

**OZBEKISTON RESPUBLIKASI**  
**OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**  
TOSHKENT ARXITEKTURA QURILISH INSTITUTI

*H. RASULOV*

**GIDROTEXNIKA INSHOATLARI VA ULAR ZAMINI**  
**MUSTAHKAMLIGI, TURG'UNLIGI VA**  
**ZILZILABARDOSHLIGI**

(5A 580702-Gidrotexnika qurilishi magistrleri uchun  
O'quv qo'llanma)

2-qism: Zilzilabardosh gidrotexnika  
inshootlari

Toshkent - 2005

**Muallif:** H.Z.Rasulov. *Gidrotexnika inshootlari va ular zaminining mustahkamligi va zilzilabardoshligi.*

Oquv qo'llanma. 2-qism: *Zilzilabardosh gidrotexnika inshootlari.*  
Rasulov H.Z. TAQI. 2005 yil. 68 sahifa.

Qo'llanma *“Gidrotexnika inshootlari va ular zaminining mustahkamligi, turg'unligi va zilzilabardoshligi”* fanining dasturi asosida yozilgan bolib, fanning ikkinchi qismida bayon etilishi lozim bo'lgan quyidagi masalalarni o'z ichiga oladi: Gidrotexnika inshootlariga ta'sir etuvchi seysmik yuklar; inshootning sof og'irligidan yuzaga keluvchi inersiya yuklari; suvning gidrodinamik bosimi; gruntning inersiya bosimi; zilzila to'lqinlari ta'sirida grunt zo'riqishidan yuzaga keluvchi yukning yer osti inshootlariga ta'siri, gidrotexnika inshootlari; gruntli to'gonlar; yoysimon to'gonlar; suniy arig'lar; yer ostida suv tashuvchi inshootlar; bosimli quvirlar; suv ko'targch minoralar va gidroinshoot binolarining zilzilabardoshligiga oid mavzular.

Qo'llanma 5A 580702 *“Gidrotexnika qurilishi”* mutaxassisligiga oid magistr'larga mo'ljallangan.

“Gidrotexnika inshootlari, zamin va poydevorlar” kafedراسi.

Taqrizchilar:

1. Texnika fanlari doktori, professor Eshonxo'jaev A.A (TAYI)
2. Texnika fanlari nomzodi Usmonxo'jayev I.U (ZPLTI)

Ozbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan turdosh oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan.

## So'zboshi

Mazkur o'quv qo'llanma binokor mutahassislar tayorlashdagi asosiy fanlaridan bolmish "Gruntlar mehanikasi" va "Gidrotexnika inshootlari" fanlarining uzviy davomi hisoblanadi.

Oquv qo'llanma 5A 580702 "Gidrotexnika qurilishi" mutahassisligiga oid magistrLAR tayorlashga Davlat me'zoni va mazkur yonalishning oquv rejasi, hamda namunaviy dasturi asosida yozildi.

Gidrotexnika inshootlarini mustahkam, turg'un va zilzilabardosh etib loyihalash va hisoblash asoslarini magistrLAR tomonidan ozlashtirishni ta'minlash masalasi ushbu fanni oqitishning asosiy maqsadidir.

Fanning ozlashtirish jarayonida magistr quyidagi bilimlarga ega bolishi lozim:

- ilmiy -tadqiqot va amaliy izlanishlarni belgilash, boshqarish, ular natijalarini tahlillash, umumlashtirish va hulosa yaratish;
- zamonaviy olchov asboblari haqida tushuncha hosil qilish;
- inshoot qurilmalarini mustahkamlikka, turg'unlikka va zilzila ta'siriga hisoblash;
- muhandislik seysmologiyasi asoslarini o'rganish va zilzilabardosh inshootlar barpo etish, foydalanish hamda ta'mirlash jarayoni bilan tanishish;
- foydalanish davrida turli muvozanat va dinamik ta'sirlarni nazarda tutgan holda inshoot loyahasini tuzish;
- mazkur fan bo'yicha turli darslar otish qobiliyatini egallash va h.

"Gidrotexnika inshootlari va ular zaminining mustahkamligi, turgunligi va zilzilabardoshligi" deb nomlanuvchi mazkur fan "Gidrotexnika inshootlari va ular zaminining mustahkamligi hamda turg'unligi" va "Zilzilabardosh gidrotexnika inshootlari" deb ataluvchi o'zaro bog'langan mustaqil qisimlardan tashkil topadi.

Mazkur o'quv qollanma yuqorida qayd etilgan ikkinchi qismga bag'ishlanadi.

Ushbu qismni yozishda muallif texnika fanlari doktori, professor SH. G Napedvaridzening materiallaridan foydalanganligini qayd etadi.

Qolyozma ustida taqriz olib borgan texnika fanlar doktori, professor Eshonxo'jaev A.A (TAYI) va texnika fanlari nomzodi Usmonxo'jaev I.I (Zamin va poydevorlar ilmgohi) larga muallif minnatdorchiligini bildiradi.

## Muqaddima

Mustaqil respublikamizda gidrotexnika inshootlarining barpo etilishi xalq xo'jaligining rivojlanishi, xalq farovonligining yuksalishi va h. bilan bog'liq bo'lib kelajakda issiqlik energetika bazasini yuksaltirish, suv havzalarini o'zlashtirish va ulardan keng miqyosda foydalanishni nazarda tutadi. Tabiiyki, bunday muammolarni hal etish inshoot zamini va uning tarkibini tashkil etuvchi gruntlarning hossalarni o'rganish bilan bog'liq murakkab muhandislik muammolarini hal etish bilan bog'liqdir.

Ma'lumki, yirik gidrotexnika inshootlari qurilishi dunyoda birinchi bolib Rossiyada 1924-1935 yillarda boshlangan. Quyi Svir GES deb nomlanuvchi mazkur inshoot qurilishi o'ta bo'sh loyli zamin bilan bog'liq bo'lgani bois uning mustahkamligi va turg'unligini ta'minlash maqsadida ko'plab tajriba ishlarini olib borishni taqazo etgan.

O'tgan asrning 50-yillarida O'zbekistonda Qayroqqum, Ukrainada Dnepr, Rossiyada Volga yirik suv to'g'onlarini qumli gruntlardan qurilishi munosabati bilan to'la namlangan gruntlarning dinamik xususiyatini tadqiqotlash ishlari keng ko'lamda olib borildi. Keyinchalik dinamik ta'sirda qumli gruntlarning quyqalanish holati 1964 yilda Yaponiyaning Niiagata shahrida yuz bergan kuchli zilziladan so'ng o'rganila boshlandi. So'nggi 10 yilliklarda barpo etilgan balandligi 300 m.dan ziyod yirik suv omborlari Norak, Rogun va b. qurilishi munosabati bilan to'gonlar mustahkamligi va turg'unligi muammolari asosiy masalalardan biri bolib qoldi. Bu vaqtga kelib gruntlarning murakkab ta'sirlar natijasida zoriqish holatlari ularning zichlashuvi, beto'htov siljishi va inshootning fazoviy deformatsiya holatlarini nazarda tutgan hold qo'shib olib borildi.

«Gidrotexnika inshootlari va ular zaminining mustahkamligi, turg'unligi va zilzilabardoshligi» fanining mazmuni o'quvchi tomonidan quyidagi bilimlarni o'zlashtirgan bo'lishligini taqazo etadi: Muhandislik geologiyasi va gruntshunoslik; qurilish ashyolari; ashyolar qarshiligi; qurilish mexanikasi;

gruntlar mexanikasi; zamin va poydevorlar; muxandislik seysmologiyasi; zilzilabardoshlik; gidrotexnika inshootlari va hokaso.

Yuqoridagi fanlarning rivojida ko'plab o'zbek olimlari munosib hissa qo'shganlar va ular haqida tegishli ilmiy adabiyotlarda so'z yuritiladi. Shuningdek, hozirgi kunda respublikamizning ilmgohlari va oliygohlarida xizmat qilayotgan olim va mutaxassislarning ham xizmatlari beqiyosdir. Ular orasida O'zbekiston fanlar akademiyasining M. O'rozboev nomidagi mexanika va inshootlar zilzilabardoshligi (T. Rashidov); seysmologiya (M. Shermatov, A. Hudayberganov) ilmgohlari; Toshkent arxitektura-qurilish (H.Rasulov, K.Abdurashidov, S. Sayfiddinov, O'. Husanxo'jaev, H.Fayziev); Toshkent avtomobil yollari (G'.Xojmetov, F.Ishonxo'jaev); Samarqand arxitektura-qurilish (A.Xasanov, Z. Sirojiddinov), shuningdek, Toshkent temir yo'l muhandislari instituti; A.O.Toshgidroloyiha va ZPLITI ilmgohlarining mutaxassislari kelajak ilmining namoyandalaridirlar.

# **I. BOB. GIDROTEXNIKA INSHOATLARIGA TA'SIR ETUVCHI SEYSMIK YUKLAR**

Boshqa turdagi binolardan farqli o'laroq gidrotexnika inshootlariga bir vaqtning o'zida turlicha seysmik yuklar ta'sir etishi mumkin. Bunday yuklarga: inshootga nisbatan suvning gidrodinamik bosimi; gruntning inersiya bosimi; zilzila to'lqinlari tarqalishi jarayonida grunt qatlamining zoriqish holati va h. kiradi. Ulardan tashqari oddiy binolarda hisobga olinishi lozim bolgan seysmik inersiya yuklari va foydali yuklarni ham nazarda tutish lozim boladi.

Yuqoridaga sanab o'tilgan seysmik ta'sirlar to'la hisobga olingan taqdirda loyihalalanayotgan gidrotexnika inshootini zilzilabardosh deb tasovur etish mumkin boladi.

## **1.1. Inshootning sof og'irligidan yuzaga**

### **keluvchi inersiya yuklari**

Ma'lumki zilzilabardoshlik nazariyasining asosiy talablaridan biri inshootning tebranishi jarayonida vujudga keladigan inersiya yukining miqdorini aniqlashdan iborat.

Hozirgi davrda amaliyotda qollanilib kelinayotgan zilzilabardoshlikning chiziqli nazariyasi chiziqsiz nazariyaga nisbatan inshoot holatini noaniqroq ifodalasa ham o'zining soddaligi va qulayligi sababli ko'plab amaliy masalalarni hal etishda asqotadi. Shu doir oldimizga qoyilgan maqsadni amalga oshirish uchun chiziqli nazariyadan foydalanishni lozim deb topdik.

Ma'lumki gidrotexnika inshootiga ta'sir etuvchi seysmik inersiya yukini aniqlash uchun 'spektr yondoshuv' usulidan foydalaniladi (1). Shu bilan birga gidrotexnika inshootiga xos bolgan cho'ziq shakl va fazoviy holat o'ta ma'suliyat talab qiladi. Shuningdek, bundek inshootlarning hususiy tebranishlari o'ziga hos yondoshuv bilan bog'liqdir. Bu esa dinamik koeffisientni ifodalovchi chizmada o'z ifodasini topmog'i darkor.

Dastlab fazoviy holatdagi inshootni tahlillaymiz. Ma'lumki, bunday inshootni bir tomonga cheksiz cozilganligi bo'is o'z ttekisligida deformatsiyalanmaydigan jism deb qarash mumkin. Bu esa uning sirtidagi har qanday  $j$  nuqta uchun elastik siljish yonalishi  $u(t)$  zaminning tezlanishi  $\alpha(t)$  yonalishiga mos kelmaydi degan farazga imkon yaratadi.

Masalani umumiyashtirish maqsadida sof og'irlikni inshoot uzunligi bo'yicha,  $x_i$ ,  $y_i$  va  $z_i$  va koordinatalari alohida  $a$  nuqtalar bo'ylab tarqalgan deb qaraymiz.

Faraz qilaylik, inshootning istalgan nuqtasiga yonalishi elastik siljish  $u_i(t)$  yonalishiga mos keluvchi yagona dinamik kuch  $P_{ju}(t)$  ta'sir etadi deb. Shuningdek,  $a$  nuqtadagi tebranishning hususiy shakli  $\Phi_{iju}$  ordinatasi  $i$  va aylanma harakat chastotasi  $\omega_i$  ma'lumligini e'tirof etamiz. Bundan keelib chiqib erkin tebranish shakli  $i$  boylab ta'sir etuvchi dinamik kuch  $P_{iju}$  ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$P_{iju}(t) = a_i(t) M_{iju} \omega_i^2 \quad (1.1)$$

bunda  $a_i(t) - P_{iju}(t)$  kuchni hususiy funksiyasi boylab joylashtiruv koeffisienti.

1.1 ifodaga tegishli o'zgartirishlar kiritsak:

$$\sum_{i=1}^n P_{iju}(t) = P_{ju}(t)$$

quyidagini hosil qilamiz:

$$a_i(t) = \frac{1}{\omega_i^2} \frac{\sum_{j=1}^n P_{ju}(t) \Phi_{iju}}{\sum_{j=1}^n M_j \Phi_{iju}} \quad (1.2)$$

Shu bilan birga ortogonal shartlari quyidagicha ifodalanadi:

$$\lambda = ida \sum_{j=1}^n M_j \Phi_{iju}^2 \neq 0$$

Agar zamin gruntlarini deformatsiyalanmaydi deb hisoblasak inersiya kuchini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:  $P_{ju}(t) = M_j \alpha(t) \cos(u_j, \alpha_1)$



Bunda  $k_s q$  - zilzila akselogrammasining eng yuqori ordinatasiga mos keluvchi gruntning tezlanishi ( $k_s$ -seysmik koeffisient;  $q$ -og'irlik kuchi tezlanishi);  $f(t) < 1$  - zilzila akselogrammasini ifodalovchi funksiya.

Natijada quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$P_{ju}(t) = k_s q M_j f(t) \cos(u_{j1} \alpha) \quad (1.3.)$$

1.2 ifodani quyidagi ko'rinishda yozsak

$$a_i(t) = \frac{1}{\omega_i^2} k_s q f(t) b_i \quad (1.4.)$$

bunda

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^n M_j \Phi_{iju} \cos(u_{j1} \alpha)}{\sum_{j=1}^n M_j \Phi_{iju}^2} \quad (1.5.)$$

Inshoat sirtida ajratilgan nuqta  $k$  ning hususiy harakati  $i$  ning differensial tenglamasi (1.1) va (1.4) larni nazarda tutsak :

$$i_{ik}(t) + \frac{\delta_i \omega_i}{\pi} u_{ik}(t) + u_{ik}(t) \omega_i^2 = \frac{P_{iku}(t)}{M_k} = k_s q f(t) \Phi_{iku} b_i \quad (1.6)$$

bunda  $\delta_i$  -tebranma xarakterning xususiy logarifmik dekrementi.

1.5 ni nazarda tutib quyidagi belgilashni kiritamiz

$$\eta_{iku} = \Phi_{iku} b_i = \Phi_{iku} \frac{\sum_{j=1}^n M_j \Phi_{ijk} \cos(u_{j1} \alpha)}{\sum_{j=1}^n M_j \Phi_{iju}^2} \quad (1.7)$$

$\cos(u_{j1} \alpha) = 1$  bolganda (bir o'lchamli masala) quyidagi ifoda tebranma xarakterning oddiy holatini ko'rsatuvchi  $\eta_{ik}$  aynan o'zi bo'ladi.

1.6 differensial tenglamani echimi boshlang'ich shartlar asosida quyidagicha boladi:

$$u_{ik}(t) = \frac{1}{\omega_i^2} k_s q \beta_i(t) \eta_{iku} \quad (1.8)$$

bunda

$$\beta_i(t) = -\omega_i \int_0^t f(\xi) \exp\left\{-\frac{\delta_1}{2\pi} \omega_i(t-\xi)\right\} \sin \omega_i(t-\xi) d\xi \quad (1.9)$$

$\beta_i(t)$  – dinamik koeffisient.

1.8 ifodaga mos keluvchi seysmik inersiya kuchi:

$$S_{iku}(t) = M_k u_{ik}(t) \omega_i^2 = k_s Q_k \beta(t) \eta_{iku}$$

va  $k$  nuqtada harakatlanuvchi seysmik inersiya kuchining umumiy qiymati:

$$S_{ku}(t) = k_s Q_k \sum_{i=1}^n \beta_i(t) \eta_{iku} \quad (1.10)$$

bunda  $Q_k = M_k q$  - inshootning ma'lum  $k$  nuqtasiga ta'sir ko'rsatuvchi sof og'irlik va foydali yuklar.

Yuqoridagi ifodadan amaliyotda foydalanish uchun vaqtni ko'rsatuvchi  $t$  ni olib tashlash lozim boladi.

Gidrotexnika inshootlarining o'ziga hos hususiyatlaridan kelib chiqib seysmik inersiya kuchini aniqlash uchun quyidagi ifoda taklif etilgan:

$$S_{ku} = k_s Q_k \sqrt{\left(1 - \sum_{i=1}^b \eta_{iku}\right)^2 + \sum_{i=1}^b \beta_i^2 \eta_{iku}^2} \quad (1.11)$$

bunda  $b$   $n$  – inshootning sof tebranishini ifodalovchi miqdor.

Agar  $b=n$  bo'lsa sof tebranishning ortogonal shakliga muvofiq  $\sum_{i=1}^n \eta_{iku} = 1$ .

U holda:

$$S_{ku} = k_s Q_k \sqrt{\sum_{i=1}^n \beta_i^2 \eta_{iku}^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n S_{iku}^2} \quad (1.12)$$

1.11 va 1.12 tengliklarda seysmik ( $k_s$ ) va dinamik ( $\beta_i$ ) koeffisientlar o'rta kvadrat miqdorni ifodalaydilar.

Gidrotexnika inshootining uzunligini seysmik inersiya kuchiga ta'sirini ko'rib chiqamiz. Inshootning bikrligi va massasi uning o'rtasiga qoyilgan deb faraz qilamiz. Inshoot zamini esa yotiq tekislik bo'lib seysmik to'lqinlar tarqalishi zamin qa'ri bo'ylab yuz beradi. Bu esa zilzilaning bo'ylama to'lqinlari tarqalishi jarayonida grunt zarralarini gorizontalararo siljishga olib keladi.

Ko'ndalang to'lqinlar tarqalishida esa siljishning tik va ikki yotiq tashkil etuvchilarini kuzatish mumkin.

Bunday masalani aniq echimi o'ta murakkab bo'lgani uchun amaliyot talabiga mos taqribiy echim, yani poydevor va zaminning qo'shma deformatsiyasini hisobga oluvchi ikki holat quyida bayon etiladi. Birinchisi gruntlarda barpo etiluvchi birk inshootlarni deformatsiyalanmaydigan turkum deb qabul qilinadi. Unda zamin bo'ylab tarqaluvchi seysmik to'lqinlarning deformatsiyasi poydevor tag yuzasi deformatsiyasiga teng bo'ladi. Ikkinchisida zamin yahlit qoya gruntlardan tashkil topgan deb qabul qilinib uning qa'ridagi seysmik to'lqinlar va poydevor deformatsiyasi monand bo'ladi.

Inshoot uzunligi birinchi hilat boyicha zarralarning tezlanishi ifodasi orqali aniqlanishi mumkin (2):

$$\alpha_{(x,t)} = \alpha^{\max} f\left(t - \frac{x}{c_1}\right) \quad (1.13)$$

bunda  $x$ -chiziqli koordinata;  $c$ - zilzila to'lqinlarining tarqalish tezligi;  $\alpha^{\max}$  -tezlanishning eng yuqori amplitudasi:

$$\left[ f\left(t - \frac{x}{c_1}\right) \right] \leq 1 \quad (1.14)$$

Agar vaqt ( $t$ ) ning qiymatini aniq bir holatga moslasak, masalan 0 ga:

$$f'(x) = f\left(\frac{x}{c_1}\right) \quad (1.15)$$

bunda

$$\left[ f\left(\frac{x}{c_1}\right) \right] \leq 1 \quad (1.16)$$

Koordinata boshini  $\left[ f\left(\frac{x}{c_1}\right) \right] = 1$  nuqtaga olib kelsak 1.13 ifodaga

ko'ra zilzila tezlanishi poydevor tag yuzasi bo'ylab o'zgarmas qiymatga ega ekanligini ko'ramiz:

$$\alpha = \alpha^{\max} f\left(\frac{l}{2}/c_1\right) \quad (1.17)$$

bunda  $\frac{l}{2}$  - poydevorning yarim uzunligi. Hosil bo'lgan  $\left[ f\left(\frac{l}{2}/c_1\right) \right] \leq 1$  shart ekanligini nazarda tutsak  $\frac{\alpha}{\alpha^{\max}} \leq 1$  bo'lishini kuzatamiz. Bu esa o'z navbatida tahlil etilayotgan holat uchun (mustahkam zamindagi bikr poydevor) inshoot uzunligini hisobga olish zilzila kuchini aks holdagiga nisbatan kam bo'lishligidan dalolat beradi.

