

624.2/8
R 26



Chir. Ruzmetov, S. S. Gullenova

Uzbekistan
National Library
Tashkent branch

Uzbekistan
National Library
Tashkent branch

Uzbekistan



Toshkent-2013

624.2/8
R 26

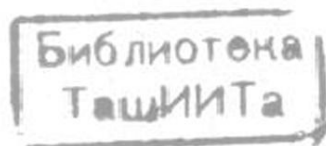
«O'zbekiston temir yo'llari» DATK
Toshkent temir yo'l muhandislari instituti

Ch.S. Raupov, S.S. Salixonov

**TEMIRBETON KONSTRUKTSIYALARNI LOYTHALSHNING
ILMIY ASOSLARI**

5A340603 – “Ko'priklar va transport tonnellaridan foydalanish”
mutaxassisligidagi 1-bosqich magistratura talabalari uchun
o'quv qo'llanma

Qism II



Toshkent – 2013

714515

Temirbeton konstruksiyalarni loyihalashning ilmiy asoslari. O'quv qo'llanma. **Ch.S.Raupov, S.S.Salixonov.** ToshTYMI, T.: 2013, 122 bet.

O'quv qo'llanmada temirbeton konstruksiyalarni sinish mexanikasi, Griffiths va uning tadqiqotlari, mustahkamlik nazariyalari, kuchlanishlarning jadallik koeffitsienti, sinish mexanikasi parametrlarining eksperimental ma'lumotlari, temirbeton konstruksiyalarni sinish mexanikasi parametrlaridan foydalanib hisoblash, ularni chet el me'yorlari bo'yicha loyihalashning o'ziga xos xususiyatlari, bino va inshootlar ishonchliligi va uzoq muddat xizmat qilishi, loyihalashtirishning asosiy tamoyillari keng yoritilgan.

Qo'llanmaning hamma bo'limlarida amaliy ahamiyatga ega bo'lgan, murakkabligi har xil darajadagi masalalarni echish misollari keltirilgan.

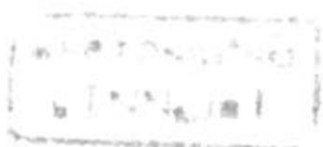
O'quv qo'llanma 5A340603-«Ko'priklar va transport tonnellaridan foydalanish» mutaxassisligi talabalari uchun mo'ljallangan.

O'quv qo'llanmaning 4- va 6-boblarini Ch.S. Raupov, 5-bobini esa Ch.S. Raupov va S.S. Salixonovlar birgalikda tuzgan.

Rasmlar – 32; jadvallar – 7; adabiyotlar – 52.

Taqrizchilar: A.O.Eshonxo'jaev – t.f.d., prof. (TAYI);
E.M. Maxamataliev – t.f.n., dot. (ToshTYMI).

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



Kirish

Temirbeton konstruksiyalarning foydalanishdagi ishonchliligini oshirish va uzoq muddat xizmat qilishiga erishish transport qurilishi sohasidagi eng muhim vazifalardan hisoblanadi. Mahalliy va xorijiy me'yorlarni taqqoslash shuni ko'rsatdiki, bizning me'yorlarda bir qadar kamroq qo'zg'aluvchan foydali yuk ko'zda tutilib, ularning ishonchlik ko'rsatkichi ham 20...30% ga kamroq ekan [3]. Shuningdek, yuk tushadigan konstruksiyalar va ular uchun materiallarga qo'yiladigan talablar ham qat'iy tartiblashtirilmagan.

Temirbeton konstruksiyalarning ekspluatatsion yuklar sharoitidagi real ishini izohlash uchun olimlar va muhandislar tomonidan nazariy va eksperimental tadqiqotlar olib borildi. Nazariyaning muhim masalasi – betonning murakkab tuzilmali ko'p komponentdan iborat material sifatida deformatsiyalanish va sinish jarayonining tahlilidir. O.Ya. Berg fikriga ko'ra, bu jarayon beton tuzilmasidagi mikroemirilishlar parametrik darajalari bilan belgilanadigan ba'zi umumiy qonuniyatlarga bo'ysunadi. Yuklangan betonda ultratovush tebranishlar tarqalish tezligi bo'yicha ko'rsatilgan parametrik darajalar va uning bo'ylama va ko'ndalang deformatsiyalarga nisbatini aniqlash metodikasi belgilanib, sinovdan o'tkazildi. Ushbu parametrik darajalar betonning yuk va tashqi muhit ta'sirida o'zini qanday tutishini, shu bilan birga uning salqilik, sovuqbardoshlik, materialning tajovuzkor muhitda korroziyaga qarshi chidamliligi va ko'pgina boshqa fizik-mexanik tavsiflarini hal qiluvchi tarzda belgilab beradi.

Transport inshootlari yuksak darajadagi tajovuzkor muhit sharoitida quriladi va ekspluatatsiya qilinadi. Shu sababli konstruksiyalarning uzoq muddat xizmat qilishi va ularni korroziyadan himoya qilish masalalariga doim katta e'tibor berib kelingan.

Metall tolalar ko'rinishidagi armaturalash muvaffaqiyat bilan qo'llanishi mumkin bo'lgan qator konstruksiyalar uchun ularning korroziyaga bardoshlilik xususiyati jiddiy ahamiyat kasb etadi. Bunday inshootlarga quyidagilarni kiritish mumkin: yo'l va aerodrom qoplamalari, qirg'oqni mustahkamlash inshootlari, avtomobil ko'priklari qatnov qismi qoplamasi va b. Atrof muhitda mavjud bo'lgan xloridlar yoki dengiz suvi beton va metall tolalariga tajovuzkor ta'sir ko'rsatishi mumkin. Tadqiqotlar natijasida betonga metall tolalar qo'shilganida etalon namunalarga nisbatan beton deformatsiyalari rivojlanishining oshishi ma'lum bo'lib, aytish kerakki, betonning armaturalash foizi qancha yuqori bo'lsa, u shuncha ko'p deformatsiyalanadi. Shunday qilib, korrozion muhit

sharoitida ishlaydigan, metall tolalar bilan dispers-armaturalangan betondan yasalgan konstruksiya elementlarining normal ishlashi uchun, ular yuzasini himoya qatlami bilan qoplash yoki tolalarni anodlash (metall sirtini elektroliz usulida oksid pardasi bilan qoplamoq) tavsiya etilgan [21].

Temirbeton yuzalarni poliuretan lak-bo'yoq materiallari bilan qoplash armatura himoya qatlamining xizmat qilish muddatini uzaytirib, zich fakturasi (ishlanadigan materialning sifati, sirti) va turli-tuman koler (tayyor murakkab bo'yoq) dan foydalanish tufayli konstruksiyalar tashqi ko'rinishini bezaydi. Ana shunday qoplamalarning 15 yildan ortiq ta'mirsiz ishlaydi deb ishonch bilan uqtirish mumkin [21].

Temirbetonda kuchlanish va deformatsiyalarning o'zaro bog'liqligi uning yoriqlar bilan va yoriqlarsiz ishlash paytiga qarab tubdan farq qiladi. Yoriqqa ega bo'lmagan temirbeton konstruksiyalarning amaliy hisoblarida bu bog'liqlik chiziqli qabul qilinadi. Bunda armaturalashning bu bog'liqlik xarakteriga ta'siri ahamiyatsiz hisoblanadi. Yoriqlar paydo bo'lishi bilan kuchlanish va deformatsiyalar orasidagi bog'liqlik tamoman nochiziqli xarakterga ega bo'lib konstruksiya materialiga tushayotgan yukning uzoq muddatli ta'siri ostida yuzaga keladigan salqilik va mikroyoriqlarning paydo bo'lishi oqibatida ancha murakkab holatga keladi. Temirbetonda yoriqlarning paydo bo'lishi ularning fizik-kimyoviy xossalarini anizotropiyasi, ya'ni turli tuman bo'lib qolishiga imkon tug'diradi.

[21] ishda mualliflar bino va inshootlarni yaratish va ulardan foydalanishning yangi konsepsiyasi elementlarini ko'rib chiqishgan. U bino va inshootlarning hisobiy foydalanish davrida sinmaslik va o'ta katta (chegaraviy) tashqi ta'sirlardan hisobiy evakuatsiya davrida sinmay turish tavsiflari va ularning konstruktiv xavfsizligi tushunchalariga asoslanadi. Ishlab chiqilayotgan nazariyaning fragmenti sifatida chegaraviy holatdan chiqib ketgan temirbeton chirishdan shikastlanadigan konstruktiv tizimlarning yashovchanlik mezonlari to'g'risidagi masala echimi keltiriladi.

Konstruksiya tuzilmasining loyihadan tashqari ta'sirlarda uning to'satdan, keskin o'zgarishlari kuchlanganlik-deformatsiyalangan holati ko'rinishini hamda aloqa va alohida elementlarning ishdan chiqishi xarakterini belgilabgina qolmay, balki umuman yaxlit konstruktiv tizimning sinish kartina (manzara) sini belgilaydigan asosiy omillardan biri hisoblanadi. Boshqacha aytganda, strukturaviy (tuzilmaviy) o'zgarishlari bo'yicha tizimning konstruktiv nochiziqligi, oqibatda, uning yashovchanligi darajasiga baho berish mumkin.

Qurilish hamda transport inshootlaridan foydalanishda ishonchlilik nazariyasini qo'llashning asosiy yo'nalishi – me'yorlashtirishdir. Chegaraviy holatlar metodikasi qo'llangan zamonaviy loyihalashtirish me'yori

ishonchlilik nazariyasi qoidalariga asoslangan [21].

Qurilish sohasida dolzarb masalalarni echishdagi yo'llardan biri – bu inshoot va binolarning qurilish konstruksiyalari ishonchliligini va ko'pga chidamliligini yanada oshirishdir. Bunda, birinchi navbatda, eng ko'p tarqalgan temirbeton konstruksiyalar betonining mustahkamligini oshirish va uning deformativ xossalarini optimizatsiyalash muhimdir. Faqat, betonning mustahkamligini oshirishga mo'ljallangan yangi tarkiblarini empirik yo'l bilan izlash juda ko'p mehnat talab qiladi va har doim ham maqsadga olib kelmaydi. Bundan tashqari, empirik yondoshish bilan hozirgi zamon fanining materiallar haqidagi eng dolzarb masalasi – materialning mexanik tavsiflarini bashorat (prognoz) qilish va oldindan belgilangan xossali (ma'lum bir chegarada) material yaratish undan ham mushkuldir.

Shu bilan birga, betonning mexanik xossalarini yaxshilash sohasida fanning zamonaviy va tez taraqqiy etayotgan sohasi – sinish mexanikasi usullarini qo'llash katta imkoniyatlar tug'diradi [51]. Sinish mexanikasining boshqa qurilish material va turli konstruksiyalarning mustahkamligi, hamda ko'pga chidamliligini oshirishdagi ahamiyati ham kattadir. Sinish mexanikasiga qattiq deformatsiyalanadigan jismlar mexanikasining bir bo'limi sifatida qaraladi. Sinish mexanikasining asosiy masalasi – turli yuklash hollarida yoriqli (yoki yoriqlar tizimi bo'lgan) konstruksion materiallardagi o'zgarishlarni o'rganishdan iboratdir. Bu yondoshishning to'g'riligi – amaliy jihatdan har bir materialda kelib chiqishi turli bo'lgan yoriqlar yoki yoriqqa o'xshagan nuqsonlarning bo'lishidir. Bunday nuqsonlar material va buyumlarni tayyorlash hamda ulardan foydalanish vaqtida yoki tashqi muhit ta'siri ostida paydo bo'ladi.

1920 yilda A. Griffiths yangi bir fanga – materiallarning sinish mexanikasi faniga asos solgan ilmiy maqolasini nashr etdi. Bunda Griffiths yoriq rivojlanishi albatta energiya bo'shatilishi jarayoni bo'lishini, ya'ni yoriq o'sishi jarayonida jismda to'plangan energiyaning kamayishini ko'rsatib o'tgan [51].

Griffiths mo'rt materialning (masalan, shishaning) emirilish jarayonini yoriqlarning rivojlanishi bilan bog'ladi. Bunda u tabiatning asosiy qonunlaridan biri – energiyaning saqlanish va aylanish qonunini asos qilib oldi. Griffithsning asosiy g'oyasi shundan iborat ediki, jismning elastik deformatsiyasi natijasida to'plangan potensial energiyasi jismning sinish paytida to'la holda yangi yuzalarni hosil qiladigan energiyaga aylanadi (uni yuza energiyasi deb atashadi).

Materiallarning sinish mexanikasida juda muhim moment – bu jismning muayyan bir (lokal) qismining sinishini, ya'ni yoriqlar

tarqalishining boshlanish mezonini aniq ta'riflab berishdir. Bu mezon muvozanat tenglamalari yoki yahlit muhit mexanikasi harakatidan kelib chiqmaganligi uchun masala qiyinlashadi. Albatta, yoriqning uchidagi kuchlanishlarni ularning konsentratsiyasini hisobga olgan holda hisoblab, bu miqdori juda ham yuqori bo'lgan kuchlanishlarni materialning nazariy mustahkamligi bilan solishtirib ko'rish mumkin. Ammo bu yo'l juda ham ishonchli emas. Chunki kuchlanishlar konsentratsiyasi asosan yoriq uchidagi egrilikning real radiusiga bog'liqdir. Bu radiusni esa talab qilingan aniqlik darajasida hisoblab bo'lmaydi. Bundan tashqari, materialning nazariy mustahkamligi aniq kattaligini sinovlarda o'lchab bo'lmaydi. Albatta, yoriq (kesik) uchidagi egrilikning real radiusini ideal (mukammal) o'tkir deb hisoblash mumkin, lekin, bu holda, elastiklik nazariyasi usullari bilan aniqlanadigan yoriq uchidagi kuchlanishlar konsentratsiyasi juda ham kuchayib ketishi oqibatida ularning miqdori cheksizlikka intiladi. Bu hol, albatta, yoriqning shakliga, jismning shakli va tashqi yukning harakteriga qarab boshqacha ham bo'lishi mumkin. SHundan kelib chiqib, σ_y kuchlanishlar cheksizlikka intilishining turli harakterini jismning lokal (muayyan) emirilishi mezonini ta'riflashda qo'llash mumkin degan fikr paydo bo'ladi.

A. Griffits olingan natijalarni nazariy jihatdan tushuntirishga harakat qildi. Buning uchun u XX asr boshlarida bir qator mamlakatlarda, shu jumladan Rossiyada ham (G.V. Kolosov) olib borilgan nazariy ishlar natijasida paydo bo'lgan kuchlanishlar konsentratsiyasi tushunchasini jalb qildi [51].

Tahlillar shuni ko'rsatdiki, AQSh, Buyuk Britaniya, Hitoy va boshqa davlatlarning me'yorlarida to'sinli, armaturasi oldindan zo'riqtirilgan oraliq qurilmalarni loyihalash paytida materiallarning birgalikda ishlashi ularni ekspluatatsion yuklarga hisoblash paytida inobatga olinadi. Buni me'yorlar bilan belgilangan hisobiy qarshiliklarni tahlili yaqqol ko'rsatadi. Chet el me'yorlaridagi hisobiy qarshiliklarning qiymati bizning me'yorlarimizdagi hisobiy qarshiliklar qiymatidan kattaroq bo'lsada, ta'sir chiziqlarining yuklangan qismi 25 metrdan kam bo'lganda, hisobiy yuklarning darajasi bizning me'yorlarimizdagiga yaqin keladi. Yuqorida ko'rsatilgan holatlar va chet ellarda ruxsat etilgan betonni oldindan siqish va armaturani cho'zish darajasi bizning me'yorlarda ruxsat etilganidan ko'proqligi g'arb davlatlarida oldindan zo'riqtirilgan armatura sarfini ancha kamligini ta'minlaydi.

Amerikaning avtoyo'l ko'priklarida qo'llangan tavrli va qutisimon to'sinlarda yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan po'latning sarfi bizning shunga o'xshash konstruksiyalardagi sarfiga qaraganda 1,5...2 barobar

kamdir. Ularning konstruksiyalarida qatnov qismining plitasi biznikiga qaraganda ko'proq armaturalangan. AQSh me'yorlariga ko'ra mustahkamlikka hisoblash (mazmuni va yuklanish darajasi bizning hisoblar bilan bir hil bo'lganda) elastik tizimlarning materiallar qarshiligi formulalari orqali markazdan tashqari siqilishga amalga oshiriladi.

Britaniyaning BS 5400 me'yorlarida chegaraviy momentni baholashda, «so'nggi darajadagi» chegaraviy holat paytida, beton to'g'ri to'rtburchakli siqilgan zonasi balandligini to'sin umumiy balandligining yarmisigacha hisobga olishga ruhsat etiladi. Amerika me'yorlarida esa temirbeton konstruksiyani shunday loyihalash kerakki, konstruksiyaga chegaraviy yuk ta'sir qilganda, undagi armatura oqish holatida bo'lsin. Ayni paytda, bu me'yorlarda qatnov qismi plitasini loyihalashga bo'lgan talablar (plita qalinligining minimal o'lchami 18...20 sm) bizning me'yorlardagiga nisbatan sezilarli oshirilgan, armatura va betonning hisobiy qarshiligi ancha kamaytirilgan, plita betoni sifatiga qattiq talablar qo'yilgan.

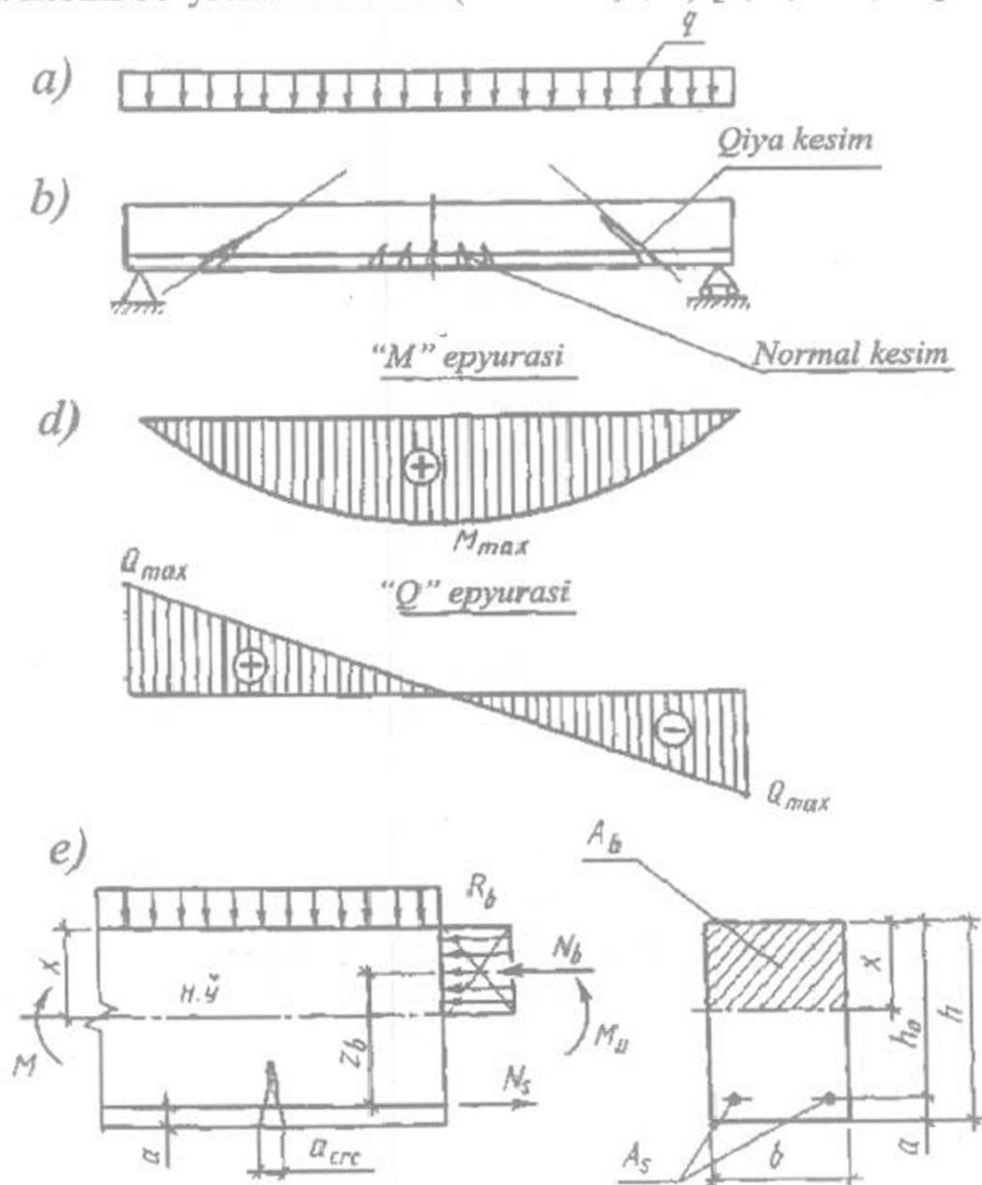
G'arb davlatlari me'yorlarida konstruksiya betonida yoriqlar paydo bo'lishi hisobiy nazoratiga katta ahamiyat beriladi. Hamma davlatlarda ilm-fanning katta yutug'i sifatida «qisman (optimal) siqish» tamoyili tan olingan. Hususan, Buyuk Britaniya va Xitoyda yoriq paydo bo'lishi betonning ruhsat etilgan shartli cho'zilishi orqali nazorat qilinadi. Bu hisob armaturani oldindan zo'riqtirish darajasini va, ko'p hollarda, uning miqdorini aniqlaydi, ya'ni iqtisodiy mas'uliyatni o'ziga oladi. Barcha g'arb davlatlari me'yorlarida yoriq paydo bo'lishi chegaraviy holat sifatida me'yorlanmaydi.

Qurilish konstruksiyalari (plita, rigel, kolonna va fundamentlar) hisob-kitobida odatda ularning birgalikdagi ishi hisobga olinmaydi. Masalan, plita va rigellarni erkin tayangan elementlar, temirbeton kolonnalar esa — fundamentga qo'zg'almas qilib mahkam o'rnatilgan deb qaraladi. Amalda ba'zi konstruktiv elementlar boshqalariga payvand yoki yaxlitlash bilan birlashtiriladigan kiritma (zakladnaya) detallar yordamida mahkamlanadi. Konstruksiyalar orasidagi choklar beton yoki qorishma bilan yaxlitlanadi. Birikish joyining birligi qurilish va foydalanish jarayonida o'zgarib boradi.

BOB IV. TEMIRBETON ELEMENTLARNI HISOBLASH

4.1. Egiladigan temirbeton elementlar normal kesimining mustahkamligini hisoblash

To'sinning yuk ko'tarish qobiliyati nihoyasiga etgach, u yo normal yoki qiya kesim bo'yicha emiriladi (4.1-rasm, a, b) [1, 2, 7-9, 22].



4.1-rasm. Egiluvchi elementni hisoblash:

a – yoyiq yuk; b – to'sin; d – epyuralar; e – yakka armaturali elementni mustahkamlikka hisoblash

Normal kesim bo'yicha emirilish eguvchi moment ta'sirida, qiya kesim bo'yicha esa ko'ndalang kuch ta'sirida ro'y beradi (4.1-rasm, d). Me'yori-da armaturalangan temirbeton elementlarning emirilishi cho'ziluvchi

armaturadan boshlanadi. Armaturadagi kuchlanish oqish chegarasiga etganda, betonning siqilish zonasi balandligi keskin kichrayadi, bu esa betonning emirilishiga olib keladi. Cho'ziluvchi armaturalar soni ko'p bo'lgan to'sinlarda emirilish siqilish zonasidagi betondan boshlanadi, bunda armaturadagi kuchlanish oqish chegarasidan ancha kichik bo'ladi; bu albatta tejamkorlikka ziddir.

Temirbeton to'sinlar buzilishidagi ana shu ikki holga mos ravishda ikki xil hisoblash usuli ishlab chiqilgan:

a) birinchi usulga ko'ra hisob normal miqdorda armaturalangan temirbeton elementlarning emirilishi cho'ziluvchi armaturadagi kuchlanish hisobiy qarshilikka etishganda ro'y beradigan hol uchun bajariladi;

b) ikkinchi usulga ko'ra hisob armatura miqdori keragidan ortiqcha bo'lgan elementlarda emirilish betonning siqilish zonasidan boshlanadigan hol uchun amalga oshiriladi.

Yakka armaturali to'g'ri to'rtburchak kesim mustahkamligi. Betonning siqilish zonasidagi kuchlanishlar epyurasi to'g'ri to'rtburchakli qilib olinadi (aslida esa epyura egri chiziqli bo'ladi). Shunda hisob ancha soddalashadi (4.1-rasm, e).

Geometrik tavsiflar:

$$A_b = bx, \quad \text{va} \quad z_b = h_0 - 0,5x, \quad (4.1)$$

bunda h_0 – ishchi balandlik; a_s – himoya qatlami.

Siqilish zonasi balandligi x ni aniqlash uchun statikaning muvozanat tenglamasini tuzamiz:

$$R_s - R_b bx = 0, \quad (4.2)$$

bu yerda

$$R_b bx = R_s A_s. \quad (4.3)$$

Bundan siqilayotgan zonaning balandligi x kelib chiqadi.

$$x = R_s A_s / R_b b. \quad (4.4)$$

Element uchun mustahkamlik sharti quyidagi qo'rinishga ega:

$$M \leq N_b z_b; \quad (4.5)$$

$$\text{beton bo'yicha} \quad M \leq R_b bx(h_0 - 0,5x); \quad (4.6)$$

$$\text{armatura bo'yicha} \quad M \leq N_s z_b; \quad (4.7)$$

$$M \leq R_s A_s (h_0 - 0,5x). \quad (4.8)$$

Armaturalash foizini belgilash. Agar $x = \xi h_0$ bo'lsa, unda $\xi h_0 = R_s A_s / R_b b$ bo'ladi. Bundan beton siqilish zonasining nisbiy balandligi:

$$\xi = R_s A_s / R_b b h_0 = \mu R_s / R_b, \quad (4.9)$$

bu yerda $\mu = A_s / b h_0$ – armaturalash koeffitsiyenti; $\mu 100$ – armaturalash foizi.

(4.9) formuladan ko'rinadiki, μ ning ortishi bilan ξ ham ortib boradi. Beton siqilish zonasining nisbiy balandligi chegaraviy qiymatini (4.9) formulaga qo'yib, armaturalash koeffitsientining eng katta qiymatiga ega bo'lamiz:

$$\mu_{max} = \xi_R R_b / R_s, \quad (4.10)$$

bu yerda ξ_R – nisbiy balandlik ξ ning chegaraviy qiymati.

(4.10) formuladan armaturalashning maksimal qiymati beton va armaturaning hisobiy qarshiliklariga bog'liq ekanligi yaqqol ko'rinib turibdi.

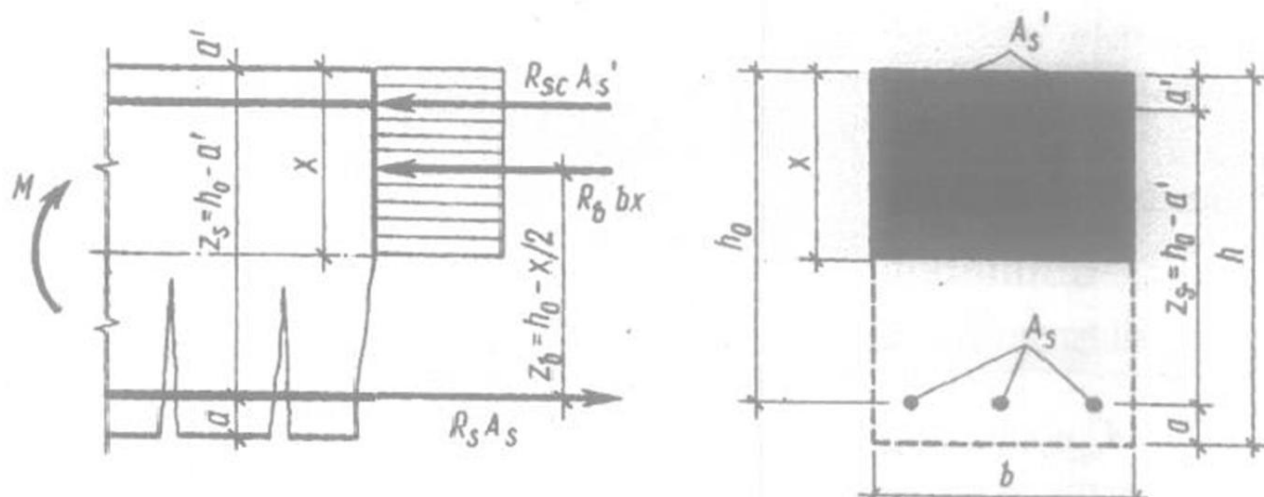
Shu bilan birga, me'yorlarda armaturalashning minimal qiymati ham belgilab qo'yilgan. Egiluvchi sterjenlar uchun cho'zilishga ishlovchi armaturaning minimal kesim yuzasi $A_s = 0,0005 b h_0$ qilib belgilangan (b – to'g'ri to'rtburchakli kesimning eni). Agar elementning armaturalash foizi belgilangan minimumdan kichik bo'lsa, uni armaturalanmagan beton element sifatida hisoblash lozim. Armaturalashning optimal foizi to'sinlar uchun $\mu = 1 \dots 2 \%$, plitalar uchun $\mu = 0,3 \dots 0,6 \%$.

Qo'sh armaturali to'g'ri to'rtburchakli kesim mustahkamligi. Betonning siqilish zonasiga armatura qo'yish kam foyda bersada, ba'zan shunday qilishga to'g'ri keladi (4.2-rasm) [1, 2, 7–9, 22].

Siqilish zonasiga armatura quyidagi uch holda qo'yiladi;

- 1) elementning ko'ndalang kesim o'lchamlari chegaralangan bo'lsa;
- 2) betonning sinfini oshirib bo'lmasa;
- 3) elementga ikki xil ishorali eguvchi momentlar ta'sir etsa.

Qo'sh armaturali kesimlarni hisoblash formulalari ham yakka armatura kesimlar uchun berilgan formulalar kabi tuziladi (4.2-rasm). Agar yakka armatura qo'yganda $x > \xi_R h_0$ bo'lsa, u holda siqilish zonasiga hisob bo'yicha armatura qo'yish lozim bo'ladi. Siqilish zonasidagi armatura qabarmasligi uchun, har 50 sm masofaga xomutlar qo'yiladi.



4.2-rasm. To'g'ri to'rtburchak shaklidagi qo'sh armaturali kesimning hisoblash sxemasi

Armatura kesimining yuzasini aniqlash. To'g'ri to'rtburchak shaklidagi qo'sh armaturali kesim uchun egilishdagi mustahkamlik sharti quyidagi ko'rinishga ega:

$$M \leq M_b + M_s'; \quad (4.11)$$

$$M \leq R_b A_b z_b + R_{sc} A_s' z_s; \quad (4.12)$$

$$M \leq R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_s A_s' (h_0 - a'). \quad (4.13)$$

Bu yerda M_s va M_s' – siqilgan zonada siqilgan beton va siqilgan armatura qabul qiladigan ichki momentlar.

Siqilish zonasining chegarasi

$$R_b b x = R_s A_s - R_{sc} A_s' \quad (4.14)$$

muvozanat tenglamasidan topiladi. Bunda $x \leq \xi_R h_0$ shart bajariladi deb qaraladi. Bu yerda ξ_R – armatura va betonning xossalari bog'liq bo'lgan koeffitsient ξ ning chegaraviy qiymati.

Hisobiy moment, armatura va beton sinflari berilgan bo'lsa, kesim tanlashda ikki tipdagi masala uchraydi.

Masala 1. Ko'ndalang kesimning o'lchamlari h va b oldindan berilgan. A_s va A_s' lar yuzasini tanlash talab qilinadi.

Armaturalarni shunday tanlash kerakki, ularning (A_s va A_s') sarfi minimal bo'lsin. Bu siqilgan betonning maksimal ko'taruvchanlik xususiyatidan to'la foydalanilganda erishiladi, ya'ni $x = \xi_R h_0$.

(4.13) formulaga x o'rniga uning maksimal qiymatini qo'yib, quyidagini aniqlaymiz:

$$M \leq R_b b \xi_R h_0^2 (1 - 0,5 \xi_R) + R_{sc} A'_s (h_0 - a_s'), \quad (4.15)$$

bunda $R_b b \alpha_R h_0^2 = M_{bmax}$ – siqilgan beton qabul qiladigan maksimal moment.

Bundan

$$A'_s = (M - R_b b \alpha_R h_0^2) / (R_{sc} (h_0 - a_s')). \quad (4.16)$$

Cho'zilgan armatura yuzasini (4.14) formuladan $x = \xi_R h_0$ qo'yib topish mumkin.

Agar A'_s no'lga teng yoki manfiy chiqsa, unda hisob bo'yicha siqilgan armatura kerak va kesim yakka armaturali qilib loyihalalanadi. Bunday holda siqilgan zonaga armatura konstruktiv mulohazalarga muvofiq yoki boshqa ishorali momentga hisoblash yo'li bilan topiladi va A'_s ni tanlashda e'tiborga olinadi.

Masala 2. Kesim o'lchamlari h , b va siqilgan armatura yuzasi A'_s ma'lum.

Siqilgan armatura qabul qiladigan momentni aniqlaymiz:

$$M_{ss} = R_{sc} A'_s (h_0 - a_s'). \quad (4.17)$$

Beton siqilgan zonasiga to'g'ri keladigan moment bo'yicha (4.13) formuladan $M_b = M - M_{ss}$, uni balandligini topamiz

$$x = h_0 - a_s'. \quad (4.18)$$

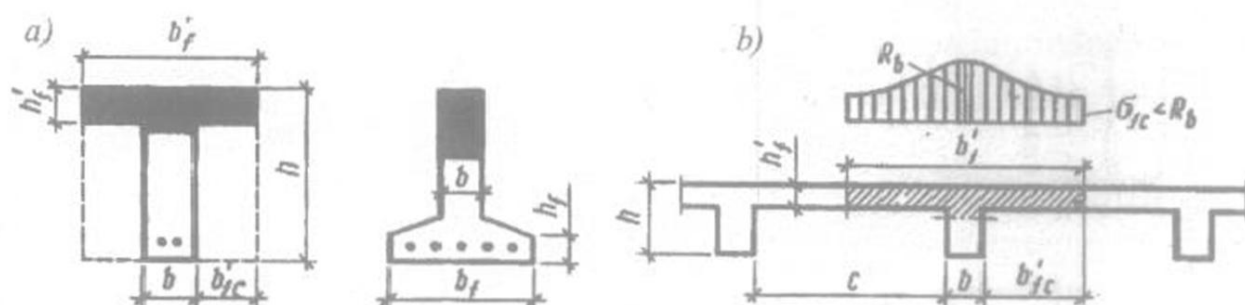
$\xi \leq \xi_R$ shartga amal qilib, x ning qiymatini (4.11) formulaga qo'yib, A_s aniqlaymiz.

$$A_s = (R_b b x + R_{sc} A'_s) / R_s. \quad (4.19)$$

Kesim mustahkamligini tekshirishda (hamma ma'lumotlar berilgan) (4.14) formuladan siqilgan zona balandligini hisoblaydi, keyin (4.13) formuladan mustahkamlik sharti tekshiriladi. Agar $\xi > \xi_R$ bo'lsa, unda A'_s ni kattalashtirish yoki to'sin kesim o'lchamlarini o'zgartirish kerak.

Tavr, qo'shtavr va qutisimon kesimli elementlar [1, 2, 7–9, 22]. Tokchasi siqilish zonasida joylashgan tavr kesimli egiluvchi elementlar alohida to'sin ko'rinishida (4.3-rasm, a) yoki qovurg'ali yopma (4.3-rasm, b) tarkibida keng ko'llaniladi. Bunday kesimning maqbul tomoni shundan iboratki, bularda betonning cho'zilish zonasidagi ishlamaydigan yuzasi kichiklashtirib, siqilish zonasidagi yuzasi, aksincha, kattalashtirilgan. Tokchasi cho'zilish zonasida joylashgan tavr shaklli elementlar kam

ishlatiladi. Tokchani cho'zilish zonasiga joylashtirilishi elementning mustahkamligini oshirmaydi. Bunday kesimlar to'g'ri to'rtburchak shaklli kesimlar singari hisoblanib, kengligi qovurg'aning eniga teng qilib olinadi.



4.3-rasm. Tavr shaklli kesimli to'sinni hisoblashga doir

Tavr kesimli elementlarning tokchasi siqilish zonasida joylashsa, hisob jarayonida uning kengligi chegaralanadi. Tokcha yupqa bo'lib, qovurg'adan chiqqan qismi uzun bo'lsa, qovurg'a bilan tokchani ulangan erida kuchlanishlari ortib ketadi, soddaroq qilib aytganda sinadigan holga tushib qoladi. Shuning uchun tokchani yopma uzunligi (sves) hisob jarayonida cheklanadi.

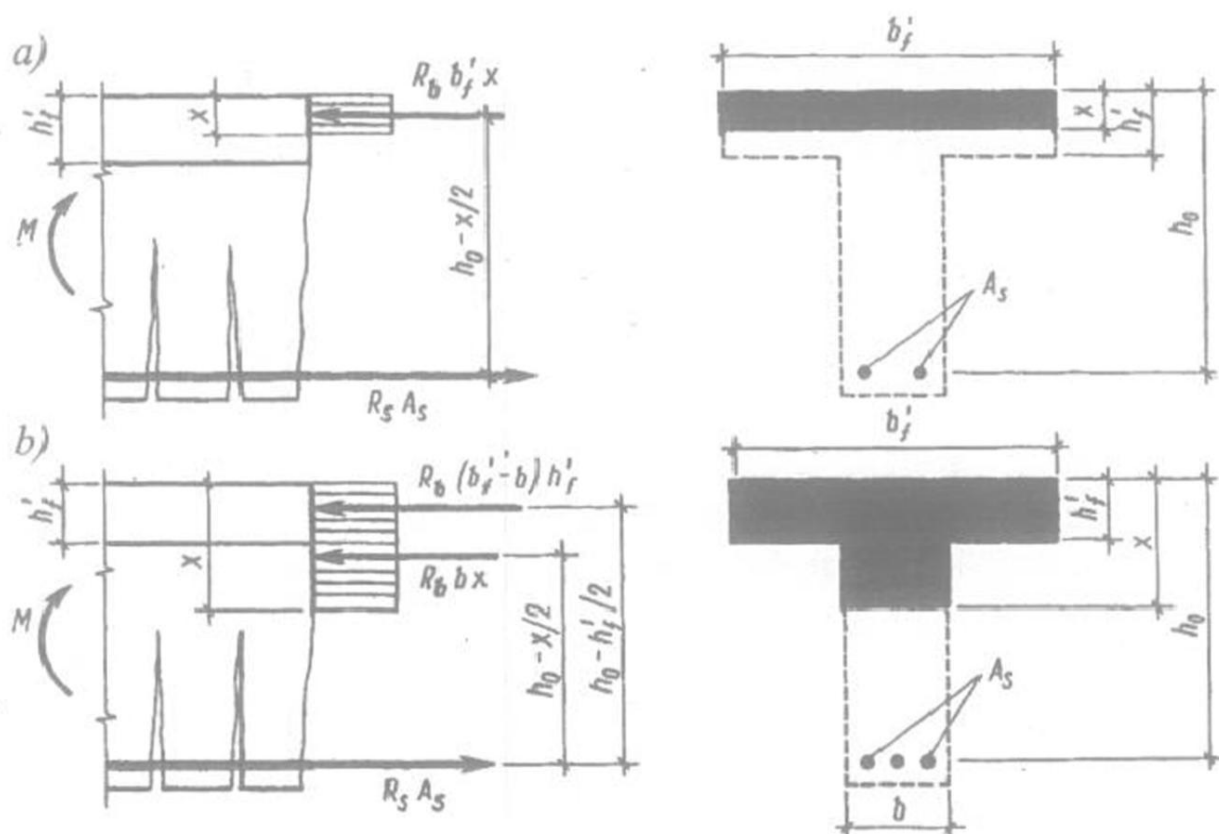
Tajribadan ma'lumki, qovurg'adan uzoqlashgan sari tokcha chiqiqlaridagi siquvchi kuchlanish (σ_{fc}) kamaya boradi va element sinayotganda betonning siqilishdagi hisobiy qarshiligidan kichik bo'ladi (4.3, b-rasmda kuchlanish epyurasi).

Bu uzunlik element uzunligining $1/6$ qismidan oshmasligi kerak. Bundan tashqari, elementdagi ko'ndalang qovurg'alar uzunligi bo'ylama qovurg'alar uzunligidan katta bo'lsa, yoki ko'ndalang qovurg'alar umuman bo'lmasa, $h_f' < 0,1h$ bo'lganda, tokchani yopma uzunligi $6h_f'$ dan oshmasligi lozim (4.4-rasm). Arap $h_f' \geq 0,1h$ bo'lsa, tokchani kengligi b_f' bo'ylama qovurg'alarning yon sirtlari orasidagi masofaga teng qilib olinadi.

Alohida to'sinlarda tokchani hisobiy kengligi qovurg'aning har ikkala tomonida: $h_f' \geq 0,1h$ bo'lganda, $6h_f'$ dan oshmasligi; $0,05h \leq h_f' \leq 0,1h$ bo'lganda, $3h_f'$ dan katta bo'lmasligi lozim. Arap $h_f' < 0,05h$ bo'lsa, tokchani qanotlari umuman hisobga olinmaydi, kesim shakli to'g'ri to'rtburchak deb qabul qilinadi hamda shunga yarasha hisoblanadi.

Tavr shaklli kesimlar mustahkamligi [1, 2, 7–9, 22]. Tavr shaklli kesimlarni hisoblashda quyidagi ikki hol uchrashi mumkin:

- 1) neytral o'q tokchadan o'tgan hol (4.4-rasm, a);
- 2) neytral o'q qovurg'adan o'tgan hol (4.4-rasm, b).



4.4-rasm. Tavr shaklidagi kesim:

a – neytral o‘q tokchadan o‘tgan hol; b – neytral o‘q qovurg‘adan o‘tgan hol

Agar siqilgan tokchaning qarshiligi armatura qarshiligidan ortiq bo‘lsa, u holda muvozanatni ta‘minlash uchun siqilish zonasining bir qismidan foydalanish kifoya qiladi. Bu esa 1– holga mos keladi.

Agar siqilgan tokchaning qarshiligi armatura qarshiligidan kam bo‘lsa, muvozanatni ta‘minlash uchun qovurg‘aning bir qismini ishga solish zarur bo‘ladi, bunda neytral o‘q qovurg‘adan o‘tadi (2-hol).

Agar $x \leq h_f'$ bo‘lsa, hisob to‘g‘ri to‘rtburchakli kesim uchun berilgan formulalar asosida bajariladi (1-hol).

Neytral o‘q uchun

$$R_b b_f' x = R_s A_s, \quad (4.20)$$

$$x = R_s A_s / R_b b_f'. \quad (4.21)$$

Mustahkamlik sharti:

$$M \leq R_b b_f' x (h_0 - 0,5x). \quad (4.22)$$

Agar $x > h_f'$ bo‘lsa, neytral o‘q holati (siqilish zonasi chegarasi quyidagi tenglamadan topiladi (2-hol):

$$R_s A_s = R_b b x + R_b (b_f' - b) h_f'. \quad (4.23)$$

Bu hol uchun mustahkamlik sharti quyidagicha bo'ladi:

$$M \leq R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_b (b'_f - b) h'_f (h_0 - 0,5x). \quad (4.24)$$

Tavr shaklli kesimlar uchun $x \leq \xi_R h_0$ shart qanoatlantirilishi zarur. Cho'ziluvchi armaturaning yuzasi A_s ni aniqlash uchun (4.23) va (4.24) ifodalarni o'zgartiramiz. Bunda $x = \xi h_0$ deb olsak,

$$R_s A_s = \xi R_b b h_0 + R_b (b'_f - b) h'_f. \quad (4.25)$$

(4.24) formulaning birinchi xadini o'zgartiramiz va

$$R_b b \xi h_0 (h_0 - 0,5h_0) = R_b b h_0^2 \xi (1 - 0,5\xi) = \alpha_m R_b b h_0^2. \quad (4.26)$$

U holda (4.24) formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$M \leq \alpha_m R_b b h_0^2 + R_b (b'_f - b) h'_f (h_0 - 0,5h'_f). \quad (4.27)$$

A_s ni aniqlash uchun (69) dan α_m topiladi.

$$\alpha_m = M / R_b b h_0^2 + R_b (b'_f - b) h'_f (h_0 - 0,5h'_f). \quad (4.28)$$

So'ngra jadvaldan ξ aniqlanadi, keyin (4.25) formuladan A_s topiladi.

Tavr shaklli yuzalarda neytral o'q holatini aniqlash. Neytral o'q holati quyidagi belgilar bo'yicha aniqlanadi:

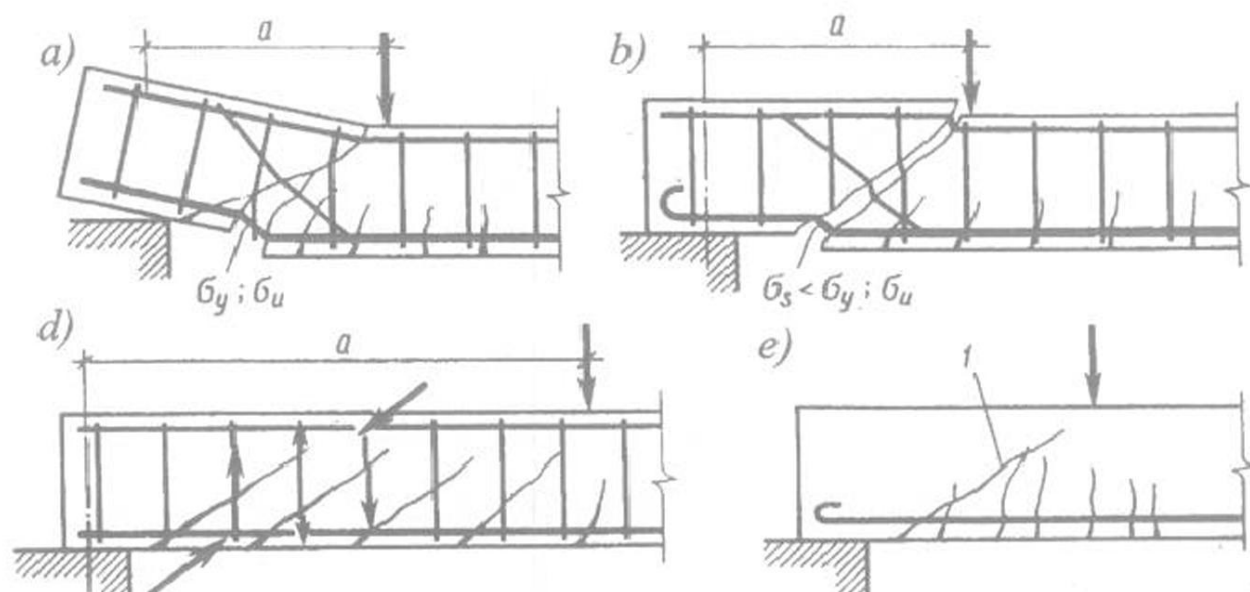
- agar A_s va kesim o'lchamlari ma'lum bo'lsa, $R_s A_s \leq R_b b_f h_f$ bo'lganda, neytral o'q tokchadan o'tadi;
- agar hisobiy eguvchi moment va kesim o'lchamlari ma'lum bo'lib, A_s noma'lum bo'lsa, u holda $M \leq R_b b_f h_f (h_0 - 0,5h_f)$ bo'lganda, neytral o'q tokchadan o'tadi, aks holda o'q qovurg'ani kesib o'tadi.

Qo'shtavr yoki qutisimon kesimli elementlarni mustahkamlikka hisoblashda, ularni teng kuchli tavr shaklli kesimga keltiriladi. Bunda cho'ziluvchi tokcha hisobga olinmaydi, chunki cho'zilish zonasida joylashgan beton darz ketgach, ishdan chiqadi. Barcha cho'ziluvchi armaturalar qovurg'aga to'planadi, ishchi balandlik h_0 o'zgarishsiz qolaveradi. Qovurg'a kengligi qutisimon elementning vertikal devorlari qalinliklari yig'indisiga yoki qo'shtavr qovurg'asi eniga teng bo'ladi.

4.2. Egiladigan temirbeton elementlar qiya kesimining mustahkamligini hisoblash

Egiluvchi elementlarning eguvchi moment va ko'ndalang kuchlari katta qiymatga ega bo'lgan qismlaridagi qiya kesimlar mustahkamlikka

tekshiriladi [1, 2, 7–9, 22]. Bunda elementlarning buzilishida quyidagi ikki hol uchrashi mumkin (4.5-rasm):



4.5-rasm. Egiluvchi elementning qiya kesim bo'yicha sinish sxemalari:
a – bosh kuchlanish yo'nalishining tarhi; b – qiya kesimda ko'ndalang kuchlar ta'siri

- 1) element faqat ko'ndalang kuch ta'sirida buziladi;
 - 2) element ham ko'ndalang kuch, ham eguvchi moment ta'sirida buziladi.
- Birinchi holda ko'ndalang kuchning katta qiymati ta'sirida qiya kesimda siljish ro'y beradi (4.5-rasm, a, b).

Buzilish chog'ida elementning bir qismi ikkinchi qismiga nisbatan siljiydi. Bunday buzilish elementlarning o'zaro og'ishiga qarshilik ko'rsatadigan, betonga mustahkam birikkan (ankerlangan) ishchi armatura mavjud bo'lgan holdagina ro'y berishi mumkin. Siquvchi va qiruvchi kuchlarning birgalikdagi ta'siri natijasida betonning siqilish zonasi buziladi (qirg'iladi). SHuning uchun ham qiya kesimlarning ko'ndalang kuchlar ta'siriga bo'lgan mustahkamligi majburiy ravishda hisoblanadi.

Qiya kesimlarga ko'ndalang kuchlar ta'siri. Tajribalarning ko'rsatishicha, qiya kesimlarning ko'ndalang kuchlar ta'siriga bo'lgan mustahkamligi etarli darajada bo'lmasa, balka shu kesim bo'ylab emiriladi.

Agar tashqi yuklardan hosil bo'lgan ko'ndalang kuchlar qiymati qiya kesim qabul qila oladigan qo'ndalang kuchdan kichik bo'lsa, u holda qiya kesimning mustahkamligi ta'minlangan bo'ladi (4.6-rasm).

$$Q_O = Q_{sw} + Q_{s,inc} + Q_b, \quad (4.29)$$

bu yerda Q_O – tashqi yuklardan hosil bo'lgan qo'ndalang kuch; o – siqilish zonasi markazi; Q_{sw} – qiya kesimda joylashgan xomutlardagi zo'riqishlar

yig'indisi; $Q_{s,inc}$ – qiya kesimda joylashgan qiya sterjenlardagi zo'riqishlarning vertikal o'qqa proeksiyalari yig'indisi; Q_b – betonning siqilish zonasi qabul qila oladigan ko'ndalang kuch.

