Иргибаев Т. И., Алдигазиева А. Қ.

ТОПЫРАҚТЫҢ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

«Геотехника I» пәні бойынша
зертханалық жұмыстарды орындауға арналған
оқу құралы

(6B07302 «Құрылыс инженериясы»
мамандығы студенттеріне арналған)

Университеттің Оқу-әдістемелік кеңесі
оқу құралы ретінде ұсынған

Алматы 2022

ӘОЖ 624.131 (075.8)
ББК 26.3 я73
И 75

Пікір жазғандар:
Слямбаева А. К., техн. ғыл. канд., «Жалпы құрылыс факультеті» қауым. проф., ХБК;
Бихожаева Г. С., техн. ғыл. канд., «Құрылыс инженериясы» каф. асс. проф., Логистика және көлік академиясы АҚ;
Хойшиев А. Н., техн. ғыл. канд., ҚжҚМ каф., қауым. проф., Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ

Сәтбаев университеті Оқу-әдістемелік кеңесінің 2022 ж. жоспары бойынша басылды

И 75 Иргибаев Т. И., Алдигазиева А. Қ. Топырақтың физика-механикалық қасиеттері. «Геотехника I» пәні бойынша зертханалық жұмыстарды орындауға арналған оқу құралы. – Алматы: Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ. 129 б. Сурет 44. Кесте 25. Библиогр. – 19 атау.
ISBN 978-601-323-336-9

Бұл оқу құралында топырақтың жіктелуі, құрылымы, геотехникалық сипаттамалары, физика-механикалық қасиеттері, олардың физикалық және деформациялық-тұрақтылық қасиеттерінің нормативтік және есептік сипаттамаларының көрсеткішін анықтау, сонымен қатар әдістерін зерттеу, деформациялық күйлері туралы қысқаша ақпарат берілген.

Оқу құралы білім беру бағдарламасы 6В07302 «Құрылыс инженериясы» мамандығында оқитын студенттерге арналған.

ISBN 978-601-323-336-9

© Иргибаев Т. И., Алдигазиева А.Қ., 2022
© ҚазҰТЗУ, 2022

КІРІСПЕ

Өнеркәсіптік, азаматтық, көлік, ауылшаруашылық және басқа құрылыс түрлері саласындағы мамандарды даярлау геотехникалық пәндерді игерумен тығыз байланысты, оларды зерттеу топырақты есептеп, бағалау әдістері бойынша негіздерді білуді қажет етеді.

Топырақтың қасиеттерін сенімді бағалау іргетастардың түрі мен құрылымын үнемді және дұрыс таңдауға, құрылыс алаңының қажетті инженерлік дайындығын қамтамасыз етуге, жұмыс әдістерін анықтауға, құрылыс шығынын төмендетуге және құрылыс уақытын қысқартуға мүмкіндік береді. Студент бұл қағидаларды «Топырақ механикасы, негіздер мен іргетастар» курсын оқу кезінде үйрене алады.

Зертханалық жұмысты бастамас бұрын студент курстың теориялық бөлігін оқып шығуы керек. Зертханалық жұмыстарды орындау есептік-графикалық тапсырмалар арқылы жүргізіледі.

Зертханалық сабақтар студенттерге топырақтың физика-механикалық қасиеттерін анықтап игеруге, оларды зерттеу және сынау әдістерімен танысуға, сонымен қатар дәрістерде алған теориялық білімдерін бекітуге көмектеседі.

Зертханалық жұмыстың негізгі мақсаты – студенттерді тау жыныстары мен топырақтың негізгі түрлерімен және олардың физикалық қасиеттерінің көрсеткішін анықтау әдістерімен таныстыру. Бұл көрсеткіштер топырақтың қасиеттерін сандық мәндермен бағалауға және іргетастың ең жақсы нұсқасын таңдауға мүмкіндік береді.

Студенттерге арналған ережелер

Әрбір жұмысты бастамас бұрын оның мазмұнымен, орындалу тәртібімен, қажетті жабдықтармен және материалдармен танысу, сондай-ақ сынақ нәтижелерін жазуға арналған нысандарды дайындау қажет. Жұмыстар оқытушының бақылауымен орындалады.

Әр сабақтың соңында орындалған жұмыс туралы есептеу жүргізіп, қорытынды жасап, оны мұғалімге қол қою үшін ұсыну керек. Есепте сандық және графикалық нәтижелер, аспаптардың схемалары, жұмыс барысының қысқаша сипаттамасы және т.б. көрсетілуі тиіс.

Сабақ аяқталғаннан кейін студент жұмыс орнын ретке келтіруге міндетті.

1. ЖҰМЫСТЫҢ МАЗМҰНЫ ЖӘНЕ ОНЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

1.1. Жұмыс мақсаты

Есептік-графикалық жұмысты орындаудың мақсаты теориялық курсты бекіту және тереңдетіп зерделеу, болашақ мамандарды инженерлік геология, топырақ механикасы негіздерімен, есептеудің қазіргі заманғы әдістерінің ережелерімен, құрылыс алаңының нақты инженерлік-геологиялық жағдайлары үшін ғимараттар мен құрылыстардың негіздері мен іргетастарын жобалаудың қолданыстағы нормаларымен таныстыру болып табылады.

Жұмысты орындау барысында студенттер құрылыс алаңындағы топырақтың инженерлік-геологиялық жағдайы мен физика-механикалық сипаттамаларын бағалаудың, ғимарат астындағы табиғи негіз бен іргетасты жобалаудың зертханалық және практикалық міндеттерін шешеді.

1.2. Жұмысты рәсімдеу және оны қорғау нұсқаулары

Есептік-графикалық жұмысты рәсімдеу жоғары оқу орнының стандарттарының талаптарына сәйкес жүзеге асырылады.

Түсіндірме жазбаға және сызбаларға студент қол қояды және тексеру үшін оқытушыға тапсырылады.

Студент жұмысты оқу жылына арналған жоспар-кестесінде қарастырылған мерзімде қорғап, тапсырып шығуға міндетті. Жұмысты орындауға байланысты консультацияны студент аталған пәнді жүргізетін кафедра оқытушысынан ала алады.

Сырттай оқу бөлімінің студенттері жұмысты рецензиялағаннан кейін ескертулерді (бар болса) түзетуі керек. Егер жұмыс қорғауға жіберілмесе, оны қайта өңдеп, қайта қарауға ұсыну керек. Резензент жұмысты қорғауға жіберілген кезде, жұмысты қорғау үшін кафедра оқытушысына келуі керек.

2. ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУҒА АРНАЛҒАН ӘДІСТЕМЕЛІК ҰСЫНЫМДАР

2.1. Құрылыстың инженерлік-геологиялық жағдайын бағалау

Құмды және сазды топырақтар үшін келесі тәуелділікке негізделген бағалаудың реттілігі ұсынылады [1], [2].

2.1.1. Топырақтың физикалық сипаттамаларын анықтау:

$$I_P = W_L - W_P, \tag{2.1}$$

мұндағы W_L және W_P – аққыштық шегі мен иленгіштік шегіне сәйес ылғалдылық .

Егер $I_P \geq 1$, онда топырақ сазды болады.

Егер $I_P = 0$ және бөлшектердің мөлшері 2 мм-ден аз, массасы 50 %-дан жоғары болса, онда топырақ құмды болады.

2.1.2. Сусымалы топырақтарды гранулометриялық құрамы бойынша жіктеп, анықтау. Сусымалы топырақтардың түрлері қатты минералдық түйіршіктерінің диаметрі мен массасы бойынша, бөлшектердің пайыздық мөлшерін талдау негізінде орнатылады [1, 13 б.].

2.1.3. Байланысқан топырақтардың түрлері, яғни сазды топырақтардың түрлері иленгіштік санына байланысты жіктеледі. Иленгіштік саны (2.1) формула бойынша есептеледі. Егер $1 \leq I_P \leq 7$ – құмдақ топырақ; $7 < I_P \leq 17$ – саздақ; $I_P > 17$ – сазбалшық болады.

2.1.4. Топырақтың кеуектілік коэффициентін анықтау

$$e = (1 + W)\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1, \tag{2.2}$$

мұндағы γ_s – топырақтағы қатты минералды түйіршіктердің меншікті салмағы, кН/м^3;

γ – топырақтың меншікті салмағы, кН/м^3;

W – бірлік фракцияларындағы топырақтың табиғи ылғалдылығы.

Құмды топырақтар үшін кеуектілік коэффициенті [1, 22 б.] кестеге сәйкес олардың тығыздығы белгіленеді.

2.1.5. Топырақ ылғалдылылық деңгейін анықтау

$$S_r = \frac{W * \gamma_s}{e * \gamma_w}, \qquad (2.3)$$

мұндағы *Yw* – судың меншікті салмағы, 10 кН/м^3 тең.

Топырақтың ылғалдылық дәрежесінің мәні барлық топырақтар үшін анықталады.

Сусымалы топырақтар үшін ылғалдылық дәрежесі бойынша қосымша жай-күйлер белгіленеді [1, 18 б.].

2.1.6. Сазды топырақтардың аққыштық көрсеткішін I_L анықтау

$$I_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P}, \qquad (2.4)$$

Аққыштық I_L көрсеткішін 2.1-кестеге сәйкес бірнеше түрін алуға болады.

2.1.7. Топырақтың ерекше қасиеттерін бағалау

2.1.7.1. Топырақтың шөгуін бағалау

Өлшемсіз I_{ss} көрсеткешінің шамасы (2.5) формула бойынша анықталған мәні, 2.1-кестеде келтірілген мәндерден аз және алдын ала бағалау жұмыстары бойынша ылғалдылық деңгейі $S_r \leq 0{,}8$ болса шөгінді сазды топырақтарға жатқызады.

2.1-кесте

I_{SS} көрсеткішінің мәні

I_P,%	$1 \leq I_p < 10$	$10 \leq I_P < 14$	$14 \leq I_p < 22$
I_{ss}	0,1	0,17	0,24

$$I_{SS}=\frac{e_L * e}{1+e}, \quad (2.5)$$

мұндағы e_l – кеуектілк коэффициенті, аққыштық шегіндегі W_L тиісті топырақ ылғалдылығы келесі формула бойынша анықталады:

$$e_L = \frac{W_L * \gamma_S}{\gamma_W}, \quad (2.6)$$

2.1.7.2. Сазды топырақтардың ісіну қасиеттерін бағалау

Алдын ала бағалау бойынша $I_{SS} \geq$ 0,3 болатын сазды топырақтардың түрлері, ісінетін сазды топырақтардың түріне жатады.

2.1.8. Топырақтың механикалық сипаттамаларын анықтау:

1) [3, б. 79] кестеде топырақтың R_o есептік кедергісі берілген;

2) топырақтың беріктігі мен деформациялануының сипаттамаларына:

меншікті ілінісу – С және ішкі үйкеліс бұрышы – φ; деформация модулі – Е жатады.

Оқуды жобалау шеңберінде m_o (сығылу коэффициенті) тапсырмада көрсетіледі, ал С және φ ҚР ҚНжЕ бойынша анықталады [3, 70-бет].

Деформация модулі келесі тәуелділікпен анықталады

$$E = \frac{\beta}{m_V}, \quad (2.7)$$

мұндағы $m_v=m_o/(1+e)$;

$\beta=1-2*\nu^2/(1-\nu)$.

ν – көлденең деформация коэффициентінің шамасын: 0.3–0.35 – құмдар мен құмдақтар үшін; 0.35–0.37 – саздақтар үшін; және сазды топырақтар үшін аққыштық көрсеткіші $I_L < 0$ болғанда ν – 0.2–0.3 -; $0 \leq I_L \leq 0.25$ болғанда ν – 0.3 – 0.38; $0.25 < I_L \leq 1.0$ ν – 0.38 – 0.45 деп қабылдайды.

2.1.9 Топырақтың есептік сипаттамаларын таңдау. Топырақтардың есептік сипаттамалары төмендегі формула бойынша анықталады.

$$X=X_n/\pi_g, \tag{2.8}$$

мұндағы X_n – топырақ сипаттамасының нормативтік мәні;

π_g – топырақтың сенімділік коэффициенті.

№ 1 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

Сусымалы топырақтардың гранулометриялық құрамын анықтау

Жұмыстың мақсаты: Сусымалы топырақтың гранулометриялық құрамын елеу әдісі арқылы анықтау.

Жалпы ережелер. Топырақтың гранулометриялық құрамы деп әр түрлі мөлшердегі бөлшектердің салыстырмалы құрамы (массасы бойынша) түсініледі.

Сусымалы топырақтың гранулометриялық құрамын анықтау үшін гранулометриялық талдау жүргізіледі. Оның мәні өлшемдері жақын бөлшектерді фракцияларға бөлулерден тұрады. Бөлшектердің мөлшері әдетте диаметрмен өлшенеді және миллиметрмен жазылады. Сусымалы топырақтың гранулометриялық құрамын зерттеу МЕСТ 12536-79 [6] сәйкес елеу әдісін талдау арқылы жүргізіледі. Диаметрі 0,10 мм дейінгі фракцияларды оқшаулау үшін, топырақты сынау сумен шаюсыз да жүргізіледі. Егер 0,01 мм-ден аз фракцияларды бөліп алу қажет болса, топырақ сумен алдын ала шайылады.

1.1. Тапсырма

1. Гранулометриялық анализ жүргізіп, берілген сусымалы топырақтың бөлшектерінің өлшемі бойынша атауын орнатыңыз.
2. Топырақтың гранулометриялық құрамының қисығын тұрғызыңыз және оның біркелкілік коэффициентін анықтаңыз.

1.2. Жабдықтар мен құрылғылар.

Гранулометриялық талдау електер жиынтығының көмегімен жүргізіледі. Стандартты жиынтық саңылау өлшемі 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм жеті електен тесік көлемі жеті електен тұрады.

Сынақтарды дайындау мен өткізу үшін де қосымша тағы: зертханалық таразылар; шыны стакан, фарфордан жасалған шыныаяқтар; фарфор ерітіндісі; резеңке ұшы бар пестл; резеңке алмұрт; пышақ; эксикатор; кептіру шкафы қолданылады.

1.3. Сынаққа дайындық.

Сынақ жүргізу үшін саңылау өлшемі 10; 5; 2; 1; 0,5 топырақты сумен жумай-ақ; сумен шаюмен – 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм-тең болатын бар електер жиынтығы қолданылады.

Сынақ үшін топырақ сынамаларын іріктеу тоқсандық (квартования) әдісімен жүргізіледі. Осы мақсатта топырақ үлгісі тығыздалған қағазға немесе фанераға жұқа қабатпен тегістеледі және топырақ бетінде пышақпен бороздтар орналасады, оны бөлек квадраттарға бөледі. Тестілеуге арналған үлгі әр шаршыдан аздап топырақ алу арқылы құрылады. Сынау үшін топырақ сынамалары алынады, ауада құрғақ күйге дейін кептіріледі және бөлшектердің мөлшеріне қарай массасы 100 ... 2000 г резеңке пестицамен ерітіндіде ұнтақталады.

1.4. Сынақтың өткізілуі.

Гранулометриялық талдау келесі ретпен жүргізіледі.

1) 2.2.4 сәйкес дайындалған топырақ үлгісін алыңыз, оны зертханалық таразыда 0,01 г дәлдікпен өлшеңіз. Өлшеу нәтижесін 2.1-кестеге жазып, журналға енгізіңіз.

2) Өлшенген үлгіні електер жиынтығынан өткізіңіз. Електер олардың саңылауларының диаметрі жоғарыдан төмен қарай төмендейтіндей, бағанға жиналады. Жиналған жинақ табандыққа орналастырылады. Елеу алақанмен жеңіл бүйірлік соққылар көмегімен топырақ бөлшектері толық сұрыпталғанша жүргізіледі.

3) Үлкеннен бастап әрбір елеуіштің құрамын ерітіндіге аударыңыз және резеңке таяқшамен қосымша өңдеңіз, содан кейін қайтадан сол електен қағаз бетіне сүзіңіз. Електен өткен

ұсақ бөлшектерді келесі елекке ауыстырыңыз және ұсақ бөлшектер топырақтан бөлінбей қалғанша өңдеуді жалғастырыңыз.

4) Електен өткізгеннен кейін әр елеуіш пен табақшаның құрамын алдын ала өлшенген фарфор шыныаяқтарға құйып, 0,01 г дәлдікке дейін өлшеп, өлшеу нәтижелерін 2.1-кестеге енгізіңіз.

2.1-кесте

Електерді талдау журналы

Көрсеткіштері	Топырақ фракциялары							
	> 10	10-5	5-2	2-1	1,00-0,50	0,50-0,25	0,25-0,10	< 0,10
1. Топырақ пен фарфор шыныаяқ массасы – $q_{фi}$, г. 2. Фарфордан жасалған шыныаяқтың массасы – q_{oi}, г. 3. Топырақ массасы – ($q_{фi}$- q_{oi}), г 4 Фракцияның (бөлшектің) құрамы – A_i, %.								
$\sum A_i$								

1.5. Нәтижелерді өңдеу

1. Формула бойынша әр фракцияның пайызын анықтаңыз

$$A_i = \frac{q_{фi} - q_{oi}}{q_1} \cdot 100\% \qquad (2.10)$$

мұндағы: Ai – i- фракция құрамы, %;

q_1 – бүкіл топырақ сынамасының массасы, г;

$q_{фi}$ – i - фракция мен фарфор кесенің массасы, г;

q_o – фарфор кесенің массасы, г.

Барлық *Ai* есептеулер 0,1 % дәлдікпен орындалуы керек және 2.1-кестеге енгізілуі керек.

1. Бақылау үшін жекелеген фракциялардың пайызын қосу және елеу кезінде топырақтың жоғалу пайызын анықтау қажет. 1 % -ға дейінгі сәйкессіздіктер болады. Елеу кезінде топырақтың жоғалуын олардың массасына пропорционалды фракцияларға бөліңіз.

2. Бөлшектердің мөлшері бойынша құмды топырақтың атын белгілеңіз. Осы мақсатта салмақтық пайыздық қосындысы 1; 0,5; 0,25 және 0,1-ден, яғни 2-ден үлкен фракциялардың қосындысы есептеледі. Сусымалы топырақтың атауы көлемі бойынша бірінші қанағаттандыратын көрсеткіш бойынша МЕСТ 25100-95 [5] кестесі арқылы орнатылады.

3 Електерді талдау нәтижелері бойынша бөлшектердің таралу қисығын құрыңыз.

4 Формула бойынша топырақтың біркелкілік коэффициентін анықтаңыз

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \qquad (2.11)$$

мұндағы d_{60} және d_{10} – тиісінше топырақтақтардың массасы бойынша диаметрі 60 % және 10 % аз болатын бөлшектердің диаметрі. $U \leq 3$ кезінде топырақ біртекті.

Қауіпсіздік шаралары. Топырақты елеу және жеке фракцияларды өлшеу кезінде көзіңізді шаңды бөлшектердің түсуінен сақтаңыз.

Өзін-өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Топырақтың гранулометриялық құрамы нені білдіреді?
2. Бөлшектердің мөлшеріне байланысты сусымалы топырақтың атауы қалай анықталады?
3. Сусымалы топырақтың гранулометриялық құрамын анықтаудың алгоритмі қандай?

4. Гранулометриялық құрам беріктік көрсеткіштеріне, массалық тығыздыққа, топырақтың су өткізгіштігіне қалай әсер етеді?

1.1.1. Топырақтың гранулометриялық құрамын анықтауға мысал. Елеуіштердің стандартты жиынтығынан елеу нәтижелері бойынша салмағы 500 г құрғақ топырақ сынамалары бойынша келесі нәтижелер алынды (2.2-кестеде көрсетілді (1 және 2 жолдар). Топырақтың гранулометриялық құрамына талдау жасаңыз.

Шешуі: Біз топырақ бөлшектерінің фракцияларының құрамын ең үлкенінен бастап біртіндеп қосамыз және алынған нәтижені МЕСТ 25100-95 [5] бойынша жіктеуімен салыстырамыз:

– 10 мм-ден үлкен бөлшектердің массасы, 6 % <50 %;

– 2 мм-ден үлкен бөлшектердің массасы, 21 % <25 %;

– 0,5 мм-ден үлкен бөлшектердің массасы 61 % > 50 % құрайды (ірі құм немесе қиыршық тас).

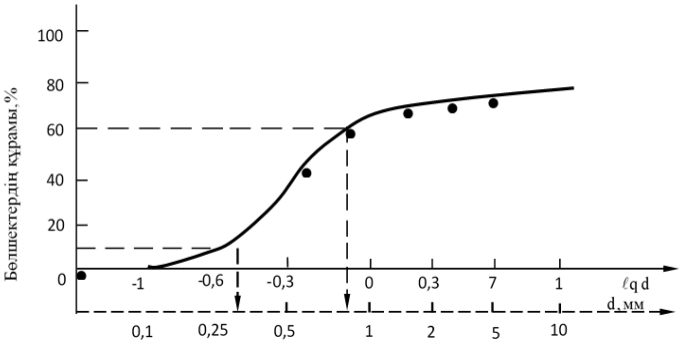
2.2-кесте

Топырақтың гранулометриялық құрамы

Көрсеткіштері	Топырақ фракциялары							
	> 10	10-5	5-2	2-1	1,00-0,50	0,50-0,25	0,25-0,10	< 0,10
1 Бөлшектер массасы, г.	30	36	40	60	140	150	30	14
2 Бөлшектердің құрамы, %	6	7	8	12	28	30	6	3
3 Бөлшектердің жалпы мөлшері, %	100	94	87	79	67	39	9	3
4 lg d	-	1	0,7	0,3	0	-0,3	-0,6	-1

Сонымен қарастырылатын топырақ – бұл ірі құм немесе қиыршық тасты құм болды. 2.2-кестенің 3-жолын толтырамыз. 3-жолдағы сандар қарастырылған бағанда берілген жоғарғы интервалға қарағанда диаметрі кіші топырақ бөлшектерінің әрбір фракциясының пайыздық мөлшерлемелерін дәйекті түрде жинақтау арқылы алынады. Біз жартылай логарифмдік

координаттар жүйесінде топырақтың гранулометриялық таралу қисығын құрамыз (2.2-сурет). 2.3-кестедегі сызбаны жеңілдету үшін 4-жолға сәйкес бағандарда көрсетілген бөлшектердің максималды диаметрлерінің логарифмдері көрсетілген.



2.2-сурет. Топырақтың гранулометриялық құрамының қисығы

Біз сызбаға сәйкес $U = 0{,}8 / 0{,}25 = 3{,}2.$ тең болатынын табамыз.

Сондықтан қарастырылып отырған топырақ ірі құм, біртекті емес топырақ.

№ 2 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС
Аққыштық шегі мен иленгіштік шегіне қатысты топырақ ылғалдылығын анықтау

2.1. Топырақ ылғалдылығын анықтау

Жұмыстың мақсаты: Топырақтың ылғалдылығын анықтау әдістемесін танысу.

2.1.1. Жалпы ережелер.

Топырақтың ылғалдылығы *W* – бұл топырақтағы су массасының кептірілген осы топырақтың тұрақты массасына тең болатын қатынасты айтады. Табиғи ылғалдылықтың мөлшері топырақтың физикалық жағдайының маңызды сипаттамасы болып табылады. Ылғалдылықтың сандық мәні топырақтың нақты салмағын, кеуектілігін, ылғалдылық дәрежесін және басқа да сипаттамаларын есептеу үшін қолданылады.

2.1.2. Тапсырма

1. Топырақтың ылғалдылығын анықтауға арналған жабдықты зерттеңіз.
2. Берілген топырақтың ылғалдылығын анықтаңыз.

2.1.3. Жабдықтар мен аспаптар. Жұмысты орындау үшін келесі жабдықтар қолданылады: гирі бар зертханалық таразылар; 200 ^{0}C дейін термометрі бар кептіру шкафы; алюминий стакандар; металл қалақша; тік жүзді пышақ; тигелді қысқыштар; эксикатор.

2.1.4. Сынақ жүргізу

1. Қақпағы бар бос шыныаяқты өлшеңіз (г).
2. Салмағы 15–50 г болатын табиғи топырақтың ілмегін стаканға салыңыз, оны қақпақпен жауып, өлшеңіз (г). Стакандардың нөмірлері және массалары m және m1 деп белгіленіп, журналға жазылады (2.3-кесте).
3. Топырақ стаканмен бірге қақпағы бар кептіру шкафына қойылады. Топырақ үлгілері кептіру шкафында (105 ± 2) ^{0}C температурада тұрақты салмаққа дейін ұсталады.

4. Кептіру аяқталғаннан кейін шыныаяқтар қақпақтармен жабылып, су буын сіңіретін кальций хлориді бар эксикаторға жіберіледі. Құмды топырақтар 3 сағатта, ал қалған топырақ түрлері 5 сағат ішінде кептіріледі.

5. Келесі сабақта кептірілген топырағы бар стакандар өлшенеді (г). Тәжірибелердің деректері 2.3-кестеге енгізіледі. Топырақтың әр үлгісі үшін ылғалдылықтың кем дегенде екі анықтамасын жасап, оның арифметикалық орташа мәнін табу керек.

2.3-кесте

Топырақ ылғалдылығын анықтау журналы

Стакан нөмірі	Қақпағы бар стаканның массасы, m, г	Ылғалды топырақ пен қақпағы бар стакан массасы m_1, г	Кептірілген топырақ пен қақпағы бар стакан массасы, m_0, г	Топырақ ылғалдылығы W, %	
				жеке сынама	орташа
1	2	3	4	5	6

2.1.5. Сынақ нәтижелерін өңдеу. Топырақтың ылғалдылығы формула бойынша анықталады.

$$W = \frac{m_1 - m_o}{m_o - m} \cdot 100\%$$

Параллельді ылғалдылықты анықтау кезінде рұқсат етілетін айырмашылық шегі: W кезінде > 5...10 % - Δ = 0,6 %; W кезінде > 10...50% - Δ = 2,0 %; W кезінде > 50 ...100 % - Δ = 4,0 %.

2.1.6. Қауіпсіздік шаралары.

Сынақ жүргізу алдында электр жабдығының дұрыстығына көз жеткізу қажет: кептіру шкафының есігі тығыз жабылуы тиіс; электр сымы мен штепсельдік байланыста ақау болмауы керек. Стакандарды шкафқа қоюға және одан шығаруға кептіру шкафын

электр желісінен ажыратқаннан кейін ғана рұқсат етіледі. Күйіп қалуды болдырмау үшін кептіру шкафынан стакандар тигельді қысқыштардың көмегімен шығарылады. Сыртқы немесе ішкі зақымдары бар термометрді қолдануға жол берілмейді.

Бақылау сұрақтары:

1. Топырақта судың қандай түрлері бөлінеді?
2. Топырақтың салмақтық ылғалдылығы дегеніміз не?
3. Топырақтың ылғалдылығы оның физикалық жағдайына қандай әсер етеді?
4. Топырақтың ылғалдылығы қандай практикалық қолданысқа ие?

2.2. Сазды топырақтардың аққыштық және иленгіштік шегін анықтау

Жұмыстың мақсаты: Аққыштық және иленгіштік шегіндегі сазды топырақтардың ылғалдылығын анықтау әдісін зерттеу.

2.2.1. Жалпы ережелер.

Сазды топырақтардың механикалық қасиеттері олардың ылғалдылығына айтарлықтай байланысты. Ылғалдылықтың сандық мәніне байланысты топырақ келесі жағдайлардың бірінде болуы мүмкін: қатты; пластикалық; аққыш. Қатты күйде топырақ құрылымнан үлкен жүктемелерді қабылдай алады; пластикалық күйде – әлдеқайда аз. Аққыш күйде сазды топырақ тұтқыр сұйықтықтың қасиеттерін көрсетеді және әлсіз топырақтар санатына жатады.

Жоғарыда айтылғандарға байланысты, сазды топырақтың жай-күйін бағалау үшін табиғи ылғалдылықтан басқа, келесі тәжірибелік жолмен анықталатын екі көрсеткіш қосымша енгізіледі. Олар: аққыштық және иленгіштік шегі болып табылады.

- *Иленгіштік шегі* W_p – топырақ қатты және пластикалық күйлердің шекарасында орналасқан ылғалдылық.
- *Аққыштық шегі* W_L – топырақ пластикалық және аққыш күйлердің шекарасында болатын ылғалдылық.

Аққыштық шегін анықтау А. А. Васильевтің стандартты теңгергіш корпусының көмегімен оны өз салмағының әсерінен топырақ массасына батыру арқылы жүргізіледі.

Аққыштық шегіндегі ылғалдылық топырақ илендісін диаметрі 3 мм болатын талшықты илеу тәжірибесі негізінде орнатылады.

2.2.2. Тапсырма

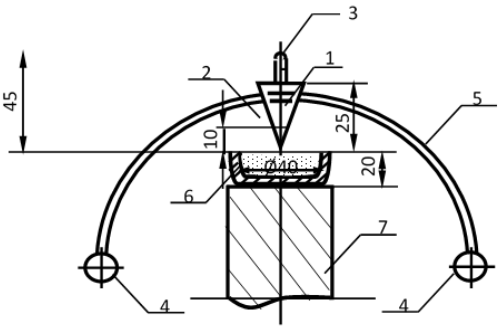
1. Берілген сазды топырақтың аққыш және иленгіш шегін анықтаңыз.

2. Сыналатын топырақтың атауын белгілеу.

2.2.3. Жабдықтар мен аспаптар.

Топырақтардың аққыштық шегін анықтау

А. А. Васильевтің стандартты тепе-теңдік конусының көмегімен жасалады. Конустан басқа тәжірибелер жүргізу үшін: гирі бар зертханалық таразылар; эксикатор; алюминий стакандар; термометрі бар кептіру шкафы; тигельді қысқыштар; електер жиынтығы; фарфор тостағаны; резеңке пестикі бар фарфор үккіш; тік жүзді пышақ; жалпақ қалақша; түрлі тіреуіштер; қалақша; техникалық вазелин; СМ-60 секундомері болуы қажет. Сынауға арналған аспаптың жалпы схемасы 2.3-суретте келтірілген. Топырақтың иленгіштік шегін анықтау үшін қосымша шыны немесе пластик табақша болуы керек.



