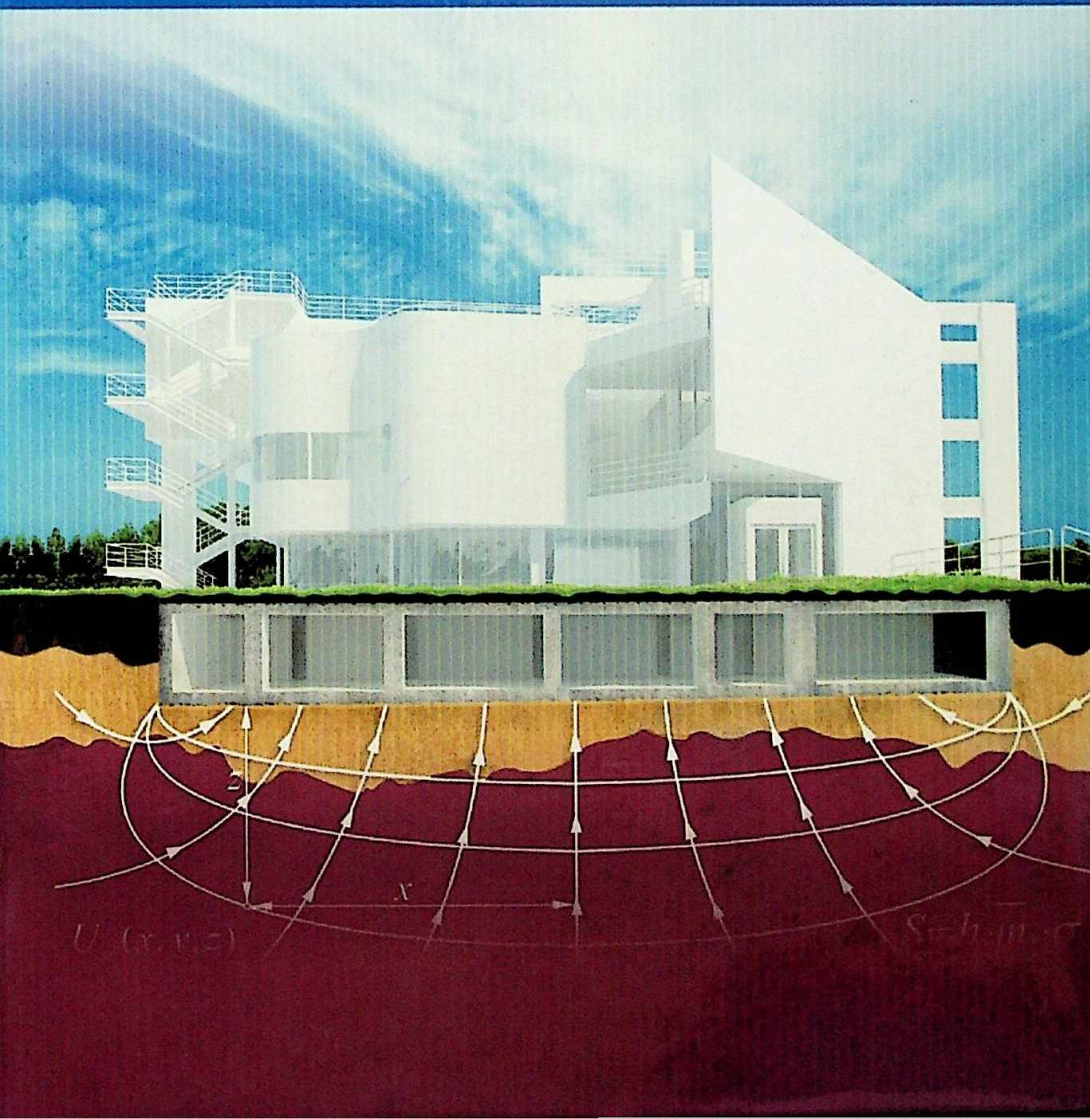


55.624.13
R-25

Hidoyatov Z.D.

GRUNTLAR MEXANIKASI, ZAMIN VA POYDEVORLAR



55.624.13
R-25

12/13

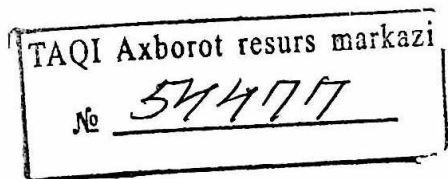
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
TOSHKENT ARXITEKTURA QURILISH INSTITUTI

Hidoyatov Z.D.



Gruntlar mexanikasi, zamin va poydevorlar

O'quv qo'llanma
(I-qism)



Toshkent-2019

UDK 624.131.

Mualliflar: Hidoyatov Z.D.

Gruntlar mexanikasi, zamin va poydevorlar o'quv qo'llanma

Mazkur o'quv qo'llanma «Gruntlar mexanikasi, zamin va poydevorlar» fani dasturi asosida yozilgan bo'lib, unda bino va inshootlar zaminlarini loyihalash va hisoblashning asosiy qoidolari berilgan.

Bino va inshootlar zaminlarining deformatsiyalanish masalalari va cho'kishini aniqlash usullari ko'rib chiqilgan.

Bu fanning maqsadi – talabalar tomonidan zaminlar sohasida bilimlarini mukammal egallashdan iborat.

Fanning vazifasi – talabalar tomonidan nazariya va amaliyotning saviyalarini ifodalovchi bilimlar majmuasini egallash, zaminlarni loyihalashni bilishdan iboratdir. Fanni o'rganish talabalarda olingan bilim ko'nikma (malaka)larni bino va inshootlarni loyihalash va qurish sohasida amaliy masalalarni erkin yechishga yo'naltirilgan bo'lishi kerak.

O'quv qo'llanma 5340200 – “Bino va inshootlar qurilishi”, 5111000 – Kasb ta'limi(5340200 – “Bino va inshootlar qurilishi”), 5340300 – “Shahar qurilishi va xo'jaligi”, 5111000 – Kasb ta'limi (5340300 – “Shahar qurilishi va xo'jaligi”), 5340700 – “Gidrotexnika qurilishi”, 5312000 – “Neft-gazni qayta ishlash sanoati abektlarini loyihalashtirish va qurish” hamda 5610100 – “Xizmatlar sohasi” (Uy-joy va kommunal, maishiy xizmatlar) ta'lim yo'nalishlari talabalari uchun mo'ljallangan.

Taqrizchilar:

I.I. Usmonxo'jayev, t.f.n. (“O'ZGASHKLITI”).

X. Fayziyev, t.f.n. prof. (TAQI).

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2018 yil, 7-dekabrda 1000-sonli buyrug'iga asosan o'quv qo'llanma sifatida nashr etishga ruxsat berildi.

©TAQI-2018

MUQADDIMA

1. Gruntlar haqida asosiy ma'lumotlar

Har qanday muhandislik inshooti mustahkam va turg'un holatini hamma vaqt o'zgartirmay saqlashi, shuningdek, shakl o'zgarishi jihatidan unga qo'yiladigan talablarga ham javob berishi maqsadga muvofiqdir. Aks holda ular zamindagi gruntida yuz beradigan o'zgarishlar natijasida buzilishi, o'tirishi, buralishi, cho'kishi va shunga o'xshash hollarga turmushdan ko'plab misollar keltirish mumkin. Inshoot loyihasini tuzish, so'ngra uni bunyod etish jarayonida zamin gruntlariga oid turli tuman muammolar yuzaga keladi. Ularni to'g'ri hal etish masalasi bilan «Gruntlar mexanikasi» fani shug'ullanadi. Gruntlar mexanikasi, unda gruntlarning turlari, tarkibi, xossalari, mustahkamlik, shakl o'zgarish ko'rsatkichlari, gruntlarning zamin tarkibidagi vazifasi, ularni hisoblash hamda loyihalash va boshqa ko'plab masalalar o'rganiladi.

Grunt – yer kurrasi yuqori qatlami (litosfera) tashkil etgan yaxlit tog' jinslari va ularning nurashidan hosil bo'lgan barcha maydalangan tog' jinslari. Binolar uchun zamin, ba'zi inshootlar uchun xom ashyo sifatida foydalaniladigan tog' jinslari grunt deb ataladi.

Poydevor–bino va inshootlardan tushayotgan, ularning xususiy og'irliklaridan va tashqi ta'sir kuchlaridan paydo bo'lgan yuklarni zaminga o'tkazadigan, inshoot yoki binoning yer ostida joylashgan qismi tushuniladi.

Poydevordan tushayotgan bosimni qabul qiluvchi grunt qatlami *zamin* deb ataladi. Zaminlar ikki turga bo'linadi: tabiiy va sun'iy. Tabiiy zaminda grunt tabiatda qanday bo'lsa, hech qanday o'zgartirilmay foydalaniladi, sun'iy zaminda esa inshoot barpo etilgunga qadar grunt turli usullar yordamida zichlanadi yoki qotiriladi. Gruntlarning paydo bo'lishi bir necha ming yillar bilan o'lchanadi. Bu jarayon murakkab bo'lib fizikaviy, kimyoviy nurash va unga biologik muhitning ta'sirini o'z ichiga oladi. Grunt maydalangan jinslardan va zarrachalardan tashkil topganligi tufayli g'ovaklikka egadir. G'ovaklik grunt zarrachalari orasidagi

bo'shlikdir. Gruntlar nuraganligi va maydalanganligi sababli qattiq jismlardan va qoya toshlardan tubdan farq qiladi.

Gruntlarni tashkil etgan minerallar, qattiq zarrachalar bir – birlari bilan o'zaro bog'langan bo'ladi. Bunday struktura bog'lanishlarning mustahkamligi mineral zarrachalar mustahkamligiga nisbatan juda kichikdir.

Poydevorlar qiymati o'rta hisobda inshootlar qiymatining 12% ini tashkil etadi, mehnat sarfi ko'pincha umumiy mehnat sarfining 15% ga yetadi va undan ortadi, poydevorlar qurish borasidagi ishlarning davomliligi inshootni qurish muddatining 20% gacha yetadi. Og'ir grunt sharoitlarida bu ko'rsatkichlar sezilarli darajada ortadi. Binobarin, poydevorsozlik sohasida loyihaviy va texnologik yechimlarni takomillashtirish moddiy resurslar va mehnat resurslarini ko'p miqdorda tejash, binolar va inshootlar qurish muddatlarini qisqartirish imkonini beradi. Gruntlar mexanikasi fani yuqorida aytilgan xususiyatlarga ega bo'lgan muhit, ya'ni gruntlar haqidagi fandır.

Bu fan umumiy geomexanika fanining bir qismidir. U nazariy mexanika, qurilish mexanikasi (qattiq jism mexanikasi va elastiklik va plastiklik nazariyasi) fanlari bilan uzviy bog'liqdir. Bu fanlar qonuniyatlari gruntlar mexnikasi qonuniyatlarini yaratish uchun asos qilib olingan.

1773 – yilda fransuz olimi J.Kulon «Sochiluvchan jismlar» nazariyasini yaratib, gruntlar mexanikasi faniga asos solgan edi.

1985 – yilda professor J.Bussinesk o'zining «Elastik grunt da nuqtaga to'plangan yukdan kuchlanishlarning tarqatishi» nazariyasini yaratib bizning asrimizga qadar shu ikki ta'limot fanimizning asosiy tarkibini tashkil etar edi.

Gruntlar mexanikasi fanining rivojiga katta hissa qo'shgan: N.M.Gersevanov, N.P.Puzorevskiy, V.V.Sokolovskiy, V.G.Brezansev, V.G.Golushkevich, N.A.Sitovich, N.N. Maslov, A.A.Mustafayev, V.I.Krutov, S.B.Uxov, Z.G.Ter-Martirosyan, B.I.Dalmatov, G'O.Mavlonov, H.Z.Rasulov, T.SH.Shirinkulov, T.R.Rashidov, M.YU.Abelev, P.L.Ivanov, O.A.Savinov, D.D.Barkan, N.YA.Denisov, M.I.Gorbunov–Posadov, V.A.Florin, K.E.Yegorov, M.V.Malishev, P.YA.Minayayev kabi olimlarning xizmatlarini tilga olish joizdir.

I BOB. Gruntlar haqida asosiy ma'lumotlar

1.1. Gruntlarning muhandislik-geologik xususiyatlari

Gruntlarning tabiati

Gruntlar tog' jinslarining fizik va kimyoviy nurashi natijasida paydo bo'lgan. Gruntlarning hosil bo'lishi jarayonida ularga turlicha muhit ta'sir etgan. Ular boshdan kechirgan muhitga aloqador holda ularning o'ziga xos xususiyatlari paydo bo'lgan.

Gruntlarning yoshi ming va million yillar bilan o'lchanadi (masalan, kembrey davri gillarining yoshi 500 mln. yilga yaqin).

Gruntlar fizik nurash, issiq—sovuq, bosim va boshqalarning o'zgarishi natijasida sodir bo'lgan.

Gruntlarning hosil bo'lish jarayonida yer yuzasida ishqoriy moddalar yuqori bo'lgan davrlar ham bo'lgan. Bu davrda juda sekin o'tadigan fizik — kimyoviy jarayonlar ham ahamiyatga ega bo'lgan.

Gruntlar paydo bo'lishi sharoitlari va tuzilishiga qarab quyidagilarga bo'linadi:

- quruqlikdagi (kontinental) yotqiziqlar;
- dengiz yotqiziqlar.

Quruqlikdagi yotqiziqlari gruntning o'zi paydo bo'lgan tog' jinslariga nisbatan qanday masofaga ko'chgan, qanday oqim yordamida ko'chirilgan va boshqalarga qarab quyidagilarga bo'linadi:

- elyuvial — birinchi paydo bo'lgan joyidagi yotqiziqlar;
- delyuvial — o'zi hosil bo'lgan joyidagi tepalik yon bag'irlarida joylashgan, faqat o'z og'irligi ta'sirida va atmosfera suvlarining yuvishi natijasida so'riladigan yotqiziqlar;
- allyuvial suv oqimlari yordamida uzoq masofalarga oqizilgan qalin qatlamli yotqiziqlar;
- muzlik yotqiziqlari — muzlik surilishi natijasida harsang loy toshlar va qumoq tuproqlar (morenlar);

- suv muzlik yotqiziqlari — qumlar va shag‘allar;
- ko‘l muzlik yotqiziqlari — qatlam-qatlam (lentasimon) loylar gilli – qum, qumli – gil;
- zol yotqiziqlari — shamol oqimlari yordamida ko‘chirilgan lyossimon gruntlar, qum tepaliklar, qum barxanlari

Ko‘rinishi har xil bo‘lishi mumkin. masalan, kaolin mineralining ko‘rinishi likopsimon (mikroskopda) bo‘ladi.

Grunt tarkibidagi suv suyuq, qattiq (muz) va gaz (bug‘) holatlarida bo‘lishi mumkin. Qattiq mineral zarrachalar va suvning bir – biriga yaqinlashuvi o‘zaro elektromolekular tortishuv kuchlari ta’sirida paydo bo‘ladi. Grunt zarrachalari qanchalik mayda bo‘lsa, uning solishtirma yuzasi shunchalik katta bo‘ladi.

1.2 Gruntlarning struktura bog‘lanishlari

Gruntlarda uch xil struktura bog‘lanishlari bo‘ladi. yuqorida ta’kidlaganimizdek, grunt mayda zarrachalardan iborat murakkab sistemadir.

Bu zarrachalarni bir—biriga biriktirib turgan bog‘lanishlar ularning tarkibidan gilli zarrachalar turlariga, miqdoriga, ularning tuzilishiga hamda grunt tarkibidagi kimyoviy birikmalarning xususiyatlariga bog‘liq.

Bog‘lanishlar ikki turga bo‘linadi:

– kolloidl–suvli (bularga koagulyatsion va kondensatsion), plastik, yumshoq bog‘lanishlar bo‘lib, buzilgandan so‘ng ham ma’lum darajada qayta tiklanishi mumkin;

– *bikir bog‘lanish (kristallizatsion)* – mo‘rt, juda qattiq va buzilgandan so‘ng qayta tiklanmaydigan bog‘lanishdir, ular suvga chidamli va chidamsiz bo‘lishi mumkin.

Struktura bog‘lanishlarning yuzaga kelishi uzoq davom etuvchi jarayon bo‘lib, u tog‘ jinsining shakllanishi butun tarixi mobaynida rivojlanadi. Qoyatosh gruntlarga qattiq *kristallizatsion bog‘lanishlar* xos bo‘lib, ularning energiyasini ayrim atomlar kimyoviy bog‘lanishining kristallar ichki energiyasi bilan tenglashtirish mumkin.

Shu sababli kam yoriqli qoyatosh jinslari bloklari o'ta mustahkamligi va deformatsiyalanish darajasining pastligi bilan ajralib turadi. Buzilgan kristallizatsion bog'lanishlar tiklanmaydi – jins bloklari yoriqlar bilan alohida–alohida bo'laklarga ajratiladi. Tabiiy yotish sharoitida qoyatosh gruntlar mustahkamlik darajasining pasayishi va deformatsiyalanishining kuchayishi, avvalo ularning seryoriqligi bilan belgilanadi.

Birinchi tariflangan bog'lanishlar gruntlarda ta'sir e'tuvchi elektromagnit xususiyatga ega bo'lgan elektromolekular kuchlarga asoslanadi.

Koagulyatsion bog'lanishlar zarrachalarning suvdagi holatida elektromagnitlar mavjud bo'lsa, ya'ni kolloidlarning quyuqlashuvida vujudga keladi.

Kondensatsiya bog'lanishlari mineral zarrachalarning bir biriga bevosita tekuncha koagulyatsiya strukturalarining zichlashishida va gillarning polimerlanishi natijasida hosil bo'ladi. Ya'ni, koagulyatsion bog'lanishlar namligi katta gruntlarda, kondensatsion bog'lanishlar esa kam namli, quruq gruntlarda o'z ifodasini topadi.

Bikir bog'lanishlar mineral zarralarning bir–biri bilan kimyoviy birikmalar, ya'ni kremniy, temir oksidlari va boshqa kristallar yordamida bog'lanadilar.

1.3 Lyoss, gil, muzlagan gruntlarning muhandis–geologik xususiyatlari.

Lyossimon gruntlar

Lyoss gruntlari Ukraina, Markaziy Qrim, Shimoliy Kavkaz, Volgabo'yida, Belarusning bir qismida keng tarqalgan. Markaziy Osiyo, Kavkazorti, G'arbiy Sibirning keng hududlari ham lyoss gruntlari bilan qoplangan. Osiyoning aksariyat quruq iqlimli mamlakatlari (Mongoliya, Xitoy, Afg'oniston, Eron va b.) tekislik hududlari ham lyoss gruntlaridan tarkib topgan. Lyoss qatlamining qalinligi bir necha metrdan 20...30 m ga yetadi, ba'zan undan ham ortadi.

Lyoss gruntlari tarkibi, tuzilish va tekstura belgilari, binobarin, mexanik xossalriga ko'ra boshqa barcha tog' jinslaridan sezilarli darajada farq qiladi. Lyoss gruntlarining qattiq zarralari 80...90% ga kvars, dala shpati va eruvchan

minerallardan tarkib topadi. Yiriklik jihatidan qattiq zarralarning 60% gacha, ba'zan hatto 90% gacha bo'lgan miqdori changsimon, qolganlari – loyli, oz qismigina qumli fraksiyalarga kiradi. Granulometrik tarkibi va yumshoqlik soniga ko'ra lyoss gruntlari changsimon loyli – qumlar va qumli loylarga kiradi. Lyoss gruntlarining namligi tabiiy holatda odatda 0,08...0,16 dan oshmaydi, namlik darajasi $S_r < 0,5$.

Lyossimon gruntlar strukturasi turg'un bo'lmagan gruntlar guruhiga kiradi. Ular namligining oshishi natijasida zarrachalararo bog'lanishlarning keskin susayishi va strukturasi buzilishi kuzatiladi. Bu xol poydevor zaminida joylashgan gruntlarda va ayrim hollarda tabiiy holdagi gruntlarda ham uchraydi. Struktura buzilishi gruntlarda qo'shimcha cho'kish paydo bo'lishiga olib keladi.

«Lyoss» so'zini 1923- yil Leonard atama sifatida fanga olib kirdi. Bunday gruntlar xalqimiz tomonidan uzoq yillardan buyon «sog'» tuproq deb yuritiladi.

Professor G'.O.Mavlonov o'ta cho'kuvchan gruntlarning muhandis – geologik xususiyatlarining asosiylari deb quyidagilarni keltiradi:

1. Sarg'ish, oq sarg'ish rangli.
2. G'ovakligi 46-59%.
3. Tarkibida K , Mg tuzlari 5% dan ortiq.
4. Qum va tosh aralashmalarining holi.
5. Changsimon zarrachalar (0,05 – 0,01 mm) 50% ko'p.
6. Yorilganda tik devorlar hosil qiladi.
7. Suv ta'sirida cho'kadi.
8. Suv o'tkazuvchanligi yuqori.

9. Bog'lovchi moddalar suvda eriydi, iviydi, quriganda mustahkamligi oshadi.

10. Suvda eriydigan tuzlari ko'p. Bunday gruntlar yer kurrasining 13 mln. km^2 maydonini egallagan.

G'.O.Mavlonovning ta'riflashicha Markaziy Osiyo lyoss va lyossimon tog' jinslarining tarqalishi va minerologik tarkibini aniq misollarda ko'rsatgan, ya'ni ular tog' yon barg'irlarida, Mirzacho'lda, shimoliy Toshkent hududlarida,

Chirchiq, Ohangaron, Qashqadaryo, Vaxsh daryosi vodiylarida va boshqa katta hududlarda keng tarqalgan bo'lib, har xil qalinlikka ega. Cho'kuvchi gruntlar qatlamining qalinligi 5 – 10 metrdan ortiq bo'lib, ba'zi yerlarda 30 metrgacha yetadi. Xitoy hududida 450 metrgacha yetadi. Lyoss va shu kabi o'ta cho'kuvchan gruntlar struktura tuzilishining asosiy sabablari ularning struktura bog'lanishlarining suvga chidamliligi va g'ovaklarning yuqoriligidir. Ularning paydo bo'lishi hozirgacha bahsli hisoblanib kelinmoqda.

O'ta cho'kuvchanlikni laboratoriyada kompressiya asbobida aniqlanadi:

$$\varepsilon_{np} = \frac{h - h_1}{h} > 0,01 \quad (1.1)$$

Namlanish natijasida gruntlarning mustahkamligi keskin kamayadi, (φ va c) ularni 2 toifaga ajratiladi.

I-tur. zaminda tashqi kuch ta'siri ostida va xususiy og'irligi ta'sirida sodir bo'ladigan cho'kish miqdori 5 sm dan oshmaydi.

II-tur. tashqi yuk va xususiy og'irligidan sodir bo'ladigan cho'kish 5 sm. dan ortiq.

Tabiiy namlik sharoitida lyoss gruntlari sementatsion bog'lanishlar hisobiga ancha mustahkam bo'ladi va balandligi 10 m gacha va undan ortiq tik qiyaliklarni ko'tarib turishga qodir. Lyosslarning namlanishi sementatsion bog'lanishlarning erishi va uning makrog'ovakli teksturasi buzilishiga olib keladi. Bu gruntning mustahkamligi tez yo'qolishi, zichlikning ko'p miqdorda va tez rivojlanuvchi deformatsiyalanishi – *o'ta cho'kishiga* sabab bo'ladi. Shu sababli lyoss gruntlari *o'ta cho'kuvchan* gruntlar deb ataladi.

Muzlagan va abadiy muzlagan gruntlar. 0°C dan past temperaturada, odatda, g'ovakdagi suvning bir qismi qattiq faza – muzga o'tishi munosabati bilan gruntlar o'z xossalarini butunlay o'zgartiradi.

Barcha turdagi gruntlar, agar ular manfiy temperaturaga ega va tarkibida muz mavjud bo'lsa, *muzlagan* gruntlar qatoriga kiradi. Tabiiy sharoitda ko'p (uch va undan ortiq) yillar mobaynida muzlagan holatda uzluksiz (erimasdan) turgan gruntlar *abadiy muzlagan* gruntlar deb ataladi.

Muzlagan va abadiy muzlagan gruntlar ularda muz bilan birikish bog'lanishlari mavjudligi tufayli manfiy temperaturada juda mustahkam va kam deformatsiyalanuvchi tabiiy tuzilmalar hisoblanadi. Biroq temperatura ko'tarilgan yoki pasaygan taqdirda (hatto temperaturaning manfiy qiymatlari sohasida ham) muzning bir qismi erishi yoki g'ovaklardagi suvning bir qismining muzlashi hisobiga ularning xossalari o'zgarishi mumkin. G'ovaklardagi muz eriganida muz bilan birikish tarkibiy bog'lanishlari juda tez buziladi va kuchli deformatsiyalanish yuz beradi. Bunda abadiy muzlagan gruntlarning ko'pgina turlari, ayniqsa o'ta muzlagan changsimon-loyli gruntlar suyuq holatga o'tishi mumkin. Muzlagan gruntlar temperatura holatining o'zgarishi ularning fizik xossalari, binobarin, mexanik xossalari ham jiddiy o'zgarishlar yuz berishiga olib keladi.

Muz eriganida o'ta cho'kuvchanlik muzlagan gruntlarning muhim xususiyati bo'lib, bu mazkur gruntlarda inshootlar qurilganida kuchli deformatsiyalanish yuz berishiga sabab bo'lishi mumkin.

Ko'pchuvchan gruntlar. Ko'pchuvchan gruntlar Volgabo'yi, Kavkazorti, Qozog'iston va Qrim hududlarida uchraydi. Ular Misr, Janubiy Afrika Respublikasi, Manyam, AQSH va boshqa mamlakatlarda keng tarqalgan. Hindistonda, masalan, mamlakat hududining taxminan 30% ko'pchuvchan gruntlardan tarkib topgan.

Ko'pchuvchan gruntlar qatoriga gidrofil loyli minerallar (montmorillonit, kaolinit, gidroslyudlar) miqdori ko'p va tabiiy holatda namlik darajasi past ($w < w_p$) bo'lgan loyli gruntlar kiradi.

Oquvchanlik va qotish chegarasida namlik qiymatlari bu gruntlarda ancha katta. Ko'pchuvchan gruntlarga keluvchi nam loyli zarralar sirtida adsorbsiyalanib, gidrat qobiqlar hosil qiladi. Zarralarning dastlabki nisbatan yaqin joylashuvida gidrat qobiqlar ta'sirida ular siljib, grunt hajmining ortishiga sabab bo'ladi. Suvning bir qismi loyli minerallarning kristallari ichiga kirib, u ham grunt hajmining ko'payishiga olib keladi. Ko'pchuvchan gruntlar namligi kamayganida ularning kirishishi yuz berib, keng deformatsiyalanishga sabab

bo'ladi. Shunday qilib, ko'pchuvchan gruntlar namlanganida *ko'pchishi* (hajmining ko'payishi) va quriganida *kirishishi* (hajmining qisqarishi) bilan ajralib turadi.

Gruntlarning namlanishiga sizot suvlar sathining ko'tarilishi, gruntдан suvning bug'lanish tabiiy sharoitlari buzilishi tufayli inshoot ostiga qo'shimcha suv to'planishi va hokazolar sabab bo'lishi mumkin. Grunt namligining kamayishi odatda texnologik omillar yoki iqlim omillari bilan belgilanadi.

Ko'pchish qobiliyatiga ega bo'lmagan ayrim gruntlar tabiiy suv tushib namlanganida suv tarkibida kimyo, metallurgiya korxonalari va boshqa korxonalarning texnologik chiqindilaridan iborat tuz eritmaları mavjud bo'lgan holda ko'pchish xossasini kasb etadi. Bu hodisa ko'pincha «kimyoviy ko'pchish» deb ataladi.

Ko'pchuvchan gruntlar namligining ortishi ularning ustida joylashgan poydevorlar ko'tarilishi va qoziqli poydevorlarda manfiy (salbiy) ishqalanishning rivojlanishiga olib keladi. E.A.Sorochan zamin gruntlari ko'pchiganida ayrim qurilmalarning ko'tarilishi 580 mm ga yetgan hollarga misollar keltiradi. Grunt quriganidan so'ng uning kirishishi inshootlar cho'kishiga sabab bo'ladi. Ayrim hollarda ko'pchishning gorizontál bosimi ham qurilmalarning yer osti elementlariga xavf soladi.

Kam namlangan loyli gruntlar. Ularga odatda loyqalar, serqatlam loylar, suvga to'yingan lyoss gruntlari va loyli gruntlarning ayrim boshqa turlari kiradi. Bunday gruntlar tabiiy holatda serg'ovakligi, suvga to'yinganligi, uncha mustahkam emasligi va o'ta shakl o'zgaruvchanligi bilan tavsiflanadi.

Mikrobiologik jarayonlar mavjud bo'lgan holda yuzaga kelgan suv havzalarining suvga to'yingan hozirgi cho'kindilari *loyqalar* deb ataladi (dengiz, ko'rfaz, ko'l, daryo, botqoq loyqalari). Loyqalar namligi oquvchanlik chegarasidagi namlikdan katta bo'ladi ($w > w_L$), g'ovaklik koeffitsiyenti $e \geq 0,9$.

Loyqalar o'z tarkibiga ko'ra boshqa loyli gruntlardan tabiiy qoldiqlar miqdorining ko'pligi bilan ajralib turadi. Bu qoldiqlar jinsning tabiiy mustahkamlanish jarayonida asta – sekin chiriydi, kislorod yo'li to'siq bo'lgan

holda bu ko'p yillar davom etadi. Tabiiy qoldiqlar hamda ular va suv bilan ekologik jihatdan yagona tizimga birikkan mikroorganizmlar loyqalarga alohida xossalar baxsh etadi. Boshqa loyli cho'kindilar kabi, loyqalarda ham loyli va changsimon fraksiyalar ko'p miqdorda mavjuddir. Ba'zan ular da mayda qumli fraksiya ham mavjud bo'lishi mumkin. Yirikroq bo'laklar deyarli mavjud bo'lmaydi. Har qanday loyqaning asosiy massasini tashkil etuvchi kvars, dala shpatlari va loyli minerallar bilan bir qatorda dengiz, ko'rfaz loyqalari va ayrim boshqa loyqalarda g'ovakdagi eritma tarkibida yoki kristall tarzida eruvchan minerallar ham mavjud bo'ladi. Tabiiy tuzilmalar loyqalarda massaning 2...12% ni tashkil etadi.

Loyqalar suv havzalari tubida, bevosita suv ostida yoki qumli cho'kindilarning yupqa qatlami ostida yoki torf ostida joylashadi. Loyqaning qalinligi 10 m ga, ba'zan bir necha o'n metr ga yetishi mumkin. So'nggi holda chuqurlikda loyqalarning zichlashishi va mustahkamlanishi yuz beradi. Ular 30...50 m chuqurlikda asta – sekin oquvchan–yumshoq konsistensiyali normal loyli gruntga o'tadi. Chuqurlikda loyqa nafaqat zichlanadi, balki unda tabiiy qoldiqlar miqdori ham kamayadi.

Loyqalarning o'ziga xos xususiyati shundaki, buzilmagan holatda ularning tarkibiy mustahkamlik darajasi uncha katta bo'lmaydi. Loyqalarga tarkibiy mustahkamlik darajasidan past bosimlar tushishi faqat grunt skeletining tarang deformatsiyalanishiga sabab bo'ladi. Tarkibiy mustahkamlik darajasidan ortiq statik zo'riqishlar va ayniqsa dinamik zo'riqishlar ta'sirida loyqalar strukturasi oson buziladi. Biroq vaqt o'tishi bilan loyqalardagi suvli–kolloid bog'lanishlar tiklanadi va zichlangan loyqa grunt mustahkamlanadi.

Torf va torflashgan gruntlar. Torflar past tekislikda joylashgan botqoq-o'rmonzor, tundra va tayga hududlarida (Belarus, Boltiqbo'yi, Shimol, G'arbiy Sibir) keng tarqalgan. Sirtidan torf och qo'ng'irdan to'q qo'ng'ir va qora ranggacha bo'lgan nam holatda yumshoq tuproqsimon massadir.

Torf deb 50% dan ko'prog'ini botqoq o'simliklarining qoldiqlari tashkil etuvchi tabiiy mineral cho'kindilarga aytiladi.

Torf va torflashgan gruntlarning holati va xossalari asosan gumusga o'tuvchi tabiiy qoldiqlarning chirish darajasi va ularda mavjud noorganik minerallarning nisbiy miqdori bilan belgilanadi. Tarkibidagi tabiiy qoldiqlarning chirish darajasi ortishi bilan torfda gumus miqdori ko'payadi. Torfning zichligi odatda $1...1,2 \text{ g/cm}^3$ dan oshmaydi, namligi esa bir necha birlikka yetadi. Tabiiy sharoitda torf va torflashgan gruntlar, odatda, suvga to'yingan holatda bo'ladi.

Torflar eng siqiluvchan gruntlar qatoriga kiradi. Torflarda bog'lovchi suv miqdori ko'pligi tufayli torfdan iborat yoki tarkibida torflashgan gruntlar mavjud zaminlarning cho'kishi juda sust rivojlanadi. Torf va torflashgan gruntlarning yuk ko'tarish qobiliyati ham uncha katta emas. Shu sababli tarkibida torflashgan gruntlar mavjud qatlamlar inshootlar zaminlarining eng nomaqbul tiplaridan biri hisoblanadi.

Sho'rlangan gruntlar. Sho'rlangan gruntlar Qozog'iston, Markaziy Osiyo, Ozarbayjon, Ukraina va shimoliy dengiz bo'yi hududlarida keng tarqalgan.

Sho'rlangan gruntlarga ma'lum miqdorda oson va o'rtacha oson eriydigan tuzlarga ega bo'lgan yirik toshli, qumli va changsimon – loyli gruntlar kiradi.

Natriy, kaliy va magniyning xlorli, oksidlangan va karbonatli tuzlari (galit NaCl , soda NaCO_3 , mirabilit NaSO_4 v b.) oson eriydigan tuzlar, kalsiy sulfati (gips) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, angidrit CaSO_4 , kalsit CaCO_3 va boshqalar – o'rtacha oson eriydigan tuzlar hisoblanadi.

Sho'rlangan gruntlar ustida qurilish qilishning asosiy xavfi siziluvchi suvlar bilan birga tuzlarning yuzaga chiqishi (kimyoviy suffoziya), grunt teksturasining buzilishi va buning natijasida notekis o'ta cho'kishlar rivojlanishi bilan bog'liq. Siziluvchi suv yuviluvchi sho'r eritmasiga aylanadi va metall bilan betonga nisbatan agressivlik kasb etadi.

To'kilgan gruntlar. Insonning qizg'in xo'jalik faoliyati cho'kindilarning alohida turi – to'kilgan gruntlar hosil bo'lishiga olib keldi.

To'kilgan gruntlar qatoriga tabiiy tuzilishi buzilgan tabiiy gruntlar, shuningdek ularning to'kilishi yoki yuvilishi natijasida hosil bo'lgan sanoat ishlab chiqarishining mineral chiqindilari va qattiq maishiy chiqindilar kiradi.

1 mln. aholi yashaydigan shahar faoliyati tabiiy minerallardan iborat chiqindilar yuzaga kelishi bilan bog'liq bo'lib, ular har yili taxminan 40 ga hududda qatlarning qalinligi ikki metr bo'lgan uyumlarga to'kiladi. Shunday qilib, insonning konchilik – texnika, muhandislik – qurilish va xo'jalik faoliyati natijasida to'kilgan gruntlarning hosil bo'lish va jamlanish hajmlari geologik hodisalar miqyosi bilan tenglashdi.

To'kilgan gruntlar egallagan hududlar odatda sobiq jarliklar, hovuzlar, botqoqlar, daryolarning qurigan o'zanlari va shu kabilardan iborat. Grunt to'kiluvchi joylar relyefi, odatda, o'ta qirqilgan bo'ladi, shu sababli to'kilgan gruntlar qatlamlarining qalinligi ancha notekisligi bilan tavsiflanadi. Bundan tashqari, to'kilgan gruntlar ostida boshqa bo'sh grunt turlari yotishi mumkin.

To'kilgan gruntlarda har xil fizik, fizik–kimyoviy, biologik va boshqa jarayonlar asta–sekin yuz beradi. Ular, bir tomondan, to'kilgan gruntlar o'z – o'zidan zichlanishi, mustahkamlanishiga, boshqa tomondan – ayrim agregatlar va ayrim zarralar chirishi va parchalanishiga, ya'ni mustahkamligining kamayishiga olib keladi. Shu sababli to'kilgan gruntlarga noturg'un tuzilishga ega gruntlarning boshqa turlarini ko'rib chiqish paytida yuqorida qayd etilgan xususiyatlarning aksariyati u yoki bu darajada xosdir.

1.4 Gruntlarning tasniflanishi

Gruntlarni ayrim tabaqalarga ajratish uchun ularni sinflarga bo'lish kerak. Gruntlarning tasniflanishi ЎзPCT 25100 – 95 asosida bajariladi. Undagi ko'rsatmalarga muvofiq gruntlar tashkil etuvchi donalarning va zarrachalarning o'lchamlari kattaliklariga va belgilangan kattalikdagi zarrachalarning miqdoriga qarab tiplarga tasniflanadi.

Gruntlarning granulometrik tarkibiga qarab ko'p jinsligi quyidagicha aniqlanadi:

$$C_r = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1.2)$$

Ko'p jinslilik darajasi bilan baholanadi, bu yerda d_{60} shunday diametrki, grunt tarkibidagi 60 % zarrachalar (og'irlik bo'yicha) o'lchami shu diametrdan kichikdir. d_{10} – bu shunday diametrki, grunt tarkibidan 10% zarrachalar (og'irlik bo'yicha) o'lchami shu diametrdan kichikdir. K qancha kam bo'lsa, grunt bir jinslilikka yaqin bo'ladi.

Agar $C_u > 3$ bo'lsa, qumli gruntlarga shag'alli, yirik va o'rtacha yiriklikdagi degan nomlarga "ko'p jinsli" so'zi qo'shiladi. Qumli gruntlar zichligiga qarab:

1.1-jadval

Qumli gruntlar turining tavsifi

Qum turi	Tuzilishining zichligi		
	Zich	O'rtacha zich	G'ovakli
Shag'al aralash, yirik va o'rtacha donali qumlar	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,7$	$e > 0,7$
Mayda qumlar	$e < 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,75$
Changsimon qumlar	$e < 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,8$	$e > 0,8$

Aksariyat hollarda muayyan gruntni ma'lum turga yoki tur xiliga asosli ravishda mansub deb topish grunt qurilish xossalarining dastlabki hisob-kitoblarda foydalaniladigan taxminiy ko'rsatkichlarini aniqlash imkonini beradi. Yaxshi o'rganilgan hududlarda tasniflash yo'li bilan topilgan ko'rsatkichlar ko'pincha oddiy inshootlarni aniq hisoblashni amalga oshirish va ularni loyihalash uchun kifoya qiladi.

Gruntlarning to'la tasnifi O'z RST 25100–95 da keltirilgan. quyidagi yirik toshli, qumli va changsimon–loyli gruntlarning qurilishda foydalaniladigan sodd tasnifi keltirilgan. Gruntlarning ayrim tur xillarini farqlashning mufassalroq belgilarini kursning tegishli bo'limlarida ko'rib chiqamiz.

Yirik toshli gruntlar tasnifi. Grunt tipining nomi u yoki bu yiriklikdagi zarralarning umumiy massasidagi nisbiy miqdori bo'yicha aniqlanadi. Yirik toshli grunt to'ldirgichida (2 mm dan katta zarrachalar olib tashlanganidan so'ng

qolgan zarralar orasida) qumli zarralar quruq grunt umumiy massasining 40% dan ortiqroq, changsimon yoki loyli zarralar – 30% dan ko‘proq bo‘lsa, yirik toshli grunt nomiga to‘ldirgich nomi qo‘shiladi (masalan, qumli, changsimon yoki loyli to‘ldirgichdan iborat shag‘alli grunt).

Namlik darajasiga qarab yirik zarrachali gruntlarning quyidagicha farqlanadi:

Kam namlangan gruntlar $0 < S_r \leq 0,5$

Nam gruntlar $0,5 < S_r \leq 0,8$

Suvga to‘yingan gruntlar $0,8 < S_r \leq 1,0$

Qoyatosh gruntlarni tasniflash ham $\checkmark_3$ PCT 25100–95 yordamida amalga oshiriladi. qoyatosh gruntlarning tiplari ularni tashkil etuvchi jinslarning petrografik tarkibiga ko‘ra, turlari – mazkur jinsning strukturaviy – teksturaviy xususiyatlariga ko‘ra amalga oshiriladi. Qoyamas gruntlardan farqli o‘laroq qoyatosh gruntlarning asosiy ko‘rsatkichi sifatida suvga to‘yingan holatdagi namunalarning bir o‘q bo‘yicha siqilishga nisbatan mustahkamlik chegarasi R_c (MPa)ni oladi. quyidagi qoyatosh gruntlar farqlanadi:

Juda mustahkam . . . $R_c > 120$ Mustahkamlik darajasi pastroq $5 > R_c \geq 3$

Mustahkam. . . . $120 \geq R_c > 50$ Mustahkamlik darajasi past . $3 > R_c \geq 1$

O‘rtacha mustahkam . . $50 \geq R_c > 15$ Mustahkamlik darajasi juda past . $R_c < 1$

Kam mustahkam. . . . $15 \geq R_c \geq 5$

Qoyatosh gruntlar $R_c < 5$ MPa bo‘lgan holda odatda yarim qoya tosh gruntlar deb ataladi.