Xomutlardagi zo'riqishlar quyidagi formulalardan topiladi:

$$Q_{sw} = \sum R_{sw} A_{sw} \text{ yoki } Q_{sw} = q_{sw} c, \quad (4.30)$$

bu yerda c – qiya kesim proeksiyasi; $q_{sw} = R_{sw} A_{sw} / s$ – xomutlardagi zo'riqish intensivligi, ya'ni elementning uzunlik birligiga mos bo'lgan zo'riqish.

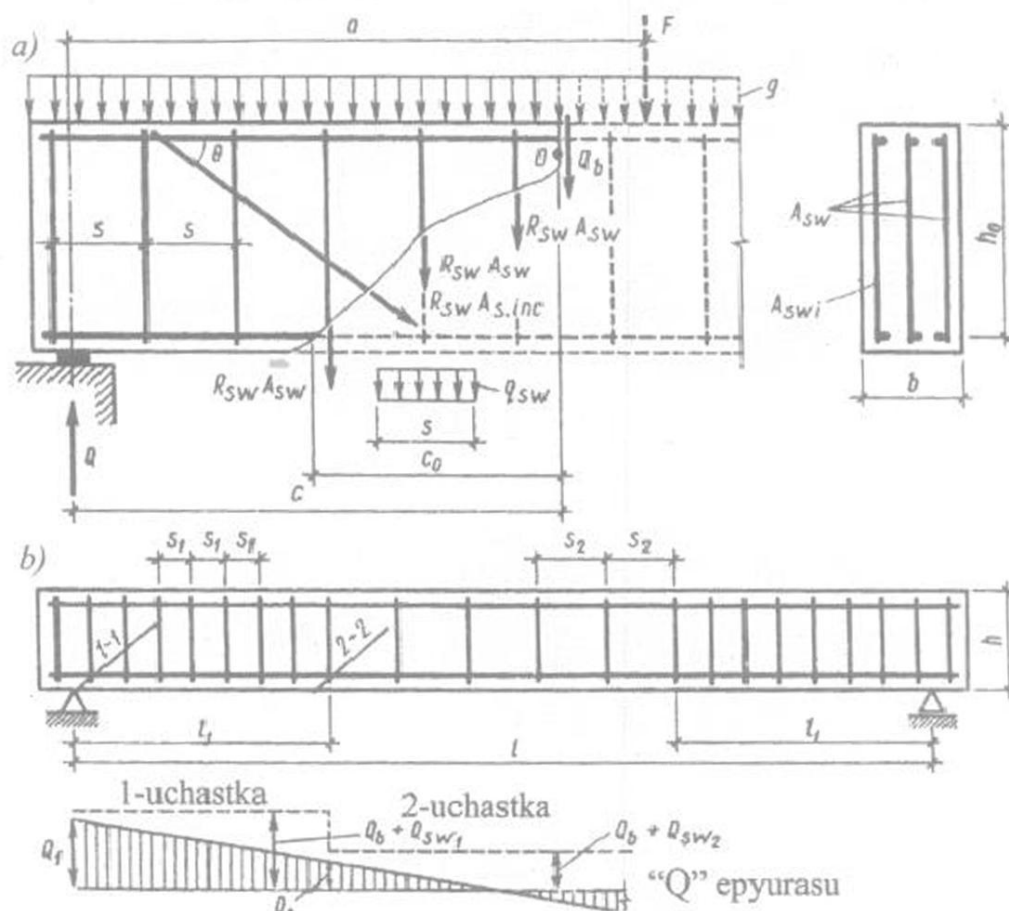
$Q_{s,inc}$ ning miqdori quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$Q_{s,inc} = \sum R_{sw} A_{s,inc} \sin \theta. \quad (4.31)$$

Q_b kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_0^2 / c, \quad (4.32)$$

biroq, $Q_b \geq \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_0$ dan kam bo'lmasligi lozim.



4.6-rasm. Qiya kesimning ko'ndalang kuchga hisoblash tarhi

Aks holda betonning qarshiligi etarli bo'lmaydi. Bunday holda xomutlarning soni va diametrini yoki betonning sinfini oshirish kerak bo'ladi.

714515

φ_{b2} koeffitsient betonning turiga qarab 1,5...2 oralig'ida olinadi. $\varphi_{b3}=0.4...0,6$ – bu ham betonga bog'liq. Siqiluvchi tokchalarning ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsient quyidagi formuladan topiladi:

$$\varphi_f = 0,75(b'_f - b)h'_f/bh_o \leq 0,5. \quad (4.33)$$

Bo'ylama kuchlar ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsient φ_n quyidagi formulalardan topiladi:

1) siquvchi bo'ylama kuchlar mavjud bo'lganda,

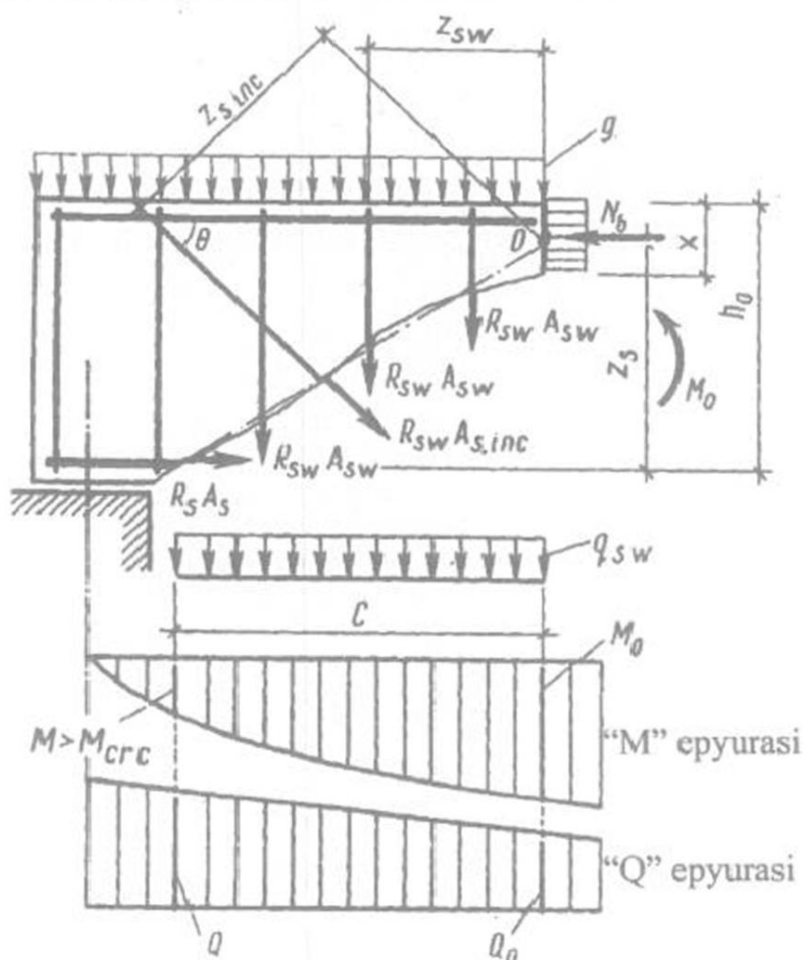
$$\varphi_n = 0,1N/R_{bt}bh_o \leq 0,5; \quad (4.34)$$

2) cho'zuvchi bo'ylama kuchlar mavjud bo'lganda,

$$\varphi_n = 0,2N/R_{bt}bh_o \leq 0,5. \quad (4.35)$$

Koeffitsientlar yig'indisi $(1 + \varphi_f + \varphi_n) \leq 1,5$

Qiya kesimlarga eguvchi momentlar ta'siri [1, 2, 7–9, 22]. Eguvchi momentning qiymati asta ortib borishi natijasida bosh cho'zuvchi kuchlanishlar ham ortib borib, betonning cho'zilishdagi qarshiligi $R_{bt, ser}$ ga etganda, elementda qiya yoriq paydo bo'ladi (4.7-rasm).



4.7-rasm. Qiya kesimning eguvchi momentga hisoblash tarhi

Betonning cho'zilish zonasi ishdan chiqadi, barcha cho'zuvchi kuchlar bo'ylama va ko'ndalang armaturalarga uzatiladi. Bunday holda armatura yaxshi ankerlanmagan bo'lsa, sug'irilib chiqishi, betonning siqilish zonasi kichrayib, buzilish ro'y berishi mumkin. Bunda kuchlanishlar oqish chegarasi σ_u ga yoki vaqtinchalik qarshilik σ_u ga tenglashadi.

Qiya kesimning eguvchi moment bo'yicha mustahkamlik sharti quyidagicha ifodalanadi:

$$M_O \leq M_s + M_{sw} + M_{s,inc}, \quad (4.36)$$

bu yerda M_O – tayanch reaksiya va tashqi kuchlardan O nuqtaga nisbatan olingan moment; M_s – bo'ylama armaturadagi zo'riqishdan olingan moment; $M_s = R_s A_s Z$; M_{sw} – qiya kesimda joylashgan xomutlardagi zo'riqishlardan olingan moment; $M_{sw} = \sum R_{sw} A_{sw} Z_{sw}$; $M_{s,inc}$ – qiya sterjenlardagi zo'riqishlardan olingan moment;

$$M_{s,inc} = \sum R_{s,inc} A_{s,inc} Z_{s,inc}. \quad (4.37)$$

Eguvchi momentlarning qiya kesimlarga bo'lgan ta'siri elementning tayanch zonasida tekshiriladi. Agar ma'lum konstruktiv talablarga amal qilinsa, mustahkamlikka hisoblashga xojat qolmaydi.

Agar normal kesim bo'yicha aniqlangan cho'ziluvchi armaturani tayanchlarga davom ettirib, uchlari ankerlab qo'yilsa, istalgan qiya kesimning eguvchi moment ta'siriga bo'lgan mustahkamligi ta'min etilgan bo'ladi. Ankerlashni kuchaytirish maqsadida ba'zan tayanch zonasiga qo'shimcha armatura joylanadi yoki sterjen uchlariga plastinalar payvandlanadi.

Qiya kesimlarning mustahkamligi momentlar bo'yicha (4.36) formula yordamida tekshiriladi. Element eng havfli qiya kesimining bo'ylama o'qqa bo'lgan proeksiyasi c_1 proeksiyalar tenglamasidan topiladi. Eng havfli qiya kesim tayanchga yaqin kesimdan boshlanadi. Bu kesimda tashqi kuchlardan hosil bo'lgan moment M yoriq hosil qiluvchi moment M_{src} ga teng bo'ladi.

Qiya kesimlarni hisoblashda neytral o'q holati barcha kuchlarning bo'ylama o'qqa bo'lgan proeksiyalari tenglamasidan aniqlanadi.

Qator konstruktiv tadbirlar amalga oshirilsa, qiya kesimlarning moment bo'yicha yuk ko'tarish qobiliyati normal kesimlarnikidan kam bo'lmaydi; bunday hollarda qiya kesimlarni moment bo'yicha hisoblashga ehtiyoj qolmaydi.

Armaturalarni ankerlash. Elementning qiya kesim bo'yicha mustahkamligini ta'minlaydigan konstruktiv tadbirlar quyidagilardan tashkil topadi. Avvalo, xomutlar va bukmalar orasidagi masofalar, xomutlarning dia-

metrlari, shuningdek bukmalarning joylanishi yuqorida keltirilgan talablar darajasida bo'lishi lozim. Qolaversa cho'zilgan bo'ylama armaturaning betonga mustahkam birikishi (ankerlanishi) ham katta rol o'ynaydi, chunki bunda armatura imkoniyatlaridan to'la foydalaniladi. Egiluvchi element erkin tayansa, birikishni puxtalash maqsadida bo'ylama armaturaning uchi elementdan tashqariga kamida $5d$ masofaga chiqarib qo'yiladi. Agar (4.32) shart qanoatlantirilmasa, ya'ni hisobga ko'ra ko'ndalang armatura talab etilsa, u holda armaturaning chiqqan qismi uzunligi $l_s \geq 10d$ olinadi.

Payvand to'rlarda silliq sirtli bo'ylama armaturalarning uchiga I_s masofada kamida bitta, agar hisob bo'yicha ko'ndalang armatura talab etilsa, kamida ikkita ankerlovchi (biriktiruvchi) ko'ndalang armatura payvandlanishi lozim. Eng chetki ankerlovchi sterjendan bo'ylama sterjenning uchigacha bo'lgan masofa $d \leq 10$ mm bo'lsa, 15 mm dan, $d > 10$ mm bo'lsa, $1,5d$ dan kam bo'lmasligi kerak. Ankerlovchi sterjenning diametri eng yo'g'on bo'ylama armatura diametrining yarmidan kichik bo'lmasligi zarur. Agar anker (qistirgich) lar bo'lmasa, armaturaning uchidagi normal kuchlanish nolga teng bo'ladi; element uchidan uzoqlashgan sari armatura bilan beton orasidagi birikuv (ssepelenie) hisobiga kuchlanish orta boradi va I_{an} masofada (29-rasm, v) uning qiymati to'liq hisobiy qarshilik R_s ga tenglashadi. Ankerlash zonasining uzunligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$I_{an} = (\omega_{an} R_s / R_b + \Delta \lambda_{an}) d. \quad (4.38)$$

Cho'zilish zonasidagi davriy profilli armatura uchun $\omega_{an} = 0,7$ va $\Delta \lambda_{an} = 11$, tekis sirtli armatura uchun esa $\omega_{an} = 1,20$ va $\Delta \lambda_{an} = 11$. Bundan tashqari, I_{an} 250 mm dan va $20d$ dan kam bo'lmasligi kerak. Chetki ozod tayanchlarda ankerlash zonasi uzunligi ko'ndalang armatura va ko'ndalang yo'nalishdagi siqilish kuchlanishlari ta'sirini e'tiborga olgan holda hisoblanadi. Keyingi omillar ankerlash zonasini ixchamlashtiradi.

4.3. Siqiladigan temirbeton elementlar mustahkamligini hisoblash

Siqiluvchi elementlarning konstruktiv xossalari [1, 2, 7–9, 22]. Oraliqda joylashgan ustunlar; fermalarning ustki tasmalari, yuqorilovchi hovonlari, ustunlari va boshqa shuning kabi elementlar shartli ravishda markaziy siqiluvchi elementlar tarkibiga kiritiladi. Aslida qurilish konstruksiyalarida markaziy siqilish sof ko'rinishda uchramaydi, elementlar hamisha tasodifiy elkali nomarkaziy siqilish holatida bo'ladi.

Bunday elementlar xomutlar vositasida bog'langan bo'ylama ishchi armaturalar bilan jihozlanadi. Elementga qo'yiladigan yukni bo'ylama

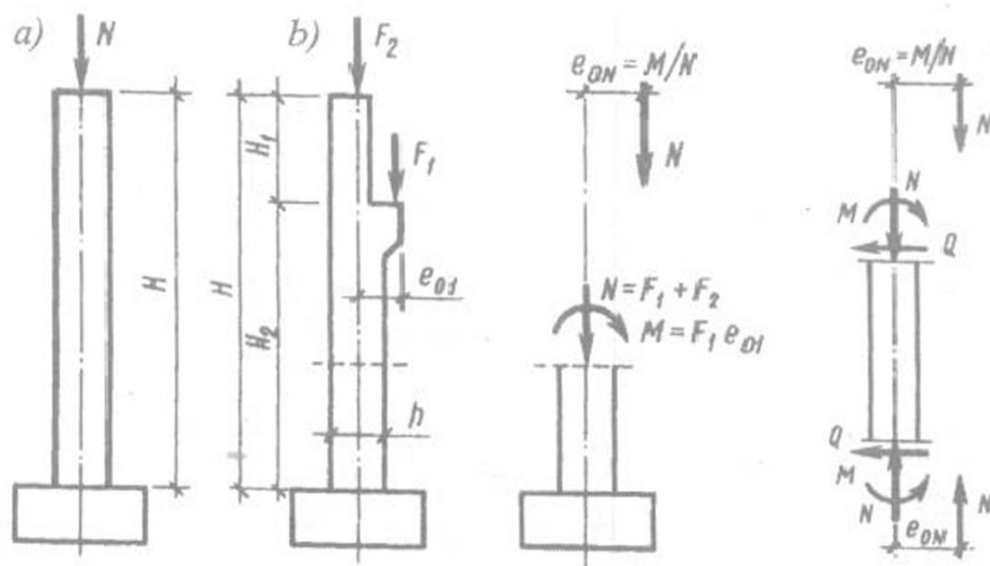
armatura beton bilan birgalikda qabul qiladi. Bu yerda ko'ndalang sterjenlar (xomutlar) bo'yлама armaturalarni muddatidan ilgari qabarishdan asrash vazifasini o'taydi.

Bo'yлама kuch elkasi uncha katta bo'lmasa, ko'ndalang kesim kvadrat shaklida olinadi. Eguvchi momentning qiymati katta bo'lsa, kesimning moment tekisligidagi o'lchamlari kattalashtiriladi, ya'ni to'g'ri to'rt burchak shakliga keltiriladi. Amalda qo'shtavr kesimli ustunlar ham qo'llaniladi.

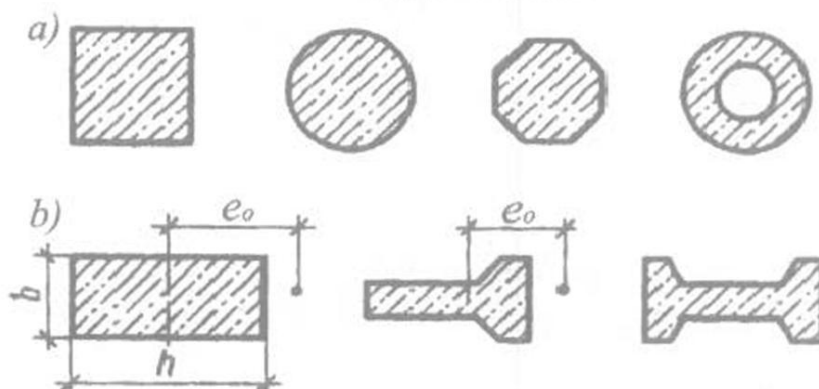
Elkaning qiymati $e_o = M/N + e_a$ formuladan topiladi, bu yerda e_a – tasodifiy elka (ekssentrisitet).

Siqiluvchi elementlarda ishlatiladigan betonning sinfi B15 dan, agar katta yuk qo'yilsa, B25 dan kam bo'lmasligi kerak.

4.8 va 4.9-rasmlarda siqilgan elementlarning kuch sxemalari va ko'ndalang kesimlari keltirilgan.



4.8-rasm. Siqilgan elementlar



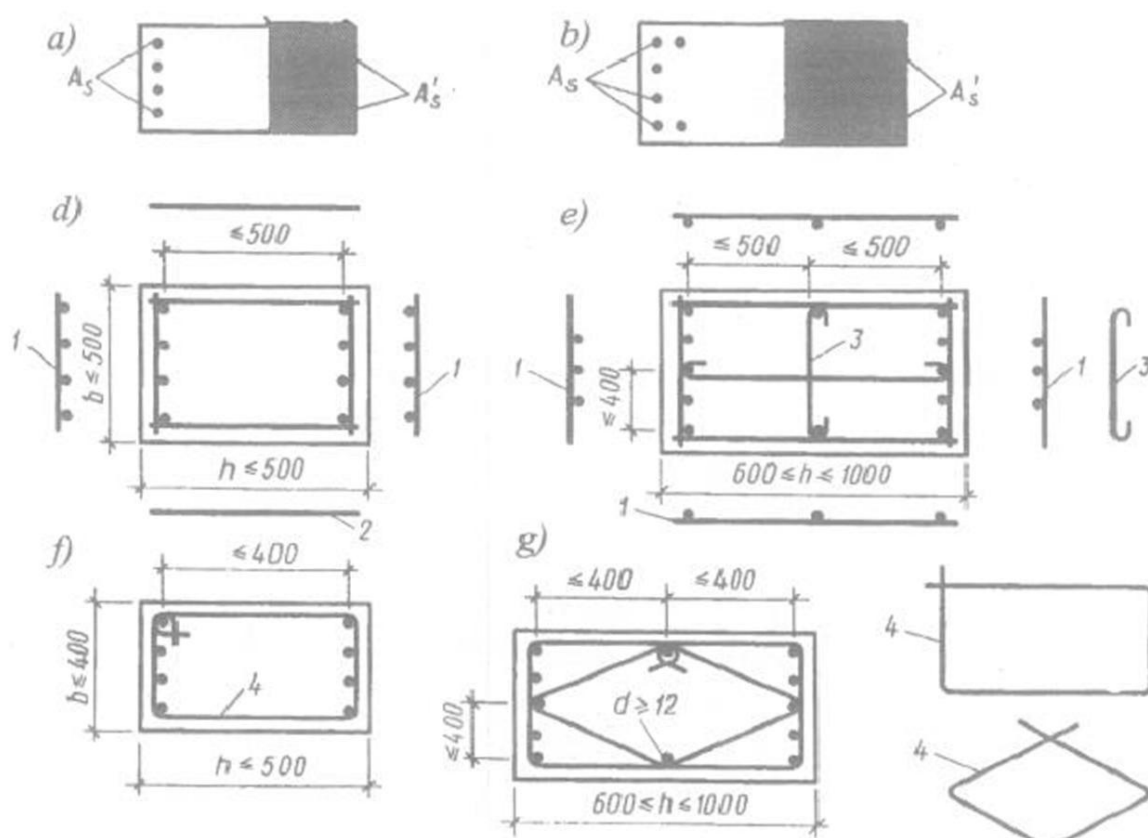
4.9-rasm. Siqilgan elementlarning ko'ndalang kesimlari

Siqilgan elementlarni armaturalash [1, 2, 7–9, 22]. Ustunlarning

bo'ylama armaturalari diametri 12...40 mm bo'lgan A-III va A-IIIC sinfli po'latdan ishlanadi. Ko'ndalang armatura uchun asosan A-II, A-I sinfli po'lat sterjenlar hamda B-I sinfli sim ishlatiladi.

Armaturalar yassi yoki fazoviy karkas ko'rinishida biriktiriladi. Kesim yuzasida armatura miqdori 3% dan ortmasligi va 0,05...0,1 % dan kam bo'lmasligi lozim.

Ko'ndalang kesimi 40x40 sm bo'lgan ustunlarga 4 ta bo'ylama armatura etarli (4.10-rasm, a, b). Ishchi armaturalar orasi 40 sm dan ortsa, orasiga qo'shimcha sterjen qo'yish zarur. Ustunlarning kesim o'lchami 500 mm gacha bo'lsa, 50 mm ga karrali, agar undan yuqori bo'lsa, 100 mm ga karrali o'lchamlarga ega bo'lishlari kerak (4.10, d, e-rasm).



4.10-rasm. Hisobiy eksentrisitetli siqilgan elementlarni armaturalash:

1 – payvandlangan karkaslar; 2 – biriktiruvchi sterjenlar; 3 – shpilkalar; 4 – xomutlar

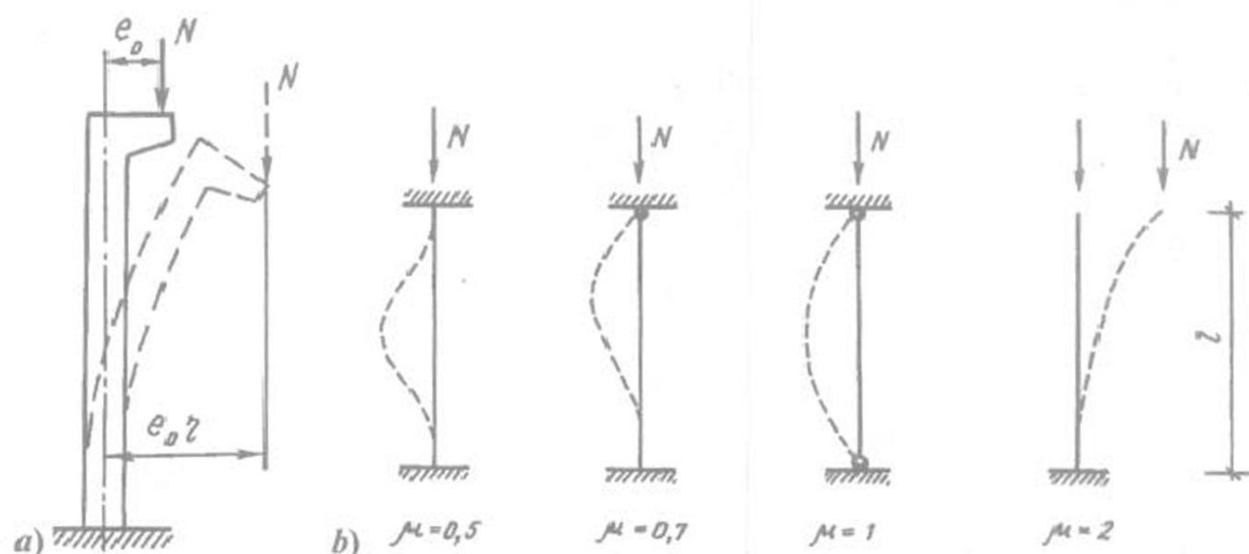
Ko'ndalang armaturalar hisoblanmay qo'yiladi. Ular orasidagi masofa S payvandlangan karkaslarda $20d$, to'qima karkaslarda $15d$ olinadi. Har ikkala holda ham xomutlar orasidagi masofa 50 sm dan oshmasligi kerak. Ko'ndalang sterjenlarning himoya qatlami 1,5 sm dan kam bo'lmasligi lozim. Ustunlar simmetrik ravishda armaturalanadi.

Agar egilish tekisligida bo'ylama sterjenlar orasidagi masofa 500 mm dan oshsa, unda ular orasiga diametri 12 mm dan katta bo'lgan konstruktiv

bo'ylama armatura o'rnatiladi, biroq, bo'ylama sterjenlar orasidagi masofa 500 mm dan oshib ketmasligi kerak (4.10-rasm, f, g).

Ko'ndalang armatura. Xomutlar ustunlarga konstruktiv mulohazalarga ko'ra o'rnatiladi. Ular hamma bo'ylama sterjenlarni o'rab olishi va ularni qabarib chiqishidan saqlashi kerak.

Element egilishini hisobga olish [1, 2, 7–9, 22]. Egiluvchi elementlarga nomarkaziy qo'yilgan kuchlar bo'ylama kuch N ning boshlang'ich elkasi e_0 ni kattalashtiradi (4.11-rasm). SHu sababdan siqiluvchi temirbeton elementlarni hisoblashda betonning noelastik deformatsiyasini va cho'zilish zonasidagi yoriqlarni e'tiborga oluvchi tarhda foydalaniladi.



4.11-rasm. Egiluvchi elementlarda bo'ylama kuch elkasining ortishi (a), ustunning hisobiy uzunligini aniqlash (b)

Konstruksiya deformatsiyalanmagan tarhi bo'yicha hisoblansa, u holda egilishning elka e_0 ga bo'lgan ta'siri koeffitsienti orqali e'tiborga olinadi. (4.40) – (4.43) formulalar tarkibiga kirgan, bo'ylama kuch N bilan A_s armaturaning og'irlik markazigacha bo'lgan masofa qo'yidagi formuladan aniqlanadi:

$$e = (e_0 + e_a)\eta + e_c, \quad (4.39)$$

bu yerda e_0 – bo'ylama kuch N elkasi; e_s – element o'qidan A_s armaturadagi zo'riqishning teng ta'sir etuvchisigacha bo'lgan masofa (4.11-rasm, b); e_a – tasodifiy elka; koeffitsientning formula $\eta = 1/(1 - N/N_{cr})$ dan topiladi. Bunda N_{cr} – kritik kuch.

$$N_{cr} = 6,4 E_b / l^2_{ef} \{ I / \varphi_l [0,11 / (0,1 + \delta_e / \varphi_p) + 0,1] + \alpha I_s \}, \quad (4.40)$$

bu yerda $I_s = \mu b h [(h_0 - a')]^2$.

Egiluvchanlikning pastki qiymati $l_0/r < 17$, yuqori qiymati $l_0/r > 83$.

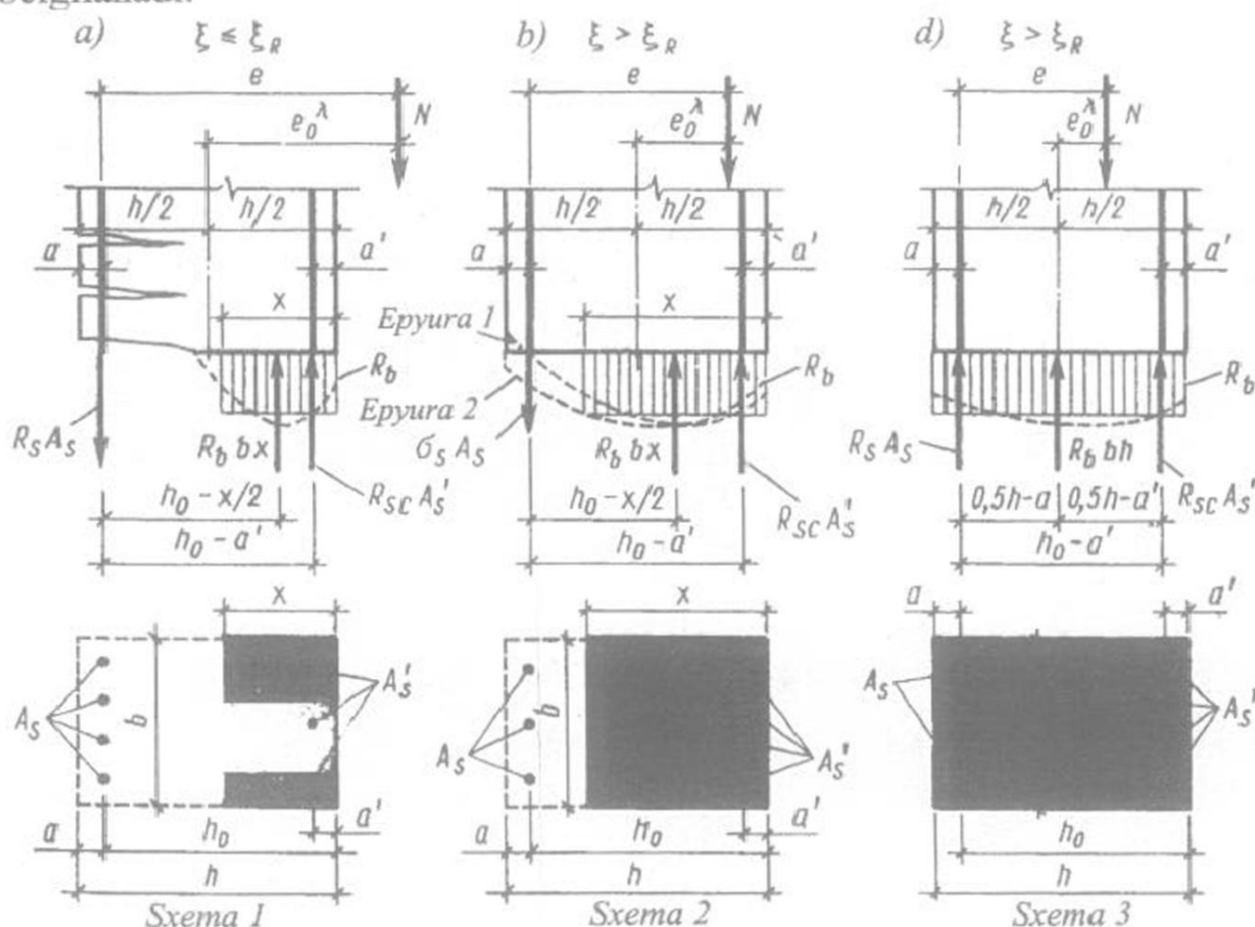
Sterjenning hisobiy uzunligi l_0 uchlarini biriktirilish shartlariga bog'liq holda aniqlanadi $l_0 = \mu l$ (4.11-rasm).

Tasodifiy elkali elementlarning egiluvchanligini hisoblash. Siqiluvchi elementlarni hisoblashdan oldin uning hisoblash tarhi tanlanadi (4.12-rasm). Elementning hisobiy balandligi uning egiluvchanligiga bog'liq. Elementning egiluvchanligi $\lambda = l_0/r$, bu yerda r – kesimning inersiya radiusi. Me'yorlarga ko'ra tasodifiy e_a elka $h/30$ yoki $l/600$ nisbatlarning kattasiga teng qilib olinishi kerak.

Siqilgan temirbeton elementlarni hisoblash. Tasodifiy elkali elementlarni hisoblash [1, 2, 7–9, 22]. Tasodifiy elkali siqiluvchi elementning yuk ko'tarish qobiliyati (4.45) formula bo'yicha tekshiriladi (4.12-rasm). Agar elementning ko'ndalang kesim o'lchamlari ma'lum bo'lsa, (4.45) formuladan armaturaning yuzini aniqlasa bo'ladi.

$$A_s + A'_s = (N/\eta\varphi R_{sc}) - (AR_b/R_{sc}), \quad (4.41)$$

bu yerda φ – bo'ylama egilish koeffitsienti ketma-ket yaqinlashuv usulida belgilanadi.



4.12-rasm. Siqiluvchi elementlarning hisoblash tarhi: a – tasodifiy elka – l_0 ; b – $x \leq \xi_R$ bo'lgan hol uchun; v – $x \geq \xi_R$ bo'lgan hol uchun

Elementning ko'ndalang kesim o'lchamlari va armatura yuzasini dastlabki aniqlashda qo'yidagi tengliklar qabul qilinadi:

$$\varphi = \eta = 1, A_s + A'_s = \mu A = 0,001A. \quad (4.42)$$

Kesim yuza A (4.43) dan topiladi.

$$A = N / [\eta \varphi (R_b + \mu R_{sc})]. \quad (4.43)$$

Agar $\mu = 1 \dots 2 \%$ ni tashkil etsa, kesim to'g'ri tanlangan bo'ladi. Armaturalash foizining miqdori $\mu_{min} = 0,05\% < \mu < \mu_{max} = 3\%$ oralig'ida bo'ladi.

Ko'ndalang kesimi to'g'ri to'rtburchak bo'lgan elementlarning nomarkaziy siqilishi [1, 2, 7 – 9, 22]. Nomarkaziy siqiluvchi elementlarda ham egiluvchi elementlarga o'xshab qo'yidagi ikki hol uchrashishi mumkin:

- 1) *elka katta qiymatga ega bo'lgan hol.* Bu hol $\xi < \xi_R$ bo'lgan shartga mos keladi (4.12-racm, a).
- 2) *elka kichik qiymatga ega bo'lgan hol.* Bunda avval $\xi > \xi_R$ bo'ladi (4.12-racm, b, d). Kuchdan eng uzoqda joylashgan armatura yo siqilgan, yoki biroz cho'zilgan holatda bo'ladi. Elka e_o , M va N epyuralaridan aniqlanadi.

To'g'ri to'rtburchakli kesim uchun qo'yidagilarni yoza olamiz:

$$A_b = bx; N_b = R_b bx; Z_b = h_o - 0,5x. \quad (4.44)$$

To'g'ri to'rtburchak kesimli nomarkaziy siqilayotgan elementning mustahkamlik sharti qo'yidagi ko'rinishga ega:

$$Ne < N_b Z_b + N_s Z_s, \quad Ne < R_b bx(h_o - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_o - a). \quad (4.45)$$

Siqilish zonasining balandligi qo'yidagi tengliklardan aniqlanadi:

$$a) \quad \xi = x/h_o \leq \xi_R \text{ bo'lganda, } N = R_b bx + R_{sc} A'_s - R_s A_s; \quad (4.46)$$

$$b) \quad \xi = x/h_o > \xi_R \text{ bo'lganda, } N = R_b bx + R_{sc} A'_s - \sigma_s A_s, \quad (4.47)$$

bu yerda σ_s – armatura materialiga bog'liq miqdor bo'lib, qo'yidagi formuladan topiladi:

$$\sigma_s = R_s [2(1 - x/h_o)/(1 - \xi_R) - 1]. \quad (4.48)$$

Elementning mustahkamligini tekshirishda (4.49) formuladan siqilish zonasi balandligi aniqlanadi:

$$x = (N - R_{sc} A'_s + R_s A_s). \quad (4.49)$$

Agar $x \leq \xi_R h_0$ shart bajarilsa, elementning mustahkamligi (4.45) formula yordamida tekshiriladi. Bordini bajarilmasa, X ni (4.49) formuladan aniqlab, element mustahkamligini (4.45) formula yordamida tekshirishga to'g'ri keladi.

Siqilgan elementlar armaturasining yuzasini aniqlash [1, 2, 7–9, 22].
Armatura yuzalari A_s va A'_s larni aniqlash uchun (4.45) va (4.46) formulalarni qayta o'zgartiramiz.

$\xi = x/h_0 \leq \xi_R$ bo'lgan holni ko'rib o'taylik.

(4.46) formuladan qo'yidagi ifoda kelib chiqadi:

$$A'_s = [Ne - R_b b x (h_0 - 0,5x)] / R_{sc} (h_0 - a') = Ne R_b b h_0 2 \alpha_m / R_{sc} Z_s. \quad (4.50)$$

Kelib chiqish yo'li $x = \xi_R h_0$:

$$x(h_0 - 0,5x) = \xi_R h_0 (h_0 - 0,5 \xi_R h_0) = h_0^2 \xi_R (1 - 0,5 \xi_R) = h_0^2 \alpha_m.$$

(4.50) dan qo'yidagi formula hosil bo'ladi:

$$A_s = (R_b b h_0 \xi_R - N) / R_s + R_{sc} A'_s / R_s. \quad (4.51)$$

Agar A'_s ni konstruktiv qabul qilsak, u holda α_m (4.46) formuladan qo'yidagi tartibda aniqlanadi:

$$x = (h_0 - 0,5x) = [Ne - R_{sc} A'_s (h_0 - a)] / R_b b = \alpha_m h_0^2;$$

$$\alpha_b = [Ne - R_{sc} A'_s (h_0 - a)] / R_b b h_0^2. \quad (4.52)$$

Bunga asosan jadvaldan ξ aniqlanadi. (4.46) formulada $x = \xi_R h_0$ deb olsak, izlanayotgan yuza qo'yidagi ifodadan topiladi:

$$A_s = (R_b b h_0 \xi - N) / R_s + R_{sc} A'_s / R_s. \quad (4.53)$$

Amalda aksariyat hollarda kesimlar simmetrik ravishda armaturalanadi. Bunda $A_s = A'_s$, $R_{sc} = R_s$, $R_{sc} A'_s = R_s A_s$ bo'ladi. U holda (4.46) formuladan $x = N / R_b b$ kelib chiqadi. Bo'larni hisobga olib (4.45) formulani qo'yidagi ko'rinishda yoza olamiz:

$$A_s = A'_s = [N(e - h_0 + N/2R_b b) / R_{sc} (h_0 - \alpha')]. \quad (4.54)$$

Endi $\xi = x/h_0 > \xi_R$ bo'lgan holni ko'ramiz. Bu holda armatura yuzasi qo'yidagi tartibda hisoblanadi:

1. Hisobga doir qiymatlar (R_b ; R_s ; R_{sc} ; E_s ; E_b) yozib olinadi;

2. Armaturalash koeffitsienti $\mu = (A_s + A'_s)/bh$, $\mu = (0,0005 - 0,035)$ oralig'ida qabul qilinadi, N_{cr} hisoblanadi. Agar $N > N_{cr}$ chiqsa, elementning ko'ndalang kesim yuzi o'lchamlari kattalashtiriladi;
3. A_s/A'_s nisbatga qiymatlar berib, x va x/h_0 aniqlanadi, keyin (4.53) va (4.54) formulalardan foydalanib, armatura yuzasi A_s va A'_s topiladi;
4. Armatura yuzasining topilgan qiymatlari asosida armaturalash koeffitsienti qayta hisoblanadi. Agar koeffitsientning bu qiymati, qabul qilingan qiymatidan 0,0005 dan kamroq farq qilsa, shu yuzani qoldirish mumkin. Farq katta chiqsa, u holda armaturalash koeffitsientiga yangi qiymat berib, hisob qaytadan bajariladi.

4.4. Cho'ziladigan temirbeton elementlarni mustahkamligini hisoblash

Cho'ziluvchi temirbeton elementlarni oldindan zo'riqtirish imkoniyati mavjud bo'lgan hollarda ulardan foydalanilsa, maqsadga muvofiq bo'ladi.

Konstruksiya avval chegaraviy holatlarning birinchi guruhi bo'yicha mustahkamlikka hisoblanadi. So'ngra qabul qilingan beton va armatura chegaraviy holatlarning ikkinchi guruhi (yoriq hosil bo'lishi, yoriqning ochilishi, deformatsiyalar) bo'yicha tekshiriladi [1, 2, 7-9, 22].

Beton va armaturaning hisobiy qarshiliklari va elastiklik modullari qurilish me'yorlari va qoidalari QMQ 2.03.01-96 [6] dan tanlab olinadi. Temirbeton konstruksiyalarning taranglanmaydigan armaturasi sifatida A-III sinfli po'lat sterjen, Bp-I sinfli oddiy simlardan foydalanish tavsiya etiladi. Ko'ndalang armatura sifatida, ayrim hollarda (gaz, suyuqlik va sochiluvchan jism bosimi ostida bo'lgan konstruksiyalarda) bo'ylama armatura sifatida ham A-II va A-I sinfli po'lat sterjenlar qo'llaniladi. Temirbeton cho'ziluvchi elementlarning taranglangan armaturalari sifatida, agar element uzunligi 12 m dan ortmasa - At-V va At-VI sinfli mustahkam po'lat sterjenlar, agar 12 m dan ortiq bo'lsa, B-II, Bp-II sinfli o'ta mustahkam simlar va K-7 hamda K-19 sinfli sim arqonlar ishlatiladi. Bulardan tashqari, A-V va A-VI sinfli armaturalardan foydalansa ham bo'ladi.

Markaziy cho'ziladigan elementlarni mustahkamlikka hisoblash. Markaziy cho'ziluvchi elementlar deb, bo'ylama cho'zuvchi kuch bilan kesimdagi armaturalar cho'zuvchi zo'riqishlarining teng ta'sir etuvchisi ustma-ust tushgan temirbeton elementlariga aytiladi. Markaziy cho'ziluvchi elementlar kesimning perimetri bo'ylab simmetrik ravishda yoki to'liq kesim bo'yicha armaturalanadi. Markaziy cho'ziluvchi temirbeton elementlarning armaturasi oldindan taranglanmasa, elementda

nisbatan kichik yuklar ta'sirida (armaturadagi kuchlanish $\sigma_s = 20 \dots 30$ MPa bo'lganda) ham betonda yoriqlar paydo bo'ladi. Shu sababdan markaziy cho'zilishga ishlaydigan elementlarning yorilishga bo'lgan bardoshlilikini oshirish maqsadida, ulardagi ishchi armaturalar oldindan zo'riqtiriladi.

Bunday elementlarning mustahkamligi qo'yidagi tartibda tekshiriladi. Statik hisobdan bo'ylama kuch N ning qiymati aniqlanadi:

$$N \leq R_s A_{s, tot} = \gamma_{s6} R_{sp} \Sigma A_{sp} + R_s \Sigma A_s, \quad (4.55)$$

bu yerda γ_{s6} – armaturaning ish sharoiti koeffitsienti;

$A_{s, tot}$ – bo'ylama armaturalarning yig'indi yuzasi;

ΣA_{sp} – taranglangan armaturalarning yig'indi yuzasi;

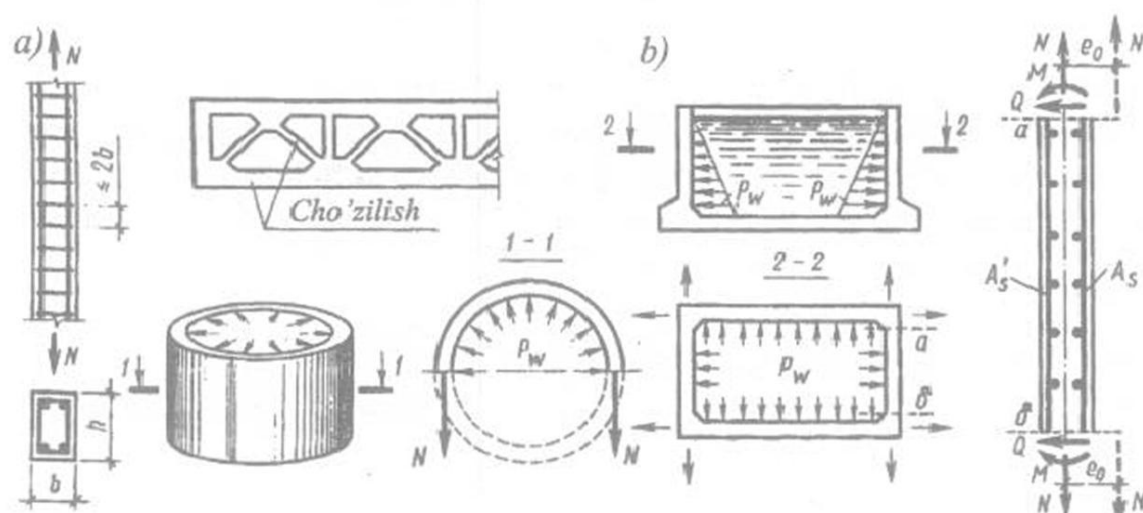
ΣA_s – oddiy armaturalarning yig'indi yuzasi. Mustahkamlikni ta'minlash uchun talab etilgan bo'ylama armaturaning umumiy yuzasi quyidagi formuladan topiladi:

$$A_{s, tot} = N / R_s \gamma_{s6}. \quad (4.56)$$

Umumiy holda markaziy cho'ziluvchi elementlar ham zo'riqtirilgan, ham zo'riqtirilmagan sterjenlar bilan armaturalanganligi uchun, (4.13-rasm, a ga q.) avval zo'riqtirilmagan armaturaning yuzasi (A_s) ni aniqlab (yoki qabul qilib) olinadi. So'ngra o'ta mustahkam zo'riqtirilgan armaturaning yuzasi aniqlanadi:

$$A_{s, tot} = N - R_s A_{s, tot} / R_{sp} \gamma_{s6}, \quad (4.57)$$

bu yerda γ_{s6} – o'ta mustahkam armaturaning ish sharoiti koeffitsienti.



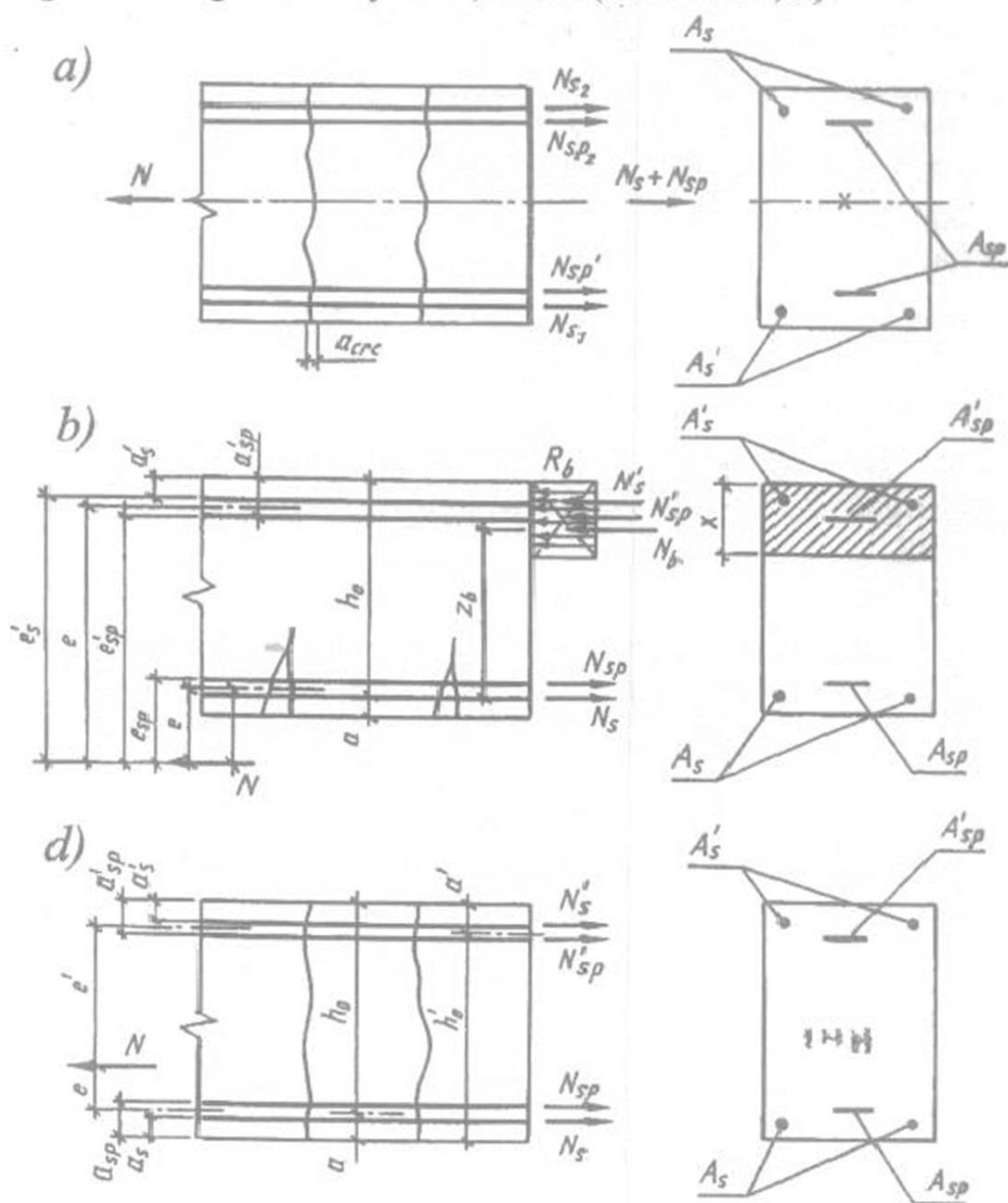
4.13-rasm. Markaziy (a) va nomarkaziy (b) cho'zilgan elementlarni armaturalash

Aniqlangan umumiy yuzaga qarab jadvaldagi sortamentdan sterjenlar

sonini belgilaymiz. Bunda amaldagi yuza, tejamkorlik nuqtai nazaridan, hisobiy yuzadan 3 % dan ortib ketmasligi kerak.

