

30.88.5 Я+3

Б.20

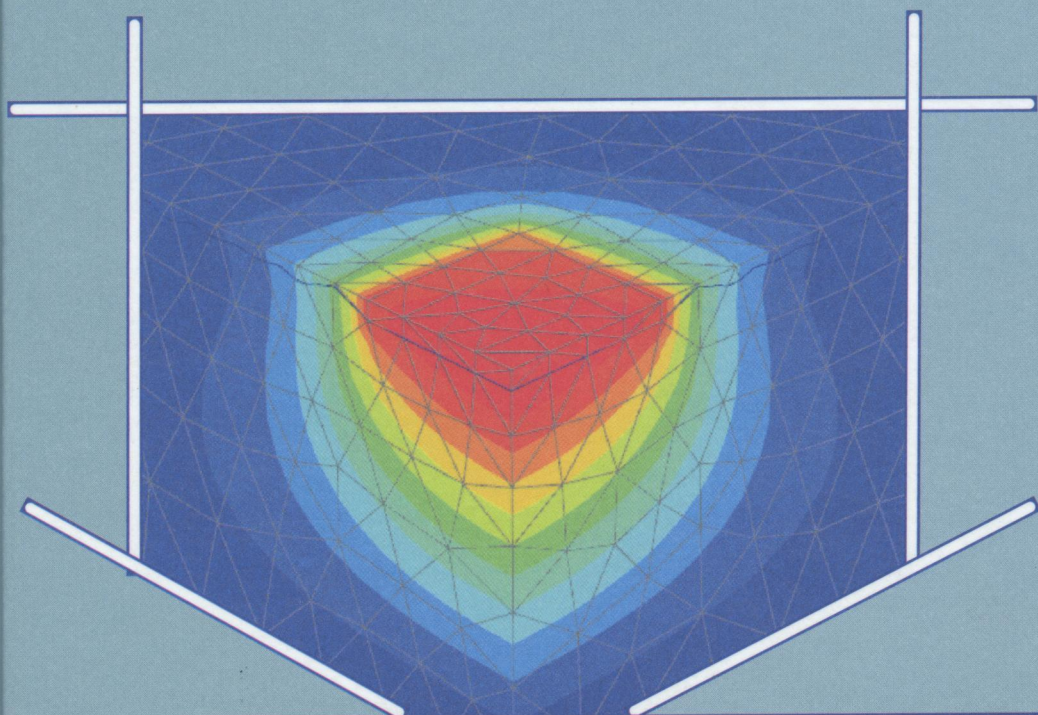


Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі

Т. М. Байтасов
Е. Е. Оразалы
Ә. С. Жакулин



ГЕОТЕХНИКА



Алматы, 2011

Т.М. Байтасов, Е.Е. Оразалы, Ә.С. Жакулин

ГЕОТЕХНИКА

Оқулық

*Қазақстан Республикасы Білім және
ғылым министрлігі оқулық ретінде бекіткен*

388486-

Алматы, 2011

ӘОЖ 62:624 (075.8)

КБЖ 30: 38.5 я 73

Б 20

*Алматы технологиялық университетінің
оқу-әдістемелік бірлестігі баспаға ұсынған*

Пікір жазғандар:

Техника ғылымдарынның докторы, профессор **Е.С. Өтенов;**

Техника ғылымдарынның докторы, профессор **Б.Ж. Унайбаев.**

Байтасов Т.М., Оразалы Е.Е.

Б 20 **Геотехника:** Оқулық. / Қазақстан Республикасы Жоғары оқу орындарының қауымдастығы. / Т.М. Байтасов, Е.Е. Оразалы, Ә.С. Жакулин. – Алматы: ЖШС РПБК «Дәуір», 2011. – 204 б.

ISBN 978-601-217-252-2

Оқулық Қазақстан Республикасының мемлекеттік жалпыға міндетті білім стандартына сәйкес және 5В072900 «Құрылыс» мамандығы бакалавриаты студенттеріне арналған.

ӘОЖ 62:624 (075.8)

КБЖ 30: 38.5 я 73

ISBN 978-601-217-252-2

© Т.М. Байтасов, Е.Е. Оразалы,
Ә.С. Жакулин, 2011.

© ҚР Жоғары оқу орындарының
қауымдастығы, 2011.

Оқулық Қазақстан Республикасының Мемлекеттік жалпыға міндетті білім беру стандартына сай «Құрылыс» мамандығы студенттеріне «Геотехника» пәнін қазақша оқу үшін арналып, Қазақстан Республикасының құрылыс нормалары мен ережелері және негіздер, іргетастар, жерасты құрылысы саласына қатысты танымал Ресей және Қазақстан ғалымдарының дәстүрлі оқу құралдары негізінде құрастырылды.

Топырақтардың пайда болуы, құрылымы, геотехникалық сипаттамалары және құрылыстық топтастырылу мәселелері оқулықтың негізгі бөлімдеріне енді. Табиғи күйдегі негіздер топырақтарына, оларды сынақтау әдістеріне, физикалық және деформациялық-тұрақтылық қасиеттерінің нормативтік және есептік сипаттамаларына басты назар аударылды. Топырақтың шөгуін анықтау әдістері, олардың шекті кернеулік жағдайы теориясының негізі жеке қарастырылды.

Негіздер және іргетастарды жобалаудың жалпы қағидалары, қадалы іргетастар және терең орнатылатын іргетастар, жер бетін, таңдалған тереңдікте ашып, топырақтың көтергіш қабатына отырғызылатын жеке, таспалы және басқа іргетастардың түрлері, оларды салудың әдіс-тәсілдері келтірілді. Негіздерді жобалаудың қағидалары мен оларды дайындау ерекшеліктері де ескерілді.

Студенттердің, оқу материалын бекіту үшін, пәннің бағдарламасы мен оқу жұмысы жоспарына және кредит санына сәйкес тақырыптар қарастырылған.

Оқулық бакалавриат студенттерінің курстық және дипломдық жұмыстарын орындау үшін қажетті көлемде нұсқаулармен қамтылған, сонымен қатар оқулықты «Құрылыс» мамандығының магистранттары, құрылыс өнеркәсібіндегі технологтар мен жобалаушылар пайдалана алады.

Оқулықтың алғы сөзін жазып, алғашқы редакциясын жүргізген проф. Т. М. Байтасов 1,2,3,4 тарауларын авторлар бірігіп жазды, 5,8,10 тарауларды проф. Ә. С. Жакулин, ал 6,7,9 тарауларын проф. Е. Е. Оразалы дайындады.

Авторлар

ТОПЫРАҚТАРДЫҢ ТАБИҒАТЫ МЕН ФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Литосфера – Жердің жоғарғы, қалыңдығы 60...80 км, қатты тас қабығы.

Топырақтар деп құрылыс мақсатында қолданылатын литосфера беткі қабаттарының үгілуінен түзілген сусымалы (құмдар, қиыршық, кесек тастар) немесе байланысқан (сазды, иленгіш) шөгінді тау жыныстарын атайды. Кейде, магмалық немесе метаморфтық тау жыныстары, көбінесе өте берік және тұтас болғандықтан, **жартастық топырақтар** атанып, арнайы, мысалы гидротехникалық құрылыста, жеке қарастырылады.

Топырақтар:

- үймереттер мен ғимараттар жертабаны, іргетастарының негізі;
- жерасты құрылыстық орта;
- құрылыс материалы (себінділер, үйінді топырақты бөгеттер) болып пайдаланылады.

Құрылыста, жердің 20-30 см құнарлы беткі қабаты, **жер қыртысы** деген ұғым түрінде де қолданылады.

1.1. Топырақтардың пайда болуы, олардың табиғи, тарихи қалыптасу жағдайлары

Топырақтардың қасиеттері, оларды құрайтын минералдардың ерекшеліктерімен белгіленеді.

Өзінің пайда болу және қалыптасу жағдайына байланысты топырақтар **континенттік және теңіз шөгінділері** болып бөлінеді.

Континенттік түзілістер:

- элювиальды (тау жыныстарының үгілген жерінде, орын ауыстырмай пайда болған шөгінділер);

- делювиальды (атмосфералық судың шаюы нәтижесінде, тау жыныстарының, өз салмағымен, биіктеу жерден орын ауыстырып жиналуынан пайда болған шөгінділер);
- аллювиальды (белгілі бір бағытпен ағатын су ағындарының, өзендердің әрекетінен түзілген шөгінділер);
- мұзды (балшықты және сазды топырақтар);
- сулық-мұзды (ұсақталған тас кесектер);
- көлдік-мұзды (балшықты, сазды топырақтар және құмдар);
- күл (ұшу арқылы келетін шөгінділер).

Теңіз шөгінділеріне жататындар:

- балшықтар, органогендік шөгінділер;
- органоминаралдық қабаттар (тұнбалар);
- әртүрлі құмдар және ұсақталған жыныстар.

1.2. Топырақтың құрамдастары

Жалпы топырақтарды олардың табиғи қасиеттеріне байланысты сусыма (құмдар, қиыршық, кесек тастар) және байланысқан (балшықты, иленгіш) деп екі топқа бөледі. Сусыма топырақтардың иленгіш топырақтарға карағанда қатты түйіршіктерінің арасындағы байланыс жоққа тән. Керісінше, иленгіш топырақтарда мұндай байланыс әжептәуір мықты болады, бірақта оның шамасы қатты түйіршіктердің беріктігінен бірнеше есе аз болады. Көптеген құрылыс материалдарымен салыстырғанда топырақтар өздерінің жоғары кеуектілігімен, су өткізгіштігімен, жоғары сығылғыштығымен, осалдығымен ерекшелінеді. Сондықтан топырақтарды құрылыс мақсатына пайдаланғанда олардың қасиеттерінің ерекшеліктерін ескерген жөн.

Сусыма топырақ құрамына келесі үш топ элементтері кіреді:

- бірінші топ - қатты минералдық түйіршіктері;**
- екінші топ - әртүрлі жағдайдағы су;**
- үшінші топ - газ тәрізді қосындылар.**

Бірінші топ - топырақтың қатты минералдық түйіршіктері құрамы мен көлемі жағынан әртүрлі, оны құрайтын минералдар тегіне байланысты болады. Қатты бөліктер қасиетін бағалаудағы маңызды фактор олардың минералды құрамы мен химиялық белсенділігінің меншікті беті болып табылады. Қатты бөлшектер көлеміне байланысты 1.1 кестеге сәйкес (Сабанин шкаласы бойынша) бөлінеді.

1.1-кесте. Қатты түйіршіктердің топтастырылуы

№	Қатты түйіршіктердің аталуы	Түйіршіктер ірілігі (мм)
1	Малтатастар немесе ұсақталған тас кесектер	> 20
2	Ірі құм немесе қиыршық тас	20-2
3	Құмды	2 -0,05
4	Тозаңды	0,05-0,005
5	Сазды, сазбалшықты	< 0,005

Түйіршіктердің көлеміне сәйкес сусыма топырақ келесі түрлерге бөлінеді.

1. **Ірі кесекті топырақтар** - массасы бойынша 50% жоғары, 2 мм ірі түйіршіктерден құралған жүйесіз минералды топырақтар (жұмыр тасты, малтатасты және қиыршық тасты).

2. **Құмды топырақтар (құм)** - массасы бойынша 50% жоғары, 2 мм ұсақ түйіршіктерден құралған жүйесіз минералды топырақтар.

Түйіршікті бөлшектер пайыздық құрамына байланысты ірі құм немесе қиыршық тасты, ірі түйіршікті, орташа түйіршікті, ұсақ түйіршікті және шаң-тозаңды болып бөлінеді.

3. **Сазды топырақтар** - өзара байланысқан минералды топырақтар (иленгіштік саны $I_p \geq 1\%$).

Сазды топырақтардың физикалық қасиетіне олардың минералдық құрамы және қатты құмды түйіршіктермен қапталған сазды түйіршіктердің саны кіреді. Сазды түйіршіктердің түрі әртүрлі және олардың көлемінің қалыңдығы 10-50 есе жіңішке қабыршақты болып келеді, ал формасы көп бұрышты немесе ине тәріздес болуы мүмкін.

Екінші топ - минералды бөлшектер арасындағы топырақтағы сулар.

Топырақтағы минералды бөлшектер теріс зарядталған, ал су молекулалары біреуінде оң (оттегі атомы) және екінші жағында теріс (судың екі атомы) зарядталған дипольдардан тұрады. Қатты минералды бөлшектердің сумен байланысында, су дипольдары минералды бөлшек беттерінде электромолекулярлық күші пайда болады және бөлшектердің меншікті салмағы қаншалықты үлкен болса, соншалықты су молекуласының саны байланыс жағдайында болады. Минералды бөлшектерге ең жақын қабат 1-3 қатардағы су молекулалары сыртқы әсерлерден де, су тасқынынан да жойылмайтын **өте мықты абсорбирленген су** қабатын құрайды.

Үшінші топ – газ тәрізді қосындылар. Топырақтағы газ тәрізді қосындылар келесі жағдайларда пайда болуы мүмкін: жабық, еркін және булы суда еріген.

Жабық күйдегі және булы суда еріген газ тәрізді қосындылар жердің өзгеруіне ықпал етеді, ал еркін газ құрамына ықпал етпейді.

1.3. Құрылымдық байланыстар жайында

Топырақ құрылымы – қатты бөліктерінің кеңістікте орналасуы, олардың көлемі, түрі, сандық байланысы және олардың арасындағы байланыс сипаты болып табылады.

Күрделі минералды-дисперсті негіз болып табылатын саздың мықтылық қасиеті жеке минералды түйіршіктердің мықтылығына ғана емес, жеке бөлшектер және олардың агрегаттары арасындағы құрылымға да байланысты.

Бұл байланыстардың табиғаты негізінде электромагнитті табиғаттың молекулярлы күші бар, ішкі және сыртқы энергетикалық жиегінің әрекетімен анықталады. Қатты бөлшектер арасындағы тікелей өзара әрекет ететін молекулярлы күш (Ван-дер-Ваальс күші) тек қатты бөлшектер арасындағы тығыз байланыста болады және бірнеше молекула қатарлары арасындағы қашықтықта жатады.

Топырақ бөлшектері арасындағы құрылымдық байланысты қатты кристалданған байланыс және иілімді байланыс деп бөлуге болады. Қатты кристалданған байланыс таулы жерлерге, ал иілімді байланыс сазды жерлерге тән. Қатты кристалданған байланыс суда еруі, не ерімеуі мүмкін. Қатты кристалданған байланыстың еруі негізінде олардың орнына сулы-коллоидты байланыс пайда болуы мүмкін. Сонымен:

Топырақ құрылымы – деп жер құрылымының әртүрлі топырақ қабаттарында орналасуын айтамыз.

Топырақ құрылымының келесі негізгі түрлері бар: қабатты, шомбал және күрделі.

Қабатты құрылым – теңіз, өзен және басқа да жерлерде кең тараған;

Массивті құрылым – массивтің түрлі нүктелеріндегі бірдей тараған құрылымдар;

Күрделі құрылым – порфирлі (өлі топырақ), ұяшықталған (мәңгітоң топырағы), макроборпылдақ (сары топырақ) және басқа құрылымдар.

1.4. Топырақтың физикалық жағдайының көрсеткіштері және топтастыру сипаттамалары

Топырақтың физикалық жағдайының негізгі сипаттамаларына оның тығыздығы, қатты бөлшектерінің тығыздығы және ылғалдылығы жатады.

Топырақтың құрылымдық байланысының бұзылуына қатысты оның құрылымы да өзгереді, сондықтан құрылымы бұзылмаған жер жағдайын зерттеген дұрыс. Ол үшін шурфтар және саңылаулардан инженерлік-геологиялық ізденістер барысында құрылымы бұзылмаған топырақ монолиттерін алады және зертханада үш **негізгі көрсеткішін** анықтайды:

- табиғи күйіндегі **топырақтың тығыздығы**, топырақ массасының оның көлеміне бөлгенге тең ρ ;
- **топырақ түйіршіктерінің тығыздығы**, қатты түйіршіктер массасының оның көлеміне бөлгенге тең ρ .

– топырақтың табиғи ылғалдылығы W , ондағы су массасының қатты түйіршіктер массасына бөлгенге тең.

Топырақтың көрсетіліп отырған $V = 1 \text{ см}^3$ үлгісін ойша екі бөлікке, 1.1 суретіне сәйкес қатты бөлшектер орналасқан V_1 көлемімен және осы бөлшектер арасында кеуектер орналасқан V_2 көлемімен бөлеміз.

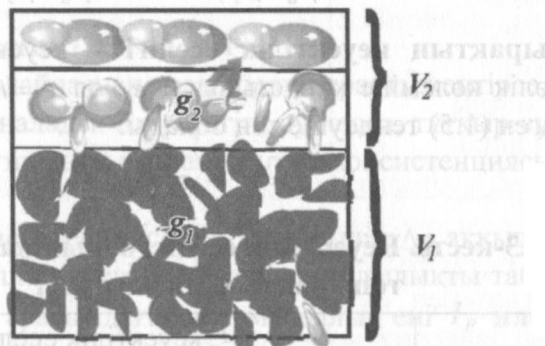
Кеуектер орналасқан кеңістікті де екі бөлікке бөлуге болады, оның бірінде су, екіншісінде ауа бар.

V көлемінде қатты бөлшектер массасын g_1 секілді қабылдай отырып, су массасын g_2 секілді анықтамаларға сәйкес аламыз:

$$\rho = \frac{g_1 + g_2}{V_1 + V_2}; \rho_s = \frac{g_1}{V_1}; W = \frac{g_2}{g_1} \quad (1.1)$$

Топырақ тығыздығын шығыршықты кесуге алынған үлгі бойынша өлшеумен анықтайды. Бөлшектердің тығыздығын пикнометр көмегімен табады. Топырақ ылғалдылығын кептірілгенге дейін және одан кейін табиғи ылғалдылық үлгісін өлшеумен анықтайды.

ρ , ρ_s және W шамасын біле отырып топырақтың сипаттамалық қатарын анықтауға болады.



1.1-сурет. Топырақтың құрылымдық бөліктерінің сұлбасы

Құрғақ топырақ тығыздығы ρ_d (топырақ қаңқасының тығыздығы) топырақтың қатты бөлік массасының кептірілгенге дейінгі бұзылмаған құрылым үлгісінің көлеміне тең:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+W} \quad (1.2)$$

γ_d топырақ қаңқасының және γ_s топырақтың қатты бөлігінің меншікті салмағы төмендегідей анықталады:

$$\gamma_d = \rho_d g \quad (1.3)$$

$$\gamma_s = \rho_s g \quad (1.4)$$

1.2-кесте. ρ_d қаңқа тығыздығы бойынша топырақ бөліктері

топырақ түрлері	ρ_d , г/см ³ топырақ қаңқасының тығыздығы
өте тығыз	>2,5
тығыз	2,5-2,1
борпылдақ	2,1-1,2
өте борпылдақ	<1,2

Топырақтың кеуектілігі – үлгідегі қуыс көлемінің сол үлгі көлеміне қатыстылығын n білдіреді. Қатты бөліктер көлемінің үлгі көлеміне қатыстылығын m білдіреді:

$$m = \rho_d / \rho_s; \quad n = 1 - \rho_d / \rho_s \quad (1.5)$$

Топырақтың кеуектілік еселігі – кеуектер көлемінің қатты бөлік көлеміне қатыстылығы e , ол $e = n / m$ тең немесе көрсетілген (1.5) теңдеуіне тең болады.

$$e = \rho_s - \rho_d / \rho_d \quad (1.6)$$

1.3-кесте. Кеуектілік еселігі бойынша құмды топырақтардың жіктелуі

Құмның түрлері	I_p кеуектілік еселігі		
	Ірі құм немесе қиыршық тасты құмдар	Ұсақ құмдар	Тозанды құмдар
Тығыз	<0,55	<0,6	<0,6
Орташа тығыз	0,55-0,7	0,6-0,75	0,6-0,8
борпылдақ	>0,7	>0,75	>0,8

e шамасын біле отырып, n жерінің кеуектілігін анықтауға болады немесе m топырақ көлемінің бірлігіндегі қатты бөлшектер көлемін келесі формулалар бойынша анықтауға болады:

$$n = e/(1 + e); \quad m = 1/(1 + e) \quad (1.7)$$

Суды сіңіруі бойынша топырақ жағдайы W_{sat} кеуектердің сумен (толық ылғалдылық сыйымдылығына) толықтай толуына сәйкес ξ жерінің табиғи ылғалдылығына тең S_r суды сіңіру еселігі бойынша белгілейді:

$$S_r = W / W_{sat} \quad (1.8)$$

$$W_{sat} = m\rho_w / (m\rho_s) \text{ или } W_{sat} = e\rho_w / \rho_s \quad (1.9)$$

$$S_r = W\rho_s / (e\rho_w) = W\gamma_s / (e\gamma_w) \quad (1.10)$$

Суды сіңіруі бойынша жер жағдайын құмды, ірі қалдықтар және сары топырақтар үшін пайдаланады. Суды сіңіруі бойынша бұл жерлер төмендегідей бөлінеді:

- ылғалдылығы аз немесе ($0 < S_r \leq 0,5$) суды сіңіру деңгейінің аздығы;
- ($0,5 < S_r \leq 0,8$) ылғалды немесе суды орташа сіңіру деңгейі;
- суға қаңыққан ($0,8 < S_r \leq 1$).

Иленгіш жағдайда шаң-тозаңды топырақты кептірсе, онда ол қатты денеге айналады. Егер үлгіге су қосса, тұтқыр сұйықтық алуға болады, яғни қаттыдан аққыштық консистенциясына ауысады.

Топырақ консистенциясын анықтау үшін $\Delta\rho$ аққыштық шегі және W_p иленгіштік шегіне сәйкес ылғалдылықты табады. Бұл ылғалдылықтар арасындағы айырмашылық ені I_p **иленгіштік саны** деп аталады:

$$I_p = W_L - W_p \quad (1.11)$$

E_0 **иленгіштік саны** 1.4 кестеге сәйкес шаң-тозаңды топырақ атауын белгілеу үшін пайдаланылады.

1.4-кесте. I_p шаң-тозанды топырақтың атауы

Сазды топырақ түрлері	v_f иленгіштік саны, %
Құмдақ	1-7
Саздақ	7-17
Сазбалшық	>17

Түйіршіктік құрамы және иленгіштік саны бойынша жердің нақты бөлінуі 1.5.-кестеде көрсетілген.

1.5-кесте. I_p Түйіршіктік құрамы бойынша топырақтың бөлінуі

Сазды топырақтың түрлері	I_p иленгіштік саны	Құмды бөлшектер құрамы (2-0,5мм), масса бойынша %
Құмайт:		
- құмды	1-7	≥ 50
- шаңды	1-7	<50
Саздақ:		
- жеңіл құмды	7-12	≥ 40
- жеңіл шаңды	7-12	<40
- ауыр құмды	12-17	≥ 40
- ауыр шаңды	12-17	<40
Сазбалшық:		
- жеңіл құмды	17-27	≥ 40
- жеңіл шаңды	17-27	<40
- ауыр	>27	жіктелмейді

Жердің табиғи ылғалдылығын аққыш және илену шегіндегі ылғалдылығымен салыстыру оның жағдайын I_L аққыштық көрсеткіш бойынша белгілеуге мүмкіндік береді:

$$I_L = (W - W_p) / (W_L - W_p) \quad (1.12)$$

Сазды топырақ I_L аққыштық көрсеткішке сәйкес 1.6-кестедегідей келесі жағдайларда орын ала алады.