Muhandislik amaliyotida ko‘pincha qoyatosh jinslar yoriqsimonligining umumiy ko‘rsatkichlaridan foydalaniladi: YOBK – yoriqlar bo‘shligi koeffitsiyenti, M_{yor} – yoriqsimonlik moduli. **Yoriqlar bo‘shligi koeffitsiyenti** deb qoyatosh bloklari hajmiga yoriqlar hajmining nisbatiga aytiladi. Bu ko‘rsatkich rasman qoyamas gruntlarning g‘ovakliligi n ga teng. Biroq odatdagi sharoitlarda qoyamas gruntlar uchun n 0,3 dan 0,5 gacha bo‘lsa, qoyatosh gruntlar uchun YOBK birning yuzdan va hatto mingdan bir ulushlarini tashkil etadi, favqulodda hollarda 0,1...0,15 qiymatiga yetadi.

Yoriqsimonlik moduli – bu qoyatosh grunti ochiq uzunligining har 1 m dagi yoriqlar soni. Bu ko'rsatkich qiymatlarining yuqori chegarasi 100 ga yaqinlashadi, quyi chegarasi esa birning ulushlarini tashkil etadi.

Bu ko'rsatkichlardan foydalanib yoriqsimon qoyatosh jinslarni tasniflashning har xil usullari ishlab chiqilgan.

Qumli gruntlar tasnifi. qumli grunt tipi ham zarralarning katta-kichikligiga qarab aniqlanadi. Zarur holda gruntning turli jinslilik darajasi C_u hisobga olinadi.

Qumli grunt turi g'ovaklik koeffitsiyenti bilan tavsiflanuvchi tuzilishining zichligiga ko'ra aniqlanadi.

Qumli gruntning tur xili namlik darajasiga qarab yirik toshli gruntlar uchun qanday belgilangan bo'lsa, shunday aniqlanadi.

Tabiiy gruntlar har xil kattalikdagi zarralar yig'indisidan tashkil topadi. Faqat dengiz cho'kindilari yaxshi saralangan bo'ladi: dengizning qumli plajida yirik toshli zarralar ham, changsimon–loyli zarralar ham uchramaydi. Daryo qumlarining saralanganlik darajasi pastroq bo'lib, bu yerda nafaqat qumli, balki changsimon–loyli zarralarga ham duch kelish mumkin. Boshqa joylardagi gruntlarning ko'p jinslilik darajasi bundan ham ortiqdir.

Gruntida u yoki bu kattalikdagi zarralarning o'zaro nisbatiga qarab ular uch guruhga ajratiladi: yirik toshli, qumli va changsimon–loyli gruntlar.

Changsimon–loyli gruntlar tasnifi. Yumshoq soniga ko'ra loyli gruntlarning uch tipi: loyli qum – $0,01 \leq I_p \leq 0,07$, qumli loy – $0,07 \leq I_p \leq 0,17$, loy – $I_p > 0,17$ farqlanadi. Agar loyli grunt massasida mavjud yirik toshli zarralar miqdori 15...25% ni tashkil etsa, grunt nomiga shu zarralar nomi qo'shiladi (masalan, shag'al aralash qumli loy, shag'al aralash loyli qum). Bunday zarralar miqdori 25–50% bo'lsa, grunt nomi o'zgaradi: shag'alsimon qumli loy, shag'alsimon loyli qum va h.k.

Loyli gruntning holati oquvchanlik ko'rsatkichi I_L ga ko'ra aniqlanadi:

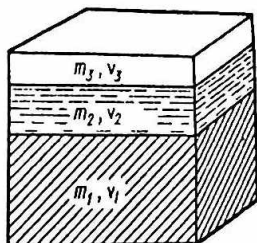
<i>Loyli qumlar uchun</i>	<i>Qumli loylar va loylar uchun</i>
qattiq $I_L < 0$	qattiq $I_L < 0$
yumshoq $0 \leq I_L \leq 0$	yarim qattiq $0 \leq I_L \leq 0,25$

oquvchan $I_L > 0$	tarang yumshoq $0,25 < I_L \leq 0,5$
	o'ta yumshoq $0,5 < I_L \leq 0,75$
	oquvchan yumshoq $0,75 < I_L \leq 1$
	oquvchan $I_L > 0$

Ba'zan loyli grunt ko'rsatkichiga g'ovaklik koeffitsiyentining qiymati ham qo'shiladi.

Gruntning zichlik, namlik va g'ovaklik ko'rsatkichlari

1.1-rasmga qarab alohida elementlarga ajralgan M massali uch elementli gruntning ayrim V hajmini tasavvur qilamiz, bu yerda $V_1, m_1, V_2, m_2, V_3, m_3$ – tegishli ravishda gruntning qattiq, suyuq va gazsimon elementlari hajmi va massasi .



Bu holda, $V = V_1 + V_2 + V_3$; $M = m_1 + m_2 + m_3 \cong m_1 + m_2$, chunki gazsimon element massasi ahamiyatsiz darajada oz bo'lib, aniqlash natijalariga ta'sir ko'rsatmaydi. Shuningdek, $V_2 + V_3$ ichida qisman suv va qisman gaz bo'lgan gruntidagi g'ovaklarning

to'la hajmiga tengdir. Endi gruntning muhim fizik ko'rsatkichlarini aniqlashga kirishish mumkin.

Gruntning zichligi ($g/cm^3, t/m^3$) – grunt massasining uning hajmiga nisbati:

$$\rho = M/V = (m_1 + m_2)/(V_1 + V_2 + V_3). \quad (1.3)$$

Grunt zichligini aniqlash uchun odatda kesuvchi halqa usulida ma'lum hajmda grunt olinadi yoki hajmi undan siqib chiqariluvchi suv hajmiga ko'ra aniqlanuvchi noto'g'ri shakldagi namuna parafinlanadi. So'ngra tarozida o'lchash yo'li bilan grunt massasi halqa yoki parafin og'irligini hisobga olmasdan aniqlanadi.

Inshootga tushuvchi yuklarni va o'z og'irligi ta'siridan zo'riqlashlarni hisoblashda *gruntning solishtirma og'irligi* (kH/m^3) ifodasiga o'tishi lozim:

$$\gamma = \rho g, \quad (1.4)$$

bu yerda: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ – erkin tushish tezlanishi. Gruntning solishtirma og'irligi avvalo qattiq jismlar (V_1) va g'ovaklar ($V_2 + V_3$) egallagan hajmlarning o'zaro nisbati bilan belgilanadi. Eng ko'p tarqalgan qoyamas gruntlar uchun u 13...22 kH/m^3 ni, qoyatosh gruntlar uchun – kH/m^3 ni tashkil etadi.

Gruntning namligi – suv massasining qattiq jismlar massasiga nisbati. U birliklar ulushi, ba'zan foiz hisobida o'lchanadi:

$$w = m_2 / m_1 = (M - m_1) / m_1. \quad (1.5)$$

Namlikni tortish yo'li bilan aniqlash uchun nam grunt massasi M aniqlanadi. So'ngra namuna qattiq zarralar massasi (quruq grunt massasi)ga teng o'zgarmas massa m_1 ga yetgunga qadar 105°C temperaturada qizdiriladi. $M - m_1$ tafovuti gruntni qizdirish jarayonida bug'langan suv massasiga tengdir. Ko'pgina g'ovak gruntlar namligi 0,01...0,4 doirasida o'zgaradi, biroq namligi birdan ancha ortiq bo'lishi mumkin bo'lgan gruntlar (masalan, loyqalar, torflar) ham uchraydi.

Grunt zarralarining zichligi ($\text{g/s}m^3$, t/m^3) grunt qattiq zarralari massasining ularning hajmiga nisbati sifatida aniqlanadi:

$$\rho_s = m_1 / v_1 \quad (1.6)$$

Zarralar zichligi faqat ularning minerallar tarkibiga bog'liq bo'ladi. qoyatosh gruntlar uchun u odatda 2,4 dan 3,3 $\text{g/s}m^3$ gacha, qoyamas gruntlar uchun – 2,4...2,8 $\text{g/s}m^3$ doirasida o'zgaradi. ρ_s ning eng ko'p uchraydigan qiymatlari ($\text{g/s}m^3$): qumlar uchun – 2,65...2,67, loyli qumlar uchun – 2,68...2,72, qumli loylar uchun – 2,69...2,73, loylar uchun – 2,71...2,76.

Zarralarning solishtirma og'irligi γ_s ni zarralar zichligini erkin tushish tezligiga ko'paytirish yo'li bilan olish mumkin.

Gruntning yuqorida keltirilgan asosiy fizik ko'rsatkichlari ρ , w , ρ_s doim eksperimental yo'l bilan aniqlanadi. Ulardan quyida ko'rsatilgan boshqa ko'rsatkichlarni aniqlash uchun foydalaniladi.

Quruq grunt zichligi ρ_d ko'pincha grunt skeleti zichligi deb ataladi va quruq grunt (grunt zarralari) massasining butun grunt hajmiga nisbati sifatida aniqlanadi:

$$\rho_d = m_1 / V_1. \quad (1.7)$$

(1.3) formulasida M va m_1 ni V ga bo'lib hamda (1.1) va (1.5) ifodalaridan foydalanib, shunday yozish mumkin:

$$\rho_d = \rho / (1 + w). \quad (1.8)$$

Quruq grunt (grunt skeleti)ning solishtirma og'irligi (1.9) bog'lanishdagi kabi olinadi:

$$\gamma_d = \rho_d g = \gamma / (1 + w). \quad (1.10)$$

Gruntning g'ovakligi g'ovaklar hajmining butun grunt hajmiga nisbati sifatida aniqlanadi, bu grunt hajmi birligidagi g'ovaklar hajmiga mos tushadi:

$$n = (V_2 + V_3) / V. \quad (1.11)$$

Grunt hajmi birligidagi qattiq zarralarning nisbiy miqdori $m = V_1 / V$ orqali ifodalanadi, bunda

$$m + n = 1. \quad (1.12)$$

n va m kattaliklar odatda biring ulushlarida, ba'zan foiz hisobida o'lchanadi. Aksariyat hollarda qoyamas gruntlarning g'ovakliligi 0,3 dan 0,5 gacha bo'ladi, biroq lyoss va loyqa gruntlar uchun bundan kattaroq qiymatlarga ham yetishi mumkin.

(2.4) va (2.6) formulalaridan foydalanib, osongina $m = \rho_d / \rho$, ni, (2.9) formulasini hisobga olganda esa, quyidagi ifodani olish mumkin:

$$n = 1 - \rho_d / \rho. \quad (1.13)$$

Gruntning g'ovaklik koeffitsiyenti e g'ovaklar hajmining qattiq zarralar hajmiga nisbati $e = n / m = n / (1 - n)$ ga teng bo'lib, bundan:

$$e = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d$$

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + w) - 1 \quad (1.14)$$

Gruntning g'ovaklik koeffitsiyenti ifodasidan:

$$n = e/(1 + e); m = 1/(1 + e) \text{ ni olish mumkin.} \quad (1.15)$$

Gruntning g'ovaklik koeffitsiyenti uning muhim ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi va hisoblashlarda undan bevosita foydalaniladi. Qumli gruntlar uchun g'ovaklik koeffitsiyenti ular tuzilishining zichligini (zarralarning o'zaro birikish zichligini) ancha aniq tavsiflaydi va tasniflovchi ko'rsatkich sifatida qo'llaniladi.

Gruntning «g'ovakligi» va «namligi» tushunchalari bir-biri bilan muayyan darajada bog'liqdir.

Gruntning suvga to'la to'yinganiga, ya'ni barcha g'ovaklar suvga to'lganiga mos tushuvchi namlik tushunchasi — w_{sat} ni kiritamiz. Bu kattalik ko'pincha *gruntning to'la namlik sig'imi* deb ataladi.

Grunt ayrim hajmining barcha g'ovaklarini to'ldirgan suv massasi $m_2 = nV\rho_w$ ga teng bo'ladi, bu yerda ρ_w — suv zichligi. Bu hajmda grunt qattiq zarralari massasi $m_1 = nV\rho_s$. Bunda namlik qiymatidan foydalanib,

$$w_{sat} = e\rho_w/\rho_s \text{ yoki } w_{sat} = e\gamma_w/\lambda_s \text{ ni olamiz,} \quad (1.16)$$

bu yerda: γ_w — suvning solishtirma og'irligi.

Namlik darajasi (suvga to'yinish darajasi) S_r grunt g'ovaklaridagi suv hajmining g'ovaklar hajmiga nisbati sifatida aniqlanadi va grunt namligining uning to'liq namga chidamlilik darajasiga mos tushadi.

Bunda:

$$S_r = w\rho_s/(e\rho_w) \text{ yoki } S_r = w\gamma_s/(e\gamma_w) \text{ deb yozish mumkin.} \quad (1.17)$$

Umuman olganda, namlik darajasi grunt mutlaqo quruq bo'lgan holda 0 dan g'ovaklar suvga limmo-lim to'lgan taqdirda 1 gacha o'zgarishi mumkin. Suvga to'yinganlik darajasi qumli gruntlar xossalariining o'zgarishiga kuchli ta'sir ko'rsatadi va tasniflovchi ko'rsatkich sifatida qo'llaniladi.

Loyli gruntlarning holat ko'rsatkichlari. Loyli gruntlarning xossalari ularning namlik darajasiga qarab sezilarli darajada o'zgaradi. O'ta nam loyli grunt oqish qobiliyatiga ega bo'ladi, suv shimdirilganda u yumshoq holatga, namlik yanada kamayganida esa — qattiq holatga o'tadi.

Holat ko'rsatkichiga ko'ra loyli gruntning uch holati mavjud: qattiq, yumshoq va oquvchi holatlar. Namlikning *yoyiluvchanlik (qotish) chegarasi* (yumshoqlikning quyi chegarasi) w_p va *oquvchanlik chegarasi* (yumshoqlikning yuqori chegarasi) w_L deb ataluvchi o'ziga xos ko'rinishlari bu holatlar o'rtasida chegara hisoblanadi.

Yumshoqlikning quyi chegarasiga mos tushuvchi namlikni amalda aniqlash uchun grunt qorishmasi shunday namlanadi (yoki quritiladi)ki, u taxminan 3 mm qalinlikda yoyilganida alohida bo'laklarga ajralib ketsin. Yumshoqlikning yuqori chegarasi grunt qorishmasi namligining shunday bir holatiga mos tushadiki, bunda standart konus unga 10 mm chuqurlikka cho'kadi. Bu chegaralarni aniqlash usullari va chegaralarning o'zi ham ancha shartli bo'lsada, aniqlangan w_p va w_L kattaliklarning aniqlik darajasi qoniqarlidir.

Loyli gruntning tabiiy namligini oquvchanlik chegarasi va yoyiluvchanlik chegarasidagi namlik darajasi bilan taqqoslash uning quyuqlik darajasiga ko'ra holatini aniqlash imkonini beradi. Buning uchun loyli gruntlarning muhim tasniflovchi ko'rsatkichi hisoblanadigan oquvchanlik ko'rsatkichi I_L dan foydalaniladi:

$$I_L = (w - w_p) / (w_L - w_p). \quad (1.18)$$

O'z - o'zidan ravshanki, $w < w_p$ (oquvchanlik ko'rsatkichi $I_L < 0$) bo'lsa, grunt qattiq holatda, $w > w_L$ ($I_L > 1$) bo'lsa, oquvchan holatda, $w_p \leq w \leq w_L$ ($0 \leq I_L \leq 1$) bo'lsa, yumshoq holatda bo'ladi.

Oquvchanlik chegarasi va yoyiluvchanlik chegarasi o'rtasidagi farq *gruntning yumshoqlik soni* deb ataladi:

$$I_p = w_L - w_p. \quad (1.19)$$

Gruntga loyli zarralarning nisbiy miqdori qancha ko'p bo'lsa, I_p qiymati shuncha katta bo'ladi.

Ўз PCT 25100 – 95 ga muvofiq yumshoqlik soniga ko'ra loyli gruntning turlari aniqlanadi: loyli qum – $0,01 \leq I_p \leq 0,07$, qumli loy – $0,07 \leq I_p \leq 0,17$, loy - $I_p > 0,17$.

Qumli gruntlar odatda yoyilish qobiliyatiga ega bo'lmaydi yoki loyli zarralar miqdori oz bo'lgan holda amalda bir xil w_p va w_L qiymatlarni ko'rsatadi, shu sababli qumli gruntlar uchun yumshoqlik soni ahamiyatsiz darajada oz: $I_p < 0,01$. Grunt haqiqiy tuzilishining boshqa bir soddalashtirilgan modeli uni *izotrop jism*, ya'ni istalgan yo'nalishda kesib olingan namunalarining xossalari bir xil jism sifatida tasavvur qilishdir. Bu shart gruntlarning barcha turlariga qo'llanilishi mumkin emas (serqatlam loylar, seryoriq yoki serqatlam qoyatosh gruntlar izotrop emas). Biroq bunday gruntlarni hisoblashga nisbatan anizotrop muhitlar mexanikasi apparatini qo'llash katta qiyinchiliklar bilan bog'liq bo'lib, aksariyat hollarda ular muhandislik maqsadlari uchun yetarli darajada aniqlik bilan izotrop jismlar sifatida qaralishi mumkin.

Gruntlar mexanikasi vazifalarini yechish usullari. *Gruntlar mexanikasi vazifasi qurilish natijasida gruntlarda yuz beruvchi mexanik jarayonlarni o'rganish va miqdoriy tavsiflashdan iborat bo'lgan amaliy fandir.*

Bunda yechishga to'g'ri keluvchi vazifalar tarkibi juda keng va rang-barangdir. Qurilishda har xil turdagi gruntlarga ko'rsatiladigan ta'sirlar ham juda rang-barangdir. Shunga qaramay, gruntlar mexanikasi ilmiy fan sifatida, gruntlar turi va holatidan qat'i nazar, bu vazifalarning barchasini yechishga nisbatan yagona metodologik yondashuvni qo'llaydi.

Bu grunt qatlamining istalgan nuqtasida zo'riqqan-deformatsiyalangan holatni aniqlash va pirovard natijada shu nuqtadagi gruntning mustahkamligi, qatlamning va u bilan o'zaro ta'sirga kirishuvchi inshootning chidamliligiga baho berish va inshoot qurilishi haqida optimal qaror qabul qilish imkonini beradi.

Muvozanat tenglamalari va geometrik o'zaro nisbatlar gruntning har qanday deformatsiyalanish qonunida to'g'ridir. Zo'riqishlar va deformatsiyalanishlar o'rtasidagi bog'lanishni aynan fizik tenglamalar aniqlagani uchun ular ko'pincha *aniqlovchi tenglamalar* yoki *holat tenglamalari* deb ataladi.

Vazifaning murakkabligi (inshootning muhimlik darajasi, gruntlarning deformatsiyalanish xususiyatlari va sh.k.)ga qarab gruntlar mexanikasi yechimlari juda murakkab yoki nisbatan sodda bo'lishi mumkin.

Gruntlar qatlamida tashqi (inshootdan tushuvchi yuk) va ichki (massa) kuchlar ta'sirida yuz beruvchi *zo'riqishlar*, *deformatsiyalanishlar* va *siljishlar* gruntlar qatlamining zo'riqish holatiga miqdoriy baho berish o'lchovi hisoblanadi. Shuni hisobga olganda, gruntlardagi zo'riqishlar, deformatsiyalanishlar va siljishlar haqidagi tushunchalar yaxlit muhit mexanikasining umumiy tushunchalariga mos tushadi.

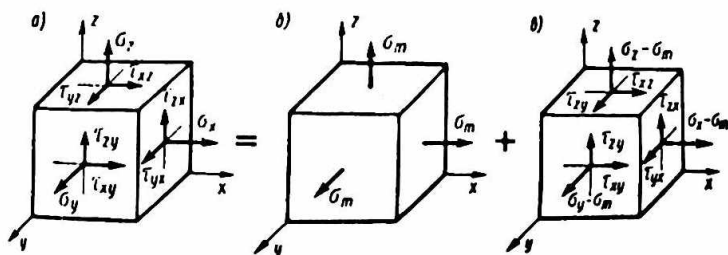
Bunda, agar normal zo'riqishlarning uch elementi ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$) va urinma zo'riqishlarning uch jufti ($\tau_{xy} = \tau_{yx}, \tau_{xz} = \tau_{zx}, \tau_{yz} = \tau_{zy}$), chiziqli deformatsiyalanishning uch elementi ($\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$) va burchak deformatsiyalarining uch jufti ($\gamma_{xy} = \gamma_{yx}, \gamma_{xz} = \gamma_{zx}, \gamma_{yz} = \gamma_{zy}$) hamda siljishlarning uch elementi (u, v, w) ma'lum bo'lsa, qatlam nuqtasidagi zo'riqish holati aniq deb aytish mumkin. Chunki gruntlar, odatda, juda qiyin cho'ziladi, yaxlit muhit mexanikasidan farqli o'laroq, gruntlar mexanikasida siquvchi kuchlanishlar musbat belgi bilan, cho'zuvchi kuchlanishlar esa – manfiy belgi bilan qabul qilinadi.

Gruntning zo'riqish holatini aniqlashda ko'pincha x, y, z koordinata o'qlari o'rining tanlanishiga bog'liq bo'lmagan (invariant) bosh zo'riqish va bosh deformatsiyalanish tushunchalaridan foydalaniladi. Urinma zo'riqishlar nolga teng bo'lgan bosh maydonchalarga daxldor normal zo'riqishlar bosh zo'riqishlar deb ataladi. Bunda doim $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ deb olinadi. Bosh normal zo'riqishlarni bilgan holda, maydonchalarda amal qiluvchi va eng katta qiymatlarga yetuvchi bosh urinma zo'riqishlarni ham aniqlash mumkin:

$$\tau_1 = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2}; \quad \tau_2 = \frac{\sigma_3 - \sigma_1}{2}; \quad \tau_3 = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}. \quad (1.20)$$

Bosh deformatsiyalarni ham shu tarzda aniqlash mumkin. Bosh zo'riqishlar, bosh deformatsiyalar va x, y, z o'qlari bo'yicha zo'riqishlar bo'yicha deformatsiyalarning tegishli elementlari o'rtasidagi bog'lanish, shuningdek bosh maydonchalar o'ni yaxlit muhit mexanikasining umumiy qoidalariga binoan aniqlanadi.

Ba'zan grunt qatlami nuqtasidagi umumiy zo'riqish yoki deformatsiyalanish holatini ikki qismga ajratish qulaydir. Zo'riqish holatiga tatbiqan bu 1.2-rasmda ko'rsatilgan. Bunda zo'riqishlarning 9 elementi yordamida aniqlanuvchi umumiy zo'riqish holati (zo'riqishlar tenzori) (1.2-rasm, a) faqat grunt hajmining o'zgarishiga sabab bo'luvchi gidrostatik zo'riqish holati (sharli tenzor)



(1.2-rasm, b)

1.2-rasm. Zo'riqishlar tenzori (a)ning sharli tenzor (b) va zo'riqishlar deviatori (v)ga bo'linishi.

va faqat uning shakli o'zgarishiga sabab bo'luvchi deviatoriyali zo'riqish holati (zo'riqishlar deviatori) (1.2-rasm, v) yig'indisi sifatida ifodalanadi.

Bu gruntning tabiatini tavsiflashda uning zo'riqish-deformatsiyalanish holatining quyidagi invariant (koordinata o'qlari o'rmiga bog'liq bo'lmagan) ko'rsatkichlaridan foydalanish imkonini beradi:

o'rtacha normal (gidrostatik) zo'riqish σ_m . U faqat gruntan qirqib olingan elementar hajmining o'zgarishi, unga mos o'rtacha chiziqli deformatsiyalanish ε_m va umumiy keng deformatsiyalanish ε_v ga sabab bo'ladi. Bular quyidagilarga teng :

$$\sigma_m = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3); \quad (1.21)$$

$$\varepsilon_m = \frac{1}{3}(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z) = \frac{1}{3}(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3); \quad (1.22)$$

$$\varepsilon_v = 3\varepsilon_m. \quad (1.23)$$

Urinma zo'riqlashlarning miqdori. τ_i – zo'riqlashlar kombinatsiyasi. U faqat γ_i siljish deformatsiyalarining intensivligi bilan tavsiflanuvchi elementar parallelepiped shaklining o'zgarishiga sabab bo'ladi, bu yerda:

$$\begin{aligned}\tau_i &= \frac{1}{\sqrt{6}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)} = \\ &= \frac{1}{\sqrt{6}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2};\end{aligned}\quad (1.24)$$

$$\begin{aligned}\gamma_i &= \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + (\varepsilon_y - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon_x)^2 + \frac{3}{2}(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{zx}^2)} = \\ &= \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2}.\end{aligned}\quad (1.25)$$

Zo'riqlashlar va deformatsiyalarning yuqorida keltirilgan invariantlaridan eksperimentlarning natijalarini tavsiflashda gruntlarning ayrim hisobiy modellari holat tenglamalarini tuzish uchun foydalaniladi.

1.5 Gruntlar deformatsiyalanishining xususiyatlari

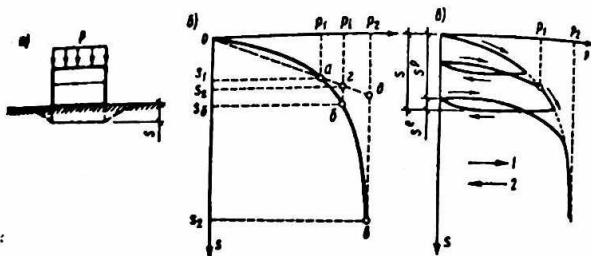
Gruntlar deformatsiyalanishining xususiyatlari eksperimentlar natijasida aniqlanadi. Bu yerda biz faqat «fikriy» eksperimentlar o'tkazish bilan kifoyalanamiz, ya'ni grunt zo'riqlashining ayrim faraziy sxemalarini ko'rib chiqamiz va ular yordamida gruntning yuk ostidagi tabiatiga tavsif beramiz.

Chiziqli va chiziqsiz deformatsiyalar. Grunt sirtiga shtamp (yoki poydevor) o'rnatilgan va u gruntga ostidan o'sib boruvchi bosim p uzatayotgan bo'lsin (1.3-rasm, *a*). Bu bosim ta'sirida grunt yuzasining siljishi (qolipning cho'kish) S yuz beradi va uning kattaligi p ortishi bilan o'sib boradi. Tajriba bu bog'lanish ancha murakkab xususiyatga ega ekanligini ko'rsatadi (1.3-rasm, *b*).

Bosim 0 dan ayrim p_1 kattalikkacha o'zgarganida qolipning cho'kish chiziqli cho'kishga yaqin bo'ladi (O_a uchastkasi). Bosimning yanada ortishi ($p_1 < p < p_1$) cho'kishning kattaroq qiymatiga sabab bo'ladi va $S = f(p)$ bog'lanish sezilarli darajada chiziqsiz cho'kishga aylanadi (abv uchastkasi). $p = p_1$ bo'lsa,

cho'kishning keskin ortishi yuz beradi va bu gruntning ko'tarib turish qobiliyati yo'qolganidan dalolat beradi.

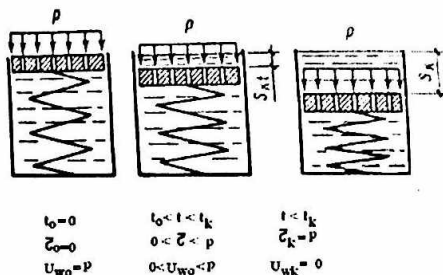
Endi qolip ostidagi bosim va grunt yuzasidagi siljishlar o'rtasidagi bog'liqlikdan zamindan qirqib olingan elementar parallelepipeddagi zo'riqishlar va deformatsiyalar o'rtasidagi bog'liqlik tahliliga o'tsak, o'z – o'zidan ravshanki, bu bog'liqlik ham chiziqsizli bo'ladi.



1.3-rasm. Qolip cho'kishi tajribasi (a) va uning yuklanishda (b) va yuklanish-yuksizlanishda qolipcho'kishining ost bo'ylab uzatiluvchi bosim p ga bog'liqlik grafiklari:
1 – yuklanish; 2 – yuksizlanish.

Shunday qilib, umumiy holda gruntlarga chiziqsiz deformatsiyalanishga xosdir, bunda zo'riqishlar o'zgarishining ayrim boshlang'ich oralig'ida u chiziqli deformatsiyalanishga ancha yaqin.

Gruntning filtratsion zichlashuvi. Avvalgi hollarda gruntlar yaxlit jismlar sifatida qaraldi. Bunga barcha turdagi gruntlarning turg'unlashgan holatini tahlil qilish, qoyatosh gruntlar, suvga to'yinmagan, ya'ni $S_r \leq 0,8$ bo'lgan holatdagi qoyamas gruntlar (uch elementli gruntlar), shuningdek muzlagan gruntlarning siljuvchanligini hisoblashda yo'l qo'yiladi.



1.4-rasm. Bir o'qli siqishda suvga to'yingan grunt zichlashuv jarayonining mexanik modeli.

To'la suvga to'yingan gruntlar (grunt massasi)ning deformatsiyalanishi ancha murakkabroq kechadi. Gruntning zichlanishi uning g'ovaklik darajasi pasayishi bilan bog'liq. Ayni vaqtda suvga to'yingan gruntlarda barcha g'ovaklar suvga to'la bo'ladi. Sanoat va fuqaro qurilishiga xos yuklanishlarda aksariyat hollarda suv, grunt skeleti zarralari kabi, deyarli siqilmaydi deb hisoblanishi mumkin. Shu sababli suvga to'yingan gruntning zichlanishi faqat uning g'ovaklaridagi suvning bir qismi siqib chiqarilgan taqdirda yuz berishi mumkin.

G'ovaklardan suv siqib chiqarilishi natijasida gruntning zichlanish jarayoni *filtratsion zichlashish* (ba'zan faqat zichlashish) deb ataladi.

To'la suvga to'yingan gruntning zichlashuvini intensivlik darajasi p bo'lgan bir tekis yuklanish ta'sir ko'rsatganida Tersagi – Gersevanovning oddiy mexanik modeli tarzida ifodalash qulaydir (1.4-rasm). Bu yerda siqilmaydigan suv quyilgan, teshik–teshik porshen va prujina joylangan idish gruntning ayrim hajmini ifodalaydi, bunda ma'lum qattqlikdagi prujina gruntning siqiluvchi skeletiga, porshendagi teshiklar – gruntidagi g'ovaklar diametriga, suv esa – g'ovaklardagi suyuqlikka mos tushadi. Bu model umumiy holda gruntning diskretligini hisobga oladi va grunt skeleti va g'ovakdagi suyuqlikda yuzaga keluvchi kuchlanishlarni alohida o'rganish imkonini beradi.

Yuk tushgan payt p da ($t = 0$ bo'lsa) g'ovakdagi suv teshiklar orqali siqilishga hali ulgurmagan bo'ladi, grunt skeleti hali deformatsiyalanmaydi, shu

sababli butun yuklanishni faqat suv qabul qiladi. Natijada dastlabki vaqtda suvda porshenga tushgan yukka teng *ortiqcha* (*g'ovakdagi*) *bosim* u_w yuzaga keladi ($u_w = p$). Grunt skeletida kuchlanish (samarali kuchlanish) $\bar{\sigma}$ bu vaqtda nolga teng bo'ladi ($\bar{\sigma}_0 = 0$).

Suvdagi ortiqcha bosim uning bosim kam joyda grunt *g'ovaklari* (porshendagi teshiklar) orqali siqilishiga olib keladi. Porshen pastroq tushib, grunt skeleti (prujina)ni yanada kuchliroq siqadi va unda o'sib boruvchi samarali kuchlanishni yuzaga keltiradi. Hamonki har qanday vaqtda tizimning muvozanati sharti $p = \bar{\sigma}_i + u_w$ bajarilishi lozim ekan, samarali kuchlanish ortishi bilan *g'ovakdagi* bosim kamayadi.

Prujina sirtidan tushayotgan yuklanishni to'la qabul qiladigan darajagacha siqilganida ($\bar{\sigma}_* = p$), *g'ovakdagi* bosim nolgacha pasayadi ($u_w = 0$) va suvning siqilishi barham topadi. Bu *tp* vaqtgacha gruntning zichlashuvi yakunlangani, uning zichlanishi to'xtagani va turg'un holat yuzaga kelganini anglatadi.

Shunday qilib, ko'rib chiqilgan modelga muvofiq gruntning zichlashuvi jarayonida samarali kuchlanish 0 dan p gacha asta-sekin ko'payadi, *g'ovakdagi* bosim esa tegishli ravishda p dan 0 gacha pasayadi. Shunda tenzor belgilaridan foydalanib, istalgan vaqt uchun grunt *dagi* to'la kuchlanish σ_{ij} grunt skeletidagi samarali kuchlanish $\bar{\sigma}_{ij}$ va suvdagi *g'ovaklar* bosimi u_w yig'indisiga teng deb yozish mumkin:

$$\sigma_{ij} = \bar{\sigma}_{ij} + u_w; \quad (1.26)$$

bunda: $i = j = x, y, z$.

Siljuvchanlik xossasiga ega bo'lgan suvga to'yingan grunda deformatsiyalar vaqtida suvning asta – sekin siqilishi natijasida ham, grunt skeletining siljuvchanligi natijasida ham rivojlanadi.

Shuni ta'kidlash lozimki, gruntlarning suvga to'la to'yinishi ($S_r = 1$) juda kam uchraydi. Agar grunda siqilgan havo pufakchalari mavjud yoki havo

g'ovakdagi suvda qisman erigan ($0,8 < S_r < 1$) bo'lsa, suvning siqiluvchanligi tufayli dastlabki vaqtdayoq ($t = 0$) tushuvchi yukning bir qismi g'ovakdagi suvga, yana bir qismi – grunt skeletiga o'tadi.

Gruntlarning deformatsiyalanishi natijasida yuz beruvchi fizik jarayonlar. Deformatsiyalanishning yuqorida bayon etilgan xususiyatlari gruntlarning har xil turlarida turlicha namoyon bo'ladi va ko'p jihatdan gruntning holati va amaldagi yuklanishlarning intensivlik darajasi bilan belgilanadi.

Yaxlit qoyatosh gruntlar bino va inshootlar qurilishi natijasida yuzaga keluvchi yuklanishlarda, odatda deyarli deformatsiyalanmaydigan jismlar sifatida qaralishi mumkin. Biroq yoriqsimon qoya va ayniqsa bo'laklangan qoyatosh grunt ma'lum darajada deformatsiyalanish qobiliyatiga ega bo'ladi. Yoriqsimon qoyatosh gruntlarda siljishdagi deformatsiyalar avvalo yoriqlar kuchi va bo'shliqlari ta'sir yo'nalishlarining o'zaro nisbati bilan bog'liq va hajmiy deformatsiyalanuvchanlikka qaraganda ko'proq darajada xavf tug'diradi. Qoyatosh gruntlarda buzilgan tarkibiy bog'lanishlar vaqt o'tishi bilan tiklanmaydi.

Yirik toshli gruntlarning va granulometrik tarkibiga ko'ra bir jinsli bo'lgan qumli gruntlarning hajmiy deformatsiyalari ko'p jihatdan zarralarning tarang siqilishi bilan, yuklanish ortib borishiga qarab esa – ular o'rtasidagi kontaktlarning yumshoq yemirilishi bilan belgilanadi, shu sababli ular odatda uncha katta bo'lmaydi. Ko'p jinsli qumlarda zichlikning ancha kuchli deformatsiyalari rivojlanadi. Suvga to'yingan qumli gruntlarda shu bilan bir vaqtda g'ovaklardagi suvning siqilishi yuz beradi. Qumli gruntlarda g'ovaklar ancha katta bo'lgani uchun ularda zichlashish jarayoni loyli gruntlardagiga qaraganda jadalroq yuz beradi. Yirik toshli va qumli gruntlarda siljishdagi deformatsiyalar kontaktlarning buzilishini hisobga olganda zarralarning o'zaro siljishi hisobiga sodir bo'ladi.

Deformatsiyalanish jarayoni loyli gruntlarda ayniqsa og'ir rivojlanadi. Ularda hajmiy deformatsiyalar bog'lovchi suv qobiqlari bilan qoplangan zarralar yanada zichroq qayta o'ralishi, g'ovaklar hajmining kamayishi, g'ovaklardagi

suvning siqilishi va qisilgan havo pufakchalari tarang siqilishi bilan, siljishdagi deformatsiyalar esa – asosan gidrat qobiq bilan qoplangan zarralar o‘zaro siljishi va qayta o‘ralishi bilan bog‘liq. Loyli gruntlarda deformatsiyalar namoyon bo‘lishining intensivlik darajasi tarkibiy bog‘lanishlar xususiyati va amaldagi yuklanishlar kattaligiga ko‘p jihatdan bog‘liq. Hatto suvli – kolloid bog‘lanishli loyli gruntlarning bo‘sh zichlangan suvli cho‘kindilari ham tarkibiy chidamlilikdan oshmaydigan kichik yuklanishlarda taranglik xossalarini namoyon etishi, ya’ni yuklanish olinganidan keyin deyarli to‘la tiklanishi mumkin. Yuklanishning yanada ortishi gruntning tarkibiy bog‘lanishlari asta – sekin buzilishi va uning intensiv zichlanishiga sabab bo‘ladi. Buzilgan suvli – kolloid bog‘lanishlar vaqt o‘tishi bilan tiklanadi va loyli grunt zichlanganidan so‘ng uning mustahkamligi ortishi mumkin.

Loyli gruntlarda g‘ovaklar juda kichkina bo‘ladi, shu sababli ularda zichlashuv jarayoni juda sust kechadi. Deformatsiyalar ko‘p oylar, yillar, hatto o‘n yilliklar mobaynida davom etishi mumkin. Shuningdek, suv qobiqlari bilan qoplangan zarralarning o‘zaro siljishi, ayrim zarralarning burilishi, egilishi va yemirilishi bilan bog‘liq siljuvchanlik jarayonlari ham sust rivojlanishi mumkin.

Tuzilishi jihatidan noturg‘un bo‘lgan gruntlar deformatsiyalanganida juda murakkab jarayonlar yuz beradi. Bu yerda sanab o‘tilgan omillardan tashqari fizik vaziyatning o‘zgarishi (muzlagan gruntlarning erishi, o‘ta cho‘kuvchan lyoss gruntlarini suv bosishi, torflar yoki to‘kilgan gruntlardagi tabiiy aralashmalarning chirishi va sh.k.) muhim ahamiyat kasb etadi.

1.6 Gruntlarning asosiy hisobiy modellari.

Hisobiy modellarga qo‘yiladigan talablar

Gruntlar mexanikasida prognozlarining aniqlik darajasi asosan gruntlarning deformatsiyalanish xususiyatlari holat tenglamalarida qay darajada to‘la aks etgani bilan belgilanishi yuqorida qayd etib o‘tildi. Binobarin, umumiy holda gruntning yagona modeli va unga mos keluvchi holat tenglamalari ko‘rib chiqilgan barcha jarayonlarni aks ettirishi lozim.

Biroq bunday modelni tuzish hisob – kitoblarning juda murakkab matematik apparatini yaratish va model ko'rsatkichlarini aniqlash uchun murakkab eksperimentlar o'tkazishni talab etgan bo'lgan edi. Aksariyat hollarda bu ancha sodda muhandislik vazifalarini yechish natijasida olinishi mumkin bo'lgan nisbatan oz miqdordagi iqtisodiy samarani oqlamaydi. Shu sababli loyihalash amaliyotida muayyan holatlar uchun murakkablik darajasi har xil bo'lgan gruntning hisobiy modellaridan foydalaniladi. Ko'p sonli va rang – barang qurilish vazifalari orasida asosan gruntlarning yuk ko'tarish qobiliyati (mustahkamligi va chidamliligi)ga baho berishdan iborat vazifalar qayd etilishi mumkin. Ayrim vazifalarda esa, aksincha, zamin va inshoot deformatsiyalarini prognoz qilish birinchi o'rinda turadi. Nihoyat, ba'zi bir vazifalarda gruntlarning yuk ko'tarish qobiliyatiga baho berish ham, gruntlarning deformatsiyalarini prognoz qilish ham talab etiladi. Biroq bu hisob – kitoblarni alohida – alohida amalga oshirish mumkin. Bu chegaraviy holatlarga oid hisob-kitoblarning umumiy prinsiplarini zaminlarning hisob-kitoblariga nisbatan tatbiq etish imkonini beradi:

1) yuk ko'tarish qobiliyatiga ko'ra (mustahkamlikning yo'qolishi; gruntning mo'rtlikdan, yopishqoq holatda yoki boshqacha tarzda yemirilishi; o'ta yumshoq deformatsiyalar yoki davomli siljish deformatsiyalari va sh.k.);

2) deformatsiyalarga ko'ra (nojoiz siljishlar – cho'kishlar, cho'kishlar farqi, og'ishlar va shu kabilar natijasida inshootdan normal foydalanishni qiyinlashtiruvchi yoki uning chidamlilik darajasini pasaytiruvchi holatga yetish).

Birinchi guruh chegaraviy holati – yuk ko'tarish qobiliyati bo'yicha hisoblashning mohiyati shundan iboratki, zaminga tushuvchi hisobiy yuk zamin gruntlarining chegaraviy qarshilik kuchidan oshmasligi lozim. Ikkinchi chegaraviy holat bo'yicha hisoblanganda, inshoot va zaminning umumiy deformatsiyasi mazkur inshootning konstruktiv sxemasi uchun belgilangan chegaraviy ko'rsatkichdan oshmasligi kerak. Aksariyat hollarda bino va inshootlar qurilishi uchun ikkinchi chegaraviy holat – deformatsiyalar bo'yicha hisoblash hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi.