Nomarkaziy cho'ziluvchi elementlar (4.14-rasm) [1, 2, 7–9, 22]. Nomarkaziy cho'ziluvchi elementlarda qo'yidagi ikki hol uchrashi mumkin:

- bo'ylama cho'zuvchi kuch A_s va A'_s armaturalari teng ta'sir etuvchisining tashqarisidan o'tadi, 2-hol (4.14-rasm, b);
- bo'ylama cho'zuvchi kuch A_s va A'_s armaturalari teng ta'sir etuvchi zo'riqlarining orasida yotadi, 1-hol (4.14-rasm, d).



4.14-rasm. Cho'ziluvchi elementlarda kuchlarning joylashish tarhi:
a – markaziy cho'ziluvchi element; b, d – nomarkaziy cho'ziluvchi elementlar

Bu ikki holning birinchisida element nomarkaziy siqiluvchi elementlar

singari hisoblanadi. Bunda faqat bo'ylama kuchning ishorasi teskarisiga o'zgartiriladi. Ikkinchi holda cho'zuvchi kuchning ta'sir chizig'i bilan eng ko'p cho'zilgan armatura A_s gacha bo'lgan masofa $e = 0,5h - a - e_o$ ga, eng kam cho'zilgan armatura A'_s gacha bo'lgan masofa esa $e' = 0,5h - a + e_o$ ga teng. Bu yerda $e_o = M / N$, M – eguvchi moment, Nmm; N – bo'ylama cho'zuvchi kuch, N.

Kichik yelkali birinchi hol uchun mustahkamlik sharti quyidagi ko'rinishga ega:

$$N'e \leq (\gamma_{s6} R_s A_{sp} + R_s A_s)(h_o - a). \quad (4.58)$$

Katta yelka uchun (2-hol) mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi:

$$N_e \leq R_b A_{bz} + R_s A_s z + \sigma_{sc} A'_{sp} z'; \quad (4.59)$$

$$N_e \leq R_b b x (h_o - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_o - a') + \sigma_{sc} A'_{sp}. \quad (4.60)$$

Muvozanat tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$R_s A_s - R_{sc} A'_s - N = R_b b x, \quad (4.61)$$

bu yerda σ_{ss} – armaturadagi kuchlanish; R_{sc} – siqiluvchi armaturaning hisobiy qarshiligi. Shunday qilib, elka katta bo'lganda, kuchdan eng uzoqda joylashgan kesim siqiladi, siqilishga ishlaydigan beton hisobda inobatga olinadi.

Cho'zilish zonasidagi betonning ishi hisobda inobatga olinmaydi. Siqilgan betonning kuchlanishlar epyurasi to'g'ri to'rtburchak shaklli, uning qarshiligi esa R_b deb olinadi.

Element zo'riqtirilmagan A_s va A'_s , hamda zo'riqtirilgan A_{sp} va A'_{sp} sterjenlar bilan aralash holda armaturalanishi mumkin. Agar A_s va A'_s ma'lum bo'lsa (masalan, konstruktiv nuqtai nazardan), oldindan zo'riqtirilgan armaturaning ko'ndalang kesim yuzasi quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$A_{sp} = Ne / [\gamma_{s6} R_{sp} (h_o - a')] - A_s (R_s / \gamma_{s6} R_{sp}); \quad (4.62)$$

$$A'_{sp} = N'e / [\gamma_{s6} R_{sp} (h_o - a')] - A_s (R_s / \gamma_{s6} R_{sp}), \quad (4.63)$$

bu yerda $\gamma_{s6} = \eta$ va armatura sinfiga qarab: A – IV bo'lsa, $\gamma_{s6} = 1,20$; A – V, B – II, Bp – II, K – 7, K – 19 bo'lsa, $\gamma_{se} = 1,15$; A – VI bo'lsa, $\gamma_{se} = 1,10$ olinadi.

4.5. Temirbeton elementlarning yoriqbardoshligini hisoblash

Hisoblashning asosiy qoidalari [1, 2, 7–9, 22]. Temirbeton konstruksiyalarini loyihalaganda ularning mustahkamligi va ustivorligini ta'minlash bilan birga, ularning bikirligi va yorilishbardoshligiga ham e'tibor beriladi.

Birinchi bosqichda yorilishga qarshilik ko'rsatish, ikkinchi bosqichda yoriqning kengayishiga qarshilik ko'rsatish – elementning yoriqbardoshligi deb ataladi. U konstruksiyaning ishlash va ekspluatatsiya qilish sharoiti hamda qo'llaniladigan armatura xiliga (uning chirishga chidamliligiga) bog'liq bo'lib, uch toifaga bo'linadi:

1-toifa – yoriqlar paydo bo'lishiga yo'l qo'yilmaydi;

2-toifa – eniga cheklangan uzoq davom etmaydigan (hamma yuklarning birgalikdagi ta'siridan) yoriqlarning ochilishiga ruxsat etiladi a_{crc1} , keyin bu yoriqlar ishonchli yopilish sharti bilan (qisqa muddatli yuk olingandan keyin);

3-toifa – eniga cheklangan uzoq davom etmaydigan a_{crc1} va uzoq davom etadigan a_{crc2} yoriqlar ochilishiga ruxsat etiladi. Hamma yuklar ta'sirida uzoq davom etmaydigan a_{crc1} , doimiy va uzoq muddatli yuklar ta'sirida esa uzoq davom etadigan a_{src2} yoriqlar sodir bo'ladi. Elementlar yorilishbardoshligi va egilishini aniqlash chegaraviy holatlarning ikkinchi guruhiga kiradi.

Temirbeton konstruksiyalarida yorilishlar yuk ta'sirida, haroratning o'zgarishi yoki betonning kirishishi natijasida hosil bo'lishi mumkin. Yoriqlar elementning bikirligi va uzoqqa chidamliligini kamaytiradi.

Elementlarni yorilishga hisoblaganda, tashqi kuchlardan tashqari oldindan yo'qotilgan zo'riqishlar ham e'tiborga olinadi. Bunda normal va qiya yorilishlar alohida ravishda ko'rib o'tiladi.

Bo'ylama kuchlar ta'siridagi elementlar [1, 2, 7–9, 22]. Tashqi cho'zuvchi kuchlar elementda o'q bo'ylab cho'zilish, oldindan uyg'otilgan kuchlanishlar esa o'q bo'ylab siqilishni vujudga keltiradi. Fermaning ostki tasmasi, arka tortqichlari, quvur yoki rezervuarlarning devorlari va boshqalar bunga misol bo'la oladi. Ana shunday elementlar uchun yorilishbardoshlik sharti quyidagicha ifodalanadi:

$$N \leq N_{crc}, \quad (4.64)$$

bu yerda N – tashqi yuklardan hosil bo'lgan bo'ylama kuch;

N_{crc} – kesimga ta'sir etuvchi ichki bo'ylama kuch (zo'riqish).

$$N_{crc} = R_{bt,ser}A + 2\alpha R_{bt,ser}A_s. \quad (4.65)$$

Agar element oldindan uyg'otilgan bo'ylama kuch bilan siqilsa, u holda tashqi kuchlarning bir qismi ana shu siquvchi kuchni so'ndirishga sarf bo'ladi, ya'ni

$$N_{crc} = R_{bt,ser}(A + 2\alpha A_s) + P. \quad (4.66)$$

Egiluvchan elementlarda normal yorilishlar hisobi [1, 2, 7-9, 22]. Agar tashqi kuchlar momenti M yorilish paydo bo'lishidan biroz ilgari elementda hosil bo'ladigan ichki kuchlar momenti M_{sgs} dan kichik bo'lsa, u holda beton yorilmaydi, ya'ni

$$M \leq M_{crc} \text{ va } M_{crc} = R_{bt,ser}W_{pe} \pm M_{rp}, \quad (4.67)$$

bu yerda W_{pe} – elastik plastik qarshilik momenti M_{gr} – chetki yadro nuqtasidan o'tuvchi o'qqa nisbatan siquvchi zo'riqish R dan olingan moment, ya'ni yadro momenti.

$$M_{gr} = P(e_0 + r), \quad (4.68)$$

bunda r – kesim yadrosining eng chetki nuqtasi $r = \varphi W_{red}/A_{red}$, $\varphi = 1,6 - \sigma_b/R_{bt,ser}$ e_0 – siquvchi zo'riqish elkasi; $R_{bt,ser}W_{pl}$ – elementning cho'zilish zonasida dastlabki yoriqlar paydo bo'lgan daqiqada beton qabul qiladigan moment (R zo'riqish hisobga olinmaydi) W_{pl} ni aniqlaydigan formulalar ham ko'p. Biroq, ularning ichida eng qulayi quyidagi formuladir.

$$W_{pl} = \gamma W_{red}. \quad (4.69)$$

Bu yerda W_{pl} – keltirilgan kesimning cho'zilgan zona bo'yicha keltirilgan qarshilik momenti; γ – cho'zilish zonasidagi betonning noelastik deformatsiyalarini hisobga oluvchi koeffitsient. To'g'ri to'rtburchakli kesim uchun $\gamma = 1,75$, qo'shtavr uchun $\gamma = 1,5$ va hokazo.

Elementni tashish va montaj qilish jarayonida tashqi yuklar ta'sirida siqiladigan zonasi, aksincha, cho'zilish holatiga o'tishi mumkin. Bunda yorilishbardoshlik sharti quyidagi ko'rinishga keladi:

$$M_{crc} \leq R_{bt,ser}W_{pl} - P(e_{op} - r). \quad (4.70)$$

Bunday holda tashqi kuch momenti shu bosqichda ta'sir etuvchi yuklardan (masalan, elementning xususiy og'irligidan) olinadi. Oldindan zo'riqtirilgan egiluvchi elementlarni tayyorlash vaqtida normal kesim bo'yicha yoriq hosil bo'lishi yoki bo'lmasligi 4.15-rasmda ko'rsatilgan.

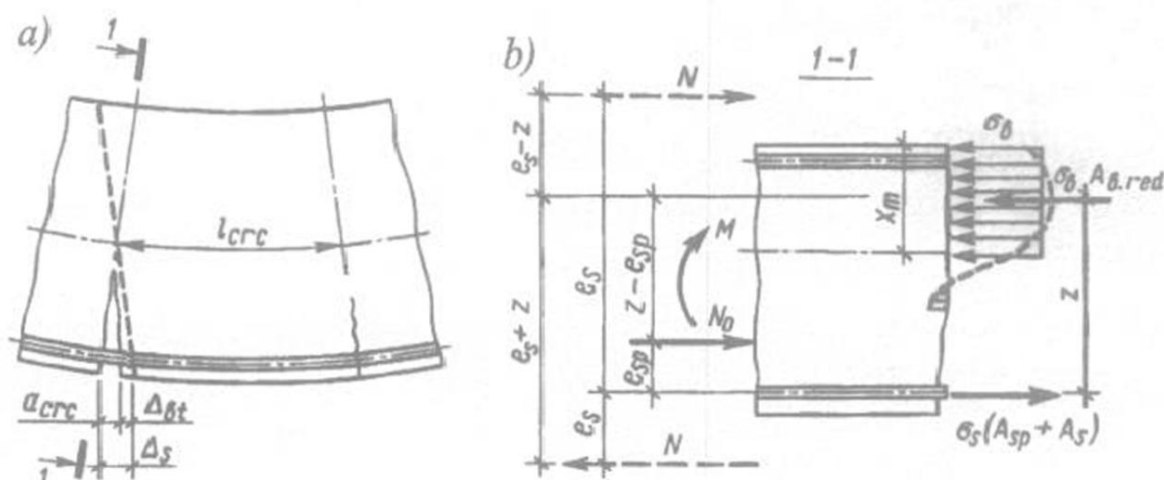
Elementlardagi qiya yorilishlar hisobi [1, 2, 7-9, 22]. Bosh cho'zuvchi kuchlanishlar ta'sir etuvchi zonada elementning qiya kesimlari yorilishbardoshligi tekshiriladi. Tekshiruv zo'riqishlar bo'yicha emas,

kuchlanishlar bo'yicha amalga oshiriladi. Bosh siquvchi va bosh cho'zuvchi kuchlanishlar aniqlanadi. Agar bosh normal kuchlanishlar quyidagi shartlarni qanoatlantirsa, qiya kesimlar yorilishbardoshligi ta'minlangan bo'ladi:

$$\sigma_{mc} = \gamma_{b4} R_{b,ser} \text{ bo'lsa, } \sigma_{mt} \leq R_{bt,ser} \quad \sigma_{mc} > \gamma_{b4} R_{b,ser} \text{ bo'lsa,}$$

$$\sigma_{mt} \leq R_{bt,ser} / (1 - \gamma_{b4}) (1 - \sigma_{mc} / R_{b,ser}), \quad (4.71)$$

bu yerda σ_{mt} – bosh cho'zuvchi kuchlanishlar; σ_{mc} – bosh siquvchi kuchlanishlar; $R_{bt,ser}$ – chegaraviy holatlar II guruhi uchun betonning cho'zilish hisobiy qarshiligi.



4.15-rasm. Yoriqlar ochilish enini hisoblashga doir:
a–element cho'zilgan zonasining deformatsiyasi; b–yoriqli kesim hisobiy sxemasi

Yoriqlarning kengligini hisoblash [1, 2, 7–9, 22]. Umumiy tushunchalar. Biz yuqorida elementning yorilishga ko'rsatgan qarshiligini ko'rib o'tdik, yorilishning oldini olishga urindik. Endi temirbeton element darz ketdi, ya'ni yoriq paydo bo'ldi deb faraz etamiz. Endigi vazifamiz shu yoriqning kengaymasligini ta'minlashdan iborat bo'ladi, ya'ni elementning yoriq kengayishiga bo'lgan qarshiligini ko'rib o'tamiz.

Yoriqni kengayishdan asraydigan narsa armaturadir. Yoriqlarning kengligini aniqlash masalasi kuchlanishlar holatining ikkinchi bosqichi bo'yicha amalga oshiriladi. Hisob normal va qiya kesimlar uchun bajarilib, yorilishbardoshligi bo'yicha II va III toifa talablari qo'yiladigan temirbeton konstruksiyalari ko'rib o'tiladi.

Hisobning maqsadi yoriqlar kengligining nazariy qiymati a_{sgs} ni aniqlash hamda uni ruhsat etilgan qiymat $[a_{sgs}]$ bilan taqqoslashdan iboratdir. Yorilishlarning ruhsat etilgan eni $[a_{sgs}]$ yorilishbardoshlik toifalariga bog'liq qiymat bo'lib, QMQ dan olinadi.

Agar nazariy qiymat ruhsat etilgan qiymatdan katta chiqsa, betonga

oldindan beriladigan siquvchi zo'riqish kattalashtiriladi, betonning sinfi oshiriladi yoki elementning ko'ndalang kesimi o'lchamlari kattalashtiriladi.

Yoriqlarning kengligi a_{sgs} ko'pgina omillarga bog'liq: beton va armaturaning sinfi, o'zaro yopishuv kuchi, beton yorilgan joyda armaturada vujudga kelgan kuchlanish σ_s , yoriqlar orasidagi masofa l_{cre} va h.k.

Cho'ziluvchi elementni ko'rib o'tamiz, chunki bu masalada egilish bilan cho'zilish orasida jiddiy tafovutlar yo'q.

Yoriq kengligi a_{cre} quyidagi $a_{cre} = \Delta l_s - \Delta l_b$ ifodadan aniqlanishi mumkin. Ifodadagi Δl_s juda kichik son (0,0001) bo'lgani uchun, uni e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Absolyut deformatsiyani nisbiy deformatsiya orqali ifodalaymiz:

$$a_{cre} = \varepsilon_{sc} l_{cre}; \quad a_{cre} = \varphi_s \varepsilon_s l_{cre}; \quad a_{cre} \leq [a_{cre}] = 0,2 \dots 0,3 \text{ mm.} \quad (4.72)$$

Normal yoriqlar kengligini hisoblash [1, 2, 7-9, 22]. Qurilish me'yorlari /6/ normal yoriqlarning o'rtacha kengligini aniqlash uchun quyidagi empirik formulani tavsiya etadi:

$$a_{cre} = \delta \varphi \eta (\sigma_s / E_s) / 20 (3,5 - 100 \mu) d^{1/3}, \quad (4.73)$$

bu yerda δ – elementdagi kuchlanish holatini hisobga oluvchi koeffitsient bo'lib, egiluvchi va nomarkaziy siqiluvchi elementlar uchun 1, cho'ziluvchi elementlar uchun 1,2 olinadi; φ_e – yukning ta'sir etish muddatini hisobga oluvchi koeffitsient bo'lib, qiymati 1...1,5 oralig'ida bo'ladi; η – beton bilan armaturaning yorilishi darajasini hisobga oluvchi koeffitsient. Davriy profilli sterjenlar uchun I, Bp – I va Bp – II sinfli simlar uchun 1,2; B–II sinfli silliq simlar uchun 1,4 olinadi; σ_s – bo'ylama armaturadagi kuchlanish; $\mu = A_s / b h_0$ – kesimning armaturalash koeffitsienti; d – armatura diametri, mm.

Cho'ziluvchi armaturadagi kuchlanish quyidagi formulalardan topiladi: markaziy cho'ziluvchi elementlarda

$$\sigma_s = (N - P) / (A_s + A_{sp}); \quad (4.74)$$

egiluvchi elementlarda

$$\sigma_s = [M - P(z - e_{sp})] / (A_s + A_{sp})z; \quad (4.75)$$

nomarkaziy siqiluvchi elementlarda

$$\sigma_s = [N(e_s \pm z) - P(z - I_{sp})] / (A_s + A_{sp})z \quad \text{va hokazo.} \quad (4.76)$$

Agar oldindan uyg'otilgan kuchlanishlar bo'lmasa, $P = 0$ bo'ladi.

Qiya yoriqlarning kengligini hisoblash [1, 2, 7-9, 22]. Qiya yoriqlarning kengligiga ko'ndalang armaturalar (xomutlar, bukilgan sterjenlar) sezilarli ta'sir etadi. Xomutlarning ko'payishi qiya yoriqlar enining kamayishiga olib keladi. Bo'ylama armaturalar qiya yoriqlar kengligiga kam ta'sir etadi.

Xomutlar bilan armaturalangan egiluvchi elementlarda qiya yoriqlarning kengligi quyidagi empirik formuladan topiladi:

$$a_{crc} = \varphi_c 0,6 \sigma_{sp} d_{sw} \eta / [(E_s d_{sw} / h_0) + 0,15 E_b (1 + 2 \alpha \eta \mu_w)], \quad (4.77)$$

bu yerda d_{sw} – xomutlar diametri; σ_{sw} – xomutlardagi kuchlanishlar; $\sigma_{sw} = (Q - Q_{bl}) / A_{sw} h_0 \leq R_{s,ser}$; Q – tashqi yuklardan hosil bo'lgan ko'ndalang kuch; Q_{bl} – ko'ndalang armaturasiz, betonning o'zi qabul qiladigan ko'ndalang kuch; A_{sw} – bir tekislikdagi xomutlarning ko'ndalang kesim yuzasi; $\alpha = E_s / E_b$ armaturani betonga keltirish koeffitsienti; $\mu_w = A_{sw} / b s$ ko'ndalang armaturalash koeffitsienti; S – xomutlar orasidagi masofa; b – elementning eni.

Oldindan zo'riqtirilgan elementlardagi yoriqlarni yopilishga hisoblash [1, 2, 7-9, 22]. Yoriklarning yopilishiga faqat yorilishbardoshlik bo'yicha ikkinchi toifa talablari qo'yiladigan elementlarga hisoblanadi. Bunday elementlarda to'liq me'yoriy yuk ta'sirida birozgina normal va qiya yoriqlar paydo bo'lishiga yo'l qo'yiladi, ammo doimiy va uzoq muddatli yuklar ta'sirida bu yoriqlar berkilib qolishi shart.

Agar egiluvchi, nomarkaziy siqiluvchi va nomarkaziy cho'ziluvchi elementlarda doimiy va uzoq muddatli yuklar ta'sirida kesim siqilsa, u holda normal yoriqlarni yopilgan deb hisoblash mumkin. 0,5 MPa dan kam bo'lmasligi lozim, ya'ni quyidagi shart bajarilishi zarur:

$$[P(e_{op} + r) - M_r] / W_{red} \geq 0,5 \text{ MPa}, \quad (4.78)$$

bu yerda M_r – eng uzoq yadro nuqtasidan o'tuvchi o'qqa nisbatan tashqi kuchlardan olingan moment. Egilunchan elementlar uchun $M_r = M$, nomarkaziy siqilgan yoki cho'zilgan elementlar uchun $M_g = N(e_o \pm r)$.

Normal va qiya yoriqlar taranglangan armaturada plastik deformatsiyalar hosil bo'lmagan taqdirdagina puxta yopiladi. Buning uchun quyidagi shart bajarilishi lozim:

$$\sigma_{sp} + \sigma_s \leq 0,8 R_{s, ser}, \quad (4.79)$$

bu yerda σ_s – taranglangan armaturada tashqi yuklardan hosil bo'lgan kuchlanish orttirmasi bo'lib, (4.74) – (4.76) formulalardan topiladi.

4.6. Egiladigan temirbeton elementlarning deformatsiyasini hisoblash

Deformatsiyani hisoblash. Hisoblashning asosiy qoidalari [1, 2, 7–9, 22]. Temirbeton elementlarning deformatsiyalari texnologik, konstruktiv va estetik talablar asosida belgilanadigan ma'lum me'yordan oshmasligi darkor. Texnologik talablar uskunalar, mashinalar, ko'prik kranlari va boshqalarning normal ishlashini ta'minlashdan kelib chiqadi. Konstruktiv talablar deformatsiyaga halaqit beruvchi yondosh elementlarning ta'sirini, belgilangan nishablikni ta'minlash zaruriyatini e'tiborga oladi va hokazo. Estetik talablar odamlarning konstruksiya haqidagi taassurotlarini hisobga oladi (masalan, yopmalarning sezilarli darajadagi solqiliklari, garchi ular havfsiz bo'lsada, odamlarda salbiy hayajon uyg'otishi mumkin).

Deformatsiyalarni texnologik va konstruktiv cheklash uchun bajariladigan hisoblarda doimiy, uzoq muddatli va qisqa muddatli yuklar e'tiborga olinadi, estetik talablarda fakat doimiy va uzoq muddatli yuklar ta'siriga hisoblanadi. Elementlar deformatsiyasini hisoblashda me'yoriy yuklar ishonchlilik koeffitsienti $\gamma_f = 1$ ga ko'paytiriladi.

Elementlar deformatsiyasini hisoblash deganda, ularning solqiliklari, burilish burchaklari va tebranish amplitudalarini aniqlash va uni chegaraviy qiymati bilan taqqoslash tushuniladi ($f \leq f_u$). Bu miqdorlarni aniqlashda qurilish mexanikasi formulalaridan foydalaniladi.

Yaxlit elastik elementlarning deformatsiyalarini (solqiligi, og'ish burchagi) aniqlash qiyin emas. Temirbeton elementlarining deformatsiyasiga yoriqlar va boshqa omillar sezilarli ta'sir etadi. Bu esa masalani ancha murakkablashtiradi.

Temirbeton elementlarining solqiliklari egriliklar (krivizna) orqali aniqlanadi. Egrilik yoriqli va yoriqsiz uchastkalarda alohida aniqlanadi.

Yoriqsiz uchastkalarda temirbeton elementlarining egriligi. Egiladigan va nomarkaziy yuklangan temirbeton elementlarining yoriqsiz uchastkalardagi to'la egriligi quyidagi formuladan aniqlanadi [1, 2, 7–9, 22]:

$$1/r = (1/r)_1 + (1/r)_2 - (1/r)_3 - (1/r)_4, \quad (4.80)$$

bu yerda $(1/r)_1$ va $(1/r)_2$ – mos ravishda qisqa va uzoq muddat ta'sir etuvchi yuklar ta'sirida hosil bo'ladigan egrilik bo'lib, (4.81) formuladan topiladi.

$$1/r = M\varphi_{b2}/(0,85E_bI_{red}), \quad (4.81)$$

bunda φ_{b2} – betonning uzoq tob tashlashi natijasida deformatsiyasini oshishini hisobga oluvchi koeffitsient; qisqa muddatli yuklarda $\varphi_{b2} = 1$; doimiy va uzoq muddatli yuklarda, hamda muhit namligi 40...75% bo'lganda, $\varphi_{b2} = 2$; muhit namligi 40% bo'lganda, $\varphi_{b2} = 3$; 0,85 – betonning

qisqa muddatli tob tashlashini hisobga oluvchi koeffitsient.

$(1/r)_3$ – oldindan uyg‘otilgan siquvchi kuch R , ta’sirida qabargan elementning egriligi kuchlanishlarning yo‘qolishini hisobga olgan holda quyidagi formuladan topiladi (masalan, element foydalanish bosqichida):

$$(1/r)_3 = P_2 e_{opf} / (0,85 E_b I_{red}), \quad (4.82)$$

bunda P_2 – hamma yo‘qolishlarni hisobga olgan holda siquvchi kuch.

$(1/r)_4$ – siquvchi kuch ta’siridagi elementda kirishish va tob tashlash oqibatida qabargan elementning egriligi.

$$(1/r)_4 = (\varepsilon_b - \varepsilon'_b) / h_0, \quad (4.83)$$

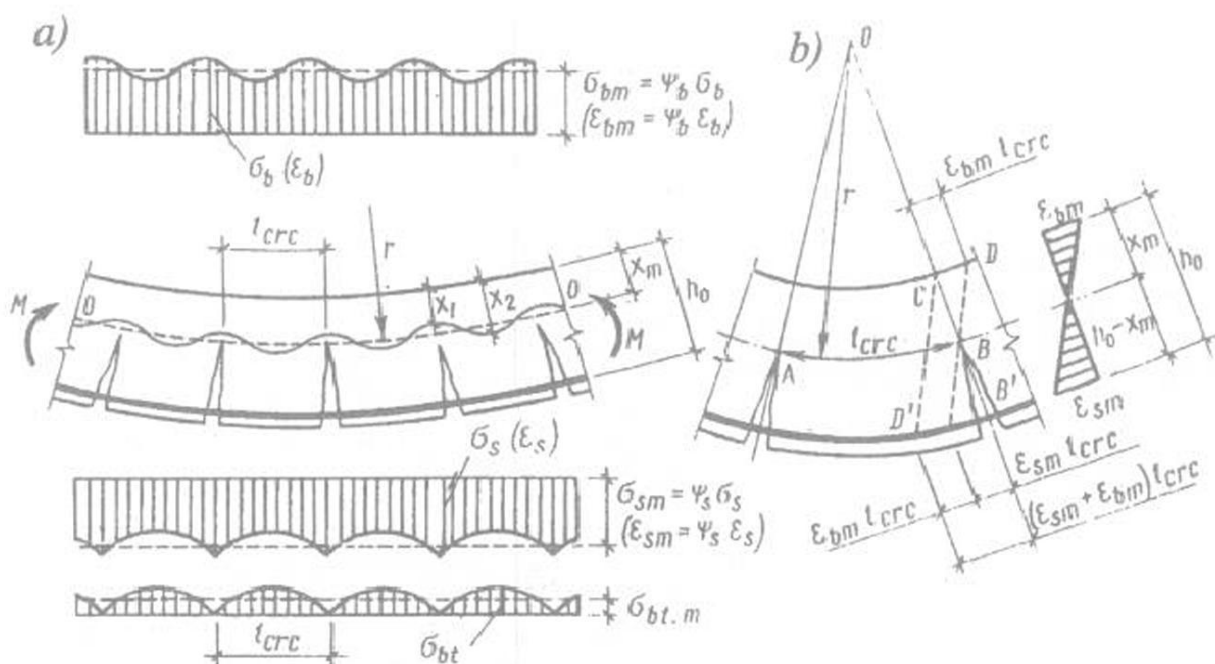
bu yerda ε_b va ε'_b – siquv ostida bo‘lgan betonning kirishishi va tob tashlashidan hosil bo‘lgan nisbiy deformatsiya bo‘lib, mos ravishda cho‘zilgan armaturaning og‘irlik markazi va betonning chetki siqilgan tolasi sathida aniqlanadi. Agar oldindan zo‘riqtirilgan elementlarda (masalan, to‘sinning yuqori qatlamida) qabarish oqibatida yoriqlar paydo bo‘lsa, u holda $(1/r)_1$; $(1/r)_2$ va $(1/r)_3$ egriliklar 15 % ga, $(1/r)_4$ egrilik esa 25 % ga oshiriladi. (4.81) formuladagi φ_{b2} – betondagi tob tashlash oqibatida bikirlikning kamayishini hisobga oluvchi koeffitsient bo‘lib, betonning namligi 40% dan ortiq bo‘lsa, $\varphi_{b2} = 2$, kam bo‘lsa, $\varphi_{b2} = 3$ olinadi.

Yoriqli uchastkalarda temirbeton elementlarning egriligi [1, 2, 7–9, 22]. Cho‘zilish zonasida yoriqlari bo‘lgan elementlar deformatsiyasini hisoblash nazariyasi V. I. Murashev tomonidan asoslangan. Bu nazariyaga ko‘ra hisoblash jarayonida temirbetonning real fizik xossalari inobatga olinadi, jumladan, cho‘zilish zonasida yoriqlar oralig‘idagi betonning ishi, betonning siqilish zonasidagi noelastik deformatsiyalari va boshqalar hisobda qatnashadi. Hisoblashning bu usuli keyingi yillarda yanada takomillashdi va oldindan zo‘riqtirilgan, nomarkaziy siqiluvchi va cho‘ziluvchi elementlar hisobiga keng tatbiq etila boshladi.

Sof egilish zonasidagi temirbeton elementining egriligini ko‘rib chiqamiz (4.16-rasm). Yoriqlar egiluvchan elementlarning cho‘zilish zonasida uzunligi l_{crc} bo‘lgan alohida uchastkalarga ajratadi. Bunda eng katta kuchlanish (deformatsiya) cho‘zilish zonasidagi beton ishdan chiqqan yoriqli kesimda vujudga keladi. Yoriqlardan uzoqlashgan sari kuchlanish (deformatsiya) kamaya boradi.

Formulaga kerakli qiymatlarni qo‘yib va $A_{b,red} = (\varphi_f + \xi) b h_0$ ekanini e’tiborga olib, oddiy armaturali egiluvchi elementlar uchun egrilik tenglamasini olamiz:

$$1/r = (M/h_0 z) \{ \psi_s / E_0 A_s + \psi_b / [v E_b (\varphi_f + \xi) b h_0] \} \quad (4.84)$$



4.16-rasm. Egiluvchi elementning yoriqlari orasidagi tarhi:
 a – egilishdagi deformatsiyalar holati; b – deformatsiya epyurasi

Agar elementga bo'ylama siquvchi kuch N_{tot} (yoki oldindan zo'riqtiruvchi kuch) qo'yilgan bo'lsa, unda formula quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$1/r = (M/h_0 z) \{ \psi_s / E_0 A_s + \psi_b / [v E_b (\varphi_f + \xi) b h_0] \} - N_{tot} \psi_s / E_s A_s h_0, \quad (4.85)$$

bunda M – cho'zilgan armatura og'irlik markaziga nisbatan olingan eguvchi moment; N_{tot} – siquvchi kuchni hisobga oluvchi teng ta'sir etuvchi bo'ylama kuch; ψ_s – yoriqlar orasidagi betonning ishini hisobga oluvchi koeffitsient; ψ_b – betonning siqilish zonasidagi deformatsiyalar notekisligini hisobga oluvchi koeffitsient; φ_f – tavr shaklli kesim siqilgan tokchasini hisobga oluvchi koeffitsient; v – betonning siqilish zonasidagi noelastik deformatsiyalarni hisobga oluvchi koeffitsient.

Agar v koeffitsientiga batafsilroq izoh beradigan bo'lsak, u beton siqilish zonasidagi eng chetki tolaning elastik deformatsiyasini to'liq deformatsiyaga bo'lgan nisbatini ifodalaydi. To'liq deformatsiya elastik va noelastik (tob tashlash, kirishish, plastik) deformatsiyalardan tashkil topib, ta'sir etayotgan yukning davomiyligiga bog'liq bo'ladi. YUkning ta'sir etish muddati qisqa bo'lsa, me'yorlarda $v = 0,45$ olinadi. Agar yuk uzoq muddat ta'sir etsa, u holda v ning qiymati qurilish hududining iqlim sharoitiga qarab belgilanadi: masalan, havoning o'rtacha nisbiy namligi 40...75 % bo'lsa, $v = 0,15$, namlik 40% dan kam bo'lsa (Markaziy Osiyo uchun), $v = 0,10$ deb olinadi [2].

Cho'zilish zonasida yoriqlarga ega bo'lgan elementning to'liq egriligi

quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$1/r = (1/r)_1 - (1/r)_2 - (1/r)_3 - (1/r)_4, \quad (4.86)$$

bu yerda $(1/r)_1$ – to‘liq yukning qisqa muddatli ta’siridan hosil bo‘lgan egrilik; $(1/r)_2$ – to‘liq yukning doimiy va uzoq muddat ta’sir etuvchi qismidan hosil bo‘lgan egrilik; $(1/r)_3$ – yukning uzoq muddat ta’sir etuvchi qismidan hosil bo‘lgan to‘liq egrilik. Mazkur egriliklar (4.82) formuladan aniqlanadi. (4.16-rasm). Bunda $(1/r)_1$ va $(1/r)_2$ ni aniqlashda va v yukning qisqa muddat, $(1/r)_3$ esa uzoq muddat ta’sir etishiga mo‘l ravishda tanlanadi. $(1/r)_4$ beton R kuchi bilan siqilganda, kirishish va tob tashlash natijasida vujudga keladigan egrilik bo‘lib, u vaqt o‘tishi bilan rivojlanib boradi va (4.83) formuladan topiladi.

Temirbeton elementlarining egilishini aniqlash [1, 2, 7–9, 22]. Elementning egilishi (solqiligi) umuman $f=f_m+f_Q$ formula bo‘yicha aniqlanadi, bu yerda f_m va f_Q egilish va siljish deformatsiyalari tufayli hosil bo‘ladigan solqiliklar. Materiallar qarshiligi fanidan

$$f = \varphi_m (1/r) l^2, \quad (4.87)$$

bunda φ_m – element hisobiy sxemasi va yuk turiga bog‘liq bo‘lgan koeffitsient; yoyiq yuk ta’sir etayotgan erkin tiralgan to‘sin uchun $\varphi_m = 5/48$, yig‘iq kuch oraliq o‘rtasiga ta’sir etayotganda $\varphi_m = 1/12$; ikkita teng yig‘iq kuch tayanchdan α masofada ta’sir etayotganda $\varphi_m = 1/8 - \alpha^2/(16l^2)$; yoyiq yuk ta’sir etayotgan konsolli to‘sin uchun $\varphi_m = 1/4$; erkin tiralgan to‘sinda yig‘iq kuch ta’sir etayotganda $\varphi_m = 1/3$; $[1/r = (1/r)_1 - (1/r)_2 + (1/r)_3]$ – eng katta eguvchi moment ta’sirida kesimdagi to‘la egrilik.

4.7. Chegaradan (loyihadan) tashqaridagi yuk va ta’sirlar ostidagi temirbeton konstruksiyalar

[24] ish mualliflari bino va inshootlarni yaratish va ulardan foydalanishning yangi konsepsiyasi elementlarini ko‘rib chiqishgan. Uning asosiga ko‘chmas mulk ob‘ektlarini zamonaviy himoya qilish modeli qo‘yilgan bo‘lib, u bino va inshootlarning hisobiy foydalanish davrida sinmaslik va o‘ta katta (chegaraviy) tashqi ta’sirlardan hisobiy evakuatsiya davrida sinmay turish tavsiflari bino va inshootlarning konstruktiv xavfsizligi tushunchalariga asoslanadi. Ishlab chiqilayotgan nazariyaning fragmenti sifatida chegaraviy holatdan chiqib ketgan temirbeton chirishdan shikastlanadigan konstruktiv tizimlarni yashovchanlik mezonlari to‘g‘risidagi masala echimi keltiriladi.

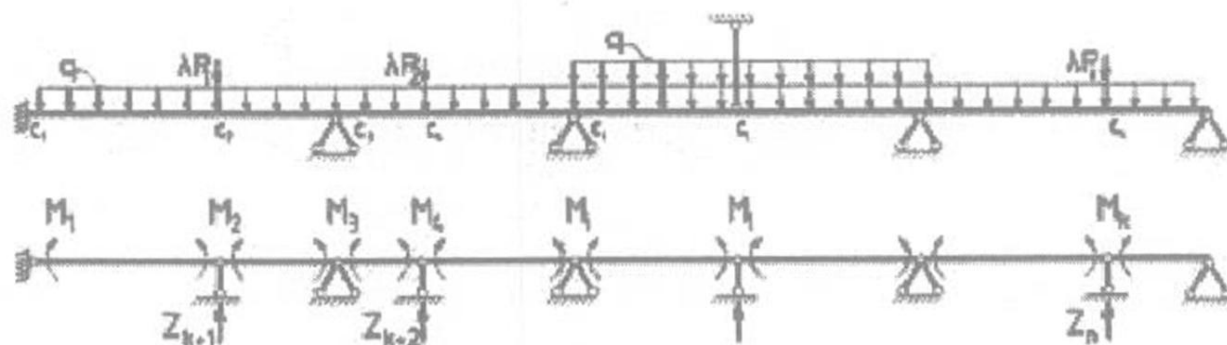
Konstruksiya tuzilmasining loyihadan tashqari ta'sirlarda uning to'satdan, keskin o'zgarishlari kuchlanish-deformatsiya holati kartinasini, hamda tugun (birikma) va alohida elementlarning ishdan chiqish xarakterini belgilabgina qolmay, balki umuman yaxlit konstruktiv tizimning sinish kartina (manzara) sini belgilaydigan asosiy omillardan biri hisoblanadi. Boshqacha qilib aytganda, strukturaviy (tuzilmaviy) o'zgarishlari bo'yicha tizimning konstruktiv noxiziqiligi, oqibatda, uning yashovchanligi darajasiga baho berish mumkin.

Ishda [24] temirbeton to'sin va ramali konstruksiyalarning ushbu konstruksiyalarda keskin tuzilmaviy o'zgarishlar keltirib chiqaradigan ta'sirlardan yashovchanlik mezonlarini shakllantirish bo'yicha tadqiqotlarni ba'zi natijalari keltirilgan.

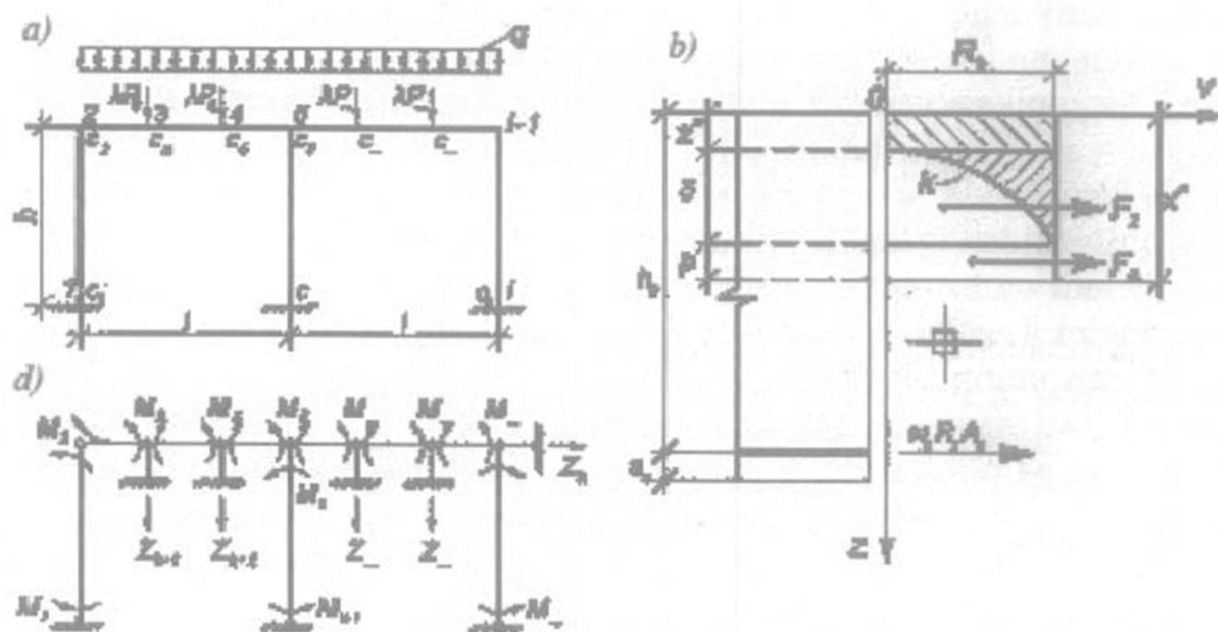
[14, 26] ishlarda rama-sterjenli konstruktiv tizimlarning ularda korrozion shikastlanishlar jamlanganida keskin tuzilmaviy o'zgarishlar ro'y berganidagi yashovchanligini baholash uchun hisobiy bog'liqliklar taqdim etilgan. Ko'rib chiqilayotgan konstruksiyalarning kvazistatik hisobi statik jihatdan aniqlanmaydigan tizimlarni hisoblashning g'ayrioddiy aralash uslubi yordamida bajarilgan.

Aralash uslubning ko'rib chiqilayotgan variantini o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, uzluksiz to'sin (4.17-rasm) yoki ramaning (4.18-rasm) asosiy tizimi uzilishi ehtimoli bo'lgan joylarida kashak (bog'lama) lari olib tashlangan (ishdan chiqqan) va ular o'rniga $M_j (j=1,2,...,k)$ noma'lumlari qo'llangan sharnirli poligon ko'rinishida tanlab olinadi. Agar kashaklar olib tashlanganda geometrik jihatdan o'zgaruvchan asosiy tizim hosil bo'lsa, unda qo'shimcha kashaklar qo'yiladi $Z_m (m=k+1,...,n)$.

Yuk parametri qiymati $\lambda = \lambda_m$ ga teng bo'lganida i -kashak uzilib qolsin. Bu hol unga tushayotgan kuch eng yuqori (chegaraviy) qiymatga etganida yuz beradi. 4.17,a-rasmda bu kesimlar mos ravishda $c_1, c_2,...,c_l$ kabi belgilangan. λ_m parametr qiymatini aralash uslubning kanonik (qat'iylashgan) tenglamalaridan foydalanib topish mumkin:



4.17-rasm. Uzluksiz to'sinlarni hisob-kitob qilishda aralash uslubning berilgan (a) va asosiy (b) tizimlari



4.18-rasm. Ramaning berilgan (a) va asosiy (d) tizimlari va temirbeton element (b) ko'ndalang kesimining hisobiy sxemasi

$$\begin{vmatrix} \vec{A} & \vec{B} \\ \vec{C} & \vec{0} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \vec{M} \\ \vec{Z} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \vec{\Delta}_q \\ \vec{R}_q \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 \\ \vec{r}_p \end{vmatrix} \cdot \lambda = 0, \quad (4.23)$$

bu yerda $\vec{A}$, $\vec{B}$, $\vec{\Delta}_q$, $\vec{C}$, $\vec{D}$, $\vec{R}_q$, $\vec{r}_p$ – aralash uslubning M_j va Z_m noma'lumlari ko'effitsientlari matritsalar.

Yoyilgan holda tenglamalar tizimi (4.23) quyidagi ko'rinishga ega:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{j=1}^{j-k} \delta_{ij} \cdot M_j + \sum_{j=1}^{j-k} \delta'_{ij} \cdot Z_j + \sum_{i=1}^{j-k} \Delta_{iq} + \sum_{i=1}^{j-k} \delta_{ip} \cdot \lambda = 0, (j=1, 2, \dots, k) \\ \sum_{j=k+1}^{j-n} r'_{ji} \cdot M_j + 0 + \sum_{j=k+1}^{j-n} R_{iq} + \sum_{j=k+1}^{j-n} r_{ip} \cdot \lambda = 0, (j=1, 2, \dots, n) \end{aligned} \right\}, \quad (4.24)$$

bu yerda δ_{ij} , δ'_{ij} , r'_{ji} – statik aniqlanmas tizimlarni hisoblashning aralash uslubidagi noma'lumlarning (yakka siljish va reaksiyalar) ko'effitsientlari;

Δ_{iq} va R_{iq} – doimiy yukdan (mos ravishda siljish va reaksiyalar) yuk ko'effitsientlari;

δ_{ip} , $\lambda = 1$ bo'lganida tashqi parametrik yukdan olib tashlangan i -kashak tomon siljish;

r_{ip} , $\lambda = 1$ bo'lganida asosiy tizimning tashqi parametrik yukdan i chi qo'shilgan kashakdagi reaksiyasi.

Tizimning yashovchanlik mezoni sifatida unga ta'sir qiladigan, ko'rib chiqilayotgan tizim uning ta'siri paytida o'zgaruvchan tizimga o'tadigan (ortiqcha kashaklarsiz) yuklama qiymatiga teng qiymat qabul qilinadi. n

marotaba statik aniqlanmas tizimni geometrik o'zgaruvchan tizimga aylantirish uchun, undan kamida $(n+1)$ ta kashakni chiqarib tashlash kerak. Qurilish mexanikasi usullari yordamida tizimning o'zgaruvchanligiga olib keladigan yuk qiymati aniqlanadi. Tabiiy yoki texnogen xarakteriga ega bo'lgan favqulodda vaziyatlar sharoitida konstruktiv tizimga loyihada ko'zda tutilganidan ortiqcha yuk to'satdan qo'yilganda, dinamik yuklanish yuzaga keladi va hisoblashda statik yuk qiymatiga dinamik yuk ham qo'shilishi lozim. Dastlabki bosqichda q yuk ta'sir qilganida, kashaklar uzilib qolmaydigan uning bir qismi (masalan, o'z og'irligi), doimiy deb hisoblanadi. Qolgan qismi – o'zgaruvchan yuk yoki korrozion shikastlanish bitta parametr $\lambda_{(m)}$ ga proporsional, ya'ni parametrik tarzda o'zgaradi. Bu holda o'zgaruvchan yuk ushbu parametrga proporsional tarzda o'zgaradi.

Shunday qilib, ushbu holda rama hisob-kitobi masalasini qo'yilishi birinchi bosqichda $\lambda_{(m)}$ parametrning chegaraviy qiymatini aniqlashga olib keladi, uning qiymatida ramada to'satdan yuz bergan avariya dinamik qo'shimcha yuklanish sharoitida statik yuk bilan yuklangan m-sharnir sodir bo'ladi [10, 11].

Ko'rib chiqilayotgan konstruktiv tizimlar yashovchanligining taqdim etilgan mezonni tenglamalar tizimini echish orqali rasmiylashtirish mumkin (4.23):

$$\left| \frac{\vec{M}}{Z} \right| = \left| \frac{\vec{M}_q}{Z_q} \right| + \left| \frac{\vec{m}_p}{Z_p} \right| + \lambda_{(m)}. \quad (4.25)$$

Yukka oid koeffitsientlarni qayd etishning qabul qilingan ikki hadli shakli uchun berilgan va parametrik yuklarning umumiy ta'siridan ishdan chiqayotgan kashaklardagi kuchlar qiymati quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$M_j = M_{jq} + m_{jp} \lambda (j=1, 2, \dots, k), \quad (4.26)$$

bu yerda M_{jq} va m_{jp} – $\vec{M}_q$ va $\vec{m}_p$ matritsa-ustunlarning mos ravishda j -elementlari.

Kashaklardagi kuchlanish chegaraviy qiymatga etganida ular uziladi. Unda uzilayotgan kashaklardagi barcha kuchlar uchun quyidagi tengsizliklar tizimi qoniqarli bo'lishi lozim:

$$|M_j| = |M_{jq} + m_{jp} \cdot \lambda| \leq M_{j,np}^{\delta} (j=1, 2, \dots, k), \quad (4.27)$$

bu yerda $M_{j,np}^{\delta}$ – j -kashakdagi dinamik momentning element kesimi kuch qarshiligining resursi qiymati bo'yicha siqilgan zona betonining dinamik

mustahkamligini hisobga olib aniqlangan chegaraviy qiymati.

Masalan, normal kesimi bo'ylab egiluvchi element (4.18, *b*-rasm) uchun kuch qarshiligi resursi, siqilgan betondagi chegaraviy kuchga ko'ra baholanib, korroziya zararlagan beton uchun quyidagi ifodadan topiladi [10]:

$$M^* = F_2 \cdot r_{s,2} + F_H \cdot r_{S,H}, \quad (4.28)$$

bu yerda F_2, F_H i $r_{s,2}, r_{S,H}$ – siqilgan betonning o'tish va shikastlanmagan sohalariga ta'sir qiladigan kuchlar va ularga mos cho'zilgan armaturaning og'irlik markaziga nisbatan moment elkalari, ular siqilgan betonning shikastlangan hamda qisman shikastlangan va shikastlanmagan sohalarining balandligiga teng bo'lgan shikastlanishlar qalinligi funksiyasi tarzida ifodalanadi.

Chirish natijasida shikastlagan temirbeton element uchun prof. V.M. Bondarenko tomonidan taklif etilgan siqilgan betonning qatlamli hisobiy modelidan foydalanib, shikastlanishning chegaraviy chuqurlik qiymati polinom shaklida yozib olinadigan shikastlanishlar funksiyasi yordamida aniqlanishi mumkin [10]:

$$k(z) = \sum_{i=0}^{i=2} a_i z_i. \quad (4.29)$$

Geometrik shartlardan (4.18, *b*-rasmga q.) quyidagi koeffitsient qiymatini aniqlaymiz:

- $z=0$ bo'lganda, $k=0$;
- $z=\delta$ bo'lganda, $k=1$ va $\frac{dk}{dz} = 0$.

Bundan a_i ($i = 0, 1, 2$) koeffitsientlarning qiymatini aniqlaymiz:

$$a_0 = 0; \quad a_1 = \frac{2}{\delta}; \quad a_2 = -\frac{1}{\delta^2}. \quad (4.30)$$

Chunki $z^* > 0$ bo'lganida, a_i faqat geometrik shartlardan kelib chiqib topilgani sababli, shikastlanishlarning k funksiyasi shikastlangan beton kuch qarshiligining barcha: mustahkamlik, soniyada deformatsiyaning moduli, salqilik kabi tavsiflari uchun yagona bo'lib qoladi.

Temirbeton rama-sterjenli tizimlar taqdim etilgan yashovchanlik mezonining (λ_m) sonli amalga oshirilishi kesilmaydigan to'sinli va ramali tizimlar konstruksiyalariga nisbatan bajarilgan bo'lib, ular bo'yicha eksperimental tadqiqotlar avvalroq G.A. Geniev, N.V. Klyueva, A.I. Demyanov [15, 25], O.A. Vetrova, E.A. Skobelevlar [13, 27] tomonidan

amalgama oshirilgan. Ko'rib chiqilayotgan konstruktiv tizimlar uchun sinishning tajriba va hisobiy sxemalari yashovchanlik mezoni λ_m ni aniqlash bo'yicha hisob-kitob natijalari 4.1-jadvalda keltirilgan.