1.6-кесте. I_L байланысты сазды топырақтың күйлері

Сазды топырақ түрлері	I_L аққыштық көрсеткіші
Құмдақ	
- қатты	$I_L < 0$
- иленгіш	$0 \leq I_L \leq 1$
- аққыш	$I_L > 1$
Саздақ және сазбалшық	
- қатты	$I_L < 0$
- жартылай қатты	$0 \leq I_L \leq 0.25$
- баяу иленгіш	$0.25 < I_L \leq 0.5$
- жұмсақ иленгіш	$0.5 < I_L \leq 0.75$
- аққыш иленгіш	$0.75 < I_L \leq 1.0$
- аққыш	$I_L > 1.0$

e табиғи түрде қосылған жердің кеуектілік еселігі осы жердің e_{max} өте борпылдақ және e_{min} өте тығыз жерінің кеуектілік еселігімен салыстырған жағдайда I_D қосу тығыздығының көрсеткіші белгіленеді:

$$I_D = (e_{max} - e) / (e_{max} - e_{min}) \quad (1.13)$$

I_D тығыздық көрсеткішінің маңызына байланысты борпылдақ құмды келесі топтарға бөледі: борпылдақ ($0 \leq I_D \leq 0,33$); тығыздығы орташа ($0,33 < I_D \leq 0,67$); тығыз ($0,67 < I_D \leq 1$).

Тығыздығы бойынша жер жағдайын статикалық және динамикалық тексеру негізінде анықтайды. Жердің өзіне зондты енгізуге кедергісі бойынша ҚНЖЕ кестесінде құм жағдайын белгілейді.

Жасанды түрде жақсартылған негізде, іргетас қуыстарына топырақ салып, жол төсеулерін немесе үймелерді үйіп, жерді нығыздау қажет. Топырақтың осы ылғалдылықта нығыздалғанын

бағалау үшін стандартты нығыздау құралында зерттеуге әкеледі. Нығыздалғаннан кейін ρ жердің қаңқа тығыздығын және W ылғалдылығын анықтайды. Содан кейін (1.2) формула бойынша ρ_d топырақ қаңқасының тығыздығын есептейді және графикалық тәуелділігін құрайды, демек стандартты нығыздаумен ρ_d топырақ қаңқасының аса тығыздылығына қол жеткізілетін ылғалдылық анықталады. Бұл ылғалдылық W_{opt} тиімді ылғалдылық деп аталады. Құралдарда тиімді ылғалдылыққа қол жеткізілген ρ_d аса маңызы $\rho_{d,opt}$ жер қаңқасының тиімді тығыздығы деп аталады.

1.5. Құрылымы тұрақсыз топырақтар

Құрылымы тұрақсыз топыраққа (ерекше топыраққа) арнайы жағдайларда салыстырмалы түрде олардың табиғи құрылымы тез бұзылатын келесі топырақ түрлері жатады:

- сары топырақ (құрылымы күш әсер еткен кезінде бұзылатын);
- қатқан және мәңгітоң топырақтары (құрылымы еріген кезде бұзылатын);
- борпылдақ құм (динамикалық әсерден тез нығыздалатын);
- лай және әсералғыш саз (деформациялық және беріктік қасиеті олардың табиғи құрылымы бұзылғанда өзгереді);
- ісінбелі топырақ (суланғанда көлемі ұлғаяды);
- шымтезек және шымтезектелген топырақ (аса қатты сығылғыштығы және осалдығымен сипатталады);

1.5.1. Сары топырақ

Сары топырақ, топырақтың ұсақ бөлшектерінің желмен ауысуы нәтижесінде пайда болған, сондықтан көбінесе сазды бөліктерді құрайтын шаңды бөлшектерден тұрады. Түйіршіктік құрамы мен иленгіштік саны бойынша сары топырақ құмайт және сазды болып келеді.

Сары топырақ макроқуысты жер арасында жатады, яғни ірі кеуектері бар топырақ болып келеді. Олардың көбіне

ылғалдылығы төмен және салыстырмалы түрде суды сіңіру еселігінің мәні төмен болады. Суға салынған сары топырақ кішкене агрегаттарға және шанды бөліктерге ыдыраудан дымқылданады және жібиді.

Сары топыраққа жеке бағаналық тән. Табиғи ылғалдылықта олар 10 м құламаны ұстай алады. Нығыздау кезінде оның көлемінің тез кішірейгені байқалады, ол ғимараттың тез отырып, лықсып шөгуіне әкеледі.

Лықсып шөгу деп, топырақ құрылымының тез өзгеруімен қоса жүретін шөгуді айтады. Мұнымен қатар **шөккіш, лықсу, лықшөгулік, отыру** деген сары топырақтың сипаттары кезігеді.

Сары топырақты дымқылдандырғанда қатты кристалды байланыстар ериді, су үлдірінің ажырау әрекеті дамиды, бөлшектер арасындағы сулы-коллоидтік байланыстың беріктігі төмендейді, ал ол топырақтың тығыздалуына әкеледі. Нығыздалу процесінен кейін салыстырмалы түрде сары топырақтың бетіндегі қабаты 2-2,5 м – ге дейін отырады.

Топырақтың отыруын одометрге су жіберумен компрессиялық сынақ арқылы анықтайтын ε_{st} **салыстырмалы шөгумен** бағалайды. Сынақ нәтижесі бойынша нығыздау кезінде өзгеру сипаты мен қысымынан үлгі биіктігіне тәуелді кесте құрылады, содан кейін осы қысым кезінде салыстырмалы шөгіндіні табады:

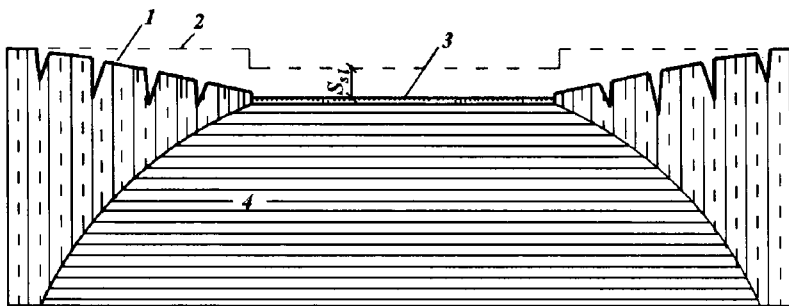
$$\varepsilon_{st} = (h_{n,p} - h_{sat/p}) / h_{n,g} \quad (1.14)$$

$h_{n,p}$ – құрылысты салудан кейінгі осы тереңдіктен күткен қысым кезіндегі табиғи ылғалдылықтағы топырақ үлгісінің биіктігі; $h_{sat/p}$ – суланып болған шөгуден кейінгі үлгі биіктігі; $h_{n,g}$ – осы z тереңдікте $p_1 = \sigma_{z,g}$ табиғи қысымдағы сынама биіктігі.

Топырақты $\varepsilon_{st} > 0,01$ шөгінді деп есептейді. ε_{st} шамасы қатып қалу деңгейіне байланысты болады. Азғантай қысымда сары топырақты мүлдем шөгінді емес дейді. Алайда бастапқы шөгінді қысымды тәжірибелі қазаншұңқырға су құю жолымен анықтаған дұрыс. Ол үшін өсімдік жамылғысын алады

және оларға тәжірибе алаңында құлатуды жүзеге асырады. Алаң орталығына терең маркаларды қондырады және сары құм қабатының барлығы ылғалданғанша қазаншұңқырға су жібереді. Қазаншұңқыр көлемі жоспардағы сыналатын топырақтың шөгінді қабатының қалыңдығынан кіші болмауы тиіс.

Қосымша дымкылдау шамасында сары топырақ тек қазаншұңқыр түбінде ғана отырмайды, сонымен қатар оның айналасында да болады. Осы шөгу 1.2 суретіне сәйкес жарықтар мен кертпелердің пайда болуында топырақтың созылуымен жүреді. Көлденең қабатталған тұрақтылықты терең маркалар көмегімен өлшеу топырақтың өзінің салмағы әсерінен отыра бастайтын тереңдікті белгілеуге мүмкіндік береді. Бұл қысым P_{st} бастапқы отыру қысымы болып табылады. Осы қысым P_{st} көп болған сайын, шылатылған кезде топырақ мықты болады.



1.2-сурет. Сулану кезіндегі сары топырақтың үстінгі қабатының отыруы:
1-суланудан кейінгі топырақтың үсті; 2-дәл сондай, сулануға дейінгі;
3-құм себу; 4-суланған топырақ.

Бұл тәжірибе топырақтың шөгу түрін белгілеуге мүмкіндік береді:

I типі – топырақтың өзінің салмағы әсерінен барлық қабаты 5 см отырады (көбінесе топырақтың сулану кезінде отыруы сыртқы салмақ әсерінен дамиды).

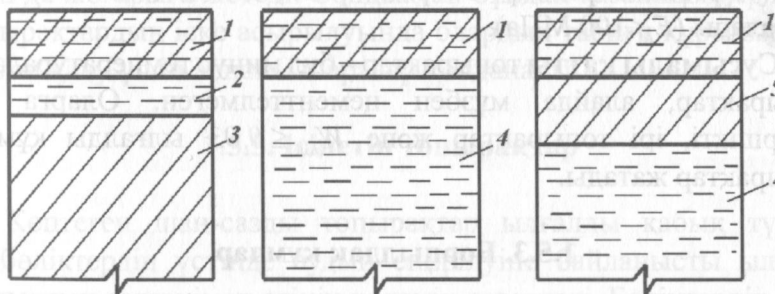
II типі – топырақтың өзінің салмағы әсерінен барлық қабаты 5 см-ден аса отырады.

1.5.2. Қатқан және мәңгітоң топырақтары

Топырақтың булы, су бөлігі қатып қалған жағдайдағы (мұз кристаллдары түрінде) теріс температурадағы топырақты, қатқан топырақ деп атайды.

Еуразиялық континенттің солтүстік және солтүстік-шығыстағы көптеген аудандарында ауаның ортажылдық температурасы 0°C -тан төмен. Бұл аудандардағы ауаның -2°C орташа температурасында қыста қатқан топырақ жазда тез ерімейді, ол қатты топырақтың жиналуына әкеледі, яғни мәңгі қататын топырақ қабатының пайда болуына әсер етеді. Мәңгі қататын топырақ қабатының үлкен бөлігі жердің мұз қату кезеңінде пайда болған.

Мәңгітоң топырағы - көптеген жылдар бойы қатқан күйде қалатын топырақ. Осылайша олар орташа температураның төмендеу кезеңіне немесе жергілікті жағдайлардың уақытша өзгеруі салдарынан қатты топырақ қабаты түрінде пайда болатын 1.3а суреттегі перелеткалардан ерекшеленеді. Жылы жылдар болған кезде перелетоктар ериді.



1.3-сурет. топырақ қабатының орналасу үлгісі. 1-әсер енетін қабат; 2-аралық; 3-еріген топырақ; 4-мәңгітоң топырағы; 5-қыста қатпайтын еріген топырақ

Табиғатта әдетте топырақтың үстіңгі қабаты жыл сайын қатады және ериді. Оны әрекетті қабат немесе мерзімді қату және еру қабаты деп те атайды. Топырақ мәңгі қататын топырақ қабатының үстіңгі шегіне дейін қатқанда, 1.3б суреттегі қосылған әрекетті қабат және топырақ көрсетілген жерге дейін қатпаса, 1.3в суреттегі қосылмаған қабат деп ажыратылады.

Құрылыс кезінде аяздың әсерінен ісінуді ескеруге тура келеді. Көбіне шанды-сазды топырақ, шанды және майда құмдар ісінеді. Тәжірибе мен байқаулар катаю кезінде топырақ көлемінің кейде 60-100% дейін ұлғаюын көрсетеді. Катаю барысында топырақтың көлемінің ұлғаюы линза және басқа да қоспалар түрінде мұздың пайда болуына орай топырақ ылғалдылығының тез өсуімен жүзеге асады. Топырақтың ісінуі төменгі қабаттардағы катаю аумағына судың келуі салдарынан дамиды. Мәңгі қататын топырақтың, сонымен қатар құрамында сына (клинья) және мұзы бар топырақтың жібуі барысында ғимараттар мен және құрылыстардың негізінде шөгінділер байқалады.

Мәңгі қататын топырақтар қатты қататын, илемді-қатты немесе сусымалы қатты жағдайда болуы мүмкін.

Қатты қататын топырақтар мұзбен мықты цементтелген. Қатты салмақ салған кезде олар тез сынады. Құрылыстағы салмақ әсерінен бұндай топырақтар көбінесе қысылмайды ($E_0 > 100$ МПа өзгеру модулі).

Илемді-қатқан топырақтар мұзбен цементтелген, алайда түрлі құрылымдары бар. Олар аса үлкен қысымдылығымен сипатталады ($E_0 < 100$ МПа).

Сусымалы қатты топырақтар – бұл минус температурадағы топырақтар, алайда мұзбен цементтелмеген. Оларға ірі түйіршікті, ірі топырақтар және $W_{tot} \leq 0,03$ ылғалды құмды топырақтар жатады.

1.5.3. Борпылдақ құмдар

Борпылдақ құмдардың табиғи құрылымы динамикалық әсерден тез бұзылады. Үдеткішпен өлшенетін қажетті ықпал деңгейі құмды нығыздап салуға байланысты. Құмның нығыздалуындағы үдеткіш өлшем немесе ең шеткі өлшем деп аталады. Динамикалық ықпал кезінде өлшем немесе ең шеткі өлшем бұрын нығыздалады, ол табиғи құрылымының бұзылуына, яғни шөгуге әкеледі.

Топырақты қаншалықты тығыз салса, соншалықты өлшем немесе ең шеткі өлшем үдеткішінің аса маңыздылығында оның

тығыздалуы басталады. Бөлінген салмақтың ықпалы өлшем немесе ең шеткі өлшем үдеткішінің маңызын жоғарылатады, алайда жергілікті салмақта басқаша жағдай байқалады, ол топырақта пайда болатын кернеу ықпалына қатысты түсіндіріледі.

1.5.4. Лай және әсералғыш саздар

Кейбір шаң-тозанды топырақтар өзінің табиғи құрылымы бұзылса, ылғалдылығын өзгертпестен беріктігі мен деформациялық сипатын тез өзгертеді. Топырақтың құрылымдылық көрсеткіші ретінде олардың **әсералғыштық индексі** қабылданған:

$$I_F = \tau_1 / \tau_2 \quad (1.15)$$

ондағы τ_1 и τ_2 – бұзылған және бұзылмаған құрылымдарға сәйкес топырақтың өзгеруге қарсы тұруы.

I_F әсералғыштық индексі көптеген шаңды-сазды топырақтарда 2-4-ке тең. Өте орнықсыз саз үшін ол 8 және одан да жоғарыға жетеді. Сондықтан бұндай қазаншұңқырдағы топырақтардың іске асырылуында олардың табиғи құрылымын сақтап қалу үшін арнайы шаралар қолданады.

1.5.5. Ісінетін топырақтар

Көптеген шаң-сазды топырақтар ылғалды қабық түрінде бөліктердің үстінде судың сіңірілуіне байланысты ылғалдылықтың өзгеруімен өзінің көлемін өзгертеді. Бөліктердің бірібіріне жақын орналасуында су тепе-теңдік жағдайға қол жеткізу үшін топырақтың суды толық сіңіруіне дейін бөліктерді ажыратады.

Ісіну үдерісіне жалғасу кедергісі мен кернеу әрекеті жол бермейді. Кейбір кернеулікте олай болмайды. Ісіну тоқтайтын ең төменгі кернеулер P_{sw} ісіну қысымы деп аталады. Саз қабатының барлық тереңдіктерінде әрекет ететін қысымдар ісіну қысымынан жоғары, сондықтан шылату кезінде топырақты жоғары ығыстыру байқалмайды.

Топырақтың ісінуін топырақты одометрмен сынауда және анықтауда табатын e_{sw} салыстырмалы ісіну еселігімен өлшейді:

$$e_{sw} = (h_{sat} - h_n) / h_n \quad (1.16)$$

ондағы, h_{sat} – табиғи құрамы бұзылмаған топырақ сынамасының биіктігі; h_n – суға қаныққаннан кейінгі.

Ісінген топырақ кебу кезінде шөгеді, ол әсіресе жылу бөлетін құрылыстың өзгеруіне әкелуі мүмкін.

1.5.6. Шымтезектелген және техногендік топырақтар

Құм және шанды-сазды топырақ ыдыраған органикалық заттарды толығымен қоспауы мүмкін. Егер топырақта бұндай заттар құрғақ топырақ салмағынан 10% болса, онда оның атауында топырақ органикалық затты құрайтындығы көрсетіледі. Егер органикалық зат құрамы 10-50% құраса, топырақты шымтезектеле бастауға жатқызады, ал органикалық зат құрамы 50% құраса шымтезекке жатқызылады.

Шымтезек – ол борпылдақ және ылғалды топырақ. Су толтырылған тесіктер көлемі қатты зат көлемінен 4-12 және одан жоғары есе көп, сондықтан шымтезек жоғары қысылу қабілеттілігіне ие. Шымтезектерді **ашық, мүлдем тығыздалмаған** және үстіңгі жағында табиғи минералды топырақтары бар немесе техногенді шөгінділері бар жерлер деп бөледі.

Негіз ретінде шымтезектеле бастаған топырақты пайдалану топырақ қабатының қалыңдығы тең болған кезде мүмкін болады және салу алаңы бойынша құрылымы өзгермейді.

Техногенді шөгінділерді пайда болу тұрғысынан ажыратады. Тығыздауға әдейі салынған немесе езілген топырақ құрылыс негізі болуы мүмкін, яғни олардың құрылымы салу және тығыздаудан кейін, кейде құрылыс алдында анықталуы тиіс. Өндірістік және тұрмыстық қалдықтардан пайда болған топырақ біркелкі емес және кей жағдайларда құрылыс негізі ретінде пайдаланылады.

ТОПЫРАҚТАР МЕХАНИКАСЫНЫҢ НЕГІЗГІЗАНДЫЛЫҚТАРЫ

Құрылыс салмағы әсерінен топырақ массивінде тік және жа-
нама кернеулер пайда болады, олар топырақ негізінің өзгеруіне
әкеледі. Топырақ дисперсті денеге жататындықтан, тығыздық
заңына сәйкес (компрессия заңы) сығылу кезіндегі қуыстар, кеу-
ектер көлемінің өзгеруін ескеру қажет.

Топырақтар механикасында топырақтың қатты түйір-
шіктерінің қозғалуының кедергісі топырақтың ығысу кедергісі
заңына сәйкес ішкі үйкеліс бұрышы және топырақтың ілінісу
күштеріне байланысты қарастырылады.

Топырақтың өзгеруі және қатты түйіршіктерінің қозғалу
кедергісі, сонымен қатар су деңгейін төмендететін қондырғылар
есебі және қазаншұңқырға су келуін анықтау мәселелері булы
су сүзгісінің заңымен сипатталатын топырақтың сү өткізу
мүмкіндіктеріне байланысты болады.

2.1. Топырақтардың сығылғыштығы.

Тығыздалу заңы

2.1.1 Физикалық үрдістер

Толық немесе жартылай суға толы топырақ қатты және
қуысты бөлшектерден тұратындықтан, теория жүзінде оның
сығылуында барлық үш компонентінің көлемі азаю керек.
Өйткені құрылыс негізінде пайда болған сығылу кернеуі әдетте
салыстырмалы түрде үлкен емес, қатты бөлшектердің ауқымды
өзгерістері ескерілмейді және қуыстар көлемінің өзгеруінен ғана
топырақ көлемі өзгеруі қабылданады.

Топырақ қаңқасының серпімді өзгерістері нәтижесінде
ауадағы көпіршектердің серпімді қысылуындағы бөлшектер
арасындағы судың жіңішкеру үрдістері, сонымен қатар араласқан

ауаны құрайтын булы судың сығылуынан топырақ көлемінің серпімді өзгеруі мүмкін.

Тығыздықтың өзгеруі топырақтың бөлек бөлшектерінің бір-бірінен біршама ығыстырылу немесе орын ауыстырылу нәтижесінде болады. Тығыздық өзгерісінің және шаң-тозанды топырақтардың баяу шөгуі олардың суды аз сіңіруімен түсіндіріледі, сонымен қатар топырақ қаңқасының созылғыштығына байланысты болады.

2.1.2. Компрессиялық тәуелділік

Одометрде топырақтың суды толық сіңірілуін тексергендегі қысымның мәні, сынама биіктігі - h топырақтың тығыздығына қатысты төмендейді.

Δe_i топырақтың кеуектілік еселігінің өзгеруі P_i қысым әсерінен мына формула бойынша анықталады:

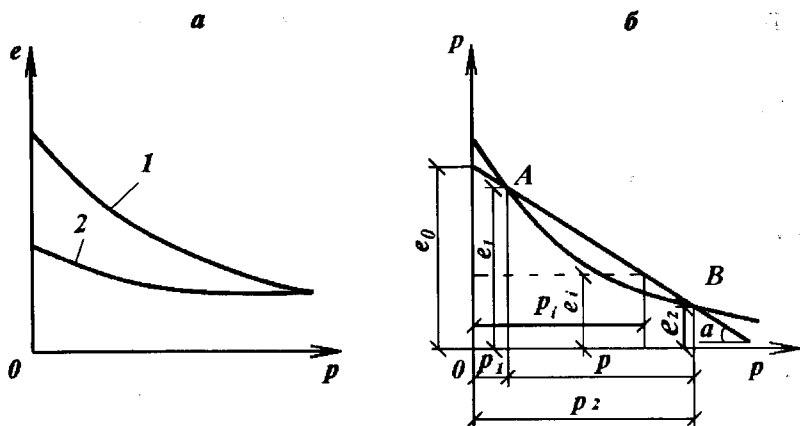
$$\Delta e_i = (1 + e_0) s_i / h \quad (2.1)$$

ондағы, s_i – қысым әсерінен шөгу P_i ; e_0 – топырақтың бастапқы кеуектілік еселігі.

$e_0, \Delta e_i$ мәнін ескере отырып, P_i қысымы кезіндегі топырақтың кеуектілік еселігі анықталады:

$$e_i = e_0 - (1 + e_0) s_i / h \quad (2.2)$$

e_i мәні бойынша түрлі қысым кезінде, 2.1 суретіне сәйкес қисық құрылады.



2.1-сурет. Компрессиялық қисықтар

а – жалпы заңдылық, б – салыстырмалы сығылу еселігін анықтауға арналған есептеу сұлбасы

Құрылымы әлсіз топырақтар үшін 1 қисықты аламыз (сығылу тармағы). Егер топырақ үлгісін жеңілдете отырып, қысымды сатылы азайтсақ, онда топырақ көлемінің өсуі байқалады. Орын ауысу мөлшерін біліп және (2.2) формуланы қолдану арқылы 2 қисық құруға болады (ісіну тармағы).

Қысым әсерінен кеуектілік еселігінің қисық тәуелділігін **компрессиялық қисық** деп атайды, өйткені ол топырақтың сығылуын сипаттайды.

Ісіну тармағының сығу тармағының астында орналасуы топырақ тығыздығының өзгеру мүмкіндігі бар екендігін айқындайды. Ісіну үрдісі ұзақ уақыты алады, өйткені қаңқаның қаңқаның қалпына келуімен байланысты. Барлық жүкті түсіргеннен кейін бөлшектердің өзара ығысуы, нығыздалуы және олардың арасындағы жаңа байланыстың орнығуы бастапқы көлемді ала алмайды.

2.1.3. Салыстырмалы сығылу еселігі

Көп жағдайларда құрылысты салғаннан кейін p_1 табиғи мәнінен p_2 – салыстырмалы қысым мәніне дейін топырақтың құрылымы бұзылмағанын компрессиялық қисық көрсетеді,

(2.16) суретінде қиылысатын түзу AB салыстырмалы түрге жақын болып келеді.

Бұл қиылыс түзуінің теңестірілуі:

$$e_i = e_0 - p_i \operatorname{tg} \alpha = e_0 - m_0 p_i \quad (2.3)$$

$\operatorname{tg} \alpha$ шамасы p_1 ден p_2 дейін қысымның өзгеруі төңірегінде топырақтың сығылуымен сипатталады, сондықтан оны сығылу еселігі деп атайды және m_0 әріпімен белгілейді.

2.16 суретіне сәйкес сығылу еселігі m_0 тең:

$$m_0 = (e_1 - e_2) / (p_2 - p_1) = (e_1 - e_2) / p \quad (2.4)$$

осы теңдестікте p - табиғи қысымның үстінен қосымша қысым $p_i = \rho \gamma h = \gamma h$.