Hususiyl holda sinusoida shaklidagi tebranishlar uchun (4):

$$\alpha(x, t) = \alpha^{\max} \cos \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{x}{c_1} \right) \quad (1.18)$$

bunda  $T$  –zarralar tebranma harakatining davri.

Agar  $c_1 T = l_1$  ( $l_1$  -to'lqin tezligi) ni nazarda tutsak,  $t=0$  va  $x=l$  da 1.18 ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{\alpha}{\alpha^{\max}} = \cos \pi l / \frac{l_1}{2} \quad (1.19)$$

bunda  $\frac{l}{l_1} \rightarrow 0$  (kalta inshoot),  $\frac{\alpha}{\alpha^{\max}} \rightarrow 1$  ; agar  $\frac{l}{l_1} \rightarrow 1$  (uzun inshoot) da  $\frac{\alpha}{\alpha^{\max}} \rightarrow 0$  , yani zilzila ta'siri eng kam bolishini kuzatamiz.

Endi inshoot uzunligini hisobga olishdagi ikkinchi holni tahlilaymiz. Zilzilaning tekis to'lqini tarqalishini ikki o'qdan (ox yoki oy) birini yonalishiga mos keladi deb faraz qilamiz (oz o'qi tik yo'nalgan).

Bunday holda poydevor tag yuzasida olingan ixtiyoriy  $j$  nuqtadagi zilzila tezlanishi quyidagi ifoda yordamida aniqlanishi mumkin:

$$\alpha(t) = \alpha^{\max} f\left(t - \frac{x_j}{c}\right) \quad (1.20)$$

bunda  $c$ -grunt qatlami bo'ylab tarqalayotgan bo'ylama yoki ko'ndalang to'lqin .

Yuqoridagi 1 holatga tadbiiq etilgan usulni qollab quyidagini hosil qilamiz (1.3 ifoda):

$$P_{fu}(t) = k_s q M_j f\left(t - \frac{x_j}{c}\right) \cos(u_f \alpha) \quad (1.21)$$

Shu bilan birga (1.18) ifoda o'rniga:

$$u_{ik}(t) = \frac{k_s q}{\omega_i^2} \Phi_{iku} \frac{\sum_{i=1}^n M_j \Phi_{iju} \cos(u_j \alpha) \beta_i\left(t - \frac{x_j}{c}\right)}{\sum_{i=1}^n M_j \Phi_{iju}^2} \quad (1.22)$$

va 1.9 orniga:

$$\beta_i\left(t - \frac{x_j}{c}\right) = \omega_i \int_0^t f\left(\xi - \frac{x_j}{c}\right) \exp\left\{-\frac{8}{2\pi} \omega_i (t - \xi)\right\} \sin \omega_i (t - \xi) d\xi \quad (1.23)$$

Bu ifoda inshoot uzunligini hisobga olgan holatda dinamik koeffisientni aniqlashga imkon beradi:

Shundan song

$$\beta_i\left(t - \frac{x_j}{c}\right) = \beta_i \psi_i\left(t - \frac{x_j}{c}\right) \quad (1.24)$$

bunda

$$\beta_i = \left[ \beta_i\left(t - \frac{x_j}{c}\right) \right]_{\max} \quad (1.25)$$

va

$$\left[ \psi_i\left(t - \frac{x_j}{c}\right) \right] \leq 1 \quad (1.26)$$

1.24, 1.25 va 1.26 lar asosida (1.22) ifodani quyidagi korinishda yozishimiz mumkin:

$$i_{ik}(t) = \frac{k_s q}{\omega_i^2} \beta_i \eta'_{iku}(t) \quad (1.27)$$

Inshoot uzunligini nazarda tutganda (1.7) ni orniga tebranish kayfisenti ni quyidagi korinishda yozish mumkin:

$$\eta'_{iku}(t) = \Phi_{iku} = \frac{\sum_{j=1}^n M_j \Phi_{iju} \psi_i\left(t - \frac{x_j}{c}\right) \cos(u_j \alpha)}{\sum_{j=1}^n M_j \Phi_{iku}^2} \quad (1.28)$$

Uzunligi boylab istalgan K nuqtaga ta'sir etivchi zilzila inersiya kuchining umumiy miqdori ifodalanadi:

$$S_{ku}(t) = k_s Q_k \sum_{i=1}^n \beta_i \eta'_{iku}(t) \quad (1.29)$$

Mazkur ifoda yordamida inshootning zilzila ta'sirida deformatsiyalashi va zo'riqishiga uning uzunligining ta'sirini quyidagicha tahlillash mumkin.

Agar 1.28 ifodadagi  $C \Rightarrow \infty$  intilsa inshoot uzunligining ta'siri bo'lmay qoladi, chunki amaldagi har qanday inshoot uzunligi zilzila to'lqini uzunligidan sezilarli darajada kichik miqdorni tashkil etadi. Bunda  $\psi_i(t - \frac{x_j}{c})$  o'rniga  $\psi_i(t)$  hosil bo'lib oddiy holatdagi dinamik koeffisientning o'zidir. Ushbu koeffisient vaqtga bog'liq bo'lmaydi. Gidrodinamika inshootlariga hos seysmik va dinamik koeffisientlarning qiymatlari

1.12 ifoda bo'yicha quyidagicha aniqlanadi. O'rta kvadrat miqdorni ifodalovchi  $k_s$ :

$$k_s = \frac{1}{q} \sqrt{A \omega^{-2}(t)} \quad (1.30)$$

bunda  $A \omega^2(t)$  - gruntning tebranma harakat akselelogrammasining amplitudasi. Ushbu akselelogrammadan zilzilaning eng yuqori kuchi ifodalangan qismi olinadi.

Hozirgacha bo'lib o'tgan kuchli zilzilalar akselelogrammalarining tahlili seysmik koeffisientlar (1.30) ifoda yordamida hisoblangan miqdorga yaqin ekanligini ko'rsatgan va zilzila balliga monand ravishda  $k_c = 0,10; 0,005; 0,025$  bo'lishini tasdiqlagan.

Dinamik koeffisientini aniqlash uchun 1.30 ifodaga moslab quyidagini yozamiz:

$$\beta_i = \sqrt{A_\beta^2(t)} \quad (1.31)$$

bunda  $\sqrt{A_\beta^2(t)}$  - sof tebranish davri  $T_i$  va logarifm dekrementi  $\delta_i$  bo'lgan seysmik tebranma harakat akselerogrammasining amplitudasi.

Haqiqiy zilzilalar akselelogrammalaridan foydalanib 1.31 ifoda yordamida  $\beta_i(t)$  chizmasini tuzish va undan amaliyotda foydalanish murakkablik tug'dirmaydi. Ammo gidrotexnika inshootlariga oid akselelogrammalarning yetarli emasligi va inshoot zaminidagi gruntning turli tumanligi bunday chizmalar yaratishni cheklab qo'yadi.

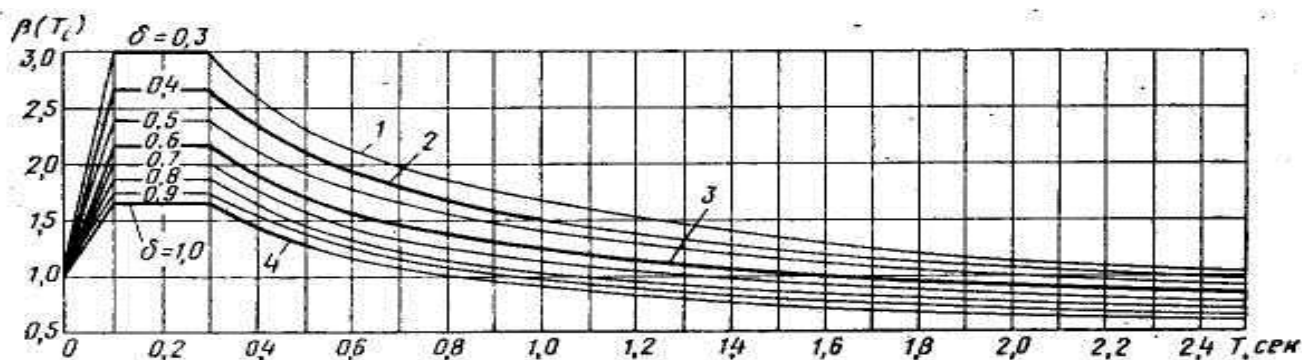
Mazkur vaziyatdan chiqish maqsadida prof. Napedvaridze SH. G taklif etgan ifoda amaliyot uchun qo'l keladi. Dinamik koeffisient  $\beta_i$  ni ifodalovchi mazkur taklif ikki parametr: eng yuqori tebranish davri va amplitudaga ega bo'lgan erkin holatda tebranuvchi gruntning harakatini tahlillash asosida kashf etilgan.

$$\beta_i = \frac{a}{\sqrt{\delta}} \sqrt{\frac{T_0}{T_i}} \quad (1.32)$$

$$T_i \geq T_0 \quad (1.33)$$

bunda:  $a$  - o'zgarimas miqdor;  $T_0$  - gruntning tebranish davri;  $T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}$  inshootning tebranish davri  $\delta$  va logarifm dekrementi.

Sof tebranish davrining oralig'ida dinamik koeffisientning o'zgarishi mutloq qattiq jismga nisbatan seysmik ta'sirning muvozanat holatini ifodalaydi.



**1.1 rasm.** Dinamik koeffisientning spektr chiziqlari to'plami

- 1 - yupqa devorli va minorali temirbeton inshootlar uchun; 2 - betonli gidrotexnika inshootlari uchun; 3 - gruntli to'g'onlar ichun; 4 - yer osti inshootlari uchun.

1.1 rasmda  $T_0 = 0.3$  sek  $a = 1.7$  holat uchun dinamik koeffitsientning spektr chiziqlari tasvirlangan.

## 1.2. Inshoatga nisbatan suvning gidrodinamik bosimi.

Ma'lumki, suv havzasini o'rab turgan har qanday inshoot (to'gon, qirg'oq, tirgovich devorlari, suv saqlagich rezervuarlar, o'zidan suv o'tkazuvchi gidrotexnika inshootlari va h.) odatdagi gidromuvozanat bosim ta'siridan tashqari zilzila jarayonida yuz beradigan qo'shimcha ta'sirga: yani gidrodinamik ta'sirga ham hisoblanmog'i lozim. Bunday inshootlarning mustahkamligi va turg'unligi yuqoridagi ta'sirga ko'proq bog'liq bo'ladi.

Hozirgi vaqtda inshootga nisbatan gidrodinamik ta'sir quyidagi uchta usul yordamida hisoblanishi mumkin: gidrodinamikaning differensial tenglamasiga asoslangan analitik usul; elektrodinamik o'hshashlik EGDA usuli va tebranuvchi uskunalarda inshoot modelini tadqiqotlash usuli.

Turli shakildagi sirt yuzasiga ta'sir etuvchi suv bosimini analitik va o'hshashlik usullari yordamida aniqlanishi qurilish amaliyotida keng joriy etilgan. Bu usullardan foydalanishda quyidagi tasavurga yo'l qo'yiladi: suvning yopishqoqlik va siqilishdan holi bo'lgan ideal jism deb qaraladi; inshoot deformatsiyalanmaydi; zamin va inshootning tezlanishi ajratib o'rganiladi; tebranma harakatning chastota va amplitudasi o'zgarmas miqdor deb hisoblanadi.

O'z o'zidan ravshanki bunday tasovurlar zilzila tasirida inshootning ishlash jarayonini aniq ifodalamaydi. Shunga qaramay bu sohada izlanish olib borgan olimlarning fikricha ma'lum sharoitlarda ular bilan hisoblashsa bo'ladi. Masalan, bu usul yordamida inshoot va zaminni garmonik tebranishga hisoblash haqiqiy sharoitdagi nogarmonik tebranishga nisbatan ortig'i bilan 10% dan kam farqlanadi. Ammo nogarmonik tebranish asosidagi hisoblar o'ta murakkabdir. Shu bois oddiy garmonik tebranishlar ta'sirida masalani yoritishni qarab chiqamiz.

Analitik usul asosini Laplas tenglamasini integrallash tashkil etadi:

$$\frac{\partial^2 P_w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P_w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P_w}{\partial z^2} = 0 \quad (1.34)$$



Suv to'siqlari uchun chegaraviy shart:

$$\frac{\partial P_w}{\partial N} = -\gamma_w k_{sn} \quad (1.35)$$

bunda  $x, y, z$  – suv egallagan qismda olingan nuqtaning koordinatalari;  
suvning seysmik bosimi;

$N$  -inshoatning bosimli sirtiga yo'naltirilgan tik yuk;

$\gamma_w$  -suvning zichligi;

$k_{sn}$  -seysmik koeffitsient.

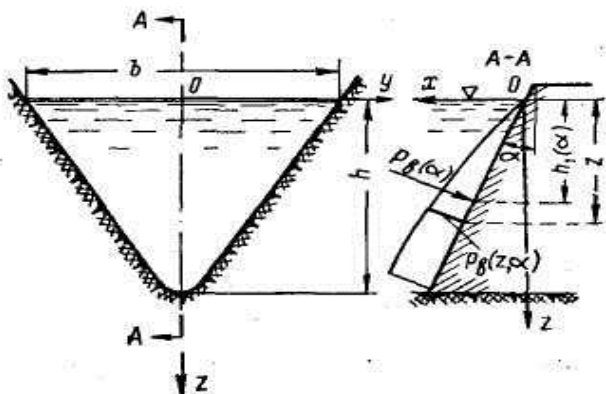
1.34, 1.35 ifodalardan foydalanib amalda uchraydigan sodda shakldagi sirtlar ( tekis va silindrik) uchun yechim olingan (2,4,5,6).

Ihtiyoriy shakldagi sirtga suvning seysmik bosimini aniqlash uchun EGDA usuli qo'l keladi. Bu usul ham Laplas qonuniyatiga bo'ysinadi. Bunda suv ,to'g'on va suv ombori o'zlariga monand ashyo yordamida geometrik model bilan almashtiriladi. Ma'lum zichlikdagi elektr qatlamini o'tkazish orqali inshoat sirtiga nisbatan suvning seysmik bosimi o'rganiladi.

Tajriba natijasida olingan o'lchov qiymatlardan quyidagi ifoda yordamida haqiqiy qiymatga o'tiladi:

$$P_w = k_{sn} \gamma_w \frac{k}{i_n} \frac{1}{\lambda} \Phi \quad (1.36)$$

bunda  $k$ -model ashyosining o'tkazuvchanligi;  $i_n$  -elektr bosimi (N-tik yonalish);  $\lambda$  -modellashtirishning chiziqli mashtabi;  $\Phi$  -potensial.

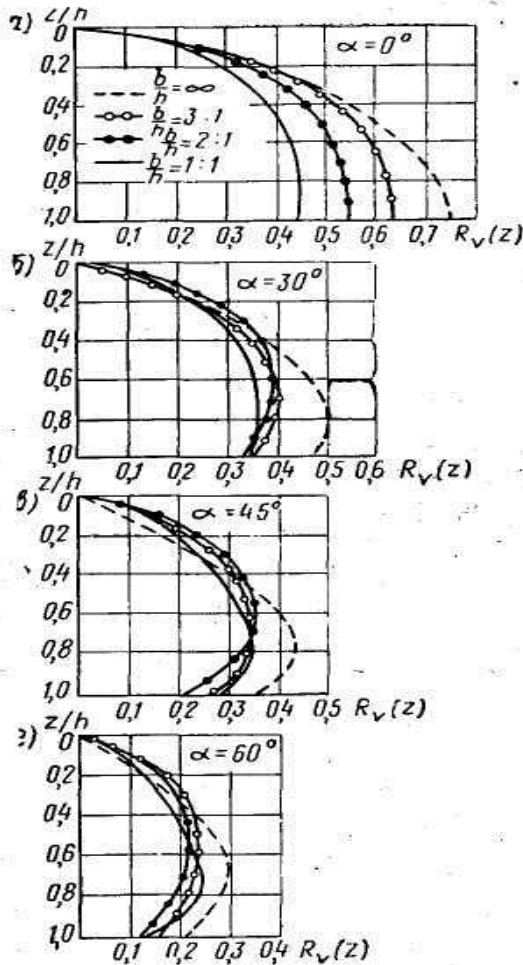


**1.2 rasm.** V shaklga monand qiyalikda joylashgan bosimli inshoatga ta'sir etuvchi suvning seysmik bosimi

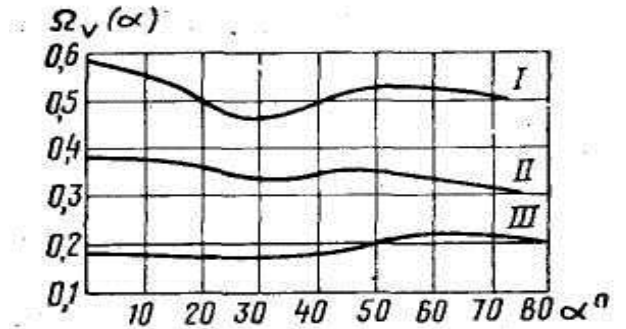
EGDA usulini amalda qo'llanishi quyidagi misolda yaqqol namoyon bo'ladi. Tog'on V shaklda barpo etilgan ( 1.2 rasm). Zilzila ta'sirini gorizontal yo'nalgan deb qabul qilamiz.

Suvning seysmik bosimi quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$P_w(\alpha * z) = k_s \gamma R_w \left( \frac{z}{h}, a, \frac{b}{h} \right) h \tag{1.37}$$

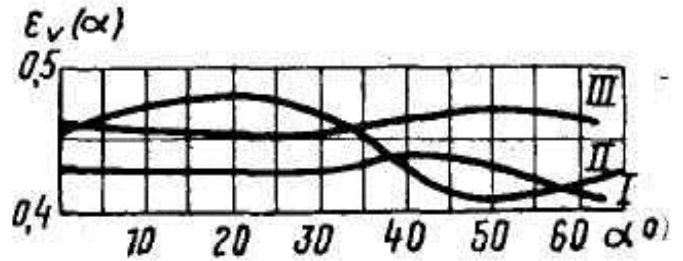


1.3 rasm. Koeffisientning (a- c) chizmalari.



1.4 rasm. Inshootning tekis bosimli sirtiga ta'sir etuvchi suvning seysmik bosimini aniqlash uchun koeffisientlar.

1-b/h=3:1; II-b/h=2:1; III-b/h=1:1



1.5 rasm koeffisientning chizmalari.

1-b/h=3:1; II-b/h=2:1; III-b/h=1:1

Suvning to'liq bosimi esa:

$$P_w(\alpha) = k_s \gamma_w Q \left( a, \frac{b}{h} \right) h^2 \tag{1.38}$$

bunda yukning ta'sir elkasi

$$h'(\alpha) = \varepsilon_w(a, \frac{b}{h})h \quad (1.39)$$

1.38 ifodaga mos keluvchi qo'shiladigan massaning qiymati:

$$M_w(\alpha) = \frac{\gamma_w}{q} Q_w(a, \frac{b}{h})h^2 \quad (1.40)$$

bunda  $h$  – inshootning bosimli sirtidagi suvning zichligi;  $R_w(\frac{z}{h}, a, \frac{b}{h})$  va

$Q(a, \frac{b}{h})$ ;  $\varepsilon_w(a, \frac{b}{h})$  -1.3 – 1.5 chizmalarda izohlangan o'lchovsiz koeffitsientlar.

### 1.3. Inshootga nisbatan gruntning inersiya bosimi

Tirgovich devor shaklidagi inshootga nisbatan gruntning seysmik bosimi murakkab masala bo'lib uni tahminan quyidagica tasavur etish mumkin.

Zilzila jarayonida tirgovich devor orqasidagi to'kma grunt zarralari aro zichlashuv yuz beradi, natijada devorning tirgovich qismi boulab grunt bosimi yuzasiga keladi. Bunday holatda bosimning miqdori tokma gruntning g'ovaklik darajasiga bog'liq bo'lib, g'ovaklikning ortishi bilan bosim ham ko'payib boradi. Gruntidagi zichlanish holati faqat yuqori qismdagina yuz berib ostki qismi esa deformatsiyalanmay qolishi ham mumkin. Bunday sharoitda qo'shimcha bosimning qiymati yuqori bolmaydi.

Inshootning seysmik mustahkamligi va turg'unligini baholash uchun tirgovich devor o'rab turgan grunt qa'rida hosil boluvchi qoshimcha bosim qiymatini aniqlash lozim boladi.