1 – жоғарғы жағы 30° болатын конус; 2 – дөңгелек белгі; 3 – тұтқа; 4 – жүк; 5 – болат шыбық; 6 – цилиндрлік тостаған; 7 – тұғыр

2.2.4. Сынауға дайындық

Табиғи ылғалдылығы мен салмағы шамамен 300 г болатын топырақ үлгісін, фарфор шыныаяққа салыңыз, қалақшамен илеңіз немесе жұқа жоңқалап пышақпен кесіңіз (қажет болса, тазартылған су қосыңыз). Содан кейін топырақты № 1 тормен електен өткізіп, шыны ыдысқа салыңыз. Ыдысты жауып, топырақты осы күйде кем дегенде 2 сағат ұстаңыз.

2.2.5. Сынақ жүргізу

2.2.5.1. Аққыштық шегін анықтау. Жұмысты орындау келесі әдістеме бойынша жүзеге асырылады.

1. Дайындалған топырақ илендісін жақсылап араластырып, металл шыныаяққа толтырыңыз. Илендінің бетін қалақшаның көмегімен шыныаяқтың шеттерімен тегістеңіз.

2. Вазелин қабатымен майланған конустың ұшын топырақ қамырының бетіне әкеліп, конусты босатып, 5 секунд ішінде өз салмағының әсерінен қамырға еркін батырыңыз.

3. Егер де 5 секунд ішінде конус топырақ пастасына 10 мм (дөңгелек белгіге дейін) тереңдікке батырылатын болса, иленгіштіктің жоғарғы шегіне қол жеткізілді деп саналады.

4. Конусты 5 секундта 10 мм-ден астам тереңдікке батырған кезде, топырақ пастасын металл ыдыстан алып тастап, фарфор шыныаяққа ауыстырып, оны қалақшамен араластырып, ауада құрғатыңыз және 2 және 3-тармақтарда көрсетілген операцияларды қайталаңыз.

5. Егер конус 5 секунд ішінде 10 мм-ден аз тереңдікке түссе, онда топырақты металл ыдыстан алып тастаңыз, фарфор ыдысына салыңыз, аздап тазартылған су қосыңыз және қалақшамен мұқият араластырыңыз және 2 және 3-тармақтарда көрсетілген операцияларды қайталаңыз.

6. Топырақ пастасынан салмағы 15–20 г үлгіні алып, алдын-ала өлшенген алюминий стаканына салыңыз (массасы m) және техникалық таразыларда өлшеңіз (массасы m1). Барлық салмақтарды 0,02 г дәлдікпен жүргізіңіз. Алынған нәтижелерді журналға енгізу.

7. Стақан топырақ пен стакан кептіру шкафына орналастырылады және тұрақты салмаққа дейін (105 ± 2) ^{0}C температурада ұсталады.

2.4-кесте

Топырақ аққыштығының шегін анықтау журналы

Шыныаяқ нөмірі	Шыныаяқ пен қақпақтың массасы m, г	Қақпағы бар шыныаяқ пен ылғалды топырақ массасы m_1, г	Шыныаяқ пен қақпағы бар кептірілген топырақ массасы m_0, г	Аққыштық шегі W_L, %	
				Жеке сынама	орташа
1	2	3	4	5	6

8. Кептірудің соңында кептіргіш шкафтан топырақ салынған шыныаяқты алыңыз, қақпақты жауып, эксикаторға салыңыз, салқындатып, техникалық таразыларда өлшеңіз (массасы m_0).

9. Аққыштық шегіндегі топырақ ылғалдылығын келесі формула бойынша есептеңіз

$$W_L = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} \cdot 100\% . \qquad (2.13)$$

10. Топырақтың әр үлгісі үшін кемінде екі параллель тәжірибе жасап, олардың орташа нәтижесін анықтаңыз. Параллель анықтамалардың W_L нәтижелерінің рұқсат етілген Δ айырмасы: $W_L < 80\%$ - Δ = 2%; W_L 80% - Δ=4%.

2.2.5.2. Иленгіштік шегін анықтау

1. W_P иленгіштік шегін анықтау үшін аққыштық шегін анықтаудан қалған топырақ пастасы қолданылады. Дайындалған топырақ пастасын мұқият араластырыңыз. Кішкене бөлігін алып, шыны немесе пластмасс табақшада диаметрі 3 мм боатын талшық болғанша алақанмен илеу. Егер топырақ пастасында көрсетілген диаметрдегі талшықта байланыстылық және созылғыштығы сақталса, онда оны жинап, талшық диаметрі 3 мм болатындай аздап батырмасын басу арқылы қайта илеу қажет. Талшық ұзындығы алақанның енінен аспауы тиіс. Көрсетілген әрекетті диаметрі 3 мм болатын талшық көлденең жарықтар

түзбейінше қайталау. Ұзындығы 3–10 мм бөліктерге бөле бастағанға дейін қайталаңыз.

2. Салмағы 10–15 г болатын талшық тілімдерін алдын ала өлшенген алюминийді стаканға (массасы m) жинап, техникалық таразыларда 0,02 г (массасы m1) дәлдікпен өлшеңіз.

3. Қақпағы ашық алюминийді шыныаяқты кептіру шкафына салыңыз және оны (105 ± 2) ^{0}С температурада тұрақты массаға келгенше дейін ұстаңыз.

4. Шыныаяқты кептіру шкафынан алыңыз, қақпағын жауып, түбіне кальций хлориді құйылған эксикаторға салыңыз, салқындатып, таразыға қойып өлшеңіз (массасы m_0). Өлшеу нәтижелерін журналға енгізу (2.5-кесте).

5. Иленгіштік шегіндегі топырақ ылғалдылығын келесі формула бойынша есептеңіз.

$$W_p = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} \cdot 100\%$$

6. Топырақтың әр үлгісі үшін кемінде екі параллель тәжірибе жасап, олардың орташа нәтижесін анықтаңыз. W_p Параллель анықтамалардың нәтижелерінің рұқсат етілген айырмашылығы: WR < 40 % - Δ = 2 %; WR 40 % - Δ=4 %.

2.5-кесте

Топырақтың иленгіштік шегін анықтау журналы

Шыныаяқ нөмірі	*Қақпағы бар шыныаяқтың массасы т, г*	Қақпағы бар шыныаяқ массасы мен топырақ массасы m_1, г	Қақпағы бар шыныаяқ пен кептірлген топырақ массасы m_0, г	Иленгіштік шегіндегі ылғалдылық W_p, %	
				Жеке сынама	Орташа
1	2	3	4	5	6

7. Иленгіштік санын (2.1) формула бойынша анықтау және оның атауын МЕСТ 25100 – 95 бойынша белгілеу [5].

2.2.3. Қауіпсіздік шаралары. Сынақтарды жүргізу кезінде қауіпсіздік шараларын сақтау.

Бақылау сұрақтары:

1.Топырақтың иленгіштігінің төменгі және жоғарғы шегі не деп аталады?

2.Топырақтың иленгіштігінің төменгі және жоғарғы шектері қандай практикада қолдануда қандай маңызға ие?

3.Топырақтың иленгіштігінің төменгі және жоғарғы шегін біле отырып, қандай физикалық сипаттамаларды анықтауға болады?

№ 3 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС
Топырақты компрессиялық сынау
Сығылу коэффициентін анықтау

Жұмыстың мақсаты: сығылу коэффициентін m_0, Е деформация модулін және құрылымдық сығылу беріктігін p_{str} анықтау үшін топырақты сығымдау арқылы компрессиялық сынау әдісін игеру.

Құрылғылар мен жабдықтар: компрессиялық құрылғы (одометр), оның құрамына (1-сурет) жұмыс сақинасын, цилиндрлік құрсауды, жұмыс сақинасына перфорацияланған жапсырманы және суға арналған ыдысы бар тұғырықты; топырақ үлгісін тік жүктеуге арналған механизмді; топырақ үлгісінің тік деформациясын өлшеуге арналған құрылғыны қамтиды.

Жұмысты орындау тәртібі.

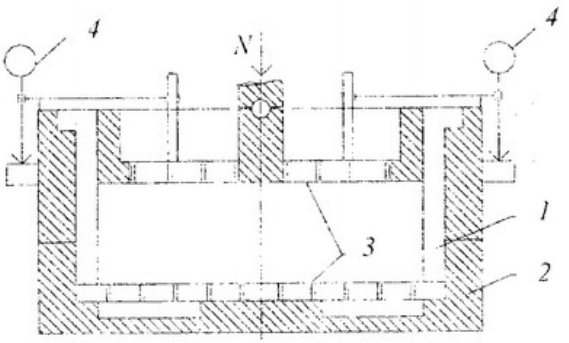
Сығылу коэффициенті m_0, Е деформация модулі, сығылуға құрылымдық беріктігі p_{str} МЕСТ 12248-96 бойынша тік жүктемемен жүктеу кезінде топырақ үлгісін бүйірден кеңейту мүмкіндігін болдырмайтын компрессиялық аспаптарда (одометрлерде) топырақ үлгілерін сынау нәтижелері бойынша; үш осьті сығу аспаптарында сынау кезінде бүйірден қысымды өлшеу нәтижелері бойынша, суға қаныққан топырақтардағы кеуек суда қысымның пайда болу сәті бойынша анықталады.

Құрылымдық беріктік топырақтың ұзақ өмір сүру процесінде пайда болатын сынғыш кристаллизациялық байланыстар мен су-коллоидтық байланыстарға байланысты.

Сынақтар жүргізілетін қысым диапазоны сынақтар бағдарламасында айқындалады немесе топыраққа жобалық қысымның бір жарым мәні шегінде қабылданады. Үлгі биіктігінің диаметріне қатынасы 1/3, 5 болатын, диаметрі 71 мм-ден кем болмайтын цилиндр пішінді болуы керек.

Сынау үшін табиғи ылғалдығы бар бұзылмаған топырақ үлгілері немесе суға қаныққан немесе тығыздығы мен ылғалдылығының мәндері белгілі сұлбасы бұзылған топырақ үлгілері пайдаланылады.

Топырақ үлгісі жұмыс сақинасында өлшенеді, ұштарынан дымқыл сүзгілермен жабылады және компрессия құрылғысына орналастырылады.



1-сурет. Компрессиялық аспаптың (одометрдің) схемасы:
1 – компрессиялық сақина; 2 – аспаптың корпусы;
3 – перфорацияланған мөртабандар; 4 – индикаторлар

Үлгіні орналастырғаннан кейін келесі операциялар жасалады: перфорацияланған мөрге үлгіні орнатыңыз; үлгіні жүктеу механизмін реттеңіз; үлгінің тік деформациясын өлшеуге арналған құрылғыларды орнатыңыз; құрылғылардың бастапқы көрсеткіштерін жазыңыз.

Қажет болған жағдайда үлгіні суға қанықтыру арретир арқылы төменнен жоғары суды сүзу бойынша жүргізіледі. Бұл үшін табандықты сумен толтырады. Сумен қанықтыру сазды топырақтар үшін 2....5 күн ішінде жүзеге асырылса, сусымалы топырақтар үшін – мөрдің үстінде су пайда болғанға дейін жүргізеді.

Сынақ үлгісін жүктеу біркелкі, соққыларсыз және жүктеме сатыларымен жүзеге асырылады.

Сусымалы топырақтарды, оның ішінде шымтезекті сынау кезінде қысымның бірінші p_1 сатысын кеуектілік коэффициентіне байланысты қабылдайды, ал қысымның келесі сатыларын жүктеменің берілген мәніне дейін 0,0125; 0,025; 0,05; 0,1 МПа және одан әрі 0,1 МПа аралығымен қабылдайды.

Сазды топырақты, оның ішінде органо-минералды топырақты сынау кезінде олардың сығылуға құрылымдық беріктігін анықтау үшін қысымның бірінші және келесі сатыларын топырақ үлгісін сығу басталғанға дейін 0,0025 МПа тең етіп қабылдайды. Сығудың басталуын топырақ үлгісінің салыстырмалы тік деформациясы ε > 0,005 кезінде қарастырған жөн. Одан әрі жүктеу кезінде қысымның кезекті сатысы үшін 0,0125; 0,025; 0,05; 0,1 МПа және одан әрі 0,1 МПа аралығымен жақын арадағы үлкен мән қабылданады.

Топырақ үлгісін жүктеудің әрбір сатысында вертикаль деформацияларды келесі ретпен өлшеу үшін құрылғы бойынша өлшеулер алынып отырады. Бірінші санау – жүктемені қойғаннан кейін бірден, содан кейін 0,25; 0,5; 1; 2: 5; 10; 20; 30 мин және одан әрі жұмыс күні ішінде бір сағат аралықпен, содан кейін – үлгінің деформациясы шартты тұрақтанғанға дейін жұмыс күнінің басында және соңында өзгерістері алынып отырады. Деформацияны шартты тұрақтандыру критерийі ретінде сусымалы топырақтар үшін бақылаудың соңғы 4 сағатында 0,01 мм-ден аспайтын үлгінің деформация жылдамдығы, сазды топырақтар үшін 16 сағ және органоминералды және органикалық топырақтар үшін 24 сағ қабылданады.

Сынақ барысында алынған мәліметтер 1-кестеге енгізіледі.

m_0, Е және p_{str} сипаттаманы анықтау, сынақ нәтижелері бойынша әрбір жүктеме сатысы үшін есептеледі:

– абсолютті вертикальді тұрақтандырылған топырақ үлгісіндегі деформация Δh деп белгіленіп, мм, өлшеу көрсеткіштерінің арифметикалық ортасы ретінде алынды;

– қатысты вертикальді деформация топырақ үлгісінде келесі формула бойынша анықталады: $\varepsilon_1 = \frac{\Delta h}{h}$ (шөгу модулі), мұндағы h-үлгінің бастапқы биіктігі.

Есептелген мәндерге сәйкес $\varepsilon = f(p)$ және $e = f(p)$ тәуелділік графигін құрыңыз. Графиктің нүктелері арқылы орташа тегіс қисық сызыңыз немесе монотонды тәуелділікпен осы нүктелерді жақындатыңыз.

Қисықтың қысым осімен қиылысу нүктесіне сәйкес келетін қысым p мәні құрылымдық қысу беріктігінің p_{str} мәніне тең.

Топырақтың жартылай тығыздалуы жағдайында график нүктесінің абсциссасы ординатамен алынады.

Топырақтың жартылай тығыздалуы p_{str} жағдайында график нүктесінің абсциссасы $e = f(p)$ ординатамен $\varepsilon_1 = \dfrac{\Delta h_H}{h}$ алынады.

p_i қысым кезінде топырақтың кеуектілік коэффициенті келесі формула бойынша анықталады:

$$e_i = e_0 - \varepsilon_i (1 + e_0)$$

Бұл комперессияық қисық теңдеуі. Қысымды р көбейткен сайын кеуектілік коэффициенті е соғұрлым өзгереді, яғни, топырақ көбірек сығымдалады.

Топырақтың сығылуы берілген қысым p_i және p_{i+1} диапазонындағы сығылу коэффициентімен сипатталады және формула бойынша 0,001 МПа$^{-1}$ дәлдікпен есептеледі.

$$m_0 = \frac{e_i - e_{i+1}}{p_{i+1} - p_i}, \quad \text{МПа}^{-1}$$

мұндағы e_i және e_{i+1} – қысымға p_i және p_{i+1} сәйкес келетін кеуектілік коэффициенттері.

Топырақ отыруын тығыздау есебінде салыстырмалы сығылу коэффициенті қолданылады

$$m_v = \frac{m_0}{1 + e_0}.$$

Егер біз компрессиялық қисық графигіндегі тік сызықты аймақты бөлсек, онда

$$e_i = e_0 - tg\alpha \cdot p = e_0 - m_0 dp$$

Теңдеуді саралау арқылы біз сығылу заңын аламыз

$$de = -m_0 dp$$

Кеуектілік коэффициентінің (кеуек көлемінің) шексіз аз өзгеруі қысымның шексіз аз өзгеруіне тура пропорционал.

3.2. Сығылу заңының негізгі сипаттамалары

Компрессиялық қисық сызық бойынша топырақтың деформация модулін қарапайым теңдестікті пайдалану арқылы есептеп шығарады $\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}$:

$$E = \beta / m_0 \qquad (2.11)$$

Жоғарыда көрсетілген формулаларды (2.11) ν немесе β-нің анық көрсеткіштері белгілі, әрине олар тұрақты болғанда қолдануға болады, ν немесе β-нің кестелік мағыналық көрсеткіштерін пайдалану елеулі қателіктерге әкеліп соқтыруы мүмкін. Сондықтан да компрессиялық сынаулар барысында шеткі қажеттілік болмаған жағдайда, өзгеру модуліне көшу қажет емес.

Компрессиялық қисық сызық арқылы табылған топырақтың өзгеру модулінің мағынасы шын мәніндегі мағынасынан көптеген жағдайда өзгеріп тұрады, өйткені компрессиялық сынаулар жартылай бұзылған құрылым үлгілері арқылы жүргізіледі, ол компрессиялық сынаулар қорытындысына да әсер етеді және топырақ өзгертілуі модулінің төмендетілген көрсеткіштеріне әкеліп соқтыруы мүмкін. Ол табиғи қысымды алғандықтан және судың ішіндегі қысымды нөлге дейін төмендетуге байланысты топырақтың үлгісін саңылаудан немесе шурфтан алу міндетті түрде топырақ үлгісінің нысанында шиеленістердің азайтылуына сүйенеді, ол өз кезегінде топырақ үлгісі көлемінің артуына әкеліп соқтырады.

Осыған байланысты, өзгерту модулінің сипатын анықтау үшін сатылы тиектелетін қатты штампты орнатып статикалық салмақпен сынауларды өткізеді. Нәтижесінде штамп қалдығының оның негізі бойынша орын алатын қысымға тәуелділік кестесі пайда болады. Осы тәуеділікті кішкене қысымдар шеңберлерінде білдіретін қисық сызық төте сызыққа салыстырмалы түрде жақын болып табылады, ол өз кезегінде кернеулер мен өзгертулер арасында тікелей тәуелділіктің бар болуына жол береді.

Топырақтарды статистикалық салмақпен сынау келесі формула бойынша шымырлық теориясын пайдаланып топырақтар өзгертілуінің модулін анықтауға мүмкіндік береді:

$$E = \frac{\omega \cdot d \cdot (1 - \nu^2) \cdot \Delta p}{\Delta s}$$

осы теңдестікте w – 0.8-ге тең келетін дөңгелек қатты штамптар үшін қолданылатын коэффициент; d – штамптың диаметрі; dp – орташа қысымды оның бізді қызықтыратын өзгертулер шеңберінде штамп негізі бойынша орта есеппен s пен p арасындағы түзу сызықты тәуелділік учаскесіне қатыстыру.ds қысым өзгергенде штамп қалдықтарын қатыстыру.

1-кесте

Сынақтар жүргізу нәтижелері

Топырақ үлгісіне берілген қысымдар, МПа	*Деформация индикаторларының көрсеткіштері*			*Үлгінің абсолютті деформациясы, Δh_i, мм*	*Үлгінің салыстырмалы деформациясы, ε, мм*	*Кеуектілік коэффициенті, e*	*Сығылу коэффициенті, m_0, МПа$^{-1}$*	*Деформациялану модулы, E, МПа*
	n_1	n_2	орташа					
0,00	5,51	5,77	5,64	-	-	0,500	0,18	-
0,05	5,63	5,95	5,79	0,150	0,0060	0,491		1983,333
0,10	5,81	6,18	5,995					
0,15	5,91	6,36	6,135					
0,20	5,97	6,47	6,22					
0,25	6,05	6,58	6,315					
0,30	6,10	6,65	6,375				-	

Е көрсеткіштері анық, іс жүзінде, белгілі бір тереңдіктен де төмен орналасқан көрсеткіштер ретінде қабылданатындығына қарамастан топырақтың өзгертілуі азырақ болады. Ол топырақтар салыстырмалы негізге шектелген тереңдік шеңберінде тығыздалуына байланысты. Осындай тереңдіктің астында қысымның азайтылуына байланысты топырақтың құрылымдық мықтылығынан аз кернеулер пайда болады.

Есептеулер

1. $\Delta h_1 = \frac{n_{1_1} + n_{2_1}}{2} - \frac{n_{1_0} + n_{2_0}}{2}$.

$\Delta h_1 = 5{,}79 - 5{,}64 = 0{,}150$ мм.
$\Delta h_2 =$
$\Delta h_3 =$
$\Delta h_4 =$
$\Delta h_5 =$.
$\Delta h_6 =$

2. $\varepsilon_1 = \frac{\Delta h_1}{h_0}$ $\varepsilon_1 = \frac{0{,}15}{25} = 0{,}0060$.

1. $\varepsilon_2 =$
2. $\varepsilon_3 =$
3. $\varepsilon_4 =$
4. $\varepsilon_5 =$
5. $\varepsilon_6 =$

3. Келесі формула бойынша топырақтың **кеуектілік коэффициенттерін** e_i есептейміз:

$e_1 = e_0 - (1 + e_0) \cdot \varepsilon_1$.

1. $e_1 = 0{,}5 - (1 + 0{,}5) \cdot 0{,}006 = 0{,}491$
2. $e_2 =$
3. $e_3 =$
4. $e_4 =$
5. $e_5 =$
6. $e_6 =$

4. Топырақтың сығылуы берілген қысым диапазонындағы **сығылу коэффициентімен** сипатталады p_i және p_{i+1} формула бойынша 0,001 Мпа$^{-1}$ дәлдікпен есептеледі:

$$m_{0_1} = tg\alpha = \frac{e_1 - e_2}{P_2 - P_1} = \frac{0{,}5 - 0{,}491}{0{,}05 - 0} = 0{,}18 \text{ МПа}^{-1}.$$

• m_{0_i} – p_i және p_{i+1} қысым аралығына сәйкес келетін сығылу коэффициенті.

1. $m_{0_1} = \frac{0,5 - 0,491}{0,05 - 0} = 0,18$ МПа$^{-1}$
2. $m_{0_2} =$
3. $m_{0_3} =$
4. $m_{0_4} =$
5. $m_{0_5} =$
6. $m_{0_6} =$

5. β – компрессиялық аспапта топырақтың көлденең кеңеюінің болмауын ескеретін және мынадай формула бойынша есептелетін коэффициент (көлденең деформациялардың **қысылу коэффициенті**) :

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}.$$

Эксперименттік деректер болмаған кезде:
0,30...0,35 – құмдар мен құмдақтар үшін;
0,35...0,37 – саздақтар үшін;
0,2...0,3 демек $I_L < 0$; 0,3...0,38 және $0 < I_L < 0,25$ кезінде;
0,38...0,45 кезінде $0,25 < I_L < 1,0$ – саздар үшін.
Бұл жағдайда топырақтың тығыздығы жоғары болған кезде аз мәндер алынады.

$$\beta = 1 - \frac{2 \cdot 0,36^2}{1 - 0,36} = 0,595.$$

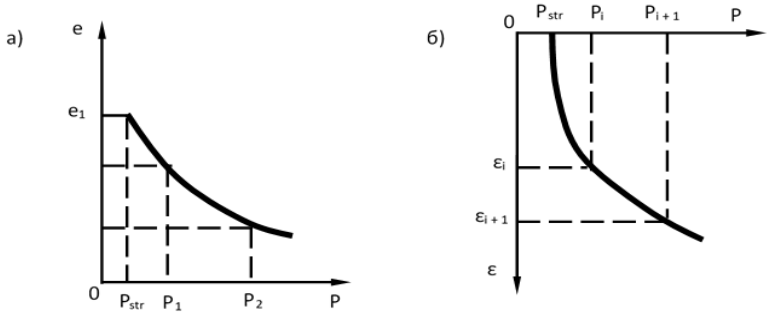
6. Өріс жағдайында **деформация модулі** динамикалық және статикалық зондтау нәтижелері бойынша, штамптау сынақтарының нәтижелері бойынша анықталады:

$$E_1 = \frac{\beta}{\varepsilon_1 \cdot P_1} = \frac{0,595}{0,0003} = 1983,333 \text{ МПа.}$$

1. $E_1 = \frac{0,595}{0,006 \cdot 0,05} = 1983,333$ МПа

2. $E_2 =$
3. $E_3 =$
4. $E_4 =$
5. $E_5 =$
6. $E_6 =$

3.4 График тұрғызу. $\varepsilon = f(P)$ **және *e=f(P)* тәуелділік графигі**



3.2-сурет
а) e = f (P) арасындағы тәуелділік;
б) ε = f (P) арасындағы тәуелділік

Сынақ нәтижелері топырақ үлгісінің салыстырмалы деформациясының қысымға тәуелділігі немесе топырақтың кеуектілік коэффициентінің компрессиялық қисық деп аталатын қысымға тәуелділігі түрінде ұсынылады (3.2 а, б-сурет).

Қорытынды: зертханалық жұмыс барысында топырақты компрессиялық сығымдау әдісімен сынау әдісі игерілді және ол үшін сығымдаудың негізгі сипаттамалары анықталды.

Бақылау сұрақтары:

1. Сығымдау дегеніміз не? Компрессия дегеніміз не, анықтама беріңіз.
2. Сумен қаныққан топырақ үлгісін сығу кезінде одометрдің қандай құрылымдық элементі судың еркін ағуын қамтамасыз етеді?

3. Одометрде топырақ үлгісін жүктеу және оның деформациясын өлшеу қалай жүргізіледі?

4. Штамптың уақытқа тәуелділік топырақ отыруының графигі қандай мақсатта жасалады?

5. Қандай тәуелділік компрессялық қисық графигін береді (сызыңыз)?

6. Қандай жағдайда кернеулер мен деформациялар арасындағы байланысты сызықтық деп санауға болады?

7. Компрессиялық қисық арқылы қандай сипаттамаларды (деформация параметрлерін) анықтауға болады?

8. Жалпы сызықтық деформация модулі қандай есептеулерде қолданылады?

№ 4 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС
Топырақты ығыстыру сынағы
Топырақты бір жазықтықпен кесу әдісі бойынша топырақ беріктігінің параметрлерін анықтау

Жұмыстың мақсаты: зертханалық жағдайда топырақтың ығысу кедергісінің параметрлерін эксперименталды анықтау әдісін зерттеу.

4.1 Жалпы түсінік. Топырақтың белгілі бір алаңдағы ығысуға төзімділігі деп қалыпты қысым σ әсерінен топырақ құлап кететін ең кіші ығысу кернеуінің мәнін τ түсінеміз. Топырақтың ығысуға төзімділігі $\tau_{пр}$ қалыпты кернеудің шамасына σ тәуелді және келесі Кулон заңымен анықталады:

$$\tau_{пр} = \sigma \cdot tg\varphi + C\,, \qquad (4.1.)$$

мұндағы φ – ішкі үйкеліс бұрышы, град; градус;

C – топырақтың адгезиясы, кПа.

C мен φ шамалары топырақ беріктік параметрлері деп аталады.

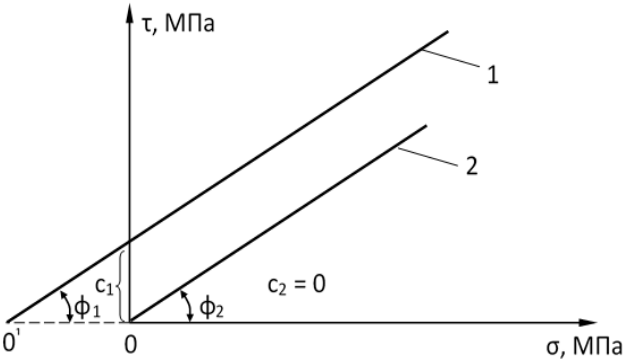
Бұл параметрлер негіздер мен іргетастарды жобалауда, беткейлер мен беткейлердің тұрақтылығын бағалауда, тірек және жерасты құрылыстарына топырақ қысымын анықтауда, сондай-ақ басқа геотехникалық есептеулерде кеңінен қолданылады.

Кулон $\sigma - \tau$ заңы координаталар бойынша оське бұрышпен φ қисайған және σ адгезия осіне тең келетін түзу сызықпен бейнеленген кесіндіні айтады (4.4 – 1-қисық).

Сусымалы топырақтарда меншікті ілінісу мәнін және практикалық мақсатта оны елемеуге болады (4.4-суреттегі 2-қисық).

Құрылымды жобалау кезінде шешілетін міндетке байланысты топырақтың ығысуға төзімділігі эксперименттерін жүргізу, әдетте, екі негізгі схема бойынша жүзеге асырылады:

а) *шоғырланған дренажды сынау* – құм мен сазды топыраққа, олардың тұрақталған күйдегі ылғалдылық дәрежесіне қарамастан жүзеге асырылады;



4.4-сурет. Қалыпты кернеуден топырақтың ығысуға қарсылығының тәуелділік графигі

б) *шоғырланбаған тазартылмаған сынақ* – суға қанықкан сазды және тұрақсыз күйдегі органикалық-минералды топырақтар үшін жүзеге асырылады.

Сынаққа диаметрі кемінде 70 мм және биіктігі 1/2 – 1/3 болатын топырақ үлгілерінде жүргізіледі.

4.2. Тапсырма

1.Кесу құрылғысын игеру.

2. Жанама кернеуден туындаған ығысу деформацияларының δ тәуелділік графигін τ, яғни $\delta_i = f(\tau)$ және $\tau_{np} = f(\sigma)$ тәуелділік графигін тұрғызыңыз.

3. Берілген топырақ үлгісінің беріктік параметрлерін анықтаңыз С және φ.