Салыстырмалы сығылу еселігі былай анықталады:

$$m_v = m_0 / (1 + e_0) = s_i / (hp_i) \quad (2.5)$$

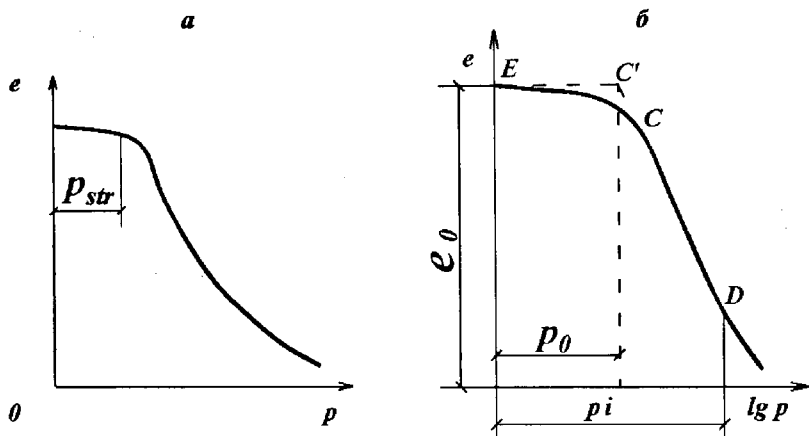
2.1.4. Топырақтың құрылымдық беріктігі

Табиғи күйдегі топырақтың ығыстырылуы үстіңгі қабаттардың сығылуына әсер етеді, алайда кейбір жағдайларда ығыстырылу топырақтың кебу кезінде пайда болатын немесе жер асты суларының деңгейі төмендеу әсерінен болады.

Ығыстыру нәтижесінде, топырақ бөлшектерінің арасында сулы-коллоидтық байланыстар орнайды. Топырақтың ұзақ тұру үрдісінде оларда қосымша нәзік кристалданған байланыстар орнауы мүмкін. Бұл байланыстар топыраққа белгілі бір беріктік береді, оны p_{str} **топырақтың құрылымдық беріктігі** деп айтады.

Сығылу кезінде қысым сулы-коллоидтық және кристалды байланыстармен қабылданса ($p < p_{str}$) құрылым беріктігі тығыздалу кезінде дамымайды. Тек ($p < p_{str}$) байланысты үзген жағдайда топырақтың тығыздалуы байқалады.

Мұндай топырақтың сығылуы 2.2а суретіндегі компрессиондық қисықта көрсетілген.



2.2-сурет. Құрылымдық беріктігі бар топырақтың компрессиондық қисығы жай (а) және жартылай логарифмдік (б) координаталар жүйесінде көрсетілген

Топырақтың бастапқы сығылуының басы 2.2б суретіне сәйкес жартылай логарифмдік жүйеде құрылған компрессиондық қисық координатты пайдаланғанда анықталады.

Осы жағдайда бастапқы сығылған компрессиондық қисық түзуі CD болады. Осы түзудің үстіне қарай жалғасуы e_0 борпылдақтықтың бастапқы коэффициент мәніне сәйкес EC' көлденең (үзік сызық) сызықпен шектескенге дейін құрылымның беріктік мәні ретінде қарастыруға болатын p_0 шамасын табуға көмектеседі.

Топырақ құрылымының беріктігі үш осьті сығылу құралында сынап көргенде анықталуы мүмкін.

2.1.5. Тығыздалу заңы

Қысымды өзгертудің үлкен ауқымы үшін алғаш қысудың компрессиондық қисық сызығы (CD түзу сызығы) 2.2б суретіне сәйкес келесі логарифмдік тәуелділікпен сипатталады:

$$e_i = e_0 - C_c \lg(p_i/p_0) \quad (2.6)$$

осы теңдестікте e_i p_i қысымындағы; e_0 – топырақ кеуектілігінің бастапқы коэффициенті; C_c – компрессия коэффициенті (қысық параметрі); p_0 – топырақтың бастапқы қысуы басталатын қысым.

$$de = -C_k dp / p \quad (2.7)$$

Сондықтан бастапқы қысу барысында топырақ кеуектілігі коэффициентінің өзгертілуі қысым өзгертілуіне тікелей үйлесімді және жиынтық қысымға кері үйлесімді болып келеді. Өндірістік және азаматтық ғимараттар мен құрылыстардың негіздеріндегі топырақ қысымы әдетте 0,3 МПа-ға дейінгі мөлшерге ғана көтеріледі, тек сирек жағдайларда ғана 0,6 МПа-ға дейін жетеді. Осындай қысымдар орын алғанда AB кескіш сызығы 2.16 суретіне сәйкес қысық сызыққа жақын болып табылады, яғни есептеулер үшін дифференциалды нысандағы теңдестігімен (2.3) пайдалануға болады:

$$de = -m_0 dp \quad (2.8)$$

Жоғарыда айтылғандар негізінде **топырақтың компрессиялану заңы** төмендегідей тұжырымдалады: қысым шамалы өзгергенде, **топырақтың кеуектілік еселігінің өзгертілуі қысым өзгертілуіне тура пропорционалды болып табылады**

2.1.6. Көлемдік сығу барысындағы компрессиялық тәуелділік

Компрессионды сынауларды өткізу барысында қатаң шығыршықтың ішіндегі топырақтың үлгісі жан-жаққа кеңейтіле алмайды. Осындайда ол одометр шығыршығының қабырғаларына σ_x және σ_y көлденең кернеулеріне сәйкес келетін көлденең қысым көрсетеді (сондықтан $\sigma_x = \sigma_y$). Қалыпты жағдайдағы тік σ_z кернеуі салынған салмақ ($\sigma_z = p$) қарқындылығына p тең. Топырақтың қырлы кеңейтілуінің болмауына байланы-

сты салыстырмалы көлденең өзгертулер тең болып табылады:
 $\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$.

Гук заңына сәйкес қатты заттың салыстырмалы өзгертілуі келесі теңдестікті шешу арқылы табылады:

$$\varepsilon_x = \sigma_x / E_m - (\nu_m / E_m) (\sigma_y + \sigma_z) \quad (2.9)$$

осы теңдестікте E_m – материал модулі; ν_m – материалдың бүйірлік кеңейтілуінің еселігі (Пуассон еселігі).

Қысымдардың кішкене мөлшерлердегі өзгертулер шеңберлерінде топырақтарды сызықты өзгертілетін заттар ретінде қарастыратындықтан, ұқсас (2.9) теңдікті топырақтың кернеулері мен өзгертулері арасындағы тәуелділік үшін де келесі түрде жазуға болады:

$$\varepsilon_x = \sigma_x / E_0 - (\nu / E_0) (\sigma_y + \sigma_z) \quad (2.10)$$

осы теңдестікте E_0 – топырақ өзгертілуінің модулі; ν – топырақтың бүйірлік кеңейтілуінің еселігі (Пуассон еселігі).

Тыным қысымының тәжірибе ретінде өткізілген бүйірлік өлшемдері құмдар үшін $\xi = 0,25-0,37$; ал шаң – балшық топырақтары үшін консистенцияға байланысты $\xi = 0,11-0,82$.

2.1.7. Топырақтың компрессиялық модулін анықтау

Топырақ сипаттамасының деформациялық сипаттамасы ретінде деформация модулін пайдаланады. Оны кез келген әдістер арқылы анықтайды: компрессиялық қисық сызық, топырақты статикалық салмақпен сынау қорытындылары бойынша, прессиометрлермен немесе ҚР ҚНЖЕ кестелері бойынша.

Компрессиялық қисық сызық бойынша топырақтың деформация модулін қарапайым теңдестікті пайдалану арқылы есептеп шығарады $\beta = [1 - 2\nu^2(1 - \nu)]$:

$$E_0 = \beta / m_\nu \quad (2.11)$$

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 тәуелділікті 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:

$$E_0 = wd(1 - \nu^2)\Delta p/\Delta s \quad (2.12)$$

осы теңдестікте $w=0,8$ -ге тең келетін дөңгелек қатты штамптар үшін қолданылатын коэффициент; d - штамптың диаметрі; Δp - орташа қысымды оның бізді қызықтыратын өзгертулер шеңберінде штамп негізі бойынша орта есеппен s пен P арасындағы түзу сызықты тәуелділік учаскесіне қатыстыру. Δs қысым өзгергенде штамп қалдықтарын қатыстыру.

E_0 көрсеткіштері анық, іс жүзінде, белгілі бір тереңдіктен де төмен орналасқан көрсеткіштер ретінде қабылданатындығына қарамастан топырақтың өзгертілуі азырақ болады. Ол топырақтар салыстырмалы негізде шектелген тереңдік шеңберінде тығыздалуына байланысты. Осындай тереңдіктің астында қысымның азайтылуына байланысты топырақтың құрылымдық мықтылығынан аз кернеулер пайда болады.

Өзгертілу модулін анықтаудың басқа әдістерінің ішінде – топырақтардың прессиометриялық сынаулары. Осындай сынаулардың мән жайы келесіде: саңылау бұрғылаудан өткізіледі, осы саңылауға сұйық затпен толтырылған резіңкеден әзірленген цилиндрлі баллонды - прессиометрді салады. Баллондағы қысым көбейген сайын ол саңылау қабырғаларына беріледі де, айналасындағы топырақты нығыздайды. Қысым мен өзгертулерді біле тұра тиісті формулалар бойынша топырақтың өзгертілу модулінің мағынасын табады. Осындай сынауды қолдану тік және көлденең бағыттарда өзгеруге деген бірдей қабілеті бар изотропты топырақтармен жұмыс істегенде тиімді болып табылады.

Жалпы деформация модулінің мағынасы да сондай - үш білікті қысу құралында анықтайды (стабилметрде).

Кейде топырақтың қарапайым физикалық сипаттамаларына байланысты өзгертілу модулінің мағынасын ҚР ҚНЖЕ кестелері немесе аймақтық нормативтік құжаттар бойынша есептейді.

2.2. Топырақтың су өткізгіштігі.

Ламинарлық фильтрация заңы

2.2.1. Физикалық үрдістер

Сумен толтырылған топырақты тығыздау оның кеуектілігінің азаюына әкеледі және кеуектерден суды қысып алу жылдамдығына байланысты болып келеді. Топырақты тығыздау барысында суды сүзгіден өткізу үрдісі орын алады. Топырақ арқылы судың сүзілуі, құрылыс қазашұңқырлары арқылы

судың өтуі, жерасты су беттеріндегі судың мөлшерлері әртүрлі тәжірибелік мәселелер туғызады.

Топырақты тығыздау барысында оның ішінде бірден екі жүйе қызмет етеді. Тиімді деп аталатын топырақ ішіндегі қысым мен бейтарап деп аталатын судың ішіндегі қысым пайда болады. Бейтарап қысым толығымен сумен қамтылған топырақтың кернеулі күйі болып табылады.

2.2.2. Ламинарлық фильтрация заңы

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

$$v_f = k_f i \quad (2.13)$$

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

$$i = H_2 - H_1 / L \quad (2.14)$$

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

Қысым су бағанасының биіктігіне сәйкес білдіріледі:

$$H = p_w / \gamma_w \quad (2.15)$$

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

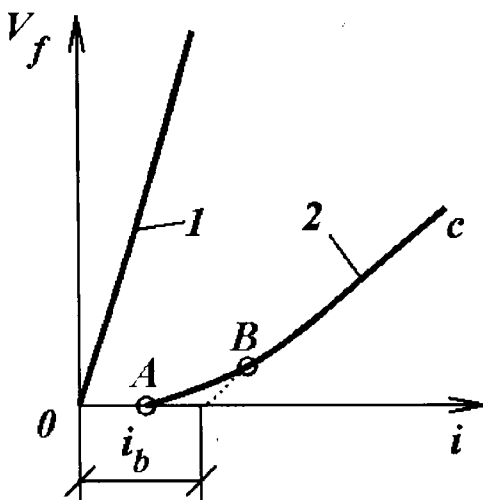
Фильтрация еселігі жылдамдық бірліктерінде және секундтағы сантиметрлерде немесе сағаттағы сантиметрлерде өлшенеді. Оның мәні гранулометриялық құрамы мен топырақтар тығыздығына байланысты өзгеріп тұрады.

2.2.3. Бастапқы градиент. Фильтрация еселігі

Судың топырақтағы қозғалысы ламинарлы сүзгіден өткізу заңы бойынша бір-бірімен байланысатын тесіктерде еркін

су болғанда жүзеге асырылады. 2.3 суретіндегі 1 түзу сызық бастапқы градиенттері жоқ топырақтар ішіндегі v_f - тің i -ге қатысты тәуелділігіне сәйкес келеді.

Құрамында ешқандай су жоқ тығыз шаң-тозанды топырақтың немесе су бір-бірлерімен салыстырмалы түрде ірі түйірлерде орналасқан топырақтың ішінде суды сүзгіден өткізу белгілі бір мағынадан асатын градиент бар болғанда басталады. Осындай жағдайда градиент және сүзгіден өткізу арасындағы тәуелділік 2.3 суретіне сәйкес бейнеленген 2 қисық сызықта сипатталғандай болады. Осы қисық сызықта екі учаскені бөлуге болады: сүзудің басталу кезінен қондырылған сүзгінің даму кезіне дейінгі аралыққа сәйкес келетін AB учаскесі және BC сүзгінің қондыратын жер.



2.3-суреті. Фльтрация жылдамдығының гидравликалық градиентке тәуелділігі

BC учаскесі үшін су өткізу жылдамдылығын келесі теңдік бойынша табады:

$$v_f = k'_f (i - i_b) \quad (2.16)$$

осы теңдестікте $k'_f - v_f = f(i)$ түзу сызығының параметрі; i_b - бастапқы градиент.

Көптеген жағдайларда 2 қисық сызықтың бастапқы учаскесін түзу сызықпен ауыстыруға болады - 2.3 суреттегі үзік сызық.

Сүзгіден жақсы өткізілетін топырақтар үшін k_f су өткізу еселігі топырақпен толтырылған L құбырдан құралған құралмен суды келтіретін және қайтаратын екі түтіктер анықтайды. $H_2 - H_1$ су тегеуріндері әр түрлі болғанда су (2.14) формула бойынша есептелінетін i градиентінің ықпалымен сүзгіден өткізіледі. Құралда t уақытында сүзгіден өткізілген су көлемін анықтағаннан кейін фильтрация еселігін анықтауға болады:

$$k_f = V / Ait \quad (2.17)$$

осы теңдікте A – топырақ үлгісінің көлденең қимасының көлемі.

2.3. Топырақтардың беріктігі.

Мор-Кулон заңы

Топырақтар құрылыс негізінде тек қалыпты ғана емес, сонымен қатар жанама қысым әсерді қабылдайды. Әлдебір топырақ бетіне жанама қысым келгенде, топырақ сілемінің бір бөлігінің ығысуы жүреді.

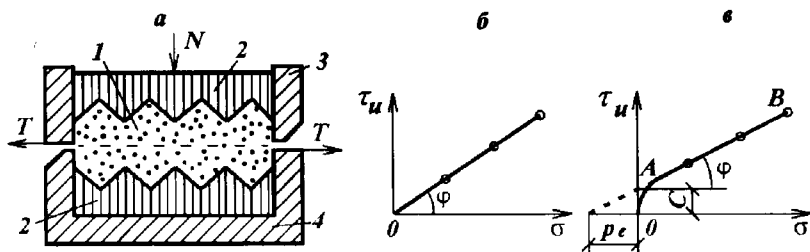
Топырақтың ығысуындағы қарсыластық (соңғы) оның үлгісіне тікелей байқау сынақтарын орнатуы мүмкін. Мұнда (кесінді) цилиндрлік беті мен үшнегізді сығымды құралмен топырақты крыльчаткамен кесу нәтижесі бойынша шарды немесе конусбейнелі бетті қалыппен басып ығыстырады.

2.3.1. Сусымалы топырақтың ығысу ерекшелігі

Егер 1 топырақ үлгісін төменгі қозғалмайтын сауыты бар 4 көлденең жазықтық бойынша кесілген дөңгелек түрінде жылжымалы құралға салып; 2.4 суретіне сәйкес, 3 жоғарғы қозғалмалы сауытты және төменгі және жоғарғы фильтрлі тісті жалпақша тілігін 2, N күшін қосып және T күшін акырындап қосса, пунктирмен шамалап белгіленген сызық бойынша үлгінің басқа бөлігін (ығысуы) кесуге қол жеткізуге болады. Суретіне сәйкес,

жоғары қозғалмалы обойма мен тісті фильтрлі пластинаның жоғарғы және төменгі бөлігінен күш салып ақырындап күш қоса берсе, пунктирмен белгіленген сызық бойынша үлгінің бір бөлігін кесуге (қозғалту) болады.

Егер $\sigma = N / A$ (мұнда A - жазықтықты кесу үлгісінің ауданы) түрлі көлденең қысым барысындағы осындай бірнеше тәжірибені келтіруге болады және 2.4б суретіне сәйкес τ_u қысымы нәтижесінен сусымалы топырақ ығысуының тәуелділігін құрып, σ көп болса, сол ғұрлы τ_u топырақ ығысуындағы қарсыластықты алуға болады.



2.4-сурет. (а) топырақ ығысуын байқауға арналған құралдың сызбасы, (б) сусымалы және (в) иленгіш топырақтардың ығысуы.

Тәжірибе негізінде байланыспайтын (тым сусымалы) топырақ үшін тәжірибе (0,5 МПа дейін) қысымның әдеттегі өзгеруі төңірегінде координат басынан шығуға тікелей әсер етеді. Бұл жағдайда, кез келген қалыпты қысым үшін сусымалы топырақтың ығысу қарсыластығы анықталады:

$$\tau_{ui} = \sigma_i \operatorname{tg} \varphi \quad (2.18)$$

φ – ішкі үйкеліс бұрышы.

1773 жылы Ш. Кулон ұсынған теңдеу (2.18), сусымалы топырақтың ығысу заңын білдіреді (Кулон заңы). Ол келесі түрде оқылады: сусымалы топырақтың ығысуы ішкі үйкеліс күштерімен анықталады.

2.3.2. Иленгіш топырақтың ығысу ерекшелігі

Лай, сазды және құмдақтар бірігу қасиетімен ерекшеленеді. Олардың қарқындылығы топырақтың ылғалдылығына және оның нығыздалу деңгейіне байланысты. Суға қаныққан шанды, лайлы топырақтың үлгісіне берілген мысал көлденең қысым бірінші кезеңі суға беріледі. Сығып шығару нәтижесінде қысым топырақ қаңқасына әсер етеді. Осыған байланысты, топырақ консолидациясынан кейін ығысу үлгісі байқалады.

Егер бір топырақтың өзіне ығысу үлгісіне бірнеше рет байқау сынағын жасап көрсек және 2.4в суретіне сәйкес, σ ден τ_{ui} топырақтың ығысу қарсыластығына кескіндемелік байланыс құрған жағдайда, бұл тәуелділіктің қисық сызықтылығы σ аз мәнде көп белгіленеді. Ал 0,05 - 0,5 МПа диапазон қысымы барысында тәуелділік

$$\tau_{ui} = c + \sigma_i \operatorname{tg} \varphi \quad (2.19)$$

теңеуімен көрсетілген тік түріне ие болады.

Иленгіш топырақтың ығысу заңы: байланысқан топырақтың ығысуы, оның консолидациясының аяқталуы барысында тік қысымның бірінші деңгейлі функциясы.

Бұл теңеудің жазықтық бойынша түрлі жағдайда тұрған топырақ үлгісі үшін екендігіне көңіл аудару керек. Өйткені, ығысудан бұрын олар қысым мөлшері бойынша түрліше нығыздалады. Осы кезде әр үлгі өзінің тұтасу мәніне ие болатыны анық. Яғни, бірнеше түрлі қысыммен нығыздалған бір топырақтың бірігу үлгісі әртүрлі болады. Осы себепке байланысты, AB тік бүгілу бұрышы, басқаша айтқанда, ішкі қажалу бұрышы болып табылмайды. Одан басқа, топырақ механикасында c шамасын меншікті ілінісу, ал бұрышы φ ішкі үйкеліс бұрышы деп аталады. Тұтасу және ішкі қажалу бұрышының дәл мәнін анықтау үшін, тығыздық жағдайында тұрған үлгісін байқап көру қажет.

Егер AB абсцисс осімен қиылысқан жеріне дейін сол жаққа ұзартқан жағдайда, қысым байланыстылығы деп аталатын p_e кесіндісі пайда болады.

Осы қысымды пайдалана отырып, топырақтың тұтасуында мына түрі көрінеді:

$$c = p_e \operatorname{tg} \varphi \quad (2.20)$$

Осы қысымды пайдалана отырып, топырақтың тұтасуын

$$p_e = c \cdot \operatorname{ctg} \varphi \quad (2.21)$$

деп сипатталатын қысымның байланыстылығы анықталатын түрімен ұсынуға болады.

2.4. Топырақтарды инженерлік ізденістер құрамында зерттеу

Топырақтың табиғаты біртекті емес әртекті болып келеді. Бір үлгі бойынша қандай да бір топырақтың сипаттамасын анықтап, оның дербес мәнін береді. Нормативті мәнін анықтау үшін эксперимент нәтижелеріне статистикалық өңдеу және бұл сипаттаманы бірнеше рет ашу талап етіледі. Математикалық мәліметтер әдісіне сәйкес әрбір инженерлік-геологиялық элемент (қабат) үшін деректер өңделеді. Олар түспен боялған гранулометрикалық құрамды, визуалды және тұрақсыздық көрсеткішіне ие. Топырақтың құрамын анықтау барысында жер қыртысына келесі байқау сынақ жүргізу әдістері қолданылады.

Деформация модулін анықтау үшін қалып және престоуметрдің көмегімен статистикалық жүктемемен топыраққа байқау сынақтары жүргізіледі. Бұл әдіс барысында көбірек шынайы деректер алынады. Байқап сынау кезінде, МСТка сәйкес, шурфтарда ауданды 2500 және 5000 см², ал саңылауының ауданы - 600 см² қалыптар қолданылады. Байқап сынау құрылғысы резиналы камераның саңылауына түсіруден және өлшемдік құралдар мен қысымды құру аппараттар жиынтығынан тұрады.

Топырақтың ығысу кедергісін анықтау үшін шурфта жердің қозғалмалы құрылғысы, шурфта топырақтың призмасының бұзылу әдістері мен крыльчаткамен байқап сынау (4-қалақты құрылғысы) өткізіледі.

2.4.1. Топырақ сипаттамаларының нормативтік және есептік мәндерін анықтау

Топырақтың физикалық күйінің қандай да бір сипаттамасына берілген анықтамалар бойынша:

$$X_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.22)$$

берілген орта арифметикалық көлемдігі сияқты, оның X_n нормативті мәні орнатылады.

Мұндағы, n – сипаттамасын анықтаудағы тәжірибе саны, ал X_i – ізделіп отырған сипаттаманың мәні.

Есепте қолданылатын X сипаттамасын әдетте есептік деп атап:

$$X = X_n / \gamma_g \quad (2.23)$$

формуласы бойынша анықталады, ал γ_g – топырақтың дәйектілік коэффициенті болып саналады.

Топырақтың тығыздылығы (көлемді масса) ρ -дан басқа, топырақтың физикалық сипаттамасындағы есептік мәнін $\gamma_g = 1$ барысында анықталады. Топырақтың меншікті салмағы мен тығыздылықтың есептік мәнін топырақтың өзгермелі сипаттамасы мен бағалау дәлдігінің көрсеткішін есепке алғанда оны ұқсас төзімділік мәнінен табады.

Топырақтың өзгермелі сипаттамасы (2.22) және (2.23) ережелері бойынша есептелінеді. Компрессионды байқап сынау жағдайында, m_v сығымдылыққа қатысты коэффициентті анықтау ұсынылады, ал статистикалық жүктеме жүктелген қалыптармен жерге байқау сынағын жасау барысында, топырақтың өзгеру модулі E_0 болады, өйткені m_v -дан E_0 -ға және керісінше дәл емес.

