlash.

**Sika® CarboDur Heating Device**– Sika® CarboDur® ugleplastik polosalarini jadal montaj qilish uchun elektr isitish asbobi.

- Qotish vaqtining qisqarishi hisobiga tez orada yuk ko'tara olish imkoniyati.
- Past haroratda ham montaj qilish imkoniyati.
- Qotish jarayonining boshqariluvchanligi.
- Issiqlikni samarali o'tkazishi.

#### **Qiya kesimlarni kuchaytirish uchun**

**Sika® CarboShear L®**–ugleplastikli burchakliklar.

• Ko'ndalang kuch tushadigan temirbeton konstruksiyalar mustahkamligini qo'shimcha ravishda kuchaytirish.

- Beton plitalarning tayanish zonasida kuchlarni o'ziga ishonchli qabul qilish.

**SikaWrap®-530 C**–butun yuza bo'ylab ko'ndalang kuchga mustahkamlikni oshirish uchun uglerod tolali mato (to'qima).

- Istalgan konstruksiyaga mos keladi.
- Ham quruq, ham nam asosga montaj qilish imkoniyati.
- Seysmobardoshlilikni ko'tarish.

**Sika®-StressHead oldindan kuchaytirish tizimi** – ugleplastik polosalar asosidagi, seysmik jihatdan xavfli zonalardagi yuk tushadigan konstruksiyalarni kuchaytirish uchun oldindan kuchaytirish tizimi.

• Seysmobardoshlilikni oshirish uchun sodda yechim.

• Beton konstruksiyalar va terilgan tosh (g'isht) larni kuchaytirish uchun qo'llanishi mumkin.

- Bir nuqtaga yig'ilgan yuklarning taqsimlanishi.
- Yuqori darajadagi plastiklik.

**SikaWrap®-430 G** – seysmik jihatdan xavfli zonalarda qurilish elementlari halqalarini jihozlash uchun shishatolali mato (to'qima).

- Ham quruq, ham nam asosga qo'llash imkoniyati.
- Narx va sifatning optimal uyg'unligi.

## **BOB II. KO'PRIK TEMIRBETON ELEMENTLARINING NUQSON VA SHIKASTLANISHLANISHLARI**

### **2.1. Nuqson va shikastlanishlarning sinflanishi**

Bugungi kunda ekspluatatsion xizmatlari inshootlardagi nuqsonlar va ularning paydo bo'lish sabablariga oid tezkor, tizimlashtirilgan ma'lumotga ega bo'lishlari zarur. Bu nuqsonlilikni oldindan belgilash, zarur ta'mirlash ishlarining o'z vaqtida amalga oshirilishini rejalashtirish va ko'priklarni saqlash sifatini oshirish imkonini beradi. Hozirda shikastlanishlanishlar va nuqsonlar quyidagi belgilariga ko'ra sinflangan:

- Shikastlanishlanish turi (horg'inlik, mexanik, turg'unlik yo'qolishi, siljishlar, cho'kishlar, chirish va h.k.);

- Yuzaga kelish chastotasi; konstruktiv belgilari; xavflilik darajasi; rivojlanish davomiyligi.

Metall oraliq qurilmalarning eng ko'p tarqalgan nuqsonlari:

- Urilma (zaklepka) va bolt ulamalarining ishdan chiqishi;
- Zo'riqish maksimal jamlangan joylardagi sinish va yoriqlar, horg'inlik yoriqlari;

- Nogabarit yuklar tashib o'tilishi oqibatidagi mexanik shikastlanishlanishlar;
- Agressiv muhit, yuqori namlik, kezib yuradigan elektr toklari zonalarida ishlash oqibatidagi chirishga oid shikastlanishlanishlar.

Temirbeton ko'prik inshootlariga xos bo'lgan, eng ko'p uchraydigan shikastlanishlanishlar:

- Konstruksiyaning turli qismlaridagi yoriqlar (bo'ylama, ko'ndalang, betartib

joylashgan);

- Beton ko'chib sinishlari va himoya qatlamining ko'chishlari;
- Hidroizolyatsiya shikastlanishi;
- Armatura chirishi;
- Plita konsollarining yemirilishi.

Ko'p hollarda nuqsonlar miqdori shu qadar ko'p bo'ladiki, kuchaytirish ishlarini amalga oshirish iqtisodiy nuqtai nazardan befoyda, buning o'rniga yangi oraliq qurilmasini o'rnatish samaraliroq bo'ladi va bunda ko'priknining mashina o'tkazish va yuk ko'tarish xususiyatini oshirish imkoni paydo bo'ladi. Shuningdek ko'prik tayanchlari nuqsonlari: yoriqlar, terilgan tosh (g'isht) buzilishi, ustki bezak qismining yemirilishi, cho'kish, siljish, qiyshayish kabilarni aniqlash va ularni bartaraf etish ham muhim o'rin tutadi. Terilgan tosh (g'isht) mustahkamligi yo'qolganida tayanchlar kuchaytirilishi talab etilib, uni betonlashning turli texnologiyalarini qo'llagan holda amalga oshiriladi. Biroq eng xavfli shikastlanishlar – tayanchlar siljishi bo'lib, ular qudratli kontrforslar jihozlanishi, qoziqlar, og'ir tirgaksimon plitalar o'rnatilishi, shuningdek poydevor ostidagi grunt mahkamlanishini talab qiladi.

## **2.2. Ko'priknining temirbeton elementlaridagi yoriqlar**

Ochilish eni 0,25 mm dan katta bo'lgan statik yoriqlar konstruktsiya kesimi yuk ko'tarish imkonining yetarli emasligidan dalolat berib, jiddiy oqibatlar yuzaga kelishi uchun xavf (armatura chirishi, horg'inlik tufayli yemirilish va h.k.) tug'diradilar. Yoriqlar ko'pincha plitalarning konsolli chiqish joylari, to'sinlar markazida, shuningdek kolonna(ustun)larning kapitel va poydevor qismida paydo bo'ladi [10].

Shu sababli, falokatli oqibatlarning oldini olish maqsadida, maxsus ta'mirlash tizimlarini qo'llagan holda zaiflashgan uchastkalarini o'z vaqtida ta'mirdan chiqarish va kuchaytirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Cho'kish tufayli paydo bo'lgan yoriqlarni asosan konsollarda, shuningdek

konstruksiyalarning yon yuzalarida kuzatish mumkin bo'lib, ko'pincha ular betonning atrof muhit ta'siridan yemirilishi sababli sodir bo'lib kelgan.

### **2.3. Karbonizatsiya jarayonlari oqibatida beton himoya qatlamining yemirilishi**

Namunaviy (odatiy) nuqsonlar deb quyidagilarga aytiladi: beton himoya qatlami qalinligining yetarli emasligi yoki uning yuqori darajadagi o'tkazuvchanligi sababli beton himoya qatlamining ko'chishi va armatura chirishi. Beton himoya qatlamining karbonizatsiya oqibatida armatura o'z tabiiy himoyasidan mahrum bo'lib, bunda po'lat chirish jarayonlariga duchor bo'ladi va chirish hosilalari ancha katta hajmga ega bo'lib, bu beton qatlamining ko'chishi va butunlay yemirilishiga sabab bo'ladi.

Ikkilamchi oqibatlar yuzaga kelishining oldini olish uchun bu uchastkalar batafsil tiklanishi, armatura chirishdan qo'shimcha ravishda himoya qilinishi, konstruksiya yuzasiga esa betonni uzoq muddatli ikkilamchi himoyalash tizimlarini qo'llagan holda ishlov berilishi lozim.

### **2.4. Ta'mirlangan uchastkalardagi takroriy yuzaga kelgan nuqsonlar**

Ta'mirdan chiqarilgan uchastkalarning yuzalaridagi yangi nuqsonlarni ko'pincha ishlarning chala bajarilishi va materialni noto'g'ri tanlash bilan izohlash mumkin. Betonga yotqizilgan himoya muayyan talablarga (masalan, yoriqlar ustini yetarli darajada qoplamaslik, ob-havo sharoitlariga chidamsizlik, adgeziya darajasining pastligi, oqibatda qatlam ko'chishi va h.k.) javob bermasa, takroriy chirish yoki yangi yoriqlar qisqa vaqt ichidayoq ko'zga ko'rinadigan bo'lib qoladi.

Beton himoya qatlami yetarli bo'lmagan yoki boshqa zaif joyi, masalan, gidroizolyatsiyasi qoniqarsiz bajarilgan uchastkalarda maxsus ta'mirlash texnologiyalari va materiallarini qo'llash lozim.

Qurilish ob'ektlarida uchraydigan tipik (odatiy) nuqsonlar:

- betonning yetarli bo'lmagan darajadagi zichligi, tirqishlar mavjudligi, yirik to'ldiruvchi va armaturaning ochilib qolishi, beton qarishmasining qatlamlanishi, betondagi yoriqlar;

- armatura yaqinidagi beton himoya qatlamining buzilishi;

- ishchi choklari zonasida yangi va eski betonning yaxshi birikmaganligi;

- betonlashdagi tanaffusda hosil bo'lgan loyihada ko'zda tutilmagan chok;

- konstruksiyalarning loyiha o'lchamlaridan chetlashishi (rejasiga ko'ra va balandligi bo'yicha, vertikal va gorizontal bo'yicha og'ishlari);

- beton yaxshi isitilmaganligi, qotayotgan betonning muzlab qolishiga yo'l qo'yilishi;

- qurilish jarayonida konstruksiyalarga tushadigan yuk ortib ketishi, konstruksiyalar shikastlanishi, oqibatda, yoriqlar va bukilishlar, siniqlar paydo bo'lishi, betonning uvalanib ketishi.

Ishlab turgan transport inshootlarida nuqsonlar, asosan, agressiv muhitlar ta'sirida, muzlatib qo'yish va eritish tufayli, yuqori haroratlar ta'sirida, dinamik yuklarning uzoq vaqt davom etgan ta'siri natijasida yoki favqulodda vaziyatlar oqibatida yuzaga kelib, armatura va beton chirishi, betonda yoriqlar hosil bo'lishi, himoya qatlamining qatlamlanib ko'chishi, betonning uvalanishida ifodalanadi. Bunday hollarda beton ta'mirlanib, himoya qatlami tiklanishi, nuqsonlar barataraf etilishi va betonli konstruksiya tiklanishi talab etiladi.

Oraliq qurilmalari ularning konstruktiv va texnologik xususiyatlari hamda ekspluatatsion shart-sharoitlaridan kelib chiqqan holda yuzaga kelgan va rivojlangan nuqson va shikastlanishlarga ega bo'ladilar. [23] ma'lumotlariga ko'ra, 1907, 1925 va 1931 yillardagi loyiha asosida qurilib, o'sha payt yuklariga mo'ljallangan oraliq qurilmalarida eng ko'p nosozliklar mavjud. (Oraliq qurilmalarning umumiy miqdorining 52%), bu birinchi navbatda ularning uzoq muddat ishlatilishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Oraliq qurilmalarining eng ko'p uchraydigan nosozliklari: sement toshining uvalanib ketishi (8%); yuk ostida ochilish kengligini o'zgartirmaydigan yoriqlar (5%); betondagi chuqurliklar (chig'anoqlar) (2%); ishchi armatura himoya qatlamining yetarli emasligi yoki

yo'qligi (2%). Mavjud nosozliklar vaqt o'tishi bilan oraliq qurilmalari yuk ko'tarish imkoniyatining jiddiy pasayib ketishiga olib kelishi mumkin. Yillar o'tgani sari temir yo'l liniyalarida tashilayotgan yuk miqdori ortib, uning o'qiga tushadigan yuk me'yordagi, ya'ni N8 dan ortiq bo'lgan yangi lokomotivlarni ishga tushirish "O'zbekiston temir yo'llari" DATK rejalaridan o'rin olgan. Istiqboldagi rejalariga esa poyezdlar harakatlanish tezligini oshirish ham kiritilgan. Shikastlangan temirbeton oraliq qurilmalari yuk ko'tarish imkoniyatini yuksaltirish zarurati masalasi ko'tarilmoqda.

## **2.5. Ko'prik temirbeton va metall elementlarining chirishi**

Atrof muhit ta'siri (namlik, harorat o'zgarishi, shamol, atmosferada agressiv moddalar mavjudligi) – yemiruvchi omillar ichidagi eng kuchlisidir. Bunda armatura va betonni himoyalash to'g'risida o'ylab ko'rish talab etiladi.

Element yoki konstruksiyani kuchaytirishga oid konstruktiv yechim ishonchliligi muhitning agressiv ta'siri natijasida temirbetonning chirishdan shikastlanishiga to'g'ri baho berishga bog'liq. Ishchi armaturaning chirishi tufayli zararlanganlik darajasini baholash jiddiy qiyinchilik tug'diradi. Armaturaning zanglaganidan darak beruvchi bilvosita belgilardan biri – armatura sterjeni atrofidagi himoya qatlami betonida yoriqlar mavjudligi va ularning ochilish kengligi hisoblanadi. Turli maqsadlar uchun mo'ljallangan transport inshootlarining qurilish konstruksiyalarini tadqiq etish natijasida olingan ko'p sonli ma'lumotlar asosida [11], shikastlangan armaturani baholashda quyidagi koeffitsiyentlarni tavsiya etish mumkin: diametri 25 mm bo'lgan sterjenlar uchun chirish yorig'ining ochilish kengligi 1,0 mm bo'lganida armaturaning shikastlanishlanish darajasi – 8%, kengligi 2,0 mm bo'lganida – 12%, 3,0 mm bo'lganida esa – 15%.

Ishqorli aralashmalar, kislota aralashmalari ta'sirida chirish bilan shikastlanganda, beton mustahkamligining pasayish darajasini baholash maqsadida, foydalanish vaqti bo'yicha ob'ektlarni dastlabki o'rganish bosqichida

va jamlangan tajriba va tadqiqotlar [13] asosida baholash hisob-kitoblarini o'tkazishda beton ishi shart-sharoitining quyidagi koeffitsiyentlarini tavsiya etish mumkin: 1 yil uchun 0,7, 2 yil uchun 0,6, 3 yil uchun 0,55 va 5 yil uchun 0,4.

*Xloridli chirish (korroziya).* 80-yillarga qadar qurilgan ko'priklarning qatnov qismi plitalari ko'pincha sifatli gidroizolyatsiyaga ega bo'lmagan. Tarkibida xloridlar va boshqa agressiv moddalar bo'lgan suv beton konstruktsiya ichiga to'siqsiz kirib boradi. Bu jarayon oqibatida po'lat armatura jadal chirishga duch kelib, uning kesimi kamayishiga sabab bo'ladi.

Bu holda tarkibiga xlorid kirgan beton to'lig'icha olib tashlanib, yuqori sifatli ta'mirlovchi materiallar bilan almashtirilishi lozim. Har yili xalq xo'jaligi yalpi ijtimoiy mahsulotining 4% ga yaqin qismi chirish tufayli yo'qotiladi [12]. Agar biz maxsus himoya choralaridan voz kechganimizda bu yo'qotishlar yana ham katta bo'lar edi. Biroq, muntazam va aniq kelishilgan chora-tadbirlar yo'qotishlarni qisqartirish imkonini beradi. Metall konstruktsiyalarni himoya qilishning chirishga qarshi turli-tuman usullari orasida tizimli qoplamalar qo'llash mumkin bo'lgan eng muhim va, aksariyat hollarda, yakkayu-yagona texnologiya bo'lib keladi. Sika firmasi ham aynan shunday texnologiyalarga ixtisoslashgan. Bizning ishlab chiqarish dasturimiz birinchi navbatda baland konstruktsiyalar hamda gidrotexnik metall konstruktsiyalar, transport infratuzilmasi inshootlari, ichimlik suvi va oqovalarni tozalash tizimlari, energetika, shuningdek sanoat va kimyo tarmog'i ob'ektlari uchun mo'ljallangan. Ko'rilayotgan dasturimizning asosiy punkti tarkibida eritgichi kam bo'lgan yuqori darajada mustahkam mahsulotlar kirishi lozim. Texnologiyalarning to'xtovsiz takomillashib borishi ularga tarkibida eritgichi yanada kam va umuman eritgichi bo'lmagan yangi mahsulotlar hisobiga chirishga qarshi dasturni doimo kengaytirib borish imkonini beradi. Ularning ishlab chiqarish dasturini yong'inga qarshi qoplamalarning kompakt (mo'jaz) tizimi to'ldirib boradi.

Ular o'z mahsulotlarining real shart-sharoitda qo'llanish imkoniyatiga alohida e'tibor beradilar, chunki qoplama pishiqligi va uni turli asoslar ustida ishonchli tarzda adgeziyalash chirishga qarshi himoyaning samaraliligiga texnik vositalar

bilan o'lchash mumkin bo'lgan sifat tavsiflari bilan bir xil ta'sir ko'rsatadi.

Chirishga ishonchli va uzoq muddatga mo'ljallangan himoya nafaqat tanlab olingan mahsulot sifati, balki ko'plab omillarning birgalikdagi ta'siriga ham bog'liq. Bu yangi DIN EN ISO 12944 «Metall konstruksiyalarni korroziyadan himoya qilishning tizimli qoplamalari» yevrostandartida ham alohida qayd etilib, u kelajakda tobora ko'proq ahamiyat kasb etib bormoqda. Bazaviy standart sifatida ishlab chiqilgan ushbu hujjat chirishga qarshi himoyaning eng muhim jihatlariga bag'ishlangan sakkizta bo'limni o'z ichiga olgan. «Metall konstruksiyalarni chirishdan himoya qilish» hamda undan keyingi bo'limlarda asoslar, tashqi omillar ta'siri, yuzani tayyorlash va uni baholash, birlamchi himoya va tiklash konsepsiyalari, tizim qoplamalarining laboratoriya sinovlari va bajarilgan ishlar inspeksiyasi batafsil ko'rib chiqilgan.

***Transport infratuzilmasi.*** Po'latdan yasalgan transport inshootlari, birinchi navbatda, avtomobil va temir yo'l ko'priklari, chirishdan himoyalashning muhim ob'ektlari hisoblanadi. Bunday ob'ektlarning chirishga qarshi himoyasi katta iqtisodiy ahamiyatga ega bo'lib, unga yuqori talablar qo'yiladi.

Ko'pincha zamonaviy qoplama tizimlari epoksid smolalar, shuningdek poliuretan asosidagi turg'un rangli qoplama materiallar kombinatsiyasidan iborat bo'ladi [10, 12]. Misol uchun, Icosit® EG System tizimiga oid materiallar Icosit-Proxicolor® materiali bilan to'ldirilsa, bir komponentli Icosit® 6630 bo'yog'i eski qoplamalarni tiklashda qo'llaniladigan Icosit® 6630 highsolid bo'yog'i bilan to'ldiriladi. Sinkli va fosfat ishlatilgan FriezinkR va Icosit® Phosphat qoplamalar alohida guruh hisoblanib, ular ham dala sharoitlarida, ham metall konstruksiya zavodlarida qo'llaniladi (STO 001–2006).

## **BOB III. KO'PRIK TEMIRBETON ELEMENTLARINI TIKLASH VA KUCHAYTIRISH**

### **3.1. Nuqsonlar va yoriqlarni sementli tarkib va mineral aralashmalar bilan in'eksiyalash**

*Poydevor va konstruksiyalarni sement bilan mustahkamlash.* Sementatsiya bu – yer usti, yer osti inshootlarining terilgan g'ishtidagi yoriqlar, poydevorlar va konstruksiyalaridagi choklar va bo'shliqlarni qattiq, kuchaytirish maqsadidagi sement bilan to'ldirish, beton, temirbeton va tosh (g'isht) konstruksiyalardagi quruq va suv o'tkazadigan yoriqlar va choklar uchun mo'ljallanib, undan ko'pincha poydevorlarni tiklashda foydalanadilar [5]. Sement tarkibini in'eksiyalash devorlar yaxlitligini tiklash, pishiqligini oshirish, poydevorni ta'mirlash, terilgan g'isht orqali suv sizib o'tishining oldini olish va umuman bir butun inshoot suv o'tkazmasligini oshirish, konstruksiyalar xizmat qilish muddatini uzaytirish, hamda g'isht va yaxlit poydevorlar, devorlar va shiftlarni mustahkamlash maqsadida amalga oshiriladi.

Mineral aralashmalarni in'eksiyalash temirbeton konstruksiyalarga oid yaxlit (monolit) qurilishda yuzaga keladigan quyidagi nuqsonlarini bartaraf etish imkonini beradi:

- yetarlicha zichlanmaganlik, beton tuzilmasining buzilishi, taxtali qolip (opalubka) ulangan joylaridan sement “suti (moloko)” oqib ketishi natijasida beton yuzasining shag'alli, g'adir-budur ko'rinish olishi;

- terilgan g'ishtdagi cho'kish va harorat tufayli yuzaga kelgan yoriqlar;
- bo'shliq va kovaklari bilan betonlash choklari.

Qurilish konstruksiyalarini in'eksiyalash mohiyati shundaki, yoriqlar, kovaklar va choklarga burg'ulangan skvajinalarga o'rnatilgan pakerlar orqali in'eksiya aralashmasi haydalib, u qotganidan so'ng zich, suv o'tkazmaydigan va suvda erimaydigan materialga aylanib, g'isht oraliqlari va bo'shliqlarni to'ldirib, beton hamda terilgan g'ishtni mustahkamlab, ular orqali suv sizib o'tishiga yo'l

qo'ymaydi. Ushbu usul turli ishlar uchun qo'llanib, shu jumladan in'eksiyalash yordamida poydevorlar ham tiklanishi mumkin.

Sementlash uchun oquvchan in'eksion sement aralashmalari yoki ohakli bog'lovchi asosidagi murakkab mineral tarkiblar qo'llanadi. Material yuqori mustahkamlik hamda konstruksiyaning eski materiallariga adgeziya xususiyatini ta'minlashi lozim. Ish paytida terish aralashmasi va in'eksiya materiallarining o'zaro qo'shiluvchanligiga jiddiy e'tibor beriladi. Terilgan g'ishtdagi yuzaga yaqin joylashgan yoriqlar hamda pakerlar teshiklarini to'ldirish uchun, odatda mineral asosdagi tez qotadigan ta'mirlash aralashmalari qo'llaniladi [5].

***Gruntlarni in'eksiya yordamida mahkamlash va poydevor (fundament)ni tiklash.*** Gruntlarni in'eksiyalash filtratsiyasiga qarshi to'siqlar barpo etish, maydonlarni sementlash hamda gruntlarni mustahkamlash, ularning suv o'tkazishini kamaytirish; gruntlar deformatsiya xususiyatlarini va grunt hamda poydevor orasidagi kontakti yaxshilash maqsadida qo'llaniladi.

Qoyatoshli (yoriqli, karstlangan) gruntlarning sementlanish sifati burg'ulash, gidravlik sinovlar o'tkazish va nazorat skvajinalarini sementlash usullari bilan nazorat qilinadi. Bunda sementlanish sifatini baholash uning nima uchun mo'ljallanganligi, grunt turi va yoriqlilik (karstlanganlilik) ko'rinishi, shuningdek nazorat ishlari hajmi loyiha orqali belgilanadi [5].

Tiklash ishlariga zarurat poydevor (fundament) ostidagi asosning cho'kishi tufayli yuzaga kelishi mumkin bo'lib, buning natijasida terilgan g'isht, g'ishtda yoriqlar yoki fasaddagi gorizontaal chiziqlar qiyshayishlari paydo bo'ladi.

Bu holda, poydevorni tiklay boshlashdan oldin deformatsiya jarayoni tugagan yoki tugamaganligini aniqlab olish kerak. Buni bilib olish uchun, yuza ho'llanadi va yoriq ustida ko'ndalang 12x5 sm o'lchamli gips mayoqchalar o'rnatiladi. Ikki hafta o'tganidan so'ng mayoqchalarda yoriqlar paydo bo'lmasa, bu deformatsiya to'xtagani hamda poydevorni tiklashga kirishish mumkinligidan dalolat beradi. Aks holda, poydevor (fundament)ning alohida uchastkalarini kuchaytirish talab etiladi.

In'eksion gidroizolyatsiya uchun poliuretan, epoksid, akrilat smolalar beton,

g'isht va yaxlit poydevorlar gidroizolyatsiyasini ta'mirlash va tiklash uchun qo'llanadi.

**Deformatsiya choklarini ta'mirlash.** Polimer smolalardan bajariladigan in'eksion gidroizolyatsiya nafaqat sovuq (ishchi) choklar, plita ulamalari va yoriqlar uchun, balki qurilish ob'ektlarining alohida qismlarining deformatsiya choklari va tutashmalarini germetizatsiyalash uchun ham samarali hisoblanadi. Deformatsiya choklarini ta'mirlash maxsus gidrotuzilmali smolalar yordamida bajariladi [5].

In'eksiya materiallarining kam quyushqoqligi (yopishqoqligi) ularga betonning o'ta kichik tirqish va kapillyarlariga kirishini, hamda poydevor (fundament) ning to'liq suv o'tkazmasligi va germetikligini ta'minlaydi.

Zarur hollarda, gidroizolyatsiyalarni ta'mirlashda terilgan g'isht yoki betonni in'eksiyalashdan tashqari tozalovchi shtukaturkalar va penetrirlovchi tarkiblarni qo'llashdan iborat bo'lgan chora-tadbirlar majmuini amalga oshirish lozim bo'ladi. Ko'pincha, gidroizolyatsiya (in'eksion gidroizolyatsiya) masalasi konstruksiyalarni ta'mirlash va kuchaytirish bilan birga ko'rib chiqiladi.

Polimer in'eksion tarkiblarning quyidagi turlari qurilishda beton, yoriq yoki terilgan g'ishtlarni in'eksiyalash, shuningdek gidroizolyatsiya yordamida ajratish maqsadida qo'llaniladi [5]:

***Poliuretan smolalar (PUR):***

- yer usti, yer osti va muhandislik inshootlari, shu jumladan ichimlik suv inshootlaridagi quruq, nam va suvga to'yingan yoriqlar, choklar va ulamalarni elastik germetiklash va to'ldirish uchun;

- g'isht va beton devorlar bo'ylab kapillyar namligining ko'tarilishiga to'siq bo'ladigan gidroizolyatsiya yaratish uchun;

- beton yotqizilguniga qadar konstruksiyaga joylanadigan, temirbeton konstruksiyalarning ishchi choklarini germetizatsiyalashga mo'ljallangan in'eksiya shlanglariga joylab betonni in'eksiyalash uchun;

- gidrofaol poliuretan smola(ko'pik)lar konstruksiya ichiga ko'p miqdordagi suv kirganida filtratsiya hamda infiltratsiyani katta bosim yordamida bartaraf etish

maqsadida qo'llaniladi.

***Akrilat (A) asosidagi smolalar (gellar):***

- gruntga chuqurlatib o'rnatiladigan qurilish konstruksiyalarini grunt-qurilish konstruksiyasi chegarasi bo'ylab gel haydash orqali qo'shimcha tashqi germetizatsiyalash (gidroizolyatsiya ajratmasi) maqsadida (filtratsiyaga qarshi parda (to'siq) jihozlash);

- g'isht va beton devorlardagi yoriqlar va bo'shliqlarni zichlaydigan va germetizatsiyalaydigan in'eksiyalash uchun;

- beton va tosh konstruksiyalardagi nam mikroyoriqlarni elastik germetizatsiyalash va to'ldirish uchun.

***Yoriqlar va ishchi choklarni epoksid smola bilan in'eksiyalash yo'li bilan ta'mirlash.*** Epoksid smolalar (EP) qattiq, kuchaytiruvchi va yelimlovchi to'ldirish, ya'ni betonni in'eksiyalash, yer usti, yer osti va muhandislik inshootlaridagi yoriqlar, choklar va bo'shliqlarni in'eksiyalash uchun qo'llaniladi (quruq yoriq va choklar uchun) [5]. Smola nafaqat konstruksiya yaxlitligini tiklaydi, balki uning qismlarini yelimlab, betondagi ichki kuchlarning normal uzatilishiga xizmat qiladi. Smola yoriqlar va choklarga avvaldan o'rnatilgan ustki yoki ichki in'ektorlar (pakerlar) orqali bosim ostida haydaladi. Pakerlar orasidagi yoriqning yuqori qismi biroz ochilib, epoksid ta'mirlash tarkiblari (in'eksiyalash smolasiga nisbatan ko'proq qovushqoqligi ma'lum) bilan germetizatsiya qilinadi. Epoksid smolalar "og'zi" 0,05 mm ga qadar ochilgan yoriqlarni to'ldirish imkonini beradi.

### **3.2. Temirbeton ko'priklarni ta'mirlashda singib kiradigan "Kalmatron" sementli himoya vositasini qo'llash**

Ko'prik konstruksiyalari turli-tuman yemirilishlarining belgilovchi omili – qurilishda qo'llanilgan betonning yuqori darajadagi suv o'tkazuvchanligi va past korrozion (zanglashga qarshi) chidamliligi hisoblanadi [32].

Suv o'tkazuvchanlik – temirbeton konstruksiyalarning ishonchliligi va uzoq muddat xizmat qilishini belgilaydigan asosiy ekspluatatsion tavsiflaridan biri

hisoblanadi. Betonning o'tkazuvchanligi ko'p jihatdan beton qorishmasi tarkibi, zichlash sifati, betonni parvarishlash, sementning gidratatsiya darajasi va konstruksiyadan foydalanish shart-sharoitlariga bog'liq. Ayniqsa muzning erishi, suv o'tishi yoki betonga nisbatan tajovuzkor bo'lgan kimyoviy moddalarning ta'sirida betonning suv o'tkazmaslik xususiyatini tiklash muammosi dolzarb bo'lib turibdi.

Suv(nam)ning beton massivida kapillyar so'rilishi, bug'lanishi, turli yuzalardagi har xil harorat hisobiga doimiy ko'chib yurishi sement toshi yemirilishini tezlashtiruvchi jarayonning asosiy omillaridir. Suyuq va gazsimon ko'rinishdagi kimyoviy agressiv agentlarning suyuq faza mavjudligidagi ta'sirini shuningdek beton konstruksiyalarining yemirilish jarayonini jadallashtiradi [32].

Suv o'tkazmaydigan betonlarni tanlash masalasi zamonaviy texnologiyalar va turli qo'shimchalar yordamida anchagina muvaffaqiyatli hal qilinmoqda.

Ishlatilayotgan ko'prik konstruksiyalari betonning suv o'tkazmasligini ta'minlash – nisbatan murakkab vazifa. Beton konstruksiyalarining suv o'tkazishini kamaytirishga turli usullar yordamida erishilsa ham, biroq ular orasida eng samarali va radikal usul sifatida beton teshiklari va kapillyarlarining kolmatatsiyasi e'tirof etilgan.

Betonning suv o'tkazmasligini oshirish bo'yicha eksperimental tadqiqotlar TGASU qoshidagi qurilish materiallari GU NII (Tomsk shahri) tomonidan singib kiradigan Kalmatron sementli himoya tarkibi (TU 5745-001-47517383-00) bilan o'tkazilgan [32].

Kalmatron tarkibining ishlash tamoyili uning matritalsali betonga singib kirishi, aralashmaning betonning erkin hajmida taqsimlanishi va reologik xossalari matritalsali materialnikiga o'xshaydigan yaxlit monolit bo'lib qotishidan iborat.

Singib kiradigan Kalmatron tarkibidan foydalangan holda temirbeton konstruksiyalarni ta'mirlash va ularni tiklash texnologiyasini joriy qilishga oid eksperimental tadqiqot ishlar [32] ish muallifi tomonidan Kemerovo viloyatining Balaxonka, Kitat daryolari ustidan o'tgan ko'priklarda Anjero–Sudjenskning YTQB (DRSU)–4 mutaxassislari ishtirokida bajarildi.

Kalmatron tarkibining eng qadrlil xususiyati – uning betonga oson kirib borishi va eski betonni regeneratsiyalash imkoniyati bo'lib, bu ayniqsa ta'mirlash ishlarini bajarishda muhim hisoblanadi. Bunda beton aralashmasi retsepturasi va uning qoldiq tavsiflari naqadar “kambag'al” bo'lsa, Kalmatron tarkibining katalitik va regeneratsiyalash xususiyatlari shu qadar yorqinroq namoyon bo'ladi. Temirbeton oraliq qurilmalari va tayanchlarini ta'mirlash va tiklash ishlari VSN 24–88 “Avtomobil yo'llarini ta'mirlash va saqlashga oid texnik qoidalar”ga to'liq muvofiq holda o'tkazildi [32].

Temirbeton ko'priklarni ta'mirlashda beton yuzasining nuqsonlari – qobiqlanish, siniqlar, chig'anoq(rakovina)lar, texnologiya va cho'kish yoriqlarini bartaraf etish bo'yicha ishlar bajarildi. Shikastlanishlar chuqurligi 8...10 mm dan ortmagan hollarda yuzaga Kalmatron tarkibi bilan qavatma-qavat torkretlash orqali ishlov berildi. Trotuar plitalarining yemirilgan chekka qismlari, oraliq qurilma to'sinlarining yon qirralari va ko'prik tayanchlarining yon yuzalari torkretlangan. Torkretlash uslubi bilan qo'llangan Kalmatron himoya tarkibi aralashtirgich ichida tayyorlandi. Suv miqdori chamalash orqali nazorat qilindi va tayyorlangan aralashmani maxsus shitga tushirish bilan tanlab olindi. Ishlatiladigan massa to'g'ri tanlanganida u bir xil rangga ega, ishlov berilgan yuza esa – yog' surtilgan kabi yaltirab turadi. Beton yuzasining tekis va silliq fakturasini yaratish uchun, so'nggi surtilgan qatlam 10...15 daqiqadan so'ng shpatellar yordamida tekislanadi. Tiklangan yuzalar usti 3 soatdan keyin qop matosi yoki to'qima bo'lmagan material bilan yopilib, uch kun davomida suv bilan yaxshilab namlab turiladi.

Tayyorlash ishlari yemirilgan uchastkalarini chang, ifloslik (kir), zangdan metall cho'tkalar yordamida tozalash, temirbeton konstruksiyalarning tayyorlangan yuzalarini albatta yuvib tashlash va namlab turishni o'z ichiga oldi.

Kalmatron tarkibidan bo'lgan himoya qoplamasining nazorat namunalari pishiqlik darajasi – 38,5 MPa ga teng bo'lib, sovuqqa chidamliligi – F 300, suv o'tkazuvchanlik bo'yicha ko'rsatkichi esa W 12 ni tashkil etdi.

Temirbeton konstruksiyalarning chuqurligi 10 mm dan katta bo'lgan lokal (mahalliy) siniq va yemirilishlari, oraliq qurilmalari to'sinlarining armaturasi

ochilib shikastlangan uchastkalari, shuningdek to'sinlar ko'ndalang kesimidagi sidra teshiklari va siniqlari kuchaytiriladigan yuzasining mustahkamlik sinfini konstruksiya mustahkamlik sinfi darajasida ta'minlaydigan maxsus texnologiya asosida tiklanadi. Bu maqsadlarda asosiy (bazaviy) sement kompozitsiyasi sifatida RS-250 (TU 5745-011-28825305-03) maxsus quruq ta'mirlash aralashmasi, to'ldiruvchi (fraksiyalari kattaligi 5 mm gacha bo'lgan shag'al qoldiqlari) va singib kiradigan ta'sirli Kalmatron sementli tarkibdan foydalanildi [32]. RS-250 ta'mirlash aralashmasi va Kalmatron tarkibining himoya qoplamasidagi nisbati 3:1. Tayyorlash ishlari o'z ichiga bo'shashgan betonni olib tashlash, yuza va armaturani changdan va chirish (zang) hosilalaridan metall cho'tka yordamida tozalashni oladi.

Moy va bitum bilan kuchli ifloslangan ba'zi uchastkalariga mexanik tozalash ishlaridan keyin kaustik sodaning 10% li aralashmasi bilan ishlov berilib, so'ng suv bilan yuvib tashlanadi. Himoya tarkibini surtishdan avval Kalmatron tarkibining 5% li aralashmasi bilan gruntlanadi. Zarur bo'lgan holda maxsus taxta qolip va tiklanayotgan yuzaning yuksak sifatini ta'minlaydigan jihozlar o'rnatiladi.

Kalmatron tarkibi qo'shilgan ta'mirlash aralashmasining fizik-mexanik tavsiflarini o'rganish shuni ko'rsatdiki, qurilish maydonchasi sharoitida tiklanayotgan betonning marka mustahkamligi M 400 markasidan kam emas, suv o'tkazmaslik ko'rsatkichi esa kamida W12 darajasida kafolatlangan. Bir yil foydalanilgandan keyin oraliq qurilmalari, trotuar plitalari va tayanchlarni tadqiq etish tiklangan uchastkalarining biron-bir shikastlanish, yoriq, siniq va to'kilmalar kabi nuqsonlari yo'qligini ko'rsatdi. Tiklangan uchastkalar yaxshi adgezion mustahkamligi hamda yuqori ekspluatatsion tavsiflarini saqlab qoladi [32].

Turli yoriqlar, shu jumladan kuch (yukdan sodir bo'lgan) yoriqlari bo'lgan temirbeton konstruksiyasining yuk ko'tarish xususiyatini tiklash vazifasini hal qilish alohida murakkablik kasb etadi. Oddiy sharoitda 2 mm va agressiv muhit sharoitida 0,2 mm dan ortiq ochilgan yoriqlarni bosim ostida maxsus tarkiblar bilan in'eksiyalash tavsiya etiladi. Yoriqlarni in'eksiyalash uchun maxsus in'ektorlar, in'eksiya trubkalari, shlanglar, qo'l nasoslari yoki kompressordan

ishlaydigan pnevmatik haydagichlar qo'llaniladi [32].

Dastlab betondagi kuch tushishi tufayli yuzaga kelgan yoriq kesimida chuqurligi 80...120 mm, diametri 10 mm li teshiklar burg'ulanib, ularga tegishli (mos) diametrlil in'ektorlar o'rnatiladi. So'ng ED-20 epoksid yelimi yordamida in'ektorlar yaxlitlanib, germetizatsiyalanadi. Bir kundan keyin in'ektorlarning germetikligini tekshirish, hamda betonning ichki yuzalarini namlash maqsadida yoriqlarga suv yuboriladi. Haydaladigan aralashma sifatida singib kiradigan Kalmatron tarkibining suyuq fazasi qo'llaniladi. Ishchi idishda elektr drel yordamida Kalmatron tarkibi aralashtiriladi. Haydash moslamasi turi, in'ektor diametri va yoriqning ochilish eniga bog'liq bo'lgan optimal nisbat tajriba yo'li bilan aniqladi. In'eksiya aralashmasini tayyorlashda uning gelsimon ko'rinishga ega bo'lishiga erishish lozim, chunki bu Kalmatron tarkibining qumsimon fraksiyasi ishchi idishda cho'kishini ta'minlaydi. Ushbu fraksiya singib kirish imkoniyati yuqoriroq bo'lgan suyuq fazadan ajratib olinishi lozim. Singib kiradigan Kalmatron tarkibini in'eksiyalash ishlari aralashma tayyor bo'lganidan so'ng kamida 10 daqiqadan so'ng boshlanishi mumkin. Singib kiradigan Kalmatron tarkibi yoriq butunlay to'lguniga qadar u yerga in'eksiyalanadi. Yoriqning suyuq aralashmaga to'yinganlik belgisi – in'eksiya qilinayotgan tarkibning rigelning tutash sathlaridagi yoriqlarda paydo bo'lishidir. In'ektor trubkalarni beton yuzasi bilan bir darajada kesib tashlash orqali olib tashlash bilan demontaj qilinadi. Rigel sathlari bo'yicha joylashgan yoriqlarga shpatellar yordamida Kalmatron tarkibi bilan ishlov berilib, qop matosi bilan yopilib, 3 kun davomida suv bilan yaxshilab namlab turiladi. Temirbeton rigelni in'eksiyalash usuli bilan ta'mirlash ishlari davomida ko'prikl bo'ylab transport harakati maksimal darajada cheklanib, transport vositalari tezligini cheklash joriy qilinib, harakat ta'mirlanayotgan uchastkadan chekkaroqqa ko'chiriladi. Ish jarayonida shuningdek yuqori belbog'ni qo'shimcha ravishda armaturalash orqali rigel kuchaytiriladi. Ko'priklni ekspluatatsion yuklari ostida sinash shuni ko'rsatdiki, singib kiradigan Kalmatron tarkibi bilan yoriqlarni in'eksiyalash ishlari bajarilganidan so'ng ko'prikl rigelining yuk ko'tarish imkoniyati to'la-to'kis tiklanar ekan [32].

Singib kiradigan Kalmatron tarkibini qo'llash bo'yicha muayyan rejalar uni yo'lining qatnov qismini jihozlashda qo'llash imkoniyati bilan bog'liq. Eksperimental tadqiqotlar ko'priklarni qurish va ta'mirlashda mazkur texnologiyaning yuksak samara berishini ko'rsatdilar. Bugungi kunda singib kiradigan Kalmatron tarkibi qo'shilgan betondan tayyorlangan gidroizolyatsiya qatlami bo'lgan qatnov polotnosi konstruksiyasining yuqori darajadagi ekspluatatsion ishonchliligini ta'minlaydigan mazkur texnologiya uchun me'yoriy baza yaratish ishlari [32] olib borilmoqda. An'anaviy ravishda gidroizolyatsiya maqsadlarida qo'llanadigan rulonli eritiladigan "Mostoplast" materialini suv o'tkazmaydigan, sovuqqa chidamli va kimyoviy jihatdan turg'un,, Kalmatron tarkibi qo'shilgan beton bilan almashtirish temirbeton ko'priklarning ekspluatatsion ishonchliligini, tajriba ma'lumotlariga ko'ra, kamida ikki barobar uzaytirish imkonini beradi [32].