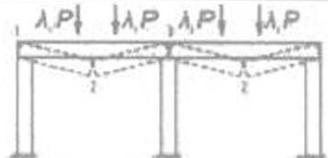
Yashovchanlik mezoni λ_m hisobini tajribaviy OB-I konstruksiyasining sinish misolida namoyish etamiz (4.19,a,b-rasm).

Uch oraliqli uzluksiz to'sinning tajriba uchun yasalgan konstruksiyasi shunday hisoblanib, armaturalangan ediki, uning barcha oraliqlarini taqsimlangan (o'z og'irligi) loyihaviy yuk, jamlangan kuchlar bilan yuklanganda va birinchi oraliq tayanchi ustidagi moment bog'liqligi to'satdan ishdan chiqqanida to'sinlar tizimining faqat bitta oraliq'i mahalliy (lokal) emirilishga duch keldi. To'sin kesimi 120×40 mm o'lchamli yaxlit (uzluksiz) qilib, beton sinfi B25 qabul qilingan.

Jadval 4.1

Konstruktiv tizimlar sinishining hisobiy sxemalari va yashovchanlik mezoni qiymatlari λ_m

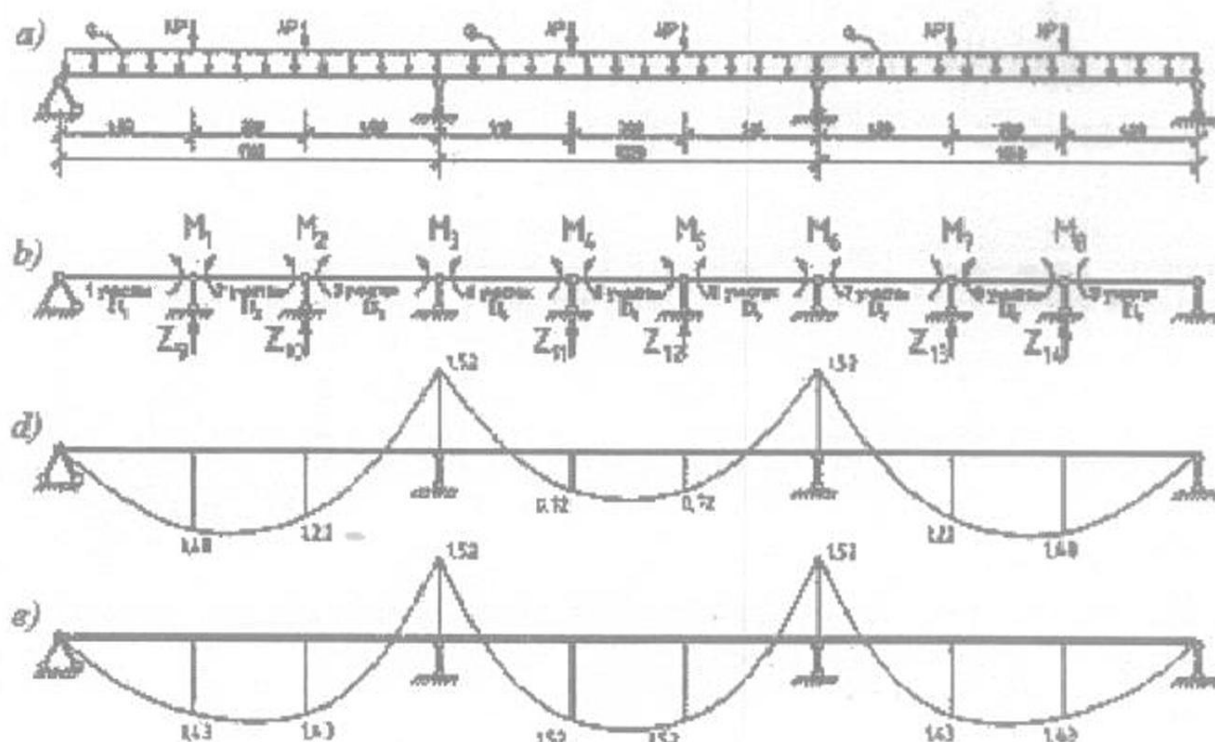
№	Sinov tajriba-sining shifri	Sinish sxemasi va plastik sharnir (yoki siljish chok) larning sodir bo'lish ketma-ketligi	i teng bo'lganda λ_m qiymatlari			Konstruktiv sxemaning sinish xarakteri
			$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	
1	OB – I		4,39	7,37	–	2-oraliqda beton bo'yicha mo'rt sinish
2	OB–II		2,59	4,35	4,35	Xuddi shunday 1-, 2- va 3- oraliqlarda
3	OBS – I		6,29	10,5	–	1-oraliqda siljish choki, keyin 2-oraliqda normal kesim bo'yicha
4	OBS–II		5,76	9,84	9,84	Xuddi shunday 1-, 2- va 3- oraliqlarda
5	R–I		4,09	7,14	8,01	1-oraliqda beton bo'yicha rigelning mo'rt sinishi
6	R–II		3,6	6,28	7,04	Xuddi shunday 1- va 2-oraliqlarda
7	OR–I		4,05	6,93	7,76	Siljish choki bo'yicha rigelning sinishi, keyin 1-oraliqda normal kesim bo'yicha

8	OR-II		4,05	6,96	7,79	Xuddi shunday 1- va 2-oraliqlarda
---	-------	---	------	------	------	-----------------------------------

Armaturalash yassi payvand karkaslar bilan bajarilgan: bo'ylama ishchi quyi armatura diametri 8 mm, bo'ylama yuqori armatura diametri 6 mm; ko'ndalang armatura – diametri 1,5 mm, qadami 60 mm ga teng sim.

Yechimi

1. Temirbeton shikastlanishi rivojlanishining fenomenologik modeli asosida [10] normal kesim bo'yicha kuch ta'siriga qarshiligining qoldiq resursi quyidagicha aniqlanadi (4.19-rasm).



4.19-rasm. 3 oraliqli to'sinning hisobiy sxemasi (a); aralash uslubning asosiy tizimi (b); $\lambda = 4,39 \text{ kN}$ (d) va $\lambda = 7,37 \text{ kN}$ (e) bo'lganida momentlar epyuralari

Agar singan beton chegarasi uning butun z^* balandligini egallagan deb qabul qilinsa, [10] ga muvofiq betonni shikastlangan siqilgan zonasi balandligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$x^* = \omega_s \cdot x_0 + z^* + \frac{1}{3} \delta = 0,031 + 0 + = 0,031 M, ;$$

$$x^* = \omega_s \cdot x_0 + z^* + \frac{1}{3} \delta = 0,031 + 0 + = 0,031 M,$$

bunda $x_0 = \frac{A_s \cdot \sigma_s}{b \cdot R_b} = \frac{0,503 \cdot 10^{-4} \cdot 355}{0,040 \cdot 14,5} = 0,031 M$ — shikastlanmagan beton

siqilgan zonasining balandligi ($\xi = \frac{x^*}{h_0} = 0,31 M \leq \xi_R = 0,594 M$ bo'lganda

$\sigma_s = R_s$);

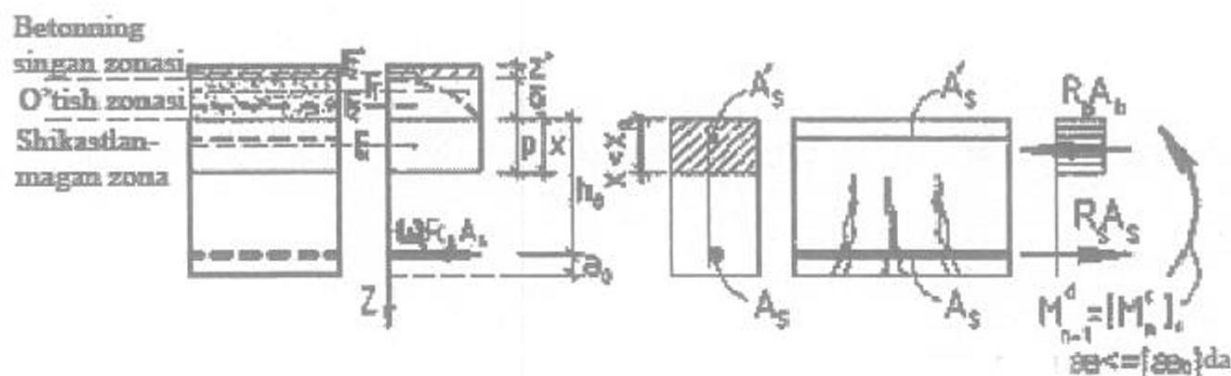
ω_s — ishchi armaturaning korrozion shikastlanish koeffitsienti (mazkur hisob-kitobda shartli ravishda 1 ga teng qabul qilingan).

Kesim kuch ta'siriga qarshiligining qoldiq resursi (4.28) formuladan aniqlanadi:

$$M^* = F_H \cdot r_{s,2} + 0 = 17,98 \cdot 0,0845 = 1,5 \text{ kH},$$

bunda $F_H = p \cdot b \cdot R_b = 0,031 \cdot 0,004 \cdot 14,5 \cdot 10^3 = 17,98 \text{ kH}$;

p — qaralayotgan misolda siqilgan beton sinmagan sohasining balandligi, $p = x^*$ (4.20-rasm);



4.20-rasm. Sinishni plastik “yumshoq” holida to'sin temirbeton elementi kesimining chegaradan tashqi holatidagi hisobiy modeli sxemasi

$$r_{s,H} = h_0 - (z^* + \delta + \frac{1}{2} p) = 0,1 - \frac{1}{2} \cdot 0,031 = 0,0845 M$$

To'sinlarning barcha uchala namunasi uchun to'sinli tizim elementlarining kuch ta'siriga qarshiligining qoldiq resursi: OB-I-1; OB-I-2; OB-I-3 — $M^* = 1,52 \text{ kN}$. Yoriqlari bilan ishlaydigan bosqichida to'sinning egilish bokrliqi [27] metodika bo'yicha hisoblanadi; $M^* = 1,52 \text{ kH}$ bo'lganda, $B = 79 \text{ kH} \cdot M^2$.

2. Echiladigan misol uchun aralash (qo'shma) usulning (4.24) chiziqli algebraik tenglamalari tizimini shakllantiramiz:

$$\begin{cases} \delta_{11} \cdot M_1 + \dots + \delta_{18} \cdot M_8 + \delta_{19} \cdot Z_9 + \dots + \delta'_{114} \cdot Z_{14} + \Delta_{lq} + \lambda \cdot \delta_{1p} = 0 \\ \vdots \\ r'_{91} \cdot M_1 + \dots + r_{98} \cdot M_8 + r_{99} \cdot Z_9 + \dots + r_{914} \cdot Z_{14} + R_{9q} + \lambda \cdot r_{9p} = 0 \\ \vdots \\ r'_{141} \cdot M_1 + \dots + r'_{148} \cdot M_8 + r_{149} \cdot Z_9 + \dots + r_{1414} \cdot Z_{14} + R_{14q} + \lambda \cdot r_{14p} = 0. \end{cases}$$

Masalan, $\vec{A}$ matritsasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\vec{A} = \begin{vmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \dots & \delta_{18} \\ \vdots & & & \vdots \\ \delta_{81} & \delta_{82} & \dots & \delta_{88} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2,87 \cdot 10^{-3} & 4,22 \cdot 10^{-4} & \dots & 0 \\ \vdots & & & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 2,87 \cdot 10^{-3} \end{vmatrix}.$$

(4.27) tengsizliklar tizimining bir qancha echimlaridan λ ning minimal qiymatini aniqlaymiz, bu qiymatda eng ko'p yuklangan ishdan chiqadigan kashaklar chegaraviy qiymatiga etishadi, ya'ni u ishdan chiqadi.

$$\lambda_{(1)} = \min \left(\frac{M_i^* \mp |M_{iq}|}{m_{ip}} \right), (i=1,2,\dots,k).$$

Tengsizlik tizimini echib, birinchi sharnir ($m=1$) 3 va 6 kesimlarda (4.19,d-rasm) sodir bo'lishini olamiz:

$$\lambda_{(1)} = \frac{1,52 - 0,002}{0,346} = 4,39 \text{ kH}.$$

Xuddi shunday tartibda sharnirlar ($m=2$) 4 va 5 kesimlarda (4.6,g-rasm) sodir bo'lish holatini olamiz:

$$\lambda_{(2)} = \lambda_{(1)} + \Delta\lambda_{(2)} = 4,39 + 2,98 = 7,37 \text{ kH}.$$

Yuklanishning keyingi bosqichida tizim matritsasi aniqlovchisi (4.24) da nolga aylanadi – bu hisob-kitob tugaganining belgisi.

BOB V. TEMIRBETON ELEMENTLARNI SINISH MEXANIKASI PARAMETRLARIDAN FOYDALANIB HISOBLASH

5.1. Temirbetonning nochiziqli xossalarini hisobga olgan holdagi qarshiligi

1. Temirbetonda kuchlanishlar va deformatsiyalarning o'zaro bog'liqligi. Temirbetonda kuchlanishlar va deformatsiyalarning o'zaro bog'liqligi uning yoriqlar bilan va yoriqlarsiz ishlash paytiga qarab tubdan farq qiladi. Yoriqqa ega bo'lmagan temirbeton konstruksiyalarning amaliy hisoblarida bu bog'liqlik chiziqli qabul qilinadi. Bunda armaturalashning bu bog'liqlik xarakteriga ta'siri ahamiyatsiz hisoblanadi. Yoriqlar paydo bo'lishi bilan kuchlanishlar va deformatsiyalar orasidagi bog'liqlik tamoman nochiziqli xarakterga ega bo'lib konstruksiya materialiga tushayotgan yukning uzoq muddatli ta'siri ostida yuzaga keladigan salqilik va mikro-yoriqlarning paydo bo'lishi oqibatida ancha murakkab holatga keladi. Temirbetonda yoriqlarning paydo bo'lishi ularning fizik-kimyoviy xossalarini anizotropiyasiga, ya'ni turli tuman bo'lib qolishiga imkon tug'diradi.

Fizik nochiziqlikni, anizotropiyani va materiallarning salqiliginii kuchlanish va deformatsiyalarning o'zaro bog'liqligi, shuningdek materialning mustahkamligi va yoriqbardoshligini hisobga olgan holda aniqlash lozim. Bunda elementlar deformatsiyasining ikki bosqichini, ya'ni yoriqlar paydo bo'lguniga qadar va yoriqlar paydo bo'lgandan keyingi bosqichni ajratib olish lozim. Betonda yoriqlar paydo bo'lishiga qadar bo'lgan bosqichda elementning uch o'zaro perpendikulyar yo'nalishlardagi deformatsiyasining bir hil emasligini va bir yo'nalishda rivojlanadigan dilatatsiya samarasini hisobga oladigan nochiziqli ortotrop modeli qo'llaniladi. Bu yerda dilatatsiya tushunchasi siqilish paytida bir qancha mikroyoriqlarning va uzun yoriqlarning ko'payishi oqibatida jism hajmining oshishini bildiradi. Hisob-kitoblarda materialning asosiy fizik xossalarini soddalashtirish maqsadida ushbu omillarning hajm bo'yicha o'rtachaligini hisobga oladigan kvazitrop modelini qo'llash ruhsat etiladi. Temirbeton uchun, bu bosqichda armatura va uning atrofidagi betonning birgalikdagi deformatsiyasi shartidan kelib chiqish lozim. Bunda armaturaning chetki, maxsus ankerlar bilan jihozlanmagan qismi hisobga olinmaydi. Armaturaning egilish havfi bo'lgan taqdirda uning chegaraviy siqilish kuchlanishlarini cheklash lozim bo'ladi.

Beton mustahkamligini hisoblash paytida uning ikki va uch o'qli siqilishga bo'lgan qarshiligining bir o'qli siqilishga bo'lgan qarshiligidan yuqoriligini, siqilish va cho'zilish kombinatsiyalari paytida esa bu

qarshilikning bir yo'nalishdagi qarshilikdan kam bo'lishi ehtimolini inobatga oladigan turli yo'nalishlardagi kuchlanishlarning uyg'unliklarini hisobga olish lozim. Zarur paytlarda esa kuchlanishlar ta'sirining muddatiga e'tibor qilish kerak bo'ladi. Yoriqqa ega bo'lmagan temirbetonning mustahkamlik sharti uni tashkil etadigan ikki komponentli materialning har birining mustahkamlik shartidan kelib chiqib belgilanishi lozim. Yoriqlarning paydo bo'lish sharti sifatida ikki komponentli beton elementlar muhitining mustahkamlik shartini ishlatish kerak bo'ladi.

Betonda yoriqlar paydo bo'lgandan so'ng ko'chishlardan kelib chiqadigan kuchlanishlarning va ularning noxiziq bog'liqligini ifoda etadigan umumiy ko'rinishdagi anizotrop jism modeli qo'llaniladi. Bunda quyidagi omillar hisobga olinadi :

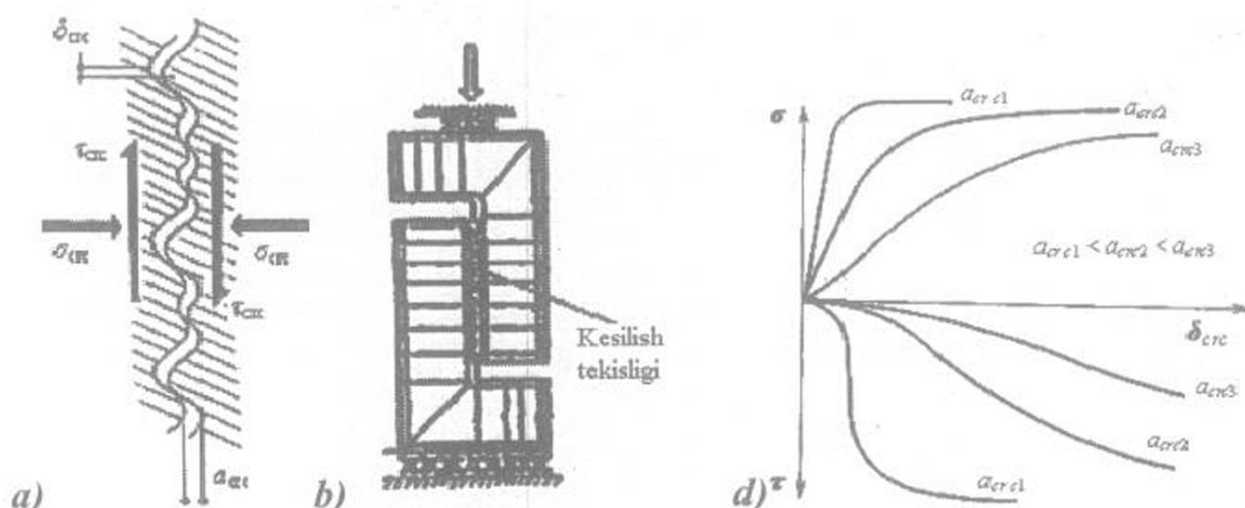
- a) yoriqlarning armaturaga nisbatan burchaklari va yoriqlarning kesishish sxemalari;
- b) yoriqlarning ochilishi va yoriq chetlarining siljishi;
- c) armaturaning o'qi bo'yicha uning yoriqlar orasida beton bilan tilim-tilim yoki bo'lak-bo'lak ravishda tishlashishdagi bikrligi; armaturaning yoriqlar chetlaridagi beton yumshoqligini va yoriqlarda joylashgan armaturadagi bo'ylama va urinma kuchlanishlarni hisobga oladigan tangensial bikrligi;
- d) betonning yoriqlar orasidagi bo'ylama kuchlarga va siljishga bo'lgan bikrligi (agar yoriqlar kesishgan bo'lsa, bikrlilik kamayadi); betonning yoriqlar kengligining kichikligi tufayli yoriq chetlarining bir-biriga ilinishini hisobga olgandagi bikrligi;
- e) yoriqlar orasidagi armatura va betonning birgalikdagi bo'ylama deformatsiyalarining qisman buzilishi.

2. Siljish holatida yoriqlardagi kuchlanishlar va ko'chishlar. Temirbetondagi turli yo'nalishdagi yoriqlar unga ekspluatatsion yuklarning ta'sir etishiga qadar betonning kirishishidan, harorat kuchlanishlaridan, hamda oldingi yukli va yukli bo'lmagan boshqa ta'sirlardan ham paydo bo'lishi mumkin. Ekspluatatsion yuklar ta'sir etganda, yoriq chetlarida o'zaro siljish ko'chishlari kuzatilishi mumkin. Yoriqlar chetlari yuzalarining g'adibudurligi va yoriqni kesib o'tgan armaturaning borligi va yoriq chetlarining bir-biriga mexanik ilinishi tufayli yoriqlar orqali urinma kuchlanishlar τ_{crc} uzatilishi mumkin. Bunda yoriqning tekisligiga perpendikulyar bo'lgan normal ko'chish oqibatida yoriqning dilatatsion ochilishi kuzatilishi mumkin (rasm 20, a). Bunday dilatatsion ochilish o'z navbatida yoriqni kesib o'tgan armaturada sezilarli qo'shimcha kuchlanishlar σ_{sgs} hosil qilishi mumkin.

Shunday qilib, armaturalangan yoriqlarning siljishga bo'lgan umumiy

reaksiyasi va ularning chegaraviy qarshiligi yoriqlar chetlarining siljitish δ_{sgs} va normal a_{sgs} ko'chishlari va tegishli siljitish τ_{crc} va normal kuchlanishlar σ_{sgs} nisbatlari bilan aniqlanadi.

Qoida bo'yicha bu nisbatlar yoriqlari bo'lgan mahsus namunalarni siljish bo'yicha sinash yo'li bilan aniqlanadi (5.1, b – rasm). 5.1, d – rasmda $\tau_{crc} = f(\sigma_{sgs}, \delta_{sgs}, \sigma_{sgs})$ bog'liqlikning odatdagi xususiyati ko'rsatilgan. To'sinlarda qiya yoriqlar paydo bo'lgan taqdirda, betonning qiya yoriqlarini tepa qismidagi deformatsiyalarni o'ziga xosligini inobatga olish kerak bo'ladi. Temirbeton elementlarda yoriqlarning ochilish kengligini va ularning chetlarini o'zaro siljishi turli yo'nalishdagi armaturalarni ular kesib o'tgan yoriqlar chetlariga nisbatan qo'zg'alishidan kelib chiqib aniqlanadi. Bunda armaturalar va yoriqlar chetlarining qo'zg'alishlari birgalikda bo'lgan taqdirda, albatta, yoriqlar orasidagi masofani hisobga olish lozim.



5.1-rasm. Siljishda yoriqlardagi kuchlanishlar va ko'chishlar (a), sinash uchun namunalarning umumiy ko'rinishi (b) va ularning bog'lanish grafiklari (d)

$$\tau_{crc} = f(\sigma_{sgs}, \delta_{sgs}, a_{sgs})$$

3. Mo'rt sinish mexanikasi – energetik yondoshish. Mo'rt emirilish mexanikasiga A. Griffiths tomonidan asos solingan. Bunda Griffiths yoriq rivojlanishi albatta energiya bo'shatilishi jarayoni bo'lishini, ya'ni yoriq o'sishi jarayonida jismda to'plangan energiyaning kamayishini ko'rsatib o'tgan.

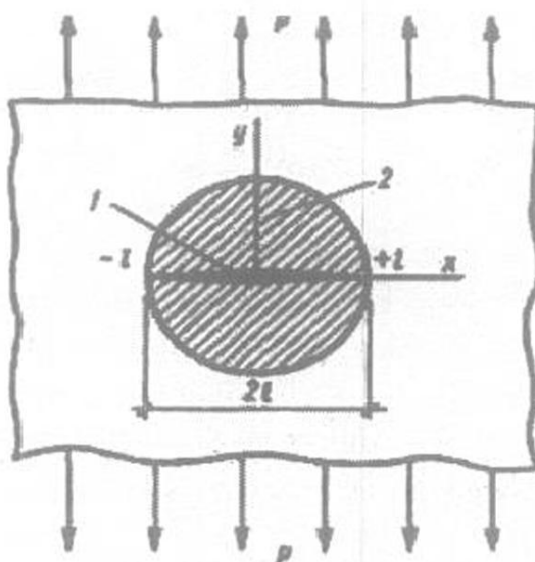
Jismning energetik balansi ko'rib chiqilganda (5.1-rasm), yoriqning tarqalish jarayonida uning chetlaridagi materialning energiyadan halos bo'lishi (relaksatsiyasi) ko'rinadi. Bu materialdagi kuchlanishlar va deformatsiyalarning kamayishini, jismning bu qismida to'plangan elastik energiyaning halos bo'lishi va uning yuza energiyasiga o'tishini bildiradi. Soddalashtirish uchun energiyadan halos bo'lgan material sohasini

(relaksatsiya sohasini) aylana shaklda deb qabul qilish mumkin (5.2-rasm). Elastiklik nazariyasidan ma'lumki, deformatsiyaning halos qilingan energiyasi quyidagi formula bilan ifoda etiladi:

$$U = \pi \sigma^2 l^2 / (2E) \quad (5.1)$$

Boshqa tomondan, jism yoriq'ining yangi ikki yuzasini hosil qilish uchun lozim bo'lgan energiya $G = 2i\gamma$ (44) ga teng bo'ladi. Bu yerda γ —energiya yuzasining solishtirma zichligi.

Demak, yoriq rivojlanishida halos bo'ladigan energiyaning miqdori yoriq uzunligining kvadratiga proporsional bo'ladi, ayni paytda yoriqning yangi yuzalarini hosil bo'lishi uchun sarflangan energiya yoriq uzunligining birinchi darajasiga proporsional bo'ladi. Boshqacha aytganda, yoriq qancha uzun bo'lsa, halos bo'ladigan energiyaning ahamiyati shuncha ko'p bo'ladi.



5.2-rasm. Yoriqli jismning energetik balansini aniqlash sxemasi: 1— yoriq;
2 — relaksatsiya sohasi

Griffitsning bu ko'rib chiqilayotgan masalasida jismning materiali xossalriga va tashqi yuk miqdoriga bog'liq bo'lgan yoriqning ma'lum bir kritik uzunligidan boshlab, yoriq o'ziga oladigan energiyaga qaraganda ko'proq energiyadan halos bo'ladi. Boshqa tomondan, jismning har vaqt o'zida jamlangan energiyani kamaytirishga harakat qilganligi sababli kritik uzunlikdan katta bo'lgan yoriq to'htamasdan, jadal rivojlanib, material namunasining buzilishiga olib keladi. Berilgan σ_0 kuchlanishlar uchun yoriqning kritik uzunligi jism umumiy energiyasining maksimumiga to'g'ri keladi, ya'ni

$$W \rightarrow \max. \quad (5.2)$$

Jismning umumiy energiyasi W yoriqning $2l$ ga teng uzunlikka erishishi uchun, halos bo'lgan energiyani yuza energiyasidan ayirmasiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$W = 2l\gamma - \pi\sigma^2 l^2 / (2E). \quad (5.3)$$

Umumiy energiyaning maksimumini hosil bo'lgan umumiy energiyani yoriqning uzunligi l bo'yicha nolga tengligi sharti bo'yicha topamiz:

$$dW / (dl) = 0, \quad (5.4)$$

$$W = 2\gamma - \pi\sigma^2 l / E = 0. \quad (5.5)$$

Bundan kelib chiqib, berilgan kuchlanish uchun yoriqning kritik yarim uzunligi l

$$l_o = 2E\gamma / (\pi\sigma^2) \quad (5.6)$$

ifodasi bilan, kritik kuchlanish esa

$$\sigma_o = \sqrt{2E\gamma / (\pi l)} \quad (5.7)$$

ifodasi bilan aniqlanadi.

Bizning holatimizda yoriqning berilgan uzunligi $2l$ yukning miqdori kritik bo'lmaganda yuz bermaydi. Yuk kritik miqdordan katta bo'lganda, yoriq to'xtamasdan rivojlanadi, chunki yoriqning uzunligi oshgani sari uning davom etishi uchun kerak bo'lgan σ_o yukning miqdori kamayadi (5.7-formulaga qarang). Bu holda yoriqqa tushayotgan yuk o'zgarmas holatda qoladi. Yoriqlarning bunday rivojlanishi noustuvor (o'zgaruvchan) deb ataladi. Yoriqlarning ustuvor (o'zgarmas) rivojlanishi ham kuzatilishi mumkin. Masalan, agar plastinani teng taralgan yuk σ_o bilan cho'zish o'rniga yoriqning markazidagi chetlariga ikki cho'zuvchi to'plangan R kuchlarni qo'ysak, u holda bu kuchning kritik miqdori

$$P_o = \sqrt{2\pi E\gamma l} \quad (5.8)$$

bilan aniqlanadi va u

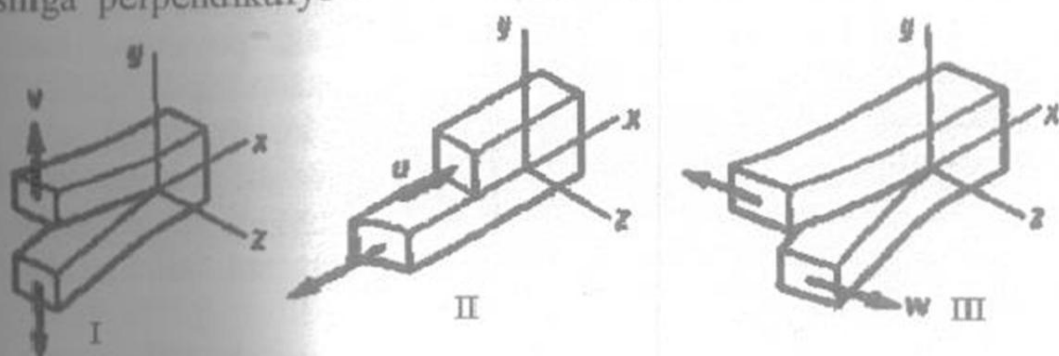
$$l_o = P^2 / (2\pi E\gamma) \quad (5.9)$$

bilan bir xil bo'ladi.

Bu holatda yukning kattaligi kritik miqdordan oshganidan so'ng yoriq sekin-asta rivojlanadi va uning uzunligi yuk miqdorining kvadratiga proporsional ravishda oshib boradi.

4. *Mo'rt sinish mexanikasi* – *zo'raki (kuch bilan) yondoshish*. Yoriqning uchki qismida uch turdagi deformatsiyalar kuzatiladi. Shu paytgacha biz yoriqlarning rivojlanishi tahlilida energiyaning aylanish va saqlanishi qonuniga asoslangan energetik yondoshishni ko'rib chiqdik. Yoriqlarning rivojlanishiga boshqa yondoshish, ya'ni kuch bilan amalga oshiriladigan yo'l – zo'raki yondoshish ham mumkin. Bunda yoriqqa ta'sir qilayotgan tashqi (yuk) va ichki – atomlar (molekulalar) orasidagi tishlashish kuchlarining muvozanat sharti ko'rib chiqiladi. Bu masalada energetik va zo'raki yondoshish bir-biriga ekvivalentdir – ularning ikkisi ham bir hil natija beradi. Faqat alohida olingan konkret holatda u eki bu yondoshishni qo'llash ko'proq qulaydir.

Zo'raki (kuch bilan) yondoshishda sinish mexanikasining ob'ekti sifatida yoriqning uchiga alohida e'tibor beriladi. Chunki yoriqning uchi kuchlanishlarning eng ko'p konsentratsiyasi bo'lgan va materialning buzilishi davom etadigan nuqta hisoblanadi. Yoriqning uchidagi deformatsiya va kuchlanishlar maydonining eng umumiy holatiga uch asosiy turdagi deformatsiyalarning kombinatsiyasi orqali erishish mumkin (5.3-rasm). I turda yoriq ochiq holatda va yoriqlar chetlari (qirg'oqlari) qarama-qarshi tomonga yo'naladi. II turda yoriqlar qirg'oqlari qarama-qarshi tomonlarga, yoriq yo'nalishi bo'yicha siljiydi. III tur esa yoriqlarning bo'ylama siljishi (qaychi bilan qirqilayotgani kabi) bilan bog'liq bo'lib, bunda yoriq qirg'oqlari bir-biriga nisbatan yoriq yo'nalishiga perpendikulyar tomonlarga siljiydi.



5.3-rasm. Qattiq jismdagi yoriqlarning uch asosiy turi

5.2. Materiallarning mustahkamlik nazariyalari

1. *Griffits va uning tadqiqotlari*. Yuzaga kelgan bu ziddiyatni tushuntirishga ingliz olimi A. Griffits (1893 – 1963) harakat qildi. U o'zi kutmagan holda o'sha zamondagi materialning mustahkamligini bir jinsli kontinuum sifatida qabul qilingan tasavvurdan materialning sinish jarayoni tahlilini atommolekulyar darajaga ko'tarish kabi dadil burilish yasadi.

1920 yilda A. Griffiths yangi bir fanga – materiallarning sinish mexanikasi faniga asos solgan ilmiy maqolasini nashr etdi. Griffiths mo'rt materialning (masalan, shishaning) emirilish jarayonini yoriqlarning rivojlanishi bilan bog'ladi. Bunda u tabiatning asosiy qonunlaridan biri – energiyaning saqlanish va aylanish qonunini asos qilib oldi. Griffithsning asosiy g'oyasi shundan iborat ediki, jismning elastik deformatsiyasi natijasida to'plangan potensial energiyasi jismning sinish paytida to'la holda yangi yuzalarni hosil qiladigan energiyaga aylanadi (uni yuza energiyasi deb atashadi).

Ma'lumki, energiyaning bir qancha turlari – issiqlik, elektr energiyasi, elastik deformatsiya energiyasi, yuza (sirt) energiyasi va boshqalar mavjuddir. Suyuqliklarning yuza (sirt) energiyasi tufayli suyuqliklar o'zining yuzasini iloji boricha kichraytirishga harakat qilish hodisalari kundalik hayotimizda ko'p uchrab turadi. Masalan, hozirgina berkitilgan jumrakdan ingichka bo'lib oqayotgan suv ma'lum bir qalinlikdan so'ng, albatta, yuza-si kamroq bo'lgan alohida tomchilarga bo'linib ketadi. Suyuqlik muzlaganda esa, uning yuza (sirt) energiyasi saqlanadi, lekin uning sirti (yuzaviy) tortilishi materialning zarralari shaklini shar yoki tomchi holiga o'zgartira olmaydi. Bizning qattiq jismdagi yuzaviy (sirti) tortilishni payqamasligimizga sabab uning juda ham qattiqligi va yuzaviy energiyaning minimumga intilganligi tufayli o'zining shaklini o'zgartira olmasligidir.

Griffiths o'zining tadqiqotlarida shisha tolalari bilan tajribalar o'tkazdi. U shisha tayoqchalarini o'rta qismini qizdirgandan so'ngra ularning uchlarini tortib turli diametrdagi tola iplarini hosil qildi. Bunda u tolalarning mustahkamligi ularning diametriga ko'p jihatdan bog'liqligini isbot qildi, ya'ni tola qancha ingichka bo'lsa, uning uzilishi paytidagi kuchlanish shuncha yuqori bo'ladi. Bu kuchlanish avval sekin-asta ko'payadi, keyin esa mustahkamlikning diametrga bog'liqligini ko'rsatuvchi egri chiziq keskin ko'tariladi. Bu egri chiziqni juda ham kichik diametrlar sohasiga ekstrapolyasiya qilib, A. Griffiths juda ham ingichka tolalar uchun 11000 MPa ga teng bo'lgan mustahkamlik kattaligini aniqladi. Bu esa shishaning nazariy mustahkamligiga (14 000 MPa) yaqindir.

2. Mustahkamlikning mexanik nazariyalari deformatsiyalangan qattiq jismlarning o'zini tutishini fenomenologik asosda bayon etadi va ularning betonga nisbatan qo'llanilishi [2, 3, 11] ishlarda fundamental ravishda taraqqiy ettirildi. Bu ta'limotlar mustahkamlikning klassik nazariyalariga asoslangan bo'lib, asosan betonning murakkab kuchlanganlik holati – sinishning chegaraviy yuzasini aniqlash uchun beton mustahkamligining turli mezonlarini qurishga mo'ljallangan. O.Ya. Berg va uning hodimlari tadqiqotlarida bu nazariyalarning matematik tuzilishi betonning yuk ta'siri ostida o'zini tutishidagi fizik ko'rinishlardan uzoqda ekanligini ta'kidlandi.

3. *Mustahkamlikning statik nazariyalari.* Mustahkamlikning statik nazariyalari dastavval elastik – mo‘rt kompozitsion materiallar uchun ishlab chiqilgan bo‘lib, materialning sinish ehtimolini material tashkil topgan elementar hajmlar zanjirining eng kuchsiz bo‘g‘iniga bog‘laydi va bu mustahkamlikning mexanik nazariyalariga qaraganda fanda bir qadam olg‘a surilish bo‘ldi.

4. *Mustahkamlikning fizik (strukturaviy) nazariyalari.* Betonlarning yuk ta‘siri ostida deformatsiyalanish va sinish jarayonini o‘rganishda ham-madan ko‘ra beton strukturasining asosiy elementlari xossalari va ularning o‘zaro ta‘sirini baholashga asoslangan mustahkamlikning fizik (strukturnaviy) nazariyalari samarali hisoblanadi. Hozirgi paytda bu nazariyalar beton qorishmalari texnologiyalari amaliy masalalarini echishda muvaffaqiyat bilan qo‘llanilmoqda. Ammo, g‘ovak to‘ldirgichli engil betonlarning strukturaviy o‘ziga xos xususiyatining tahlili ularda og‘ir betonlarnikiga qaraganda boshqa bog‘liqlik borligini, ya‘ni beton mustahkamligi va betonni tashkil etuvchilari orasidagi, materialni yuklash jarayonida beton to‘ldirgichlari va sement toshining o‘zaro ta‘sirini murakkabroq ekanligini ko‘rsatdi. Bu izlanishlar asosida ma‘lum bo‘ldiki, engil betonning maksimal ruhsat etilgan mustahkamligi ushbu beton g‘ovak to‘ldirgichlarining mustahkamligi va deformatsiyalanish ko‘rsatkichlari bilan aniqlanadi, ya‘ni to‘ldiruvchilarning har bir turi uchun o‘zining mustahkamlik chegarasi bo‘ladi. Bu esa engil betonlarning ikki komponent sxemasi bo‘yicha sinish mehanizmi haqidagi prinsipial farazlarda va taklif etilgan mustahkamlikning strukturaviy formulalarida aks etdi. Engil betonlarning ikki komponent bo‘yicha sinish tamoyili keramzitobetonning mustahkamligi va deformatsiyalanishi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarning keyingi yo‘nalishini aniqlashga katta ta‘sir ko‘rsatdi.

Mustahkamlikning strukturaviy nazariyasi rivojlanishiga I.A. Ribevning barcha qurilish konglomerat (tosh, qum, shag‘al va sh. k. ning ohak, loy va h. k. vositasidagi mahkam birikmasidan iborat tog‘ jins) lari uchun xos bo‘lgan stvor xossalari kongruentligi (bir-birini qoplashi, ustma-ust tushishi), optimal strukturalarning mustahkamligi umumiy qonunlarini ifodalovchi tadqiqotlari katta hissa qo‘shdi. Bu tadqiqotlar betonning strukturasini qurilish kompozitsion materiallarining umumiy nazariyasi asosida o‘rganayotgan V.I.Solomatovning ishlarida muvaffaqiyatli rivojlantirilmoqda.

Beton strukturasining soddalashtirilgan fizik modellari asosan uning ikki komponentli material ekanligi haqidagi farazga asoslanadi. Struktura komponentlarining bir-biriga nisbatan joylashish usuli, ularning o‘zaro ta‘siri, kuchlanishlar konturidagi yo‘nalishi va xarakteri modelning

kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini baholashning u yoki bu usulini aniqlaydi. Oxirgi paytlarda beton muntazam strukturasi yassi va fazoviy modellari o'z ichiga elastik aralashmalarni (alohida olingan holatlar uchun fazoviy sterjenli modellar kabi) olgan matritsa shaklida etarli darajada batafsil ishlab chiqilgan. Ta'kidlab o'tish kerakki, yuqorida ko'rsatib o'tilgan modellarning jiddiy kamchiligi betonning batamom emirilishigacha bo'lgan holatda emirilishning vaqtinchalik xarakterini rad etish va beton strukturadagi yoriqlarning rivojlanishini va ularning bosqichma-bosqich paydo bo'lishini ta'riflash imkoniyati yo'qligidir.

Strukturaviy modellarni ishlab chiqishda modelning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini matritsa, to'ldirgich (aralashma) va kontakt sohasidagi mikroyoriqlarni paydo bo'lishi va rivojlanishi sharoitlarini hisobga olib elastiklik nazariyasi usullari orqali tahlil etish imkoniyati oldinga qo'yilgan muhim bir qadam bo'ldi.

Ko'rsatib o'tilgan tadqiqotlarda strukturaviy mustahkamlik nazariyalarini amalda qo'llashni cheklaydigan muhim bir kamchilik mavjuddir – bu nuqsonlarning o'zaro ta'siri effektini, strukturaning bir jinsli emasligi (g'ovak, kapilyar, mikroyoriq va boshqalar) ni hisobga olmaslik va ularni alohida ko'rib chiqishdir. Bunda bu nuqsonlarning jism hajmi bo'yicha taqsimlanish tabiati ko'rib chiqilmayapti, materialning kuchlanganlik holati tahlili faqatgina boshlang'ich yoriqlarni keltirib chiqaradigan kuchlanishlarni aniqlash bilan chegaralanadi. Ko'rsatib o'tilgan strukturaviy nazariyalar doirasida strukturadagi mikro va makro yoriqlarning asta-sekinlik bilan to'planishi va rivojlanishi betonni sinish jarayonidan iboratligini aynan bir tarzda ta'riflash va modellashtirish imkoniyati yo'q.

Beton tipidagi materiallarning strukturaviy mustahkamlik nazariyasi, deformatsiyalanishi va sinishi haqidagi yangi jiddiy va sifatli ilmiy yunalishni ishlab chiqish va rivojlantirish betonni (shu jumladan engil betonni ham) uning bir jinsli bo'lmagan, turli darajadagi nuqsonli, murakkab, ko'p pog'ona strukturali material deb hisoblab yondoshishning umumiy tamoyillari bayon etilgan ishlarda o'z aksini topdi. Bu ishlarda betonning yuk ostidagi holatiga (uning to'la emirilishiga qadar) belgilangan qonuniyatlar asosida harakterlangan turli nuqsonlar tufayli yoriqlarning paydo bo'lish jarayoni va rivojlanishi matematik ta'rifining asosiy tamoyillari bayon etilgan. Bu tadqiqotlar asosida sinish mexanikasi va ehtimollar nazariyasi usullari va masalalarini jalb qilib betonga o'xshash elastik-mo'rt bir jinsli va kompozitsion materiallarni imitatsion (o'xshatma tariqasida) modellashtirish usullaridan foydalanish yotadi. Bunday modellardan foydalanish ikki asosiy amaliy masalalar turini echish imkoniyatini beradi.

Birinchi tur masalalariga turli tarkibdagi betonlarning mustahkamlik va

deformativ tavsiflari, mikroyoriqlar paydo bo'lishi chegaralarini aniqlash maqsadida o'tkazilgan sonli tajribalar kiradi.

Ikkinchi tur masalalariga turli izlanish tadqiqotlari jarayonida betonning aynan shu tavsiflari bashoratini va optimallashtirishni beton strukturasi parametrlarini o'zgartirish imkoniyati borligidan kelib chiqib eksperiment o'tkazish kiradi. Ikkinchi tur masalalari betonsozlikning asosiy muammosi — oldindan belgilangan xossalari betonlarni yaratish masalasini echishga qaratilgan.

Beton kompozitsion material bo'lgani uchun, uning mustahkamlik va deformatik xossalari faqat tarkibiy qismlarining mexanik xossalari emas, balki uning strukturasi bilan ham belgilanadi. Beton yuklanganda, unda birin-ketin elastik va elastik bo'lmagan deformatsiyalar, mikroyoriqlarning paydo bo'lishi, yopilishi va rivojlanishini beton to'la emirilgunga qadar kuzatishimiz mumkin.

Shu ham ma'lumki, betonning mustahkamligi va deformatsiyalanishi nafaqat uning komponentlarining mexanik xossalari, balki ularning biri-biri bilan tishlashishiga ham bog'liqdir. Tishlashish yuzasida hosil bo'ladigan uzilishlar, qoidaga ko'ra, birkirroq komponentlar kinematik mosligining yo'qolishiga va betonning yanada tezroq ishdan chiqishiga olib keladi. Elastik bo'lmagan deformatsiya davomida energiya dissipatsiyasi (yoyilishi) matritsa materiali va uning dispersion fazasi orasidagi tishlashish buzilganda, material komponenti xajmlar hissasining yig'indisi va energiya qo'shimcha dissipatsiyasining yig'indisi sifatida hisoblab chiqilishi mumkin.

Bu ishda kompozitni bir yaxlit deb qabul qilinadigan makromexanik model taklif etiladi. Bu model yaxlit kompozitning mexanik xossalari uni alohida-alohida tashkil etgan va moslik tenglamasini qanoatlantiradigan qismlari kombinatsiyasi sifatida o'rganishga imkon yaratadi. Bu tenglama material ichidagi kinematik sharoitlarni ta'riflaydi va, bu ishda tanlangan oddiy holatda, material komponentlari orasida uzilish yo'q deb faraz qilinadi. Umumiy holatda bu tenglama o'z ichiga qatlamlarga ajralish effektini, tishlashishlarning uzilishini yoki boshqa bir kinematik holatlarni olishi mumkin.

Makromexanik model materialning alohida olingan komponentini butun material xossalari ta'sirini hisobga oladi. Har bir komponentning xossalari shikast egan joylarni ko'payishi va uning to'la emirilishiga qadar o'sishini hisobga olgan turli modellar orqali ta'riflanadi. Kompozitning bir yaxlit material sifatidagi xossalari uning qorishmalar nazariyasi bo'yicha hisobga olinadigan komponentlari xossalari yig'indisi sifatida belgilanadi.

5.3. Kuchlanishlarning jadallik koeffitsienti

1. *Sinish mexanikasining kelib chiqish tarixi va uning rivojlanishi.*

1920 yilda A.Griffitsning bir jinsli mo'rt materialdagi yoriqning rivojlanishini matematik shartlari ilk marta bayon etilgan maqolasi matbuotda nashr etildi. SHu bilan birga, buzilish mexanikasining manbalari haqida so'z yuritilganda, bu masala qadimiyroq zamonlarga borib taqaladi deyish mumkin.

Qattiq jismlarning emirilish mexanizmi manbalari. Materiyaning atomlardan tuzilganligi haqidagi birinchi tasavvurlar miloddan oldingi 470 - 460 yillarda tug'ilgan Demokritga va miloddan oldingi 1 asrda yashab o'tgan Lukretsiyga tegishlidir. Bu tasavvurlar to'la ravishda gumon va tahminlardan iborat edi. SHunga qaramasdan Lukretsiy atom moddalari orasida ularni bir butun holda birlashtirib turadigan tishlashish (ulashish) kuchlari mavjud ekanligini oldindan ko'rishga erishdi.

Demokrit va Lukretsiydan keyingi ko'pgina asrlar davomida modda-ning atomiy tuzilishi tushunchasiga va uning qattiq jismlarning mustahkamligi bilan bog'liqligiga yangi tushunchalar kiritilmadi. Boshlanishi Galileydan (1504 – 1642) deb qabul qilingan qattiq jismlarning mustahkamligi haqidagi fanda materiallarni bir jinsli yaxlit (kontinuum) sifatida hisoblanib materiallarning mustahkamligi ularning real strukturasi (tuzilishi) bilan bog'lanmagan.

Gukdan (1635 – 1703) boshlangan materiallar mustahkamligi haqidagi ta'limotda kuchlanish σ va deformatsiyalarning ε proporsionalligi haqidagi klassik tushuncha (Guk konuni: $\sigma = E\varepsilon$) ko'p vaqt davomida saqlanib turdi. Bu formulada E – materialning elastiklik moduli deb ataladigan muhim konstanta (o'zgarmas miqdor). Bundan tashqari, materialni yuklash jarayonida kuzatiladigan elastik (ya'ni qaytadigan) deformatsiya $\varepsilon = \sigma/E$ yuk olingandan so'ng tamoman yo'qoladi deb hisoblangan.

U zamonlarning tadqiqotchilari Guk konunining fizikaviy tabiati haqida kam o'ylaganlar, vaholanki, bu qonun atomlar orasidagi kuchning atomlar orasidagi masofaga bog'liqligi harakterini aks ettiradi. Kristalldagi ikki qo'shni atomlar orasidagi masofa ma'lum bir miqdorga ega bo'ladi. Ma'lum bir masofa degani – agar uni sun'iy ravishda kattalashtirsak, atomlar bunga qarshilik ko'rsatib bir-biriga tortiladi, agar bu masofani qisqartirishga harakat qilinsa, unda atomlar oldingi holatni tiklamoq uchun bir-biridan itariladi. Bunday masofada atomlararo tortilish va itarish kuchlari bir-biriga teng bo'ladi. Doimiy harorat sharoitida atomlar o'z panjaralarida shu masofalarda joylashadilar.

Atomlar orasidagi ma'lum bir masofa mavjudligi tufayli ularning

o'zaro ta'siri faqat tortilish va itarilishdan iborat bo'ladi. Bu ikki qarama-qarshi jarayonlar asosida elektr kuchlari yotadi. Bu o'zaro ta'sir energiyasining atomlar orasidagi masofa F ga bog'liqligini ko'rib chiqamiz. Agar atomlarni bir-biridan cheksiz masofaga uzoqlashtirishga erishsak, ularning o'zaro ta'sir energiyasi nolga teng bo'lar edi. Sodda qilib aytganda, cheksiz uzoqlashtirilgan atomlar bir-biriga ta'sir qilmaydi. Boshqa tomondan, biz qo'shni joylashgan atomlarni bir-biriga qancha yaqinlashtirishga harakat qilmaylik, ularni bir-biriga qo'sha olmaymiz. Bu degani – atomlar orasidagi masofa nolga yaqinlashgani sari ularning orasidagi itarish energiyasi miqdori cheksizga intilishi kerak bo'ladi.