Топырақтың жер қыртысына байқау сынақтарын көптеп өткізудің салдарынан, оның статистикалық жүктемесі оның екі, үш рет қайталатындығымен шектелетіндігін де айтып кеткен жөн.

Топырақтың төзімділік белгілері φ және c -ны жоспарды құрғаннан кейін де анықтауға болады. Қозғалтуға тәжірибе жасаудың нәтижесі небары кіші квадраттар экспериментальды мәліметтері әдістерін өңдеу үшін қолданып, тікелей аппроксимирленеді, ал кейіннен алынған кестенің параметрлері нормативті мәндерін табады.

Кем дегенде алты эксперимент жасауда статистикалық ережелерді қолданып, топырақтың сипаттамасындағы қажетті есептік мәндерді анықтайды. Анықтамалар санын тағайындау барысында неғұрлым көп тәжірибе жасалса, соғұрлым іздестірілген сипаттамадағы есептік мәнінің көбі нормативті мәніне жақындай түседі. Бұл жағдайда, топырақты негізге сай қолдануда ұтымды шешім алынады.

Топырақтың механикалық сипаты E_0 , φ және c жағдайлардың тізбегіндегі қажетті санын анықтау қиын соғады.

Осы мезетте олар топырақтың физикалық жағдайының кейбір сипаттамасымен корреляциялық байланысқа ие болатындығы белгілі болады. Сол себепті, кішірек алаңда іздестіру жүргізу кезінде, кейде топырақтың физикалық жағдайының сәйкесінше көрсеткішін анықтаумен шектеледі, сосын ҚР ҚНЖЕ қосымшасының кестесі бойынша немесе әрбір біркелкі топырақтың қабаты үшін E_0 , φ және c қажетті аймақтық нормаларды табады.

Көлемнің үлкен санын жобалау барысында топырақтың бірдей айырымына қатысты жағдайда, осы аймақтағы топырақ үшін E_0 , φ және c аймақтық мәндер кестесін құру қажет.

ТОПЫРАҚТАРДАҒЫ КЕРНЕУЛЕР МЕН ДЕФОРМАЦИЯЛАРДЫ АНЫҚТАУ

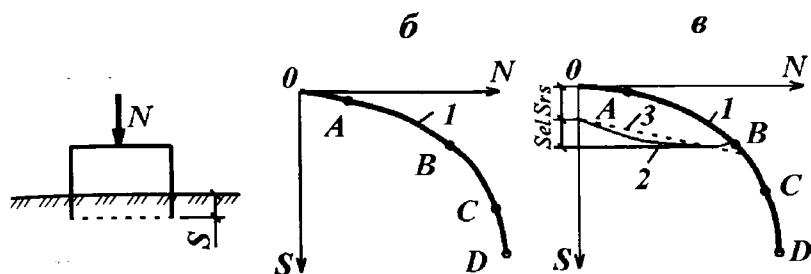
3.1. Топырақтың кернеулік жағдайының фазалары

3.1 *a* суретіне сәйкес, N статикалық жүктегі, құрылымдық беріктікке ие топырақ беті іргетасының алмасуын қарастыралық.

Осы кернеу әрекеті нәтижесінде, топырақта қосымша кернеу туындайды, топырақ алабында алмасу жүріледі, яғни топырақ көлемі кернеудің ұлғаю мөлшеріне сәйкес артады. Деформацияның интегралдық шамасы s штамп шөгуі болып табылады, яғни жүк ұлғайған кезде шөгу 3.1б. суреттегідей, I қисығы түрінде өрістейді.

I қисығында мынадай төрт бөлікті бөліп алуға болады: OA , AB , BC және CD . OA бөлігі топырақтағы штамп табанында туындайтын, топырақтың құрылымдық беріктігі $p < p_{сmp}$ - дан аспайтын кернеу кезіндегі жүкке сәйкес келеді. Мұндай кернеу кезінде серпілмелі шөгінділер басымырақ дамиды, сондықтан топырақтың мұндай қысымды фазасы жағдайы **серпімді деформациялар фазасы** деп аталады. Штамптың негізгі бөлігі астындағы мұндай фазада деформация шамамен жүк өзгерісіне пропорциональ түрде өскенімен, мұндай фаза шегінде жүк пен шөгіндінің арасында қатаң сызықтық тәуелділік жоқ, бұл шағын аумақта созылу деформациялары мен тығыздалу деформациялары қатар дамидынығына байланысты болады.

Қатқыл штамп табанындағы кернеудің біркелкі бөлінбеуі нәтижесінде оның жиектері астындағы қысым $p_{сmp}$ мөлшерінен асады, бұл қысымның қайта бөлінуіне әкеледі. Штамп табанының барлық бөлігіндегі кернеу топырақтың құрылымдық беріктігінен артқан кезде, тығыздалу деформациясы дами бастайды. Жүктің ұлғаюына сәйкес топырақ барлық аумағы бойынша нығыздала түседі. Топырақтағы штамп жиектері астында



3.1-сурет. Топырақты штамппен сынақтау сызбасы
(а) және жүкке сәйкес штамп шөгуі (б) және (в)

кернеу концентрациясы жүрілуімен бір мезгілде пластикалық деформациялар (ысырылу деформациялары) жүріледі, кернеу жағдайындағы бұл фазаны сәйкесінше **нығыздалу және жергілікті ысырылулар фазасы** деп атайды. Аздаған салыстырмалы қысым жағдайында, AB бөлігі кейбір жақындығымен тікелей бөлік ретінде қабылданады.

Қысымның одан кейінгі артуы жағдайында пластикалық деформация зоналары шетіне қарай өсу арқылы топырақтың және осы зоналардың шеттерінің нығыздалуын туындатады, нәтижесінде I қысығының кисықтық радиусы BC бөлігінде азаяды. Бұл бөлік жергілікті ысырылулар дамуына едәуір сәйкес келеді, сондықтан BC бөлігіндегі сәйкес кернеу жағдайындағы фаза, **ысырылулар мен нығыздалудың интенсивті деформациялары даму фазасы** деп аталады.

N кейбір жүк салмағының әсерінен топырақтың тұс-тұсқа және жоғары қарай сөгілуі негізінде штамптың шұғыл шөгуі жүріледі. Қисық шөгу іс жүзінде CD тік сызығымен сипатталады, негіздің мұндай кернеу жағдайын **сөгілу фазасы** деп атайды.

Осылайша, құрылымдық беріктікке ие топырақ үшін, деформацияланудың төмендегі түрлері басым болып келетін, кернеу жағдайының төрт фазасын бөліп алуға болады:

- серпімді;
- нығыздалған және жергілікті ысырылулар;
- интенсивті жергілікті ысырылулар мен пластикалық деформациялар зонасынан тұс-тұсына нығыздалу;
- қысылып шығу.

Интенсивті жергілікті ысырылулар әлі туындамаған N жүгімен нығыздалудан кейін штампты жеңілдету үдерісінде, шөгу азаяды (3.1*в* суреттегі 2 қисыққа сәйкес). Толық жеңілдетуден кейін 2 қисық координаттың басына ешқашан кері қайтпайды, яғни топырақ шөгу деформациясына ие болады. Сондықтан, топырақ серпінді дене болып табылмайды және серпінділік теориясының шешімін табу үшін құрылыс салу кезінде негіздемені бір реттік жүктеу арқылы ғана пайдалануға болады. Қайта жүктеуде жүктеуге дейін штампқа қосақталған 3 қисығы алынады, бұл сызықтық тәуелділікке шамамен сәйкес келеді. Кейде топырақта анизотропия басым болып келеді, алайда инженерлік міндеттерді шешуде, топырақтар изотропты ретінде қарастырылады.

Осылайша, алаптағы кернеуді анықтау барысында, топырақ сызықтық-деформацияланатын, бір реттік қана жүктеу жүрілетін бірыңғай дене болып табылады деп есептеледі.

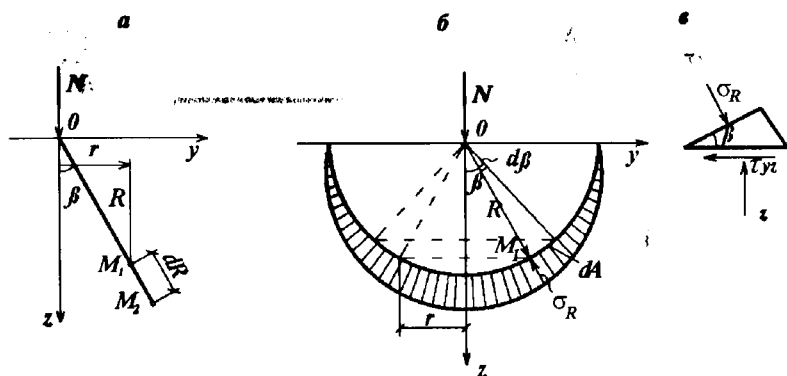
3.2. Топырақта сыртқы жүктемелер әсерінен пайда болатын кернеулерді анықтау

3.2.1. Сызықты-деформацияланатын жартылай кеңістіктің бетіне тік түсетін күштердің әсері

Жазықтық нүктесінде O орналасқан, 3.2*а* суретіне сәйкес шексіздікке ие сызықтық-деформацияланатын үстіңгі бет болып табылатын, тік бағытталған N күшінің әрекетін алып қарастыралық. N күшінің әсерінен жартылай кеңістіктің барлық нүктесінде күрделі кернеу жағдайы туындайды. Жалпы жағдайда, жартылай кеңістіктің әрбір нүктесіне алты құрамдауыш әрекет етеді: $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$. Бұл есептің шешімін 1885 жылы Буссинеск тапқан болатын.

M_i нүктесінің орналасымы R поляр координаталарымен және N косымша күш нүктесі бастауындағы β координаталар жүйесімен анықталады. N күшінің әсерімен M_i нүктесі R ра-

диусы бағытына s_1 шамасымен орын алмастырады. M_1 нүктесі нүктесінен қаншалықты қашық орналасқан болса, оның орын алмасуы соншалықты аз болады; мұндағы $R=\infty$ M_1 нүктенің орын алмасуы нөлге тең болады. Сондықтан да, s_1 -ді R -ге кері пропорциональ деп есептеуге болады. Осы уақытта, R -дің осы және басқа мәндеріндегі β әр түрлі бұрыш шамасы үшін нүктелердің орын алмасуы біркелкі болмайды. z осінде орналасқан нүкте барынша орын ауыстыруға ие болады, яғни мұндағы $\beta=0$. β бұрышының ұлғаюы кезінде R радиусы бағыты бойынша орын алмастыру азаяды, $\beta=90^\circ$ жағдайындағы аз деформацияда (топырақ бетінде) нөлге тең болады.



3.2-сурет. Кернеуді анықтау сызбасы:

a - жартылай кеңістіктегі M_1 және M_2 нүктелерінің орналасуы; *б* - кернеудің R радиусты жартышар бетіндегі таралуы; *в* - M_1 нүктесінде әрекет етуші шырғу

Осылайша, радиус бағыты бойынша M_1 нүктесінің орын алмастыруы мынаған тең деп есептеуге болады: $s_1 = (\alpha_1 / R) \cos \beta$, мұндағы α_1 – пропорционалдық коэффициенті, ал M_2 нүктесінің орын ауыстыруы мынаған тең болады: $s_2 = [\alpha_1 / (R + \varepsilon R)] / \cos \beta$.

Осылайша, dR топырақ кесіндісіндегі салыстырмалы деформация мынаны құрайды:

$$\varepsilon_R = \frac{s_1 - s_2}{dR} = \left(\frac{\alpha_1}{R} - \frac{\alpha_1}{R + dR} \right) \frac{\cos \beta}{dR} = \frac{\alpha_1 \cos \beta}{R^2 + RdR}.$$

RdR шамасын елемей және кернеу мен деформация арасындағы сызықтық тәуелділікті есепке алғандағы, R , радиу-

сына перпендикуляр, алаңға әсер етуші сығу кернеуіне арналған тендеу мынадай түрге ие болады $\sigma_R = \left(\frac{\alpha_1 \alpha_2}{R^2} \right) \cos \beta$: (мұндағы α_2 - кернеулер мен деформациялар арасындағы пропорционалдық коэффициенті). Қатарды қайта түрлендіргенде төмендегі формула алынады: $\sigma_R = \frac{3}{2\pi} \frac{N}{R^2} \cos \beta$

σ_R кернеу dA алаңына әсер етеді. 3.2в суретіне сәйкес элементарлық үшбұрышты призманың тепе-теңдігін қарастыра отырып, барлық күштердің тіке оське проекциясы тендеуін құрастырамыз: $\sigma_z dA / \cos \beta - \sigma_R \cos \beta dA = 0$. Алынған тендеуге σ_R шамасын қойып, сығудың оң белгісіндегі тіке кернеуді табамыз: $\sigma_z = \frac{3}{2\pi} \frac{N}{R^2} \cos^3 \beta$. Сондықтан, $\cos^3 \beta = \frac{z}{R}$, онда:

$\sigma_z = \frac{3}{2\pi} N \frac{z^3}{R^5}$, а мұндағы $R^2 = r^2 + z^2$ есепке алыну арқылы:

$$\sigma_z = KN / z^2 \quad (3.1)$$

Коэффициент мәнін формулаға саламыз (3.1) -

$$K = \frac{3}{2\pi} \frac{1}{[1 + (r/z)^2]^{5/2}}, \text{ 3.1 кесте бойынша табылғандар арқылы}$$

топырақта шоғырланған күш кезінде дамидын σ_z тіке сығушы кернеу анықталады.

3.1-кесте. r/z түрлі қатынастарындағы К коэффициентінің мәні

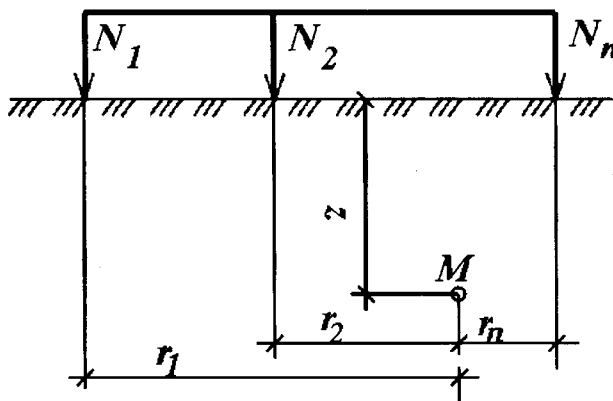
r/z	K	r/z	K	r/z	K	r/z	K
0,00	0,4775	0,50	0,2733	1,00	0,0844	1,5	0,0251
0,05	0,4745	0,55	0,2466	1,05	0,0744	1,6	0,0200
0,10	0,4657	0,60	0,2214	1,10	0,0658	1,7	0,0160
0,15	0,4516	0,65	0,1978	1,15	0,0581	1,8	0,0129
0,20	0,4329	0,70	0,1762	1,20	0,0513	1,9	0,0105
0,25	0,4103	0,75	0,1565	1,25	0,0454	2,0	0,0085
0,30	0,3849	0,80	0,1386	1,30	0,0402	2,6	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

3.2.3. Бірнеше қатарласқан күштердің әсері

Егерде 3.3 суреттегідей изотропты сызықтық деформацияланушы жартылай кеңістіктің бетіне $N_1, N_2, \dots, N_n$ бірнеше күштер түскен болса, онда кернеулер мен деформацияланулар арасындағы тура пропорционалдыққа Сен-Венаннің суперпозиция принципін пайдалануға және қарапайым жинақтау арқылы M -нің кез келген нүктесіндегі σ_z мәнін табуға болады:

$$\sigma_z = K_1 N_1 / z^2 + K_2 N_2 / z^2 + \dots + K_n N_n / z^2 \quad (3.2)$$

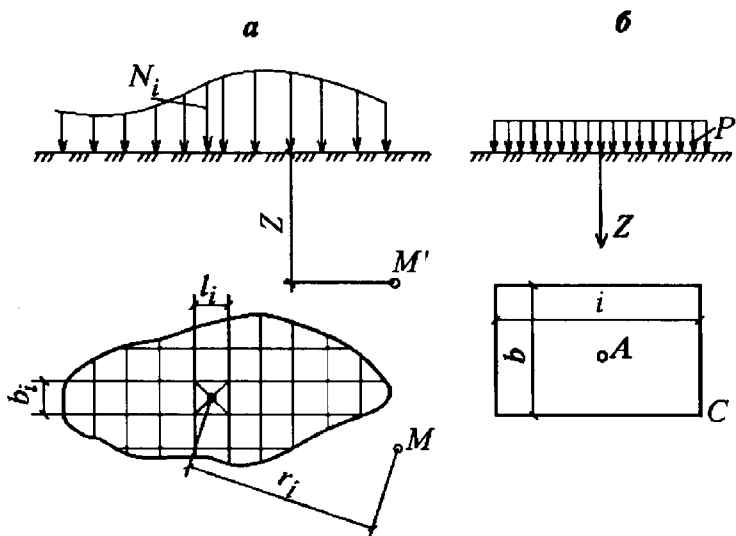
K коэффициентінің мәні $r_1/z, r_2/z \dots r_n/z$ қатынасы тәуелділігіне сәйкес 3.1 кесте бойынша анықталады.



3.3-сурет. Бірнеше күштер әрекетіне есептелген сызба

3.2.3. Үлестірілген жүктеменің әсері

Егер A аумақ шегіндегі изотроптық сызықты-деформацияланушы жартылай кеңістіктің бетіне 3.4 суреттегідей бөлінген қысым әсер еткен болса, онда жүктелген аланды b_i және l_i жақтарына, яғни, барынша күрделі денелер болатын тік бұрышқа бөле аламыз.



3.4-сурет. Әртүрлі үлестірілген жүктеменің (а) және жүктеменің тік бұрыш дәрежесіндегі (б) жағдайлар

i тікбұрыштың шегінде бөлінген қысымды осы қысымның әсер ету орталығына жататын N_i тең дәрежеде әсер етушімен алмастыруға болады. N_i күш әсерінен тікелей сығушы кернеу мынаған тең: $\sigma_{zi} = K_i N_i / z^2$.

A алаңға бөлінген әрбір тікбұрыштағы жүктің σ_{zi} шамасын айқындап және осы кернеудің жиынтығын қосу арқылы бөлінген жергілікті жүктің әсерінен болатын σ_z кернеуі анықталады:

$$\sigma_z = \sum K_i N_i / z^2 \quad (3.3)$$

мұндағы, K_i коэффициенті r_i / z қатынасына тәуелді және 3.1 кесте бойынша алынады.

3.2.4. Жергілікті біркелкі үлестірілген жүктеменің әсері

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

$$\sigma_z = \alpha p \quad (3.4)$$

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

z тереңдігіндегі, α жүктеу мәніндегі алаң орталығы астындағы σ_z кернеуді анықтағанда, мәніне қарай $\eta = l/b$ и $\xi = 2z/b$ болады (мұндағы l - жүктеу алаңы тік бұрыштың ұзын жағы; b - оның ені).

Тік бұрышты жүктеу алаңының σ_z бұрыш асты нүктелерін тапқанда, мысалы, C нүктесінің астындағы α мәнін табуда да шамаға қарай тәуелділік кестесін пайдалануға болады: $\eta = l/b$ и ξ . Бұл жағдайда $\xi = z/b$. Бұрыш асты нүктелеріндегі кернеуді мына формула бойынша анықталады:

$$\sigma_z = 0,25\alpha p \quad (3.5)$$

3.2.5. Кернеулерді бұрыштық нүктелер әдісімен анықтау

σ_z жартылай кеңістіктің кез келген нүктесінде σ_z тік кернеуді анықтау үшін теңдеуді пайдалануға болады (3.5). Егер жартылай кеңістіктің көлбеу бетіндегі (M нүктесі) қарастырылған M' нүктесінің проекциясы 3.5а суретіне сәйкес, жүктеу алаңы шегінде орналасқан болса, онда бұл алаңды M нүктесі әрбіреуінің бұрыштық нүктесі болатындай етіп төрт тік бұрышқа бөлуге болады: (*I-Meaf*, *II-Mfbg*, *III-Mgch*, *IV-Mhde*) Онда σ_z кернеу жүктеудің төрт алаңы бұрышы асты нүктелерінің жиынтығына тең:

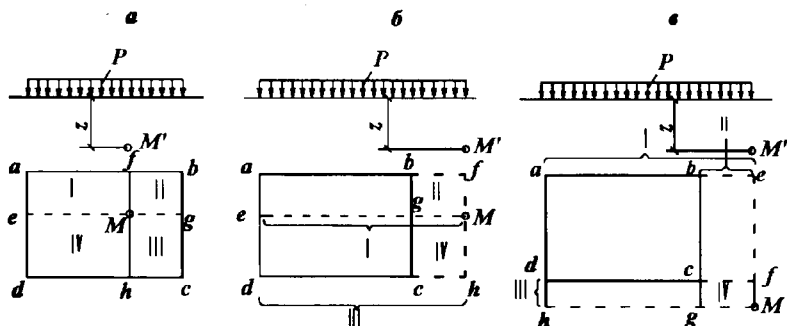
$$\sigma_z = \sigma_{zI} + \sigma_{zII} + \sigma_{zIII} + \sigma_{zIV} = 0.25(\alpha_I + \alpha_{II} + \alpha_{III} + \alpha_{IV})p \quad (3.6)$$

мұндағы, $\alpha_I, \alpha_{II}, \alpha_{III}, \alpha_{IV}$ – кестелік коэффициенттер.

Жартылай кеңістіктің M' проекция нүктелері 3.5б суретіне сәйкес, жүктеу алаңының шегінен тыс орналасқан жағдайда, M нүктесін *I*, *II*, *III*, *IV* (*Meaf*, *Mfbg*, *Mgch*, *Mhde*) жүктеулерін

фиктивті алаңының бұрыштық нүктесі ретінде қарастыруға болады: Мұнда *II* және *IV* алаңдары шегінде фиктивтік жүк кері бағытта қолданылады. Кернеу мына теңдеумен өрнектеледі:

$$\sigma_z = \sigma_{zI} - \sigma_{zII} + \sigma_{zIII} - \sigma_{zIV} = 0,25(\alpha_I - \alpha_{II} + \alpha_{III} - \alpha_{IV})p \quad (3.7)$$



3.5-сурет. М нүктесіндегі қысымды есептеу сызбасы

Ал 3.5в суретте көрсетілген жағдайдағы *M'* нүктесінің орналасымы жағдайында оның проекциясын жүктеудің фиктивті алаңдарының нүктесі ретінде көрсетуге болады: *Mhae(I)*, *Mgbe(II)*, *Mhdf(III)*, *Mgcf(IV)*. Онда:

$$\sigma_z = 0,25(\alpha_I - \alpha_{II} - \alpha_{III} + \alpha_{IV})p \quad (3.8)$$

Бұрыштық нүктелер тәсілін қолдана отырып, жартылай кеңістіктің кез келген нүктесіндегі үстіңгі бетіне σ_z тікбұрышты алаңның шегінде тең мөлшердегі жүк бөлінген σ_z кернеуді табуға болады.

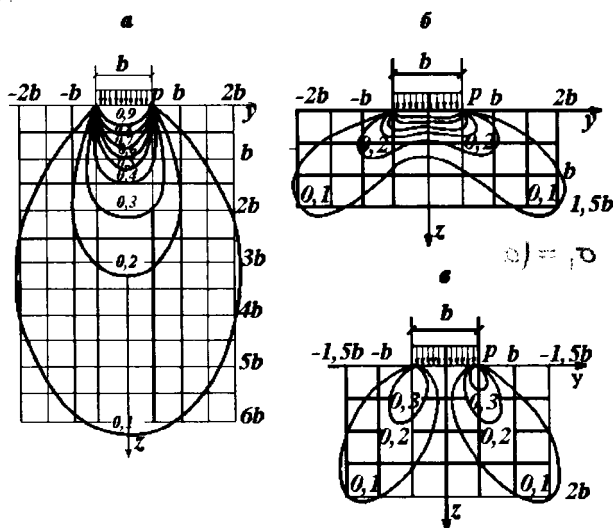
3.2.6. Біркелкі үлестірілген жолақтық жүктеменің әсері

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.