Mazkur yondashuv gruntlarning eng sodda hisobiy modellaridan, chunonchi, zo'riqishlar va barqarorlashtirilgan cho'kishlarni hisoblash uchun – gruntning chiziqli deformatsiyalanish nazariyasidan; cho'kishlarning vaqtda rivojlanishini hisoblash uchun – gruntning filtratsion zichlashuvi nazariyasidan; gruntning yuk ko'tarish qobiliyati, mustahkamligi, chidamliligi va to'siqqa bosimini hisoblash uchun – gruntning chegaraviy zo'riqtirilgan holati nazariyasidan foydalanish imkonini beradi. Yana shuni ham qayd etib o'tish lozimki, amalda tekis deformatsiya vazifalarini yoki hatto bir o'lchovli vazifalarni qo'yishda aksariyat hollarda yechimlar bilan kifoyalanish mumkin bo'lib, bu hisoblashlarning sezilarli darajada soddalashuviga olib keladi. Ayni vaqtda miqdoriy hisob-kitob ishlarida hozirgi metodlarning rivojlanishi va tez ishlaydigan hisoblash mashinalari loyihalash amaliyotiga keng joriy etilishi yanada murakkabroq hisobiy modellardan foydalanuvchi vazifalar doirasini tobora kengaytirmoqda. Ular qatoriga avvalo gruntning chiziqli deformatsiyalanish nazariyasi modellari kiradi.

Gruntning chiziqli deformatsiyalanish nazariyasi modeli

Bu modelni gruntlarga nisbatan tatbiq etish mumkinligi ilk bor N.P.Puzirevskiy, K.Tersagi, N.M.Gersevanov, V.A.Florin, N.A.Sitovich K.E.Yegorov asarlarida keltirilgan. Bu model o'zining soddaligi va gruntlarning zo'riqtirilgan – deformatsiyalangan holatini tavsiflash uchun qayishqoqlik nazariyasining puxta ishlab chiqilgan matematik apparatidan foydalanish imkoniyatiga ko'ra muhandislik amaliyotida keng tarqalgan. U, ayniqsa ommaviy qurilish hisoblarida, murakkabroq modellar bilan hali uzoq vaqt muvaffaqiyatli raqobatlashadi. Undan foydalanishning amaliy modellarini keyingi boblarda ko'rib chiqamiz. Gruntning chiziqli deformatsiyalanish nazariyasi bir martalik yuklanishda (yoki yuksizlanishda) gruntlardagi zo'riqishlar va deformatsiyalar o'rtasidagi bog'lanish chiziqli bo'ladi degan taxminga asoslanadi.

Bundan tashqari, yuklanish chog'ida gruntning umumiy deformatsiyasigina kuzatiladi, u qayishqoq va yumshoq elementlarga ajratilmaydi. Birinchi faraz

grunt massividagi zo'riqishlarni hisoblash uchun qayishqoqlik nazariyasi apparatidan foydalanish, ikkinchi faraz esa – ma'lum zo'riqishlarda zaminning pirovard deformatsiyalarini hisoblash imkoniyatini ta'minlaydi.

Zamindagi zo'riqishlarni va poydevor ostidagi gruntning cho'kishini hisoblashda bunday chegara bo'lib poydevor ostidagi o'rtacha bosim xizmat qilishi mumkin. O'rtacha bosimga yetgunga qadar bosim va cho'kish o'rtasidagi bog'liqlik chiziqli bog'liqlikka yaqin bo'ladi. Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, chiziqli deformatsiyalanish nazariyasi ba'zan gruntlarning qayishqoqlik nazariyasi deb ataladi. Rasman bu o'rinlidir, chunki u qayishqoqlik nazariyasining matematik apparatidan foydalanadi. Biroq shuni e'tiborga olish lozimki, bu o'xshashlik sof shakliy o'xshashlikdir, chunki chiziqli deformatsiyalanish nazariyasi umumiy deformatsiyalarni o'rganadi, ularni qayishqoq va yumshoqqa ajratmaydi. Bundan tashqari, gruntning yuklanish va yuksizlanishi chiziqli deformatsiyalanish nazariyasida turli qonunlarga muvofiq yuz beradi va grunt deformatsiyalanuvchanligining qiymat jihatidan har xil ko'rsatkichlari bilan tavsiflanadi.

Filtratsion zichlashuv nazariyasi modeli. Eng sodda ko'rinishda nazariya suvga to'la to'yingan gruntning (grunt massasining) vaqtda deformatsiyalanishini tavsiflaydi. Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, yuk tushishi natijasida grunt elementida yuzaga keluvchi to'la zo'riqish grunt skeletidagi zo'riqishlar (effektiv zo'riqishlar) va g'ovakdagi suvda mavjud bosim (g'ovakdagi bosim)ga ajraladi, deb olinadi. Yuk ta'siri ostida grunt massivining turli nuqtalarida g'ovakdagi bosimning har xil qiymatlari yuzaga keladi. Buning natijasida g'ovakdagi suvda bosimlar farqi vujudga keladi va massivning kamroq darajada yuklangan sohalariga g'ovakdagi suvning siqib chiqarilishi yuz beradi.

Shu bilan bir vaqtda effektiv zo'riqishlar ta'sirida grunt zarralarining o'z joyini o'zgartirishi va zichlanishi yuz beradi.

Bu jarayonning matematik tavsifi zahirida akademik N.N.Pavlovskiy 1922-yilda ta'riflab bergan muhitning uzluksizligi haqidagi asosiy g'oya yotadi, ya'ni

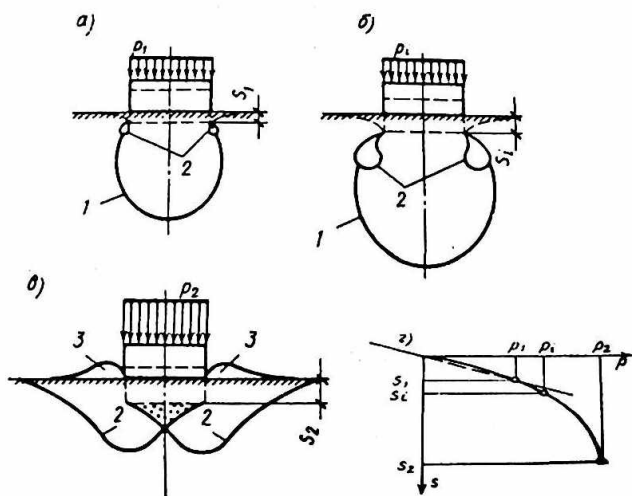
grunt g'ovaklik darajasining pasayishi (uning zichlanishi) suv sarfiga (grunt g'ovaklaridan suvning oqib ketishiga) proporsional, deb hisoblanadi.

Bundan gruntning deformatsiyalanish tezligi uning g'ovaklaridagi suvning filtratsiya tezligiga bevosita bog'liq bo'ladi, degan muhim qoida kelib chiqadi. Shu sababli *filtratsiya koeffitsiyenti* k gruntning filtratsion zichlashuv jarayoni yuz berish vaqtini belgilovchi asosiy ko'rsatkichi hisoblanadi. Filtratsion zichlashuv nazariyasida grunt skeleti chiziqli deformatsiyalanuvchi deb olinadi, ya'ni bu nazariyani qo'llanish chegarasi bundan oldingi holatdagi shart bilan belgilanadi. Filtratsion zichlashuv nazariyasi bunday qo'yilgan holda bino va inshootlar vazifalarini yechish metodlari keltirildi. Shuni ta'kidlab o'tish lozimki, muhandislik amaliyotida zichlashuv nazariyasining K.Tersagi, N.M.Gersevanov, V.A.Florin, M.A.Bio, YU.K.Zaretskiy, Z.G.Ter-Martirosyan va boshqa olimlar tomonidan ishlab chiqilgan, gruntning uch komponentli tarkibi, g'ovakdagi suvning siqiluvchanligi, skeletning siljuvchanligini va grunt da u deformatsiyalangan paytda yuz beruvchi boshqa jarayonlarni hisobga oluvchi murakkabroq modellardan ham foydalaniladi.

Gruntning chegaraviy zo'riqtirilgan holati nazariyasi modeli. Bundan oldingi ikki model faqat grunt deformatsiyalanishining faqat massivning har bir nuqtasida zo'riqishlar va deformatsiyalar o'rtasida to'g'ri proporsionallik mavjud bo'lgan holda o'rinli qonunlarini tavsiflagan bo'lsa, ko'rib chiqilayotgan model faqat chegaraviy holatga, ya'ni yuklanishlar ta'siri ostida grunt mustahkam massivida hajman katta bo'lgan, har bir nuqtasida chegaraviy muvozanat holati o'rnatiladigan tutash sohalari vujudga keluvchi zo'riqtirilgan holatga tegishlidir. Shu sababli gruntning chegaraviy zo'riqtirilgan holati nazariyasi ko'pincha *gruntning chegaraviy muvozanati nazariyasi* deb ataladi. Ma'lumki, gruntning chegaraviy holati ayrim maydonchalarda amal qiluvchi zo'riqishlar o'rtasidagi yumshoq deformatsiyalar cheksiz rivojlanishi imkoniyatini, ya'ni gruntning oqishini ta'minlovchi nisbat bilan belgilanadi.

Bunda grunt massivining ayrim nuqtasida chegaraviy muvozanat holati gruntning oqishidan oldingi zo'riqishlar va deformatsiyalar o'rtasidagi nisbatga

muvofoq bo'ladi, ya'ni bu nisbatning o'zgina buzilishi ham gruntning yumshoq deformatsiyalari cheksiz o'sishiga olib kelishi mumkin. Massivning bunday nuqtalari hajmi katta sohalarga birlashsa, gruntning oqishi mazkur sohalar doirasida yuz beradiki, bu grunt deformatsiyalari cheksiz ko'payishiga va zaminning yuk ko'tarish qobiliyati butunlay yo'qolishiga olib keladi.



1.5-rasm. Shtamp ostida bosim kuchaygan holda zaminida gruntning chegaraviy muvozanati mintaqalarining rivojlanishi (a-v) va bunga mos tarzda shtamp cho'kishining bosimga bog'liqligi (g): 1 – gruntning zichlangan sohasi chegaralari; 2 – chegaraviy muvozanat mintaqalarida gruntning zichlangan sohasi chegaralari; 3 – o'pirilgan grunt uyumlari.

Aytilganlarga 1.5-rasmda ko'rsatilgan jarayonlar tahlilining yanada rivojlanishidan iborat bo'lgan quyidagi misolda (1.5-rasm) izoh berib o'tamiz. p_1 shtampi ostidagi bosim ta'sirida zaminning ayrim sohasida (1) gruntning zichlanish jarayonlari rivojlanadi (1.5-rasm, a) va ular chiziqli deformatsiyalanish nazariyasiga muvofiq kechadi. Buning natijasida shtampning cho'kishi s_1 yuz beradi. Hatto shu holda ham zaminida shtamp chekkalarida hajman uncha katta bo'lmagan yumshoq deformatsiya mintaqalari yuzaga kelishi mumkin (2), biroq ular juda kichkinaligi tufayli cho'kislarning umumiy rivojlanishiga ta'sir

ko'rsatmaydi. Bosim kuchaygan holda ($p_1 < p_1 < p_2$) bu mintaqalar hajmi kattalashadi va zaminning bevosita shtapm ostidagi yukni qabul qiluvchi qismi tegishli ravishda kichrayadi (1.5-rasm, b). Buning natijasida cho'kish S_i ning noproporsional ortishi yuz beradi (1.5-rasm, g).

Yukning yanada og'irlashuvi yumshoq deformatsiyalar chegaralariga yanada ko'payishiga olib keladi va nihoyat, $p = p_2$ da ular zaminning yuqori qismini deyarli to'la qamrab oluvchi sohalarga birlashadi (1.5-rasm, v). Bunda, tajribada ko'rilganidek, aksariyat hollarda shtampning ikki tomonida grunt yuzasida o'pirilish uyumlari (3) hosil bo'ladi. p bosim p_2 qiymatga yaqinlashishi bilan cho'kish S_2 keskin ortib boradi va juda katta qiymat kasb etishi mumkin. Ayrim hollarda zaminda o'rnatilgan shtamp turg'unligini yo'qotadi. Shu sababli p_2 bosim gruntning chegaraviy muvozanati nazariyasida zaminga tushuvchi chegaraviy yuk yoki uning chegaraviy yuk ko'tarish qobiliyati sifatida qaraladi.

Chegaraviy muvozanat nazariyasi ko'rib chiqilgan misolga tatbiquan shtamp zaminga uzatuvchi chegaraviy yukning zaminda gruntning yumshoq deformatsiyalanish sohalari to'la shakllanuvchi qiymatini hisoblab topish imkonini beradi. Ayni vaqtda bu nazariya yordamida grunt deformatsiyalarini aniqlash mumkin emas, shu sababli cho'kish S_2 qiymati noma'lum bo'lib qoladi.

Chegaraviy muvozanat nazariyasi masalalarini yechish muvozanat differensial tenglamalari va *gruntning chegaraviy zo'riqtirilgan holati sharti* deb ataluvchi alohida tenglamani birgalikda yechishdan iborat. Bu shartning turi gruntning chegaraviy zo'riqtirilgan holati u yoki bu modelining tanlanishi bilan belgilanadi (mazkur model ko'pincha gruntning mustahkamligi modeli deb ataladi). Chegaraviy muvozanat nazariyasi zamin gruntlarining yuk ko'tarish qobiliyatinigina aniqlash imkoniyatini bermaydi. Uning yechimlaridan inshoot va zaminlar, qiyaliklar va nishabliklar turg'unligining umumiy hisoblashlarini amalga oshirish, to'siqlarga grunt bosimini aniqlash uchun ham foydalaniladi. Bu masalalarning ayrimlarini keyingi bobda ko'rib chiqamiz. Chegaraviy muvozanat nazariyasining hozirgi yechimlari zaminida V.V.Sokolovskiyning fundamental ilmiy tadqiqotlari yotadi. Bu nazariyaning rivojlanishiga katta hissa qo'shgan boshqa olimlar orasida S.S.Golushkevich, V.G.Berezansev, V.S.Xristoforov, M.V.Malishev, G.Meyergof, J.Biarezni ko'rsatib o'tish lozim.

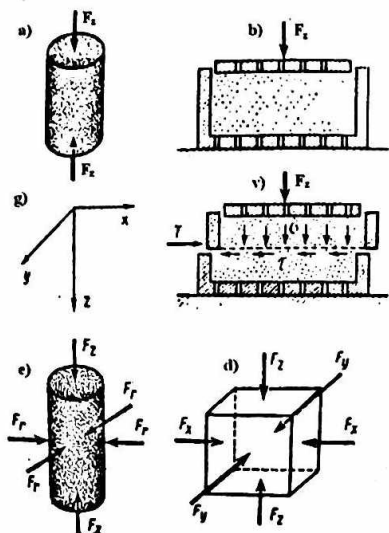
II BOB. MEXANIK XOSSALARI

2.1. Umumiy qoidalar

Gruntlar mexanik xossalarining ko'rsatkichlari. Deformatsiyalarni hisoblash, grunt massivlari va zaminlarning mustahkamlik va chidamlilik darajalariga baho berish uchun gruntlarning mexanik xossalari ko'rsatkichlarini bilish lozim. Gruntlarning mexanik xossalari deganda ularning kuch (yuza va massa) ta'sirlari va fizik ta'sirlar (namlik, temperatura o'zgarishi va sh.k.) natijasida hajm va shaklning o'zgarishiga qarshilik ko'rsatish qobiliyati tushuniladi. Bu xossalarning ko'rsatkichlari gruntlarning har xil turlari va holatlari uchun farqlanadi va amaldagi zo'riqlashlarga bog'liq bo'ladi. Mustahkamlik jihatidan chegaraviyga qadar bo'lgan holatda (masalan, 2.1-rasmda $p < p_2$ bo'lgan holda) mexanik xossalarning ko'rsatkichlari deformatsion ko'rsatkichlar deb ataladi, chunki ular gruntning deformatsiyalar (cho'kishlar, gorizonta siljishlar va sh.k.) rivojlanishiga qarshilik ko'rsatish qobiliyatini belgilaydi. Mustahkamlik jihatidan chegaraviy holatda ($p = p_2$ bo'lgan holda) bu ko'rsatkichlar mustahkamlik ko'rsatkichlari deb ataladi va gruntning yemirilishga qarshilik ko'rsatish qobiliyatini belgilaydi. Nihoyat, grunt massasi mavjud bo'lgan holda gruntning deformatsiyalanish va yemirilish jarayonlariga g'ovaklardan suvning siqilib chiqish tezligi sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi, shu boisdan gruntning filtratsion ko'rsatkichlarini ham ko'rib chiqish zarurati yuzaga keladi. Gruntlarning filtratsion xossalari ko'rsatkichlari mustaqil ahamiyat ham kasb etadi (kotlovanga suv oqishi, suv sathini pasaytiruvchi moslamalar hisobi va sh.k.).

Gruntlarning mexanik xossalari ularning (minerologik va granulometrik) tarkibi, fizik holati (zichligi, namlik darajasi, temperaturasi) hamda gruntlarning vujudga kelishi va keyingi o'zgarishi fizik – geografik shart – sharoitlari bilan belgilanuvchi tarkibiy xususiyatlariga bog'liq bo'ladi. Har bir qurilish maydonchasi gruntlari uzoq davr mobaynida shakllanadi, ularga tabiiy muhit, ba'zan inson faoliyatining har xil, ko'pincha nomuayyan omillari ta'sir

ko'rsatadi. Shu sababli gruntlar mexanik xossalariining ko'rsatkichlari, odatda, ularning fizik tarkibi va holatiga qarab tayinlanishi mumkin emas, balki tajriba o'tkazish yo'li bilan aniqlanishi lozim.



2.1-rasm. Grunt namunalariini sinashning asosiy sxemalari:

a – bir o'q bo'yicha; b – kompression; v – siljishli; g – uch o'qli stabilometrda; d – uch o'qli asboda erkin bosh zo'riqishlar bilan.

Gruntlar mexanik xossalariining dala sinovlari odatda ko'proq mehnat sarfini talab qiladi va qimmatroq turadi. Ular gruntning eng sodda modellaridan foydalanilgan holdagina ko'rsatkichlarni aniqlash imkonini beradi. Ayni vaqtda dala sinovlari grunt uning tabiiy yotish sharoitlariga to'la muvofiqligini ta'minlaydi. Ayrim hollarda (masalan, suvga to'yingan qumlar, oquvchi tarkibli loyli gruntlar uchun tabiiy holatni sezilarli darajada buzmasdan namunalar olishning iloji bo'lmasa; massivdagi tirqishsimon qoya jinslarda sinov o'tkazishda va sh.k.) ular mexanik xossalarning ko'rsatkichlarini aniqlashning birdan – bir usuli hisoblanadi.

Gruntlarning mexanik xossalari ko'rsatkichlarini aniqlash uchun odatda laboratoriya va dala sinovlari o'tkaziladi. Laboratoriyada qurilish maydonchasida shurflar va quduqlardan olingan grunt namunalari sinovdan o'tkaziladi. Grunt namunalari fizik holatiga ko'ra tabiiy yotish shart – sharoitlariga muvofiq bo'lishiga alohida e'tibor beriladi. Bu holda ular *buzilmagan strukturali* namunalar deb ataladi. Grunt inshootlarni loyihalashda maxsus tayyorlangan namunalar sinovdan o'tkaziladi. Bu namunalar holati gruntlarning inshoot tanasidagi bo'lg'usi holatiga mos kelishi lozim. Ular strukturasi buzilgan namunalar deb ataladi.

Zo'riqtirilgan – deformatsiyalangan holat va sinovdan o'tkazilayotgan gruntning deformatsiyalanish sharoitlari zaminda yoki inshootda mavjud sharoitlarga muvofiqligi ham zaruriy talab hisoblanadi. Bunga sinovlarning tegishli sxemalarini va tajriba o'tkazish rejimlarini tanlash yo'li bilan erishiladi.

Laboratoriya sinovlarining asosiy sxemalari. Sinovlarning keng tarqalgan sxemalari 2.1-rasmda keltirilgan. Namunalarning yon yuzasi va chekkalariga muayyan tarzda tushiriluvchi normal kuchlar F_x, F_y, F_z ularda normal zo'riqishlar $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ ni, siljituvchi kuch T – siljish tekisligida urinma zo'riqishlar τ ni yuzaga keltiradi (2.1-rasm (v) dagi punktir chiziq).

Eng sodda sxema – namunaning bir o'q bo'yicha siqilishi (2.1-rasm, a) faqat mustahkam bog'lanishli gruntlarni (qoyatosh, muzlagan gruntlar, kam suvli zich loylar va shu kabilarni) sinashda qo'llaniladi. Sinovlarda silindrsimon yoki prizmasimon shakldagi namunalardan foydalaniladi. Sxema yondan zo'riqishlarning yo'qligi ($\sigma_x = \sigma_y = 0$) va yonlama deformatsiyalar cheksiz rivojlanish imkoniyati mavjudligi ($\varepsilon_x = \varepsilon_y \rightarrow \infty$) bilan tavsiflanadi. Bu sxema massivda muayyan hajmdagi grunt deformatsiyalanishining haqiqiy shartlariga kamroq darajada mos keladi, chunki uni qurshagan gruntning yonga siljishlarni cheklovchi reaksiyalarini hisobga olmaydi. Siquvchi kuchlarni F_z cho'zuvchi kuchlarga almashtirsak, namunaning bir o'q bo'yicha cho'zilish sxemasini olamiz. Ko'rsatilgan cheklashlarning hammasi bu sxema uchun ham haqiqiy bo'ladi.

Bir o'q bo'yicha siqish yoki cho'zishdan deformatsion ko'rsatkichlarni aniqlash uchun ham, mustahkamlik ko'rsatkichlarini aniqlash uchun ham foydalaniladi.

Kompression sinovlar sxemasi ishlab chiqarish laboratoriyalarida gruntning deformatsion xossalari ko'rsatkichlarini aniqlash uchun keng qo'llaniladi. Halqa shaklidagi qattiq temir oboymaga joylangan grunt namunasi qattiq temir shtamp yordamida normal kuch F_z bilan bosiladi. Bu kuch ta'sirida namunada siquvchi zo'riqishlar $\sigma_x = \sigma_y$ yuzaga kelib, gruntning zichlanishi va shtampning cho'kishiga sabab bo'ladi. Suvga to'yingan gruntlarning namunalari sinovdan o'tkazishda

g'ovaklardan suvni oqizish shtamp va tubdagi tirqishlar orqali amalga oshiriladi. Bundan oldingi sxemadan farqli o'laroq, yonlama halqa namunaning kengayishiga monelik qiladi va $\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$. Biroq, namunada yondan zo'riqishlar σ_x va σ_y yuzaga keladi. Standart kompression asbobda bu zo'riqishlarni o'lchashning iloji yo'q. Bundan tashqari, namunaning yon sirtlari, asbobning shtampi va tubi o'rtasidagi va namunaning yon sirtlari bilan temir halqa o'rtasidagi kontaktlarda ham urinma zo'riqishlar yuzaga keladi.

Kompression sinovlar sxemasi muhandislik vazifalarining cheklangan doirasigagina bevosita yaqin bo'lib, ular bir o'lchovli sinovlar sifatida qaralishi mumkin (o'z og'irligi ta'siri ostida gorizontaal qatlamlanishda gruntning zichlanishi; tekislikda rivojlangan plitali poydevor zaminida grunt cheklangan qatlamining cho'kishi va sh.k.). Biroq kompression sinovlarning natijalaridan muayyan farazlar bilan murakkabroq vazifalarni hisoblashda ham foydalaniladi.

Bir tekislikda siljitish sxemasi gruntning mustahkamligi ko'rsatkichlarini aniqlashning eng soddaxemasi hisoblanadi. Grunt namunasi ikki qismga (ustki va pastkiga) ajratilgan, qismlar o'rtasida tirqish mavjud bo'lgan qattiq temir halqaga joylanadi. Namunani shtamp yordamida normal kuch F_z bilan bosilib, kompressiya sharoitida grunt zarur holatgacha zichlanishiga erishiladi. So'ngra gorizontaal kuch T yordamida namunani uning bir qismini ikkinchi qismi bo'ylab siljitish yo'li bilan buzish amalga oshiriladi. Gruntning mustahkamlik ko'rsatkichlari normal zo'riqishlar $\sigma = F_z/A$ dan siljituvchi zo'riqishlar funksiyasi $\tau = T/A$ parametrlari sifatida aniqlanadi, bu yerda A – namuna kesimining yuzi.

Kompression sinovlar kabi, siljitish yo'li bilan sinashning ham asosiy kamchiliklari namuna zo'riqtirilgan holatining butunlay noaniqligi hamda siljish jarayonida σ va τ qiymatlarining o'zgaruvchanligidir. Bundan tashqari, mazkur sxema namunani siljish sirtidagi oldindan berilgan, qayd etilgan tirqish bilan buzishni nazarda tutadi. Bu sirt doirasida mustahkamroq kiritmalarning yoki, aksincha, butun namunaga xos bo'lmagan bo'shliqlarning mavjudligi tasodifiy natijalarga olib kelishi mumkin.

Namunaning massivdagi zo'riqtirilgan – deformatsiyalangan holatiga *uch o'q bo'ylab yuklash sxemasi* bo'yicha sinovlar ko'proq darajada mos keladi. $\sigma_z > \sigma_y = \sigma_x \neq 0$ bo'lgan holda silindrsimon namunani stabilometrik yuklash va kub shaklidagi namunani erkin normal zo'riqishlar bilan yuklash $\sigma_z \geq \sigma_y \geq \sigma_x$ sxemalari farqlanadi. Gruntning uch o'qli sinovlari uchun mo'ljallangan asboblarning konstruksiyalari namunaning yon yuzasiga kuchni bukiluvchan rezina qobiqlar orqali yuborishni nazarda tutadiki, bu namuna sirti bo'ylab urinma zo'riqishlar rivojlanishiga monelik qiladi. Binobarin, zo'riqishlarning yuqorida ko'rsatilgan komponentlari bosh zo'riqishlarga mos tushadi, ya'ni $\sigma_z = \sigma_1$; $\sigma_y = \sigma_2$; $\sigma_x = \sigma_3$. Namunaning siljish hisobiga buzilishi bir tekislikda siljitish asbobidagi kabi ayrim qayd etilgan sirt bo'ylab emas, balki z o'qqa nisbatan qiya bo'lgan ayrim maydonchalar bo'ylab yuz beradiki, bu yerda τ va σ zo'riqishlar o'rtasida chegaraviy nisbat o'rnatiladi.

Uch o'qli sinovlar sxemasi har xil, shu jumladan eng murakkab modellar uchun ishlatiluvchi gruntlarning deformatsion va mustahkamlik ko'rsatkichlarini eng katta aniqlik bilan topish imkonini beradi. Biroq bunda asboblarning konstruksiyalari va tajribalar o'tkazish usuli kabilar kompression va siljitish sinovlariga qaraganda sezilarli darajada murakkablashadi. Bino va inshootlar stabilometrik yuklash sxemasidan muhim inshootlarni loyihalashda foydalaniladi. Oddiy qurilishlarda gruntlarning deformatsion va mustahkamlik ko'rsatkichlarini aniqlash uchun, odatda, kompression va siljitish sinovlaridan foydalaniladi.

2.2. Gruntlarning deformatsiyalanuvchanligi

Fizik tasavvurlar. Inshootlardan tushuvchi yuklarning ta'siri ostida zamin gruntlarida katta hajmiy va siljishdagi deformatsiyalar yuz beradi. Bu zaminlar sirtida va ularning ustiga qurilgan inshootlarda kuchli vertikal va gorizontal siljishlar va cho'kishlar rivojlanishiga sabab bo'ladi.

Gruntlarning deformatsiyalari elastik va yumshoq xususiyat kasb etadi. Elastik deformatsiyalar gruntida tarkibiy sinch va bog'lanishlar saqlangan holda yuzaga keladi, qattiq zarralarning nisbiy siljishsiz yuz beradi va faqat grunt skeleti, grunt zarralari va g'ovaklardagi suvning elastik siqilishi bilangina belgilanadi. Ular gruntning tarkibiy mustahkamlik darajasidan oshmaydigan statik kuchlar (muvozanat kuchlari) yoki qisqa muddatli dinamik kuchlar ta'sirida rivojlanadi. Kuchlar yo'qolganida (kotlovan qazish paytida uning tubi yuksizlanganida) deformatsiyalarning tiklanishi (kotlovan tubining ko'tarilishi) elastik deformatsiyalanish qonuniga muvofiq yuz beradi.

Gruntning tarkibiy mustahkamlik darajasidan ortiq yuk tushganida grunt skeletini tashkil etuvchi zarralar o'rtasidagi bog'lanishlar buzila boshlaydi. Zarralarning nisbiy siljishi natijasida yumshoq deformatsiyalar yuzaga keladi. Plastik deformatsiyalar, odatda, vaqtda rivojlanadi: gruntida loyli zarralar qancha ko'p bo'lsa, unda yumshoq deformatsiyalarning rivojlanish jarayoni shuncha sust kechadi. Bu loyli grunt g'ovaklarining ingichka kapillarlari bo'ylab suvning siqilish tezligi keskin pasayishi, bog'lanishli suvning alohida xossalari, loyli zarralarning nisbiy siljishiga nisbatan qovushqoq qarshilik bilan bog'liq. O'rta yirik va yirik donador qumlarda, yirik toshli va yoriqsimon qoyatosh gruntlarda yumshoq deformatsiyalarning yuzaga kelish tezligi loyli gruntlarda bunday deformatsiyalarning yuzaga kelish tezligidan bir necha baravar kattadir. Yumshoq deformatsiyalar elastik deformatsiyalardan ancha katta bo'lib, faqat kam yoriqli qoyatosh gruntlarda ular nisbatan kichkina bo'lishi mumkin.

Gruntlardagi plastik deformatsiyalarni hajmiy va siljishdagi deformatsiyalarga ajratish mumkin. Hajmiy deformatsiyalar gruntidagi g'ovaklar

hajmi o'zgarishiga, ya'ni uning zichlanishiga, siljishdagi deformatsiyalar – uning dastlabki shakli o'zgarishiga olib keladi va gruntning yemirilishiga sabab bo'lishi mumkin. Suvga to'yingan gruntlarda hajmiy deformatsiyalar grunt g'ovaklaridagi suvning siqilishi bilan birga kechadi va juda murakkab xususiyat kasb etadi.

Ayrim hollarda (gruntlarga dinamik ta'sir ko'rsatilishi, chuqur kotlovanlar qazilishi va sh.k.) elastik va plastik deformatsiyalar alohida o'rganiladi. Biroq aksariyat hollarda faqat umumiy (jami) deformatsiyalarni va ular grunt massivida keltirib chiqaradigan umumiy siljishlarni o'rganish bilan kifoyalanish mumkin bo'ladi.

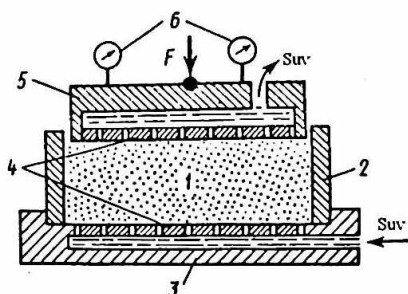
Bir o'q bo'yicha sinash. Sinovlarda diametri yoki ko'ndalang kesimining tomoni 40...45 mm bo'lgan silindrsimon yoki prizmasimon shakldagi namunalardan foydalaniladi. Namunaning press yordamida kuch uzatiluvchi yon yuzalari parallel va silliq bo'lishi lozim. Yon yuzalarda ishqalanishning ta'sirini ko'proq darajada istisno etish va namunaning o'rta qismida bir tekis zo'riqtirilgan holatni ta'minlash uchun uning balandligi kengligi yoki diametridan 2...3 baravar katta bo'lishi kerak. Bo'ylama va ko'ndalang deformatsiyalarni aniqlash uchun namuna yon yuzasining o'rta qismiga tenzodatchiklar yopishtiriladi. Yuklash gruntning mustahkamlik darajasiga qarab bosqichma – bosqich amalga oshiriladi.

Namuna (0,3...0,5) R_c ga mos qiymatgacha yuklanadi, bu yerda R_c – yakka o'qli siqishga nisbatan grunt namunasining mustahkamlik chegarasi. Shundan so'ng namuna bosqichma – bosqich to'la yuksizlantiriladi. Qoyatosh grundi namunasining deformatsiyanuvchanlik egri chiziqlari chiziladi.

Quyidagilardan deformatsiya ko'rsatkichlari sifatida foydalaniladi: YE – deformatsiya moduli, YE' – elastiklik moduli, ν – Puasson koeffitsiyenti. YE va YE' kattaliklar ayni bir formula yordamida zo'riqishlar o'zgarishining talab etiluvchi oralig'ida aniqlanadi. $YE = \Delta\sigma / \Delta\epsilon_z$. Bunda deformatsiya moduli yuklanish tarmog'iga ko'ra aniqlanadi va namunaning umumiy (elastik va yumshoq) deformatsiyalari $\epsilon_z = \epsilon'_z + \epsilon''_z$ ni tavsiflaydi, elastiklik moduli esa yuzsizlanish tarmog'iga ko'ra aniqlanadi va faqat tiklanuvchi deformatsiyalar ϵ'_z ni tavsiflaydi. Kam yoriqli qoyatosh gruntlar uchun bu kattaliklar o'zaro yaqin

bo'lib, ko'pi bilan 10...30% ga farq qiladi. Odatda qoyatosh jinslari namunalari modullarining qiymatlari 1000...3000 MPa dan (bo'sh ohaktoshlar, alevrolitlar uchun) 100000 MPa gacha va undan ko'proq miqdorda (mustahkam granitlar, diabazlar va vulqondan otilgan boshqa jinslar uchun) o'zgaradi. quyidagi formula bo'yicha aniqlanuvchi namunalar Puasson koeffitsiyenti qoyatosh gruntlari namunalarining aksariyati uchun yuklash va yuksizlantirish natijasida kam o'zgaradi va taxminan 0,1...0,3 ni tashkil etadi.

$$\nu = -(\varepsilon_x + \varepsilon_y) / (2\varepsilon_z).$$



Kompression sinovlar.

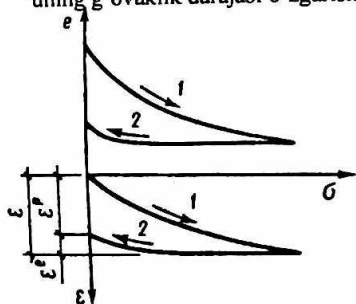
Kompressiya asbobi ometrining sxemasi 2.2-rasmda ko'rsatilgan. Temir halqa (2) ichiga joylangan grunt namunasi (1) tubga (3) o'matiladi. Namuna ustidan shtamp (5) orqali yuklash moslamasi yordamida F kuchi bosqichma – bosqich uzatiladi. Bu kuch namunada

siquvchi zo'riqishlar $\sigma = F/A$ ni yuzaga keltiradi, bu yerda A – namuna ko'ndalang kesimining yuzi. Tubda va shtampda ingichka teshiklar (4) mavjud bo'lib, ular grunt namunasi siqilganida g'ovakdagi suvning oqishini yoki, aksincha, sinovning zarur shartlarida gruntga suv quyilishini ta'minlaydi. F kuchi ta'sirida shtampning vertikal siljishi yuz berib, u namunaning cho'kishiga sabab bo'ladi. Bu siljish va cho'kishning kattaligi ometr shtampiga o'matiluvchi soat tipidagi indikatorlar (6) bilan o'lchanadi. Deformatsiyalanuvchi grunt namunasi halqa devoriga ishqalanish kuchining ta'sirini kamaytirish uchun namuna diametri uning balandligidan kamida uch baravar katta bo'lishi lozim.

Siquvchi zo'riqish σ ni bosqichma – bosqich ko'paytirib borish va yuklashning har bir bosqichida yuz bergan deformatsiyalarning turg'unlashuvini kutish orqali grunt namunasining yuklash mazkur bosqichiga muvofiq bo'lgan cho'kish qiymati S ni aniqlash mumkin. Bunda kompression siqilish sharoitida

gruntning deformatsiyalanuvchanlik darajasiga miqdoriy baho berish o'lchovi bo'lib siqilishning nisbiy deformatsiyasi $\varepsilon = s/h$ xizmat qiladi, bu yerda h – namunaning boshlang'ich balandligi. Xuddi shu yo'sinda, namunani yuksizlantirishni bosqichma–bosqich amalga oshirib, zo'riqish kamaygan holda namuna cho'zilishi (zichlikning kamayishi) nisbiy deformatsiyasining bog'liqligini olish mumkin.

Kompression egri chiziq. Gruntning zichlanishi va zichlikning kamayishi uning g'ovaklik darajasi o'zgarishi bilan bevosita bog'liq bo'lganligi uchun



2.3-rasm. Kompression egri chiziqlar va nisbiy deformatsiya o'zgarishining zo'riqishga bog'liqliklari: 1 – yuklash; 2 – yuksizlantirish.

loyihalash izlanish amaliyotida kompression sinovlarning natijalari odatda grunt g'ovaklik koeffitsiyentining siquvchi zo'riqishga bog'liqligi – *kompression egri chiziq* tarzida ifodalanadi (2.3-rasmning yuqori qismi).

Gruntning qattiq zarralari va g'ovakdagi suv amalda siqiluvchan emasligidan va qattiq temir halqa yondan deformatsiyalarga to'la qarshilik qilishidan kelib chiqsak, kompressiya asbobining odometrida namunaning siqilishi faqat g'ovaklar hajmining kamayishi hisobiga yuz beradi. Binobarin, V_1 grunt namunasida uning zichlanish jarayonida qattiq zarralar hajmi o'zgarmas bo'lib qoladi, g'ovaklar hajmi V_2+V_3 esa kamayadi. Bu holda aniqlangan ko'rsatkichlarga muvofiq grunt namunasining zichlanishi munosabati bilan uning hajmi o'zgarganida g'ovaklik koeffitsiyentining kamayishi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$e_1 = e_0 - \frac{\Delta(V_2 + V_3)}{V_1} = e_0 - \frac{\Delta n_1}{m}, \quad (2.1)$$

bu yerda: e_0 – namuna g'ovaklik koeffitsiyentining (2.1) formula yordamida hisoblab topilgan boshlang'ich qiymati; e_i – siquvchi zo'riqish σ_i ta'sir ko'rsatgan holda namunaning g'ovaklik koeffitsiyenti.

Boshqa tomondan, namuna yonga kengayish imkoniyatisiz deformatsiyalanishi bois, g'ovaklar hajmi (g'ovaklik darajasi)ning umumiy kamayishi $\Delta(V_2+V_3)$ miqdor jihatidan namuna cho'kishi s_i ning namuna yuzasi A ga ko'paytmasiga teng bo'ladi, ya'ni $\Delta n = s_i/A$. Namunadagi qattiq zarralar hajmi (2.2) formulaga muvofiq quyidagicha aniqlanadi:

$$V_i = \frac{1}{1+e_0} Ah$$

Shunda ifodani quyidagicha yozilishi mumkin:

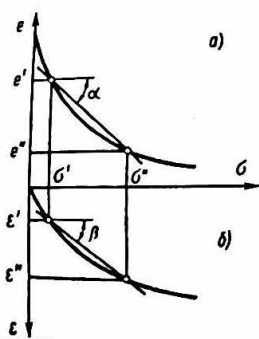
$$e_i = e_0 - (1+e_0) \frac{s_i}{h} = e_0 - (1+e_0) \varepsilon_i. \quad (2.2)$$

(2.2) formuladan gruntning g'ovaklik koeffitsiyentlarini hisoblash uchun zo'riqishning har bir berilgan bosqichida va sinov natijalari bo'yicha kompression egri chiziqni tuzishda foydalaniladi. Tabiiyki, bu mulohazalar namunani yuksizlantirish holati uchun ham o'rinlidir, bunda (2.1) va (2.2) formulalarda manfiy belgisi musbat belgisi bilan almashtirilishi lozim.

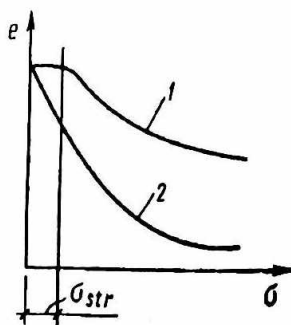
Grunt strukturasiining mustahkamligi 2.3-rasmda keltirilgan kompression egri chiziq qumli gruntlar yoki tarkibi buzilgan changsimon – loyli gruntlarning namunalarini sinash natijalariga mos keladi. Aksariyat hollarda tarkibi buzilmagan changsimon – loyli gruntlar tarkibiy jihatdan mustahkam bo'ladi. Bu mustahkamlik grunt zarralari o'rtasidagi bog'lanishlar bilan belgilanadi va grunt skeletiga uning strukturali buzila boshlagunga qadar ayrim zo'riqishga dosh berish qobiliyatini baxsh etadi. Yuqorida qayd etib o'tilganidek, gruntning tarkibiy mustahkamlik darajasidan ortiq bo'lmagan zo'riqishlarda gruntida faqat elastik deformatsiyalar rivojlanadi. Bu kompression sinovlarda yorqin namoyon bo'ladi. Tarkibiy jihatdan mustahkam bo'lgan grunt namunasiining asta – sekin yuklanishi zo'riqishning kichik bosqichlarida faqat uncha katta bo'lmagan elastik deformatsiyalarga sabab bo'ladi.

Bunda gruntning g'ovaklik koeffitsiyenti deyarli o'zgarmaydi (2.4-rasmda egri chiziqning boshlang'ich uchastkasi 1). Zo'riqish tarkibiy mustahkamlik darajasiga yetgach, grunt skeletining buzilishi boshlanadi va zarralar joyining o'zgarishi, gruntning zichlanishi yuz berib, bu g'ovaklik koeffitsiyentining kamayishiga olib keladi. Shunday qilib, gruntning tarkibiy mustahkamligi σ_{str} sinov yo'li bilan kompression egri chiziqning o'ziga xos o'zgarishiga ko'ra aniqlanishi mumkin. Har xil tipdagi gruntlarning tarkibiy mustahkamligi keng doirada: suvga kam to'yingan loyli gruntlar uchun 0,01...0,05 MPa dan kam namlangan lyoss gruntlari uchun 0,15...0,20 MPa gacha o'zgarishi mumkin.