Qo'shni va bir-biridan «muvozanat» masofasida (l_0) joylashgan atomlar orasidagi o'zaro ta'sirni yo'qotish uchun, ya'ni ularni cheksiz masofaga ayirmoq uchun, ma'lum bir miqdorda energiya sarflanishi kerak bo'ladi. Bu degani – $l = l_0$ bo'lganda kristalldagi bog'lanishlar mustahkamligini xarakterlaydigan energiya $W = 9G_0$ manfiy bo'ladi. Bu manfiy energiyaning absolyut miqdori lG_0 qancha katta bo'lsa, atomlar orasidagi bog'lanish shuncha mustahkam bo'ladi va kristall atomlarini bir-biridan cheksiz masofaga uzoqlashtirish uchun, ya'ni kristallni bug'lantirib yuborish uchun, shunchalik ko'p energiya sarflash kerak bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, energiya G_0 – bug'lanish issiqligi ko'rsatkichidir.

2. Kuchlanishlarning jadallik koeffitsienti. Materiallarning sinish mexanikasida juda muhim moment – bu jismning muayyan bir (lokal) qismi-ning sinishini, ya'ni yoriqlar tarqalishining boshlanish mezonini aniq ta'riflab berishdir. Bu mezon muvozanat tenglamalaridan yoki yahlit muhit mexanikasi harakatidan kelib chiqmaganligi uchun masala qiyinlashadi. Albatta, yoriqning uchidagi kuchlanishlarni ularning konsentratsiyasini hisobga olgan holda hisoblab, bu miqdori juda ham yuqori bo'lgan kuchlanishlarni materialning nazariy mustahkamligi bilan solishtirib ko'rish mumkin. Ammo bu yo'l juda ham ishonchli emas. Chunki kuchlanishlar konsentratsiyasi asosan yoriq uchidagi egrilikning real radiusiga bog'liqdir. Bu radiusni esa talab qilingan aniqlik darajasida hisoblab bo'lmaydi. Bundan tashqari, materialning nazariy mustahkamligi aniq kattaligini sinovlarda o'lchab bo'lmaydi. Albatta, yoriq (kesik) uchidagi egrilikning real radiusini ideal (mukammal) o'tkir deb hisoblash mumkin, lekin bu holda elastiklik nazariyasi usullari bilan aniqlanadigan yoriq uchidagi kuchlanishlar konsentratsiyasi juda ham kuchayib ketishi oqibatida ularning miqdori cheksizlikka intiladi. Bu hol, albatta, yoriqning shakliga, jismning shakli va tashqi yukning harakteriga qarab boshqacha ham bo'lishi mumkin. Shundan kelib chiqib, σ_y kuchlanishlarning cheksizlikka intilishining turli harakterini jismning lokal (muayyan) emirilishi

kriteriyasini ta'riflashda qo'llash mumkin degan fikr paydo bo'ladi. G'oyaning mazmuni shuki, bu yerda kuchlanishlar σ_y emas,

$$\lim_{S \rightarrow 0} (\sigma_y \sqrt{S}) \quad (5.10)$$

kattaligi solishtiriladi. Formuladagi S – yoriq uchidan yoriq chizig'i bo'yi-cha σ_y kuchlanishlar ta'sir qilayotgan joygacha bo'lgan kichik masofa.

Yoriqlarning uch asosiy turi uchun kuchlanishlarning jadallik koeffitsientlari K_I , K_{II} , K_{III} bilan belgilanadi. Yuqorida ko'rsatilgan, to'plangan va bir maromda tarqalgan yuk bilan yuklangan yoriqli plastinani cho'zish bilan bog'liq masalalar uchun kuchlanishlarning jadallik koeffitsienti:

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi l} \quad (5.11)$$

yoki

$$K_I = P / \sqrt{\pi l}. \quad (5.12)$$

Birinchi holda kuchlanishlarning jadallik koeffitsienti yoriq uzunligiga qarab kattalashib boradi. Yoriq uzunligining oshishi esa uning yuqorida ko'rsatilgan, barqaror bo'lmagan o'sishiga olib keladi. Ikkinchi holatda esa, aksincha, yoriq uzunligi oshishi bilan bu koeffitsient kichiklashadi va yoriqning barqaror o'sishi kuzatiladi. Bu holatda yoriqning uzunligini oshirish uchun tashqi yuk miqdorini uzluksiz oshirish kerak buladi.

3. Kuchlanishlar konsentratsiyasi. Yuqoridagi natijalarni olgandan so'ng A. Griffits ularni nazariy jihatdan tushuntirishga harakat qildi. Buning uchun u XX asr boshlarida bir qator mamlakatlarda, shu jumladan Rossiyada ham (G.V. Kolosov), olib borilgan nazariy ishlar natijasida paydo bo'lgan kuchlanishlar konsentratsiyasi tushunchasini jalb qildi.

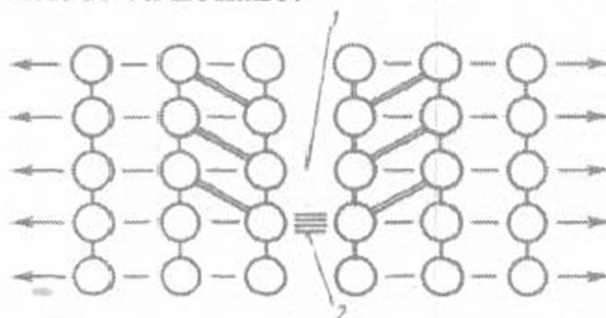
Kuchlanishlar konsentratsiyasi nima o'zi? Cho'zilgan plastinada uning kesimini 10% ga kichraytiradigan teshik ochilgan deb faraz qilamiz (ya'ni plastina yuzasi boshlang'ich yuzadan 10% kam).

Bu holda kuchlanishlar teshik konturida (chetlarida) kutilganidek 10% ga emas balki tahminan 3 marta oshadi, plastina chekkasida esa kuchlanishlar amalda o'zgarmaydi. Bunday effekt (ta'sir) kuchlanishlar konsentratsiyasi deb ataladi (bu holda teshik yaqinida). Konsentrator (teshik) oldidagi kuchlanishning nominal (ya'ni teshiksiz plastinadagi) kuchlanishdan necha marta yuqoriligini ko'rsatuvchi raqam kuchlanishlar konsentratsiyasi koeffitsienti deb ataladi. Plastina etarli darajada keng va teshik dumaloq bo'lgan hol uchun konsentratsiya koeffitsienti 3 ga teng. Teshik elliptik bo'lgan hol uchun kuchlanishlar konsentratsiyasi koeffitsienti $1+2a/6$ ga teng. Bu yerda l , a – ellipsning yarim o'qlarining uzunligi va kengligi.

A. Griffiths yoriqlarni ancha cho'zilgan ellipslar ko'rinishida taxmin qildi. Masalan, uzunligi 10 mkm va kengligi 0,1 mkm bo'lgan elliptik yoriqning yarim o'qlari nisbati a/b ning kattaligi 100:1 ga teng. Bu holda kuchlanishlar konsentratsiyasi koeffitsienti 201 ga teng bo'ladi. Kuchlanishlar konsentratsiyasi koeffitsientining ko'rsatkichi shunday bo'lsa, shishaning nazariy mustahkamligi (14000 MPa) 70 MPa gacha kamayishi kerak. Bu esa oddiy shishaning mustahkamligiga yaqindir.

Shunday hisob-kitoblar asosida A.Griffiths oddiy shishada birtalay, ko'rinmas, juda ingichka yoriqlar bo'ladi va ayni holatda bu yoriqlar shishaning ingichka tolalarida kam darajada hosil bo'ladi degan natijaga keldi

Kuchlanishlarning konsentratsiyasi natijasida yoriq uchi (cho'qqisi) dagi fizik tasviri 5.4-rasmda keltirilgan. Agar yoriq bir nechta atomlararo bog'lanishlarni kesib o'tsa, kuchlanishlarning konsentratsiyasi natijasida yoriq uchidagi atom bog'lanishiga uzatiladigan yuk jiddiy ravishda ortadi. Bunday holatlarda ortiqcha yuk tushayotgan bog'lanish (bir nechta parallel chiziqlar bilan ko'rsatilgan) bu yukni ko'tara olmaydi va bu bog'lanish uziladi. Bu esa, o'z navbatida, keyingi bog'lanishga ortiqcha yuk tushishiga olib keladi va hokazo.



5.4-rasm. Yoriqqa ega bo'lgan moddaning atomiy tuzilishining soddalashtirilgan sxemasi:
1 – yoriq; 2 – ortiqcha yuk tushayotgan atomiy bog'lanishlar

Shunday qilib, yoriq bir qurol sifatida bo'lib, nisbatan uncha katta bo'lmagan yuk ta'siri ostida ham juda ham kuchli atomlararo bog'lanishlarni uzishga, va oqibatda, material namunasining bo'laklarga to'la bo'linib ketishiga xizmat qiladi.

Beton kabi konglomerat tuzilishli materiallarning mustahkamlik va sinish muammolarini o'rganishda uch – mexanik, statistik va fizik yondoshishlarni ajratish mumkin.

4. Materialning lokal sinishida kuchlanishlarning jadallik koeffitsienti. Materialning lokal sinish mezonini ta'riflashga qaytamiz. Bir jinsli materiallarning sinish mexanikasiga muvofiq eng ko'p tarqalgan uzilish yoriqlari uchun bu mezon materialning lokal sinish momenti (payti) da yoriqning uchi yaqinidagi kuchlanishlarni aniqlash formulalaridagi material uchun doimiy hisoblangan koeffitsient kuchlanishlar jadalligining

kritik koeffitsientiga teng deb hisoblanadi.

Bu kattalikni elastiklik moduli E va material ustki energiyasining zichligi γ bilan ifoda etish mumkin.

$$\text{Hususan, tekis kuchlanganlik holatida } K_{Ic} = \sqrt{2E\gamma}. \quad (5.13)$$

$$\text{Tekis deformatsiya holatida } K_{Ic} = \sqrt{2E\gamma} / \sqrt{1-\nu^2}. \quad (5.14)$$

Ifodalarni ko'rib chiqilgan ikki masala uchun lokal emirilish momentida bir-biriga tenglashtirib tekis kuchlanganlik holati uchun quyidagilarni topamiz:

$$\sqrt{2E\gamma} = \sigma_0 \sqrt{\pi l}; \quad \sqrt{2E\gamma} = P_0 / \sqrt{\pi l}. \quad (5.15)$$

$$\text{Bundan: } \sigma_0 = \sqrt{2E\gamma / (\pi l)}; \quad P_0 = \sqrt{2\pi E\gamma l}. \quad (5.16)$$

Bu ifodalar energetik yondoshish orqali topilgan ifodalarga mos keladi.

Umumiy holda, deformatsiyaning uch asosiy turida materialning yoriq rivojlanishiga bo'lgan qarshiligini harakterlovchi uch doimiy – K_I , K_{II} , K_{III} ni bilish kerak bo'ladi. Bundan keyingi hollarda real yoriqlar bo'lgan shartlar deformatsiyalarning I va II turlariga mos keladigan tekis deformatsiya shartlari bilan yoki tekis kuchlanganlik holati bilan almashtirilishi mumkin.

5.4. Sinish mexanikasining asosiy parametrlariga turli omillarning ta'siri

1. Energiyaning bo'shatilish kritik tezligi. Chiziqli sinish mexanikasi-ning muhim parametrlariga K_{Is} bilan birga energiyaning bo'shatilish tezligi G_{Ic} ham kiradi. G_{Ic} ni bilvosita yo'l bilan aniqlasa bo'ladi. Bunda K_{Is} va G_{Ic} bir-biri bilan quyidagi ifoda orqali bog'langan:

$$G_{Ic} = K_{Is}^2 (1-\nu^2) / E \quad (5.17)$$

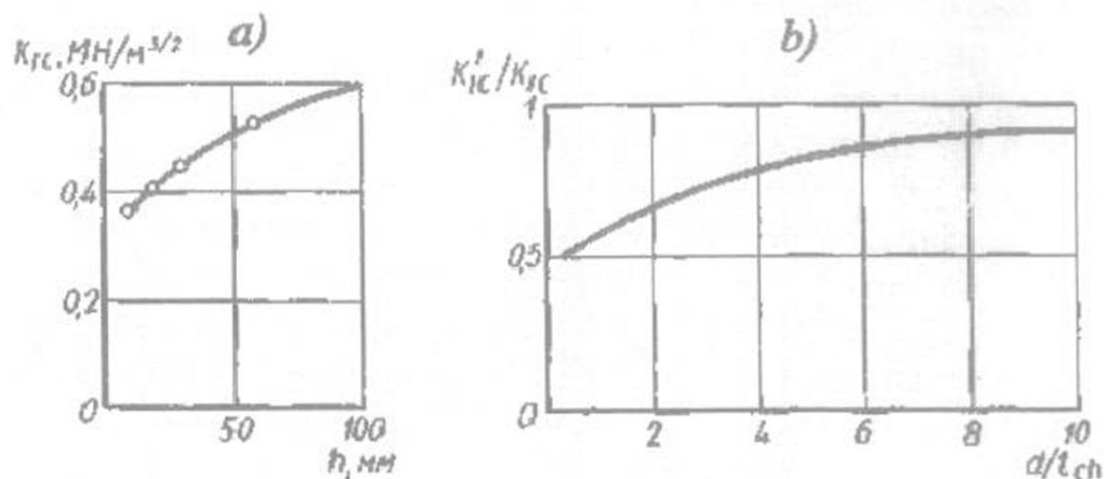
yoki

$$G_{Ic} = K_{Is}^2 / E, \quad (5.18)$$

bu yerda birinchi ifoda tekis kuchlanish holatini, ikkinchisi esa tekis deformatsiya holatini ifodalaydi. Bundan tashqari G_{Is} ni aniqlashning boshqa tajribaviy usullari ham mavjud. Bu usullardan biri "egilishga

moslashuvchanlik” ni, ya’ni faqat boshlang’ich yoriq (kesik) ning uzunligi l bilan farq qiladigan egiluvchi egizak namunalarni egilishini Δf qo’yilgan P yukga nisbatini $C = \Delta f/P$ topish va dC/dl ni hisoblab chiqishdir (5.5-rasm). Har bir namuna uchun energiyaning bo’shatilish kritik tezligi

$$G_{lc} = \frac{P_c^2}{2b^2} \frac{dC}{dl} \quad (5.19)$$



5.5-rasm. Namuna o’lchamlarining K_{Ic} qiymatiga ta’siri: a) sement toshi uchun eksperiment; b) sement toshi, mayda toshli va oddiy beton uchun nazariy bog’liqlik

ga teng bo’ladi. Bu yerda P – yoriqning boshlanishdagi o’z-o’zidan o’sishi paytidagi namunaga qo’yilgan kritik yuk; dC/dl – namunadagi yoriqning boshlang’ich uzunligiga mos “egilishga ko’nuvchanlik” qiymati; b – namuna kengligi.

Ta’riflangan usul orqali G_{lc} ni aniqlashda shuni hisobga olish kerakki, sun’iy yoriqli (kesikli) namunalarning «egilishga ko’nuvchanligi» xuddi shunday, lekin tabiiy yoriqlari bor bo’lgan namunalarnikidan yoriq chet (qirg’oq) larining bir-biriga tishlashishi tufayli katta farq qilishi mumkin.

2. Sinish mexanikasi parametrlarining eksperimental ma’lumotlari. Kuchlanishlar jadalligining kritik koeffitsienti K_{Ic} va yuqorida ko’rib chiqilgan sinish mexanikasining parametrlari bir-biri bilan quyidagi tenglik orqali bog’langan (tekis deformatsiya uchun):

$$(1 - \nu^2) K_{Ic}^2 / E = G_{lc} = l_{lc} = 2\gamma. \quad (5.20)$$

Shuning uchun, bu parametrlarning birini bilsak, boshqalarini hisob-kitob yo’li bilan topishimiz mumkin. Tadqiqotlar ko’rsatadiki, masalan, sement toshidan tayyorlangan to’sinchalar va betonda (4-nuqtali egilishda) topilgan J_{Ic} va G_{lc} ning qiymatlari bir-birlariga etarli darajada mos keladi va J_{Ic} beton sinishini ta’riflash uchun mezon sifatida mos keladi.

Agar G_{lc} va γ ni bir-biriga solishtirsak, unda yoriqni rivojlantirish uchun kerak bo'lgan energiya sement toshini mustahkamligini belgilaydigan tobermorit yuzaki energiyasining xaqiqiy qiymatidan bir necha pog'ona yuqoridir. Bir necha tadqiqotchilar bunday turli-tumanlikni asosiy rivojlanayotgan yoriqning etagida qo'shimcha mikroyoriqlar tizimining paydo bo'lishi bilan bog'lashadi.

3. *Namuna o'lchamlarining ta'siri (masshtab effekti).* Turli o'lchamlardagi, kesik uzunligi masshtabga proporsional ravishda o'zgargan, geometrik o'xshash namunalarni sinovlarida topilgan K_{lc} ning qiymati ham tanlab olingan masshtabga qarab o'zgarishini ko'rsatadi. Xiggins va Beyli sement toshidan tayyorlangan, kesikli, egiluvchi to'sinchalar va turli o'lchamlardagi cho'ziluvchi plitalarni sinovlarida to'sinchaning balandligi oshganda K_{lc} ning qiymati oshib, $S/S = 0,3$ bo'lgan hol uchun tahminan $0,79 \text{ MN/m}^{3/2}$ ga teng bo'lgan biron bir chegaraviy qiymatga intilishini aniqladilar. Bunda to'sinchalarning kengligi va uzunligi K_{lc} qiymatiga ta'sir etmaydi.

Moavenzade va Kyugulyu tomonidan sement-qum qorishmasi va betonda o'tkazgan tajribalarida namuna o'lchamlarining kattalashishi bilan G_{lc} ning qiymati ham oshishi topildi. Uolsh o'zining tadqiqotlarida kesikli, turli o'lchamdagi (balandligi 75...380 mm, uzunligi 254...1270 mm) to'sinlarni sinab ko'rib K_{Is} ning qiymatlari namuna o'lchamlari oshishiga qarab oshishini va chiziqli sinish mexanikasining usullari beton to'sinlarga ularning balandligi 230 sm dan kam bo'lmagan hollarda qo'llanilishi mumkinligini ko'rsatdi. Shunga o'xshash natijalar Kesler, Naus va Lottlarning sement toshi, sement-qum qorishmasi va betondan tayyorlangan, markazida kesigi bo'lgan, uzunligi 450...900 mm (qalinligi 50 mm, balandligi 300 mm) bo'lgan namunalarni cho'zish orqali, Kitagava, Kim va Suyamolarning silindrlarni yorilishga (diametral siqish) sinash orqali ham olingan.

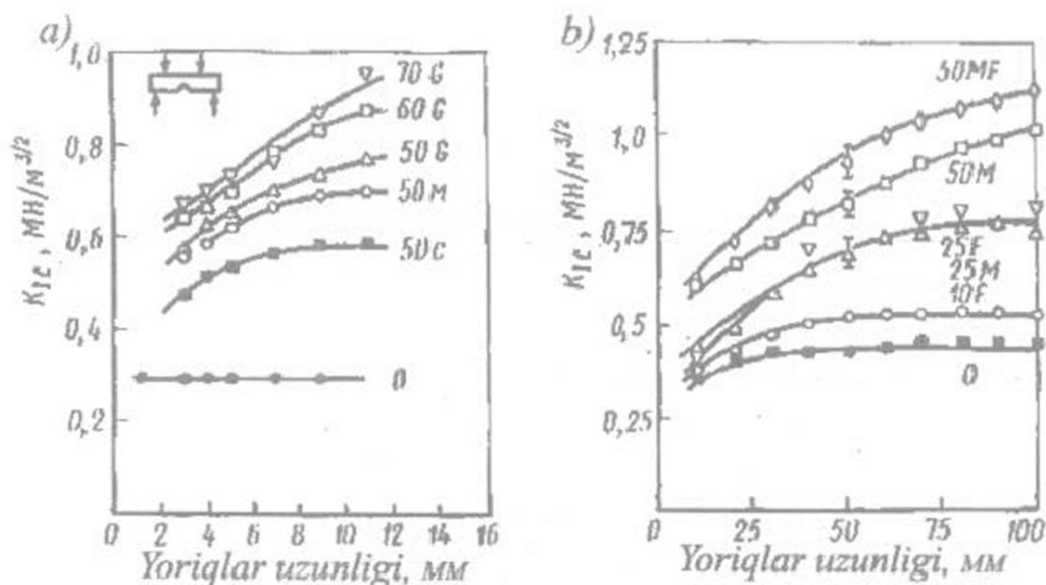
Kesikli namunalarni sinovlarida masshtab effekti yuzaga kelishining asosiy sababi sifatida material strukturasining bir jinsli emasligi qabul qilingan. Bu bir jinsli emaslik yoriq uzunligini strukturaning alohida olingan elementlari o'lchamlari bilan solishtirilganda, K_{Is} ning kuzatilgan qiymatlarini uning biron bir «haqiqiy» qiymatlariga qaraganda kamayishiga olib keladi. Bu hodisani miqdoriy tomondan ta'riflash uchun bir nechta modellar taklif qilingan. Masalan, Moderning ishlarida betondagi yoriqning modeli Dagdeyl va Barenblatt modellariga asoslanib taklif qilingan bo'lib, bu model tadqiqotlari K_{Is} ning namuna balandligiga bog'liqligi 5.5-rasmdagi ko'rinishga ega bo'lishi kerak degan natijaga olib keladi. Bu yerda abssissa o'qi bo'yicha namuna balandligi d ning uning xarakteristik uzunligi l_{ch} ga nisbati ko'rsatilgan. Ordinata o'qi bo'yicha esa K_{lc} ning kuzatilgan qiymatlari uning $d \rightarrow \infty$ ga teng «haqiqiy»

(chegaraviy) qiymatlarining ulushlari sifatida ko'rsatilgan.

Xarakterli uzunlik $l_{ch} = G_{lc} E / R_t^2$ formulasi orqali hisoblanadi. Bu yerda E – elastiklik moduli; R_t – cho'zilishdagi chegaraviy mustahkamlik. Oddiy beton uchun l_{ch} 200...300 mm, mayda toshli beton uchun – 100...200 mm, sement toshi uchun – 5...10 mm atrofida bo'ladi. Mayda toshli betonni shisha fibrallar bilan armaturalash l_{ch} ni 500...3000 mm gacha uzaytiradi. 5.5,b-rasmdan ko'rinib turibdiki, K_{lc} ni doimiy deb hisoblab, $d/l_{ch} = 10$ dan boshlab chiziqli sinish mexanikasi usullarini qo'llasa bo'ladi. $d/l_{ch} = 10$ kattalikka esa shishabeton uchun to'sinning minimal balandligi 5 metrdan ko'proq, oddiy beton uchun 2...3 metr, mayda toshli beton uchun 1...2 metr, sement toshi uchun esa 50...100 mm gacha bo'lishi to'g'ri keladi.

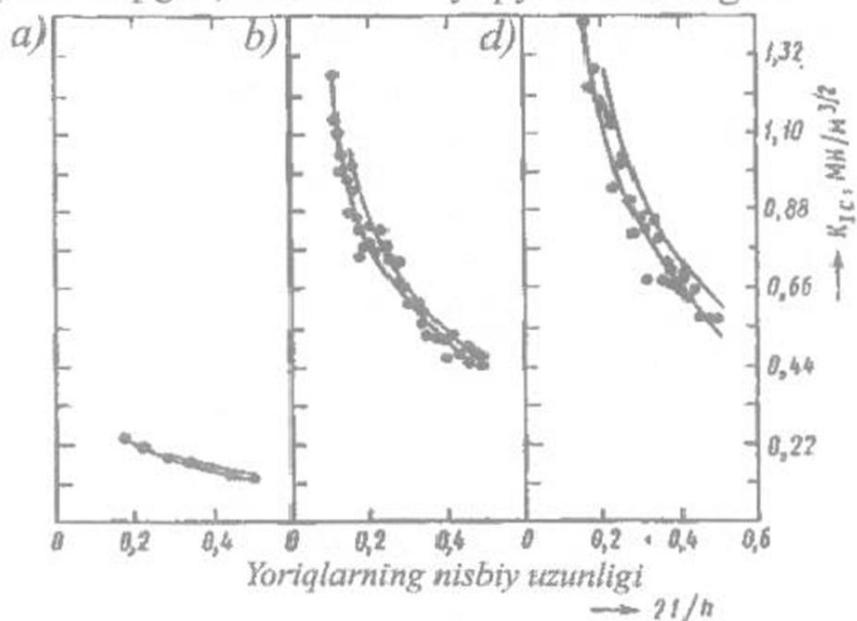
4. Yoriq (kesik) uzunligining ta'siri. Turli uzunlikdagi kesiklari bo'lgan o'xshash namunalarni yoki yorig'i davomiy rivojlanayotgan faqat bitta namunani sinovi shuni ko'rsatadiki, K_{lc} ning qiymatlari yoriq (kesik) uzunligi oshgani sari oshib boradi. Bu hodisaning fizik mohiyati masshtab effekti kabidir (ya'ni, yoriq yoki kesikning uzunligi namuna o'lchamlarining oshishiga qarab oshadi) va struktura elementlari o'lchamlariga qiyosan olingan yoriq uncha uzun bo'lmagan holda K_{lc} ning qiymatlarini kamayishi bilan bog'liqdir. Misol tariqasida Braun va Pomeroylarning o'lchamlari 38x38x250 mm bo'lgan «kesikli to'sin» namunalarida va o'lchamlari 50x100x350 mm bo'lgan sement toshi, mayda donali beton va shishafibrobetondan qilingan «ikki tomonlama konsol» namunalarida o'tkazilgan eksperimentlarini ko'rsatishimiz mumkin. Sinovlar relaksatsiya usuli bo'yicha olib borilgan. Sement toshi uchun qabul qilingan o'lchamlar strukturaning xarakterli elementiga qiyoslaganda ancha katta edi va ular yoriq uzunligiga bog'liq emas edi (5.6-rasm). Mayda toshli betonda (shishafibrobetonda ham) aksincha, qabul qilingan o'lchamlar uncha katta emas edi (ko'rsatilgan ma'noda) va K_{ls} ning qiymatlari yoriqning uzunligi oshgani sari (mayda to'ldiruvchilar yoki shisha fibrallarining miqdori oshishi bilan ham) oshib borar edi.

Shunga o'xshash natijalar sement toshi, mayda toshli va oddiy betonlar uchun olingan (5.7-rasm). Xiggins va Beylining yuqorida ko'rsatilgan, sement toshida o'tkazilgan tajribalarida ham K_{ls} ning qiymati yoriq uzunligiga bog'liq bo'lmagan. Ammo, K_{ls} qiymatlarini biroz kamayishi va sement toshidagi, hatto betondagi, po'latfibrobeton va shishafibrobeton-dagi yoriqning uzunligi oshganida keyingi barqarorligiga erishishi kuzatilganligi haqida ma'lumotlar bor. Bu hodisani boshlang'ich kesik atrofida mikroyoriqlar tizimi borligi va ularni yoriq rivojlanishining boshlang'ich bosqichlarida katta tashqi energiya oqimini talab qilishi bilan tushuntirish mumkin.



5.6-rasm. K_{Ic} ning sement toshidagi va turli donadorlik tarkibli, turli foizga ega bo'lgan to'ldiruvchili mayda toshli betondagi ($S/S=0,47$, yoshi 14 kun) yoriqning uzunligiga qarab o'zgarishi: a) «kesikli to'sin» sxemasi bo'yicha sinovlar; b) «ikki tomonlama konsol» sxemasi bo'yicha sinovlar; egri chiziqlar yonidagi raqamlar – to'ldiruvchining foizi; harflar – mayda to'ldiruvchining fraksiyasi: F – mayda (elaklar 52...100); M – o'rta (elaklar 14...25); MF – bir nisbatli qorishma M va F; S – yuqori yiriklikdagi (elaklar 5...10 mm); G – granulometrik egri chiziq bo'ylab (elaklar 10...100); O – sement toshi

Keyingi bosqichlarda ko'rsatib o'tilgan mikroyoriqlarning roli kamayadi, yoriq amalda yakka rivojlanadi, K_{Ic} ning kuzatilgan qiymatlari esa «haqiqiy» qiymatlarga teng bo'lib, yoriq uzunligiga bog'liq bo'lmaydi. Bu nuqtai nazar dispergatsiya qilingan polimer bilan modifikatsiyalangan va kichik kirishishga ega bo'lgan sement toshlarida o'tkazilgan tajribalarda ba'zi tasdiqlarini topgan, bunda doimiy qiymatlar olingan.



5.7-rasm. K_{Ic} ni yoriq nisbiy uzunligiga (to'sin balandligi ulushlarida) bog'liqligi: a) sement toshi; b) qorishma; v) beton

5.5. Temirbeton elementlarni sinish mexanikasi parametrlaridan foydalanib hisoblashning zamonaviy usullari

1. Sinish mexanikasining asosiy masalasi. Qurilish sohasida dolzarb masalalarni echishdagi yo'llardan biri – bu inshoot va binolarning qurilish konstruksiyalari ishonchliligini va ko'pga chidamliligini yanada oshirishdir. Bunda, birinchi navbatda, eng ko'p tarqalgan – temirbeton konstruksiyalar betonining mustahkamligini oshirish va uning deformativ xossalarini optimizatsiyalash muhimdir. Faqat, betonning mustahkamligini oshirishga mo'ljallangan yangi tarkiblarini empirik yo'l bilan izlash juda ko'p mehnat talab qiladi va har doim ham maqsadga olib kelmaydi. Bundan tashqari, empirik yondoshish bilan hozirgi zamon fanining materiallar haqidagi eng dolzarb masalasi – materialning mexanik tavsiflarini bashorat (prognoz) qilish va oldindan belgilangan xossali (ma'lum bir chegarada) material yaratish, undan ham mushkuldir.

Shu bilan birga, betonning mexanik xossalarini yaxshilash sohasida fanning zamonaviy va tez taraqqiy etayotgan sohasi – sinish mexanikasi usullarini qo'llash katta imkoniyatlar tug'diradi. Sinish mexanikasining boshqa qurilish material va turli konstruksiyalarning mustahkamligini hamda ko'pga chidamliligini oshirishdagi ahamiyati ham kattadir. Sinish mexanikasiga qattiq deformatsiyalanadigan jismlar mexanikasining bir bo'limi sifatida qaraladi. Sinish mexanikasining asosiy masalasi – turli yuklash hollarida yoriqli (yoki yoriqlar tizimi bo'lgan) konstruksion materiallardagi o'zgarishlarni o'rganishdan iboratdir. Bu yondoshishning to'g'riligi – amaliy jihatdan har bir materialda kelib chiqishi turli bo'lgan yoriqlar yoki yoriqqa o'xshagan nuqsonlarning bo'lishidir. Bunday nuqsonlar material va mahsulotlarni tayyorlash hamda ulardan foydalanish vaqtida yoki tashqi muhit ta'siri ostida paydo bo'ladi. Betondagi va keramik materiallardagi g'ovaklik va yoriqlar, payvand choklaridagi erimay qolgan joylar, choklarning yaxlit emasligi birinchi tur nuqsonlarining mukammal emasligiga misol bo'la oladi. Ikkinchi tur nuqsonlar po'lat va metall qorishmalari uchun xarakterlidir, va ular mikroyoriqlar chirish yoki joylashish (dislokatsiya) larini o'zaro ta'siri natijasida ularning plastik deformatsiyasi paytida paydo bo'ladi.

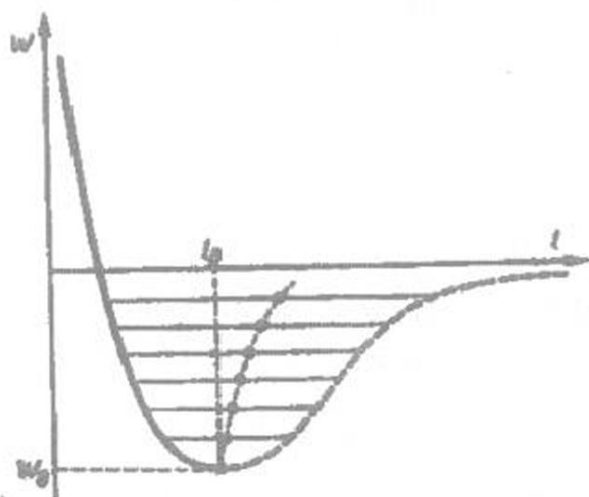
Yuk ta'sirida nuqsonlarni sekin-asta rivojlanishi, ularni yoriqlar ko'rinishida birlashishi va vaqt o'tishi bilan konstruksiyalarning ko'tarish qobiliyatini yo'qotilishi kuzatiladi. Umuman olganda, emirilish – vaqt davomida rivojlanadigan, uzoq vaqt davomida vujudga keladigan jarayondir. Yoriqlarning paydo bo'lishi, o'sib borishi va rivojlanishi qonuniyatlarini o'rganish sinish mexanikasining asosiy mavzusini tashkil etadi.

Yemirilish jarayoni rivojlanish harakteriga ko'ra 2 turga bo'linadi:

a) yuklar miqdori va yuklar ta'siri vaqtining sekin-asta oshishiga bog'liq ravishda yoriqlarni barqaror o'sishi;

b) yuklarni oshishiga bog'liq bo'lmagan, konstruksiya (uning elementi) ning ko'tarish qobiliyatini oniy (bir onli) yo'qotilishiga olib keluvchi yoriqlarning barqaror bo'lmagan o'sishi.

2. Ikki atom orasidagi o'zaro ta'sir energiyasi ularning orasidagi masofa funksiyasi ko'rinishida. 5.8-rasm da atomlar orasidagi o'zaro ta'sir energiyasi W ni atomlar orasidagi masofaga bog'liqligi ko'rsatilgan. Bu bog'liqlik fizikada "o'zaro ta'sir potentsiali" deb ataladi. U kristallning fundamental (asos) tavsifi hisoblanadi. W va lG_0 larning miqdorlari aniq, tugallangan miqdorlar bo'lgani uchun atomlar yo'qotilganda ularning o'zaro ta'sir energiyasi nolga teng bo'ladi.



5.8-rasm. Ikki atom orasidagi o'zaro ta'sir energiyasi ular orasidagi masofa funksiyasi ko'rinishida

Harorat ko'tarilgani sari atomlarning issiqlik energiyasi oshib boradi, ularning tebranish amplitudasi kattalashadi. Bu bilan bir vaqtda atrofida tebranishlar bo'layotgan markaz katta qiymatlar tomoniga siljiydi, ya'ni kristallning issiqlikdan kengayishi kuzatiladi. Rasmda bu holat atomlar tebranishi amplitudasiga teng bo'lgan kesimlarning o'rtasidan o'tkazilgan chiziq bilan ko'rsatilgan.

3. Chiziqli kengayishning harorat koeffitsienti – γ kristallning boshqa xossalari va tavsiflarini belgilaydigan qiymatlarga bog'liqligi ko'rinib turibdi. Masalan, kristall atomlari qanchalik mustahkam bog'langan bo'lsa, ya'ni kristallning elastiklik moduli qancha katta bo'lsa, chiziqli kengayishning harorat koeffitsienti γ shunchalik kichik bo'ladi.

Chiziqli kengayish koeffitsienti

$$\gamma = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} = \frac{\varepsilon}{\Delta T}, \quad (5.21)$$

bu yerda – ΔL kristallning harorati oshganidan so'ng uning ma'lum bir

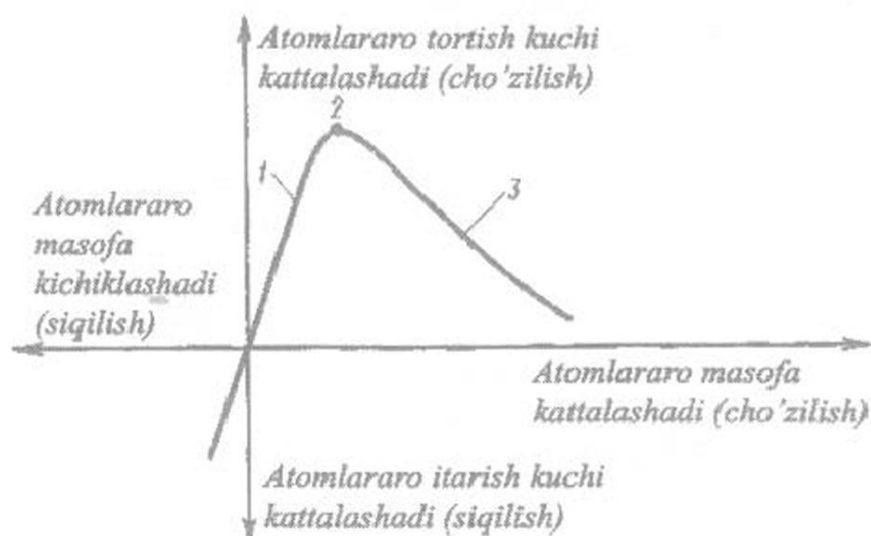
o'lchamini uzayishi; l – esa atomlar orasidagi masofa kabi qabul qilinishi mumkin.

Kristall isitilganda, ikki atom orasidagi masofaning nisbiy o'zgarishi Guk qonuniga rioya qiladi va u effektiv kuchlanish $\sigma = E\varepsilon$ ta'siri ostida ro'y beradi. Kristall atomlari bog'lamalari mustahkamligini huddi shu elastiklik moduli xarakterlaydi – mustahkamlik qancha yuqori bo'lsa, elastiklik moduli shunchalik katta bo'ladi. Kristallni isitganimizda uning har bir atomi issiqlik harakati uchun qo'shimcha energiya oladi. Boshqa tomondan, qo'shimcha energiyani bir atomga to'g'ri keladigan hajm W ni atomga ta'sir qiluvchi effektiv kuchlanish σ ga ko'paytirish bilan ifodalash mumkin. Shunday qilib,

$$\gamma = \frac{\sigma}{E\Delta T} \approx \frac{k}{E\omega}. \quad (5.22)$$

Haqiqatan ham, elastiklik moduli E ning oshishi bilan γ kichrayadi.

4. Atomlararo kuchning atomlararo masofalarga bog'likligi 5.9-rasmda ko'rsatilgan. Bu bog'liklik, avval, atomlararo kuch va atomlararo masofa bir-biriga to'g'ri proporsional bo'lgan 1-qismda chiziqli bo'ladi.



5.9-rasm. Materialning zarra (atom va molekula) lari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari ularning orasidagi masofa funksiyasi ko'rinishida:
1–material deformatsiyasining chiziqli qismi; 2– materialning mustahkamlik chegarasiga to'g'ri keladigan nuqta; 3–bog'liqlikning pastga egilgan qismi

Odatda, makrodarajada (ya'ni materialning bir bo'lagi uchun), metallar deformatsiyalari +1% dan, ya'ni 10 mm/m dan oshmaydi, beton uchun esa bundan ham kamroq bo'ladi. Bu diapazonda kuchlanishlar va deformatsiyalar orasidagi bog'lanish ham proporsional, ya'ni chiziqli bo'ladi. Bundan tashqari, kichik deformatsiyalar uchun yuklash va yukdan bo'shatish jarayoni qaytariluvchi bosqichdir, ya'ni materialning bir bo'lagini bir hil

natija olgan holda minglab va millionlab marta yuklashimiz va yukdan bo'shatishimiz mumkin. Qattiq jismning yuk ostida o'zini bunday tutishi elastiklik deb ataladi va uning bu xossasi material atomlari darajasida atomlararo bog'lanishlarni elastikligidan kelib chiqadi. Elastiklik ko'pchilik texnik material xos bo'lsada, plastik xossalarga ega bo'lgan materiallar ham mavjuddir. Plastiklikning yorqin misoli sifatida plastilinni, deraza tirqishlarini berkitadigan qorishmani ko'rsatishimiz mumkin. Bu materiallar Guk qonuniga bo'ysinmaydi – yuk olingandan so'ng ularning shakli va o'lchamlari qayta tiklanmaydi.

Umuman olganda, qattiq jismlarning elastikligi haqidagi fan (ya'ni klassik elastiklik nazariyasi) bu jismlarning kuchlanishlari va deformatsiyalarini o'rganadi. Faqatgina Guk zamonida emas, hatto yaqinida ham biz materiallarning elastiklik xossalari haqida kam bilar edik. Materiallarning deformatsiyasi miqdori tahminan 1% dan oshganda, ular yoki sinardi yoki o'zining elastiklik xossasini yo'qotardi. SHu sababdan atomlar katta masofaga siljigan holatda atomlararo kuchlarning atomlararo masofalarga bog'liqligini ko'rsatuvchi egri chiziq (5.9-rasmdagi 2, 3-qismi) akademik qiziqish uyg'otadi. Amaliyotda esa katta deformatsiyalarga erishib bo'lmadi. Nisbatan yaqinda, sinish mexanikasining paydo bo'lishi va rivojlanishi natijasida, yoriqning uchidagi atomlararo kuchlarni yanada aniqroq hisobga olish zaruriyati tug'ildi. Ma'lum bo'ldiki, yoriqning uchi (cho'qqisi) uchun yoriq chet (qirg'oq) larining o'zaro siljishi va kuchlanish orasidagi bog'lanish (5.9-rasm) to'g'ri chiziqdan og'ib atomlararo kuchlar egri chizig'iga o'tadi. Bu holat ilgari nazariyotchi fiziklar tomonidan hisoblab chiqilgan edi (5.9-rasmdagi 2,3-qismi).

Moddalarning atomlardan tuzilganligi kashfiyot qilingandan so'ng ko'p olimlar atomlararo o'zaro ta'sir xarakteri asosida materialning nazariy mustahkamligini, ya'ni qattiq jismdagi ikki yonma-yon joylashgan atomiy (molekulaviy) qatlamlarni bir-biridan ajrata oladigan kuchlanishni aniqlashga harakat qilishdi. Bunda material strukturasi hech qanday nuqsonlarga ega emas, ya'ni jismning barcha atomlari (molekulalari) qat'iy muntazam holatda joylashgan deb faraz qilindi. Bunday faraz asosida hisoblanganda, materialning nazariy mustahkamligi uning elastiklik modulining 10...20% dan iborat ekanligi ma'lum bo'ldi.

Masalan, agar shishaning elastiklik moduli 70 000 MPa atrofida bo'lsa, uning nazariy mustahkamligi 14 000 MPa atrofida bo'ladi. Bu esa shishaning oddiy sinovlaridagi real (texnik) mustahkamligidan deyarli 100 martaga ortiqroqdir. Nazariy va texnik mustahkamlik orasidagi o'zaro nisbat boshqa materiallar uchun ham shu kabidir.

5.6. Egiladigan temirbeton elementlarni sinish mexanikasi parametrlaridan foydalanib hisoblash misollari

Misol 1. Berilgan: $b = 0,3$ m; $h = 0,6$ m; $a = 0,5$ m; $h_0 = 0,55$ m, beton B30, armatura At – III C, hisobiy eguvchi moment $M = 250$ kN·m. A_s ni aniqlash talab etiladi ([16], 110 b., misol 3.3).

Hisoblash. B30 sinfli beton uchun, Ilova 3 ga muvofiq, $K_{lc}^b = 0,36$ mPa·m^{1/2}. [49] ga muvofiq, yoriqli egiluvchi elementlar uchun uning qisqa yon tomoni qirralari siljishi cheklanganida chekli kollokatsiya usuli bilan

$$K_I = \frac{MY_I(a_1)m^2}{b\sqrt{l_0}h^{3/2}}; Y_I(a_1) = \sqrt{\pi} - a_1 - 1,$$

bunda $t = M$ ning yuqori qiymatida yoriq uchida kuchlanishlar qayta taqsimlanishini hisobga oladigan ko'paytiruvchi; $M < 0,4$ MN·m bo'lganda, $t=1$; $M \geq 0,4$ MN·m bo'lganda $m = (2\pi - 1)/2\pi$. Unda $K_I = 1$ mPa·m^{1/2} qabul qilib,

$$l_0 = \frac{M^2 Y_I^2(a_1)}{(K_{lc}^b + 1)^2 b^2 h^3} = \frac{0,25^2 (\sqrt{\pi} - 0,083 - 1)^2}{(0,36 + 1)^2 \cdot 0,3^2 \cdot 0,6^3} = 0,83.$$

At–III C sinfli po'lat uchun, Ilova 4 ga muvofiq, $K_{lc}^{st} = 27,5$ mPa·m^{1/2}. (2.10) va Ilova 2 dan, armatura sterjenining butun uzunligi bo'yicha armatura bilan beton orasidagi tishlashish buzilgan deb hisoblab, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$A_s = \frac{a^2 (K_{lc}^{st})^4}{\pi^2 h^2 c^2 K_{arc}^4 3164} \left[\sqrt{\frac{c}{2}} + f(e) \right]^4 (1 - e^2)^4 = \frac{0,05^2 \cdot 27,5^4}{\pi^2 0,83^2 \cdot 0,6^2 \cdot 3,363^2 \cdot 3164} \cdot \left[\frac{\sqrt{3,363}}{\sqrt{2}} + 0,2(0,0044 + 0,1289 \cdot 0,2 + 10,89 \cdot 0,2^2 - 22,14 \cdot 0,2^3 + 10,96 \cdot 0,2^4) \right]^4 (1 - 0,2^2)^4 = 0,00153 \quad M^2 = 15,3 \text{ cM}^2,$$

$$\text{bunda } e = \frac{b}{g + l_{arc}^v} = \frac{b}{g + l_0 h} = \frac{0,3}{1 + 0,5} = 0,2.$$

[45] dagi misolda $A_s = 13,9$ sm² olingan.

Misol 2. Berilgan: $b = 0,3$ m; $h = 0,8$ m; $a = 0,07$ m, cho'zilgan armatura A–III $A_s = 29,45$ sm² = 0,002945 m² (6ø25), beton B30, hisobiy

eguvchi moment $M = 540 \text{ mPa} \cdot \text{m}$.

Kesimning maksimal ko'taruvchanlik xususiyatini aniqlash talab etiladi. (Misol [45] dan olingan, 45 b.).

Hisoblash. Ilova 3 ga muvofiq, $K_{lc}^b = 0,36 \text{ mPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, $K_{IIc}^b = 3,69 \text{ mPa} \cdot \text{m}^{1/2}$. Dastlab quyidagini aniqlaymiz:

$$K_{lc}^s = \frac{60 A_s}{b \sqrt{\pi a}} Y_I(a_1) = \frac{60 \cdot 0,002945}{0,3 \sqrt{\pi \cdot 0,07}} \left(\frac{0,93}{\sqrt{1-0,0875}} + \frac{1}{\sqrt{1-0,0875}^2} - 0,93 \right) =$$

$$= 1,32 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}, \text{ bunda } a_1 = a/h = 0,07/0,8 = 0,0875;$$

$$l_0 = \frac{M^2 Y_I^2(a_1) (2\pi - 1)^2}{4(K_{lc}^b + K_{lc}^s)^2 b^2 h^3 \pi^2} = \frac{0,54^2 (\sqrt{\pi} - 0,0875 - 1)^2 (2\pi - 1)^2}{4(0,36 + 1,32)^2 0,3^2 0,8^3 \pi^2} \text{ va}$$

$$l_{crc}^v = l_0 h = 0,776 \cdot 0,8 = 0,62 \text{ m}.$$

Ko'ndalang siljish yorig'i uzunligini

$$l_{crc}^h = \frac{0,285 \sqrt{3} h^{3/2} \pi^{3/2} \sqrt{K_{lc}^b K_{IIc}^b} D}{2\sqrt{2} K_{IIc}^b h \sqrt{l_{bg}} - 2,26 \sqrt{3} h \pi^{3/2} \sqrt{K_{lc}^b K_{IIc}^b} D} =$$

$$= \frac{0,285 \sqrt{3} \cdot 0,8^{3/2} \cdot \pi^{3/2} \sqrt{0,36 \cdot 3,69} \cdot 0,025}{2\sqrt{2} \cdot 3,69 \cdot 0,81 - 2,26 \cdot 3 \cdot 0,8 \pi^{3/2} \sqrt{0,36 \cdot 3,69} \cdot 0,025} = 0,004 \text{ m}$$

va uning ochilish enini topamiz:

$$a_{crc}^{bh} = a_{crc}^{bhl} = \frac{\pi^{5/2} K_{lc}^b l_{crc}^h (1 - \nu^2)}{E_b \sqrt{l_{bg}}} (1 + 1,1418 \lambda^2 - 0,6048 \lambda^4)^2 +$$

$$+ \frac{2 K_{IIc}^b}{\pi^{3/2} \sqrt{l_{crc}^h} E_b} \int_{-l_{crc}^h}^{l_{crc}^h} \Gamma(l_{crc}^h, \Omega) d\Omega = \frac{\pi^{5/2} \cdot 0,36 \cdot 0,007 (1 - 0,2^2)}{32500 \cdot 1} \times$$

$$\times (1 + 1,1418 \cdot 0,0175^2 - 0,6048 \cdot 0,0175^4)^2 + \frac{2 \cdot 3,69}{\pi^{3/2} 0,007 \cdot 32500} \times$$

$$\times \int_{-0,007}^{0,007} \Gamma(0,007, \Omega) d\Omega = 1,28 \cdot 10^{-5} + 2,83 \cdot 10^{-3} = 2,84 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

(5.24) ni hisobga olib, kesim siqilgan qismi balandligi x ni aniqlaymiz.

$$x = \frac{K_{lc}^{st} A_s \sqrt{l_{bg}} + \pi^2 b [K_{lc}^b (h_0 - l_{crc}^v + a) + K_{llc}^b a_{crc}^h] \sqrt{0,0625 d}}{\pi^2 b (K_{lc}^b + K_{llc}^b) \sqrt{0,0625 d}} =$$

$$= \frac{27,5 \cdot 0,002945 \cdot 1 + \pi^2 0,3 [0,32(0,73 - 0,62 + 0,07) + 3,69 \cdot 0,0028] \sqrt{0,0625 \cdot 0,025}}{\pi^2 0,3 (0,36 + 3,69) \sqrt{0,0625 \cdot 0,025}} =$$

$$= 0,184 \text{ m.}$$

Va $x_l = a$ qabul qilib, kesimning maksimal yuk ko'tarish qobiliyati qiymatini hisoblaymiz

$$M = \frac{K_{llc}^b \pi^{3/2} b}{\sqrt{l_{bg}}} \left[\left(x_l - \frac{a_{crc}^h}{2} \right) \left(h_0 - \frac{2x_l - a_{crc}^h}{4} \right) + \left(x - x_l - \frac{a_{crc}^h}{2} \right) \left(h_0 - \frac{2x + 2x_l + a_{crc}^h}{4} \right) \right] -$$

$$- \frac{K_{lc}^b \pi^{3/2} b}{\sqrt{l_{bg}}} (h_0 - x - l_{crc}^v + a) \frac{h_0 - x + l_{crc}^v - a}{2} =$$

$$= 3,69 \cdot \pi^{3/2} 0,3 \left[\left(0,007 - \frac{0,00284}{2} \right) \left(0,73 - \frac{20,007 - 0,0014}{4} \right) + \left(0,184 - 0,007 - \frac{0,00284}{2} \right) \cdot \right.$$

$$\cdot \left(0,73 - \frac{2 \cdot 0,184 + 2 \cdot 0,007 + 0,00284}{4} \right) \left. \right] - 0,32 \pi^{3/2} \cdot 0,3 (0,73 - 0,184 - 0,62 +$$

$$+ 0,007) \frac{0,73 - 0,184 + 0,62 - 0,007}{2} = 0,729 \text{ MN} \cdot \text{m} = 729 \text{ kH} \cdot \text{m} > 540 \text{ kN} \cdot \text{m},$$

Ya'ni kesimning mustahkamligi ta'minlangan. [45] da kesimning ko'taruvchanlik qobiliyati 585 kN·m ni tashkil etgan.