Bunda quyidagi holatlar yuzaga kelishi mumkin:

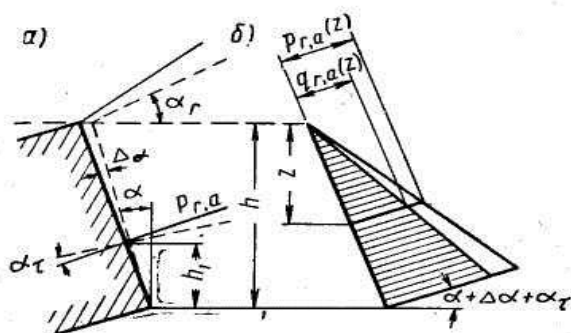
1. Tirgovich devor va zamin ashyolari mutloq bikt bolgan holat. Unda devor ichkarisidagi grunda yuqori muvozanat holati yuzaga kelmaydi, chunki devorning ikki tomonlama siljishiga olib keluvchi bosim miqdori etarli bo'lmaydi.

Bu esa ,o'z navbatida, muvozanat bosimi, yoki gruntning sust bosimi yuzaga keladi degan gap.

2. Tirgovich devorning siljishi sezilarli darajada bolib,devor tutib turgan grunt da yuqori muvozanat holatini yuzaga keltiradi. Bunday holatda gruntning devorga nisbatan jiddiy bosimi bilan hisoblashish lozim bo'ladi.

Tirgovich devorga nisbatan gruntning seysmik bosimini tadqiqotlash ishlari o'tgan asrning boshlarida amalga oshirildi. Mazkur izlanishlarda muvozanat holatidagi grunt qa'ridagi seysmik inersiya kuchlarini aniqlashga asosiy etibor qaratilgan. Yotiq yo'nalishda xarakatlanuvchi seysmik kuchning miqdori o'sha davrda keng tarqalgan zilzilabardoshlikning muvozanat nazariyasi asosida aniqlandi.

Unda seysmik kuchlar gravitatsiya yuklari bilan qo'shib Kulon nazariyasi asosida gruntning jiddiy va sust bosimlari izlangan. Bunday hisoblashlarda grunt sirti tekis yuza deb qabul qilingan.



**1.6 rasm.** Tirgovich devorga nisbatan gruntning jiddiy va sust seysmik bosimini aniqlash chizmasi.

- a- tirgovich devorning zamin deformatsiyasini hisobga oluvchi chizmasi;  
b- b-zilzila bosimi va bosimisiz holatdagi gruntning jiddiy bosim chizmasi.

1.6 rasmga murojat qilamiz. Mazkur chizma asosida jiddiy bosim quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{qj}(z) = \gamma_q \lambda_{oc} z \quad (1.41)$$

bunda  $\gamma_q$  -quruq holatdagi gruntning zichligi;  $\lambda_{oc}$  -o'lchamsiz koeffisient, quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\lambda_{oc} = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha - \arctg k_s - \Delta\alpha)}{\cos(\arctg k_s) \cos^2(\alpha + \arctg k_s + \Delta\alpha) \cos(\alpha + \alpha_\tau + \arctg k_s + \Delta\alpha)} * \frac{1}{\left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \alpha_1) \sin(\varphi - \alpha_q - \arctg k_s)}{\cos(\alpha + \arctg k_s + \alpha_q + \Delta\alpha) \cos(\alpha - \alpha_q + \Delta\alpha)}} \right]^2} \quad (1.42)$$

bunda  $u$  -gruntning ichki ishqalanish burchagi;  $\alpha$  - tirgovich devorning qiyalik burchagi;  $\alpha_q$  - devor tashqarisidagi gruntning gorizontga nisbatan qiyaligi;  $\Delta\alpha$  -poydevorning zaminga nisbatan burilishi natijasida tirgovich devorning qo'shimcha egilishi;  $\alpha_\tau$  - devor sirti bilan grunt orasidagi ishqalanish burchagi.

Zilzila ta'sirida vujudga keluvchi jiddiy bosimning umumiy qiymati:

$$P_{q,j} = \frac{1}{2} \gamma_q \lambda_{\alpha,c} h^2 \quad (1.43)$$

Mazkur usuldan foydalanib sust bosimni quyidagicha ifodalaymiz:

$$P_{q,s}(z) = \gamma_q \lambda_{s,c} z \quad (1.44)$$

va gruntga nisbatan bosim:

$$P_{q,s} = \frac{1}{2} \gamma_q \lambda_{s,c} h^2 \quad (1.45)$$

bunda

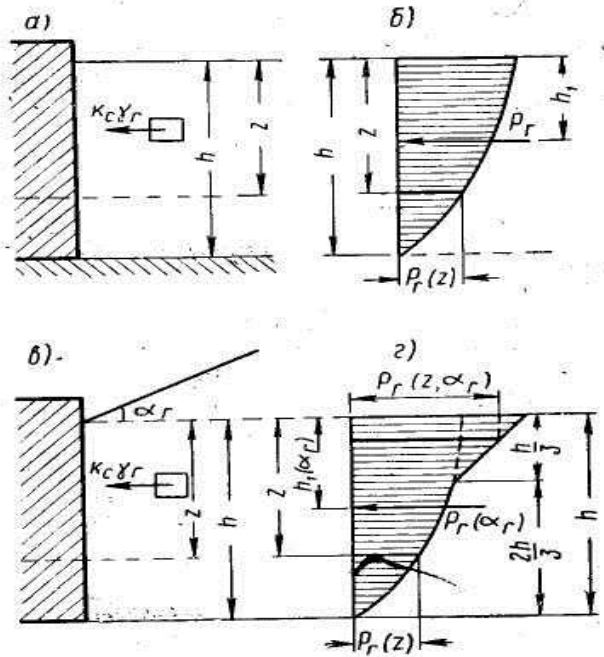
$$\lambda_{s,c} = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha + \arctg k_s + \Delta\alpha)}{\cos(\arctg k_s) \cos^2(\alpha + \arctg k_s + \Delta\alpha) \cos(\alpha - \alpha_q + \arctg k_s + \Delta\alpha)} * \frac{1}{\left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \alpha_q) \sin(\varphi - \alpha_q - \arctg k_s)}{\cos(\alpha + \arctg k_s + \Delta\alpha + \alpha_q) \cos(\alpha - \alpha_q + \Delta\alpha)}} \right]^2} \quad (1.46)$$

Yuqoridagi ifodalarga amaliyotda keng qo'llaniladigan quyidagi nisbatlar asos qilib olingan (6):

$$P_{q,j} = (1 + 2k_s \operatorname{tg} \varphi) q_{q,j} \quad (1.47)$$

$$P_{q,s} = (1 - 2k_s \operatorname{tg} \varphi) q_{q,s} \quad (1.48)$$

bunda va  $q_{q,j}; q_{q,s}$  -oddiy holatdagi (zilzilasiz) gruntning jiddiy va sust bosimlari.



**1.7 rasm.** Bikr tirgovich devorga gruntning bosimini aniqlash chizmasi.

a- grunt tekis yotiq holatda;  
 b- b- a holatga oid gruntning seysmik bosimining chizmasi;  
 n-grunt yotiq holatda; r-holatga mos keluvchi gruntning seysmik bosimi.

Bikr holatdagi tirgovich devorga nisbatan gruntning seysmik bosimini aniqlashda prof. Napetvaridze Sh.G. taklif etgan 1.7 rasmdan foydalanish qo'ld keladi. Unda tik yo'nalgan tirgovich devor orqasidagi tekis sirtli gruntga ta'sir etuvchi zilzila bosimi quyidagi korinishida aniqlanadi:

$$P_q(z) = k_s \gamma_q \left[ 1 - \frac{1}{4} \frac{z}{h} \left( 10 \frac{z^2}{H^2} - 9 \frac{z}{h} + 3 \right) \right] h \quad (1.49)$$

Tirgovich devorga nisbatan umumiy bosim esa

$$P_q = 0.75 k_s \gamma_q h^2 \quad (1.50)$$

va uning ta'sir elkasi

$$h_1 = 0.41$$

Yuqoridagi 1.7 "b" rasmning dalolaticha zilzila bosimining shakli egri chiziqli, ordinatasi esa grunt sirtiga yaqinlashgan sari kengayib boradi.

Agar grunt sirti notekis bo'lib bir tomonga cheksiz ko'tarilgan holat yuz bersa (1.7 "b" rasm) yuqoridagi ifodalar quyidagi ko'rinishni oladi:

$$P_q(\alpha_q) = \frac{3 + 2 \operatorname{tg} \alpha_q}{4} k_s \varepsilon_q h^2 \quad (1.51)$$

va

$$h_1(\alpha_q) = \frac{1}{36} \frac{8tg\alpha_q + 45}{2tg\alpha_q + 3} h \quad (1.52)$$

Prof. Napetvaridze Sh.G.ning ta’kidlashicha 1.51, 1.52 miqdorlar  $h_1(\alpha_q) = 0.34 - 0.42$  va  $h(\alpha_q) = 0 - 30$  oralig’ida o’zgaradi.

Zilzila jiddiy bosimining qiymati tirgovich devor qiyaligiga bog’liq.

Devor qiyaligining grunt tomonga og’ishi bosim qiymatini kamaytirib, aksincha esa bu qiymatni oshiradi.

1.49, 1.50 va 1.51 ifodalar Puasson koeffitsientining 0,3 bo’lgan qiymatiga moslab tuzilgan. Bu esa o’z navbatida gruntning elastik holatini ifodalaydi.

Seysmik bosimni aniqlash uchun gruntning qo’shimcha namlanishini nazarda tutmoq lozim. Chunki gruntning qo’shimcha namlanishi inersiya bosimini ko’payishiga olib keladi.

Yuqoridagi ifodalar tirgovich devor o’rab turgan gruntning seysmik bosimini aniqlashga ta’luqlidir. Ularni keltirib chiqarishda dinamik koeffitsient va “tirgovich devor – grunt” turkumiga oid erkin tebranish shakli hisobga olinadi, ya’ni zilzilabardoshlikning spektral nazariyasidan foydalanilmagan. Ammo shunday bo’lsa ham masalaga bunday yondoshuv amaliyotda o’zini oqlashi ko’p marotaba etirof etilgan. Amaliy kuzatuvlar natijasi tirgovich devorlardagi tebranishlar davrini 0,05 - 0,10 sek. Va logarifmik dekrementni 0,6 dan ortiq ekanligini ko’rsatadi. Bu esa bunday inshootni rafaqli (konsol) qurilmaga monand tebranishidan dalolat beradi.

Yuqoridagi zikr etilgan qiymatlar kuchsiz tebranish davriga va yuqori miqdorli logarifmik dekrementga ega bolgan tebranishni dinamik koeffitsienti 1,0 ga teng ekanligini ko’rsatadi (1.1rasm). Agar 1.10 ifodada  $\beta_i(t) = \beta^{\max}$  deb qabul qilsak yotiq yo’nalgan inersiya kuchi quyidagi ko’rinishni oladi:

$$S_x(z) = k_s \beta^{\max} \sum_{i=1}^n \eta_{ix}(z) \quad (1.53)$$

Tebranma harakatning ortogonal shartiga ko’ra:

$$\sum_{i=1}^m \eta_{ix}(z) = 1 \quad (1.54)$$

va, nihoyat  $\beta^{\max} \approx 1.0$  bo'lganda:

$$S_x = k_s \gamma_c \quad (1.55)$$

Bu esa yuqoridagi ifodalarni amaliy haqiqatga yaqinligini isbotlaydi.

### **1.4 Zilzila to'lqinlari ta'sirida grunt zo'riqishidan yuzaga keluvchi yukning er osti inshootlariga ta'siri**

Ma'lumki zilzilaning bo'ylama, ko'ndalang va sirt bo'ylab tarqaluvchi to'lqinlarining harakatlanishi jarayonida grunt qa'rida siqilish – cho'zilish hamda siljish deformatsiyalarini yuzaga keltiruvchi zo'riqishlar hosil bo'ladi.

Grunt qa'riga ko'milgan er osti inshootlari (gidrotexnika yo'laklari) ; suv tashuvchi quvirlar; GESning chuqur joylashgan binolari; turli rezervuarlar va h.) yoki inshootlarning erto'la, poydevor va h. qismlari to'lqinlar o'tishi jarayonida qo'shimcha zo'riqish ta'siriga uchraydilar.

Bunday jarayonda zilzila to'lqinlari uzunligining inshoot o'lchamlariga (tarh) nisbati muhim ro'l tutadi.

Nisbatan qisqa bo'lgan inshootlar o'zlarining deformatsiyalanishi bo'yicha grunt deformatsiyasidan farqlanganligi bois zilzila to'lqinlari tarqaluvini o'zgartiradi. Natijada inshoot tag yuzasi sahnida (grunt sirtida) kuchli zo'riqishlar maydoni yuzaga kelishi mumkin. Ular ichida eng havflisi gruntning qo'shimcha bosimi sifatida inshootga ta'sir etuvchi siljish zo'riqishlaridir. Bunday zo'riqishlar ma'lum sharoitlarda nihoyatda katta qiymatga ega bo'lib inshoot qurilmasini buzilishga olib kelishi mumkin.

Uzun inshootlarda, aksincha, grunt bilan inshootning birgalikdagi bo'ylama cho'zilish va siljish deformatsiyasi havf keltirishi qayd etiladi. Bunday holatda inshoot usinligi boylab ko'ndalang yoriqlar paydo bo'lishi tez-tez uchrab turadi.

Grunt qa'rida tarqaluvchi zilzila to'lqinlarining harakati turlichadir. Ularning inshoot bilan o'zaro ta'siri ma'lum vaqtgacha davom etadi. Bu esa o'z navbatida



zilzila ta'sirini yanada murakkablashiga olib keladi. Chunki tarqalayotgan to'lqinlar inshoot sirtidan orqaga qaytadilar (sinadilar) va yangi elastik to'lqinlar hosil bo'lishiga sabab bo'ladilar.

Bunday murakkab sharoitga duch keluvchi inshootning zilzilaga nisbatan turg'unligini baholash va grunt qatlamining zo'riqish holatini aniqlashga doir bir qator tadbiriy yondoshuvlarni qo'llashga to'g'ri keladi. Bular ichida keng qo'llaniladigani zilzila to'lqinlari tekis yuza bo'ylab tarqaladi deb faraz qilinib, grunt qatlami zo'riqishini tekislikdagi masala shaklida echilishidir.

Inshoot bilan zaminning zo'riqishida vaqtning ta'siri quyidagi ikki holatni inobatga olib hal etiladi. Birinchisi – inshoot uzunligi to'lqin uzunligiga nisbatan qisqa; ikkinchisi esa, aksincha bo'lgan holat. Bu ikkala yondoshuvning asosida inshoot va grunt qatlamining zo'riqishlari vaqt bo'yicha o'zaro monand bir faza oralig'ida sodir etiladi degan faraz yotadi. Natijada tekislikdagi masalani echish jarayonida vaqt ta'sirini hisobga olmay zo'riqishning eng yuqori qiymatini aniqlash kifoya qiladi.

Mazkur sharoitga mos keluvchi siljitishga oid zilzila to'lqini quyidagicha ifodalanadi:

$$u(x, t) = \varphi(x - vt) \quad (1.56)$$

bunda  $x$ -grunt zarrasining joylashgan o'rni (koordinatasi);  $t$ - vaqt;  $v$ -grunt qa'ri bo'ylab tarqalayotgan elastik to'lqinning tezligi;  $\varphi$  -elastik to'lqin shaklining funksiyasi.

Tarqalayotgan to'lqin sinusoidal shaklda bo'lsa quyidagini keltirish mumkin:

$$u(x, t) = u_0 \sin \frac{2\pi}{vT_0}(x - vT) \quad (1.57)$$

bunda  $u$  -grunt zarrasining harakatlanish amplitudasi;  $T$  -tebranish davrining yuqori qiymati.

1.57 ifodada  $x$  ning aniq belgilangan qiymatini “0”ga teng deb hisoblansa o’zgarmas to’lqin miqdorini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$u(t) = u_0 \sin \frac{2\pi}{T_0} t \quad (1.58)$$

1.56 ifodani diffensiallasak:

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial x} = \varepsilon_q(x,t) = \varphi(x-vt) \quad (1.59)$$

bunda  $\varepsilon_q(x,t)$  -grunt qatlamining deformatsiyasi.

Undan tashqari,

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = v_q(x,t) = -v\varphi(x-vt) \quad (1.60)$$

bunda  $v_q(x,t)$  –grunt zarrasining siljish tezligi.

1.59 va 1.60 ifodalarni taqqoslash natijasida

$$\varepsilon_q(x,t) = \frac{v_q(x,t)}{v} \quad (1.61)$$

Bizni qiziqtirayotgan to’lqin (bo’ylama yoki ko’ndalang) ta’sirida grunt qatlamini zo’riqishini aniqlashimiz mumkin. Masalan, tik zo’riqishning (siquvchan-chozuvchan) miqdori quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\sigma_{\ddot{u}}(x,t) = \frac{E_q}{\nu_1} v_q(x,t) \quad (1.62)$$

kondalang (siljituvchi) zo’riqish esa :

$$\tau_{\ddot{u}}(x,t) = -\frac{G_q}{\nu_2} v_q(x,t) \quad (1.63)$$

1.62 va 1.63 ifodalarda:  $E_q$  va  $G_q$  -siqilish va siljish holatidagi gruntning elastiklik moduli;  $\nu_1$  va  $\nu_2$  -bo’ylama va ko’ndalang to’lqinlarning tarqalish tezligi.

Agar 1.59 ifodaga mos keluvchi sinusoidal shakldagi zilzila to’lqini ta’sirini nazarda tutsak:

$$-v_{\ddot{u}}(x,t) = \frac{T_0}{2\pi} \alpha(x,t) \quad (1.64)$$

bunda  $\alpha(x,t)$  -grunt zarrasining tezlanishi.

Seysmik koeffisient  $k_s$  uchun quyidagi ifoda mavjud:

$$k_s = \frac{\alpha(x,t)^{\max}}{q} \quad (1.65)$$

1.62 va 1.63 tengliklarda esa:

$$\frac{E_q}{\nu_1} = \nu_1 \frac{\gamma_q}{q} \quad \text{va} \quad \frac{G_q}{\nu_2} = \nu_2 \frac{\gamma_q}{q} \quad (1.66)$$

1.64 ,1.65 va 1.66 larni nazarda tutsak 1.62 va 1.63 ifodalar quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

$$\sigma_q = \pm \frac{1}{2\pi} k_s \gamma_q \nu_1 T_0 \quad (1.67)$$

va

$$\tau_q = \pm \frac{1}{2\pi} k_s \gamma_q \nu_2 T_0 \quad (1.68)$$

1.67 va 1.68 ifodalar grunt qatlamining zilzila ta'sirida zo'riqishini eng yuqori qiymatini belgilaydi. Ulardagi  $k$ ,  $g$  va  $T$  -zarralarning seysmik tezlanishi va unga mos keluvchi  $T$  davrning o'rtacha qiymatidir.

Shuni ta'kidlash lozimki,yuqoridagi ifodalar yordamida grunt qatlamining zo'riqishigina aniqlanishi mumkin,ammo inshootdagi zo'riqish esa inersiya kuchini inobatga olgan holda alohida hisobni talab etadi.

$\gamma_q$  ,  $\nu_1$  ,  $\sigma_q$  , va  $\tau_q$  larning qiymatlari  $\nu_2 \approx 0.6\nu_1$  ;  $T_0 = 0.5$  sek va  $k_s = 0.1$  (9 balli zilzila) miqdorlar asosida 1.1 jadvalda keltirilgan.

## 1.1 jadval

$\gamma_q$  ,  $\nu_1$  ,  $\sigma_q$  , qiymatlari

Gruntning qisqacha tasnifi	$\gamma_q$ , tk/m	$\nu_1$ , m/s	$\sigma_q$ , tk/m	$\tau_q$ ,tk/m
Qoya gruntlar (granit, ohaktosh, qumtosh va h.)	<b>2,5</b>	<b>5000-3500</b>	<b>100-70</b>	<b>60-40</b>
Bo'r yotqiziqlari (mergel, yumshoq loylar, semonlangan toshlar)	<b>2,2</b>	<b>2500-1000</b>	<b>62-18</b>	<b>31-11</b>
O'rtacha mustahkam gruntlar (o'rtacha zichlikdagi qumlar, yumshoq loylar va qumli loylar)	<b>2</b>	<b>1000-500</b>	<b>16-8</b>	<b>10-5</b>
Bo'sh gruntlar (qumlar, o'rtacha zichlikdagi loyli qumlar, loylar va qumli loylar)	<b>1,8</b>	<b>500-200</b>	<b>7-3</b>	<b>4-2</b>

Jadvaldagi miqdorlardan grunt qa'rida kuchli seysmik zo'riqishlar yuzaga kelishi va ularning inshootga nisbatan halokatli ta'sir etishi mumkinligi ko'rinib turibdi.