Gruntning tarkibiy mustahkamligi tushunchasidan ba'zan poydevor ostidagi siqiluvchi grunt qatlamining quvvatini cheklash uchun foydalaniladi, bunda zaminda shu kattalikdan oshmaydigan zo'riqishlarda gruntning zichlanishi yuz bermaydi, deb taxmin qilinadi. Gruntning tabiiy tuzilishi buzilgan holda skelet zarralari o'rtasidagi bog'lanishlarning buzilishi yuz beradi. Tuzilishi buzilgan gruntning hatto boshlang'ich zichligi ham tabiiy tuzilishga ega gruntniki kabi bo'lsa, uning zichlanishi eng kichik zo'riqishlarda baribir boshlanadi va siqiluvchanlik ancha katta bo'ladi (2.5-rasmdagi 2 egri chiziq). Shu sababli, xususan, to'kma gruntlar ustiga qurilgan inshootlardagi cho'kishlar ham odatda tabiiy zaminlar ustiga qurilgan inshootlarning cho'kishlaridan katta bo'ladi.



2.4-rasm. Tuzilishi buzilmagan (1) va buzilgan (2) gruntning kompression egri chiziqlari.



2.5-rasm. Kompression sinovlarning natijalari bo'yicha siqiluvchanlik (a) va nisbiy siqiluvchanlik (b) koeffitsiyentlarini aniqlash.

Siqilish koeffitsiyenti. Tuzilishi buzilgan yoki buzilmagan gruntning kompression egri chizig'i tarkibiy mustahkamlik darajasiga mos keluvchi zo'riqishlar doirasidan tashqarida ilk bor K.Tersagi tomonidan taklif qilingan tenglama bilan tavsiflanishi mumkin:

$$e = -a \ln(\sigma / \sigma_0) + b, \quad (2.3)$$

bu yerda: a , σ_0 , b – σ ning har xil qiymatlarida sinov egri chizig'ining uch nuqtasi bo'yicha aniqlanuvchi ko'rsatkichlar.

Biroq bu tenglamadan muhandislik maqsadlarida foydalanish noqulay bo'lgani bois, amaliy hisoblashlarda odatda siquvchi zo'riqishlarning o'zgarishlari uncha katta bo'lmagan (har xil gruntlar uchun taxminan 0,1...0,3 MPa) holda tarkibiy mustahkamlik doirasidan tashqaridagi kompression egri chiziq uchastkasini yetarli darajada aniqlik bilan to'g'ri chiziq kesimiga almashtirish mumkinligidan kelib chiqiladi (2.5-rasm, a).

Bu holda siqiluvchanlik koeffitsiyenti m_0 kPa⁻¹ tushunchasi kiritilib, u gruntning g'ovaklik koeffitsiyenti o'zgarishining siqiluvchi zo'riqish o'zgarishiga nisbati sifatida aniqlanadi va son jihatidan $tg \alpha$ ga teng bo'ladi:

$$m_0 = (e' - e'') / (\sigma' - \sigma''). \quad (2.4)$$

Siqilish koeffitsiyenti siquvchi zo'riqish kuchaygan holda gruntning zichlanish qobiliyatini tavsiflaydi. Shuni ta'kidlab o'tish lozimki, kompression sinovlar grafigi egri chiziqli xususiyatga ega bo'lgani bois, siqilish koeffitsiyenti tanlangan zo'riqishlar oralig'iga bog'liq bo'ladi. σ' va σ'' ning bir xil qiymatlarida m_0 kattaroq bo'lgan grunt ko'proq darajada siqiluvchan bo'ladi, binobarin, bunday gruntlar ustiga qurilgan inshootning cho'kishi ham, boshqa teng shartlarda, siqilish koeffitsiyenti kichikroq gruntlar ustiga qurilgan inshootning cho'kishidan ortiq bo'ladi.

Agar (2.4) tenglamada $\Delta e = e' - e''$ va $\Delta \sigma = \sigma' - \sigma''$ deb yozsak, ya'ni ortirmalarga o'tsak, quyidagi iborani olamiz:

$$\Delta e = m_0 \Delta \sigma. \quad (2.5)$$

Bu ifoda inshootlar zaminlarining cho'kishini hisoblash uchun muhim ahamiyat kasb etadi. U ko'pincha *gruntlarning zichlashuv qonuni* deb ataladi: *Siquvchi zo'riqishlar oz miqdorda o'zgarganida grunt g'ovaklik koeffitsiyentining kamayishi siquvchi zo'riqishning oz miqdorda o'zgarishiga proporsional.*

Endi siquvchi zo'riqishlarning o'zgarishi va zichlanishning nisbiy deformatsiyasi o'rtasidagi bog'liqlikni ko'rib chiqamiz. Ko'rsatilgan bog'liqlikni taxminan zo'riqishlar o'zgarishining ayrim oralig'ida chiziqli bog'liqlik bilan almashtirish mumkin (yuqorida kompression zichlanish qonunini keltirib chiqarishda shunday qilindi).

Zo'riqish σ da grunt namunasi balandlik h va g'ovaklik koeffitsiyenti e ga ega bo'ladi. Zo'riqish σ' qiymatgacha oshishi bilan namunaning balandligi va g'ovaklik koeffitsiyenti zichlanish natijasida kamayadi va tegishli ravishda h'' va e'' teng bo'lib qoladi. Tafovut $h' - h''$ son jihatidan zo'riqishlar o'zgarishining ko'rilayotgan oralig'ida namunaning cho'kishi s ga tengdir.

(2.2) tenglamaga binoan, g'ovaklik koeffitsiyenti e quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$e' = e' - (1 + e')s / h. \quad (2.6)$$

Bundan quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$\Delta e = e' - e'' = (1 + e')\Delta \varepsilon, \quad (2.7)$$

bu yerda: $\Delta \varepsilon = s / h'$ - zo'riqishlarning σ' dan σ'' gacha o'zgarishlar oralig'ida grunt namunasining nisbiy deformatsiyasi.

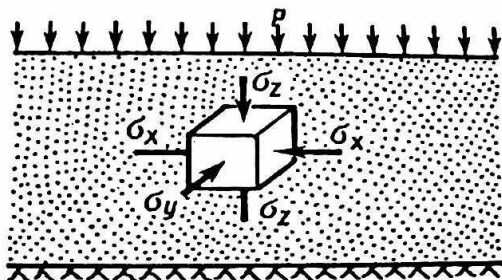
Quyidagi ifodani olamiz:

$$\Delta \varepsilon = \frac{m_0}{1 + e'} \Delta \sigma = m_v \Delta \sigma, \quad (2.8)$$

bu yerda: $m_v = m_0 / (1 + e')$ - gruntning nisbiy siqilish koeffitsiyenti, kPa^{-1} .

Shu yo'sinda namunaning yuksizlanish holati uchun ham bunday ko'rsatkichlarni olish mumkin. Bu holda *zichlanishning kamayish koeffitsiyenti* va *zichlanishning kamayishi nisbiy koeffitsiyenti* tushunchalaridan foydalaniladi.

Kompression bog'lanishning umumiy holati. Yuqorida grunt keltirilgan koeffitsiyentlar kompression zo'riqishda gruntning deformatsion ko'rsatkichlari hisoblanadi va ayrim hollarda kotlovan tubining cho'kishi yoki ko'tarilishini hisoblashda bevosita foydalaniladi.



2.6-rasm. Ta'sir ostida grunt elementidagi zo'riqishlar sxema namunasi.

Tekis taqsimlangan uzluksiz yukning faqat vertikal siquvchi zo'riqish ta'siri ostida zichlanishi $\sigma_z = \sigma$ ko'rib chiqildi. Siquvchi zo'riqishlar σ_x va σ_y ning qolgan komponentlari e'tiborga olinmadi. Biroq ular umumiy holatda ham massivdagi grunt elementar hajmining deformatsiyalanuvchanligiga ta'sir ko'rsatadi. Darhaqiqat, vertikal yuklar ta'siri ostida grunt elementida σ_x va σ_y reaktiv zo'riqishlarining qancha katta qiymatlari yuzaga kelsa, bu gruntning siqiluvchanlik darajasi shuncha kam bo'ladi. (2.5) shartni kiritish zo'riqishlarning σ dan σ'' gacha o'zgarishlari oralig'ida gruntga chiziqli deformatsiyalanuvchi muhit sifatida qarash imkonini beradi. Bunda ko'rsatilgan sharoitlarda gruntning deformatsiyalanuvchanligini tavsiflash uchun umumlashtirilgan Guk qonuni (2.10) tenglamasidan foydalanish mumkin. Grunt massivi sirtida kompression siqilishning tegishli sxemasiga mos tushuvchi teng taqsimlangan yuk p ta'sir ko'rsatganida σ_x , σ_y va σ_z zo'riqishlar tushuvchi maydonchalar bosh maydonchalar bo'lgani (ya'ni $\tau_{xz} = \tau_{yz} = \tau_{xy} = 0$) bois, bu tenglamalar quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)];$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E}[\sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x)]; \quad (2.9)$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E}[\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)],$$

bu yerda: ν – Puasson koeffitsiyenti bo'lib, u ta'rifga ko'ra yondan siqilish cheklanmagan holda yakka o'qli siqilishda namuna ko'ndalang va bo'ylama deformatsiyalarining absalut qiymatlari nisbatiga teng:

$$\nu = \varepsilon_x / \varepsilon_z = \varepsilon_y / \varepsilon_z. \quad (2.10)$$

Ma'lumki, kompression sinovlarda $\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$; $\sigma_x = \sigma_y$. Bunda (4.9) sistemaning dastlabki ikki tenglamasidan quyidagi ifoda olinadi:

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_z. \quad (2.11)$$

Grunt yonga kengayish imkoniyati mavjud bo'lmagan sharoitlarda grunt elementar hajmining vertikal va gorizontal maydonchalarida ta'sir ko'rsatuvchi normal zo'riqishlar absalut qiymatlarining nisbatini belgilovchi *sokinlik holatida gruntning yonlama bosimi koeffitsiyenti* ξ tushunchasini kiritamiz.

Bunda 2.7-rasmga muvofiq (2.11) ifodasidan ξ va ν koeffitsiyentlari o'rtasidagi aloqani aniqlash mumkin:

$$\xi = \frac{\sigma_x}{\sigma_z} = \frac{\sigma_y}{\sigma_z}; \quad \nu = \xi / (1 + \xi); \quad \xi = \nu / (1 - \nu). \quad (2.12)$$

Shunday qilib, kompression sinovlar o'tkazish chog'ida namunaga siquvchi zo'riqish σ yuborilishi natijasida unda yuzaga keluvchi yondan zo'riqishlarni o'lchashning iloji bo'lsa, bu koeffitsiyentlarni aniqlash mumkin. Kompression asboblarda ometrlarining ba'zi bir konstruksiyalari bunday o'lchashlarni amalga oshirish imkonini beradi. Odatda buning uchun stabilometrlar bilan sinovlardan foydalaniladi.

Nazariy jihatdan olib qaraganda, har qanday material yonlama bosimining koeffitsiyenti 0 dan 1 gacha doirada o'zgarishi mumkin. Bu holda Puasson koeffitsiyentining o'zgarish chegaralari $0 \leq \nu \leq 0,5$ ni tashkil etadi. N.A.Sitovich ko'p sonli sinovlarning natijalarini umumlashtirib, yonlama bosim koeffitsiyentining quyidagi keng tarqalgan qiymatlarini keltiradi: qumli gruntlar

uchun $\xi=0,25...0,37$, loyli gruntlar uchun (konsistensiyasiga qarab) $\xi=0,11...0,82$. Ularga Puasson koeffitsiyenti o'zgarishining quyidagi chegaralari mos keladi: qumli gruntlar uchun $\nu=0,2...0,27$, loyli gruntlar uchun $\nu=0,1...0,45$. Loyli grunt konsistensiyasiga ko'ra oquvchi holatga qancha ko'proq yaqinlashsa, ξ va ν qiymatlari shuncha katta bo'ladi.

(2.9) sistemaning oxirgi tenglamasiga (2.11) ifodadan $\sigma_x = \sigma$, qiymatlarini qo'ysak va (2.12) formulalariga muvofiq o'zgartirishni amalga oshirsak, quyidagi ifodani olamiz:

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} \left(1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}\right) = \frac{\sigma_x}{E} \left(1 - \frac{2\xi^2}{1+\xi}\right) = \frac{\sigma_x}{E} \beta, \quad (2.13)$$

bu yerda: $\beta - \nu$ ga yoki ξ ga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent. Ko'rib turganimizdek, β koeffitsiyenti doim 1 dan kichkina bo'ladi. Binobarin, gruntning kompression yuklanish sharoitlarida siqishning nisbiy deformatsiyasi ε_x doim yakka o'qli sinovlarda gruntning shu namunasi nisbiy deformatsiyasidan kichik bo'ladi ($\varepsilon_x = \sigma_x/E$).

Deformatsiya moduli. Shuni eslatib o'tish lozimki, oldingi bandda keltirilgan barcha amallar zo'riqishlarning σ' dan σ'' gacha o'zgarishlari ayrim oralig'iga tegishli bo'lib, bu yerda grunt chiziqli deformatsiyalanuvchi muhit sifatida qaralishi mumkin. Bunda (2.13) tenglama orttirmalarni e'tiborga olib quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta\varepsilon_x = \frac{\Delta\sigma_x}{E} \beta. \quad (2.14)$$

Endi kompression egri chiziq tahliliga qaytib, $\Delta\varepsilon_x = \Delta\varepsilon$, $\Delta\sigma_x = \Delta\sigma$ ekanligini e'tiborga olsak, (2.8) va (2.14) ifodalarini tenglashtirib, quyidagi ifodani olamiz:

$$E = \frac{\beta}{m_v} = \frac{1+e'}{m_0} \beta. \quad (2.15)$$

Shunday qilib, zo'riqishlar o'zgarishining ayrim oralig'ida kompression sinovlarning natijalariga ko'ra aniqlanuvchi grunt deformatsiyasi moduli uning g'ovaklik koeffitsiyenti o'zgarishi bilan bevosita bog'liq. Siqilish koeffitsiyenti m_0 yoki nisbiy siqiluvchanlik koeffitsiyenti m_v ni 2.4-rasmdagi tuzilmalarga

muvoqif aniqlash mumkin. Koeffitsiyent β ni aniqlash uchun zo'riqlashlar o'zgarishining shu oralig'ida ν yoki ξ qiymatlarni bilish lozim. Bu ma'lumotlar mavjud bo'lmagan holda koeffitsiyent β quyidagi qiymatlarga teng deb olinishi mumkin: changsimon va mayda qumlar uchun – 0,8; loyli qumlar uchun – 0,7; qumli loylar uchun – 0,5; loylar uchun – 0,4.

Gruntning deformatsiya moduli grunt deformatsion xossalari muhim ko'rsatkichi bo'lib, yuk tushgan holda gruntning zichlanuvchanligini tavsiflaydi. Undan grunt zaminlar ustiga qurilgan inshootlarning cho'kishlarini hisoblashda foydalaniladi. Gruntning yuksizlanishi natijasida deformatsiyalarning tiklanish darajasini aniqlash zarur bo'lgan holda grunt zichligining kamayish koeffitsiyenti yoki zichlikning kamayish nisbiy koeffitsiyenti qiymatlari bo'yicha aniqlanadigan elastiklik modulidan foydalaniladi.

Hajmiy deformatsiya moduli va siljish moduli. Yuqorida bayon etilganlar gruntning deformatsiyalanish jarayonini chiziqli deformatsiyalanuvchi muhit modeli yordamida tavsiflash uchun ikki deformatsiya ko'rsatkichi: *deformatsiya moduli* YE va Puasson koeffitsiyenti ν ni bilishning o'zi kifoya qilishini ko'rsatadi. Bu ko'rsatkichlar eksperimental tadqiqotlarning natijalariga ko'ra hisoblab topilishi mumkin bo'lib, ulardan odatda kompression zichlanish bir o'lchovli vazifasini yechishda foydalaniladi. Umumiy holda tekislikka va maydonga oid vazifalarni yechishda gruntning har qanday deformatsiyasini hajmiy deformatsiyalar va siljishdagi deformatsiyalar yig'indisi tarzida ifodalash qulaydir. Bunda gruntning boshqa deformatsion ko'rsatkichlari: hajmiy *deformatsiya moduli* K va *siljish moduli* G dan foydalaniladi. Bu modullarning qiymatlari quyidagi yo'l bilan aniqlanishi mumkin.

Sistema birinchi tenglamasining o'ng qismini unga musbat va manfiy belgili a'zo $\nu\sigma_x/E$ ni qo'shib o'zgartirib, quyidagi ifodani olamiz:

$$\varepsilon_x = \frac{1+\nu}{E}\sigma_x - \frac{\nu}{E}\sigma_m,$$

bu yerda: $\sigma_m = (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)/3$.

Endi bu ifodaga har xil belgili a'zo $(1+\nu)\sigma_m/E$ ni qo'shib, quyidagi ifodani olamiz:

$$\varepsilon_x = \frac{1+\nu}{E}(\sigma_x - \sigma_m) + \frac{1-2\nu}{E}\sigma_m.$$

Bu sistemaning qolgan tenglamalari bilan ham shunday usul bilan umumlashtirilgan Guk qonunini quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{1+\nu}{E}(\sigma_x - \sigma_m) + \frac{1-2\nu}{E}\sigma_m; \\ \varepsilon_y &= \frac{1+\nu}{E}(\sigma_y - \sigma_m) + \frac{1-2\nu}{E}\sigma_m; \\ \varepsilon_z &= \frac{1+\nu}{E}(\sigma_z - \sigma_m) + \frac{1-2\nu}{E}\sigma_m.\end{aligned}\quad (2.16)$$

Bu yerda tenglamalar o'ng qismining birinchi a'zolari siljishdagi deformatsiyalarni (grunt shaklining o'zgarishlarini), ikkinchi a'zolari esa – hajmiy deformatsiyalarni tavsiflaydi. Darhaqiqat, bu ifodalardan hajmiy deformatsiyalar qiymatini aniqlaydigan bo'lsak $\varepsilon_v = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$, o'ng qismlar birinchi a'zolarining yig'indisi nolga teng bo'ladi, ya'ni faqat normal zo'riqishlar ta'sir ko'rsatgan holda shakl o'zgarishlari mavjud bo'lmaydi. Bu holda (2.16) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{1}{2G}(\sigma_x - \sigma_m) + \frac{1}{K}\sigma_m; \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{2G}(\sigma_y - \sigma_m) + \frac{1}{K}\sigma_m; \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{2G}(\sigma_z - \sigma_m) + \frac{1}{K}\sigma_m.\end{aligned}\quad (2.17)$$

Bu yerda:

$$G = E/[2(1+\nu)]; \quad K = E/(1-2\nu). \quad (2.18)$$

Bundan Puasson koeffitsiyentini hajmiy deformatsiya moduli va siljish moduli orqali osongina ifodalash mumkin:

$$\nu = \frac{K+2G}{2(K+G)}. \quad (2.19)$$

Shunday qilib, tajribadan grunt deformatsion ko'rsatkichlarining istalgan jufti – E va ν yoki K va G ni bilgan holda, yuqorida keltirilgan formulalar

bo'yicha qolgan ko'rsatkichlarni aniqlash mumkin. Siljish moduli G ni bilgan holda, gorizonta kuchlar ta'siri ostida grunt zaminlar ustiga qurilgan inshootlarning gorizonta siljishlarini aniqlash mumkin.

Gruntning gidrosig'imi prinsipi. N.M.Gersevanov gruntning hajmiy deformatsiyasi umumiy holatini o'rganib, gruntning g'ovaklik koeffitsiyenti faqat normal zo'riqishlar yig'indisi $\theta = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z = 3\sigma_m$ ga bog'liq bo'ladi va ularning nisbatiga bog'liq bo'lmaydi, degan farazni kiritdi, ya'ni

$$e = e(\theta). \quad (2.20)$$

Kompression yuklanish sxemasi uchun bu qoidani quyidagilardan kelib chiqib osongina isbotlash mumkin. Hamonki $\sigma_x = \sigma_y = \xi\sigma_z$, $\theta = \sigma_z(1+2\xi)$ ekan, orttirmalarga o'tib $\Delta\theta = \Delta\sigma_z(1+2\xi)$ ni olamiz. $\Delta\sigma_z = \Delta\sigma$ bo'lgani bois quyidagi tenglamani olamiz:

$$\Delta e = m_0 \frac{\Delta\theta}{1+2\xi}. \quad (2.21)$$

Kompression yuklanish holatida mazkur nuqtada grunt g'ovaklik koeffitsiyentining kamayishi faqat bu nuqtada normal zo'riqishlar yig'indisi tegishli ravishda ko'paygan taqdirda yuz berishi mumkin. Bu farazdan suvga to'yingan gruntning zichlanish (zichlashish) tezligini hisoblash uchun foydalaniladi. Bu holda (g'ovaklar suvga to'la to'lganida) gruntning g'ovakligi uning namligi bilan bog'liq bo'lgani bois, N.M.Gersevanovning *gidrosig'im prinsipi* deb ataladi.

Tekislikdagi va hajmiy vazifalar holatida zichlashuv jarayoni hech bo'lmasa zich grunlar uchun murakkabroq rivojlanadi, biroq gidrosig'im prinsipidan foydalanish grunlarning filtratsion zichlashuv nazariyasi matematik apparatini sezilarli darajada soddalashtiradi.

2.3 Gruntlarning suv o'tkazuvchanligi

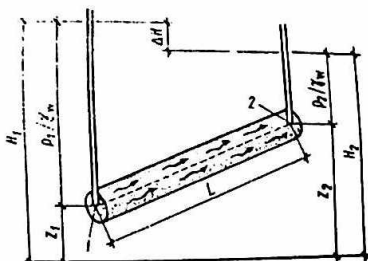
Fizik tasavvurlar. Suv o'tkazuvchanlik deb suvga to'yingan gruntning bosimlar farqi ta'sirida o'z g'ovaklaridan suvning uzluksiz oqimini o'tkazish xossasiga aytiladi. Bunda suvning uzluksiz oqimi deganda uning grunt faol g'ovaklarining butun kesimi, ya'ni g'ovaklarning bog'lanishli suv bilan to'lmagan qismi bo'ylab uzluksiz harakati (filtratsiyasi) tushuniladi. Gruntlarning suv o'tkazuvchanligi ularning g'ovakliligi, granulometrik va minerallar tarkibi, bosimning gradiyentiga bog'liq bo'ladi.

Gruntlarda suv sizilishi (filtratsiyasi) ancha murakkab jarayondir. Darhaqiqat, har xil donali grunt da g'ovaklar bir – biri bilan turli yo'nalishlarda kesishadigan o'zgaruvchan kesimli egri bugri yo'llarni tashkil qiladi. Binobarin, bu yo'llarda suvning harakatlanish trayektoriyalari ham o'ta murakkab bo'ladi. Changsimon – loyli gruntlarda loyli zarralarni qurshagan va ular bilan elektrostatik tortish kuchlari vositasida bog'langan bog'lanishli suv qobiqlari ayrim kesimlarda g'ovaklarning yo'llarini to'suvchi va erkin suv harakatini sekinlashtiruvchi tiqinlar hosil qilishi mumkin. Gruntning turli kesimlarida suv harakatining haqiqiy tezligi har xil bo'lishi mumkin va ochig'ini aytganda, noaniq bo'ladi, shu sababli grunt da suv filtratsiyasining matematik tavsifi bu jarayonni sxemalashtirish bilan bog'liq va eksperimentlarning natijalariga asoslanadi.

Grunt elementida suv filtratsiyasi sxemasini ko'rib chiqamiz (2.6-rasm). Suvga to'yingan grunt qatlamining bir – biridan L masofa uzoqlikda joylashgan 1 va 2 nuqtalarida har xil pzmometrik bosimlar amal qilayotgan: $H_1 > H_2$ bo'lsin. Harakatlanayotgan suv oqimining istalgan nuqtasidagi bosim quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$H = p/\gamma_w + z + v^2/(2g) \approx p/\gamma_w + z, \quad (2.22)$$

bu yerda: p/γ_w – pyezometrik balandlik (p – suvdagi bosim; γ_w – suvning solishtirma og'irligi); z – taqqoslashning ayrim gorizont tekisligi ustida ko'rib



chiqilayotgan nuqtaning balandligi; $v^2/(2g)$ – tezlik bosimi (v – oqimdagi suv harakati tezligi; g – erkin tushish tezlanishi). Haqiqiy gruntlarda suvning harakat tezligi baland bo'lmagani bois, (2.2) ifodada tezlik bosimi odatda e'tiborga olinmaydi.

2.7-rasm. Gruntning elementar naychasida suv sizilishi (filtratsiya) sxemasi.

Bu yerda shuni ta'kidlab o'tish lozimki, suvdagi bosim p 2.7-rasmda ko'rsatilganidek, nafaqat suyuqlik ustunining balandligi, balki inshootdan poydevor osti orqali zamin gruntlariga tushuvchi yuk bilan ham belgilanishi mumkin (g 'ovakdagi bosim). Bosimlarning bu farqi ta'sirida grunt g 'ovaklaridagi suvning 1 nuqtadan 2 nuqtaga harakati boshlanishi mumkin. Bu harakat kesim yuzasi A bo'lgan silindrsimon oqish naychasi bo'ylab yuz berayotgan bo'lsin. Bunda ayrim vaqt t mobaynida 1 nuqtadan 2 nuqtaga kelgan suv sarfi Q ni o'lchab, filtratsiyaning shartli tezligini hisoblab chiqarish mumkin:

$$g = Q/(At). \quad (2.23)$$

Filtratsiya tezligini oqish naychasi kesimining umumiy yuzasi A ga kiritish yuqorida ko'rsatilgan omillardan tashqari, bu kesimning bir qismini qattiq zarralar, changsimon – loyli gruntlarda esa filtratsiyada ishtirok etmaydigan bog'lanishli suv ham egallagan, degan shartlilikni o'z ichiga oladi. Shu sababli (2.23) formula bo'yicha aniqlangan filtratsiya tezligi doim gruntidagi suv filtratsiyasining haqiqiy tezligidan farq qiladi.

Laminar filtratsiya qonuni. Filtratsiya koeffitsiyenti. Gruntida suv filtratsiyasini o'rganishga doir ilk eksperimentlarni 1854 - yilda fransuz olimi Darsi qumlarda o'tkazgan. U filtratsiya tezligi (yoki vaqt birligida grunt kesimi

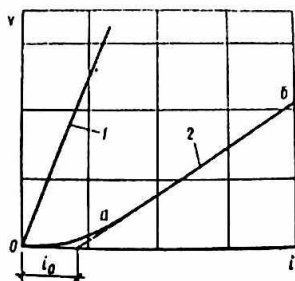
yuzasining birligi orqali o'tuvchi suv sarfi q) bosimlar farqiga to'g'ri proporsional ($\Delta H = H_1 - H_2$) va filtratsiya yo'lining uzunligi L ga teskari proporsional ekanligini aniqlagan:

$$q = k \frac{\Delta H}{L} = ki, \quad (2.24)$$

bu yerda: i – filtratsiya yo'lining uzunligi bo'ylab bosimning pasayishiga teng gidravlik gradiyent (bosim gradiyenti): $i = \Delta H / L$.

Qumli va changsimon-loyli gruntlarda bosim gradiyentining odatdagi qiymatlarida filtratsiya tezligi uncha katta emas va suv harakati parallel oqimli, ya'ni laminar xususiyat kasb etadi. Faqat yirik toshli yoki o'ta yoriqsimon qoyatosh gruntlarda bosimning juda katta gradiyentlarida harakatlanayotgan suv oqimida uyurmalar (turbulentlik) yuzaga keladi. Shu sababli (2.24) tenglama ko'pincha *Darsi laminar filtratsiya qonuni* deb ataladi: *gruntida suv harakati tezligi gidravlik gradiyentga to'g'ri proporsional*.

Proporsionallik koeffitsiyenti k *filtratsiya koeffitsiyenti* deb ataladi va gruntning asosiy filtratsion ko'rsatkichi hisoblanadi. U miqdor jihatidan bosim gradiyenti $i=1$ bo'lgan holda gruntidagi suv filtratsiyasi tezligiga teng bo'lib, sm/s, m/sut yoki sm/yil hisobida o'lchanadi ($1 \text{ sm/s} \approx 3 \cdot 10^7 \text{ sm/yil}$; $1 \text{ sm/s} \approx 8,6 \cdot 10^2 \text{ m/sut}$). Gruntning filtratsiya koeffitsiyenti doim eksperimental yo'l bilan aniqlanadi va gruntning granulometrik va mineral tarkibiga, shuningdek uning



2.8-rasm. Gruntidagi filtratsiya tezligining gidravlik gradiyentga bog'liqligi.

zichligiga ko'p jihatdan bog'liq bo'ladi. Masalan, qumlar uchun uning qiymatlari taxminan $k=a \cdot 10^{-1} \dots a \cdot 10^{-4} \text{ sm/s}$; loyli qumlar uchun – $a \cdot 10^{-3} \dots a \cdot 10^{-6}$; qumli loylar uchun – $a \cdot 10^{-5} \dots a \cdot 10^{-8}$; loylar uchun – $a \cdot 10^{-7} \dots a \cdot 10^{-10}$ atrofida bo'lib, bu yerda a 1 dan 9,9 gacha har qanday son bo'lishi mumkin. Grunt filtratsiya koeffitsiyentining o'zgarish diapazoni juda keng, uni eksperimental aniqlashning aniqlik darajasi uncha katta bo'lmagani bois, u odatda taxminiy deb olinadi, ya'ni a qiymati

e'tiborga olinmaydi. Shuni ta'kidlash lozimki, filtratsiya koeffitsiyenti grunt-dagi suvning harakat tezligiga, binobarin, uning sarfiga ham baho berish uchun imkoniyat yaratadi. Yuqorida keltirilgan formulalar yordamida $i=1$ bo'lgan holda 1 m^2 yuza orqali kotlovanga suv quyilishi bir sutka mobaynida $k=10^{-2} \text{ sm/s}$ bo'lgan qumli gruntlarda $8,6 \text{ m}^3$ ni, $k=10^{-8} \text{ sm/s}$ bo'lgan loyli gruntlarda $-8,6 \text{ m}^3$ ni tashkil etishini hisoblab topish qiyin emas, ya'ni birinchi holda kuchli suvni chiqarib tashlash tizimini tashkillashtirish talab etilsa, ikkinchi holda kotlovanga suv filtratsiyasini e'tiborga olmaslik mumkin.

Bosimning boshlang'ich gradiyenti. Qumli gruntlarda suv filtratsiyasiga oid ko'p sonli sinovlar Darsi qonunining to'g'riligini to'la tasdiqlaydi (2.8-rasmda 1 egri chiziq). Ayni vaqtda changsimon – loyli gruntlar bilan o'tkazilgan sinovlar bu qonundan surunkali og'ishlarni namoyish etadi (2 egri chiziq). Masalan, loyli gruntlarda, ayniqsa, zich loyli gruntlarda bosim gradiyentining uncha katta bo'lmagan qiymatlarida filtratsiya yuzaga kelmasligi mumkin (2 egri chiziqning boshlang'ich uchastkasi). Gradiyentning kuchayishi filtratsiya asta-sekin, juda sust rivojlanishiga olib keladi. Nihoyat, gidravlik gradiyentning ayrim qiymatlarida filtratsiyaning doimiy rejimi o'rnatiladi.

Aksariyat hollarda 2.8-rasmdagi boshlang'ich egri chiziqli uchastka 0_0 e'tibordan soqit etiladi va laminar filtratsiya qonuni changsimon – loyli gruntlar uchun quyidagi ko'rinishda qabul qilinadi:

$$g = k'(i - i_0), \quad (2.25)$$

bu yerda: k' – a va b nuqtalar o'rtasidagi bog'liqlik oralig'ida aniqlanuvchi changsimon–loyli gruntning filtratsiya koeffitsiyenti; i_0 – bosimning boshlang'ich gradiyenti, ya'ni i o'qidagi ab to'g'ri chiziq kesimining bu o'q bilan kesishish joyigacha bo'lgan davomi bilan ajratiladigan uchastka.

Shuni ta'kidlash lozimki, 2.8-rasmda v o'qining masshtabi bu egri chiziqlarning ikkalasi uchun ham har xil qabul qilinishi kerak, chunki k va k' qiymatlari, yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, bir – biridan sezilarli darajada farq qiladi.

Bosimning boshlang'ich gradiyenti tushunchasi ilk bor B.F.Reltov va S.A.Roza sinovlarida aniqlangan bo'lib, odatda suvning ushbu paragraf boshida qayd etilgan loyli gruntlardagi alohida xossalarning namoyon bo'lishi bilan bog'lanadi. S.A.Roza zich – kembriya loylari uchun bosimning boshlang'ich gradiyenti juda katta qiymatlarga, taxminan 10...20 ga yetishi mumkinligini ko'rsatib berdi. Bosimning amaldagi gradiyenti boshlang'ich qiymatdan kichik ($i < i_0$) bo'lgan holda suvga to'yingan grunt da filtratsiya deyarli yuzaga kelmaydi, binobarin, gruntning zichlanish imkoniyati mavjud bo'lmaydi. Zaminlarning cho'kishlarini hisoblashda zichlanish zonasining quvvati ba'zan $i = i_0$ shart bajariluvchi chuqurlik bilan chegaralanadi.

Suv filtratsiyasi ta'sirida gruntlarda rivojlanuvchi jarayonlar. Grunt g'ovaklarida suv oqimi harakatlanganida grunt va zarralar o'rtasida o'zaro ta'sir hajmiy kuchlari yuzaga keladi. Bu kuchlarning har bir nuqtadagi teng ta'sirini ikki qismga: yuqoriga tik yo'nalgan va harakatlanayotgan oqim yo'nalishida ta'sir ko'rsatuvchi kuchlarga ajratish mumkin. Birinchi qism *ko'tarish kuchi* (Arximed kuchi) deb ataladi va grunt zarralariga itaruvchi ta'sir ko'rsatadi (suvda gruntning ko'tarilishi). Ikkinchi qism – *sizdiruvchi kuch* (yoki *filtratsiya kuchi*) harakatlanayotgan suv grunt zarralariga gidrodinamik ta'sir ko'rsatishiga olib keladi. Ko'tarish kuchlari hatto suv harakati mavjud bo'lmagan holda ham namoyon bo'ladi va sizot suvlar sathidan pastdagi gruntning solishtirma og'irligi kamayishini belgilaydi. Sizdiruvchi kuchlar faqat grunt da suv oqimi harakatlanganida yuzaga keladi va ularning faollik darajasi gidravlik gradiyentga bog'liq bo'ladi.

Gruntlarda suvning harakatlanishi qurilishni qiyinlashtiruvchi turli-tuman jarayonlar rivojlanishiga olib kelishi mumkin. Bunday jarayonlar qatoriga, jumladan, *grunt mexanik suffoziyasi va kolmatatsiyasi* jarayonlari kiradi. Suffoziya shundan iboratki, qumli va yirik toshli gruntlarning yirik g'ovaklarida harakatlanayotgan suv oqimi mayda zarralarni oqizib ketishi, ular massivning qaysidir qismlarida cho'kishi va g'ovaklarni kolmatatsiya qilishi (og'zini berkitishi) yoki yuzaga chiqishi mumkin. Boshlangan suffoziya natijasida

gruntning g'ovaklik darajasi oshib, filtratsiya tezligi ortishi va jarayon yanada faolroq rivojlanishiga olib kelishi mumkin. Bunda grunt skeleti bo'shab, yemirila boshlashi mumkin. Suv oqimi ochiq sirtga (masalan, kotlovan qiyaligiga) chiqqan taqdirda sirtqi suffoziya rivojlanib, yuvilish chuqurlari hosil bo'lishi va bu sirtning asta – sekin yemirilishiga (o'pirilishiga) sabab bo'lishi mumkin.

Kolmatatsiya, ya'ni ochiq sirt yaqinida mayda zarralarning cho'kishi esa, aksincha, g'ovaklikning kamayishi va gruntning suv o'tkazuvchanlik darajasi pasayishiga sabab bo'ladi. Kotlovan yon devorlarining kolmatatsiyasi unga quyiluvchi filtratsiya suvi oqimini kamaytiradi. Ayni vaqtda suvni chetlatish uchun foydalaniluvchi zovur qurilmalarining kolmatatsiyasi ular asta – sekin ishdan chiqishiga olib keladi.

Gruntning suffoziyaga chidamliligi uning granulometrik tarkibi, bosim gradiyenti, filtratsiya tezligi, grunt skeletidagi zo'riqishlarga bog'liq bo'ladi va eksperimental yo'l bilan aniqlanadi. Grunt suffoziyasiga qarshi kurashning asosiy yo'llaridan biri amaldagi bosimni kamaytirish hisoblanadi.

Eruvchi minerallar (gips, kalsit, galit va b.) ko'p miqdorda mavjud bo'lgan gruntlarda harakatlanayotgan suv oqimi bu minerallarning erishi va asta – sekin yuvilishi – *kimyoviy suffoziyaga* sabab bo'lishi mumkin. Bu jarayonlar ham gruntning g'ovaklik darajasi ortishi va zaiflashuviga olib keladi. Bu yerda *o'pqnlar hosil bo'lishi* – qurilishni qiyinlashtiruvchi katta chuqurlar va yer osti bo'shliqlarining rivojlanishi ayniqsa xavflidir. Yuqorida qayd etib o'tganimizdek, changsimon – loyli gruntlarda bog'lanishli suv bino va inshootlar sharoitlariga xos bo'lgan bosimlar farqi ta'sirida yuzaga keluvchi filtratsiyada deyarli ishtirok etmaydi. Ayrim hollarda changsimon – loyli gruntlardan g'ovaklardagi suvni so'rgich bilan tortib olish zarurati yuzaga keladi. Buning uchun suvga to'yingan grunt orqali elektr toki o'tkaziladi. Bu tok gidrat qobiqlarga o'ralgan kationlar manfiy elektrod sari harakatlanishiga sabab bo'ladi. Mazkur jarayon *elektroosmotik filtratsiya* deb ataladi. Bunda suvning harakat tezligi ayni shu gruntlardagi bosim filtratsiyasiga taqqoslaganda 10...100 baravar ortishi mumkin.

Samarali kuchlanish va g'ovakdagi bosim.

Istalagan vaqt uchun gruntidagi to'la kuchlanish σ_{ij} grunt skeletidagi *samarali* kuchlanish $\bar{\sigma}_{ij}$ va suvdagi g'ovaklar bosimi u_w yig'indisiga tengligi aniqlandi.

$$\sigma_{ij} = \bar{\sigma}_{ij} + u_w. \quad (2.26)$$

Bundan grunt skeletidagi samarali kuchlanish to'la kuchlanish va g'ovakdagi bosim orqali ifodalanishi mumkin:

$$\bar{\sigma}_{ij} = \sigma_{ij} - u_w.$$

L.Rendulik o'tkazgan tajribalar samarali kuchlanish grunt skeleti zarralari o'rtasidagi kontaktlarda amal qilib, pirovard natijada skeletning qisman yemirilishiga olib kelishi, bu gruntning zichlanishi bilan birga kechishini ko'rsatdi. G'ovakdagi bosim faqat suvda rivojlanadi va grunt skeletiga ta'sir ko'rsatmaydi, ya'ni uning zichlanishiga olib kelmaydi, balki faqat suvda uning sizilishiga sabab bo'luvchi qo'shimcha bosimni yuzaga keltiradi, shu sababli u ba'zan *ta'sirsiz (neytral) bosim* deb ataladi.

Shunday qilib, balki inshootdan tushuvchi yukni qabul qiluvchi zaminning turli nuqtalarida g'ovakdagi bosim farqi bilan belgilanuvchi bosimlar ta'sirida ham yuzaga keladi.

2.4. Gruntlarning mustahkamligi

Fizik tasavvurlar. Konstruksiya materiallarni o'rganishda mustahkamlik deganda odatda siqilish yoki tortilish kuchlanishining shunday chegaraviy qiymati tushuniladiki, unga erishilganidan so'ng material o'zining yaxlitligini yo'qotadi, unda uzilish yoki siljish yoriqlari hosil bo'ladi va qismlarga yoki alohida bo'laklarga ajralib ketadi. Bu jarayon *mo'rtlikdan yemirilish* deb ataladi. Tabiiyki, materialning mo'rtlikdan yemirilishi murakkab zo'riqish holatida ham yuz berishi mumkin, biroq u doim uzilish yoki siljish yoriqlari yuzaga kelishiga sabab bo'ladi. Yemirilishning bunday xususiyati, masalan, mustahkam qoyatosh gruntlarning namunalariga xos.

Ayrim hollarda (qatron, muz, muzlagan loyli gruntlarning namunalari) mustahkamlikning yo'qolishini tavsiflovchi chegaraviy bosimlar material yaxlitligi aniq buzilmasdan oqishga o'tuvchi cheksiz yumshoq deformatsiyalanishiga sabab bo'ladi. Bunday materiallarning bir o'qli siqish sxemasi bo'yicha yuklanuvchi namunalari o'ziga xos bochkasimon shakl kasb etadi. Materiallarning buzilish xususiyatlari (mo'rtlikdan yoki yumshoq holatda buzilish) nafaqat ularda ustunlik qiluvchi tarkibiy bog'lanishlarga, balki yuklash tezligiga ham bog'liq bo'ladi. Odatdagi sharoitlarda yumshoq holatda buzilish xos bo'lgan ko'pgina materiallar kuchlanishlar tez ortib borgan taqdirda mo'rtlikdan buzilishi mumkin.

Shunday qilib, mustahkamlik deganda so'zning keng ma'nosida materialning buzilishga yoki katta plastik deformatsiyalar rivojlanishiga qarshilik ko'rsatish xossalari tushuniladi. Fizikada mustahkamlikning yagona nazariyasi hozircha yaratilmagan va turli materiallar uchun eksperimentlarning natijalariga eng aniq muvofiqlikni ko'rsatuvchi nazariyalardan foydalaniladi.