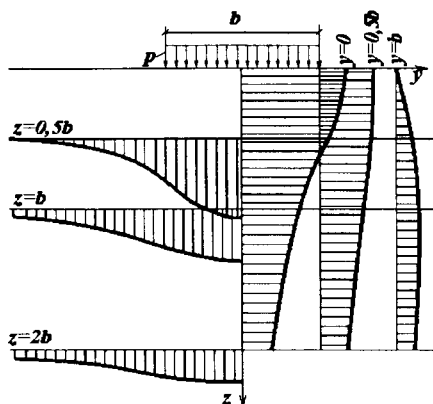
Тегістік міндетінде үш құрамдаушы анықталады: σ_z , σ_y және τ_{yz} . Демек, жоғарыда көрсетілген кесінділер жазықтар деформациясы (тегіс деформация) үдерісінде қалады, онда, ал σ_x - σ_z және σ_y функциясы болып табылады.

Егерде изотроптық денедегі, жүк өсін перпендикуляр бойлаған кесіндінің барлық нүктесіндегі σ_z , σ_y және τ_{yz} - ді анықтайтын және тең кернеулердің сызығын құратын болсақ, онда $\tau_{yz} = \tau_{xz} = 0,3,6$ суреттегідей шынайы кесте пайда болады, бұдан көрінетіні - σ_z кернеу біршама тереңдікте таралады, ал τ_{yz} кернеуі жүк жолағының бір-екілі енінде ғана таралады. Интерполяцияны қолдана отырып, осы кесте бойынша кез-келген нүктедегі σ_z , σ_y және τ_{yz} мәндерін табуға болады.



3.6-сурет. Жолақтық жүктеменің тең дәрежеде үлестірілуіндегі σ_z (а), σ_y (б) және τ_{yz} (в) тең кернеу сызықтары (изобаралар)

у және z-тің әр түрлі мәніндегі тік және көлбеу кесінділер бойынша σ_z кернеу эпюралары 3.7 суретте көрсетілген. Суретте көрсетілгеніндей, тікелей кесіндісінде σ_z кернеудің тереңдігі азаяды, көлбеу кесіндіде олар жолақтық жүк осі бойынша жоғарғы шекке ие және бұдан тереңдікте кернеудің шашырайтындығын байқауға болады.

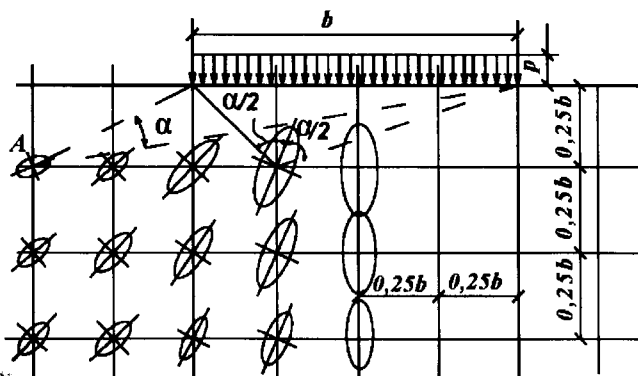


3.7-сурет. Тік және көлденең кималардағы σ_z кернеуінің эпюралары

Изотроптық дененің тегіс кернеу жағдайы басты кернеулермен және олардың бағыттарымен сипатталуы мүмкін. Басты кернеу басты алаңда әрекет етеді, мұнда жанама кернеулер жоқ және жартылай тегістіктің кез келген нүктесінде мына теңдеумен айқындалуы мүмкін:

$$\sigma_1 = (\alpha + \sin \alpha)p / \pi; \quad \sigma_3 = (\alpha - \sin \alpha)p / \pi \quad (3.9)$$

Мұндағы α - радиандағы жүк жолағының 3.8 суретіне сәйкес көріну бұрышы. σ_1 барынша басты кернеу α көріну бұрышының биссектрисасы бойынша бағытталған.



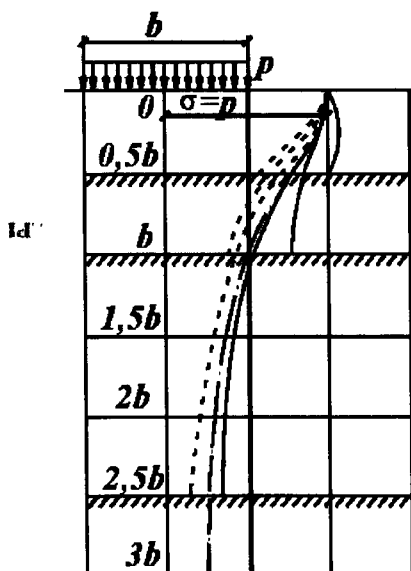
3.8-сурет. Жолақтық жүк әсер еткендегі кернеу эллипстері

3.3. Кернеулер таралуына тиетін құрылымдық ерекшеліктердің әсері

3.3.1. Топырақтар қабаттасуының әсері

Егерде деформацияланатын қалыңдық сығымдылығы әр түрлі болатын екі немесе одан көп санды топырақ қатпарларынан тұратын болса, онда ол есептеуде ескеріледі. Сығылмайтын төсемдеуші қатпарлар болған жағдайда, жүк осі бойынша σ_z кернеудің кейбір концентрациялары, көбінесе қатты қатпарлардан жүктелетін қабатқа дейінгі аз қашықтықтан жүргізіледі (3.9 суретіне сәйкес тегіс эпюралар).

Егерде төсемдеуші қатпар ұстап тұрушыға қарағанда көбірек сығымдылыққа ие болса, керісінше, үлкен алаңдағы кернеудің шашырауы мен жүк осі бойынша σ_z кемуі байқалады (3.9 суретіне сәйкес штрих эпюралары). Сызықтық деформацияланушы жартылай кеңістіктегі σ_z кернеу эпюрі үзік сызықпен көрсетілген.



3.9-сурет. Төселгіш қабат әртүрлі тереңдікте орналасқан жағдайдағы σ_z кернеуінің эпюралары

3.3.2. Жартылай кеңістік ішіндегі күштердің әсері

Іргетастың терең орналасымында қысым үстіңгі бетіне емес, топырақ алабын ішкі бетінің кейбір d тереңдігінде таратылады.

Тікелей қалыпты кернеу σ_{zd} болатын мұндай жағдайда, мына теңдеу арқылы айқындауға болады:

$$\sigma_{zd} = K_d N / d^2 \quad (3.10)$$

мұндағы, K_d - 3.2 кестесі бойынша анықталатын, z/d және r/d қатынасына тәуелді коэффициент (мұндағы z - жер беті нүктесінен қарастырылған нүктенің тереңдігі; r - одан z осіне дейінгі қашықтық; d - N шоғырландырылған күшке қосылған нүкте орналасымының тереңдігі).

3.2-кесте. K_d еселігінің мәні

z/d	r/d мәндерінде					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0	0	0	0	0	0	0
0,4	-0,3709	-0,2582	-0,0880	-0,0024	+0,0206	+0,0202
0,8	-4,9217	-0,8510	-0,0152	+0,0590	+0,0568	+0,0440
1,2	+5,1378	+1,0639	+0,2012	+0,0968	+0,0666	+0,0495
1,6	+0,6234	+0,4966	+0,2901	+0,1600	+0,0959	+0,0635
2,0	+0,2480	+0,2291	+0,1874	+0,1368	+0,0982	+0,0708

3.3.3. Ғимарат жертабанындағы қысымның таратылуы

Жүктің тең мөлшердегі бөлінісі әрекетіндегі әрбір көлбеу кесіндісінде топырақтар жүк ортасы астындағы σ_z барынша жоғары кернеуден өтеді. Мұндай жағдайда, топырақ бетінің ең жоғарғы шөгу орталығында, ал ең төменгі шөгу 3.10 а суреттегідей жүктің шеттері мен бұрыштық нүктелерінде байқалады.

Егер жүк топыраққа қатты іргетаспен берілсе, онда симметриялық жүктеуде, топырақтың үстіңгі бетіндегі шөгу мен астындағы шөгу тең мөлшерде болады. Абсолютті қатты

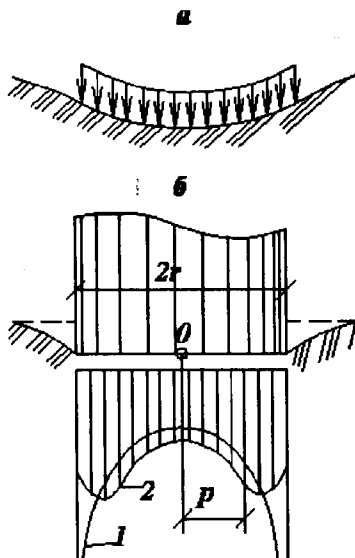
дөңгелек штампқа арналған есептің теориялық шешімі мынадай тендеуге алып келеді:

$$p_p = p_m / (2\sqrt{1 - \rho^2 / r^2}) \quad (3.11)$$

мұндағы, P_p - дөңгелек іргетас табаны бойынша, $\rho < r$ (мұндағы r - іргетас табаны радиусы) орталығынан ρ қашықтықтағы қысым; P_m - іргетас табаны бойынша орташа қысым.

Бұл жағдайда (3.10 б суреттегі 1 эпюра) жиектер бойынша ($\rho < r$ жағдайында) контактілік қысым теориялық тұрғыда шексіз үлкен болып табылады. Алайда топырақтың мұндай қысымы қабылданбайды, пластикалық деформациялардың дамуы нәтижесінде контактілік табанның шеттері азаюы, өзге тұстарында ұлғаюы арқылы қысым қайта бөлінеді (3.10б суретте көрсетілгеніндей ер тәрізді 2 эпюра).

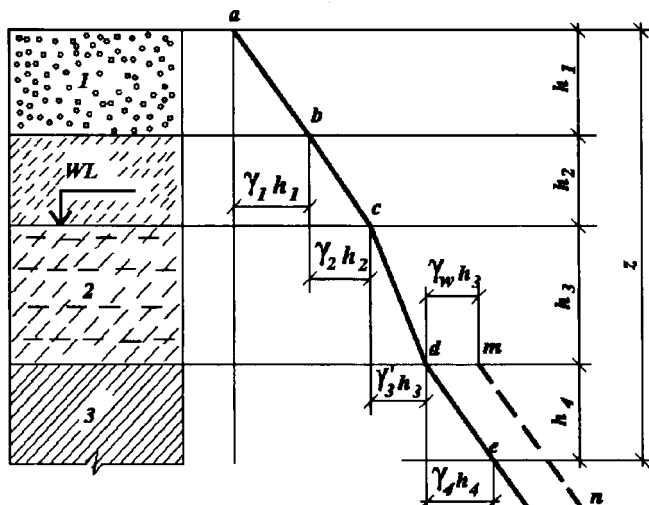
Қатты іргетастардың табанындағы қысымның қайта бөлінуі тереңдіктегі іргетас енінің жартысынан асатын кернеуді аздап өзгертеді, алайда оны қаттылыққа ие іргетастар құрастыруды есептеген кезде ескерген дұрыс.



3.10-сурет. Тең мөлшерде бөлінген иілгіш күштің
(а) және қатқыл штамп астындағы қысым эпюралары (б)

3.3.4. Топырақтың өз салмағынан туындайтын кернеулер

Көп жағдайда жоғарыда жатқан топырақтар салмағының ықпалын тік кернеуді ескерумен шектеледі. Кернеу эпюрасы біркелкі топырақ тереңдігі бойынша үшбұрыш түрінде, ал қабатты эпюра сынық сызықпен бейнеленеді (*abcde* сызығы 3.11-суретіне сәйкес).



3.11-сурет. σ_{zg} - топырақтың өз салмағынан туындайтын кернеу эпюрасы 1-саздақ, 2-құмдақ, 3-сазбалшық

Топырақ салмағы бойынша z тереңдігіндегі σ_{zg} кернеу келесі формула бойынша есептелінеді:

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i \quad (3.12)$$

Төмен деңгейлі жер астындағы сулар су сіңетін топырақтың меншікті салмағы өлшенетін судың ықпалын есептегенде мына формулаға сәйкес қабылданады: $\gamma_{sb} = (\gamma_s - \gamma_w) / (1 + e)$, мұндағы γ_{sb} - топырақ пен судың меншікті салмағының айырымы. Су өткізбейтін саз балшық пен саз, құмнан тұратын тау жынысы жер асты сулы су өткізгіш топырақ қабатымен төселгенде, өлшенетін су ықпалы есепке алынбайды.

Топырақтың жеке салмағының көлденең кернеуін дәл есепке алу мүмкін емес. $\sigma_x = \sigma_y = [\nu / (1 - \nu)] p = \xi p$ теңдігіне сәйкес (мұндағы ξ – топырақ бүйірін керу коэффициенті тыныштық қалпында) көлденең керу $\delta_x = \delta_y = \xi p$ теңдігімен, $p > p_{str}$ керуі әділ болғанда берілуі мүмкін. Алайда σ_z табиғилықтан артық бола алмайды, σ_x көлемі $\sigma_x = \sigma_z / \xi$ формуласымен беріледі. Сонда ғана топырақтағы көлденең кернеу $\xi \sigma_z \leq \sigma_x \leq \sigma_z / \xi$ мөлшерінде түрлене алады.

3.4. Іргетас шөгуінің есебі

3.4.1. Топырақ деформациясының табиғаты мен түрлері

Жүк әсерінен топырақ негізінде деформация тудыратын, іргетас пен оның айналасындағы топырақ бетінің шөгуіне әкеліп соғатын кернеу жағдайы туады.

Топырақ деформациясы оны құрайтындар формасының өзгеруімен байланысты. Топырақ деформациясының себептері мен түрлері 3.3 кестесінде жүйеленген.

3.3-кесте. Топырақ деформация түрлерінің негізгі физикалық себептері

Деформация түрлері	Деформацияның физикалық себептері
1	2
Серпімді деформациялар: - форманың бұзылуы	Цементпен жабылған коллоидты заттар мен құрылымдық тордың қатты бөлігінің бұзылуы кезінде дамитын серпінділіктің молекулярлық күштердің ықпалы
- көлемнің өзгеруі	Ауаның тұйық көпіршіктері, судың жұқа қабығы мен топырақтың қатты бөлігі серпінділігінің молекулалық күштерінің ықпалы

1	2
Шөгу деформациялары:	
- нығыздалу	Топырақ қаңқасы мен байланыс нүктелерінде оның жеке бөліктерінің бұзылуы, бөліктердің өзара жылжуы, уак тесікті азайтуға себеп болатын (топырақ компрессиясын) булы судын сығылып шығуы
- созылу	Шегіне жеткен кернеу жағдайы аумағындағы бір жердегі шөгудің дамуы
- майысқан жер	Топырақтың табиғи құрылымының күрт бұзылуы кезінде (жібіту, еріту және т.т.) Электромолекуляр күштерінің ықпалы нәтижесінде қақ айырылған әсердің көрінуі және қысымның төмендеуі
- ісіну	кезінде ондағы еріген газдың булы судан бөлінуі

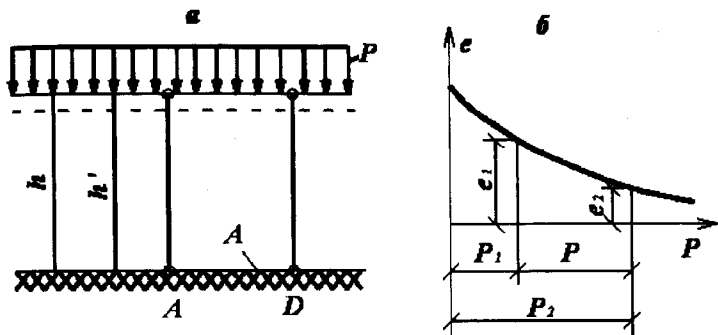
Тұтас жүк кезіндегі топырақ қабаты бетінің соңғы шөгуінің анықтамасы (нығыздалудың бір өлшемді есебі). Егер топырақ қабаты бетіне h жуандығындағы тасты тұқымға жататын 3.12a суретіне сәйкес, p үдемелілігімен тұтас шексіз жүк қоса берілсе, компрессиялы сынақта бір өлшемді есебіне сәйкес келетін топырақ бүйірлі кеңею мүмкіндігінсіз сығылысумен сыналады. Сондықтан 3.12б суретіне сәйкес бұл топырақтың компрессиялы қисықтығын пайдалануға болады.

Топырақ қабатынан тікбұрышты $ABCD$ параллелепипед A табанының ауданымен және топырақ деформациясында ондағы қатты бөліктер көлемі өзгермейді. Топырақтың қатты бөліктері көлемінің теңдігінен есепке ала отырып, деформация теңдігін құрастырамыз:

$$\frac{1}{1+e_1} Ah = \frac{1}{1+e_2} Ah', \text{ мұндағы } p_1 - \text{өз салмағынан орта}$$

кернеуге тең p_1 қысымы әсерінен нығыздалған топырақ уак тесіктерінің бастапқы коэффициенті; e_2 - 3.12б суретіне сәйкес

компрессиялы қисығы бойынша анықталатын p қосымша қысымын қоса бергеннен кейінгі топырақ уақ тесіктерінің коэффициенті; h' - топырақ қабатының соңғы қалыңдығы.



3.12-сурет. Тұтас жүк кезіндегі топырақ қабаты бетінің шөгу есебінің сызбасы: а - тұтас жүктеменен тиелген топырақ қабаты; б - компрессиялық график

Бұл теңдікті шеше отырып, $h' = h(1 + e_2)/(1 + e_1)$ табамыз және бұл формуланы есепке ала отырып, $s = h - h' = h[1 - (1 + e_2)/(1 + e_1)] = h(e_1 - e_2)/(1 + e_1)$ аламыз.

Сығылғыштық коэффициент, $m_0 = (e_1 - e_2)/(p_2 - p_1) = (e_1 - e_2)/p$ формуласымен анықталатындықтан, $e_1 - e_2 = m_0 p$, олай болса бұл шөгуді есепке алғанда төмендегі формуладан шығатыны: $s = h \frac{m}{1 + e_0} p$.

Бұл $\frac{m}{1 + e_0}$ формуласында m_v қатыстық сығылғыштық коэффициенті болып табылатындықтан, тұтас жүктеме кезіндегі топырақ қабатының беті мынадай түрде болады:

$$s = h m_v p \quad (3.13)$$

m_v топырақтың қатыстық сығылғыштық коэффициентін E_0 деформациясының модулі арқылы бере отырып, шөгуді анықтау үшін формуласын аламыз:

$$s = h(\beta/E_0)p \quad (3.14)$$

3.4.2. Іргетас шөгуін қабаттар бойынша есептеу әдістері

3.4.2.1 Қабаттар бойынша жинақтау әдісі

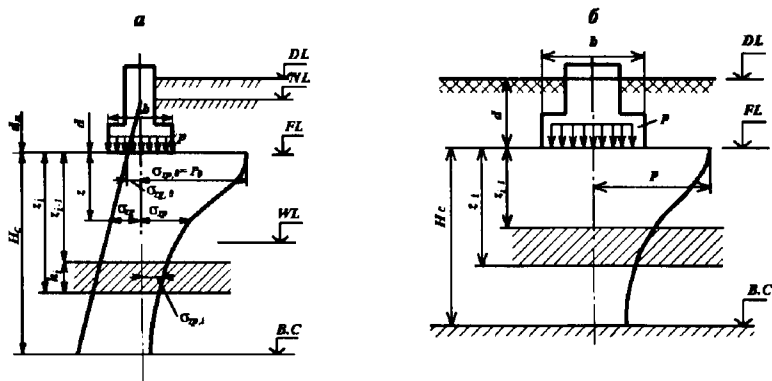
Бір жерге тиген жүктен топырақтағы кернеудің шашырап тарайтынын ескергенде, негіздеу көлемі мен түбінде оның қарқындылығы азаяды, шөгуді формула бойынша анықтауға болады (3.13). Кернеудің біртіндеп өзгеруінен негіздеу тереңдігі бойынша оның қалыңдығын бірнеше қабатқа бөлуге болады және қыртысты жинақтау әдісінде жүзеге асатын оның әрқайсысының кернеуін белгілеуге болады.

Қабатты жинақтау әдісінде алдымен іргетас астында бөлінген δ_0 қосымша орташа қысымын табады:

$$p_0 = p_{II} - \sigma_{zg,0} = p_{II} - \gamma d_n \quad (3.15)$$

мұндағы, p_{II} - іргетас асты бойынша орташа қысым; $\sigma_{zg,0}$ - іргетас асты деңгейіндегі табиғи жүк; $\gamma - d_n$ табиғи рельефінен болған іргетас құюдың тереңдігі шегіндегі топырақтың меншікті салмағы.

p_0 біле тұра, (3.4) формуласы бойынша σ_{zd} кернеуді анықтайды және 3.13а суретіне сәйкес σ_{zd} эпюрасын құрады.



3.13-суреті. Іргетас шөгу есебінің сызбасы:

а - қабатты жинақтау әдісімен;

б - сызықты - деформацияланған қабат әдісімен

σ_{zd} үлкендігі тереңдігімен азаяды, сондықтан есептегенде жуандығымен шектеледі. Нормалар H_c сығылғыштық қалыңдығын түбіне дейін қабылдауды нұсқайды, онда кернеуі табиғи кернеудің 20% аспайды, яғни шарттың орындалуы:

$$\sigma'_{zp} \leq 0,2\sigma'_{zg} \quad (3.16)$$

мұндағы, σ'_{zg} - табиғи тік кернеу H_c тереңдігінде.

E_0 деформация модулімен күшті сығылысқан топырақ тереңдігінде (3.16) шартына сәйкес келетін 5 МПа тереңдігінен төмен деформация түбіне дейін есепке алынады:

$$\sigma'_{zp} \leq 0,1\sigma'_{zg} \quad (3.17)$$

Бұл шарттың орындалуын тексеру мақсатында сол масштабта σ_{zg} эпюрасын салады. Сығымдалған қалыңдық шамасындағы σ_{zg} мәнін таба отырып, қабатты топырақты қатпарлай тілу арқылы қыртысқа бөледі. Бөлінген тіліктердің қалың болған жағдайда оларды h_i қалыңдығымен қыртысқа бөледі.

Сығымдалған қабаттың әр қыртысының $\sigma_{zp.i}$ орташа қысымын біле отырып, іргетас шөгуін s түріндегі жекеленген қыртыстар бетінің шөгу жинағын табамыз:

$$s = \sum_{i=1}^n h_i m_{vi} \sigma_{zp.i} \quad (3.18)$$

m_v мәнін ауыстыра отырып, сондай-ақ β сумма белгісіне шығара отырып алатынымыз:

$$s = \sum_{i=1}^n \frac{h_i \sigma_{zp.i}}{E_{0i}} \quad (3.19)$$

Қыртысты жинақтау әдісінің негізіне топырақтың тұтас, сызықты-деформацияланған дене екені; шөгу тек σ_{zp} кернеу ықпалына байланысты; топырақ бүйірлі кеңеюінің мүмкін еместігі; іргетастың қатты бола алмауы және деформациялар H_c қуаттылығында сығымдалған қабат шамасында қаралатыны салынған.

3.4.2.2. Көршілес іргетас ықпалын есепке алу

Іргетас жүйесі арқылы ғимаратқа күш түскен жағдайда, жүк түскен әрқайсысы кернеу мен көршілес іргетас негіздемесінде деформацияның дамуына алып келеді.

Осыған байланысты σ_{zp} кернеуін анықтауда барлық көршілес іргетастардың жүгін, кей жағдайларда территорияда топырақ төсеу және іргетас маңына топырақ бетін толтыру керек.