Misol 3. Berilgan: $b = 0,3 \text{ m}$; $h = 0,7 \text{ m}$; $a = 0,05 \text{ m}$, $a' = 0,03 \text{ m}$, beton V40 armatura A-III, siqilgan armatura kesimining yuzasi $A'_s = 9,42 \text{ sm}^2 = 0,000942 \text{ m}^2$ ($3\phi 20$), hisobiy eguvchi moment $M = 580 \text{ MPa} \cdot \text{m}$.

Cho'zilgan armatura kesimi yuzasini aniqlash talab etiladi.

(Misol [45] dan olingan, 46 b.).

Hisoblash. A'_s armaturadagi kuchlanishni aniqlaymiz. A-III sinfli armatura uchun $K_{lc}^{st} = 27,5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, unda

$$\sigma_x = \frac{K_{lc}^{st}}{K_{crc} \sqrt{0,0625 \pi d'}} = \frac{27,5}{\pi^{3/2} \sqrt{0,062 \cdot 0,02}} = 139,02 \text{ MPa} \quad (d' - \text{siqilgan ar-}$$

matura diametri) va $N_x = \sigma_x A'_s = 130,95 \text{ kN}$. B40 sinfli beton uchun $K_{lc}^b = 0,42 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, unda, $K_{lc}^s = \sqrt{\pi} - a_l = 1,70 \text{ MPa} \cdot \text{m}$ qabul qilib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$l_0 = \frac{(M - N_x(h_0 - a^*))^2 Y_l^2(a_1) m^2}{(K_{lc}^b + K_{lc}^s) b^2 h^3} = \frac{(0,58 - 0,13095(0,65 - 0,03))^2 (\sqrt{\pi} - 0,071 - 1)^2 (2\pi - 1)^3}{4\pi^2 (0,42 + 1,7)^2 0,3^2 0,7^3} = 0,62$$

$$\text{va } l_{crc}^v = l_0 h = 0,62 \cdot 0,7 = 0,43 \text{ m}, \quad e = \frac{b}{g + l_{crc}^v} = \frac{0,3}{1 + 0,43} = 0,21;$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{a^2 (K_{lc}^{st})}{\pi d_0^2 h^2 c^2 K_{crc}^4 3164} \left[\sqrt{\frac{c}{2}} + f(e) \right]^4 (1 - e^2)^4 = \\ &= \frac{0,05^2 \cdot 27,5^4}{\pi^5 \cdot 0,62^2 \cdot 0,7^2 \cdot 3,363^2 \cdot 3164} \left[\frac{\sqrt{3,363}}{\sqrt{2}} + \right. \\ &\quad \left. + 0,21(0,0044 + 0,1289 \cdot 0,21 + 10,89 \cdot 0,21^2 - 22,14 \cdot 0,21^3 + 10,96 \cdot 0,21^4) \right]^4 (1 - 0,21^2)^4 = \\ &\quad 0,002027 \text{ m}^2 = 20,27 \text{ sm}^2. \end{aligned}$$

[45] da $A_s = 29,22 \text{ sm}^2$ olingan.

Misol 4. Berilgan: $b = 0,3 \text{ m}$; $h = 0,7 \text{ m}$; $a = 0,07 \text{ m}$, $a' = 0,03 \text{ m}$, beton B30, armatura A-III, cho'zilgan $A_s = 48,26 \text{ sm}^2 = 0,004826 \text{ m}^2$ ($6\phi 32$) va siqilgan armatura kesimining yuzasi $A'_s = 3,39 \text{ sm}^2 = 0,000339 \text{ m}^2$ ($3\phi 12$); hisobiy eguvchi moment $M = 600 \text{ kN}\cdot\text{m}$.

Kesimning maksimal ko'taruvchanlik xususiyatini aniqlash talab etiladi (Misol [45] dan olingan, 45 b.).

Hisoblash. B30 sinfli beton uchun Ilova 1 ga muvofiq, $K_{lc}^b = 0,36 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{3/2}$, $K_{llc}^b = 3,6 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$. K_{lc}^s va l_0 larning qiymatlarini hisoblaymiz:

$$K_{lc}^s = \frac{60 A_s}{b \sqrt{\pi a}} Y(a_1) = \frac{60 \cdot 0,004826}{0,3 \sqrt{\pi} \cdot 0,07} \left(\frac{0,93}{\sqrt{1 - 0,1}} + \frac{1}{\sqrt{1 - 0,1^2}} - 0,93 \right) = 2,18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2},$$

Bu yerda $a_l = a/h = 0,07/0,7 = 0,1$;

$$\begin{aligned} l_0 &= \frac{M^2 Y_l^2(a_1) (2\pi - 1)^2}{4 (K_{lc}^b + K_{lc}^s)^2 b^2 h^3 \pi^2} = \frac{0,6^2 (\sqrt{\pi} - 0,1 - 1)^2 (2\pi - 1)^2}{4 (0,36 + 2,18)^2 \cdot 0,3^2 \cdot 0,7^3 \pi^2} = 0,63 \\ \text{va } l_{crc}^v &= l_0 h = 0,63 \cdot 0,7 = 0,44 \text{ m}. \end{aligned}$$

A-III sinfli po'lat uchun $K_{lc}^{st} = 27,5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ hisobga olib, siqilgan armaturadagi kuchlanishni aniqlaymiz:

$$\sigma_x = \frac{K_{lc}^{st}}{K_{crc} \sqrt{0,0625 \pi a^{st}}} = \frac{27,5}{\pi^{3/2} \sqrt{0,0625 \cdot 0,012}} = 179,7 \text{ MPa} \text{ va}$$

$$N_x = \sigma_x A_s' = 179,7 \text{ MPa} \cdot 0,000339 = 60,9 \text{ kH}.$$

Ko'ndalang siljish yorig'ining uzunligi l_{crc}^t quyidagi bog'liqlikdan aniqlanadi:

$$l_{crc}^t = \frac{0,285\sqrt{3}h^{3/2}\pi^{3/2}\sqrt{K_{lc}^b K_{llc}^b} D}{2\sqrt{2}K_{llc}^b h\sqrt{l_{bg}} - 2,26\sqrt{3}h\pi^{3/2}\sqrt{K_{lc}^b K_{llc}^b} D} =$$

$$= \frac{0,285\sqrt{3} \cdot 0,7^{3/2} \pi^{3/2} \sqrt{0,36 \cdot 3,69} \cdot 0,025}{2\sqrt{2} \cdot 3,69 \cdot 0,71 - 2,26\sqrt{3} \cdot 0,7^{3/2} \sqrt{0,36 \cdot 3,69} \cdot 0,025} = 0,0068 \text{ m.} \quad \text{uning}$$

ochilish eni esa

$$a_{crc}^{bh} = a_{crc}^{bgl} + a_{crc}^{bhll} = \frac{\pi^{5/2} K_{lc}^b l_{crc}^h (1-\nu^2)}{E_b \sqrt{l_{bg}}} (1 + 1,1418\lambda^2 - 0,6048\lambda^2)^2 +$$

$$+ \frac{2K_{llc}^b}{\pi^{3/2} \sqrt{l_{crc}^h} E_b} \int_{-l_{crc}^h}^{l_{crc}^h} \Gamma(l_{crc}^h, \Omega) d\Omega = \frac{\pi^{5/2} \cdot 0,36 \cdot 0,0068 (1 - 0,2^2)}{32500 \cdot 1} \times$$

$$\times (1 + 1,1418 \cdot 0,0194^2 - 0,6048 \cdot 0,0194^4)^2 + \frac{2 \cdot 3,69}{\pi^{3/2} \sqrt{0,0068} 32500} \times$$

$$\times \int_{-0,0068}^{0,0068} \Gamma(0,0068, \Omega) d\Omega = 4,4 \cdot 10^{-6} + 2,71 \cdot 10^{-3} = 2,71 \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

Kesimning siqilgan qismi balandligini aniqlaymiz:

$$x = \frac{K_{lc}^{st} A_s \sqrt{l_{bg}} + \pi^2 b \sqrt{0,0625d} [K_{lc}^b (h_0 - l_{crc}^v + a) + K_{llc}^b a_{crc}^h] - N_x \sqrt{0,0625\pi d l_{bg}}}{\pi^2 b (K_{lc}^b + K_{llc}^b) \sqrt{0,0625d}} =$$

$$= \frac{27,5 \cdot 0,004826 \cdot 1 + \pi^2 \cdot 0,3 \sqrt{0,0625 \cdot 0,032} [0,36(0,63 - 0,44 + 0,07) + 3,69 - 0,00271] - 60,9 \sqrt{0,0625 \cdot \pi \cdot 0,0032}}{\pi^2 \cdot 0,3 (0,36 + 3,69) \sqrt{0,0625 \cdot 0,032}} = 0,264 \text{ m}.$$

$x_i = a'$ qabul qilib, quyidagini hisoblaymiz:

$$f(\lambda) = \sqrt{\frac{3}{\lambda l_{crc}^h}} \frac{1,13\lambda + 0,285}{b} = \sqrt{\frac{3}{0,0194 \cdot 0,0068}} \frac{1,13 \cdot 0,0194 + 0,285}{0,3} = 154,3$$

va element ko'taruvchanlik qobiliyatining maksimal qiymati

$$\begin{aligned}
M &= \frac{K_{lc}^b}{\sqrt{l_{bg}}} \left[\pi^{3/2} b \left(x_i - \frac{a_{crc}^b}{2} \right) \left(h_0 - \frac{2x_i - a_{crc}^b}{4} \right) + \pi^{3/2} b \left(x - x_i - \frac{a_{crc}^b}{2} \right) \times \right. \\
&\quad \times \left(h_0 - \frac{2x + 2x_i + a_{crc}^b}{4} \right) + \frac{(\pi^{3/2} D b f(\lambda) - 1)(x - a')(h_0 - a')}{(x - x_i) f(\lambda)} \left. \right] - \\
&- \frac{K_{lc}^b \pi^{3/2} b}{\sqrt{l_{bg}}} (h_0 - x - l_{crc}^v + a) \frac{h_0 - x + l_{crc}^v}{2} = 3,69 \left[\pi^{3/2} \cdot 0,3 \left(0,03 - \frac{0,0027}{2} \right) \left(0,63 - \frac{2 \cdot 0,03 - 0,0027}{4} \right) + \right. \\
&\quad + \pi^{3/2} \cdot 0,3 \left(0,264 - 0,03 - \frac{0,0027}{4} \right) \left(0,63 - \frac{2 \cdot 0,264 + 2 \cdot 0,03 + 0,0027}{4} \right) + \\
&\quad + \frac{(\pi^{3/2} \cdot 0,025 \cdot 0,3 \cdot 154,3 - 1)(0,264 - 0,03)(0,63 - 0,03)}{(0,264 - 0,03) \cdot 154,3} \left. \right] - 0,36 \cdot \pi^{3/2} \cdot \\
&\cdot 0,3(0,63 - 0,264 - 0,44 + 0,07) \frac{0,63 - 0,264 + 0,44 - 0,07}{2} = 0,878 \text{ MH} \cdot \text{m} = 878 \text{ kH} \cdot \text{m} > 600 \text{ kH} \cdot \text{m}.
\end{aligned}$$

Shunday qilib, kesimning mustahkamligi ta'minlangan. Kesimning [45] bo'yicha aniqlangan ko'taruvchanlik qobiliyati 658 kN·m ni tashkil etdi.

Misol 5. Berilgan: 1-misolda keltirilgan temirbeton element ma'lumotlari.

Element bo'ylama o'qiga normal yoriqlarning ochilish enini hisoblash talab etiladi.

Hisoblash. a_{crc}^{bv} ning qiymatini aniqlaymiz.

$$a_{crc}^{bv} = \frac{M^2 Y^2 (l_0) (1 - \nu^2) (l_{crc}^v - a) \sqrt{l_{bg}}}{\pi^{3/2} b^2 h^3 E_b K_{lc}^b l_{crc}^v} = \frac{0,25^2 \cdot 5,26^2 (1 - 0,2^2) (0,5 - 0,05)}{\pi^{3/2} \cdot 0,3^2 \cdot 0,6^3 \cdot 32500 \cdot 0,36 \cdot 0,5} = 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ m},$$

bu yerda

$$\begin{aligned}
Y(l_0) &= \sqrt{0,4 l_0} (1,99 - 2,47 l_0 + 12,97 l_0^2 - 23,17 l_0^3 + 24,8 l_0^4) = \\
&= \sqrt{0,40 \cdot 0,83} (1,99 - 2,47 \cdot 0,83 + 12,97 \cdot 0,83^2 - 23,17 \cdot 0,83^3 + 24,8 \cdot 0,83^4) = 5,26; \\
a_{crc}^{sv} &= \frac{2 N_3}{\pi b E_b} \Gamma(l_{crc}^v, a) = \frac{2 \cdot 436 \cdot 5 \cdot 0,001571}{\pi \cdot 0,3 \cdot 32500} \times \\
&\times \ln \frac{0,5^2 - \sqrt{0,5^2 (0,5^2 - 0,05^2)}}{0,5^2 + \sqrt{0,5^2 (0,5^2 - 0,05^2)}} = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}.
\end{aligned}$$

Yakuniy (uzil-kesil)

$a_{crc}^v = a_{crc}^{bv} - a_{crc}^{sv} = 7,6 \cdot 10^{-4} - 2,6 \cdot 10^{-4} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}$. $M = 125 \text{ kN} \cdot \text{m}$ uchun (hisobiydan 0,5) $a_{crc}^v = 0,116 \text{ mm}$, QMQ formulasi bo'yicha $a_{crc}^v = 0,115 \text{ mm}$.

Misol 6. Berilgan: jamoa binosi orayopmasining bosh to'sini, kesimi $b = 0,2 \text{ m}$, $h = 0,6 \text{ m}$, $a = 0,08 \text{ m}$, oraliq'i $L = 4,8 \text{ m}$; beton V30, armatura A-III, $A_s = 24,63 \text{ sm}^2 = 0,002463 \text{ m}^2$ (4 $\varnothing$ 28), jadalligi $q = 85,5 \text{ kN/m}$ bo'lgan

teng tarqalgan yuk $q = 85,5 \text{ kN/m}$. Normal uzilish yoriqlarini sodir qiladigan momentni aniqlash talab etiladi.

Hisoblash. Keltirilgan kesimning qarshilik momentini aniqlaymiz:

$$W_{red} = \frac{I_{red}}{y_{red}} = \frac{I_{red} A_{red}}{S_{red}} = \frac{0,0043 \cdot 0,135}{0,037 \cdot 2} = 0,0156 \text{ m}^3.$$

QMQ bo'yicha $M_{crc} = 27,8 \text{ kN}\cdot\text{m}$.

Misol 7. Berilgan: 6-misol bo'yicha jamoa binosi orayopmasining bosh to'sini. Estetik mulohazalarga ko'ra salqilik cheklanadi.

Bosh to'sinni deformatsiya bo'yicha hisoblash talab etiladi.

(Misol [45] dan olingan, 242 b.).

Hisoblash. Ta'sir etuvchi eguvchi moment

$$M = \frac{qL^2}{8} = \frac{85,5 \cdot 4,8^2}{8} = 246 \text{ kN}\cdot\text{m}.$$

Quyidagi qiymatni aniqlaymiz:

$$K_{lc}^s = \frac{60 A_s}{b \sqrt{\pi a}} Y(a_1) = \frac{60 \cdot 0,002463}{0,2 \sqrt{\pi \cdot 0,08}} \left(\frac{0,93}{\sqrt{1-0,133}} + \frac{1}{\sqrt{1-0,133^2}} - 0,93 \right) = 1,59 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2},$$

bu yerda $a_1 = a/h = 0,08/0,6 = 0,133$ va normal uzilish hamda ko'ndalang siljish yoriqlarining parametri.

$$l_0 = \frac{M^2 Y_1^2(a_1)}{(K_{lc}^b + K_{lc}^s)^2 b^2 h^3} = \frac{0,246^2 \cdot (\sqrt{\pi} - 0,133 - 1)^2}{(0,36 + 1,59)^2 \cdot 0,2^2 \cdot 0,6^3} = 0,75 \text{ va}$$

$$l_{crc}^v = l_0 h = 0,75 \cdot 0,6 = 0,45 \text{ m}.$$

$$a_{crc}^{bv} = \frac{M^2 Y^2(l_0) (1 - \nu^2) (l_{crc}^v - a) \sqrt{l_{bg}}}{\pi^{3/2} b^2 h^3 E_b K_{lc}^b l_{crc}^v} = \frac{0,246^2 \cdot 3,02^2 (1 - 0,2^2) (0,45 - 0,08) \sqrt{1}}{\pi^{3/2} \cdot 0,2^2 \cdot 0,6^3 \cdot 32500 \cdot 0,36 \cdot 0,45} = 7,72 \cdot 10^{-4} \text{ m},$$

$$\begin{aligned} \text{bunda } Y(l_0) &= \sqrt{0,4 l_0} (1,99 - 2,47 l_0 + 12,97 l_0^2 - 23,17 l_0^3 + 24,8 l_0^4) = \\ &= \sqrt{0,40 \cdot 0,75} (1,99 - 2,47 \cdot 0,75 + 12,97 \cdot 0,75^2 - 23,17 \cdot 0,75^3 + 24,8 \cdot 0,75^4) = 3,02; \end{aligned}$$

$$a_{crc}^{sv} = \frac{2N}{\pi b E_b} \Gamma(l_{crc}^v, a) = \frac{2 \cdot 392,5 \cdot 0,002463}{\pi \cdot 0,2 \cdot 32500} \ln \frac{0,45^2 - \sqrt{0,45^2 (0,45^2 - 0,08^2)}}{0,45^2 + \sqrt{0,45^2 (0,45^2 - 0,08^2)}} = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ m},$$

$$\text{bu yerda } \sigma_s = \frac{K_{lc}^{sl}}{K_{crc} \sqrt{0,0625 \pi d}} = \frac{27,5}{\sqrt{0,0625 \pi \cdot 0,028}} = 392,5 \text{ MPa};$$

$$a_{crc}^v = a_{crc}^{bv} - a_{crc}^{sv} = 7,72 \cdot 10^{-4} - 4,5 \cdot 10^{-4} = 3,12 \cdot 10^{-4} \text{ m};$$

$$l_{crc}^h = \frac{0,285 \sqrt{3} h^{3/2} \pi^{3/2} \sqrt{K_{lc}^b K_{llc}^b} D}{2 \sqrt{2} K_{llc}^b h \sqrt{l_b}} - 2,26 \sqrt{3} h \pi^{3/2} \sqrt{K_{lc}^b K_{llc}^b} D =$$

$$= \frac{0,285 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,6^{3/2} \pi^{3/2} \sqrt{0,36 \cdot 3,69 \cdot 0,025}}{2 \sqrt{23,69 \cdot 0,6 \cdot 1} - 2,26 \cdot \sqrt{3 \cdot 0,6} \pi^{3/2} \sqrt{0,36 \cdot 3,69 \cdot 0,025}} = 0,012 \text{ m}.$$

$$a_{crc}^{bh} = a_{crc}^{bhl} + a_{crc}^{bhlI} = \frac{\pi^{5/2} K_{lc}^b l_{crc}^h (1-v^2)}{E_b \sqrt{l_{bg}}} (1 + 1,1418 \lambda^2 - 0,6048 \lambda^4)^2 +$$

$$+ \frac{2 K_{llc}^b}{\pi^{3/2} \sqrt{l_{crc}^h} E_b} \int_{l_{crc}^h}^{l_{crc}^h} \Gamma(l_{crc}^h, \Omega) d\Omega = \frac{\pi^{5/2} 0,36 \cdot 0,012 (1-0,2^2)}{32500 \cdot 1} (1 + 1,1418 \cdot 0,04^2 - 0,6048 \cdot 0,04^4)^2 +$$

$$+ \frac{2 \cdot 3,69}{\pi^{3/2} \sqrt{0,012} \cdot 32500} \int_{-0,012}^{0,012} \Gamma(0,012, \Omega) d\Omega = 2,07 \cdot 10^{-4} \text{ m}.$$

Kvadrat tenglamadan quyidagi qiymatni aniqlaymiz:

$$\frac{q(L_{crc}^w)^2}{2} - \frac{qL}{2} L_{crc}^w - M_{crc} = 0,$$

bunda L_{crc}^w – momentlar epyurasidagi nuqta, $M = M_{crc}$. Unda, $L_{crc}^{w1} = 0,16 \text{ m}$ va $L_{crc}^{w2} = 4,44 \text{ m}$ bo'lgani uchun, $L_{crc} = L - 2L_{crc}^{w1} = 4,8 - 2 \cdot 0,16 = 4,48 \text{ m}$.

Normal uzilish yoriqlari orasidagi masofa

$$d_{crc} = \frac{n d n_s}{\pi^{3/2}} \left(\frac{K_{lc}^{st} M_{crc} \sqrt{l_{bg}}}{K_{crc} n M \sqrt{0,0625 d \pi^2 K_{lc}^b}} - 2 \right) =$$

$$= \frac{6,15 \cdot 0,028 \cdot 4}{\pi^{3/2}} \left(\frac{27,5 \cdot 31 \cdot 1}{6,25 \cdot 0,246 \cdot \sqrt{0,0625 \cdot 0,028 \pi^2 0,36}} - 2 \right) = 0,222 \text{ m}$$

bo'lsa, to'sin oralig'i uzunligida normal uzilish yoriqlarining soni

$$N = \frac{L_{crc}}{d_{crc}} = \frac{4,48}{0,222} = 20.$$

Unda

$$f = \frac{a_{crc}^v}{2(l_{crc}^v - a_{crc}^v)} \frac{L}{2} + a_{crc}^h = \frac{6,24 \cdot 10^{-3}}{2(0,45 - 6,24 \cdot 10^{-3})} \frac{4,8}{2} +$$

$$+ 2,07 \cdot 10^{-4} = 0,017 \text{ m} = 1,7 \text{ cm} < \frac{L}{200} = \frac{4,8}{200} = 0,024 \text{ m},$$

ya'ni bosh to'sin salqiligi ruhsat etilganidan kam. QMQ usuli bo'yicha hisoblangan salqilik 0,020 m tashkil etadi.

Misol 8. Berilgan: 6-misol bo'yicha jamoa binosi orayopmasining bosh to'sini.

Xizmat qilish muddati, ya'ni normal uzilish yorig'ining uzunligi kritik qiymatga etadigan muddatni aniqlash talab etiladi.

Hisoblash. Konstruksiyanı ishdan chiqish payti deb shunday holat hisoblanadiki, unda normal uzilish magistral yorig'i o'zining kritik uzunligiga erishadi va ko'ndalang siljish yorig'i o'qini kesib o'tadi. SHunda normal yoriqning kritik uzunligi

$$l_{crc}^{vcr} = h - x_j = 0,6 - 0,08 = 0,52 \text{ m},$$

uning uzunligini maksimal ruhsat etilgan orttirmasi esa

$$\Delta l_{crc}(t, \tau) = l_{crc}^{vcr} - l_{crc}^v = 0,52 - 0,45 = 0,07 \text{ m}.$$

(6.19) ifodadan V turidagi yoriq uzunligi orttirmasi 7 sm ni tashkil qiladigan t vaqtni aniqlaymiz.

Oldin quyidagini aniqlab olamiz:

$$C_b(\infty, \tau) = a \left(\frac{56 \sqrt{I_{bg}}}{\pi^{3/2} K_{llc}^b} - 0,63 \right) \cdot 10^{-4} = 0,8 \left(\frac{56}{\pi^{3/2} \cdot 3,69} - 0,63 \right) \cdot 10^{-4} = 1,68 \cdot 10^{-4} \text{ 1/MPa};$$

$$y = 0,03 \frac{M \sqrt{I_{bg}}}{\pi^{3/2} K_{llc}^b W_{red}} = 0,03 \frac{0,246}{\pi^{3/2} \cdot 3,69 \cdot 0,0156} = 2,3 \cdot 10^{-2} \text{ 1/kun},$$

bu yerda $W_{red} = \frac{I_{red} A_{red}}{S_{red}} = \frac{0,0043 \cdot 0,135}{0,0972} = 0,0156 \text{ m}^3;$

$$C(\infty, \tau) = (1 - 0,7 \sqrt[3]{\pi \mu}) C_b(\infty, \tau) = (1 - 0,7 \sqrt[3]{32500 \cdot 0,02 / 200000}) \cdot 1,68 \cdot 10^{-4} = 1,61 \cdot 10^{-4} \text{ 1/MPa};$$

$$A_r = \frac{\nu C(\infty, \tau) E_b (1 - \nu^2) l_{bg}}{24 \pi^2 (K_{lc}^b)^2 (1 + \nu^2)} = \frac{2,3 \cdot 10^{-2} \cdot 1,61 \cdot 10^{-4} \cdot 32500 (1 - 0,2^2)}{24 \pi^2 0,36^2 (1 + 0,2^2)} = 0,0036;$$

$$B = 2 E_b C_b(\infty, \tau) = 2 \cdot 32500 \cdot 1,68 \cdot 10^{-4} = 10,92.$$

(6.19) ifodadan $\tau = 28$ kun deb olib, quyidagini aniqlaymiz:

$$0,07 = 0,0036 \left\{ 0,473 \left[2,3 \cdot 10^{-2} (t - 28) + 1n(1 + 10,92(1 - e^{-0,023(t-28)})) \right] - 2 \cdot 0,36 \cdot 1,59 \lg 28 \int_{28}^t \frac{dt}{\lg t \sqrt{1 + 10,92(1 - e^{-0,023(t-28)})}} + (1,59 \lg 28)^2 \int_{28}^t \frac{dt}{(\lg t)^2} \right\}.$$

Konstruksiyadan xavfsiz foydalanish vaqti $t = 23\,580$ kun = 64,6 yilni tashkil etadi.

5.7. Temirbeton konstruksiyalarni chet el me'yorlari bo'yicha loyihalashning o'ziga xos xususiyatlari

1. Chet el me'yorlari va ko'priklarni loyihalash amaliyotining tahlili [3]. Bu tahlil shuni ko'rsatadiki, AQSh, Buyuk Britaniya, Hitoy va boshqa davlatlarning me'yorlarida to'sinli, armaturasi oldindan zo'riqtirilgan oraliq qurilmalarni loyihalash paytida materiallarning birgalikda ishlashi ularni ekspluatatsion yuklarga hisoblash paytida inobatga olinadi. Buni me'yorlar bilan belgilangan hisobiy qarshiliklarni tahlili yaqqol ko'rsatadi. Chet el me'yorlaridagi hisobiy qarshiliklarning qiymati bizning me'yorlarimizdagi hisobiy qarshiliklar qiymatidan kattaroq bo'lsada, ta'sir chiziqlarining yuklangan qismi 25 metrdan kam bo'lganda, hisobiy yuklarning darajasi bizning me'yorlarimizdagiga yaqin keladi. Misol tariqasida 5.1, 5.2 va 5.3-jadvallarda B40 sinfli betonning va chet ellardagi unga sinfi yaqin bo'lgan betonlarning me'yoriy va hisobiy qarshiliklari solishtirilgan. Shuningdek, $d = 5$ mm, yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan B-II sinfli simning bizning me'yorlardagi me'yoriy va hisobiy qarshiliklari ham ko'rsatilgan. Yuqorida ko'rsatilgan holatlar va chet ellarda ruxsat etilgan betonni oldindan siqish va armaturani cho'zish darajasining bizning me'yorlarda ruxsat etilganidan ko'proqligi g'arb davlatlarida oldindan zo'riqtirilgan armatura sarfini ancha kamligini ta'minlaydi.

2. AQSh loyihalash me'yorlari. Amerikaning avtoyo'l ko'priklarida qo'llangan tavrli va qutisimon to'sinlarda yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan po'latning sarfi bizning shunga o'xshash konstruksiyalardagi sarfiga qaraganda 1,5...2 barobar kamdir (5.1-jadval). Ularning konstruksiyalarida qatnov qismining plitasi biznikiga qaraganda ko'proq armaturalangan. AQSh me'yorlariga ko'ra mustahkamlikka hisoblash (mazmuni va yuklanish darajasi bizning hisoblar bilan bir hil bo'lganda) elastik tizimlarning materiallar qarshiligi formulalari orqali markazdan tashqari siqilishga amalga oshiriladi [3].

Jadval 5.1

Davlatlar me'yorlari	QMQ 2.03.04-84	QMQ 2.05.03-84*	Buyuk Britaniya	Xitoy ⁴⁾	AQSh ⁴⁾
Ko'rsatkichlar	Mustahkamlik belgilari				
	B40	B40	M50 ¹⁾	M49 ¹⁾	$f_c = 432^{2)}$
Markaziy siqilish, me'riy, kg/sm ²	296	266	291	333	—
Markaziy siqilish, hisobiy, kg/sm ²	224	205	200 ⁵⁾	271	259
Markaziy cho'zilish	14.3/21.4 ³⁾	13.0/21.5 ³⁾		24.7	12.7

- 1) 20x20x20 sm li kublarning o'rtacha mustahkamligi, MPda.
- 2) QMQ 2.05.03-97 bo'yicha B40 sinfli betonga to'g'ri keladigan silindrik namunalarning o'rtacha mustahkamligi, kg/sm² da.
- 3) Suratda – birinchi guruh chegaraviy holatlar bo'yicha, maxrajda – ikkinchi guruh chegaraviy holatlar bo'yicha.
- 4) Avtoyo'l ko'priklari me'yorlari bo'yicha.
- 5) Shartli kattalik – egilayotgan to'sinning butun yarim siqilgan kesimida chegaraviy holatda o'rtacha mustahkamlik (BS 5400 me'rlari).

Jadval 5.2

Davlatlar me'yorlari/ Ko'rsatkichlar	QMQ 2.03.04-84	QMQ 2.05.03-84*	Buyuk Britaniya	Xitoy ⁴⁾	AQSH ⁴⁾
Vaqtinchalik qarshilik	17000	17000	16500	16300	16500
Deformatsiyada oquvchalikning shartli chegarasi – 0,2%)	14285	14285	$f_{pu}^{3)}$ (14900)	–	$f_g^{3)}$ (15000)
Me'yoriy qarshilik	13600	12800	13400	13060	–
Hisobiy qarshilik	11300	10100	$0,8f_{pu}$	11300	$0,8f_g$
Nazoratdagi oldindan zo'riqtirish	12450	11100	–	–	$0,95f_g$

- 1) 5.2-jadvalda ko'rsatkichlar B-II, d=5 mm bo'lgan sim uchun keltirilgan.
- 2) Xitoy va AQSh ko'rsatkichlari (faqat avtoyo'l ko'priklari uchun).
- 3) $f_{pu}^{3)}$ i f_g – tegishli standartlar uchun mustahkamlikning ($u=0,95$) harakterli ko'rsatkichi.

Jadval 5.3

Rossiya konstruksiyalari			AQSh konstruksiyalari		
Kesimlar turlari	Oraliqlar, m	Armatura, kg/m ²	Kesimlar turlari	Oraliqlar, m	Armatura, kg/m ²
	15,0	12,0	Plitali, qutisimon va pastki qismi kengaytirilgan qovurg'ali	15,25(50)	4,6–5,6
	24,0	16,0		22,9(75)	7,5–8,5
	33,6	21,0		30,5(100)	10,4–11,8
				38,2(125)	14,6–16,0

Bu tavsiyalarning tahlilidan faqat bir hulosasi qilish mumkin, ya'ni ekspluatatsion yuklarning hatto favquloddagi darajasi ta'siri ostida ham amaliy jihatdan chegaraviy muvozanat modeli hech qachon ro'y bermasligi

shak-shubhasizdir. Ammo, Britaniya va Amerika me'yorlarida konstruksiya kesimlarini chegaraviy ko'tarish qobiliyatini alohida armatura uchun va beton uchun baholash tavsiya etiladi. Bu holda, aftidan, konstruksiya buzilishi oldidan armatura va beton, ularning bir xil (teng) ishlash shartlari va bu materiallarning statik xossalariga bog'liq ravishda, o'zining kritik holatiga ayni bir paytda etishmaydi deb hisoblanadi.

3. Britaniya loyihalash me'yorlari [3]. Britaniyaning BS 5400 me'yorlarida chegaraviy momentni baholashda, «so'nggi darajadagi» chegaraviy holat paytida, betonning to'g'ri to'rtburchakli siqilgan zonasi balandligini to'sin umumiy balandligining 0,5 gacha hisobga olishga ruhsat etiladi. Amerika me'yorlarida esa temirbeton konstruksiyani shunday loyihalash kerakki, konstruksiyaga chegaraviy yuk ta'sir qilganda, undagi armatura oqish holatida bo'lsin. Ayni paytda bu me'yorlarda qatnov qismining plitasini loyihalashga bo'lgan talablar (plita qalinligining minimal o'lchami 18...20 sm) bizning me'yorlardagiga nisbatan sezilarli oshirilgan, armatura va betonning hisobiy qarshiliqlari ancha kamaytirilgan, plita betoni sifatiga qattiq talablar qo'yilgan.

G'arb davlatlarining me'yorlarida konstruksiya betonida yoriqlar paydo bo'lishi hisobiy nazoratiga katta ahamiyat beriladi. Hamma davlatlarda ilm-fanning katta yutug'i sifatida «qisman (optimal) siqish» tamoyili tan olingan [3]. Hususan, Buyuk Britaniya va Xitoyda yoriq paydo bo'lishi betonning ruhsat etilgan shartli cho'zilishi orqali nazorat qilinadi (5.4-jadval). Bu hisob armaturani oldindan zo'riqtirish darajasini va, ko'p hollarda, uning miqdorini aniqlaydi, ya'ni iqtisodiy mas'uliyatni o'ziga oladi. Barcha g'arb davlatlari me'yorlarida yoriq paydo bo'lishi chegaraviy holat sifatida me'yorlanmaydi.

Jadval 5.4

Oldindan zo'riqtirish turi	Yoriqning chegaraviy kengligi, δ mm	Ruhsat etilgan cho'zilish σ_{bt} (kg/cm ²)		
		Beton sinfi		
		M 30	M 40	$\geq M 50$
Tayanchlarga tortish	0,1	—	41	48
	0,15	—	45	53
	0,25	—	55	68
Betonga tortish (kanallarga in'eksiya vositasida armatura va beton tishlashishi ta'minlanganda)	0,1	—	41	48
	0,15	35	45	53
	0,25	41	55	63
Tayanchlarga tortish, faqat cho'zilgan qirra yaqinida joylashganda (aralash armaturalash)	0,1	—	53	63
	0,15	—	58	68
	0,25	—	68	78

1. $\delta = 0,25$ mm kattalikdagi yoriqlar faqat dengiz suvi tuzlarining

tajovuzkor ta'siri bo'lmagan mo'tadil klimatik zonalar uchun ruxsat etiladi; $\delta = 0,15\text{mm}$ – tuzlarning ta'siri bo'lmagan og'ir sharoitlarda; $\delta = 0,10\text{mm}$ – ekstremal sharoitlar uchun (harorat, namlik va tuzlarning tajovuzkor ta'siri bo'lganda).

2. 5-jadval temir va avtomobil yo'llari uchun umumiy bo'lgan Britaniya me'yorlari BS 5400 R.4 dan olingan.
3. Kuchlanishlar balandligi 20 sm gacha bo'lgan kesim uchun berilgan. Undan katta bo'lgan kesimlar uchun kattaligi $m = 0,7...0,8$ gacha bo'lgan koeffitsientlar qo'llaniladi.
4. BS 5400 me'yorlariga ko'ra beton sinfi – o'lchamlari $15 \times 15 \times 15$ sm, 28 kunlik kubning o'rtacha mustaxkamligi, N/mm^2 da.

Bu yerda faqat armaturasida chirish havfi bo'lgan yoriqlar nazoratga olinadi va bunda beton va armatura orasida kuchlanishlar qayta taqsimlanadi. Bu me'yorlarda yoriqbardoshlikka hisob-kitobning iqtisodiy mas'uliyatiga katta e'tibor qaratiladi. SHartli cho'zuvchi kuchlanishlar kattaligining $40...50 \text{ kg}/\text{sm}^2$ gacha bo'lishiga yo'l qo'yilishi konstruksiyadagi tutamli armaturalar miqdorini $10...20\%$ ga qisqartirishga, ortiqcha bo'lgan siqilish va armatura tortilishini $40...50\%$ ga kamaytirishga ijozat beriladi. Bu holda ko'ndalang yoriqbardoshlilik ko'rsatkichi bo'yicha etarlicha yuqori bo'lgan daraja ($U_i = 0,9...0,98$) saqlanib qoladi va bir vaqtning o'zida oldindan zo'riqtirilgan pastki belbog'larning bo'ylama yoriqbardoshlilik ko'rsatkichi bo'yicha ishonchliligi sezilarli ortadi.

Britaniya loyihalash me'yorlarida betonning sifatiga, uning ishonchli bo'lishiga va albatta sinfi (markasi) ta'minlanishiga alohida e'tibor beriladi. Bu talablar (sement bo'yicha, S/S, betonning tayyorlash texnologiyasi bo'yicha va b.) 10 qismdan iborat bo'lgan BS 5400 [3] me'yorlarining 2 mahsus qismida bayon qilingan. Bu me'yorlarda texnologik talablarning mas'uliyati hisob-kitoblar ishonchliligiga bo'lgan barcha talablar kabi yuqoridir.

Bizning tarafimizdan keltirilgan, ko'priknining armaturasi oldindan zo'riqtirilgan egiluvchi konstruksiyalariga tegishli me'yoriy talablarning ba'zi prinsipial qoidalarini to'liqlikdan uzoq bo'lgan tahlili amaliyotimizda bo'lgan me'yorlarimizga tegishli o'zgartirishlar kiritish yo'li bilan ko'prikinshootlarini ishonchlilik darajasini baholashda, bizning va g'arb davlatlari me'yorlarida qabul qilingan pozitsiyalarni yaqinlashtirish zarurligini bildiradi. Bunday yondoshish g'arb davlatlari avtoyuklarini mamlakatimiz yo'llaridan va bizning yuklarimizni g'arb davlatlari avtoyo'llaridan havfsiz o'tishini ta'minlaydi.

3. Loyihalash me'yorlarini takomillashtirishdagi mauammolar bo'yicha asosiy takliflar. Bu yerda keltirilgan takliflar ularni batafsil muho-

kama qilishni taqozo qiladi. Ularning etarli darajada ehtimollik-statistik nuqtai nazaridan asoslanib amalga oshirilishi temirbeton ko'prik konstruksiyalarini ishonchliligini, ularning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini oshirishga va boshqa materiallardan (po'lat va po'lattemirbeton) tayyorlangan konstruksiyalar bilan bo'lgan raqobatbardoshligini ta'minlashga imkoniyat yaratadi. Muhim strategik va texnik-iqtisodiy ahamiyatga ega bo'lgan muammolar bo'yicha asosiy takliflarni ko'rsatib o'tamiz.

1. Armatura va betonning me'yorlangan hisobiy qarshiliklariga o'zgartirishlar kiritish va ularning me'yorlangan ishonchlilik darajalarini bashorat qilingan chegaraviy holatlarga qarshi bog'lash.
2. Eksploatatsiya bosqichida temirbeton konstruksiyalarni uch darajadagi – doimiy, doimiy + ko'p marotaba qaytariladigan (ishchi) va favquloddagi yuklar ta'siri bo'yicha hisobiy nazoratga o'tish.
3. Qatnov qismi plitasini loyihalash strategiyasi (hisobi va konstruksiyalashi) ni tubdan qayta ko'rib chiqish, plitaning materiali, konstruksiyasi va uni tayerlash texnologiyasiga bo'lgan talabchanlikni oshirish va qatnov qismi plitasi ishonchliligini va ko'pga chidamliligini, to'sinli ko'prik konstruksiyasi boshqa element (to'sin qovurg'asi, belbog'i, asosiy ishchi armatura) larining shunday ko'rsatkichlariga yaqinroq bo'lishini ta'minlash. Bayon etib o'tilgan takliflar mamlakatimiz iqtisodiyotining «Halqaro ko'prik ho'jaligi» ga katta qiyinchiliklarsiz kirishiga imkoniyat yaratadi. Binobarin, «Halqaro ko'prik ho'jaligi» ning yaqin kelajakdagi standartlari ro'yhatiga hozirgi paytda ishlab chiqilayotgan "Evrokod" da [2, 3] kiritilgan.

Bu yerda temirbeton ko'prik konstruksiyalarining ishonchliligi ularni loyihalash me'yorlari va eksploatatsiyasi bilan bog'liq bo'lgan faqat bir aspekti (nuqtai nazar) jihatidan ko'rib chiqildi. Bu masalani atroflicha ko'rib chiqish uchun konstruksiyalar ishonchliligi va ko'pga chidamliligining boshqa muhim muammolari tahlili, birinchi navbatda, konstruksiyalarni eksploatatsiya paytidagi fizik holatini, materiallarining vaqt o'tishi bilan eskirish (eyilish) bashoratini hisobga olgan holda, uning xizmat muddati (resursi) ni hisobiy baholash tahlillari kerak bo'ladi.

BOB VI. KONSTRUKSIYALAR, BINO VA INSHOOTLAR ISHONCHLILIGI VA UZOQ MUDDAT XIZMAT QILISHI

6.1. Asosiy tushunchalar

Ishonchlilik – ob’ekt (buyum, konstruksiya, bino yoki inshoot) ning foydalanishning berilgan rejim va sharoitlariga mos ravishda muayyan chegaralarda ishlab turishi uchun o’rnatilgan parametrlar qiymatini saqlab turish xossasi. Bu – kompleks xususiyat bo’lib, u o’z ichiga ta’mirga yaroqlilik, ishdan chiqmaslik va uzoq muddat ishlashni olishi mumkin.

Ishonchlilik me’yori bo’lib berilgan xizmat muddati davomida ishdan chiqmay ishlash hisoblanadi.

Ta’mirga yaroqlilik – konstruksiya (tizim) ning ta’mirlash yordamida turli ishdan chiqishlar va chetlashishlarni aniqlash, ularning oldini olish va bartaraf etish imkoniyati.

Ishdan chiqmaslik – ob’ektning ma’lum vaqt davomida ish qobiliyatini uzluksiz saqlab turish xossasi.

Uzoq muddat ishlash (xizmat qilish) – ob’ektning chegaraviy holat kelib chiqquniga qadar ta’mirlash uchun zarur tanaffuslar bilan ish qobiliyatini saqlash xossasi. Bino va inshootlar uchun – ularning talab darajasi-dagi ekspluatatsiya xususiyatlarini saqlab turadigan chegaraviy xizmat muddati.

Uzoq muddat xizmat qilish ma’naviy va jismoniy (fizik) turlari bilan farqlanadi. Ma’naviy uzoq muddat xizmat qilish bino yoki inshootning o’zgarayotgan ekspluatatsiya shartlari yoki texnologiya jarayonlarining rejimiga javob bera olmay qolgan vaqtga qadar xizmat qilish muddati bilan belgilanadi. Jismoniy uzoq muddat xizmat qilish asosiy yuk tushadigan konstruksiyalar va elementlarning yuklar va fizik-kimyoviy omillar ta’sirida eskirishi (emirilishi) davomiyligi bilan belgilanadi.

Ishdan chiqish – bu ish qobiliyatini yo’qotish bo’lib, u to’satdan yoki doimiy kelib chiqishi mumkin; bu ob’ektning o’z funksiyalarini belgilangan muddat davomida bajara olmaydigan holatining ro’yobga chiqishi [39]; tizimning ish holatidan ish qobiliyatini yo’qotgan holga sakrash yo’li bilan o’tishiga to’satdan ishdan chiqish deb nomlanadi. Ishdan chiqishlarni yuzaga kelish sabablari, oqibatlari, foydalanish muddati, paydo bo’lish tezligiga ko’ra tasniflash mumkin.

Jismoniy eskirish (eyilish) – texnik holatning yomonlashuvi, ekspluatatsiya (foydalanish), mustahkamlik va boshqa sifatlarini yo’qotish.

Chegaraviy holat – bu holatdan o’tgan inshoot qo’yilgan talablarga nomuvofiq bo’lib qoladi [50]. Chegaraviy holatlarning ikki guruhini

farqlaydilar.

Birinchisiga ulardan chetlashilganida foydalanishga yaroqlilikni to'liq yo'qotish yuzaga keladigan holatlar kiradi – bu umumiy turg'unlikning yo'qotilishi; holat barqarorligini yo'qotish; har qanday tusga ega yemirinishlar; o'zgaruvchan tizimga o'tish; konfiguratsiyaning sifat jihatidan o'zgarishi; quyida sanab o'tilgan sabablar tufayli foydalanish to'xtatiladigan holatlar: siljuvchanlik va plastiklikning ortiq darajada deformatsiyanishi, ulamalardagi siljishlar va darzlarning haddan tashqari ochilib ketishi, odamlar hayoti va sog'lig'iga xavf paydo bo'lishi, moddiy zarar ko'rish ehtimoli.

Ikkinchi guruhdan o'rin olgan chegaraviy holatlardan chekkaga chiqqanda quyidagilar oqibatida normal foydalanish murakkablashadi: yo'l qo'yib bo'lmaydigan siljishlar va tebranish darajalari; holatning yo'l qo'yib bo'lmaydigan o'zgarishlari va yoriqlar ochilib ketishlari. Ushbu holatdan chetlashganda, odamlar hayoti va sog'lig'i uchun xavf tug'ilmaydi, zarar cheklangan darajada bo'ladi.

Inshoot ko'plab chegaraviy holatlar bo'yicha ishdan chiqishi, mumkin. Miqdor jihatidan chegaraviy holatlar deformatsiyalar, zo'riqishlar, siljishlar va siljishlardagi farqlar, burilishlar, yoriqlarning ochilishi, tebranishlar amplitudasi va boshqa parametrlar uchun chegaralar tartibida beriladi.

Nazariya asoslari [50] da keltirilgan. Konstruksiyalar ikki holatda bo'lishi mumkin deb faraz qilinadi: V_f – ishdan chiqish va V_s – ishdan chiqmay ishlash. Ishdan chiqish ehtimoli $P_f = P(V_f)$ ko'rib chiqilayotgan T vaqt davomida chegaraviy holatdan chekkaga chiqish yuz berish ehtimolidir. Ishdan chiqmay ishlash ehtimoli $P_s = P(V_s)$ T vaqt davomida chegaraviy holatdan chekkaga chiqish yuz bermasligi ehtimolidir. Bunda $P_f + P_s = 1$ tenglik yuzaga keladi. Vaqt davri ortishi bilan ishdan chiqish ehtimoli ham ortib boradi, ya'ni P_f vaqtning monoton tarzda o'sib borayotgan funksiyasi bo'lib keladi. To'ldiruvchi (qo'shimcha) esa ishonchlilik funksiyasi vazifasini bajaradi:

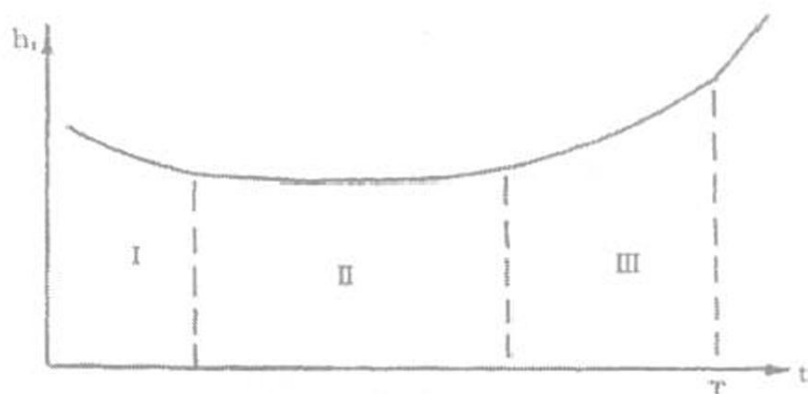
$$L(t) = 1 - P_f(t) = P_s(t). \quad (6.1)$$

U inshoot t vaqt davomida mavjud bo'lishi ehtimolidan iborat bo'ladi. $L(t)$ monoton ravishda kamayib borayotgan vaqt funksiyasi bo'lib keladi. Ishonchlilik bo'yicha talablar asosi bo'lib avvalgi qurilish tajribasi hisoblanadi [50].

Ishdan chiqishlar zichligi $h_i(t)$ (T^{-1} o'lchamlilik) ishonchlilikning makondagi (vaqtga bog'liq) tavsifi hisoblanadi. U t momentga qadar ishdan chiqmay ishlayotgan inshoot keyingi vaqt $(t, t+\Delta t)$ intervalida ishdan chiqishining ehtimoli sifatida aniqlanadi [50]. Ishdan chiqishlar zichligi,

odatda, 6.1-rasmda taqdim etilgan ko'rinishga ega bo'ladi.

Mavjudlik (foydalanish) muddatining boshida (1-faza) ko'pincha ish va materiallarning sifati pastligi tufayli kelib chiqqan ishdan chiqishlar ro'y beradi. Ikkinchi fazada ishdan chiqishlar zichligi nisbatan doimiy bo'lib, ortiqcha yuk tushishi sababli kelib chiqadi. Inshootlardan foydalanishning uchinchi fazasida ishdan chiqishlar zichligi toliqish, eskirish yoki korroziya (zanglash) jarayonlari tufayli qarshilik ko'rsatish tushib ketishi hisobiga yana ortadi.



6.1-rasm. Ishdan chiqishlar zichligini ko'rsatadigan xarakterli (o'ziga xos) grafik

Ishonchlilik nazariyasida chegaraviy holatlar X bazis o'zgaruvchan miqdorlari bilan ifodalanishi mumkin [50]. Ular birligi (yig'indisi) tasodifiy vektor orqali taqdim etiladi.

$$X = (X_1 \dots X_n). \quad (6.2)$$

$g(x_1, x_2, \dots, x_n) < 0$ bo'lganida chegaraviy holatga ko'ra ishdan chiqish yuz bersa, $g(x) = g(x_1, x_2, \dots, x_n) > 0$ ishdan chiqmay ishlashga muvofiq keladi.