Qumli gruntlarga tatbiqan 1773-yilda fransuz olimi SH.Kulon ularning yemirilishi gruntning bir qismi ikkinchi qismi bo'ylab siljishi hisobiga yuz berishini eksperimental yo'l bilan aniqlagan. Qumli va yirik toshli gruntlarning siljishga qarshiligi asosan siljuvchi zarralar o'rtasidagi ishqalanish va ularning bir – biriga ilashishi natijasida yuzaga keladi. Bu gruntlarda cho'zilishga qarshilik deyarli mavjud emas, shu sababli qumli va yirik toshli gruntlar ko'pincha *sochiluvchan gruntlar* deb ataladi.

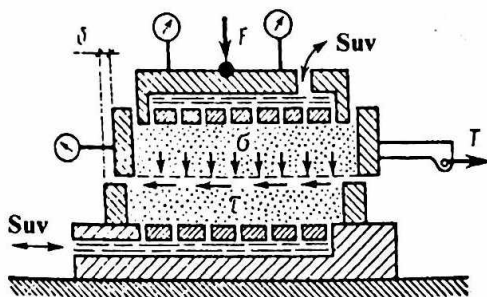
Mustahkamlik (siljish hisobiga buzilish)ning shunday konsepsiyasi keyinchalik changsimon – loyli gruntlarga nisbatan ham tatbiq etildi. Biroq ularda buzilish (yemirilish) jarayoni ancha murakkabroq rivojlanadi. Ularda mavjud suvli – colloid va sementatsion bog'lanishlar changsimon – loyli gruntlarga cho'zilishga nisbatan ma'lum darajada qarshilikni ta'minlaydi. Bu gruntlar ko'pincha *bog'lanishli gruntlar* deb ataladi.

Gruntlarning siljishga qarshiligi asosan ularning zichligi, namligi, granulometrik va mineral tarkibi, zo'riqish holati bilan belgilanadi. Gruntlarning

siljishga qarshilik ko'rsatkichlari mustahkamlik ko'rsatkichlari sifatida qaraladi va doim eksperimental yo'l bilan aniqlanadi.

Bir o'qli sinovlar. Mazkur sinovlar, odatda, qoyatosh gruntlarning namunalari uchun o'tkaziladi. Sinovlarda diametri yoki kesim tomoni 40...45 mm bo'lgan silindrsimon namunalardan foydalaniladi. Faqat yuklash namuna to'la buzilgunga qadar amalga oshiriladi. Bunda olinuvchi kattalik $R_c = F_{ch}/A$, bu yerda F_{ch} – chegaraviy buzuvchi kuch, A – namunaning ko'ndalang kesimi yuzasi, yakkha o'qli siqishga nisbatan grunt namunasining mustahkamligi deb ataladi. Har xil qoyatosh gruntlar uchun u keng doirada: bo'rlar, juda bo'sh ohaktoshlar va qumtoshlar 1...5 MPa dan juda mustahkam bazaltlar, gabbro, marmarlar uchun 250...300 MPa va undan katta miqdorgacha o'zgaradi.

Cho'zilishga qarshilik (R_r – bir o'qli cho'zilishga nisbatan grunt namunasining mustahkamligi) to'g'ri yoki egri metodlar yordamida bevosita sinov o'tkazish yo'li bilan aniqlanishi mumkin. Biroq muhandislik maqsadlari uchun yetarli darajada aniqlik bilan R_r qoyatosh gruntlarning namunalari uchun ($1/10...1/20$) R_c ga teng deb olinishi mumkin.



Shuni ta'kidlash lozimki, massivdagi qoyatosh gruntlarning mustahkamlik ko'rsatkichlari R_c va R_r yoriqsimonlik ta'sirida sezilarli darajada pasayadi.

Bir tekislik bo'yicha siljishga sinash. Sinovlarda siljish

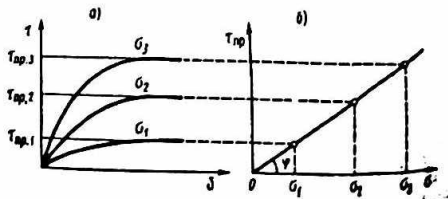
2.9-rasm. Siljish asbobi sxemasi. asbobidan foydalaniladi (2.9-rasm).

Mohiyat e'tibori bilan, bu o'sha kompressiya asbobi (2.3-rasmga qarang) bo'lib, uning temir halqasi ikki qismga: yuqori va quyi qismlarga ajratilgan. qismlar o'rtasida tekislik hosil qiluvchi tirqish mavjud bo'lib, namunaning bir qismi shu tekislikda ikkinchi harakatsiz qism bo'ylab siljiydi. Kompression sinovlarda

bo'lganidek, bu yerda ham grunt namunasi temir halqaga joylanadi, unga shtamp yordamida siquvchi kuch F bosqichma-bosqich uzatiladi va bu kuch ta'sirida grunt zarur holatgacha zichlanadi. Bosqichma – bosqich o'sib boruvchi siquvchi zo'riqish $\sigma=F/A$ ta'sirida namunaning cho'kishi S shtampda o'rnatilgan indikatorlar bilan o'lchanadi.

So'ngra $\sigma=\text{const}$ ning o'zgarmas qiymatida asbobning yuqori qismiga gorzional kuch T bosqichma – bosqich uzatiladi. Tirqish tekisligida yuzaga keluvchi urinma zo'riqishlar $\tau=T/A$ ta'sirida namuna yuqori qismining gorizontal siljishlari δ rivojlanib, ular asbobning yuqori qismida o'rnatilgan indikatorlar bilan o'lchanadi. Odatda namuna yuklashning mazkur bosqichi T da bu yuklash ta'sirida yuz bergan gorizontal siljishlar to'la turg'unlashgunga qadar saqlanadi va so'ngra yuklashning yangi bosqichiga o'tiladi. τ kuchayishiga qarab gorizontal siljishlari δ ning intensivlik darajasi ortib boradi va ma'lum chegaraviy qiymat $\tau=\tau_{ch}$ da namunaning keyingi siljishi siljituvchi zo'riqish kuchaymasdan yuz beradi. Bu grunt namunasi σ ning berilgan qiymatida tirqish bilan qayd etilgan sirt bo'ylab siljish hisobiga buzilganidan dalolat beradi. Namunaning buzilishi boshlanuvchi τ ning chegaraviy qiymati *siljishga qarshilik* deb ataladi.

Bunday sinovlar bir xil holatdagi grunt namunalari («egizak namunalar») uchun σ ning har xil qiymatlarida amalga oshiriladi. Tajriba shuni ko'rsatadiki, grunt namunasiga ta'sir ko'rsatuvchi siquvchi zo'riqishning kuchayishi τ_{ch} qiymatining o'sishiga olib keladi. $\sigma_3 > \sigma_2 > \sigma_1 = \text{const}$ bo'lgan holda qumli gruntning uch namunasini sinashning o'ziga xos rejimi 2.10-rasm (a)da ko'rsatilgan.



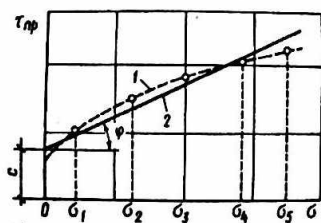
2.10 -rasm. σ ning har xil qiymatlarida

namunalar gorizontal siljishlarining egri chiziqlari (a) va qumli grunt namunalarining siljishga qarshilik grafigi (b).

Siljishga qarshilik. Kulon qonuni. Turli mualliflarning ko'p sonli tajribalarida aniqlanganki, siljishga qarshilikning normal zo'riqishga bog'liqlik grafigi qumli va yirik toshli gruntlar uchun bino va inshootlar ahamiyatli bo'lgan σ ning o'zgarish oralig'ida (0,3...0,5 MPa gacha) koordinatalar boshidan chiquvchi to'g'ri chiziq kesimi tarzida ancha aniq ifodalanishi mumkin (2.10-rasm, b). Bunda mazkur bog'liqlik quyidagi tenglama bilan ifodalanishi mumkin:

$$\tau_v = \sigma g \varphi = \sigma f. \quad (2.27)$$

Sochiluvchan (qumli va yirik toshli) gruntlarning siljishga qarshiligi avvalo siljuvchi zarralarning ishqalanishga qarshiligi bilan belgilanadi, shu bois φ burchakni *ichki ishqalanish burchagi* deb, proporsionallik koeffitsiyenti $f = \tan \varphi$ ni esa – sochiluvchan gruntning *ichki ishqalanish koeffitsiyenti* deb nomlash qabul qilingan. Bunday sinovlarni changsimon – loyli gruntlar uchun o'tkazish yo'li bilan yanada murakkabroq egri chiziqli bog'liqlik olinadi (2.11-rasm). Bu yerda siljishga qarshilik nafaqat siljuvchi zarralar o'rtasida yuzaga keluvchi ishqalanish kuchlari bilan, balki gruntning bog'lanishlik darajasi, ya'ni yumshoq (suvli –



kolloid) va qattiq (sementatsion) bog'lanishlarning buzilishidan iborat murakkab jarayonlar bilan ham belgilanadi. Biroq, sochiluvchan gruntlar bilan bo'lganidek, siljishga qarshilikning normal zo'riqishga bog'liqligi odatda to'g'ri chiziq

2.11-rasm. Changsimon-loyli tenglamasi ko'rinishida ifodalanadi:
grunt namunalarining siljishga qarshilik grafigi: 1 – sinov egri chizig'i; 2 – rostlangan grafik.

$$\tau_v = \sigma g \varphi + c = \sigma f + c. \quad (2.28)$$

Bu to'g'ri chiziqning τ o'qida ajratiladigan s kesim changsimon – loyli gruntning *solishtirma bog'lanish kuchi* deb ataladi va uning bog'lanishlik darajasini tavsiflaydi. φ va s ko'rsatkichlar faqat shartli ravishda ichki ishqalanish burchagi va solishtirma tortishish deb atalishi mumkin, chunki gruntning buzilish

jarayoni fizikasi ancha murakkabroqdir. Aslida bular mazkur gruntning sinov yo'li bilan olingan bog'liqlik ko'rsatkichlari, xolos. Biroq ularning bunday nomlari tarixan yuzaga kelgan va gruntlar mexanikasida keng qo'llaniladi. Yana shuni ta'kidlash lozimki, muayyan sharoitlarda hatto sochiluvchan gruntlar ham ma'lum darajada «bog'lanishli» bo'lishi mumkin. Masalan, nam, ayniqsa mayda va changsimon qumlar kapillar – tutash suv ta'sirida oz miqdorda bog'lanishlik kasb etadi. Yirik toshli gruntlar va yirik qumlar siljiganida (ayniqsa ular bir jinsli bo'lgan holda) zarralarning ilashishi hisobiga uncha katta bo'lmagan miqdorda solishtirma bog'lanish yuzaga kelishi mumkin. Biroq bunday hollarda bog'lanish kuchlari juda kam bo'lib, siljishga qarshilikka jiddiy ta'sir ko'rsatmaydi.

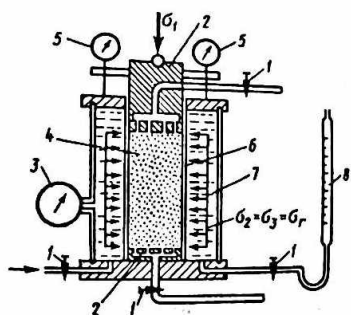
(2.27) va (2.28) tenglamalar sochiluvchan va bog'lanishli gruntlar uchun *Kulon qonuni* deb ataladi va u quyidagicha ta'riflanadi: *gruntlarning siljishga qarshiligi normal bosimdan birinchi darajali funksiyadir.*

Odatda bu tenglamalardan foydalanishda τ ning «ch» (chegaraviy) indeksi, ular faqat chegaraviy holatda o'rinli ekanligi nazarda tutilib, tushirib qoldiriladi. O'z – o'zidan ravshanki, σ ning teng qiymatlarida φ va s ko'rsatkichlar qancha katta bo'lsa, mazkur grunt shuncha mustahkam hisoblanadi.

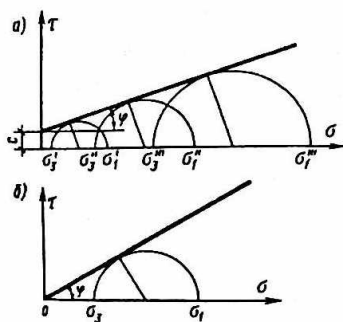
Bog'lanishlik bosimi. Og'ish burchagi. Ko'pincha (2.28) tenglamani (2.27) tenglama tarzida ifodalash qulay bo'lib, bunda u quyidagicha yoziladi:

$$\tau_v = (\sigma + \sigma_n) \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.29)$$

bu yerda $\sigma_n = c / \operatorname{tg} \varphi = c \operatorname{tg} \varphi$ – barcha tortishish kuchlari ta'sirining o'mini bosuvchi *gruntning bog'lanishlik bosimi*.



2.12-rasm. Stabilometr sxemasi.



2.13-rasm. Stabilometrda sinovlar bo'yicha gruntning mustahkamlik ko'rsatkichlarini aniqlash:
a – bog'lanishli grunt;
b – sochiluvchan grunt.

Bunday yozish rasman gruntning bog'lanishligi (tortishishi) siljish tekisligida gruntning mustahkamlik darajasini oshiruvchi normal zo'riqishning soxta kuchayishiga teng, degan xulosaga kelish imkonini beradi.

Uch o'q bo'yicha siqish sxemasi bo'yicha sinovlar. Gruntni stabilometrik yuklash sxemasi ayniqsa keng tarqalgan. Stabilometrning asosiy sxemasi 2.12-rasmda ko'rsatilgan.

Gruntning silindrsimon namunasi (4) asbobning suv yoki glitserin to'ldirilgan ish kamerasiga (7) joylanadi. Namunani suyuqlik tegishidan saqlash uchun u yupqa rezina qobiq (6) bilan o'raladi. Normal zo'riqish σ_1 namunada shtamp (2) orqali yuklash qurilmasi yordamida yuzaga keltiriladi. Yondan zo'riqtirish $\sigma_2 = \sigma_3$ ish kamerasi suyuqligida gidrostatik bosimni yuzaga keltirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Kameradagi bosimni o'lchash manometr (3) bilan, namunaning vertikal siljishlarini o'lchash – indikatorlar (5) bilan amalga oshiriladi. Sinov jarayonida namunadagi suvni siqish yoki, aksincha, uni suv bilan to'yintirish uchun kranlar (1) bilan berkitilgan naylardan iborat teshiksimon shtamp va taglik sistemasidan foydalaniladi.

Gorizontal siljishlarni hisoblash uchun kran (1) bilan jihozlangan va asbobning ish kamerasidan oquvchi suyuqlik hajmini aniqlash imkonini

beradigan darajalangan ingichka naycha (volyumometr) dan (8) foydalaniladiki, bu namunaning hajmiy deformatsiyasiga mos keladi.

Stabilometrdagi sinovlar gruntlarning deformatsion va mustahkamlik ko'rsatkichlarini o'rganish uchun o'tkaziladi. Bunda birinchi holda sinov kompression sinov sharoitlarida ham, uch o'q bo'ylab siqish sxemasi bo'yicha ham o'tkazilishi mumkin. Kompression sinov o'tkazishda volyumometr krani berkitiladi, namunani vertikal yuklash amalga oshiriladi va buning natijasida yuzaga keluvchi gorizontalar zo'riqishlar $\sigma_2 = \sigma_3$ manometr yordamida aniqlanadi. Bu yuklashning istalgan bosqichi uchun yonlama bosim ko'effitsiyenti $\xi = \sigma_2 / \sigma_1 = \sigma_3 / \sigma_1$ va Puasson ko'effitsiyentining tegishli qiymatlarini hisoblab topish imkonini beradi. Uch o'q bo'ylab siqish sxemasi bo'yicha o'tkaziladigan sinovlarda volyumometr krani ochiq qoldiriladi. Indikatorlarning ko'rsatkichlariga ko'ra vertikal deformatsiya ϵ_1 , ish kamerasida suyuqlik hajmining kamayishiga ko'ra – yonlama deformatsiyalar $\epsilon_2 = \epsilon_3$, manometr ko'rsatkichlariga ko'ra – ularga mos keluvchi yondan zo'riqishlar $\sigma_2 = \sigma_3$ hisoblab chiqariladi va (2.17) tenglamalar yordamida hajmiy siqish moduli K va siljish moduli G qiymatlari topiladi.

Stabilometrdagi gruntning mustahkamlik ko'rsatkichlari bir necha egizak namunalarni sinash yo'li bilan aniqlanadi. Buning uchun har bir sinovda namunaga o'zgarimas, biroq turli namunalar uchun har xil yonlama bosim uzatiladi (masalan, $\sigma'_2 = \sigma'_3 < \sigma''_2 = \sigma''_3 < \sigma'''_2 = \sigma'''_3$ va h.k.). Bu namunalarning har biri uchun σ_1 ning buzilishga mos qiymati aniqlanadi. O'z – o'zidan ravshanki, $\sigma'_1 < \sigma''_1 < \sigma'''_1$ va h.k. So'ngra sinovlar seriyasi natijalariga ko'ra chegaraviy zo'riqishlarning doiralari tuziladi (2.13-rasm). Bu doiralarga urinish chizig'i gruntning ϕ va c mustahkamlik ko'rsatkichlarini aniqlash imkonini beradi. qumli grunt uchun bir sinov o'tkazishning o'zi kifoya qiladi, chunki $c=0$ bo'lgan holda Mor doirasiga urinish chizig'i koordinatalar boshidan chiqadi.

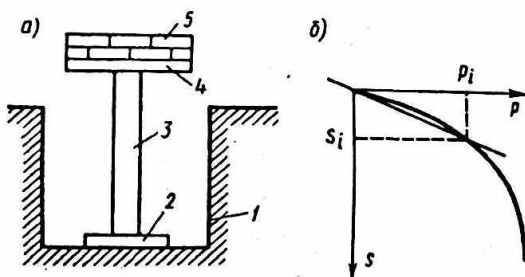
Noturg'un holatdagi gruntlarning siljishga qarshiligi. Yuqorida bayon etilganlar turg'un, ya'ni siquvchi zo'riqish ta'siridan namunaning cho'kish

to'xtagan holatda gruntlarda sinov o'tkazishga mos keladi. Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, yuklashning mazkur rejimi zaminga zo'riqishlar asta – sekin kuchayib borishini (masalan, inshootni qurish paytida) imitatsiya qiladi. Ayrim hollarda, masalan juda sekin zichlashuvchi zamin tez yuklanganida noturg'un holatdagi gruntning siljishga qarshiligini aniqlash talab etiladi. Ma'lumki, suvga to'yingan changsimon – loyli gruntning zichlashuvi tugallanmagan sharoitda grunt skeletidagi gruntning zichlanishiga sabab bo'luvchi samarali kuchlanish doim to'la kuchlanishdan kichkina bo'ladi. Bu holda to'la zichlashmagan gruntning siljishga qarshiligi ham turg'un holatdagi gruntning siljishga qarshiligidan kichkina bo'ladi va quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\tau_v = (\sigma - u_w) \tan \varphi + c. \quad (2.30)$$

Noturg'un holatdagi gruntning siljishga qarshiligini aniqlash uchun sinovlarning har xil sxemalaridan foydalaniladi. Eng aniq ma'lumotlar yuklash jarayonida g'ovakdagi bosim u_w ni o'lchash uchun maxsus moslamalardan foydalangan holda o'tkaziluvchi stabilometrik sinovlarda olinadi.

2.5. Gruntlarning deformatsiyalanuvchanlik va mustahkamlik ko'rsatkichlarini aniqlashning boshqa metodlari

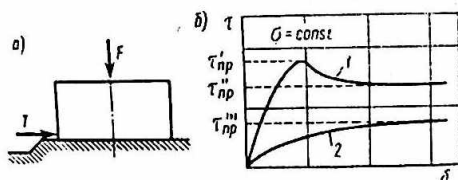


2.14-rasm. Gruntga siqish yo'li bilan o'tkaziluvchi dala sinovlari sxemasi (a) va natijalari (b).

Qurilish uchun izlanuvlar amaliyotida gruntlarning deformatsion va mustahkamlik xossalari o'rganishning amaldagi davlat standartlari bilan tartibga solinuvchi boshqa metodlaridan ham foydalaniladi. Quyida sinovlarning

eng keng tarqalgan metodlari haqida asosiy ma'lumotlar, shuningdek bu sohadagi ayrim yangi ishlovlar keltiriladi.

Sinov statik yuklanish bilan dala sinovlari o'tkazish. Grunt namunalarini



2.15-rasm. Gruntida uni siljitish yo'li bilan o'tkaziluvchi dala sinovlari sxemasi (a) va natijalari (b).

ularning tabiiy holatini buzmasdan olish qiyin bo'lgan yoki hatto mumkin bo'lmagan hollarda deformatsion va mustahkamlik ko'rsatkichlarini aniqlash uchun foydalaniladi. Bundan tashqari, dala sinovlari yoriqsimon qoyatosh

gruntlarni o'rganishning asosiy usuli bo'lib, bu

S.B.Uxov asarida (1975) atroflicha ko'rib chiqilgan.

Gruntlarning deformatsiya modulini aniqlash uchun sinov statik yuklanish bilan sinovlar shurflar yoki quduqlarda birinchi holda yuzasi $0,5...1,0 \text{ m}^2$, ikkinchi holda 600 sm^2 bo'lgan qattiq inventar shtamplar yordamida o'tkaziladi. Shurf yoki quduq tubiga (1) zaminga zich taqalgan, yuklash platformasi (4) bilan ustun (3) yordamida birlashtirilgan shtamp (2) o'rnatiladi. Platformaga bosqichma – bosqich ortib boruvchi yuk (5) qo'yiladi (ishlab chiqarish sharoitlarida ko'pincha poydevor bloklari yordamida yaratiladi). Yuk ta'sirida shtamp zaminida yuzaga keluvchi bosim p ni bilgan holda, har bir bosqichdan turg'unlashgan cho'kish s ni o'lchash yo'li bilan 2.14-rasm (b)da ko'rsatilgan sinov bog'lanishi $s=f(p)$ ni tuzish mumkin. Bu egri chiziqning boshlang'ich qismi gruntning chiziqli deformatsiyalanish modeliga mos tushadi. Bunda gruntning deformatsiya moduli quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

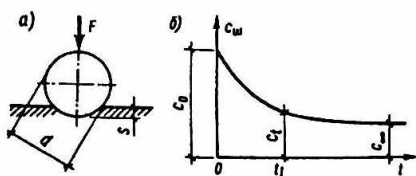
$$E = \frac{\omega b(1-\nu^2)p_i}{s_i}, \quad (2.31)$$

bu yerda: ω - qattiq shtamp shakliga bog'liq bo'lgan va yumaloq shtamp uchun 0,78 ga teng deb, kvadrat shtamp uchun esa $0,88$ ga teng deb olinuvchi koeffitsiyent; ν - gruntning odatda 0,25 ga teng deb olinuvchi Puasson

koeffitsiyenti; p_i, s_i – 2.14-rasm (b)dagi chiziqli bog‘lanish egri chizig‘i doirasida bosim va shtampning cho‘kishi. Gruntning siljishga qarshilik ko‘rsatkichlarini aniqlashda 2.15-rasm (a)da ko‘rsatilgan sxemadan foydalaniladi. Odatda yuzasi $0,5...1,0 \text{ m}^2$ bo‘lgan beton shtamp zaminda o‘rnatiladi (yoki qoyatosh jinslar bilan bog‘liq holda betonlanadi). Unga siquvchi yuk F u yoki bu usulda tushiriladi, bosqichma – bosqich cho‘kishlar turg‘unlashganidan so‘ng esa siljituvchi yuk T tushiriladi. Sinov jarayonida shtampning gorizontal va vertikal siljishlari qayd etiladi. τ o‘sib borganida gorizontal siljishlar bog‘liqliklarining o‘ziga xos egri chiziqlari 2.15-rasm (b)da ko‘rsatilgan. 1 egri chiziq zich qum yoki kam yoriqli qoyatosh gruntlarda o‘tkazilgan sinovlarga, 2 egri chiziq – g‘ovak qum yoki o‘ta yoriqsimon (qismlarga ajraladigan) qoyatosh gruntga o‘tkazilgan sinovlarga mos keladi. Birinchi holda mustahkamlikning ikki o‘ziga xos mezon: τ_1^* - siljishga qarshilik cho‘qqisi, τ_2^* - siljishga qoldiq qarshilik, ikkinchi holda esa faqat τ_2^* 2 egri chiziq siljishga qoldiq qarshilik qayd etiladi. Masalan, zich qumda va kam yoriqli qoyatosh jinsda buzilish siljish mintaqasida grunt zichligining kamayishi (dilatatsiya) bilan birga yuz beradiki, bu shtampning ko‘tarilishiga ko‘ra qayd etiladi. G‘ovak qumda va qismlarga ajraladigan qoyatosh gruntga siljish chog‘ida gruntning qo‘shimcha zichlanishi (kontraksiya) yuz beradi va shtamp siljish jarayonida cho‘kadi. Gruntlarning mustahkamlik ko‘rsatkichlarini aniqlash uchun dala sinovlarining murakkabligi nafaqat eksperimentning bahaybatligida, balki bitta shunday sinov faqat τ_{ch} va σ qiymatlar juftini, ya‘ni siljishga qarshilik grafigidagi faqat bir nuqtaning o‘rmini aniqlash imkonini berishida ham ko‘rinadi.

Sharchali shtamp bilan sinovlar o‘tkazish. N.A.Sitovich bog‘lanishli gruntlarning tortishini aniqlash uchun sharchali sinov usulini taklif qilgan va undan izlanuvlar amaliyotida keng foydalaniladi. Metodning mohiyati shundan iboratki, diametri d bo‘lgan sharcha yordamida gruntga F kuch uzatiladi va shtampning cho‘kishi s o‘lchanadi (2.16-rasm, a). Bunda akademik A.Yu. Ishlinskiy yechimiga muvofiq tortishishni quyidagi formula yordamida aniqlash mumkin:

$$c_{\infty} = 0,18 \frac{F}{\pi d s} \quad (2.32)$$



2.16-rasm. Sharchali shtamp bilan o'tkaziluvchi sinovlar sxemasi (a) va gruntning uzoq muddatli mustahkamlik egri chizig'i (b).

Sinovlarni o'tkazish paytida shtamp cho'kishining shtamp diametriga nisbati quyidagi chegarada bo'lishi lozim:

$$0,005 < s/d < 0,1. \quad (2.33)$$

Shu tariqa olingan tortishish qiymati $\varphi < 5^\circ \text{C}$ bo'lgan holda

juda kam zichlanuvchi yopishqoq gruntlar (yog'li loyli gruntlar, muzlagan gruntlar va sh.k.) uchun siljitish sinovlarida aniqlangan qiymatga mos keladi. Grunt ichki ishqalanish burchagining kattaroq qiymatlarida V.G.Berezansev (2.42) tenglamaning o'ng qismiga kamaytiruvchi koeffitsiyent M ni kiritishni tavsiya etadi. Masalan, $\varphi=0^\circ$ bo'lsa, $M=1$; $\varphi=10^\circ$ bo'lsa, $M=0,61$; $\varphi=20^\circ$ bo'lsa, $M=0,28$; $\varphi=30^\circ$ bo'lsa, $M=1/2$.

Sharchali sinov usuli yuklashning ta'sir ko'rsatish vaqtiga qarab gruntlarning mustahkamlik xossalari o'zgarishini aniqlash uchun qulay. Cho'kish s vaqt o'tishi bilan ortgani bois, (2.22) ifodaga muvofiq sharchali tortishish kamayadi. Bu (2.16-rasm, b) bir lahzali mustahkamlik c_0 , yuklash ta'sir ko'rsatuvchi ma'lum vaqt t ga mos keluvchi mustahkamlik c_t va yuklash juda uzoq vaqt ta'sir ko'rsatgan holda intiluvchi uzoq muddatli mustahkamlik chegarasi c_{∞} tushunchalarini kiritish imkonini beradi. Bir lahzali zo'riqish (masalan, samolyot qo'nyotgan paytdagi zarba) ta'sir ko'rsatgan holda gruntning mustahkamlik darajasiga baho berish lozim bo'lsa, bir lahzali mustahkamlikka yaqin kattaliklardan kelib chiqish (ayni holda dinamik ta'sirni ham hisobga olish) lozim. Masalan, muzlagan yoki loyli gruntlardan tarkib topgan tog' yonbag'irlarining uzoq muddatli turg'unligini ta'minlash uchun esa, uzoq muddatli mustahkamlik chegarasini hisobga olish talab etiladi.

III BOB. GRUNT MASSIVLARIDAGI ZO'RIQISHLARNI ANIQLASH

3.1. Asosiy qoidalar

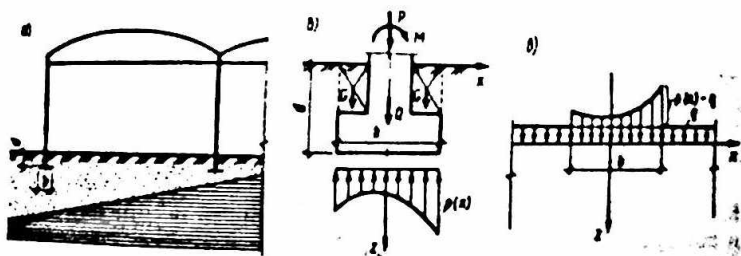
Inshoot uchun zamin, muhit yoki material bo'lib xizmat qiluvchi grunt massivlarida zo'riqishlar tashqi yuklar va gruntning o'z og'irligi ta'sirida yuzaga keladi. Zo'riqishlarni bilish inshootlarning cho'kish va siljishlarini belgilovchi gruntlarning deformatsiyalarini hisoblash, gruntlarning mustahkamligi, chidamliligiga va to'siqqa tushadigan bosimga baho berish uchun zarur. Bundan tashqari, inshootlar poydevorlarining konstruksiyalarini hisoblash uchun poydevor va zamin o'rtasidagi kontaktda yuzaga keluvchi reaktiv zo'riqishlarni bilish lozim. Grunt qatlamida zo'riqishlarning taqsimlanishi juda ko'p omillarga bog'liq bo'ladi. Ular jumlasiga avvalo massivning yuklanish xususiyati va rejimi, qurilish maydonchasining muhandislik – geologik va gidrogeologik xususiyatlari, gruntlarning tarkibi va fizik – mexanik xossalari kiradi. Grunt qatlamida zo'riqishlarning shakllanishi yuk tushgani zahoti yuz bermaydi, balki ancha uzoq vaqt rivojlanishi mumkin. Bu deformatsiyalarning kechish tezligi bilan bog'liq bo'lib, filtratsion zichlashuv va siljuvchanlik jarayonlari juda sust rivojlanuvchi changsimon – loyli gruntlarda ayniqsa kuchli namoyon bo'ladi.

Grunt massivlarida gruntning o'z og'irligi ta'sirida doim boshlang'ich zo'riqtirilgan holat shakllanadi va ba'zan turli geodinamik jarayonlar ta'sirida kuchayadi. Shu sababli grunt massivlarida inshoot ta'sirida yuzaga keluvchi zo'riqishlar unda mavjud o'z zo'riqishlariga qo'shiladi. Bu grunt qatlamida zo'riqishlarning murakkab maydoni shakllanishiga sabab bo'ladi.

Inshoot va zamin o'zaro ta'sirining hisobiy sxemasi. Yuqorida aytilganlarni hisobga olib, sanoat va fuqaro inshootlarning zaminlari va poydevorlarini hisoblashda odatda quyidagi *hisobiy sxemadan* foydalaniladi. Zaminga yuk tushiruvchi ayrim inshoot mavjud bo'lsin (3.1-rasm, *a*). Bu tizimdan kengligi *b* bo'lgan ayrim poydevorni ajratib, vazifani soddalashtiramiz va inshootning poydevorga ta'sirini kuchlanishlarning tegishli kombinatsiyasi bilan almashtiramiz (3.1-rasm, *b*). Bunda mazkur kuchlanishlar ta'sirida,

poydevor og'irligi Q va uning qirqimlaridagi grunt G ni hisobga olganda, poydevor ostida inshoot, poydevor va zamin gruntlarining o'zaro ta'sir kuchlarini qaytaruvchi reaktiv normal zo'riqishlar $p(x)$ yuzaga keladi. Bu zo'riqishlarning poydevor ostida taqsimlanish xususiyati, umuman olganda, noma'lum, biroq ta'sir etayotgan kuchlanishlar va reaktiv zo'riqishlarning muvozanati shartiga rioya etilishi lozim.

Poydevor osti doim yer yuzasidan chuqurroqda joylashgani bois, ost sathida poydevor atrofida grunt qatlaminig poydevor chuqurligi d ga teng og'irligiga mos keluvchi ayrim tekis taqsimlangan zo'riqish q ham ta'sir ko'rsatadi. Bunda zaminga poydevor osti orqali o'tuvchi tekislikda poydevor osti doirasidagi zo'riqishlar epyurasi $p(x)$ va tekis taqsimlangan zo'riqishlar epyurasi q dan tashkil topgan kuchlanish ta'sir ko'rsatadi, deb hisoblash mumkin (3.1-rasm, v).



3.1-rasm. Inshoot va zaminning o'zaro ta'siri sxemasi (a); poydevor va uning ostidagi reaktiv zo'riqish sxemasi (b); poydevor ostidan pastroqqa yuk tushishining hisobiy sxemasi (v).

Shuni ta'kidlash lozimki, inshoot qurilgunga qadar bo'lg'usi poydevor osti tekisligida grunt og'irligidan normal zo'riqishlar q ta'siri mavjud bo'lgan, shu sababli inshoot qurilishi natijasida zaminga tushgan qo'shimcha yuk to'la kattalik $p(x)$ bilan emas, balki $p(x)-q$ farqiga ko'ra aniqlanadi. Bu holda poydevor ostidan pastroqda zaminning istalgan nuqtasidagi zo'riqishlar bu nuqtadan yuqorida joylashgan grunt og'irligidan va poydevor ostidagi qo'shimcha yuk $p(x)-q$ ta'sirida yuzaga kelgan zo'riqishlar yig'indisi sifatida aniqlanishi mumkin.

Boshqa tomondan, poydevor konstruksiyalarini hisoblashda poydevor ostiga ta'sir ko'rsatuvchi grunt qarshiligidagi reaktiv kuchlanishi $p(x)$ ga tengligidan kelib chiqiladi. Binobarin, poydevor 3.1-rasm (b)da ko'rsatilgan kuchlar ta'siri ostida bo'ladi.

Zo'riqishlarni hisoblashning asosiy vazifalari. Yuqorida bayon etilganlardan zo'riqishlarni hisoblashning ushbu bobda ko'rib chiqiladigan asosiy vazifalari kelib chiqadi:

- poydevorlar va inshootlar osti bo'ylab, shuningdek konstruksiyalar grunt massivlari bilan o'zaro ta'sirga kirishuvchi yuza bo'ylab zo'riqishlarning taqsimlanishi (bu zo'riqishlar ko'pincha *tutashgan yuzadagi zo'riqishlar* deb ataladi);
- tutashgan yuzadagi zo'riqishlarga mos tushuvchi *mahalliy kuch* ta'sirida zo'riqishlarning grunt massivida taqsimlanishi;
- gruntning o'z og'irligi ta'sirida zo'riqishlarning grunt massivida taqsimlanishi (bu zo'riqishlar ko'pincha *tabiiy bosim* deb ataladi).

3.2. Poydevorlar ostidagi zo'riqishlarni aniqlash

Umumiy qoidalar. Poydevorlar va inshootlar zamin gruntlari bilan o'zaro ta'sirga kirishganida tutashuv yuzasida zo'riqishlar yuzaga keladi. Tutashgan yuzadagi zo'riqishlarni bilish inshoot yuki ostida zaminda yuzaga keluvchi zo'riqishlarni hisoblash uchun ham, konstruksiyalarning o'zini hisoblash uchun ham zarur. Shuni ta'kidlash lozimki, inshootlarga tutashgan yuzadagi zo'riqishlar ta'sirini hisoblash odatda qurilish mexanikasi kursida ko'rib chiqiladi.

Tutashgan yuzadagi zo'riqishlarning taqsimlanish xususiyati poydevor yoki inshootning qattiqligi, shakli va o'lchamlariga yoki zamin gruntlarining qattiqligi (qayishqoqligi)ga bog'liq bo'ladi. Inshoot va zaminning birgalikda deformatsiyalanish qobiliyatini aks ettiruvchi uch holat farqlanadi:

1) *mutlaqo bikir* inshootlar. Bunda inshootning deformatsiyalanuvchanligi zaminning deformatsiyalanuvchanligidan ahamiyatsiz darajada kam bo'lib,

inshootning tutashgan yuzadagi zo'riqishlarini aniqlashda deformatsiyalanmaydigan deb qaralishi mumkin;

2) *mutlaqo egiluvchan* inshootlar. Bunda inshootning deformatsiyalanuvchanligi shu darajada kattaki, u zamin deformatsiyalariga erkin ergashadi;

3) *pirovard bikirli* inshootlar. Bunda inshootning deformatsiyalanuvchanlik darajasi zaminning deformatsiyalanuvchanlik darajasiga teng bo'ladi; bu holda ular birga deformatsiyalanadi va bu tutashgan yuzadagi zo'riqishlar qayta taqsimlanishiga sabab bo'ladi. Mutlaqo bikir qurilmalarga ko'prik ustunlari ostidagi massiv poydevorlar, mo'rilar, og'ir presslar, temirchi bolg'alari va hokazolar, mutlaqo egiluvchan qurilmalarga esa – tuproq to'kmalar, temir rezervuarlarning tublari va shu kabilar misol bo'ladi. Aksariyat inshootlar (plitali poydevorlar, to'sinlar, tasmasimon poydevorlar) qurilmalarining ish sharoitlariga ko'ra pirovard bikirlilikka ega bo'ladi. Inshootning bikirlilik darajasiga baho berish mezonini bo'lib M.I.Gorbunov-Posadov taklif qilgan egiluvchanlik ko'rsatkichi

$$t \approx 10 \frac{Et^3}{E_k h^3} \quad (3.1)$$

xizmat qilishi mumkin bo'lib, bu yerda E va E_k – zamin gruntni va konstruksiya materialining deformatsiya modullari; l va h – konstruksiya uzunligi va qalinligi.

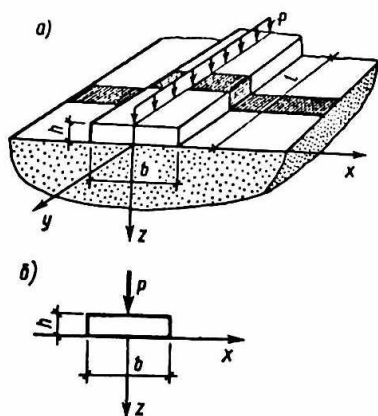
Agar $t \leq 1$ bo'lsa, inshoot yoki poydevor konstruksiyasi mutlaqo bikir hisoblanadi. Birinchi yaqinlashishda konstruksiyaning bikirlilik darajasiga uning qalinligi va uzunligi nisbatidan kelib chiqib baho berish mumkin. $h/l > 1/3$ bo'lgan holda konstruksiya mutlaqo bikir deb qaralishi mumkin.

Inshoot uzunligi l va kengligi b ning o'zaro nisbati ham muhim ahamiyat kasb etadi. $l/b \geq 10$ bo'lsa, tutashgan yuzadagi zo'riqishlarning taqsimlanishi tekislikda zo'riqish holatiga, $l/b < 10$ bo'lsa – maydonda zo'riqish holatiga mos keladi. Tutashgan yuzadagi zo'riqishlarni aniqlashda zaminning hisobiy modelini va tutashuv vazifasini yechish usulini tanlash muhim rol o'ynaydi. Bunda zaminning hisobiy modeli ko'pincha massivni tashkil etuvchi gruntlar modeli bilan bog'liq bo'lmaydi, shu sababli tutashgan yuzadagi zo'riqishlarni hisoblash uchun gruntli zamin modellari ba'zan tutashuv modellari deb ataladi.

Muhandislik amaliyotida zaminning *mahalliy elastik deformatsiyalar* va *elastik yarim maydon* modellari ayniqsa keng tarqalgan. Tekis zo'riqish holati uchun tutashgan yuzadagi zo'riqishlarni hisoblashning asosiy shartlari quyidagilardan iborat. To'sindan (3.2-rasm, a) uzunligi l m bo'lgan tasma qirqib olinadi (3.2-rasm, b) va bu tasma zamin bilan x o'q bo'ylab tutashuvining turli nuqtalarida zo'riqishlarning taqsimlanishi ko'rib chiqiladi. Inshoot (tasma) va zaminning birgalikdagi deformatsiyasi uzluksiz yuz beradi, ya'ni tutashuvning har bir nuqtasida tasmaning egilishi va zaminning cho'kishi teng bo'lib, $w(x)$ kattalik bilan belgilanadi, deb olinadi. Tekis kesimlar gipotezasi o'rinli deb hisoblanib, tasmaning egilgan o'qi tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$D \frac{d^4 w(x)}{dx^4} = f(x) - p(x), \quad (3.2)$$

bu yerda: $D = E_x I_x / (1 - \nu_x^2)$ - tasmaning silindrsimon bikirligi; $f(x)$ - tasmaga tushirilgan yukning intensivligi; $p(x)$ - tutashgan yuzadagi zo'riqishlar noma'lum epyurasining intensivligi. Ma'lumki, «k» indeksi konstruksiyaga tegishli; binobarin, E_x va ν_x - tegishli ravishda tasma materialining elastiklik moduli va Puasson koeffitsiyenti; I_x - uning ko'ndalang kesimi inersiya momenti.