### **Nazorat uchun savollar**

1. Inshootning sof og'irligidan yuzaga keluvchi inersiya yuki va uni aniqlashdagi chiziqli nazariya.
2. Seysmik inersiya yukini aniqlashdagi spektr usulining mohiyati.
3. Inshoot uzunligini seysmik yuklarga ta'siri.
4. Zilzilalar akselerogrammasidan nima maqsadda foydalaniladi va qo'llanish tartibi.
5. Suvning gidrodinamik bosimini aniqlashdagi nazariy usullar.
6. Gidrodinamik bosimni aniqlashdagi elektrodinamik o'xshashlik usuli.
7. Gidrodinamik bosim qiymatini belgilashdagi modellash usuli.
8. Tirgovich devorga nisbatan gruntning inersiya bosimi.
9. Gruntning inersiya bosimini aniqlashdagi spektr usuli.
10. Zilzila ta'sirida grunt zo'riqishining yer osti inshootlariga ta'siri.

## 2. BOB. GIDROTEXNIKA INSHOATLARINING ZILZILABARDOSHLIGI

### 2.1 Gruntli to'g'onlar

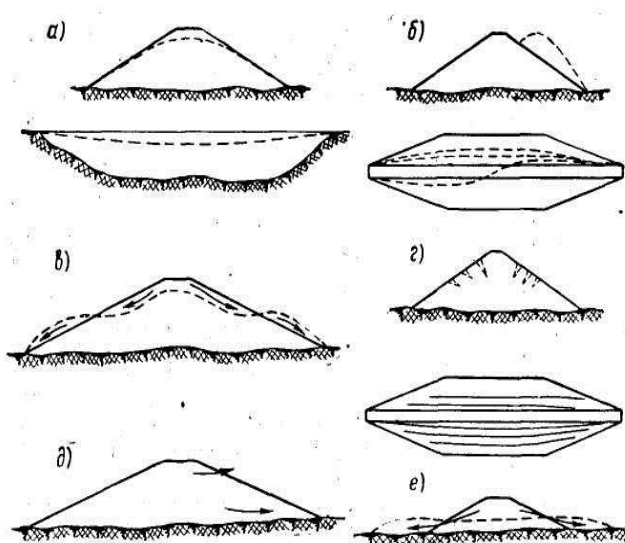
Prof. Napetvaridze Sh.G. turli mamlakatlarda barpo etilgan 1838-1959 yillar orasida 6,7,8 va 9 balli zilzila ta'sirini boshidan o'tkazgan 50 dan ziyod gruntli to'g'onlar holatini tahlil qilgan(2).

To'g'onlardan 28 tasi 8-20m, 17 tasi 20-40m va 5 tasi 40-80m balandlikni tashkil etganlar. Ulardan gruntli –37 ta, yurik tosh-shag'alli-3ta, aralash-4 ta, chokma-3 ta, yarim chokma holatdagisi –3 ta.

35 to'g'onida zilzila o'z ta'sirini qoldirgan, 15 to'g'on esa shikastlanmagan. Ammo ulardan 13 tasi kuchsiz 6-7 balli zilzila ta'sirida bo'lgan. Yolg'iz 1 dona baland bo'lmagan (11,6m), uzunligi 49m, yuqori kengligi 6,1m, qiyaligi yuqori biefda 2.75 quyi biefda 2,5 bo'lgan to'g'on 8-9 balli ta'sir ostida bo'lgani etirof etilgan (Kaliforniya, Leuk-Rench to'g'oni).

Mazkur to'g'onlarning zilzila ta'siridagi holatini tahlillash quyidagi hulosaga olib keldi (2.1 rasm):

1. Zilzila ta'sirida to'g'on tarkibidagi gruntlarning qo'shimcha zichlanishi (2.1 a rasm).



2.2 rasm. Gruntli to'g'onlarning zilzila ta'siridagi qoldiqli deformatsiyalari.

- a- to'g'onning cho'kishi;  
 b-to'g'onning yon tomonga va tik yo'nalish bo'ylab siljishi;  
 b-to'g'on ashyosining qatlamlab siljishi; r-to'g'ondagi yoriqlar;  
 d-egri chiziq bo'ylab to'g'onning siljishi; e-gruntli ko'tarmaning to'la buzilishi.

2. To'lg'in yo'nalishi bo'ylab tebranish natijasida inshootda gorizonta va bo'ylama siljishlar qoldig'i (2.1 b rasm). To'g'onning zaminga nisbatan siljishi qoya jinlarda barpo etilgan va kuchli ta'sirga duchor bo'lgan (7 va undan yuqori balli) to'g'onlarda kuzatilgan,

3. To'g'on sirti shaklini o'zgarishi. Bunga sabab zilzila ta'sirida gruntning qatlamlab siljishi va siljigan bo'lakning qiyalikning ostki qismiga to'planishidir (2.1 c rasm). Bu jarayon to'g'onning yuqori qismidan boshlanib zilzila kuchiga mos nishablik hosil bo'lguncha davom etadi. Bunday jarayon qiyalikning qatlamlab siljishi deb yuritiladi.

4. To'g'on sirtida serg'ovak qismlar hosil bo'lishi bois qiyalik bo'ylab yoriqlarning rivojlanishi (2.1 d rasm).

5. Bo'ylama o'q bo'ylab yoriqlarning paydo bo'lishi. To'g'onning prizmasi va yadrosi chegarasida turlicha deformatsiyalanishning yuzaga kelishi.

6. To'g'onning zilzila ta'siri kuchli bo'lgan yuqori qismida gruntning egri chiziq shaklida siljishi (2.1 i rasm). Bunday holat qiyalikning egri chiziq bo'ylab siljishi deb ataladi.

7. To'g'onning sezilarli deformatsiyalanishi natijasida uning sirtidagi qurilmalarni qo'zg'olishi.

8. Gruntli ko'tarmalarda kuzatiladigan deformatsiyalar gruntli to'g'onlarnikiga monand bo'lishi. Biroq qumli zamunlarda barpo etilgan inshootlarda gruntning quyqalanishi yuz berib, natijada buzilishi (oqib ketishi) (2.1 j rasm).

Dunyoning birnecha mamlakatlarida foydalanishda bo'lgan gruntli to'g'onlarni zilzila ta'siridagi holati o'rganilib olimlar tomonidan tartibga keltirilgan (5). Natijada qiyalik turg'unligini zilzila ta'siriga hisoblash usullari taklif etilgan.

Shuningdek, to'g'on modeli ustida zilzila ta'siri o'tkazilib tadqiqotlash ishlari ham rivojlanib bormoqda. Loyihalashga oid meyoriy xujjatlar ishlab chiqilib, to'g'onlar zilzilabardoshligini oshirishga qaratilgan chora-tadbirlar belgilandi.

Keyinchalik to'g'onning zilzilabardoshligini ta'minlashda zamonaviy dinamik nazariya yaratilib, uning asosida inersiya kuchlarini aniqlash uslubi taklif etildi. Mazkur uslubga seysmik ta'sirni ifodalash uchun spektral yondoshuv asos qilib olindi.

Shu bilan birga zilzilabardosh to'g'onlar hisobida gruntning mustahkamlik va deformatsiya holatlari nazarda tutiladigan bo'ldi.

Endilikda inshoot nushasida olib boriladigan tadqiqotlar o'xshashlik nazariyasi va nushalash shartlari kabi takomillashgan usullarni qo'llash yordamida bajariladi. Tadqiqotlarni o'tkazishda zamonaviy uskunalar, yuqori aniqlikdagi o'lchov asboblardan foydalaniladi.

Gruntli to'g'onlarning erkin tebranishiga oid chastota, amplituda va logarifmik dekrementlar dala sharoitida o'tkaziladigan maxsus izlanuvlar asosida belgilanishi maqsadga muvofiqdir. Bunday izlanishlarda tebranma xarakterni sun'iy portlatish va kuchli mexanik titratkichlar yordamida yuzaga keltirish tavsiya etiladi.

To'g'on uzunligining zilzila kuchiga ta'sirini o'rganish uchun dala sharoitidagi tadqiqotlar alohida ahamiyatga ega.

### **2.1.1. Chiziqli nazariya yordamida zilzila kuchini aniqlash**

Ma'lumki har qanday zilzila ham qisqa muddatda davom etadi. Uning ta'sirida to'g'on qa'ridagi gruntlarda asosan elastik o'zgarishlar, qisman esa qoldiqli deformatsiya jarayoni kuzatiladi. Doimiy ta'sir etuvchi yuklar esa sezilarli miqdorda elastik va qoldiqli o'zgarishlarni yuzaga keltirishi mumkin.

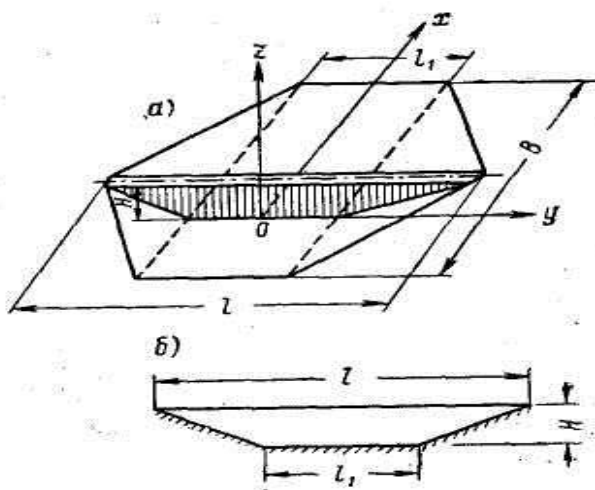
Ammo, shunga qaramasdan tebranma harakat yuzaga keltiruvchi qoldiqli deformatsiya oz miqdorli bo'lsa ham ko'ngilsiz holatlarni keltirib chiqaradi. Shu bois ularni hisobga olish zaruriyati talab etiladi. Bu esa o'z navbatida inshootlarga seysmik ta'sirni chiziqsiz nazariya yordamida aniqlash lozim degan hulosani keltirib chiqaradi. Ammo cheksiz erkinlik darajalar soniga ega bo'lgan to'g'on qurilmalari uchun chiziqsiz nazariyani qo'llash o'ta murakkab masalaligigacha qolib kelmoqda.

Shu bois hozirgi vaqtda bunday masalalarni echimi quyidagicha bajariladi. Hisoblashlar natijasi ko'rsatishicha bir darajali erkinlikka ega bo'lgan turkum uchun chiziqsiz nazariya yordamida aniqlangan zilzila kuchi chiziqli nazariya asosida aniqlanganidan hamma vaqt kichik miqdorni ko'rsatadi. Shu bois chiziqli nazariya yordamida aniqlangan miqdordan foydalanish inshootga ma'lum miqdorda zahira keltiradi.

Undan tashqari dinamik koeffisientga oid spektr chizig'ini chizishda logarifm dekrementi qiymatini ko'paytirish orqali inshootning elastik va qoldiqli deformatsiyasini hisobga olish mumkin ekanligini yuqoridagi 1 bobda ta'kidlagan edik.

Gruntli to'g'onlarga oid dinamik koeffisientning spektr chizig'idan foydalanib zilzila inersiya kuchini aniqlash uchun tebranish chastotasi (davri) va erkin tebranish shakli haqidagi ma'lumotlarga ega bo'lish talab etiladi. Bu ma'lumotlar zilzila jarayonida to'g'onning fazoviy holatda ishlashidan kelib chiqadi. Bunda uch tomonga yo'nalgan tebranishlar: bo'ylama, ko'ndalang va balandlik bo'ylab o'lchovga ega bo'lgan chastotalar (davr) nazarda tutiladi. Bunda qiymatlar bo'ylama o'q bo'yicha o'zgaruvchan deb hisoblanadi.

Mazkur hisoblash usuli uzoq vaqt taraqqiy etib kelgan. Dastlab bir o'qli hisoblash chizmalari, so'ng chizmalar murakkablashib fazoviy holatga yaqinlashib borilgan.



**2.2 rasm.** Gruntli to'g'onlarning erkin tebranish shakli va davrini aniqlash chizmasi.

a-to'g'onning ko'rinishi va qabul qilingan koordinat turkumi;  
b-to'g'on tanasining ko'ndalangiga ko'rinishi.



Yuqoridagi ta'kidlanish asosida gruntli to'g'onning bo'ylama, ko'ndalang va tik yo'nalishlariga oid tebranma xarakterning xususiy davrlari  $T_x$ ,  $T_y$  va  $T_z$  (2.2 rasm) quyidagi ifodalar yordamida aniqlanadilar. Bu ifodalar siljish deformatsiyasini hisobga olgan holda uchburchak shakldagi qirqimning tebranma harakatini o'rganish natijasida hosil qilingan. To'g'on balandligi va oetki qismlariga oid ko'ndalang kesimlarning aniq o'lchovlari bunday holatni isboti bo'lib hizmat qiladi.

$$T_{ix} = \frac{2\pi}{a_i c_2} \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{j\pi H}{a_i Q l} \right)^2}} H \quad (2.1)$$

$$T_{iy} = \frac{2\pi}{a_i c_2} \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{j\pi \xi H}{a_i Q l} \right)^2}} H \quad (2.2)$$

$$T_{iz} = \frac{2\pi}{a_i c_1} \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{j\pi}{a_i Q \xi} \frac{1}{j} \frac{H}{l} \right)^2}} H \quad (2.3)$$

bunda  $i=1,2,3,4,\dots$ ,  $j=1,2,3,4,\dots$  –to'g'onning x va y yo'nalish bo'ylab erkin tebranish shakli;  $H, l$  –to'g'onning balandligi va yuqori qismining uzunligi;  $c_1, c_2$  – to'g'on bo'ylab tarqaluvchi bo'ylama va ko'ndalang to'lqin tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$c_1 = \sqrt{\frac{E}{\gamma}} q \quad (2.4)$$

$$c_2 = \sqrt{\frac{G}{\gamma}} q \quad (2.5)$$

bunda  $\gamma$ , E va G –to'g'on ashyosining zichligi ( $\gamma$ ), siqilishga ( $E$ ) va siljishga qarshi ( $G$ ) elastik modullari.  $\xi$  – o'lchovsiz koeffisient, quyidagi nisbat orqali belgilanadi:

$$\xi = \frac{G_1}{G_2} \quad (2.6)$$

Maskur koeffisientning o'rtacha miqdori 1,5 deb qabul qilinadi. Q-to'g'on shaklini belgilovchi koeffisient, quyidagica hisoblanadi:

$$Q = \frac{2 + k + k^2}{3 + k}$$

$$k = \frac{l_1}{l} \quad (2.7)$$

bunda to'g'on ostki qismining uzunligi.

Shuni ta'kidlash lozimki Q koeffisientining miqdori juda kam o'zgaradi. Masalan to'rtburchak shakl uchun  $Q=1$ , uchburchak shakl uchun esa  $Q=2/3$ . a – B/B (B –to'g'on ostining kengligi) nisbat yordamida 2.1 jadvaldan olinadigan o'lchovsiz koeffisient.

## 2.1 jadval

### a - koeffisient miqdori ( Sh Napetvaridzedan olingan)

<b>B/B</b>	<b>A</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>
0	2.40	5.52	8.65	11.79	14.79	18.07
0.1	2,45	5,72	9,30	12,60	15,98	19,41
0,2	2,57	6,23	10,05	13,92	17,84	21,71
0,3	2,79	6,99	11,39	15,83	20,29	24,76
0,4	3,11	8,07	13,22	18,42	23,64	28,86
0,5	3,59	9,60	15,82	22,07	28,34	34,61

To'g'onning ustki qirqimining xususiy tebranish davriga ta'siri  $B/B > 0,20$ , bo'lganda past inshootlardagina hisobga olinishi mumkin. To'g'on uzunligini bu ko'rsatkichga ta'sirini esa hisoblashda nazarda tutmaslikka ruhsat etiladi. Bunda 2.1, 2.2 va 2.3 ifodalarda  $l/H > 5$  va  $l/H > 4$  bo'lganda  $Q = 1$  deb qabul qilish kifioa.

To'g'onning erkin tebranish shakli quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$\eta_{ix}(z) = \frac{2J_0 \left[ a_i \left( 1 - \frac{z}{H} \right) \right]}{a_i J_1(a_i)} \quad (2.8)$$

bunda  $J_0 \left[ a_i \left( 1 - \frac{z}{H} \right) \right]$  - 2.3 chizmada izohlangan Besselning boshlang'ich tartibli funksiyasi.

$J_1(a_i)$  - Besselning birinchi tartibli funksiyasi.

### **2.1.2 Zilzila ta'sirida to'g'onning mustahkamligi, turg'unligi va deformatsiyasi**

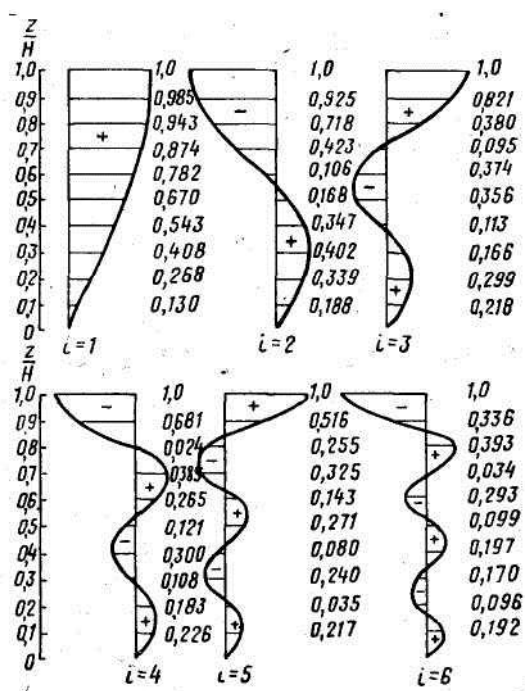
Gruntli to'g'onlarning zilzila ta'siriga hisobi, asosan, ishonch hosil qilish maqsadida bajariladi. Chunki bunday unshootlarning qiyaligi, odatda nafaqat muvozanat turg'unligini, balki uning barpo etish jarayonini ham nazarda tutgan holda loyihalanadi. Bu esa o'z navbatida to'g'onning zilzilaga chidamliligini ham o'zida jamlagan bo'ladi. Shu bois to'g'onning zilzila ta'siriga turg'unligi deganda, uning muvozanat holatidagi mustahkamlik zahirasini aniqlash nazarda tutiladi.

Kamdan kam holatlarda tog'onning ba'zi qismlaridagina qiyalik miqdorini oshirishga, yoki boshqa tadbirlar belgilashga to'g'ri keladi.

Gruntli to'g'onlar tarkibini yahlit bo'lmagan ashyolar tashkil etganligi bois, asosan qiyalikning turg'unligini va ma'lum egri chiziq bo'ylab siljish yuzasini aniqlash talab etiladi. Chunki siljish natijasida to'g'onda halokatli holatlar ba'zan

kuzatilishi mumkin. Bu ma'noda to'g'on qiyaligini mahkamlangan joylari va suv siljishga qarshi ishlatiladigan himoyalovchi to'siqlar (ekran) nisbatan zilzilaga chidamli hisoblanadilar.

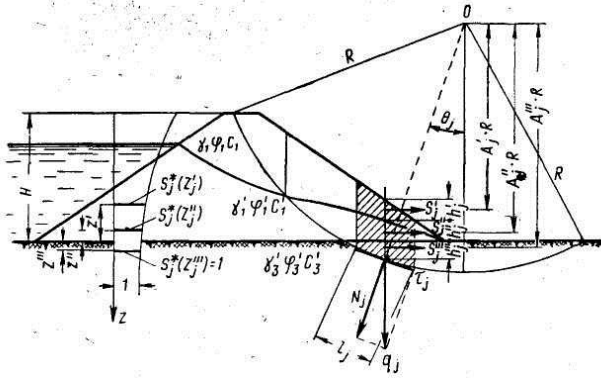
Ammo, zilzila bilan bog'liq qoldiqli deformatsiyalar: to'g'onning cho'kishi; shakl o'zgarishi; qiyalik sirtida va suv to'siqch ekranlarda yuzaga keluvchi yoriqlar va h. borki ularni harqaysisini alohida tadqiqotlash muhim vazifalardan biridir. Bunday deformatsiyalarni tugatish to'g'on qurilmasini ta'mirlash orqali bajarib bo'lmaydi, ular ko'pincha jiddiy tadbirlar qo'llashni taqazo etadi.



**2.3 rasm.** Uchburchak shakldagi to'g'onning erkin tebranish shakllar ( Faqat siljish deformatsiyasi nazarda tutilgan)

Shunday qilib to'g'onning zilzilabardoshligi deganda, to'g'on va uning qismlarini qayta nazoratdan o'tqazish va to'g'on sirtida, suvdan himoyalovchi to'siqda va boshqa qismlarda yoriqlar hosil bo'lish imkoniyatini baholash tushuniladi.