### **3.3. Ko'priklarning temirbeton elementlarini kuchaytirish**

Amaliyotda temirbeton oraliq qurilmalarni kuchaytirish ko'pincha yangi material (armatura, beton) qo'shib, ularning ko'ndalang kesimini kattalashtirish yo'li bilan, kamroq hollarda, shprengellar o'tkazib, ko'prik statik sxemasini o'zgartirish yo'li bilan amalga oshiradilar. Normal kuchlanishlar bo'yicha kichikroq – 15% ga qadar kuchaytirishga asosiy to'sinlar "belbog'larining" cho'zilgan armaturasini qo'shish bilan erishiladi. Temirbeton oraliq qurilmalarni ko'proq kuchaytirish (15...35% gacha) esa bo'ylama va ko'ndalang (qiya) o'zan (sterjen)lar va qisqa xomutlardan iborat qo'shimcha armaturali karkas payvandlash orqali ta'minlanib, shu orqali bosh to'sinlar kesimi balandligini uzaytirishga erishiladi [23]. Armaturali karkasni o'rnatishdagi asosiy muammo – uning mavjud armatura bilan bog'lanishini ta'minlashdan iborat. Oraliq qurilmasi asosiy cho'zuvchi kuchlanishlar bo'yicha kuchaytirilganida to'sinlar devorlari qalinligi kamida 5 sm bo'lgan temirbeton qobiqqa olinib, ular bukilgan sterjenlar va xomutlar bilan armaturalanadi. Temirbeton oraliq qurilmalarni ularning hisob-

kitob sxemasini o'zgartirish imkoniyati metall oraliq qurilmalariga nisbatan o'ta cheklangan. Temirbeton oraliq qurilmalari uchun, ularning statik sxemalarini o'zgartirishda kuchaytirishdan ilgari va undan keyingi ichki kuchlar ekspluatatsion epyuralarining belgilari mos tushishini ta'minlash talab etiladi. Barcha ma'lum yechimlardan bu talabga shprengelli kuchaytirish konstruksiyalari ko'proq muvofiq keladi. Shprengelli konstruksiyalarni jihozlash ishlari eng murakkab va mehnattalab hisoblanib, ular yuqori malakali ishchilar tomonidan bajarilishi shart. Shuningdek, temirbeton oraliq qurilmalarini po'lat elementlar (listlar va prokatlar) bilan kuchaytirish yo'nalishida ham ishlanmalar mavjud. Bu yechimlarda po'lat elementlarni kuchaytirilayotgan element yuzasiga qiya va vertikal tyagalar yordamida yopishtirish uslubi qo'llanadi [23].

Oraliq qurilmalarni armaturali karkas, temirbeton qobiqlar va metall yordamida kuchaytirishning bir necha jiddiy kamchiliklarini belgilab ko'rsatish mumkin. Ulardan ba'zilar – kuchaytirish materiallarining og'irligi, kuchaytirish armaturali karkasning oraliq qurilmasining mavjud to'sin armaturasi bilan yaxshi bog'lanmasligi, chirishga nisbatan chidamli bo'lmagan temir va beton, oraliq qurilmalardan bundan keyingi foydalanishda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan qiyinchiliklar.

So'nggi yillarda tabiiy falokatlar yoki texnogen halokat va avariya oqibatida shikastlangan, uzoq vaqt davomida iqlimiy omillar ta'sirida qolgan tugallanmagan qurilish ob'ektlarining ekspluatatsion parametrlarini tiklash muammosi dolzarb ahamiyat kasb etdi [11]. Temirbeton konstruksiyalardan tajovuzkor muhit, harorat ta'siri, shuningdek foydalanish texnologiyasining o'zgarishi va ekspluatatsion yuklarning ortishi sharoitida foydalanish ob'ektlar xizmat muddatlarining qisqarishi, temirbeton konstruksiyalarni tiklash va ularni kuchaytirish ishlari hajmining ortishiga olib keladi.

Temirbeton oraliq qurilmalarning me'yoriy xizmat qilish muddati 70 yilga teng. Temir yo'llar tarmog'ida foydalanish muddati o'tib ketgan oraliq qurilmalar 18% ni tashkil qiladi. Konstruksiyalarning texnik holati ko'p jihatdan ulardan foydalanish muddatlari va shart-sharoitlari bilan belgilanadi. Ekspluatatsion

sharoitlari ko'rsatkichlaridan liniyadan yuk tashish tig'izligi, inshoot joylashgan iqlimiy mintaqa, oraliqning yer sathi yoki suv belgisidan ko'tarilib turish balandligi, shu bilan birga tuman seysmikligi, agressiv muhitlar mavjudligi kabi boshqa omillarni qayd etib o'tamiz. Ko'priklardan foydalanish o'z ichiga quyidagi elementlarni oladi: doimiy nazorat va saqlash; ko'riklar tizimi; texnik hisob; saqlash; rejali-oldini olish ta'miri (joriy ta'mir); kapital ta'mir; rekonstruksiya (qayta tiklash); ko'priknı almashtirish; ko'priklar ishlarini rejalashtirish; ta'mirlash va qurilish ishlarini loyihalashtirish; o'tkazilayotgan barcha turdagi ishlar uchun nazorat tizimi [23].

Eski ko'priklarni kuchaytirish va qayta jihozlash – mas'uliyatli va murakkab vazifa bo'lib, chunki u tor va noqulay ishlab chiqarish sharoitlarining hisobga olinishini, mavjud, ko'p hollarda nomukammal, hisob-kitob qilish qiyin bo'lgan konstruksiya sxemalarini tiklashni talab etadi. Biroq, bu vazifani muqarrar hal qilish shart. Ko'priklar inshootlarini tiklash ishlari, favqulodda vaziyatlarning oldini olish maqsadida qurilish ob'ektlaridagi rekonstruksiya ishlari safidan imkon qadar tezroq o'ziga munosib joy egallashi lozim. Bunda bu sohada xususiy investitsiyalarga umid qilishga to'g'ri kelmaydi. U davlat va mintaqa byudjeti hisobidan moliyaviy ta'minlashda ustuvor yo'nalishlardan biriga aylanishi kerak.

Tayanchlarni kuchaytirish zarurati asosan ulardagi terilgan g'ishtning qoniqarsiz holati, shu bilan birga, konstruktiv elementlar (tayanchning "tanasi" va poydevorlari) yuk ko'tarish imkoniyatining, nisbatan og'ir yuklar o'tkazishni cheklanishiga sabab bo'lgan yetarli emasligi tufayli yuzaga kelishi mumkin bo'lib, bunda tayanch mustahkamligini kapital ta'mirlash yo'li bilan zarur qiymatga qadar tiklashning iloji yo'q. Temir yo'llar tarmog'ida oraliq tayanchlarining asosan massivli (qalin, baquvvat) konstruksiyalari tiklanib kelgan. Odatda, bunday konstruksiyalar katta mustahkamlik zaxirasiga ega. Ularni kuchaytirish yoki qayta jihozlash zarurati kamdan-kam hollarda talab etilishi mumkin.

Kuchaytirish qachon o'tkazilishi shart? Foydalanilayotgan temirbeton konstruksiyalarni kuchaytirish orqali ularning yuk ko'tarish imkoniyati, bikrligi va yoriqbardoshligini oshirish zarurati asosan quyidagi hollar bilan belgilanadi:

1. Foydalanilayotgan konstruksiya shikastlangan, ammo texnik jihatdan uni almashtirishning iloji yo'q yoki o'ta qimmatga tushadi;
2. Vaqtinchalik yuklar kattaligi va xarakteri (ko'rinishi) o'zgartirilganida;
3. Bino yoki inshoot qayta tiklash (rekonstruksiya qilish) paytida yuklash sxemasi yoki foydalanish sharoitlari o'zgartirilganida;
4. Kuchaytirilayotgan bino yoki inshoot madaniy yoki tarixiy ahamiyatga ega bo'lib, kuchaytirish uning ekspluatatsion tavsiflarini uzoqroq muddatga saqlab qolishga qaratilgan.

Temirbeton konstruksiyalarni kuchaytirish, odatda, ularning hisobiy sxemasi hamda kuchlanganlik holatini o'zgartirish, bir konstruksiyada turli fizik-mexanik va geologik xossalarga ega bo'lgan, turli "yoshdagi" materiallarning jamlanganligi, konstruksiya kesimlarida kuchlarning qayta taqsimlanishi bilan bog'liq.

Bugungi kunda mahalliy qurilish va xorij amaliyotida kuchaytirishning ko'plab usul va konstruktiv uslublari jamlangan bo'lib, ularni tanlash qator muayyan shart-sharoitlarga bog'liq.

Odatda rekonstruksiya loyihasini tanlashga ta'sir qiladigan uch eng muhim omilni ajratib ko'rsatadilar:

1. Kuchaytirish ishlarining minimal muddatlari, hamda mos ravishda, ishlayotgan ishlab chiqarishning imkon qadar oz vaqtga to'xtatilishi;
2. Kuchaytiruvchi konstruksiyani tayyorlash va montaj qilishda minimal mehnat sarflari;
3. Kuchaytirilgan konstruksiyaning ishonchliligi va uzoq muddat xizmat qilishi.

Konstruksiyalarni kuchaytirish natijasida temirbeton konstruksiyalarning mustaqil sinfi (toifasi), ya'ni qayta tiklanayotgan (rekonstruksiya qilinayotgan) temirbeton paydo bo'lib, u kuchaytirilayotgan konstruksiyadagi betonning o'zgargan holati bilan bog'liq xususiyatlari bilan farqlanadi [11]. Xususan:

- Kuchaytirilayotgan elementda yuklanishning ilgari ishi bilan bog'liq kuchlanish-deformatsiyalangan holat mavjudligi;
- Kuchaytirish ishlarini o'tkazishda beton tavsiflariga va kuchaytirilayotgan

element, shuningdek umuman kuchaytirilayotgan konstruksiyaning kuchlanganlik holatiga texnologik omillarning ta'siri;

- Betonlardan birida kuch bilan bog'liq hamda bog'liq bo'lmagan (harorat, namlik, chirish-tajovuzkor tusidagi) shikastlanishlar mavjudligida konstruksiyalar tarkibida turlicha mustahkamlik va deformativ tavsiflariga ega bo'lgan betonlarning ishlashi.

Rekonstruksiya qilingan temirbeton nazariyasida betonning kuchaytirilayotgan konstruksiya yuklanishi ilgarigi ishi nuqtai nazaridan betondagi tuzilmaviy o'zgarishlar, uning mustahkamlik va deformatsion parametrlarini baholash muammosi alohida ahamiyat kasb etadi [11].

Inshoot texnik holati batafsil o'rganilib, tahlil qilinganidan so'ng (shikastlanishlar va nuqsonlar hajmiga baho berilishi) ta'mirlash ishlarining konsepsiyasi va strategiyasi ishlab chiqilib, u, odatda, quyidagi operatsiyalardan iborat bo'ladi:

1. Shikastlanish joylaridagi betonni olib (tozalab) tashlash;
2. Armaturani chirishdan himoyalash;
3. Betonni qayta profillash/ta'mirlash;
4. Kuchaytirish;
5. Ko'prik qatnov qismi plitasini gidroizolyatsiya qilish, shuningdek deformatsion choklar va tutash joylarni germetizatsiyalash;
6. Ob-havo shart-sharoiti ta'siridan himoyalash.

Bu holda qo'llanadigan ta'mirlash materiallari samaradorlik, uzoq muddat xizmat qilish, texnologiyaboplik, sifat talablariga javob berib, quyidagilarni ta'minlashi lozim:

- mexanik va kimyoviy yuklarga turg'unlik;
- germetiklik va himoya;
- dinamik yuklar ta'sirida (transport o'tganidagi vibratsiya va tebranishlar) qo'llash imkoniyati;
- qo'llash soddaligi.

Bugungi kunda sanoat qurilishidagi yetakchi yo'nalishlardan biri qurilish

konstruksiyalari ishonchliligini oshirishga tizimli yondashishdan iborat. U har qanday muhandislik inshooti, shu hisobdan ko'prik hayotiy siklining barcha bosqichlarini qamrab oladi: loyihalashtirish, qurish, foydalanish, shu jumladan uning joriy holatining monitoringi, kuchaytirish (ta'mirlash) oldidan diagnostika tadqiqotlarini o'tkazish, ta'mirlash bo'yicha loyiha ishlarini bajarish, bevosita ta'mirlash texnologiya ishlari, undan keyin bajarilgan ishlar sifatining nazorati. Bunday tizimli yondashuv ko'prik temirbeton konstruksiyalarini kuchaytirish hamda ta'mirlash texnologiyasini muvaffaqiyatli ishlab chiqish va material tanlash uchun talab etiladi.

Jahon amaliyotida ko'priklarni kuchaytirishning eng keng tarqalgan usullari quyidagilardir: konstruksiya elementi ko'ndalang kesimi yuzasini kattalashtirish (an'anaviy yondashuv); shuningdek polimerbetonli kompozit materiallarni qo'llash.

Temirbeton konstruksiyalarni uglerod tolalar yordamida kuchaytirish konservativ usullarga nisbatan qator ustunliklarga ega:

- Konstruksiya elementining dastlabki kesimi saqlanib qoladi;
- Devorlarni, yuk tushadigan konstruksiyalar va orayopmalarni kuchaytirish konstruksiyalar massasini ortishiga olib kelmaydi;
- Kompozit materiallar chirishga nisbatan yuqori darajada chidamli hisoblanadi;
- Qo'llanish soddaligi, ishlarning qisqa muddatda amalga oshirilishi;
- Murakkab havozalarni tiklamay ishlash imkoniyati, yuk ko'tarish uskunalari talab etilmaydi;
- O'lchamga bog'liq cheklovlar yo'q – xolstar va laminatlar uzunligi kamida 50 m ni tashkil etadi.

Ko'p hollarda, konstruksiyalarni (shu jumladan yuk ko'taradigan konstruksiyalarni ham) ugleplastik yordamida kuchaytirish ham ishlarning bajarilish muddatlari, ham qiymatiga ko'ra an'anaviy usullarga nisbatan ancha maqbul bo'lib chiqadi.

# **BOB IV. MATOLI POLIMER MATERIALLAR BILAN KUCHAYTIRILGAN TEMIRBETON TO'SINLARNING YUK KO'TARUVCHANLIGI, BIKRLIGI VA YORIQBARDOSHLIGINING TADQIQOTI**

## **4.1. Sinov namunalarini tayyorlash va ularni yuklash metodikasi**

Kuchaytirilgan konstruksiya (to'g'riturtburchak, tavr kesimli to'sin va maxsus namuna)larni kesilishda sinish mexanizmi va ko'taruvchanlik xususiyatini tadqiqot qilish uchun prof. A.A.Ashrabov rahbarligi ostida kompleks eksperimental va nazariy tadqiqotlar o'tkazildi [1–3, 15–21]. Mazkur ish ko'priklar temirbeton to'sinlarini ikkita asosiy komponentdan tashkil topgan – epoksidli smola va o'zaroortogonal joylashgan ugleplastik tolali materiallar (UPTM) bilan kuchaytirishga bag'ishlangan.

*To'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlarni tayyorlash va ularni yuklash sxemasi.* Uzunligi 2980 mm li kesimi 120x340 mm bo'lgan ko'ndalang armaturasiz 18 dona temirbeton to'sin (V seriya) tayyorlandi. V seriya lagi namunalar BT va BS guruhlarga, ular, o'z navbatida, BT1, BS1, BT2 va BS2 kichik guruhlarga bo'lindi va statik yuk ostida sinishgacha yuklandi. Bundan tashqari, diametri 150 mm va balandligi 300 mm bo'lgan oltita silindr hamda qirradi 150 mm bo'lgan oltita kub tayyorlandi ( $R = 44,55$  MPa). Hamma namunalar laboratoriya sharoitida tayyorlandi va sinaldi (4.1-jadv.).

Sinaladigan seriyadagi hamma namunalar uch turga bo'lindi: kuchaytirilmagan nazorat namunalari, kuchaytirilgan shikastsiz namunalar va kuchaytirilgan shikastli namunalar. Nazorat namunalari birinchi qiyali yoriqlar sodir bo'lguncha (sindiruvchi kuchning 60% gacha) yuklandi, keyin no'lgacha yuksizlantirib, undan keyin sinishigacha qaytadan yuklandi. Kuchaytirilgan shikastli namunalarni yuklash ikki bosqichli bo'ldi. Birinchi bosqichda birinchi yoriqlar sodir bo'lguncha (sindiruvchi kuchning 60% gacha) yuklandi, ikkinchi bosqich esa (endi sinishigacha qadar) UPTM bilan kuchaytirilgandan so'ng amalga

oshirildi. Kuchaytirilgan shikastsiz namunalar qolipdan chiqarilgandan so'ng UPTM bilan kuchaytirilib, standart metodika bilan sinishigacha yuklandi.

Jadval 4.1

Sinalgan to'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlar ro'yxati

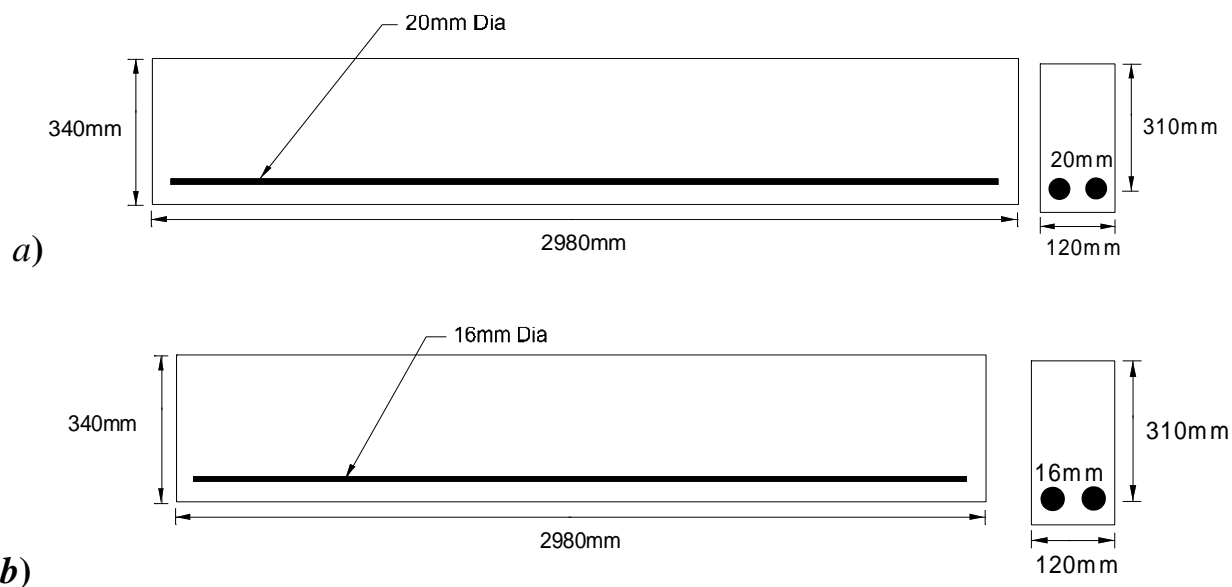
Guruh	Namunalar seriyasi	$a_v/h_o$	UPTM armaturalash polosasi		
			Bo'ylama armatura, mm	Eni-oraliq'i, mm	Yo'nalishi, gradus
BT ( $\mu = 1,689$ %)	<sup>1</sup> BT1a	2,5	2Ø20	–	–
	<sup>1</sup> BT1aa	2,5	2Ø20	–	–
	<sup>1</sup> BT2a	4,0	2Ø20	–	–
	<sup>2</sup> BT1-1	2,5	2Ø20	U-polosa 80 – 150	0/90
	<sup>3</sup> BT1-1I	2,5	2Ø20	U-polosa 80 – 150	0/90
	<sup>3</sup> BT1-2I	2,5	2Ø20	U-polosa 80 – 200	0/90
	<sup>2</sup> BT2-1	4,0	2Ø20	U-polosa 80 – 150	0/90
	<sup>2</sup> BT2-2	4,0	2Ø20	Qiya polosa 80–150	45/135
	<sup>3</sup> BT2-2I	4,0	2Ø20	Qiya polosa 80–150	45/135
BS ( $\mu = 1,081$ %)	<sup>1</sup> BS2a	4,0	2Ø16	–	–
	<sup>1</sup> BS1a	2,5	2Ø16	–	–
	<sup>1</sup> BS1aa	2,5	2Ø16	–	–
	<sup>2</sup> BS2-1	4,0	2Ø16	U-polosa 80 – 200	0/90
	<sup>3</sup> BS2-1I	4,0	2Ø16	U-polosa 80 – 150	0/90
	<sup>2</sup> BS1-1	2,5	2Ø16	U-polosa 80 – 150	0/90
	<sup>2</sup> BS1-2	2,5	2Ø16	U-polosa 80 – 200	0/90
	<sup>2</sup> BS2-2	4,0	2Ø16	Qiya polosa 80–150	45/135
	<sup>3</sup> BS2-2I	4,0	2Ø16	Qiya polosa 80–150	45/135

<sup>1</sup>– kuchaytirilmagan nazorat namunalar;

<sup>2</sup>– kuchaytirilgan shikastli namunalar;

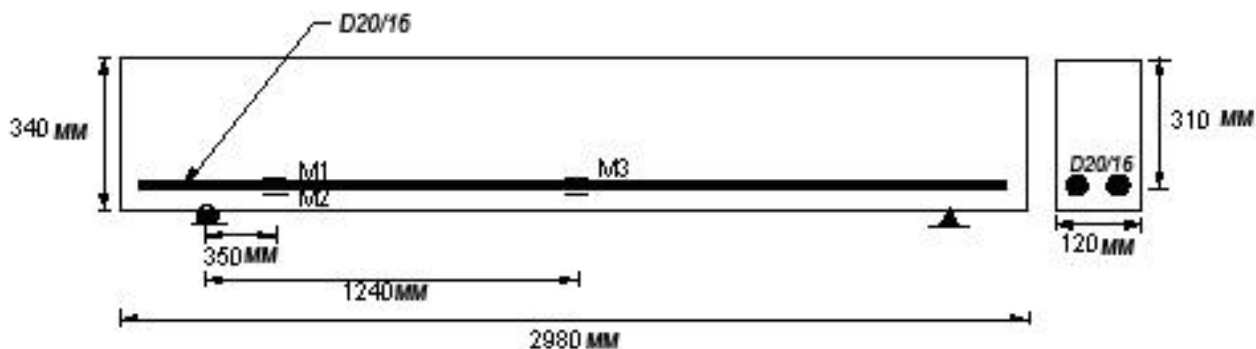
<sup>3</sup>– kuchaytirilgan shikastsiz namunalar.

Ularning qirqilishdagi qarshiligini baholash bo'ylama ishchi armaturaning foizi –  $\mu$ , kesimning qirqilish oralig'ini ishchi kesim balandligiga nisbati –  $a/h_0$ , UPTM polosalari oralig'i, soni va ularning kuchaytirish yo'nalishlariga diagrammasida amalga oshirildi (4.1-4.3- rasmlar).

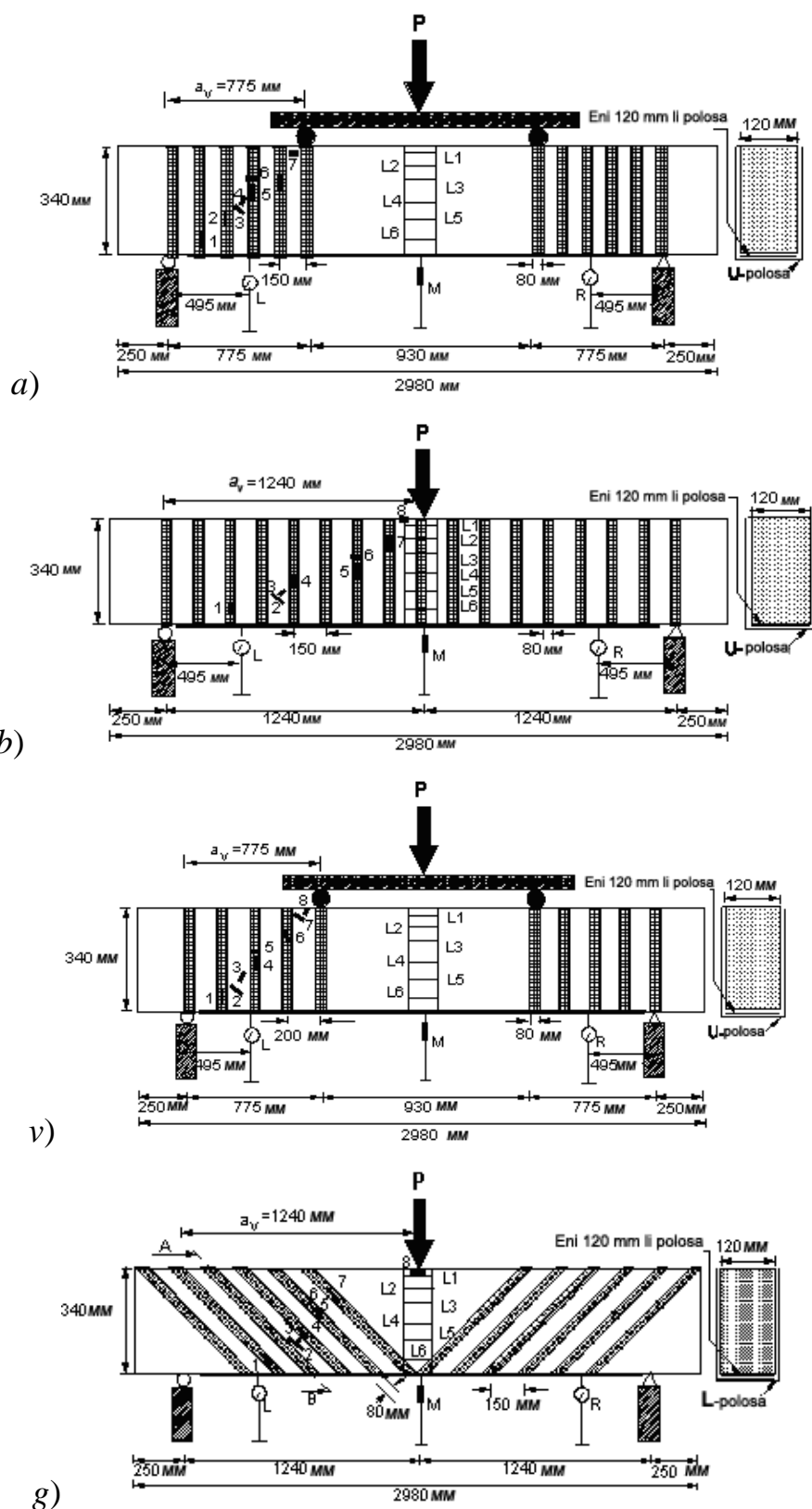


4.1-rasm. To'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlarni armaturalash:

a) – VT va b) – BS guruh



4.2-rasm. Bo'ylama armaturada ichki datchiklarning joylashish sxemasi



4.3-rasm. To'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlar seriyalarining kuchaytirish sxemasi va UPTM polosasining yo'nalishi, beton va UPTM polosasi yuzasida datchiklarning joylashishi, hamda ularni yuklash sxemasi: a) BT1-1, BT1-1I i BS1-1; b) BS2-1, BS2-1I, BT2-1; v) BT1-2I va BS1-2; g) BS2-2, BS2-2I, BT2-2 va BT2-2I

Ichki po'lat armaturalardagi deformatsiyalar qiymatini o'lchash uchun o'lchov bazasi 10 mm li, beton yuzasi va UPTM polosasidagi deformatsiyalarni o'lchash uchun esa o'lchov bazasi 30 mm li tenzodatchiklardan foydalanildi (4.1–4.3-rasm). Bundan tashqari, to'g'rito'rtburchak va tavr kesimli to'sinlarning o'rta oralig'idagi deformatsiyalar to'sinning ustki yuzasidan tegishlicha 10 mm, 40 mm, 73 mm, 135 mm, 220 mm va 310 mm masofalarda joylashgan L1, L2, L3, L4, L5 va L6 reper nuqtalari yordamida o'lchandi (4.3-rasm). Reperlarning o'lchov bazasi – 150 mm. To'sinning o'rtasida ham deformatsiyaning bitta chiziqli o'zgartirgichi va ikkita siferblatli indikator o'rnatildi (4.3-rasm).

4.3-(a),(b),(v) va (g)-rasmlarda BT va BS seriyalarning armaturalash tafsilot (detal)lari va ko'ndalang kesimi ko'rsatilgan. BT1 va BS1 kichik guruhlar namunalari ikki nuqtali egilishga, BT2 va BS2 guruhlar namunalari esa to'sin markaziga qo'yilgan yig'iq yuk ostida sinab ko'rildi. To'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlarni kuchaytirish sxemasi va UPTM polosasining yo'nalishi, beton va UPTM polosasi yuzasida datchiklarning joylashishi, hamda ularning yuklash sxemasi 4.3-rasmda ko'rsatilgan.

***Tavr shaklli to'sinlarni tayyorlash va ularni yuklash sxemasi.*** Hamma to'sinlar laboratoriya sharoitida yog'och qoliplarda tayyorlandi (4.4-rasm). O'n oltita tavr shaklli to'sinlar (T seriya) tayyorlanib, ular cho'zilgan zonasidagi armaturalash foizi har xilligi bilan ikki TT ( $\rho = 1,69\%$ ) va TS ( $\rho = 1,08\%$ ) guruhga bo'lindi (4.2-jadval). Hamma tavr shaklli to'sinlar har xil oraliqli ko'ndalang armaturalar (xomutlar) bilan armaturalangan. TT va TS guruhlar tegishlicha kesilish oralig'ining ishchi balandlikka nisbatiga 2,5 va 4,0 bog'liq holda ikkita TT1, TS1 va TT2, TS2 kichik guruhlariga bo'lindi.

Hamma namunalar statik yuklash orqali sinaldi. Har bir kichik guruh to'rttadan namunaga ega. Ulardan bittasi sinashdan oldin UPTM polosasi bilan kuchaytirildi, ya'ni “shikastlanmagan”, ikkita shunga o'xshash to'sinlar esa oldindan (sindiruvchi kuchning 60% gacha) yuklanib, (ko'priklardan foydalanishning real sharoitida ishlaydigan to'sinlarga xarakterli yoriqlarning asosiy tizimini olish uchun) unda yoriqlar sodir qilindi yoki shikastlantirildi va yukdan bo'shatilgan

so'ng ular UPTM polosalari bilan kuchaytirildi. Bitta to'sin har bir kichik guruhdan nazorat namunasi sifatida kuchaytirilmagan holatda qoldirildi. Ishchi armaturalarning hamma namunalari sinov mashinasida bir o'qli cho'zilishga sinaldi. Diametri 16 mm li yuqorimustahkamli po'latdan tayyorlangan sterjenlarning cho'zilishdagi o'rtacha mustahkamligi – 311,22 MPa, diametri 20 mm liniki esa – 554,17 MPa, diametri 6 mm li yumshoq po'latdan tayyorlanganiniki – 660,82 MPa, diametri 8 mm liniki esa – 620,31 MPa.



4.4-rasm. Tavr shaklli to'sinlarni yog'och qoliplarda tayyorlash

Bundan tashqari, diametri 150 mm va balandligi 300 mm bo'lgan oltita silindr hamda qirrasini 150 mm bo'lgan oltita kub tayyorlandi va sinaldi. Natijalari 4.2-jadvalda keltirilgan.

4.5-rasmda TS1, TS2, TT1 va TT2 kichik guruhlarni armaturalash tafsilot (detal)lari va ulardagi cho'zilgan bo'ylama ishchi armatura va xomutlarda tenzodatchiklarning joylashish sxemasi keltirilgan.

TT2 va TS2 kichik guruhlar namunalari ikkinuqtali egilishga, TT2 va TS2 kichik guruhlar namunalari esa to'sin o'rtasiga qo'yilgan yig'iq yuk ostida sinaldi.

Jadval 4.2

Sinalgan tavr shaklli to'sinlarning ro'yxati

Namunalar seriyasi	UPTM polosalari qadami va yo'nalishi, mm–gradus	R, MPa	$a_v/h_o$	Cho'zilgan armatura diametri, mm	Xomutlar soni, diametri–qadami, mm
<sup>1</sup> TS1a	–	16,73	2,5	Ø 16	2 Ø 8–210
<sup>2</sup> TS1-1	U-polosa 150–0/90				
<sup>2</sup> TS1-2	U-polosa 200–0/90				
<sup>3</sup> TS1-1I	U-polosa 200–0/90				

<sup>1</sup> TT1a	–				
<sup>2</sup> TT1-1	U-polosa 150–0/90	27,38	2,5	Ø 20	4 Ø 6–120
<sup>2</sup> TT1-2	U-polosa 200–0/90				
<sup>3</sup> TT1-1I	U-polosa 200–0/90				
<sup>1</sup> TS2a	–				
<sup>2</sup> TS2-1	U-polosa 200–0/90	16,73	4,0	Ø 16	2 Ø 8–145
<sup>2</sup> TS2-2	L-polosa 150–45/135				
<sup>3</sup> TS2-2I	L-polosa 150–45/135				
<sup>1</sup> TT2a	–				
<sup>2</sup> TT2-1	U-polosa 150–0/90	27,38	4,0	Ø 20	4 Ø 6–90
<sup>2</sup> TT2-2	L-polosa 150–45/135				
<sup>3</sup> TT2-2I	L-polosa 150–45/135				

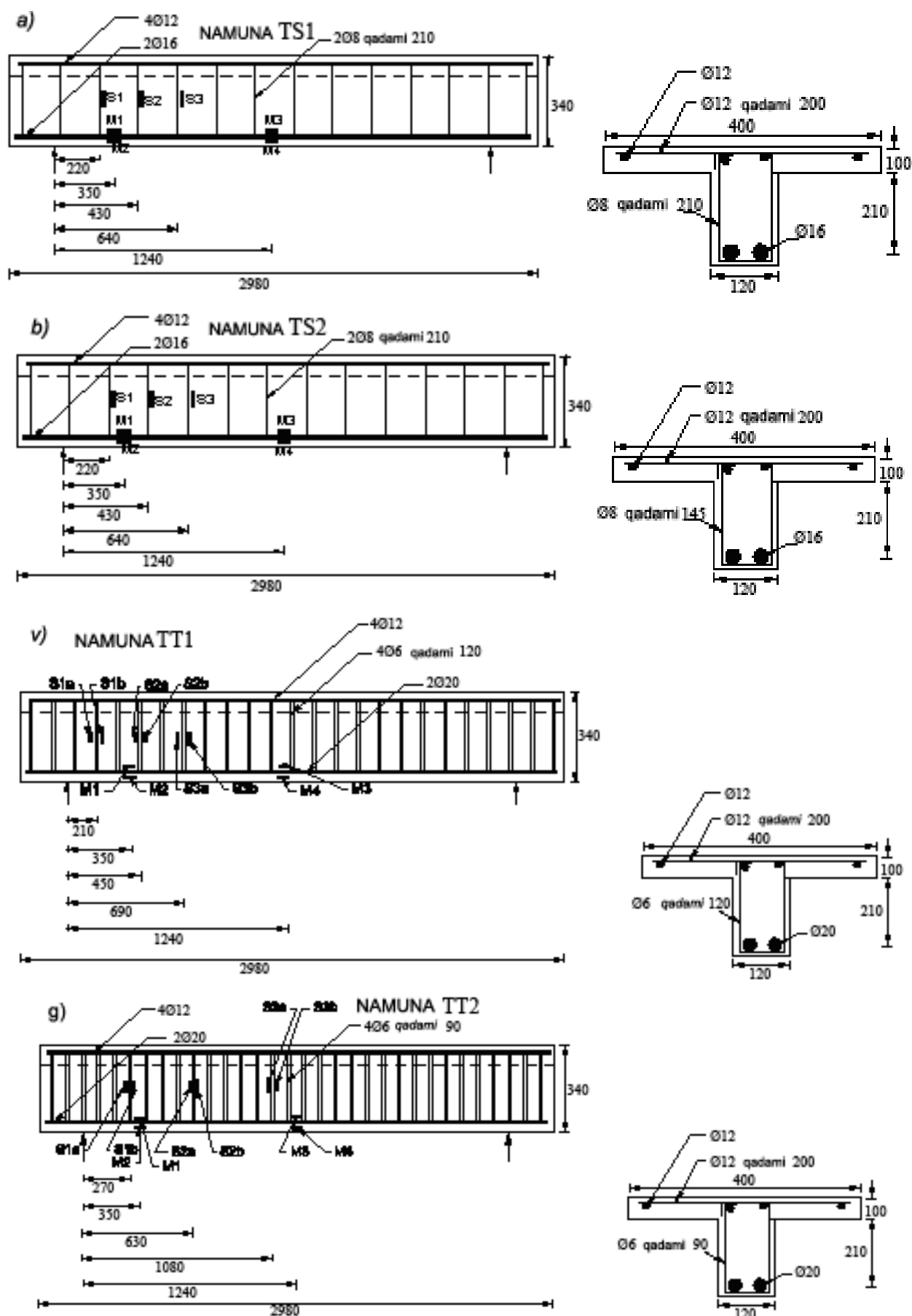
<sup>1</sup>– kuchaytirilmagan nazorat namunalari;

<sup>2</sup>– kuchaytirilgan shikastli namunalari;

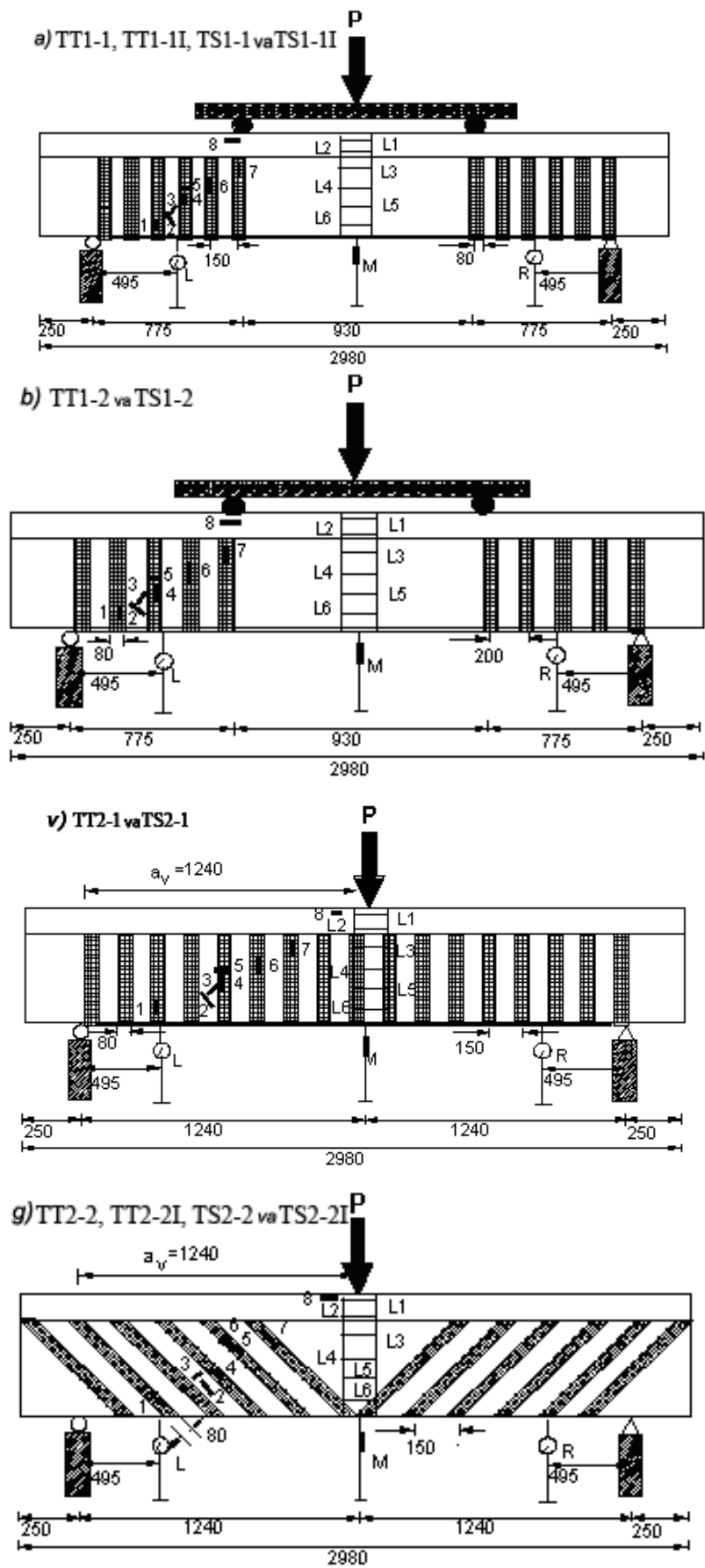
<sup>3</sup>– kuchaytirilgan shikastsiz namunalari.