(3.2) tenglamada ikki noma'lum kattalik: $w(x)$ va $p(x)$ mavjud. Binobarin, masalani yechish uchun qo'shimcha shart kiritilishi lozim. Bu shart u yoki bu model: mahalliy elastik deformatsiyalar yoki elastik yarim maydon modeli qabul qilinishiga qarab belgilanadi.

Mahalliy elastik deformatsiyalar modeli. Bu model asoslari ilk bor rus akademigi Fuss tomonidan 1801 - yilda ta'riflangan, modelning o'zini 1867- yilda Vinkler

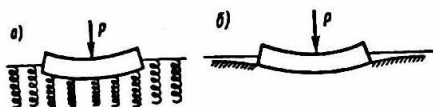
3.2-rasm. To'sin sxemasi (a) va tekislikda zo'riqish holati uchun hisobiy sxema.

temir yo'l shpallarini hisoblash uchun ishlab chiqqan. Mahalliy elastik deformatsiyalar modeli keyinchalik N.P.Puzыrevskiy, S.P.Timoshenko, A.N.Krilov, P.L.Pasternak va boshqalarning asarlarida rivojlantirildi.

Bu modelga muvofiq, tutashuv yuzasining har bir nuqtasidagi reaktiv zo'riqish ayni shu nuqtada zamin yuzasining cho'kishiga to'g'ri proporsional:

$$p(x) = kw(x), \quad (3.3)$$

bu yerda: k – ko'pincha *to'shak koeffitsiyenti* deb ataluvchi proporsionallik koeffitsiyenti, Pa/m.



3.3-rasm. Zamin sirtining deformatsiyalari: *a* – mahalliy elastik deformatsiyalar modeli bo'yicha; *b* – elastik yarim maydon modeli bo'yicha.

Bunday zaminning deformatsiyalanish sxemasi 3.3-rasm (*a*)da ko'rsatilgan. Ko'rinib turganidek, mahalliy elastik deformatsiyalar modeliga muvofiq zamin yuzasi cho'kislari poydevor gabaritlari chegarasidan tashqarida

mavjud emas, ya'ni poydevor go'yo faqat uning konturi doirasida siqiluvchi prujinalar ustiga qurilgan.

Elastik yarim fazo. Bu modelni XX asming 20-yillarida G.E.Proktor taklif qilgan va N.M.Gersevanov, M.I.Gorbunov-Posadov, B.N.Jemochkin, A.P.Sinitsin va boshqa olimlar rivojlantirgan.

Oldingi modeldan farqli o'laroq, bu holda grunt yuzasi yuklash maydoni doirasida ham, undan tashqarida ham cho'kadi (3.3-rasm, *b*). Bunda bukilish joyining egriligi gruntlarning mexanik xossalriga va zamindagi siqiluvchi qatlam qalinligiga bog'liq bo'ladi.

Tekis deformatsiya holatida jamlangan kuch P ta'sirida yuzaning bukilishi quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi:

$$w(x) = \frac{P}{\pi C} \ln(x - \xi) + D, \quad (3.4)$$

bu yerda: $C = \frac{E}{1 - \nu^2}$ – zaminning bikirlik koeffitsiyenti; x – cho'kish aniqlanayotgan yuza nuqtasining koordinatasi; ξ – P kuch tushgan nuqtaning

koordinatasi; D — integrallanish doimiyliigi. Taqsimlangan kuchlanish ta'sirida yuzaning bukilishlarini aniqlashda (3.4) tenglama yuklash maydoni bo'ylab integrallanishi lozim.

Elastik yarim fazo modelining kamchiligi shundan iboratki, unda inshoot zaminidagi siqiluvchi qatlamning qalinligi cheklanmaydi. Poydevor va zamin amalda o'zaro ta'sirga kirishgan sharoitlarda siqiluvchi qatlamning qalinligi odatda cheklangan bo'ladiki, bu tutashgan yuzadagi zo'riqlashlarning taqsimlanish xususiyatiga ta'sir ko'rsatadi. Shu munosabat bilan deformatsiyalanmaydigan grunt to'shama ustidagi elastik grunt qatlamining har xil modifikatsiyalari ishlab chiqilgan va O.YA.Shexter, N.K.Samarin, G.V.Krashennnikova va boshqalarning asarlarida keltirilgan.

Tutashgan yuzadagi zo'riqlashlarni yuqorida ko'rsatilgan modellar yordamida aniqlashning umumiy sxemasi mahalliy elastik deformatsiyalar modeli bilan bog'liq holda (3.2) tenglama va (3.3) shartni birgalikda yechishdan va elastik yarim fazo modeli bilan bog'liq holda (3.4) tipidagi shartni bajarishdan iborat. Bu masalalarni yechish usullari, P.L.Ivanov darsligida (1991) keltirilgan.

Tutashgan yuzadagi zo'riqlashlarni amalda hisoblash uchun M.I.Gorbunov — Posadov, B.N.Jemochkin, A.P.Sinitin, G.V.Krashennnikova va boshqalarning jadval tarzida keltirilgan yechimlaridan foydalaniladi.

3.3. Grunt massivi yuzasidagi to'plangan kuch ta'sirida bu massivda yuzaga kelgan zo'riqlashlarni aniqlash

Umumiy qoida. Zaminda zo'riqlashlarning taqsimlanishi asosan poydevorning tekislikdagi shakliga bog'liq bo'ladi. Sanoat fuqaro binolarida odatda tasmasimon, to'g'ri to'rtburchak yoki yumaloq poydevorlardan foydalaniladi, shu sababli tekis, ko'lamli va o'qqa nisbatan mutanosib vazifalar qo'yilgan holatlar uchun zo'riqlashlarni hisoblash muhim amaliy ahamiyat kasb etadi. Ma'lumki, zaminda zo'riqlashlarning taqsimlanishi elastiklik nazariyasi metodlari bilan aniqlanadi.

Bunda zamin yuklanuvchi gorizontaal yuzaning barcha tomonlarida cheksiz yastanib yotuvchi elastik yarim fazo sifatida qaraladi. Elastiklik nazariyasi metodlari yordamida olingan zo'riqishlar turg'unlashgan holatga, ya'ni tushgan yuk ta'sirida gruntlarning zichlashuv va siljuv jarayonlari yakunlangan va sirtidan tushuvchi yuk ichki kuchlar (grunt-dagi faol kuchlanishlar) bilan to'la muvozanatga solingan paytga mos keladi. Bundan tashqari, zaminda poydevor chetlarida (chekka effekti ta'sirida) yuzaga keluvchi yumshoq deformatsiyalarning rivojlanish chegaralarida ahamiyatsiz va zaminda zo'riqishlarning taqsimlanishiga jiddiy ta'sir ko'rsatmaydi, deb olinadi (3.4-rasm (a)ga qarang).

Elastik yarim maydonda mahalliy kuch ta'sirida zo'riqishlarning taqsimlanishiga doir vazifalarni yechishning umumiy yo'lini keltiramiz. Uning zamirida 1885 - yil J.Bussinesk olgan elastik yarim maydon yuzasiga tushirilgan jamlangan vertikal kuchning ta'siri haqidagi masalaning yechimi yotadi. Bu yechim yarim maydonning istalgan nuqtasi M da P kuch ta'sirida yuzaga keluvchi zo'riqishlar va deformatsiyalarning barcha komponentlarini aniqlash imkonini beradi (3.5-rasm, a). Amaliy hisob – kitoblar uchun (xususan, poydevor cho'kishini aniqlash uchun) vertikal siquvchi zo'riqishlar eng muhim ahamiyatga ega bo'lgani bois, misol tariqasida zo'riqishlarning bu elementi uchun ifodani keltirish bilan kifoyalanamiz:

$$\sigma_z = P \frac{K}{z^2}, \quad (3.5)$$

Bu yerda:

$$K = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{1}{[1 + (r/z)^2]^{5/2}}.$$

Endi superpozitsiya prinsipidan foydalanib, yuzaga tushirilgan bir necha jamlangan kuchlar ta'sir ko'rsatgan sharoitda M nuqtadagi vertikal siquvchi zo'riqish qiymatini osongina aniqlash mumkin (3.5-rasm, b):

$$\sigma_z = P_1 \frac{K_1}{z^2} + P_2 \frac{K_2}{z^2} + \dots + P_n \frac{K_n}{z^2} = \frac{1}{z^2} \sum_{i=1}^n K_i P_i, \quad (3.6)$$

bu yerda: $K_1(5.8)$ formula bo'yicha r_1/z nisbatga qarab aniqlanadi, bunda z koordinatasi berilgan M nuqta uchun o'zgarmasdir.

Tekis masala sharoitidagi vertikal jamlangan kuch P uchun yechim (3.4-rasm, v) ham diqqatga sazovor bo'lib, uni Flaman 1892- yilda quyidagi ko'rinishda olgan:

$$\sigma_z = \frac{2P}{\pi} \cdot \frac{z^3}{r^4};$$

$$\sigma_x = \frac{2P}{\pi} \cdot \frac{x^2 z}{r^4}; \quad \tau_{xz} = \frac{2P}{\pi} \cdot \frac{x z^2}{r^4}, \quad (3.7)$$

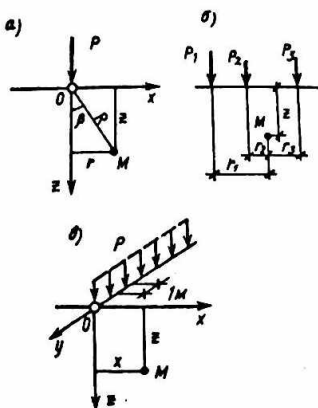
bu yerda: $r^2 = x^2 + z^2$.

Yuklash konturi chegarasida yuzada kuchning taqsimlanish qonunini bilgan holda, (3.8) ifodani bu kontur chegarasida integrallab, o'qqa nisbatan mutanosib va ko'lamli yuklash holatlari uchun, (3.7) ifodani integrallab esa — tekis yuklash holati uchun zaminning istalgan nuqtasidagi zo'riqishlarning qiymatlarini aniqlash mumkin.

Taqribiy yechimlar. Yuqorida keltirilgan ifodalardan foydalanib,

3.4-rasm. Asosiy vazifalar-ning hisobiy sxemalari:

a — Bussinesk masalasi; b — bir necha kuchlar ta'siri haqidagi masala; v — flaman masalasi.



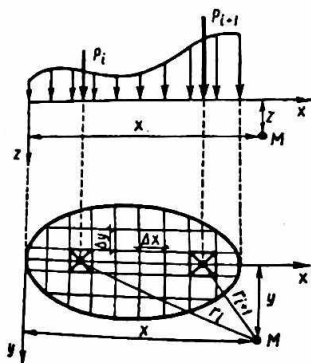
poydevorning har qanday shaklida va berilgan kuchning taqsimlanish qonunida zaminning istalgan nuqtasidagi zo'riqishlarni ma'lum darajada taqribiylik bilan aniqlash mumkin. Buni ko'lamli masala misolida tushuntiramiz.

Yarim maydon yuzasida murakkab kontur doirasida ayrim taqsimlangan kuch ta'sir ko'rsatayotgan bo'lsin (3.4-rasm). Yuklash konturini elementar to'g'ri to'rtburchaklarga bo'lib, har bir to'g'ri to'rtburchak chegarasidagi taqsimlangan kuchni tegishli kuch bilan almashtiramiz $P_i = p(x, y) \Delta x \Delta y$. Kuch konturiga tutash elementlar uchun yuzalarning o'lchamlari bo'lish to'riga muvofiq aniqlanishi lozim. Bunda yuklash yuzasidan z chuqurlikda joylashgan M nuqtadagi har bir P_i

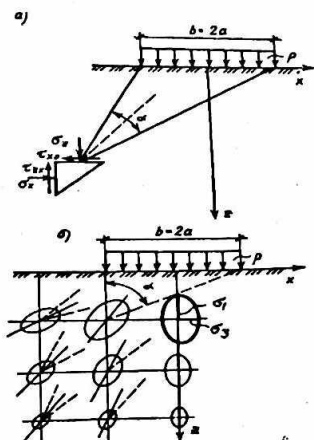
kuchdan σ_z zo'riqish (3.8) formula yordamida aniqlanadi, bu yerda $r^2 = x^2 + z^2$. Barcha elementar kuchlarning ta'sirida yuzaga kelgan to'la zo'riqish σ_z ni aniqlash uchun yuklash yuzasi bo'ylab qo'shishni bajarish lozim.

Shu tarzda, (3.10) ifodalaridan foydalanib, tekis masala holati uchun zo'riqishlarning barcha komponentlari qiymatlarini olish mumkin.

Yechimning aniqlik darajasi yuklangan joy bo'linuvchi elementar to'g'ri to'rtburchaklarning o'lchamlariga bog'liq bo'ladi va z oshishi bilan ortib boradi. Bo'linish to'ri to'g'ri to'rtburchagining uzun tomoni Δy deb belgilansa, N.A.Sytovich qayd etganidek, $z=2\Delta y$ chuqurlikda σ_z qiymati izchil yechishda olingan qiymatdan 6%, $z=4\Delta y$ chuqurlikda esa – 2% ga farq qiladi.



3.5-rasm. Zaminning istalgan nuqtasidagi zo'riqishlarni taqribiy hisoblashga sxema.



3.6-rasm. Tekis masala holatida zo'riqishlarni hisoblash uchun sxema (a); zaminda zo'riqishlar ellipslarining joylashuvi (b).

Tekis masala. Tekis taqsimlangan kuchning ta'siri. Tekis masala holatida intensivlik darajasi p bo'lgan tekis taqsimlangan kuch ta'sir ko'rsatgan taqdirda zamindagi zo'riqishlarni hisoblash uchun sxema 5.7-rasm (a)da ko'rsatilgan. Bu holat uchun G.V.Kolosov elastik yarim fazoning istalgan nuqtasidagi zo'riqishlar komponentini aniqlash uchun quyidagi aniq ifodalarni olgan:

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} \left(\operatorname{arctg} \frac{a-x}{z} + \operatorname{arctg} \frac{a+x}{z} \right) - \frac{2ap}{\pi} \cdot \frac{z(x^2 - z^2 - a^2)}{(x^2 + z^2 - a^2)^2 + 4a^2 z^2};$$

$$\sigma_x = \frac{p}{\pi} \left(\operatorname{arctg} \frac{a-x}{z} + \operatorname{arctg} \frac{a+x}{z} \right) + \frac{2ap}{\pi} \cdot \frac{z(x^2 - z^2 - a^2)}{(x^2 + z^2 - a^2)^2 + 4a^2 z^2};$$

$$\tau_{xz} = \frac{4ap}{\pi} \cdot \frac{xz^2}{(x^2 + z^2 - a^2)^2 + 4a^2 z^2}. \quad (3.8)$$

Bu formulalarda a , x , z geometrik ko'rsatkichlarning nisbatlarini *ta'sir koeffitsiyentlari* K tarzida ifodalasak, quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$\sigma_z = K_z p; \quad \sigma_x = K_x p; \quad \tau_{xz} = K_{xz} p.$$

Ta'sir koeffitsiyentlari K_z , K_x , K_{xz} o'lchamsiz parametrlar x/b va z/b ga bog'liq bo'lib, bu yerda x va z – zo'riqishlar aniqlanayotgan nuqta koordinatalari, $b=2a$ – yuklanuvchi tasma kengligi. Bu koeffitsiyentlarning qiymatlari 3.1-jadvalda keltirilgan.

3.1-jadval

K_z , K_x , K_{xz} ta'sir koeffitsiyentlarining qiymatlari

z/b	x/b qiymatlari								
	0			0,25			0,50		
	K_z	K_x	K_{xz}	K_z	K_x	K_{xz}	K_z	K_x	K_{xz}
0,00	1,00	1,00	0	1,00	1,00	0,00	0,50	0,50	0,32
0,25	0,96	0,45	0	0,90	0,39	0,13	0,50	0,35	0,30
0,50	0,82	0,18	0	0,74	0,19	0,16	0,48	0,23	0,26
0,75	0,67	0,08	0	0,61	0,10	0,13	0,45	0,14	0,20
1,00	0,55	0,04	0	0,51	0,05	0,10	0,41	0,09	0,16
1,50	0,40	0,01	0	0,38	0,02	0,06	0,33	0,04	0,10
2,00	0,31	-	0	0,31	-	0,03	0,28	0,02	0,06
3,00	0,21	-	0	0,21	-	0,02	0,20	0,01	0,03
5,00	0,13	-	0	0,13	-	-	0,12	-	-

z/b	x/b qiymatlari								
	1			1,5			2		
	K_z	K_x	K_{xz}	K_z	K_x	K_{xz}	K_z	K_x	K_{xz}
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,25	0,02	0,17	0,05	0,00	0,07	0,01	0,00	0,04	0,00
0,50	0,08	0,21	0,13	0,02	0,12	0,04	0,00	0,07	0,02
0,75	0,15	0,22	0,16	0,04	0,14	0,07	0,02	0,10	0,04
1,00	0,19	0,15	0,16	0,07	0,14	0,10	0,03	0,13	0,05
1,50	0,21	0,06	0,11	0,13	0,09	0,10	0,07	0,09	0,08
2,00	0,17	0,02	0,06	0,13	0,03	0,07	0,10	0,04	0,07
3,00	0,14	0,01	0,03	0,12	0,02	0,05	0,10	0,03	0,05
5,00	0,10	-	-	0,10	-	-	-	-	-

Poydevor kengligi b ni bilgan holda, zo'riqishlarini aniqlash lozim bo'lgan nuqta koordinatalarini berib, bu nuqta uchun o'lchamsiz parametrlarni hisoblab topish va jadval ma'lumotlariga ko'ra tegishli ta'sir koeffitsiyentlarini aniqlash mumkin. So'ngra p kuch intensivligining ma'lum qiymati yordamida (3.8) formulalar bo'yicha berilgan nuqtadagi zo'riqishlar barcha komponentlarining qiymatlarini osongina topish mumkin.

Shu yo'l bilan hisoblab chiqarilgan kattaliklar 3.8-rasm ($a-v$)da teng zo'riqishlar chiziqlari (zo'riqishlarning izo chiziqlari) tarzida ifodalangan. σ_z zo'riqishlar uchun faqat vertikal o'qning chap tomonidagi izo chiziqlar ko'rsatilgan, o'ng tomonda teng zo'riqishlarning chiziqlari simmetrik o'rin egallaydi. Ko'rinib turganidek, yuklash yuzasidan uzoqlashishiga qarab zo'riqishlarning intensivlik darajasi pasayib boradi va nolga intiladi. Vertikal siquvchi zo'riqishlar σ_z asosan zamin ichiga, gorizontaal siquvchi zo'riqishlar σ_x – yuklangan tasmaning atrofiga tarqaladi. Urinma zo'riqishlar τ_{xz} asosan yuklangan tasmaning chetlari ostida jamlanadi.

Cho'kishlarni hisoblashda poydevor yuzasining markazi orqali o'tuvchi vertikal o'q bo'ylab tuzilgan zo'riqishlar epyurasi σ_z dan keng foydalaniladi. Bunday epyura z o'qning o'ng tomonida ko'rsatilgan. Tegishli izo chiziqlar vertikal yoki gorizontaal tekislik bilan qirqilsa, bu kesimlarda ta'sir etuvchi zo'riqishlarning epyuralarini osongina tuzish mumkin.

Shunga o'xshash yechimlar kuchlarning boshqa turlari (masalan, uchburchak, parabolasiimon va hokazo kuchlar) uchun ham olingan. Tegishli ta'sir koeffitsiyentlari turli manbalarda (xususan, N.A.Sitovichning gruntlar mexanikasiga oid darsliklarida) jadval tarzida keltirilgan. Bu jadvallardan foydalanib, kuchning eng murakkab shaklini sodda epyuralar kombinatsiyasi sifatida ifodalash, har bir epyuradan yuzaga keluvchi zo'riqishlarni zarur nuqtada hisoblab topish va superpozitsiya prinsipidan foydalanib, bu nuqtada to'la yuk ta'sirida yuzaga keluvchi jami zo'riqishni aniqlash mumkin.

Ayrim hollarda zaminning zo'riqtirilgan holatini tahlil qilishda bosh zo'riqishlardan foydalanish qulayroqdir. Bunda elastik yarim fazoning istalgan

nuqtasida tasmada tekis taqsimlangan kuch ta'sirida yuzaga kelgan bosh zo'riqishlarning qiymatlarini I.X.Mitchel formulalari yordamida aniqlash mumkin:

$$\sigma_{1,3} = \frac{p}{\pi}(\alpha \pm \sin \alpha), \quad (3.9)$$

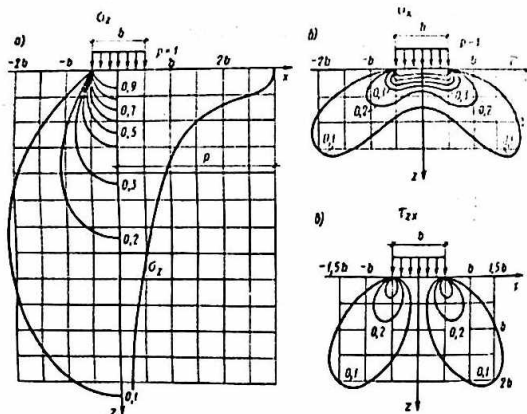
bu yerda: α – mazkur nuqtadan yuklangan tasma chetlariga chiquvchi nurlardan tashkil topgan *ko'rish burchagi* (3.7-rasm, b). Bu formula nafaqat bosh zo'riqishlarning qiymatlarini, balki ularning x va z o'qlariga nisbatan yo'nalishini ham aniqlash imkonini beradi. Eng katta zo'riqish σ_1 mazkur nuqtadagi ko'rish burchagi bissektrisasi yo'nalishida, eng kichkina zo'riqish σ_3 – unga perpendikular yo'nalishda ta'sir ko'rsatadi. 3.7-rasm (b)da ko'rgazma uchun *zo'riqishlar ellipslari* tuzilgan bo'lib, ularning yarim o'qlari bosh zo'riqishlarning qiymatlari va yo'nalishiga mos tushadi.

Ko'lamli masala. Tekis taqsimlangan kuchning ta'siri. Zaminda ko'lamli zo'riqish holati uchun shart-sharoitlar uning sirtida kvadrat, to'g'ri to'rtburchak, aylana, ellips va shu kabilar yuzasi bo'ylab taqsimlangan mahalliy kuch ta'sir ko'rsatgan holda yuzaga keladi. Bunda zo'riqishlarning barcha komponentlari noma'lum kattaliklar hisoblanadi. Bunday masalalarning ayrimlari uchun tutash tarzda olingan yechimlar mavjud.

O'lchami $l \times b$ bo'lgan to'g'ri to'rtburchak yuzasi bo'ylab tekis taqsimlangan intensivlik darajasi p bo'lgan kuch ta'sirida zaminning istalgan nuqtasida yuzaga keladigan vertikal siquvchi zo'riqishlar σ_z ning qiymatlarini birinchi marta A.Lyav 1935-yilda olgan. Bu to'g'ri to'rtburchakning burchak nuqtasi C orqali o'tkazilgan vertikal chiziqqa daxldor zo'riqishlar σ_{zC} va uning markazidan o'tuvchi vertikal bo'ylab ta'sir ko'rsatuvchi zo'riqishlar σ_{zO} amaliy jihatdan diqqatga sazovordir (3.8-rasm).

Yuqorida kiritilgan ta'sir koeffitsiyentlari tushunchalaridan foydalanib, quyidagicha yozish mumkin:

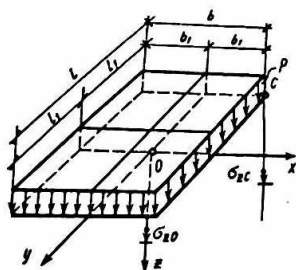
$$\sigma_{zC} = K_{zC} p; \quad \sigma_{zO} = K_{zO} p, \quad (3.10)$$



bu yerda: K_{xc} va K_{zo} – tegishli ravishda yuklangan to‘g‘ri to‘rtburchak tomonlari va zo‘riqishlar aniqlanayotgan nuqtaning nisbiy chuqurligi o‘zaro nisbatiga

3.7-rasm. Tekis masala holati uchun zo‘riqishlarning izo chiziqlari va yuklangan tasma o‘qi bo‘ylab vertikal siquvchi zo‘riqishlar epyurasi.
bog‘liq bo‘lgan burchak va markaziy zo‘riqishlar ta‘sir koeffitsiyentlari.

σ_{xc} va σ_{zo} qiymatlari o‘rtasida ma’lum nisbat mavjud. Yuklash yuzasining markazi orqali o‘tuvchi vertikal chiziqda joylashgan nuqtalardagi zo‘riqishlar ikki baravar chuqurroq chuqurlikda ta‘sir ko‘rsatuvchi burchak zo‘riqishlarining



3.8-rasm. Kuch tekis taqsimlangan to‘g‘ri to‘rtburchakning markazi osti-dagi va burchagi ostidagi siquvchi zo‘riqishlar.

to‘rtga ko‘paytirilgan qiymatlariga teng ekanligini ko‘rsatish mumkin, ya’ni

$$\sigma_{zo} = 4\sigma_{zc}. \quad (3.11)$$

Bunda (3.10) formulalarini umumiy ta‘sir koeffitsiyenti α orqali ifodalash va ularni quyidagicha yozish qulaydir:

$$\sigma_{xc} = \frac{1}{4}\alpha p; \quad \sigma_{zo} = \alpha p. \quad (3.12)$$

α koeffitsiyenti m va n o‘lchamsiz parametrlariga bog‘liq. $n=l/b$ parametri ikkala holat uchun ham bir xil. Shuni yodda tutish kerakki, burchak zo‘riqishi σ_{xc} ni aniqlashda parametr $m=z/b$; to‘g‘ri to‘rtburchak markazi ostidagi zo‘riqish σ_{zo} ni aniqlashda parametr $m=2z/b$

bo'ladi. α koeffitsiyentlari qiymatlari 3.2-jadvalda keltirilgan. Shu yerda radiusi $r = \sqrt{2}a$ bo'lgan aylana yuzasi bo'ylab tekis taqsimlangan kuch markazi ostidagi siquvchi zo'riqlashlarni aniqlash uchun α koeffitsiyenti qiymatlari berilgan, bunda $m=2z/r$.

3.2-jadval

α koeffitsiyenti qiymatlari

m	Aylana	Tomonlarining nisbati $n=b/a$ quyidagiga teng bo'lgan to'g'ri to'rtburchak					
		1,0	1,4	1,8	3,2	5	10
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,972	0,975	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,848	0,866	0,879	0,881	0,881
1,2	0,547	0,606	0,682	0,717	0,749	0,754	0,755
1,6	0,390	0,449	0,532	0,578	0,629	0,639	0,642
2,0	0,285	0,336	0,414	0,463	0,530	0,545	0,550
2,4	0,214	0,257	0,325	0,374	0,449	0,470	0,477
3,2	0,130	0,160	0,210	0,251	0,329	0,360	0,374
4,0	0,087	0,108	0,145	0,176	0,248	0,285	0,306
4,8	0,062	0,077	0,105	0,130	0,192	0,230	0,258
6,0	0,040	0,051	0,070	0,087	0,136	0,173	0,208
7,2	0,028	0,036	0,049	0,062	0,100	0,133	0,175
8,4	0,021	0,026	0,037	0,046	0,077	0,105	0,150
10,0	0,015	0,019	0,026	0,033	0,056	0,079	0,126
12,0	0,010	0,013	0,018	0,023	0,040	0,058	0,106

Keltirilgan ifodalar zaminda nafaqat yuklash to'g'ri to'rtburchak maydonchasining markazi yoki burchagi ostidagi, balki yuzaning istalgan nuqtasi orqali o'tuvchi vertikal chiziq bo'ylab tarqalgan siquvchi zo'riqlashlarni ham aniqlash imkonini beradi. Buning uchun *burchak nuqtalari usulidan* foydalaniladi. Bu yerda yechimning uch varianti mavjud (3.9-rasm).

Vertikal chiziq to'g'ri to'rtburchak konturida yotuvchi M nuqta orqali o'tgan bo'lsin. Bu to'g'ri to'rtburchakni ikkiga shunday ajratamizki, M nuqta ularning har biri uchun burchak nuqtasi hisoblansin. Shu tariqa σ_{zM} zo'riqlashlarni I va II to'g'ri to'rtburchaklar burchak zo'riqlashlarining yig'indisi sifatida ifodalash mumkin, ya'ni

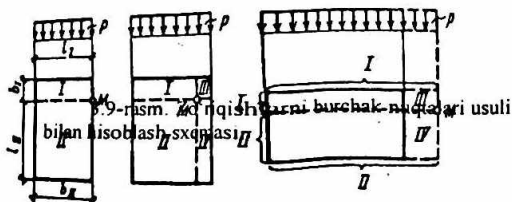
$$\sigma_{zM} = \sigma'_{zC} + \sigma''_{zC}. \quad (3.13)$$

Tegishli ravishda σ'_{zc} va σ''_{zc} zo'riqishlarning qiymatlari yuqorida ko'rsatilgan qoidalarga muvofiq aniqlanadi. α' va α'' koeffitsiyentlari 3.2-jadvaldan o'lchamsiz parametrlar l_1/b_1 , z_1/b_1 va l_2/b_2 ning qiymatlariga ko'ra topiladi, bu yerda l_1, b_1, l_2, b_2 - tegishli to'g'ri to'rtburchaklar tomonlarining o'lchamlari. Bunda doim $b \leq l$ deb olinadi.

Agar M nuqta to'g'ri to'rtburchak konturi ichida yotgan bo'lsa, uni to'rt qismga shunday ajratish lozimki, bu nuqta to'g'ri to'rtburchakning har bir qismi uchun burchak nuqtasi hisoblansin. Shunda:

$$\sigma_{zM} = \sigma'_{zc} + \sigma''_{zc} + \sigma'''_{zc} + \sigma^{IV}_{zc}. \quad (3.14)$$

Nihoyat, M nuqta yuklangan to'g'ri to'rtburchak konturidan tashqarida yotgan bo'lsa, uni shunday qayta tuzish lozimki, bu nuqta yana burchak nuqtasiga aylansin. Shunda, M nuqtada zo'riqishlar I va II to'g'ri to'rtburchaklar yuzasi bo'ylab taqsimlangan kuch ta'sirida yuzaga keladi, deb faraz qilib, III va IV to'g'ri to'rtburchaklar yuzasi bo'ylab taqsimlangan ayni shu soxta kuch ta'siridan zo'riqishlarni ayirish lozim, ya'ni haqiqiy zo'riqish quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

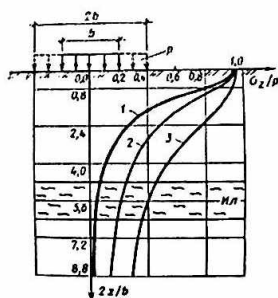


$$\sigma_{zM} = \sigma'_{zc} + \sigma''_{zc} - \sigma'''_{zc} - \sigma^{IV}_{zc}. \quad (3.15)$$

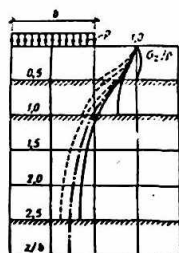
Tabiiyki, bu hollarda ham burchak zo'riqishlarini va ularga mos tushuvchi α koeffitsiyentlari qiymatlarini aniqlash qoidalari birinchi variant uchun keltirilgan qoidalar bilan bir bo'ladi. Burchak nuqtalari usulidan odatda bir-biriga yaqin joylashgan poydevorlarning o'zaro ta'sirini hisoblash uchun foydalaniladi.

Poydevor shakli va yuzasining tekislikdagi ta'siri. (3.15) formuladan va 3.2-jadval ma'lumotlaridan foydalanib, to'g'ri to'rtburchak poydevor markazi orqali o'tuvchi vertikal o'q bo'ylab tarqalgan normal zo'riqishlar σ_z ning

epyuralarini tuzish mumkin. 3.11-rasmda misol tariqasida quyidagi hollar uchun epyuralar nisbiy koordinatalarda tuzilgan: 1 – $l = b$ bo'lgan holda kvadrat poydevor epyurasi; 2 – kengligi b bo'lgan tasmasimon poydevor epyurasi ($l \geq 10b$); 3 – kengligi $2b$ bo'lgan tasmasimon poydevor epyurasi. Ko'rish mumkinki, zo'riqish maydon bo'ylab tarqaluvchi masalada (1 egri chiziq) zo'riqishlar chuqurlikda zo'riqish tekislik bo'ylab tarqaluvchi masala (2 egri chiziq)dagidan tezroq so'nadi. Poydevor kengligining, binobarin, yuzasining ham ortishi (3 egri chiziq) zo'riqishlar chuqurlikda yanada sustroq so'rinishiga olib keladi. Bu holatni superpozitsiya prinsipidan kelib chiqib osongina tushuntirish mumkin. Masalan, tasmasimon poydevorni bir – biriga yaqin o'rnatilgan bir qancha kvadrat poydevorlar sifatida tasavvur qilib, burchak nuqtalari usuli yordamida qo'shni poydevorlarga tushuvchi yukning qo'shimcha ta'sirini aniqlash mumkin.



3.10-rasm. Poydevor ostining shakli va yuzasiga qarab σ_z zo'riqishlarning poydevor o'qi bo'ylab taqsimlanish xususiyati.



3.11-rasm. To'sharni qatlam har xil chuqurlikda joylashgan holda σ_z zo'riqishlarning poydevor o'qi bo'ylab taqsimlanish xususiyati.

— • — • — siqiluvchanlik darajasiga ko'ra nisbatan bir xil zamin;
 — — — tegishli nisbiy chuqurliklar z/b da deyarli siqilmaydigan qatlam mavjud bo'lgan holda;

— — — tegishli nisbiy chuqurliklar z/b da grunatning ko'tarib turuvchi qatlamiga qaraganda ancha bo'sh qatlam mavjud bo'lgan holda.

Ko'rsatilgan qonuniyat muhim amaliy ahamiyat kasb etadi. Masalan, aminda muayyan chuqurlikda bo'sh qatlam (3.10-rasm) mavjud bo'lsa, poydevorning shunday shakli va yuzasini tanlash mumkinki, bu qatlam sirtidagi zo'riqishlar uning yuk ko'tarish qobiliyatidan pastroq bo'lsin. Aks holda gruntning bo'sh qatlami poydevor o'qidan har tomonga qarab yoyilishi natijasida katta miqdordagi cho'kishlar yuz berishi mumkin.

3.4. Gruntlar massivida ularning o'z og'irligi ta'sirida yuzaga keluvchi zo'riqishlarni aniqlash

3.1 bandda ko'rsatib o'tilganidek, gruntlar massivida inshoot ta'sirida yuzaga keluvchi zo'riqishlar qurilish boshlangan paytga qadar massivda shakllangan *boshlang'ich zo'riqishlar maydoniga* tushadi. Umumiy holda boshlang'ich zo'riqishlar nafaqat gravitatsiya kuchlari (gruntning o'z og'irligi) bilan, balki massivning shakllanish jarayonida bu kuchlarning o'zgarishi (grunt qatlamining ortishi yoki kamayishi), tektonik, seysmik ta'sirlar va ayrim boshqa omillar bilan ham belgilanadi.

Grunt massivining boshlang'ich zo'riqtirilgan holati nol sikl ishlari davrida: kotlovan qazish chog'ida gruntning o'yilishi, suv sathining pasayishi, gruntning shibbalanishi yoki bostirib tekislanishi va shu kabi ta'sirlar natijasida ham o'zgarishi mumkin. Bunday hollarda boshlang'ich zo'riqtirilgan holat haqida emas, balki zaminning dastlabki zo'riqtirilgan holati to'g'risida so'z yuritishga to'g'ri keladi. Bu holat keyinchalik inshootdan tushuvchi yuk ta'sirida yuzaga keladigan zo'riqishlar bilan o'zaro ta'sirga kirishadi.

Grunt massivining boshlang'ich va dastlabki zo'riqtirilgan holatini to'g'ri aniqlash ancha murakkab vazifa bo'lib, u ko'pgina omillarni hisobga olishni taqozo etadi. Bu masalaning muhandislik hisob – kitoblari uchun yaroqli yechimi haligacha olinmagan. Shu sababli amalda odatda gruntlar massividagi tabiiy zo'riqishlar faqat gravitatsiya kuchlari bilan belgilanadi, ya'ni gruntlarning o'z og'irligi ta'sirida shakllanadi, degan ancha soddalashtirilgan tasavvurdan

foydalaniladi. Bunda massivda gruntlarning o'z og'irligi ta'sirida yuz bergan barcha deformatsiyalar to'xtagan va zo'riqishlar to'la turg'unlashgan deb hisoblanadi. Bu holda gruntlar massivining sirti gorizonttal ko'rinish kasb etgan taqdirda z chuqurlikdagi zo'riqishlar quyidagi ifodalar yordamida aniqlanadi:

$$\sigma_z = \int_0^z \gamma(z) dz; \quad \sigma_x = \sigma_y = \xi \sigma_z; \quad \tau_{xy} = \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0, \quad (3.16)$$

bu yerda: γ – gruntning solishtirma og'irligi; ξ – osoyishtalik holatidagi grunt yonlama bosimining (3.8) formula bo'yicha aniqlangan koeffitsiyenti.

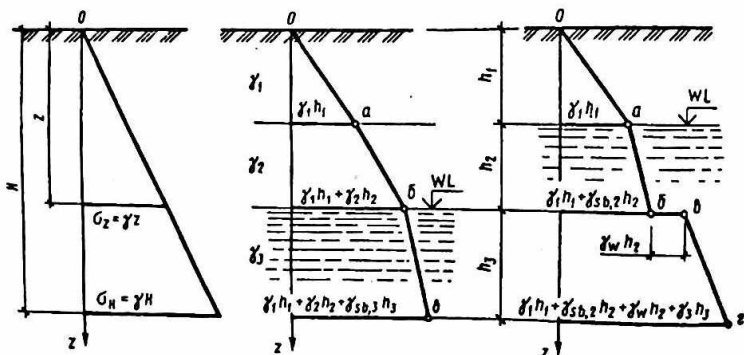
Bundan $\gamma(z)=\text{const}$ bo'lgan holda bir jinsli grunt qatlami uchun sirdan z chuqurlikda gruntning o'z og'irligi ta'sirida yuzaga keluvchi vertikal zo'riqishlar quyidagi formula bilan aniqlanishini ko'rsatish mumkin:

$$\sigma_z = \gamma \dots \quad (3.17)$$

Ayni holda tabiiy zo'riqishlar epyurasi uchburchak ko'rinishida bo'ladi (3.11-rasm, a).

Turli jinsli gruntlarning qatlamlari gorizonttal joylashgan holda bu epyura O_{abv} siniq chiziq bilan chegaralanadi. Bu yerda qatlam quvvati h , doirasida har bir kesmaning qiyaligi bu qatlam grundi solishtirma og'irligi γ ning qiymati bilan belgilanadi (3.11-rasm, b). Shuni ta'kidlash lozimki, qatlamlanishning ko'p jinsliligiga nafaqat har xil ko'rsatkichli qatlamlar mavjudligi, balki grunt qatlami doirasida sizot suvlar sathi mavjudligi ham sabab bo'lishi mumkin (3.12-rasm (b, v)da WL). Bu holda gruntning solishtirma og'irligi suv mineral zarralarga tortuvchi ta'sir ko'rsatishi hisobiga gruntning solishtirma og'irligi pasayishini hisobga olish lozim:

$$\gamma_{sb} = (\gamma_s - \gamma_w) / (1 + e), \quad (3.18)$$



3.12-rasm. Gruntlarning o'z og'irligi ta'sirida yuzaga keluvchi zo'riqishlar taqsimlanishining o'ziga xos epyuralari.

bu yerda: γ_{sb} — muallaq holatdagi gruntning solishtirma og'irligi; γ_s — grunt zarralarining solishtirma og'irligi; γ_w — suvning solishtirma og'irligi bo'lib, u 10 kH/m^3 ga teng deb olinadi; e — (3.17) formula bo'yicha aniqlanadigan gruntning g'ovaklik koeffitsiyenti.

Sizot suvlar sathidan pastdagi ma'lum chuqurlikda suv ta'sir qilmaydigan qatlam (namligi past loylar yoki qumli loylar) joylashgan bo'lsa, uning sirtida qatlamdan yuqoriroqda joylashgan suv ustunidan tushuvchi, 3.12-rasm (v)da $\gamma_w h_2$ deb belgilangan bosim ham hisobga olinishi lozim. Bu holda tabiiy bosim epyurasi $Oabvg$ chizig'i bilan chegaralanadi.

Gruntlarning har qanday qatlamlanishida vertikal zo'riqishlar σ_z komponentlarining qiymatlarini aniqlagach, yonlama bosim koeffitsiyentlari ξ ning tegishli qiymatlarini bilgan holda, (3.16) formula bo'yicha gorizontal zo'riqishlar komponentlari $\sigma_x = \sigma_y$ ning qiymatlarini topish mumkin.

Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, ξ koeffitsiyenti 0 dan 1 gacha o'zgarishi mumkin. Biroq gruntlar massivining shakllanishi murakkab jarayonlari ta'sirida grunt qatlamida amal qiluvchi zo'riqishlarning o'zaro nisbati $\sigma_x / \sigma_z = \sigma_y / \sigma_z$ birdan katta bo'lib qolishi mumkin. Bu, masalan gruntlarning o'ta zichlanish holatiga

mos keladi. Grunt massivida amal qiluvchi zo'riqlashlarni faqat juda ko'p mehnat talab qiluvchi eksperimentlar natijasida aniqlash mumkin bo'lgani bois, ba'zan gruntlar massividagi tabiiy zo'riqlash sharli tenzorga teng deb olinadi, ya'ni

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z. \quad (3.19)$$

Yana shuni ham ta'kidlab o'tish lozimki, grunt massivining sirti gorizontal ko'rinishga ega bo'lgan holda tabiiy zo'riqlash komponentlari doim bosh siquvchi zo'riqlashlar hisoblanadi.