Chegaraviy holat tenglamasi quyidagi ko'rinishda yozib olinadi:

$$g(x) = g(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0. \quad (6.3)$$

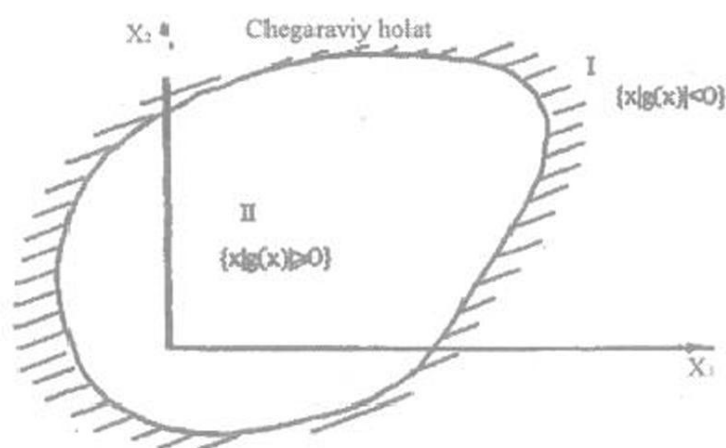
(6.3) tenglamasi bazis o'zgaruvchan miqdorlari fazosida butun fazoni ikkiga: ishdan chiqish va xavfsiz sohaga ajratib turgan giper yuzadan iborat bo'ladi. Chegaraviy holatning o'zini ko'pincha xavfsiz sohaga oid deb hisoblaydilar. Bu holda geometriya nuqtai nazaridan chegaraviy holat xavfsiz sohaning tashqi yuzasini tashkil qiladi (6.2-rasm).

$r = g_R(x_{R1}, x_{R2}, \dots)$ orqali yuk ko'tarish qobiliyatini, $s = g_{S1}(x_{S2}, x_{S3}, \dots)$ orqali esa tashqi ta'sirning bazis o'zgaruvchilarini belgilab, chegaraviy muvozanat tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozib olish mumkin:

$$g(x) = r - s = 0. \quad (6.4)$$

Statistika tizimlarida ishdan chiqish bir necha holatlarga ko'ra yuz

berishi mumkin. Bir necha elementlardan tashkil topgan konstruksiyalar ko'plab ishdan chiqish mexanizmlariga ega bo'la oladi. Bu holda biz chegaraviy holatga oid n tenglamadan tuzilgan tizimga ega bo'lamiz.



6.2-rasm. Chegaraviy holatni bazis o'zgaruvchan miqdorlar fazosida aniqlash uchun:
I – ishdan chiqish sohasi; II – ishdan chiqmay ishlash sohasi

$$\begin{aligned} g_1(x_1, x_2, \dots, x_m) &= 0; \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_m) &= 0; \\ &\dots \\ g_n(x_1, x_2, \dots, x_m) &= 0. \end{aligned} \quad (6.5)$$

Elementlari ketma-ket va parallel ulangan tizimlarga ajraladi. Birinchidan, chegaraviy holatlardan biron p tasi oshirib yuborilgan bo'lsa, tizim ishdan chiqadi, ya'ni $g_1(x) < 0$ yoki $g_2(x) < 0 \dots$, yoki $g_n(x) < 0$. Ikkinchidan, chegaraviy holatlarning barcha p laridan oshirib yuborilsa, ya'ni $g_1(x) < 0$, $g_2(x) < 0 \dots$ va $g_n(x) < 0$ bo'lsa, u ishdan chiqadi.

Parallel va oldinma-ketin tizimlar kombinatsiyasi aralash tizimni beradi. Ishdan chiqishlar paydo bo'lish chastotasigina emas, balki ular oqibatlarining jamiyat uchun og'irlik darajasi ham muhim hisoblanadi. Shu sababli ko'rib chiqishga ishdan chiqish ehtimoli P_f ning va ishdan chiqishning kutilayotgan oqibatlari V_f ga ko'paytmasi sifatida r_f tavakkalchilik tushunchasi kiritiladi, ya'ni

$$r_f = P_f V_f. \quad (6.6)$$

Ishdan chiqish oqibatlari uch guruhga bo'lib o'rganiladi [50]: odamlar hayoti va sog'lig'i uchun, iqtisodiy oqibatlar, atrof-muhit va madaniy qadriyatlar uchun. Ishdan chiqish yuz berishi oqibatlarning faqat bir guruhini keskin keltirib chiqaradi.

6.2. Mustahkamlik tamoyillari va mezonlari

Zaxira koeffitsienti. Loyihalashtirishda γ zaxira koeffitsienti xavfsizlik o'lchami hisoblanib, u qarshilikning yukka nisbati sifatida aniqlanadi. Chegaraviy holat tenglamasi bu holda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$g(x^{(n)}, \gamma) = r^{(n)} - \gamma S^{(n)} = 0 \quad (6.7)$$

yoki

$$\gamma = r^{(n)} / S^{(n)}, \quad r^{(n)} = g_R(x_{R1}^{(n)}, x_{R2}^{(n)}, \dots), \quad (6.8)$$

bu yerda $S^{(n)} = g_S(x_{S1}^{(n)}, x_{S2}^{(n)})$, $x_{R1}^{(n)}$ – yuk ko'tarish qobiliyatini belgilaydigan bazis o'zgaruvchan miqdorlarning me'yoriy qiymatlari; $x_{S1}^{(n)}$ – tashqi ta'sirni belgilaydigan me'yoriy qiymatlar.

x_i, x_{Ri}, x_{Sj} bazis o'zgaruvchan qiymatlarning hisobiy qiymatlari quyidagicha belgilanadi:

$$x_i^{(r)}, x_{Ri}^{(r)}, x, x_{Ri}^{(r)}, x_i^{(r)}, x_{Si}^{(r)}. \quad (6.9)$$

Xususiylashgan ishonchlik koeffitsientlarining besh tipini farqlaydilar:

- vazifasi bo'yicha γ_n – iqtisodiy va ijtimoiy ahamiyati, ishdan chiqishlar oqibatlarining ko'lamlari va turli inshootlar xizmat muddatlarini hisobga oladi;
- yuk bo'yicha γ_f – yuklarning o'zgaruvchanligini va normal foydalanish sharoitlaridan ehtimoliy chetlashishlarni hisobga oladi;
- material bo'yicha γ_m – qurilish materiallari va gruntlar xossalari muqarrar o'zgaruvchanligi va turli ko'rsatkichlarga egaligini hisobga oladi;
- yuklarning uyg'unlashuv koeffitsienti γ_{cl} – turli yuklarning eng katta qiymatlari bir vaqtda paydo bo'lishining kichik ehtimolini hisobga oladi; faqat yuklarning uyg'unlashuv qoidasi bilan birga ko'rib chiqiladi;
- ish sharoitlari koeffitsienti γ_d – hisobiy modelning soddalashtirilishi va ideallashtirilishi hisobiga yuzaga keladigan noaniqliklarini hisobga oladi.

YUklarga nisbatan koeffitsientlar ko'paytiruvchilar ko'rinishida, materialga nisbatan esa bo'luvchi ko'rinishida kiritiladi. Ba'zi me'yorlarda material uchun ish sharoitlari koeffitsienti chegaraviy holat tenglamasida ko'paytiruvchi vazifasini bajarib keladi.

Ishonchlik koeffitsienti maqsadiga ko'ra barcha yuklar ko'paytiriladigan umumiy zaxira koeffitsienti shakliga ega. O'rtacha toifa inshootlar uchun $\gamma_n = 1$, katta ahamiyatga egalari uchun $\gamma_n > 1$, boshqalari uchun $\gamma_n < 1$. QKMITI (ЦНИИСК, Moskva) da γ_n ni ikki koeffitsient ko'paytmasi ko'rinishida taqdim etish taklif qilingan.

$$\gamma_n = \gamma_{n1} \cdot \gamma_{n2}, \quad (6.10)$$

bu yerda γ_{n1} – odamlar hayoti va sog‘lig‘i uchun ehtimoliy zararni hisobga oladigan koeffitsient; γ_{n2} – ehtimoliy moddiy zararni hisobga oladigan koeffitsient; $\gamma_{n1} = 0,9; 1,0$ va $1,1$; $\gamma_{n2} = 0,9; 0,95$ va 1 .

$\gamma_{n1} = 1,1$ koeffitsienti muntazam yoki vaqti-vaqti bilan ko‘p miqdorda odamlar bo‘lib turadigan inshoot (teatr, klub, vokzal, bolalar bog‘chasi, AES, ko‘prik va h.k.) lar uchun qabul qilinadi; $\gamma_{n1} = 1$ – muntazam yoki vaqti-vaqti bilan o‘rtacha miqdorda odamlar bo‘lib turadigan inshootlar (turur joy uylari, birinchi guruh tarkibiga kirmagan jamoatchilik va sanoat binolari) uchun qabul qilinadi; $\gamma_{n1} = 0,9$ – odamlar kamdan-kam hollarda bo‘ladigan inshoot (issiqxona, ombor, EO‘L (ЛЭП), machta, antenna va h.k.) lar uchun.

$\gamma_{n2} = 1$ koeffitsienti butun xalq xo‘jaligi uchun asosiy ahamiyatga ega bo‘lgan inshootlar (fabrika va zavodlarning bosh sexlari, elektrostansiyalarning asosiy binolari, domnalar, elevatorlar va h.k.) uchun qabul qilinadi; $\gamma_{n2} = 0,95$ – xalq xo‘jaligining ba‘zi tarmoqlari uchun asosiy ahamiyatga ega bo‘lgan inshootlar (ko‘makchi sanoat binolari, omborlar, tutun chiqaradigan trubalar, vokzallar, ko‘priklar va h.k.) uchun, $\gamma_{n2} = 0,9$ – xalq xo‘jaligi uchun hal qiluvchi o‘rin tutmaydigan inshootlar (issiqxonalar, telefon liniyalari, omborlar va sh.k.) uchun.

Yuk bo‘yicha ishonchlilik koeffitsienti ko‘rib chiqilayotgan chegaraviy holatga bog‘liq bo‘ladi va, agar u yukni ko‘paytirs, birdan katta va, agar u yukni kamaytirs, birdan kichik deb qabul qilinadi.

Yuklarning uyg‘unlashuvlari (birikuvlari). Birikuv qoidasi shunday ko‘rsatmadan iboratki, unga muvofiq ko‘pgina qisqa muddatli yuklarning hisobiy qiymatlariga ko‘ra kombinatsiyalarning hisobiy qiymatini topib olish mumkin. U loyihalashtirilgan konstruksiya yuklarning barcha ehtimoliy birikmalari uchun taxminan teng ishonchlilikka ega bo‘lishi kerak degan shartga muvofiq bo‘lishi lozim.

[50] da yuklar birikuvida ishtirok etayotgan barcha m lar uchun yagona ψ_k koeffitsientini belgilab qo‘yish taklif etiladi. Chunki konstruksiya har bir alohida yukka ham tekshirib ko‘rilishi shart bo‘lgach, birikuvlar qoidasi quyidagi ko‘rinishda taqdim etiladi:

$$g_s \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{g_s(X_{s1}^{(r)})}{g_s(X_{s2}^{(r)})} \\ \frac{g_s(X_{sm}^{(r)})}{g_s(\Psi_m X_{s1}^{(r)}, \Psi_m X_{s2}^{(r)}, \dots, \Psi_m X_{sm}^{(r)})} \end{array} \right. \quad (6.11)$$

Konstruksiya elastik ishining ayrim holi uchun (yuklar va kuchlanishlar o'rtasida chiziqli bog'liqlik bo'lganida) bu qoida quyidagi ko'rinishda yozib olinishi mumkin:

$$g_s = \max \begin{cases} C_1 X_1^{(r)} \\ C_2 X_{s2}^{(r)} \\ \dots \\ C_m X_{sm}^{(r)} \\ \Psi_m \cdot n \sum_{i=1}^m c_i \cdot x_{ci}^{(r)} \end{cases} \quad (6.12)$$

Vaqtga bog'liq ravishda m o'zgaradigan yuklarda m birikuvlar yuzaga keladi. Barcha kombinatsiyalar ichidan eng katta qiymat belgilovchi (asosiy) hisoblanadi.

Teng mustahkamlik tamoyili (prinsipi). Konstruksiya quyidagi talablarni qondirsa, u teng mustahkam deb hisoblanadi [50]:

- kelib chiqishi metallurgiya yoki texnologiya bilan bog'liq xavfli yoriqsimon nuqsonlarga ega bo'lmasa;
- talab etilgan vaqt oralig'ida unda xavfli ekspluatatsiya darzlari rivojlanishiga yo'l qo'ymaydigan sharoitlarda ishlayotgan bo'lsa;
- lokal (mahalliy) emirilish konstruksiyaning butkul emirilishi yoki ish qobiliyatini yo'qotishiga olib keladi.

Dastlabki ikki taxmin konstruksiyani nuqsonsiz deb hisoblash va lokal (mahalliy) emirilish sharoitini aniqlash uchun kuchlanishlar σ_{ij} , deformatsiyalar ε_{ij} , harorat T , vaqt t larning kritik qiymatlari orasidagi funksional bog'liqlik qabul qilinadigan fenomenologik nazariyalardan foydalanish imkonini beradi, ya'ni

$$f(\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}, T, t) = 0, (i, j = 1, 2, 3). \quad (6.13)$$

$f < 0$ bo'lganida lokal (mahalliy) sinish yuz bermaydi, $f = 0$ – holatda sinish yuz beradi, $f > 0$ – holat esa bo'lishi mumkin emas.

Galiley, Ponsele, Kulon, Mor, Tresk, Guber, Mizes, Genki nazariyalari kabilar mustahkamlikning asosiy nazariyalari hisoblanadi.

Tajriba yordamida olingan ma'lumotlarga ko'ra bir o'qli cho'zishda metallar va polimerlar uchun doimiy yuk bo'lib quyidagilar xizmat qiladi

$$Q_1 = \frac{U}{\gamma} - \frac{RT}{\gamma} \ln \frac{t}{\tau_0} (t > \tau_0) \quad (6.14)$$

bu yerda σ_1 – vaqtinchalik qarshilik; U – faollashtirish energiyasi; γ –

tuzilma doimiysi; R – gaz doimiysi; τ_0 – elastik to‘lqinning atomlararo masofaga harakatlanish vaqti ($\tau_0 \approx 10_{-12}$ s); T – mutlaq harorat; t – yukning ta’sir ko‘rsatish davomiyligi.

Mustahkamlik nazariyalarining jiddiy kamchiligi shundaki, murakkab zo‘riqish yuz bergan holatda lokal (mahalliy) sinish ko‘pincha butun konstruksiyaning sinishiga olib kelmaydi.

Teng mustahkamlik sharti konstruksiyaning minimal massaga ega bo‘lish sharti hisoblanadi.

Eng katta normal zo‘riqishlar mezoni (G. Galiley farazi). Sinuvchan materialning plastik deformatsiyalanishi yoki sinishi mutlaq qiymatiga ko‘ra asosiy zo‘riqish muayyan chegaraviy qiymatga etganida yuz beradi. Tegishli mustahkamlik sharti quyidagi ko‘rinishga ega:

$$|\sigma_j| \leq \sigma_0 (j = 1, 2, 3), \quad (6.15)$$

bu yerda σ_0 – zo‘riqishning chegaraviy qiymati.

Chegaraviy yuza – tomonlari σ_0 ga teng kub. Bu nazariya siquvchi kuchlanishlar ta’sirida kam qo‘llanadi.

Eng katta chiziqli deformatsiyalar mezoni. Material sinishi mutlaq qiymatiga ko‘ra uzayishning eng katta chiziqli deformatsiyasi chegaraviy qiymatga etganida boshlanadi. Mazkur mustahkamlik shartlari ana shu mezonga mos keladi:

$$\begin{cases} \sigma_1 - (\sigma_2 + \sigma_3) = \sigma_0 \\ \sigma_2 - (\sigma_3 + \sigma_1) = \sigma_0 \\ \sigma_3 - (\sigma_1 + \sigma_2) = \sigma_0 \end{cases}. \quad (6.16)$$

Ushbu nazariyaning qo‘llash sohasi sinuvchan materiallar bilan cheklanadi. Sinish plastik bo‘lganida, birinchi va ikkinchi mustahkamlik nazariyalarini qo‘llab bo‘lmaydi.

Eng katta urinma kuchlanishlar mezoni (Tresk nazariyasi). Plastik deformatsiyalar eng katta urinma kuchlanish chegaraviy qiymatga etgan paytda yuz beradilar. Mustahkamlik sharti quyidagi ko‘rinishda qabul qilinadi:

$$\begin{cases} \sigma_1 - \sigma_2 = \pm \sigma_0 \\ \sigma_2 - \sigma_3 = \pm \sigma_0 \\ \sigma_3 - \sigma_1 = \pm \sigma_0 \end{cases}. \quad (6.17)$$

Chegaraviy yuza o‘qi fazodagi diagonal bo‘ylab yo‘nalgan olti qirrali to‘g‘ri prizmatik yuzadan iborat bo‘ladi. Eng katta urinma kuchlanishlar

bo'yicha mezonni plastik materiallar hamda materialning plastik deformatsiyalanish holatiga o'tish momentini aniqlash uchun qo'llash mumkin.

Mustahkamlikning energetik mezoni. Deformatsiyaning to'liq solishtirma energiyasi muayyan chegaraviy qiymatga etgan paytda material plastik deformatsiyalanish holatiga o'tadi. Mustahkamlik sharti quyidagi ko'rinishga ega bo'lib, chegaraviy yuza tenglamasi hisoblanadi:

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\nu(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1) \leq \sigma_0^2. \quad (6.18)$$

Ushbu mezon plastik materiallar uchun to'g'ri keladi.

Guber-Mizes-Genki mustahkamlik mezoni. Plastik holat (sinish) shakl o'zgartirishning solishtirma energiyasi eng yuqori (chegaraviy) qiymatga etganida sodir bo'ladi.

Quyidagi mustahkamlik sharti ana shu mezonga mos keladi.

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \leq \sigma_0^2. \quad (6.19)$$

Chegaraviy yuza tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_3\sigma_1 - \sigma_0^2 = 0. \quad (6.20)$$

Ishonchlilik va uzoq muddat xizmat qilishga ta'sir qiladigan omillar. Yapon mutaxassislari temirbeton konstruksiyalar uzoq muddat xizmat qilishi hisobining quyidagi formulasini taklif etdilar (Бетон и железобетон, 1992, № 6):

$$u = y_1 ABCDEFGH, \quad (6.21)$$

bu yerda $y_1=60$ yil – xizmat qilishning standart muddati; A–beton turi koeffitsienti: A=I–oddiy beton uchun; A=0,85–yengil beton uchun; B – sement turi: B – 1 – PS (portlandcement) (III) uchun; B = 0,85 – ShPS (shlakoportlandcement) (IIII) va I toifa kulli sement uchun (5...30% shlak yoki 5...10% kul); B = 0,8 – II toifa sement uchun (30...60% shlak yoki 10...20% kul); C – W/C o'zgarishi: C = 1 bo'lganida – W/C = 0,65; C = 1,5 bo'lganida – W/C = 0,55; D – armatura tagidagi himoya qatlam qalinligi: D = 40 mm bo'lganida 1; D = 50 mm bo'lganida – 1,56; D = 30 mm bo'lganida – 0,56; D = 20 mm bo'lganida – 0,25; E – beton yuzasiga ishlov berish turi: E – 0,65 ishlovsiz; E – 1,5...15 mm qalinlikdagi qorishma bilan ishlov berilganda; E = 3 plitka va tosh (g'isht) bilan ishlov berilganda; F – qurilish usullari: F = 1 oddiy; F=1,5 sifatli; G – foydalanish (ekspluatatsiya) sharoitlari: G = 0,5 ta'mirsiz; G = 1 nuqsonlar va mahalliy sinishlarni ta'mirlashda; H – iqlim zonasi: H = 1 oddiy; H = 0,9 sovuq; H = 0,8 dengiz bo'yi, qirg'oq.

Temirbeton ilmiy-tadqiqot instituti beton konstruksiyalar xizmat qilish

davri hisob-kitobi uchun boshqa formulani taklif etdi

$$D = D_1 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7,$$

bu yerda $D = 60$ yil – uzoq muddat xizmat qilish etaloni; K_i – turli omillarga bog‘liq koeffitsientlar (6.1-jadv.).

[Бетон и железобетон, 1995, № 2] da mustahkamlikning pasayishi, tashqi ko‘rinish buzilishi, foydalanish xossalarining yomonlashuvi va shu kabilarga olib keladigan konstruksiya funksionalligi yo‘qotilishining uch asosiy sababi ko‘rsatib o‘tilgan:

- texnik, materialning eskirishi tufayli kelib chiqqan;
- tashqi (ko‘zda tutilgan va tutilmagan), tashqi muhit ifloslanishi, avariylar, zilzilalar va shu kabi sabablar oqibatida yuzaga kelgan;
- inson omili (xato va ta’siri) – loyihalash, loyihani ro‘yobga chiqarish, ekspluatatsiya qilish (foydalanish)ni amalga oshirish va shu kabilarda.

Jadval 6.1

Omil	K
Har xil tavsifli sementlarni qo‘llash, K_1	1,8...0,5
Xom-ashyoning sifati va birjinsliligi K_2	1,2...0,7
Beton qorishmani tayyorlash K_3	1,2...0,7
Beton qorishmani transportirovka qilish, K_4	1,1...0,8
Betonni qotishi, K_5	1,2...0,6
Konstruksiyalarni parvarish qilish, K_6	1,1...0,9
Konstruksilar tavsiflari va xossalarining birjinsliligi, K_7	1,2...0,9

Tajriba va tadqiqotlar ana shu guruhlar bir tartibga oid qiymatlar ekanligini ko‘rsatdi. De Sitterning “beshlik” qonuni loyihalashtirish bosqichida uzoq muddat xizmat qilishga sarflangan bir dollar preventiv (ogohlantiruvchi, oldini oluvchi) foydalanish uchun sarflangan besh dollarga, hamda korrektiv foydalanish, ya’ni ta’mirlash-tuzatish ishlariga sarflangan yigirma besh dollarga teng deb uqtiradi.

Inshootlardan foydalanishga zamonaviy yondashuv ilmiy bazaga asoslangan. Ekspluatatsiyaning uch xil strategiyasini farqlaydilar (xorijiy manbalar): korrektiv, xizmat va nomaqbullik darajasiga etish muddatlari bo‘yicha. Birinchi holda ekspluatatsion harakatlar konstruksiyadagi ishdan chiqish ro‘y berganidan; ikkinchisida – muayyan foydalanish muddati o‘tganidan so‘ng va uchinchisida – konstruksiya chegaraviy holatga etganidan so‘ng amalga oshiriladi. Ekspluatatsiyadan maqsad – xizmat qilish muddati narhining minimal qiymati hisoblanadi. Element o‘z funksiyasini qancha uzoq muddat bajarsa, undan foydalanish vaqt birligi qiymati shuncha arzonga tushadi, ammo bu holda konstruksiyaning ishdan

chiqish xavfi ortib boradi.

1994 yilning dekabrda bino va inshootlar chidamliligi va uzoq muddat xizmat qilishi masalalariga bag'ishlangan anjumanda konstruksiyalar hisob-kitoblarida ish sharoitlari koeffitsientlaridan inshootning tuzilmaviy, ko'lam (masshtab) li, texnologiya va foydalanish omillariga bog'liq ravishdagi degradatsiyasini (tanazzulini) aks ettiradigan funksiyalarga o'tish zarurati e'tirof etildi.

6.3. Ishonchlilik va uzoq muddat xizmat qilishga ta'sir qiladigan omillar

Konstruksiyalarning birgalikdagi ishi. Qurilish konstruksiyalari (plita, rigel, kolonna va fundamentlar) hisob-kitobida odatda ularning birgalikdagi ishi hisobga olinmaydi. Masalan, plita va rigellarni erkin tayangan elementlar, temirbeton kolonnalar esa – fundamentga qo'zg'almas qilib mahkam o'rnatilgan deb qaraladi. Amalda ba'zi konstruktiv elementlar boshqalariga payvand yoki yaxlitlash bilan biriktiriladigan kiritma (zakladnaya) detallar yordamida mahkamlanadi. Konstruksiyalar orasidagi choklar beton yoki qorishma bilan yaxlitlanadi. Birikish joyining bikrligi qurilish va foydalanish jarayonida o'zgarib boradi. Konstruksiya bikrligi ham o'zgaruvchan qiymat bo'lib, u statik va dinamik zo'riqishlar darajasi, zo'riqishlarning vaqt davomida o'zgarish tezligi va qonuni, namlik kabi omillarga bog'liq bo'lib, buning natijasida konstruksiyalar, shu jumladan fundamentlarda ham kuch va zo'riqishlar qayta taqsimlanishi yuz beradi.

Hisob-kitob va tajribalar ana shuning oqibatida alohida konstruksiyalar yoki alohida kesimlarga tushadigan kuchlar elementning o'zi alohida ishlaganiga nisbatan ancha katta bo'lishi mumkinligini, bunda armaturalashning o'zi yetarli bo'lmay qolishini ko'rsatdi.

Baland binolarning fazoviy ishi uch tekislikdagi bukilish bilan kuzatiladi: qayirilib buralish; ko'ndalang kesimdan konturning buzilishi; cho'zilish (siqilish). Ko'p qavatli karkasli binolar plastina (panel) lardan tuzilgan sterjenli tizim (rama) lar kombinatsiyalaridan iborat. Vertikal (gorizontal) choklarda gorizontal (vertikal) bog'liqliklar va siljish bog'liqliklari yuzaga keladi. Hisob-kitob uchun bukilish va siljish bikrligi, cho'ziladigan va siqiladigan bog'liqliklarning yumshoqligi (bikrlikka teskari qiymat, bog'liqlikning birlik kuch ta'sirida uzayishi bilan o'lchanadi); pogonli bikrlik va yumshoqlik; aylanib ketish bikrligi (ko'ndalang kesimni uchastkaning birga teng qismida birga teng burchakka buraydigan aylantiruvchi momentga teng bo'lgan) aniqlanadi.

Zamin – fundament – bino tizimining tebranishlari mashina va

mexanizmlar harakati, to'qmoq, kopyor (qurilishlarda qoziq qoqadigan qurilma) lar ta'siri, shamol shiddati, zilzila, portlash, er ko'chishi, to'lqin va shu kabilar natijasida yuz beradi. Tebranishlarning jadallashuvi tizimning buzilishi va ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Konstruksiyar va asoslar hisob-kitobidan asosiy maqsad elementlarning siljish yoki deformatsiyalarini, ana shu siljish va deformatsiyalar o'zgarish tezligi va tezlashishlari, tebranish rejimlarining barqarorligi, xavfli kesimlardagi kuchlanishlar, eng katta yuk tushgan elementlarning ishdan chiqmay ishlash muddatlari, bino va inshootlardan foydalanish sharoitlariga ko'ra tebranish jarayonlari parametrlarining yo'l qo'yilish-qo'yilmasligini aniqlash hisoblanadi.

Muhandislik-geologiya sharoitlarining murakkablashuvi. Inson faoliyati oqibatida sun'iy geologik jismlar (terrikonlar, to'kma-karerlar, chiqindi jamlagichlar va h.k.) yaratilib, qator tabiiy geologik jismlar o'zgarib ketadi. Geologik muhitdan oqilona (ratsional) foydalanish va uni asrash iqtisodiyotni beto'xtov yuksaltirish omillaridan biri bo'lib hisoblanadi. Geologik muhit etika hamda estetika jihatidan ulkan ahamiyatga ega. Muhit barqarorligi uning hududida yuz berayotgan geologik jarayonlar bilan belgilanadi. Geologik muhitning holatini nazorat qilish uchun muhitning o'nlab modeli, texnologik va mashina-ekspert boshqaruv sxemalari ishlab chiqiladi. Geologik muhitning doimiy ishlab turadigan modeli (DIM – ПДМ) geologik makon bir qismining holatini aks ettiradigan o'zaro bog'liq, asta-sekin aniqlashtiriladigan shart va omillarning tartibga solingan tizimidir. Bunday modellarni suv omborlari, tog'-ruda korxonalari, shahar aglomeratsiyalarining ta'sir hududlari uchun ishlab chiqadilar.

Geologik jarayonlar, masalan, yer ko'chkilarining imitatsion tabiiy modellari yaratiladi. Jarayonning rivojlanish mexanizmi tadqiq etilib, noxush omillarning oldini olish bo'yicha himoya qilish uslub va chora-tadbirlari ishlab chiqiladi. Geologik muhitni boshqarish uslubiyoti muhitni qo'riqlash, muhofaza qilish va undan oqilona foydalanishni ta'minlaydigan talablar va me'yorlarning yoyilgan matritsasi sifatida ko'rib chiqiladi. Geologik muhitni boshqarishdan asosiy maqsad – tabiiy-texnik tizimni hozirgi bosqichda va kelajakda noxush jarayonlarni istisno etadigan holatda saqlab turish.

Besh axborot blokidan iborat bo'lgan ma'lumotlar bazasi yaratilgan: 1) hududlarning geologiya jihatidan o'rganilganligi; 2) jadal o'zgarib borayotgan sharoit va omillar; 3) geologik muhitning doimiy yoki sekin o'zgaradigan sharoitlari va omillari to'g'risidagi axborot; 4) geologik jarayonlarni baholash; 5) texnogen yukni baholash.

Texnogen gruntlar bino va inshootlar asosi sifatida, shuningdek

texnogen gruntlarning (ag'darilgan) tuproq qatlamlari yaqinidagi gruntlar (masalan, ko'mir shaxtalari tuproq qatlamlari) rentgen tuzilma tahlili, nusxa ko'chiruvchi elektron mikroskopiya, mikrozonada tahlili yordamida tadqiq etilganida, tuproq tarkibi, elementlarning qabul qilgan shakllari, gruntlarning morfologik xususiyatlari, yer osti suvlarining kimyoviy tarkibi va qurilish konstruksiyalariga nisbatan salbiy ta'siri (tajovuzkorligi), tajovuzkor muhitni shakllantirishda mikroorganizmlarning roli o'rganiladi. To'kma gruntidan sizib chiqayotgan suvning minerallasuv sur'atlari bir necha yillik kuzatuvlar natijalariga ko'ra baholanadi.

Suv to'planishining qo'shimcha manbalari iqlimiy va texnologik omillar ta'sirida yuzaga keladilar – zovurlar, kotlovan va qurilish maydonchalarida yig'ilgan yog'in-sochinlar; suv sig'implari va suv yo'llaridan oqib ketgan suvlar; asfalt va beton qoplamalar tagida jamlangan namlik va h.k.

Binolar, inshootlar yoki inshootlar kompleksi qurilishidan so'ng, odatda, asta-sekinlik bilan suvga boy qatlamlar shakllana boshlaydi. Dastlabki yillarda er osti suvlari darajasi qubbasimon tarzda yuqoriga ko'tariladi. Binolar va inshootlar ostida alohida gumbazlar hosil bo'ladi. Vaqt o'tishi bilan suvli sathlar chegarasi tekislashib, suv er yuzasiga yaqinlashib keladi. Bunda bino asosi bo'shashib, erto'lalarni suv bosadi.

Er osti suvlari ko'pincha 1...1.5 m chuqurlikda joylashadi. Grunt qatlamlari yoyilib joylashishiga ko'ra o'zgaruvchan qalinlikka ega bo'lib, qiya va linzasimon yotishlari mumkin. Eski binolar fundamentlari ko'p hollarda ohakli qorishmada to'shaksimon ohaktoshdan yasalgan. Qator hollarda fundament ostiga yog'och to'shamalar joylashtirilgan. Yer osti suvlari sathi pasayganida ular chirigan. Ba'zi payt fundamentlar qorishmasiz xarsang toshlardan ko'tarilgan. Qayta tiklash va yangi qurilish paytida qurilish maydonchasining binolar bosimi tufayli ilgariroq zichlangan uchastkalari uchrab turadi. Zichlangan va zichlanmagan uchastkalarining turlicha deformatsiyalanishi sababli asosning yo'l qo'yib bo'lmaydigan notekis deformatsiyalari yuzaga kelishi mumkin.

Yirik shaharlarda relefning tabiiy pastqamliklarida (karerlar, jarliklar) axlatxonalar yuzaga keladi. Bu hududlardan xo'jalik maqsadlarida foydalanish ularning geologik va ekologik jihatidan sinchiklab o'rganilishini taqozo etadi. Bunday joylarda betartib to'kiladigan ishlab chiqarish chiqindilari tarkibida og'ir metall, zaharli va portlash xavfi bo'lgan moddalar mavjud bo'ladi. Axlatxona material (ayniqsa maishiy chiqindi) larining filtrlangan yog'in-sochinlar bilan o'zaro ta'siridan hosil bo'lgan filtrat (suzg'ichdan o'tkazilgan suyuqliq) atrof-muhitni ifloslantiradi. Ko'p hollarda rekultivatsiyalangan (qayta ishlangan) axlatxonalar turar joy binolari uchun muhit va asos vazifasini o'taydi.

Hudud kompleks (geofizik, geokimyoviy nuqtai nazardan va burg'ulash orqali) o'rganilishi talab etiladi. Gazlarni tasvirga tushirishda er atrofi atmosferasi gazlari holati, tuproqlarning tarkibidagi gazlar tahlili o'rganiladi. Muhandislik-xo'jalik faoliyati geologik muhitning ifloslanuviga olib kelib, oqibatda gruntlarning korrozion faolligi ortib boradi.

Yer osti konstruksiyalarining korroziya jarayoni elektrkimyoviy, kimyoviy yoki biologik asosga ega bo'lishi mumkin. Ko'pincha metallning elektrkimyoviy korroziyasi yuz beradi. Bu holda elektrolit vazifasini turli ionlarga to'yingan er osti suvi bajaradi.

Elektrkimyoviy korroziyada metallning aktiv (faol) moddalar bilan o'zaro ta'siri ikki mustaqil: anodli va katodli jarayonlarga bo'linadi. Anodli jarayon – bu metallning gidratlangan ionlar ko'rinishida aralashmaga o'tishi, katodli jarayon – aksilqutblangan (depolyarizatsiyalangan) metallidagi ortiqcha elektronlarning assimilyasiyasidir (vodorod yoki kislorod). Ko'proq kislorodli depolyarizatsiyalashuv yuzaga keladi. Elektrkimyoviy korroziya kechishi uchun metall yuzasi yaqinida namlik mavjud bo'lishi va metall yuzasiga kislorod etib kelishi kerak. Korroziya (zanglash) jarayonining kechishi gruntlarning litologik tarkibi, zichligi va namligi, ular tuzilmasi kabilar bilan belgilanadi. Bir necha foizga teng namlikda loysimon gruntlar qumsimon gruntlarga nisbatan faolroq bo'lib, korroziya (zanglash) sur'ati katodli jarayon orqali nazorat qilinadi. Namlik ortishi bilan loysimon gruntlarning korrozion faolligi ular tarkibidagi kislorod miqdorining turlicha ekanligi tufayli qumli gruntlar faolligiga nisbatan sekinroq o'sadi. Bu yerda zanglash sur'ati katodli jarayon yordamida nazorat qilinadi. Korrozion faollikning maksimal darajasiga loysimon gruntlarda qumlik gruntlarga nisbatan namlikning kamroq qiymatlarida erishiladi.

Gruntlarning korrozion aktivligi metall trubka namunasi massasidagi yo'qotishlar hamda gruntning solishtirma elektr qarshiligi qiymatiga ko'ra baholanadi.

Salbiy haroratlar davrida ko'pincha quyidagi hollarda sovuqlik-tuz korroziyasi yuz beradi: kimyoviy reagentlar yordamida konstruksiyalar ustidan qor va muz qatlamini tozalashda; yuqori darajada minerallashtirgan suvlar o'zgaruvchan darajaga ega bo'lgan zonlarda beton va temirbeton inshootlar yuzasida; kislotali yomg'irlar yog'adigan hamda atmosfera havosi gazlar bilan yuqori darajada ifloslangan tumanlarda; texnologik qorishmalar konstruksiya (devor, to'sma va sig'im) lar orqali filtrlanib o'tganida; sovuqqa qarshi qo'shimchalar qo'llash bilan tayyorlangan va isitilmaydigan xonalarda joylashgan beton va temirbeton konstruksiyalarda, ochiq maydonchalarda joylashgan isitilmaydigan xonalar, ochiq

maydonlarda va h.k.

Sovuqlik-tuz korroziyasining farqli xususiyatlari quyidagilardan iborat: yuzaning to'satdan turli chuqurlikda va davriy muzlar hosil qilib emirilishi; qatlam qalinligi millimetrning ulushlaridan bir necha santimetrgacha bo'lgan aniq ifodalangan qatlamlilik; materialning mexanik mustahkamligini yo'qotgan holda jadallik bilan emirilib borishi; emirilishdan avvalgi, mayda sezilmaydigan va kam seziladigan yoriqlar hosil bo'lishi bilan tavsiflanadigan yashirin davri mavjudligi.

Zamin va konstruksiyalarga ta'sir ko'rsatadigan yuklar. Fundamentlar va asoslarga quyidagi yuklar ta'sir ko'rsatadi: o'z og'irligidan doimiy; konstruksiya, pol va gruntlarga ta'sir etadigan foydali vaqtinchalik; material, galereya, transporter, apparat, chang va shu kabilar og'irligidan texnologik; atmosfera (qor, shamol, harorat ko'tarilib-tushishi); mashina, dastgoh va mexanizmlar, tushirish jarayonidagi silkinishlar; asosning notekis deformatsiyalanishi, konstruksiyalardagi zo'riqish va deformatsiyalarning qayta taqsimlanishidan sodir bo'lgan dinamik; mashina, yuklarning tasodifiy zarblari, o'tkazgich quvurlarning yorilishi, elementlar ag'darilishi; yong'in, turli issiqlik va sovuqlik tarqatkichlari ta'siridan sodir bo'lgan harorat; alohida poydevorlar yoki ular qismlarining cho'kishi, shishishi, turtib chiqishi oqibatida notekis siljishi hamda seysmik jarayonlar natijasida hosil bo'ladigan) avariya; fundament tubining tayanish maydoni kichrayganida (masalan, betonning korroziya tufayli emirilishi oqibatida) qo'shimcha.

Asos – fundament – bino tizimi tebranishlari mashina va mexanizmlar harakati, to'qmoq, kopyorlarning zarbli ta'siri, shamol shiddati, zilzila, portlash, er ko'chishi, to'lqin va shu kabilar natijasida yuz beradi. Tebranishlarning jadallashuvi tizimning buzilishi hamdan ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Konstruksiyalar va asoslar hisob-kitobining bosh maqsadi bino va inshootlardan foydalanish sharoitlari bo'yicha elementlar siljishi yoki deformatsiyalari, ushbu siljish va deformatsiyalar tezligi va tezlashishlari, tebranish rejimlarining barqarorligi, zo'riqishlar va xavfli kesimlar, eng ko'p kuch tushgan elementlarning ishdan chiqmay ishlash muddati, tebranish jarayonlari parametrlarining yo'l qo'yilish-qo'yilmasligini aniqlash hisoblanadi.

Havo oqimida inshootlarga tushadigan aerodinamik yuklar (osma ko'priklar va o'tish yo'llari, machta va minorasimon inshootlar) konstruksiya elementlari siljish va tezlashishlarining nohiziqli nokonservativ funksiyalari hisoblanadi. Osma ko'prik va o'tish yo'llari tebranishlarining eng xavfli ko'rinishlari buralma (uzilma), egilib buralish tebranish (flutter) lar hisoblanadi. Minorasimon tipli inshootlar shamolning

shiddatlari va girdobli (turbulent) kuch (pulsatsiya) lari tufayli kelib chiqqan oqim bo'ylab majburiy tebranishlarga, oqimga ko'ndalang tarzda shamol rezonansiga va elishi (galopirovanie) ga hisob-kitob qilinadi.

Ko'p hollarda tebranishlarni nisbatan kichik deb hisoblanib, ularning noxush ta'siri hisobga olinmaydi. Ba'zan esa tebranishlar manbalari noma'lum bo'ladi. Masalan, Uvarov kimyo kombinatining korpuslaridan birida konstruksiyalar vibratsiyasini ish boshlanishidan avval mazkur va qo'shni binoda kuzatilgan. Uchinchi qavatda joylashgan idishdagi suv yuzasida vaqti-vaqti bilan mayda jimirlash yuzaga kelib, 5 soniyagacha davom etgan tebranishlar sezilgan. Deyarli barcha binolar va inshootlar turlicha jadallikdagi tebranishlarni boshdan kechiradilar. Aksariyat ishlab chiqarish binolarida tebranish manbalari – mashina va mexanizmlardir. Anker boltlari yaxshi mahkamlanmagan, staninalar noto'g'ri o'rnatilgan, ishlar texnologiyasi buzilgan hollarda tebranishlar jadalligi keskin ortgan. Muallif tomonidan motor staninalarining konstruksiyalarga urilishi va betonning emirilishi sabablaridan biri anker boltlarining noto'g'ri o'rnatilishi ekanligini bir necha marta aniqlangan. Qator ob'ektlar, masalan, "Pigment" s/b, Uvarov kimyo kombinatida yirik qumoq-qumoq bo'lib qotib qolgan xom-ashyo kelib tushganida aralashtirgichlarning tebranishlari keskin ortishi kuzatilgan. Alohida binolar (masalan, Uvarov kimyo kombinatining qayta ortish bo'linmalari, maydalash bo'linmasi, vagon to'ntarish (ag'darish) uskunasi binosi) da mexanizmlar ishga tushganida barcha konstruksiyalar vibratsiyalana boshlaydi.

6.2-jadvalda amplitudasi 1 mm dan katta bo'lmagan garmonik siljishlarning tezligi va tezlashishiga bog'liq ravishda odamlarga ko'rsatadigan ta'siri tavsiflari keltirilgan.

Jadval 6.2

Odamlarga tebranishlar ta'sirining tavsifi	Tebranishlarning chegaraviy tezlashishi $a_{\max}$, 1 dan 10 marta/s gacha uchun	Tebranishlarning chegaraviy tezligi $a_{\max}$, 10 marta/s gacha uchun
Sezilar-sezilmas	2	3
Kam seziladigan	10	0,16
Yaxshi seziladigan	40	0,64
Kuchli seziladigan (xalaqit beradi)	125	2
Uzoq ta'sir qilganda zararli	400	6,4
So'zsiz zarar	1000	16

So'nggi yillarda yuqori intensiv zarbli ta'sirlar bilan ko'proq ishlashga to'g'ri kelmoqda. Bu kabi ta'sirlar katta miqdordagi moddiy zarar ko'rilishiga hamda odamlar halok bo'lishiga olib keladi. Eng ko'p hollarda

yuklar bino ustunlari, estakada, yo'l o'tkazgichlar, ko'priklar va boshqa inshootlar tayanchlariga to'g'ri keladi. Temirbeton konstruksiyalarni zarblar ta'siriga bardoshli qilib loyihalashtirish bo'yicha tavsiyalar mukammal emas. Zarb muammosi metall tipidagi bir turdagi materiallar uchun ko'proq, temirbeton tipidagi kompozitsion materiallar uchun kamroq o'rganilgan.

6.4. Zamin, fundament va konstruksiyalarga ko'rsatiladigan yuklar va noxush ta'sirlar

Uskunalar montaj qilinishidan tushadigan ortiqcha yuklar ta'siri. 1-qavat polida o'rnatiladigan uskunalarni montaj qilish uchun ba'zan mavjud to'sin, kolonna va fundamentlarning konstruksiyalaridan foydalanadilar. Bu konstruksiyalar montaj yuklariga mo'ljallanmagan. Natijada, konstruksiyalar jiddiy shikastlanib, zaminning qo'shimcha deformatsiyalanishi yuz beradi.

Elektr chirishining fundamentlarga ko'rsatadigan ta'siri. Temirbeton poydevorlarning jadal yemirilishi daydi toklar ta'siridan paydo bo'ladigan chirish oqibatida ham yuz berishi mumkin (elektr korroziya). Ularning manbai doimiy tok qo'llanadigan uskunalar hisoblanadi: akkumulyator batareyalari, doimiy tok shchitlari, elektr lazer uskunolari va h.k. Daydi toklarning paydo bo'lish sabablari ba'zi grunt qatlamlarining yuqori darajada tok o'tkazuvchanligi va tok o'tkazadigan elementlarning etarli izolyasiylanmasligi bo'ladi. Temirbeton konstruksiyaga tushib, tok armatura shohobchalari bo'ylab omlarda ifodalangan qarshilikka teskari proporsional kuch bilan tarqaladi. Anod uchastkalari yuzasida armatura-niing dastlabki hajmidan 2...2,5 marotaba ortiqcha korroziya mahsulotlari (zang) qatlami paydo bo'ladi. Beton sezilarli tuzilma o'zgarishlariga uchra-may, bosim ta'sirida yoriqlar tomonidan bo'laklarga ajratib yuboriladi.

IET (TЭC) temirbeton konstruksiyalar uchun portlandsement va metallga nisbatan tajovuzkor bo'lmagan element (sulfat, sulfit, xlorid) lar hamda metall yuzasini faollashtiradigan va betonning elektr o'tkazuvchan-ligini oshiradigan elementli tuz qo'shilmalariga ega bo'lmagan to'ldirgichlar asosida tayyorlangan birmuncha zich beton qo'llaydilar.

Yaxshi mahkamlanmagan uskunalardan tushadigan qo'shimcha di-namik yuklar. Uskunalar poydevorga mahkamlanganligining bo'shashishi dinamik va zarbli ta'sir ko'rsatadigan katta qo'shimcha yuklar keltirib chiqaradi. Po'lat vibropolyatorlar prujinalarining uzoq muddat va barqaror xizmat qilishi ko'pincha noxush foydalanish shart-sharoitlari (zo'riqish-larning yuqori darajasi, ortiqcha namlik, moylanish, to'kilma material

tushishi) tufayli pasayib ketadi. Tebranishlar amplitudasi ortib, uskunalar konstruksiyaga urila boshlaydi va bu anker boltlari va temirbeton konstruksiya (plita, fundament) larning emirilishiga sabab bo'ladi.

Ishlab chiqarish changi tufayli qo'shimcha yuklar. Uvarov kimyo kombinatining gaz tozalash bo'linmasi hamda Novolipetsk metallurgiya kombinati tomi plitalarida katta miqdorda sham qoldig'i changi to'planganligi aniqlangan. Changning eng ko'p to'plangan joylarida plita va to'sinlar anchagina bukilib qolganligi kuzatilgan.

Uvarov kimyo kombinatining ogarok omborida birinchi qavat polida chang miqdori shu qadar ko'pki, devor panellari va devorning ba'zi g'ishtli qismlari uning ta'sirida o'pirilib tushgan. Ustun va devorlari 2.5 m gacha chang bilan qoplangan. Ustunlar va poydevorlar quyi qismining texnik holati ko'zdan kechirilmadi. Tomdagi to'plangan chang (20,7 belg.), changning suvga to'yinishi tufayli qoplama plitalari qulashi (qulash xavfi to'g'risida ikki hafta ilgari ogohlantirilgan), 3- va 4-qavatlarda metall to'sinlarning egilishi va buralishiga olib kelgan. Qulash oqibatida yuzaga kelgan dinamik yuk zaminning katta miqdordagi notekis qo'shimcha cho'kishi hamda rama deformatsiyalanishiga olib kelishi mumkin edi.

Gruntlarning korrozion faolligi. Elektr qarshilikka hamda tarkibdagi organik moddalar miqdoriga bog'liq ravishda aniqlanadi. Masalan, qum va qum-loy gruntlar tarkibida gumus miqdori 1% dan kam va $pH = 6,5 \dots 7,5$ bo'lganida faolligi ancha past. Qora tuproqqa boy gruntlar ular tarkibida organik moddalar 1,5% dan ko'p va $9 < pH < 5$ bo'lganida korrozion jihatdan ancha yuqori faollikka ega.

6.5. Talab darajasidagi ishonchlilik va uzoq muddat ishlashni ta'minlash

Loyihalashtirishning asosiy tamoyillari. Konstruksiyalarni loyihalashtirish, tayyorlash va ulardan foydalanishda ularning quyidagi talablarga muvofiqligini ta'minlash zarur:

- a) barcha konstruksiyalar yukni qabul qilib olishi va uzatishi shart;
- b) birorta konstruksiya ham berilgan foydalanish muddatidan ilgari sinmasligi shart;
- c) har bir konstruksiya o'zi uchun mo'ljallangan vazifa (funksiya) ni bajarishi lozim;
- d) foydalanish (ekspluatatsiya) muddati davomida ta'mirlash imkoniyati ta'minlanishi shart.

Foydalanish muddati davomida qurilish konstruksiyalarining ishonchligini ta'minlash o'ta dolzarb vazifalardan biridir. Deyarli barcha bino va

inshootlarda yo'l qo'yib bo'lmaydigan nuqson va (yoki) deformatsiyalar mavjud bo'lib, ularning sabablari har doim ham aniq bo'lmaydi. Ma'lum hollarda shikastlanishlar shu qadar jiddiy bo'ladiki, odamlar hayoti uchun, ekologik ofatlar, texnologik jarayonlarining buzilish xavflari yuzaga keldi. Hozircha konstruksiyalar, bino yoki inshootlar ishonchliligini baholash qiyin. Bunda ko'pincha real foydalanish sharoitlari hisobga olinmaydi.

Xalqaro standartlashtirish tashkiloti (ISO – ICO) tomonidan tayyorlangan "Konstruksiyalar ishonchliligini tekshirishning umumiy tamoyillari" xalqaro standartida quyidagilar qayd etiladi [39]:

- qurilish konstruksiyalari va asoslar shunday loyihalashtiriladiki, ular qurish va foydalanish jarayonida, zarur paytlarda, qurish (tiklash) va foydalanish jarayonida alohida (favqulodda) ta'sirlarni hisobga olgan holda yetarlicha ishonchlikka ega bo'lishlari shart (masalan, zilzila, suv toshqini, yong'in, portlash oqibatida); qurilish konstruksiyalari, umuman, bino va inshootlar ishonchliligini belgilab beradigan asosiy xossasi – ular ishining izdan chiqmasligi, binoning muayyan xizmat muddati davomida foydalanish xususiyatlarini yo'qotmasligi, saqlab turishidan iborat;
- qurilish konstruksiyalari, zaminlarni chegaraviy holatlar uslubi bo'yicha hisoblash talab etilib, uning asosiy qoidalari material, grunt, yuk va ta'sirlarning, konstruksiyalarning geometrik tavsiflari, ularning ish sharoitlari, shuningdek mas'uliyat darajasini (loyihalanayotgan ob'ektlarning ish qobiliyati izdan chiqqan hollardagi kelib chiqadigan moddiy va ijtimoiy zarar bilan belgilanadigan xalq xo'jaligi uchun ahamiyati) hisobga olgan holda konstruksiyalar va zaminlarning ishdan chiqmay ishlashiga qaratilgan bo'lishi shart. Chegaraviy holatlar shunday holatki, ular ta'sirida konstruksiya, zamin (butunicha bino yoki inshoot) ishlarni bajarish (tiklash) jarayonida berilgan foydalanish talablariga javob bermay qo'yadigan holat sifatida.