To'sinlarni kuchaytirish sxemasi va UPTM polosasining yo'nalishi, beton va UPTM polosa yuzasida datchiklarning joylashishi, hamda ularni yuklash sxemasi 4.6-rasmda, ko'ndalang kesimlari esa 4.7–4.8-rasmlarda keltirilgan.

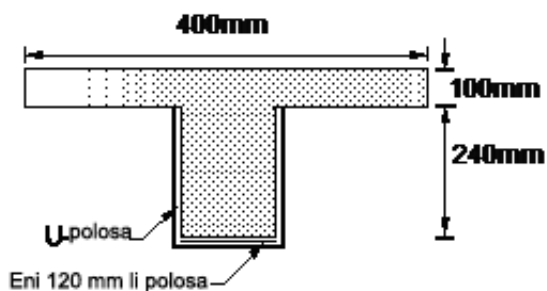
Yuklash jarayonida har bir to'sinda birinchi qiya yoriqlarning paydo bo'lish, ularning kritik holatga o'tish, beton yuzasidan UPTM polosasining ajralish vaqti (momenti), hamda to'sinning sinish turi belgilandi. Sinov natijalari yuk ta'sirida oraliq o'rtasida salqilik (progib), bo'ylama va ko'ndalang deformatsiyalar, to'sinning balanligi bo'yicha beton va UPTM polosasidagi deformatsiyalar ko'rinishida keltirildi. UPTM polosalarini to'sin yuk ko'taruvchanligi va sinish xarakteri (mexanizmi)ga ta'sir qilishi ham o'rganildi. TT1, TT2 va TS1, TS2 kichik guruhlarning kubik mustahkamligi tegishlicha 27,38 va 16,73 MPa.



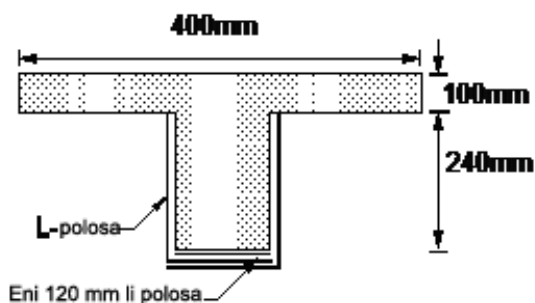
4.5-rasm. Tavr shaklli to'sinlarni armaturalash va ulardagi armaturalarda tenzodatchiklarning joylashish sxemasi



4.6-rasm. To'sinlarni kuchaytirish va UPTM polosasining yo'nalishi, beton hamda UPTM polosasi yuzasida datchiklarning joylashish sxemasi



4.7-rasm. Tavr shaklli kuchaytirilgan TT1-1, TT1-II, TS1-1, TS1-II, TT1-2, TS1-2, TT2-1, TS2-1 va TS2-II seriyali to'sinlarning ko'ndalang kesimi



4.8-rasm. Tavr shaklli kuchaytirilgan TT2-2, TT2-II va TS2-2 seriyali to'sinlarning ko'ndalang kesimi

**Maxsus namunalarni tayyorlash va ularni yuklash sxemasi.** Maxsus namunalarni uch PO, P va PF seriyaga guruhlandi va kesilishga sinaldi. RO seriya xomutlar bilan armaturalanmagan ikkita RO1 va RO2 namunalarga bo'lindi. R va PF seriyalar esa yumshoq po'latdan ( $R_s=660,82$  MPa) tayyorlangan, diametrlari tegishli 2, 4 va 6 mm bo'lgan sterjen-xomutlar bilan kesilish tekisligiga perpendikulyar armaturalangan uch tadan P1/PF1, P2/PF2 va P3/PF3 namunalardan tashkil topgan (4.8-rasm). P1 va PF1, P2 va PF2, P3 va PF3 namunalarning po'lat xomutlar bilan armaturalash foizi tegishli 0,14 %, 0,28 % va 0,42 %. Bu seriyalarning farqi shundan iboratki, PF seriyasi qo'shimcha UPTM polosalari bilan tashqi kuchaytirildi (4.8,g-rasm). Ular o'lchamlari 150x340 mm bo'lgan kesilish zonasining oldi va orqa tomonidan UPTM polosalari bilan, [15–21] da keltirilgan metodika bo'yicha kuchaytirilgan.

Jadval 4.3.

Sinalgan maxsus namunalarning ro'yxati

Namunalarni seriyasi	Po'lat xomutlarning soni va diametri, mm	$\rho$ , %
P1	2 D 6	0,14
PF1		
P2	4 D 6	0,28

PF2		
P3	6 D 6	0,42
PF3		

Bundan tashqari, diametri 150 mm va balandligi 300 mm bo'lgan oltita silindr hamda qirradi 150 mm bo'lgan oltita kub tayyorlandi va sinaldi ( $R = 44,55$  MPa). 4.9–4.11-rasmlarda sinov namunalarining armaturalash va sinash sxemalari keltirilgan.



4.9-rasm. Maxsus namunalarda armaturalarning joylashishi



4.10-rasm. Qirqilish tekisligi bo'yicha chiziqli yuklangan maxsus namuna

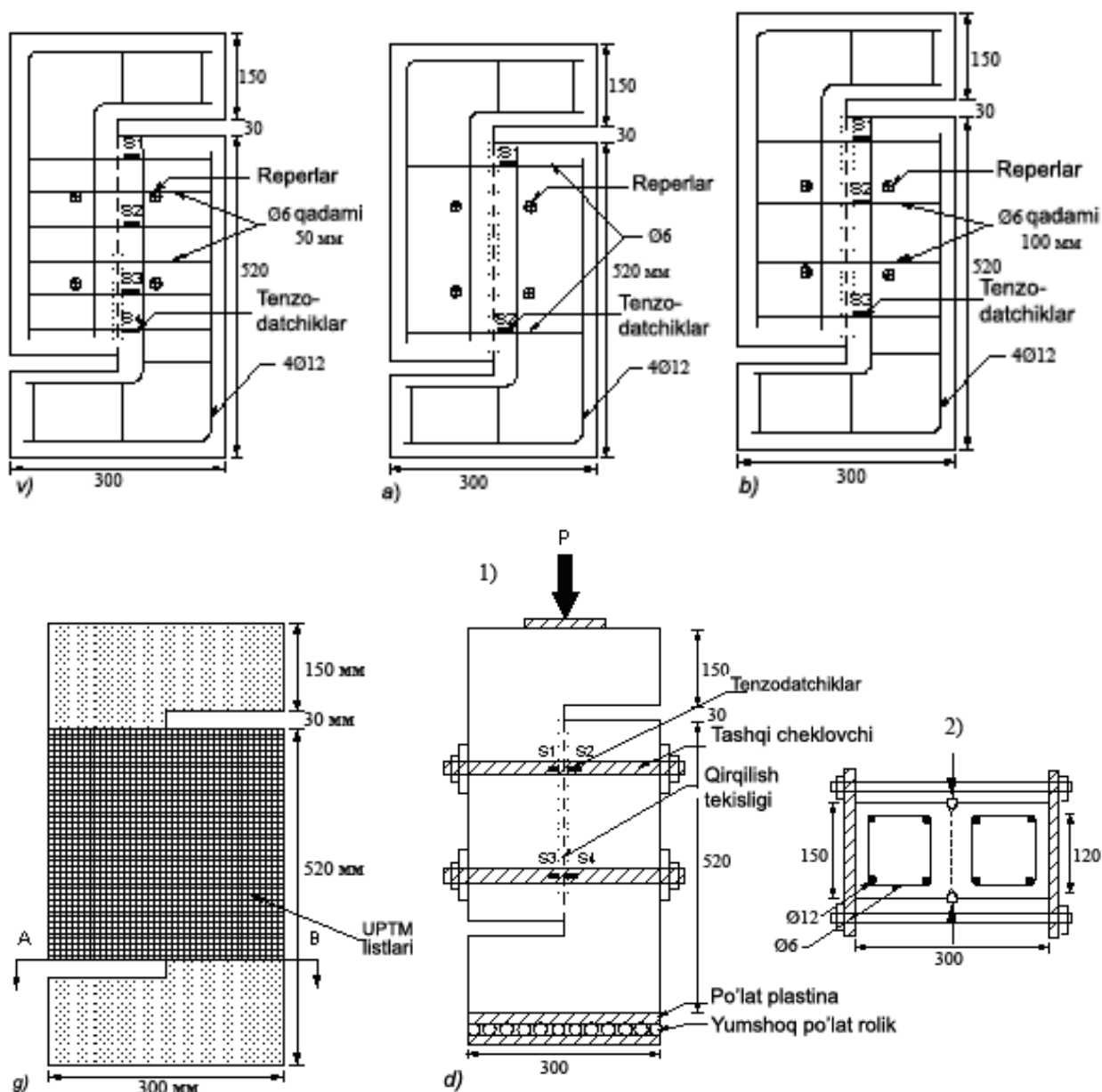


4.11-rasm. Maxsus namunani yuk ostiga o'rnatish

PF seriya namunalari kesilish tekisligi bo'ylab gorizonta! yuk bilan ikkiga ajratilgandan so'ng (4.10-rasm) kesilish tekisligining oldi va orqa tomonlari bo'ylab  $90^\circ$  burchak yo'nalishida bir qavat UPTM polosasi bilan kuchaytirildi (4.12-rasm). R seriyasi tashki kuchaytirilmagan holatda nazorat namunasi sifatida saqlandi. Namunalar yog'och qoliplarda armaturalar joylashtirilgandan so'ng quyildi (4.9-rasm).

R seriya namunalari dastlab kesilishga sinov o'tkazishdan oldin chiziqli yuk bilan ikkiga ajratildi (4.11-rasm). PF seriya namunalari ham kesilishga sinashdan oldin dastlab ikkiga ajratilib, keyin  $0/90^\circ$  yo'nalishida ikkiyo'nalishli UPTM polosalarini yopishtirish orqali kuchaytirildi. Hamma siljishlar yukning har bir

pog'onasida reperlar yordamida o'lchandi, po'lat xomutlardagi deformatsiyalar esa – tenzodatchiklar bilan. Bu o'lchashlar natijalari asosida yoriqlar qirg'oqlarining urinma siljishlari  $\delta$ , yoriqlarning ochilish eni  $a$ , va ularga mos keladigan qirg'ilishda yoriqli kesimda sodir bo'ladigan urinma  $\tau$  va normal  $\sigma$  kuchlanishlar bog'liqlik diagrammalari ("τ-δ" va "σ-a") qurildi.



4.12-rasm. Maxsus namunalarni kuchaytirish sxemalari: a), b) va v) – [a) P1/PF1, b) P2/PF2 va v) P3/PF3] namunalarni xomutlar bilan ichki kuchaytirish; g) – PF1, PF2 va PF3 namunalarni UPTM polosalari bilan tashqi kuchaytirish; d)–namunalarni kesilish (1) va ikkiga ajratishga (raskalivaniye) (2) sinash sxemalari

**Yuzalarni tayyorlash.** UPTM polosalarining beton bilan yaxshi tishlashishi (yopishishi) beton yuzasini diqqat bilan tayyorlash, epoksidli smola va tola polosasining proporsiyasini tanlashga bog'liq. Polosa listi bilan beton tishlashishining buzilishiga UPTM bikrligi, betonning mustahkamligi, UPTM polosasining ishchi balandligi, UPTM polosa yopishtiriladigan beton yuzasi shakli ta'sir ko'rsatadi. UPTM polosasining uzilishi yoki beton yuzasidan ajralishi element uchun kritik hisoblanadi.

Tayyorlov ishlari – UPTM listlarini beton yuzasiga montaj qilishda birinchi dastlabki qadam. Beton yuzasini yaxshi tayyorlamaslik tishlashishning buzilishiga va kuchaytirilgan to'sinning sinishiga olib kelishi mumkin. Buni oldini olish uchun, beton yuzasiga tola polosasini yopishtirishdan oldin uning yuzasini tayyorlashga diqqat bilan e'tibor berish kerak. Namunalarning yuzasi har xil to'lqinsiz va notekisliklarsiz mexanik maydalagich (drobilka) yordamida, to'ldirgich bo'lakchalaridan qutilish uchun birjinsli qilib shilib olinishi (shlifovka qilinishi) kerak (4.13-rasm). Xuddi shunday konstruksiyaning o'tkir qirra va burchaklari, kamida 10 mm radiusli aylana shakliga keltirilishi lozim.



4.13-rasm. Betonli to'sin yuzasini mexanik maydalagich yordamida tayyorlash

Beton yuzasi har xil neft va moyli moddalardan tozalanishi kerak. Quyilgan chang bo'lakchalari va materiallar maydalanishi va beton yuzasidan havo bosimi ostida hamda to'ldiruvchilar bo'lakchalaridan tozalovchi simli moslama bilan olib tashlanishi lozim. To'sin yuzasi UPTM polosasini yopishtirganga qadar yaxshi quritilishi kerak. Yoriqlar chegarasi, singan bo'laklar, chirigan armaturali po'latlarga UPTM polosalarini qo'llashdan oldin qayta ishlov berish kerak. Ochilish eni 0,25 mm dan katta bo'lgan hamma yoriqlar va katta bo'shliq hamda teshiklar epoksidli smola bilan berkitilishi lozim.

**Epoksidli smolani tayyorlash.** Tayyorlashda beton yuzasiga UPTM polosasini yopishtirish uchun A va V komponentlar epoksidli smola bilan shimdiriladi. Dastlab A va V komponentlar chovxoda (veslo) tipidagi aralashtirgich yordamida qorishtiriladi (4.14,*a,b*). Keyin tayyorlovchilarning texnik shartiga muvofiq A va V komponentlar 1:4 nisbatda diqqat bilan tarozida aniq tortiladi (4.14,*v*-rasm). Keyin 3 minut davomida chovxoda tipidagi mikser yordamida past tezlikda birjinsli kul rang birikma sodir bo'lguncha qorishtiriladi. Idish ostida aralashmay qolgan epoksidli smola qismi kapcha (lopatka)ga o'xshash asbob bilan aralashtiriladi.

Epoksidli smolaning ikkala komponenti ham yaxshilab aralashtirilgandan so'ng u qo'llashga tayyor bo'ladi (4.14,*g*-rasm). Uning yaroqliligi past darajali muhitda yuqori darajalisiga nisbatan ko'proq bo'ladi. Tayyor epoksidli smolaning maksimal yaroqlilik muddati 25 minut.

**UPTM listlarini qo'llash.** UPTM *x* va *y* koordinatalarida tola yo'nalishi 0/90° burchak ostida, qalinligi 0,09 mm, eni 600 mm va uzunligi 5 m bo'lgan rulonli list ko'rinishida olinadi. UPTM ning chegaraviy mustahkamligining qiymati (3,80 MPa) va elastiklik moduli (230,0 MPa) namunalarni cho'zilishga sinash orqali EMPA IIIveysariya Ilmiy-tekshirish laboratoriyasi tomonidan aniqlangan (Sika ma'lumotlar varag'i). Tashqi kuchaytirish uchun ikkita asosiy komponentlar – epoksidli smola va tola polosalaridan tashkil topgan ikkiyo'nalishli UPTM polosalaridan (Sikadur-330, Shveysariya) foydalanildi. Epoksidli smolaning bog'lovchi mustahkamligi – 4 MPa, cho'zilishdagi mustahkamligi – 30 MPa, elastiklik moduli esa – 3,80 MPa.

Tayyor beton yuzasidagi bo'shliq va chuqurliklar (teshiklar) shpatel yordamida tayyor epoksidli smola bilan to'ldiriladi. Qalinligi taxminan 1 mm atrofida bo'lgan epoksidli smola qatlami shchetka yoki roliklar yordamida yotqiziladi. Namli epoksidli smolaning vazifasi quruq tolalarni shimdirish, listlarni belgilangan yo'nalishda ushlab turish, kuchlanishni tolalar bo'ylab taqsimlash va tolalarni yemirilish va ekologik ta'sirlardan saqlashdan iborat. Matoni ortiqcha sarflanishini oldini olish uchun, UPTM listlari kerakli shakl va o'lchamda qirqib

olinadi. UPTM listlari epoksidli smola bilan suvalgan (4.15-rasm) beton yuzasiga joylashtiriladi, ostidagi ortiqcha epoksidli smolani siqib chiqarish uchun roliklar bilan ustidan yuritiladi (4.16-rasm) va ustidan epoksidli smolaning yakuniy qatlami yotqiziladi (4.17-rasm).



a) A komponentni chovxoda tipidagi qorishgich yoki parmalagich bilan aralashtirish



b) V komponentni shpatel yordamida aralashtirish



v) A va V komponentlarni o'lchash



g) A va V komponentlarni aralashtirish

4.14-rasm. Epoksidli smolani tayyorlash tartibi

UPTM ning ikkiyo'nalishli listlarida tishlashish buzilishini oldini oladigan gorizontol tolalar mavjudligi ularning beton bilan tishlashishini yaxshi ta'minlaydi. Yoriqlar sodir bo'lganda yuqorimustahkamli UPTM listlari yoriqlar qirg'oqlarini birlashtiradi. Cho'zilishdagi taraqqiy etadigan kuchlanish betonning g'adir-budir yuzasi bilan UPTM listlarining yaxshi tishlashgani uchun betonga uzatiladi. Namunalarni tayanchlarga o'rnatgandan so'ng, ular kuzatishni osonlashtirish

uchun bo'yoq bilan yopiladi. Quyidagilarning ta'siri tadqiqot qilindi:



4.15-rasm. Belgilangan joyga epoksidli smolani suvash



4.16-rasm. Tolaning yo'riqnomasiga muvofiq qirrali rolikni qo'llash



4.17-rasm. To'sin o'ralgan polosaning oxirgi bosqichi

- bo'ylama armaturalash foizi, kesilish oralig'ini ishchi balandlikka nisbati;
- UPTM polosasi qadami, soni va yo'nalishini to'sinlarning kesilishdagi yuk ko'taruvchanligiga va sinish mexanizmiga.

Yuklash mobaynida belgilab borildi (ro'yxatga olindi):

- birinchi yoriqlarning sodir bo'lishi;
- yoriqlarning kritik ochilishi;
- beton yuzasidan listlarning ajralishi;
- beton ko'chishi bilan listlarning uzilishi.

Yoriqlarning tarqalishi butun sinov davrida yukning har bir pog'onasi (oshishi)da aniq kuzatib borildi. Sinov natijalari oraliq o'rtasida “yuk–salqilik”, cho'zilgan armatura va ko'ndalang xomutlar, UPTM polosasi va beton yuzasida “yuk–deformatsiya” diagrammasi ko'rinishida taqdim etilgan.

## 4.2. Sinov namunalarining eksperimental tadqiqot natijalari

### 4.2.1. To'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlarning eksperimental tadqiqot natijalari

To'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlarda o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatdiki, to'sinlar kuchaytirish polosasining uzilishi bilan yo egilish, yoki siljish mexanizmi bo'yicha sindi. VT2 kichik guruhning yuk ko'taruvchanligi VT1 ga nisbatan 50...60% ga ortiqligi kuzatilgan bo'lsa, BS2 kichik guruhda bu ko'rsatkich BS1 ga nisbatan sinishning egilishdan sodir bo'lishi ancha oldin sodir bo'lishi natijasida ancha kam ifodalangan. To'g'rito'rtburchak kesimli to'sinni yig'iq yuk ostida egilishga sinash 4.18-rasmda ko'rsatilgan. Cho'zilgan bo'ylama armatura foizining oshishi ( $\mu = 1,081...1,689\%$ ) UPTM polosalari bilan o'ralgan to'sinning kesilishdagi yuk ko'taruvchanligini 25...55% ga oshishiga olib keldi (4.19-rasm va 4.4-jadv.).



4.18-rasm.  
To'g'rito'rtburchak kesimli to'sinni yig'iq yuk ostida egilishga sinash

BT1, BS1 va BT2 kichik guruhlardagi to'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlar po'lat armaturasining beton bilan tishlashishi yetarlicha bo'lmagani uchun UPTM polosalarining uzilishi bilan bo'ylama armatura bo'ylab sodir bo'lgan yoriqlar ta'siridan sindi. To'sinning vaqtidan oldin sodir bo'lgan egilish tipidagi sinishi shikastli va shikastsiz kuchaytirilgan BS2 kichik guruhidagi namunalarning qirg'ilishda ko'taruvchanlik xususiyatini kamayishiga olib keldi.

## To'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlarning sinov natijalari

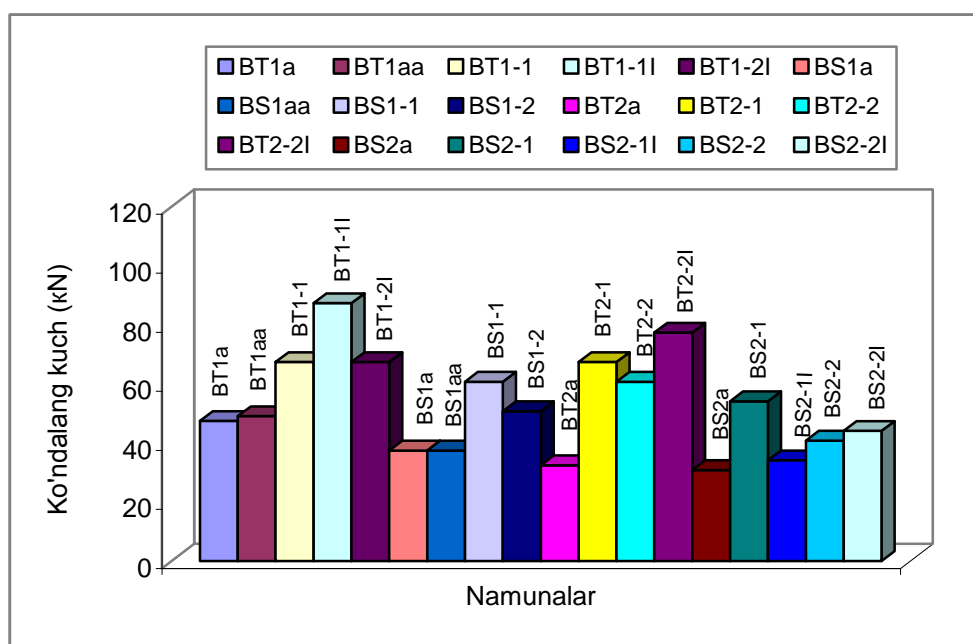
Namuna lar seriyasi	$a_v/h_0$	UPTM polosasi qadami–yo'nalishi, mm–gradus	To'la sindi ruvchi yuk, kN	Yoriq sodir qiluvchi yuk, kN	UPTM polosalari qabul qiladigan $Q$ ning xissasa, kN	To'sinni kesilishda yuk ko'taruvchanligining oshishi, (%)
1		2	3	4	5	6
<sup>1</sup> BT1a	2,5	–	94,82	47,41	–	–
<sup>1</sup> BT1aa	2,5	–	98,14	49,07	–	–
<sup>2</sup> BT1-1	2,5	U-polosa 150–0/90	134,73	67,365	38,25	39,65
<sup>3</sup> BT1-1I	2,5	U-polosa 150–0/90	174,64	87,32	78,16	81,01
<sup>3</sup> BT1-2I	2,5	U-polosa 200–0/90	134,73	67,365	38,25	39,65
<sup>1</sup> BS1a	2,5	–	74,86	37,43	–	–
Jadval 4.4 ning davomi						
1	2	3	4	5	6	7
<sup>1</sup> BS1aa	2,5	–	74,86	37,43	–	–
<sup>2</sup> BS1-1	2,5	U-polosa 150–0/90	121,42	60,71	46,56	62,19
<sup>2</sup> BS1-2	2,5	U-polosa 200–0/90	101,46	50,73	26,61	35,55
<sup>1</sup> BT2a	4,0	–	64,88	32,44	–	–
<sup>2</sup> BT2-1	4,0	U-polosa 150–0/90	134,73	67,365	69,85	107,66
<sup>2</sup> BT2-2	4,0	Qiya L polosa 150–45/135	121,42	60,71	56,54	87,15
<sup>3</sup> BT2-2I	4,0	Qiya L -polosa 150–45/135	154,68	77,34	89,80	138,41
<sup>1</sup> BS2a	4,0	–	61,55	30,775	–	–
<sup>2</sup> BS2-1	4,0	U-polosa 200–0/90	108,20	54,098	46,648	>75,79
<sup>2</sup> BS2-2	4,0	Qiya L -polosa	81,51	40,757	19,964	>32,44

		150–45/135				
<sup>3</sup> BS2-2I	4,0	Qiya L -polosa 150–45/135	88,16	44,08	26,61	>43,23
<sup>3</sup> BS2-1I	4,0	U-polosa 150–0/90	68,21	34,105	6,66	>10,82

<sup>1</sup>– kuchaytirilmagan nazorat namunalari;

<sup>2</sup>– kuchaytirilgan shikastli namunalari;

<sup>3</sup>– kuchaytirilgan shikastsiz namunalari.



4.19-rasm. To'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlarni eksperimental tadqiqot natijalari

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, UPTM polosalaridan keltirilgan sxemada foydalanish xuddi ularni listlar bilan uzliksiz o'rashdagi kabi ko'taruvchanlik xususiyatini oshishiga, kuchaytirishga kam material sarflab erishish mumkin ekan [1–3, 15–21]. UPTM ning har xil yo'nalishdagi ikkiyo'nalishli polosalaridan temirbeton to'sinlarni tiklash yoki reabilitatsiya qilishda foydalanish uchun texnologik jixatdan qulay, ishonchli va tejamli aniqlandi. UPTM polosasining qadami kesim ishchi balandligining to'rt dan biri va polosa eni yig'indisidan kichik bo'lishi kerak. To'sinlarning kesilishdagi yuk ko'taruvchanligini oshirish uchun eni 80 mm dan kam bo'lmagan UPTM

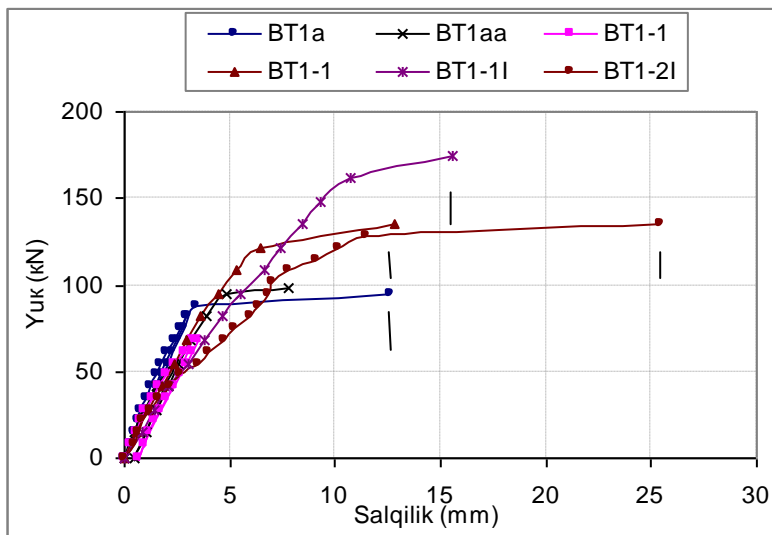
polosasidan foydalanish tavsiya etiladi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, UPTM ning ikkiyo'nalishli polosalari to'sinlarning qirqilishda ko'taruvchanlik xususiyatini ancha oshirishda qo'llanishi mumkin. BT1, BS1, BT2 va BS2 kichik guruhlar namunalarining qirqilishda ko'taruvchanlik xususiyati tegishlicha 40...81%, 36...62%, 87...38% va 11...76% oralig'ida oshdi. Umuman, to'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlarning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyati nazorat to'sinlarnikiga nisbatan 11...138% katta bo'ldi.

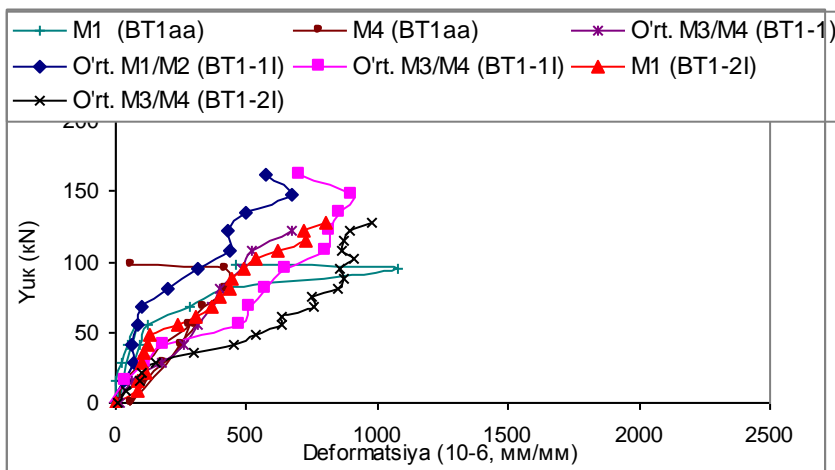
Qirqilish oralig'ining kesim ishchi balandligiga nisbatining oshishi ( $a_v/h_o=2,5...4,0$ ) to'sinning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatini 15...50% ga oshirdi. Bu shuni ko'rsatadiki, ko'ndalang armaturasiz elementlar uchun UPTM polosalari ko'ndalang armatura vazifasini bajarar ekan.

UPTM polosalarining qadami ham shikastli va shikastsiz kuchaytirilgan namunalarning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatiga ta'sir qiladi. Polosalar qadamining oshishi to'sinning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatini kamayishiga olib keldi. Kuchaytirilgan shikastsiz namunalarning qirqilishdagi yuk ko'taruvchanligi kuchaytirilgan shikastlisiga nisbatan 8...30% ga oshdi. Mazkur natijalarga ko'ra UPTM polosalari bilan kuchaytirish samadorligi temirbeton to'sinlarni qirqilishda ko'taruvchanlik xususiyatini oshirib, kuchaytirilgan shikastli namunalar uchun kuchli ifodalanganligi aniqlandi.

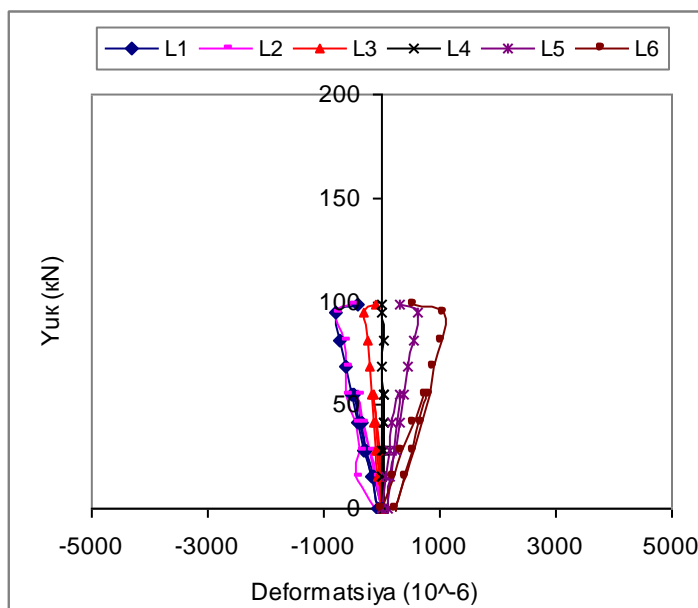
Quyida nazorat, boshidan kuchaytirilgan, shikastlantirilgan/ kuchaytirilgan VT va BS guruh to'g'ri to'rtburchak kesimli to'sinlari oraliq o'rtasidagi betonning, cho'zilgan armaturasining hamda UPTM polosasining "yuk-deformatsiya" va "yuk-salqilik" tipik diagrammalaridan namunalar keltirilgan (4.20–4.33-rasmlar).



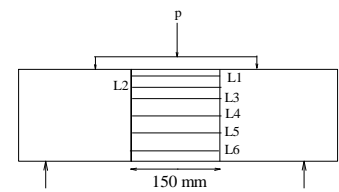
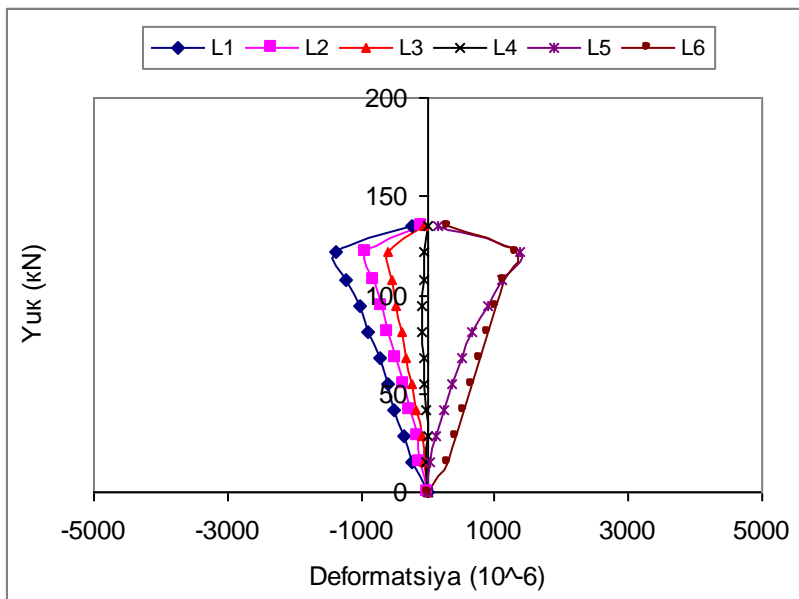
4.20-rasm. BT1 kichik guruh oralig'i o'rtasidagi "yuk-salqilik" diagrammasini taqqoslash (kuchaytirilgandan so'ng)



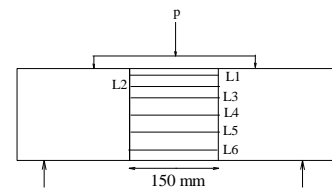
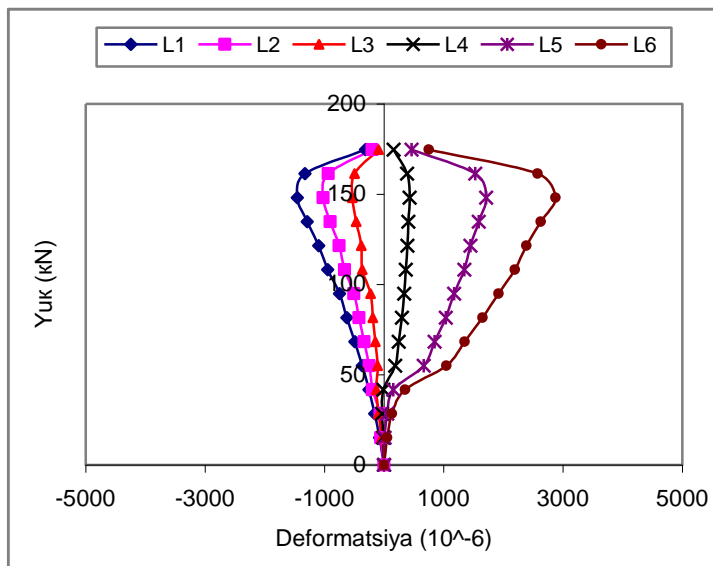
4.22-rasm. BT1 kichik guruh cho'zilgan armaturasi uchun «yuk-deformatsiya» diagrammasini taqqoslash (kuchaytirilgandan so'ng). Deformatsiya ( $10^{-6}$ , mm/mm)



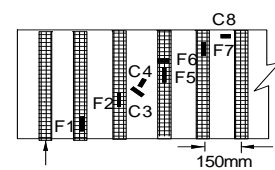
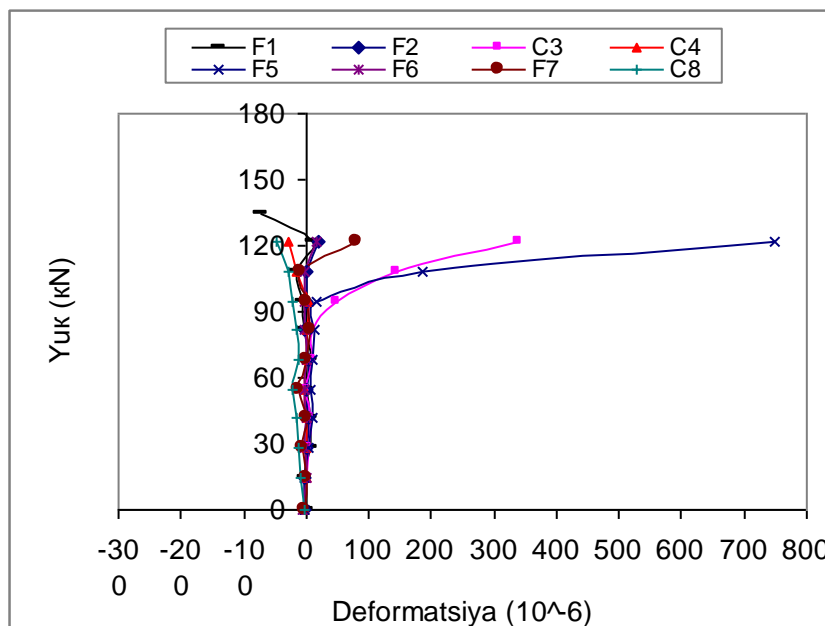
4.23-rasm. BT1a nazorat namunasi oralig' o'rtasidagi betonning «yuk-deformatsiya» diagrammasi



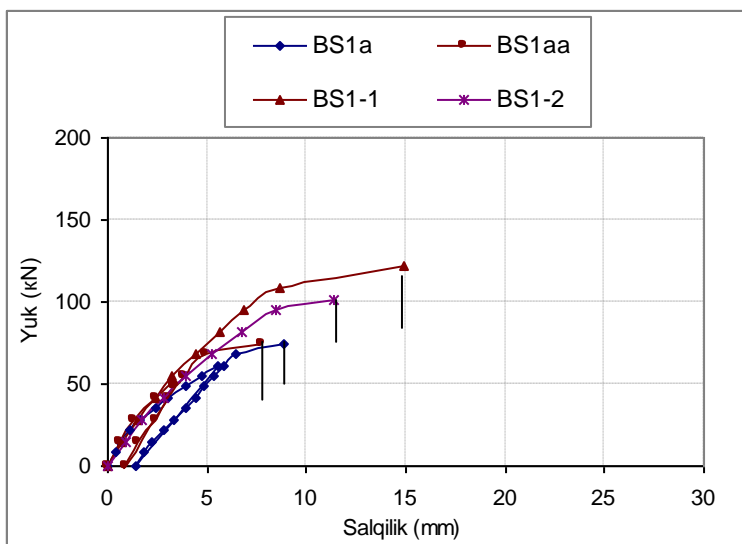
Reper nuqtalarining joylashishi  
4.24-rasm. Kuchatirilgan shikastli BT1-1 namunalar oralig'i o'rtasidagi betonning «yuk–deformatsiya» diagrammasi



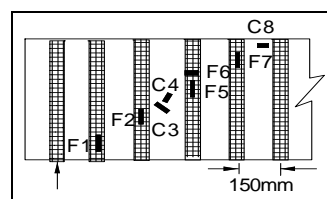
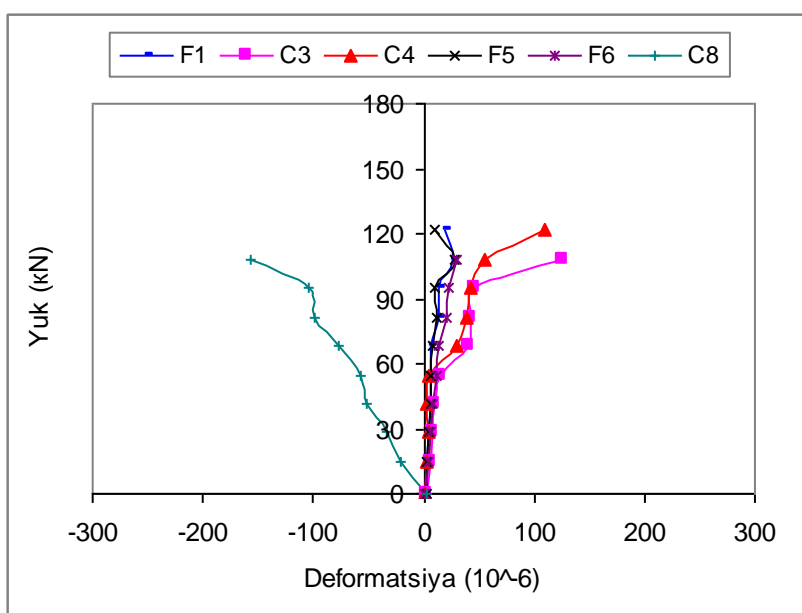
Reper nuqtalarining joylashishi  
4.25 -rasm. Kuchatirilgan shikastsiz BT1-1I namunalar oralig'i o'rtasidagi betonning «yuk–deformatsiya» diagrammasi