To'g'on qurilmasining zilzila ta'siriga hisoblashda tezlanishning yo'nalishi turli nuqtalarda turlicha ekanligi bois tezlanishning tashkil etuvchilari (bo'ylama, ko'ndalang va tik) ham turlicha deb qaraladi. Shu bilan birga to'g'on qiyaligi turg'unligini hisoblashda zilzila tezlanishi bir yo'nalishda, yani inshoot uchun eng havfli bo'lgan yotiq yo'nalishda ta'sir etadi deb qaraladi.



**2.4 rasm.** Gruntli to'g'nlarni zilzila ta'siridagi turg'unligini egri chiziq bo'ylab siljish usuli yordamida aniqlashga oid chizma.

Shu bois gruntli to'g'onlar qiyaligini zilzila ta'siriga chidamliligini baholashda quyidagi zahira koeffitsientini aniqlash talab etiladi (2.4 rasm):

$$\eta_s = \frac{\sum (N_i - N_{is}) f_i + \sum S_i l_i}{\sum a_i + \sum (S_i' A_i' + S_i^2 A_i^2 + S_i^3 A_i^3)} \quad (2.9)$$

bunda  $i$ -segment shakldagi siljuvchan yuzada ajratilgan bo'lak;  $l_i$  - ajratilgan bo'lakning siljish yuzasi;  $f_i$  va  $c_i$  - gruntning ishqalanish va bo'g'lanish koeffitsientlari;  $N_i$  -siljish aylanasiga tik yo'nalgan sizish bosimi; va  $N_i, \tau_i$  - ajratilgan bo'lak sof og'irligidan hosil bo'luvchi yukning tik va ko'ndalang tashkil etuvchilari:

$$\left. \begin{aligned} N_i &= q_i \cos Q_i \\ \tau_i &= q_i \sin Q_i \end{aligned} \right\} \quad (2.10)$$

bunda  $q$  -ajratilgan bo'lakning sof og'irligi,quyidagicha hisoblanadi:

$$q_i = b_i (\gamma_1 h_i^1 + \gamma_2 h_i^2 + \gamma_3 h_i^3) \quad (2.11)$$

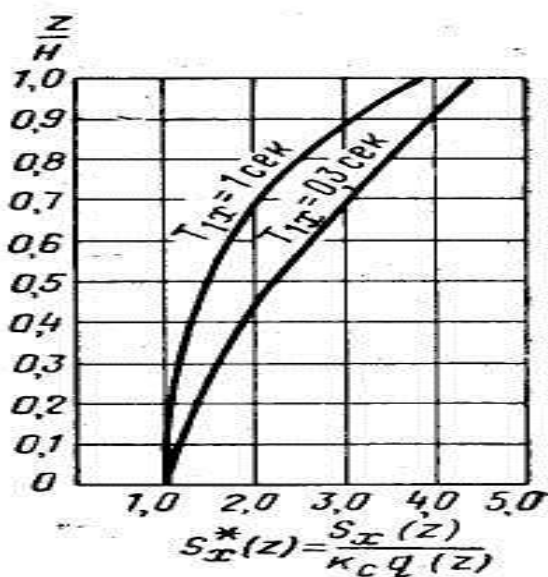
bunda daraja ko'rsatkichlar 1,2,3 ajratilgan bo'lak ichida 3 ta quyidagi qismlar borligini ko'rsatadi: to'g'onning sirtqi prizmasida quruq holatdagi grunt; to'la namlangan grunt va to'g'on zaminiga oid qismlar;  $b$  – ajratilgan bo'lakning eni;  $h_i^1, h_i^2, h_i^3$  - yuqorida qayd etilgan qismlarning har biriga tegishli tik balandlik;  $\gamma_1$  va  $\gamma_2$  -to'g'onning tarkibidagi gruntning quruq va suvga to'yingan holatdagi zichligi;

$\gamma_3$  - to'g'on zaminidagi to'la namlangan gruntning zichligi;  $S_i^1, S_i^2, S_i^3$  -yotiq yo'nalgan qismlarga ta'sir etuvchi zilzila kuchlari;  $A_i^1, A_i^2, A_i^3$  -siljish aylanasining radiusi  $R$  ga va aylana markazi  $O$  ga nisbatan zilzila kuchlarining elkasi.

Shu bilan birga quyidagi ifidalarni mavjudligini ham etirof etish lozim:

$$\begin{aligned} S_i^1 &= k_s S_i^0(z_i^1) \gamma_i b_i h_i^1 \\ S_i^2 &= k_s S_i^0(z_i^2) \gamma_i b_i h_i^2 \\ S_i^3 &= k_s S_i^0(z_i^3) \gamma_i b_i h_i^3 \end{aligned} \quad (2.12)$$

Bu ifodalarda:  $k_s$  -zilzila koeffisientining hisobiy qiymati;  $S_i^0(z_i^1), S_i^0(z_i^2), S_i^0(z_i^3)$ —zilzila inersiya kuchining o'lchovsiz qiymatlari (epyura ordinatalari). Taqribiy hisoblashlar uchun 2.5 rasmda keltirilgan qiymatlardan foydalanish mumkin.



2.5 rasm. Zilzila inersiya kuchining o'lchovsiz qiymatlari.

A turkumidagi miqdorlarni hisoblash uchun quyidagi ifodalar qo'l keladi:

$$\begin{aligned} A_i^1 &= \cos Q_i - \frac{1}{R} \left( \frac{1}{2} h_i^1 + h_i^2 + h_i^3 \right) \\ A_i^2 &= \cos Q_i - \frac{1}{R} \left( \frac{1}{2} h_i^2 + h_i^3 \right) \\ A_i^3 &= \cos Q_i - \frac{1}{2R} h_i^3 \end{aligned} \quad (2.13)$$

Agar qiyalikni hisoblash yuqoridagidan boshqa usul yordamida bajarilsa u holda 2.9 ifoda o'rniga quyidagi ifodadan foydalanish maqsadga muvofiq:

$$\eta_s = \frac{\eta}{1 + \frac{\sum (S_i^1 A_i^1 + S_i^2 A_i^2 + S_i^3 A_i^3)}{\sum \pi i}} \quad (2.14)$$

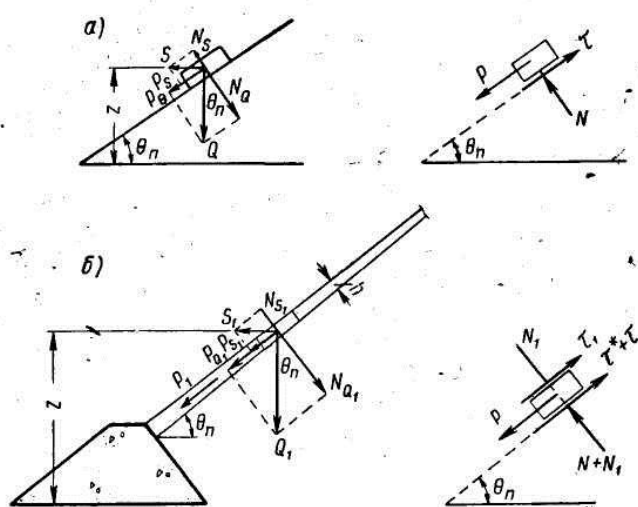
bunda  $\eta$  - zilzila ta'sirisiz hisoblangan qiyalik turg'unligining zahira koeffisienti.

Sochiluvchan gruntlardan tashkil topgan to'g'onning sirti tekis yuza bo'lab qatlamlab siljish deformatsiyasiga uchrasa uning zahira koeffisienti quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta_s(z) = f \frac{\cos Q_\eta(z) - k_s S_x^0(z) \sin Q_\eta(z)}{\sin Q_\eta(z) + k_s S_x^0(z) \cos Q_\eta(z)} \quad (2.15)$$

bunda  $Q_\eta(z)$  – oddiy holatdagi qiyalikning zahira koeffisientiga mos keluvchi ajratilgan bo'lakning gorizontga nisbatan qiyaligi;  $f$ - to'g'on sirtidagi gruntning ishqalanish koeffisienti;  $f = \operatorname{tg} \varphi$  (-ichki ishqalanish burchagi);  $k_s$  – zilzilaning hisobiy koeffisienti;  $S_x^0(z)$  – yotiq holatda ta'sir etuvchi zilzila inersiya kuchining o'lchovsiz miqdori, taqribiy hisoblashlar uchun 2.5 rasmdan olinadi.

Tadqiqotlar natijasi korsatishicha to'g'on sirtini qo'shimcha yuklash gruntning ishqalanish koeffisientini, yoki qatlamlab siljishga qarshi koeffisientning miqdorini tahminan 2 baravarga oshiradi (2.6 b rasm).



**2.6 rasm.** Gruntli to'g'onning sirtqi aшыosi turg'unligini qatlamlab siljishga hisoblashga oid chizma. a- tashqi yuksiz holatdagi aшыoning zarralari; б- tashqi yuk ostidagi aшыoning zarrachalari.

Ma'lumki tebranish jarayonida grunt zarralarining zichlashuvi uchun ularning o'zaro siljishi lozimdir. To'g'on sirtini qo'shimcha yuklash esa zarralar aro ishqalanish kuchini ortishi bois bunday siljish yusaga kelishini oldini oladi. Shuning uchun ushbu tadbir to'g'on tarkibidagi gruntlarning zichlanishiga qarshi qo'l keluvchi oddiy usullardandir.

To'g'on sirtiga qo'yiladigan yukning balandligi quyidagi ifoda orqali belgilanadi:

$$h = \frac{\sigma_n}{\gamma} \quad (2.16)$$

bunda  $\sigma_m$  -tebranish jarayonida grunt zichlanishini cheklovchi tik yo'nalgan zo'riqish. Hisoblarda uning o'rtacha miqdori  $2 \text{ tk/m}^2$  deb qabul qilinadi.

To'g'onning tepa qismidan qiyalik bo'ylab pasayishda ushbu yukning balandligi chiziqli miqdorda oshib borishi kuzatiladi ( 2.6 b rasm).

To'g'on sirtidagi yukning va tirgovich prizmaning mustahkamligi va turg'unligini hisoblash uslubi adabiyotda keltirilgan (5).

Qurilishda to'g'on qiyaligi sirtini yuklash maqsadida yirik xarsang toshlar, hamda bir necha qatlamdan iborat temir beton yotqiziqlardan foydalaniladi. Temir beton yotqiziqlarni yahlitligini saqlash maqsadida ular o'zaro birlashtiriladilar.

Shuni ta'kidlash lozimki, to'g'on qiyaligini qo'shimcha yuklash orqali uning qa'rida hosil bo'luvchi yoriqlarning oldi ham olinadi.

### **2.1.3 Zilzilabardosh to'g'onlar hisobida elastik va qoldiqli deformatsiyalarni nazarda tutish**

Hozirgi vaqtda kompyutor texnikasi keng rivijlanganligi bois ko'pqavatli temir beton va temirli ramalarning yuk ko'targich qurilmalarida yuzaga keluvchi yumshoq sharnirlarni nazarda tutib hisoblash kengayib bormoqda. Bunday hisoblashlarda haqiqiy zilzilalarning akselerogrammalaridan foydalaniladi. Shu bilan birga ta'sir yuki va deformatsiya bilan bo'g'liq chizmalar ham qo'l keladi ( Indikator diagrammalari).



Mazkur usul yordamida gruntli to'g'onlarni ham hisoblash mumkin, bunda to'g'onning ko'ndalang kesimini uzluksiz yotiq qatlamlardan iborat deb qabul etmoq darkor (Diskret hisob chizmasi). Ajratilgan qatlama ta'sir etuvchi ko'ndalang yoki bo'ylama kuchlarning siljishga nisbati chizmada ifodalanadi. Uning yordamida cheksiz erkinlik darajali turkumlar uchun tuzilgan kompyutor dasturidan foydalanish mumkin. Hisoblashlar natijasi bunday usul yordamida to'g'onning zilzilabardoshligini aniqlash darajasi ancha yuqori ekanligidan dalolat beradi.

Bu esa o'z navbatida hisoblash dasturiga akselerogrammasi kiritilgan zilzilaning xoxlagan vaqtda siljish bo'laklarga ta'sir etuvchi inersiya kuchi va zarralar tezlanishini aniqlashga qo'l keladi.

Shunday qilib, to'g'on tanasiga yoki uning ayrim qismlariga ta'sir etuvchi zilzila inersiya kuchining miqdorini aniqlash imkoniyati yaratildi. Bu esa to'g'onning yotiq va tik yo'nalgan qoldiqli siljishini aniqlashga va u orqali suvdan himoyalash to'siq'ining (diafragma) mustahkamligini tekshirishga imkoniyat yaratadi.

Qiyalikning siljiyotgan segmentsimon shakli sof yumshoq jism diagrammasiga bo'ysinuvchi bir darajali erkinlikka ega yahlit turkum deb qarash imkonini beradi. Bu esa o'z navbatida zilzilaning o'rtacha qiymatiga mos siljuvchi segment yuzali qism harakatiga oid masalani kompyutor yordamida hal etish imkonini yarataadi. Undan tashqari harakatlanayotgan qismning zilzila so'ngida erishiladigan qoldiqli siljish miqdorini ham aniqlash imkoni tug'iladi.

Hozirgi vaqtda yuqorida bayon etilgan usulning amaliyotda biroz cheklanganligini etirof etmoq darkor. Buning asosiy sababi 7 va undan yuqori balli zilzilalarning qoya gruntlarga ta'sirini ifodalovchi akselerogrammalarning kamligidir.

## **2.2 Yoysimon to'g'onlar**

Ma'lumki, yoysimon shakldagi to'g'onlar asosan betondan barpo etiladilar. To'g'on hajmini kamaytirish maqsadida ashyosining siqilishga qarshiligidan unumli foydalanishga harakat qilinadi.

Yoysimon to'g'on barpo etish uchun quyidagi sharoitlar mavjud bo'lmoqligi darkor: qurilish uchun moljallangan joyning nisbatan tor bo'lmoqligi va inshoot osti va yonidagi tog' jinslarining yuqori sifatlilikligi va h.

Mazkur to'g'onlarga asosiy ta'sir etuvchi yuk unga tik ta'sir etuvchi gidromuvozanat bosimdir. Bu esa o'z navbatida yoyning eng oddiysi –aylana shaklidan foydalanishga imkon beradi. Gidromuvozanat bosimining qiymati chuqurlik bo'ylab oshib borishi yoysimon qurilmaning ostki oraliq masofasini kichrayib borishi hisobiga bostiriladi. Ko'p hollarda bunday qurilmaning tayanch qismidagi ko'ndalang kesim uchburchak yoki trapetsiya shaklida loyihalanishi bois to'g'onning umumiy hajmi tejaladi.

Zilzila turli tomondan ta'sir etishiga qaramay yoysimon qurilmaning turg'unligiga sezilarli natija ko'rsatmasligi ma'lum. Bundan esa yoysimon qurilmalarni zilzilabardosh ekanligi haqida hulosa kelib chiqadi. Biroq ularning chidamliligi ashyosi bo'lmish betonning mustahkamligiga,ayniqsa uning cho'zilishga nisbatan pishiqligiga bog'liqdir.

Bu masala so'nggi yillarda turli mamlakatlar mutaxassislarini etiborini o'ziga jalb qilib keldi. Turli modellar yordamida ularning o'tkazgan tadqiqot ishlari yoysimon qurilmalar ashyosining cho'zilishga ishlashi tebranma harakat jarayonida muhim rol o'ynashini tasdiqlaydi.

Shu bilan birga yoysimon to'g'onlarning muvozanat hisobi ancha rivojlanganligini etirof etmoq darkor. Bunday hisoblar natijasi mazkur to'g'onlarni iqtisod jihatdan arzon bo'lishini ko'rsatadi. Shuning uchun bunday qurilmali to'g'onlar zilzila sodir bo'ladigan tegralarda ham qurilishi ko'payib bormoqda. Ammo,zilzilaning yoysimon to'g'onlarga ta'siri hozirgacha mukammal o'rganilmagan.

O'tgan asrning oxirlariga kelib dunyoning ko'plab seysmik tegralarida 50dan ortiq yoysimon qurilmali to'g'onlar barpo etilgan (Yaponiya, AQSh, Italiya, Portugaliya va b.) bo'lib ularning balandligi 50-215m ni tashkil etadi.

Amaliy kuzatuvlar natijasi,yuqorida ta'kidlaganimizdek,yoysimon to'g'onlarni zilzilaga chidamli ekanligidan darak beradi. Misol tariqasida

Italiyadagi Korfino to'g'onini keltirish mumkin. Temirbeton qurilmali bu yoysimon to'g'onning balandligi 35 m, radiusi 28m, asos qismining qalinligi 5,5 m ni tashkil etadi. Kuchli zilzila ta'sirida ko'plab bino va inshootlar zarar ko'rganiga qaramay ushbu to'g'on beshikast saqlanib qoldi. Huddi shunday holatni u yerdagi Turrite –di Ballikano (balandligi 42m), Lyumeg (135m), Pyave-de Kadore (112m) va Vab Gallina (92m) to'g'onlarida ham kuzatish mumkin.

Ma'lumki, yoysimon qurilmani barpo etishda hamma vaqt ham o'ta sifatli (yuqori ko'rsatkichli) betondan foydalaniladi. Shunga qaramay kuchli zilzila sodir bo'luvchi tegralarda loyihalannuvchi inshootlarni qo'shimcha tebranish ta'siriga hisoblash talab etiladi. Bunda mustahkamlik hisobi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi: to'g'onning tebranish chastotasi (davri) va erkin tebranish holati; zamonaviy nazariya asosida zilzilalarning inersiya kuchini aniqlash; to'g'onning bosimli yuzasiga nisbatan suvning seysmik bosimi miqdori va to'g'onning tag qismi hamda ko'ndalang kesim yuzasining qo'shimcha ta'sirga turg'unligi va h.

Ulardan tashqari to'g'on qa'ridagi gruntnlarning zo'riqish holatini hisobi ham talab etiladi. Bunga sabab muvozanat yuklari ta'siridagi zo'riqish grunt zo'riqishi bilan birlashib betonning siqilish va cho'zilishga mustahkamligiga aks ta'sir ko'rsatishidir.

Va, nihoyat, yoysimon to'g'onlarni umumiy sharoitlarda zilzila ta'siriga turg'unligini hisoblash ham talab etiladi.

Nazariy hisoblarda oddiy muvozanat holatidagi yoysimon to'g'onlar quyma tarzida barpo etilgan fazoviy qurilma deb faraz qilinadi.

Bu esa to'g'onning o'ta murakkab hisobini ancha yengillashtiradi, shu bilan birga bunday faraz amaliyot uchun asoslidir. Ma'lumki, to'g'onga quyilgan beton qotish jarayonida kirishishi bois harorat choklari hosil bo'lishi mumkin. Bunga qarshi chora sifatida to'g'on tik yo'nalish bo'ylab 10-15 m kenglikdagi alohida to'plam (blok) lar shaklida barpo etiladi. Quyilgan beton qotgach bloklar orasidagi choklar beton yoki sement quyqasi yordamida to'ldiriladi.

Shu bilan birga to'g'onning mustahkamligi yotiq yo'nalish bo'ylab turlicha bo'lib qoladi. Buning asosiy sababi beton bloklarining orasini to'ldirishda temir

o'zaklar ishlatib bo'lmasligidir. To'g'ondan foydalanish davrida ham harorat ta'sirida bloklar aro choklar qayta yorilishi mumkin.

Zilzila vaqtida dinamik yukning eng yuqori qiymati yoyning tepa qismiga, yani eng kam miqdordagi gidromuvozanat bosimli joyda kuzatiladi. Shu bois zilsilaning ta'siri choklarni yetarlicha siqishga, yani yuqori bief tomon yo'nalgan seysmik kuchlardan yuzaga keluvchi cho'zuvchan zo'riqishlarni hosil bo'lishini to'xtata olmaydi. Bu esa o'z navbatida, betonli yoysimon to'g'onlarni zilzila jarayonida yaxlit quyma qurilma deb hisoblashga imkon bermaydi.

Ammo, amalda bunday holat faqat yoysimon qurilmaning ustki qismida yuz berib, ostki qismlarida esa gidromuvozanat bosimning ta'siri ko'p bo'lganligi sababli qurilma yaxlit holatda ishlaydi. Yuqori qismdagi choklarni yaxlitligini ta'minlash maqsadida qurilish jarayonida turli tadbirlar qo'llanilishi mumkin. Masalan, yotiq holatdagi temir o'zaklar va h.

*Yoysimon to'g'onlarning zo'riqish holati va tebranishini hisoblash usuli.* Bunday to'g'onlarni muvozanat holatda hisoblashda birnecha usullar mavjud bo'lib, ularning aniqlik darajasi turlichadir. Shu bois to'g'onning zo'riqish deformatsiyasini baholashda loyihachilar birnecha usuldan bir vaqtda foydalanadilar. Natijalarni taqqoslagach va tegishli tajriba tadqiqotlarni o'tkazgach yakuniy hulosaga kelinadi.