4.2.1. Жабдықтар мен құрылғылар. Топырақтың ығысуға қарсылық сынағына арналған қондырғы мыналарды қамтиды:

а) кескіш қорап, жылжымалы және жылжымайтын бөліктерден, сонымен қатар қатты тұтас перфорацияланған штамптарды қамтитын жұмыс сақинасынан тұрады;

б) үлгіге вертикальды жүктеме беруге және жанама жүктеме жасауға арналған механизмдер;

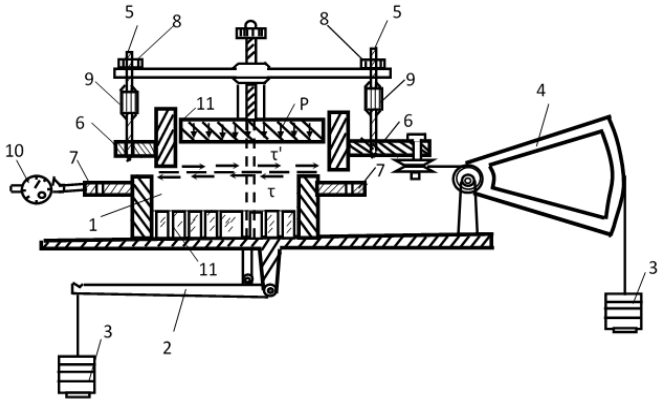
в) топырақ үлгісінің деформациясын және қолданылатын жүктемені өлшеуге арналған қондырғылар.

Сусымалы топырақты сынау үшін төменгі жылжымалы бөлігі бар кескіш қорап қолданылады.

Сынақтар ПСГ-3М, ВСВ-25М және т.б. конструкциялардың ығысу қондырғыларында жүргізіледі. Кескіш қондырғысының [25] схемасы 3.5-суретте көрсетілген.

Берілген топырақ үлгісінің ауданы, әдетте, 40 см^2 құрайды. Тік және көлденең жүктеме жүйелерінің иықтарының қатынасы 1: 10 құрайды.

Ығысу барысында топырақтың көлденең орын ауыстыруын өлшеу 0,01 дейінгі дәлдікпен сағат үлгісіндегі индикатормен жүргізіледі.



4.5-сурет. Ығысу құрылғысының схемалық диаграммасы
1 – топырақ үлгісі; 2 – вертикальды жүктеме рычагы; 3 – жүктеме платсиналары; 4 – көлденең жүктеу рычагы; 5 – бұрандалар; 6 –ығысу аспабы арбасының жоғарғы (жылжымалы) бөлігі; 7 – ығысу аспабы каретқасының төменгі (жылжымайтын) бөлігі; 8 – гайкалар; 9 – бұранданың қалыңдатылған бөлігі; 10 – индикатор; 11 – штамп

4.2.2. Сынамаға дайындық. Құрылымы бұзылған сазды топырақ сынамаларын сынауға дайындау 1.2.3-тегі нұсқауларға сәйкес жүзеге асырылады. Сазды топырақ сынамаларын шоғырландырылған сынау кезінде алдын ала тығыздау сабақ басталмай тұрып, мысалы, УГПС-12М конструкциясындағы тығыздағышта жүргізіледі. Бұл жағдайда шартты тұрақтандыру

уақыты сығымдау деформациясының соңғы қадамы: құмдақ үшін – 24 сағ; саздақ үшін J_p <12 – 6 сағ; $J_p \geq 12$ аралығындағы саздақ үшін 13 сағ; сазбалшық үшін – 12 сағ; құмдар үшін – 20 мин кем болмауы керек.

Сусымалы топырақты сынау жұмысы, оның алдын ала тығыздалуынан басталады, және сабақ басталмай тұрып тікелей қию қондырғысында жүргізіледі.

4.2.3. Сынама бағдарламасы. $\tau_{пр}$ эксперименттік жолмен анықтау нормаль кернеудің қалыпты үш мәнінде жүргізіледі: № 1 үлгі – σ = 0,1 МПа; № 2 үлгі – σ = 0,2 МПа; № 3 үлгі – σ = 0,3 МПа.

Жанама кернеулерді τ қолдану қалыпты жүктеме мәнінің 5 % қадамдарымен нормаль жүктеме σ мәнінен шығарылады.

Сынақтардың едәуір ұзақтығын ескере отырып, студенттерді үш топқа бөлуге болады, олардың әрқайсысы берілген қалыпты кернеу мәнінде топырақтың ығысуға төзімділік сынағына бір тәжірибеден жасап тұрады.

4.2.4. Сынақты жүргізу. Сынақтар келесі алгоритиммен жүзеге асырылуы тиіс.

1. Кескіш қорапшаның құрылымдарымен танысып, оның сұлбасын салу.

2. Сынақ бағдарламасымен танысып, жанама жүктеме қадамының көрсеткішін анықтау.

3. Алдын ала нығыздалған топырақтың үлгісі 6, 7 аспаптағы ығысу қорабына орнатылып, вертикальды 2 және горизонтальды 4 жүктеме жүйелері қосылады (сабақ басталмай тұрып лаборант орындайды).

4. Тік вертикаль жүйесін 2 қолдана отырып, белгіленген қалыпты қысымда σ 11 қадам аралықпен штамп арқылы топырақ үлгісі 1-ге орнатылады.

5. Топырақ үлгісінің вертикальды ығысуы тұрақтанғаннан кейін, ығысу қорабының бекітілген және жылжымалы бөліктерін қосатын бұрандалар 5 бұрап шығарылады.

6. Теру индикаторы 10 орнатылады.

7. Көтергіш бұрандалармен 9 кескіш қораптың жылжымалы және жылжымайтын бөліктерінің арасынан 0,5–1,0 мм болатын саңылау жасалады.

8. Индикатордың бастапқы көрсеткіші жазылады және топырақ үлгісіне көлденең жүктемені Т біртіндеп қолдану жүктеме жүйесі арқылы жүзеге асырылады.

Топырақ үлгісіне ΔT қадаммен көлденең жүктеме түсіру, үлгі құрылымы жойылғанға дейін біртіндеп жүреді. Жылжымалы бөліктің горизонтальды ығысу жылдамдығы 0,01 мм/мин дейін төмендегенше әр сатыдағы ығысу жүктемесі тұрақты күйде сақталады. Көрсеткіштер алдымен 2 минуттан кейін, содан кейін деформацияның ыдырау кезеңінде оның шартты тұрақтануына дейін 1 минуттан кейін тағы алынады.

Егер жанама жүктеменің келесі кезеңін қолдану кезінде, үлгінің бір бөлігі екіншісіне қатысты кесілген болса немесе жалпы ығысу деформациясы 5 мм-ден асса, сынақ аяқталды деп есептеледі.

Сынама нәтижесі 4.1-кестеге жазылады.

4.1-кесте

Топырақтың ығысуға төзімділігін есептеу журналы

Қадам нөмірі ΔT_i	Жүктемелердің қадамдық шамасы ΔT_i, Н	Аспадағы қосынды жүктеме (тәжірибе басынан) $T_i = \sum_{i=1}^{n} \Delta T_i$, Н	ΔT_i қадаммен бастап берілген жүктемеерге кеткен уақыт t, мин	Индикатор көрсеткіш-тері, мм
1	2	3	4	5

9. Сынақ аяқталғаннан кейін үлгідегі құрал енгізіледі.

4.2.5. Алынған нәтижелерді өңдеу

1. Топырақтың ығысуға төзімдлік сынағының нәтижелері кестеге енгізіледі.

Қалыпты және жанама кернеулер шамасы ығысу жазықтығында төмендегі формула бойынша анықталады:

$$\sigma = 10\sum_{i=1}^{n} F_i / A \,,\ \tau_i = 10\sum_{i=1}^{n} T_i / A \ , \qquad (4.2)$$

мұндағы $\sum_{i=1}^{n} F_i$ және $\sum_{i=1}^{n} \mathrm{T}_i$ – ілгіштегі вертикальды және горизонтальды жүктемелер жүйесінің жалпы жиынтық жүктемесінің шамасы.

4.2-кесте

Топырақтың ығысуға қарсылығының нәтижелерін анықтау

Тәжірибе нөмірі	Кесу жазықтықтағы кернеу		Қалыпты ығысу деформациясы δ_i, мм	Шекті жылжуға қарсылық кедергі $\tau_{пр}$, МПа
	қалыпты кернеу σ, МПа	жанама кернеуі τ_i, МПа		
1	2	3	4	5

2 Кестенің 3 және 4 бағандарына сәйкес 4.2 қалыпты кернеудің әр мәні үшін $\delta_i = f(\tau_i)$ графигі салынады σ. Барлық үш тәуелділік $\delta_i = f(\sigma, \tau_i)$ бір суретте орналастыру.

3 4.2-кестенің 2 және 5-бағандарына сәйкес $\tau_{пр} = f(\sigma)$ тәуелділік графигі құрылады.

4 $\tau_{пр} = f(\sigma)$ тәуелділік графигін қолдана отырып, топырақтың беріктік параметрлерін C және φ анықтайды.

Сынақтардың саны үш және одан да көп болған кезде беріктіктің параметрлері статистикалық түрде анықталуы мүмкін. Бір жазықтықты кесуге арналған топырақ беріктігі параметрлерінің негізгі көрсеткіштері ең аз квадраттар әдісінің формулаларымен анықталады [4].

$$tg\varphi_j = \frac{1}{\Delta}\left(\kappa\sum_{i=1}^{\mathrm{K}}\sigma_i\cdot\tau_i - \sum_{i=1}^{\kappa}\sigma_i\sum_{i=1}^{\kappa}\tau_i\right), \qquad (3.3)$$

$$C_j = \frac{1}{\Delta}\left(\sum_{i=1}^{\kappa}\tau_i\sum_{i=1}^{\kappa}\sigma_i^2 - \sum_{i=1}^{\kappa}\sigma_i\sum_{i=1}^{\kappa}\sigma_i\cdot\tau_i\right), \qquad (3.4)$$

мұндағы $\Delta = \kappa\sum_{i=1}^{\kappa}\sigma_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{\kappa}\sigma_i\right)^2$;

σ_i және τ_i – і-ші тәжірибе жасалғандағы, тиісінше, қалыпты қысым және топырақтың ығысуға қарсылығы;

n – τ ИГЭ әрбір нүктесіндегі сандық мәні (кем дегенде үш).

Егер (4.4) формуласы бойынша жасалған есептеулерден $C_i < 0$ болса, онда олар $C_i = 0$ деп, ал $tg\varphi_i$ формула бойынша анықталады:

$$tg\varphi_i = \sum_{i=1}^{\kappa}\tau_i\sigma_i \Big/ \sum_{i=1}^{\kappa}\sigma_i^2 . \qquad (3.5)$$

4.2.6. Топырақ беріктігінің параметрлерін ПВЭМ программасында анықтау

Ығысу тәжірибелерінің саны үш немесе одан да көп болса, топырақ беріктігінің параметрлерін анықтау Турбо-Паскаль тілінде жазылған келесі «Shear» компьютерлік бағдарламасы арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

```
program Shear;
var k,i:integer;
```

```
sx,sy,xx,yy,xy,m,yo,r:real;
x:array[1..3] of real;
y:array[1..3] of real;
begin
write('k:=');
readln(k);
writeln('first massive');
for i:=1 to k do
read (x[i]);
write ('k:=');
readln (k);
writeln ('second massive');
for i:=1 to k do
read (y[i]);
sx:=0; sy:=0; xx:=0; yy:=0; xy:=0;
for i:=1 to k do
sx:=sx+x[i];
for i:=1 to k do
sy:=sy+y[i]
for i:=1 to k do
xx:=xx+x[i]*x[i];
for i:=1 to k do
yy:=yy+y[i]*y[i];
for i:=1 to k do
xy:=xy+x[i]*y[i];
m:=(k*xy-sy*sx)/(k*xx-sx*sx);
yo:=(sy-m*sx)/k;
r:=(k*xy-sx*sy)/
(sqrt(k*xx-sx*sx)*sqrt(k*yy-sy*sy));
if yo<0 then
 begin
 yo:=0;
 m:=xy/xx;
 writeln ('m=',m);
 writeln ('yo=',yo);
 writeln ('r=',r);
```

```
 end
else
writeln ('m=',m);
writeln ('yo=',yo);
writeln ('r=',r);
end.
```

Бағдарламадағы ескертулер.

1. Беріктік параметрлерін анықтау (4.3)–(4.5) формулалар бойынша жүзеге асырылады.

2. Кіріс параметрлері: қалыпты кернеулердің мәні σ – (x) және ығысу кедергісі – (y) болып табылады.

3. Шығу сипаттамаларына: меншікті ілігісу – (yo), $tg\varphi$ – (m) және байланыс тығыздығын белгілейтін x және y жұптық корреляция коэффициенті жатады.

$$r = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i}{\sqrt{\left[n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2\right]\left[n\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)^2\right]}}, \qquad (4.6)$$

мұндағы n – анықтамалар саны.

Байланыстың тығыздығы $r \geq 0{,}5$ қанағаттанарлық; $r \geq 0{,}8...0{,}85.$ болғанда жақсы деп саналады.

4.3. Қауіпсіздік шаралары. Аспапты қатты дүмпулерге және соққыларға ұшыратуға жол берілмейді. Көлденең тұтқаның аспасынан жүктердің құлауын болдырмау үшін аспаптың станинасына орнатылған стопорды пайдалану қажет. Иінтіректердің аспаларына жүктерді салуды таңу арқылы жүргізу керек. Құрылғыны түсіру кезінде жүктер алдымен көлденең тұтқаның суспензиясынан, содан кейін вертикаль тұтқаның суспензиясынан алынады.

Бақылау сұрақтары:

1.Топырақтың беріктігі қандай сипаттамалар арқылы анықталады?

2.Кулон заңы бойынша топырақтың беріктік шарты қалай жазылады және қалай жүреді?

3. Кескіш қорап құрылғысы қалай орналасқан, сипаттама беріңіз.

4. Топырақтың ығысуға қарсылығының негізгі параметрлері?

5. С және φ параметрлерін анықтау әдістері.

6. Топырақ беріктігін ығысуға анықтау, қандай есептеулерде пайдаланылады және сипаттамалары?

7. Ығысу тәжірибелерінің нәтижелері қалай өңделеді?

4.5. Топырақ беріктігінің параметрлерін анықтау мысалы.

Табиғи күйдегі қатты құмдақ судың толық қанығуы жағдайында бір жазықтықтың ығысуымен сыналды. Бұл ретте мынадай нәтижелер алынды:

қалыпты кернеу $\sigma_1 = 0{,}1$, МПа болғанды, ығысуға кедергі $\tau_1 = 0{,}06$, МПа;

кезінде $\sigma_2 = 0{,}2$ МПа $\tau_2 = 0{,}12$ МПа;

кезінде $\sigma_3 = 0{,}2$ МПа $\tau_3 = 0{,}12$ МПа болды.

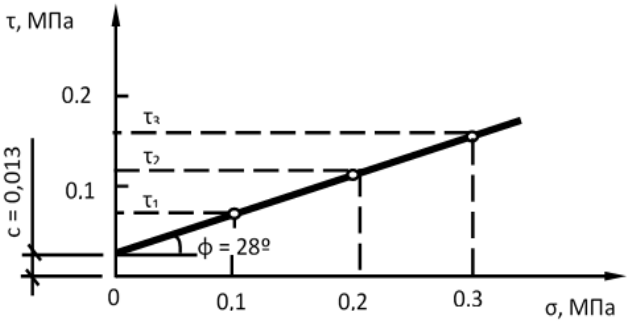
Құмдақтың беріктік параметрлерінің нақты мәндерін анықтаңыз: ішкі үйкеліс бұрышы φ және адгезия С.

Шешімі

1-тәжірибелік нүктелерді ығысу диаграммасына салыңыз.

Құмдақтың беріктігі бойынша жеке параметрлерінің мәнін анықтау: ішкі үйкеліс бұрышы φ және ілінісу C .

1. Тәжірибелік нүктелерді ығысу диаграммасына салыңыз (4.6-сурет).



4.6-сурет. τ = f (σ) арасындағы тәуелділік графигі

2. (4.3) формуласы бойынша құмдақтың ішкі үйкеліс бұрышының жеке мәнін анықтаймыз

$$tg\varphi_i = \frac{3\cdot(0{,}1\cdot 0{,}065 + 0{,}2\cdot 0{,}12 + 0{,}3\cdot 0{,}17) - (0{,}065 + 0{,}12 + 0{,}17)\cdot(0{,}1 + 0{,}2 + 0{,}3)}{3\cdot(0{,}1^2 + 0{,}2^2 + 0{,}3^2) - (0{,}1 + 0{,}2 + 0{,}3)^2} = 0{,}525$$

3. (4.4) формуласы бойынша құмдақтың меншікті ілінісінің жеке мәнін анықтаймыз:

$$C_j = \frac{1}{3}\left[(0{,}065 + 0{,}120 + 0{,}170) - 0{,}525\cdot(0{,}1 + 0{,}2 + 0{,}3)\right] = 0{,}013$$

МПа.

4. φ_j және c_j -ден алынған мәндерге байланысты $\tau = f(\sigma)$ сызықтық тәуелділік диаграммасын құрамыз (4.6-сурет).

№ 5 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС ЛАМИНАРЛЫҚ ФИЛЬТРАЦИЯ ЗАҢЫ ТОПЫРАҚТЫҢ ФИЛЬТРАЦИЯ (СҮЗІЛУ) КОЭФФИЦИЕНТІН АНЫҚТАУ

5.1. Жұмыстың мақсаты

Сусымалы топырақтардың КФ-00М құрылғысының көмегімен сүзілу коэффициентін эксперименттік жолмен анықтау әдісін зерттеу.

5.2. Жалпы мәліметтер.

Судың топырақ ішіндегі қозғалысы Дарсидің ламинарлық фильтрация заңына сәйкес жүзеге асырылады:

$$v_f = k_ф \cdot I \,. \tag{5.1}$$

Осы теңдестікте v_f – топырақтың көлденең қимасы арқылы өтетін судың жылдамдығы немесе су көлемі; κ_f – гидравликалық градиенттің i= 1 су жылдамдығына тең келетін фильтрация еселігі; i - H_2 - H_1 = H гидравликалық градиент:

$$i = H_2 - H_1 / L. \tag{5.2}$$

Ламинарлық фильтрация заңы (Дарси заңы) төмендегідей тұжырымдалады: v_f фильтрация жылдамдығы i гидравликалық градиентке тура тәуелді.

Қысым су бағанасының биіктігіне сәйкес білдіріледі:

$$H= p_w/\gamma_w \tag{5.3}$$

осы теңдестікте γ_w – судың салыстырмалы салмағы (кН/м^3).

Фильтрация еселігі жылдамдық бірліктерінде және секундтағы сантиметрлерде өлшенеді. Оның мәні гранулометриялық құрамы мен топырақтар тығыздығына байланысты өзгеріп тұрады.

Сазды топырақтар қосымша гидравликалық қысым градиентінің бастапқы мөлшерімен және су жылдамдығының механикалық қысымға тәуелділігімен сипатталады.

Құмды топырақты сүзу коэффициентін анықтаудың негізгі идеясы келесідей. Көлденең қимасы мен қалыңдығы бар топырақ үлгісі арқылы су қысыммен өтеді. Белгіленген уақыт ішінде су топырақ үлгісі арқылы сүзіледі.

$$Q = K_{ф} \cdot A \cdot I \cdot t\,. \tag{5.4}$$

Осы тәуелділікті пайдаланып және уақыт бойынша сүзілген судың Q мөлшерін өлшеп, топырақтың сүзілу коэффициентінің мәні анықталады

$$K_{ф} = \frac{Q}{A \cdot I \cdot t}\,. \tag{5.5}$$

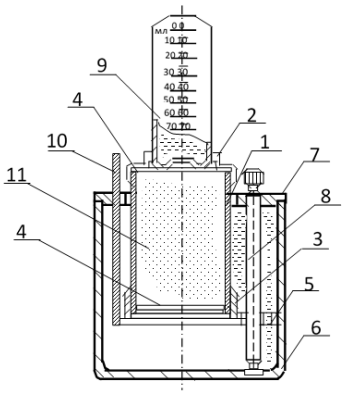
Фильтрация коэффициенті уақыт бойынша іргетастардың шөгуін есептеуде, қазаншұңқырларға, ағызу және су қабылдайтын қондырғыларға су ағынын анықтау үшін және басқа жағдайларда қолданылады.

5.3. Тапсырма

1. ҚФ-00М қондырғысын зерттеу және сусымалы топырақтағы суды сүзу коэффициентін анықтайтын конструкторлық схеманы құру.
2. Сусымалы топырақтың сүзу коэффициентінің шамасын КФ-00М құрылғысымен эксперименттік жолмен анықтау.

5.3.1. Жабдықтар мен аспаптар.

Сусымалы топырақты сынау KF-00M құрылғысында жүргізіледі. Оған қоса, сізде зертханалық таразылар, термометр, секундомер және суы бар колба болуы керек. KF-00M құрылғысының конструкциясы 5.1- суретте көрсетілген.



5.1-сурет. KF-OOM сүзу құрылғысының схемасы

5.3.2. Сынамаға дайындық.

Тестілеуге дайындық кезінде келесі жұмыс алгоритмі орындалады.

1. Құрылғы корпусынан сүзгі түтігі алынады және бөлшектеледі.

2. 1 цилиндр сұлбасы бұзылған топырақ үлгісімен толтырылады. Ол үшін цилиндрге дәке шеңберлерімен жабылған жезден жасалған 3 тормен 4 түбі қойылады. Белгілі жартылай тығыздығы бар ауа-құрғақ топырақ цилиндрге үстіңгі қабаты арқылы, қалыңдығы 1–2 см қабатталады. Топырақтың қажетті массасы формула бойынша есептеледі.

$$m = v \cdot \rho\,, \tag{5.6}$$

мұндағы v – цилиндрдің көлемі, см^3;

ρ – берілген топырақ тығыздығы, г/см^3.

Егер топырақтың қажетті массасы цилиндрге сыймаса, онда оны жеңіл нығыздау арқылы тығыздау керек.

3. Корпусқа 6 су құйылады және көтеру бұрандасын айналдыру арқылы тірек 5 штангадағы қысым градиентінің белгісі корпус қақпағының 7 жоғарғы жиегімен сәйкес келгенше жоғары көтеріледі.

4. Топырақ цилиндр тірекке орнатылады және көтеру бұрандасын бұру арқылы 0,8 градиент белгісіне дейін баяу суға батып кетеді және топырақ ылғалданғанша осы күйде қалады. Бұл кезде құрылғы корпусындағы судың тұрақты деңгейі сақталады.

5.4. Жұмыс тәртібі.

Сынаманы жүргізу келесі жұмыс ретімен жүргізіледі.

1. Бұранданы 8 бұру арқылы цилиндрді топырақпен берілген қысым градиентіне сәйкес келетін вертикаль күйге орнатыңыз (7 қақпақтың жоғарғы бөлігі деңгейінде 10 планк бойынша есеп жүргізу). Корпустың жоғарғы жиегіне дейін сумен толтырыңыз.

2. Судың температурасын термометрмен өлшеңіз.

3. Шыны бөтелкені 9 сумен толтырыңыз, тесікті саусағыңызбен жабыңыз, оны тез аударыңыз және жез тор мен тығыз муфтаға орналастырыңыз.

4. Су деңгейінің шкаласымен ауа көпіршіктерінің бөтелкеге түсуін және оның құлауын бекітіңіз.

5. Бөтелкедегі су деңгейі 10 немесе 20 см³ жеткен кездегі кеткен уақытты белгілеу үшін секундомерді қолданыңыз. Бұл уақыт есептің басы ретінде алынады.

6. Цилиндрдегі су деңгейі 20, 30, 40, 50 (немесе 20, 40, 60, 80) см³ бөлінуге жеткен уақытты жазуды жалғастырыңыз. Төрт сынама алыңыз. Нәтижелерді 5.1-кестеге жазыңыз.

5.1-кесте

Топырақтың сүзілу коэффициентін анықтауға арналған журнал

Сүзілу уақыты t_m, c		Сүзілген судың көлемі V_w, см³	Судың температурасы T_w, °С	Қысым градиенті I	Сүзілу коэффициенті K_ϕ, м/тәу
Жекелеген өлшеулер	Орташа мәні				
2	3	4	5	6	7

5.5. Нәтижелерді өңдеу

1. $K_ф$ топырақтың сүзілу коэффициенті, 10 ºС температураға келтірілген шарттқа сәйкес, есептеу мынадай формула бойынша анықталады:

$$K_ф = \frac{864 \cdot V_w}{t_m \cdot A \cdot T \cdot I}, \qquad (5.5)$$

мұндағы V_w – бір өлшеу кезінде сүзілген судың көлемі, см^3;

t_m – сүзудің орташа ұзақтығы (судың бірдей шығыны кезінде өлшеу бойынша алынған уақыт), с;

A – сүзу түтігі цилиндрінің көлденең қимасының ауданы, см^2;

I – қысым градиенті;

$T = (0{,}7 + 0{,}03T_ф)$ – сүзу коэффициентінің мәнін 10 ºС температурада суды сүзу шарттарына келтіру үшін берілетін түзету теңдеуі, мұндағы $T_ф$ – сынау кезіндегі алынған судың нақты температурасы, ºС;

2. Формула бойынша $K_ф$ мәніне сәйкес келетін топырақтың кеуектілік коэффициентінің мәнін есептеңіз:

$$e = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d, \qquad (5.6),$$

мұндағы ρ_d – топырақ тығыздығы, құрғақ топырақ қаңқасының тығыздығына тең қабылданатын топырақ тығыздығы ρ, г/см^3;

ρ_s – қатты бөлшектердің тығыздығы, г/см^3.

5.6. Қауіпсіздік шаралары.

Құрылғыны кенет итерулер мен соққыларға ұшыратуға жол берілмейді. Шыны бөтелкемен жұмыс жасағанда абай болыңыз.

Бақылау сұрақтары:

1. Топырақтың сүзілу коэффициенті қалай аталады?
2. Сынаманың жұмыс барысын сипаттаңыз.
3. Сазды топырақтардың бастапқы градиенті қалай аталады?
4. Қысым градиентінің мәні қалай анықталады?
5. Топырақтағы судың ламинарлы фильтрация заңын тұжырымдаңыз (Дарси заңы).
6. Сазды топырақтың сүзу қасиеттеріне қандай факторлар әсер етеді?
7. Фильтрлеу құрылғысы қалай жұмыс істейді?
8. Топырақтағы сүзу коэффициентін анықтау, құрылыста қандай тапсырмалар барысында қолданылады?

№ 6 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС ТОПЫРАҚТАҒЫ КЕРНЕУЛЕРДІ АНЫҚТАУ ТОПЫРАҚ МАССИВІ ӘСЕРІНЕН ТУЫНДАҒАН КЕРНЕУЛЕРГЕ ИЗОБАРЛАР, ЭПЮРАЛАРЫН САЛУ

Топырақ қалыңдығындағы кернеулерді анықтау мәселесі топырақтың беріктігі мен тұрақтылығы үшін жағдай жасау және сыртқы күштер мен топырақтың өзіндік салмағының әсерінен олардың деформациясын (негізінен негіздің отыруын) анықтау үшін үлкен маңызға ие. Белгілі болғандай, топырақ дисперсті дене болып табылады және соған қарамастан кернеулерді анықтаған кезде олар бір реттік жүктемені қабылдайтыны, тұтас, изотропты, сызықты деформацияланатын дене болып табылатындығы анықталды. Көрсетілген жағдайларда топырақ массивінің нүктесіндегі орташа кернеулерді анықтау кезінде серпімділік теориясының шешімдерін қолдануға болады.

Жобалау және құрылыс тәжірибесінде жеке (кеңістіктік тапсырма) және зығыр – іргетастардың нақты (жалпақ тапсырма) құрылымдары кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, жаңадан себілген жер құрылыстарын жобалау және топырақтың табиғи тығыздығын бағалау кезінде олардың табиғи салмағынан туындаған кернеу мөлшерін есептеу қажет. Төменде жоғарыда аталған жағдайлар үшін кернеуді анықтау әдістері қарастырылған.

6.2. Біркелкі үлестірілген жолақтық жүктеменің әсері

Жүктеу алаңының ұзындығы оның l еніне қатысты ұлғаю мөлшері бойынша, кернеуді айқындау міндеті $l/b \geq 10$ – жағдайында тегіс жазық (тегіс деформация) ретінде қарастырылады.

Шексіз ұзындықтың әрбір кесіндісіндегі, өзекті бойлаған перпендикуляр жолақтарда кернеудің бірдей көрінісі байқалады.

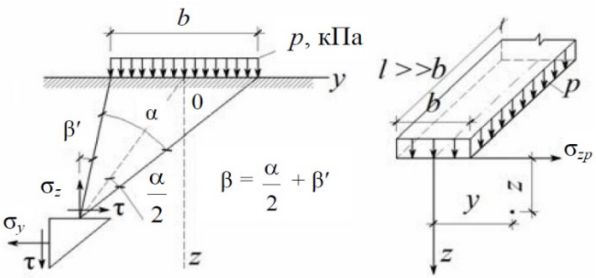
Тегістік міндетінде үш құрамдаушы анықталады: σ_z, σ_y және τ_{yz}. Демек, жоғарыда көрсетілген кесінділер жазықтар

деформациясы (тегіс деформация) үдерісінде қалады, $\tau_{yz} = \tau_{xz} = 0$, ал σ_z, σ_y және σ_y функциясы болып табылады.

Егерде изотроптық денедегі, жүк осін перпендикуляр бойлаған кесіндінің барық нүктесіндегі σ_z, σ_y және τ_{yz}-ді анықтайтын және тең кернеулердің сызығын құратын болсақ, онда 2.5-суреттегідей шынай кесте пайда болады, бұдан көрінетіні – σ_z кернеу біршама тереңдікте таралады, ал τ_{yz} кернеуі жүк жолағының біркелкілігінде ғана таралады. Интерполяцияны қолдана отырып, осы кесте бойынша кез келген нүктедегі σ_z, σ_y және τ_{yz} мәндерін табуға болады.