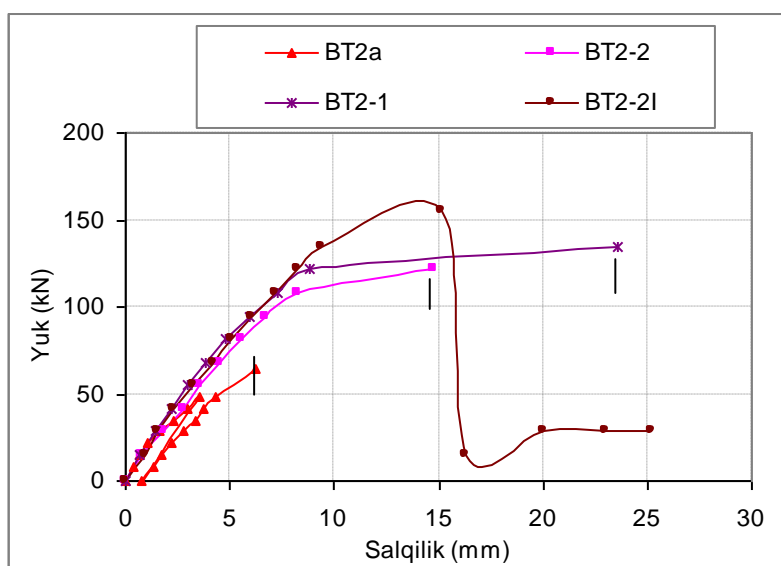
4.26 -rasm.. Kuchatirilgan shikastli BT1-1 namunalar UPTM polosasining «yuk–deformatsiya» diagrammasi



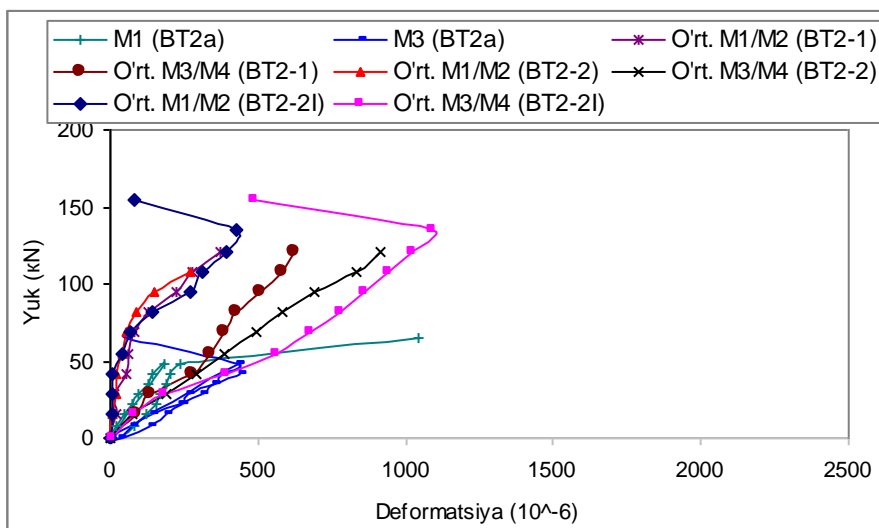
4.27-rasm. BS1 kichik guruh uchun oraliq o'rtasidagi "yuk-salqilik" diagrammasini taqqoslash (kuchaytirilgandan so'ng)



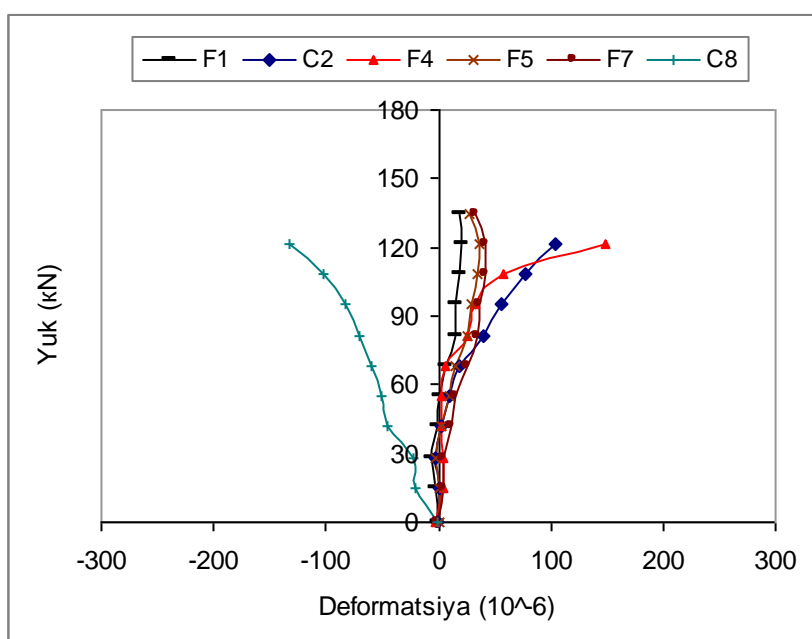
4.30-rasm. Kuchaytirilgan shikastli BS1-1 kichik guruhning UPTM polosasi va beton yuzasi «yuk-deformatsiya» diagrammasini taqqoslash



4.31-rasm.. BT2 kichik guruhning oraliq o'rtasidagi «yuk-salqilik» diagrammasi (kuchaytirilgandan so'ng)



Ris. 4.32-rasm.  
BT2 kichik guruh  
cho'zilgan  
armaturasining  
«yuk–deformatsiya»  
diagrammasini  
taqqoslash  
(kuchaytirilgandan  
so'ng)



4.33-rasm.  
Kuchaytirilgan  
shikastli BT2-1 kichik  
guruh UPTM polosasi  
va beton yuzasidagi  
«yuk–deformatsiya»  
diagrammasi

To'g'rito'rtburchak kesimli kuchaytirilgan namunalar bikrligi ular ko'ndalang armatura bilan jihozlanmagani uchun UPTM polosalari yo'nalishi va ularning orasidagi masofaga (qadamiga) nisbatan o'zgaradi. To'g'rito'rtburchak kesimli to'sin o'rtasiga qo'yilgan yig'iq yukdan sodir bo'lgan oraliq o'rtasidagi salqilik yukning aynan shu qiymatida ikki nuqtali yuklashdan sodir bo'lgan salqilikka nisbatan ko'p bo'ldi. UPTM polosalari bilan kuchaytirilgan namunalarning salqiligi bir xil oraliq pog'onalarda nazorat to'sinlarnikiga nisbatan 5...10% ga kam bo'ldi, ammo chegaraviy yukda bu salqiliklarning qiymati nazorat to'sinlarnikiga nisbatan 10...15% ga katta bo'ldi. UPTM polosalari bilan tashqi kuchaytirishni qo'llash to'sinlarda yuklashning boshlang'ich davrida sodir qilingan

dastlabki yoriqlarning tarqalishi va ularning enining ochilishini oldini oladi.

Shikastlangan-tiklangan BT1-1 to'sinning «yuk–salqilik» diagrammasi dastlab kuchaytirilgan BT1-1I va BT1-2I larnikiga nisbatan kam salqilikka ega. Sinov natijalaridan ko'rinadiki, kuchaytirishning ortotrop polosasi ularni beton yuzasidan ajralishini oldini oladi va to'sinlarning qirqilishdagi mustahkamligini ancha oshiradi. UPTM ning ikki yo'nalishli listlari beton yuzasi bilan tishlashishni buzilishining oldini oladigan gorizontol tolalar tufayli yaxshi tishlashishga ega. Polosalar ko'rinishidagi armaturalovchi materiallardan foydalanish UPTM narhi va sarfini kamaytirish imkonini beradi.

Kuchaytirilgan shikastli va shikastsiz namunalarning bo'ylama armaturalaridagi « $R - \varepsilon$ » diagramma nazorat namunalaridagi kabi chiziqli xarakterga ega. Cho'zilgan armaturadagi deformatsiyalarning kuzatilgan qiymatlari xuddi o'sha yuklarda (yuk pog'onalarida) nazorat to'sinnikiga nisbatan kichik bo'ldi. Umuman, kuchaytirilgan shikastli va shikastsiz namunalarda sindiruvchi yukka mos kelgan maksimal deformatsiyalar nazorat namunani kiga nisbatan katta bo'ldi. Beton yuzasidagi (ya'ni UPTM polosalari orasidagi) deformatsiya UPTM polosalari yuzasidagi deformatsiyaga nisbatan katta bo'ldi.

UPTM polosalarining bo'ylama o'qqa nisbatan qiya yo'nalishli 45/135° (L-polosalar) namunalarda yoriqlar sodir bo'lishi va ular enining ochilishi tik yo'nalishli 0/90° (U-polosalar) namunalarga nisbatan kam kuzatildi. UPTM polosalarining bo'ylama o'qqa nisbatan qiya yo'nalishli 45/135° (L-polosalar) namunalarning ko'taruvchanlik xususiyati tik yo'nalishli 0/90° (U-polosalar) namunalarnikiga nisbatan katta bo'ldi. Bu natijalar shuni ko'rsatadiki, UPTM polosalarining yo'nalishi nafaqat namunalarning sinish mexanizmiga, balki ularning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatiga ham ta'sir qilar ekan. Natijalar shuni ham ko'rsatdiki, to'sinlardagi UPTM polosalarining deformatsiyalari betonning chegaraviy deformatsiyalaridan kichik bo'ldi.

#### 4.2.2. Tavr shaklli to'sinlarning eksperimental tadqiqot natijalari

Tavr shaklli to'sinni yig'iq yuk ostida egilishga sinash 4.34-rasmda ko'rsatilgan. Tajribalar shuni ko'rsatdiki, to'sinlar chegaraviy holatda yo egilish, yoki siljish mexanizmi bo'yicha sindi.

Tajribalar ko'rsatdiki, po'lat xomutlarning armaturalash foizi, soni va qadami, UPTM polosalarining soni, qadami va yo'nalishi hamda qirqilish oralig'ini ishchi balandlikka nisbati kuchaytirilgan temirbeton to'sinlarning samaradorligiga ta'sir qilgan ekan.

UPTM polosalarining qadami ham to'sinlarning kesilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatiga ta'sir qiladi. UPTM polosalarining qadami oshishi bilan to'sinlarning kesilishdagi ko'taruvchanlik xususiyati kamayadi. TT1 kichik guruhdagi TT1-2 (polosa qadami–150 mm) namunaning ko'taruvchanlik xususiyati TT1-1 (polosa qadami–200 mm) namunikiga nisbatan 15% katta bo'ldi (4.5-jadvav va 4.35-rasm).



4.34-rasm. Tavr shaklli to'sinni yig'iq yuk ostida egilishga sinash

Kuchaytirilgan shikastsiz TS2 va TS1 kichik guruhlar namunalari xuddi shunga o'xshash UPTM polosalari yo'nalishlariga ega bo'lgan kuchaytirilgan shikastlilarga nisbatan ko'taruvchanlik xususiyatining oshmaganini ko'rsatdi.

Natijalar shuni ko'rsatdiki, kesilish oralig'ini ishchi balandlikka nisbatining oshishi bilan kuchaytirilgan "shikastli" va "shikastsiz" namunalarning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyati oshmas ekan (4.5-jadv.). UPTM listlarini "shikastli" to'sinlarni tashqi armaturalashda qo'llash sinish bosqichida dastlabki yoriqlarning

tarqiqiy etishini oldini oladi.

Jadval 4.5

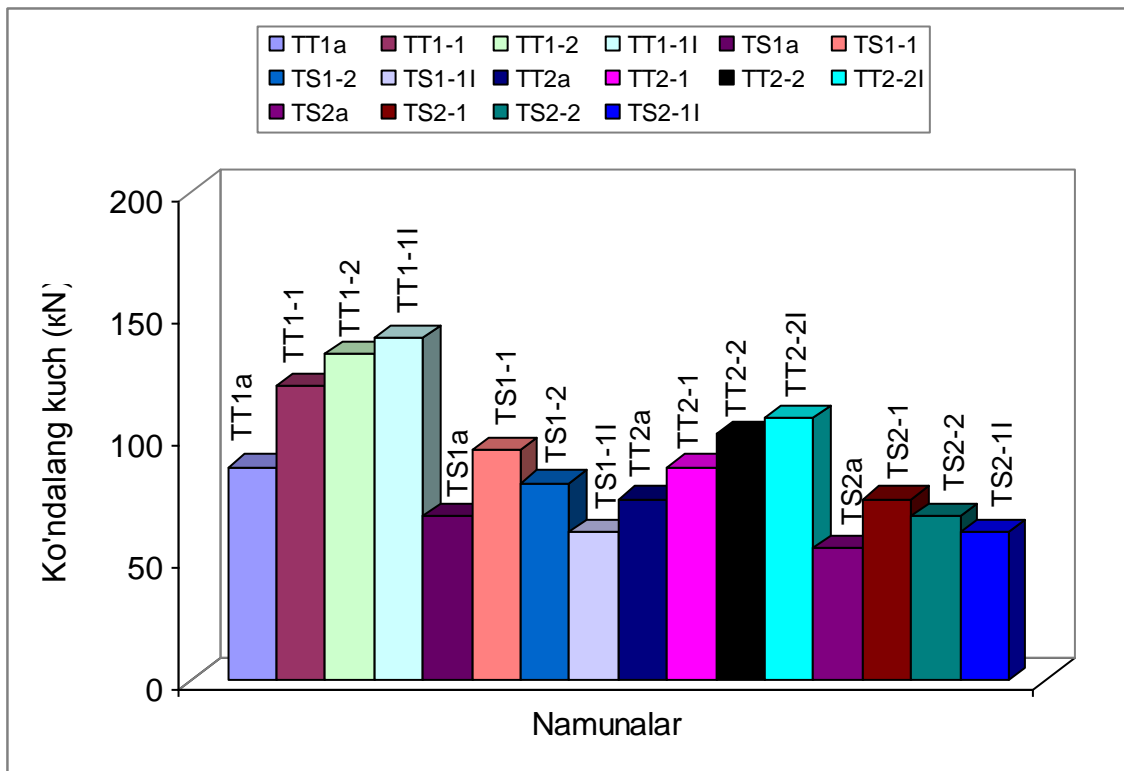
Namunalar seriya	UPTM polosasi qadami va yo'nalishi, mm–gradus	To'la sindiruvchi yuk, kN	Yoriq sodir qilgan yuk, kN	UPTM qabul qiluvchi $Q$ xissasi, kN	To'sinning qirqilishda ko'taruvchanlik xususiyatining oshishi, %
<sup>1</sup> TT1a	–	174,65	87,325	–	–
<sup>2</sup> TT1-1	U-polosa 200–0/90	241,16	120,58	66,51	>38,08
<sup>2</sup> TT1-2	U-polosa 150–0/90	267,77	133,89	93,12	>53,32
<sup>3</sup> TT1-1I	U-polosa 200–0/90	281,08	140,54	106,43	>60,94
<sup>1</sup> TS1a	–	134,74	67,37	–	–
<sup>2</sup> TS1-1	U-polosa 150–0/90	187,98	93,99	53,24	>39,51
<sup>2</sup> TS1-2	U-polosa 200–0/90	161,34	80,67	26,6	>19,74
<sup>3</sup> TS1-1I	U-polosa 200–0/90	121,44	60,72	–	–
<sup>1</sup> TT2a	–	148,04	74,02		–
<sup>2</sup> TT2-1	U-polosa 150–0/90	174,65	87,32	26,61	>17,98
<sup>2</sup> TT2-2	L-polosa 150–45/135	201,26	100,63	53,22	>35,95
<sup>3</sup> TT2-2I	L-polosa 150–45/135	214,56	107,28	66,52	>44,93
<sup>1</sup> TS2a	–	108,14	54,07		–
<sup>2</sup> TS2-1	U-polosa 200–0/90	148,04	74,02	39,9	>36,90
<sup>2</sup> TS2-2	L-polosa 150–45/135	134,74	67,37	26,6	>24,59
<sup>3</sup> TS2-	L-polosa 150–	121,44	60,72	13,3	>12,29

11	45/135				
----	--------	--	--	--	--

<sup>1</sup>– kuchaytirilmagan nazorat namunalari;

<sup>2</sup>– kuchaytirilgan shikastli namunalari;

<sup>3</sup>– kuchaytirilgan shikastsiz namunalari.



4.35-rasm. Tavr shaklli to'sinlarning eksperimental tadqiqot natijalari

Natijalar ko'rsatdiki, tavr shaklli temirbeton to'sinlarni UPTM larning ikkiyo'nalishli polosalari bilan tashqi armaturalash, ularning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatini anchaga (12...61%) oshirar ekan. Tavr shaklli to'sinlarda kuchaytirilgan shikastli namunalarning ko'taruvchanlik xususiyati xuddi shunday kuchaytirilgan shikastli namunalarnikiga nisbatan 7...17% katta bo'ldi. Sinov natijalari ko'rsatdiki, ortogonal yo'nalgan polosali UPTM lar shikastli to'sinlarni kuchaytirishda eng samarali hisoblanadi va temirbeton to'sinlarni tiklash yoki modernizatsiya qilishda kesilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatini oshirish imkonini beradi.

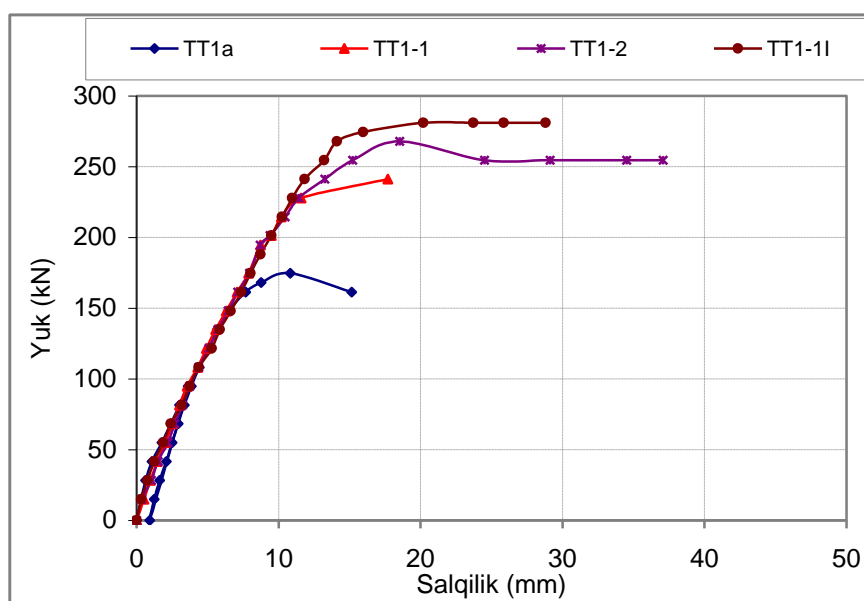
Tajriba natijalari ko'rsatdiki, ikki yo'nalishli UPTM polosalari to'sinlarni qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatini anchaga oshirishda qo'llanishi mumkin

ekan. TT1, TS1, TT2 va TS2 kichik guruhlarning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyati nazorat guruhinikiga nisbatan tegishli 38,08...60,94%, 19,74...39,51%, 17,98...44,93% va 12,29...36,9% ga oshdi. Umuman, tavr shaklli to'sinlarning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyati nazorat to'sininikiga nisbatan 12,29...60,94% katta bo'ldi.

Tavr shaklli to'sinlarda kuchaytirilgan shikastsiz namunalarning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyati shikastlilarnikiga nisbatan 7...17 % ko'p bo'ldi. Tajriba natijalari ko'ra, UPTM polosalar sistemasini kuchaytirish usuli sifatida qo'llash real sharoitlarda ishlaydigan shikastlangan temirbeton to'sinlarni reabilitatsiya qilish va ularning ko'taruvchanlik xususiyatini oshirishda eng samarali hisoblanadi.

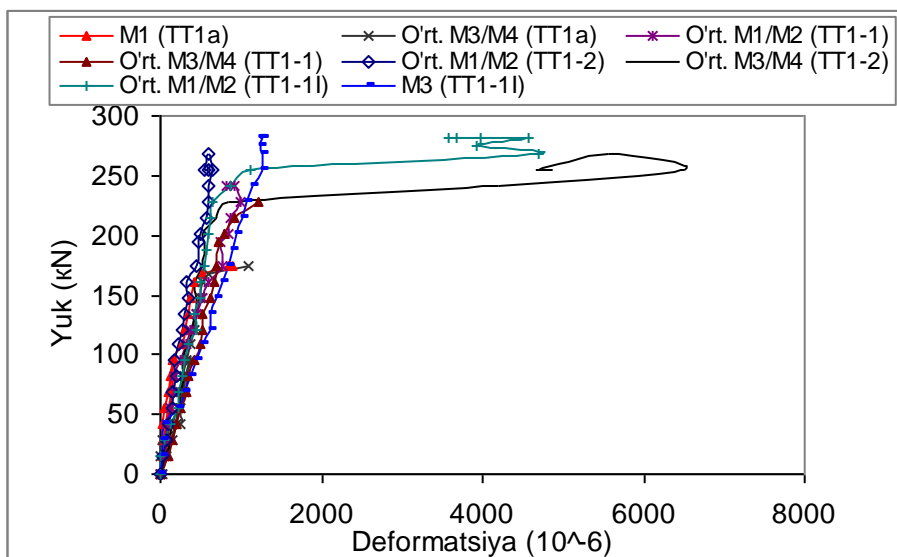
Quyida nazorat, boshidan kuchaytirilgan, shikastlantirilgan/ kuchaytirilgan TT va TS guruh tavr shaklli to'sinlari oraliq o'rtasidagi betonning, cho'zilgan armaturasining hamda UPTM polosasining «yuk–deformatsiya» «yuk–salqilik» tipik diagrammalaridan namunalar keltirilgan (4.36–4.47-rasmlar).

Oraliq o'rtasidagi «yuk–salqilik» bog'liqlarining natijalari shuni ko'rsatdiki, UPTM polosalari bilan kuchaytirilgan shikastli va shikastsiz tavr shaklli to'sinlarning bikrligi ichki armaturalanganligi uchun xuddi nazorat to'sinlaridagi kabi bo'ldi.

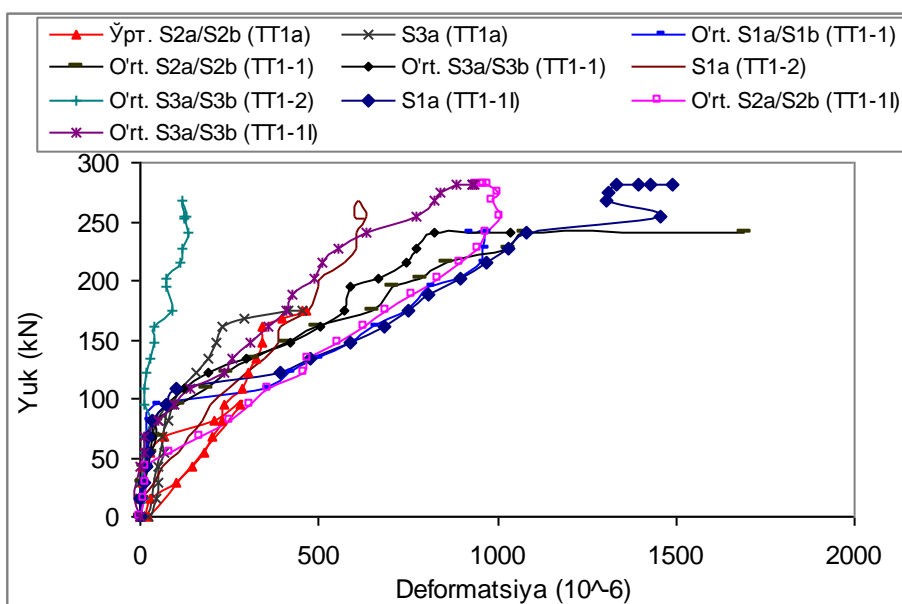


4.36 -rasm.

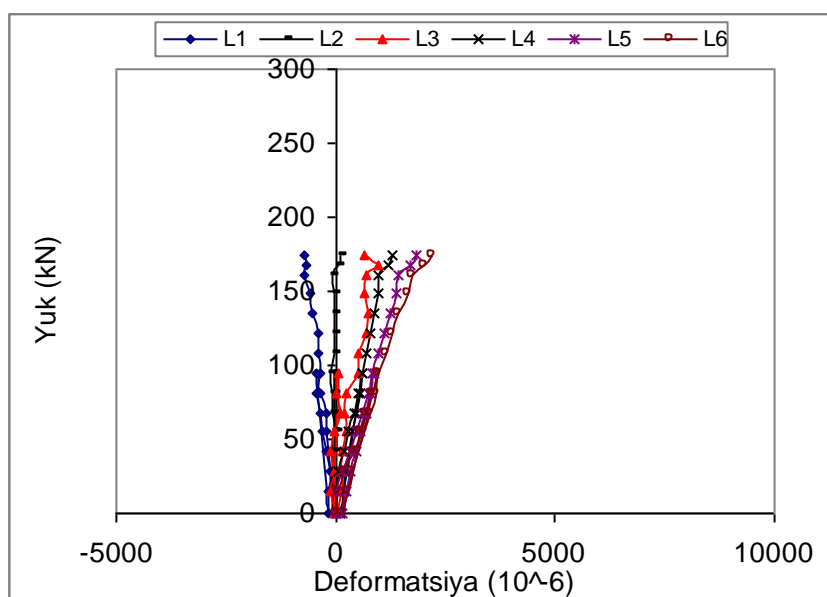
TT1 kichik guruh uchun to'sinlar oraliq o'rtasida «yuk–salqilik» diagrammasi (kuchaytirilgandan so'ng)



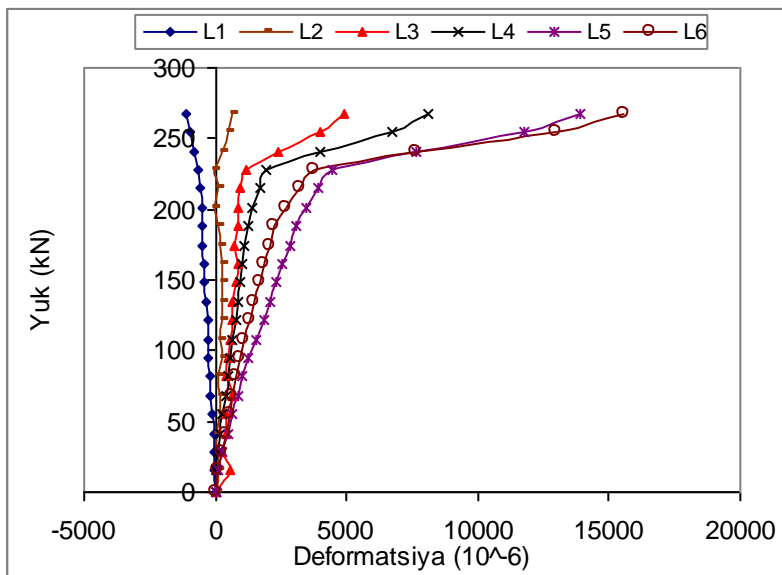
4.39-rasm.. TT1  
kichik guruh  
cho'zilgan  
armaturasining  
«yuk–deformatsiya»  
diagrammasini  
taqqoslash  
(kuchaytirilgandan  
so'ng)



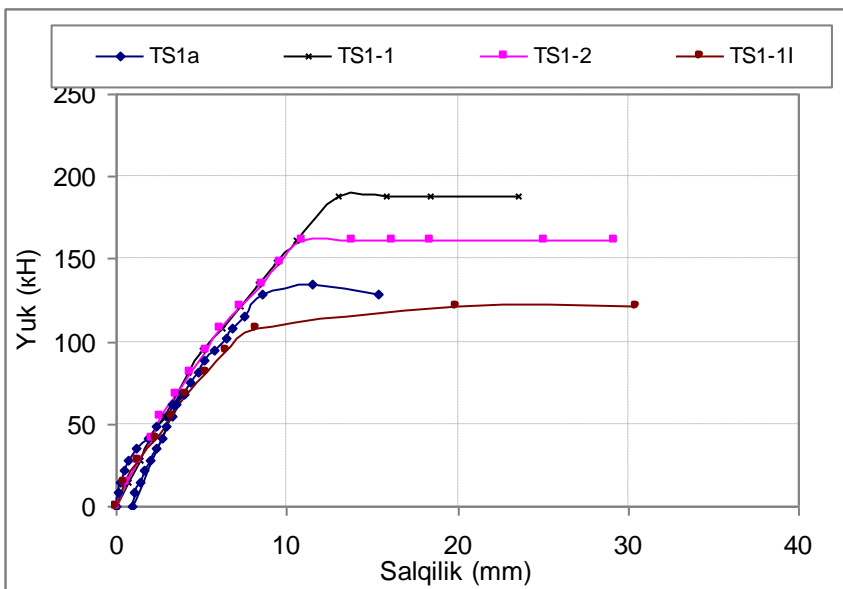
4.40-rasm.  
TT1 kichik guruhning  
po'lat xomutlaridagi  
«yuk–deformatsiya»  
diagrammasini  
taqqoslash  
(kuchaytirilgandan  
so'ng)



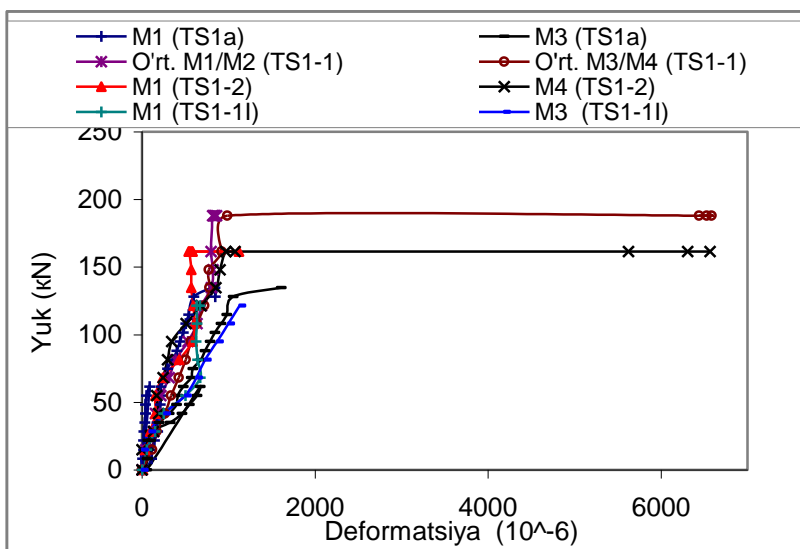
4.41-rasm.. TT1a  
nazorat namunasi  
oralik o'rta yuzasidagi  
«yuk–deformatsiya»  
diagrammasi



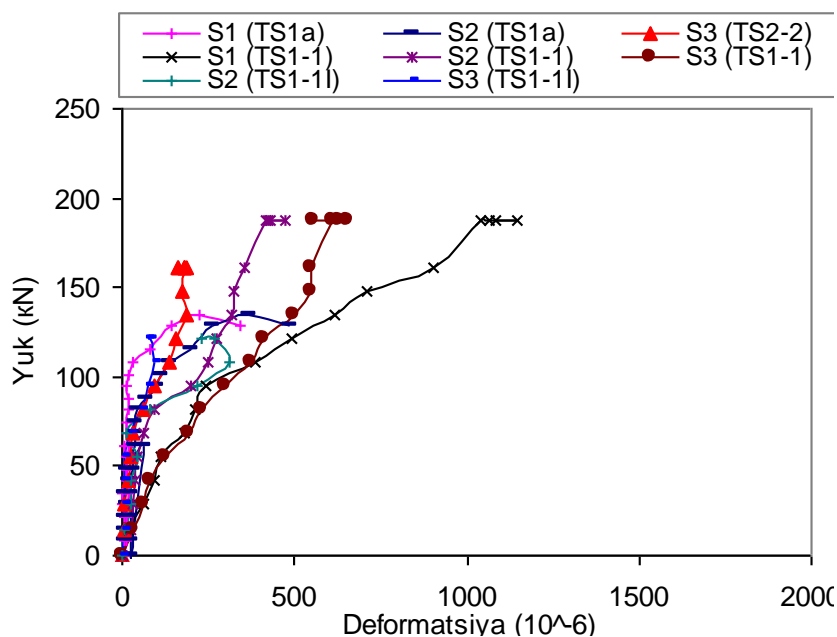
4.42-rasm. Shikastlangan-tiklangan TT1-2 to'sining oraliq o'rta yuzasidagi «yuk–deformatsiya» diagrammasi



4.43-rasm. TS1 kichik guruhi to'sining oraliq o'rtasidagi «yuk–salqilik» diagrammasini taqqoslash (kuchaytirilgandan so'ng)



4.44-rasm. TS1 kichik guruh to'sini cho'zilgan armaturasining «yuk–deformatsiya» diagrammasini taqqoslash (kuchaytirilgandan so'ng)



4.45-rasm TS1. kichik guruh to'sinining po'lat xomutlaridagi «yuk–deformatsiya» diagrammasini taqqoslash (kuchaytirilgandan so'ng)

Tavr shaklli to'sin o'rtasiga qo'yilgan yig'iq yukdan sodir bo'lgan oraliq o'rtasidagi salqilik yukning aynan shu qiymatida ikki nuqtali yukdan sodir bo'lgan salqilikka nisbatan ko'p bo'ldi. Bu omilni yuklash shaklining ta'siridan deb tushunish mumkin.

UPTM polosalari bilan kuchaytirilgan namunalarning o'rtacha salqiligi bir xil oraliq pog'onalarda nazorat to'sinlarnikiga nisbatan 5...10% ga kam bo'ldi, ammo chegaraviy yukda bu salqiliklarning qiymati nazorat to'sinlarnikiga nisbatan 10...15% ga katta bo'ldi.

#### 4.2.3. Maxsus namunalarning eksperimental tadqiqot natijalari

Maxsus namunalarni sinash va ularning sinish sxemasi 4.47–4.48-ramda keltirilgan.

Maxsus namunalarni sinov natijalari ko'rsatdiki, kuchaytirilgan namunalarning siljishi yuklashning dastlabki bosqichida UPTM polosalari bilan kuchaytirilmagan namunalarnikiga nisbatan ancha kam.

Maxsus namunalarni qirqilishga sinash shuni ko'rsatdiki, siljishdagi kuchlanish po'lat xomut-sterjenlar bilan ichki armaturalash foizi oshishi bilan kattalashar ekan. Ammo kuchaytirilgan namunalarda UPTM polosalarining ko'taruvchanlik xususiyatiga qo'shgan xissasi ichki armaturalash foizi oshishi

bilan kamayadi (4.6-jadval va 4.49-rasm).



4.47-rasm.

P1 namunaning qirqilish tekisligi bo'yicha sinishi (chapda)

4.48-rasm.

PF3 namuna UPTM listining beton yuzasidan ajralishi (o'ngda)

Jadval 4.6

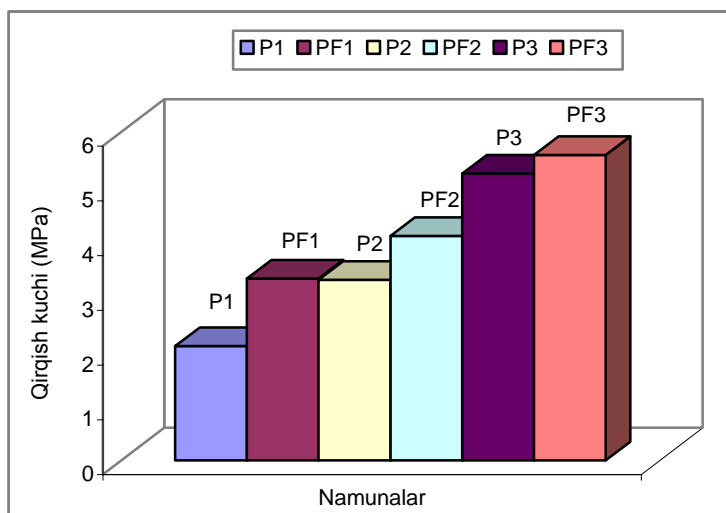
Maxsus namunalarning sinov natijalari

Namuna-lar seriyasi	Sindiruvchi yuk, kN	Siljish kuchlanishi, MPa	UPTM listlari xissasi, kN	Oshishi (%)
P1	85,50	2,09	–	–
PF1	131,82	3,23	46,32	54,17
P2	135,38	3,30	–	–
PF2	167,45	4,10	32,07	23,68
P3	213,87	5,24	–	–
PF3	228,02	5,58	14,15	6,62

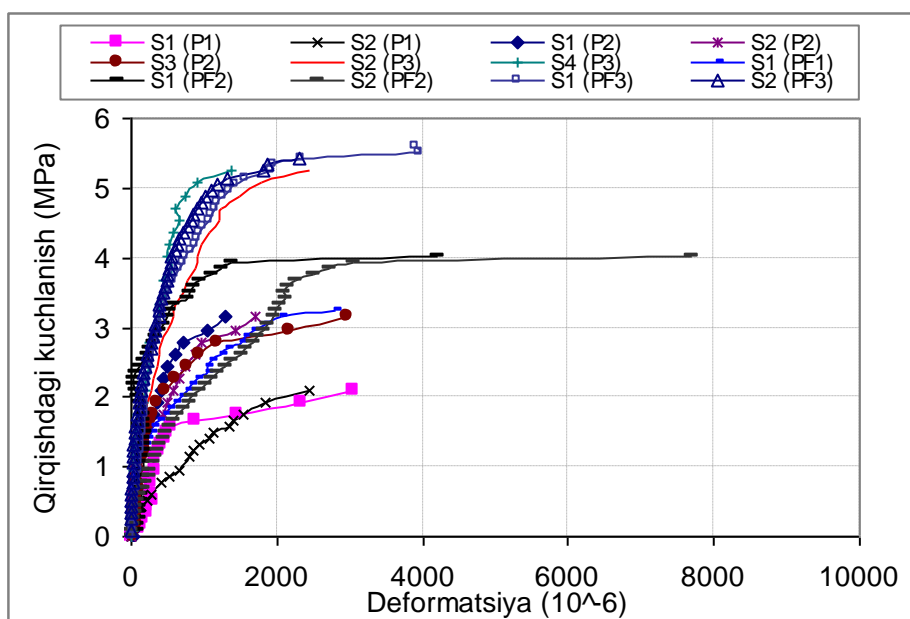
Cho'zilgan armatura va xomutlarda deformatsiyalarning kuzatilgan qiymatlari xuddi o'sha yukda nazorat namunalarnikidan kichik bo'ldi (4.50-rasm). Umuman, UPTM polosalari bilan kuchaytirilgan shikastli va shikastsiz maxsus namunalarning sindiruvchi yukdagi bir xil deformatsiyalari nazorat namunikiga nisbatan katta bo'ldi.

Yana aniqlandiki, kuchaytirilgan shikastli va shikastsiz namunalarning

UPTM polosalaridagi deformatsiyalar xomutlardagi deformatsiyalardan katta bo'ldi. Natijalar shuni ham ko'rsatdiki, namunalarni kuchaytirishda qo'llanilgan UPTM polosalaridagi maksimal deformatsiyalar polosalarning chegaraviy deformatsiyasidan kam bo'ldi.



4.49-rasm. Maxsus namunalarning eksperimental tadqiqot natijalari

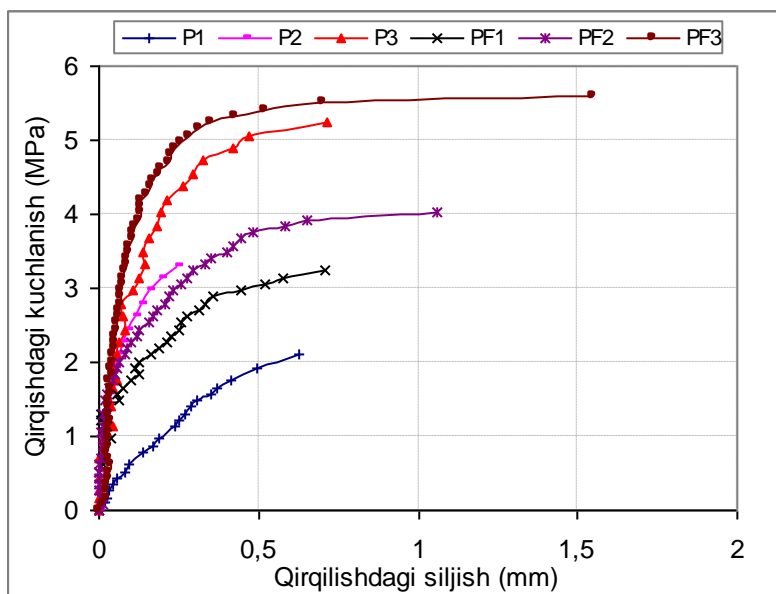


4.50-rasm. P va PF seriyalarning ko'ndalang po'lat xomutlarining «Qirqilish kuchlanishi–deformatsiya» diagrammasi

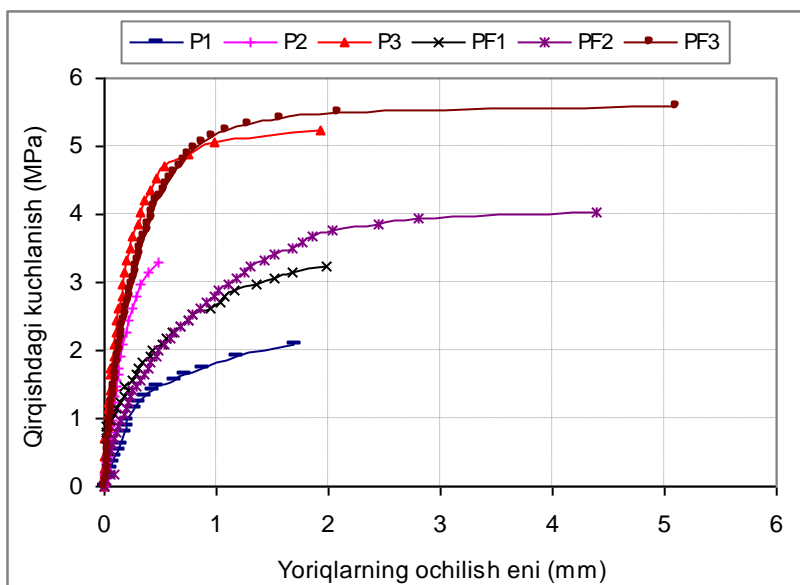
Ammo kuchaytirilgan namunalarda sinish oldidagi chegaraviy bosqichda siljitivchi siljishlarning tez o'sishi kuzatildi, buni UPTM polosalari sinishining plastik xarakterdaligi bilan tushuntirish mumkin (4.51-rasm).