IV BOB. GRUNT MASSIVLARINING MUSTAHKAMLIGI, TURG'UNLIGI VA GRUNTLARDAN TO'SIQLARGA TUSHADIGAN BOSIM

4.1. Masalaning ahamiyati. Asosiy qoidalar

Amaliyot shuni ko'rsatadiki, muayyan sharoitlarda (poydevor yuzasining torligi, qiyalik yoki nishablikning o'ta tikkaligi, muvaffaqiyatsiz loyihalangan devor va sh.k.) gruntlar massivining bir qismi o'z turg'unligini yo'qotishi va natijada u bilan o'zaro ta'sirga kirishuvchi inshootlar buzilishi mumkin. O'z – o'zidan ravshanki, bu massivda amaldagi zo'riqishlar o'rtasidagi nisbat gruntning mustahkamligi barham topuvchi darajaga yetgan ayrim sohalar shakllanishi bilan bog'liq. Binobarin, gruntlar massivining turg'unligiga baho berish ularda gruntlarning o'z og'irligidan va loyiḡalanayotgan inshootdan tushuvchi yuk ta'sirida yuzaga keladigan zo'riqishlarni tahlil qilish va bu zo'riqishlarni ularning chegaraviy qiymatlari bilan solishtirishga asoslanishi lozim.

Grunt massivi inshoot qurilayotgan zamin, material yoki muhit sifatida qaralgan sharoitlarda unda har xil zo'riqishlardan iborat maydon shakllanadi, ya'ni massivning har bir nuqtasida amal qiluvchi zo'riqishlar har xil bo'ladi. Massivda zo'riqishlarning taqsimlanishi aniqlangan va gruntlarning mustahkamlik ko'rsatkichlari berilgan bo'lsa, massivning istalgan nuqtasidagi zo'riqtirilgan holatga baho berish mumkin. Bunda shunday bir holat yuzaga kelishi mumkinki, har bir nuqtada, binobarin, gruntlarning butun massivida ham zo'riqtirilgan holat chegaraviydan past holatga mos kelishi mumkin. Biroq ayrim nuqtalarda chegaraviy zo'riqishlarga mos keluvchi zo'riqishlarning kombinatsiyalari yuzaga kelishi ham ehtimoldan xoli emas. Boz ustiga, bunday nuqtalar hajman ancha katta sohalariga birlashishi ham mumkin bo'lib, bu gruntlar massivining chegaraviy zo'riqtirilgan holatiga mos keladi va uning turg'unligi yo'qolishiga sabab bo'ladi.

Shuni ta'kidlash lozimki, chegaraviy muvozanat nazariyasi faqat gruntlar massivining zo'riqtirilgan holatini o'rganadi va unda rivojlanuvchi deformatsiyalarni aniqlash imkonini bermaydi. Shu sababli chegaraviy

muvozanat nazariyasining tenglamalar sistemalarida noma'lumlar sifatida faqat zo'riqishlarning komponentlari beriladi, gruntning chiziqli deformatsiyalanish nazariyasi modelida mavjud deformatsiyalar va siljishlarning komponentlari esa berilmaydi.

Chegaraviy muvozanat nazariyasining asoslari Sh.Kulon (1773) va V.Renkin (1859)ning gruntndan to'siqlarga tushuvchi bosimlar haqidagi masalani yechishga bag'ishlangan asarlarida yaratilgan. Bu nazariyaning rivojlanishiga L.Prandtl, F.Ketter va G.Reysner kabi olimlar katta hissa qo'shgan. Chegaraviy muvozanat nazariyasi hozirgi ko'rinishda V.V.Sokolovskiyning fundamental asarlarida shakllangan. Zo'riqishlarning tekislik bo'ylab tarqalishi masalasini yechishning grafik usulini S.S.Golushkevich taklif qilgan.

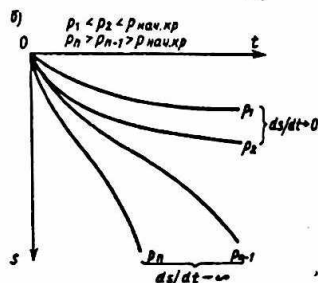
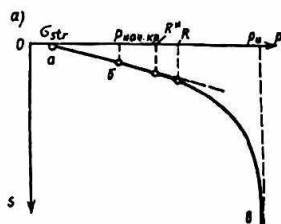
4.2. Zamin gruntlariga tushuvchi chegaraviy yuklar

Poydevorga tushuvchi yuk ortib borgan holda poydevor ostida cho'kishlarning rivojlanishini tavsiflovchi «fikriy» eksperiment bayon etildi (4.2-rasmga qarang), bu eksperimentni o'tkazish jarayonida zaminda chegaraviy muvozanat mintaqalarining shakllanishi ko'rsatildi. Bunday eksperiment sxemasi zaminlarni yuk ko'tarish qobiliyatiga ko'ra hisoblashning hozirgi prinsiplarini tushunish uchun muhim bo'lgani va chegaraviy muvozanat nazariyasini bunday masalalarni yechishga nisbatan tatbiq etish imkoniyatini amalda namoyish etgani bois, uni mufassalroq ko'rib chiqishga qaytamiz (4.1-rasm).

Grunt bog'lanishli bo'lsa, yuklash bosqichlari esa uncha katta bo'lmasa, 4.1-rasm (a)dagi $s = f(p)$ bog'liqlik grafigining boshlang'ich qismi O_a deyarli gorizontaal bo'ladi. Bu qismning bosimlar o'qi bo'ylab uzunligi grunt strukturaviy mustahkamligining σ_{sn} kattaligi bilan belgilanadi (4.2- ga qarang), deformatsiya esa elastik xususiyat kasb etadi. Strukturaviy mustahkam bo'lmagan sochiluvchan gruntlar yoki strukturaviy buzilgan loyli gruntlar uchun zichlanish deformatsiyalari yuk tushishiga qarab darhol yuzaga keladi.

Yuk yanada ortib borgan taqdirda (4.1-rasm (a)dagi ab uchastka) zichlanish jarayoni rivojlanadi. Bunda poydevor ostida grunt zarralarining siljishi asosan pastga qarab vertikal yo'nalishga ega bo'ladi va gruntning g'ovaklik darajasi pasayishiga

olib keladi. Bu yerda $s = f(p)$ bog'liqlik chiziqli bog'liqlikka yaqin, vaqtda



4.1-rasm. Pirovard cho'kishning zaminga tushuvchi yukka bog'liqligi (a) va p ning turli qiymatlarida cho'kishning vaqtda rivojlanishi (b)

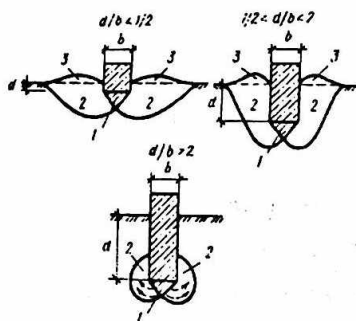
rivojlanuvchi cho'kishlar esa o'zgarmas kattalik sari intiladi (4.1-rasm, b). Zaminda poydevor chetlari ostida yuzaga keluvchi eng katta urinma zo'riqishlar (5.8-rasmga qarang) doim chegaraviy qiymatlardan kichkina bo'ladi, ya'ni zaminning birorta ham nuqtasida chegaraviy holat shakllanmaydi.

Bu uchastkani chegaralovchi eng katta zo'riqish zaminga tushuvchi *boshlang'ich chegaraviy yuk* $p_{bosh.ch.}$ deb ataladi, yukning 0 dan $p_{bosh.ch.}$ gacha o'zgarishi esa *gruntning zichlanish davrini* tavsiflaydi. Shunday qilib, quyidagi muhim xulosaga kelish mumkin: poydevor ostidagi o'rtacha bosim boshlang'ich chegaraviy yuk darajasiga

qadar o'sgan holda gruntlar zichlanish davrida bo'ladi va zaminning birorta ham nuqtasida chegaraviy holat yuzaga kelmaydi. Shu sababli har qanday $p \leq p_{bosh.ch.}$ yuk zamin uchun mutlaqo xavfsiz hisoblanadi.

Yuk yanada ko'paygan taqdirda (4.1-rasm (a) dagi bv uchastka) poydevor chetlari ostida joylashgan nuqtalarda ayrim maydonchalar bo'ylab urinma zo'riqishlar ularning chegaraviy qiymatlari bilan tenglashadi. Yuk ortishiga qarab bu nuqtalar kattaligi ortuvchi chegaralarga birlashadi (4.6-rasmga qarang). Zaminning qolgan qismida avvalgidek zichlanish deformatsiyalari rivojlansa, bu yerda elastik xususiyatga ega bo'lgan siljishdagi deformatsiyalar yuzaga keladi.

Bu chegaralarda grunt poydevor o'qidan atrofga yoyiladi va $s = f(p)$ bog'liqlik grafigi chiziqli bog'liqlik grafigidan ko'proq darajada og'adi. Shuni ta'kidlash lozimki, aksariyat hollarda yuk $p_{bosh.ch.}$ dan sezilarli darajada ortishiga qarab cho'kislarning rivojlanishi so'nmaydigan xususiyat kasb etadi, ya'ni cho'kish vaqt o'tishi bilan turg'unlashmaydi va juda katta hajmlarga yetishi mumkin (4.1-rasm, b). *bv* uchastka *siljishlar fazasi* deb ataladi. Bu fazaning oxiriga p_u yuk mos keladi va u *eng katta kritik yuk* deb ataladi. Ayni holda zaminda tutash chegaraviy muvozanat sohalari yuzaga keladi va zamin gruntlari o'z turg'unligini yo'qotadi. Bu zamin o'zining yuk ko'tarish qobiliyatini butunlay yo'qotganidan dalolat beradi. Poydevor bikir bo'lgan holda bevosita uning ostida gruntning zichlangan o'zagi shakllanadi va u o'zini qurshagan gruntni go'yo atrofga yoyadi. Poydevor ostining nisbiy chuqurligi d/b ga qarab chegaraviy muvozanat sohalarining shakl shamoyillari har xil bo'lishi mumkin (4.2-rasm). Poydevor ostining nisbiy chuqurligi uchun katta bo'lmagan ($d/b < 1/2$) holda, bu sohalar poydevordan uning atrofiga qarab ancha rivojlangan bo'ladi, ularda gruntning yon tomonga va yuqoriga qarab harakatlanishi yuz beradi, zamin sirtida o'pirilish natijasida uyumlar hosil bo'ladi. Poydevor ostining chuqurligi o'rtacha bo'lgan ($1/2 < d/b < 2$) taqdirda, chegaraviy muvozanat sohalari siqiladi, ularning chegaralari *S* – simon shakl – shamoyil kasb etadi va o'pirilish natijasida uyumlar hosil bo'lishi mumkin. Nihoyat, poydevor osti ancha chuqur ($d/b > 2$) bo'lsa,



zamin sirtida gruntning o'pirilishi qayd etilmaydi va chegaraviy muvozanat sohalari zamin ichida poydevorning yon yuzalari yaqinida joylashadi. Biroq ayni holda ham 4.1-rasm (a)dagi grafik xususiyatiga mos keluvchi cho'kislarning sezilarli darajada ortishi yuz beradi.

4.2-rasm. Poydevor ostining nisbiy chuqurligi har xil bo'lgan holda zaminda chegaraviy muvozanat sohalarining shakllanishi: 1 – zichlangan o'zak; 2 – chegaraviy muvozanat sohasi; 3 – grunt o'pirilishi natijasida hosil bo'lgan uyumlar.

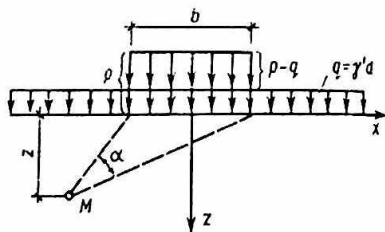
$p_{bosh.ch.}$ va p_u ga teng yuklar zamingruntlariga tushuvchi chegaraviy yuklar deb ataladi. Ular chegaraviy muozanat nazariyasi usullari bilan aniqlanadiki, bu inshootlarning zaminlari va poydevorlarini loyihalash uchun muhim ahamiyatga egadir.

Boshlang'ich chegaraviy yuk. Umuman olganda, boshlang'ich chegaraviy yuk zaminda poydevor ostida birorta ham nuqtada chegaraviy holat yuzaga kelmaydigan holga mos keladi.

Zo'riqishlarning tekislik bo'ylab tarqalishiga oid masala bilan bog'liq holda $p_{bosh.ch.}$ kattalikni topish uchun yuklarni zaminga poydevor ostidan pastroqqa uzatish hisobiy sxemasidan foydalanamiz (5.1-rasmga qarang). Bunda poydevor markazdan yuklangan holda tutashgan yuzadagi zo'riqishlarning taqsimlanishi to'g'ri to'rtburchak qonuniga muvofiq qabul qilinishi mumkinligini e'tiborga olamiz (4.2-§ ga qarang). Bunday masalaning hisobiy sxemasi 4.3- rasmda keltirilgan. Zaminda ayrim M nuqtani tanlaymiz va shunday bir tutashgan yuzadagi zo'riqish p ni aniqlaymizki, bunda mazkur nuqtada chegaraviy zo'riqtirilgan holat yuzaga keladi. 5-bobda bayon etilgan qoidalarga muvofiq M nuqtadagi to'la zo'riqish bu nuqtadan yuqoriroqda yotgan gruntning o'z og'irligi va intensivligi $p-q$ bo'lgan mahalliy qo'shimcha kuch ta'sirida yuzaga kelgan zo'riqishlar yig'indisi sifatida qaralishi mumkin. M nuqtada gruntning o'z og'irligi ta'sirida yuzaga kelgan vertikal siquvchi zo'riqish eng katta bosh zo'riqish bo'ladi va poydevor ostidan yuqoriroqda γ va bu sathdan pastroqda γ

joylashgan gruntning solishtirma og'irligi har xil bo'lgan sharoitda quyidagicha yoziladi:

$$\sigma_{1x} = q + \gamma z = \gamma' d + \gamma z. \quad (4.1)$$



4.3-rasm. Boshlang'ich chegaraviy yukni aniqlash hisobiy sxemasi.

Gorizontal siquvchi zo'riqish eng kichkina bosh zo'riqish bo'ladi; uni gruntning yonlama bosimi koeffitsiyenti orqali ifodalash mumkin: $\sigma_{1g} = \xi \sigma_{1g}$. Gruntning o'z og'irligi ta'sirida yuzaga keluvchi zo'riqishlar taqsimlanishining gidrostatik qonunini qabul qilamiz, ya'ni $\xi = 1$ deb olamiz. Bu holda

$$\sigma_{1g} = \sigma_{1g} = \gamma'd + \gamma z. \quad (4.2)$$

M nuqtada intensivligi $p-q$ bo'lgan mahalliy qo'shimcha kuch ta'sirida yuzaga kelgan eng katta va eng kichkina bosh zo'riqishlar (4.13) formulalarga muvofiq quyidagicha yozilishi mumkin:

$$\sigma_{1,p-q} = \frac{p-\gamma'd}{\pi} (\alpha + \sin \alpha); \quad \sigma_{3,p-q} = \frac{p-\gamma'd}{\pi} (\alpha - \sin \alpha), \quad (4.3)$$

bu yerda: α – bu nuqtadan ko'rish burchagi.

Yuqorida keltirilgan bog'liqliklarning qo'llanilishini uncha o'rinli deb bo'lmaydi, chunki zaminda chegaraviy muvozanat sohalarining mavjudligi taxmin qilinadi. Biroq bu sohalarining rivojlanishiga yo'l qo'ymaslik sharti qabul qilinadi (buni biz quyida ko'ramiz), shu sababli bunday usuldan foydalanilishi mumkin.

M nuqtadagi to'liq zo'riqishlar quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \sigma_{1,p-q} + \sigma_{1g} = \frac{p-\gamma'd}{\pi} (\alpha + \sin \alpha) + \gamma'd + \gamma z; \\ \sigma_3 &= \sigma_{3,p-q} + \sigma_{3g} = \frac{p-\gamma'd}{\pi} (\alpha - \sin \alpha) + \gamma'd + \gamma z. \end{aligned} \quad (4.4)$$

M nuqtada chegaraviy zo'riqtirilgan holat bu nuqtada (6.3) shartga rioya etilgan holda amalga oshadi. (6.9) ifodalarini (6.3) nisbatga solib, quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{p-\gamma'd}{\pi} \sin \alpha - \sin \varphi \left(\frac{p-\gamma'd}{\pi} \alpha + \gamma'd + \gamma z \right) = c \cos \varphi. \quad (4.5)$$

(6.10) ifoda M nuqta orqali o'tuvchi soha chegarasining tenglamasi sifatida qaralishi mumkin bo'lib, mazkur chegara konturida poydevor ostida p zo'riqish ta'sir ko'rsatgan holda chegaraviy muvozanat holati mavjud. Bu chegara

nuqtalarining koordinatalari z va α noma'lumlar bilan belgilanadi. (4.5)
tenglamani z ga nisbatan yechib, quyidagi ifodani olamiz:

$$z = \frac{p - \gamma d}{\pi \gamma} \left(\frac{\sin \alpha}{\sin \varphi} - \alpha \right) - \frac{\gamma'}{\gamma} d - \frac{c}{\gamma} \operatorname{ctg} \varphi. \quad (4.6)$$

p qiymati berilgan holda bu tenglama ko'rish burchagi α qiymatlari erkin bo'lgan sharoitda chegaraviy muvozanat sohasi chegarasi z ning ordinatasini belgilaydi. Bu soha chegarasining eng katta chuqurligi $z_{\max}$ ni $dz/d\alpha$ hosilasini olish va uni nolga tenglashtirish orqali topish mumkin:

$$\frac{dz}{d\alpha} = \frac{p - \gamma d}{\pi \gamma} \left(\frac{\cos \alpha}{\sin \varphi} - 1 \right) = 0. \quad (4.7)$$

(4.6) tenglamadan kelib chiqadiki, $z = z_{\max}$ bo'lsa,

$$\cos \alpha = \sin \varphi, \text{ ya'ni } \alpha = \frac{\pi}{2} - \varphi \text{ va } \sin \alpha = \cos \varphi. \quad (4.8)$$

Shunda, (4.8)ni (4.6) formulaga solib, $z_{\max}$ uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$z_{\max} = \frac{p - \gamma d}{\pi \gamma} (\operatorname{ctg} \varphi + \varphi - \pi/2) - \frac{\gamma'}{\gamma} d - \frac{c}{\gamma \operatorname{ctg} \varphi}. \quad (4.9)$$

Endi (4.9) tenglamani p ga nisbatan yechib, poydevor ostidagi chegaraviy zo'riqishning shunday bir qiymatini topamizki, bunda chegaraviy muvozanat sohasi berilgan eng katta chuqurlik $z_{\max}$ da rivojlanadi:

$$p_{\alpha} = \frac{\pi(\gamma z_{\max} + \gamma' d + c \operatorname{ctg} \varphi)}{\operatorname{ctg} \varphi + \varphi - \pi/2} + \gamma d. \quad (4.10)$$

$p_{\text{bosh.ch.}}$ tushunchasining ta'rifidan (4.10) formulada $z_{\max} = 0$ deb olinishi lozim. Shunda zaminning birorta ham nuqtasida chegaraviy muvozanat sharti bajarilmaydi. Bunda uzil – kesil quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$p_{\text{bosh}} = \frac{\pi(\gamma' d + c \operatorname{ctg} \varphi)}{\operatorname{ctg} \varphi + \varphi - \pi/2} + \gamma d. \quad (4.11)$$

(4.11) ifodani gruntning tortishishini hisobga olmasdan ilk bor N.P.Puzirevskiy olgan, shu sababli u ko'pincha *Puzirevskiy formulasi* deb ataladi.

Ideal bog'lanishli ($\varphi=0$; $s \neq 0$) gruntlar uchun (ularning qatoriga bo'sh changsimon – loyli gruntlar (masalan, balchiqlar), zarralarining zichlashuvi

yakunlanmagan holatdagi loyli gruntlar va ayrim hollarda muzlagan loyli gruntlar kirishi mumkin) (4.12) formulada $\varphi=0$ deb olsak, quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$p_{bosh} = \pi c + \gamma' d. \quad (4.12)$$

Ostidagi zo'riqish boshlang'ich chegaraviy yukdan oshmaydigan qilib loyihalangan poydevor mutlaqo xavfsiz holatda bo'ladi. Biroq, amaliyot shuni ko'rsatadiki, ayni holda zamin gruntlari yuk ko'tarish qobiliyati borasida ancha katta imkoniyatlarga ega bo'ladi.

Me'yoriy qarshilik va hisobiy bosim. Qurilgan inshootlarning cho'kishlari ustidan ko'p sonli kuzatishlar natijasida kengligi b bo'lgan markazdan yuklangan poydevor ostida chegaraviy muvozanat zonalari $z_{max} = 1/4b$ chuqurlikda rivojlanishi faraz qilinsa, zaminning yuk ko'tarish qobiliyati ta'minlangan bo'lib qolishi aniqlangan. Bunda cho'kishlar vaqt o'tishi bilan so'nadi va o'zgarmas kattalik sari intiladi, $s = f(p)$ bog'liqlik esa chiziqli bog'liqlikka yaqin bo'lib qoladi. Binobarin, bunday sharoitda zamin deformatsiyalarini hisoblash uchun gruntarning chiziqli deformatsiyalanish nazariyasi formulalaridan foydalanish mumkin.

Yuqorida aytilganlarni hisobga olib, 1955- yildayoq «Binolar va inshootlarning tabiiy zaminlarini loyihalash me'yorlari va texnik shartlari» (NiTU 127-55)da *zamin gruntining me'yoriy qarshiligi R_n* tushunchasi kiritilgan (4.1-rasm (a)ga qarang). Me'yoriy qarshilik poydevor ostidagi o'rtacha siquvchi zo'riqishning eng katta qiymatiga mos keladi. Bu kattalikka yetgunga qadar cho'kishlarni hisoblash uchun gruntning chiziqli deformatsiyalanish nazariyasining matematik apparatidan foydalanish mumkin.

Shunda, (4.10) formulaga $z_{max} = b/4$ ni qo'yib, quyidagi ifodani olamiz:

$$R^H = \frac{\pi(\gamma b/4 + \gamma' d + c \operatorname{ctg} \varphi)}{\operatorname{ctg} \varphi + \varphi - \pi/2} + \gamma' d. \quad (4.13)$$

Bu ifoda ko'pincha uch hadli formula tarzida yoziladi:

$$R^H = M_\gamma \gamma b + M_q \gamma' d + M_c c, \quad (4.14)$$

bu yerda: M_γ, M_q, M_c – ichki ishqalanish burchagi φ ga bog‘liq bo‘lgan va quyidagi formulalar bo‘yicha hisoblab chiqariladigan o‘lchamsiz koeffitsiyentlar:

$$M_\gamma = \frac{\pi}{4(\operatorname{ctg}\varphi + \varphi - \pi/2)}; \quad M_q = \frac{\pi}{\operatorname{ctg}\varphi + \varphi - \pi/2} + 1; \quad M_c = \frac{\pi \operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{ctg}\varphi + \varphi - \pi/2}. \quad (4.15)$$

M_γ, M_q, M_c koeffitsiyentlarning qiymatlari 6.1-jadvalda keltirilgan.

Qurilgan inshootlarning cho‘kishlari ustidan olib borilgan keyingi maxsus kuzatishlar va tadqiqotlar poydevor ostidagi o‘rtacha zo‘riqishning erishilgunga qadar cho‘kishlarni gruntning chiziqli deformatsiyalanish nazariyasi formulalari bo‘yicha hisoblash mumkin bo‘lgan amaliy chegarasini yanada nariroq surish imkonini berdi. Bu kattalik, QMK 2.02.01-98 ga binoan, *zamin gruntining hisobiy qarshiligi R* degan nom oldi.

4.1-jadval

M_γ, M_q, M_c koeffitsiyentlarning qiymatlari

Ichki ishqalanish burchagi φ_{II} , grad	Koeffitsiyentlar			Ichki ishqalanish burchagi φ_{II} , grad	Koeffitsiyentlar		
	M_γ	M_q	M_c		M_γ	M_q	M_c
0	0,00	1,00	3,14	24	0,72	3,87	6,45
2	0,03	1,12	3,32	26	0,84	4,37	6,90
4	0,06	1,25	3,51	28	0,98	4,93	7,40
6	0,10	1,39	3,71	30	1,15	5,59	7,95
8	0,14	1,55	3,93	32	1,34	6,34	8,55
10	0,18	1,73	4,17	34	1,55	7,22	9,22
12	0,23	1,94	4,42	36	1,81	8,24	9,97
14	0,29	2,17	4,69	38	2,11	9,44	10,80
16	0,36	2,43	4,99	40	2,46	10,85	11,73
18	0,43	2,73	5,31	42	2,88	12,51	12,79
20	0,51	3,06	5,66	44	3,88	14,50	13,98
22	0,61	3,44	6,04				

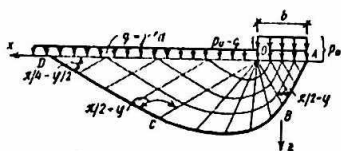
Eng katta chegaraviy yuk. Eng katta chegaraviy yuk p_u poydevor ostidagi shunday bir zo‘riqishga mos keladiki, bunda zamin gruntlari yuk ko‘tarish qobiliyatining yo‘qolishi yuz beradi (4.4-rasmga qarang). Ayni holda zaminda chegaraviy muvozanatning rivojlangan sohalari shakllanadi, poydevor ostining uncha katta bo‘lmagan chuqurligidagi grunt zamin sirtiga siqib chiqarilishi va

o'pirilish natijasida uyumlar hosil bo'lishi yuz beradi (2.6 va 4.2-rasmlarga qarang). Shunday qilib, p_u ga teng zo'riqish zamin grunti o'z turg'unligini butunlay yo'qotishiga olib keladi va loyihalanayotgan inshoot uchun mutlaqo yo'l qo'yib bo'lmaydigan hol hisoblanadi.

Zo'riqishlarning tekislik bo'ylab tarqalishiga oid masala uchun eng katta chegaraviy yukni aniqlash masalasi ilk bor 1920,1921-yillarda L.Prandtl va G.Reysner tomonidan zaminni vaznsiz ($\gamma=0$) deb faraz qilish orqali yechilgan. Bunda ular quyidagi ifodani olgan:

$$p_u = (\gamma'd + c \cot \varphi) \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} e^{2\gamma z} - c \cot \varphi. \quad (4.16)$$

4.4-rasmda bu yechimga mos keluvchi chegaraviy muvozanat sohalaridan birining chegaralari va sirpanish chiziqlarining ikki oilasi ifodalangan. Bunday soha z o'qning o'ng tomoniga nisbatan ham tatbiq etiladi. Bevosita yuklash konturi ostida (AOB mintaqasi) sirpanish chiziqlari vertikal yqnalishda cho'zilgan $\pi/2 - \varphi$ ga teng kichikroq burchakli romblar hosil qiladi. OBS mintaqasi doirasida sirpanish chiziqlari oilalaridan biri O nuqtadan chiquvchi nurlar, ikkinchisi – logarifmik spirallar kesmalari sistemasini hosil qiladi. Nihoyat, uchinchi mintaq (OCD) gorizontal yo'nalishda cho'zilgan romblardan tashkil topadi. Chegaraviy muvozanat sohasi chegara chizig'ining zamin sirtiga chiqish burchagi $\pi/4 - \varphi/2$ ni tashkil etadi.



Ideal bog'lanishli ($\varphi=0$; $s \neq 0$) gruntlar uchun bu yechim quyidagi ko'rinish kasb etadi:

o'riqishlar tekislik bo'ylab
tarqalishiga oid masala

$$p_u = 5,14c + \gamma'd; \quad (4.17)$$

zo'riqishlar o'qqa nisbatan

4.4-rasm. Vaznsiz ($\gamma=0$) zamin uchun chegaraviy qo'shimcha yuk tushgan holda sirpanish chiziqlari.

mutanosib tarqalishiga oid masala

$$p_u = 5,7c + \gamma'd. \quad (4.18)$$

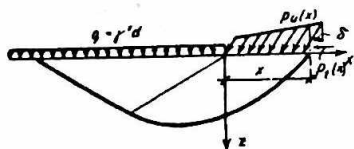
Eksperimental tadqiqotlar zamin gruntining o'z og'irligini e'tiborga olmaslik eng katta chegaraviy yuk kamaytirib ko'rsatilishiga olib kelishidan dalolat beradi. Bundan tashqari, poydevor ostida OAB sohasi doirasida shakllanuvchi gruntning zichlangan o'zagi mavjudligini ham hisobga olish talab etiladi, shu sababli K.Tersagi, V.G.Berezansev, M.V.Malishev, A.Kako, J.Kerizel va boshqalar yuqorida keltirilgan yechimni shu holatlarni hisobga olib rivojlantirdilar.

Eng to'liq yechimni 1952 -yilda V.V.Sokolovskiy zo'riqishlar tekislik bo'ylab tarqalishiga oid masala uchun olgan. Bunda yuk trapetsiya qonuniga muvofiq o'zgaruvchi vertikal kuchga nisbatan δ burchak ostida og'gan sirtga ta'sir ko'rsatadi. Bu holda eng katta chegaraviy yuk p_u ning vertikal qismi x koordinatali yuklangan sirtning istalgan nuqtasida va unga mos keluvchi gorizontaal qism quyidagi ko'rinishga keltirilishi mumkin:

$$p_u = N_r x + N_q q + N_c c;$$

$$p_r = p_u \operatorname{tg} \delta, \quad (4.19)$$

bu yerda: N_r, N_q, N_c – zamin grunti yuk ko'tarish qobiliyatining ichki ishqalanish burchagi φ va δ vertikalga nisbatan teng ta'sir yukning qiyalik burchagiga bog'liq bo'lgan o'lchamsiz koeffitsiyentlari.



Shuni ta'kidlash lozimki, bunda chegaraviy muvozanat sohasi shakllanadi va grunt faqat yukning o'sib borish yo'nalishiga qarama – qarshi tomonga o'pirilishi mumkin.

Ko'rsatilgan masalaning boshqa yechimlari ham mavjud, biroq vertikal chegaraviy yuk uchun ifodani (4.23)

4.5-rasm. Zaminga tushuvchi qiya kuchning ta'sir etish sxemasi.

birinchi tenglamasi tarzida yozish hozir umumiy qabul qilingan. Amaliy hisoblashlarda p_u kattalik ko'pincha yuklashning ayrim yuzasi bo'ylab amal

qiladigan eng katta chegaraviy yukning teng ta'sir ko'rsatuvchisi sanalgan vertikal kuch N_v bilan almashtiriladi.

Yuqorida keltirilgan yechimlar poydevorlar osti uncha katta bo'lmagan chuqurliklarda joylashgan va zamin bir jinsli tuzilishga ega bo'lgan hollarda o'rinalidir, shu sababli amaliy hisoblashlarda odatda chegaraviy muvozanat nazariyasining aniq yechimlarini u yoki bu darajada hisobga oluvchi muhandislik usullaridan foydalaniladi.

4.3. Zaminlarning yuk ko'tarish qobiliyati va turg'unligini hisoblashning amaliy usullari

Dastlabki ma'lumotlar. Poydevorlar va inshootlar zaminlarining turg'unligini hisoblashning amaliy usullari amaldagi me'yorlar bilan tartibga solinadi. Quyidagilar bunday hisoblashlar uchun dastlabki ma'lumotlar hisoblanadi:

- zaminning muhandis – geologik tuzilishi, shu jumladan sizot suvlar sathining eng yuqori o'lmi;
- zaminning barcha qatlamlaridagi gruntlar fizik – mexanik ko'rsatkichlarining hisobiy qiymatlari (tegishli ravishda poydevor ostidan yuqori va quyidagi solishtirma og'irligi γ' va γ , φ - ichki ishqalanish burchagi, c – solishtirma tortishishi);

- poydevor ostining o'lchamlari: uning kengligi b , uzunligi l va chuqurligi d ;
- vertikal zo'riqish F_v va gorizontal zo'riqish F_h ning hisobiy qiymatlari, shuningdek M momentning poydevor osti tekisligiga bo'lingan hisobiy qiymati.

Yuk ko'tarish qobiliyatiga doir hisob – kitoblarning maqsadi zamin gruntlarining mustahkamligi va turg'unligini ta'minlash, shuningdek poydevor ostida siljishlar yuz berishi va uning ag'darilishiga yo'l qo'ymaslikdan iborat.

Hisobiy sxemani tanlashda zamin gruntlari buzilish sirtlari shakllanishining statik va kinematik imkoniyatlaridan kelib chiqish lozim.

Zaminning yuk ko'tarish qobiliyatini hisoblash. QMK 2.02.01-98 ga muvofiq, quyidagi shart bajarilgan holda zaminning yuk ko'tarish qobiliyati ta'minlangan hisoblanadi:

$$F \leq \gamma_c F_u / \gamma_n, \quad (4.20)$$

bu yerda: F - F_v va F_h ning tegishli qiymatlarida zaminga tushuvchi hisobiy yukning vertikal chiziqqa nisbatan $\delta = \arctg(F_v/F_h)$ burchak ostida og'gan teng ta'sir etuvchi kuchi; F_u - chegaraviy qarshilik kuchi (*chegaraviy yukning teng ta'sir etuvchisi*); γ_c - ish sharoitlari koeffitsiyenti bo'lib, u quyidagicha qabul qilinadi: qumlar uchun (changsimon qumlardan tashqari) - 1,0; changsimon qumlar, shuningdek turg'unlashgan holatdagi changsimon - loyli gruntlar uchun - 0,9; noturg'un holatdagi changsimon-loyli gruntlar uchun - 0,85; nuramagan va kam nuragan qoyatosh gruntlar uchun - 1,0; nuragan qoyatosh gruntlar uchun - 0,9; o'ta nuragan qoyatosh gruntlar uchun - 0,8; γ_n - inshootning vazifasiga ko'ra ishonchlilik koeffitsiyenti bo'lib, u tegishli ravishda I, II, III toifadagi binolar va inshootlar uchun 1,2; 1,15; 1,10 ga teng deb olinadi.

Umumiy holda turg'unlashgan holatdagi qoyatosh gruntlardan tarkib topgan zaminning chegaraviy qarshilik kuchining vertikal qismi N_u ni (4.19) ifodadan olingan quyidagi formula bo'yicha aniqlashga yo'l qo'yiladi:

$$N_u = b'l(N_1\xi_1b'\gamma + N_2\xi_2\gamma d + N_3\xi_3c), \quad (4.21)$$

bu yerda: b' va l' - tegishli ravishda poydevor ostining keltirilgan kengligi va uzunligi:

$$b' = b - 2e_1; \quad l' = l - 2e_2; \quad (4.22)$$

e_1 va e_2 - tegishli ravishda poydevor osti sathidagi barcha yuklar teng ta'sir etuvchi kuchining qo'yilish eksentrisitetlari bo'lib, bu yerda b belgisi bilan poydevorning qaysi tomoni yo'nalishida zamin turg'unligining yo'qolishi kutilayotgan bo'lsa, shu tomon ifodalangan. To'g'ri to'rtburchak va yumaloq poydevorlar uchun b' va l' kattaliklar. Yuk markazdan qo'yilgan holda $b' = b$; $l' = l$.

N_r, N_q, N_c koeffitsiyentlari φ va δ ning hisobiy qiymatiga qarab 4.2-jadvaldan olinadi; bunda $\lg \delta < \sin \varphi$ shart bajarilishi lozim.

ξ_r, ξ_q, ξ_c koeffitsiyentlari poydevor tomonlarining nisbati $\eta = l/b$ ga tuzatish kiritadi. $\eta = 1$ bo'lsa, $\eta = 1$ deb olinadi; $\eta > 5$ bo'lsa, poydevor zo'rliqlar tekislik bo'ylab tarqalishiga oid masala sharoitida ishlovchi deb qaraladi, bu holda $\xi_r = \xi_q = \xi_c = 1$. Bu kattaliklar oralig'ida tuzatish koeffitsiyentlari quyidagi formulalar bo'yicha hisoblab topiladi:

$$\xi_r = 1 - 0,25/\eta; \quad \xi_q = 1 + 1,5/\eta; \quad \xi_c = 1 + 0,3/\eta. \quad (4.23)$$

Shuni yodda tutish lozimki, sizot suvlar sathi yuqoriroqda joylashgan holda (4.21) formulada grunt solishtirma og'irligi qiymatlari suvning tortuvchi ta'sirini hisobga olgan holda olinishi darkor.

Zichlashmagan changisimon – loyli gruntlardan tarkib topgan zaminlarning chegaraviy qarshiligi $l \leq 3b$ bo'lgan holda to'g'ri to'rtburchak poydevorlar uchun (4.20) formula bo'yicha aniqlash mumkin bo'lib, bunda $\varphi = 0$ va $\xi_c = 1 + 0,11/\eta$ deb faraz qilinadi. $\varphi = 0$ deb faraz qilinishi g'ovakdagi bosimning eng katta qiymati va sust zichlanayotgan suvga to'yingan gruntlar taxmin qilinishi bilan bog'liq bo'lib, mustahkamlik zaxirasi hisobiga o'tadi.

4.2-jadval

N_r, N_q, N_c koeffitsiyentlarning qiymatlari

Gruntning ichki ishqalanish burchagi φ , grad.	Koeffitsiyentlar	Teng ta'sir etuvchi tashqi yuk δ ning vertikal chiziqqa nisbatan og'ish burchaklari gradus hisobida quyidagicha bo'lgan holda N_r, N_q, N_c koeffitsiyentlari							
		0	5	10	15	20	25	30	35
15	N_r N_q N_c	1,35 3,94 10,98	1,02 3,45 9,13	0,61 2,84 6,88	$\left\{ \begin{matrix} 0,21 \\ 2,06 \\ 3,94 \end{matrix} \right\}$	$\delta = 14,5$			
20	N_r N_q N_c	2,88 6,40 14,84	2,18 5,56 12,53	1,47 4,64 10,02	0,82 3,64 7,26	$\left\{ \begin{matrix} 0,36 \\ 2,69 \\ 4,65 \end{matrix} \right\}$	$\delta = 18,9$		

25	N_r	5,87	4,50	3,18	2,00	1,05	$\begin{Bmatrix} 0,58 \\ 3,60 \\ 5,58 \end{Bmatrix}$	$\delta = 22,9$	
	N_q	10,66	9,17	7,65	6,13	4,58			
	N_c	20,72	17,53	14,26	10,99	7,68			
	N_c								
30	N_r	12,39	9,43	6,72	4,44	2,63	$\begin{Bmatrix} 0,95 \\ 4,95 \\ 6,85 \end{Bmatrix}$	$\delta = 26,5$	
	N_q	18,40	15,63	12,94	10,37	7,96			
	N_c	30,14	25,34	20,68	16,23	12,05			
	N_c								
35	N_r	27,50	20,58	14,63	9,79	6,08	$\begin{Bmatrix} 1,60 \\ 7,04 \\ 8,63 \end{Bmatrix}$	$\delta = 29,8$	
	N_q	33,30	27,86	22,77	18,12	13,94			
	N_c	46,12	38,36	31,09	24,45	18,48			
	N_c								

Eslatma. Katta qavslar ichida yuk ko'tarish qobiliyati koeffitsiyentlarining ular yonida ko'rsatilgan δ ning $\operatorname{tg} \delta < \sin \varphi$ shartidan olingan qiymatlariga teng bo'lgan qiymatlari keltirilgan.

Umumiy holda turg'unlashgan holatdagi qoyatosh gruntlardan tarkib topgan zaminning chegaraviy qarshilik kuchining vertikal qismi N_u quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

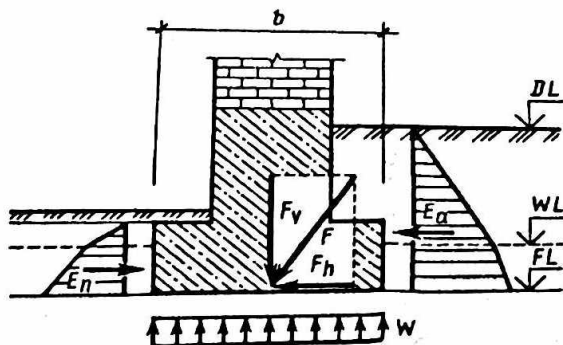
$$N_u = R_c b' l', \quad (4.24)$$

bu yerda: R_c – grunt namunasining bir o'q bo'ylab qisishga nisbatan 4.4 da keltirilgan hisobiy mustahkamligi. Qolgan belgilar yuqorida ko'rsatilgan.

Poydevorni tekislik bo'ylab siljishga hisoblash. Bu holda (4.24) ifoda quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

$$\sum F_{u\alpha} \leq \gamma_c \sum F_{r\alpha} / \gamma_n, \quad (4.25)$$

bu yerda: $\sum F_{u\alpha}$ va $\sum F_{r\alpha}$ – tegishli ravishda hisobiy siljituvchi va to'xtatuvchi kuchlarning sirpanish tekisligiga nisbatan proyeksiyalari yig'indilari.



4.6-rasm. Poydevorni tekislik bo'ylab siljishga hisoblashga doir sxema.

Yuqorida bayon etilganlardan kelib chiqib va to'xtatuvchi kuchlarni aniqlash uchun (4.2) tenglamadan foydalanib, 4.6-rasmdagi hisobiy sxemaga tatbiqan bu kattaliklarni quyidagi formulalar bilan ifodalash mumkin:

$$\begin{aligned}\sum F_{so} &= F_h + E_o; \\ \sum F_{sr} &= (F_v - WA) \operatorname{tg} \varphi + AcE_n,\end{aligned}\quad (4.26)$$

bu yerda: F_h va F_v – poydevor osti sathida teng ta'sir etuvchi kuch F ning urinma va normal qismlari; W – sizot suvlar sathi yuqoriroqda joylashgan holda suvdan poydevor ostiga tushuvchi muallaqlash bosimi; A – poydevor ostining yuzi; E_n va E_n – gruntan poydevorga tushuvchi aktiv va passiv bosimning teng ta'sir etuvchilari.