Көршілес іргетас пен аландардың жүктеуінен болатын қысым бұрышты нүктелер әдісімен анықталады. Мұндай жағдайда σ_{zp} қысымы I қыртысында:

$$\sigma_{zp,i} = \sigma_{zp,f} + \sum_{i=1}^n 0,25(\alpha_I - \alpha_{II} + \alpha_{III} - \alpha_{IV}) p_{0n,f} \text{ болады.} \quad (3.20)$$

мұндағы $\sigma_{zp,f}$ - z топырақтағы тереңдікте тік кернеу; n - көршілес іргетас саны; $\alpha_I; \alpha_{II}; \alpha_{III}; \alpha_{IV}$ - кесте бойынша алынатын коэффициенттер; $p_{0n,f}$ - көршілес іргетас табанымен берілетін қосымша қысым.

3.4.2.3. Сызықты-деформацияланатын қабат әдісі

Сызықты-деформацияланатын қабат әдісі ені 10 м асатын іргетас табаны шөгуін анықтау үшін қолданылады.

Топырақ қыртысы нығыздылығының деформациясы туралы шешу керек болған жағдайда, мыналарды қолдануға болады: қарастырылатын қыртыс топырақты сызықты-деформацияланған дене болып табылады; топырақ қыртысындағы деформация кернеудің барлық компонент әсерінен өрбиді; іргетас шөгуі топырақ қыртысы бетінің орташа шөгуіне тең; іргетас қатты болмайды.

Іргетас шөгуін мына формуламен анықтауға болады:

$$s = kb(1 - \nu^2)pk_c / E_0 \quad (3.21)$$

мұндағы k - ҚР ҚНЖЕ анықталатын коэффициент; P - іргетас табаны бойынша орташа қысым; k_c - $2H/b = \zeta'$ байланысты кернеу концентрациясын есепке алатын коэффициент.

Немесе топырақ қыртысы тереңдігі үшін:

$$s = \frac{bpk_c}{k_m} \sum \frac{k_i - k_{i-1}}{E_{0i}} \quad (3.22)$$

k_m , k_i және H - ҚР ҚНЖЕ қосымшасының кестесі бойынша алынатын эмпирикалық коэффициент.

H сығымдалған қабатының қуаттылығы $H = (H_0 + \psi b)k_p$ эмпирикалық формуласымен белгіленеді, мұндағы k_p - коэффициент ($p = 100$ кПа іргетас табаны астындағы орташа қысымы 0,8 тең болған жағдайда қабылданады; 1,2 $p = 500$ кПа жағдайында; ал аралық белгіде – интерполяция бойынша); H_0 пен ψ топырақ түріне байланысты алынады (3.4 кесте).

3.4-кестесі. H_0 пен ψ топырақ түріне байланысты анықтамасы

Топырақ атауы	H_0	ψ
Құм	6 м	0,10
Шаң-тозаңды балшықты топырақ	9 м	0,15

3.4.3. Парапар қабат әдісі

Көп жағдайда іргетастың шөгуін баламалы қыртыс қарапайым әдісімен есептеуге болады (Н.А. Цытович бойынша)

Бұл әдісте біртектес топырақтың қуатты қыртысында төмендегідей жағдайларға жол беруге болады: жартылай кеңістік шегінде топырақ біртекті; топырақ сызықты деформацияланған дене болып көрінеді; топырақ деформациясы жартылай кеңістік шегінде нығыздылық теориясы бойынша қабылданады.

Сызықты деформацияланған кеңістік бетінің шөгуі Шлейхер формуласы бойынша табылу керектігі белгілі:

$$s = \omega b(1 - \nu^2)p_0 / E_0 \quad \text{ш. (3.23)}$$

мұндағы, ω - шөгу коэффициенті.

E_0 пен β мәнін қойып, сондай-ақ $A_\nu = (1 - \nu)^2 / (1 - 2\nu)$ қабылдай отырып,

$$s = A_v \omega b m_v p_0 \quad (3.24)$$

аламыз.

$A_v \omega b$ шығарылымын баламалы қыртыс қалыңдығы ретінде h_e тұтастай жүк түскенде іргетас шөгуін

$$h_e = A_v \omega b \quad (3.25)$$

деп қарастыруға болады.

Осыны есепке ала отырып, іргетас шөгуін анықтау үшін нақты теңдік шығарамыз:

$$s = h_e m_v p_0 \quad (3.26)$$

$A_v \omega$ шығарылымы (қатты іргетасқа арналған баламалы қыртыс коэффициенті) кестесі бойынша алынады.

Негізінде топырақтың қыртысты тереңдігінде іргетас шөгуін есептеу үшін және фильтрациялы консолидация теориясы негізінде шөгуді есептеу үшін кернеу эпюрасын ауыстыру ұсынылады.

3.4.4. Шектеулі сығылғыш қабат әдісі

Соңғы шөгуді есептеуге арналған қыртысты жинақтау әдісі біраз нәрсені орындауға негізделген, ал баламалы қыртыс әдісі көршілес іргетастардың жүк ықпалын дұрыс есептеуге жол бермейді. Іргетастардың шөгуі топырақ қыртысының деформациясына байланысты дамитынын ескергенде, бітпейтін жартылай кеңістік деформациясын есепке алу қажеттілігі туындайды.

Шектеулі сығылғыш қабат әдісінде есептегіш сығылғыш қабат деп аталатын негіздемесі шектеулі сығылғыш топырақ қабатынан тұратын шартты түрде аяқталмайтын сығылғыш кеңістік төселуі қабылданады. Бұл шартты сығылғыш жартылай кеңістік шегінде тек қана нығыз деформациялар өрбиді.

3.4.5. Шөгудің уақыт бойынша өзгеруі

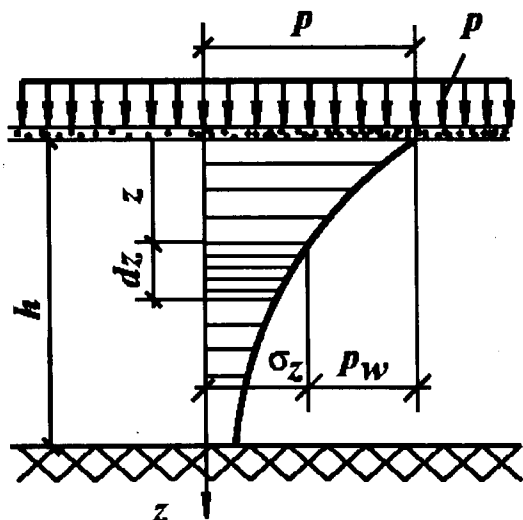
Шаң-тозанды балшықты топырақтарда іргетастың шөгуі бірден болмайды, құмды топырақтарда болатын ғимарат шөгуінен айырмашылығы біртіндеп дамиды және көп жылға созылады.

Егер топырақтың тұтастай сумен қаныққан шөгуін анықтау қажет деп табылса, фильтрационды консолидация нәтижесінде біртіндеп нығыздалу үдерісі, яғни оның деформациясын қарау керек.

Топырақ тығыздалуы фильтрациялы консолидация теориясына сәйкес төмендегідей жағдайларда болады:

- қарастырылып отырған қыртыс қалыңдығы h біртекті топырақтан күрделі;
- топырақта құрылымды мықтылық болмайды;
- топырақ тесіктеріндегі су қозғалысы ламинарлы фильтрация заңына сәйкес келеді (Дарси).

Осы жағдайларды ескергенде топыраққа түскен тұтас жүктен кейін оның уақ тесіктерінен 3.14 суретіне сәйкес жоғары қарай шығарылатын суды өлшеу бойынша нығыздалады



3.14-суреті. Топырақ шөгуін уақыт бойынша анықтауға арналған есептік сызба

Бірден жүк қойылғаннан кейін барлық тереңдікте жүк қойылған сәттен кейін болатын қысым булы суға беріледі. Қысым әсерінен су жоғары қарай сығылады, әрі қарай P қысымның бір бөлігі P_w суға беріледі, басқа бөлігі топырақ қаңқасында σ_z кернеу туғызады. Барлық тереңдікте төмендегі теңдік сақталады:

$$\sigma_z + p_w = p \quad \text{барлық тереңдікте} \quad (3.27)$$

ТОПЫРАҚТАРДЫҢ ШЕКТІ КЕРНЕУЛІК КҮЙІНІҢ ТЕОРИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚОЛДАНЫЛУЫ

4.1. Жалпы ережелер

4.1.1. Топырақ нүктесіндегі шекті тепе-теңдігі туралы түсініктер

Топырақ массивінің шекті кернеулік күйі деп сәл күш салу немесе топырақ тығыздығын азайту тепе-теңдікті бұзуға әкелетін жағдайды айтады, яғни топырақ массивінің тұрақтылығын жоғалтуға әкелетін жағдай болып табылады.

Тұрақтылықты жоғалтқан кезде топырақ массивінде жылжу қабаты туады, қозғалу деформациясы дамиды, топырақтың табиғи құрылымы бұзылады. Ол топырақтың босауына әкеледі немесе топырақ массасы жылжуының шөгуіне және құрылыстар мен ғимарат құрылысының жылжуын тудыратын құламасына айналдырады.

Оның тұрақтылығын жоғалтпай топырақ массивіне ықпал ететін салмақтың максималды мүмкіндігін анықтау үшін құрылыс және құламалар негізінде топырақтың тұрақтылық тапсырмасын қарастыратын топырақтың шекті тепе-теңдік теориясын, қоршау құрылысына топырақ қысымын анықтау тапсырмалары, анкерлер және қоршау құрылысын қосуға топырақ кедергісін қолданады.

Шекті тепе-теңдік жағдайында басты кернеу мен сусымалы топырақтың ішкі қажалу бұрышының көлемі арасындағы байланыстың келесі қажеттілігі жасалады:

$$\sigma_3 = \sigma_1(1 - \sin \varphi)(1 + \sin \varphi) \quad (4.1)$$

ондағы σ_1 и σ_3 - $\sigma_3 < \sigma_1$ -дегі шекті кернеу күйіне сәйкес басты кернеу.

Сонымен қатар тригонометриялық түрде қайта пайда болғаннан кейін:

$$\sigma_3 / \sigma_1 = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi / 2) \quad (4.2)$$

Егер шекті тепе-теңдік күйін координатты осіне сәйкес кернеу компоненттері арқылы білдірсе, келесі формуланы аламыз:

$$\frac{(\sigma_z - \sigma_y)^2 + 4\tau_{yz}}{(\sigma_z + \sigma_y + 2c \cdot \operatorname{ctg} \varphi)^2} = \sin^2 \varphi \quad (4.3)$$

γ салыстырмалы салмағы бар топырақ үшін өрескел тапсырма кезінде дифференциалды түрде тепе-теңдікті теңестірудің мынадай түрі бар:

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} = \gamma; \quad \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} = 0 \quad (4.4)$$

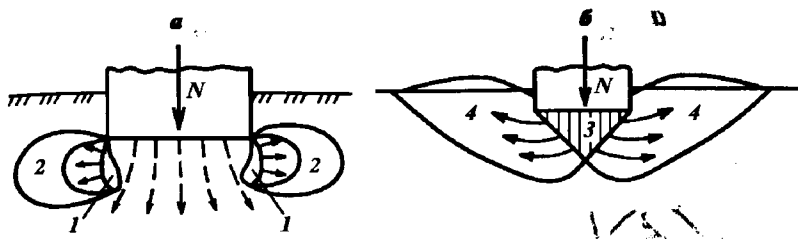
(4.4) теңестіруге (4.3) шекті тепе-теңдік теңестіруін қоссақ, үш белгісіз үш теңестіру жүйесін аламыз. Әрі қарай шекті тепе-теңдіктің өрескел тапсырмасы статистика бойынша анықтауға болады.

Осесимметриялық кеңістікті тапсырма ретінде ең төменгі басты кернеу бір-бірімен тең деп қабылданады, яғни $\sigma_2 = \sigma_3$. Осыны ескере отырып, В. Г. Березанцевтар көмегімен негізгі топырақтың осесимметриялық артуында шекті тепе-теңдіктің дифференциалды теңестірілуінің шешімі алынды.

4.2. Гимарат негізіндегі топырақтың тұрақтылығы

4.2.1 Топырақтағы шекті кернеу күйінің дамуы

Тығыздалу деформациясының дамуында қатты қалыптар айналасында кернеудің шоғырлануы болады. Үлкен тіке кернеу қалыптарының айналасындағы топырақтың шекті кернеу күйінің тууына және 4.1 суретіне сәйкес пластикалық деформацияның (өзгеру деформациясы) дамуына әкеледі.



4.1-сурет. Топырақ деформациясының даму сызбасы:
*а - өзгеру аумағының пайда болуында; б - топырақты іргетаспен
 ығыстыру және жоғарыға жарылу кезінде.*

1 аумақтары салынған күш мөлшеріне қарай үлкейеді, бірақ олардың өсуіне 2 аумақ мөлшерінде нығыздалатын айналадағы топырақтың тікелей көлденең кедергісі болады. Бұл кедергі топырақтың пассивті тойтарысы деп аталатын белгілі бір кеңістікке дейін ақырындап өседі және өзгеру аумағының өсуін баяулатуға әкеледі, алайда топырақ деформациясының үдеуімен байланысты келеді.

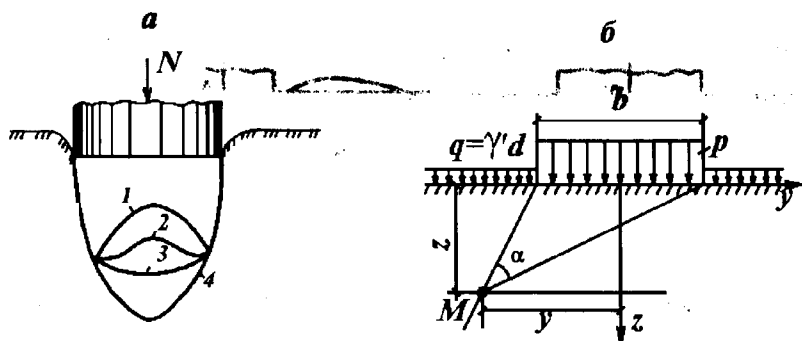
4.1 б суретіне сәйкес қалып астындағы бірнеше тереңдікте өзгеру аумағының қосылуында 3 нығыздалған ядро пайда болады, ал 4 аудандағы әрі қарайғы артуында жылжудың үздіксіз қабаты пайда болады және негізгі топырақ тұрақтылығы жоғалады.

4.2.2. Топыраққа түсетін салмақтың шекті мәндері

Қатты қалып астындағы салмақтың болар-болмас көбеюінде олардың табаны бойынша қысымды бөлуге әкелетін пластикалық деформация аумағы пайда болады.

Табаны бойынша топырақтың реактивті қысым эпюрінің қисық сызықты кескіні салмақтың түсу мөлшеріне байланысты 4.2.-суретіне сәйкес 1.2. және 3 ершік бейнеден 4-ші параболалыққа ауысады.

Қатты іргетас үшін табаны бойынша қысым орталық қысымдағы бірдей бөлінген және орталықтан тыс салмақ кезіндегі трапеция бойынша бөлінгенге тең.



4.2-сурет. Топырақ қысымына қарсы эпюра түрлерінің өзгеру сызбасы:
 а - қатты дөңгелек табан бойынша және б - сызықты салмақ сызбасы

Осы сызба және P_{cr} өлшемді қысымның пайда болу қатарлары жолы бойынша $z_{\max}$ жағдайдың шекті кернеулі аймағының даму тереңдігі келесі түрде анықталады:

$$P_{cr} = \frac{\pi(\gamma z_{\max} + \gamma'd + c \cdot \operatorname{ctg} \varphi)}{\operatorname{ctg} \varphi + \varphi - \pi/2} + \gamma'd \quad (4.5)$$

Шекті кернеулі күй жазықты салмақ айналасында орналасқан жерлерде ғана болатын $z_{\max} = 0$ жағдайы үшін топырақтың жалғасуын ескере отырып бастапқы өлшемді қысымды анықтау үшін формула алынды:

$$P_{cr}^b = \frac{\pi(\gamma'd + c \cdot \operatorname{ctg} \varphi)}{\operatorname{ctg} \varphi + \varphi - \pi/2} + \gamma'd \quad (4.6)$$

Тәжірибе P_{cr}^b болар-болмас жоғарылататын қысымда өзгеру аумағының дамуы кернеу мен деформация арасындағы сызықты тәуелділіктің бұзылуын болдырмайды. Осыған байланысты $0,25b$ тереңдікте өзгеру аумағының дамуы және өзгеру аумағының көрсетілген дамуындағы шартты өлшемді салмағы келесі формула бойынша анықталады: $P_{cr}^c = \frac{\pi(0,25\gamma b + \gamma'd + c \cdot \operatorname{ctg} \varphi)}{\operatorname{ctg} \varphi + \varphi - \pi/2} + \gamma'd$, оны былай қайта жасауға болады:

$$P_{cr1} = M_{\gamma}\gamma b + M_q\gamma'd + M_c c \quad (4.7)$$

ондағы $M_\gamma = \frac{0,25\pi}{\operatorname{ctg}\varphi + \varphi - \pi/2}$; $M_q = \frac{\pi}{\operatorname{ctg}\varphi + \varphi - \pi/2} + 1$;

$M_c = \frac{\pi \cdot \operatorname{ctg}\varphi}{\operatorname{ctg}\varphi + \varphi - \pi/2}$ - қабілеті бар коэффициент.

ҚР ҚНЖЕ оған жұмыс жағдайы коэффициенті және сенімділік енгізу арқылы (4.7) формула бойынша R топырақтың есептік кедергісін анықтауды ұсынады.

Топырақ негізінің есептік кедергісі - жоғарыламайтын R іргетасының табанындағы орташа қысым. Сондықтан $p \leq R$ шектеулі жағдайы қолданылады.

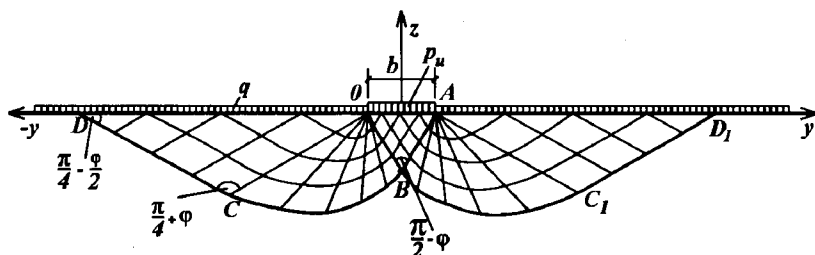
Егер R -дан p -ға жоғарыласа, онда іргетас айналасында кернеу мен деформация арасындағы басты қабылданған сызықты тәуелділікті бұзатын пластикалық деформация ауданының өсуі байқалады. Шекті күйдегі аудандар тереңдігі бойынша фундамент табаны $1/4$ көлемінен аспауы тиіс.

Ішкі қажалу бұрышының аз маңызын алатын шаңды-сазды топырақ үшін, әсіресе аяқталмаған консолидация жағдайында $\varphi = 0$ қабылдауға болады. Олай болған жағдайда топырақ тамаша байланысқан денеге айналады және өзгеру аумағының дамуынсыз жекелеген жерлердегі бастапқы өлшемді қысымды анықтаудағы формуланың мынадай түрі бар: $p_{cr}^b = \pi c + \gamma' d$.

p_{cr}^b жоғарыдан қысымның күшею шамасы бойынша айналадағы тегіс бөлінген жолақ салмақта өзгеру аумағы пайда болады. Өйткені бұл аумақтар жабық түрде, олардағы өзгеру деформацияның дамуы қоршаған топырақтың қарсылығын тудырады. Осы себепті өзгеру аумағының сыртқы шегі жолақ салмақтан тысқары және жартылай жоғары жылжиды. Өзгеру аумағы шегінің орын ауыстыру шамасында олардың жан-жағындағы топырақтар нығыздалып, осы орын ауыстыруға деген кедергісі арта түседі.

Іргетас табанының ($\gamma = 0$) жеңіл топыраққа өтуін қабылдай отырып, жолақты тең бөлінген салмақта жылжу қабатын құруға болады, бұдан олар σ_1 басты кернеудің басым бөлігін $45^\circ - \varphi/2$ бұрышына қабылдамайды.

Бұл жағдайда, тікелей σ_1 тіке кернеумен әрекет ететін салмақтан жылжымалы қабатта қиылысатын екі тұқымдас 4.3 суретіне сәйкес аумақта OAB тік ромбы жасайды. OBC аумағында жылжымалы қабаттың бір тұқымдасы O нүктесінен бөлінетін сәуле құрады, басқа тұқымдас – логарифмдік спираль. Әрі қарай OCD аумағында көлденең ромбылар пайда болады, өйткені көптеген басты кернеулер көлденең бағытталған болады.



4.3-сурет. Шекті жолақты салмақтан жылжу сызығының екі құрамдасы ($\gamma = 0$)

Топырақ салмағының есебінде шекті тепе-теңдік аумағында жылжымалы қабаттың құрылуы қиындайды. Бұл, әсіресе, іргетас сұйықтығы есебі табанындағы топырақтың қажалуына байланысты болады. Сол себепті тікбұрышты үшбұрыш түрінде топырақтың нығыздалған ядросында орналасқан орын ауыстыруды ескерген жөн.

Орталық салмақтың артуында қатты іргетас табаны бойынша орташа шекті қысым ядросының нығыздалу есебімен мына формула бойынша табылады:

– жолақты салмақта:

$$p_{u.st} = N_{\gamma.st} \gamma b / 2 + N_{q.st} \gamma' d + N_{c.st} c \quad (4.8)$$

– дөңгелек іргетас:

$$p_{u.c} = N_{\gamma.c} \gamma D / 2 + N_{q.c} \gamma' d + N_{c.c} c \quad (4.9)$$

ондағы $N_{\gamma.c}; N_{q.c}; N_{c.c}$ N – көтергіштік еселігі; γ және c – топырақтың орташа салыстырмалы меншікті салмағы

(табанының асты мен үстінде); b - іргетас ені; D - іргетас диаметрі; d - салу тереңдігі.

$P_{u.s}$ немесе $P_{u.c}$ маңызын көтеру жылжымалы қабат бойынша топырақ босауына әкеледі. Тең бөлінген жолақты салмақта және дөңгелек фундаментте елемеуге болатын ең кіші ішкі қажалу бұрышы бар шаңды-сазды топырақ үшін орташа шекті қысым мына формула бойынша анықталады:

$$P_{u.s} = 5,14c + \gamma'd, \quad (4.10)$$

$$P_{u.c} = 5,7c + \gamma'd \quad (4.11)$$

(4.8) - (4.11) формулаларын салмақтың осьті қосымшасында қолданады. Эксцентриситетте іргетас орнықтылығы тез төмендейді және арнайы шешімдерді қажет етеді.

4.3. Құламалардағы топырақ тұрақтылығы

4.3.1. Құламалар орнықтылық жоғалтуының негізгі себептері

Тік жобалаудағы үйінді құрылғысында, қазаншұңқыр жасауда, баурайда және басқа да жағдайларда құрылысты салуда шөгінділердегі топырақ массивінің тұрақтылығын бағалау қажет және оның ыңғайлы жолын анықтау керек.

Шөгінділер тұрақтылығын жоғалтудың негізгі себептері топырақ массивінің табиғи тірегін жою; құламаларға ішкі салмақты көбейту; тіке шөгінділерді болдырмау құрылғысы; оның дымқылдануында жалғасуды төмендету және топырақтың қажалуы; көліктер қозғалысы, бағананы қағуда динамикалық әсерлер т.б.

Шөгінділер тұрақтылығының бұзылуы көбінесе бірнеше себептердің жиынтық әсеріне байланысты, шөгінділер тұрақтылығы есебінде оларды көшіру кезінде шөгінділерде топырақтың пайда болу жағдайларының өзгерісін бағалау қажет.

4.3.2. Сусымалы топырақтың тұрақтылығы

Тамаша сусымалы топырақ бөліктерінің тұрақтылығын қарастыруда қосылатын шөгінділер 4.4а суретіне сәйкес шөгінді қабатында жатқан А қатты бөлігінің тепе-теңдігін теңестіреді.