Hamma kuchaytirilgan namunalarning bikrligi (PF2 namunadan tashqari) kuchaytirilmagannikiga nisbatan katta bo'ldi, buni yuklarning bir xil qiymatida po'lat xomutlardagi deformatsiyalarning kamligi bilan tushuntirish mumkin. Ammo deformatsiyalarning shu qiymatlari kuchaytirilgan namunalarda sindiruvchi yukda tez kattalashdi.

PF2 namunaning bikrligi R2 namunanikiga nisbatan yoriq ochilish enining boshlang'ich qiymati kamligi tufayli kichik. Yoriqlar ochilish enining boshlang'ich qiymati katta bo'lgan temirbeton namunalarning bikrligi ochilish enining boshlang'ich qiymati kichik bo'lganlarinikiga nisbatan katta bo'ldi. R1 va R3 namunalarda ichki armaturalash foizining oshishi sinishning chegaraviy boqichida normal va urinma siljishlarga uncha ta'sir qilmadi (4.52-rasm).



4.51-rasm. P va PF seriyalarning qirqilishdagi «kuchlanish–siljish» diagrammasi



4.52-rasm. P va PF seriyalarning «Qirqilishdagi kuchlanish – yoriqlarning ochilish eni yoki normal siljish» diagrammasi

UPTM polosalari bilan tashqi kuchaytirish ta'minlangan namunalarda qirqilish tekisligiga ko'ndalang ichki armaturalash foizining oshishi siljishdagi

kuchlanish xissasining kamayishiga olib kelishi kuzatildi. Yuklashning dastlabki bosqichida UPTM polosalari bilan kuchaytirilgan namunalarda qir qilishdagi urinma siljish va yoriqlarning ochilish eni kuchaytirilmaganikiga nisbatan kichikligi kuzatildi.

Ammo sindiruvchi yukda mazkur siljish va yoriqlarning ochilish eni UPTM polosalari bilan kuchaytirilgan namunalarda kuchaytirilmaganikiga nisbatan tezda kattalashdi. UPTM bilan kuchaytirilmagan namunalarda yukning oshishi qir qilishdagi siljish va yoriqlar ochilish enining kattalashishiga olib keldi, kuchaytirilgan namunalarda esa siljish qiymatining oshishi sindiruvchi yukkacha doimiy bo'ldi. UPTM larsiz (P seriya) namunalar xomutlarining maksimal deformatsiyasi  $(2447...3052) \cdot 10^{-5}$ , UPTM lar bilan kuchaytirilgan namunalarniki (PF seriya) esa  $(2805...7770) \times 10^{-5}$  oraliqda kattalashdi. UPTM lar bilan kuchaytirilgan namunalarda yukning oshishi deformatsiyaning qiymatini oshishiga olib keldi. Po'lat xomutlardagi maksimal real deformatsiyalar ularning chegaraviy qiymatidan kichik bo'ldi. Kuchaytirilgan namunalarda qir qilish yuzasida ikkiga ajralish belgisi sodir bo'ldi, keyin kesilish yuzasi bo'yicha UPTM listining uzilishi yoki UPTM listining beton yuzasidan ajralishi sodir bo'ldi. UPTM listlari bilan kuchaytirish ochilish enining kattalashini oldini olgani kabi, uning qir qilishdagi siljishini ham oldini oldi. Qir qilishda sinashda, PF1 va PF2 namunalar UPTM listlarining qir qilish tekisligi bo'yicha uzilishi bilan sindi, PF3 namuna esa listlarning beton yuzasidan ajralishi bilan sindi.

### **4.3. UPTM lar bilan kuchaytirilgan temirbeton to'sinlar va maxsus namunalar ko'taruvchanlik xususiyatining nazariy tadqiqoti**

Ko'priklar oraliq qurilmalarining UPTM polosalari bilan kuchaytirilgan to'g'rito'rtburchak kesimli va tavr shaklli to'sinlarining nazariy tadqiqoti qir qilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatiga bag'ishlangan Triantafillou [33], Khalifa [34] va ACI 440 [35] modellariga muvofiq amalga oshirildi. Triantafillou sinishning mumkin bo'lgan turlari uchun umumiy tenglamani taklif qilgan bo'lsa,

Khalifa sinishning hamma turlari uchun, jumladan, UPTM polosasining uzilishi yoki UPTM polosasining beton yuzasidan ajralishini hisobga oladigan o'tkazish koeffitsiyenti taklif qildi. Har qanday holatda ham, qirqilish zonasida yoriqlar eni va tishlashishning yo'qolishini chegaralash uchun o'tkazish koeffitsiyentining yuqori chegarasi o'rnatilgan. ACI 440 modeli ham sinishning hamma turalrini Khalifa modeli kabi hisobga oladi. UPTM polosalari bilan kuchaytirilgan temirbeton to'sinlarning ko'taruvchanlik xususiyati tajriba natijalari bilan taqqoslash uchun, keltirilgan uchta nazariy model bo'yicha hisoblandi.

ACI 440 ga muvofiq temirbeton to'sinlarning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyati uchun bazali konstruksiyalar tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$Q_u \leq \phi Q_n, \quad (4.1)$$

bunda  $Q_u$  – to'la ko'ndalang kuch;  $\phi$  – ko'ndalang kuchning qisqartirish koeffitsiyenti (0,85 qabul qilinadi);  $Q_n$  – nominal ko'ndalang kuch.

$$Q_n = Q_b + Q_s, \quad (4.2)$$

bunda  $Q_b$  – beton qabul qiladigan me'yoriy ko'ndalang kuch;  $Q_s$  – armatura xomutlari qabul qiladigan ko'ndalang kuch. Kuchaytirilgan to'sinlarda UPTM polosalari qabul qiladigan ko'ndalang kuch quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$Q_n = Q_b + Q_s + Q_f, \quad (4.3)$$

bunda  $Q_f$  – UPTM polosalri qabul qiladigan ko'ndalang kuch.  $\phi Q_n$  – normativ kuchni UPTM polosasi xissasining kuchsizlanish koeffitsiyentiga ko'paytirishdan olinadigan ko'ndalang kuch.  $\phi$  – armatura va beton uchun kuchsizlanish koeffitsiyenti, ACI 440 muvofiq – 0,85, va  $\psi$  – UPTM polosasi xissasi kuchsizlanishining qo'shimcha koeffitsiyenti. Butunlay o'ralgan elementlar uchun kuchsizlanishning qo'shimcha koeffitsiyenti – 0,85, yuzaning uchtomonli U-polosali o'ranma yoki birlashtirilganlar uchun – 0,95 tavsiya etiladi. UPTM polosalari bilan kuchaytirilgan temirbeton to'sindagi ko'ndalang kuch:

$$\phi Q_n = 0,85(Q_b + Q_s + \psi Q_f). \quad (4.4)$$

***UPTM polosasi bilan kuchaytirishning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatiga xissasi.*** UPTM polosalarining ko'taruvchanlik xususiyatiga xissasi birinchi bo'lib Triantafillou tomonidan ishlab chiqilgan va keyinroq Khalifa va

ACI 440 tomonidan rivojlantirilgan. Quyidagi qisqartirishlar qabul qilingan:  $\rho_f$  – UPVM uchastkasining xissasi;  $w_f$  – UPVM polosasining eni;  $s_f$  – UPVM polosasining qadami (intervali);  $t_f$  – UPVM polosasining qalinligi;  $b_w$  – matoning eni;  $E_f$  – UPVM ning elastiklik moduli;  $d$  – to'sinning ishchi balandligi;  $\alpha$  va  $\beta$  – tola yo'nalishi va to'sinning bo'ylama o'qi orasidagi burchak;  $\varepsilon_{fe}$  – UPVM polosasining sinishdagi maksimal deformatsiyasi;  $K$  – ishchi kuchlanishni aniqlash samaradorligining kamayish koeffitsiyenti;  $R_{fe}$ ,  $R_{fu}$  – UPTM polosalarining chegaraviy mustahkamligi;  $d_f$  – to'sinning ishchi balandligi;  $L_{eff}$  yoki  $L_e$  – armaturaning beton bilan tishlashish zonasining ishchi (samarali) uzunligi;  $n$  – UPTM polosasining soni;  $\varepsilon_{fu}$  – UPVM polosasining sinishdagi chegaraviy deformatsiyasi;  $k_Q$  – biriktirishning kamayish koeffitsiyenti;  $k_1$  va  $k_2$  – modifikatsiya faktorlari (omillari).

Temirbeton to'sin ko'taruvchanlik xususiyatiga UPVM polosasi xissasini hisoblash uchun Triantafillou quyidagi formulani taklif etdi:

$$Q_f = \frac{0,9}{\gamma_f} \rho_f E_f \varepsilon_{fe} b_w d_f (1 + \cos \beta) \sin \beta, \quad (4.5)$$

bunda  $\gamma_f$  – bir o'qli kuchlanganlik holatida UPVM polosasi uchun mustahkamlikning qisman zaxirasi (UPVM polosasi uchun 1,15 qabul qilinadi)

$$0 \leq \rho_f E_f < 1 \text{ GPa bo'lganda, } \varepsilon_{fe} = 0.0119 - 0.0205(\rho_f E_f) + 0.0104(\rho_f E_f)^2; \quad (4.6)$$

$$\rho_f E_f > 1 \text{ GPa bo'lganda, } \varepsilon_{fe} = -0.00065(\rho_f E_f) + 0.00245. \quad (4.7)$$

Temirbeton to'sin ko'taruvchanlik xususiyatiga UPVM polosasi xissasini hisoblash uchun Khalifa (4.5) tenglamani quyidagi ko'rinishga o'zgartirdi:

$$Q_f = A_f R_{fu} \frac{(\sin \beta + \cos \beta)}{S_f}, \quad (4.8)$$

$$\text{bunda} \quad R_{fu} = \frac{R_{fe}}{K}. \quad (4.9)$$

Taklif qilingan kamayish koeffitsiyenti ( $K$ ) asosan sinish turiga bog'liq. Kamayish koeffitsiyenti uchun quyidagi tenglamalar qiymatining eng kichigi olinishi lozim:

$$K_1 = 0,5622(\rho_f E_f)^2 - 1,2188(\rho_f E_f) + 0,778; \quad (4.10)$$

$$K_2 = \frac{(R_{cu}')^{2/3} w_{fe}}{\varepsilon_{fu} d_f} [738,93 - 4,06(t_f E_f)] \times 10^{-6}. \quad (4.11)$$

$w_{fe}$  ning qiymati quyidagicha hisoblanadi:

agar UPTM polosasi U-o'ranma shaklida uchi mahkamlanmagan bo'lsa,

$$w_{fe} = d_f - L_{eff}; \quad (4.13)$$

agar UPVM polosasi to'sinning faqat yon tomonlariga yopishtirilgan bo'lsa,

$$w_{fe} = d_d - 2L_{eff}; \quad (4.14)$$

$$K_3 = \frac{0,006}{\varepsilon_{fu}}. \quad (15)$$

ACI 440 gasm muvofiq UPVM polosasining qir qilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatiga qo'shgan xissasi quyidagi tenglamadan aniqlanishi mumkin:

$$Q_f = A_f R_{fe} \frac{(\sin \beta + \cos \beta) d_f}{S_f}. \quad (4.16)$$

Bu yerda  $R_{fe} = \varepsilon_{fe} E_f$ . (4.17)

To'la o'ralgan elementlar uchun  $\varepsilon_{fe} = 0,004 \leq 0,75 \varepsilon_{fu}$  (4.18)

U-o'ranma yoki faqat yon tomonlariga yopishtirilganlari uchun

$$\varepsilon_{fe} = k_v \varepsilon_{fu} \leq 0,004. \quad (4.19)$$

Biriktirishning kamayish koeffitsiyenti ( $k_Q$ ) – biriktirish sxemasi va material bikrligiga bog'liq bo'lgan betonning mustahkamlik funksiyasidir.

$$k_Q = \frac{k_1 k_2 L_e}{11,900 \varepsilon_{fu}} \leq 0,75. \quad (4.20)$$

Biriktirishning hisobiy uzunligi  $L_e$

$$L_e = \frac{23,300}{(n t_f E_f)^{0,58}}. \quad (4.21)$$

Biriktirishning kamayish koeffitsiyenti ham tegishli beton mustahkamligi va o'rash sxemasiga bog'liq bo'lgan ikkita modifikatsiya koeffitsiyentlariga ( $k_I$  va

$k_2$ ) bog'liq.

$$k_1 = \left( \frac{f_c}{27} \right)^{2/3}; \quad (4.22)$$

U- o'ram uchun 
$$k_2 = \frac{d_f - L_e}{d_f}; \quad (4.23)$$

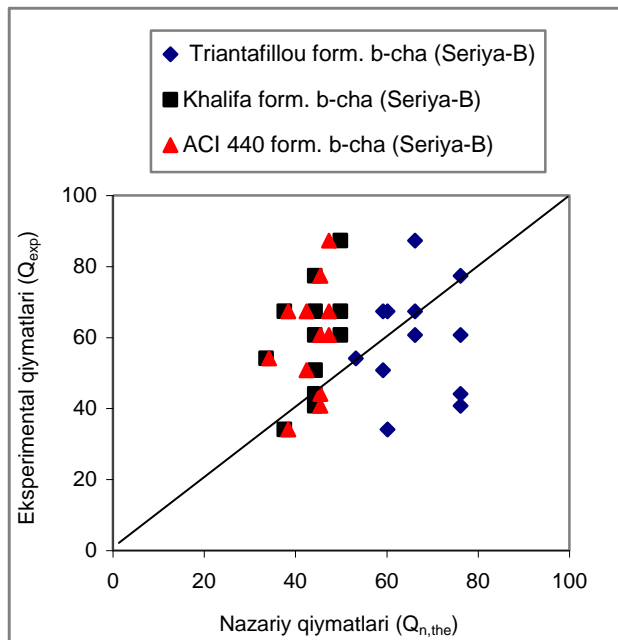
ikki tomoni biriktirilganlari uchun 
$$k_2 = \frac{d_f - 2L_e}{d_f}. \quad (4.24)$$

***Qirqilish zonasini UPTM polosasi bilan kuchaytirish intervali (qadami).***

Khalifa modeliga muvofiq qirqilish zonasini UPTM polosasi bilan tashqi kuchaytirish intervali diagonalli yoriqlarning sodir bo'lishini oldini olish uchun chegaralangan bo'lishi kerak, shuning uchun u UPTM polosasi intervalini chegaraladi.

$$S_{f,max} = w_f + \frac{d}{4}. \quad (4.25)$$

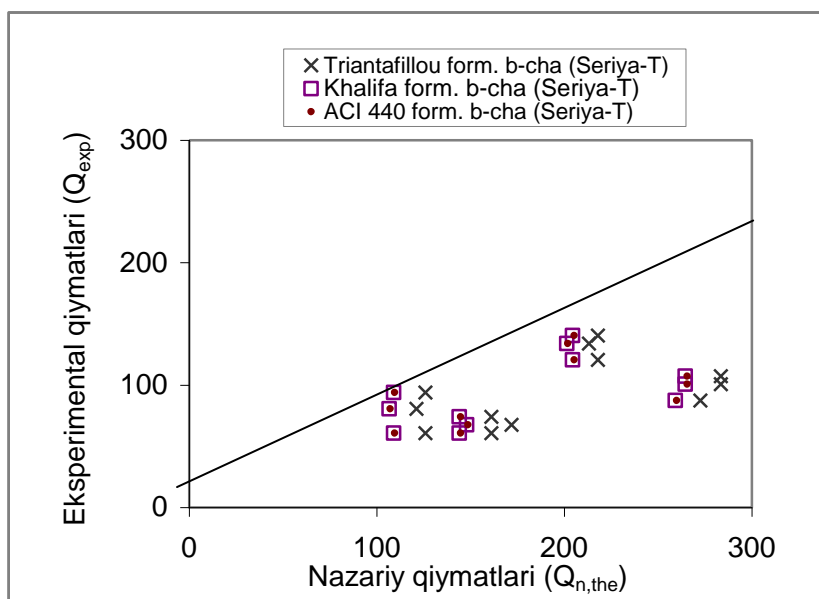
To'g'rito'rtburchak kesimli va tavr shaklli to'sinlar ko'taruvchanlik xususiyati Triantafillou, Khalifa i ACI 440 formulalari yordamida hisoblandi. Nazorat, UPTM listlari bilan kuchaytirilgan shikastli va shikastsiz namunalarning nazariy va eksperimental natijalarining taqqoslash 4.53 va 4.54-rasmlarda keltirilgan.



4.53-rasm.

Kuchaytirilgan shikastli va shikastsiz to'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlar ko'taruvchanlik xususiyatining eksperimental va nazariy qiymatlarini taqqoslash

Triantafillou formulasiga muvofiq to'g'rito'rtburchak kesimli to'sin BT1 kichik guruhining qirqilishdagi mustahkamligining eksperimental qiymati nazariy qiymatidan 16% katta. BS1 kichik guruhning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyati kutilganidan 12% ga kam bo'ldi. VT2 kichik guruhining nazariy va eksperimental qiymatlari orasida katta farq kuzatilmagan bo'lsa, BS2 kichik guruhida esa eksperimental qiymat nazariysidan 35% ga kichik bo'ldi.



4.54-rasm.

Kuchaytirilgan shikastli va shikastsiz tavr shaklli to'sinlar ko'taruvchanlik xususiyatining eksperimental va nazariy qiymatlarini taqqoslash

To'g'rito'rtburchak kesimli to'sin BT1, BS1, BT2 va BS2 kichik guruhlarida Khalifa tenglamasiga muvofiq qirqilishdagi o'rtacha ko'taruvchanlik xususiyatining nazariy qiymatlari eksperimental qiymatlaridan tegishlicha 54, 18, 64 va 11% larga kam bo'ldi. ACI 440 va Khalifa formulalari bo'yicha aniqlangan nazariy qiymatlari orasida unchalik farq sezilmadi va eksperimental qiymatlariga mos keldi. Ko'rinadiki, qirqilish zonasi ichki ko'ndalang armaturalanmagan to'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlarning nazariy va eksperimental qiymatlari bir-biriga mos keladi.

Qirqilish zonasi UPTM polosalari bilan tashqi kuchaytirilgan, ichki armaturalanmagan to'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlar ko'taruvchanlik xususiyatining eksperimental tadqiqot natijalari ko'rilgan uchta model bo'yicha nazariy tadqiqot natijalari bilan bir-biriga mos keladi. Ammo tavr shaklli to'sinlar eksperimental tadqiqotining natijalari nazariy tadqiqot natijalariga ichki va tashqi

armaturalash miqdorining ko'pligi tufayli egilish zonasida vaqtidan oldin singani sababli mos kelmadi.

Hamma tavr shaklli to'sinlar ko'taruvchanlik xususiyatining eksperimental qiymatlari nazariy qiymatlaridan kichik bo'lgan egilish zonasida sindi. Khalifa va ACI 440 bo'yicha hisoblangan nazariy qiymatlar Triantafillou bo'yicha hisoblanganidan farqliroq eksperimental natijalarga yaxshi mos keldi.

Mualliflar tomonidan [1–3, 15–21] ishlarda yoriqli maxsus namunalarning siljishida yoriqlar qirg'oqlarining bir-biriga tishlashishi tufayli sodir bo'ladigan kuchlanishni aniqlash tenglamasi taklif etilgan. Yoriqlar qirg'oqlarining bir-biriga tishlashishi ko'ndalang kuch ta'sirida temirbeton elementlarning ko'taruvchanlik xususiyatini aniqlashda katta ahamiyatga ega. Ichki armaturalangan namunada yoriqlar qirg'oqlarining o'zaro ta'sirida yoriqlarga ko'ndalang yo'nalishda qo'shimcha kuchlanishlar sodir bo'ladi. Yoriqli kesimda siljish qarshiligini quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

$$Q_u = A_s R_s \tan \alpha, \quad (4.26)$$

bunda  $\tan \alpha$  – yuzalar orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti. Bu tenglamani qirqilish tekisligi yuzasiga bo'lib, kuchaytirilgan namunalar siljish kuchlanishi uchun UPTM polosalari bilan tashqi kuchaytirish xissasini hisobga oluvchi quyidagi ifodani olamiz:

$$\sigma_u = \rho R_s \tan \alpha. \quad (4.27)$$

Kuchaytirilgan namunalarning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyati tajriba natijalari bo'yicha aniqlandi.

Kuchaytirilgan namunalarda, UPTM listlari namunalarni gorizontal ajralishi (normal siljish yoki yoriqlar ochilishi) va qirqilishiga qarshilik ko'rsatadi. (4.27) tenglamada regression analiz yordamida tashqi kuchaytirish xissasini hisobga oluvchi empirik tenglama tavsiya etildi. Tajriba natijalariga ko'ra kuchaytirilgan namunalar uchun siljish kuchlanishi quyidagicha ifodalanishi mumkin.

$$\tau_R = 0,88544 \left[ \rho R_s \tan \alpha + \left( \frac{2t_f}{b} \right) + \left( \frac{w_f}{S_f} \right) R_{fu} \right] - 2,9802, \quad (4.28)$$

bunda  $\rho = A_{sw} / A_{crc}$ ;  $\tan\alpha = 1,4$ ;  $A_{sw}$  – po'lat xomutlarning yuzasi;  $A_{crc}$  – qirqilish tekisligining yuzasi;  $R_s$  – po'latning cho'zilishdagi mustahkamligi;  $t_f$  – UPTM listining qalinligi;  $b$  – qirqilish tekisligining eni;  $w_f/s_f = 1$  – polosaning eni, intervali;  $R_{fu}$  – UPTM polosasining cho'zilishdagi chegaraviy mustahkamligi.

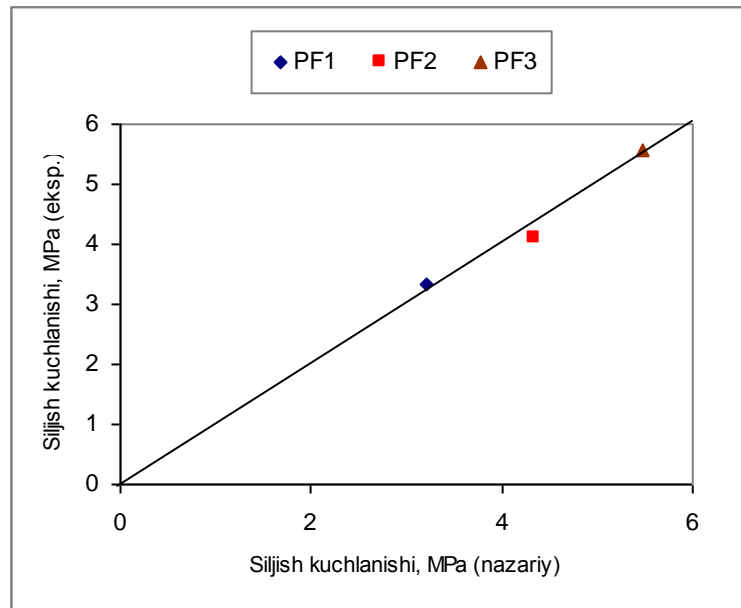
(4.28) tenglamaning qo'llanishi betonning 30...40 MPa oraliqda kubik mustahkamligi bilan cheklangan. 4.13-jadvalda namunalarning nazariy va eksperimental ma'lumotlarini taqqoslash keltirilgan. Ko'rinadiki, tavsiya etilgan tenglama eksperimental qiymatlarni yaxshi tasdiqlaydi va UPTM polosalari bilan kuchaytirilgan namunalarning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatini yetarlicha aniqlikda topish imkonini beradi (4.13-jadval va 4.55-rasm).

UPTM polosasining ko'taruvchanlik xususiyatiga xissasi po'lat sterjenlar (xomutlar) ichki armaturalash foizining oshishi bilan kamayadi. Yuklashning dastlabki bosqichida UPTM lar bilan tashqi kuchaytirish yoriqli kesimda tangensial siljish va yoriqlarning ochilishini oldini oldi, bir xil yukda ularning qiymati kuchaytirilmagan namunalarnikiga nisbatan kam bo'ldi. Ammo chegaraviy bosqichda UPTM polosalari bilan kuchaytirilgan namunalardagi normal va urinma siljishlarning qiymatlari kuchaytirilmagannikiga nisbatan katta bo'ldi.

Jadval 4.13

UPTM polosalari bilan va ularsiz maxsus namunalarning nazariy va eksperimental tadqiqotlari natijalarini taqqoslash

Namunalar	$A_{sv}$ , mm <sup>2</sup>	Siljish kuchlanishining qiymatlari $\sigma_{uf}$		$\frac{\sigma_{uf,exp}}{\sigma_{uf,the}}$
		Nazariy, MPa	Eksperimental, MPa	
P1	56,55	1,28	2,09	1,63
PF1	56,55	3,20	3,32	1,04
P2	113,09	2,56	3,30	1,28
PF2	113,09	4,34	4,10	0,95
P3	169,65	3,84	5,24	1,36
PF3	169,65	5,48	5,58	1,02



4.55-rasm. UPTM polosalari bilan kuchaytirilgan namunalarni sinashning eksperimental va nazariy ma'lumotlarini (4.28) tenglama bo'yicha taqqoslash

#### **4.4. Ko'prik konstruksiyalarini matoli polimer materiallar bilan kuchaytirish bo'yicha hulosa va amaliy takliflar**

To'g'rito'rtburchak kesimli va tavr shaklli to'sinlar, hamda maxsus namunalarning prof. A.A. Ashrabov ilmiy rahbarligida o'tkazilgan eksperimental va nazariy tadqiqotlari asosida quyidagi tavsiya va xulosalar ishlab chiqildi [1–3, 15–21].

Bo'ylama armaturalash foizi, po'lat xomutlarning intervali, UPTM polosalarining yo'nalishi, soni, intervali va qirqilish oralig'ini ishchi balandlikka nisbati temirbeton to'sinlarni kuchaytirish samadorligiga ancha ta'sir qiladi.

Tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, to'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlarni UPTM polosalari bilan tashqi kuchaytirish ularning ko'taruvchanlik xususiyatini 11...139% oraliqda oshirar ekan.

Tadqiqotlar shuni tasdiqladiki, UPTM lar ikki yo'nalishli polosalarining to'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlarning ko'taruvchanlik xususiyatiga xissasi qirqilish zonasida ichki armaturalash bo'lmaganda katta bo'lar ekan. Bu

ko'rsatadiki, tashqi UPTM polosalari ichki po'lat xomutlar kabi qirqilish zonasining armaturasi kabi ishlar ekan.

Natijalar ko'rsatdiki, kuchaytirilgan temirbeton to'sinlar sindiruvchi yukda ikki tipdagi sinish usuliga ega bo'lar ekan: egilish mexanizmi bo'yicha va UPTM polosalarining uzilishi bilan qirqilish.

Dastlab sindirilib, keyin tiklangan yoki boshidan kuchaytirilgan namunalar ko'taruvchanlik xususiyatiga qirqilish orag'ining ishchi balandlikka nisbati UPTM polosalarining xissasiga ta'sir qilar ekan. Bo'ylama armaturalash foizining oshishi UPTM polosalarining to'sinlarning ko'taruvchanlik xususiyatiga qo'shadigan xissasini kamayishiga olib kelar ekan.

UPTM polosalarining bo'ylama o'qqa nisbatan yo'nalishi 45/135 gradus (L-polosalar) bo'lgan namunalarda yo'nalishi 0/90° (U-poloslar) bo'lgan namunalardagiga ko'ra yoriqlar sodir bo'lishi va ularning ochilish enining taraqqiy etishi kam kuzatildi. UPTM polosalarining bo'ylama o'qqa nisbatan yo'nalishi 45/135° (L-polosalar) bo'lgan namunalarning ko'taruvchanlik xususiyati yo'nalishi 0/90° (U-poloslar) bo'lgan namunalardagiga nisbatan katta bo'ldi. Bu natijalar ko'rsatadiki, UPTM polosalarining yo'nalishi nafaqat sinish turiga ta'sir qiladi, balki ularning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatiga ham ta'sir qilar ekan.

UPTM larning ikkiyo'nalishli polosalari nafaqat shikastlantirilgan-tiklangan yoki dastlab kuchaytirilgan namunalarning ko'taruvchanlik xususiyatini oshiradi, balki UPTM polosalarini beton yuzasidan ajralishini ham oldini oladi. Masalan, 0/90° li yo'nalish bilan, gorizontal tolalar (ya'ni 0°) UPTM polosalarini beton yuzasidan ajralishini oldini olish uchun to'siq kabi ishlaydi.

Tajriba natijalari UPTM polosalari bilan kuchaytirilgan to'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlarning sinishigacha elastik holatda ishlashini ko'rsatdi. «Yuk-salqilik» diagrammasi shuni ko'rsatdiki, shikastlantirilgan-tiklangan yoki dastlab UPTM polosalari bilan kuchaytirilgan to'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlarning bikrligi UPTM polosalari intervali va yo'nalishiga bog'liq holda o'zgardi, chunki ularning qirqilish zonasida ichki armatura mavjud emasdi. To'g'rito'rtburchak

kesimli to'sinlar o'rtasiga qo'yilgan yig'iq yukdan sodir bo'lgan oraliq o'rtasidagi salqilik yukning aynan shu qiymatida ikkinuqtali yukdan sodir bo'lgan salqilikka nisbatan ko'p bo'ldi. Bu omilni yuklash shaklining ta'siridan deb tushunish mumkin. UPTM polosalari bilan kuchaytirilgan namunalarning o'rtacha salqiligi bir xil oraliq pog'onalarda nazorat to'sinlarnikiga nisbatan kam bo'ldi, ammo chegaraviy yukda bu salqiliklarning qiymati nazorat to'sinlarnikiga nisbatan katta bo'ldi.

UPTM polosalarining qadami ham to'sinning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatiga ta'sir qiladi. UPTM polosalari orasidagi intervalning oshishi to'sinning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatini kamaytiradi. TT1 kichik guruhda, TT1-2 namunaning ko'taruvchanlik xususiyati (polosa intervali –150 mm) TT1-1 namunikiga (polosa intervali – 200 mm) nisbatan 15% katta bo'ldi.

Qirqilish zonasini UPTM polosalari bilan tashqi armaturalashni qo'llash shikastlantirilgan-tiklangan to'sinlarning sinishi boshlanishidan oldingi bosqichi davrida sodir bo'ladigan dastlabki yoriqlarning tarqalishi va enining ochilishini oldini oladi.

Shikastlantirilgan-tiklangan va dastlab kuchaytirilgan namunaning bo'ylama va ko'ndalang armaturalaridagi «yuk–deformatsiya» diagrammasi nazorat to'sinlaridagi kabi chiziqli xarakterga ega bo'ldi. Kuchaytirilgan to'sin cho'zilgan armaturasi va po'lat xomutlarida deformatsiyalarning kuzatilgan qiymatlari bir xil yuk uchun nazorat to'sinnikiga nisbatan kichik bo'ldi. Umuman shikastlantirilgan-tiklangan va dastlab kuchaytirilgan to'sinlarda sindiruvchi yukdagi bir xil o'lchamli deformatsiyalar nazorat to'sinnikiga nisbatan katta bo'ldi. Natijalar shuni ham ko'rsatdiki, to'g'rito'rtburchan kesimli to'sinlarda UPTM polosalari yuzasidagi deformatsiya uning chegaraviy qiymatidan kichik bo'ldi.

Beton yuzasidagi (ya'ni UPTM polosalari orasidagi) deformatsiya UPTM polosalari yuzasidagi deformatsiyaga nisbatan katta bo'ldi. BT1, BS1 va BT2 kichik guruhlarda to'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlar ichki bo'ylama armaturalarining yaxshi mahkamlanmaganligi tufayli UPTM polosalarining uzilishi bilan sindi.

Yana aniqlandiki, shikastlantirilgan-tiklangan yoki dastlab kuchaytirilgan namunaning egilish bo'yicha vaqtdan oldin sinishining sodir bo'lishi qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatini kamayishiga olib keldi. Qirqilish zonasi ichki armaturalanmagan, ammo UPTM polosalari bilan tashqi kuchaytirilgan to'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlarning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyati ko'rilgan [33, 34, 35] nazariy modellar natijalariga mos kelishini ko'rsatdi.

Bu tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, UPTM polosalari bilan tavsiya etilgan biriktirish sxemalari ko'taruvchanlik xususiyatini uzluksiz o'rash sxemasidagi kabi anchaga oshiradi. Ammo mazkur sxemasi bo'yicha foydalaniladigan UPTM polosalarining soni uzluksiz tizimli o'rashdagiga nisbatan kam.

Tavr shaklli to'sinlarda kuchaytirilgan shikastsiz namunalarning qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyati shikastlilarinikiga nisbatan 7...17 % ko'p bo'ldi.

Sinov natijalari ko'rsatdiki, ortogonal yo'nalgan polosalari UPTM lar shikastli to'sinlarni kuchaytirishda eng samarali hisoblanadi. UPTM larning ikki yo'nalishli polosalari bir yo'nalishlariga nisbatan ko'proq texnologik, ishonchli va tejamli, kam mehnattalabdir, hamda real sharoitlarda ishlaydigan ko'priklar temirbeton to'sinlarini tiklash va reabilitatsiya qilishda tavsiya qilinib, ularning ko'taruvchanlik xususiyatini oshirishda eng samarali hisoblanadi.

UPTM polosasining qadami polosa eni yig'indisi plyus kesim ishchi balandligining to'rtdan biridan kichik bo'lishi kerak. To'sinlarning qirqilishdagi yuk ko'taruvchanligini oshirish uchun eni 80 mm dan kam bo'lmagan UPTM polosasidan foydalanish tavsiya etiladi.

UPTM polosalarining beton bilan tishlashish samaradorligi beton yuzasini puxta tayyorlash, epoksidli smola va yopishtiriladigan tola polosasi proporsiyasiga bog'liq.

Tashqi kuchaytirishda UPTM polosasining elementini qirqilishdagi ko'taruvchanlik xususiyatiga qo'shgan xissasini aniqlash uchun [33, 34, 35] avtorlar tomonidan ishlab chiqilgan modellar tavsiya etildi. UPTM polosasi xissasini temirbeton to'sin qarshiligiga qo'shgan xissasini (4.5, 4.8 va 4.16) formulalar bo'yicha aniqlash mumkin.

**BOB V. KO'PRIKLARNING TEMIRBETON  
KONSTRUKSIYALARINI FIBROARMATURALI  
PLASTIKLAR BILAN KUCHAYTIRISH BO'YICHA AMALIY  
TAVSIYANOMALAR**

**Umumiy qoidalar**

Ko'rsatmada uglerod, aramida va shisha tolali kompozitsion materiallar (fibroarmaturali plastik, bundan keyin FAP) bilan tashqi kuchaytiriladigan temirbeton konstruksiyalar hisoblash metodikasi keltirilgan.

Mazkur Ko'rsatmaning asosiy qoidalari quyidagilarga taalluqli:

- shikastlanishlari bo'lmagan, ammo inshootlarni rekonstruksiya qilish (shu jumladan qaytaprofillash) natijasida hisobiy ekspluatatsion yuklarning oshishi yoki bino va inshootlarning konstruktiv elementlarining ish sxemasi o'zgarishi tufayli kuchaytirishni talab etadigan temirbeton konstruksiyalar;

- foydalanish davrida shikastlangan (himoya qatlamini “otib ko'chirish–otstrel”, armatura va betonning chirishi, yoriqlar va loyihadagidan ortiq salqiliklarning mavjudligi va sh.o'.) temirbeton konstruksiyalar, ularning ekspluatatsion xossalarini tiklash va uzoqqa chidamliligini oshirish maqsadida;

Ko'rsatmada ham zavodda (laminatlar), ham bevosita qurilish ob'ektida tayyorlanadigan konstruksiyalarni maxsus polimer (asosan epoksidli smola asosida) tarkib bilan singdirish va yopishtirish orqali amalga oshiriladigan matolar (lenta, xolstar)dan tashkil topgan kompozitsion materiallar bilan kuchaytirish ko'zda tutilgan.

Mazkur Ko'rsatmani ishlab chiqishda «InterAkva» MChJ ning konstruksiyalarni kuchaytirish bo'yicha loyiha va ish tajribalari [22], JBITI (Moskva) [8] va chet davlatlarda o'tkazilgan ko'psonli eksperimental tadqiqotlar natijalari [12, 13, 14, 15, 19], qurilish konstruksiyalarini kuchaytirish uchun kompozitsion materiallar ishlab chiqaruvchilarning tavsiyalari, hamda chet davlatlarda qurilish konstruksiyalarini kuchaytirish uchun kompozitsion materiallarni amaliy qo'llash bo'yicha ma'lumotlar tahlili asos qilib olindi.

Ko'rsatmada keltirilgan fizik miqdorlar birligi: kuch nyuton (N) yoki kilonyuton (kN); chiziqli o'lchamlar – mm (kesimlar uchun) yoki m (element yoki ularning qismlari uchun); kuchlanish, qarshilik va elastiklik moduli – megapaskal (MPa); tarqalgan yuk va kuch – kN/m va N/mm da.

O'zbekistonda FAP larni qo'llash bo'yicha umaman tajriba yo'qligini e'tiborga olib, Ko'rsatmada ishni tashkillashtirish texnologiyasi bo'yicha tavsiyanomalar keltirilgan.

Ko'rsatmani ishlab chiqishda «Interakva» MChJ (muh. Chernyavskiy V.L., t.f.d. Xayutin Yu.G., t.f.n. Akselrod Ye.Z.) va TJITI (t.f.d., prof. Klevsov V.A., muh. Fatkullin N.V.) tomonidan keltirilgan tavsiyanomalar asos qilib olindi [22].

## **1. Asosiy talablar**

1.1. FAP sistemasi ishining maksimal foydalanish harorati polimer asosi (matritsa) va yelimlarning singdirish (steklovaniya) haroratidan oshib ketmasligi lozim (taxminan 60...150°S).

1.2. FAP sterjenli elementlarning bo'ylama va ko'ndalang armaturalash uchun ko'prik, estakadalarning tayanchlari, kolonna va uning konsollarida tashqi armaturalab kuchaytiruvchi qobiqlarni tashkil qilish uchun, plita, qobiq, fermalar elementlari va boshqa konstruksiyalarni kuchaytirish uchun qo'llaniladi.

1.3. FAP sistemasi bilan kuchaytirishning ratsional darajasi kuchaytiriladigan konstruksiyalar boshlang'ich ko'taruvchanlik xususiyatining 10...60% oralig'ida bo'ladi.

1.4. FAP kuchaytirish sistemasi konstruksiya betonining siqilishdagi haqiqiy mustahkamligi 15 MPa dan ortiq bo'lgandagina qo'llanishi mumkin. Bu cheklov gorizontal halqa (oboyma)lar bilan siqilgan va nomarkaziy siqilgan elementlarni kuchaytirishda, oboymani konstruksiya bilan faqatgina mexanik birikmasi ahamiyatli bo'lganda tarqalmaydi.

1.5. Hisoblashning asosiy usuli sifatida chegaraviy holat usuli qabul qilingan. FAP bilan kuchaytirilgan konstruksiyalarni chegaraviy holatning birinchi guruhi

bo'yicha hisoblash hamma holatlar uchun amalga oshiriladi. Chegaraviy holatning ikkinchi guruhi bo'yicha hisoblash, kuchaytirilgan so'ng hisobiy yuk oshgan holatlar uchungina amalga oshiriladi.

1.6.FAP asosidagi kuchaytirish sistemasi kuchaytirilgan element chegaraviy holati va sinishining bir necha turini ko'rishni talab etadi. Shuning uchun dastlab FAP tanlangan tipining kesimi yuzasini taxminiy belgilash va keyin esa tegishli chegaraviy holatga tekshirish natijalariga ko'ra uni o'zgartirish tavsiya etildi.