1.11 va 1.12 ifodalardan foydalanish uchun oraliq 1.7 ifodani qo'llash lozim. Bu o'z navbatida to'g'onning diskret hisobiy chizmasini talab etadi. Buning uchun to'g'on va ombordagi suvning massalarini inshoot o'rtasidagi belgilangan nuqtalarga keltirish lozim. Bundan tashkil topgan har bir katakchalarning og'irlik markaziga to'plangan massalar miqdori muvozanat yuklarini hisoblash yordamida aniqlanadi. To'g'onning diskret hisobiy chizmasidan foydalanish murakkab (radial, tangensial) shakldagi erkin tebranishlarning chiziqli ifodalaridan foydalanishni taqazo etadi. Masalan to'g'onda belgilangan nuqtalardagi siljish yordamida quyidagi tenglamalarni echish orqali erkin tebranishlarning i-nchi shakl ordinatalarini aniqlash mumkin:

$$\left. \begin{aligned} (M_1^0 \omega_i^2 \Delta_{11} - 1)u_{i1} + M_2^0 \omega_i^2 \Delta_{12} u_{i2} + \dots + M_n^0 \omega_i^2 \Delta_{1n} u_{in} &= 0 \\ M_1^0 \omega_i^2 \Delta_{21} u_{i1} + (M_2^0 \omega_i^2 \Delta_{22} - 1)u_{i2} + \dots + M_n^0 \omega_i^2 \Delta_{2n} u_{in} &= 0 \\ \dots & \\ \dots & \\ M_1^0 \omega_i^2 \Delta_{ni} u_{i1} + M_2^0 \omega_i^2 \Delta_{n2} u_{i2} + \dots + (M_n^0 \omega_i^2 \Delta_{nn} - 1)u_{in} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.17)$$

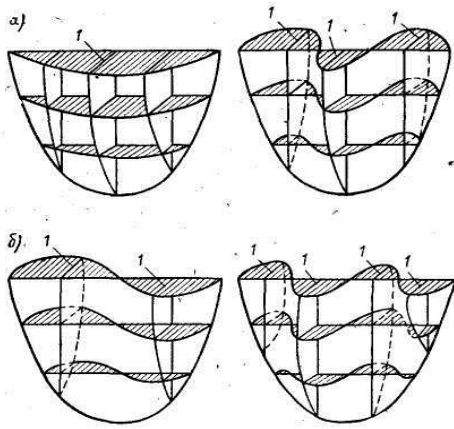
To'g'oning  $i$ -nchi erkin tebranishiga oid aylanma chastota quyidagi tenglamani ildizi sifatida aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} (M_1^0 \omega_i^2 \Delta_{11} - 1); M_2^0 \omega_i^2 \Delta_{12}; \dots; M_n^0 \omega_i^2 \Delta_{in} \\ M_1^0 \omega_i^2 \Delta_{21}; (M_2^0 \omega_i^2 \Delta_{22} - 1); \dots; M_n^0 \omega_i^2 \Delta_{2n} \\ \dots \\ \dots \\ M_1^0 \omega_i^2 \Delta_{n1}; M_2^0 \omega_i^2 \Delta_{n2}; \dots; (M_n^0 \omega_i^2 \Delta_{nn} - 1) \end{aligned} \right\} \quad (2.18)$$

Yuqoridagi ifodalarda  $M_1^0; M_2^0; \dots; M_n^0$  -to'g'oning diskret hisobiy chizmasiga mos keluvchi yakka holatdagi umumiy massalar. Har bir massa quyidagi yig'indidan iborat:

$$M_i^0 = M_j + M'_j + M_s \quad (2.19)$$

bunda  $M_j; M'_j$  va  $M_s$  -to'g'oning hususiy og'irligidan, qo'shimcha yuklardan va suvning dinamik bosimidan hosil bo'luvchi yakka holdagi massalar (keltirilgan massalar);  $u_{i1}; u_{i2}; \dots; u_{ij}; \dots; u_{in}$  - inshootning tik va yotiq yonalish bo'ylab elastik siljishi ( $1, 2, j, \dots, n$  nuqtalardagi  $i$  shakldagi hususiy tebranishlar);  $\Delta_{jk} - k$  nuqtaga qo'yilgan yagona yuk ta'sirida inshootning  $j$  nuqtasidagi elastik siljish.



**2.7 rasm.** Yoysimon to'g'onlarning erkin tebranish shakllari.

a-mutanosib tebranish; b-nomutanosib tebranish.

Yuqoridagi ifodalar yordamida hisob bajarilgach hosil bo'lgan zilzila kuchiga suvning tebranish jarayonidagi bosimi qo'shiladi. 2.7 rasmda yoysimon to'g'onning erkin tebranishiga oid mutanosib va nomutanosib shakllar ko'rsatilgan.

Ifodalar asosiga qo'yilgan muvozanat hisoblash usuli yordamida to'g'onning o'rta qismiga ta'sir etuvchi tik va yotiq zoriqishlar miqdorini aniqlash ham talab etiladi.

### 2.3 Betonli gravitasiya to'g'onlari

Bunday to'g'onlarni barpo etish uchun homashyoni ko'p sarf bo'lishiga qaramay kelajakdagi asosiy qurilish ob'ektlaridan bo'lib qolsa ajab emas. Chunki bunday to'g'onlarni loyihalashtirish va barpo etish o'tgan asrning so'nggi o'n yilliklarida dunyo miqyosida ko'payib ketdi. Faqat zilzila sodir bo'luvchi tegralarda so'nggi 15-20 yil ichida balandligi 60-180m va undan ziyod bo'lgan 80 dan ortiq betonli to'g'onlar barpo etilishi yuqoridagi fikrimizning dalilidir.

Betonli gravitasiya to'g'onlar rivojlanishining yana bir sababi foydalanishda bo'lgan bunday inshootlarni kuchli zilzilalar ta'sirida shikastlanmaganligidir. Masalan, 7-8 balli zilzilani beshikast o'tkazgan AQSH ning Kaliforniya shtatidagi Grand-Kuli (198m), Shasta(184m) ; Aljirdagi 100m lik; Yaponiyadagi 30-70m balandlikdagi 12 ta to'g'onni keltirish mumkin. Bu to'g'onlarning barchasi zilzila ta'siriga (muvozanat nazariya asosida) hisoblanganlar.

Betonli to'g'onlar tebranishlarining chastota va erkin tebranish holatini tadqiqotlash o'tgan asrning 70-80 yillaridan boshlandi. Suvning seysmik bosimi ta'sirida elastiklik chegarasini aniqlash sohasida ham ma'lum yutuqqa erishilgan. Mazkur sohada chiziqli dinamik nazariyaning spektr usulini qo'llashga qaratilgan bu urinishlar hozirgi vaqtga kelib yahshi natija berdi.

Betonli gravitasiya to'g'onlarini zilzila ta'siriga hisoblash quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi: to'g'onning bosimli sirtiga ta'sir etuvchi inersiya kuchlari va suvning seysmik bosimini aniqlash; to'g'onning zamin bo'ylab siljishga turg'unligini baholash; to'g'onning mustahkamligini (zo'riqish holatini) hisoblash.

Mazkur bosqichlarning barchasini hisoblashda zilzilaning to'g'onga nisbatan ta'siri ham uzunlik, ham ko'ndalang holatda deb qaraladi. Zarurat bo'lganda zilzilaning tik ta'sirini ham nazarda tutmoq darkor.

*Erkin tebranish va zilzila ta'sirini aniqlash.* Erkin tebranish chastotasi (davri) va tebranishlar shaklini aniqlash uchun hisobiy chizma belgilashda quyidagi engillashtiruv usullari qo'llaniladi. Bloklar aro choklar ajratgan qismlar tik va ko'ndalang yo'nalishlar bo'ylab bir biriga bo'g'liq bo'lmagan holatda tebranadilar deb faraz qilinadi. Bo'ylama yo'nalishda esa bloklarning o'zaro sust bo'g'langanligi bois alohida o'rganishni talab etadi. To'g'onning ko'ndalang kesimiga teng va qalinligi bloklar orasidagi masofaga monand bo'lgan konsol turkum hisoblanadi. Bu usul yordamida zilzila kuchini aniqlash muvozanat nazariyaga taaluqlidir. Unda chastota va erkin tebranish shakli kabi dinamik ko'rsatkichlar nuqtaiy nazaridan kelib chiqib to'g'onning eng kam mustahkamlik va turg'unlikka ega qismi –yuqori qismidir. Ammo zilzilabardoshlikning spektral dinamik nazariyasi nuqtaiy nazaridan qaralsa yuqori qism mustahkamlik va turg'unlik jihatidan noqulay bo'lmasligi mumkin. Shu bois turli balandlikdagi bir necha bloklarni tahlillash maqsadga muvofiqdir.

Agar eniga keng bo'lgan gruntli to'g'onlarning erkin tebranishini baholash uchun siljish deformatsiyasini aniqlash lozim bo'lsa, huddi shunday o'lchamga ega

bo'lgan betonli gravitasiya to'g'onlarda esa egilish va siljish deformatsiyalarini hisoblash talab etiladi.

Bu holat betonli gravitasiya to'g'onlar tebranishining chastota (davr) va erkin tebranish shaklini aniqlashda ancha murakkablik tug'diradi. Chunki mazkur ko'rsatkichlar eng kamida 5-7 tebranishlar uchun aniqlanishi lozim. Buning ustiga hosil bo'luvchi differensial va integral tenglamalar turkumini echimi murakkab bo'lib amaliy masalalarni hal etishda qo'l kelmaydi.

Shu bois hozirgi vaqtda tebranishlar chastotasi (davri) va erkin tebranma harakat shakli faqat uchburchakli prizmatik tiqinlar uchungina hal etilgan.

To'g'on turg'unligining hisobi. Zilzilabardoshlikning dinamik spektral nazariyasini qo'llash natijasi to'g'oning yuqori qismida zilzila kuchini katta miqdorli ekanligini ko'rsatdi. Shu bois bloklar aro choklar bo'ylab to'g'oning mustahkamligini aniqlash masalasi asosiy o'ringa ko'tariladi.

Qisqa to'lqinli zilzila tasirida betonli gravitasiya to'g'onlarining tayanch qismida davriy (siklik) holatda tez o'zgaruvchi zo'riqishlar hosil bo'lishi mumkin. Bunday holatni hisobga olish uchun, odatda, to'g'oning silgishga qarshiligini baholashdagi ishqalanish koeffisienti miqdorini 30-40% ga kamaytirish tavsiya etiladi.

To'g'onning har bir alohida bo'lagiga ta'sir etuvchi zilzila kuchini aniqlash uchun: to'g'oning tag yuzasida hosil bo'luvchi qirquvchi kuchni; to'g'oning yuqori qismiga tik va yotiq yo'nalgan suv bosimini; to'g'oning ostki qismiga ta'sir etuvchi suvning tik va yotiq bosimini nazarda tutmoq lozim.

To'g'oning yuqori va ostki qismlariga ta'sir etuvchi suvning tik va yotiq bosimlari turlicha, yani musbat va manfiy bo'lishi mumkin.

Betonli gravitasiya to'g'onlar qisimlarini ko'ndalang yo'nalish bo'ylab turg'unligini ham tekshirish talab etiladi. Bo'ylama yo'nalish bo'yicha esa tag yuza aro silgishga tekshirishdan tashqari ag'anashga turg'unligini ham aniqlash lozim.

Ba'zi mutahassislar mazkur to'g'onlarning zilzillaga turg'unligini hisoblashda ta'sirning nafaqat yotiq, balki tik tashkil etuvchisini ham hisobga



olishni tavsiya etadilar. Bunda ular tik yo'nalishga oid yangi zilzila koeffitsentini kiritadilar. Bu koeffitsentning miqdori yotiq yo'nalishnikidan bir muncha kichikdir.

So'nggi yillarda to'g'on uchun eng havfli zilzila yo'nalishini ko'mputerda ainqlash va uni ifodalovchi zilzila koeffitsentini qo'llash fikri olg'a surilmoqda. Shu bilan birga o'ta baland gravitasiya to'g'onlarning mustahkamligi va turg'unligini oshirish maqsadida bloklar orasidagi choklarni sifatli ashyolar yordamida yamash usullari ham qo'llanmoqda.

Shuni takidlash lozimki bunday muhandislik tavsiyanomalar zilzila, harorat va boshqa ta'sirlar ostida to'g'on elastik holatda bo'lgandagina o'zini oqlashi mumkin. Har qanday sharoitda ham geologik nuqtai nazardan qulay o'rnini topish asosiy vazifa bo'lib qoladi. To'g'on quriladigan tegrada tog' jinslarining yahlitligi va bron-bir o'zgarishga (deformasiyaga) olib keladigan tektonik buzilishlar bo'lmasligi muhimdur.

Betonli gravitasiya to'g'onlarini buzulish bosqichigacha bo'lgan jarayonda elastik jism deb qarash mumkin. Ammo, to'g'onning zamin bo'ylab siljishi, yoki bloklar orasidagi choklarning buzilish holatlari bundan istisnodir. Ularning tebranishlari elastik va qoldiqli deformatsiya shaklida yuz beradi. Shuning uchun zilzilaning davomiyligini hisobga olish uchun xaqiqiy akselelogrammalardan foydalanish orqali qoldiqli siljish deformatsiyasi baholanadi.

*Betonli gravitasiya to'g'onlarni loyihalashda zilzila ta'sirini nazarda tutishga oid tadbirlar.* Betonli gravitasiya to'g'onlari ag'anashga nisbatan eng turg'un to'g'onlardan hisoblanadi. Zilzila ta'sirida yuz berishi mumkin bo'lgan bloklar aro ko'ndalang yoki bo'ylama siljishlar ularni halokatga olib kelmaydi.

Zilzila kuchini to'liq hisobga olinmagan taqdirda to'g'onning zaminga nisbatan zahira turg'unligi kamayib ketganda ham umumiy halokat yuz bermaydi. Chunki bunday holat ba'zi eng noturg'un bloklar bilan bog'liq bo'lib, ularning shikastlanishi to'g'onning umumiy holatiga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi.

Mazkur to'g'onlarni o'ziga hos afzallika olib keluvchi yana bir holat ularda hosil bo'luvchi ikki yo'nalishlar, yani: yotiq zilzila ta'siri bilan suvning gidro-

muvozanat bosimi yonalishlarining mos kelishidir. Shu bois zilzila ta'siri bu ma'noda ham inshoatning buzilishiga olib kelmaydi.

Yuqorida aytilganlar kuchli zilzila sodir bo'luvchi tegralardagi betonli gravitasiya to'g'onlarining turg'unligini ta'minlash uchun asosan qurilmalarda engil tadbirlarni qo'llash kifoya bo'lishini bildiradi. Tadbirlar quyidagilardir:

1. To'g'onning siljishga nisbatan turg'unligini oshirish maqsadida uning zaminini maxsus tayyorlash: qoya gruntlardagi tashqi ta'sirlarga uchragan bo'sh qatlamlarni olib tashlash; betonlash oldidan zamin sirtini yahshilab tozalash; to'g'on tag yuzasini zamin sirti bilan birikishini alohida kuzatib borish.

2. To'g'on mustahkamligiga aks ta'sir ko'rsatuvchi harorat va ashyoning kirishishga olib keluvchi deformatsiyalarni yuzaga kelishiga qarshi chora tadbirlar: to'g'on choklari va betonning qotishini loyihadan chetlashuviga yo'l qo'ymaslik. Qurilish jarayonida ularni nazoratda tutish.

3. Betonning chozilishga qarshi mustahkamligi va deformatsiya ko'rsatkichlarini oshirish tadbirlari: tayyorlashda, yotqizish va kuzatuvda zamonaviy texnologiyalardan foydalanish; agar lozim bo'lsa to'g'onning yuqori qismini sifatli o'zaklash; harorat va kirishish deformatsiyalariga qarshi choralarni qo'llash va h.

4. To'g'on qa'rida joylashuvchi inshootlar (suv tashlagich yo'laklari, paternlar, suv o'tkazish yo'llari va b.) zilzila jarayonida atrof gruntda yoriqlar hosil bo'lishiga olib kelishi mumkin. Shu bois bunday inshootlarning chegarasi tekis holatda bo'lmoqligi va yahshilab o'zaklanishini ta'minlash talab etiladi.

## **2.4 Kontrofors to'g'onlar**

Kontrofors to'g'onlarning quyidagi turlari mavjud: bosim ostidagi tekis yopqichli; yahlit va uzuq kontroforsli koparkali; sergumbazli va og'ir kontroforsli (yakka va juftlangan kontroforsli) to'g'onlar. Quyida bu to'g'onlarni zilzila ta'siriga hisoblash va tiklash masalalari yoritiladi.

Ma'lumki kontroforsli to'g'onlarning zamin bo'ylab siljishiga qarshi turuvchi og'irlik mavjud emas. Ammo kontroforsning yuqori qismining nishabligi va gidromuvozanat yukning tik yo'nalishi bo'ylab tashkil etuvchisi bunday holatni o'rnini bosish uchun hizmat qiladi.

Shu bilan birga to'g'on qoya gruntlarda barpo etilishi bois uning turg'unligi bunday holatda sizish bosimini bo'lmasligi bilan ham ta'minlanadi.

Yotiq holatdagi bikrlilik to'sini (temirbeton to'g'onlarda) va bo'ylama egilishga qarshi qoyilgan to'siqlar (diafragma) mazkur to'g'onlarda yuk ko'taruvchi qurilma vazifasini o'taydilar. Shunday qilib kontrofors to'g'onlar (ayniqsa temurbeton nushasi) qurilmalarini muvozanat holatda ham murakkab ekanligini etirof etish lozim.

Ammo shunga qaramay ular iqtisod jihatdan eng qulay bo'lganligi bois nafaqat oddiy holatda, balki zilzila sodir bo'luvchi tegralarda ham keng qo'llanib kelinmoqda. So'nggi 10 yil ichida dunyoning seysmik tegralarida turli balandlikdagi (70-130m) o'ndan ziyod shunday tog'onlar barpo etilgan.

Kontrofors to'g'onlari zilzila sodir bo'luvchi davlatlarda ilgari vaqtda deyarli qurilmaganligi sababli ularni zilzilabardoshligi haqida jida kam ma'lumot bor. Ilmiy adabiyotlarda faqat ikki to'g'on haqida ma'lumot berilganligini guvohi bo'ldik. Ularning biri Meksikadagi 76m balandlikdagi Rodrigues to'g'oni. Qoya grunt ustida barpo etilgan to'g'on juftlangan kontrofors va bosimli temirbeton yopqichli qurilmadan tashkil topgan. Ikkinchisi 1930 yilda Yaponiyada qurilgan balandligi 30m Honen Ike to'g'onidir. Mazkur inshoot ham qoya grunt ustida barpo etilgan. Bu ikkala to'g'on ham 7 balli zilzila ta'sirini beshikast o'tkazganlar.

Kontrofors to'g'onlarining tebranish chastotasi va erkin tebranishlarini o'rganish asosan tebranma uskunalarda nushalar (modellar) yirdamida olib boriladi. Bu esa mazkur to'g'onlarni hisoblashda zilzilabardoshlikning dinamik nazariyasini qo'llash maqsadida o'tkaziladi.

*Bosimli temirbeton yopqichli kontrofors to'g'onlar.* To'g'on uzunligi bo'ylab yonalgan tebranishlar ta'sirida kontrofors to'g'onlari ag'anashga va egilishga nisbatan mustahkamligini ta'minlayolmaydi. Buning asosiy sababi shu

yo'nalish bo'yicha kontroforsning nisbiy qalinligini yetarli emasligidir. Shu bois mazkur to'g'onlarning qurilmalariga bikrlilik holatini yuzaga keltiruvchi maxsus tirgaklar qo'llaniladi. Bu tirgaklarning bir uchi qirg'oqqa mahkamlanishi nazarda tutiladi.

Qanday qurilmaligidan qat'iy nazar kontrofors to'g'onlar zilzila ta'siriga nisbatan bo'linmas turkum holida namoyon bo'ladi. Turli balandlikdagi kontroforslar qirg'oq bo'ylab yo'nalgan tebranma yuk ta'siriga uchraydi va bu yuqorida aytilgan tirgaklar orqali qabul qilinadi. Demak tirgaklarning asosiy vazifasi zilzila ta'sirida vujudga keluvchi qirg'oq bo'ylab yo'nalgan siqilish va cho'zilish deformatsiyalarni qabul qilishdir.

Qurilish texnikasi nuqtai nazaridan mazkur to'g'onlar noaniq muvozanatli fazoviy uzluksiz turkum hisoblanadilar. Bunday turkumning asosiy qismi tirgakli o'zak va tekis qism (kontrofors) dan tashkil topadi.