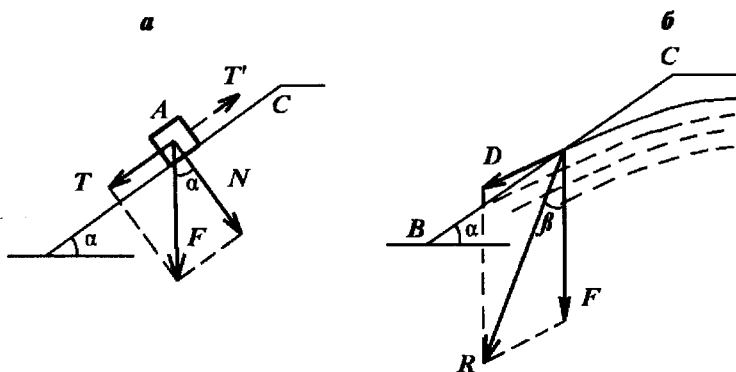
Бұл бөліктің F салмағын екі құрамға бөлуге болады: N қарапайым шөгінді қабатына және оған қатысты T , сонымен қатар бөлікке T' қажалу күші әсер етеді, бұдан: $N = F \cos \alpha$; $T = F \sin \alpha$; $T' = fN$, ондағы f - топырақ бойынша топырақ бөліктерінің қажалу коэффициенті ($f = \operatorname{tg} \alpha$).

Күш проекциясының шекті тепе-теңдік жағдайындағы BC шөгінді қабат бағытына теңестірілуінің мынадай түрі бар: $F \sin \alpha - F \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi = 0$.

Күш проекциясының теңестірілуінен мынаны көруге болады:

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi \text{ немесе } \alpha = \varphi \quad (4.12)$$

яғни, сусымалы топырақ құламасының шекті бұрышы оның ішкі үйкеліс бұрышына тең



4.4-сурет. Сусымалы топырақ құламасының тұрақтылық есебінің сызбасы

a - құрғақ; b - суланған

Осылайша, А бөлігін ұстайтын күш құлама тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін бірнеше қозғалмалы күш болуы тиіс, яғни:

$$\gamma_n \operatorname{tg} \alpha \leq \operatorname{tg} \varphi_l \quad (4.13)$$

($\gamma_n = 1,1 - 1,2$ сенімділік коэффициенті есебімен).

Жерасты суының гидродинамикалық қысымы құламаның үстіңгі қабаты арқылы шығатын ағын есебі жолымен ескеріледі. Депрессияның қисық бетін және құламаның үстіңгі қабаты арқылы шығатын нүктеде оған қатысты жағдайды есептейді. Қатысты бағыт бойынша 4.4б-суретіне сәйкес D гидродинамикалық қысым күшін бөледі.

Гидродинамикалық қысымның борпылдақ дененің кесе көлденең бірлігіне қарқындылығы мынаны құрады: $D = \gamma_w n i$, ондағы γ_w - судың салыстырмалы салмағы; n - топырақтың борпылдақтығы; i - тегеурін сүйемі.

Шөгіндінің үстіңгі қабаты арқылы шығатын нүктеде 4.4а суретінде көрсетілген β бұрышына сәйкес құлама айналысы күшіне тең β бұрышына тік ауытқыған R тең әсер етушіге әкелетін 4.4б-суретіне сәйкес D және F күштері әрекет етеді.

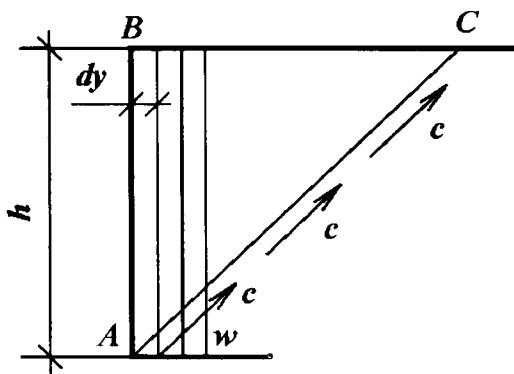
Бұл жағдайда құламаның тұрақты бұрышы мына жағдайда табылады:

$$\gamma_n \operatorname{tg} \alpha \leq \operatorname{tg}(\varphi_l - \beta) \quad (4.13)$$

4.3.3. Иленгіш топырақтың тұрақтылығы

Шаң-тозанды топырақ тікелей құламаны ұстап тұра алатын қабілеттілікке ие болады. Мұндай топыраққа 4.5 суретіне сәйкес h жоғарылығындағы АВ тіке құламаның тұрақтылығын қарастырамыз, ондағы АС – көлденең ω бұрышында жазықтық түрінде құлау қабаты. Осы барлық жазықтық бойынша с ілініс күштерінің салыстырмалы салмағы әрекет етеді.

Элементтердің АС қабаты бойынша бір уақытта жылжуына байланысты олардың арасындағы өзара әрекетті ескермей АВС қирау призмасын қалыңдығы dy тік элементтерге бұзу арқылы А нүктесіндегі қозғалмалы күш қарқынын қарастырамыз. dy қалыңдықтағы соңғы элемент салмағы $dF = \gamma \cdot 1 \cdot dy$ құрайтын болады, ал көлбеу алаңы бойынша қозғалмалы күш - $dT = \gamma h \sin \omega \cdot 1 \cdot dy$. Бұл жердегі ұстап тұрған күш $dT' = (c / \cos \omega) dy$ ілініс салыстырмалы күшпен ғана келісілген.



4.5-сурет. Иленгіш топырақтан құралған құлама есебінің сызбасы ($\varphi = 0$)

Сенімділік еселігі былай қабылданады:

$$\gamma_n = \frac{dT'}{dT} = \frac{c \cdot dy}{\cos \omega \cdot \gamma h \sin \omega \cdot dy} = \frac{2c}{\gamma h \sin 2\omega}.$$

γ_n ең төменгі маңызы $2\omega = 90^\circ$ бірлігінде қол жеткізе алатын $\sin 2\omega$ көп шамасында болады, яғни ең төменгі тұрақтылық жағдайы $\omega = 45^\circ$ болады. Бұл жағдайда $\gamma_n = 1$ шекті тепе-теңдік жағдайында тік шөгінді биіктігінің максималды мүмкіндігі мына көрініспен анықталады:

$$h = 2c / \gamma \quad (4.14)$$

Тұрақты құлама алу үшін ілініс күшінің c_I есептік мәнін азайтып қабылдайды және $\gamma_n = 1,1-1,2$. Сонда (4.14) көрінісі келесі түрге ие болады:

$$h = 2c_I / \gamma \gamma_n \quad (4.15)$$

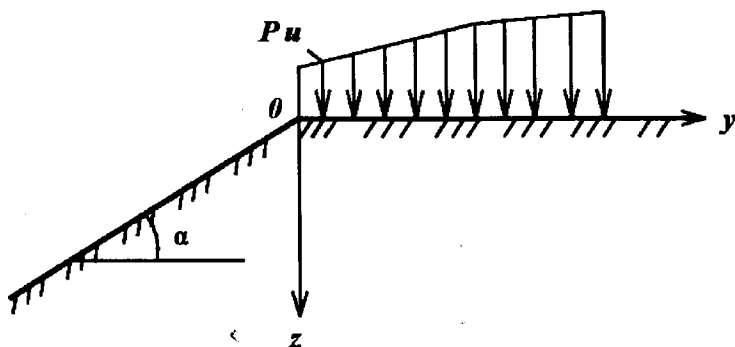
4.3.4. Құламаның орнықтылығын шекті тепе-теңдік теориясы бойынша есептеу

Топырақтың шекті тепе-теңдік теориясы екі түрлі есепті шешуге көмектеседі:

- 1 түр – құлама беріледі, топырақтың үстіңгі көлденең салмағының қарқындылығы анықталады;
- 2 түр – үстіңгі көлденең салмағының қарқындылығы беріледі, құламаның тұрақтылығы анықталады.

1-ші түр тапсырмасы 4.6 суретіне сәйкес біркелкі топырақ және жазық құламада төмендегі формула қолданылады:

$$p_u = \bar{p}c + c \cdot \operatorname{ctg} \varphi \quad (4.16)$$



4.6-сурет. Тұрақтылық есебінің сызбасы

2-ші түр тапсырмасы үстіңгі көлденең қабатына бірдей салмақ бөлінгенде және құламаның барлық нүктелерінде болатын шекті кернеулік жағдай үшін шешіледі. Топырақ қысымын p_0 салмағын және $p_0 = \gamma h$ қарастыра отырып, құлама биіктігін анықтайды:

$$h = (2c \cdot \cos \varphi) / [(1 - \sin \varphi) \gamma] \quad (4.17)$$

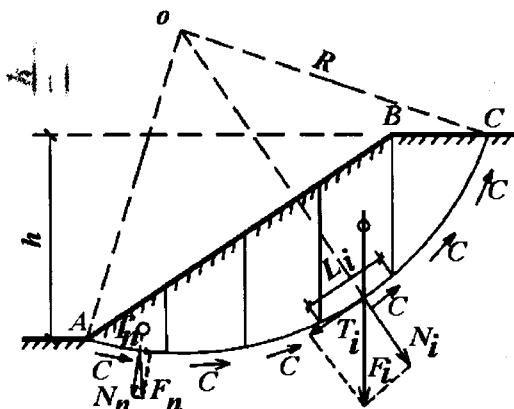
Ондағы $\varphi = 0$ (4.17) (4.14) түрін қабылдайды.

4.3.5. Цилиндрлік бетпен сырғу әдісі

Бұл әдісті қолдану мәні 4.7 суретіне сәйкес келесі алгоритмде каралады:

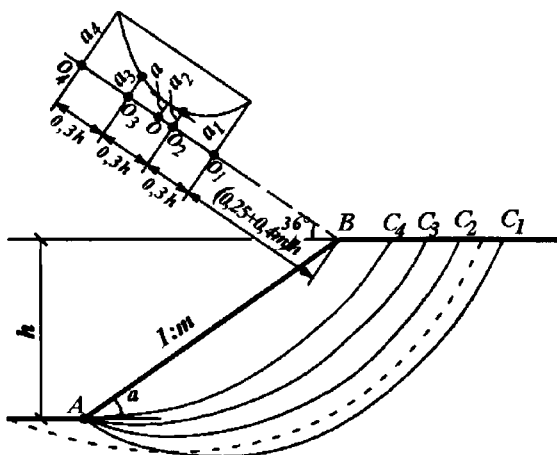
- AB шөгіндісінің O айналысы орталығында беріледі;
- A нүктесі арқылы R радиусының дөңгелек цилиндрлі қабатына із жүргізеді;
- ABC құлама призмасын n бөліктерге тік жолақтармен бөледі;
- Әрбір бөліктің салмағын оның сыртқы салмағына жинақтайды және жылжу қабатына бірге әсер ететіндігі ескеріледі.

- F_i күшін әрбір бөлікке екі құрамдасқа бөледі: N_i – жылжудың тік берілген және жанама – T_i .



4.7-сурет. Құлама тұрақтылығының дөңгелек цилиндрлік әдісімен анықтау

A нүктесі арқылы шексіз көптеген дөңгелек цилиндрлі қабаттар өткізуге болады. Есепте бірліктен жоғары болуға тиіс сенімділік еселігінің ең кіші мәні қабылданады. Осыған байланысты O нүктесі арқылы тұрақтылық немесе сенімділік еселігі біршама кіші болатын нүктені табады. B нүктесінен белгілі бір қашықтықта O_1, O_2, O_3, O_4 нүктелері орналасқан 4.8 суретіне сәйкес көкжиекке 36° бұрышта жазық сызық жүргізеді.



4.8-сурет. Жылжудың ең қауіпті қабатының айналма орталығын анықтау

Бұл нүктелерді айналма орталықтары ретінде қабылдайды. Содан кейін AC_1 , AC_2 , AC_3 , AC_4 жылжудың дөңгелек цилиндрлі қабатының ізін жүргізеді және осындай әрбір қабатқа (4.18) формуласы бойынша тұрақтылық коэффициентінің мәнін есептеп шығарады:

$$\gamma_n = \frac{M_n}{M_s} = \left(\sum_{i=1}^n N_i f_i + \sum_{i=1}^n c_i l_i + \sum_{i=j}^n T_{i,rt} \right) / \sum_{i=1}^n T_{i,s} \quad (4.18)$$

онда f_i және c_i - жылжу қабатының i - жеріне салыстырмалы ұстасу және ішкі кажалу коэффициенті; l_i - i - жердегі жылжу қабатының доға ұзындығы; $T_{i,rt}$ және $T_{i,s}$ - құлау призмасы қозғалысына қарсы бағытталған жанама құрушы және оның бағыты бойынша; j - $T_{i,s}$ қозғалмалы күшке әкелетін бөліктер саны.

Бұдан кейін сәйкес нүктелерде BO_4 , қарама-қарсы сызықтың бөліктер түрінде $\alpha_1 = \gamma_{n1} - 1$; $\alpha_2 = \gamma_{n2} - 1$; $\alpha_3 = \gamma_{n3} - 1$ и $\alpha_4 = \gamma_{n4} - 1$ мәнін кейбір масштабта ашады. Осы бөліктер соңында BO_4 жанама, қатар сызықтар жүргізетін бір қалыпты қисықты құрады және жанасу нүктесін BO_4 , сызығына жобалайды. Алынған О нүктесі үшін бесінші құрылысты жасайды және (4.18) формула бойынша қауіпсіздік коэффициентінің ең кіші маңызын табады.

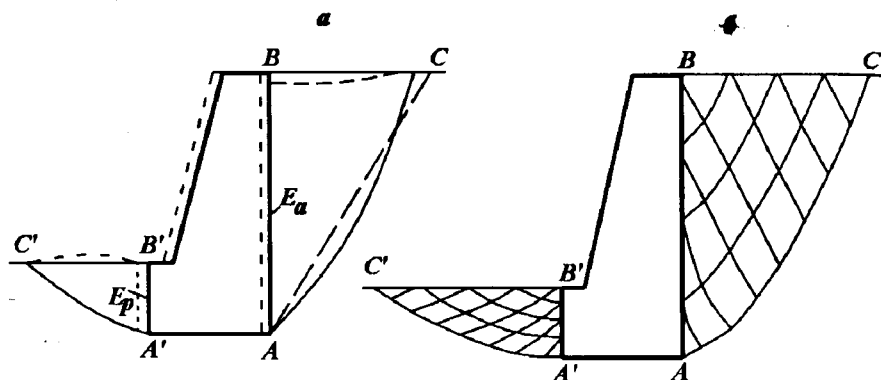
4.4. Сүйеу қабырғаларын топырақ беріктігі бойынша есептеу

4.4.1. Сүйеу қабырғасына түсетін топырақ қысымдары

Құлама тұрақтылығы қамтамасыз етілмесе, сүйеу қабырғалары орнатылады. Сүйеу қабырғалар топырақты көтере отырып, оның тарапынан белсенді деп аталатын қысымды көрсетеді.

4.9 суретіне сәйкес жеңіл құмдарда тұрғызылған сүйеу қабырғалар және АС жылжу қабаты бойынша орналастыру арқылы қабырғаны ығыстыру және бұруға тырысатын

топырақты қарастырайық. ABC құлау призмасында қабырғаның ығысуында сүйеу қабырғаға топырақтың белсенді қысымы пайда болатын шекті тепе-теңдік болады.



4.9-сурет. Тіреуіш қабырғаға белсенді және пассивті қысымның даму сызбасы (а) және топырақтың активті және пассивті қысымындағы жылжу қабаты (б)

Сүйеу қабырға топыраққа салынған, оның ығысуы $A'B'$ жері аясында топыраққа қысым түсуден болады. Төменгі қабырғаның орналасу шамасы бойынша топырақ кедергісі $A'B'C'$ керіп көтерілген призма аясында топырақ кедергісі ең жоғары шекті кернеулі жағдай болғанға дейін өседі. Топырақтың бұндай кедергісі оған құрылыс элементтері қысым көрсетсе, **пассивті тойтарыс** деп аталады (немесе **топырақтың пассивті қысымы**).

Осылайша белсенді қысым мен пассивті тойтарыс қабырғаның қозғалысы кезінде топырақ массивінің шекті кернеулі күйінің ең соңғы жағдайына сәйкес келеді.

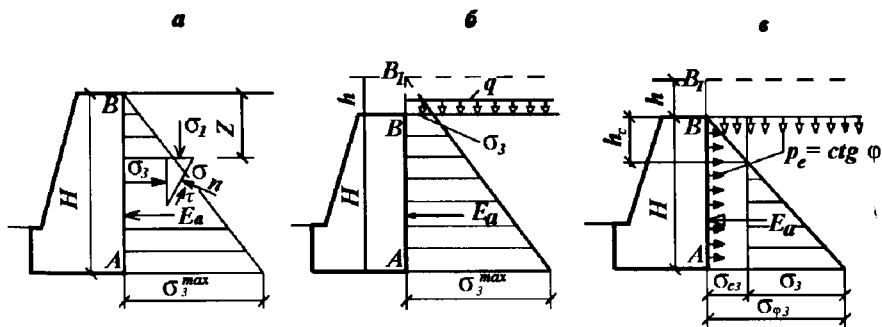
Топырақтың белсенді қысымындағы сүйеу қабырға артының құлау призмасындағы басты кернеуі – көбінесе тік бағыт, пассивті тойтарыста – көбінесе көлденең бағытта болады. Сүйеу қабырға айналасында жылжу қабатының қисаюы топырақ пен қабырға араларындағы үйкеліс күштерімен түсіндіріледі.

4.4.2. Сүйеу қабырғасына түсетін топырақ қысымын аналитикалық әдіспен анықтау

Аналитикалық әдіс қарапайым жағдайларда қолданылады: $c=0$ және құлау призмасы қабаты бойынша біркелкі бөлінген салмақ әрекетінде топырақтың көлденең қабатында және сүйеу қабырғаның артқы тік шегінде. 4.10а суретіне сәйкес **көлденең құяда тік абсолютті тегіс қабырғаға сусымалы топырақ қысымын анықтау** жағдайында қабырғаның артқы шегіне жақын құлау призмасынан бөлінген қарапайым призманың шекті тепе-теңдік жағдайын қарастырайық.

Қабырғаға σ_1 және σ_3 басты кернеуі әсер ететін болады. Қабырғаның көлденең ығысуында қарастырылатын қарапайым призманың шекті тепе-теңдігі туады. σ_3 және σ_1 арасындағы байланыс z тереңдігінде $\sigma_1 = \gamma z$ шамасы ескерілетін (4.2) көрінісімен анықталады, одан:

$$\sigma_3 = \gamma z \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2) \quad (4.19)$$



4.10-сурет. Тегіс сүйеу қабырғаға топырақ қысымын анықтайтын сызба: сусымалы (а); тегіс бөлінген салмақты ескере отырып (б); ілініскен (в).

Топырақтың белсенді қысымының мәні мына формуламен анықталады:

$$E_a = (\gamma H^2 / 2) \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2) \quad (4.20)$$

Топырақтың пассивті тойтарысының маңызы мына формуламен анықталады:

$$E_p = (\gamma H^2 / 2) \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi / 2) \quad (4.21)$$

E_a және E_p алынған шаманың кейбір қорлары бар, өйткені оларды анықтауда тіреуіш қабырғаға қатысты топырақтың кажалуы ескерілмеген.

Бұл формулаларды қысқарту үшін λ_a белсенді қысым коэффициенті және λ_p пассивті қысым коэффициенті енгізеді:

$$\operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi / 2) = \lambda_a \text{ и } \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi / 2) = \lambda_p \quad (4.22)$$

Қоршалатын конструкцияға көлденең қысым белсенді қысымнан пассивті тойтарысқа дейін түрлі маңыз алуы мүмкін. Көлденең қысым қоршайтын конструкцияның ығысу шамасы мен бағытына байланысты, ығыспаған жағдайда ол топырақтың бұрынғы жайттарының артуына байланысты болады.

Топырақтың үстіңгі қабатына **біркелкі бөлінген салмақ** салуда оның әсерін 4.10б суретіне сәйкес $h = q / \gamma$ қалыңдықтағы топырақ қабатының әсерімен ауыстыруға болады. h биіктігіне тіреуіш қабырғаны жалғастыруда B_1 нүктесін аламыз. Сонда (4.19) көрінісі анық болады, егер z тереңдігін жалған тіреуіш қабырға үстіне есептесе, h және $H+h$ и тереңдігінде σ_3 маңызын анықтап және белсенді қысым эпюрін салып, АВ негізімен трапеция алаңына E_a жиынтық белсенді қысымын анықтауға болады:

$$E_a \frac{\sigma'_3 + \sigma_3^{\max}}{2} = \frac{\gamma}{2} (H^2 + 2Hh) \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi / 2) \quad (4.23)$$

Қабырғаға байланысқан топырақтың ($\varphi \neq 0$ и $c \neq 0$) қысымын анықтауда 4.10в суретіне сәйкес топырақ-қабырға байланысы бойынша топырақтың үстіңгі қабатына қоятын $p_t = c \cdot \operatorname{ctg} \varphi$ байланысының жан-жақты күші әсерімен ұстасу (2.35) формуласы бойынша өзгертеміз.

z тереңдігінде σ_3 маңызын анықтап және $\sigma_{\varphi 3}$ белсенді қысымның үшбұрышты эпюрін салу арқылы σ_{n3} қарқындылық

қысымының тікбұрышты эпюрін және жиынтық белсенді қысымын анықтауға болады. Геометриялық салумен штрихталған үшбұрыш түрінде тіреуіш қабырғаға белсенді қысым эпюрін аламыз. Қабырғаның үстіңгі бөлігінде топырақ теориялық тұрғыдан қысым көрсетпейді, ол тіреуіш қабырғаны ұстап тұрады. Өйткені тіреуіш қабырға мен топырақ арасындағы байланысты камтамасыз ету қиын, h_c жерінде қабырға топырақ қысымын көрмейді. Қысым эпюрасы белгілі болған кезде E_a шамасын және қосымша нүктелерін табу қиындық тудырмайды.

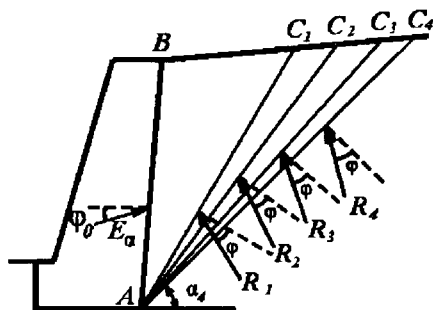
4.4.3. Сүйеу қабырғасына түсетін топырақ қысымын графикалық әдіспен анықтау

Сүйеу қабырғаға деген топырақ қысымын анықтау жағдайларында аналитикалық тұрғыдан қиын келесі екі жорамалды Ш.Кулонның графикасын пайдаланады:

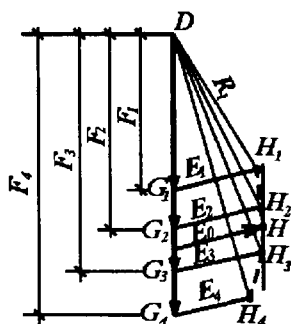
- жылжымалы призма қабаты тегіс;
- қирау призмасы сүйеу қабырғаға деген топырақтың максималды қысымына сәйкес.

Төменгі A нүктесі арқылы қабырғаның артқы шегінде 4.11 суретіне сәйкес көлденең α бұрыштарына AC жылжу қабатын жүргізеді. Содан кейін құлау призмасына әсер ететін күш табады. ABC топырақ призмасының ауыртпалық күші тік және сыртқы тікелей салмақ мүмкіндігін ескере отырып, BC топырақ қабатындағы қирау призмасы шамасында F тең болады. Артқы шегі бойынша қабырғада призма қысымы кезінде E_a қысымы күшіне тең реактивті күш дамиды. Реактивті күш φ_0 бұрыш қабырғаларының артқы қабаттарына жанама жүргізеді, саз -топырақ үшін $\varphi_0=0$, сусымалы топырақ үшін $\varphi_0=0,67\varphi$). ABC призмасына әсер ететін үшінші күш φ бұрышында жанамадан AC жазықтығына салынатын топырақтың қозғалмайтын массивінің R реакциясы болып табылады.