1.7. Konstruksiyalar elementlaridagi kuchlar kuchaytirishdan oldin o'tkazilgan tekshiruv ma'lumotlarini hisobga olib aniqlanadi.

1.8. FAP sistemasidan foydalanish betondagi armaturali po'latning boshlangan chirish jarayonini to'xtata olmaydi. Shuning uchun konstruksiyani kuchaytirishdan oldin beton yuzasiga armaturali po'lat chirishini ko'chiruvchi ingibitorlar bilan ishlov berilishi kerak, himoya qatlamining ajralishida esa – armatura shilib olinadi (tozalanadi) va unga zang grunti-o'zgartirigichi bilan qayta ishlov beriladi va undan keyin “eski” betonga yuqori adgeziyani ta'minlovchi, armatura chirishi tarqalishini oldini oladigan maxsus polimersementli ta'mirlovchi tarkib bilan himoya qatlam tiklanadi.

## **2. Materiallar**

2.1. Beton va armaturada shikastlanishlar bo'lmasa, ularning xarakteristikalarini SNiP 52-101-2003 [5] muvofiq qabul qilinadi.

2.2. Kuchaytiriladigan konstruksiyalarning tekshiruv natijalari mavjud bo'lganda beton va armaturaning xarakteristikalarini belgilash SP 13-102-2003 «Bino va inshootlarning yuk ko'taruvchi qurilish konstruksiyalarini tekshirish Qoidalarini» [17] talablarini hisobga olib amalga oshiriladi.

2.3. FAP sistemasida armaturalash uchun foydalaniladi: shishatolali, aramidali va uglerodli tolalar. Tola va qotirilgan plastiklarning fizik-mexanik xossalari 5–7 ilovalardagi ma'lumotlarda keltirilgan.

2.4. FAP ning armaturalovchi tolalarining zichligi 1,2...2,1 g/sm<sup>3</sup> oraliqda

bo'ladi (jadv.2.1).

Jadval 2.1

Kuchaytirishda qo'llaniladigan FAP ning armaturalovchi tolalarining zichligi (g/sm<sup>3</sup>)

Po'lat	Shisha tolali	Uglerod tolali	Aramida tolali
7,9	1,2-2,1	1,5-1,6	1,2-1,5

2.5. FAP ning chiziqli harorat kengayish koeffitsiyenti (ch.h.k.k.) tola, smola turi va tolaning hajmiy miqdori (tarkibi)ga bog'liq bo'ladi. FAP ning armaturalovchi materiallari uchun bo'ylama va ko'ndalang yo'nalishlarda ch.h.k.k. miqdori 2.2-jadvalda keltirilgan.

Jadval 2.2

FAP armaturalovchi materiallarining haroratli kengayish koeffitsiyenti

Yo'nalishi	ch.h.k.k., 10 <sup>-6</sup> /°S		
Armaturalovchi material	Shisha tolali	Uglerodli tola	Aramida tolali
Bo'ylama, $\alpha_L$	6-10	Ot -1 do 0	Ot -6 do -2
Ko'ndalang, $\alpha_T$	19-23	22-50	60-80

*Ma'lumot uchun:* betonning ch.h.k.k.  $7 \cdot 10^{-6}$  dan  $11 \cdot 10^{-6}$  gacha oraliqda joylashgan va izotrop hisoblanadi. Po'latning ch.h.k.k.  $11,7 \cdot 10^{-6}$  ga teng.

2.6. FAP ning cho'zilishda kuchlanish va deformatsiyalar orasidagi bog'likligi to sinishigacha to'g'ri chiziqdan tashkil topgan. FAP ning xossasi asosan armaturalovchi tolalarning turi, yo'nalishi va soni bilan aniqlanadi. FAP hamma tizimlarining mexanik xossalari ularning turidan qat'iy nazar qatlamli material namunalari sinash natijasi bo'yicha tolalarning hajmiy miqdorini (60% dan kam bo'lmasligi lozim) baholash bilan aniqlanishi lozim. Ko'ppqatlamli plastiklarning mexanik xarakteristikalar GOST 25.601-80 [18] ga muvofiq mato (lenta)ning tegishli qatlamlari soni bilan namunalarni sinash yordamida aniqlanadi. FAP va matolarning asosiy fizik-mexanik xarakteristikalar (ishlab

chiqaruvchilarning ma'lumotlariga ko'ra) 5, 6, 7-ilovalarda keltirilgan.

### **3. Asosiy hisobiy qoidalar**

3.1. Tashqi armaturalashda FAP dan foydalanib temirbeton konstruksiyalarni kuchaytirishni loyihalashda hisoblashning chegaraviy holatlar usulidan foydalaniladi. FAP yordamida kuchaytirilgan konstruksiyalardan ishonchli foydalanishning muhim sharti uning konstruktiv talablariga amal qilish hisoblanadi (1-ilova).

3.2. FAP asosida kuchaytirish tizimi tashqi armatura va konstruksiya betonining birgalikdagi deformatsiyasini hisobga olib cho'ziluvchi kuchni qabul qilishga loyihalanishi kerak.

3.3. Egiluvchi elementning chegaraviy holatida siqilgan zonada kuchni beton, siqilgan sterjenli armatura, cho'zilgan zonada esa sterjenli armatura va tashqi kompozitli armatura qabul qiladi.

3.4. Chegaraviy holatda kichik eksentrisitet bilan siqiladigan konstruksiyaning ko'ndalang kengayishini FAP dan tashkil topgan qobiq qabul qiladi.

3.5. Konstruksiyadagi ichki kuchlar tekis kesim gipotezasi asosida hisoblanadi.

3.6. Kuchaytirishni hisoblashlarda po'lat armatura va beton, hamda yopishtirilgan FAP dan iborat tashqi armatura va betonli asos orasidagi o'zaro siljish mavjud emas deb qabul qilinadi.

3.7. Temirbeton elementlarni yuklash sxemasi eguvchi moment ishorasini o'zgarishiga olib keladigan holatlarda, FAP dan iborat tashqi armaturaning siqilish zonasidagi mustahkamligi hisobga olinmaydi.

3.8. Konstruksiyalarni kuchaytirishni loyihalashda kuchaytirilmagan konstruksiyalarning doimiy va cheklangan vaqtinchalik yuklarni qabul qilish uchun, kuchaytirish tizimi yong'in, vandalizm (buzish) yoki boshqa sabablarga ko'ra shikastlangan holatda ularning ko'taruvchanlik xususiyati yetarlicha bo'lishi

kerakligini e'tiborga olishi lozim.

3.9. FAP ning me'yoriy xarakteristikalari (cho'zilishdagi mustahkamlik  $R_f$ , elastiklik moduli  $E_f$ , cho'zilishdagi chegaraviy deformatsiya  $\varepsilon_f$ ) GOST 25.601-80 [18] ga muvofiq namunalarni mexanik sinash orqali, 0,95 ta'minlanganlik bilan aniqlanadi. FAP ning hisobiy xarakteristikalari ishonchlilik koeffitsiyenti  $\gamma_f$  va atrof muhit ta'sirini e'tiborga oladigan ish sharoiti koeffitsiyenti  $C_E$  ni hisobga olib aniqlanadi (5.1-jadv.).

FAP ning ishonchlilik koeffitsiyenti  $\gamma_f$  va ish sharoiti koeffitsiyenti  $C_E$  ni hisobga olib cho'zilishdagi hisobiy mustahkamligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$R_{ft} = \frac{C_E R_f}{\gamma_f}, \quad (3.1)$$

cho'zilishdagi hisobiy deformatsiya esa

$$\varepsilon_{ft} = \frac{C_E \varepsilon_f}{\gamma_s}. \quad (3.2)$$

Cho'zilishdagi elastiklik modulining hisobiy qiymati  $E_{ft}$  uning me'yoriy qiymatiga teng qilib qabul qilinadi:

$$E_{ft} = E_f = \frac{R_f}{\varepsilon_f}. \quad (3.3)$$

Jadval 5.1

FAP<sup>1</sup> ning har xil materiallari uchun ish sharoiti koeffitsiyenti  $C_E$

<sup>1</sup> Ugleplastiklar uchun qabul qilinadigan koeffitsiyentlarning haqiqiyliigi [3] da keltirilgan qo'shimcha tadqiqotlar bilan tasdiqlangan.

Atrof muhit sharoiti	Tola material	Laminatlar	Matolar
Ichki xonalar	Uglerodli	0,95	0,9
	Shishali	0,75	0,7
	Aramidli	0,85	0,8
Ochiq havodagi konstruksiyalar	Uglerodli	0,85	0,8
	Shishali	0,65	0,6

	Aramidli	0,75	0,7
Tajovuzkor muhit	Uglerod	0,85	0,8
	Shishali	0,5	0,5
	Aramidli	0,7	0,6

Ishonchlilik koeffitsiyenti  $\gamma_f$  ning quyidagi qiymati qabul qilinadi:

- chegaraviy holatning birinchi guruhi bo'yicha hisoblashda – 1,1;
- chegaraviy holatning ikkinchi guruhi bo'yicha hisoblashda – 1,0.

#### **4. Chegaraviy holatning birinchi guruhi bo'yicha hisoblash**

##### **4.1. Egiluvchi elementlarning normal kesimini hisoblash**

To'g'rito'rtburchak kesimli, tavr va qo'shtavr shaklli elementlarni hisoblash mazkur Ko'rsatmaning 4.1.10-4.1.23 bandlariga muvofiq chegaraviy holatda kuchlarning muvozanati sharti asosida amalga oshirishga ruxsat etiladi.

4.1.1. Egiluvchi elementlar normal kesimini mustahkamlik bo'yicha hisoblashda chegaraviy holatning bir necha turini ko'rish ko'zda tutiladi. Umumiy holatda kuchaytirilgan elementlarning quyidagi sinish turlari bo'lishi mumkin:

a) cho'zilgan zonadagi sterjenli armatura oquvchanlik kuchlanishiga yetmasdan beton siqilgan zonasining sinishi (keragidan ortiqcha armaturalangan cho'zilgan zona);

b) cho'zilgan sterjenli armatura oquvchanlik chegarasiga yetishi bilanoq va keyin beton siqilgan zonasi sinmasdan FAP tashqi armaturasining uzilishi;

v) cho'zilgan sterjenli armatura oquvchanlik chegarasiga yetishi bilanoq va keyin FAP tashqi armaturasi uzilishi hamda beton siqilgan zonasi sinishi;

g) FAP ni elementlardan ajralishidan sinishi.

4.1.2. Mazkur bo'limning keyingi bandlarida umumiy holat sifatida cho'zilgan va siqilgan zonasi zo'riqtirilmagan sterjenli armaturalar bilan jihozlangan to'g'rito'rtburchak kesimli temirbeton elementlarni kuchaytirish

ko'rib chiqiladi. Quyida keltirilgan hisobiy apparat tavr va qo'shtavr shaklli kesimlarni loyihalash uchun ham qo'llanishi mumkin.

4.1.3. Tashqi kompozitsion armatura kesimini tanlash, uning boshlang'ich qiymatini berib, keyin esa mustahkamligini eguvchi moment ta'siriga hisoblashlar natijasiga ko'ra uni aniqlashtirib, iteratsion usulda amalga oshiriladi.

4.1.4. Kesimning chegaraviy holati umumiy holda doim ham beton siqilgan zonasining sinishi bilan bir vaqtda sodir bo'lmagani uchun, undagi maksimal kuchlanish chegaraviy qiymatiga yetmasligi ham mumkin. FAP ning tashqi armaturasidagi kuch kuchlanish  $\sigma_f$  qiymati bo'yicha aniqlanadi, u cho'zilishdagi hisobiy mustahkamlikka teng bo'lishi, yoki undan kichik bo'lishi mumkin.

4.1.5. Egiluvchi elementlarni sinishning «b» va «v» (4.1.1 b.) holatlari uchun loyihalash tavsiya etiladi, chunki birinchi holat bo'yicha sinish sterjenli va tashqi armaturaning xossaligidan to'liq foydalanmaslik bilan bog'liq.

4.1.6. FAP ning ajralishi undagi deformatsiya betonli asos tomonidan qabul qilinmagan holda sodir bo'lishi mumkin. FAP ning ajralishini oldini olish uchun, uning deformatsiya chegarasini cheklash lozim. (4.1) ifoda FAP ning ish sharoiti koeffitsiyentini  $k_m$  baholash imkonini beradi, u FAP bilan kuchaytirish elementining bikrligiga bog'liq:

$$k_m = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{60\varepsilon_{ft}} \left( 1 - \frac{nE_{ft}t_f}{360000} \right) \leq 0,9 \\ \frac{1}{60\varepsilon_{ft}} \left( \frac{90000}{nE_{ft}t_f} \right) \leq 0,9 \end{array} \right. \quad (4.1)$$

Birinchi ifoda  $nE_{ft}t_f \leq 180000$  bo'lganda, ikkinchisi esa  $nE_{ft}t_f \geq 180000$  bo'lganda qo'llaniladi.

Hisoblashlarda (4.1) ifodadan  $k_m$  koeffitsiyent yordamida FAP uzilishining chegaraviy deformatsiyasiga yetishi cheklanadi, u hisobiy yuklarda FAP ning ajralishini oldi olinishini ta'minlaydi. FAP bikrligi oshishi bilan ajralish ehtimoli oshadi va, tegishlicha, deformatsiyani cheklashga qo'yilgan talablar ham qat'iyroq bo'lib qoladi. Shuning uchun  $k_m$  koeffitsiyent bilan mohiyatan FAP armaturasida sodir bo'ladigan chegaraviy ruhsat etilgan kuch cheklanadi.

FAP ning ruhsat etilgan chegaraviy hisobiy deformatsiyasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\varepsilon_{fu} \leq k_m \varepsilon_{ft}. \quad (4.2)$$

FAP tashqi armaturasida chegaraviy holatda sodir bo'ladigan maksimal deformatsiyalarni quyidagi ifodadan aniqlash mumkin:

$$\varepsilon_{fu} = \varepsilon_{cu} \left( \frac{h-x}{x} \right) - \varepsilon_{bi} \leq k_m \varepsilon_{ft}. \quad (4.3)$$

FAP dagi kuchlanishning ruhsat etilgan qiymati Guk qonuni bo'yicha quyidagicha aniqlanadi:

$$\sigma_{fu} \leq E_f \varepsilon_{fu}. \quad (4.4)$$

4.1.7. FAP tashqi armaturasining hisobiy  $R_{fu}$  mustahkamligi  $\sigma_{fu}$  ning qiymatiga teng qilib (4.4) ifoda bo'yicha qabul qilinadi:

$$R_{fu} = \sigma_{fu}. \quad (4.5)$$

FAP tashqi armaturasining cho'zilishdagi hisobiy deformatsiyasi:

$$\varepsilon_{fu} = \frac{R_{fu}}{E_f}. \quad (4.6)$$

4.1.8. FAP tashqi armaturasi kesimini tanlash uchun ta'sir qiluvchi yuklardan konstruksiyada sodir bo'ladigan deformatsiya miqdorini aniqlash lozim. Umumiy holda u konstruksiyani yuklash sxemasi va undagi yoriqlar mavjudligiga bog'liq bo'ladi.

Quyida elastik bosqichda ishlaydigan yoriqli kesimlar uchun xususiy holat ko'rilgan. Beton siqilgan zonasining balandligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$A_s(h_0 - x)\alpha_s - (\alpha_s - 1)A'_s(x - a') - \frac{bx^2}{2} = 0. \quad (4.7)$$

Neytral o'qdan eng uzoqlashgan siqilgan tolaning deformatsiyasi

$$\varepsilon'_b = -\frac{M_0 x}{E_b I_1}, \quad (4.8)$$

$$\text{bunda } I_1 = \frac{bx^3}{3} + A_s \alpha_s (h_0 - x)^2 + (\alpha_s - 1)A'_s (x - a')^2. \quad (4.9)$$

Unda kesimning eng ko'p cho'zilgan tolasining deformatsiyasi

$$\varepsilon_{bi} = -\varepsilon'_b \frac{h-x}{x}. \quad (4.10)$$

4.1.9. Kuchaytirilgandan so'ng normal kesim qabul qildigan chegaraviy eguvchi moment

$$M_{to'la} = M_0 + M_{qo'sh}. \quad (4.11)$$

### **Normal kesimning kuchlarning tengligi sharti bo'yicha mustahkamligini hisoblash**

4.1.10. Element bo'ylama o'qiga normal bo'lgan kesimidagi chegaraviy kuchni quyidagi shart-sharoitlardan kelib chiqqan holda aniqlanadi:

- betonning cho'zilishdagi qarshiligi no'lga teng qilib olinadi;
- betonning siqilishdagi qarshiligi chegaraviy holatda siqilish zonasining balandligi bo'yicha teng tarqalgan kuchlanish sifatida qabul qilinadi va  $R_b$  ga teng bo'ladi;
- deformatsiyani aniqlash uchun tekis kesim gipotezasidan foydalaniladi;
- po'lat armaturadagi cho'zuvchi kuchlanish cho'zilishdagi hisobiy qarshilik  $R_s$ , siquvchi kuchlanish esa siqilishdagi hisobiy qarshilik  $R_{sc}$  dan kichik qabul qilinadi;
- FAP armaturasidagi cho'zuvchi kuchlanish uning cho'zilishdagi hisobiy qarshiligi  $R_{fu}$  dan kichik qabul qilinadi;
- tashqi armatura va beton tishlashishni to'la saqlaydi va chegaraviy holat sodir bo'lguncha birgalikda ishlaydi;
- yelim qatlamidagi siljish deformatsiyasi hisobga olinmaydi.

4.1.11. FAP tashqi armaturasining kesim yuzasini tashlashda, SP 52-101-2003 [4] da o'rnatilgan armaturalash chegaraviy foizining oshishiga yo'l qo'yilmasligi kerak. Normal kesimning mustahkamligi bo'yicha hisoblash tegishlicha tenglik shartidan aniqlanadigan, beton siqilgan zonasi nisbiy balandligining qiymati  $\xi = x/h_0$  bilan va beton siqilgan zonasining nisbiy

balandligining chegaraviy qiymati  $\xi_R$  orasidagi munosabatga bog'liq holda amalga oshiriladi; unda elementning chegaraviy holati cho'ziluvchi po'lat armaturadagi kuchlanish uning hisobiy qarshiligi  $R_s$  ga yetishi bilan bir vaqtda sodir bo'ladi. Bunda beton siqilgan zonasi nisbiy balandligining qiymati  $\xi = x/h_0$  va beton siqilgan zonasining nisbiy balandligining chegaraviy qiymati  $\xi_R$  orasidagi munosabatni ham hisobga olish lozim, unda elementning chegaraviy holati FAP cho'zilgan armaturasidagi kuchlanish uning hisobiy qiymatiga  $R_{fu}^1$  yetishi bilan bir vaqtda sodir bo'ladi.

---

<sup>1</sup> *Kuchaytirish jarayonida elementning cho'zilgan tomoniga (qirrasiga) kompozit materiallardan qo'shimcha armatura qatlami o'rnatiladi. Armatura bu qatlamining balandlik bo'yicha koordinatalari, hisoblashni osonlashtirish uchun, hamda qalinligining kamligi (odatda 1...2 mm oralig'ida) tufayli beton chetki cho'zilgan tolasini koordinatalariga teng qilib olinadi.*

4.1.12. Siqilgan zona balandligining chegaraviy qiymati  $\xi_R$  quyidagi formuladan aniqlanadi {6.11 [4]}:

$$\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{0,8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b,ult}}}. \quad (4.12)$$

4.1.13.  $\xi_{Rf}$  ning qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\xi_{Rf} = \frac{x_{Rf}}{h} = \frac{\omega}{1 + \frac{R_{fu}}{\varepsilon_{bu1} E_f} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)}. \quad (4.13)$$

Yukning qisqa muddatli ta'sirida {5.1.12 b. [4]} ga muvofiq  $\varepsilon_{bu1} = \varepsilon_{b0}$ , va uzoq muddatli ta'sirida esa  $\varepsilon_{bu1} = \varepsilon_{b2}$  qilib qabul qilinadi;

$R_{fu}$  mazkur Ko'rsatmaning 4.1.7 bandi bo'yicha qabul qilinadi;

$\omega = 0,85 - 0,008R_b$  qabul qilinadi.

Fap uchun  $R_{fu}/E_f$  nisbat, cho'zilishdagi chegaraviy nisbiy deformatsiyani tashkil etadi. Asosan, ko'p hollarda u (0,3...1%) oraliqda joylashadi. Bu po'latning

oquvchanlik deformatsiyasidan  $R_s/E_s$  katta, va shuning uchun  $\xi_{Rf}$   $\xi_R$  dan kichik bo'ladi.

4.1.14. FAP bilan kuchaytirilgan egiluvchi elementlar kesimining mustahkamligi bo'yicha hisoblash quyidagi umumiy shartdan amalga oshiriladi:

$$M < M_{ult}. \quad (4.14)$$

4.1.15. Moment ta'siri tekisligiga nisbatan simmetrik va element tomoniga joylangan qo'shimcha kompozit materiallar bilan armaturalangan kesimlar uchun mustahkamlikning hisobiy sharti quyidagi ko'rinishda yoziladi (5.1-rasm):

$$M < \sigma_f S_f + R_s S_s + R_{sc} S_{sc} \quad (4.15)$$

4.1.16. Siqilgan zona balandligi quyidagi tenglik tenglamasidan foydalanib topiladi:

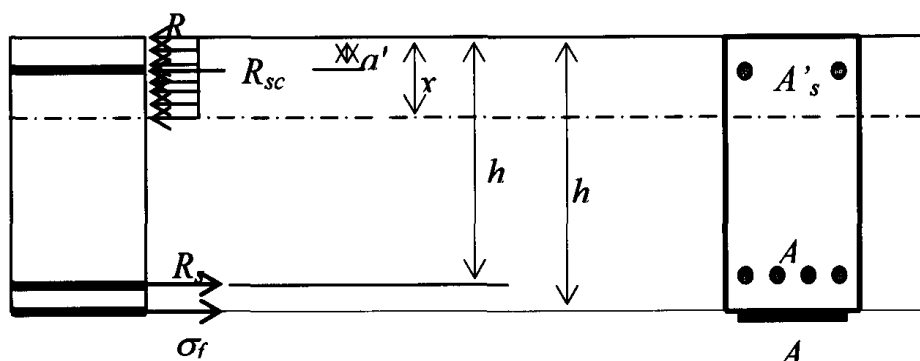
$$R_b A_b + R_{sc} A'_s - R_s A_s - \sigma_f A_f = 0. \quad (4.16)$$

4.1.17. Siqilgan zona balandligi  $x$  kuchaytirilgan kesimning armatura va FAP bo'yicha sinishida ( $\xi < \xi_{Rf} < \xi_R$ ) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$x = \frac{R_{fu} A_f + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b}, \quad (4.17)$$

unda  $M_{ult}$  ning qiymati quyidagicha topilishi mumkin:

$$M_{ult} = A_f R_{fu} (h - 0,5x) + A_s R_s (h_0 - 0,5x) + A'_s R_{s\tilde{n}} (0,5x - a'). \quad (4.18)$$



5.1-rasm. To'g'rito'rtburchak kesimli kuchaytirilgan elementning ko'ndalang kesimida kuchlarning joylashishi

4.1.18. Siqilgan zona balandligi  $x$  kuchaytirilgan kesim siqilgan zonasi betonining sinishi, va cho'zilgan hamda siqilgan sterjenli armaturadagi

kuchlanishlar ularning oquvchanlik chegarasiga yetganida, quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\xi_{Rf} < \xi < \xi_R \text{ bo'lganda } x = \frac{\sigma_f A_f + R_s A_s - R_{sc} A_s}{R_b b}. \quad (4.19)$$

unda chegaraviy eguvchi moment:

$$M_{ult} = A_f \sigma_f (h - 0,5x) + A_s R_s (h_0 - 0,5x) + A'_s R'_s (0,5x - a'). \quad (4.20)$$

4.1.19. Agar cho'zilgan sterjenli armatura va FAP dagi kuchlanishlar chegaraviy qiymatiga yetmagan, ammo siqilgan zona betonining mustahkamligi chegarasiga hamda siqilgan sterjenli armaturadagi kuchlanish oquvchanlik chegarasiga yetgan holda esa siqilgan zona balandligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\xi_{Rf} < \xi_R < \xi \text{ bo'lganda } x = \frac{\sigma_f A_f + \sigma_s A_s - R_{sc} A_s}{R_b b}. \quad (4.21)$$

unda chegaraviy eguvchi moment:

$$M_{ult} = A_f \sigma_f (h - 0,5x) + A_s \sigma_s (h_0 - 0,5x) + A'_s R'_s (0,5x - a'). \quad (4.22)$$

4.1.20. FAP va sterjenli armaturadagi kuchlanishlar tegishlicha quyidagi (4.23) va (4.24) ifodalardan topilishi mumkin:

$$\sigma_s = \frac{\varepsilon_{bu1} E_s}{1 - \frac{\omega}{\xi}} \times \left( \frac{\omega}{\xi} - 1 \right); \quad (4.23)$$

$$\sigma_f = \frac{\varepsilon_{bu1} E_f}{1 - \frac{\omega}{\xi_f}} \times \left( \frac{\omega}{\xi_f} - 1 \right) - \varepsilon_{bi} E_f, \quad (4.24)$$

bunda  $\varepsilon_{bi}$  (4.10) ifodadan aniqlanadi.

4.1.21. Hisoblashda siqilgan zona balandligini iteratsion usulda topish tavsiya etiladi. Birinchi bosqichda (4.17) ifodadan olingan siqilgan zona balandligi qabul qilinadi. Keyin (4.23) va (4.24) ifodalardan sterjenli armatura va FAP dagi kuchlanishlar hisoblanadi va ichki kuchlar muvozanati tekshiriladi. Agar u bajarilmasa, unda siqilgan zona balandligiga aniqlik kiritiladi. Bu hisoblashlar

ichki kuchlar muvozanati bajarilgunga qadar takrorlanadi.

Hisoblashning bunday tartibi uning birinchi bosqichida ( $\xi > \xi_R$ ) bo'lgan (keragidan ortiqcha armaturalangan) holatlar uchun ham tavsiya etiladi. Ikkinchi bosqichda muvozanat tenglamasiga (4.24) ifodadan olingan kompozitdagi kuchlanishni kiritish, siqilgan zona balandligini ancha kamayishiga olib keladi. Keyingi bosqichda  $x$  ning qiymatini birinchi ikkitasining o'rtacha arifmetik qiymatiga teng qilib, hisoblashni qaytarish lozim. Tajribadan ma'lumki, 4-iteratsiyada qoniqarli natijaga erishish mumkin ( $\approx 5\%$ ).

4.1.22. FAP armaturasi kesimi yuzasi tanlangandan so'ng ulardagi kuchlanish va deformatsiyalarni tekshirish lozim, ular 4.1.7 band bo'yicha aniqlangan chegaraviy ruhsat etilgan  $R_{fu}$  yoki  $\varepsilon_{fu}$  qiymatlardan oshib ketmasligi kerak. Bu shart beton siqilgan zonasining haqiqiy nisbiy balandligi  $\xi$  (4.13) ifodadan topilgan uning chegaraviy qiymatidan kichik bo'lganda amal qiladi..

4.1.23. Kuchaytirilgan normal kesim hisobi tugagandan so'ng qiya kesim bo'yicha ko'taruvchanlik xususiyatini ta'minlash tekshiruvini o'tkazish lozim bo'ladi.

## **4.2. Egiluvchi element qiya kesimining mustahkamligini hisoblash**

FAP sistemasi bo'ylama o'qqa qiya bo'lgan kesimni kuchaytirish uchun ham qo'llanishi mumkin. Kuchaytirish element o'qiga ko'ndalang yoki tayanch kesimidagi potensial yoriqlarga perpendikulyar yo'nalishda FAP ni yopishtirish orqali amalga oshiriladi.

5.2-rasmda qiya kesimlarni kuchaytirishda qo'llaniladigan yopishtirishning asosiy sxemalari keltirilgan. To'sinlar uchun asosan elementning uch yoki ikki tomoniga FAP ni yopishtirishdan foydalaniladi.

4.2.1. FAP istemasi bilan kuchaytirilgan element qiya kesimining nominal mustahkamligi talab qilinadigan mustahkamlikdan oshishi kerak. Umumiy ko'rinishda FAP istemasi bilan kuchaytirilgan element qiya kesimining mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi:

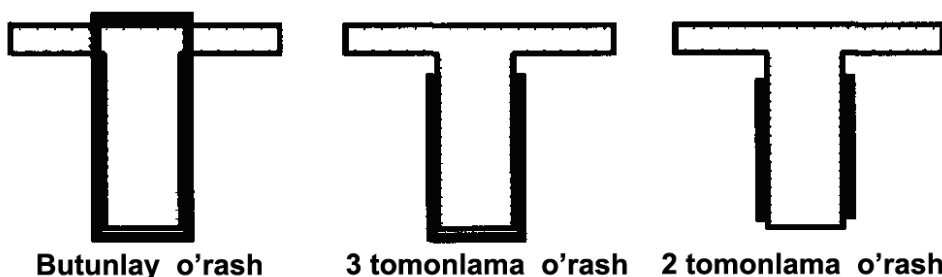
$$Q_{ult} = Q_b + Q_{sw} + \psi_f Q_f, \quad (4.48)$$

bunda  $\psi_f$  – FAP ning yopishtirish sxemasiga bog'liq bo'lgan zaxira koeffitsiyenti.

Jadval 4.1

FAP ning yopishtirish sxemasiga bog'liq bo'lgan zaxira koeffitsiyenti

$\psi_f=0,95$	To'la o'ralgan elementlar
$\psi_f=0,85$	Uchtomonli U-shaklli xomutlar yoki tashqi yuzaga yopishtirilgan qatlamlar



5.2-rasm. Qiya kesimni kuchaytirishda FAP ning yopishtirish sxemalari

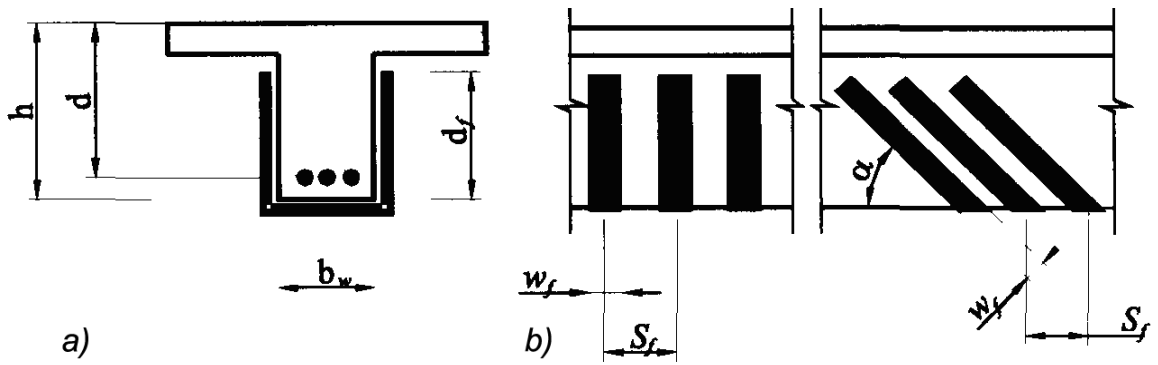
5.3-rasm FAP ni e'tiborga olib qiya kesim mustahkamligini hisoblashda qo'llaniladigan parametrlarni tasvirlaydi. Elementning siljishdagi mustahkamligini oshishiga FAP sistemasining qo'shadigan xissasi yoriqning taxmin qilinadigan trayektoriyasiga nisbatan fibraning tegishli yo'nalishi ishiga asoslangan.

4.2.2. Kuchaytiriladigan nakladkalar kesimini tanlagandan so'ng (4.1 band bo'yicha) kesim ko'taruvchanlik xususiyatini ta'minlash tekshiruvini o'tkazish lozim:

- element qiya kesimini qiya yoriqlar orasidagi qiya polosalar bo'yicha ko'ndalang kuch ta'siriga;
- qiya yoriqlar bo'yicha ko'ndalang kuch ta'siriga;
- qiya yoriqlar bo'yicha eguvchi moment ta'siriga.

4.2.3. Qiya kesimlar orasidagi beton polosasi bo'yicha egiluvchi temirbeton elementlarni hisoblash quyidagi ifoda bo'yicha amalga oshiriladi {6.65 [4]}:

$$Q \leq \varphi_{b1} R_b b h_0. \quad (4.49)$$



5.3-rasm. Qiya kesimlarni kuchaytirish uchun FAP xomutlarning joylashishi

4.2.4. Temirbeton elementlarni qiya kesimlar bo'yicha ko'ndalang kuch ta'siriga hisoblash {p. 6.2.34 [4]} bo'yicha quyidagi qo'shimchalarni e'tiborga olib amalga oshiriladi.

Mustahakamlikning umumiy sharti:

$$Q \leq Q_{ult}. \quad (4.50)$$

Qiya kesimda beton qabul qiladigan ko'ndalang kuch  $Q_b$  {p. 6.67 [4]} bo'yicha aniqlanadi:

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2} R_{bt} b h_0^2}{c}, \quad (4.51)$$

$$0,5R_{bt} b h_0 < Q_b < 2,5R_{bt} b h_0. \quad (4.52)$$

Elementning normal o'qiga normal bo'lgan ko'ndalang po'lat armatura qabul qiladigan  $Q_{sw}$  kuch quyidagi ifoda {6.68 [4]} bo'yicha aniqlanadi:

$$Q_{sw} = 0,75 q_{sw} c, \quad (4.53)$$

bunda 
$$q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_w}; \quad c \leq 2h_0.$$

FAP dan tashkil topgan xomutlar qabul qiladigan  $Q_f$  kuch quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q_f = \frac{A_{f,sh} \sigma_{fu} (\sin \alpha + \cos \alpha) d_f}{s_f}, \quad (4.54)$$

bunda 
$$A_{f,sh} = 2nt_f w_f. \quad (4.55)$$

Chegaraviy holatda FAP armaturasidagi cho'zuvchi kuchlanishlar

deformatsiyaning yetishgan qiymatiga to'g'ri proporsional, ya'ni

$$\sigma_{fu} = \varepsilon_{fe} E_f. \quad (4.56)$$

Ko'ndalang xomutlarni yopishtirish sxemasiga bog'liq holda FAP deformatsiyalarining qiymatiga cheklovlar kiritiladi.

FAP sistemasi bilan aylanasiga o'ralgan temirbeton kolonna va to'sinlar uchun, FAP dagi deformatsiya chegaraviysidan kichik holda uning beton bilan tishlashishining yo'qolishini kuzatish mumkin. Sinishning bu turini oldini olish uchun loyihalashda foydalaniladigan maksimal deformatsiyani 0,4% gacha cheklash lozim bo'ladi:

$$e_{fe} = 0,004 \leq 0,75\varepsilon_{ft}. \quad (4.57)$$

Kesimning hammasini qamrab olmaydigan FAP sistemasi uchun (ikki va uchtomonli xomutlar) hisobiy deformatsiya tishlashish bo'yicha zaxira koeffitsiyenti  $k_v$  dan foydalanish orqali hisoblanadi:

$$\varepsilon_{fe} = k_v \varepsilon_{ft} \leq 0,004. \quad (4.58)$$

Tishlashish bo'yicha zaxira koeffitsiyenti beton mustahkamligi, FAP bikrligi va yopishtirish sxemasi turining funksiyasi hisoblanadi. Bu koeffitsiyentni quyidagi (4.59) - (4.62) ifodadan hisoblash mumkin:

$$k_v = \frac{k_1 k_2 L_f}{11,900 \varepsilon_{ft}} \leq 0,75. \quad (4.59)$$

$L_f$  parametr quyidagi (4.60) ifodadan aniqlanadi:

$$L_f = \frac{23,300}{(n t_f E_f)^{0,58}}. \quad (4.60)$$

Beton mustahkamligi va yopishtirish sxemasi turini hisobga oladigan  $k_1$  va  $k_2$  koeffitsiyentlar quyidagi ifodalardan aniqlanadi:

$$k_1 = \left( \frac{R'_b}{27} \right)^{\frac{2}{3}}; \quad (4.61)$$

U-shaklli xomutlar uchun  $k_2 = \frac{d_f - L_f}{d_f},$

$$\text{ikkitomonli xomutlar uchun esa } k_2 = \frac{d_f - 2L_f}{d_f}. \quad (4.62)$$

4.2.5. Temirbeton elementlarning qiya kesimi bo'yicha eguvchi momentlar ta'siriga hisoblash quyidagi shartdan amalga oshiriladi:

$$M \leq M_s + M_{sw} + M_f, \quad (4.63)$$

bunda  $M_s$  va  $M_{sw}$  – {6.2.35 b. [4]} bo'yicha aniqlanadi.

$$M_s = N_s z_s; \quad (4.64)$$

$$M_{sw} = 0,5Q_{sw}c; \quad (4.65)$$

$$M_f = 0,5Q_f c. \quad (4.66)$$

FAP ni qistirib mahkamlash zonasida FAP xomutlarining bo'ylama yo'nalishda joylashishi sababli, ulardagi kuch hisoblashlarda e'tiborga olinmaydi.

## 5. Chegaraviy holatning ikkinchi guruhi bo'yicha hisoblash

### 5.1. Yoriqlar sodir bo'lishiga hisoblash

5.1.1. FAP armaturasi bilan kuchaytirilgan elementlar uchun yoriqlar sodir bo'lishiga hisoblash {7.2.1-7.2.11 b.b. [4]}ning umumiy ko'rsatmalariga muvofiq ravishda, quyida keltirilgan ba'zi bir o'zgartirishlar bilan amalga oshiriladi.

5.1.2. Keltirilgan kesimning inersiya momenti {7.2.9 b. [4]} FAP tashqi armaturasini e'tiborga olib hisoblanadi:

$$I_{red} = I + I_s \alpha + I'_s \alpha + I_f \alpha_f. \quad (5.1)$$

Element keltirilgan ko'ndalang kesimining yuzasi  $A_{red}$  quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$A_{red} = A + A_s \alpha_s + A'_s \alpha_s + A_f \alpha_f \quad (5.2)$$

$$\text{bunda } \alpha_f = \frac{E_f}{E_b} \quad (5.3)$$

5.1.3. Mazkur Ko'rsatmaning 4.1 bandida keldirilgan nochiziqli deformatsion

modeli asosida yoriqlar sodir qiladigan momentni aniqlashda, normal kesimning cho'zilgan zonasidagi beton ishini hisobga olish lozim.

## 5.2. Yoriqlar ochilishiga hisoblash

5.2.1. FAP armaturasi bilan kuchaytirilgan elementlar uchun yoriqlar ochilishiga hisoblash {b.b. 7.2.12 - 7.2.15 [4]} ning umumiy ko'rsatmalariga muvofiq ravishda, quyida keltirilgan ba'zi bir o'zgartirishlar bilan amalga oshiriladi.

5.2.2. FAP armaturasining betonga keltirish koeffitsiyenti  $\alpha_{f1}$  qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\alpha_{f1} = \frac{E_f}{E_{b,red}}. \quad (5.4)$$

Element keltirilgan ko'ndalang kesimining og'irlik markaziga nisbatan inersiya momenti  $I_{red}$  {b. 7.2.13 [4]} beton siqilgan zonasi kesimi yuzasini, siqilgan va cho'zilgan po'lat armatura kesimi armaturani betonga keltirish koeffitsiyenti  $\alpha_{s1}$  bilan va FAP armaturasining betonga keltirish koeffitsiyenti  $\alpha_{f1}$  bilan yuzasini hisobga olib aniqlanadi.

$$I_{red} = I_b + I'_s \alpha_{s1} + I_s \alpha_{s1} + I_f \alpha_{f1}. \quad (5.5)$$

5.2.3. Ba'zi bir tadqiqotlar natijalariga ko'ra FAP armaturasining mavjudligi yoriqlar orasidagi masofalarni kamaytirishga olib keladi, ammo xozirgi vaqtgacha mavjud ma'lumotlar bu ta'sirni sonli baholash imkonini bermaydi.

## 5.3. Deformatsiyaga hisoblash

FAP armaturasi bilan kuchaytirilgan elementlarni deformatsiyaga hisoblashni {b. 7.3 [4]} ning umumiy ko'rsatmalariga muvofiq amalga oshiriladi.

## **Cho'zilgan zonadagi yoriqlarsiz uchastkalarda kesim diagrammasini aniqlash**

5.3.1. Element keltirilgan ko'ndalang kesimining og'irlik markaziga nisbatan inersiya momenti  $I_{red}$  {b. 7.3.10 [4]} 5.2.2. banddagi kabi FAP armaturasining betonga keltirish koeffitsiyenti  $\alpha'_{f1}$  bilan yuzasini hisobga olib aniqlanadi.

$$\alpha'_{f1} = \frac{E_f}{E_{b1}}. \quad (5.6)$$

5.3.2. Kuchaytirilgan kesim cho'zilgan zonasidagi yoriqlarsiz uchastkalarda kesimning to'la diagrammasi nochiziqli deformatsion modeldan foydalanilganda quyidagi {(7.28) [4]} ifodadan aniqlanadi. {(7.28) [4]} ifodaga kiradigan egrilik qiymati mazkur Ko'rsatmaning 4.1.34 bandiga muvofiq aniqlanadi.