Mazkur to'g'onlarni fazoviy qurilmadan iborat ekanligini nazarda tutsak ularni hisobi qurilish texnikasi qonunlari asosida bajariladi.

Ko'p hollarda nazariy hisoblar bilan birga nusha (model) tadqiqotlari ham o'tkazish talab etiladi. Bunda temirbeton kontrofors to'g'onlarining qurilmalarini hayolan bir o'lchamli yoki ikki o'lchamli hisoblash qismlarga bo'lib soddalashtirish mumkin.

Bunday tavsiyani mutahassislar kontrofors to'g'onlarining o'zida ham qo'llashni tavsiya etganlar. Zilzila ta'sirini engil qabul qiluvchi oddiy shakillarga bo'lish, odatda zilzilabardoshlikning asosiy talablaridan biridir. Beton to'g'onlariga oid bunday tadbirni qo'llash hosil bo'ladigan choklarning ikki tomonida ham kontroforslar nazarda tutilishini talab etadi. Bunda kontroforslar bosimli qoplama va tirgovichlar yordamida o'za'ro biriktiriladi. Mazkur takliflarni amalda kam qo'llaniladi. Uning sababi uzoq yillar davomida amaliyotda o'z o'rini topgan qurilmani tubdan o'zgartirishni hohlamaslikdir.

Alohida bloklarga bo'lingan temirbeton kontrofors to'g'onlarini hisoblash usulini tahlillaymiz.

Tik yo'nalish bo'ylab o'zgaruvchan kesimli temirbeton taxta shaklidagi yopmaning erkin tebranish shakli va chastotasini aniqlash uchun qurilish mexanikasining hisoblash ifodasidan foydalanish mumkin. Taxtaning og'irlik markazidan o'tuvchi yotiq kesim o'zgarmas qalinlik sifatida qabul qilinadi. Suv bosimining yuqori biefga tasiri betonli gravitasiya to'g'onidak qo'shimcha yuk shaklida asosiy massaga qo'shish orqali hal etiladi.

Elastik tebranishlarning shakli va chastotasiga oid aniq ifodalar adabiyotlarda mavjud. Ular, aksariyat ravvoq va gumbazsimon qurilmalar uchun taklif etilgan. Bunday ifodalarga kontrofors to'g'oniga oid o'zgarmas qalinlikni kiritsak bosimli serravoq va gumbazsimon yopmalarni hisoblash mumkin bo'ladi. Mazkur qurilmalar dinamika nuqtai nazaridan biki hisoblanganligi bois zilzila inersiya kuchini aniqlashda hususiy tebranishning dastlabki ikki qismini nazarda tutish kifoya qiladi. Hususiy tebranishning mutanosib va nomutanosib holatlari tez-tez uchrab turadi. Shuning uchun serravoq va gumbazli yopmalarni hisoblashda zilzila inersiya kuchini daryo oqimi bo'ylab va unga ko'ndalang yo'nalishda aniqlash maqsadga muvofiqdir. Daryoning bo'ylama va ko'ndalang oqimi yo'nalishi bo'yicha kontroforsning erkin tebranishi hamda chastotasini (davr) hisoblash ham diskret hisobiy chizmalar yordamida bajariladi. Bunda tebranishning ikkala yo'nalishida tirgaklarning elastiklik hususiyatini (boylama yo'nalishda egilishga, ko'ndalangida esa siqilish –sho'zilishga) nazarda tutmoq lozim bo'ladi. Mazkur elastik hususiyatlar kontroforsning siljishini baholash uchun tuziladigan 2.17 va 2.18 tenglamalarda o'z ifodasini topgan. Kontroforslarga ta'sir etuvchi zilzila yuki ma'lum bo'lgach hisoblash maqsadida undan tik tekkislik yordamida bir bo'lak ajratib olishimiz mumkin. Ajratilgan bo'lakda tirgak va bosimli yopmada harakatlanuvchi: o'q bo'ylab , eguvchi, ko'ndalang va aylantiruvchi va h. ichki kuchlarning ta'siri hisobga olinadi.

Shunday qilib, kontroforsdan ajratib olingan har bir bo'lakning mustahkamligi va turg'unligi bo'ylama va ko'ndalang yo'nalish bo'ylab harakatlanuvchi zilzila kuchlari bilan birgalikda yuqorida aytilgan ichki kuchlar ta'siriga ham hisoblanadi.

Og'ir kontrofors to'g'onlar. Bu inshootlar alohida mustaqil ishlovchi bo'laklarga bo'lish talablariga to'liq javob beradi. Shu bois ular qurilmalariga o'zgartirish kiritilmasa ham zilzila ta'siriga chidamlidirlar.

Mazkur to'g'onlarning zilzilaga mustahkamligi va turg'unligini ta'minlash maqsadida daryo oqimiga ko'ndalang yo'nalishda ularni juftlab umumiy poydevorga o'rnatish va lozim bo'lganda bloklar orasiga bikrik hosil qiluvchi qismlar o'rnatish kifoya qiladi.

Bunday to'g'onlarning ko'ndalang o'q bo'ylab erkin tebranishi va chastotasi betonli gravitasiya to'g'onlarga oid uslub yordamida olib boriladi.

Bo'ylama o'q aro erkin tebranish va chastotasini aniqlash to'g'onning yahlit va alohida uchburchak shakli uchungina mavjud. So'nggi yillarda to'g'onning bu turiga zilzilabardoshlik nuqtai nazaridan alohida etibor qaratilmoqda.

Kontrofors to'g'onlar zilzilabardoshligiga oid tadbirlar. Mazkur to'g'onlarni zilzila ta'siriga hisoblash bilan birga qo'llaniladigan ba'zi amaliy tadbirlar ham mavjud. Temirbetonli kontrofors to'g'onlarning turli tekisliklarda (sath) joylashuvi va ularda turli bikrikka ega yuk ko'taruvchi qismlarning mavjudligi ularni hosil hususiyatlaridandir. Bunday qismlarga: kontroforslar, arka yoki yopmalar, to'sinlar, tirgaklar va b.lar kiradi. Yuk ko'taruvchi bu qismlar murakkab zo'riqish sharoitida (egilish, siqilish-cho'zilish va aylanish) ishlashga majbur bo'ladilar.

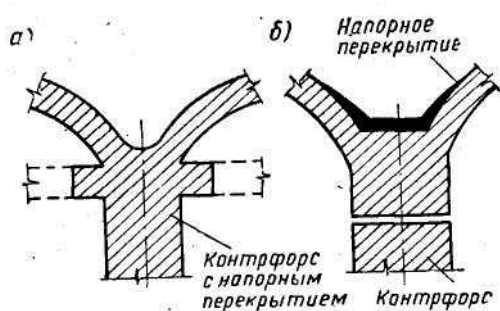
Undan tashqari to'g'onning qismlari aro zilzila inersiya bosimi turlicha (ayniqsa, ularni tutashgan joyida) tarqalishi kuzatiladi.

Yuqorida ta'kidlaganimizdek temirbeton kontrofors to'g'onlar qurilmasi seysmik jihatdan binolarning temirbetonli ramason qurilmasiga yaqin keladi. Ma'lumki, kuchli zilzilalar ta'sirida bunday binolarni buzilish holati tez-tez uchrab turadi. Masalan, rom to'sinlari, ustunlar va poydevorlar ulangan joylarida buzilish oshiq-moshig'i (sharnir) hosil bolishi evaziga yuz beradi. Huddi shunday holatlar betonlarni maydalanishi va eguvchan hamda qirquvchan kuchlar ta'siri natijasida ro'y beradi. Bunday deformatsiyalarni kontrofors temirbeton to'g'onlarda ham kuzatilishi mumkinligi ehtimoldan holi emas.

Bu va shunga o'xshashlar temirbetonli kontrofors to'g'onlarga ta'sir ko'rsatuvchi holatlarning barchasini hisoblash usullari yordamida nazarda tutib bo'lmashligidan darak beradi. Shu bois qurilmalarda qo'llaniladigan maxsus tadbirlardan foydalanish nihoyatda muhimdir.

Ammo og'ir kontrofors to'g'onlar zilzila nuqtai nazaridan birqancha qulaylikka ega ekanliklari etirof etiladi. Sababi ularni yahlit qurilmadan tashkil topganligi bo'lib, betonli gravitasiya to'g'onlari kabi qo'shimcha tadbirlar talab etmaydi.

Temirbeton kontrofors to'g'onlarida hisoblash orqali aniq nazarda tutib bo'lmaydigan bo'sh bo'g'imlarning mavjudligi ularni qoya gruntli zaminlarda barpo etishni talab qiladi. Shunday holatda zamin deformatsiyasi hisobiga yuzaga keluvchi to'g'onning cho'kishi sezilarli kamayadi.

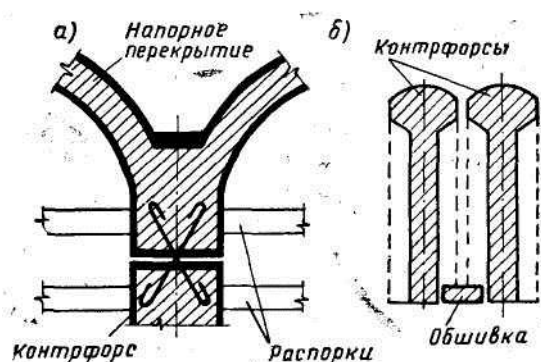


**2.8 rasm.** Bosimli yopmalarni kontroforslar bilan ulanish chizmasi.

a- quyma holatdagi ulanish; b- erkin holatdagi ulanish.

Qurilish amaliyotida qo'llanib kelinayotgan kontrofors bilan ravoqni (ark) yahlit holda biriktirish usuli (2.8 a rasm) zilzila ta'sirida o'zini oqlamaydi. Tebranish jarayonida notekis cho'kishlar va egilishlar ta'sirida to'g'on va ravoq qismida yoriqlar paydo bo'lishi mumkin.

Shu bois seysmik tegralarda barpo etiluvchi to'g'onlarda ravoq va kontroforslarni tekis sirt bo'ylab joylashtirish tavsiya etiladi (2.8b rasm). Lekin bunday holatda ham tog'onning bo'ylama yo'nalishi bo'yicha serravoqli yopmaning qurilmasini kuchaytirish lozimdir. Yani tayanch yopmalar orasida bikrlilikni ta'minlovchi yotiq to'sinlar o'rnatish tavsiya etiladi (2.9a rasm).



**2.9 rasm.** Kontrofors to'g'nlarni mahkamlash chizmasi.

a- juftlangan bikklik to'sinlari o'rnatish; b- kontroforslar orasini mahkamlash.

Zilzila jarayonida tomyopma va kontroforslarni o'zaro ta'sirini kamaytirish maqsadida ular orasida zulfinli sharnirlar o'rnatish ham maqsadga muvofiqdir (2.9b rasm).

Og'ir kontrofors to'g'onlarda zilzila ta'sirini bir tekisda tarqalishini ta'minlash, ularni burilishini oldini olish maqsadida oraliqning ostki qismida mustahkam biriktirgich qo'yiladi (2.9b rasm).

Boshqa hollarda mazkur to'g'onda ham betonli gravitasiya to'g'onida qo'llaniladigan tadbirlardan foydalaniladi.

## 2.5 Sun'iy ariqlar.

Suniy ariqlarning ikki turi mavjud: yerdan qazilgan (elektr kabellari, suv quvurlari, anhorlar, sug'orish tarmoqlari) va temirbeton ariqlar.

Bunday ariqlar qanday maqsadda ishlatilishidan qat'iy nazar zilzila ta'siriga hisob qilinadi. Elektr simlari o'tuvchi ariqlarni buzilishi elektr ta'minotini uzoq vaqtga t'o'xtatilishiga, anhor va suv tashuvchi ariqlarning buzilishi esa ko'p erlarni suv bosishga, yoki katta mablag' zarariga olib kelishi mumkin. Suv tashuvchi quvirlarni juda oz muddatga ishdan chiqishi aksariyat zilzila jarayonida yuz beruvchi yong'inlarga qarshi kurashda qiyinchiliklarga olib keladi.

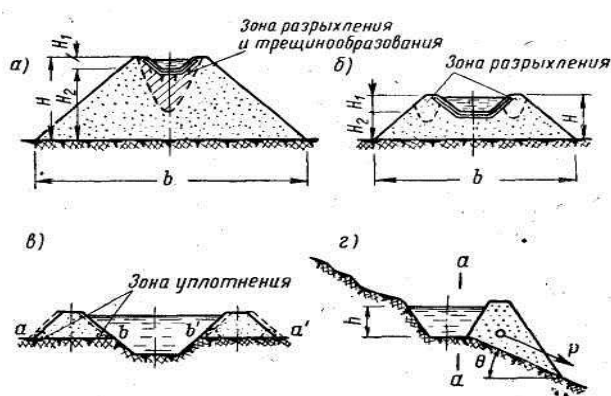
Yerdan qazilgan ariqlar. Ma'lumki ariqlar nisbatan bo'sh gruntlarda qaziladi. Bu esa kuchli zilzilalar ta'sirida ularning oson buzilishining asosiy sabablaridan biridir. Ko'pincha zilzila sodir bo'lgunga qadar yerdan qazilgan ariqlarda ma'lum darajada shikastlangan qismlar (qiyaliklarning deformatsiyalanishi; suv sizishi natijasida ular ustidagi betonli qoplamalarni



ajralishi va surilishi; gruntda turli yoriqlar mavjudligi; giyalik gruntlarining siljishga moyilligi ba b.) mavjud bo'ladi.

Prof. Napetvaridze SH.G. kuchli zilzilalar ta'siriga uchragan ariqlarning holatini o'rganib chiqib, ularda yuz beradigan qoldiqli deformatsiyalar, huddi gruntli to'g'onlarnikiga o'xshashligini ta'kidlaydi (5).

Ariqlarning zilzila ta'siriga hisoblashda asosan zilzila kuchini aniqlash (hususiy og'irlikdan hosil bo'luvchi inersiya kuchi va ariq chetlariga suvning bosimi) va aylanma silindr sirt bo'ylab ariq qiyaligini siljishini tekshirishdan iborat.



**2.10 rasm.** Zilzila ta'sirida ariqlardagi yuz berishi mumkin bo'lgan deformatsiyalar.

a-to'kma ustidan o'tuvchi ariq; b-chuqurlikdan o'tuvchi ariq; v-yarim to'kma va yarim chuqurlikdan o'tuvchi ariq; g-ariqqa seysmik kuchning ta'sir etish holatlari;

Ariqning qiyaligiga ta'sir etuvchi zilzilaning inersiya kuchi quyidagi shartlar asosida aniqlanadi: 1. Yuqori balandlikdagi to'kma grunlar ustida qazilgan ariqlarda, agar  $H > H_0$  bo'lsa ariq ko'ndalang kesimi bo'yicha gruntli to'g'onga mos keladi (2.10 a rasm). 2. Past balandlikdagi to'kma grunlardagi (2.10 b rasm) har bir ko'tarma alohida to'g'on deb qaraladi va har biriga alohida zilzila yuki ta'sir etadi. 3. Yarim jarlik va yarim to'kma grunlardagi (2.10 b rasm) ariqlarda zilzila ta'siri har bir to'kma uchun alohida aniqlanadi va ariqning jarlik qismida esa zilzila kuchi quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$S_a = k_s \gamma_q \quad (2.20)$$

bunda  $k_s$  - zilzila koeffisienti;  $\gamma_q$  - g'ovaklardagi suv bilan birga gruntning zichligi.

2.19 ifoda yordamida jarlikdan o'tuvchi ariqlarni ham hisoblash mumkin. Bunday hollarda ariq qirg'oqlarining turg'unligi gruntli tog'onlar uchun taklif etilgan uslub yordamida tekshiriladi.

Qirg'oqlar qiyaliklarini mustahkamlash uchun ishlatiladigan ustyopmalarning qalinligi va qurilmasi zilzila ta'siriga hisoblab belgilanadi. Bunda ularning bir biriga ulanish mustahkamligi va gruntning qoldiqli deformatsiyasi nazarda tutiladi. Bunday hisoblashlar gruntli to'g'onlarnikidan farqlanmaydi.

Temirbeton ariqlar. Korxonalarda tayyorlanadigan bunday ariqlar qurilish amaliyotida, ayniqsa, irrigasiya tarmoqlarida keng qo'llaniladi. Shu bois so'nggi yillarda ularning zilzilabardoshligiga oid tadqiqotlar keng ko'lamda olib borilgan (7).

Deyarli murakkab bo'lmagan bunday hisobiy chizmalar yordamida qurilmalarni kerakli aniqlikda hisoblash mumkin. Suv bilan bo'g'liq bunday inshootlarda yoriq hosil bo'lishiga yo'l qo'yilmasligi bois ularni hisoblashda zilzilabardoshlikning chiziqli nazariyasidan foydalaniladi

## 2.6 Yer ostki suv tashuvchi inshootlar

Bunday inshootlarga gidrotexnika to'nnellari, yerostki quvurlar, gruntli to'g'onlardagi quvursimon suvtashlagichlar, shaxta inshootlari va b.ni kiritish mumkin.

Yer sathidan chuqurlashgan sari mustahkamligi oshib borishiga qaramay yer ostki inshootlarini kuchli zilzilalar (7,8 ball) ta'sirida shikastlanishi, ba'zan esa buzilish hollari tez-tez uchrab turadi. Chuqurlashgan sari inshootning zilzilabardoshligini oshib borishi zilzila to'lqinlari ta'sirining (sirt bo'ylab tarqaluvchi to'lqinlar) chuqurlik bo'ylab kamayishi hisobiga yuz beradi.

Bundan hulosa shuki inshootning buzilishiga sabab zilzila to'lqinlarining kuchi emas, balki gruntidagi dinamik zo'riqish holatidir. Bunday zo'riqish zilzila to'lqinlari o'tishi jarayonida yuzaga kelib grunt qa'ridagi harqanday inshootga ham aks ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Shu bois yer osti inshootlarida yuzaga keluvchi zilzila inersiya kuchiga nisbatan gruntda hosil bo'luvchi dinamik zo'riqishlar havflidir.

Yer osti inshootlarini zilzila ta'siriga hisoblash 8 va 9 balli tegralar uchun talab etiladi. Bunday hisoblash quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi: inshootning

inersiya kuchini aniqlash; grunt qa'rida hosil bo'luvchi dinamik zo'riqish miqdorini belgilash; inshoot va quvirlar devorlariga nisbatan suvning dinamik bosimini aniqlash; yer osti inshootlarini ustidagi grunt og'irligi ta'sirida mustahkamligini hisoblash.

Yer osti inshootlarining zilzilabardoshligiga oid izlanishlar natijasi ko'plab ilmiy asarlarda bayon etilgan (2, 7, 8) va ular haqida mazkur qo'llanmaning 1 bobida qisqacha ahborot berilgan.

Mazkur inshootlarning devorlariga nisbatan zilzila inersiya kuchining miqdori quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$S = k_s \gamma \quad (2.20)'$$

bunda  $k_s$  –zilzila koeffisienti;  $\gamma$  - inshoot devori ashyosining zichligi.

Yer osti inshootlariga nisbatan grunt bosimi ikki yo'l bilan ta'sir etishi mumkin. Birinchisi inshoot zaminida hosil boluvchi seysmik inersiya kuchidan; ikkinchisi esa zilzila ta'sirida zaminning zo'riqishidan. Bu ikki holatni hamma vaqt alohida qarab chiqish lozim.

Zilzila ta'siriga nisbatan yuqoridagilarni ikkinchisi muhimdir. Analitik usul yordamida elastiklik nazariyasining tekislikdagi masalasini yechishga oid ushbu holat quyidagilarga asoslanadi: yer osti yo'lagi, shaxta yoki suv quvurining uzunligi; inshoot atrofidagi grunt elastik bir jinsli; inshoot egiluvchan yoki biki holatdagi o'zgarmas qalinli doira shaklida; inshoot atrofidagi grunt uning uzunligiga nisbatan tik yo'nalgan va b.

Hisoblashda inshootning chuqur yoki yuza joylashuvi muhim ro'l o'ynaydi.

Chuqurlik chegarasi deganda inshootning bo'ylama o'qi joylashgan chuqurlik  $H$  ni, uning ko'ndalang kesm radiusiga nisbati tushuniladi, yani  $\frac{H}{2} > 3$  - chuqur va

$\frac{H}{2} < 3$  –yuza joylashuv ( 2.11 a rasm).

Gruntning zilzila jarayonidagi bosimini chuqur joylashgan inshootga ta'siri shaxta devorlariga ta'sir etuvchi bosim kabi aniqlanadi.

2.11 rasmda chuqir joylashgan turli birklikdagi yer osti inshootlariga ta'sir etuvchi grunt bosimining chizmasi keltirilgan. Chizma uchun qiymatlar manba'i 2.1 jadvaldan olingan.