Тегіс есеп жағдайлары кернеулер бір жазықтықта, перпендикулярлық бағытта бөлінгенде, олар нөлге тең немесе тұрақты болған кезде пайда болады. Бұл жағдай жоспардағы өте ұзартылған тереңдіктегі негізер үшін орын алады, мысалы, таспалы және қабырғалық іргетастар, тіреу қабырғаларының негіздері, қорғандар, бөгеттер және ұқсас құрылымдар. *L* жүктеу алаңының ұзындығының оның еніне қатынасы ұлғайған кезде *b* (біркелкі бөлінген жүктеме кезінде) үлкен негізі бар тоғаларды анықтау бойынша міндет жоспарлы (жазық деформация) ретінде қарастырылуы мүмкін. Әдетте үлестірілген жүктеме жазықтық есебін $l / b > 10$ кезінде қабылдауға болады (2.3-сурет).

Тегістік тапсырма жағдайында негізгі үш құраушы анықталады: σ_z, σ_y және τ_{yz}.



6.1-сурет. Біркелкі бөлінген жолақ жүктемесінің схемасы

- σ_z және σ_y келесі формулалар бойынша есептелетін қалыпты кернеулер:

$$\sigma_z = K_z \cdot p, \quad \sigma_y = K_y \cdot p; \tag{6.1}$$

- τ_{yz} жанама кернеулері, келесі өрнек бойынша есептеледі:

$$\tau_{yz} = K_{yz} \cdot p, \tag{6.2}$$

мұндағы K_z, K_y, K_{yz} – 6.3-кестеде z/b және y/b салыстырмалы координаталарының дәрежесіне және p – кПа тең бөлінген жолақты жүктеменің қарқындылығына қарай, тиісті кернеулердің әсер ету коэффициенттері мәндері келтірілген.

6.3-кесте деректерін пайдаланып, тегістік тапсырма жағдайында топырақ массивінің көлденең және вертикаль қималары бойынша кернеулердің таралу диаграммаларын құру оңай.

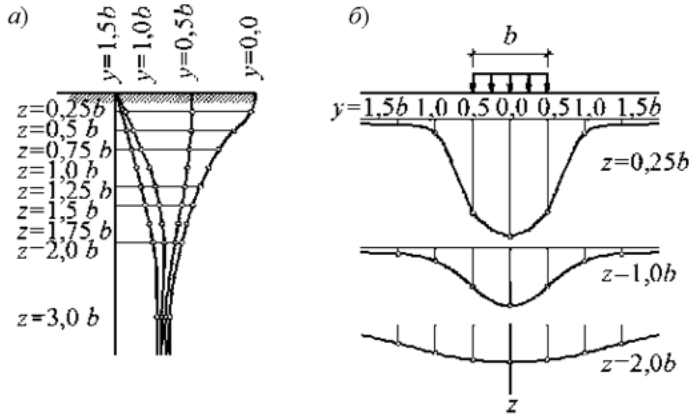
Мысал ретінде 6.4-суретте топырақ массивінің вертикаль және көлденең қималары үшін σ_z қысу кернеулерінің диаграммалары көрсетілген. Алынған кернеу диаграммаларын қолдана отырып, біртекті қисық кернеу диаграммаларын да салу оңай. 6.4, а-суретте біртекті вертикальды қысатын кернеулер немесе қысым сызықтары (изобарлар) көрсетілген. 6.5, б-суретте бірдей көлденең кернеулердің сызықтары (распорлар) және 6.5, в-сурет – жолақ тәрізді жүктеме астындағы топырақтың барлық кернеулі аймағын айқын сипаттайтын бірдей жанама кернеу сызықтары бейнеленген (жылжулар).

Тегістік тапсырма жағдайында біркелкі бөлінген жүктеме әсер еткен жағдайда кернеулердің құрамдастарын айқындау үшін K_z, K_y және K_{yz} әсер ету коэффициенттерінің мәндері 2.3-кестеде көрсетілген.

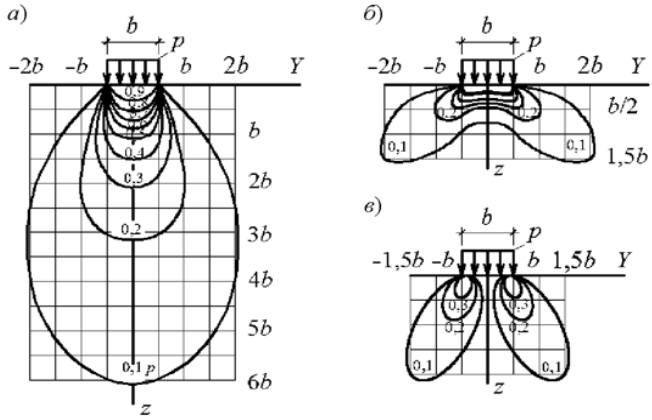
2.3-кесте Жазық есеп жағдайында біркелкі бөлінген жүктеме әсер еткен жағдайда кернеулердің құраушыларын айқындау үшін K_z, K_y және K_{yz} әсер ету коэффициенттерінің мәндері

z/b	Значения y/b																	
	0			0,25			0,5			1			1,5			2		
	K_z	K_y	K_{yz}	K_z	K_y	K_{yz}	K_z	K_y	K_{yz}	K_z	K_y	K_{yz}	K_z	K_y	K_{yz}	K_z	K_y	K_{yz}
0,00	1,00	1,00	0	1,00	1,00	0	0,50	0,50	0,32	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
0,25	0,96	0,45	0	0,90	0,39	0,13	0,50	0,35	0,30	0,02	0,17	0,05	0,00	0,07	0,01	0,00	0,04	0,00
0,50	0,82	0,18	0	0,74	0,19	0,16	0,48	0,23	0,26	0,08	0,21	0,13	0,02	0,12	0,04	0,00	0,07	0,02
0,75	0,67	0,08	0	0,61	0,10	0,13	0,45	0,14	0,20	0,15	0,22	0,16	0,04	0,14	0,07	0,02	0,10	0,04
1,00	0,55	0,04	0	0,51	0,05	0,01	0,41	0,09	0,16	0,19	0,15	0,16	0,07	0,14	0,10	0,03	0,13	0,05
1,25	0,46	0,02	0	0,44	0,03	0,07	0,37	0,06	0,12	0,20	0,11	0,14	0,10	0,12	0,10	0,04	0,11	0,07
1,50	0,40	0,01	0	0,38	0,02	0,06	0,33	0,04	0,10	0,21	0,06	0,11	0,13	0,09	0,10	0,07	0,09	0,08
1,75	0,35	—	0	0,34	0,01	0,04	0,30	0,03	0,08	0,20	0,05	0,10	0,14	0,07	0,10	0,08	0,08	0,08
2,00	0,31	—	0	0,31	—	0,03	0,28	0,02	0,06	0,17	0,02	0,06	0,13	0,03	0,07	0,10	0,04	0,07
3,00	0,21	—	o,	0,21	—	0,02	0,20	0,01	0,03	0,14	0,01	0,03	0,12	0,02	0,05	0,10	0,03	0,05
4,00	0,06	—	o,	0,16	—	0,01	0,15	—	0,02	0,12	—	—	0,11	—	—	0,09	—	—
5,00	0,13	—	0	0,13	—	—	0,12	—	—	0,10	—	—	0,10	—	—	—	—	—
6,00	0,11	—	0	0,10	—	—	0,10	—	—									

Ескертулер. Салыстырмалы тереңдікке ($\frac{2z/b}{}$) байланысты K_z және K_y коэффициенттерінің мәндері 2.1 кестеде көрсетілген (a >0 жағдайында).



2.4-сурет. Топырақ массивінің тік (*а*) және көлденең (*б*) қималары бойынша қысушы кернеулердің таралу диаграммалары



2.5-сурет. Топырақ массивіндегі тең кернеу сызықтары:
а – изобарлар σ_z ; *б* – кергіш σ_y ; *в* – ығысулар τ_{zx}

2.2-мысал. Ені b = 2 м және ұзындығы l = 26 м таспалы іргетас үшін кернеулердің мәнін анықтау қажет, сыртқы жүктеме қарқындылығы p = 180 кПа (6.6-сурет), вертикаль кернеу үшін y = 0; 1,0; 2,0 және 4,0 м; және z = 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5;

4,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0 м. болатын тереңдікте кернеудің таралу диаграммасын және тең кернеу сызықтарын (изобаралар) құрыңыз.

Шешімі

$y/b = 0/2 = 0$ шарты үшін:

$z / b = 0{,}0 / 2 = 0{,}0$; $kz = 1$; $\sigma z = 1 \cdot 180 = 180$ кПа;
$z / b = 0{,}5 / 2 = 0{,}25$; $kz = 0{,}96$; $\sigma z = 0{,}96 \cdot 180 = 173$ кПа;
$z / b = 1{,}0 / 2 = 0{,}50$; $kz = 0{,}82$; $\sigma z = 0{,}82 \cdot 180 = 148$ кПа;
$z / b = 1{,}5 / 2 = 0{,}75$; $kz = 0{,}67$; $\sigma z = 0{,}67 \cdot 180 = 121$ кПа;
$z / b = 2{,}0 / 2 = 1{,}00$; $kz = 0{,}55$; $\sigma z = 0{,}55 \cdot 180 = 99$ кПа;
$z / b = 2{,}5 / 2 = 1{,}25$; $kz = 0{,}46$; $\sigma z = 0{,}46 \cdot 180 = 83$ кПа;
$z / b = 3{,}0 / 2 = 1{,}50$; $kz = 0{,}40$; $\sigma z = 0{,}40 \cdot 180 = 72$ кПа;
$z / b = 3{,}5 / 2 = 1{,}75$; $kz = 0{,}35$; $\sigma z = 0{,}35 \cdot 180 = 63$ кПа;
$z / b = 4{,}0 / 2 = 2{,}00$; $kz = 0{,}31$; $\sigma z = 0{,}31 \cdot 180 = 56$ кПа;
$z / b = 6{,}0 / 2 = 3{,}00$; $kz = 0{,}21$; $\sigma z = 0{,}21 \cdot 180 = 38$ кПа;
$z / b = 8{,}0 / 2 = 4{,}00$; $kz = 0{,}16$; $\sigma z = 0{,}16 \cdot 180 = 29$ кПа;
$z / b = 10{,}0 / 2 = 5{,}0$; $kz = 0{,}13$; $\sigma z = 0{,}13 \cdot 180 = 23$ кПа;
$z / b = 12{,}0 / 2 = 6{,}0$; $kz = 0{,}11$; $\sigma z = 0{,}11 \cdot 180 = 20$ кПа;

$y/b = 1/2 = 0$ шарты үшін:

$z / b = 0{,}0 / 2 = 0{,}00$; $kz = 0{,}50$; $\sigma z = 0{,}50 \cdot 180 = 90$ кПа;
$z / b = 0{,}5 / 2 = 0{,}25$; $kz = 0{,}50$; $\sigma z = 0{,}50 \cdot 180 = 90$ кПа;
$z / b = 1{,}0 / 2 = 0{,}50$; $kz = 0{,}48$; $\sigma z = 0{,}48 \cdot 180 = 86$ кПа;
$z / b = 1{,}5 / 2 = 0{,}75$; $kz = 0{,}45$; $\sigma z = 0{,}45 \cdot 180 = 81$ кПа;
$z / b = 2{,}0 / 2 = 1{,}00$; $kz = 0{,}41$; $\sigma z = 0{,}41 \cdot 180 = 74$ кПа;
$z / b = 2{,}5 / 2 = 1{,}25$; $kz = 0{,}37$; $\sigma z = 0{,}37 \cdot 180 = 67$ кПа;
$z / b = 3{,}0 / 2 = 1{,}50$; $kz = 0{,}33$; $\sigma z = 0{,}33 \cdot 180 = 59$ кПа;
$z / b = 3{,}5 / 2 = 1{,}75$; $kz = 0{,}30$; $\sigma z = 0{,}30 \cdot 180 = 54$ кПа;
$z / b = 4{,}0 / 2 = 2{,}00$; $kz = 0{,}28$; $\sigma z = 0{,}28 \cdot 180 = 50$ кПа;
$z / b = 6{,}0 / 2 = 3{,}00$; $kz = 0{,}20$; $\sigma z = 0{,}20 \cdot 180 = 36$ кПа;
$z / b = 8{,}0 / 2 = 4{,}00$; $kz = 0{,}15$; $\sigma z = 0{,}15 \cdot 180 = 27$ кПа;
$z / b = 10{,}0 / 2 = 5{,}0$; $kz = 0{,}12$; $\sigma z = 0{,}12 \cdot 180 = 22$ кПа;
$z / b = 12{,}0 / 2 = 6{,}0$; $kz = 0{,}10$; $\sigma z = 0{,}10 \cdot 180 = 18$ кПа.

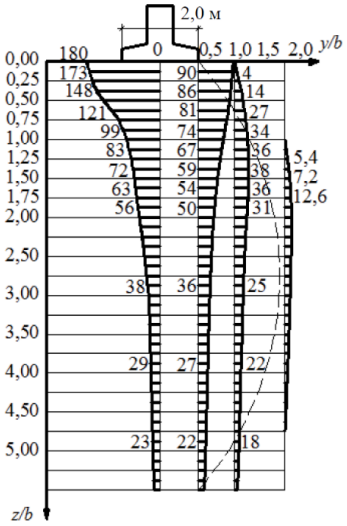
$y/b = 2/2 = 1{,}0$ шарты үшін:

$z / b = 0{,}0 / 2 = 0{,}00$; $kz = 0{,}0$; $\sigma z = 0{,}00 \cdot 180 = 0$ кПа;
$z / b = 0{,}5 / 2 = 0{,}25$; $kz = 0{,}02$; $\sigma z = 0{,}02 \cdot 180 = 4$ кПа;

$z / b = 1{,}0 / 2 = 0{,}50$; $kz = 0{,}08$; $\sigma z = 0{,}08 \cdot 180 = 14$ кПа;
$z / b = 1{,}5 / 2 = 0{,}75$; $kz = 0{,}15$; $\sigma z = 0{,}15 \cdot 180 = 27$ кПа;
$z / b = 2{,}0 / 2 = 1{,}00$; $kz = 0{,}19$; $\sigma z = 0{,}19 \cdot 180 = 34$ кПа;
$z / b = 2{,}5 / 2 = 1{,}25$; $kz = 0{,}20$; $\sigma z = 0{,}20 \cdot 180 = 36$ кПа;
$z / b = 3{,}0 / 2 = 1{,}50$; $kz = 0{,}21$; $\sigma z = 0{,}21 \cdot 180 = 38$ кПа;
$z / b = 3{,}5 / 2 = 1{,}75$; $kz = 0{,}20$; $\sigma z = 0{,}20 \cdot 180 = 36$ кПа;
$z / b = 4{,}0 / 2 = 2{,}00$; $kz = 0{,}17$; $\sigma z = 0{,}17 \cdot 180 = 31$ кПа;
$z / b = 6{,}0 / 2 = 3{,}00$; $kz = 0{,}14$; $\sigma z = 0{,}14 \cdot 180 = 25$ кПа;
$z / b = 8{,}0 / 2 = 4{,}00$; $kz = 0{,}12$; $\sigma z = 0{,}12 \cdot 180 = 22$ кПа;
$z / b = 10{,}0 / 2 = 5{,}0$; $kz = 0{,}10$; $\sigma z = 0{,}10 \cdot 180 = 18$ кПа;
$z / b = 12{,}0 / 2 = 6{,}0$; $kz = 0{,}00$; $\sigma z = 0{,}00 \cdot 180 = 0$ кПа.

$y/b = 4/2 = 2$ шарты үшін:
$z / b = 0{,}0 / 2 = 0{,}00$; $kz = 0{,}00$; $\sigma z = 0{,}00 \cdot 180 = 0$ кПа;
$z / b = 0{,}5 / 2 = 0{,}25$; $kz = 0{,}00$; $\sigma z = 0{,}00 \cdot 180 = 0$ кПа;
$z / b = 1{,}0 / 2 = 0{,}50$; $kz = 0{,}00$; $\sigma z = 0{,}00 \cdot 180 = 0$ кПа;
$z / b = 1{,}5 / 2 = 0{,}75$; $kz = 0{,}02$; $\sigma z = 0{,}02 \cdot 180 = 0$ кПа;
$z / b = 2{,}0 / 2 = 1{,}00$; $kz = 0{,}03$; $\sigma z = 0{,}03 \cdot 180 = 5{,}4$ кПа;
$z / b = 2{,}5 / 2 = 1{,}25$; $kz = 0{,}04$; $\sigma z = 0{,}04 \cdot 180 = 7{,}2$ кПа;
$z / b = 3{,}0 / 2 = 1{,}50$; $kz = 0{,}07$; $\sigma z = 0{,}07 \cdot 180 = 12{,}6$ кПа;
$z / b = 3{,}5 / 2 = 1{,}75$; $kz = 0{,}08$; $\sigma z = 0{,}08 \cdot 180 = 14{,}4$ кПа;
$z / b = 4{,}0 / 2 = 2{,}00$; $kz = 0{,}10$; $\sigma z = 0{,}10 \cdot 180 = 18$ кПа;
$z / b = 6{,}0 / 2 = 3{,}00$; $kz = 0{,}10$; $\sigma z = 0{,}10 \cdot 180 = 18$ кПа;
$z / b = 8{,}0 / 2 = 4{,}00$; $kz = 0{,}09$; $\sigma z = 0{,}09 \cdot 180 = 16$ кПа;
$z / b = 10{,}0 / 2 = 5{,}0$; $kz = 0{,}00$; $\sigma z = 0{,}00 \cdot 180 = 0$ кПа.

σ_z негіздің тереңдігі бойынша кернеудің таралу диаграммалары 6.6-суретте көрсетілген.



6.6-сурет. Топырақ массивінің вертикаль қималары бойынша σ_z кернеулердің таралу диаграммалары және тең кернеулер сызығы (изобара)

Өзіндік жұмысқа арналған тапсырманың нұсқалары 6.4-кестеде келтірілген.

6.4-кесте

Нұсқа нөмірі

Вариант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
b, м	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8
p, кПа	150	160	170	180	190	200	220	240	260	280

Вариант №	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
b, м	3	2,8	2,6	2,4	2,2	2	1,8	1,6	1,4	1,5
p, кПа	300	200	210	230	250	270	290	200	220	240

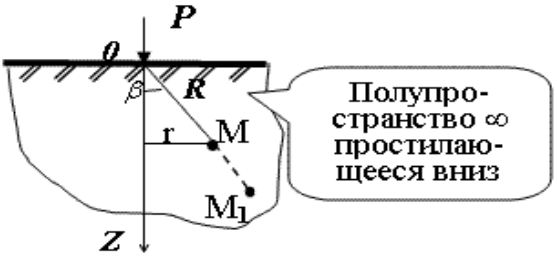
Ескерту. z = 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 және 12,0 м тереңдігінде тік бағыт y = 0; 1,0; 2,0 және 4,0 м үшін кернеудің мәнін есептеу керек.

Бақылау сұрақтары

1. Топырақтағы кернеулерді анықтауда қандай алғышарттар қолданылады?
2. Шоғырланған күштерден, күш топтарынан жүктеме аймағына бөлінген жердегі кернеуді қалай табуға болады?
3. Бұрыштық нүктелер әдісімен топырақтағы кернеулерді анықтаудың мәні неде?
4. Инженерлік құрылымдардың кернеулері қалай анықталады?
5. Топырақтың өз салмағынан кернеуді қалай есептеу керек?

№7 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС.
Шоғырланған жүктеме әсерінен кернеуді анықтау.

Топырақ негізін серпімді жартылай кеңістік ретінде ұсына отырып, осы мәселенің жобалық сызбасын құрамыз.



7.1-сурет. Шоғырланған күштерден топырақ массасындағы кернеулерді анықтауға арналған шарттардың графикалық көрінісі (есептеу схемасы).

Есептің шарттары бойынша Р шоғырланған күштің әсерінен массивті шектейтін параллель жазықтықта орналасқан М нүктесінде σ_z тік кернеулердің және τ_{zx}; τ_{zy} жанама кернеулерінің мәндерін анықтау қажет.

Бұл есепті үш кезеңде шешеміз:

1. Радиалды бағытта R-ге перпендикуляр σ_R анықтау;

2. Радиалды бағытта σ'_R анықтау (массивті шектейтін жазықтыққа параллель орналасқан алаңға қолданылған).

3. σ_z; τ_{zx}; τ_{zy} анықтау.

Есепті шешудің 1 кезеңі:

Р күшінің әсерінен М нүктесі M_1 нүктесіне өтті делік. М нүктесінің *S* - қозғалысын белгілеңіз, содан кейін мына теңдікті жазуға болады:

$$S = A \cdot \frac{\cos\beta}{R},\ S_1 = A \cdot \frac{\cos\beta}{R + dR}$$

М нүктесінің орын ауыстыруын алдық (жоғарыдағы суретті қараңыз).

Ұсынылған тәуелділікте нүктенің тұнбасы β бұрышының косинусынан тура пропорционал және нүктенің орналасу радиусына кері пропорционал болады, мұндағы А – пропорционалдылық коэффициенті.

Нүктенің салыстырмалы қозғалысын анықтаңыз:

$$e_R = \frac{S_1 - S}{dR} = \frac{\cos\beta}{dR} \cdot \left(\frac{A}{R + dR} - \frac{A}{R} \right) = \frac{\cos\beta \cdot (AR - AR - A \cdot dR)}{dR \cdot (R^2 + R \cdot dR)} = -A \cdot \frac{\cos\beta}{R^2}.$$

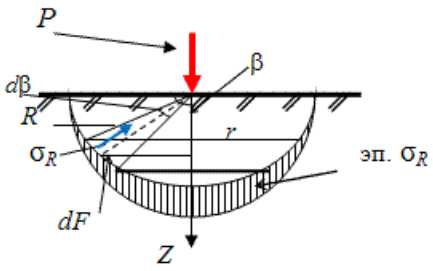
Бірінші постулат бойынша серпімділік теориясы кернеу және деформациялар арасындағы тікелей тәуелділік болу керек, яғни:

$$\sigma_R = B \cdot e_R = AB \cdot \frac{\cos\beta}{R^2}.$$

М нүктесіндегі радиалды кернеу.

Бұл формулада В-пропорционалдылық коэффициентін σ_R табу үшін АВ коэффициенттерінің көбейтіндісін анықтау қажет.

σ_R - сопроматта қолданылатын әдіс бойынша анықталады ("қима әдісі": сәулені оймен кесіңіз, және ойша бір бөлігі алынады және қалған бөлігі теңестіріледі).



7.2.-сурет. Топырақтағы радиалды кернеулерді анықтауға арналған жобалық схема.

Осы тапсырманы шешу үшін осыған ұқсас әрекет жасаймыз. R радиусымен жарты шар бөлігін қарастырып, тасталған кеңістікті σ_R кернеулерімен алмастырыңыз. $d\beta$ ішіндегі β өзгерісін қарастырыңыз. Z осіне тепе-теңдік теңдеуін құрамыз:

$$\sum P_z = 0; \quad P - \int_0^{\pi/2} \sigma_R \cdot \cos\beta \cdot dF = 0;$$

$$dF = 2\pi \cdot r \cdot d\beta R = 2\pi R \cdot \sin\beta R \cdot d\beta;$$

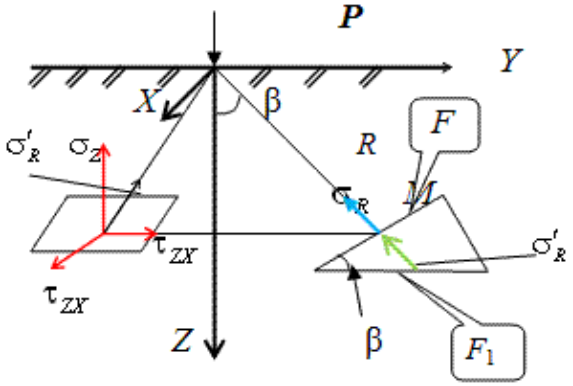
$$P = 2\pi \cdot AB \cdot \int_0^{\pi/2} \cos^2\beta \cdot \sin\beta \cdot d\beta = P - 2\rho \cdot AB \cdot \left(-\frac{\cos^3\beta}{3} \right)\Bigg|_0^{\pi/2} = P - 2\pi \cdot AB \cdot \frac{1}{3} = 0$$

.

Отсюда $AB = \dfrac{3P}{2\pi}$ тогда $\sigma_R = \dfrac{3}{2} \cdot \dfrac{P}{\pi} \cdot \dfrac{\cos\beta}{R^2}$.

Жердегі радиалды кернеудің мәні нүктенің координаталарына және қолданылатын күштің шамасына байланысты.

Есепті шешудің 2 кезеңі:



7.3-сурет. 7.3 - Радиалды кернеулерді вертикальға қайта есептеу схемасы.

Геометриялық қатынастардан төмендегідей жазуға болады:

$$\sigma_R \cdot F = \sigma'_R \cdot F_1;$$

$$\sigma'_R = \frac{\sigma_R \cdot F}{F_1} = \sigma_R \cdot \cos\beta;$$

$$\frac{F}{F_1} = \cos\beta; \quad \sigma'_R = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi} \cdot \frac{\cos^2\beta}{R^2};$$

$$\cos\beta = \frac{Z}{R}; \quad \sigma'_R = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi} \cdot \frac{Z^2}{R^4}.$$

Массивті шектейтін жазықтыққа параллель платформаға қолданылатын радиалды кернеулердің шамасын алдық.

Есепті шешудің 3 кезеңі:

$$\sigma_z = \sigma'_R \cdot \cos(\sigma'_R; Z) = \sigma'_R \cdot \frac{Z}{R}; \quad \sigma_z = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi} \cdot \frac{Z^3}{R^5};$$

$$\tau_{zx} = \sigma'_R \cdot \cos(\sigma'_R; X) = \sigma'_R \cdot \frac{X}{R}; \quad \tau_{zx} = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi} \cdot \frac{Z^2 \cdot X}{R^5};$$

$$\tau_{zy} = \sigma'_R \cdot \cos(\sigma'_R; Y) = \sigma'_R \cdot \frac{Y}{R}; \quad \tau_{zx} = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi} \cdot \frac{Z^2 \cdot Y}{R^5};$$

$R = \sqrt{Z^2 + r^2} = Z \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{r}{Z}\right)^2}$, қоямыз және табамыз

$$\sigma_z = \frac{3P \cdot Z^3}{2\pi \cdot Z^5 \cdot \left[1 + \left(\frac{r}{Z}\right)^2\right]^{\frac{5}{2}}}.$$

Белгілеу енгіземіз:

$$\frac{3}{2\pi\cdot\left[1+\left(\frac{r}{Z}\right)^2\right]^{\frac{5}{2}}}=K\cdot$$

Жоғарыда келтірілген өрнекті жеңілдете отырып, К коэффициентінің мәнін енгіземіз, содан кейін аламыз:

$$\sigma_z=K\cdot\frac{P}{Z^2};\quad \tau_{zy}=K\cdot\frac{P\cdot Y}{Z^3};\quad \tau_{zx}=K\cdot\frac{P\cdot X}{Z^3}.$$

Біздің тапсырмамызды түпкілікті шешудің нәтижесі.

$K=f\left(\frac{r}{Z}\right)$ - мәні кесте бойынша анықталады.

Шоғырланған күштердің әсерінен топырақ массивіндегі тік кернеулерді анықтауға арналған мысал:

Тапсырманы орындау мысалы. -бірнеше шоғырланған күштердің әсерінен топырақ массивіндегі тік кернеулерді анықтау.

Топырақ массивіндегі кернеудің тік компоненттерінің шамаларын анықтаңыз және кернеу диаграммасын құрыңыз:

а) N_2 күшінің әрекет ету осі бойынша өтетін тік нүктеде шоғырланған күштердің бірлескен әрекетінен жартылай кеңістік бетіне N_1, N_2, N_3 бірнеше шоғырланған күштерді орналасырған кезде топырақ массивіндегі кернеу мынадай формула бойынша анықталады:

$$G_2=K_1\cdot\frac{N_1}{Z^2}+K_2\cdot\frac{N_2}{Z^2}+K_3\cdot\frac{N_3}{Z^2}+\ldots+K_i\cdot\frac{N_i}{Z^2}$$

мұндағы K_i - *n/z* қатынасына байланысты кестеден алынған коэффициент, мұндағы *n* М нүктесі және N күштің әсер ету сызығының вертикаль сызық нүктесі арасындағы қашықтық.

7.1-кесте. *r/z* әр түрлі қатынастардағы *K* коэффициентінің мәні:

r/z	K	*r/z*	K	r/z	K	*r/z*	K
0,00	0,4775	0,50	0,2733	1,00	0,0844	1,5	0,0251
0,05	0,4745	0,55	0,2466	1,05	0,0744	1,6	0,0200
0,10	0,4657	0,60	0,2214	1,10	0,0658	1,7	0,0160
0,15	0,4516	0,65	0,1978	1,15	0,0581	1,8	0,0129
0,20	0,4329	0,70	0,1762	1,20	0,0513	1,9	0,0105
0,25	0,4103	0,75	0,1565	1,25	0,0454	2,0	0,0085
0,30	0,3849	0,80	0,1386	1,30	0,0402	2,5	0,0034
0,35	0,3577	0,85	0,1226	1,35	0,0357	3,0	0,0015
0,40	0,3294	0,90	0,1083	1,40	0,0317	4,0	0,0004
0,45	0,3011	0,95	0,0956	1,45	0,0282	5,0	0,0001

Z=1,0 м тереңдігінде G_1 анықтаңыз:

r_1/ z = 3,0/ 2,0 = 1,5 болғанда $К_1$ = 0,0015;

r_2/ z = 0/ 1 = 0 болғанда $К_2$ = 0,4775;

Z=2 тереңдігінде G_2 анықтаңыз:

r_1/z = 3,0/ 2,0 = 1,5 болғанда $К_1$ = 0,0251;

r_2/z = 0/ 2 = 0; 0 = 0 болғанда $К_2$ = 0,4775;

r_3/z = 2,0/ 2,0 = 1,0 болғанда $К_3$ = 0,0844;

G_2 = 0,0251 * (1300/4) + 0.4775 * (500/4) + (1500/4) *0.0844 =99,5 кН.