### **Cho'zilgan zonasidagi yoriqlarsiz uchastkalarda kesimning diagrammasini aniqlash**

5.3.3. Kuchaytirilgan kesim cho'zilgan zonasidagi yoriqlarsiz uchastkalarda kesimning to'la diagrammasini nochiziqli deformatsion model yordamida quyidagi {(7.29) [4]} ifodaga muvofiq aniqlash tavsiya etiladi. {(7.29) [4]} ifodaga kiradigan egrilik qiymati mazkur Ko'rsatmaning 4.1.34 bandiga muvofiq aniqlanadi.

### **Salqilikni aniqlash**

FAP armaturasi bilan kuchaytirilgan elementlarni salqilikka hisoblash {b.b. 7.3.1 - 7.3.6 [4]} ga muvofiq o'tkazilishi lozim, unda elementlarning egrilik qiymatlari mazkur Ko'rsatmaning 5.3.1 - 5.3.3 bandlariga muvofiq hisoblashdan olingani qabul qilinadi.

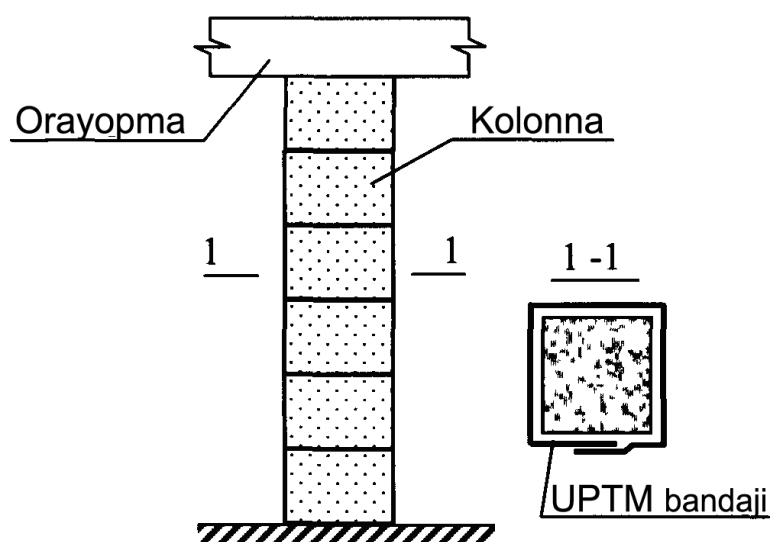
## 6. Ishni ishlab chiqarish (tashkillashtirish) texnologiyasi

### 6.1. Konstruksiyalarning asosiy tiplarini kuchaytirishning prinsipial sxemalari

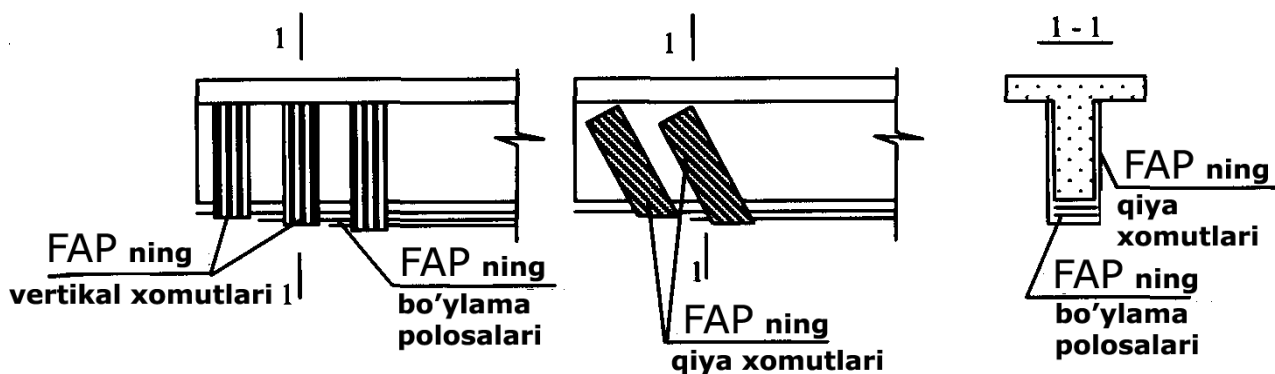
6.1.1. Siqilgan va nomarkaziy siqilgan (kolonna, ikki deraza yoki eshik orasidagi devorlar) konstruksiyalarni kuchaytirish, elementlar kesimi aylanasiga (atrofiga) tola yo'nalishlari kuchaytiriladigan konstruksiyaning bo'ylama o'qiga perpendikulyar qilib bandaj (kamar) o'rnatish orqali amalga oshiriladi (5.4-rasm).

6.1.2. Egiladigan to'sinli konstruksiyalarni kuchaytirish tomonining ostki yuzasiga FAP ni tola yo'nalishlarini kuchaytiriladigan konstruksiyaning o'qi bo'ylab va unga vertikal qilib, yoki tayanch oldi zonalarda qiya xomutlarni tola yo'nalishlarini bo'ylama o'qqa perpendikulyar qilib yopishtirish orqali amalga oshiriladi (5.5-rasm).

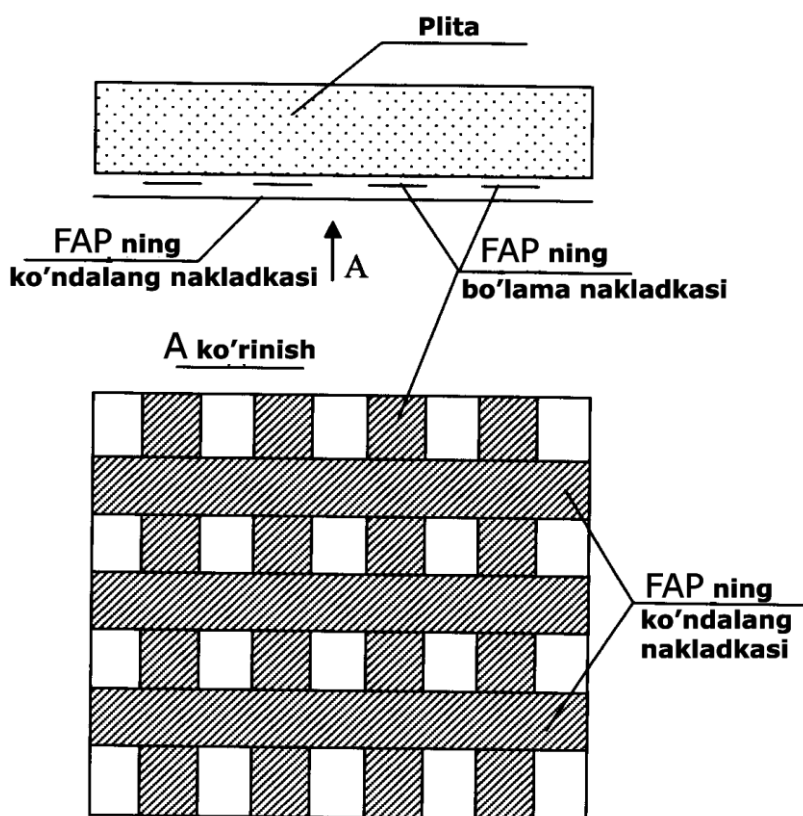
6.1.3. Plitali konstruksiyalarni kuchaytirish uning ostki yuzasiga FAP qatlami (nakladkasi)ni tolalar yo'nalishini konstruksiya o'qi bo'ylab va uning ustidan esa ko'ndalang qatlamni tolalar yo'nalishi bo'ylama qatlamga perpendikulyar qilib yopishtirish orqali amalga oshiriladi (5.6-rasm).



5.4-rasm. Kolonnani kuchaytirishning prinsipial sxemasi



5.5-rasm. To'sinni kuchaytirishning prinsipial sxemasi



5.6-rasm. Plitalarni kuchaytirishning prinsipial sxemasi

## 6.2. Asosni yopishtirishga tayyorlash

6.2.2. Asos yuzasiga bo'r yordamida loyihada qabul qilingan kuchaytiriladigan elementlar sxemasiga muvofiq belgi chiziqlari o'tkaziladi.

6.2.3. Beton yuzasi bo'yoq, moy, yog'li dog' va sementli yupqa qatlamlardan tozalanishi kerak. Yuzani tozalash qumpurkagich yoki metall cho'tka yordamida ishlov berish va keyin esa yuqoribosimli suv (100 atm bosimdan ko'p) bilan yuvish orqali amalga oshiriladi.

6.2.4. Adgeziv beton bilan yaxshi tishlashishi uchun, asos yuzasi g'adir-budir

bo'lishi kerak. Bu beton yuzasini tosh tarashlovchi burg'ilash iskanasi bilan qayta ishlov berish, keyin metall cho'tka yordamida tozalash orqali amalga oshiriladi. Beton yuzasida yirik to'ldirgichlar ko'ringuncha faqat yuza qatlamga qayta ishlov beriladi.

6.2.5. Beton yuzasi tozalangandan so'ng asosni mustahkamlash va beton yuzasi bilan adgeziv tishlashishini yaxshilash maqsadida gruntli tarkib bilan ishlov beriladi.

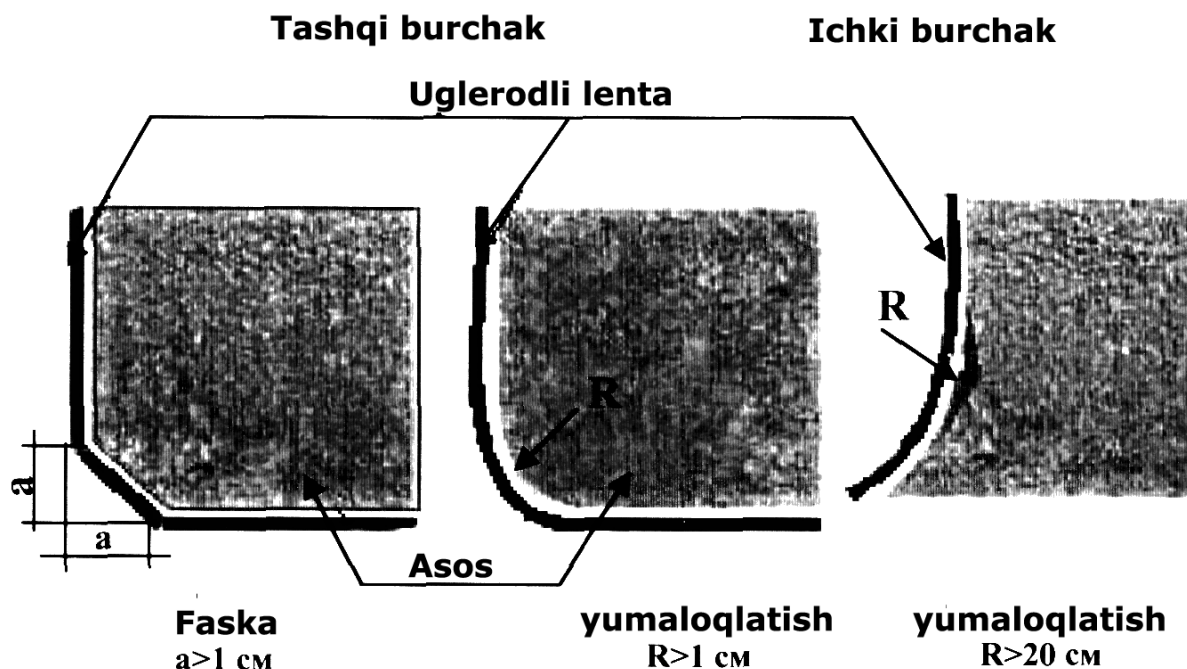
6.2.6. Yuza notekisliklari 2 m bazada 5 mm dan yoki 0,3 m bazada 1 mm dan kam bo'lishi kerak. Mayda nuqson (ko'chgan joy, bo'shliq, kavaklar)lar 5 mm dan chuqur va yuzasi 25 sm<sup>2</sup> dan ko'p bo'lmasligi kerak. Bunday nuqsonlar mustahkamligiga tez erishadigan polimersementli ta'mirlovchi qorishmalar bilan bartaraf etiladi. Yuzaning ancha (25 sm<sup>2</sup> dan katta) katta uchastkalarini tekislash qum va mayda shag'al to'ldirgichli polimersementli ta'mirlovchi tarkiblar bilan amalga oshiriladi.

6.2.7. Beton himoya qatlamining armatura chirishi oqibatida buzilgan (ajralgan) holda uni olib tashlash, ochilgan armaturani chirish mahsulotlaridan tozalash, unga zang o'zgartirgichlari bilan ishlov berish va undan keyin maxsus sementli tarkib qatlami bilan himoya qatlamini tiklash lozim.

6.2.8. Asos mustahkamligi tishlashish asosiy ahamiyatga ega bo'ladigan holatlar uchun xal qiluvchi omil hisoblanadi, masalan, egilish yoki qir qilishga kuchaytirishda (ko'ndalang armaturalash). Bunday holatlarda asos mustahkamligi 15 MPa dan kam bo'lmasligi kerak. Keltirilgan minimal mustahkamlik qiymati kontaktli bog'lash xal qiluvchi omil hisoblanadigan, masalan, kolonnalarni kuchaytiruvchi lentalar bilan o'rash orqali kuchaytirish kabi vazifalarga taalluqli emas. Bunday holda betonning siqilishdagi mustahkamligining qiymati 10,0 MPa ga teng bo'lishi kerak.

6.2.9. Konstruksiyani ko'ndalang yo'nalishda lenta bilan o'rashda, konstruksiyaning tashqi burchaklarida kateti 1...2 sm li faska (tarashlangan joy) yoki radiusi 1...2 sm li aylana, ichki burchaklarda esa ta'mirlovchi qorishmalar bilan radiusi 20 sm dan katta gantel (yumaloq shakl) sodir qilish kerak (5.7-rasm).

6.2.10. Ochilish eni 0,3 mm dan katta bo'lgan yoriqlar pastyopishqoqli epoksidli yoki poliuretanli tarkiblar bilan ta'mirlanishi kerak, ochilish eni undan kam bo'lgan yoriqlar esa polimersementli rastvor bilan ishqalab suvalishi mumkin.



5.7-rasm. Konstruksiya burchaklarini uglerodli matolarni yopishtirishdan oldin tayyorlash

### 6.3. Lenta va laminatlarni bichish

6.3.1. Lenta yoki laminatni bichish yopishtirishning loyihaviy sxemasiga muvofiq polietilenli plenka bilan yopilgan silliq stol ustida amalga oshiriladi. Lentadan foydalanishda stol baraban (g'altak)dan lentalarni o'ramdan ajratish uchun maxsus moslamalar bilan jihozlangan bo'lishi kerak. Lentalarni kesish uchun qaychi yoki o'tkir pichokdan foydalanish lozim, laminatlarni kesishda – maxsus kesuvchi disklardan.

6.3.2. Har bir o'lchamli lentalar kerakli miqdorda tayyorlanadi; lentalar rulon qilib o'raladi, zagotovka (yarim mahsulot) ning nomeri, o'lchami va soni ko'rsatilgan etiketka bilan ta'minlanadi va qopga solinadi.

## **6.4. Adgezivni tayyorlash**

6.4.1. Adgezivni tayyorlashda komponentlar yetkazib beruvchi (ta'minlovchi) yo'riqnomasida tavsiya etilgan nisbatda qorishtiriladi. Tayyorlanadigan adgezivning bir porsiyasi miqdori yashovchanlik (qotib qolmaslik) vaqti davomida undan foydalanishning texnologik imkoniyatlaridan oshib ketmasligi kerak.

6.4.2. Adgezivlarni tayyorlash sig'imi 3 litrdan kam bo'lmagan toza metall, farfor, shisha yoki polietilenli idishlarda bajariladi.

6.4.3 A va B komponentlarni dozalash har bir komponentni taroziga alohida tortish orqali amalga oshiriladi, ularni hajmli dozalash ham ruhsat etiladi.

6.4.4. Sig'imga adgezivni tayyorlash uchun komponentlarning dozalangan miqdori quyiladi. Komponentlar diqqat bilan yog'ochli yoki alyuminli kapcha bilan dastaki usulda yoki minutiga 500 aylanishgacha (qorishmaning aeratsiyasi oldini olish maqsadida) nasadkali pasaylanish (oborot)li parmalagich yordamida qorishtiriladi. Tayyorlangan adgeziv solingan idishning og'zi berkitiladi, etiketka bilan ta'minlanadi va ish bajariladigan joyga yuboriladi.

## **6.5. Lenta (mato)ni yopishtirish**

6.5.1. Adgezivning birinchi qatlami asosga  $0,7 \div 1,0 \text{ kg/m}^2$  hisobdan kalta tukli shpatel, cho'tka, valik yordamida surtiladi.

Adgeziv qatlamini betonli asosga surtishdan oldin yuza siqilgan havo bilan shamollatilishi lozim.

6.5.2. Mato (lenta) har doim adgeziv qatlami ustiga yotqizilishi kerak. Bu qo'lning oldi tarafi bilan matoni asosning bir chetidan ikkinchi chetigacha asta-sekin yotqizish orqali amalga oshiriladi. Yotqizish jarayonida mato chetlari belgi chiziqlariga yoki oldin yopishtirilgan mato chetlariga parallel bo'lishini kuzatish zarur. Lenta loyiha uzunligiga muvofiq bo'laklarga (yarim mahsulot sifatida) oldindan qirqilgan bo'lishi yoki ketma-ket barabandan ajratib, yopishtirish

jarayonida ish joyining o'zida qirqib olinishi mumkin.

Mato (lenta) yig'ilib qolmagan va ortiqcha tortilmagan bo'lishi kerak. Yotqizilgandan so'ng mato (lenta) ustidan rolik yurgiziladi, bu jarayonda u shimdiriladi. Shimdirish faqat bo'ylama yo'nalishda (tola bo'ylab) markazidan chetiga qarab qattiq rezinali valik yoki shpatel yordamida amalga oshiriladi. Mato shimdirilgandan so'ng ushlab ko'rganda ozgina yopishqoq, ko'zga ko'rinmaydigan adgezivsiz bo'lishi kerak.

6.5.3. Matoning ikkinchi qatlamini yotqizishdan oldin (konstruksiyalarni ko'pqatlamli qilib kuchaytirishda) yotqizilgan birinchi qatlam ustiga  $0,5 \div 0,6 \text{ kg/m}^2$  hisobidan adgeziv surtiladi. Uni yotqizish va valik bilan ortiqcha yelimni siqib chiqarish birinchi qatlamdagi kabi amalga oshiriladi.

6.5.4. Yuzaga lentaning oxirgi qatlamini yotqizib bo'lgandan so'ng  $0,5 \text{ kg/m}^2$  hisobidan yakuniy adgeziv suriladi.

6.5.5. Kuchaytiriladigan elementning ko'pqatlamli konstruksiyasida mato (lenta)larning hamma qatlamlarini yopishtirish va keyin butun kesimni qotirish bir ishchi smenada bajarilishi kerak. Agar bu ishni bajarish shartlari bo'yicha imkoni bo'lmagan holda (masalan, fazoviy konstruksiyalarni qatlamlar bo'yicha har xil yo'nalishli qilib kuchaytirish), kuchaytirishning hamma yuzasi bo'yicha birinchi qatlamni yopishtirib, uni qotishini kutish lozim, undan keyin esa xuddi shu yo'l bilan ikkinchi va keyingi qatlamlarini yopishtirish kerak.

6.5.6. Ishni bajarishning o'ziga xos alomatiga ko'ra ajratish mumkin:

- gorizontaal yuzaning ustiga yopishtirish;
- gorizontaal yuzaning osti (plita, to'sin shiplar yuzasi)ga yopishtirish;
- vertikal yuzalar (devor, kolonna va b.)ga yopishtirish.

6.5.7. Gorizontaal yuzaning ustiga yopishtirishda lenta ketma-ket markazdan chetiga tomon cho'zmasdan yotqiziladi, qo'l bilan (rezinali qo'lqopda) tekislanadi va valik yoki shpatel bilan yurg'iziladi. Yotqizish ikki nafar ishchi bilan amalga oshiriladi. Har bir keyingi qatlamni yotqizish oldingi qatlam ustidan valik yurg'izilishi bilanoq boshlanishi mumkin. Yotqiziladigan qatlamlarning soni bo'yicha texnologik cheklovlar yo'q.

6.5.8. Gorizontal yuzaning osti (ship)ga yopishtirishda lentaning bir uchi siqiladi (mahkamlanadi) va keyin asta-sekin silanadi va butun uzunligi bo'yicha mahkamlanadi (fiksatsiya qilinadi). Adgeziv yopishqoqligiga bog'liq holda (asosan atrof muhit harorati bilan ko'p miqdorda aniqlanadigan) lentani yopishtirish adgeziv surilishi bilan orqasidan bevosita yoki ozgina ushlab turilgandan so'ng amalga oshiriladi, bu vaqtda adgeziv yopishqoqligi oshadi va ship yuzasiga lentaning mahkamlanishi ta'minlanadi (lenta valik bilan yurg'izilgan so'ng tushib ketmaydi).

Ushlab turish vaqti tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Har bir keyingi qatlamni yopishtirish oldidan ushlab turish muddati shu yo'l bilan aniqlanadi. Lentani valik bilan yurg'izish (siqish) yig'ilib qolmasligi uchun markazdan cheti tomon amalga oshiriladi. Qoidaga ko'ra, lentani ship yuzasiga yopishtirish kamida ikki nafar ishchi yordamida amalga oshiriladi.

6.5.9. Uzunligi bo'yicha 3 m dan ortiq bo'lgan kuchaytiriladigan elementlarni yopishtirish jarayonini yengillashtirish maqsadida, lentani alohida polosalar bilan yopishtirish mumkin, ularni uzunligi bo'yicha bir-biriga o'tkazib (vnaxlest) birlashtirish kerak. Bunda lentalarni bir-biriga o'tkazish uzunligi 100 mm dan kam bo'lmasligi lozim. Bir-biriga o'tkazib yopishtirish adgezivning xo'l qatlamida ham, qotib bo'lgan qatlamida ham amalga oshirilishi mumkin. Qotib bo'lgan qatlamda yopish zonasi qum qog'oz bilan ishqalanishi va namlangan tukli atsetonli (mato) bilan artilishi lozim. Bir-biriga kiritish doim lenta bo'ylab, tola joylashishi yo'nalish bo'yicha amalga oshiriladi.

6.5.10. Ko'pqatlamli kuchatirilgan konstruksiyani bir-biriga kiritish uzunligi bo'yicha (har xil kesimda) sakratib (razbejka) amalga oshiriladi.

6.5.11. Lentani bo'ylama yo'nalishda kesish maqsadga muvofiq emas, chunki u alohida tutamlarga ajralib ketadi. Lentani bo'ylama yo'nalishda (tola bo'ylab) kesish zarurati tug'ilganda, kesish chizig'i bo'ylab ko'ndalang yo'nalishda tolalarni tarqalib ketmasligini oldini olish uchun, BF yelimi bilan dastlab unga ishlov berilishi kerak.

6.5.12. Vertikal yuzalarni kuchaytirish bajarilayotganda asosga adgezivni

surtish yuqoridan pastga tomon amalga oshiriladi. Vertikal bo'laklarni yopishtirish lentaning ustki uchini fiksatsiya qilib (qistirib) amalga oshiriladi va ketma-ket bostirib, keyin esa valik bilan ortiqcha yelimni siqib g'ildiratish kerak bo'ladi. Gorizontol polosani vertikal yuzaga yopishtirish lentaning (oxirini) uchlarini (chap va o'ngda) fiksatsiya qilib yopishtiriladi, keyin esa silliqlab uzunligi bo'yicha valik bilan ustidan g'ildiratiladi. G'ildiratish o'rtasidan chetka tomon amalga oshiriladi. Har bir keyingi qatlamni yopishtirish oldidan lentani siljimasligi va uning fiksatsiyasini ta'minlaydigan ushlab turish muddati tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Elementni vertikal yuzalarga gorizontol va vertikal yo'nalishlarda ("to'r" shaklida) ko'pqatlamli kuchaytirishda ikkala yo'nalishlarda ketma-ket qatlamli yopishtirish orqali amalga oshiriladi.

6.5.13. Kuchaytiruvchi qatlamlarni qurish bo'yicha bajarish ishlari ko'pmiqdorda atrof muhit harorati va nisbiy namligi, beton yuzasi harorati va uning namligi, beton yuzasi va yelim nuqtasi haroratlari nisbatiga bog'liq bo'ladi. Lentalarini yopishtirish jarayoni atrof muhit harorati  $+5^{\circ}\text{S} \div +45^{\circ}\text{S}$  oraliqda bo'lganda bajarilishi mumkin; bunda beton asosi harorati  $5^{\circ}\text{S}$  dan kam va yelim nuqtasi haroratidan  $3^{\circ}\text{S}$  ga ko'p bo'lishi kerak. Agar beton yuzasi harorati ruhsat etilgan qiymatdan kichik bo'lsa, tolalar yetarlicha shimdirilmasligi va smolaning qotish darajasi past bo'lishi mumkin, bu kuchaytirish sistemasi ishiga salbiy ta'sir qilishi mumkin. Haroratni ko'tarish uchun lokal issiqlik manbalaridan foydalanish mumkin.

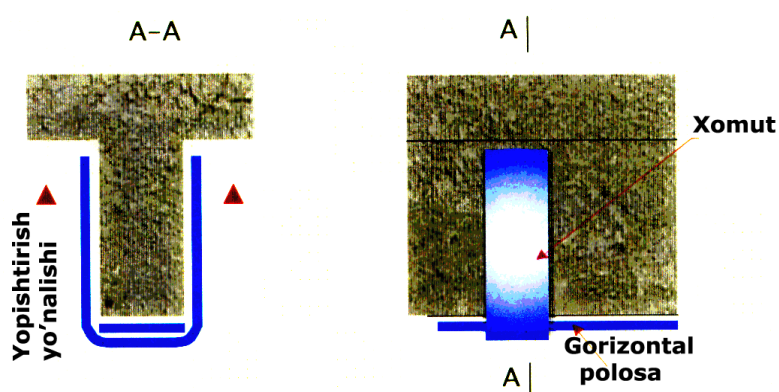
6.5.14. Suvaladigan va yelimlaydigan tarkiblarni namli yuzalarga yotqizish mumkin emas. Yuzadagi shabnam (nam) olib tashlanishi, beton yuzasi artilishi va siqilgan havo bilan shamollatilishi kerak. Yuzaning ruhsat etilgan namligi 5% dan oshmasligi kerak.

6.5.15. Yelimli tarkibning tabiiy sharoitda to'la qotishi bir necha soat davomida amalga oshadi va ko'pmiqdorda atrof muhit haroratiga bog'liq bo'ladi. Qoidaga ko'ra qotish vaqti harorat  $20^{\circ}\text{S}$  dan ko'p bo'lganda – 24 soatdan va harorat  $5^{\circ}\text{S}$  dan  $20^{\circ}\text{S}$  gacha bo'lganda – 36 soatdan kam bo'lmasligi lozim.

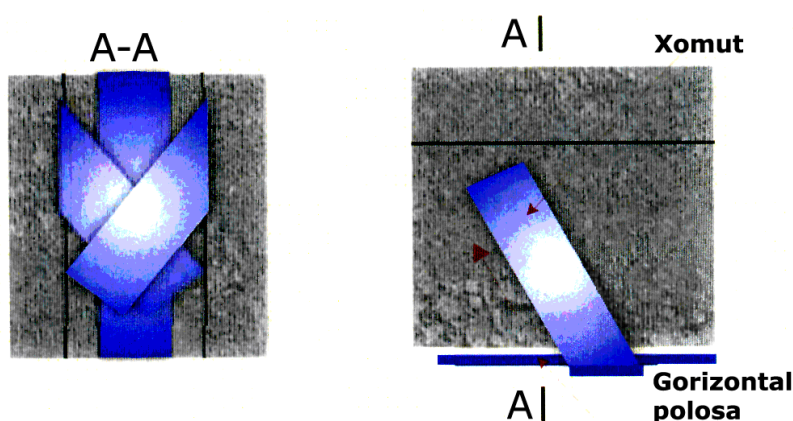
6.5.16. Xavfsizlik (yong'in, vayron bo'lishdan himoya)ni ta'minlash uchun

yoki estetik mulohazalarga ko'ra kuchaytirish elementlari ishning yakuniy bosqichida har xil qoplamalar (polimersedimentli, poliuretanli, maxsus yong'inga chidamli, foydalaniladigan yelimlar bilan birlashadigan tarkiblar) bilan yopilishi kerak. Bu qoplamalarning qatlamlar bilan yaxshi tishlashishi uchun yotqizish jarayonida yakuniy qatlam ustiga yirikligi 0,5÷1,5 mm bo'lgan quruq qum yupqa qatlami sepiladi.

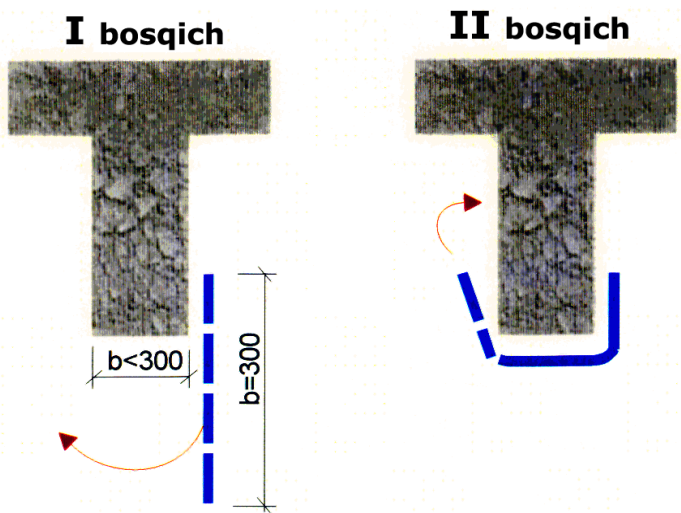
Quyida FAP polosalarini konstruksiyalarga yopishtirish va anket (qistirgich) sxemalari keltirilgan (5.8–5.13-rasmlar).



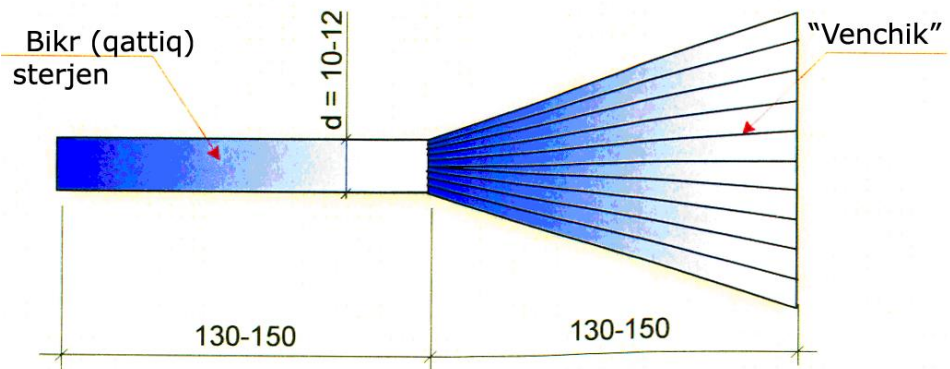
5.8-rasm. To'sinli konstruksiyalarda vertikal xomutlarni o'rnatish sxemasi



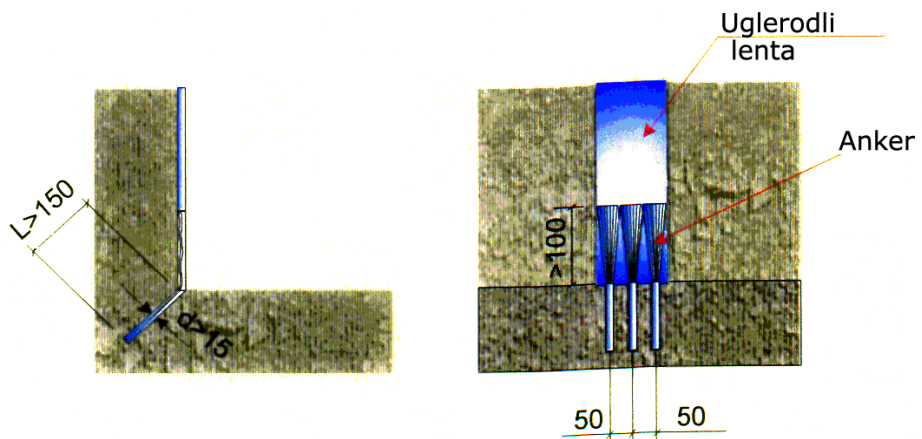
5.9-rasm. To'sinli konstruksiyalarda qiya xomutlarni o'rnatish sxemasi



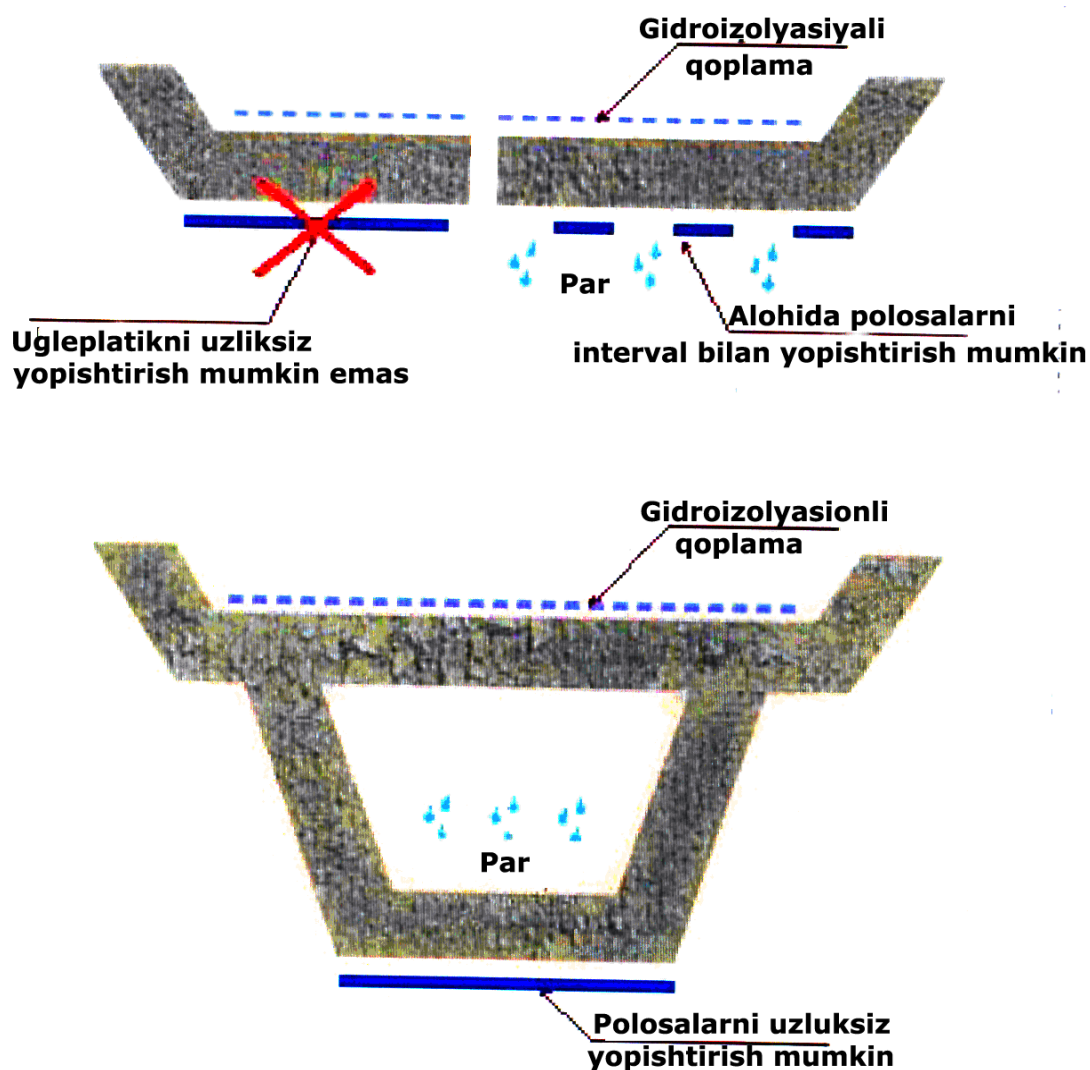
5.10-rasm. To'sinli  
konstruksiyalarni  
kuchaytirish.  
Qovurg'asiga lentani  
yopishtirish sxemasi



5.12-rasm. Anker (qistirgich) konstruksiyasi



5.13. Ankerni o'rnatish sxemasi



5.11-rasm. Ugleplastikni bug' o'tkazmaslikni hisobga olib yopishtirish sxemasi

## 6.6. Laminatlarni yopishtirish

6.6.1. Laminat ham tashqi (konstruksiylar yuzasiga yopishtirish uchun), ham ichki (laminat ingichka polosasini oldindan tayyorlangan chuqurliklarga joylashtirish bilan) armaturalashda qo'llanishi mumkin.

Tashqi armaturalashda yuzani tayyorlash xuddi lenta va matolarni yopishtirishdagi kabi amalga oshiriladi.

6.6.2. Yopishtirishdan oldin laminatlarning o'lchanadigan bo'laklari ishchi stol (dastgoh) ustiga yotqiziladi va namli atsetonli tukli chutka yordamida diqqat

bilan artiladi. Artilgan yuzaga shpatel bilan (1-1,5 mm) adgezivning yupqa qatlami surtiladi (laminatga yotqiziladigan adgeziv qatlami polosalar chetiga qarab surilgani maqsadga muvofiq). Adgezivning 1 mm qalinlikdagi xuddi shunday qatlami oldindan tayyorlangan va changdan tozalab quritilgan asosga yotqiziladi. Keyin laminat asosga yotqiziladi (yelim yelimga) va yopishtiriladigan polosaning har ikki tarafidan ortiqcha adgezivni siqib chiqarish uchun valik bilan g'ildiriladi. Ortiqcha adgeziv shpatel bilan olib tashlanadi. Agar kuchaytirish loyihasida ikki yoki bir necha qatlam laminat yotqiziladigan holda qatlamlarning ko'zda tutilgan sonini ishchi stolda oldindan bir-biriga yopishtirish, polimerizatsiya muddati davomida ushlab va keyin butun paketni asosga yopishtirish amalga oshiriladi.

6.6.3. Kuchaytiriladigan elementning tashqi tomoni himoya bo'yog'i yoki polimersementli rastvor bilan qoplanadi.

6.6.4. Ichki armaturalash hollarida laminat dastlab ingichka (eni 10...30 mm li) polosalarga qirg'iladi. Konstruksiyada armaturalash sxemasiga muvofiq eni 3 mm va shuqurligi esa polosa eniga 2 mm qo'shilgan shuqurlik sodir qilinadi. Chuqurlikning 2/3 qismi adgeziv bilan to'ldiriladi, keyin unga tayyorlangan laminat tushiriladi (yotqiziladi). Ortiqcha adgeziv yuzaga siqib chiqariladi va shpatel bilan olib tashlanadi.

### **Adabiyotlar**

1. А.А. Ашрабов, Ч.С. Раупов Исследование влияние продольного армирования на прочность железобетонных балок при поперечном изгибе. Вестник ТашИИТа. 2006/1. с. 3–10.

2. Ашрабов А.А., Раупов Ч.С. К расчету усиления железобетонных балок, восстановленных углепластиковыми тканевыми материалами. Сборник трудов Респ. НП конф. ТашИИТ. 2009. июнь.

3. Ашрабов А.А., Ишанходжаев А.А., Раупов Ч.С. О передаче напряжений в трещинах железобетонных элементов, усиленных

полимерными волокнистыми материалами. Проблема механики. 5/2006. с. 7-11.

4. Ватин Н. И., Дьячкова А. А., Кишиневская Е. В., Кузнецов В. Д.. Усиление железобетонных конструкций с использованием композиционных материалов на основе углеродных волокон и постнапрягаемых стрендов. "СтройПРОФИль" 4-09. 2009.

5. Восстановление фундаментов сложными составами на минеральной основе. Компания ООО «ВармаСтрой». [varmastroy@mail.ru](mailto:varmastroy@mail.ru). <http://www.varmastroy.ru/services/item/15/>.

6. ГОСТ 25.601-80. «Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах».

7. Данные БелдорНИИ. e-mail: [beldornii@anitex.by](mailto:beldornii@anitex.by). [http://old.minsk.gov.by/cgi-bin/org\\_ps.pl?mode=pic&k\\_org=1271](http://old.minsk.gov.by/cgi-bin/org_ps.pl?mode=pic&k_org=1271)

8. Клевцов В.А., Фаткуллин Н.В., "Расчет прочности нормальных сечений изгибаемых элементов, усиленных внешней арматурой из полимерных композиционных материалов", Научно-техническая конференция молодых ученых и аспирантов ЦНИИС, 2006.

9. Коваля П.и Сташука П.. Доклад по теме: Техническая диагностика мостов с применением метода акустической эмиссии (Национальный университет “Львовская Политехника”). 2004.