## 2.1 jadval.

### Yumaloq shakldagi yer osti inshootiga ta'sir etuvchi gruntning seysmik bosimini aniqlashga oid o'lchovsiz koeffitsient.

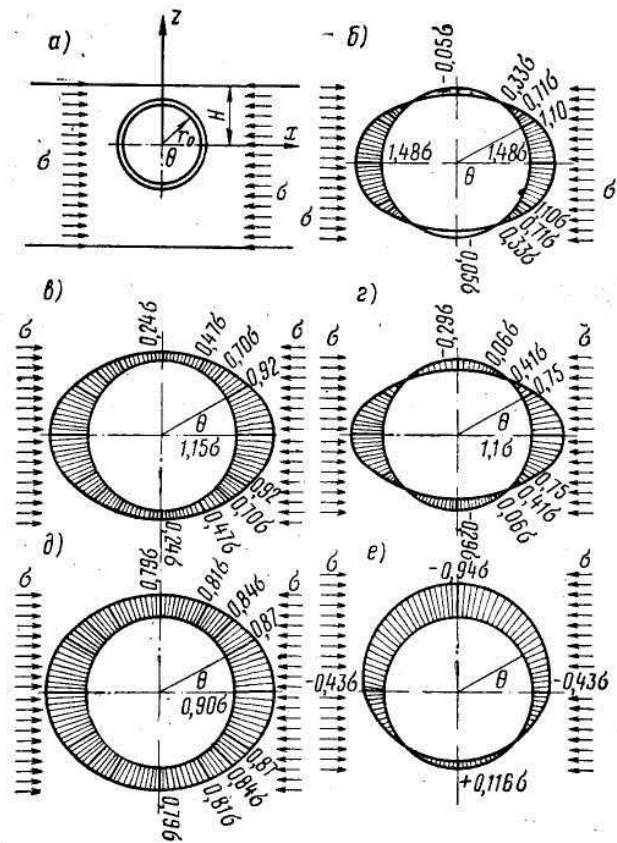
Q ,grad.	$\nu = 0,4$		$\nu = 0,1$	
	Mutlaq birk aylana	Egiluvchan aylana	Mutlaq birk aylana	Egiluvchan aylana
0	1,48	1,15	1,10	0,90
30	1,10	0,92	0,75	0,87
45	0,71	0,70	0,41	0,84
60	0,33	0,47	0,05	0,81
90	- 0,05	0,24	-0,29	0,79
Rasm №	1,18,б	1,18,в	1,18,г	1,18,д

bunda  $\nu$  - Puasson koeffitsienti qoya va yarim qoya gruntlar uchun  $\nu=0,1$ ; boshqa gruntlar uchun  $\nu = 0,4$ .  $\xi$ —o'lchovsiz koeffitsient ,quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\xi = \frac{P_q}{\sigma_q} \quad (2.21)$$

bunda  $P_q$  -gruntning seysmik bosimi;  $\sigma_q$  -silsila tasirida grunt qa'ridagi zo'riqish.

Yuza joylashgan yer osti inshootlariga ta'sir etuvchi gruntning seysmik bosimi 2.11 e chizmada keltirilgan.



**2.11 rasm.** Yer ostki suv tashuvchi quvurlariga seysmik ta'sir chizmasi.

- a- seysmik grunt bosimining ta'siri;
- b- qattiq toq' jinslari orasidagi bikr aylana; b- yumshoq toq' jinslari orasidagi egiluvchan aylana;
- g- egiluvchan tog' jinlari orasidagi bikr aylana;
- d- yumshoq tog' jinslari orasidagi egiluvchan aylana; e- sayoz joylashuvchi inshoot.

Ko'p hollarda yer ostidagi suv tashuvchi inshootlar devorini gruntning seysmik deformatsiyasi ta'siriga mustahkamliligini hisoblash talab etiladi.

Gruntning siqilib-cho'ziluvchi nisbiy deformatsiyasining yuqori qiymati 1.61 ifodaga muvofiq quyidagicha aniqlanadi:

$$\varepsilon_q = \frac{k_s}{2\pi} q \frac{T_0}{v_1} \quad (2.22)$$

Suv tashuvchi quvir ashyosining nisbiy siqilib-chozilish deformatsiyasi:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (2.23)$$

bunda  $\sigma$  -inshoot ashyosining o'q bo'ylab zo'riqish deformatsiyasi; E-shu ashyoning elastiklik moduli.

Inshootning grunt qatlami bilan birgalikdagi ishlash sharti:

$$\varepsilon = \mu \varepsilon_u \quad (2.24)$$

bunda  $\mu < 1$  suv tashuvchi inshootning atrof gruntga bog'langanlik darajasini ifodalovchi koeffisient.

2.21, 2.22 va 2.23 ifodalarni taqqoslab inshoot ashyosining siqilib – chozilishiga oid tenglikni hosil qilamiz:

$$\sigma = \frac{\mu k_s}{2\pi} q \frac{ET_0}{v_1} \quad (2.25)$$

Huddi shu yo'l bilan inshoot ashyosining siljishga zo'riqlashini ifodalaymiz:

$$\tau = \frac{\mu k_s}{2\pi} q \frac{GT_0}{v_2} \quad (2.26)$$

bunda G-inshoot ashyosining siljishga nisbatan elastiklik moduli;  $v_1$  va  $v_2$  - boylama va ko'ndalang to'lqinlarning grunt qa'rida tarqalish tezligi.

Va nihoyat, yer osti yo'lagi (tunnel) va yer osti quvirlarida hosil bo'luvchi seysmik inersiya kuchini aniqlash ham lozim bo'ladi. Nisbatan uzun bo'lgan bunday inshootning devoriga suvda hosil bo'luvchi seysmik bosimning ta'siri sezilarli bo'lishini amaliyot tasdiqlab kelgan.

Agar atrof grunt o'rnida faqat bo'ylama to'lqin tarqatuvchi suv qatlami mavjud deb qarasaq quvirga tasir etuvchi seysmik bosim quyidagicha ifodalanadi:

$$P_s = \frac{k_s}{2\pi} \gamma_s v_s T_0 \quad (2.27)$$

bunda  $\gamma_s$  -suvning zichligi;  $v_s$  - elastik to'lqining suvda tarqalish tezligi (1500m/s).

Izlanuvlar natijasi chuqur jarlik bo'ylab tarqaluvchi zilzila kuchini 1.67 ifodada aniqlangan miqdordan 2-3 marotaba ortiq ekanligini ko'rsatadi. Huddi shunday holatni yer osti yo'lagining boshlang'ich qismida ham kuzatish mumkin.

Yer osti inshootlarini loyihalashda nazarda tutish lozim bo'lgan bir necha tadbirlar ustida to'htalib o'tamiz.

1. 8 va 9 balli tegralarda yer osti yo'laklari qurish uchun joy tanlashda yuqori bosimli, faol tektonik jarayonli, seryoriqli hamda ko'chkilar yuz beruvchi sharoitlarni chetlab o'tmoq lozim. Mazkur inshootlarning ko'ndalang kesimini belgilashda atrof gruntlardagi bosim o'zgarishi, tog' jinslari holati, turli jinlilik va o'tkir qiyalanish holatlarini etiborga olish lozim.

Bunday holatlarni nazariy hisoblash yo'li bilan hal etib bo'lmaydi. Shuning uchun quyidagi amaliy tadbirlarni belgilash yahshi natija beradi: a) bo'ylama va

ko'ndalang yo'nalishlar bo'ylab o'zaklash; b) inshootni o'ta mustahkam va chidamli ashyolardan barpo etish va h.

2. 80m dan ortiq bosimli suv quvirlarini 8 va 9 balli tegralarda barpo etish jarayonida o'zaro payvandlangan po'lat quvirlardan foydalanish tavsiya etiladi. Temirbeton quvirlarning bo'laklari tutash joylarida rezina yoki boshqa asholardan zichlagichlar o'rnatiladi. Shuningdek, quvirning bukilgan joylarida rezinali tiqinlar yordamida maxsus ulagichlar (mufta) ishlatiladi. Bazan erkin siljishga imkon beruvchi bir uchi kengaygan ulagichlardan foydalanish ham mumkin.

Energiya tashuvchi quvirlarda haroratni meyorlashtiruvchi choklar orasi ham zilzilabardoshlik talabiga mos kelmog'i lozim. Ularning egilish va bukilish joylarida qo'llanuvchi maxsus ulagichlar o'zaro siljish va surilishga chidamli bo'lmog'i talab etiladi.

3. Quvirli suv tashlagichlar va ariq osti quvirlari ustidagi grut qatlamining qalinligi bilan ajralib turadi. Bunday quvirlarning atrofidagi gruntlar o'ta namlangan holatda bo'ladi. Loyihalashda bularni etibordan qochirmaslik kerak. Quvirning bir uchi asosiy inshoot bilan mustahkam birikmog'i lozim.

Gidrotexnika quvirlari qurilmalarining o'ziga hosligi zilzila tasiriga hisoblashni talab etibgina qolmay, bazi amaliy tadbirlarni ham bajarishni taqazo etadi. Ma'lumki, bunday quvirlar mahsus yer osti yo'laklari (galereya) ichidan o'tkaziladi. Zilzila tasirida bunday yo'laklarni buzilish holatlari tez-tez uchrab turadi. Bu esa o'z navbatida yo'lak ichidagi quvirlarga ham tasir ko'rsatishi tabiiy. Shuning uchun yo'lakning devori yetarlicha o'zaklanishi lozim. Ularning boshlanish qismi asosiy inshootga tutashganligi bois o'zakning bo'ylama yo'nalishga hisoblash zarurati tug'iladi.

## **2.7 Bosimli quvirlar**

Bosimli quvirlarni zilzila ta'siriga hisoblashda quyidagilarga ahamiyat beriladi: gruntning yuqori bosim ta'sirida ishlashi; quvir ashyosida yoriq hosil bo'lishi; quvir tayanchlari orasidagi masofalar; noqulay geologik va gidrogeologik sharoitlar va h.

Bosimli quvirlarni zilzilabardoshligi nazariy usullar yordamida hisoblanadi. Po'lat quvirlar asosan betonli va temirbetonli tayanchlar ustiga o'rnatiladi. Bunday tayanchli quvirlar turkumi uchun aniq dinamik hisoblash chizmasi mavjud.

Quvir ko'ndalang egilishga ishlaydigan yahlit o'zakli turkum deb qaralib, uning chastota (davri) va hususiy tebranishi aniqlanadi. Bunday hisoblashda quvirning va atrofidagi suv qatlamining sof og'irligidan yuzaga keluvchi massa muhim rol o'ynaydi.

Quvirning hususiy og'irligidan hosil bo'luvchi seysmik inersiya yukini hisoblash uchun 1.11, 1.12 ifodalardan foydalaniladi. Undagi dinamik koeffisientning miqdori 0,3 qiymatga mos keluvchi logarifm dekrement bo'yicha 1.1 rasmdan aniqlanadi. Zilzila koeffisienti esa tebranish kuchini ikki miqdorga ortishini nazarda tutib qabul qilinadi.

Quvirni cho'zilishga nisbatan tekshirishda 2.26 ifodadan foydalaniladi. Ammo to'lqinning suvda tarqalish tezligi o'rniga grunt bo'ylab b'o'ylama to'lqin tarqalish tezligi qo'llaniladi.

Quvirning egilishga mustahkamligini o'q bo'ylab tekshirish lozim. Bunda seysmik inersiya kuchining yo'nalishi quvirning boylama o'qiga nisbatan burchak ostida ta'sir ettiriladi. Zilzila inersiya kuchi esa quvirning 1 m og'irligini ikkilangan qiymatli zilzila koeffisientiga ko'paytirish orqali hisoblanadi.

Bosimli quvir tayanchlarining zilzila ta'siriga mustahkamligi va turg'unligi ularning ko'ndalang egilishi va egilgan qismini o'q bo'ylab siqilishga nisbatan hisoblanadi.

8 va 9 balli tegralarda bosimli quvir tayanchining joyidan qo'zg'otishga intiluvchi kuchlarga alohida e'tiborni qaratmoq darkor. Bunday holatni chetlab o'tish maqsadida og'ir ustunlar o'rnatish lozim. Shuningdek, yuqori dinamik zo'riqishlar to'planadigan tayanch qismlarni qo'shimcha o'zaklash talab etiladi.



## 2.8 Suv ko'targich minoralar

Qurilishda keng tarqalgan inshootlar turkumiga minora korinishidagi: ko'p qavatli binolar, suv ko'targich va televizion minoralari, yuqori quvvatli elektr simlarining tayanchlari, elevatorlar, ko'prik ustunlari va b. kiradi.

Mazkur inshootlarning turli zilzilalar ta'sirida kechirgan holatlari haqida etarli ma'lumotlar to'plangan.

Ma'lum bo'lishicha, kuchsiz zilzilalar ta'siridayoq bunday inshootlarning ko'plari sezilarli zarar ko'rganlar. Asosan yuqori qismining qulashi, yirik va keng o'lchamli yoriqlar hosil bolishi bunday inshootlarga hos deformatsiya turlaridir. 7,8 balli zilzilalar jarayonida ularni butunlay qulash holatlari ham amaliyotda kuzatilgan.

Qurilishning meyor va qoidalarida ( QMQ) zilzilabardoshlikka oid turkumlash bo'yicha mazkur inshootlarga mahsus talablar qo'yilgan. Ma'lumki, inshootlarni minora turkumiga kiritish uchun asosiy me'zon ularning balandligi qolgan o'lchamlariga nisbatan 5 va undan ortiq uzun bo'lishidir. Bunday inshootlarning erkin tebranish davri, odatda, 0,5-0,6 sek. dan yuqori bo'ladi.

QMQ talabi bo'yicha minorali inshootlarning zilzila ta'siriga hisoblash ularning egilish deformatsiyasini aniqlash bilan bo'g'liqdir. Tebranishning logarifmik dekrementi nisbatan kichik miqdorni (temirbeton minoralarda 0,2-0,3) tashkil etganligi bois dinamik koeffitsientning qiymati birmuncha yuqori bo'ladi.

Minorali inshootlarni zilzila ta'siriga hisoblashdagi yana bir hususiyat bir necha ketma-ket ta'sir etuvchi erkin tebranishlarni (3 dan ortiq) nazarda tutishdir. Shu bilan birga zaminning elastik deformatsiyasini ,minora poydevorini zamin bo'ylab burilish holatini chuqur o'rganish lozim.

Suv ko'targich inshootlarni loyihalashda quyidagilar nazarda tutiladi:

1. Inshoot va suv og'irligidan hosil bo'luvchi massaning bir sathda yotmasligini ta'minlash.
2. Minora ustunlarini yahlitligini ta'minlash.
3. Minoraning egilishga mustahkamligidan kelib chiqib ko'ndalang kesim bo'yicha o'zaklar orasini belgilash.

## 2.9 Hidrotexnika binolari

Gidrotexnika binolarini quyidagi turlarga bo'lish mumkin: to'g'onning oldi tomonidagi; tog'on ichidagi va to'g'on orqasidagi binolar. Ulardan tashqari gidrotexnika qurilishida bir necha toifadagi yer usti inshootlari mavjuddir. Bunday inshootlarning zilzilabardoshlikka hisobi oddiy binolarnikidan farqlanadi.

Zilzila tezlanishiga ta'sir ko'rsatuvchi asosiy omil: -gidroinshootning to'g'onga nisbatan joylanishidir. Bu esa quyidagi ikki yondoshuv bilan bog'liq: a) yer ustidagi binolar oddiy binolardek zilzila ta'siriga hisoblanadi; b) yer ostki binolari ular joylashadigan grunt qiyaligining turg'unligini nazarda tutib hisoblanadi.

Binolar suv ustki qurilmalarining turg'unligi zilzilaning hisobiy koeffisienti yordamida aniqlanadi:

$$k_s^0 = k_s S_x^0(z^0) \quad (2.28)$$

bunda  $k_s$  -zilzila koeffisienti;  $S_x^0(z)$  – yotiq ta'sir etuvchi inersiya kuchini belgilovchi o'lchovsiz miqdor;  $z^0$  - gidroinshootning suv ostki sathi.

### Nazorat uchun savollar

1. Gruntli t'g'onlarga ta'sir etuvchi zilzila kuchini chiziqli nazariya asosida aniqlash.
2. Zilzila ta'sirida to'g'onning mustahkamligi,turg'unligi va deformatsiyasi.
3. Zilzilabardosh to'g'onlarning elastik va qoldiqli deformatsiyasi.
4. Yoysimon to'g'onlarni loyihalash.
5. Betonli gravitasiya tog'onlarni loyihalash.
6. Kontrofors to'g'onlarning zilzilabardoshligi.
7. Sun'iy ariqlarni zilzila ta'siriga hisoblash.
8. Yer ostki suv tashuvchi inshootlar zilzilabardoshligi.
9. Bosimli quvirlarni zilzilaga hisobi.
10. Seysmik tegralarda suv ko'targich minoralarni loyihalash.
11. Hidroinshoot binolarining zilzilabardoshligi.

## **Asosiy adabiyotlar**

1. Напетваридзе Ш.Г. Сейсмостойкость гидротехнических сооружений. Госстройиздат, 1959
2. Напетваридзе Ш.Г. Вопросы теории сейсмостойкости. Изд-во АН. Груз., 1970.
3. Расулов Х.З. Сейсмостойкость грунтовых оснований. Ташкент, «Узбекистан», 1987
4. Hatano T/ An exzamination the rezonans of hidrodinamikal pressures during Eartquakes due to the plasticity of water. Technikal Laboratory. Central Research Institute of Elektrik Power Endustry, Tokio, 1995.
5. Housner G.W. Dinamic pressures on accelerated fluid containners. Bulleten of the Seismical Society of America. Vol.47№1.1987.
6. КМК 2. 02.01-1998. Бино ва иншоатлар заминлари, Ташкент, 1999.

## **Qo'shimcha adabiyotlar**

1. Zanger C, Haesfeil R. Electric analogy indicates effect of horizontal Earthquake shok on dams. Civil Engineering, №7. voll 22, 1990.
2. Инструкция по определению расчетной сейсмической нагрузки для зданий и сооружений. Гос.стройиздат, 1962.
3. Ильясов Б. Методика расчета сборных ирригационных лотков-каналов на сейсмические воздействия. Изв. АН. Туркм. Т. 2. 1965.
4. Мухитдинова Р.Х. К вопросу о сейсмостойкости гидроупругой системы. Изв. АН. Узб. Серия технических наук № 5,6. Ташкент 1963.
5. Напетваридзе Ш.Г. Вопросы усовершенствования существующей методики определения сейсмической нагрузки. В сб. Сейсмостойкость сооружений «Мецниереба», Тбилиси, 1965.

6. Okomoto Sh.,Takahashi T. On behaviours of an arch dam duriingg Eartquakes. Proc. of the Forth World Conference on Eartquake Engineering, Gapan, 1980.

7. Рашидов Т.Р. Решения дифференциального уравнения колебания при сейсмических нагрузениях подземного трубопровода и применение графика динамического коэффициента. Изв. АН. Узб, № 4. Серия техн. наук., Ташкент, 1964.

8. Westergaardt H. Water pressures on dams during Earthquakes. Proc. of ASCE. Vol.57. November, 1981.

## Mundarija

So'zboshi. ....	3
Muqaddima. ....	5
<b>1 BOB. Hidrotexnika inshootlariga ta'sir etuvchi</b>	
<b>seysmik yuklar</b>	
1.1 Inshootning sof og'irligidan yuzaga keluvchi inersiya yuklari. ....	7
1.2 Inshootga nisbatan suvning gidrodinamik bosimi ..	16
1.3 Inshootga nisbatan gruntning inersiya bosimi .....	19
1.4 Zilzila to'lqinlari ta'sirida grunt zo'riqlashidan yuzaga keluvchi yukning yer osti inshootlariga ta'siri .....	24
<b>11 BOB. Hidrotexnika inshootlarining zilzilabardoshligi</b>	
2.1 Gruntli to'g'onlar .....	29
2.1.1 Chiziqli nazariya yordamida zilzila kuchini aniqlash .....	31
2.1.2 Ziilzila ta'sirida tog'onning mustahkamligi, turg'unligi va deformatsiyasi .....	35
2.1.3 Zilzilabardosh tog'onlarni. hisoblashda elastik va qoldiqli deformatsiyalarni nazarda tutish .....	40
2.2 Yoysimon tog'onlar .....	41
2.3 Betonli gravitasiya tog'onlari. ....	46
2.4 Kontrofors tog'onlari. ....	50
2.5 Sun'iy ariqlar. ....	56
2.6 Er ostki suv tashuvchi inshootlar. ....	58
2.7 Bosimli quvirlar. ....	63
2.8 Suv ko'targich minoralar. ....	65
2.9 Hidroinshoot binolari .....	66
Asosiy adabiyotlar .....	67
Qoshimcha adabiyotlar. ....	67