Z=4 тереңдігінде G_4 анықтаңыз:

r_1/z = 3,0/ 4 = 0,75 болғанда $К_1$ = 0,1565;

r_2/z = 0/ 4 = 0 болғанда $К_2$ = 0,4775;

r_3/z = 2,0/ 4 = 0,5 болғанда $К_3$ = 0,2733;

G_4 = 0,1565 * (1300/16) + 0.4775 * (500/16) + (1500/16) *0.2733 =12,42+14,92+25,62 = 53,2 кН.

Z=6 тереңдігінде G_6 анықтаңыз:

r_1/ z = 3,0/ 6,0 = 0,5 болғанда $К_1$ = 0,2733;

r_2/ z = 0/ 6,0 = 0 болғанда $К_2$ = 0,4775;

r_3/ z = 2,0/ 6 = 0,3333 болғанда $К_3$ = 0,3687;

G_6 = 0,2733 * (1300/36) + 0.4775 * (500/36) + (1500/36) *0.3687 =9,87+6,63+15,62 = 31,86 кН

N_1, N_2 және N_3 күштерінің әсер ету жазықтығында орналасқан көлденең кернеу бетінен Z=3 м тереңдікте болады:

1) 1 нүктеде:

2) r_1/ z = 1/ 3 = 0,333 болғанда $К_1$ = 0,3687;

3) r_2/ z = 2/3 = 0,67 болғанда $К_2$ = 0,1889;

4) r_3/ z = 4/ 3= 1,33 болғанда $К_3$ = 0,0374 ;

5) G_1 = 0,3687 * (1300/9) + 0.1889 * (500/9) + (1500/9) *0.0374 = 69,98 кН.

2) 2 нүктеде:

r_1/ z = 2/ 3 = 0,67 болғанда $К_1$ = 0,1889 ;

r_2/ z = 1/3 = 0,33 болғанда $К_2$ = 0,3687 ;

r_3/ z = 3/ 3= 1,0 болғанда $К_3$ = 0,0844 ;

G_2 = 0,1889 * (1300/9) + 0.3667 * (500/9) + (1500/9) *0.0844 = 62,23 кН.

3) 3 нүктеде:

r_1/ z = 3/ 3 = 1,0 болғанда $К_1$ = 0,0844 ;

r_2/ z = 0/3 = 0 болғанда $К_2$ = 0,4775;

r_3/ z = 3/ 3= 1,0 болғанда $К_3$ = 0,0844;

G_3 = 0,0844 * (1300/9) + 0.4775 * (500/9) + (1500/9) *0.1889 = 70,20 кН.

4) 4 нүктеде:

r_1/ z = 4/ 3 = 1,33 болғанда $К_1$ = 0,0374;

r_2/ z = 1/3 = 0,33 болғанда $К_2$ = 0,3687;

r_3/ z = 1/ 3= 0,33 болғанда $К_3$ = 0,3687;

G_4 = 0,0374 * (1300/9) + 0.3687 * (500/9) + (1500/9) *0.3687 = 87,33 кПа.

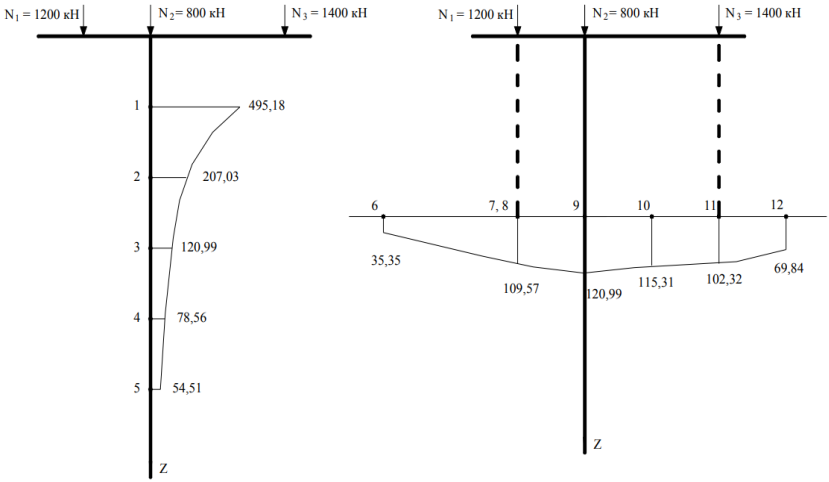
5) 5 нүктеде:

r_1/ z = 5/ 3 = 1,67 болғанда $К_1$ = 0,171;

r_2/ z = 2/3 = 0,67 болғанда $К_2$ = 0,1889;

r_3/ z = 0/ 3= 0 болғанда $К_3$ = 0,4775 ;

G_5 = 0,0171 * (1300/9) + 0.1889 * (500/9) + (1500/9) *0.4775 = 92,55 кПа.



7.4-сурет. N_1, N_2 және N_3 күштерінің бірлескен әрекетінен туындаған кернеу диаграммалары.
1-вертикаль қима бойынша, 2-көлденең қима бойынша

Тапсырманы орындау үшін берілген бастапқы деректер:

2 қосымша

Нұсқалар	Жүктемелер, кН			Жүктемелер арасындағы арақашықтық, м		Тереңдік, м
	N_1	N_2	N_3	r_1	r_2	
1	50	1000	300	3	1	1
2	100	850	400	1	2	2
3	150	750	500	2	3	3
4	200	650	600	3	4	4
5	250	550	300	4	5	1
6	300	450	400	5	1	2
7	400	350	500	6	2	3
8	500	250	600	1	3	4
9	700	150	300	2	4	1
0	1000	50	400	3	5	2

Бақылау сұрақтары:

1. Шоғырланған күштен түскен топырақ массивіндегі кернеулерді қалай анықтаймыз, формулаларды жазыңыз.

2. Мысалдағы бірдей кернеулердің сызық изобараларын сызыңыз.

3. Іргелес құрылымдардың әсерін ескере отырып, кернеулер қалай анықталады?

4. Геотехника саласындағы қандай кеңес зерттеушілерінің жұмыстарын білесіз?

№8 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС
Студенттердің 1 аралық аттестациясына арналған
Бақылау сұрақтары

1. Топырақтың физикалық қасиеттері мен көрсеткіштері.

1.1. ГОСТ 25100-95 бойынша топырақтардың жіктелуі. Топырақ классификациясы.

1.2. Кеуектілік коэффициенті дегеніміз не?

1.3. Икемділік саны дегеніміз не?

1.4. Топырақтың негізгі физикалық және механикалық қасиеттері және олардың сипаттамасы.

1.5. Топырақтың оңтайлы ылғалдылығы дегеніміз не?

1.6. Топырақтың оңтайлы ылғалдылығы қандай және құрылғыда қалай анықталады?

1.7. Топырақты тығыздау коэффициенті дегеніміз не?

2. Топырақтың су өткізгіштігі.

2.1.Топырақтың су өткізгіштігі дегеніміз не?

2.2. Фильтрациялау дегеніміз не?

2.3. Гидравликалық градиент дегеніміз не?

3. Топырақтың компрессиялық қасиеттері.

3.1. Деформациялардың қандай түрлері бар және оған жүктемелер әсер еткен кезде топырақта қандай процестер жүреді?

3.2. Уақыт өте келе топырақтың деформациясы қалай өзгереді?

3.3. Топырақтың көлденең кеңею және бүйірлік қысым коэффициенттері дегеніміз не?

3.4. Топырақтың бүйір қысымының коэффициенті қай құрылғыда анықталады?

3.5. Топырақты сығымдау кезінде топырақтың сығылуының қандай сипаттамалары анықталады?

4. Топырақтағы бос кеңістік

4.1. Кернеуді анықтау кезінде қандай алғышарттар қолданылады?

4.2. Концентрацияланған күш, күштер тобынан және платформаға бөлінген жүктемеден жердегі кернеуді қалай табуға болады?

4.3. Бұрыштық нүктелер әдісімен топырақтың кернеуін анықтаудағы маңыздылығы қандай?

4.4. Инженерлік құрылымдар негізіндегі кернеулер қалай анықталады?

4.5. Топырақтың өз салмағынан кернеуді қалай есептеу керек?

5. Негіздердегі соңғы отыру шегін анықтау.

5.1. Негіздің отыруы деп нені айтады?

5.2. Құрылымдарда негіздің отыруын есептеудің қатаң әдістерінің кемшіліктері қандай?

5.3. Қабат бойынша жинақтау әдісімен құрылымдардың орналасуын анықтаудың мәні неде?

5.4. Топырақтың жалпы деформация модулін қандай әдістермен анықтайды?

5.5. Жобалау және құрылыс кезінде инженерлік құрылымдардың уақытындағы негздің отыруын анықтаудың маңызы қандай?

6. Топырақтың шоғырлану теориясы.

6.1. Шоғырлану дәрежесі (есеп айырысу дәрежесі) қалай аталады?

6.2. Суға қаныққан жер қойнауындағы жағалаулардың шөгуін тездету әдістерінің негізгі принциптері қандай?

7. Топырақтың ығысуға төзімділігі.

7.1. Құрылымы бірікпейтін топырақтың беріктік сипаттамасы қандай?

7.2. Бірікпейтін топырақтың ішкі үйкеліс бұрышына қандай факторлар әсер етеді?

7.3. Көлбеу рельеф дегеніміз не?

7.4. Сазды топырақтың ығысу беріктігінің ерекшелігі неде?

7.5 Шаңды-сазды топырақтың ығысу беріктігін қандай факторлар анықтайды?

8. Топырақтың соңғы кернеулі күйі.

8.1. Топырақтың соңғы кернеулі күйі нені білдіреді?

8.2. Қандай жүктеме шеттік критикалық жүктеме деп аталады?

8.3 Қандай жүктеме топырақ пропорционалдылық шегі деп аталады?

8.4 Негізге жүктелетін соңғы жүктеме нені білдіреді?

9. Топырақ беткейлерінің тұрақтылығы.

9.1. Топырақ көлбеуінің тұрақтылығын есептеуге арналған қатып қалған бөліктің құлау әдісінің мәні неде?

9.2. Көлбеудің дөңгелек-цилиндрлік беттері әдісімен есептеу кезінде еңістің тұрақтылық коэффициенті қалай анықталады?

10. Тірек қабырғалардағы топырақ қысымы.

10.1. Топырақтағы белсенді және пассивті қысымының айырмашылығы неде?

10.2. Топырақтағы үйкеліс активті және пассивті қысымды есептегенде меншікті ілінісу қалай есептеледі?

№9 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС
Кернеулерді бұрыштық нүктелер әдісімен анықтау

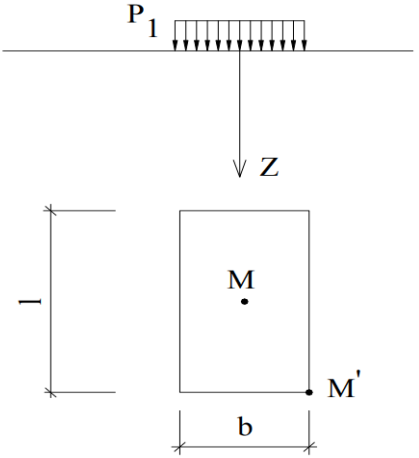
9.1 Жергілікті біркелкі үлестірілген жүктеменің әсері

9.1 суретке сәйкес, тік бұрышты жүктеу алаңының ортасы астында орналасқан нүктелерге арналған σ_z тең бөлінген қысым мәні мына формула бойынша анықталады:

$$\sigma_z = \alpha \cdot P,$$

мұндағы α – кестелік коэффициент; p – тең дәрежеде бөлінген қысым.

z тереңдігіндегі, α жүктеу мәніндегі алаң орталығы астындағы σ_z кернеуді анықтағанда, мәніне қарай $\eta = \frac{l}{b}$ және $\varsigma = \frac{2z}{b}$ болады (мұндағы l – жүктеу алаңы тік бұрыштың ұзын жағы; b -оның ені).



9.1-сурет. Біркелкі таралған қысым әсерінен
туындаған кернеуді анықтауға арналған есептік схема

Тік бұрышты жүктеу алаңының σ_z бұрыш асты нүктелерін тапқанда, мысалы, С нүктесінің астындағы α мәнін табуда да шамаға қарай тәуелділік кестесін пайдалануға болады: $\eta = \frac{l}{b}$ және ς. Бұл жағдайда $\varsigma = \frac{z}{b}$. Бұрыш асты нүктелеріндегі кернеуді мына формуа бойынша анықталады:

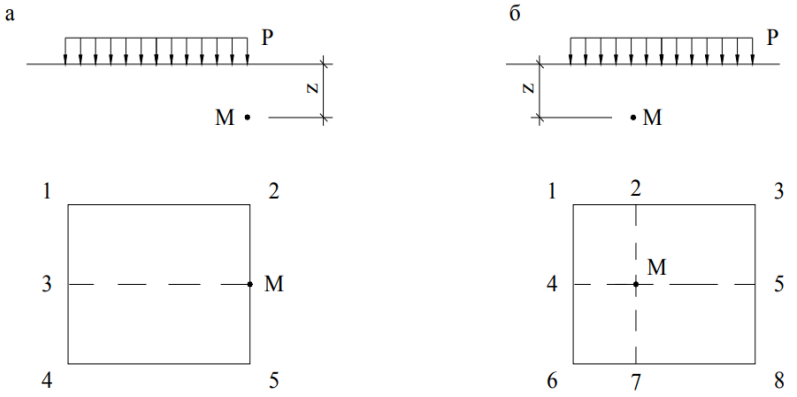
$$\sigma_z = 0,25 \cdot \alpha \cdot P .$$

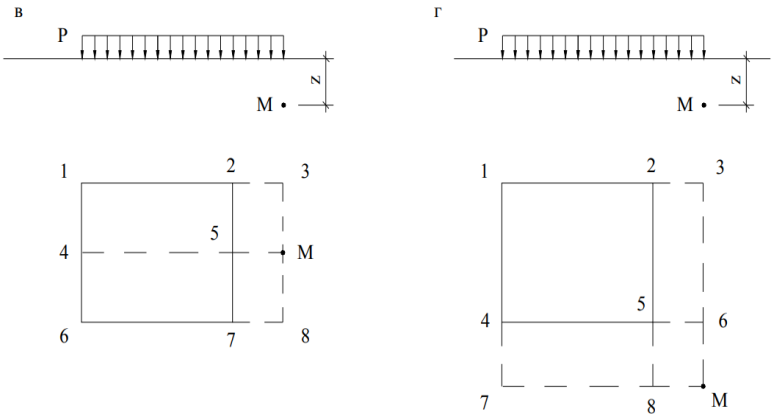
σ_z жартылай кеңістіктің кез келген нүктесінде σ_z тік кернеуді анықтау үшін теңдеуді пайдалануға болады (9.7) теңдеуді пайдалануға болады. Егер жартылай кеңістіктің көлбеу бетіндегі (М нүктесі) қарастырылған М′ нүктесінің проекциясы 9.2 б суретіне сәйкес, жүктеу алаңы шегінде орналасқан болса, онда бұл алаңды М нүктесі әрбіреуінің бұрыштық нүктесі болатындай етіп төрт тік бұрышқа бөлуге болады:

$$\sigma_z = \sigma_{zI} + \sigma_{zII} + \sigma_{zIII} + \sigma_{zIV} = 0,25P \cdot (\alpha_I + \alpha_{II} + \alpha_{III} + \alpha_{IV}),$$

мұндағы $\sigma_{zI}, \sigma_{zII}, \sigma_{zIII}, \sigma_{zIV}$ – кестелік коэффициенттер.

Жалпы, кернеулерді бұрыштық нүктелер әдісімен анықтауда, нүктенің 4 орналасу мүмкін жағдайы болуы мүскін (сур.9.2).





9.2-сурет. Кернеулерді бұрыштық нүктелер әдісімен анықтау схемасы

1 жағдай. М нүктесі тікбұрышты жүктеу аймағының контурында орналасқан (сурет.9.2.а). Жүктеу аймағын екі тіктөртбұрышқа (I-12M3, II-3M54) бөліп, М нүктесі олардың әрқайсысы үшін бұрыштық болатындай етіп, σ_z кернеулерін I және II тіктөртбұрыштардың бұрыштық кернеулерінің қосындысы ретінде анықтауға болады:

$$\sigma_z = \sigma_{zI} + \sigma_{zII} = 0,25P \cdot (\alpha_I + \alpha_{II})$$

α_I және α_{II} коэффициенттерінің мәні $\eta = \frac{l_I}{b_I}$, $\varsigma = \frac{z}{b_I}$ және $\eta = \frac{l_{II}}{b_{II}}$, $\varsigma = \frac{z}{b_{II}}$ қатынасына қарай 2 қосымшаға қарап қабылданады, мұндағы l_I, b_I, l_{II}, b_{II}, - тиісті тіктөртбұрыштардың бүйірлерінің өлшемдері. Бұл әрқашан $b \leq l$ деп қабылданады.

2 жағдай. М нүктесі тікбұрышты жүктеме аймағының контурының ішінде орналасқан (сурет.9.2.б). Бұл жағдайда жүктеме ауданы төрт тіктөртбұрышқа (I-12M4, II-235M, III-

4М76, IV-М587) бөлінеді, сондықтан М нүктесі әр тіктөртбұрыш үшін бұрыштық болады. Сонда

$$\sigma_z = \sigma_{zI} + \sigma_{zII} + \sigma_{zIII} + \sigma_{zIV} = 0,25P \cdot (\alpha_I + \alpha_{II} + \alpha_{III} + \alpha_{IV})$$

мұнда I, II, III, IV индекстер α коэффициенттері анықталатын жүктеме аудандарының нөмірлерін көрсетеді.

3 жағдай. М нүктесі жүктелген аймақтың контурынан тыс тараптардың біріне қарама-қарсы орналасқан (сурет.9.2.в). Жүктеу аймағы М нүктесі төрт тіктөртбұрыштар үшін қайтадан бұрыштық болатындай етіп аяқталады (I-13М4, II-4М86, III-23М5, IV-5М87). Бұл ретте III және IV алаңдар шегінде жалған жүктеме кері бағытта қолданылады:

$$\sigma_z = \sigma_{zI} + \sigma_{zII} - \sigma_{zIII} - \sigma_{zIV} = 0,25P \cdot (\alpha_I + \alpha_{II} - \alpha_{III} - \alpha_{IV}).$$

4 жағдай.

М нүктесі жүктеу аймағының бұрыштарының біріне қарсы орналасқан (сурет 9.2.г). Бұл жағдайда жалған аймақ қосылады. М нүктесі келесі тіктөртбұрыштар үшін бұрыштық болады: I-13М7, II-46М7, III-23М8, IV-56М8. Сонда кернеу өрнек арқылы анықталады

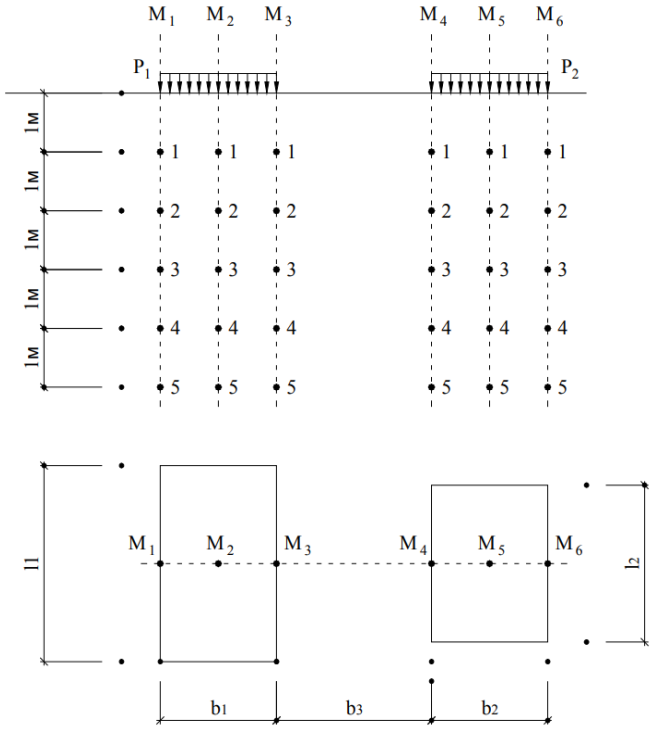
$$\sigma_z = \sigma_{zI} - \sigma_{zII} - \sigma_{zIII} + \sigma_{zIV} = 0,25P \cdot (\alpha_I - \alpha_{II} - \alpha_{III} + \alpha_{IV})$$

2, 3 және 4 жағдайларда бұрыштық кернеулерді және оларға сәйкес келетін α коэффициенттерінің мәндерін анықтау ережелері 1-жағдай үшін келтірілгендермен бірдей болады.

Бұрыштық нүктелер әдісі әдетте бір-біріне жақын орналасқан іргетастардың өзара әсерін есептеу үшін қолданылады.

2 тапсырма. Топырақ массивіндегі σ_{zp} вертикаль кернеулердің мәндерін анықтаңыз және берілген вертикальдағы 1-6 нүктедегі екі іргетастың әсерінен түскен, яғни бірлескен

жүктемелер әрекетінен туындаған кернеу диаграммаларын құрыңыз. Есептеу схемасы 9.3. суретте көрсетілген.



9.3-сурет. 2 тапсырма берілген есептік сызба

Берілгені:
l_I = 2,5 м,
b_I =1,9 м,
l_{II} = 3,3 м,
b_{II} =2,3 м ,
b_{III} =0,7 м,
P_I = 280 кН,
P_2 = 310 кН,
Есептік вертикаль - M_I.

Шешімі

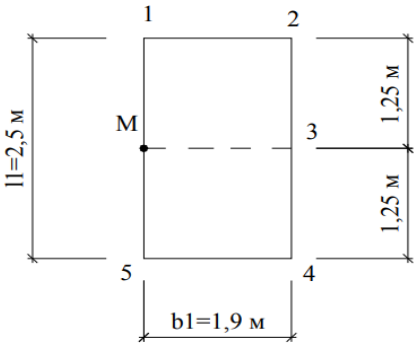
2 нүктедегі Z =1 м σ_z вертикаль қалыпты кернеулерді анықтау.

P_I жүктемесінен түскен σ_z кернеу.

М нүктесі олардың әрқайсысы үшін бұрыштық болатындай етіп жүктеу аймағын екі тіктөртбұрышқа бөлеміз (сурет.9.4):

Тіктөртбұрыш I -123М,

Тіктөртбұрыш II-М354.



9.4-сурет. P_I жүктемесінен түскен σ_z кернеуді анықтау үшін берілген есептік схема

I және II тіктөртбұрыштар үшін α коэффициенттерін анықтаймыз:

$$\eta = \frac{l_I}{b_I} = \frac{l_{II}}{b_{II}} = \frac{1,9}{1,25} = 1,52;$$

$$\varsigma = \frac{z}{b_I} = \frac{z}{b_{II}} = \frac{1}{1,25} = 0,8;$$

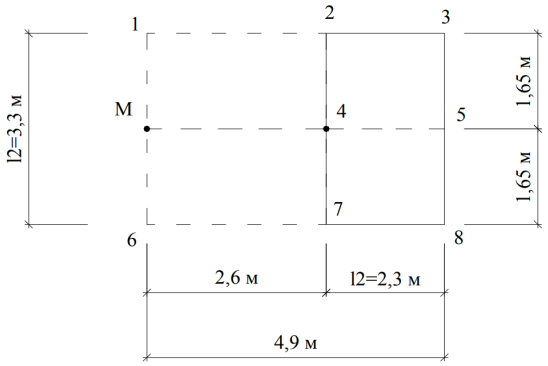
$$\alpha_I = \alpha_{II} = 0,8546.$$

P_1 жүктемесінен түскен 2 нүктедегі кернеу:

$$\sigma_z = 0,25P \cdot (\alpha_I + \alpha_{II}) = 0,25 \cdot 280 \cdot (0,8546 + 0,8546) = 119,6 \text{кПа}.$$

P_2 жүктемесінен түскен σ_z кернеу:

Жүктеу алаңы төрт тіктөртбұрышқа бөлінеді (сурет.9.5.):
тіктөртбұрыш I – 135М,
тіктөртбұрыш II – М586,
тіктөртбұрыш III – 124М,
тіктөртбұрыш IV – М476.



9.4-сурет. P_2 жүктемесінен түскен σ_z кернеуді анықтау үшін берілген есептік схема

α коэффициенттерін анықтаймыз

- I және II тіктөртбұрыштары үшін:

$$\eta = \frac{l_I}{b_I} = \frac{l_{II}}{b_{II}} = \frac{4,9}{1,65} = 2,97;$$

$$\varsigma = \frac{z}{b_I} = \frac{z}{b_{II}} = \frac{1}{1,65} = 0,61;$$

$$\alpha_I = \alpha_{II} = 0,925.$$

- III және IV тіктөтбұрыштары үшін:

$$\eta = \frac{l_{III}}{b_{III}} = \frac{l_{IV}}{b_{IV}} = \frac{2,6}{1,65} = 1,58;$$

$$\varsigma = \frac{z}{b_I} = \frac{z}{b_{II}} = \frac{1}{1,65} = 0,61;$$

$$\alpha_I = \alpha_{II} = 0,913.$$

P_2 жүктемесінен түскен 2 нүктедегі кернеу

$$\sigma_z = 0,25P \cdot (\alpha_I + \alpha_{II} - \alpha_{III} - \alpha_{IV}) = 0,25 \cdot 310 \cdot (2 \cdot 0,925 - 2 \cdot 0,913) = 1,9$$ кПа.

P_1 және P_2 жүктемелерінің бірлескен әсерінен түскен 2-нүктедегі σ_z кернеуі

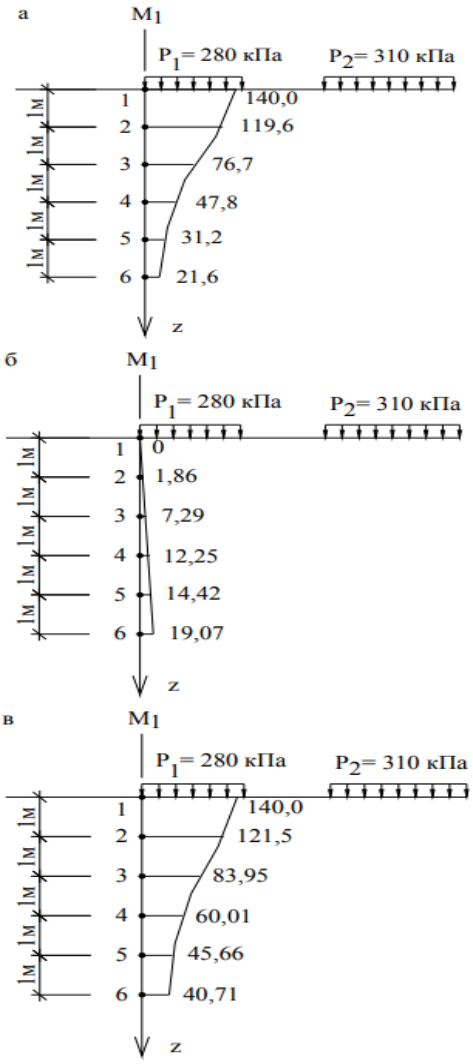
$$\sigma_z = 119,6+1,9 = 121,5 \text{ кПа}.$$

1,3-6 нүктелеріндегі σ_z кернеулерін анықтау нәтижелері 9.1 кестеде көрсетілген.

Есеп нәтижелері бойынша кернеу диаграммалары жасалады (сурет.9.6).

9.1-кесте. Біркелкі бөлінген жүктеменің бірлескен әрекетінен туындаған σ_z кернеуін анықтау

Нүкте	z, м	Жүктеме P_1					Жүктеме P_2							σ_z бірлескен күштердің әсерінен P_1 және P_2, кПа
		$\frac{l_1}{b_1}$, $\frac{l_2}{b_2}$	$\frac{z}{b_1}$, $\frac{z}{b_2}$	α_1, α_2	P_1, кПа	σ_z, кПа	$\frac{l_1}{b_1}$, $\frac{l_2}{b_2}$	$\frac{l_1}{b_1}$, $\frac{l_2}{b_2}$	$\frac{z}{b_i}$	α_1, α_2	α_3, α_4	P_2, кПа	σ_z, кПа	
1	0	1,52	0	1	280	140	2,97	1,58	0	1	1	310	0	140,0
2	1	1,52	0,8	0,8546	280	119,6	2,97	1,58	0,61	0,925	0,913	310	1,86	121,5
3	2	1,52	1,6	0,5476	280	76,7	2,97	1,58	1,21	0,744	0,697	310	7,29	83,95
4	3	1,52	2,4	0,3412	280	47,8	2,97	1,58	1,82	0,57	0,491	310	12,25	60,01
5	4	1,52	3,2	0,2232	280	31,2	2,97	1,58	2,42	0,439	0,346	310	14,42	45,66
6	5	1,52	4,0	0,1546	280	21,6	2,97	1,58	3,03	0,375	0,252	310	19,07	40,71



9.6-сурет. кернеу диаграммалары:
а - P_1 жүктеме әрекетінен, б - P_2 жүктеме әрекетінен,
в - P_1 және P_2 жүктемелерінің бірлескен әрекетінен.