Turg'unlik koeffitsiyenti haqida tushuncha. Aksariyat hollarda muhandislik hisoblashlarida *turg'unlik koeffitsiyenti* k_n tushunchasidan foydalanish qulaydir.

Turg'unlik koeffitsiyenti inshootga yoki zaminga tushuvchi chegaraviy ta'sirlar kattaligining ularning hisobiy, amal qiluvchi kattaliklariga nisbati sifatida aniqlanadi.

Bu holda $k_n=1$ bo'lsa, ko'rib chiqilayotgan obyekt chegaraviy muvozanat holatida bo'ladi, $k_n>1$ bo'lsa, u ma'lum turg'unlik zaxirasiga ega bo'ladi. $k_n<1$ ifodasi obyektning mustahkamligi ta'minlanmaganini, ya'ni uning buzilishi muqararligini ko'rsatadi.

Masalan, (4.20) shartga tatbiqan turg'unlik koeffitsiyenti quyidagicha yoziladi:

$$k_n = F_n / F. \quad (4.27)$$

Turg'unlik koeffitsiyentining me'yoriy qiymati k_n^m tushunchasini ham kiritish mumkin bo'lib, u quyidagi ko'rinish kasb etadi:

$$k_n^m = \gamma_n / \gamma_c. \quad (4.28)$$

Bu holda (4.24) shart quyidagicha yoziladi:

$$k_n \geq k_n^m. \quad (4.29)$$

Shuni ta'kidlash lozimki, ayrim masalalarda turg'unlikning me'yoriy koeffitsiyenti (4.27) formuladagi koeffitsiyentlar nisbati bilan emas, balki loyiha talablari bilan belgilanishi mumkin. Bundan tashqari, turg'unlik koeffitsiyentini yozishning (4.26) shakli ham boshqacha ko'rinish kasb etishi mumkin. Biroq (4.27) shart saqlanib qoladi va muhandislik vazifalarini yechishni ancha soddalashtirish imkonini beradi.

Poydevorn chuqurlikdagi siljish sxemasi bo'yicha hisoblash. Yerto'la chuqurligi ancha katta bo'lgan holda devorlarga binoning tashqi tomonidan to'kilgan gruntlardan kuchli bosim tushadi. Turg'unlikning yo'qolishi ma'lum aylanish markazi atrofida poydevorning burilishi shaklida bo'lishi mumkin. Bu holda sirpanish yuzasi yumaloq – silindrsimon deb faraz qilinib, poydevorning turg'unligini hisoblash amalga oshiriladi.

Siljish tekislik bo'ylab yuz bergan holda bunday masalaning hisobiy sxemasi 4.8-rasmida ifodalangan. Kinematik shartlardan kelib chiqib aylanish markazi sifatida poydevorning yuqori qirqimi chetida yotgan O nuqta olinadi. Rasm tekisligida sirpanish sirtining izi poydevor ostining qarama – qarshi chetida yotgan nuqtadan chiqadigan va uning zamin bilan kesishuv nuqtasida tugaydigan r radiusli aylana qismiga mos keladi, deb olinadi. Sirpanish sirtidan yuqoriroqdagi poydevor va unga tutashuvchi grunt *o'pirilish qismi* deb ataladi. Bu holda turg'unlik koeffitsiyenti *o'pirilish* qismini tutib turuvchi kuchlar momenti M_{sr} ning bu qismni O nuqtaga nisbatan burishga harakat qilayotgan kuchlar momenti M_{sa} ga nisbati sifatida aniqlanadi:

$$k_u = M_{sr} / M_{sa}. \quad (4.30)$$

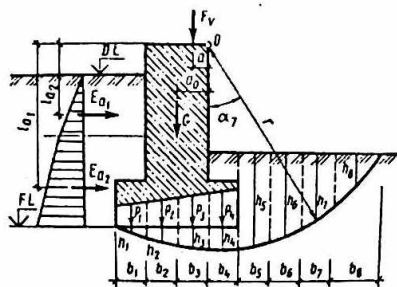
Shunga o'xshab, tutib turuvchi va ag'daruvchi kuchlarni aniqlasak, (4.30) formula quyidagi ko'rinish kasb etadi (4.8-rasm):

$$k_u = \frac{r[\sum b_i(p_i + \gamma_i h_i) \lg \varphi_i \cos \alpha_i + \sum b_i c_i / \cos \alpha_i]}{\sum E_q I_q + F_a a + G a_0 + r \sum b_i h_i \sin \alpha_i}, \quad (4.31)$$

bu yerda: b_i va h_i – i -elementning kengligi va balandligi; γ_i – i -elementdagi gruntlarning o'rtacha solishtirma og'irligi; φ_i va c_i – i -element ostida gruntning ichki ishqalanish va tortishish burchagi; p_i – poydevordan i -elementga tushuvchi

o'rtacha bosim; α_i – i -element ostiga nisbatan vertikal va normal chiziqlar o'rtasidagi burchak; E_{aj} va I_{aj} – faol bosimning teng ta'sir etuvchi kuchi va kuchlar yelkasi; F_v va A – poydevorga tushuvchi kuchning teng ta'sir etuvchisi va yelkasi; G va a_0 – poydevor og'irligi va tegishli yelka; r – sirpanish yuzasining radiusi.

Ag'darilishga hisoblash. Bu hisoblash ancha baland bo'lgan va gorizontal kuchlar bilan yuklangan tirgaksiz qurilmalar uchun bajariladi. Bunday qurilmalar qatoriga tirgovuch devorlar, baland mo'rilar, elektr uzatish tarmoqlarining



tirgaklarini kiritish mumkin.

Ag'darilishga chidamlilik shartli olinuvchi burilish markaziga nisbatan tutib turuvchi va ag'daruvchi kuch momentlarining nisbatiga ko'ra baholanadi:

$$k_{st} = M_{mym} / M_{a.v}. \quad (4.32)$$

Bu nisbat belgilanuvchi me'yoriy qiymat k_{st}^* dan kam bo'lmasligi lozim.

4.7-rasm. Poydevorning turg'unligini yumaloq-silindrsimon sirpanish yuzasi usuli bilan hisoblashga doir sxema.

Shuni ta'kidlash lozimki, poydevorlarni siljish va ag'darilishga hisoblashlarni bajarishda hisoblash sxemalarini tanlash har safar poydevor zaminidagi muayyan grunt sharoitlari bilan muvofiq tarzda amalga oshirilishi kerak. Masalan, poydevor qoyatosh gruntlarga o'rnatilgan bo'lsa, chuqurlik bo'ylab siljishga hisoblash odatda amalga oshirilmasa ham bo'ladi. Zaminda poydevor osti yaqinida to'shama qatlam yoki bo'sh grunt qatlami joylashgan bo'lsa, bo'sh gruntning siljishga chidamliligi tekshirib ko'rilishi lozim.

V BOB. GRUNTLAR DEFORMATSIYALARI VA INSHOOTLAR ZAMINLARINING CHO'KISHLARINI HISOBLASH

5.1. Masalaning ahamiyati. Asosiy qoidalar

Inshoot qurilishi natijasida, hatto gruntning mustahkamligi ta'minlangan bo'lsa ham, zaminda deformatsiyalar yuzaga keladi. Odatda, ular notekis xususiyat kasb etadi va inshoot qurilmalarida kuchlar qayta taqsimlanishiga sabab bo'ladi. Muayyan sharoitlarda bu inshootdan normal foydalanishni qiyinlashtirishi, ayrim hollarda esa hatto uning shikastlanishiga olib kelishi mumkin.

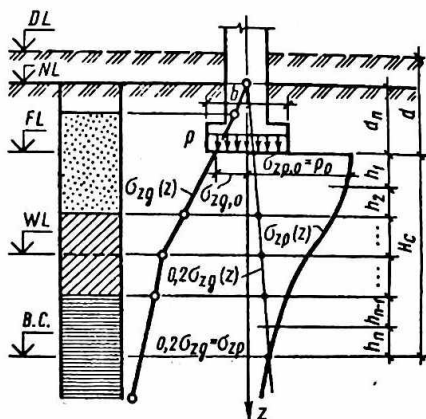
Mutlaq ko'chishlar deganda ayrim poydevor zaminining cho'kishi s va poydevor (yoki inshoot)ning gorizontal yo'nalishda ko'chishi u tushuniladi. QMQga muvofiq nisbiy ko'chishlar qatoriga inshootlar zaminining o'rtacha cho'kishlari, ikki poydevor cho'kishlarining nisbiy farqi, poydevorning og'ishi va shu kabilar kiradi. Nisbiy deformatsiyalar mutlaq ko'chishlarning turli poydevorlar yoki kesimlar uchun belgilangan qiymatlari yordamida topilishi mumkin. Shu sababli ushbu bobda ko'rib chiqilayotgan asosiy metodlar ayrim poydevorlar zaminlarining mutlaq ko'chishlari kattaliklarini aniqlashga bag'ishlangan. Poydevorlarning zaminlarini deformatsiyalar bo'yicha hisoblash hozirgi vaqtda quyidagi shartdan kelib chiqib amalga oshiriladi:

$$s \leq s_n, \quad (5.1)$$

bu yerda: s – zamin va poydevor (inshoot)ning hisoblash yo'li bilan aniqlangan qo'shma deformatsiyasi (cho'kishi, gorizontal yo'nalishda ko'chishi va sh.k.); s_n – bu kattalikning tegishli me'yoriy hujjatlar yoki loyiha talablari bilan belgilanuvchi chegaraviy qiymati.

Inshootlarning poydevorlarini (5.1) shartga muvofiq loyihalash qoidalari keyingi boblarda keltiriladi. Bu yerda esa faqat mazkur tengsizlikning chap qismini aniqlash usullari ko'rib chiqiladi.

Grunt zamin sirtining cho'kishlari va ta'sir etuvchi yuklar o'rtasidagi bog'liqlik $s = f(p)$ chiziqsiz xususiyatga ega ekanligi yuqorida qayd etildi.



5.1-rasm. Cho'kislarni qatlamlab jamlash usuli usuli bilan aniqlash uchun litologik kolonka va hisobiy sxema:

DL – rejalash belgisi; NL – tabiiy relyef sirtining belgisi; FL – poydevor ostini-ng belgisi; WL – sizot suvlar sathi; B.C. – siqiluvchi qatlamning quyi chegarasi.

Yuklarning zaminda *gruntning zichlanish fazasiga* mos keluvchi ma'lum oralig'ida bu bog'liqlik chiziqli bog'liqlikka yaqinligi va cho'kislarning vaqt bo'yicha rivojlanishi doim so'navchi xususiyatga ega bo'lishi aniqlandi. Poydevor ostidagi o'rtacha bosim p ning zichlanish fazasi chegarasiga mos keluvchi eng katta qiymati sifatida hozirgi vaqtda zamin gruntlarining hisobiy qarshiligi R qabul qilinadi. Bu $p \leq R$ bo'lgan holda zamindagi zo'riqishlar va deformatsiyalarni hisoblash uchun *gruntlarning chiziqli deformatsiyalanish nazariyasi* matematik apparatidan foydalanish mumkinligini asoslaydi. Bunda inshootni qurish jarayoni zamin gruntlarining umumiy (tiklanuvchi va elastik qismlarga ajralmaydigan) *deformatsiyalanishiga* sabab bo'luvchi gruntlarning bir martalik yuklanishi sifatida qaraladi.

5.2. Poydevorlar zaminlarining deformatsiyalarini hisoblash usullari

Cho'kishlarni qatlamlab jamlash usuli bilan hisoblash. Bu metod (gruntning yonga kengayish imkoniyatisiz) KMK 2.02.01–98 da taklif qilingan bo'lib, bino va inshootlarning poydevorlarini hisoblashda asosiy usul hisoblanadi. Quyida 5.1-rasmdagi hisobiy sxemaga tatbiqan hisoblash amallarining ketma – ketligi va yordamchi tuzishlar tartibi ko'rib chiqiladi.

Avval poydevorni zaminning muhandislik – geologik sharoitiga bog'lash, ya'ni uning o'qini gruntlarning litologik kolonkasi bilan tutashtirish amalga oshiriladi. Inshootdan tushuvchi yuklar ma'lum bo'lgan holda poydevor ostidan zaminga tushuvchi o'rtacha bosim p aniqlanadi. So'ngra tabiiy relyef sirtidan boshlab, poydevor o'qi bo'ylab tabiiy bosim epyurasi tuziladi. Poydevor osti sathidagi tabiiy bosim $\sigma_{z,0}$ ni bilgan holda, poydevor osti tekisligidagi qo'shimcha vertikal zo'riqish aniqlanadi: $p_0 = \sigma_{zp,0} = p - \sigma_{z,0}$. poydevor o'qi bo'ylab qo'shimcha zo'riqishlar epyurasi tuziladi.

Tabiiy bosim va qo'shimcha zo'riqish epyuralarini tuzib, siqiluvchi qatlamning quyi chegarasi topiladi. Mazkur amalni grafik tuzish yo'li bilan bajarish qulay bo'lib, buning uchun (siqiluvchi qatlamni chegaralash shartiga qarab) 5 yoki 10 baravar kamaytirilgan tabiiy bosim epyurasi qo'shimcha zo'riqishlar epyurasi bilan tutashtiriladi. Bu epyuralarni ajratuvchi chiziqlar tutashgan nuqta siqiluvchi qatlam quyi chegarasining o'mini belgilaydi.

Zaminning siqiluvchi qatlami elementar qatamlarga shunday ajratiladiki, har bir qatlam chegarasida grunt bir jinsli bo'lsin. Odatda har bir elementar qatlam qalinligi h_i ko'pi bilan 0,4b deb olinadi. Har bir elementar qatlam o'rtasidagi qo'shimcha zo'riqish $\sigma_{zp,i}$ ni bilgan holda aniqlanadi. Me'yorlar o'lchamsiz koeffitsiyent β qiymatlarini 0,8 ga teng deb olishga yo'l qo'yadi.

Deformatsiya moduli E yoki nisbiy siqiluvchanlik koeffitsiyenti m_v gruntning har bir elementar qatlami o'rtasidagi tabiiy bosim va qo'shimcha zo'riqishga qarab kompressiya egri chizig'iga muvofiq 5.4-rasm (v)da keltirilgan tarzda aniqlanadi.

Poydevorning umumiy cho'kishi siqiluvchi qatlam chegarasida har bir elementar qatlamning siqilish kattaliklari yig'indisi sifatida

$$s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_i} \text{ yoki } s = \sum_{i=1}^n \sigma_{zp,i} h_i m_u \quad (5.2)$$

formular bo'yicha aniqlanadi, bu yerda n – siqiluvchi qatlam chegarasidagi qatlamlar soni; h_i – i - grunt qatlamining qalinligi; E_i – i - grunt qatlamining deformatsiya moduli; m_u – i - grunt qatlamining nisbiy siqiluvchanlik koeffitsiyenti; $\beta=0,8$.

(5.2) formulalarda gruntlarning deformatsiyanuvchanlik ko'rsatkichlarini o'zgarmas deb olsak, zaminning cho'kishi qo'shimcha zo'riqlashlar epyurasining yuzasiga to'g'ri proporsional bo'lishiga osongina ishonch hosil qilishimiz mumkin. Poydevorlar tuzilishining ehtimol tutilgan variantlarini sifat jihatidan tahlil qilishda bu muhim xulosani doim nazarda tutish lozim.

Cho'kishlarni monoid (ekivalent) qatlam usuli bilan hisoblash. N.A.Sytovich taklif qilgan monand (ekivalent) qatlam usuli serqatlam zaminlar uchun pirovard cho'kishlarni va ularning vaqtda rivojlanishini hisoblash texnikasini ancha soddalashtirish imkonini beradi. Bu usul zo'riqlashlarning maydon bo'ylab tarqalishiga oid murakkab masalani bir o'lchovli monand masalaga keltiradi. Nazariy asoslarga ko'ra u aniq tahliliy yechimlar va qatlamlab jamlash usuli o'rtasida oraliq o'rinni egallaydi. Avval usulining asosiy qoidalarini bir jinsli asosga tatbiqan ko'rib chiqamiz.

Qalinligi h_u bo'lgan gruntning shunday bir qatlamini monand deb nomlaymizki, p_0 yuzaga yaxlit yuk tushgan holda uning cho'kishi gruntli yarim maydonning faollik darajasi shunday bo'lgan mahalliy yuk ta'sirida cho'kishiga teng bo'ladi.

Qalinligi h_u bo'lgan gruntning yaxlit yuk ta'sirida cho'kishini uning yonga kengayish imkoniyatisiz bir o'lchovli siqilishi shartidan aniqlash mumkin. Shunda, bu qatlam chegarasidagi har qanday qatlamning siqilish deformatsiyasini (5.3) ifodaga muvofiq qabul qilib, butun qatlamning cho'kishini topamiz:

$$s = \frac{p_0 h_w}{E} \left(1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu} \right) \quad (5.3)$$

yoki, gruntlarning nisbiy siqiluvchanlik koeffitsiyentidan foydalanib, quyidagi ifodani olamiz:

$$s = p_0 h_w m_w. \quad (5.4)$$

Boshqa tomondan, gruntli yarim fazo sirtining mahalliy yuk ta'sirida cho'kishi quyidagi ifodadan topiladi:

$$s = \alpha p_0 b (1 - \nu^2) / E. \quad (5.5)$$

(5.4) va (5.6) ifodalarni tenglashtirib,

$$h_w = [(1 - \nu^2) / (1 - 2\nu)] \alpha b, \quad (5.6)$$

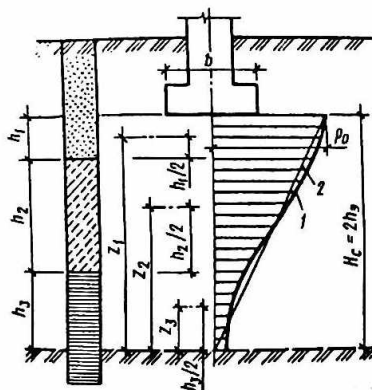
yoki, $(1 - \nu^2) / (1 - 2\nu) = A$ deb belgilab, uzil – kesil

$$h_w = A \alpha b \text{ ni olamiz.} \quad (5.7)$$

Bundan xulosa shuki, grunt monand qatlamining qalinligi Puasson koeffitsiyenti ν , poydevor yuzasining shakl va bikirlik koeffitsiyenti ω va uning kengligi b ga bog'liq bo'ladi. A_ω uyg'unlikni *monand qatlam koeffitsiyenti* deb nomlaymiz. Har xil gruntlar uchun monand qatlam koeffitsiyentining qiymatlari Puasson koeffitsiyentiga va yuklangan maydon tomonlarining nisbati $n = 1/b$ ga qarab 5.2-jadvalda keltirilgan. Bu yerda, 5.2-jadvalda qabul qilinganidek, $A_{\omega 0}$ va $A_{\omega m}$ – monand qatlamning tegishli ravishda egiluvchan poydevorlarning eng katta va o'rtacha cho'kishlari uchun koeffitsiyentlari, $A_{\omega \text{const}}$ – monand qatlamning mutlaqo bikir poydevor cho'kishi uchun koeffitsiyenti. Mutlaqo egiluvchan yuk to'g'ri to'rtburchak maydonining markazi va uning burchak nuqtasi uchun monand qatlam koeffitsiyentlari o'rtasida $A_{\omega c} = 1/2 A_{\omega 0}$ nisbat mavjud.

Zamin bir jinsli gruntlardan tarkib topgan holda, gruntlarning deformatsion ko'rsatkichlari E va ν ma'lum bo'lsa, muayyan sharoitlar uchun monand qatlam qiymatini aniqlash va uni cho'kishning zarur kattaligini topish lozim.

Gruntning qatlamlanishi mavjud bo'lgan holda monand qatlam chegarasidagi gruntlar deformatsiyanuvchanligining o'rtacha hisoblangan ko'rsatkichlarini aniqlash zarurati yuzaga keladi. Buning uchun quyidagi usuldan foydalaniladi (5.2-rasm). Poydevor o'qi bo'ylab qo'shimcha zo'riqishlarning egri chiziqli epyurasi 1 cho'qqisi poydevor osti sathidan $2h_m$ chuqurlikda joylashgan maydon bo'yicha



5.2-rasm. Zamin gruntning qatlamlanishi uchun cho'kishlarni monand qatlam usuli bilan aniqlashga doir hisobiy sxema.

monand uchburchak epyura 2 bilan almashtiriladi. Bu holda har bir qatlam o'rtasidagi zo'riqish σ_z qiymati $\sigma_z = p_0 z_i / (2h_m)$ sifatida aniqlanadi, bu yerda z_i – qatlam o'rtasidan $2h_m$ chuqurlikkacha bo'lgan masofa.

siqilgan qatlam qalinligi $H_c = 2h_m$ deb olib, zamin cho'kishini, bir tomondan, nisbiy siqiluvchanlik koeffitsiyentining o'rtacha hisoblangan qiymati $\bar{m}_v$ da zamin soxta bir jinsli tuzilishga ega deb faraz qilgan holda

boshqa tomondan – serqatlam zamin uchun qatlamlab jamlash usuli bilan topish mumkin. Bu cho'kishlarni tenglashtirib, 5.2-rasmda ko'rsatilgan sxema uchun quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$p_0 h_m \bar{m}_v = \frac{\sigma_{z1} z_1}{2h_m} h_1 m_{v1} + \frac{\sigma_{z2} z_2}{2h_m} h_2 m_{v2} + \dots \quad (5.8)$$

Bundan qatlamlangan zamin gruntning o'rtacha hisoblangan nisbiy siqiluvchanlik koeffitsiyenti qiymatini uzil – kesil olamiz:

$$\bar{m}_v = \sum_{i=1}^n h_i m_{vi} z_i / (2h_m^2), \quad (5.9)$$

bu yerda: – har bir qatlam gruntining yuqorida ko'rsatilgan tarzda aniqlangan nisbiy siqiluvchanlik koeffitsiyenti.

Shunda serqatlam zamin cho'kishi:

$$s = p_0 h_m \bar{m}_u. \quad (5.10)$$

Monand qatlam quvvatini zamin serqatlam bo'lgan holda Puasson koeffitsiyentining o'rtacha hisoblangan qiymatini ham topish lozim. Buning uchun KMK 2.02.01-98 da tavsiya etilgan formuladan foydalanish mumkin:

$$\bar{v} = \sum_{i=1}^n v_i h_i / H_c, \quad (5.11)$$

bu yerda: v_i – har bir qatlam uchun gruntning Puasson koeffitsiyenti; H_c – zamin siqiluvchi qatlamining quvvati.

Cho'kislarni aniqlashning boshqa taxminiy metodlari. Muhandislik amaliyotida poydevorlarning cho'kishlarini aniqlashning boshqa taxminiy metodlari (chiziqli deformatsiyalanuvchi qatlam usuli, cheklangan siqiluvchi qatlam usuli va sh.k.) dan ham foydalaniladi. Bu metodlar haqida ma'lumotlar B.I.Dalmatov darsligida keltirilgan. Biroq qatlamlab jamlash usuli va monand qatlam usuli ayniqsa keng tarqalgan. So'nggi zikr etilgan metod qurilish bo'sh gruntlarda amalga oshirilgan holda naturadagi kuzatishlarning natijalari bilan yaxshi mos kelishni namoyish etadi.

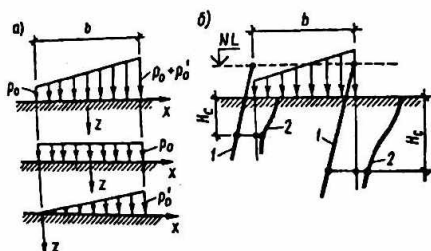
Poydevorlarning notekis cho'kishi va og'ishini aniqlash. 5.2-rasmda ifodalangan hisobiy sxemalarga qaytamiz. Yuqorida ko'rib chiqilgan metodlar yuklash konturi chegarasida yuk notekis taqsimlangan holatga (5.2-rasm, g) tegishli bo'lib, egiluvchan yuk bilan yuklangan zamin sirtining har qanday nuqtasidagi cho'kishni yoki mutlaqo bikir poydevorning o'rtacha cho'kishini aniqlash imkonini beradi. Poydevor markazdan qochma yuklangan holda, zo'riqishlar tekislik bo'ylab tarqalishiga oid masala uchun zamin sirtidagi qo'shimcha bosim epyuralari trapetsiya yoki uchburchak ko'rinishiga ega bo'ladi (5.2-rasm, v, d). Egiluvchan

yukdan zaminning notekis cho'kishini aniqlash uchun bu holda quyidagi usuldan foydalanish mumkin.

Trapetsiyasimon yuk tekis taqsimlangan va uchburchak yuklar yig'indisi

sifatida ifodalanadi (5.6-rasm, a).

Belgilangan vertikal kesimlarda (masalan, qo'yilgan yuk chetlarida va markazda) yuqorida bayon etilgan qoidalarga muvofiq faollik darajasi p_0 bo'lgan tekis taqsimlangan yukdan qo'shimcha zo'riqishlarning epyuralari tuziladi. Ayni shu kesimlarda faollik darajasi p_0 bo'lgan uchburchak yuk ta'sirida yuzaga keluvchi qo'shimcha



5.3-rasm. Notekis cho'kishlarni aniqlash uchun hisobiy sxemalar.

zo'riqishlarning epyuralari tuzilib, ularning tegishli ordinalari quyidagi formula bo'yicha aniqlanishi mumkin:

$$\sigma_z = \alpha' p'_0, \quad (5.12)$$

bu yerda: α' - tanlangan kesimning nisbiy koordinatalari x/b ga va $n=z/b$ aniqlanuvchi nuqta chuqurliliga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent.

Poydevorning bikirlik darajasini hisobga olish 5.3-rasmdagi sxemalarni tahlil qilish chog'ida ko'rib chiqilgan usulda amalga oshiriladi. Tegishli ravishda poydevor notekis cho'kkan holda uning osti og'ish burchagining tangensi i og'ish qiymatini belgilaydi.

Bikir poydevorning og'ishini aniqlashda KMK 2.02.01-98 da tavsiya etilgan formuladan foydalanish qulayroqdir:

$$i = \frac{1-\nu^2}{E} k_s \frac{Ne}{(a/2)^2}, \quad (5.13)$$

bu yerda: E va ν – tegishli ravishda zamin gruntining deformatsiya moduli va Puasson koeffitsiyenti; k_e – 5.3-jadvaldan olinuvchi koeffitsiyent; N – poydevor osti sathida unga tushuvchi barcha yuklar teng ta'sir etuvchi kuchining vertikal qismi; e – teng ta'sir etuvchi kuch qo'yilishining eksentrisiteti; a – moment ta'sir ko'rsatayotgan yumaloq poydevor diametri yoki to'g'ri to'rtburchak poydevor tomoni.

Shuni ta'kidlash lozimki, poydevor kengligi $b < 10$ m bo'lsa $N = p_0 A$ deb, $b > 10$ m bo'lsa, $N = p A$ deb olinadi, bu yerda p_0 va p – tegishli ravishda zaminga tushuvchi qo'shimcha va to'liq bosim, A – poydevor ostining yuzi.

Zamin grunti turli jinsli bo'lgan holda gruntlar deformatsion ko'rsatkichlari $\bar{\nu}$ va $\bar{E}$ ning o'rtacha hisoblangan qiymatlari olinadi. $\bar{\nu}$ kattalik $\bar{E}$ kattalik esa, $\bar{m}_v$ qiymati ma'lum bo'lgan holda, quyidagi ifodadan aniqlanishi mumkin:

$$\bar{E} = [1 - 2\bar{\nu}^2 / (1 - \bar{\nu})] / \bar{m}_v. \quad (5.14)$$

5.3. Poydevorlar zaminlarining vaqt bo'yicha cho'kishini hisoblashning amaliy metodlari

Asosiy qoidalar. Poydevor zaminida suvga to'yingan loyli gruntlar joylashgan bo'lsa, cho'kish ancha uzoq vaqt mobaynida rivojlanishi mumkin. Jahonning ko'pgina shaharlari (Mexiko, Tokio, Bangkok va b.)da zamin gruntlaridagi gidrogeologik vaziyat o'zgarishi natijasida hudud cho'kishlari o'n yilliklar mobaynida so'nmagani va bir necha o'n santimetrdan bir necha metrgacha bo'lgan kattaliklarga yetgani ma'lum. Masalan, mashhur Piza minorasining og'ishi gruntlarning siljuvchanligi tufayli bir necha yuz yilliklar mobaynida rivojlangan.

Aksariyat hollarda cho'kishlarning vaqt bo'yicha rivojlanish jarayoni loyli gruntlarda suvning filtratsiya tezligi juda kichkinaligi (filtratsiya koeffitsiyenti taxminan $10^{-7} \dots 10^{-10}$ sm/s) va buning natijasida suvga to'yingan gruntlar sust

zichlanishi bilan bog'liq. Biroq o'ta elastik va qattiq konsistensiyali loyli gruntlarda loyli zarralar miqdori ko'p bo'lgan holda o'ta sust kechuvchi gruntlarning siljuvchanlik jarayonlari ham qo'shilishi mumkin.

Ma'lumki, suvga to'yingan gruntlar qatoriga namlik darajasi $S_r > 0,8$ bo'lgan gruntlar kiradi. Binobarin, $0,8 < S_r < 1$ bo'lsa, g'ovakdagi suvda ma'lum miqdorda havo pufakchalari mavjud bo'ladi va bu loyli grunt massivlari zo'riqtirilgan – deformatsiyalangan holatining shakllanish va vaqtda o'zgarish jarayonini ancha qiyinlashtiradi. Gruntlar deformatsiyalarining vaqt bo'yicha rivojlanishini prognoz qilishning hozirgi metodlari 1924 - yilda K.Tersagi ishlab chiqqan, o'ttizinchi va keyingi yillarda N.M.Gersevanov, N.N.Maslov, V.A.Florin, N.A.Sitovich, M.Bio, L.Rendulik va boshqa olimlarning asarlarida rivojlantirilgan filtratsion zichlashuv nazariyasiga asoslanadi. So'nggi o'n yilliklarda filtratsion zichlashuv va gruntlarning siljuvchanligi hozirgi nazariyasini tuzish uchun A.L.Goldin, L.V.Gorelik, YU.K.Zaretskiy, P.L.Ivanov, M.V.Malishev, Z.G.Ter-Martirosyan va boshqa olimlarning asarlari muhim ahamiyat kasb etdi.

$$U_i(t) = 1 - \frac{8}{\pi^2} \exp(-N), \quad (5.15)$$

bu yerda: $N = \pi^2 c_v t / (4h^2)$.

Hisoblashda qulaylik yaratish maqsadida 5.5-jadvalda zichlashuv $U_o(t)$ ning turli darajalariga mos keluvchi N qiymatlari keltirilgan. Bu grunt qatlami zichlashuvining berilgan darajasiga mos keluvchi vaqtni osongina aniqlash imkonini beradi:

$$t = N 4h^2 / (\pi^2 c_v). \quad (5.16)$$

(5.16) formula tahlili shuni ko'rsatadiki, qatlam qalinligi h_1 va h_2 qiymatlari har xil bo'lgan holda ayni bir grunt uchun zichlashuvning bir xil darajasiga turli vaqt oralig'i t_1 va t_2 da erishiladi, bunda

$$t_1 / t_2 = (h_1 / h_2)^2. \quad (5.17)$$

Gruntning cho‘kishlarini vaqt funksiyalari sifatida hisoblash uchun N qiymatlari

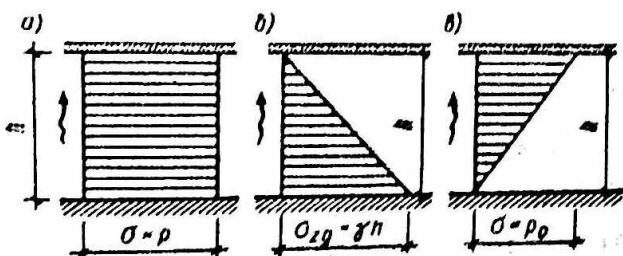
$U = \frac{s_i}{s_{\infty}}$	Quyidagi hollar uchun N kattaliklari			$U = \frac{s_i}{s_{\infty}}$	Quyidagi hollar uchun N kattaliklari		
	0	1	2		0	1	2
0,05	0,005	0,06	0,002	0,55	0,59	0,84	0,32
0,10	0,02	0,12	0,005	0,60	0,71	0,95	0,42
0,15	0,04	0,18	0,01	0,65	0,84	1,10	0,54
0,20	0,08	0,25	0,02	0,70	1,00	1,24	0,69
0,25	0,12	0,31	0,04	0,75	1,18	1,42	0,88
0,30	0,17	0,39	0,06	0,80	1,40	1,64	1,08
0,35	0,24	0,47	0,09	0,85	1,69	1,93	1,36
0,40	0,31	0,55	0,13	0,90	2,09	2,35	1,77
0,45	0,39	0,63	0,18	0,95	2,80	3,17	2,54
0,50	0,49	0,73	0,24	1,00	∞	∞	∞

Asosiy hisobiy holatlar. Vaqtda cho‘kishlarni hisoblashda quyidagi hisobiy holatlar eng katta amaliy diqqatga sazovor bo‘lib, ular uchun cho‘kishlar to‘la turg‘unlashgan sharoitda zichlovchi kuchlanishlarning epyuralari 5.4-rasmda keltirilgan.

0 holat yuqorida ko‘rib chiqilgan grunt qatlamining yaxlit yuk ta’sirida bir o‘lchovli zichlanish masalasiga mos tushadi.

1- holatda siquvchi zo‘riqishlar chuqurlikning ortishiga qarab uchburchak qonuniga muvofiq kuchayib boradi. Bu holat suvga to‘yingan gruntning yangi to‘kilgan (masalan, yuvilgan) qatlami o‘z og‘irligi ta’sirida zichlanishiga mos keladi.

2- holatda tashqi bosim siquvchi zo‘riqishlar chuqurlikning ortishiga qarab uchburchak qonuniga muvofiq pasayadi. Bu holat N.A.Sitovichning monand qatlam usulida qabul qilingan poydevor o‘qi bo‘ylab qo‘shimcha zo‘riqishlar epyurasi turiga mos keladi.



5.4-rasm. Quyidagi holatlar uchun zichlovchi kuchlanishlarning epyuralari:
 $a - 0$; $b - 1$; $v - 2$.

5.5-jadvalda bu holatlarning har biriga o'z hisobiy sxemalari uchun shu yo'l bilan olingan N ko'rsatkichining zichlashuv darajasi U qiymatlari har xil bo'lgan sharoitdagi qiymatlari keltirilgan. Endi oldingi paragrafda keltirilgan metodlarning birortasi bilan yuqorida s_{∞} deb belgilangan pirovard turg'unlashgan cho'kishni aniqlasak, ko'rsatilgan holatlarning har biri uchun bu cho'kishning istalgan vaqt t dagi ulushini hisoblab topishimiz mumkin. Buning uchun zichlashuv darajasi U ni berib, pirovard cho'kishning unga mos tushuvchi ulushini aniqlash lozim:

$$s(t) = U s_{\infty}. \quad (5.18)$$

So'ngra N qiymati bu zichlashuv darajasiga mos bo'lgan holda cho'kish $s(t)$ kattalikka yetuvchi vaqtni topish kerak.

Shu tariqa U ning turli qiymatlari uchun hisoblashlarni amalga oshirib, 5.4-rasm (b)da ifodalanganga o'xshash vaqtda cho'kishlarning egri chiziqlarini tuzish mumkin. Shuni ta'kidlash lozimki, $U = 1$ bo'lsa, yechim ma'noga ega bo'lmaydi (ya'ni $N = \infty$), shu sababli cho'kishlarni hisoblash amaldagiga mos tushuvchi zichlashuv darajasining oxirgi bosqichi $U = 0,95$ hisoblanadi.

Bundan tashqari, shuni eslatib o'tish lozimki, yuqorida keltirilgan yechimlar suv filtratsiyasi bir tomonlama yuz bergan holda bir jinsli zamin uchun o'rindidir.

ADABIYOTLAR

1. Geotechnical Engineering Donald P.Coduto, Man-chu Ronald Yeung, Williyam A.Kitch США, Калифорния, 2011.
2. Веселов В.А. «Проектирование основания и фундаментов» (основы теории и примеры расчета). Учебное пособие для вузов–3-е изд., перераб. и доп. –М.: Стройиздат, 1990. –304 стр.
3. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. Л.: Стройиздат, 1988. –415с.
4. Догадайло А.И., Догадайло В.А. Механика грунтов, основания и фундаменты. –М.:ИД “Юриспруденция”, 2007. –114с.
5. Малышев М.В. Болдырев Г.Г. Механика грунтов, основания и фундаменты (в вопросах и ответах). Учебное пособие, –М.: издательство ассоциация строительных вузов, 2004, 328 с.
6. Rasulov.H.Z. “Gruntlar mexanikasi, zamin va poydevorlar” darslik, Toshkent, “Tafakkur” nashriyoti, 2010. 232 bet.
7. Rasulov H.Z, «Gruntlar mexanikasi, zamin va poydevorlar» – Oliy o‘quv yurtlarining qurilish ixtisosligi talabalari uchun darslik. Toshkent «O‘qituvchi», 1993. – 240 bet.
8. Sayfiddinov S.S. Zamin va poydevorlar. O‘quv qo‘llanma. TAQI, Toshkent, 2003. –105 bet.
9. Силкин А.М., Фролов Н.Н. Основания и фундаменты. –М.:ВО «Агропромиздат», 1987. –285 с.: ил.
10. Ухов С.Б. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты. –М.: изд–во АСВ, 2004. – 566 с.
11. Швецов Г.И. Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты– М.: Высш. шк. 1997. –296 с.

12. Ўз.РСТ 25100 – 95 Грунтлар.Таснифнома. Ўз. Рес.
Давархитектқурилиш қўмитаси ,Тошкент ,1995. – 86 бет.
13. ҚМҚ 2.02.01 –98 Бино ва иншоотлар заминлари.
Ўзб.Рес.дав.архитектура қурилиш қўмитаси, Тошкент, 1999. –144 бет.
14. ҚМҚ 2.02.03 –98 Қозикли пойдеворлар.
Ўзб.Рес.дав.архитектқурилиш қўмитаси, Тошкент, 1999. –134 бет.
15. ҚМҚ 3.02.01 – 94 Тупроқ иншоотлари, замин ва пойдеворлар.
Ўзб.Рес.дав.архитектқурилиш қўмитаси, Тошкент, 1998. – 234 бет.
16. Цытович Н.А. Механика грунтов :Краткий курс:Учебник. Изд.4-е. –
М.:Издательство ЛКИ, 2008. –272 с.

MUNDARIJA

	Muqaddima.....	3
I bob	Gruntlar haqida asosiy ma'lumotlar.....	5
	1.1 Gruntlarning muhandislik-geologik xususiyatlari.	5
	Gruntlarning tabiati.....	
	1.2 Gruntlarning struktura bog'lanishlari.....	6
	1.3 Lyoss, gil, muzlagan gruntlarning muhandislik – geologik xususiyatlari. Lyossimon gruntlar.....	7
	1.4 Gruntlarning tasniflanishi.....	14
	1.5 Gruntlar deformatsiyalanishining xususiyatlari	26
	1.6 Gruntlarning asosiy hisobiy modellari, hisobiy modellarga qo'yiladigan talablar.....	31
II bob	Mexanik xossalari.....	38
	2.1 Umumiy qoidalar.....	38
	2.2 Gruntlarning deformatsiyalanuvchanligi.....	43
	2.3 Gruntlarning suv o'tkazuvchanligi.....	57
	2.4 Gruntlarning mustahkamligi.....	63
	2.5 Gruntlarning deformatsiyalanuvchanlik va mustahkamlik ko'rsatkichlarini aniqlashning boshqa metodlari.....	71
III bob	Grunnt massivlaridagi zo'riqlashlarni aniqlash.....	75
	3.1 Asosiy qoidalar.....	75
	3.2 Poydevorlar ostidagi zo'riqlashlarni aniqlash.....	77
	3.3 Grunt massivi yuzasidagi to'plangan kuch ta'sirida bu massivda yuzaga kelgan zo'riqlashlarni aniqlash.....	81
	3.4 Gruntlar massivida ularning o'z og'irligi ta'sirida yuzaga keluvchi zo'riqlashlarni aniqlash.....	93
IV bob	Grunnt massivlarining mustahkamligi, turg'unligi va gruntlardan to'siqlarga tushadigan bosim.....	96
	4.1 Masalaning ahamiyati. Asosiy qoidalar.....	96

4.2 Zamin gruntlariga tushuvchi chegaraviy yuklar.....	97
4.3 Zaminlarning yuk ko'tarish qobiliyati va turg'unligini hisoblashning amaliy usullari.....	107
V bob. Gruntlar deformatsiyalari va inshootlar zaminlarining cho'kishlarini hisoblash.....	114
5.1 Masalaning ahamiyati. Asosiy qoidalar.....	114
5.2 Poydevorlarning zaminlari deformatsiyalarini hisoblash usullari.....	116
5.3 Poydevorlar zaminlarining vaqt bo'yicha cho'kishini hisoblashning amaliy metodlari.....	123
Adabiyotlar	127

Hidoyatov Z.D.

Gruntlar mexanikasi, zamin va poydevorlar

O'quv qo'llanma
(I-qism)

Bosishga ruxsat etildi. 20.12.2019 y.
Qog'oz bichimi 60x84 1/16. Times New Roman
garniturasida terildi.
Ofset uslubida oq qog'ozda chop etildi.
Nashriyot hisob tabog'i 8.25, Adadi 30. Buyurtma № 07
Bahosi kelishuv asosida

Nizomiy nomidagi Toshkent davlat pedagogika
universitetining bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Toshkent shahar Chilonzor tumani,
Bunyodkor ko'chasi 27 uy.