Binolar va inshootlar mas'uliyat darajasiga ko'ra uch sinfga bo'lingan.

I sinfga muhim xalq xo'jalik ahamiyatiga yoki ijtimoiy ahamiyatga ega bo'lgan, jiddiy daromad keltiradigan, yoki katta qiymatga ega bo'lgan, shuningdek konstruksiyalari chegaraviy holatga etganida bir vaqtning o'zida ko'p miqdordagi odamlar xavf ostida qoladigan ob'ektlarning bino va inshootlari kiritilgan.

II sinfga ob'ektlarning muhim xalq xo'jalik ahamiyatiga va (yoki) ijtimoiy ahamiyatga ega bo'lgan bino va inshootlari kiritilgan.

III sinfga ob'ektlarning cheklangan darajadagi xalq xo'jalik ahamiyatiga va (yoki) ijtimoiy ahamiyatga ega bo'lgan bino va inshootlari kiritilib, ularning ishonchliligi onda-sonda paydo bo'ladigan odamlar

xavfsizligi bog'liq.

Sinishing oldini olish maqsadida quyidagilarni bajarish zarur: yuk ko'taradigan qurilish konstruksiyalarining to'satdan sinuvchan (mo'rt) sinishi ehtimolining oldini olish (bu maqsadda ko'pincha katta deformatsiyalanish imkoniyatiga ega bo'lgan material va konstruksiyalardan foydalanadilar):

- sinish alomatlari paydo bo'lganida kuchaytirish imkoniyatini ta'minlash;
- rivojlanib borayotgan sinish imkoniyatining oldini olish;
- odamlar hayotining xavfsizligini ta'minlash;
- avariya olib kelishi mumkin bo'lgan konstruktiv echimlarni istisno etish;
- ana shunday bino yoki inshootlardan o'xshash muhandislik-geologik va iqlimiy sharoitlarda foydalanishning mahalliy va xorijiy tajribasini hisobga olish;
- eng muhim bino yoki inshootlarning deformatsiyalanishi va siljishlarini kuzatish uchun zarur mablag'ni ko'zda tutish;
- turli ahamiyatga ega bo'lgan bino yoki inshootlar uchun hisob-kitob va konstruktorlashning turli usullarini joriy qilish.

Konstruksiyalar ishonchliligini oshirish uchun, hisob-kitoblarda qo'shimcha quyidagi tavsiflarni qo'llash talab etiladi: diffuzion va kapillyar o'tkazuvchanlik bo'yicha markasi (konstruksiyalar tajovuzkor muhitda ishlaydigan sharoitda), termik bardoshlilik (konstruksiyalar yuqori harorat sharoitida ishlaganida), radiatsion o'tkazuvchanligi (konstruksiyalar radiatsion nurlanishlar sharoitida ishlaganida), edirilish va h.k.

Har xil sinfli binolarni loyihalashtirishda sinish vaqtida turli deformatsiyalanish darajalariga yo'l qo'yish tavsiya etiladi.

Choklar deformatsiyalanishini loyihalashtirish va konstruksiyasiga jiddiy ahamiyat beriladi.

Harorat-kirishish choklari. Ular konstruksiyalarga tushadigan kuchlarni kamaytirish va yoriqlarning ochilishini cheklash, masalan, zaminning harorat va kirishish tufayli deformatsiyalanishi oqibatida panel va tutashish joylarida o'rnatiladi [37]. Harorat-kirishish choklari orasidagi masofa qurilishning iqlim sharoitlari, devor va orayopmalar materiali, ulanish birikmalari tipi, binolarning konstruktiv sxemasini hisobga olgan holda belgilanadi. Panelli binolarda harorat-kirishish choklari uyning rejalashtirish seksiyalari qo'shilgan joyida juftlashtirilgan isitilgan ko'ndalang devorlar ko'rinishida jihozlanadi.

Harorat-kirishish choklari masalasi shuningdek bitta yaxlit ko'ndalang devor yordamida ham hal qilinishi mumkin. Choklar zinapoya hamda

xonadonlarning odam yashamaydigan xonalari tomonida joylashtiriladi.

Bitta yaxlit ko'ndalang devor yordamida harorat-kirishish choklarini bajarishda quyidagi shartlarga rioya qilinishi shart [30].

1. Chok zonasidagi orayopma plitalari ko'ndalang devor o'qining bir tomondan erkin bo'ylama deformatsiyalarga ega bo'lishlari shart (ko'ndalang devor va orayopma o'rtasidagi sirg'anishning gorizontal choki). Sirg'anishning gorizontal choklari orayopma paneli yoki zinapoya maydonchalarining ko'ndalang devor konsolining turtib chiqqan joyiga erkin tayanishi bilan olinishi mumkin.
2. Bo'ylama devorlardagi vertikal choklar ularning ko'ndalang devorga tegib turadigan joylarida ulanmay qo'yilib, bu joylar harorat choki vazifasini bajaradi. Harorat-kirishish choki zonasida u oson siqiladigan materiallar bilan to'ldirilishi kerak (germetizatsiyalash uchun uning teshigidan tashqari). Vertikal chokda tashqi devorlarning o'zaro bevosita tegib turishiga yo'l qo'yilmaydi.
3. Gorizontal sirg'anish choklari va elastik taglikli vertikal choklar harorat-kirishish chok vazifasini bajaradigan devorning bir tomonida joylashishi lozim. Bu talabga ko'ndalang devor reja bo'yicha singanda rioya qilish zarur.
4. Chokka tegib turgan (qo'shilgan) bo'ylama devorlarning turg'unligini ta'minlash.

Cho'kma choklar. Ular turli darajada cho'kkan binolar uchastkalarining chegarasida kutilmagan darzlar hosil bo'lmasligi maqsadida zarur hisoblanadi. Cho'kma choklar binoni butun balandligi bo'yicha, shu jumladan poydevorni qo'shib hisoblaganda, ajratib turadilar. Ular uzunligi bo'yicha turlicha bo'lib, binolarning siqiluvchanligi har xil bo'lgan gruntlarda, turli tipdagi poydevorlarda va tushadigan yuk katta farq qilganida binolarni ko'tarishda quriladi. Yirik panelli binolarni oddiy muhandislik-geologik sharoitlarda qurishda cho'kindi choklari binolar balandligidagi farq 30% dan katta bo'lgan hollarda bajariladi.

Deformatsion choklari. Ularni zaminlarning notekis deformatsiyalanishi oqibatida konstruksiyalarga tushadigan kuchlarni kamaytirish hamda yoriqlarning ochilish enini cheklash maqsadida qo'llaydilar. Deformatsiya choklari, cho'kindi choklar kabi, binoni butun balandligi bo'yicha, shu jumladan, poydevorini ham ajratib turishi kerak. Panelli binolarda bunday choklarni rejalashtirish seksiyalari chegaralarida bajaradilar [37]. Deformatsiya choklari o'lchami (kattaligi) hisoblab aniqlanadi va u 20 mm dan kichik bo'lmasligi kerak. Deformatsiya choklari devorlari iliq bo'lishi lozim.

Antiseysmik (zilzilaga qarshi) choklar. Ular seysmik (zilzila)

ta'sirlarda konstruksiyalarga tushadigan kuchlarni kamaytirish uchun mo'ljallangan. Choklar konstruksiyasi binolar qism (bo'linma) larining birga siljishini ta'minlashi lozim. Ularni binolar qavatlilikgi o'zgargan joylarda; murakkab shaklli binolarni oddiy to'g'ri burchakli, uzunligi 60 m gacha bo'lgan bo'laklarga ajratishda qo'llaydilar. Antiseysmik (zilzilaga qarshi) choklarni cho'kindi va deformatsiya choklari bilan birga qo'llash maqsadga muvofiq.

Materiallar, masalan, betonning berilgan xossalriga turli qo'shimchalar qo'llash bilan erishish mumkin.

Qo'shimchalar – modifikatorlar. Beton texnologiyasi sohasida beton tuzilmasini shakllantirish istiqbolli yo'nalish hisoblanib, u betonning chidamliligini ancha oshirish hamda uning fizik-texnik xossalarni yaxshilash imkonini beradi [Бетон и железобетон, 1987, №7]. Ayniqsa, betonlarni gidrofob (suv yuqtirmaydigan) gaz ajratadigan tipli oligomerlar bilan modifikatsiyalash (o'zgartirish) yaxshi samara beradi. Ular betonning mayda teshikli tuzilmasiga ega bo'lish, hamda sement toshining tirqish va kapillyarlarining ichki yuzasini mozaikasimon gidrofoblash imkonini beradi. Qattiq organik birikmalar (QOB) yordamida modifikatsiyalash sovuqqa va chirishga chidamli betonlar olish imkonini beradi.

Amaliyotda naftalinsulfokislotalar va oligomer tarkibli formaldegid mahsuli bo'lgan superplastifikatorlar keng qo'llanmoqda (C-3 va uning analogiyalari). Shuningdek sulfidlangan melaminformaldegid smolalar (MФ-AP, 10-03 va b.) ham yaxshi samara beradi. Superplastifikatorlar betonning W/C nisbatini hamda karbonat kislota gaziga nisbatan diffuzion o'tkazuvchanligini pasaytiradi. Yarimfunktional ta'sir ko'rsatadigan modifikatorlarni (PFM – ПМФ) qo'llash ham maqsadga muvofiq. Ular asosiy xossalarni kuchaytirib, qorishmadagi noxush samaralarni kamaytirishga olib keladi.

[37] da keltirilgan qo'shimcha turlarining bayonini keltiramiz:

- plastifikatorlar (BV) – yangi tayyorlangan betonning suvga ehtiyojini kamaytirib, beton qorishmasining qulay yotqizilishini ta'minlab, bu ham beton mustahkamligini oshirishga xizmat qiladi. Betonning oquvchanligini oshiradigan vositalar ham plastifikatorlardan deb hisoblanadi;
- g'ovak hosil qiluvchi qo'shimchalar (LP) – kichik, beton hajmi bo'ylab bir tekis taqsimlangan havo g'ovakchalarini hosil qilib, ular kapillyar g'ovaklar tizimini buzish bilan betonning sovuqqa chidamliligini, uning erituvchi tuzlarning tajovuzkor ta'siriga bardoshlilikini oshirib, shu bilan birga, betonning qulay va oson taxlanishini ham oshiradi;
- betonga suv o'tkazmaslik xususiyatini beradigan qo'shimchalar (DM)

suvning betonga kirish darajasini pasaytirish uchun mo'ljallangan; bunday vositalar samaradorligi betonning donadorlik tarkibi to'g'ri tanlanganida hamda beton qorishmasi yaxshilab zichlanganida ortib boradi;

- qotishni sekinlashtiruvchilar (VZ) va qotishni tezlashtiruvchilar (BE) mos ravishda betonning qotish jarayonini sekinlashtiradilar yoki tezlashtiradilar; ularning ta'siri ko'p jihatdan qo'shimchalar miqdori, betonlash harorati, sement turiga bog'liq bo'lib, bularning bari qo'shimchalarni muayyan qurilish maydonchasi sharoitidagi sinovlari o'tkazilishini taqozo qiladi;
- haydalayotgan qorishmalar sifatini yaxshilaydigan qo'shimchalar (EH) – qorishmaning kanallarga joylanish uchun oquvchanligini yaxshilab, qorishmaning suvga bo'lgan ehtiyojini kamaytiradilar; bu moddalar, dastlab zo'riqtirilgan temirbetondagi armatura elementlari uchun mo'ljallangan kanallarga haydaladigan qorishmaning kirishishini kamaytirib, kanallarning ishonchli to'lishini ta'minlaydilar;
- barqarorlashtiruvchi qo'shimchalar (ST) (stabilizatorlar) – yangi tayyorlangan beton qorishmasidan suv ajralib chiqishini kamaytirish uchun mo'ljallangan; stabilizatorlar qo'shish betonni bevosita tashkil etgan boshlang'ich materiallar orasidagi o'zaro bog'liqligini yaxshilab, beton qorishmasini ajralib ketish ehtimolini kamaytiradi, bunda suvning yopishqoqligi ortib, harakatchanligi esa cheklanadi, uning zarrachalarini betonning qattiq materiallari o'rab olish jarayoni kuchayib, bu betonni barqarorlashuviga xizmat qiladi.

Sanab o'tilganlaridan tashqari beton uchun mo'ljallangan qo'shimchalarning yana ikki turi qo'llaniladi:

- ko'pik hosil qiladigan qo'shimchalar g'ovakli yengil beton tayyorlash uchun ishlatiladi;
- ortiqcha namlik bug'langanidan keyin sement bilan birlashib ketadigan suv dispersiyalari ko'rinishidagi sintetik smola qo'shimchalari; bu qo'shimchalar betonning ilashish mustahkamligi va elastikligini yaxshilaydilar. SHu sababli ularni beton konstruksiyalarining tashqi nuqsonlarini yo'qotish bo'yicha ta'mirlash ishlarida qo'llash ayniqsa maqsadga muvofiq.

So'nggi yillarda Rossiya me'morchilik va qurilish fanlari akademiyasi (RAASN – PAACH) olimlari tomonidan betonlar mustahkamligining umumlashtirilgan mezonlari, gruntlar mustahkamligining kombinatsiyalangan mezoni, qurilish po'latlarining quyi haroratlardagi mustahkamlik mezoni, anizotrop materiallarning uzoq muddatli mustahkamlik mezoni kabilar ishlab chiqildi. Ana shu ma'lumotlar me'yoriy hujjatlarda hisobga

olish uchun tavsiya etilgan. Gruntlar mustahkamligi mezonining yangicha, sinishda ichki energiya dissipatsiyasi quvvatligi konsepsiyasiga tayangan ifodasi taklif etilgan. Anizotrop qurilish materiallarining uzilish, ezilish va siljish tufayli sinish mexanizmlari shakllantirilgan (Соломанов В.И., Римшин В.И. Строительная наука на новых рубежах // Жилищное строительство, 1996. №8. с. 2–4).

Deformatsiyalanishning chiziqli va nochiziqli jarayonlari fizik-mexanik modellari, murakkab geometriyali ob'ektlar modellari ishlab chiqilgan.

Oddiy temirbeton konstruksiyalar uchun armaturaning jahon bo'ylab taraqqiy etishi quyidagi asosiy yo'nalishlariga ega:

- mustahkamlik xossalari A500S toifasi darajasigacha, ya'ni $\sigma_T > 500 \text{ N/mm}^2$ gacha yuksaltirish;
- uglerod miqdorini 0,24% gacha va uglerod ekvivalenti S_e miqdorini 0,52% gacha kamaytirish hisobiga cheklash bilan kafolatli payvandlanishni ta'minlash:

$$C_s = C + \frac{M_n}{6} + \frac{C_r + M_0 + V}{5} + \frac{C_u + N_l}{6}, \quad (6.22)$$

bu yerda C , M_n , C_s , M_0 , V , N_l , C_u – mos ravishda tarkibda mavjud bo'lgan uglerod, marganets, xrom, molibden, vanadiy, nikel va misning foizlardagi miqdori;

- to'liq unifikatsiyalash, ya'ni armaturalarning yagona toifasiga o'tish: EN 10080 (EC) bo'yicha B500 yoki Rossiya Qora metallurgiyada Standartlashtirish assotsiatsiyasining STO ASCHM 7–93 (СТО АСЧМ 7–93) standarti bo'yicha A500S, ishlab chiqarish (ishni amalga oshirish) usuli va diametridan (5 dan 40 mm gacha) qat'iy nazar;
- ishonchlilik, uzoq muddat ishlash qobiliyatini oshirish, hamda armaturaning beton bilan birga ishlashini po'lat sifati va yagona (o'roqsimon) profilga o'tish hisobiga oshirish (Мадатян С.А. Общие тенденции производства и применения обычной и напрягаемой арматуры // Бетон и железобетон. 1997. №1. с. 2–5).

6.6. Konstruksiya, bino va inshootlarning samaradorligi, ishonchliligi va uzoq muddat ishlashini oshirish

Konstruksiyalarning tekshiruv hisob-kitoblari. Ular quyidagilarni aniqlash maqsadida bajariladi: bundan keyin hech qanday cheklovlarisiz foydalanish imkoniyati, cheklovlar bilan foydalanish imkoniyati, kuchaytirish zarurati, favqulodda (avariyaviy) vaziyat tufayli foydalanishni

to'xtatish. Hisob-kitoblar material zaiflashuvi, geometrik shaklining nomukammalligi va amaliy tavsiflarini hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Kesimning geometrik tavsiflarini aniqlash jiddiy muammolar keltirib chiqaradi. Konstruksiylarning qoldiq xizmat muddatini taxminan bo'lsa ham baholash maqsadga muvofiq bo'lardi.

Bino va inshootlar konstruksiylarini kuchaytirish. Uni quyidagi usullar bilan amalga oshiradilar: material mustahkamligini oshirish, kesim maydonini kattalashtirish, kuchaytirilayotgan konstruksiyaning bir qismini almashtirish, konstruksiya yoki binolar statik sxemasini o'zgartirish, shuningdek yuqorida sanab o'tilgan usullarni birgalikda qo'llash yo'li bilan. Kuchaytirish elementining kuchaytirilayotgan konstruksiylar bilan birga ishlashini ta'minlash muhim ahamiyatga ega.

Kuchaytirilayotgan konstruksiya betonining mustahkamligini, masalan, polimer kompozitsiyalar yordamida oshirish mumkin.

Konstruksiylarning statik sxemasini o'zgartirish usullari xilma-xil. Bular – qo'shimcha tayanch (tirgak) va tizimlar (masalan, shprengel tizimlari) o'rnatish, statik aniqlanmaslik imkoniyatini oshirish (masalan, egiluvchan elementlarning uzluksizligi (kesilmasligi) ni yaratish), statik sxemani keskin o'zgartirish (masalan, ramali sxemadan ramali-bog'liq tizimga o'tish). Bular to'g'risida ma'lumot [17–18, 31, 33, 38, 40–44, 49] da berilgan.

Misol uchun, [32] da to'sinlardagi kuchlanish (kuch) larni muvofiqlashtirish usullari sanab o'tilgan:

- yukni ko'chirish va tayanchlarni mahkamlash sharoitlarini o'zgartirish;
- bir oraliqli statik jihatdan aniqlanadigan to'sinlarni aniqlanmaydigan ko'p oraliqli, shprengelli konstruksiya yoki ferma to'sinlariga aylantirish;
- mavjud yoki sun'iy hosil qilingan konsollarni qo'shimcha tarzda ilish;
- to'sin-uzatma kabi taranglangan tizimlarni qo'llash;
- dastlab zo'riqtirilgan tortuvni kiritish;
- dastlab elastik bukib olib, so'ng payvandlash;
- tayanchlarni (vertikal yoki gorizontal bo'yicha) siljitish;
- bikr-vant tizimlariga aylantirish;
- temirbeton plita bilan birga ishlaydigan po'lat to'sinlar kompleksini (birlashtirilgan) qo'llash;
- burovchi momentni pasaytirish uchun ikkinchi darajali to'sinlarni asosiylariga sharnirlar yordamida mahkamlash;
- rigel-tirgakli tizimni yaratish;
- konstruksiya elementlarining sovuqqa chidamliligini oshirish

maqsadida kuchlanishlarni yoyib yuborish.

Muvofiqlashtirishning optimal varianti materiallar sarfi, bajarish mehnattalabligi va texnologiyabopligi, montaj murakkabligi, rekonstruksiya qiymatining raqobatbardosh, ishlab chiqarish jarayonini to'xtatish ehtimoli bilan bog'liq xarajatlarni qiyoslash orqali aniqlanadi.

Hozirda binolarni zo'riqtirilgan po'lat arqonlar yordamida kuchaytirish usuli keng qo'llanilmoqda. Arqonlar 28...36 mm diametrli sterjenlardan tayyorlanib, ular orayopma sathidagi ariqcha (jo'yakcha) larga o'rnatiladi. Binolar burchaklarida belbog'lar ostiga vertikal burchaklar qo'yiladi. Belbog'lar bir vaqtning o'zida butun bino konturi bo'yicha tortish muftalari yordamida (50 kN gacha) taranglashtiriladi.

Loyiha echimlarini takomillashtirish. Bino va inshootlarni loyihalashtirish uslublari quyidagi yo'nalishlar bo'yicha takomillashtirilib borilmoqda:

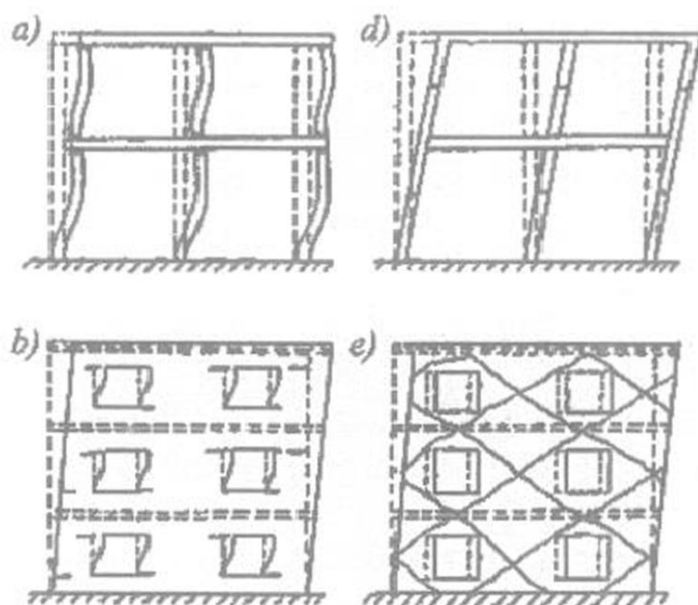
- bino yoki inshootlar ishining fazoviy xarakterdaligini hisobga olish;
- hisobiy sxemani haqiqiysiga maksimal darajada yaqinlashtirish;
- ishning barcha bosqichlarida konstruksiyalarning hisob-kitobi;
- materialning o'ziga xos xususiyatlarini (kirishish, shishish, salqilik va h.k.) hisobga olish, uning yuk ko'tarish imkoniyati va kuchlanish-deformatsiya holatiga ta'siri;
- materialning mustahkamlik xossalariidan to'liqroq foydalanish;
- qurilish va foydalanish bosqichlarida konstruksiya va inshootlar hisobi;
- foydalanish paytida yuzaga keladigan noxush omillar ta'sirini hisobga olish;
- konstruksiyalar, bino yoki inshootlar hisobi bo'yicha tayyor blok-dasturlarni qo'llash;
- ishlab chiqarish texnologiyasi, muhandislik-geologik sharoitlar, muhit tajovuzkorligi, harorat-namlik rejimi kabilarning o'zgarish ehtimolini hisobga olish;
- konstruksiyalar tugunlarining osonlik bilan ko'zdan kechirilishi, ta'mirlanishi yoki almashtirilishi mumkinligi;
- foydalanish davrida yuzaga keladigan mahalliy bo'shashishlar mavjud bo'lgan konstruksiyalarning hisob-kitobi uslublarni ishlab chiqish.

Sinish xarakteriga ko'ra (makroyoriqlar turi, yo'nalishi, ularning joylashuvi va birikuvi) bundan avvalgi kuchlanganlik-deformatsiyalangan holat ko'rinishini, sindiruvchi ta'sirning asosiy parametrlarini tasavvur qilib olish mumkin. Misol keltiramiz. Prof. S.B. Smirnov binolarning seysmik sinish xarakteri va ular paydo bo'lishiga oid "tebranish" konsepsiyasi o'rtasidagi nomuvofiqlikni aniqladi [46] (6.3-rasm). Ushbu

konsepsiyaga muvofiq sinish sababi – grunt tebranishlari tufayli kelib chiqqan orayopmalar diskrlarining majburiy tebranishlaridir. Tebranishlar xarakteri seysmograf – asboblardan tomonidan aniqlanib, ularning ishlash tamoyili ham shu kabi “tebranish” doktrina (nazariya) sigasozlangan.

Sinchli binolarda egilish emas, balki siljish bilan bog‘liq sinishlar kuzatiladi. Deraza o‘rni mavjud devorlarda kichik devorchalar tugash joylaridagi egilish gorizontallari yoriqlar o‘rnida (qabul qilingan nazariyaga ko‘ra) kichik devorchalar (ikki deraza yoki eshik o‘rtasidagi devor) va kashak (biror narsaning ikki qismini bir-biriga tutashtiruvchi vosita, ulagich) lar diagonallari bo‘ylab qiya va xochsimon yoriqlar paydo bo‘ladi.

Umumiy qabul qilingan konsepsiyadan farqli o‘laroq seysmik sinishning zarb-to‘lqinli sinish konsepsiyasi taklif etilib, unga ko‘ra sinishlar zarbli seysmik impuls va to‘lqinlar tufayli yuz beradi. Zamonaviy asboblardan gruntning emas, balki soniyalik zarb impuls tufayli kelib chiqqan o‘z tebranishlarini qayd etadilar.



6.3-rasm. Sinchli bino va deraza o‘rni mavjud devorlar:

a), b) – sinishning kutilgan sxemalari; v), g) – haqiqiy sinish sxemalari

Zarb-to‘lqinli nazariyaga muvofiq siljitish zarb to‘lqinlari ta‘siridan seysmohimoyalash tamoyillari ishlab chiqilgan. Sinishning yangi konsepsiyasini hisobga olgan holda zarbli seysmik impulslardan himoyalalanish choralari ham ishlab chiqilgan:

- yerto‘la xonalaridan voz kechish;
- yirik poydevorlar va grunt massivining yaxlitligini buzadigan no‘linchi siklli tuproq ishlaridan voz kechish;
- “to‘lqin o‘tkazgichlar” o‘tgan zonalarida qurilish qilishni ta‘qiqlash;
- yerdan turtib chiqib turgan kallakli, qirqilishdan po‘lat halqa (oboyma)

lar bilan himoyalangan faqat qoziqli poydevorlardan foydalanish;

- qum "yostig'i" yoki qoziqlarning turtib turgan uchida joylashtirilgan seysmoizolyasiyalovchi er usti qalin poydevor plitalarini qo'llash;
- sinuvchan (mo'rt) qurilish materiallarini qo'llashdan voz kechish.

Agar prof. S.B. Smirnov farazi o'z tasdig'ini topsa, bu holda barcha o'lchov apparatlarini o'zgartirishga, hamda loyihalashtirish va qurilishning yangi me'yorlarini ishlab chiqishga to'g'ri keladi.

Shaharlar o'sib borishi va markaziy qismlarning qayta ta'mirlanishi bilan ko'p qavatli binolarni tiklash zarurati yuzaga keladi. Monolit va yig'ma-monolit konstruksiyalardan, odatda, balandligi 50 qavatgacha bo'lgan binolar barpo etiladi. Ko'p qavatli binolar metall karkaslarda quriladi. Balandligi 100 m dan katta binolarda shamoldan tushadigan yuk bino shakllariga bog'liq bo'ladi. P.F.Drozdov rahbarligida ko'p qavatli temirbeton binolar hisobi nazariyasi ishlab chiqildi. Rigellar va kashaklarda yoriqlar hosil bo'lishi yuk tushadigan yaxlit tizimga ham jiddiy ta'sir ko'rsatishi tajribalar orqali va nazariy jihatdan isbotlab berildi.

Konstruksiyalar hisobiga oid hisob-kitoblarda ish sharoitlari koeffitsientlaridan tuzilmaviy, masshtabli, texnologik va foydalanish omillariga bog'liq ravishda inshootlarning ishdan chiqishi (degradatsiyasi) ni aks ettiradigan funksiyalarga o'tish qayd etiladi [Бетон и железобетон, 1995, №2].

Materiallarga qo'yiladigan asosiy talablar quyidagilardan iborat: bir turlilik, xossalarning vaqtga bog'liq barqarorligi, ortiqcha yuklar, zo'riqishlar konsentratsiyasi va kesilishga chidamliligi; yaxshi texnologik xossalari (eng kichik boshlang'ich kuchlanishlar, kirishish kuchlanishlari, metallardan osonlik bilan mahsulot olish); yaxshi ekspluatatsion sifatlar, konstruksiyalarning yuqori mustahkamligi.

Ba'zi hollarda binolar yoki inshootlarning konstruktiv echimini ishlab chiqishda yuz berishi mumkin bo'lgan ishdan chiqishlari (yuk ko'taradigan konstruksiyaning ishdan chiqishi, ulangan birikmaning buzilishi, asosning lokal (mahalliy) zaiflashuvi)da umumiy mahalliy turg'unligini tekshirish talab etiladi.

Temirbeton va temirbeton konstruksiyalar hisob-kitobi nazariyasi va uslublari rivojining navbatdagi bosqichi sinishning deformatsion va mustahkamlik mezonlarini birga qo'llashdan iborat bo'ladi deb taxmin qilinmoqda [34].

Yer osti inshootlarining uzoq muddat xizmat qilishi. Yer yuzasi sathidan quyiroqda joylashgan bino va inshootlarga grunt, suv, o'z og'irligi, yuzadagi yuklar bosimi ta'sir ko'rsatadi. Ularga gidroizolyasiya va chirishdan himoya qilish nuqtai nazaridan yuqori talablar qo'yiladi.

Polimerlar asosidagi kompozitsion materiallar zamonaviy uzoq muddat xizmat qilish talablariga javob beradilar [20]. Polimerbetonlarning eng qadrlı xossalari quyidagilar: yuqori darajadagi kimyoviy chidamlilik, suv o'tkazmaslik, yuqori darajali mustahkamlik va yoriqbardoshlik. Armopolimerbeton materiali shpalalar (dispersli armaturalash bilan), rels osti zaminining ramali konstruksiyalari, tog'-kon shaxtalarini mustahkamlash bloklarini tayyorlash uchun keng qo'llanila boshlandi. [20] da qayd etilishicha, dispersli (yoyilgan) armaturalangan polimerbeton ko'p marotaba qo'yilgan yuklarga juda yaxshi qarshilik ko'rsatish imkoniga ega. Armaturalash maqsadida diametri 0,1...0,3 mm va uzunligi 5...10 mm bo'lgan metall yoki sintetik o'ta pishiq tolalar qo'llanadi.

Polimerbeton qorishmasi polimer, o'rtacha va yirik kattalikdagi fraksiyalar hamda katalizatorlardan tayyorlanadi. Furanli polimerbetonning asosiy to'ldirgichlari granit va kvars qumi hisoblanadi. Furanli polimerbetonning taxminiy tarkibi quyidagicha (umumiy massasiga % hisobida):

- furfurolatsetonli smola 9;
- benzolsulfokislota 2;
- un (andezirli, grafitli) 10;
- qum (kvarsli, grafitli) 25;
- shag'al (granitli, grafitli) 54.

Polimerbetonning o'rtacha zichligi – 2300 kg/m^3 , siqilishga mustahkamligi – 70 MPa, cho'zilishga mustahkamligi – 6 MPa, elastiklik moduli – $0,2 \times 10^5 \text{ MPa}$, sovuqqa chidamliligi – 300 sikl.

Qurilish konstruksiyalaridagi elimli birikmalar. Elimli kompozitsiyalar sanoat, fuqarolik va gidrotexnik bino va inshootlarning temirbeton konstruksiyalarini monolitlash, konstruksiyalarni kuchaytirishda qo'llaniladi. Kompozitsiyalarning asosiy komponentlari bo'lib bog'lovchi, plastifikator, qotirgich, qo'shimcha, yuza-faol modda, to'ldiruvchi va to'ldirgichlar hisoblanadi. To'ldiruvchi sifatida qurilish qumi, to'ldirgich sifatida esa mayda yanchilgan qum, andezit uni, diabaz uni qo'llaniladi.

Eski betonni yangisi bilan biriktirish. Bu ish shikastlangan konstruksiyalarni tiklashda, konstruksiyalarning katta o'lchamli qismlarini shakllantirishda (rezervuarlar, sovutish xonalari), tayyor temirbeton elementlarni monolitlashda, mavjud konstruksiyalar o'lchamlarini kattalashtirish zarurati paydo bo'lganida amalga oshiriladi. Biriktirish ishonchliligi eski beton yuzasini tayyorlash sifati, elimlanish imkoniyati, elim qatlami qalinligi, yangi beton xossalari kabilarga bog'liq bo'ladi.

Ma'lumki, konstruksiyalarni kuchaytirishning ikki asosiy usuli mavjud – konstruktiv sxemani o'zgartirish va elementlar o'lchamlarini

kattalashtirish. Ikkinchi usulda jiddiy kirishish kuchlanishlari yuzaga keladi. Ular qiymati beton tarkibi va uning saqlanish sharoitlariga bog'liq bo'ladi. Quruq va issiq iqlim sharoitida ko'rsatilgan deformatsiyalar normal sharoitdagiga nisbatan ikki barobar katta bo'lishlari mumkin. Zo'riqtiruvchi sementni (ZS-HII) qo'llash o'z zo'riqlarini kamaytirib, kuchaytirilgan elementlar ishlash muddatini hamda ularning yuk ko'tarish imkoniyatini oshirish imkonini beradi.

Harorat ta'siri. Yuqori harorat epoksidli kompozitsiyalarning tezroq qotishiga xizmat qiladi. Eksploatatsion harorat 60°S dan oshmasligi shart. Aks holda mustahkamlik darajasi keskin tushib ketadi. Epoksidli kompozitsiyalar deformatsiyasining chiziqli harorat koeffitsienti mineral to'ldirgich miqdori ortishi bilan kichiklashib boradi.

Cho'kma deformatsiyalar. Elimli kompozitsiyalar fazoviy va yassi to'rsimon tuzilma hosil bo'lishidan kirishishadi. U epoksid kompozitsiyalar uchun $0,5...1\text{ mm/m}$ va poliefir kompozitsiyalar uchun $3...4,5\text{ mm/m}$ ni tashkil qiladi [20]. Kirishish qiymati (kattaligi) to'ldirgich miqdoriga bog'liq. Endigina tayyorlangan betonli qorishmaning polimer kompozitsiyasiga ozroq qalinlikka o'zaro kirib borishi qayd etiladi. SHu sababli kirishish kamayadi.

Salqilik deformatsiyalari. Yelim qatlami odatda $1...5\text{ mm}$ qalinlikka ega bo'ladi. Mavjud va yangi betonni, shuningdek mavjud betonlarni o'zaro birlashtirishdagi yelim qatlamining salqiligi materialning uzoq muddat xizmat qilishiga katta ta'sir k rsatadi.

Polimer kompozitsiyalar betonga nisbatan kamroq salqilikka ega bo'lishadi. Yupqa, monolitlanayotgan birikmalardagi yuqori salqilik va kuchlanishlar relaksatsiyasi konstruksiyalar birikkan zonadagi kuchlanishlar notekisligi kamayishi oqibatida ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Uzoq muddatli deformatsiyalarning (12 yil [20]) qisqa muddatlilariga nisbatiga teng bo'lgan salqilik koeffitsiyenti $1,5...3$ ga teng [40–44, 47, 48].

Binolarni tiklashning quyidagi usullari ajratib ko'rsatiladi: polimer aralashma va elimlar bilan in'eksiyalash; metall to'r bo'yicha torkretlash; sement qorishma bilan in'eksiyalash; zo'riqtirilgan uzatmalar bilan siqish; tashqi metall karkasni joylashtirish; temirbeton yoki metall shponkalar qo'llash.

6.7. Avariylar va avariya olib keladigan vaziyatlarning asosiy sabablari

Avariylar va avariya olib keladigan vaziyatlarning asosiy sabablari quyidagilardir [37]:

1. Loyihalashtirish uchun boshlang'ich ma'lumotlardagi xatoliklar:

- muhandislik-geologik izlanishlarini sifatsiz amalga oshirish (quduq (skvajina) larning etarli chuqurlik va chastotaga ega emasligi, grunt sinovlari natijalariga ishlov berish va tahlil qilishdagi xatoliklar, gruntlarning o'ziga xos xossalari hisobga olinmagani, gruntlar xossalariining foydalanish jarayonida o'zgarish ehtimoli mavjudligi ko'rsatilmagan);
- kuch, vibratsion, harorat, korrozion va boshqa ta'sirlar to'g'risidagi to'liq bo'lmagan ma'lumotlar;
- binolardan foydalanish sharoitlari to'g'risidagi ma'lumotlarga ega bo'lmashlik.

2. Loyihalashtirishdagi xatoliklar [37]:

- hisob-kitob sxemasi yoki hisob-kitob usulini noto'g'ri qo'llash. Hisob-kitoblardagi xatoliklar;
- materiallar markasi va sinfini tayinlashdagi xatoliklar. Binolarning alohida qismlari va yaxlit binolar barqarorligini ta'minlash bo'yicha etarli bo'lmagan konstruktiv chora-tadbirlar;
- binolarni qurish va ulardan foydalanishda alohida shart-sharoitlarni hisobga olmaslik. Konstruksiya ishlash tamoyilini tushunmaslik. Qurilish texnologiyasini hisobga olmaslik.

3. Qurilish jarayonidagi xatolar [37]:

- namlanish va muzlab qolish, zovurlar qazish oqibatida gruntlar mustahkamlik tavsiflarining o'zgarishi, deformatsiyalanishi. Loyihada ko'zda tutilmagan materiallar, mahsulotlar, konstruksiyalarni qo'llash. Metalloprokat, konstruksiya nuqsonlari. Boshlang'ich materiallar sifati pastligi. Qurilish-montaj ishlari sifatining pastligi. Montaj uslubini noto'g'ri tanlash. Geometrik o'lchamlardan chetlashish. Betondagi armaturaning loyihaviy holatini ta'minlamaslik. Konstruksiya hisobiy sxemalarining o'zgarishi;
- loyihada qabul qilingan ishlarni amalga oshirish texnologiyasining buzilishi. Konstruksiyalarni noto'g'ri tashish va saqlash. Tayyorlangan konstruksiyalarni noto'g'ri parvarishlash. Hududni noto'g'ri rejalashtirish. Qurish davrida sharoitlarini hisobga olmaslik.

4. Ekspluatatsiya qoidalarining buzilishi [37]:

- qor va texnologik changni vaqtida tozalamaslik. Konstruksiyalarga qo'shimcha yuklar tushishi. Konstruksiyalarni vaqtida ta'mirlamaslik;
- suv ta'minoti va kanalizatsiya tarmoqlarini o'z vaqtida ta'mirlamaslik. Zamin va konstruksiyalarni yomg'ir suvlari va texnologik chiqindilar ta'sirida namlanishi;
- ta'mirlashdagi xatoliklar.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Асқаров Б.А., Низомов Ш.Р., Қобилов Б.А. Темирбетон ва тош-гишт конструкциялари. –Т.: Ўзбекистон, 1997. – 357 б.
2. Ашрабов А.А., Зайцев Ю.В. Курилиш конструкциялари. –Т.: Ўқитувчи, 1988. –302 б.
3. Ashrakov A.A., Raupov Ch.S. Foydalanishdagi transport inshootlarining ishonchliligi. 5A580603–"Ko'priklar va transport tonnellaridan foydalanish" mutaxassisligi talabalari uchun o'uv qo'llanma. Qismlar I va II. ToshTUMI, 2011. – 105 b. va – 97 b.
4. Ашрабов А.А., Раупов Ч.С. Основные определения и количественные показатели надежности строительных систем. Учебное пособие. –Ташкент: ТашИИТ, 2005. – 83 с.
5. Ашрабов А. А., Раупов Ч. С. Методы вероятностных расчетов строительных конструкций. Учебное пособие. –Ташкент: ТашИИТ, 2005. – 111 с.
6. Ашрабов А. А., Раупов Ч. С. Метод предельных состояний в проектировании конструкций зданий и сооружений. Учебное пособие. –Ташкент: Изд. ТашИИТ, 2005. – 51 с.
7. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. –М.: Стройиздат, 1991. –766 с.
8. Берген Р.И. и др. «Инженерные конструкции». –М.: Высшая школа, 1983. – 410 с.
9. Бондаренко В.М. Строительные конструкции. –М.: Стройиздат, 2004. –795 с.
10. Бондаренко В.М. К расчету сооружений, меняющих расчетную схему вследствие коррозионных повреждений / В.М. Бондаренко, Н.В. Ключева // Известия вузов. Серия «Строительство», 2008. №1. с. 4–12.
11. Бондаренко В.М. Оптимизация живучести конструктивно нелинейных железобетонных рамно-стержневых систем при внезапных структурных изменениях / В.М. Бондаренко, Н.В. Ключева, А.Н. Дегтярь, Н.Б. Андросова // Известия ОрелГТУ. Серия «Строительство. Транспорт», №4, 2007. с.5–10.
12. Бондаренко В. М., Иосилевский Л. И., Чирков В. П. Надежность строительных конструкций и мостов. Изд. Академии Архитектуры и Строительных Наук, –М., 1996. – 220 с.
13. Ветрова, О.А. Экспериментальные исследования рамно-стержневых железобетонных конструкций в запредельных состояниях [/О.А. Ветрова, Н.В. Ключева// Изв. Орел ГТУ. Серия «Строи-

- тельство. Транспорт». –Орел: Орел ГТУ. 2005. №3–4. с. 10–15.
14. Гениев Г.А. Прочность и деформативность железобетонных конструкций при запроектных воздействиях/ Г.А. Гениев, В.И. Колчунов, Н.В. Ключева, А.И. Никулин, К.П. Пятикрестовский. Научное издание. –М.: Изд-во АСВ, 2004. – 216 с.
 15. Гениев Г.А. Экспериментально-теоретические исследования неразрезных балок при аварийном выключении из работы отдельных элементов / Г.А. Гениев, Н.В. Ключева// Известия ВУЗов. Строительство, – 2000. №10. с.21–26.
 16. Голышев А.Б., Бачинский В.Я., Полищук В.П., Харченко А.В., Руденко И.В. Проектирование железобетонных конструкций. – Киев: Будивельник, 1990. –544 с.
 17. Гроздов В.Т. Дефекты основных несущих железобетонных конструкций каркасных многоэтажных промышленных и общественных зданий и методы их устранения / СПб ВВИСУ. СПб., 1993. – 192 с.
 18. Гроздов В.Т. Дефекты конструкций панельных зданий и методы их устранения / ВИСИ.Спб., 1994. – 148с.
 19. Дмитриев, Ю.В. Надежность конструкций и оснований транспортных сооружений: Учеб. пособие / Ю.В. Дмитриев. –Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003. – 110 с.:
 20. Долговечность строительных конструкций и сооружений из композиционных материалов / В.Ш. Барбакадзе, В.В. Козлов, В.Г. Минульский, И.И. Никонов; под ред. В.Г. Минульского. –М.: Стройиздат, 1993. – 256 с.
 21. Евланов С.Ф. Материаловедение для транспортного строительства. //Технология, прочность и долговечность строительных материалов для транспортного строительства. Научные труды ОАО ЦНИИС. Вып. 239. –М., ОАО ЦНИИС, 2007. – 16.
 22. Зайцев Ю.В., Ашрабов А.А. Строительные конструкции. –Т.: «Мехнат»,1989. – 340 с.
 23. Иосилевский Л.И. Практические методы управления надежностью железобетонных мостов. – М.: НИЦ «Инженер», 2005.
 24. Н.В. Ключева, Н.Б. Андросова. О критериях живучести железобетонных коррозионно повреждаемых конструктивных систем в запредельных состояниях. Орловский государственный технический университет. 2009-04-01.
 25. Ключева. Н.В Экспериментальные исследования железобетонных балок сплошного и составного сечения в запредельных состояниях / . Н.В. Ключева, А.И. Демьянов // VII Международный научно-

- методический семинар «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь». – Брест. –2001. с. 167–172.
26. Ключева Н.В. Расчет живучести коррозионно повреждаемых железобетонных рам с односторонними связями / Н.В. Ключева // Бетон и железобетон. – 2008. №2. с. 19–21.
27. Колчунов В.И. Экспериментальные исследования деформативности и трещиностойкости железобетонных конструкций составного сечения / Вл.И. Колчунов, Е.А. Скобелева, Н.В. Ключева, С.И. Горностаев// Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2008. №1. с.54 – 60.
28. КМК 2.03.01–97. Бетон ва темирбетон конструкциялари.Т.: Ўзархитеккурилиш, 1996. – 79 с.
29. КМК 11–6–97. Юк ва таъсирлар: Лойихалаш меъёрлари. Т.: Ўзархитеккурилиш, 1997. – 60 с.
30. КМК 3.06.04–97 «Кўприklar ва кувурлар». Ўзархитеккурилиш, 1997.
31. Конечский В. и др. Ремонт жилых зданий. Несущие и ограждающие конструкции / В. Конечский, Я. Ситковский, А. Улятовский; Сокр. пер. с пол. Е.Б. Долгова; Под ред. А.Г. Ройтмана. –М.: Стройиздат, 1981. – 128 с.
32. Лащенко М.Н. Повышение надежности металлических конструкций при реконструкции. –\ Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ие, 1987. – 136 с.
33. Леденев В.И., Леденев В.В. Усиление конструкций при реконструкции: Учебное пособие. –Тамбов: ТИХМ, 1991. – 104 с.
34. Махутов Н.А. Деформационные критерии разрушения и расчет конструкций на прочность. –М.: Машиностроение, 1981. – 272 с.
35. Пирадов К.А., Гузеев Е.А. Механика разрушения железобетона. НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1998. – 190 с.
36. Потапкин А.А. Оценка ресурса мостов с учетом дефектов и повреждений. / Вестник мостостроения, №3, 1997.
37. Предупреждение аварий зданий и сооружений. <http://lib4all.ru/base/B1887/B1887Content.php>.
38. Проектирование металлических конструкций: Спец. курс. Учеб. пособие для вузов / В.В. Бирюлев, И.И. Кошин, И.И. Крылов, А.В. Сильвестров. – Л.: Стройиздат, 1970. – 432с.
39. Райзер В.Д. Расчет и нормирование надежности строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1995. – 352 с.
40. Рекомендации по обеспечению надежности и долговечности

- железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений при их реконструкции и восстановлении / Харьковский Промстройиниипроект. – М.: Стройиздат, 1990. – 170 с.
41. Рекомендации по восстановлению и усилению полносборных зданий полимер-растворами /ТбилЗНИИЭП. –М.: Стройиздат, 1990. –100 с.
 42. Рекомендации по усилению каменных конструкций зданий и сооружений / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. –М.: Стройиздат, 1987. –160 с.
 43. Рибицкий Р. Повреждения и дефекты строительных конструкций. –М.: Стройиздат, 1982. – 432с.
 44. Ройтман А.Г. Надежность конструкций эксплуатируемых зданий. – М.: Стройиздат, 1985. – 175с.
 45. Руководства по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения). –М.: Стройиздат, 1987. – 132 с.
 46. Смирнов С.Б. Причины разрушения "сейсмостойких" железобетонных зданий и принципы эффективной сейсмозащиты // Бетон и железобетон. 1994. № 3. с. 22 – 25.
 47. Соколов В.К. Реконструкция жилых зданий. –М: Стройиздат, 1982. – 204 с.
 48. Технические указания по организации профилактического текущего ремонта жилых крупнопанельных зданий. – М.: Стройиздат, 1981. – 112с.
 49. Улицкий И.И. Теория и расчет железобетонных конструкций с учетом длительных процессов. – Киев: Будивельник, 1967. – 322 с.
 50. Шпете Г. Надежность несущих строительных конструкций / Пер. с нем. – М.: Стройиздат, 1994. – 288 с.
 51. Черепанов Г.П., Ершов Л.В. Механика разрушения. –М.: Машиностроение, 1977. – 224с.
 52. Шестериков В.И. (руководитель разработки) Методика расчетного прогнозирования срока службы железобетонных пролетных строений автодорожных мостов. –М.: Росавтодор, 2004.

Mundarija

Kirish	3
BOB IV. Temirbeton elementlarni hisoblash	8
4.1. Egiladigan temirbeton elementlar normal kesimining mustahkamligini hisoblash	8
4.2. Egiladigan temirbeton elementlar qiya kesimining mustahkamligini hisoblash	15
4.3. Siqiladigan temirbeton elementlar mustahkamligini hisoblash	20
4.4. Cho'ziladigan temirbeton elementlarni mustahkamligini hisoblash.....	27
4.5. Temirbeton elementlarning yoriqbardoshligini hisoblash	31
4.6. Egiladigan temirbeton elementlarning deformatsiyasini hisoblash.....	36
4.7. Chegaradan (loyihadan) tashqaridagi yuk va ta'sirlar ostidagi temirbeton konstruksiyalar	39
 BOB V. Temirbeton elementlarni sinish mexanikasi parametrlaridan foydalanib hisoblash.....	 48
5.1. Temirbetonning noxiziqli xossalarini hisobga olgan holdagi qarshiligi.....	48
5.2. Materiallarning mustahkamlik nazariyalari.....	53
5.3. Kuchlanishlarning jadallik koeffitsienti	58
5.4. Sinish mexanikasining asosiy parametrlariga turli omillarning ta'siri	62
5.5. Temirbeton elementlarni sinish mexanikasi parametrlaridan foydalanib hisoblashning zamonaviy usullari	67
5.6. Egiladigan temirbeton elementlarni sinish mexanikasi parametrlaridan foydalanib hisoblash misollari	71
5.7. Temirbeton konstruksiyalarni chet el me'yorlari bo'yicha loyihalashning o'ziga xos xususiyatlari	80

BOB VI. Konstruksiyalar, bino va inshootlar	
ishonchliligi va uzoq muddat xizmat qilishi.....	85
6.1. Asosiy tushunchalar.....	85
6.2. Mustahkamlik tamoyillari va mezonlari.....	89
6.3. Ishonchlilik va uzoq muddat xizmat qilishga ta'sir qiladigan omillar.....	95
6.4. Zamin, fundament va konstruksiyalarga ko'rsatiladigan yuklar va noxush ta'sirlar	101
6.5. Talab darajasidagi ishonchlilik va uzoq muddat ishlashni ta'minlash	102
6.6. Konstruksiya, bino va inshootlarning samaradorligi, ishonchliligi va uzoq muddat ishlashini oshirish.....	108
6.7. Avariylar va avariya olib keladigan vaziyatlarning asosiy sabablari	114
Foydalanilgan adabiyotlar	116

**Choriqul Salixovich Raupov,
Saidxon Salixonovich Salixonov**

**TEMIRBETON KONSTRUKTSIYALARNI LOYIHALSHNING
ILMIY ASOSLARI**

O'quv qo'llanma

Qism II

Muharrir: Qayumova H.T.
Texnik muharrir va sahifalovchi: Tashbaeva M.X.

Nashrga ruxsat etildi 22.04.2013 y.
Qog'oz bichimi 60×84/16. Hajmi 7,9 b.t.
Adadi 7 nusxa. Buyurtma №8-2/2013
ToshTYMI bosmaxonasida chop etildi
Toshkent sh., Odilxo'jaev ko'chasi, 1 uy

Toshkent temir yo'l muhandislari instituti, 2013y.