3-қосымша

Тапсырманы орындау үшін бастапқы деректер

Нұсқа	Іргетас номері				Жүктемелер, кН		Іргетас арасындағы арақашықтық, м	Есептік нүтелер
	1		2					
	Іргетас өлшемдері, м				P_1	P_2		
	l_I	b_I	l_{II}	b_{II}				
1	2,6	1,8	3,4	2,2	100	1000	0,6	M_1
2	2,5	1,9	3,3	2,3	200	900	0,7	M_2
3	2,4	1,7	3,2	2,2	300	800	0,8	M_3
4	2,7	1,6	3,5	2,1	400	700	0,9	M_4
5	2,3	1,5	3,1	1,9	500	600	1,0	M_1
6	2,1	1,9	2,9	2,3	600	500	1,1	M_2
7	2,2	1,4	3,0	1,9	700	400	1,2	M_2
8	2,8	2,2	3,6	1,8	800	300	1,3	M_1
9	2,4	1,6	3,2	2,3	900	200	1,4	M_3
0	2,5	1,8	3,3	2,3	1000	100	1,5	M_4

Бақылау сұрақтары:

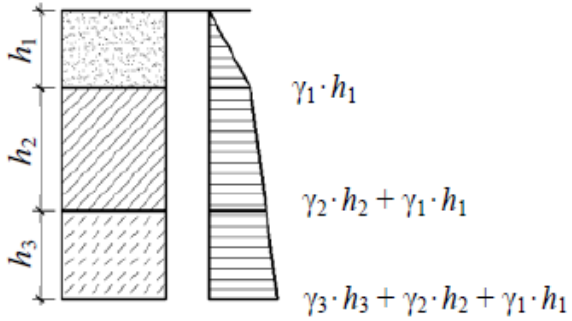
1. Топырақ масивіндегі бұрыштық нүктелерді анықтауға арналған формулаларды жазыңыз.
2. Изобара мысалында келтірілгн бірдей кернеулердің эпюраларын салыңыз.
3. Іргелес құрылымдардың әсерін ескере отырып, кернеулер қалай анықталады?
4. Геотехника саласындағы Кеңес зерттеушілерінің жұмыстары қандай?
5. Бұл әдістің практикалық дәлдігі қандай?

№10 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС
Судың өлшеу әсерін ескере отырып, топырақтың өз салмағынан түскен қысымды анықтау

2.3. Топырақтың өз салмағынан түскен топырақ қалыңдығындағы кернеулерді анықтау

Топырақтың өзіндік салмағынан (табиғи) түсетін кернеулерді анықтау, жерасты құрылыстары үшін және топырақтың тығыздалуын бағалауда өте маңызды.

Ғимараттың, құрылыстың әсерінен топырақ массивінде пайда болатын кернеулер құрылыс кезінде негіз массивінде қалыптасқан бұрыннан бар кернеулерге қолданылады. Көптеген жағдайларда, инженерлік мәселелерді шешу кезінде олар тек ауырлық күштерімен, яғни топырақтың өз салмағының әсерінен пайда болатын топырақтың әсерінен вертикаль кернеудің болуымен шектеледі. Бұл жағдайда біртекті топырақтың тереңдігіндегі кернеу диаграммасы үшбұрыш түрінде болады (сурет. 10.1).



10.1-сурет. Топырақтың өз салмағынан түскен кернеу диаграммалары

Топырақтың көлденең бетінде топырақтың меншікті салмағынан кернеулер σ_{zg} тереңдігімен жоғарылайды және төмендегі формула бойынша есептеледі:

$$\sigma_{zg} = \sum(\gamma_i \cdot h_i), \qquad (10.1)$$

мұндағы *n* – z тереңдігі шегіндегі әр текті қабаттардың саны; γ_i - топырақтың *i* қабатындағы меншікті салмағы, кН/м^3; h_i – топырақтың *i* қабатындағы қалыңдығы, м.

Тік кернеудің көлденең компоненті мына формула бойынша анықталады.

$$\sigma_x = \sigma_y = \xi_i \cdot \sigma_{zg}\,, \qquad (10.2)$$

мұндағы ξ_i - демалу кезіндегі топырақтың бүйір қысымының коэффициенті.

z тереңдігі бойынша топырақтың тұрақты көлемдік салмағынан кернеу келесі формулаға тең болады:

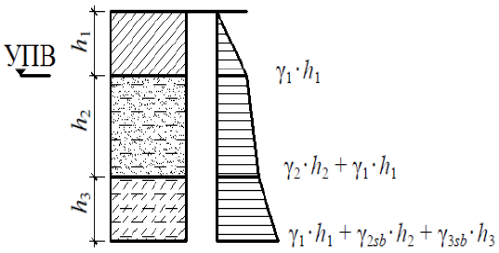
$$\sigma_z = \gamma \cdot z\,. \qquad (10.3)$$

Жер асты суларының (ЖСД) деңгейінен төмен жатқан су өткізгіш топырақтар үшін үлес салмағы, судың өлшеу әсерін ескере отырып, мынадай формула бойынша анықталады (сурет. 10.1):

$$\sigma_{zgi} = \gamma_{sbi} \cdot h_i\,, \qquad (10.4)$$

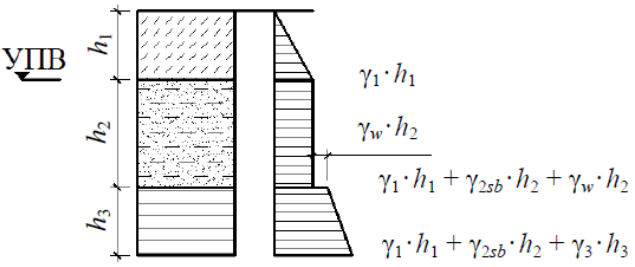
мұндағы γ_{sbi} - судың өлшеу әсерін ескере отырып, топырақтың і қабатындағы меншікті салмақ, кН/м^3, төмендегі өрнек бойынша есептеледі:

$$\gamma_{sb} = (\gamma_s - \gamma_w)\cdot(1-n) = (\gamma_s - \gamma_w)\cdot(1+e)\,. \qquad (10.5)$$



10.2-сурет. ЖСД-дан төмен су өткізгіш топырақ қабаты болған кезде топырақтың өз салмағынан болатын кернеу диаграммалар схемасы

Жер асты суларының орналасу жағдайлары, су өткізбейтін қабаттың төмен кейбір тереңдікте (тығыз аз ылғалды саздақ немесе сазды) жатқан кезде, осы қабаттардың алдындағы үстіңгі су бағанының қысымын да ескеру қажет (сурет 2.11).

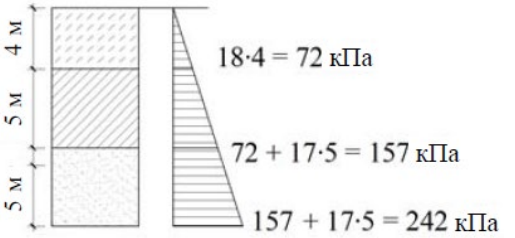


10.3-сурет. Жер асты суларының пайда болу жағдайынан төмен су өткізбейтін топырақ қабаты болған кезде топырақтың өз салмағынан туындаған кернеу диаграммалары

10.1 мысал. Топырақтың келесі қабаттары үшін σ_{zg} вертикаль табиғи кернеулердің таралу диаграммасын есептеп құру қажет (сурет. 10.4):

- бірінші қабат –γ_1 = 18 кН/м^3 пластикалық құмдақ;
- екінші қабат –γ_2 = 17 кН/м^3 тығыз пластик саздақ ;
- үшінші қабат- γ_3 = 17 кН/м^3 болатын ұсақ құм.

Кернеулердің мөлшері және олардың таралу диаграммалары 10.4 суретте көрсетілген.



10.4-сурет. σ_{zg} кернеудің таралу эпюрасы

10.2 мысал. Төмендегі топырақ қабаттары үшін σ_{zg} тік табиғи кернеулердің таралу диаграммасын есептеп құру қажет (сурет. 2.13):

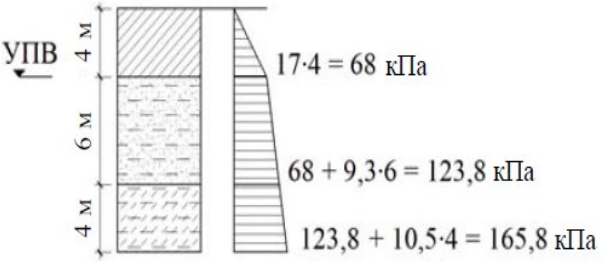
- бірінші қабат-жұмсақ пластикалық саздақ γ_1 = 17 кН/м^3;
- екінші қабат-шаңды құм γ_2 = 18 кН/м^3; $n_2 = 0{,}42$; γ_{s2}=26 кН/м^3;

$$\gamma_{sb2} = (\gamma_{s2} - \gamma_w) \cdot (1 - n_2) = (26 - 10) \cdot (1 - 0{,}42) = 9{,}3 \text{ кН/м}^3;$$

- үшінші қабат-пластикалық құмдақ γ_3 = 18 кН/м^3; n_3 = 0,37; γ_{s3}=26,6 кН/м^3;

γ_{sb3}=($\gamma_{s3} - \gamma_w$)(1-n_3) = (26,6-10) (1-0,37) = 10,5 кН/м^3.

Кернеулердің мөлшері және олардың таралу диаграммалары суретте көрсетілген. 2.13



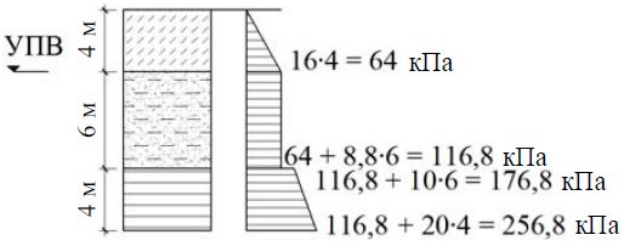
10.5-сурет. σ_{zg} кернеудің таралу эпюрасы

10.3 мысал. Төмендегі топырақ қабаттары үшін σ_{zg} вертикаль табиғи кернеулердің таралу диаграммасын есептеп құру қажет (сурет 10.6)

- бірінші қабат – γ_1 = 16 кН/м^3 пластикалық құмдақ;
- екінші қабат - ұсақ құм γ_2 = 18 кН/м^3; $n_2 = 0{,}45$; γ_{s2}=26 кН/м^3; γ_{sb2}=($\gamma_{s2} - \gamma_w$)(1-n_2) = (26-10) (1-0,45) = 8,8 кН/м^3;
- үшінші қабат –тығыз пластикалық сазбалшық γ_3 = 20

кН/м^3; $n_3 = 0{,}32$;

Кернеулердің мөлшері және олардың таралу диаграммалары 10.6 суретте көрсетілген.



10.6-сурет. σ_{zg} кернеудің таралу эпюрасы

10.6 кестеде өзіндік жұмысқа арналған тапсырмалардың нұсқалары берілген.

10.1-кесте. Тапсырма нұсқалары

Нұсқа номері	Қабат нөмірі және оның сипаттамалары															ЖСД орналасуы, м
	1					2					3					
	Топырақтар	h_1, м	Тығыздық, кН/м^3		n, %	Топырақтар	h_2, м	Тығыздық, кН/м^3		n, %	Топырақтар	h_3, м	Тығыздық, кН/м^3		n, %	
			γ	γ_s				γ	γ_s				γ	γ_s		
1	1	5	18	26	40	3	4	17	26	43	2	6	19	27	42	1
2	2	4	19	27	36	1	5	18	26	42	3	7	17	26	41	2
3	3	3	17	26	42	4	6	18	27	41	1	8	18	26	40	3
4	4	6	18	27	44	2	3	19	27	40	3	9	17	26	38	4
5	1	5	18	26	43	3	4	17	26	40	2	6	19	27	35	1
6	3	4	19	27	42	1	5	18	26	36	4	7	18	27	45	2
7	2	3	17	26	41	2	6	18	27	42	2	8	19	27	44	3
8	4	6	18	27	40	3	3	19	27	44	1	9	18	26	43	4
9	3	5	18	26	39	4	4	17	26	35	3	6	17	26	39	1
10	1	4	19	27	38	2	5	18	26	45	4	7	18	27	38	2
11	2	3	17	26	36	1	6	18	27	44	3	8	17	26	36	3
12	4	6	18	27	34	3	3	19	27	43	2	9	19	27	34	4
13	3	5	18	26	35	4	4	17	26	39	1	6	18	26	40	1
14	1	4	19	27	45	2	5	18	26	38	4	7	18	27	36	2
15	2	3	17	26	44	1	6	18	27	36	3	8	17	26	42	3
16	4	6	18	27	43	3	3	19	27	34	2	9	19	27	44	4
17	1	5	18	26	42	4	4	17	26	36	1	6	18	26	43	1
18	2	4	19	27	41	3	5	18	26	38	4	7	18	27	42	2
19	3	3	17	26	40	4	6	18	27	42	3	8	17	26	41	3
20	4	6	18	27	38	2	3	19	27	44	1	9	18	27	40	4

Ескертпе. Топырақтың атауы: 1 – құмдақ; 2 – сазбалшық; 3 – құм; 4 - саздақ.

Бақылау сұрақтары

1. Топырақтағы кернеулерді анықтауда қандай алғышарттар қолданылады?

2. Жердегі кернеуді өз жүктемесінен, жүктеме аймағында бөлінген күштер тобынан қалай табуға болады ?

3. Топырақтағы кернеулерді өз салмағынан анықтаудың мәні неде?

4. Инженерлік құрылымдардың кернеулері қалай анықталады?

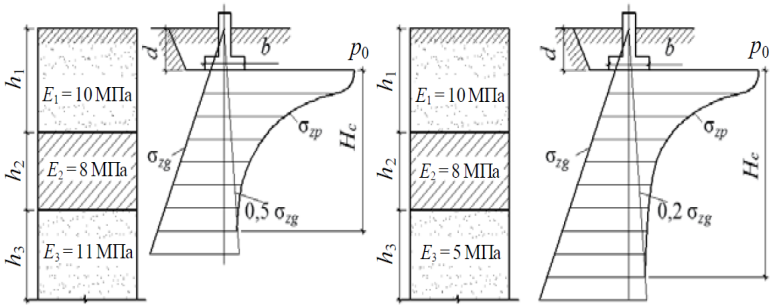
5. Топырақтың өз салмағынан түскен кернеуді қалай есептеу керек?

№ 11 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС
Топырақ қабаттарын жинақтау әдісімен іргетастың шөгуін анықтау
Қосымша қысым мен топырақтың өзіндік салмағынан диаграмма салу

Түрлі әдістермен іргетастардың шөгуін есептеу кезінде жүктеме түскен кездегі іргетастардың (белсенді аймақ) негізіндегі сығылатын топырақ қалыңдығының шамасын анықтау негізгі мәселелердің бірі болып табылады. Сығылатын топырақтың қалыңдығы H_c тереңдігіне сәйкес келеді, одан төмен тереңдіктегі топырақ деформациясын ескермеуге болады. Бұл мәселені шешудің практикалық маңызы зор: атап айтқанда, ол геотехникалық түсірілімдерді жүргізу кезінде далалық зерттеулермен қамтылуы тиіс, және ол топырақ қабатының мөлшерін анықтайды. Егер негізде қабаттарға қарағанда көтергіштігі әлсіз топырақ қабаты болса, сығылатын топырақ қабатының шекарасын анықтау маңызды болады. Сонымен қатар, топырақты тығыздаудың немесе нығыздаудың жасанды әдістерін тағайындау кезінде сығылатын қабаттардың тереңдігі жұмыс көлемі мен әдістерін анықтайды.

Жобалау практикасында негіздердің төменгі сығылатын бөлігін анықтау үшін, топырақ қабаттарын элементарлы жинақтау әдістері (СП 50-101-2004, СП 22.13330.2011 бойынша) және оған балама топырақ қабаты (Н.А. Цытович бойынша) әдістері кеңінен қолданылады. Бұл әдістердегі сығылатын қабаттардың (белсенді аймақ) төменгі шекарасын анықтау өзіндік ерекшеліктерге ие.

Қабат бойынша элементарлы қосындылау әдісінде сығылатын негіз қабатының төменгі шекарасын анықтау схемасы 10.1 суретте көрсетілген, мұнда меншікті σ_{zg} салмағынан, ғимараттан түскен қосымша кернеулер σ_{zp}, H_c тереңдігіне дейін орындалады және оның астындағы топырақтың деформацияларын елемеуге болады.



10.1-сурет. Қабат қосындысы әдісі бойынша негіздердегі сығылатын қабаттардың төменгі шекарасын анықтау схемасы

Бұл жағдайда топырақтың меншікті салмағынан түскен σ_{zg} кернеу келесі формуламен анықталады:

$$\sigma_{zg} = \sum \gamma_{II} \cdot h\,, \qquad (10.1)$$

мұнда, γ_{II} – негіздің сығылатын қалыңдығының шегінде орналасқан топырақ қабаттарының меншікті салмағы, өлшем бірлігі: кН/м^3; h – топырақ қабатының қалыңдығы, м.

Құрылымнан (сооружения) пайда болатын σ_{zp} қосымша кернеуі келесі формула бойынша есептеледі:

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot p_{II}\,, \qquad (10.2)$$

мұндағы, α – табанның тереңдігі бойынша кернеудің таралу коэффициенті, 5.8 (СП 22.13330.2011) кестесіне сәйкес; $\eta = l / b$ және $\varsigma = 2z / b$ – ға байланысты (l және b тиісінше іргетастың ұзындығы мен ені, өлшем бірлігі: м; z – іргетастың негізінен қарастырылатын топырақ қабатының орналасу тереңдігі, өлшем бірлігі: м); p_{II} - іргетастың табанының астындағы орташа қысым, өлшем бірлігі: кПа; γ'_{II} - іргетастың табанынан жоғары бөліктегі топырақтың меншікті салмағы.

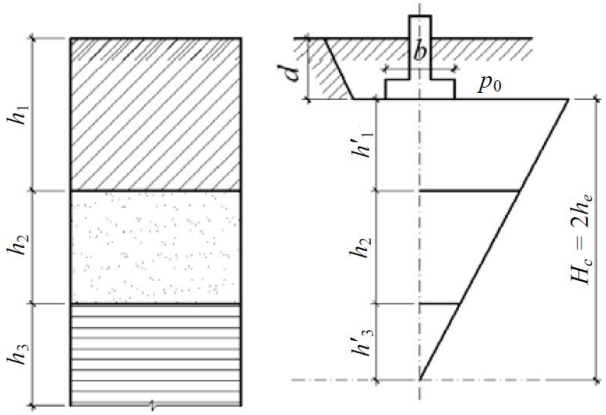
Егер іргетастың түбінде деформация модулі E ≥ 8 МПа топырақ қабаттары жатса (10.1 суретті қараңыз), негіз қалыңдығының төменгі сығылатын бөлігін $z = H_c$ шарты орындалатын тереңдікте қабылдайды:

$$\sigma_{zp} = 0,5 \cdot \sigma_{zg}\,, \qquad (10.3)$$

Бұл ретте сығылатын қабаттың тереңдігі $H_{\min}$ –нан кем болмауы керек, олар мынаған тең:

- $H_{\min} = b/2$, егер $b \le 10$ м;
- $H_{\min} = (4 + 0,1 \cdot b)$, егер $10 < b \le 60$ м;
- $H_{\min} = 10$ м, егер $b > 60$ м.

Егер жоғарыда көрсетілген шарттарға сәйкес табылған H_c тереңдігінде E > 100 МПа деформация модулі бар топырақ қабаты болса, сығылатын қалыңдықты осы топырақтың төбесіне дейін шығаруға рұқсат етіледі.



10.2 сурет. Эквивалентті топырақ қабаты әдісімен сығылатын негіз қалыңдығын анықтау схемасы

Егер жоғарыда көрсетілген шарттарға сәйкес табылған сығылатын қабаттардың төменгі шекарасының деформация

модулі E ≤ 7 болатын топырақ қабатында болса (10.1-суретті қараңыз) немесе мұндай қабат H_c тереңдігінің астында тікелей орналасқан болса, бұл қабат сығылатын қабаттарға қосылады, ал H_c - тің шамасын қабаттың түбіне немесе тереңдігіне сәйкес келетін мәндердің минимумы ретінде $\sigma_{zp} = 0,2 \cdot \sigma_{zg}$ шарты орындалатын, аз шаманы қабылдайды.

Топырақтың эквивалентті қабаты әдісінде (10.2-сурет) негіздің төменгі сығылатын қалыңдығы келесі өрнекпен есептеледі:

$$H_c = 2 \cdot h_e , \qquad (10.4)$$

мұндағы h_e – эквивалентті топырақ қабатының қалыңдығы, өлшем бірлігі: м. Ол келесі формуламен анықталады:

$$h_e = A\omega \cdot b , \qquad (10.5)$$

мұндағы $A\omega$ - эквивалентті қабаттың коэффициенті, бүйірлік кеңею коэффициентіне байланысты ν (А параметрі), іргетастың пішіні мен қаттылығы (ω параметрі), қатаң іргетастар үшін 4.1 кесте бойынша алынады; *b* - іргетастың ені, өлшем бірлігі: м.

10.1-кесте. Қатаң іргетастар үшін эквивалентті қабат коэффициентінің мәндері $A\omega_{const}$

$\eta = \frac{l}{b}$	Гравий и галька	Пески	Суглинки пластичные		Глины сильно-пластичные
	Глины и суглинки твердые	Супеси		Глины пластичные	
	При значении *ν*				
	0,1	0,2	0,25	0,30	0,35	0,4
1,0	0,89	0,94	0,99	1,08	1,24	1,58
1,5	1,09	1,15	1,21	1,32	1,52	1,94
2,0	1,23	1,30	1,37	1,49	1,72	2,20
3,0	1,46	1,54	1,62	1,76	2,01	2,59
4,0	1,63	1,72	1,81	1,97	2,26	2,90
5,0	1,74	1,84	1,94	2,11	2,42	3,10
≥10	2,15	2,26	2,38	2,60	2,98	3,82

10.1. Мысал. Элементтік қабатты қосындылау әдістерін қолдана отырып, өлшемдері 4х4; 4х2,8; 4×2,2; 4х1,7; 4×1,3 және 4×0,8м болатын бөлек іргетастар үшін сығылатын қабаттардың тереңдігін және оған теңестірілген топырақ қабатын анықтау қажет.

Алғашқы мәліметтер: іргетастардың тереңдігі d = 1,6 м, іргетастардың табаны бойынша қосымша қысым $p_{dop} = p_{II} - \sigma_{zg0} = 200$ кПа. Құрылыс алаңының геотехникалық шарттары келесі топырақ қабаттарымен ұсынылған:

1. Орташа өлшемді құм (песок средней крупности), тығыз (плотный): қалыңдығы h_1=3,0 м; $\gamma_{1,II}$ = 17 кН/м^3; ω_1 = 14 %; E_1 = 30 МПа; ν_1 = 0,25.

2. Сұйық пластикалық саз (глина текучепластичная): қалыңдығы h_2 = 2,0 м; $\gamma_{2,II}$ = 18,2 кН /м^3; ω_2 = 36 %; E_2 = 5 МПа; ν_2 = 0,40.

3. Пластикалық құмдақ (супесь пластичная): қалыңдығы h_3 = 1,0 м; $\gamma_{3,II}$ = 19 кН /м^3; ω_3 = 22 %; E_3 = 17 МПа; ν_3 = 0,30.

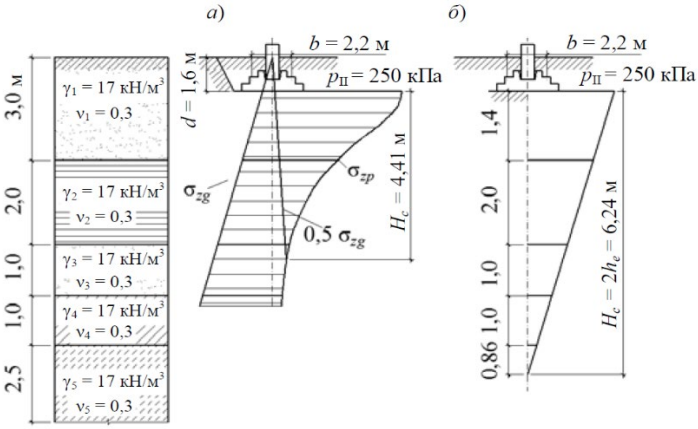
4. Орташа тығыздықтағы ұсақ құм (песок мелкий, средней плотности): қалыңдығы h_4 = 1,0 м; $\gamma_{4,II}$ = 19,2 кН /м^3; ω_4 = 16 %; E_4 = 17 МПа; ν_4 = 0,30.

5. Пластикалық құмдақ (супесь пластичная): қалыңдығы h_5 = 2,5 м; $\gamma_{5,II}$ = 20 кН /м^3; ω_5 = 29 %; E_5 = 18 МПа; ν_5 = 0,30.

Есептеу реті

Есептеу нәтижелерін салыстыру үшін барлық іргетастар үшін H_c сығылатын қабаттарының төменгі шекарасын элементарлы қабатты қосынды әдісімен (формула (10.4) анықтайық. Мысал ретінде, 10.2 кестеде 10.3 суреттегі а және б нұсқасы бойынша, іргетас үшін есептелген топырақтың меншікті салмағынан (σ_{zgi}), қосымша қысымнан (σ_{zpi}) және негіз тереңдігі бойымен сығылатын топырақ қабатының төменгі шекарасының мәнінен (H_c) кернеудің таралу диаграммалары, өлшемі b=4×2,2м болатын іргетасты элементарлы қабатты әдіспен шығару жолы көрсетілген. Бұл жағдайда сығылатын қабаттардың төменгі шекарасы келесі шартта анықталады: $0{,}5\sigma_{zg}$ = 0,5·97,64 = 48,82 кПа ≈ σ_{zp} = 42 кПа, және H_c= 3,96 м > b/2.

Қалған іргетастарды есептеудің нәтижелері элементарлы қабатты қосу әдісімен топырақтың эквивалентті қабаты 10.3-кестеде жинақталған.



10.3-сурет. Сығымдалатын қабаттардың тереңдігін элементарлы қабат (а) және эквивалентті топырақ қабаты (b) әдісімен анықтаудың схемасы

10.2-кесте. Өлшемі $l \times b = 4{,}0 \times 2{,}2$ м болатын іргетас үшін топырақ қабатын жинақтау әдісін пайдаланған есептеу нәтижелері

№ слоя	Грунт	z, м	$\xi = \frac{2z}{b}$	α	σ_{zgi}	$0,5\sigma_{zgi}$	σ_{zp}	σ_{zpm}	S, см
					кПа				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	Песок	0	0	1,000	27,2	13,6	200	-	-
1	E_0 = 30 МПа	0,44	0,4	0,975	34,7	17,4	195	198	0,23
2		0,88	0,8	0,866	42,16	21,08	173	184	0,22
3		1,32	1,2	0,717	49,64	24,8	143	158	0,19
4		1,6	1,45	0,630	54,4/62	27,2/31	126	135	0,10
5	Глина	1,76	1,6	0,578	57,31	28,65	116	121	0,31
6	E_0 = 5,0 МПа	2,20	2,0	0,463	65,32	32,66	93	105	0,74
7		2,64	2,4	0,374	73,33	36,66	75	84	0,59
8		3,08	2,8	0,304	81,34	40,67	61	68	0,48
9		3,52	3,2	0,251	89,35	44,7	50	56	0,39
10		3,60	3,27	0,243	90,8	45,4	49	50	0,35
11	Супесь	3,96	3,6	0,209	97,64	48,82	42	45	0,09
12	E_0 = 14 МПа	4,40	4,0	0,176	106,0	53	H_c = 3,96 м		$\sum$ 3,7

10.3-кесте. Сығылатын топырақ қабаттарын есептеу нәтижелері

Размеры подошвы Фундамента $l \times b$, м	$\eta = \frac{l}{b}$	Сжимаемая толща H_c, м, вычисленная методами	
		послойного суммирования	эквивалентного слоя
4,0x4,0	1,0	5,6	8,64
4,0x2,8	1,4	4,48	7,40
4,0x2,2	1,8	3,96	6,24
4,0x1,7	2,4	3,66	5,44
4,0x1,3	3,2	3,38	4,68
4,0x0,8	5,0	3,60	3,40

H_c сығылатын негіздің қалыңдығын эквивалентті қабаттар әдісімен анықтаған кезде (10.3, б -сурет), іргетастың астындағы топырақ біркелкі емес қабаттармен ұсынылғанын ескере отырып, 10.1 кестеге сәйкес Aω коэффициентін бүйірлік кеңею коэффициентінің ν орташа мәні бойынша тағайындау керек.

$$\nu_m = \frac{\sum(\nu_i \cdot h_i)}{H_c} = \frac{0,25 \cdot 1 + 0,40 \cdot 2 + 0,30 \cdot 1 + 0,30 \cdot 1 + 0,30 \cdot 2,5)}{9,5}$$

– өрнегі бойынша анықталады.

Мұндағы ν_i және h_i тиісінше бүйірлік кеңею коэффициенті мен H_c шегіндегі, сығылатын негіздегі топырақтың і-ші қабатының қалыңдығы.

Айта кету керек, негізі 4,0×0,8 м болатын іргетас үшін (10.3) формуласы бойынша есептелген сығылатын қабаттың төменгі шекарасы деформация модулі E=5 МПа <7 МПа болатын топырақ қабатында орналасқан, сондықтан бұл қабат H_c негізін қалаушы сығылатын қабаттарға енгізілді.

10.4 кестеде өзіндік жұмысқа арналған нұсқа тапсырмалары берілген.

Бақылау сұрақтары:

1. Шөгінді дегеніміз не?
2. Ғимараттардың шөгуін есептеудің қатаң әдістерінің кемшіліктері қандай?
3. Қабаттар бойынша жинақтау әдісімен құрылымдардың орналасуын анықтаудың мәні неде?
4. Толық деформация модулін анықтау үшін қандай әдістер қолданылады?
5. Инженерлік ғимараттардың отыруын уақытында (шөгуін) анықтаудың жобалау мен құрылыста маңызы қандай?