10. Материалы ООО "Фирма "Практика" (Россия). <http://www.stroyportal.ru/profile/33144.html>. и компании ООО «ВармаСтрой». <http://www.varmastroy.ru/>.

11. Меркулов С.И.. Восстановление железобетонных конструкций. – Курск, Изд-во Курск ГТУ, 2004.

12. Опыт компании Зика. Клиентское и техническое обслуживание ООО «Зика». e-mail: [info@ru.sika.com](mailto:info@ru.sika.com). [www.sika.ru](http://www.sika.ru). <http://www.sika.ru/upload/iblock/2ba/%20k%20hfjvvpvgv%20dkdzguddfaksib%20>

wwoozq%20onbwtlsoayj%20Sika.pdf.

13. Попеско А.И. Работоспособность железобетонных конструкций, подверженных коррозии. – СПб.: СПб. гос. архит.-строит. ун-т, 1996. 182 с.

14. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. СП 13-102-2003.

15. Раупов Ч.С. К оценке поведения железобетонных элементов с трещинами, реабилитированных полимерными волокнистыми материалами. Вестник ТашИИТа. 2006/2. с. 3–10.

16. Раупов Ч.С. Полимерные волокнистые материалы для усиления железобетонных конструкций мостов//Ресурсосберегающие технологии строительства. Межвузовский сборник научных трудов. Вып 1. ТашИИТ. 2006. с. 30-35.

17. Раупов Ч.С. Реабилитация железобетонных балок мостов полимерными волокнистыми материалами//Ресурсосберегающие технологии в строительстве. Материалы Респ НТ конф., посвященные 75-летию института. ТашИИТ. 2006. с. 108–113.

18. Раупов Ч.С., Ашрабов А.А., Ахмедов Ш.Б. Практические предложения по усилению балок ораликного строения мостов тканевыми полимерными материалами. Сборник трудов НП конф. декабрь ТашИИТ. 2009.

19. Раупов Ч.С. К оценке поведения железобетонных элементов с трещинами, реабилитированных полимерными волокнистыми материалами. Вестник ТашИИТа. 2006/2. с. 3–10.

20. Раупов Ч.С. Реабилитация тавровых железобетонных балок мостов с углепластиковыми волокнистыми материалами. Вестник ТашИИТа. 3/4/2006. с. 27–33.

21. Раупов Ч.С., Ашрабов А.А. К расчету несущей способности железобетонных балок при срезе, усиленных тканевыми полимерными материалами. Материалы Респ. НТК. Ташкент. 2009 г. 16-17 сентябрь. с. 176-181.

22. Руководство разработано ООО «Интераква» (инж. Чернявский В.Л., д.т.н. Хаютин Ю.Г., к.т.н. Аксельрод Е.З.) и НИИЖБ (д.т.н., проф. Клевцов В.А., инж. Фаткуллин Н.В.).

23. Рязанцев В.Ю., Беляев В.А.. Методы усиления и восстановления зданий и сооружений с использованием элементов внешнего армирования из углеволокна.

24. Сабиров Р. Х., Чернявский В.Л., Юдина Л. И. Технология ремонта и усиления сгустителей калийной промышленности. Химическая промышленность, 2002, № 2. стр. 1-5.

25. Савченко Е. Фукс Г.Б., Климуш М.Д. Реконструкция и ремонт мостов. <http://www.materialy.org/articles/read21.html>.

26. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. Москва 2004.

27. Фотографии с сайтов [kavkazchat.com](http://kavkazchat.com), [jastmedia.ru](http://jastmedia.ru).

28. Хаютин Ю.Г., Чернявский В.Л., Аксельрод Е.З. Применение углепластиков для усиления строительных конструкций//Бетон и железобетон. - № 6. - 2002. - с. 17-20; № 1. - 2003. - с. 25-29.

29. Хаютин Ю.Г., Чернявский В.Л., Аксельрод Е.З. Ремонт и усиление железобетонных конструкций в зданиях из монолитного железобетона. "Проектирование и строительство монолитных многоэтажных жилых и общественных зданий, мостов и тоннелей" Сборник докладов. 2004 г., стр. 195 - 199.

30. Чернявский В. Л. Современные материалы и технологии ремонта и усиления конструкций мостов. Материалы Всероссийской научно-практической конференции "Современные технические решения по повышению надежности автомобильных дорог и искусственных сооружений" Краснодар, 2001. стр. 199-201.

31. Чернявский В. Л. Аксельрод Е. З. Применение углепластиков для усиления железобетонных конструкций промышленных зданий. Промышленное и гражданское строительство, 2004, № 3, стр. 37-38.

32. Шмидт Г. Г.. Опыт применения состава цементного защитного проникающего действия “Калматрон” при ремонте железобетонных мостов. ГУ НИИ СМ при ТГАСУ, Томск. 2006.

33. Triantafillou, T. C. (1998) Shear Strengthening of reinforced concrete beams using epoxy bonded FRP composites. ACI Structural Journal, pp. 107–115.

34. Khalifa. A, William J. G, Nanni.A, Abedl Aziz M.I (1998). Contribution of externally bonded FRP to shear capacity of flexural members. ASCE–Journal of composites for construction, Vol.2, No.4, pp 195–203.

35. ACI Committee 440 (2003). Guide for Design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures.

36. Birkeland, P. W., and Brikeland, H. W. Connections in precast concrete constructions. ACI Journal, 1960. Vol. 63, No. 3, pp 345-368.

37. Mast, R. F. Auxilary reinforcement in concrete connections. Proceeding, ASCE Vol. 94, ST6, 1968. pp. 1485-1504.

38. Charles E. Bakis. (1993). Materials and Manufacturing. Fibre Reinforced Plastic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures: Properties and applications, Elsevier Science Publishers, pp 13–58.

39. Hollaway, L. Leeming, M B, editors (1999). Strengthening of Reinforced concrete structures using externally bonded FRP composites in structural and civil engineering. ROBUST book Cambridges: Woodhead Publishing Ltd. pp 4, 7, 20, 49, 50, 59.

## *Ilova 1*

Ba’zi bir ugle-, shisha-, aramid tipidagi tolalarning fizik-mexanik xossalari

Material	Elastiklik moduli $E$ , GPa	Cho’zilishdagi mustahkamligi $R_t$ , MPa	Chegaraviy cho’zilishi $\delta$ , %	Zichligi $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>
Uglerod (VP) <sup>3</sup>	200 - 250	3400 - 3900	1,5-2,5	1750-1950
Uglerod (VM)	300 - 700	2900 - 4000	0,45-1,2	1750-1950

Aramid (VP)	75	3500	4,6	1400
Aramid (VM)	110	2900	1,5-2,4	1400
Shisha (tip Ye) <sup>4</sup>	72-77	3400 - 3700	3,3-4,8	2600
Shisha (tip S) <sup>5</sup>	75-88	4300 - 4900	4,2-5,4	2500
Shisha (tip A) <sup>6</sup>	21-74	3000 - 3500	2,0-4,3	2700

<sup>3</sup> VM – yuqori modulli, VP – yuqori mustahkamli

<sup>4</sup> Universalli

<sup>5</sup> Yuqori mustahkamli

<sup>6</sup> Ishqorga chidamli

## Ilova 2

onstruksiyalarni kuchaytirishda qo'llaniladigan termoaktiv smolalarning fizik-mexanik xossalari

Xossasi	O'lchov birligi	Poliefirlar	Epoksidlar
Zichligi	kg/m <sup>3</sup>	1000...1450	1100...1400
Cho'zilishdagi mustahkamligi	MPa	30...55	30...90
Siqilishdagi mustahkamlik	MPa	55-96	50-110
Elastiklik moduli	GPa	2,1-4,1	0,5 - 20
Uzilishdagi chegaraviy nisbiy deformatsiya	%	1-300	0,5 - 50
Chiziqli issiqlik kengayish koeffitsiyenti	*10 <sup>-6</sup> /°S	40-80	10-100
Steklovaniya (qotirish) harorati	°S	50-60	40 - 260

Suv adsorbsiyasi: 24 soatda	%	0,08 - 0,09	
7 kunda		-	0,1-3

### Ilova 3

Ishlab chiqaruvchilarning ma'lumotlariga bo'yicha ba'zi bir FAP armaturalari  
tiplarining fizik-mexanik xossalari

#### P5.1 Ugleplastiklar - laminatlar

Ishlab chiqaruvchi firmaning markasi	Tip	Qalinligi, mm	Eni, mm	$E_{  }$ , GPa	$R_{k  }$ , MPa	$\varepsilon_f$ , %	To'ldirish %
1	2	3	4	5	6	7	8
Tyfo® UC L <sub>1</sub> type	K	1,2-1,4	50 - 150	>165	2500	1,3	70
Tyfo® UC L <sub>2</sub> type	K	1,2-1,4	50 - 150	>170	3100	1,6	70
Tyfo® UC L type	K	1,4	50 - 150	>165	2100	1,15	70
Tyfo® UC M type	K	1,4	50 - 150	>200	3300	1,4	70
1	2	3	4	5	6	7	8
S&P® Laminates CFK150/2000	K	1,2; 1,4	50, 80, 100	>150	2700- 3000	1,65	70
Mapei® Carboplate 170	E K	1,4	50; 100; 150	170	>3100	2	68
Mapei® Carboplate 250	E K	1,4	50; 100; 150	250	2500	0,9	65
Asian 400 Laminate	CFRP K	1,4	50 - 100	131	2400	1,87	70

P5.2 Ugleplastiklar – matolar (xolstar) va kompozitlar (monoqatlam uchun ma'lumotlar)

Ishlab chiqaruvchi firmaning markasi	Tip <sup>1</sup>	Qalinligi mm	Eni mm	Elastiklik moduli, GPa	Cho'zilishdagi mustahkamligi, MPa	Uzilishdagi deformatsiya, %	Yuza zichligi, g/m <sup>2</sup>
UOL-300-2	K	0,175	300	120	1400	1,16	
Tyfo®SCH-7UP	B	0,115	610	231	3790	1,6	230
	K	0,18		102	1062	1,05	
Sika Wrap® Hex 230C	B	-	305; 610	230	3450	1,5	230
	K	0,381	-	65,4	894	1,33	
Wabo®MBrace 130	CF	0,165		228	3790	1,7	
Wabo®MBrace 530	CF	0,165		372	3517	0,9	
S&P® S Sheet 640	B	0,19	150; 300	640	2650	0,4	430
S&P® S Sheet 240 - 200, S&P® S Sheet 240 - 300	B	0,117; 0,176	300; 1000	240	3800	1,55	230; 330
MapeWrap® S UNI-AX 300/10; 300/20; 300/40;	B	0,167	100; 200; 400	230	4800	2,1	300
MapeWrap® S UNI-AX 600/10; 600/20; 600/40;	B	0,335	100; 200; 400	230	4800	2,1	600
Tyfo®SCH-11UP	B	0,17	610	230	3790	1,6	315

	K	0,27	-	102	1062	1,05	-
Tyfo® SCH-35	K	0,89	610	78,6	991	1,26	-
Tyfo® SCH-41	B	0,37	610	230	3790	1,7	644
	K	1	-	95,8	986	1	-
Tyfo® SCH-BCC	B		1300	231	3790	2,1	607
	K	0,86		47,9/47,9	661/661	0,96	-

<sup>1</sup> «B» belgi tolaning boshlang'ich xossasiga taalluqli, «K» esa qotgan kompozitning xossasiga.

*Izoh:*

1) ko'rsatilgan mexanik xossalar taxminiy bo'lib, loyihalashda foydalanish mumkin emas. FAP xarakteristikalari GOST 25.601-80 muvofiq mazkur Ko'rsatmaning 2.6 bandi bo'yicha aniqlanadi;

2) x/x ma'lumotlar ikki yo'nalishli matoli polotnolar uchun ko'rsatilgan.

### P5.3 Aramidlilar - matolar (xolstlar) va kompozitlar (monoqatlam uchun ma'lumotlar)

Ishlab chiqaruvchi firmaning markasi	Tip <sup>1</sup>	Qalinligi, mm	Eni, mm	Elastiklik moduli, GPa	Cho'zilishdagi mustahkamligi, MPa	Uzilishdagi deformatsiya, %	Yuza zichligi, g/m <sup>2</sup>
Tyfo®WAB	V		1300	114	3100	2,8	176
	K	0,25	-	29,4	495/495	1,7	

P5.4 Shishaplastiklar - matolar (xolstar) va kompozitlar (monoqatlam uchun ma'lumotlar)

Ishlab chiqaruvchi firmaning markasi	Tip <sup>1</sup>	Qalin ligi, mm	Eni, mm	Elastik lik moduli, GPa	Cho'zilish dagi mustahkam ligi, MPa	Uzilish dagi defor matsiya, %	Yuza zichligi, g/m <sup>2</sup>
Tyfo® SEH-51	B	0,36	1370	72,4	3240	4,5	915
	K	1,3	-	26,1	575	2,2	-
Tyfo® WEB	B	0,058	1270	72,4	3240	4,5	295
	K	0,25	-	19,3/19,3	309/309	1,6	-
Tyfo® SEH-25	B	0,19	910	72,4	3240	4,5	505
	K	0,635	-	26,1	512	2	-
SikaWrap® Hex 100G	B	-	1270	72	2300	4	915
	K	1,016	-	26,2	612	2,45	-
SikaWrap® Hex 430G	B	-	305; 610	70	2250	2,8	430
	K	0,508	-	26,5	537	2,21	-
S&P® G Sheet E 50/50	B	0,067	680	73	2400	4,5	350
S&P® G Sheet AR 50/50	B	0,065	680	65	1700	4,3	350
S&P® G Sheet E 90/10 A, 90/10 V	B	0,154; 0,308	680	73	2400	4,5	440; 880
S&P® G Sheet AR 90/10 A, 90/10 V	B	0,149; 0,299	680	65	1700	4,3	440; 880
Tyfo® BC	B	-	1280	72,4	3240	4,5	813
	K	0,864	-	18,6/18,6	279/279	1,5	-
Wabo® MBrace EG 900	B	0,353	-	72,4	1517	2,1	-

Ishlab chiqaruvchilarning ma'lumotlariga bo'yicha ba'zi smolalar tiplarining  
fizik-mexanik xossalari

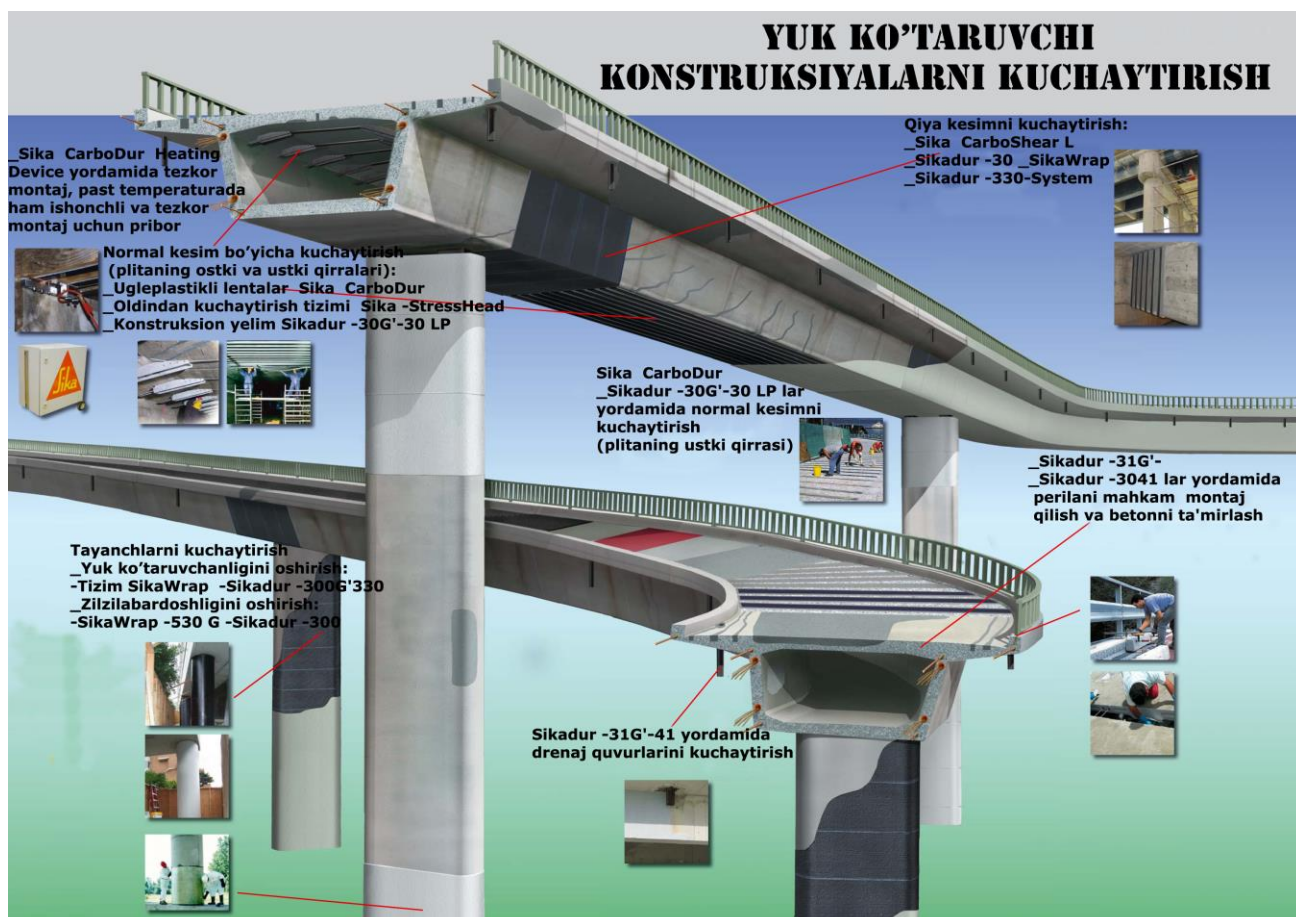
Ishlab chiqaruvchi firmaning markasi	$t_j^1$	$E_p$	$R_p$	$\delta$	$E_u$	$R_u$	$T_{qo'llan}$	$T_{eksp}$
	min	GPa	MPa	%	GPa	MPa	°S	°S
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tyfo® S Saturant Epoxy	180- 360	3,18	72,4	5	3,18	123,4	+4 - +32	<82
Tyfo® G Epoxy Gel Coat	180- 360	2,23	50,7	3,5	2,18	86,4	+4 - +32	<82
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tyfo® T High Temperature Epoxy	>240	3,2	119	3,8	3,2	73,1	+4 - +32	<121
Tyfo® ST Saturant Temperature Epoxy	180- 360	3,18	72,4	5	3,18	123,4	+4 - +32	<101 $T_k = 150$
Wabo® MBrace Saturant	45	3	54,5	3,5	3,7	138	+10 - +32	
MapeWrap® 31	40	-	30	1,2	3,8	70	+5 - +30	-
MapeWrap® 21	40	-	30	1,2	2,5	55	+10 - +30	-
Mape® Adesilex PG	30	-	-	-	-	-	+5 - +30	-
Sikadur® 30	70	4,5	24,8	1	11,7	46,8	+15 - +24	-
Sikadur® Hex300/306	240	3,2	72,4	4,8	3,1	123,4	+18 - +24	-40 - +60

<sup>1</sup> +20°S harorat atrofida.

Quyida keltiriladigan rasmlar «Zika» MChT kompaniyasi saytidan olingan.  
<http://www.sika.ru/upload/iblock/2ba/%20k%20hfjvvpvgv%20dkdzguddfaksib%20wwoozq%20onbwtlsoayj%20Sika.pdf>, e-mail: [info@ru.sika.com](mailto:info@ru.sika.com).

[www.sika.ru](http://www.sika.ru)

Sika® – maxsus va qurilish kimyosi sohasida ishlaydigan xalqaro konserni. Konsernning sho'ba (docherniye) kompaniyalari ishlab-chiqarish, sotish va texnik yordam bo'yicha dunyoning 80 dan ortiq mamlakatlarida ish yuritadi. Sika® kompaniyasi bino va injener-texnik inshootlarning bozorda gidroizolyatsiyasi, germetiklash, yopishtirish, tovush izolyatsiyasi, kuchaytirish va himoyasi bo'yicha dunyo lideri hisoblanadi. Sika® sho'ba kompaniyalarida 10 000 dan ortiq odam ishlaydi.



**Yuk ko'taruvchi konstruksiyalarni kuchaytirish**



Lodeynoye Pole sh. temiryo'l ko'prigi

**Muammo:** ko'prik tayanchi va bosh to'sinlar betonining yemirilishi.

**Yechimi:** SikaWrap530 ugletola bilan yemirilgan betonni tiklash.



Domodedovo sh. temiryo'l ko'prigi

**Muammo:** to'sin oralig'i armaturasining yetarli emasligi.

**Yechimi:** Sika CarboDur ugleplastikdan yetmaydigan armaturani o'rnatish.



Msta daryosidagi temiryo'l ko'prigi

**Muammo:** ko'prik tayanchi kallagining sinishi

**Yechimi:** Sika Monotop sistemasi bilan beton himoya qatlamini tiklash, SikaWrap530C uglexolst bilan kuchaytirish.



Kirjach daryosidagi avtomobil ko'prigi (Moskva - N.Novgorod trassasining 95 km)

**Muammo:** to'sinning oraliq qismida yoriqlarning sodir bo'lishi, ko'prikning sinishi.

**Yechimi:** anker qurilmalar va Sika CarboDur ni mahkamlash bilan ugleplastik armaturani o'rnatish.

## SHARTLI BELGILAR

### Tashqi va ichki kuchlar

$M$  – hamma tashqi kuchlarning momentlar ta'sir qiladigan tekislikka perpendikulyar bo'lgan o'qqa nisbatan momentlar yig'indisi.

$M_{qo'sh}$  – kuchaytirish tizimi qabul qiladigan qo'shimcha eguvchi moment.

$M_{to'la}$  – kuchaytirilgandan so'ng normal kesim qabul qiladigan chegaraviy eguvchi moment.

$M_0$  – kuchaytirilguncha kesim qabul qiladigan eguvchi moment.

$M_{ult}$  – chegaraviy holatda momentlar ta'sir qiladigan tekislikka perpendikulyar o'qqa nisbatan hamma ichki kuchlar momentining yig'indisi.

$M_s$  – qiya kesimning qarama-qarshi tomoni (oxiri)ga nisbatan qiya kesimni kesib o'tadigan bo'ylama sterjenlar qabul qiladigan momenti.

$M_{sw}$  – qiya kesimning qarama-qarshi tomoni (oxiri)ga nisbatan qiya kesimni kesib o'tadigan ko'ndalang sterjenlar qabul qiladigan momenti.

$M_f$  – qiya kesimning qarama-qarshi tomoni (oxiri)ga nisbatan qiya kesimni kesib o'tadigan FAP ko'ndalang armaturalari qabul qiladigan moment.

$Q$  – ko'riladigan qiya kesimning bir tomoniga joylashgan, qiya kesimning  $s$  proyeksiya uzunligidagi tashqi kuchlardan sodir bo'lgan ko'ndalang kuch.

$Q_{ult}$  –  $s$  proyeksiya uzunligida qiya kesim qabul qiladigan ko'ndalang kuch.

$Q_b$  – qiya kesimda beton qabul qiladigan ko'ndalang kuch.

$Q_{sw}$  – qiya kesimda ko'ndalang armatura qabul qiladigan ko'ndalang kuch.

$Q_f$  – qiya kesimda FAP xomutlari qabul qiladigan ko'ndalang kuch.

$q_{sw}$  – element uzunlik birligidagi ko'ndalang armaturadagi kuch.

### Ish sharoiti va ishonchlilik koeffitsiyentlari

$C_E$  – atrof muhit sharoitiga bog'liq bo'lgan FAP ish sharoiti koeffitsiyenti.

$k_1, k_2$  – FAP ko'ndalang xomutlari qistirgich (ankerovka)larining samarali uzunlik koeffitsiyenti.

$\kappa_v$  – qiya kesimni kuchaytirishda tishlashish bo'yicha FAP ning zaxira

koeffitsiyenti.

$\gamma_f$  – FAP uchun ishonchlilik koeffitsiyenti.

$\varphi_{b1}$  – 0,3 qabul qilinadigan koeffitsiyent.

$\varphi_{b2}$  – 1,5 qabul qilinadigan koeffitsiyent.

$\Psi_f$  – qiya kesimni kuchaytirishda FAP ni yopishtirish sxemasiga bog'liq bo'lgan zaxira koeffitsiyenti.

### **Materiallarning fiziko-mexanik xossalari**

$E_f$  – FAP ning elastiklik moduli.

$E_s$  – sterjenli armaturaning elastiklik moduli.

$E_b$  – betonning boshlang'ich elastiklik moduli.

$\omega$  –  $\omega = \alpha - 0,008R_b$  formula bo'yicha aniqlanadigan beton siqilgan zonasining xarakteristikasi, bunda  $\alpha$  – SNiP 2.03.01-84\* [1] ning (3.12\*) bandi bo'yicha qabul qilinadigan koeffitsiyent.

$\varepsilon_{bu1}$  – betonning chegaraviy nisbiy deformatsiyasi.

$\alpha_s = E_s/E_b$  – sterjenli armaturani betonga keltirish koeffitsiyenti.

$\alpha_f = E_f/E_b$  – FAP armaturasini betonga keltirish koeffitsiyenti.

$\mu_{\bar{n}} = A'_s / A_b$  – siqilgan elementlarni sterjenli armaturalar bilan armaturalash koeffitsiyenti.

$T_{qo'llan}$  – polimer smolani qo'llash (yotqizish) mumkin bo'lgan harorat diapazoni (oralig'i).

$T_{eks}$  – foydalanish davrida polimer smola uchun ishchi harorat diapazoni.

### **Materiallarning hisobiy va me'yoriy tavsiflari**

$E_{ft}$  – FAP elastiklik modulining hisobiy qiymati.

$E_{||}$  – tola bo'yicha cho'zilishda FAP elastiklik modulining me'yoriy qiymati.

$E_p$  – smolaning cho'zilishdagi elastiklik moduli.

$E_u$  – smolaning egilishdagi elastiklik moduli.

$R_b$  – chegaraviy holatning birinchi guruhi uchun betonning siqilishdagi

qarshiligining hisobiy qiymati.

$R_{bt}$  – chegaraviy holatning birinchi guruhi uchun betonning cho'zilishdagi qarshiligining hisobiy qiymati.

$R_f$  – FAP ning cho'zilishdagi me'yoriy mustahkamligi.

$R_{ft}$  – FAP ning ish sharoiti  $S_E$  koeffitsiyenti va ishonchlilik  $\gamma_{\tilde{n}}$  koeffitsiyentlari bilan aniqlangan cho'zilishdagi hisobiy qarshiligi.

$R_{fu}$  – FAP ning cho'zilishdagi hisobiy mustahkamligining minimal qiymati.

$R_s$  – sterjenli armaturaning cho'zilishdagi hisobiy mustahkamligi.

$R_{sc}$  – sterjenli armaturaning siqilishdagi hisobiy mustahkamligi.

$R_{sw}$  – ko'ndalang sterjenli armaturaning cho'zilishdagi hisobiy mustahkamligi.

$R_{k||}$  – FAP ning tola bo'ylab cho'zilishdagi me'yoriy mustahkamligi.

$R_t$  – tolaning 10 mm bazasida cho'zilishdagi o'rtacha mustahkamligi.

$R_v$  – smolaning cho'zilishdagi mustahkamligi.

$R_u$  – smolaning egilishdagi mustahkamligi.

$\varepsilon_f$  – FAP ning cho'zilishdagi me'yoriy deformatsiyasi.

$\varepsilon_{ft}$  – FAP ning ish sharoiti  $S_E$  koeffitsiyenti va ishonchlilik  $\gamma_{\tilde{n}}$  koeffitsiyentlari bilan aniqlangan cho'zilishdagi hisobiy deformatsiyasi.

$\varepsilon_{fe}$  – qiya kesimni kuchaytirishda FAP ko'ndalang xomutlarining cho'zilishdagi hisobiy deformatsiyasi.

$\delta$  – cho'zilishdagi chegaraviy nisbiy deformatsiya.

### **Elementlar kesimlarining geometrik tavsiflari**

$A_b$  – siqilgan beton kesimining yuzasi.

$A_f$  – FAP armaturasi kesimining yuzasi.

$A_{f,sh}$  – FAP ko'ndalang armaturasi kesimining yuzasi.

$A_s$  – cho'zilgan sterjenli armatura kesimining yuzasi.

$A'_s$  – siqilgan sterjenli armatura kesimining yuzasi.

$A_{sw}$  – cho'zilgan ko'ndalang sterjenli armatura kesimining yuzasi.

$a'$  –siqilgan sterjenli armaturadagi teng ta'sir etuvchi kuchdan element siqilgan qirrasigacha bo'lgan masofa.

$b$  – kesim eni.

$s$  – qiya kesimning eng xavfli uzunligi.

$d_f$  – FAP ko'ndalang xomutlarining yopishtirish balandligi.

$D_{11}, D_{13}, D_{33}$  – kesimning bikrlilik tavsiflari.

$h$  – kesim balandligi.

$h_0$  – kesimning hisobiy balandligi.

$I_1$  – yoriqli temirbetonli kesimning kuchaytirilguncha inersiya momenti.

$I, I_s, I'_s$  va  $I_f$  – tegishlicha beton, sterjenli cho'zilgan, siqilgan armaturalar va FAP armaturasining inersiya momenti.

$L_f$  – FAP ko'ndalang xomutlari qistirgichi (ankerovkasi)ning samarali uzunligi.

$n$  – FAP qatlamlarining soni.

$r_x$  – kesim egriligining radiusi.

$r_x^0$  – kuchaytirilguncha kesim egriligining radiusi.

$r_x^{to'la}$  – kuchaytirilgandan so'ng kesim egriligining radiusi.

$S_f$  – FAP kesimi yuzasining statik momenti.

$S_{sc}$  – siqilgan sterjenli armatura kesimi yuzasining statik momenti.

$S_s$  – cho'zilgan sterjenli armatura kesimi yuzasining statik momenti.

$s_w$  – ko'ndalang armatura sterjenining qadami.

$S_f$  – FAP xomutlarining qadami.

$t_f$  – FAP monoqatlamining hisobiy qalinligi.

$w_f$  – FAP ko'ndalang xomutlarining eni.

$x$  – beton siqilgan zonasining balandligi.

$x_R$  – beton siqilgan zonasining chegaraviy balandligi.

$x_{Rf}$  – FAP bilan birgalikda beton siqilgan zonasining chegaraviy balandligi.

$u_0$  – kuchaytirilguncha neytral o'q holatining koordinatalari (kesim ostki qirrasidan neytral o'qgacha bo'lgan masofa).

$u_{to'la}$  – kuchaytirilgandan so'ng neytral o'q holatining koordinatalari.

$y_i, y_j, y_k$  – kesim ostki qirrasidan tegishlicha  $i$ -beton uchastkasi,  $j$ -sterjenli armatura og'irlik markazi yoki FAP ning  $k$ -qatlamigacha bo'lgan masofa.

$z_s$  – ichki juft kuch yelkasi.

$\alpha$  – FAP xomutlari va kuchaytiriladigan element bo'ylama o'qi orasidagi burchak.

$\xi$  – beton siqilgan zonasining nisbiy balandligi.

$\xi_R$  – beton siqilgan zonasining chegaraviy nisbiy balandligi.

$\xi_f$  – FAP bilan birgalikda beton siqilgan zonasining nisbiy balandligi.

$\xi_{Rf}$  – FAP bilan birgalikda beton siqilgan zonasining chegaraviy nisbiy balandligi.

### **Elementlarning kuchlanish-deformatsiya holatining tavsiflari**

$A_{bi}, Z_{bxi}, \sigma_{bi}$  – beton yuzasi, betonning  $i$ -uchastkasi og'irlik markazining koordinatalari va uning og'irlik markazi sathidagi kuchlanish.

$A_{sj}, Z_{sxj}, \sigma_{sj}$  – sterjenli armatura yuzasi, armatura  $j$ -sterjeni og'irlik markazining koordinatalari va uning og'irlik markazi sathidagi kuchlanish.

$A_{fk}, Z_{fkk}, \sigma_{sj}$  – FAP armaturasi yuzasi, FAP armaturasi  $k$ -uchastkasi og'irlik markazining koordinatalari va uning og'irlik markazi sathidagi kuchlanish.

$E_{fk}$  – FAP aloxida qatlamlarining elastiklik moduli.

$E_{sj}$  – armatura  $j$ -sterjenining elastiklik moduli.

$\varepsilon_{bi}$  – kuchaytirilguncha beton chetki cho'zilgan tolasining boshlang'ich deformatsiyasi.

$\varepsilon'_b$  – kuchaytirilguncha beton chetki siqilgan tolasining boshlang'ich deformatsiyasi.

$\varepsilon_{b,ult}$  – 0,0035 qabul qilinadigan,  $R_b$  ga teng kuchlanishda siqilgan betonning nisbiy deformatsiyasi.

$\varepsilon_{cu}$  – beton chetki siqilgan tolasining chegaraviy deformatsiyasi.

$\varepsilon_{fu}$  – FAP ning cho'zilishdagi hisobiy qarshiligi.

$\varepsilon_{s,el}$  – cho'zilgan armaturaning  $R_s$  ga teng kuchlanishda nisbiy deformatsiyasi.

$\varepsilon^0$  – boshlang'ich kuchlanish-deformatsiya holatining deformatsiyasi.

$\varepsilon^{qo'sh}$  – qo'shimcha yukdan sodir bo'lgan deformatsiya.

$\varepsilon^{to'la}$  – kuchaytirilgandan so'ng va qo'shimcha yuk qo'yilgandan so'ng oxirgi kuchlanish-deformatsiya holatining deformatsiyasi.

$\varepsilon_{bi}$  – beton tolasining deformatsiyasi.

$\varepsilon_{bi}^0$  – boshlang'ich eguvchi momentdan sodir bo'lgan beton tolasining deformatsiya.

$\varepsilon_{bi}^{qo'sh}$  – qo'shimcha yukdan sodir bo'lgan beton tolasining deformatsiyasining oshishi.

$\varepsilon_{bi}^{to'la}$  – kuchaytirilgandan so'ng va qo'shimcha yuk qo'yilgandan so'ng beton tolasining to'la deformatsiyasi.

$\varepsilon_{b,max}$  – elementning normal kesimida tashqi yuk ta'siridan sodir bo'lgan beton eng siqilgan tolasining nisbiy deformatsiyasi.

$\varepsilon_{b,ult}$  – betonning siqilishdagi nisbiy deformatsiyasining chegaraviy qiymati.

$\varepsilon_{fk}$  – FAP tashqi armaturasining deformatsiyasi.

$\varepsilon_{fx}^{to'la}$  – kuchaytirilgandan so'ng va qo'shimcha yuk qo'yilgandan so'ng FAP tashqi armaturasining deformatsiyasi.

$\varepsilon_{f,max}$  – element normal kesimida tashqi yukdan sodir bo'lgan FAP armaturasining nisbiy deformatsiyasi.

$\varepsilon_{fu}$  – FAP armaturasi cho'zilishi nisbiy deformatsiyasining chegaraviy qiymati.

$\varepsilon_{sj}$  – sterjenli armatura deformatsiyasi.

$\varepsilon_{sj}^0$  – boshlang'iy eguvchi momentdan sodir bo'lgan sterjenli armaturaning deformatsiyasi

$\varepsilon_{sj}^{qo'sh}$  – qo'shimcha yukdan sodir bo'lgan sterjenli armaturaning deformatsiyasi

$\varepsilon_{sj}^{to'la}$  – kuchaytirilgandan so'ng va qo'shimcha yuk qo'yilgandan so'ng sterjenli armaturaning to'la deformatsiyasi.

$\varepsilon_{s,max}$  – element normal kesimida tashqi yuk ta'siridan sodir bo'lgan eng cho'zilgan sterjenli armaturaning nisbiy deformatsiyasi.

$\varepsilon_{s,ult}$  – sterjenli armatura cho'zilishi nisbiy deformatsiyasining chegaraviy qiymati.

$\delta$  – iteratsion bosqich mosligini aniqlash uchun berilgan aniqlik.

$\sigma_{fu}$  – FAP armaturasidagi hisobiy kuchlanish.

$\sigma_f$  – FAP armaturasidagi kuchlanish.

$\sigma_s$  – cho'zilgan sterjenli armaturadagi kuchlanish.

$\upsilon_{bi}$  – betonning  $i$ -uchastkasining elastiklik koeffitsiyenti.

$\upsilon_{sj}$  – armatura  $i$ -sterjenining elastiklik koeffitsiyenti.

### Mundarija

Bo'limlar nomi	Beti
Kirish	3
<b>Bob I. Temirbeton ko'prik elementlarini tiklash va kuchaytirishda ishlatiladigan materiallar</b>	9
1.1. Ko'prik inshootlarida ishlatiladigan beton	9
1.2. Ko'prik inshootlarini kuchaytirishda ishlatiladigan zamonaviy kompozitsion polimer materiallar	10
<b>Bob II. ko'prik temirbeton elementlarining nuqson va shikastlanishlanishlari</b>	25
2.1. Nuqson va shikastlanishlarning sinflanishi	25
2.2. Ko'prikning temirbeton elementlaridagi yoriqlar	26
2.3. Karbonizatsiya jarayonlari oqibatida beton himoya qatlaminin yemirilishi	27
2.4. Ta'mirlangan uchastkalardagi takroriy yuzaga kelgan nuqsonlar	27
2.5. Ko'prik temirbeton va metall elementlarining chirishi	29
<b>Bob III. Ko'prik temirbeton elementlarini tiklash va kuchaytirish</b>	32
3.1. Nuqsonlar va yoriqlarni sementli tarkib va mineral aralashmalar	32

bilan in'eksiyalash	
3.2. Temirbeton ko'priklarni ta'mirlashda singib kiradigan "Kalmatron" sementli himoya vositasini qo'llash	35
3.3. Ko'priklarning temirbeton elementlarini kuchaytirish	40
<b>Bob IV. Mmatoli polimer materiallar bilan kuchaytirilgan temirbeton to'sinlarning yuk ko'taruvchanligi, bikrligi va yoriqbardoshligining tadqiqoti</b>	46
4.1. Sinov namunalarini tayyorlash va ularni yuklash metodikasi	46
4.2. Sinov namunalarining eksperimental tadqiqot natijalari	62
4.2.1. To'g'rito'rtburchak kesimli to'sinlarning eksperimental tadqiqot natijalari	62
4.2.2. Tavr shaklli to'sinlarning eksperimental tadqiqot natijalari	71
4.2.3. Maxsus namunalarning eksperimental tadqiqot natijalari	77
4.3. UPTM lar bilan kuchaytirilgan temirbeton to'sinlar va maxsus namunalar ko'taruvchanlik xususiyatining nazariy tadqiqoti	81
4.4. Ko'prik konstruksiyalarini matoli polimer materiallar bilan kuchaytirish bo'yicha hulosasi va amaliy takliflar	89
<b>Bob V. Ko'priklarning temirbeton konstruksiyalarini fibroarmaturali plastiklar bilan kuchaytirish bo'yicha amaliy tavsiyanomalar</b>	93
<i>1. Asosiy talablar</i>	94
<i>2. Materiallar</i>	95
<i>3. Asosiy hisobiy qoidalar</i>	97
<i>4. Chegaraviy holatning birinchi guruhi bo'yicha hisoblash</i>	99
4.1. Eguluvchi elementlarning normal kesimini hisoblash	99
4.2. Egiluvchi element qiya kesimining mustahkamligini hisoblash	106
<i>5. Chegaraviy holatning ikkinchi guruhi bo'yicha hisoblash</i>	110
5.1. Yoriqlar sodir bo'lishiga hisoblash	110
5.2. Yoriqlar ochilishiga hisoblash	111

5.3. Deformatsiyaga hisoblash	111
6. <i>Ishni ishlab chiqarish (tashkillashtirish) texnologiyasi</i>	113
6.1. Konstruksiyalarning asosiy tiplarini kuchaytirishning prinsipial sxemalari	113
6.2. Asosni yopishtirishga tayyorlash	114
6.3. Lenta va laminatlarni bichish	116
6.4. Adgezivni tayyorlash	117
6.5. Lenta (mato)ni yopishtirish	117
6.6. Laminatlarni yopishtirish	123
Adabiyotlar	124
Ilova 1	128
Ilova 2	129
Ilova 3	130
Ilova 4	134
Ilova 5	135
Ilova 6	138

**Raupov Ch.S.**

texnika fanlari nomzodi, dotsent

**Ashrabov A.A.**

texnika fanlari doktori, professor

**Transport inshootlari konstruksiyalarining  
yuqorimustahkamli polimer materiallar yordamida reabilitatsiyasi**

Muharrir **H.T.Qayumova**

Nashrga ruxsat etildi. Hajmi 7.3 bosma taboq.

Format 60x84 1/16. Buyurtma № \_\_\_\_ Adadi 5 nusha

Toshkent temir yo'l muhandislari instituti

Manzil: 700167, Toshkent–167, Odilxo'jayev ko'ch, 1, ToshTYMI