10.4-кесте. Нұсқа номері

Исходные данные		Варианты																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Размеры фундамента $b \times l$, м		1,2	1,3х1,3	1,4	1,5х1,5	1,6	1,7х1,7	1,8	1,9х1,9	2,0	2,1х 2,1	2,2	2,3х 2,3	2,4	2,5х 2,5	2,6	2,7х 2,7	2,8	2,9х 2,9	3,0	3,1х3,1
Глубина заложения d, м		1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	2,7	2,5	2,3	2,1	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	1,8
Среднее давление p_{II}, кПа		200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	370	350	330	310	290	270	250	230	210	190
Напластования и характеристики грунтов																					
Суглинок туго-пластичный	h_1, м	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,2	3,0
	γ_{II}, кН/м³	16	16,2	16,4	16,6	16,8	17	17,2	17,4	17,6	17,8	19	19,2	19,4	19,6	19,8	20	19,9	19,7	19,5	19,3
	E, МПа	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	N	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Песок мелкий, средней плотности	h_2, м	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4
	γ_{II}, кН/м³	17	17,2	17,4	17,6	17,8	18	18,2	18,4	18,6	18,8	15,6	15,7	15,8	15,9	16	16,1	16,2	16,4	16,6	16,8
	E, МПа	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	7	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5
	N	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Супесь пластичная	h_3, м	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	4,6	4,7	4,5	4,4
	γ_{II}, кН/м³	18	18,2	18,4	18,6	18,8	19	19,2	19,4	19,6	19,8	18,1	18,2	18,3	18,4	18,5	18,6	18,7	18,8	18,9	19,0
	E, МПа	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	10,4	11,4	12,4	13,4	14,4	15,4	16,4	17,4	18,4	19,4
	N	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30

Ескертпе. 1,3,5,7,9,11,13,15,17,19 нұсқаларда таспалы іргетастың ені көрсетілген.

№12 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС
Еңістердің тұрақтылығы. Бойлықтың графо-аналитикалық есебі

Еңіс деп табиғи топырақ массивінен немесе жасанды түрде салынған ойманы (үйіндіні) шектейтін адам әрекетінің нәтижесінде пайда болған бетті атаймыз.

Еңістер әртүрлі типтегі үйінділерді (жол төсемі, бөгеттер, жер бөгеттері және т.б.), шұңқырларды (шұңқырлар, траншеялар, каналдар, карьерлер және т.б.) салу кезінде немесе аумақтарды қайта профильду кезінде салынады. Баурай деп әдетте табиғи жолмен пайда болған және табиғи топырақ массивін шектейтін еңісті атайды.

Әр түрлі факторлардың қолайсыз үйлесуі салдарынан баурай немесе еңіспен шектелген топырақ массасы тепе-теңдік қалпын сақтай алмай, тұрақтылығын жоғалтуы мүмкін.

Баурайлар мен еңістердің тұрақтылығын жоғалтуының негізгі себептері:

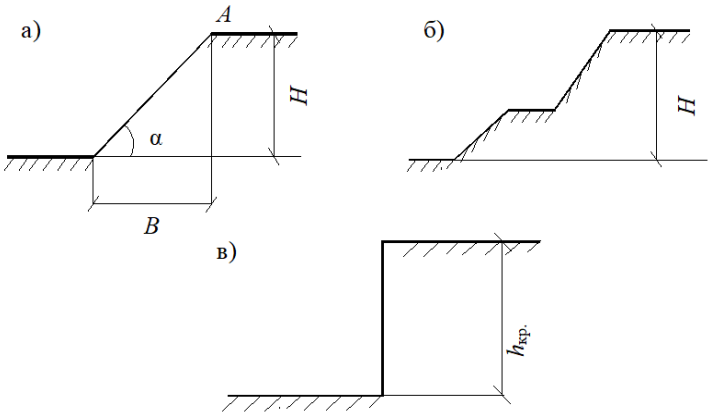
- рұқсат етілмейтін тік еңісті орналастыру немесе шекке жақын күйдегі еңісті кесу;
- сыртқы жүктеменің арттыуынан (құрылыстарды тұрғызу, материалдарды еңісте немесе оның жиегіне жақын жерде жинау);
- ішкі күштердің өзгеруінен (топырақтың ылғалдылығының жоғарылауынан немесе, керісінше, судың өлшенген қысымының топыраққа әсерінен);
- топырақ беріктігінің есептік сипаттамаларын дұрыс тағайындамау немесе оның жылжуға төзімділігінің төмендеуінен, мысалы, ылғалдылықтың жоғарылауынан;
- гидродинамикалық қысымның, сейсмикалық күштердің, әр түрлі динамикалық әсерлердің көрінісі (көлік қозғалысы, қадалар қағу, көлбеу жанындағы өнеркәсіптік машиналар мен жабдықтардың жұмысы және т.б.).

Еңістің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін, ең алдымен, оның бұрышын дұрыс тағайындау керек (көлбеу бет пен төменгі рельефтің көлденең платформасы арасындағы бұрыш). Жағалау баурайлары мен табиғи еңістердің төселу бұрышын анықтаудың және орнықтылығын бағалаудың кең тараған әдістерінің бірі

айналмалы көшкіндер кезінде сырғанау беттерінің пішіні туралы тәжірибелік мәліметтерге негізделген дөңгелек-цилиндрлік сырғымалы беттер (ДЦСБ) әдісі болып табылады.

Еңісті есептеудегі негізгі мақсат - ең қауіпті сырғанау беті үшін үйінді еңісінің немесе табиғи еңістің орнықтылық коэффициентін анықтау болып табылады.

Еңіс топырақтан жасалған барлық құрылымдардың - үйінділердің, бөгеттердің, қазбалардың, карьерлердің, шұңқырлардың қажетті элементі болып табылады. Табиғи еңіс баурай болып табылады. Қарапайым еңіс элементтері: Н-биіктігі, төсеу В, бұрыштың көлбеуі – *α,* т. а жиегі (12.1-сурет). Еңістерде әр түрлі көлбеу бұрыштары және көлденең алаңдары бар күрделі құрылымдары болуы мүмкін (бермалар, сур.12.1 б). Еңістің тіктігі 1 : m ретінде беріледі, мұндағы m=*B/H.* Мысалы, *α = 45˚та m = 1;* ал α= *π/2де, m = 0* мәнінде көлбеу еңіске ие боламыз (сур. 12.1, *в*).



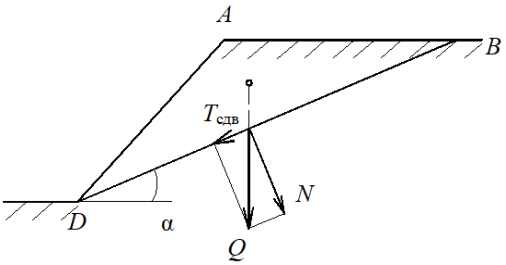
12.1-сурет.

Кейбір жағдайларда беткейлердің тұрақтылығын шекті тепе-теңдік жағдайынан бағалауға болады. Мысалы, құмды топырақтың ішкі үйкеліс бұрышы φ призма АВД, жазықтықпен α бұрышымен кесілген, шекті тепе-теңдік күйінде болады (12.2-сурет).

Содан кейін призманың салмағын Q екі күшке бөлуге болады: ығысу $T_{сдв,}$ ығысу жазықтығында әрекет ететін және N нормаль күшке, сонда ұстап тұрушы $T_{уд}$ күштің пайда болуына әкеледі. Схемадан анық:

$$T_{сдв} = Q \cdot Sin\alpha;\ T_{уд.} = N \cdot tg\varphi = Q \cdot Cos\alpha \cdot tg\varphi \qquad (12.1)$$

Теңестіре отырып құмды еңістің УПР табамыз: $\alpha = \varphi$ Көлденең жазықтыққа құмды еркін төгу кезінде түзілетін α бұрышын табиғи көлбеу бұрышы деп атаймыз.



12.2-сурет.

Тиісінше, мұндай көлбеу тұрақтылықтың шарты α < φ болады, ал тұрақтылық дәрежесін коэффициентпен бағалауға болады:

$$K = \frac{T_{уд}}{T_{сдв}} = \frac{tg\varphi}{tg\alpha}. \qquad (12.2)$$

Сол сияқты, сіз тік беткейдің максималды биіктігін орната аласыз (сурет. 12.1, в). Еңістің құлауы еңістің ең қауырт нүктесінде топырақтың бұзылуынан кейін орын алуы мүмкін деп есептейміз. Ондағы кернеулер мынаған тең:

$$\sigma_1 = \gamma\, h_{кр};\ \ \sigma_3 = 0.$$

$h_{кр\ \ ге}$ қатысты өрнекті УПР орнына қоя өрнекті шеше отырып, аламыз:

$$h_{кр} = \frac{2c \cdot Cos\varphi}{\gamma(1 - Sin\varphi)} \qquad (12.3)$$

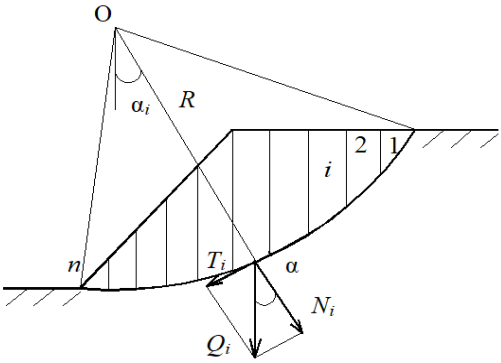
Еңістердің тұрақтылығы туралы есептер қатаң түрде ТПР теңдеулер жүйесі негізінде шешіледі (12.4; 12.5). Мұндай тапсырмалардың екі нұсқасы белгілі:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial X} + \frac{\partial \tau}{\partial z} &= 0; \\ \frac{\partial \tau}{\partial X} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} &= \gamma. \end{aligned} \qquad (12.4)$$

$$(\sigma_x - \sigma_z)^2 + 4\tau^2 = \left(\sigma_x + \sigma_z + 2c \cdot \mathrm{Ctg}\right)^2 Sin^2\varphi\,. \qquad (12.5)$$

1) Еңістің кескіні және топырақ сипаттамасы берілген φ, с, γ. Топырақ шекті тепе-теңдікте болатын беттердегі жүктеме анықталады.

2) Жоғарғы көлденең бетке жүктеме қарқындылығы берілген топырақтың шекті тепе-теңдікте болатын көлбеу келбетін орнату қажет.



12.3-сурет.

Іс жүзінде құмды және шаңды-сазды топырақтардан тұратын қабатты еңістер үшін тұрақтылықты есептеу көбінесе

дөңгелек цилиндрлік сырғу беті әдісімен жүзеге асырылады (бөліктер әдісі).

Көлбеу тұрақтылықтың жоғалуы топырақ массивінің бір бөлігінің О нүктесіне қатысты айналуы нәтижесінде пайда болуы мүмкін деп болжанады (сурет. 12.3).

Сырғу қисығы R радиусы мен бірге бөлек шеңбер доғасымен және О центрімен қабылданады. Мұнда тұрақтылық коэффициенті ұстап тұру және ығысу күштерінің моменттерінің қатынасы арқылы көрінеді:

$$K = \frac{M_{уд}}{M_{сдв}}. \qquad (12.6)$$

Оларды анықтау үшін сырғанау бетімен бөлінген массив жеке бөліктерге бөлінеді және әр Q_i бөлігінің салмағы есептеледі.Егер осы бөліктің бетіне жүктеме берілсе, ол Q_i -ге де қосылады. Q_i күштері бөліктің негізіне қолданылады деп саналады және сырғу дугасына қатысты қалыпты N_i жағдай мен T_i қатысты бөлінеді:

$$N_i = Q_i \cdot Cos\alpha_i;\ T_i = Q_i \cdot Sin\alpha_i.$$

Күш моменттері мынаған тең:

$$M_{сдв} = R\sum_{i=1}^{n} T_i = R\sum_{i=1}^{n} Q_i \cdot Sin\alpha_i;$$

$$M_{уд} = R\left(\sum_{i=1}^{n} Q_i Cos\alpha_i tg\varphi_i + \sum_{i=1}^{n} c_i \ell_i\right),$$

мұндағы $\ell_i = b_i / cos\,\alpha_i$ - әр бөліктің ішіндегі доғаның ұзындығы.

Моменттердің қатынасы (12.6) тұрақтылық коэффициентінің формуласын береді:

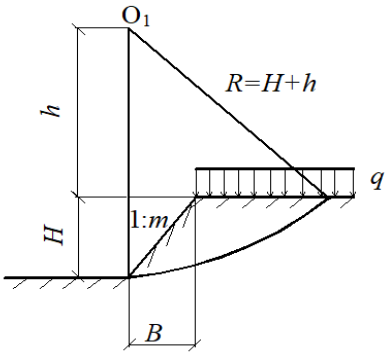
$$K = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i Cos\alpha_i tg\varphi_i + \sum_{i=1}^{n} c_i \ell_i}{\sum_{i=1}^{n} Q_i Sin\alpha_i}. \qquad (12.7)$$

Орнықтылық коэффициентінің мәні мынадай: К > 1 кезінде еңіс тұрақты; К < 1 кезінде еңіс тұрақты емес, ал К = 1 еңіс шекті (яғни тұрақсыз) тепе-теңдікте болады, бұған да жол беруге болмайды. Бірақ ең бастысы- К >1 шарты ең қауіпті сырғанау бетіне есептелген ең аз тұрақтылық коэффициенті үшін орындалуы керек. Олар орталықтың әр түрлі позициялары мен R радиусының мәндері үшін бірқатар есептеулер жүргізу арқылы орнатылады. Тұрақтылықтың (сенімділіктің) нормативтік коэффициенттері бірліктен үлкен жобалау кезінде бірақ 1,2...1,5 шегінде тағайындалады. Сенімділік қоры жобалық схеманың жақындығына, топырақтың біртекті еместігіне, олардың сипаттамаларын дәл анықтамауға және басқа факторларға байланысты қажет.

Мысал: O_1 центрі болатын шеңбер доғасы түрінде берілген күйде γ, φ, с сипаттамалары бар біртекті топырақпен бүктелген көлбеу тұрақтылық коэффициентін анықтаңыз (сурет. 12.4).

Еңістің тіктігі 1:m ретінде беріледі, мұндағы m=*B/H,* еңіс бірқалыпты таралған q күштермен жүктелген. Бастапқы мәліметтер 8 кестеде берілген.

Шығару үлгісі: Еңіс біртекті характеристикалары бар топырақпен бүктелген: $\gamma=18$ *кН/м*^{3}, $\varphi=30^0$, $C=10$*кПа.* Еңіс биіктігі $H=5,0$ *м*, тіктігі *1:m*, где $m=1,5$; Еңістің бетінде $q=20$ *кПа* бірқалыпты таралған күштермен жүктелген. $h=10$ м үшін көлбеу тұрақтылық коэффициентін анықтаңыз.



12.4-сурет.

XOZ координаталық жүйесін аламыз; радиусы R=(h+H), DAB топырақ массивін бөліп, шеңбер доғасын сызыңыз (сурет. 12.5).

Нүктелер координаттары: O_1 (0;–10); D (0; 5); A (*mH*,0) немесе *A* (7,5; 0).

ΔOO_1 B ден $\frac{h}{H+h} = Cos\alpha$ аламыз; $\alpha = arcCos\frac{10}{15} = 48,2^0 \cdot$

Онда $OB = R \cdot Sin\alpha = 15 \cdot 0,745 = 11,18м \cdot$ Сонда B нүктесі (11,18; 0)

1. Біз BAB массивін төменнен жоғары қарай нөмірлеп, 5 бөлікке бөлеміз:

$$b_1 = b_2 = b_3 = 2,5м;\ b_4 = 2м;\ b_5 = 1,68м.$$

2. O_1 нүктесінің координаттары (0; -10) центрі бар шеңбердің теңдеуін жазамыз:

$$x^2 + (z+10)^2 = R^2 \quad \text{немесе} \quad x^2 + z^2 + 20z - 125 = 0.$$

12.1-кесте

Нұсқаның бірінші саны	Еңістің биіктігі *H* , м в. үшін		*h*, м	*m*	*q*, кПа	Нұсқаның екінші мәні	γ, кН/м^3 нұсқа үшін		φ^0	*C*, кПа
	жұп.	тақ.					жұп.	тақ.		
0	4,2	4,1	11	1,0	10	0	15,6	15,8	34	10
1	4,4	4,3	10,7	1,1	12	1	16	16,2	34	12
2	4,6	4,5	10,4	1,2	14	2	16,5	16,8	32	14
3	4,8	4,7	10,1	1,3	16	3	17	17,3	32	18
4	5,0	4,9	9,8	1,4	18	4	17,5	17,8	30	20
5	5,2	5,1	9,6	1,5	20	5	18	18,2	30	22
6	5,4	5,3	9,4	1,6	22	6	18,5	18,7	28	24
7	5,6	5,5	9,2	1,75	24	7	19	19,3	28	26
8	5,8	5,7	9,0	1,9	27	8	19,5	19,8	26	28
9	6,0	5,9	8,8	2,0	30	9	20	20,5	26	30

3. Соңғы теңдеуді қолдана отырып, бөліктердің оң жақ биіктігін есептейміз. Мысалы, №1 бөлім үшін: $h_1 = z_1 - H/m$. z_1

мәнін келесі формуламен табамыз (1) x_1 = 2,5; z_1 = 4, 79м тең болғанда; сонда h_1 = 4,79–52/3 = 1,46м.

Логикалық түрден қарасақ : x_2 = 5,0 кезде z_2 = 4, 14м; және h_2 = 2,48м; x_3 = 7,5 кезінде z_3 = h_3 = 2,99м; x_4 = 9,5 кезінде z_4= h_4 =1,61м; x_5 = 11,18 тең кезінде z_5= h_5 =0 тең болады;

4. Бөліктердің ауданын анықтаймыз; № 1, 5 бөліктерді үшбұрыш деп, № 2, 3, 4 – трапеция деп санаймыз:

$$S_1 = \frac{2,5 \cdot 1,46}{2} = 1,82 м^2;\ S_2 = \frac{1,46 + 2,48}{2} \cdot 2,5 = 4,92 м^2;$$

$$S_3 = \frac{2,48 + 2,99}{2} \cdot 2,5 = 6,84 м^2;$$

$$S_4 = \frac{2,99 + 1,61}{2} \cdot 2,0 = 4,6\ м^2;$$

5. Біз бірлік ұзындықтағы бөліктердің салмағын анықтаймыз (ℓ = 1м); 4, 5 бөліктер үшін q = 20 кПа жүктеме әрекетін ескереміз.

$$Q_1 = S_1 \gamma = 1,82 \cdot 18 = 32,76 кн / м;$$

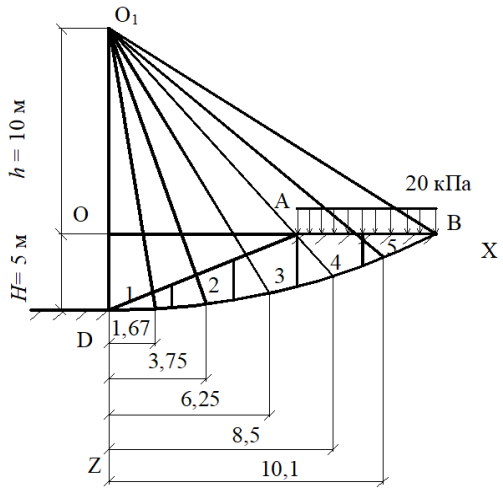
$$Q_2 = 4,92 \cdot 18 = 88,56; Q_3 = 6,84 \cdot 18 = 123,12;$$

$$Q_4 = S_4 \cdot \gamma + qb_4 = 4,6 \cdot 18 + 20 \cdot 2 = 122,8;$$

$$Q_5 = 1,35 \cdot 18 + 20 \cdot 1,68 = 57,9 кн / м.$$

Qi күштері бөліктердің ауырлық центрлері астындағы сырғанау бетіндегі нүктелерде, яғни абсцисса нүктелерінде қолданылады деп санаймыз:

x_{01}=1,67 м; x_{02}=3,75 м; x_{03}=6,25 м; x_{04}=8,5 м; x_{05}=10,1 м.



12.5-сурет.

6. Біз α_i орталық бұрыштарын вертикаль мен радиус арасындағы бөліктің салмағын қолдану нүктесіне анықтаймыз: $\alpha_i = \arcsin\frac{x_{0i}}{R}$.

Сонда:

$$\alpha_1 = \arcsin\frac{1,67}{15} = 6,4^\circ; \alpha_2 = \arcsin\frac{3,75}{15} = 14,5^\circ;$$

$$\alpha_3 = 24,6^\circ; \alpha_4 = 34,5^\circ; \alpha_5 = 42,3^\circ.$$

7. DB доғасына сәйкес келетін орталық бұрыш $\alpha = \arcsin\frac{OB}{R} = \arcsin\frac{11,18}{15} = 48,2^\circ$ тең.

Сырғанау қисығының доғасының ұзындығы төмендегі формуламен анықталады:

$$L = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot R}{180} = \frac{48,2 \cdot 3,14 \cdot 15}{180} = 12,62 м.$$

Тұрақтылық коэффициентін есептеу үшін жиынтық кесте жасаймыз:

$$K_{уст} = \frac{tg\varphi \sum Q_i \cos\alpha_i + cL}{\sum Q_i \sin\alpha_i}$$

Біз сырғанау бетінің қабылданған құрылымы үшін тұрақтылық коэффициентін есептейміз:

$$K_{уст} = \frac{0,577 \cdot 374,25 + 10 \cdot 12,62}{185,47} = 1,84$$

Осылайша, сырғанау бетінің берілген көлбеу орналасуы үшін еңіс тұрақты:

$$K_{уст.} > 1.$$

Таблица 12.2

N қималар	Q_i,*кн/м*	α_i, *град.*	$Cos\alpha_i$	$Sin\alpha_i$	$Q_i Cos\alpha_i$	$Q_i Sin\alpha_i$
1	32,76	6,4	0,994	0,111	32,56	3,64
2	88,56	14,5	0,968	0,250	85,73	22,14
3	123,12	24,6	0,909	0,416	111,92	51,22
4	122,18	34,5	0,824	0,566	101,19	69,50
5	57,9	42,3	0,740	0,673	42,85	38,97
					$\sum = 374,25$	$\sum = 185,47$

Практикалық есептеулерде бұл шарт ең қауіпті сырғанау беті үшін есептелген ең аз тұрақтылық коэффициенті үшін орындалуы керек.

Бақылау сұрақтары:

1.Еңіс дегеніміз не?

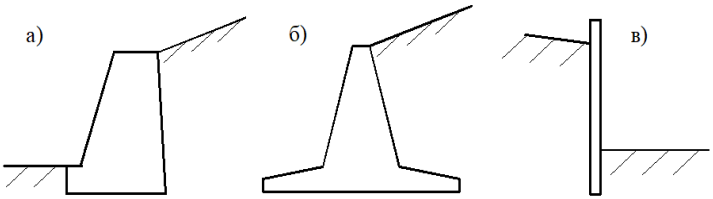
2.Еңістердің тұрақтылығын жоғалтудың негізгі себептері?

3.Көлбеу тұрақтылық коэффициенті қалай анықталады?

4. Бұл әдістің мәні неде?

№13 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС
Топырақтың тіреу қабырғаларына түсетін активті және пассивті қысымын анықтау

Тіреу қабырғасы топырақ массивін құлаудан сақтайды. Гравитациялық және шпунтты деп тіреу қабырғаларын ажырата аламыз. (13.1-сурет).



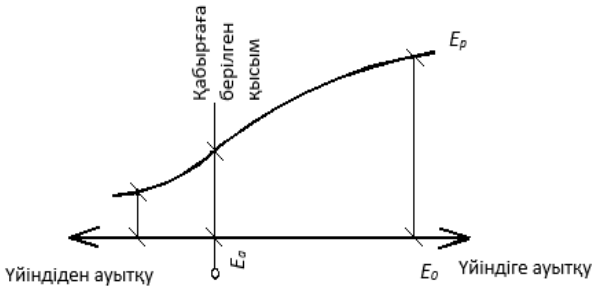
13.1-сурет.
а, б – гравитациялық тіреу қабырғалары, массивті (а) и жұқа элементті (б); в – шпунтты қабырға

Тіреу қабырғаларына түсетін негізгі қысым топырақтан түсетін бүйір қысым болып табылады. Тіреу қабырғалары ретінде ғимараттар мен жер асты құрылысына жататын жертөле қабырғалары да жұмыс істейді.

Қабырғаның мүмкін болатын ығысуының шамасы мен бағытына байланысты оған демалу қысымы, белсенді (распор) немесе пассивті қысым (отпор) әсер етуі мүмкін. Активті қысым қабырғаның топырақтан кішкене болсын ығысуынан да пайда болады; пассивті – қабырғаның айтарлықтай жылжуымен пайда болады. Екі жағдайда да топырақ құлау призмасын (активті болған кезде) және пассивті қысым кезінде эффузия призмасын қалыптастырумен шекті күйге келеді. Қабырғаның қозғалысына байланысты қысымның өзгеру графигі 13.2-суретте көрсетілген.

Мұнда тек қана топырақтың шекті тепе-теңдік күйі үшін қысымды ескеру қажет. Бүйір жақтан ығысулар болмаған, яғни тыныштық кезде бүйірлік қысым коэффициентінің мәні келесі формуламен анықталады (13.1).

$$\xi = \frac{q}{p} = \frac{v}{1-v} \ . \qquad (13.1)$$



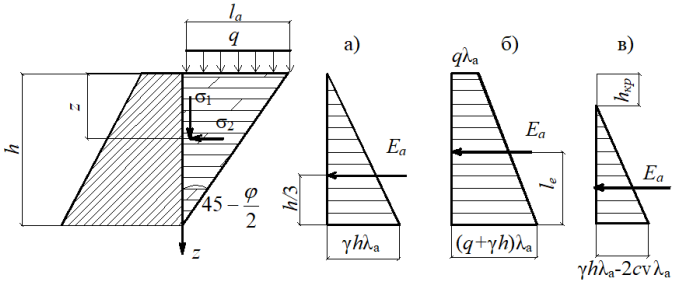
13.2-сурет.

Біз көлденең толтырумен тегіс тік қабырғаны қарастырумен шектелеміз (сурет. 13.3).

Қабырғаның биіктігі h, толтыру құммен бейнеленген ($\varphi \neq 0$; $c=0$). z тереңдігіндегі қабырғаның артқы жағындағы нүктедегі кернеуді қарастырыңыз.

Қабырғамыз тегіс болғандықтан, нүктедегі көлденең және тік кернеулер негізгі болып табылады, үлкені негізгі кернеу шамасы $\sigma_z = \sigma_1 = \gamma z$, ал кішісі көлденең активті қысым болып есептеліп, келесі шамаға тең болады: $\sigma_a = \sigma_x = \sigma_3 = \lambda_a \sigma_1 = \lambda_a \gamma z$, мұндағы $\lambda_a = \frac{\sigma_3}{\sigma_1}$ – активті бүйір қысымы коэффициенті. λ_a коэффициентінің мәні УПР алынады:

$$\lambda_a = \frac{1 - sin\varphi}{1 + sin\varphi} = tg^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right). \qquad (13.2)$$



13.3-сурет.

Биіктігі бойынша σ өзгеру диаграммасы 13.3 а суретте көрсетілген. Белсенді қысымның нәтижесі үшбұрыштың ауданына тең және келесі формуламен өрнектеледі:

$$E_a = \frac{\gamma h^2}{2}\lambda_a \cdot \qquad (13.2)$$

Себудің (засыпка) бетінде біркелкі таралған q күші әрекет етеді. Бұл жағдайда активті қысым диаграммасы біркелкі таралған және трапеция тәрізді болады немеме эпюраның ауданы мынаған тең:

$$E_a = h\left(\frac{\gamma h}{2} + q\right)\lambda_a \cdot \qquad (13.3)$$

Белсенді қысымды анықтау кезінде топырақтың меншікті ілінісуін ескеруіміз керек. Бұрын $h_{кр}$ биіктігіне (13.4) байланысты топырақ тік көлбеу еңісті ұстайтыны анықталды.

$$h_{кр} = \frac{2c \cdot Cos\varphi}{\gamma(1 - Sin\varphi)} \qquad (13.4)$$

Осы тереңдікке дейін топырақ қабырғаға қысым жасамайды деп санаймыз. Осылайша, диаграмма қабырғаның жоғарғы жағынан $h_{кр}$ тереңдігінде басталады (сурет. 13.3). Төменгі ордината эпюрасы УПР арқылы анықталады.

$$\sigma_a = \gamma h\lambda_a - 2c\sqrt{\lambda_a} \cdot$$

Біркелкі таралған қысым мынаған тең:

$$E_a = \left(\gamma h\lambda_a - 2c\sqrt{\lambda_a}\right)\left(h - h_{кр}\right)/2 \cdot \qquad (13.5)$$

Осылайша, меншікті ілінісуді қарастыру активті қысымды төмендетеді. (13.2, 13.3, 13.5) формулаларда E_a кН/м өлшенеді, яғни қысым қабырға ұзындығының бірлігіне белгіленеді.

Пассивті қысым қабырғаның үймелі бөлігіне ауысқан кезінде пайда болады. Бұл жағдайда кернеу $\sigma_z = \sigma_3$ минималды, ал $\sigma_x = \sigma_1 = \sigma_p$ максималды, яғни пассивті қысым болып табылады.

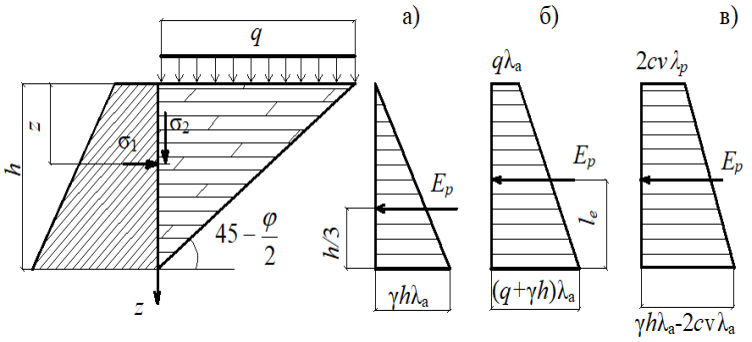
УПР $0 \le z \le h$ нүктесінде анықтаймыз:

$$\sigma_p = \gamma z \lambda_p + 2c\sqrt{\lambda_p}, \qquad (13.6)$$

мұндағы $\lambda_p = \frac{\sigma_x}{\sigma_z}$ - бүйір жағының пассивті қысымының коэффициенті:

$$\lambda_p = \frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi} = tg^2\left(45+\frac{\varphi}{2}\right) = \frac{1}{\lambda a}\ . \qquad (13.7)$$

(13.6) өрнегін қолдана отырып, пассивті қысым диаграммалары салынған (сурет. 13.4): *а – кезінде c=0, q=0; б – кезінде c=0, q≠0; b – кезінде q=0, c≠0*. Бірдей пассивті қысым формулаларын алу үшін диаграммалардың аудандарын жазу жеткілікті. А және В жағдайлары үшін (13.2) және (13.3) формулалары λ_a -ді λ_p -ге (13.7) ауыстыратыны анық. Меншікті ілінісуді топырақ үшін пассивті қысым кестесі трапеция тәрізді көрсетіледі. Яғни, мұнда меншікті ілінісуді есептеу қысымды арттырады:



13.4-сурет.

$$E_p = h\left(\frac{\gamma h}{2} + \frac{2c}{\sqrt{\lambda_p}}\right)\lambda_p\ . \qquad (13.8)$$

Сондай-ақ, құлау призмасы мен призманың шығуы өлшемдеріндегі айырмашылықты атап өткен жөн (сурет. 13.3 және 13.4):

$$\ell_a = htg\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right); \qquad (13.9)$$

$$\ell_p = htg\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right).$$

Екі жағдайда да үлкен кернеудің σ_1 бағыты мен сырғу жазықтығы (құлау немесе шығуы) арасындағы бұрыш стабилометриялық сынақтарда үшін көрсетілгендей $\pi/4 - \varphi/2$, шамамен алынады.

13 мысал. Тіреу қабырғасына топырақтан түсетін активті және пассивті қысымының эпюрасын құрыңыз, қабырғадағы топырақтың активті және пассивті қысымының біркелкі таралғандығын және олардың ену нүктесін анықтаңыз. Тірек қабырғасының схемасы мен негізгі өлшемдері 13.5-суретте көрсетілген. Топырақ-келесі қасиеттері бар ұсақ құм : γ_1= 18,0 кН / м3; φ_1 = 29°; c_1 = 0.

Толтыру да (засыпка) сол топырақтан жасалады. Толтырудың сипаттамалары мен есептік мәндері:

$$\gamma_I' = 0,95 \cdot \gamma_I = 0,95 \cdot 18 = 17 \text{ кН/м}^3;$$

$$\varphi_I' = 0,9 \cdot \varphi_I = 0,9 \cdot 29° = 26°; \; c_I' = 0,5 \cdot c_I = 0.$$

Есептеу алгоритмі

1. Құлау жазықтығының көкжиекке еңіс бұрышын анықта:

$$\theta = 45^o - \varphi_1{}' = 45^o - 26^o/2 = 32^o.$$

2. Топырақтың активті қысымының коэффициентін λ_a есептеңіз: $\delta = \cdot\varphi_1{}' = 26^o$ кезінде, $\alpha = \theta = 32^o$, $\rho = 0$:

$$\lambda_a = \left[\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos\alpha \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \rho)}{\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos(\alpha - \rho)}}\right)} \right]^2,$$

$$\lambda_a = \left[\frac{-\cos(26° - 32°)}{\cos 32° \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(26° - 26°) \cdot \sin 26°}{\cos(32° + 26°) \cdot \cos 32°}}\right)} \right]^2 = 0{,}38.$$

3. Топырақтың белсенді қысымының көлденең және тік компоненттерін λ_a $z = H = 7{,}5$ м тереңдікте $\gamma n=1{,}1$ сенімділік коэффициентімен табамыз:

$$\sigma_{ah} = \gamma' \cdot \gamma_n \cdot z \cdot \lambda_a = 17 \cdot 1{,}1 \cdot 7{,}5 \cdot 0{,}38 = 53{,}3 \text{ кПа};$$
$$\sigma_{av} = \sigma_{ah} \cdot tg(\alpha + \delta) = 53{,}3 \cdot tg(32° + 26°) = 85{,}3 \text{ кПа}.$$

4. Топырақтың біркелкі таралған көлденең және тік қысымының әсерін анықтаймыз:

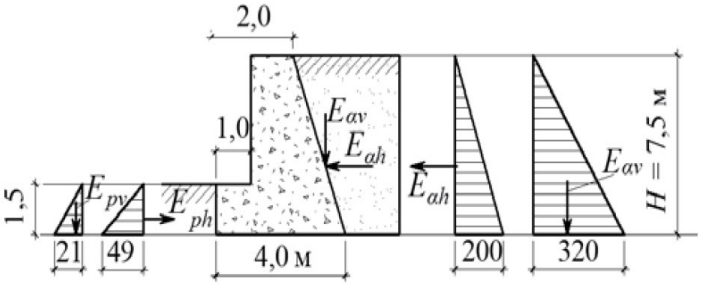
$$E_{ah} = \frac{\sigma_{ah} \cdot H}{2} = \frac{53{,}3 \cdot 7{,}5}{2} = 200 \text{ кН};$$

$$E_{av} = \frac{\sigma_{av} \cdot H}{2} = \frac{85{,}3 \cdot 7{,}5}{2} = 320 \text{ кН}.$$

Топырақтың активті қысымын тіреу нүктесі 9.5 суретте көрсетілген.

5. Топырақтың пассивті қысым коэффициенті λ_{ph} анықтаймыз:

$$\varphi_1' = 26^o: \lambda_{ph} = tg^2\left(45° + \frac{\varphi_I'}{2}\right) = tg^2\left(45° + \frac{26°}{2}\right) = 2{,}56.$$



13.5-сурет. 13 мысалға арналған тіреу қабырғасын есептеу схемасы

5. Топырақтың пассивті қысымының көлденең және тік компоненттерін $z = H = 1,5$ м тереңдікте, $\lambda_n = 1,1$ жүктеме бойынша сенімділік коэффициентімен табамыз:

$$\sigma_{ph} = (q + \gamma \cdot z) \cdot \lambda_{ph} = 17 \cdot 1,1 \cdot 1,5 \cdot 2,56 = 65,3 \text{ кПа};$$

$$\sigma_{pv} = \sigma_{ph} \cdot tg(\alpha + \delta) = 65,3 \cdot tg26° = 28 \text{ кПа}.$$

6. Топырақтың көлденең және тік пассивті біркелкі қысымының әсерін анықтаймыз:

$$E_{ph} = \frac{\sigma_{ph} \cdot H}{2} = \frac{65,3 \cdot 1,5}{2} = 49 \text{ кН};$$

$$E_{pv} = \frac{\sigma_{pv} \cdot H}{2} = \frac{28 \cdot 1,5}{2} = 21 \text{ кН}.$$

Топырақтың біркелкі пассивті қысымының түсу нүктесі 13.5-суретте көрсетілген.

13.1-кестеде өзіндік жұмыс үшін тапсырмалардың нұсқалары келтірілген.

13.1-кесте

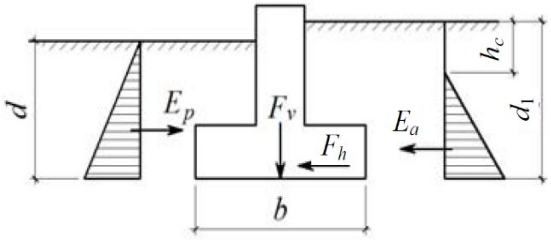
№ Нұсқа	Тірек қабырғаның өлшемдері					Топырақ сипаттамасы		
	H, м	H', м	*B*, м	*b*, м	*q*, кПа	γ_I, кН/м^3	φ_I, град	c_I, кПа
1	5	1,4	2,6	0,6	30	17,0	18	-
2	5,5	1,6	2,8	0,8	-	18,0	16	8
3	6	1,8	3,0	1,0	-	18,2	18	10
4	6,5	2,0	3,2	1,2	35	17,5	19	-
5	7	2,2	3,4	1,4	-	17,2	20	12
6	7,5	2,4	3,6	1,6	-	17,4	21	14
7	8	2,6	3,8	1,8	40	18,0	24	-
8	8,5	2,8	4,0	2,0	-	18,6	22	16
9	9	3,0	4,2	2,2	-	18,8	23	18
10	9,5	3,2	4,4	2,4	45	18,5	26	-
11	10	3,4	4,2	2,2	-	19,0	19	13
12	9,5	3,2	4,0	2,0	-	19,2	21	15
13	9	3,0	3,8	1,8	40	19,0	27	-
14	8,5	2,8	3,6	1,6	-	18,5	22	18
15	8	2,6	3,4	1,4	-	18,7	24	20
16	7,5	2,4	3,2	1,2	35	18,5	28	-
17	7	2,2	3,0	1,0	-	19,6	23	22
18	6,5	2,0	2,8	0,8	-	19,8	21	24
19	6	1,8	2,6	0,6	30	18,0	26	-
20	5	1,6	2,7	0,7	-	20	22	26

Бақылау сұрақтары

1. Тірек қабырғаларының классификациясын беріңіз.
2. Активті және пассивті қысымдарға анықтама беріңіз.
3. Топырақ қысымының қоршау бетіне әсер ету кезіндегі факторларды атаңыз.
4. Борпылдақ топырақтардың тіреу қабырғаларына қысымы қалай анықталады?
5. Байланыстырушы топырақтардың тірек құрылыстарына қысымы қалай есептеледі?
6. Көлденең төсемнің бетінде жүктеменің болуы қалай ескеріледі?

№14 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС
Тегіс жазықтықта ығысу схемасы бойынша іргетастың тұрақтылығын есептеу

Іргетастың табанына немесе топырақ жастықшасының табанына қарай жылжуын есептеу (сурет. 3.5) егер tgδ < $\sin\varphi_1$ шарты орындалмаса, негіз топырақтарының тұрақсыз күйінде, сондай-ақ тұрақтандырылған кезде іргетасқа жүктеменің көлденең компонентінің әрекеті кезінде шығарылады.



3.5-сурет. Тегіс жазықтықта ығысу схемасы бойынша іргетасты есептеу схемасы

Тегіс ығысуды есептеу кезінде келесі формула қолданылады:

$$\sum F_{sa} < \frac{\gamma_c \cdot \sum F_{sr}}{\gamma_n} \qquad (3.18)$$

мұндағы $\sum F_{sa}$ и $\sum F_{sr}$ - сәйкесінше ұстап тұратын және жылжытатын есептеу күштерінің сырғанау жазықтығындағы проекциялардың қосындысы, кН.

Ұстап қалу күштерінің қосындысы

$$\sum F_{sr} = (F_v - u) \cdot tg\varphi_I + A \cdot c_I + E_p \qquad (3.19)$$

Ығысу күштерінің қосындысы

$$\sum F_{sa} = F_h + E_a, \qquad (3.20)$$

мұндағы F_v - іргетасқа есептелген жүктеменің сырғанау жазықтығына қалыпты құрамдас бөлігі, кН; u - гидростатикалық қарсы қысым (жер асты суларының деңгейі іргетас табанынан жоғары болғанда); А - іргетас табанының ауданы, м^2; F_h - іргетасқа жүктеме компонентінің сырғу жазықтығына тангенс, кН; E_p және E_a - тең әсер ететін топырақтың пассивті және белсенді қысымы, кН.

Іргетастың тік бетіне топырақтың пассивті қысымының нәтижесі келесі формула бойынша анықталады:

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot \left(\gamma_I \cdot d \cdot \lambda_p + \frac{c_I \cdot d}{tg\varphi_I} \right) \cdot (\lambda_p - 1) \tag{3.21}$$

мұндағы d - топырақтың ықтимал шығуы жағынан іргетастың салыну тереңдігі, м; λ_p - топырақтың пассивті қысымының коэффициенті, мынадай формула бойынша анықталады:

$$\lambda_p = tg^2 \left(45° + \frac{\varphi_I}{2} \right) \cdot$$

Белсенді қысымның нәтижесі келесі өрнек бойынша есептеледі:

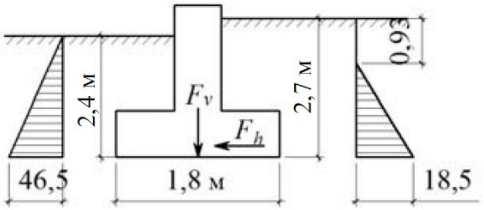
$$E_a = \frac{1}{2} \cdot \left(\gamma_I \cdot d_1 \cdot \lambda_a - 2c_I \cdot \lambda_a \right) \cdot (d_1 - h_c), \tag{3.22}$$

мұндағы d_1 - топырақтың ықтимал шығарылуына қарама-қарсы жағынан іргетастың тереңдігі; λ_a - топырақтың белсенді қысымының коэффициенті, формула бойынша анықталады:

$$\lambda_a = tg^2 \left(45° - \frac{\varphi_I}{2} \right); \tag{3.23}$$

$$h_c = \frac{2c_I \cdot \lambda_a}{\gamma_I \cdot \lambda_a}. \tag{3.24}$$

Мысал 3.3. Табанға тегіс ығысу схемасы бойынша аралық жүйенің негізін есептеу қажет (сурет.3.6). Негіз топырақтары келесі сипаттамалары бар құмдақ қабатымен ұсынылған: I_1=0.5; e=0.65; c_n=8 кПа; φ_n=22^0 ; γ_1=17.4 кН/ м^3. Іргетастың табанының деңгейіндегі есептік жүктемелер F_v= 250 кН; F_h=130 кН. Іргетастың өлшемдері деформациялар бойынша b=1.8 м, l = 1.2 м есебінен алынған, іргетастың орналасу тереңдігі жоспарлау деңгейінен d = 2.4 м, еден деңгейінен d_1= 2.7 М. Ғимарат класы – III.



3.6-сурет. Іргетасты есептеу схемасы, мысал 3.3

Есептеу тәртібі

1. Негіз топырағының беріктік сипаттамаларының есептелген мәндерін анықтаймыз:

$$c_I = \frac{c_n}{\gamma_g} = 8/1{,}5 = 6 \text{ кПа};\ \varphi_I = \frac{\varphi_n}{\gamma_g} = 22 / 1{,}1 = 20°.$$

2. $tg\delta = \frac{F_h}{F_v} < \sin\varphi_I$ шартының орындалуын тексеріңіз:

$$tg\delta = 130/250 = 0{,}52;\ 5 = 28°;$$

$$\sin 20° = 0{,}34;\ tg\delta = 0{,}52 > \sin\varphi_I = 0{,}34,$$

яғни, шарт орындалмайды және қарастырылған жағдайда формула (3.7) қолданылмайды. Есептеуді жалпақ ығысу схемасы бойынша жүргізу керек (сурет 3.3).

3. Кері толтыру топырақтары үшін біз қабылдаймыз:

$$\gamma_I' = 0,95 \cdot \gamma_I = 0,95 \bullet 17,4 = 16,53 \text{ кН/м}^3;$$

$$c_I' = 0,95 \cdot c_I = 0,5 \bullet 6 = 3 \text{ кПа};\ \varphi_I' = 0,95 \cdot \varphi_I = 0,9 \bullet 20° = 18°.$$

4. Біз белсенді және пассивті қысымның нәтижесін есептейміз. Ол үшін λ_a и λ_p, сондай-ақ h_c коэффициенттерін алдын-ала анықтаңыз:

$$\lambda_a = \text{tg}^2 (45° - 18°/2) = 0,53;$$

$$\lambda_p = \text{tg}^2 (45° + 18°/2) = 1,9;$$

$$h_c = 2 \bullet 6 \bullet 0,53/(17,7 \bullet 0,53) = 0,93 \text{ м}.$$

Сонда

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot (16,53 \cdot 2,7 \cdot 0,53 - 2 \cdot 3 \cdot 0,53) \cdot (2,7 - 0,93) = 18,5 \text{ кН};$$

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot \left(17,7 \cdot 2,4 \cdot 1,9 + \frac{3 \cdot 2,4}{tg18°}\right) \cdot (1,9 - 1) = 46,5 \text{ кН}.$$

5. Формулалар (3.19 және 3.20) бойынша ұстап қалу және ығысу күштерінің қосындысын есептейміз:

$$\sum F_{sr} = (250 - 0) \cdot tg20° + 1,8 \cdot 1,2 \cdot 6 + 46,5 = 149,5 \text{ кН};$$

$$\sum F_{sa} = F_h + E_a = 130 + 18,5 = 148,5 \text{ кН}.$$

6. Біз шарттың орындалуын тексереміз (3.1):

$$\sum F_{sa} < \frac{\gamma_c \cdot \sum F_{sr}}{\gamma_n} = 0,9 \bullet 149,5/1,1 = 122 \text{ кН} < 148,5 \text{ кН}.$$

Қорытынды. Табанның жылжуына қарсы іргетастың тұрақтылығы қамтамасыз етілмеген. Бұл жағдайда табанның мөлшерін ұлғайту іс жүзінде ешқандай әсер етпейді (топырақтың нақты адгезиясының төмен мәніне байланысты), сондықтан көлбеу табаны бар іргетас немесе көлбеу табаны бар жастық

("іргетас жастығы"түйіспесі бойынша жылжу мүмкіндігін тексере отырып).

3.4-Кестеде өздік жұмысқа арналған тапсырмалардың нұсқалары келтірілген.

Қосымша 6

3.4-кесте. Тапсырма нұсқалары

Сипатта-малары	Нұсқалар									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Негіз топырағы – құмдақтар: γ_I = 17,0 кН/м^3										
φ_n, град	16	17	18	19	20	21	22	23	24	23
c_n, кПа	4	5	6	7	8	9	10	5	6	5
b, м	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4
l, м	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0
d, м	1,0	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
d_1, м	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5
Имарат классы - II										
F_{v1}, кН	210	220	230	240	250	260	270	260	250	250
F_h, кН	100	105	110	110	120	120	130	130	120	130
Сипаттама лары	Нұсқалар									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Негіз топырағы – маздақтар: γ_I = 17,4 кН/м^3										
φ_n, град	22	21	20	19	18	20	22	24	21	20
c_n, кПа	7	8	9	10	4	5	6	7	8	6
b, м	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,5
l, м	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1
d, м	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
d_1, м	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5
Имарат классы - III										
F_{v1}, кН	200	220	230	240	250	260	220	230	240	250
F_h, кН	100	110	115	120	125	130	110	120	130	120

Бақылау сұрақтары:

1 Тұрақтылық негізінің жоғалуына қандай себептер себеп болады?

2 Жүк көтергіштігі бойынша есептеудің мәні неде?

3 Іргетастың тереңдігі неге байланысты?

4 Негіздер мен іргетастарды жобалауға қандай талаптар қойылады?

№ 15 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС
студенттерді 2 аралық аттестаттау

1. Ғимараттар мен құрылыстардың негізі деген не?

1.1. Негіздерді қандай түрлерге бөлуге болады?

1.2. Табиғи және жасанды негіздер қалай ерекшеленеді?

1.3. Іргетастар не үшін орнатылады?

1.4. Топырақтың негізгі физикалық және механикалық қасиеттері және олардың сипаттамалары.

1.5. Құрылымы тұрақсыз топырақтар үшін қандай қосымша сипаттамалар анықталады?

1.6. Негіздер мен іргетастарды жобалауға қандай талаптар қойылады?

1.7. Топырақтың тығыздау коэффициенті не деп аталады?

2. Топырақтың су өткізгіштігі

2.1. Іздестіру жұмыстарының толық кешені неден тұрады?

2.2. Бұл сүзгілеу?

2.3. Гидравликалық градиеент дегеніміз не?

3. Топырақтың компрессиялық қасиеттері.

3.1. Деформацияның қандай түрлері және жүктемелер оған әсер еткен кезде топырақта қандай процестер жүреді?

3.2. Қалай атқарылуда деформация топырақ жатыр.

3.3. Негіздер мен іргетастарды жобалаудың кезектілігі қандай?

3.4. Топырақты сығымдау кезінде топырақтың сығылуының қандай сипаттамалары анықталады?

4. Топырақ жартылай кеңістігіндегі кернеулер

4.1. Топырақтағы кернеулерді анықтауда қандай алғышарттар қолданылады?

4.2. Шоғырланған күштен, күштер тобынан және жүктеме аймағында бөлінген жердегі кернеуді қалай табуға болады?

4.3. Бұрыштық нүктелер әдісімен топырақтағы кернеулерді анықтаудың мәні неде?

4.4. Инженерлік құрылымдардың негізіндегі кернеулер қалай анықталады?

4.5. Топырақтың өз салмағы туралы кернеуді қалай есептейді?

5. Топырақ негіздерінің соңғы шөгінділерін анықтау

5.1. Тұнба деп не аталады?

5.2. Тығыздау шөгінділерінің пайда болуының себебі неде?

5.3. Қабатты жинақтау әдісімен құрылымдардың жауын-шашынын анықтаудың мәні неде?

5.4. Ғимараттың немесе құрылымның қаттылығы шөгінділердің біркелкі болмауына әсер ете ме?

5.5. Жобалау және құрылыс кезінде инженерлік құрылыстардың уақытындағы шөгуді анықтаудың маңызы қандай?

6. Іргетастың тереңдігі

6.1. Кішігірім іргетастың негізгі элементтері қалай аталады?

6.2. Іргетастың тереңдігі неге байланысты?

6.3. Қандай топырақтарда Іргетастардың тереңдігі топырақтың қатуының есептелген тереңдігіне қарамастан тағайындалады?

6.4. Таяз және терең іргетастардың негіздері құрылымдық жағынан ерекшеленеді ме?

7. Топырақтың ығысу күші

7.1. Бөлінбеген топырақтың беріктік сипаттамасы қандай?

7.2. Бөлінбеген топырақтың ішкі үйкеліс бұрышына қандай факторлар әсер етеді?

7.3. Топырақтың табиғи көлбеу бұрышы дегеніміз не?

7.4. Шаңды-сазды топырақтың ығысу беріктігін не сипаттайды?

7.5. Шаңды-сазды топырақтың ығысу күші қандай факторларға байланысты?

8. Топырақтың өте стресстік жағдайы.

8.1. Топырақтың шекті кернеулі күйі нені білдіреді?

8.2. Қандай жүктеме шекті критикалық деп аталады?

8.3. Топырақтың пропорционалдылық шегі қандай жүктеме деп аталады?

8.4. Базадағы шекті жүктеме нені білдіреді?

9. Топырақ беткейлерінің тұрақтылығы

9.1. Топырақ беткейінің тұрақтылығын есептеу үшін қатайған құлау бөлігінің әдісінің мәні неде?

9.2. Дөңгелек цилиндрлік құлау беттерін есептеу кезінде көлбеу тұрақтылық коэффициенті қалай анықталады?

10. Қоршау конструкцияларына топырақ қысымы

10.1. Топырақтың белсенді қысымы мен енжар қысымның айырмашылығы неде ?

10.2. Белсенді және пассивті қысымды есептеу кезінде топырақтың адгезиясы қалай ескеріледі?

Топырақты сынауға арналған МЕМСТ тізбесі

ГОСТ 5180-75. Топырақтар. Физикалық сипаттамаларды зертханалық анықтауәдістері.

МЕМСТ 12071-84. Топырақтар. Үлгілерді іріктеу, буып-түю, тасымалдау жәнесақтау.

МЕМСТ 12248-78. Топырақтар. Кесу кедергісін зертханалық анықтау әдістері.

ГОСТ 12536-79. Топырақтар. Гранулометриялық (дәнді) және микроагрегаттыққұрамды зертханалық анықтау әдістері.

ГОСТ 20276-85. Топырақтар. Деформация сипаттамаларын далалық анықтауәдістері.

МЕМСТ 23908-79. Топырақтар. Сығымдауды зертханалық анықтау әдісі.ГОСТ 25100-95. Топырақтар. Жіктелуі.

МЕМСТ 25584-83. Топырақтар. Сүзу коэффициентін зертханалық анықтауәдістері.

БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ

1. Далматов Б.И., Бронин В.Н., Карлов В.Д. және т.б. Топырақмеханикасы. С. 1. Құрылыстағы геотехника негіздері. - М.: АСВ, 2000. -204 б.

2. Цытович Н.А. Топырақ механикасы. - М.: Жоғары Мектеп, 1983. -288 б.

3. Құрылыс нормалары мен ережелері: ғимараттар мен құрылыстардың негіздері: ҚНжЕ 5.01.01-2002. -Астана, 2002. - 83 б.

4. Р.А. Мангушев, Р.А. Усманов. Топырақ механикасы., 2012. - 392 б.

5. Далматов Б.И., Бронин В.Н., Голли А.В. және т.б. Ғимараттар мен жер асты құрылыстарының іргетастарын жобалау. - М.: АСВ, 2001. - 440 б.

6. Шутенко Л.Н., Гильман А.Д., Лупан Ю.Т. негіздер мен дәлелдер. -Киев: Жоғары Мектеп, 1989. - 328 б.

7. Добров, Э. М. Механика грунтов [Текст] : учебник для студентов высш. учеб. заведений / Э. М. Добров. – М.: Издательский центр «Академия», 2008 – 272с. – ISBN 978-5-7695-3949-7.

8. Догадайло, А. И.Механика грунтов. Основания и фундаменты [Электрондық ресурс]: оқу құралы / А. И. Догадайло. - Юриспруденция, 2012.

9.ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация

10.ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.

11.ГОСТ 22733-2002 Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности.

12.http://www.proingener.ru/load/asutp/15 - студенттер мен жобалаушыларға арналған оқулық және техникалық әдебиеттер.

13.http://www.zodchii.ws/books/ - құрылыс кітапханасы.

14. ГОСТ 5180–84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.

15. ГОСТ 23161–78. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик просадочности.

16. ГОСТ 12536–79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.

17. ГОСТ 22733–2002. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности.

18. ГОСТ 25584–90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации.

19. ГОСТ 30416–96. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. Дополнительная литература.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ..... 3
1 Жұмыстың мазмұны және орындау тәртібі…….. 5
1.1 Жұмыс мақсаты және орындау тәртібі..... 5
1.2 Жұмысты рәсімдеу және оны қорғау нұсқаулары..... 5
Жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар……..…….. 6
Зертханалық жұмыс №1. Құмды топырақтардың гранулометриялық құрамын анықтау…….....…… 10
Зертханалық жұмыс №2 Аққыштық және жайылу шекарасындағы ылғалдылықты анықтау. Топырақтыңылғалдылығын анықтау…….....……. 16
Зертханалық жұмыс №3. Топырақты компрессиялық сынау.Сығылу коэффициентін анықтау…….. 24
Зертханалық жұмыс №4. Топырақты ығыстыру сынағы Топырақты бір жазықтықпен кесу әдісі бойынша топырақберіктігінің параметрлерін анықтау…….....…….. 35
Зертханалық жұмыс №5. Ламинарлы сүзілу заңы. Топырақтыңсүзілу коэффициентін анықтау……..... 46
Зертханалық жұмыс №6 Топырақтағы кернеулерді анықтау. Топырақ массиві әсерінен туындаған кернеулерге изобаралар,эпюраларын салу..... 52
Зертханалық жұмыс №7. Шоғырланған жүктеме әсеріненкернеуді анықтау…….....…… 61
Зертханалық жұмыс №8. 1-аралық аттестация. Бақылаусұрақтары…….....……... 70
Зертханалық жұмыс №9. Бұрыштық нүктелер әдісі..... 73
Зертханалық жұмыс №10. Судың әсерін ескере отырып, топырақтың өз салмағынан қысымды анықтау..... 83
Зертханалық жұмыс №11. Қосымша қысым мен топырақтың өзіндік салмағынан диаграммалар салу..... 89
Зертханалық жұмыс №12. Беткейдің

графо-аналитикалық есебі..... 98
Зертханалық жұмыс №13. Қысым диаграммаарын құру. Белсенді және пассивті қысым..... 108
Зертханалық жұмыс №14. Тегіс жазықтықта ығысу схемасы бойынша іргетастың тұрақтылығын есептеу..... 116
Зертханалық жұмыс №15. 2-аралық аттестация. Бақылау сұрақтары..... 122
Топырақты сынауға арналған МЕМСТ тізбесі..... 124
Библиографиялық тізім..... 125

Оқулық басылым

Т. И. Иргибаев
А. Қ. Алдигазиева

ТОПЫРАҚТЫҢ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

«Геотехника 1» пәні бойынша
зертханалық жұмыстарды орындауға арналған
оқу құралы

БДБ бастығы *Л. Т. Қасжанова*
Редакторы *Т. С. Жақсыбаева*
Компьютерлік беттеу *Д.Ш. Тажиева*

Басуға қол қойылды 03.05.2023 ж.
Таралымы 300 дана. Пішімі 60x84x1/16
№ 1 баспаханалық қағаз. Е.-б.т. 8,2. Ш.б.т. 7,6 .
Тапсырыс № 1082. Бағасы келісімді.

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық
зерттеу университеті басылымы
Т. Кенеев атындағы Polytech баспа орталығы
Алматы қ., Сәтбаев көшесі, 22

ISBN 978-601-323-336-9