а



б



4.11-сурет. Сүйеу қабырғаға топырақ түсіретін қысымды
Ш.Кулонның сызбасы арқылы анықтау

F күшін 1м ұзындықтағы қабырға тепе-теңдігін қарастыра отырып анықтау оңай:

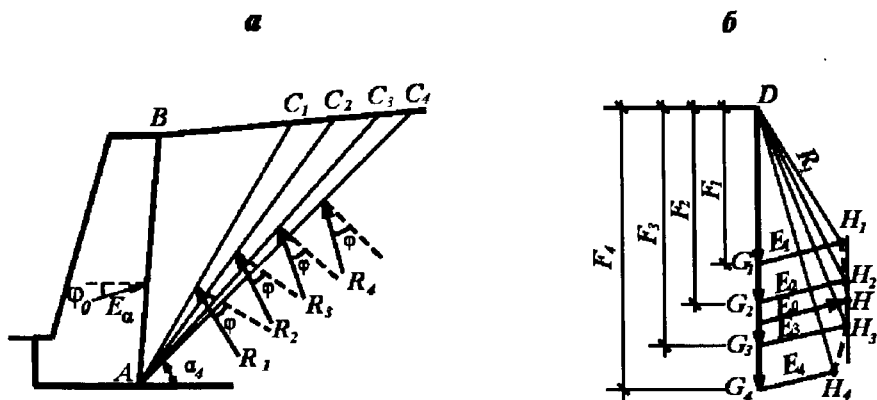
$$F = n \cdot \Delta ABC \cdot \gamma + \sum q \quad (4.24)$$

Ондағы $\sum q$ - ВС қабаты аясында әсер ететін барлық сыртқы, тікелей салмақ сомасы.

F күшін және кирау призмасына әсер ететін барлық үш күштің бағытын біле отырып, үшбұрышты күш құрады. Осы үшбұрышты салу үшін 4.11б суретіне сәйкес кез-келген масштабта F тіке күшін аламыз. Тік және R реакциясының бағыты арасындағы бұрыш $\alpha - \varphi$ тең. D нүктесінде $\alpha - \varphi$ бұрыштарынан R күші жүргізіледі. Тік және E сызықты күші әсері арасындағы бұрышты ψ белгілейміз және осы бұрыштар арасынан и G нүктесінде осы бұрыштар арасынан R күші сәулесіне дейін қиылысатын E күші сәулесін ескереміз. H қиылысының нүктесі F күші салынған масштабтағы E күшінің мәнін табуға көмектеседі. Осындай жолмен берілген AC жылжу қабаты тіреуіш қабырғада топырақ қысымын анықтайды (әркез максималды емес).

AB қабырғада максималды қысымды табу үшін 4.12а-суретіне сәйкес AC , AC_2 , AC_3 и AC_4 жылжу қабатын қоя отырып бірнеше салымдарды жүргізеді. α_1 , α_2 , α_3 және α_4 -да жылжу қабаттары үшін R_1 , R_2 , R_3 және R_4 реактивті күштерін бағыттау әртүрлі болады, ал E реактивті күшінің бағыты бірдей. Күш

бағытын біле отырып күш үшбұрышын жасаймыз. Ол үшін, 4.12б суретіне сәйкес, D нүктесінен F_1, F_2, F_3 және F_4, R_1, R_2, R_3 және R_4 реактивті күштер бағыты бойынша сәуле жүргіземіз. Содан кейін G_1, G_2, G_3 және G_4 нүктелерінен E күші әсеріне қарама-қарсы сәуле жасаймыз және H_1, H_2, H_3, H_4 сәулелердің әрбір жұп қиылысы нүктесіне сәйкес аламыз. Осы нүктелер арқылы басты қисықты және оларға тіке жанаманы жүргіземіз. H жанаманүктесінде E күші әсеріне қарама-қарсы сызық жүргіземіз. F масштабындағы GH бөліктері E_a тіреуіш қабырға топырағының белсенді қысымы болады, өйткені ұзындықтың бөлігі максималды болып келеді. Алынған E_a күш мәні бойынша қысым эпюрасын саламыз және оның күшінің қосымша нүктесін табамыз.



4.12-сурет. Сыргудың аса қауіпті жағдайын анықтау

4.4.4. Топырақ қысымын шекті тепе-теңдік теориясы бойынша анықтау

Шекті тепе-теңдік теориясы тепе-теңдіктің дифференциалдық теңдеулерді сандық интегралдау жолымен екі түрлі есептерді шешуге мүмкіндік береді:

- оның бұзылмауы үшін топырақ массивін ұстап тұратын күшті анықтау;
- топыраққа шекті тепе-теңдік шартын қолдану үшін айрықша көлденең бағыттағы көлденең күш табылады.

В.В.Соколовскийдің сандық интегралдауын қолдана отырып, қабырғалар үшін сусымалы топырақтың белсенді және пассивті қысымының түрлі айырмашылық әдістерімен қысымды анықтау үшін келесі көріністер берілді. 4.11-суретіне сәйкес алынған q және q'_0 шексіз еселігін ескере отырып:

белсенді қысым үшін

$$\sigma_{\varphi 3} = q_0(\gamma z + q) \quad (4.25)$$

пассивті қысым үшін (тойтарыс)

$$\sigma_{\varphi 3} = q'_0(\gamma z + q) \quad (4.26)$$

ІРГЕТАСТАРДЫҢ ТОПЫРАҚТЫ НЕГІЗДЕРІ

Іргетас – ғимараттардың жер үсті конструкцияларының салмақтарын қабылдап топырақты негіздерге жеткізетін құрылым.

Негіздер – ғимарат салмақтарынан пайда болатын қысымды қабылдайтын топырақтардың қабаттасуы.

Құрылыста келесі үлгідегі **іргетастарды** қолданады:

- **тайыз орнатылатын іргетастар** – ғимарат салмақтарын қабылдайтын жер дінгейінің астында, тереңдігі 4 метрден аспайтын ашық қазаншұңқырларда, құйылмалы немесе жиналмалы әдістермен салынған іргетастар;
- **қадалы іргетастар** – ғимараттардан түсетін салмақты беріктігі басымырақ, тереңде (6-40м) орналасқан топырақтардың қабаттарына жеткізетін қағылмалы немесе құйылмалы іргетастар;
- **терең салынған іргетастар** – көп қабатты, биік үйлерден, ауыр ғимараттардан түсетін салмақтарды, 4 метрден терең топырақтардың тығыз қабаттарына құйылмалы әдістермен салынған іргетастар.

Негіздер табиғи және жасанды (жақсартылған) негіздерге бөлінеді.

Табиғи негіз – алдынала дайындықсыз пайдаланылатын табиғи топырақтар.

Жасанды негіздер – табиғи топырақтардың көтергіш қасиеттерін жақсарту немесе толық алмастыру арқылы әзірленеді.

Іргетастарды жобалау ерекшеліктерінің бірі нұсқалы жобалау болып табылады, өйткені негіздерді құрайтын топырақтардың қасиеттерінің әр алуан түрлері болады.

Жобалау барысында ең аз шығындарды талап ететін, техникалық және технологиялық мүмкіндіктерді ескеретін және қоршаған ортаға зиян келтірмейтін іргетас нұсқалары таңдалады.

Орташа есеппен іргетастарды жасауға жұмсалатын шығындар көптеген факторларға байланысты құрылысқа жұмсалатын

жалпы шығындардың 5-10%-ын құрайды, ал қолайсыз жағдайларда шығындар көлемі 20% және одан да көбірек болуы мүмкін.

5.1. Негіздер мен іргетастарды жобалаудың жалпы ережелері

5.1.1. Жалпы ережелер

Іргетастардың басқа құрылыс құрылымдарымен салыстырғанда өзгеше айырмашылықтары бар. Олар көптеген жағдайларда құрылыс құрылымдарының материалдарымен салыстырғанда нашар табиғи материал болып табылатын негіздердің топырақтарына салмақ түсіреді. Осының нәтижесінде ғимараттар негіздерінің топырақтары қасиеттерін өзгертуіне байланысты шамадан тыс шөгеді. Сөйтіп, жобалаудың міндеті ғимаратты құрылыс алаңының инженерлік-геологиялық талаптарына бейімдеу болып табылады.

Негіздер мен іргетастарды жобалаудың негізгі қағидаттары:

- ғимараттар негіздерін шекті күйлер бойынша жобалау;
- негіз – іргетас – ғимарат сынды жүйенің бірлесіп атқарылған жұмысын есепке алу.

Негіздер мен іргетастарды жобалаудың негізгі талаптары:

- ғимараттардың пайдалану сенімділігі мен беріктігін қамтамасыз ету;
- негіз топырақтарының беріктігін және өзгертілуге икемдігін сипаттайтын қасиеттерді, сондай-ақ іргетас материалының беріктігін барынша пайдалану;
- ең аз бағаға, іргетас материал сыйымдылығына қол жеткізу;
- құрылыс мерзімдерін барынша қысқарту.

Іргетастар келесі негізгі талаптарға сәйкес болуы тиіс:

- беріктік және ұзақ уақыт пайдалануға жарамдылық,

топырақта пайда болатын суларға және климаттық жағдайларға төтеп берушілік;

- қозғалмайтын және бұзылмайтын, абсолютті және біркелкі емес шөгуі нормативтік мөлшерінен аспайтын болуы керек;
- техникалық-экономикалық талаптарға және жұмыстарды жасаудың қазіргі заманғы әдістеріне сәйкес болуы тиіс.

5.1.2. Ғимараттар негіздерінің шекті күйлері

Үйлердің немесе ғимараттар салмақтарының ықпалымен іргетастар біртіндеп шөге бастауы мүмкін. Осы жайт үйлер немесе ғимараттарды қалыпты жағдайда пайдалануға кедергі туғызатын құрылымдардағы өзгерістерге әкеліп соқтыруы мүмкін. Сондықтан негіздерді салмас бұрын, бірінші кезекте шекті күйлердің екінші тобына (шөгу бойынша) жататын есептерді санау.

ҚНжәнеЕ-қа сәйкес шөгу бойынша есеп:

$$s \leq s_u \quad (5.1)$$

теңдікті негізге ала отырып құрастырылады.

Көрсетілген теңдікте s – негіз бен ғимараттың есептеуі бойынша белгіленетін бірлескен шөгуі; s_u – ҚНжәнеЕ белгілейтін бірлескен шөгудің шекті мағынасы. Біркелкі емес жауын-шашындар ғимарат үшін қолайсыз болып табылады, сондықтан:

$$(\Delta s / L) \leq (\Delta s / L)_u \text{ немесе } i \leq i_u \quad (5.2)$$

теңдігін орындау міндетті болып табылады.

Осы мысалда Δs – есеп бойынша белгіленетін көрші іргетастарға тиген жауын-шашындар арасындағы айырмашылық; L – көрші іргетастардың біліктері арасындағы арақашықтық; $(\Delta s / L)_u$ – жауын-шашынның салыстырмалы біркелкі еместігінің рұқсат етілген шекті мағынасы; i – есеп бойынша құрылыстың қисаюы; i_u – ғимараттың рұқсат етілген шекті қисаюы.

Шекті күйлердің бірінші тобы бойынша (көтергіш қабілеті бойынша) есептеудің мақсаты негіздердің беріктіктігі мен

тұрақтылығын қамтамасыз ету, іргетастың етегі бойынша ығыстырылуына және еңістерде төңкерілуге немесе мүжіліп құлауға жол бермеу болып табылады.

Шекті күйлердің бірінші тобы бойынша есептеу:

$$F \geq \gamma_c F_u / \gamma_n \quad (5.3)$$

теңдігіне негізделініп әзірленеді.

Келтірілген мысалда F – негіздерге немесе іргетасқа әсер ететін есептелінген күш; F_u – негіздердің қарсы тұруының шектелген күші (көтергіш қабілет), γ_c – ғимараттардың арнауы бойынша сенімділік коэффициенті.

Сөйтіп, өнеркәсіптік және азаматтық ғимараттар үшін қалыпты жағдайда пайдалану жағдайларының ішінен топырақты негіздерді шөгу бойынша есептеу негізгі болып табылады. Ал шекті күйлердің бірінші тобы бойынша әзірленетін есептер негіздердің беріктіктің немесе ғимарат тұрақтылықты жоғалта алатын жағдайларда шығарылатын байқау есептері болып табылады.

5.1.3. Ғимараттардың шөгу сипаттары

Негіздердің шөгу сипаттарына байланысты барлық ғимараттарды:

- абсолюттік иілгіш үйлер мен ғимараттар;
- абсолюттік қатты үйлер мен ғимараттар;
- қаттылығы түпкі үйлер мен ғимараттар деп үш нысандарға бөлуге болады.

Абсолюттік иілгіш үйлер мен ғимараттар олардың құрылымдарында қосымша күш салулар пайда болмай-ақ түйіспенің барлық жерлерінде негіздің топырақтары беттерінің ауыстыруларына толығымен тәуелді. Үйілген топырақтар осындай құрылымдардың үлгісі болып табылады.

Тұтастай иілгіш үйлер мен ғимараттардың іргетастар табанының қалай өзгерсе де өзінің жазық нысанын сақтайды. Осындай ғимараттардың біркелкі емес отырғызылуы қисаюы түрінде орнатылғандылығы арқылы байқалады. Түтін өткізгіш

мұржалар, элеваторлар, атом реакторлары, көпір тіректері осындай нысанды құрылыстар болып табылады.

Көптеген ғимараттарда шекті қаттылығы болады. Олар қысымды іргетастың табаны бойынша жаяды, алайда, негіздер бетінің майысуына тек жартылай қана жалғасады. Ғимарат элементтерінде жарықшақтарының пайда болуы мен шөгуі қосымша күш салуларды талап етеді.

Ғимараттардың біркелкі емес шөгулер түрлері *5.1-суретіне* сәйкес келеді:

- абсолюттік шөгу;
- майысу мен ию;
- ауытқу;
- қисаю;
- бұрау;
- іргетастардың көлденең ауыстырулары.

Қатты құрылыстың немесе жеке тұрған фундаментінің абсолютті шөгуі s іргетас табанының орта шөгуі ретінде анықталады.

Майысу мен ию ерекше қаттылықтары жоқ ғимараттарға тән. Майысулар орын алғанда созылудың аса қауіпті аймағы ғимараттардың төменгі жағында, ал ию кезінде - жоғарғы жақта орналасады.

Майысу мен ию барысында салыстырмалы біркелкі емес-тілік келесідей анықталады:

$$i = 2f / l \quad (5.4)$$

Осы теңдікте $f = (s_2 - s_1)$ майысу немесе июдің мөлшері, l - майысу немесе июдің ұзындығы.

Ауытқу қаңқалы ғимараттарға тән және шөгудің шұғыл біркелкі еместігі ұзындығы үлкен емес ауданда орын алғанда пайда болады. Ауытқу барысындағы салыстырмалы біркелкі еместілігі:

$$i = (s_2 - s_1) / l \quad (5.5)$$

формуласы бойынша анықталады.

Қисаю – ғимарат іргетасының тік білігіне қарай айналдыру және эксцентрисетпен тиелген және негізінде топырақтардың симметриялы емес қаттаулары бар биік ғимараттар үшін қауіпті болып табылады, өйткені осындай қаттаулар қосымша кезеңдерге әкеліп соқтырады да, қисаюдың өсуіне ықпал етеді.

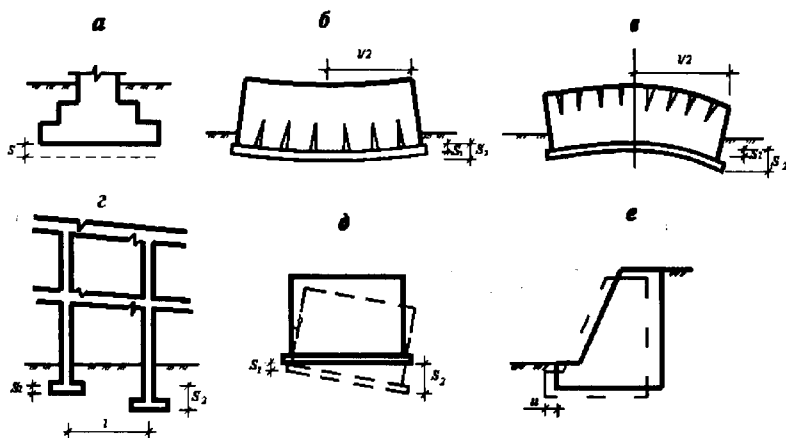
Ғимараттың қисаюы барысындағы салыстырмалы біркелкі еместілік:

$$i = \operatorname{tg} \theta \quad (5.6)$$

формуласы бойынша анықталады.

Бұрап тастау ғимараттың ұзындығы бойынша бірдей емес қисаю болғанда және қисаюдың екі қималарында әртүрлі жақтарға дамығанда орын алады.

Іргетастардың көлденең алмасулары оларға тірелетін құрылымдар елеулі көлденең күш салуларды (таяныш немесе сүйеу қабырғалар, көпір тіректері және т.б.) табыстағанда орын алады.



5.1-сурет. Негіз бен ғимараттардың біріскен өзгертулерінің тән нысандары:

a - абсолютті отырғызу; *б* - майысу; *в* - ию; *г* - ауытқу;
д - қисаю; *е* - ығыстыру

5.1.4. Іргетастардың біркелкі емес шөгулерінің даму себептері

Б.Далматовтың зерттеуіне сәйкес, әрбір іргетастың шөгілуі жалпы жағдайда бес негізгі қосылымдардан тұрады:

$$S = S_{\text{упл}} + S_{\text{разупл}} + S_{\text{вып}} + S_{\text{расстр}} + S_{\text{экспл}} \quad (5.7)$$

Осы теңдікте $S_{\text{тыг}}$ – топырақтардың тығыздалыну нәтижесінде орын алатын шөгу; $S_{\text{тыг. аз}}$ топырақтың оны әзірлеу барысында қазан шұңқырдың табанынан төмен салынған жоғарғы қабаттарының азайтылуымен байланысты шөгу; $S_{\text{түз.}}$ іргестатың астынан топырақты алу нәтижесінде орын алған шөгілу; $S_{\text{түз.}}$ топырақтардың табиғи құрылымын бұзу барысында дамитын шөгілу, $S_{\text{пайд.}}$ құрылысты пайдалану кезінде орын алатын шөгілу.

Осындай қосылғыштардан пайда болатын іргетастардың шөгулері дамытылуының біркелкі еместігі екі негізгі себептерге де:

- жүктеме көлемінің астындағы табан топырақтардың біркелкі емес қысылуына;
- көзделген құрылыстың негіздердегі топырақтардың біркелкі емес қысым барысындағы жағдайына байланысты келеді.

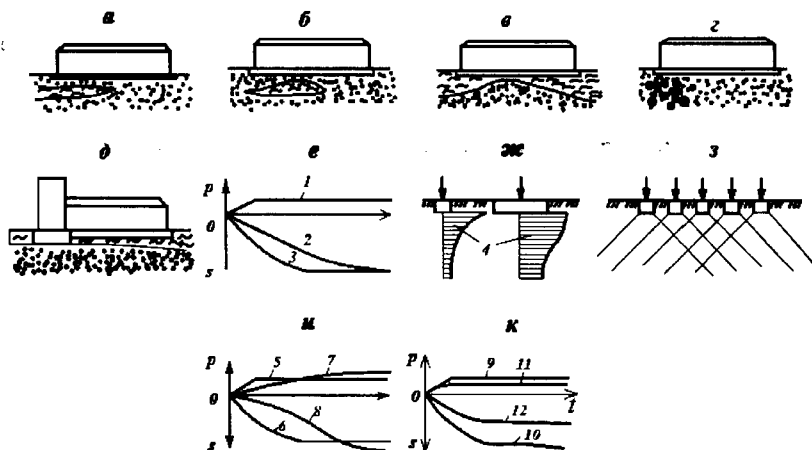
Тығыздалудың біркелкі емес шөгілулері негіздің біркелкі еместігіне және негіздегі топырақтардың қысымдағы жағдайының біркелкі еместігіне де байланысты және 5.2-суретіне сәйкес:

- қабаттардың сынасынан шығаруға (а);
- кез келген топырақтардың линза сынды орналасуына (б);
- қабаттардың біркелкі емес қалыңдығына (в);
- топырақтардың біркелкі еместігіне (г);
- құрылыс бөліктерінің астында топырақтардың кез келген қабаттарын пайдалануға (д);
- негіздегі топырақтардың біркелкі емес шоғырлануына (е) байланысты болып табылады.

Негіздегі топырақтардың қысылған жағдайының біркелкі еместілігі:

- іргетастардың біркелкі емес тиелінуіне (ж);

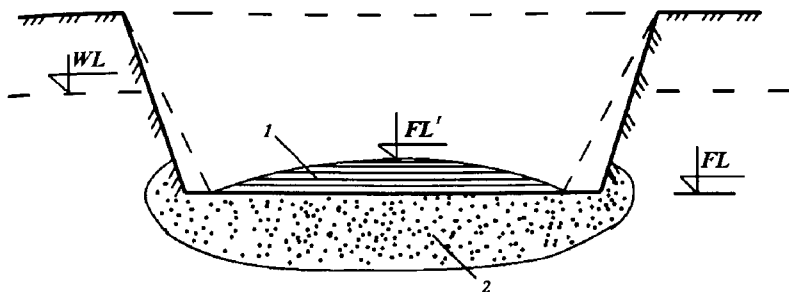
- көршілес іргетастардың өзара ықпалына (з);
- іргетастардың бір уақытта тиелінуіне (и);
- кейбір іргетастардың толық емес тиелінуіне (к) байланысты болып келеді.



5.2-сурет. Тығыздалудың біркелкі емес шөгулердің даму себептері:

- 1- іргетасқа салмақ түсіру; 2 - баяу өзгертілетін негіздің шөгуі;
- 3 - негізде құм қабаты бар болғанда баяу өзгертілетін негіздің шөгуі;
- 4 - σ_z эпюралар; 5 -іргетасқа түсірілетін салмақ; 6- іргетастың уақыт өте отырып қалуы; 7 - екінші іргетасқа салынатын салмақ; 8 - оның шөгуі;
- 9 - іргетастың толық тиелінуі; 10 - оның шөгілуі; 11 - екінші іргетастың толық емес тиелінуі; 12 -оның шөгілуі

Тығыздылықты азайтудың біркелкі емес шөгілулері қазан шұңқырдан алынған топырақ салмағынан аспайтын салмақ ықпалымен дамиды. Қазан шұңқырды әзірлеу барысында негізде табиғи қысымдар азайғанға және топырақтардың тығыздығын азайту орын алғанда 5.3-суретіне сәйкес қазан шұңқыр табаны біркелкі емес жылдамдықпен көтеріледі. Ғимараттар мен өнеркәсіптік құрылыстардың іргетастары үшін қазан шұңқырлардың тереңдігі 5 м аспайды, сондықтан тығыздалуды азайту барысында орын алатын шөгінділер елеулі емес болып табылады, алайда тығыздалуды азайту шөгілулердің ықпалы 5 м асатын тереңдікте қана елеулі болып табылады.



5.3-сурет. Табиғи қысымды азайту кезінде қазаншұңқырдың түбін көтеру:

1 - көтеру зонасы; 2 - құрылымдық өзгерудің зонасы

Шығып тұрған жердің бір қалыпты емес шөгуі - $S_{\text{вып}}$ негізіндегі топырақтың пластикалық деформацияларының дамуымен (жергілікті жылжуымен) ұғындырылады.

Құрылымдық өзгерудің бір қалыпты емес шөгуі - $S_{\text{расстр}}$ қазаншұңқырдың ажыратылуы кезінде топырақтарға метеорологиялық және бірқатар өзге факторлар әсер еткендіктен, соның нәтижесінде олардың табиғи құрылымының бұзылуы – құрылымдық өзгеруі және олардың физика-механикалық қасиеттерінің өзгеруімен түсіндіріледі.

Құрылысты пайдалану кезінде бір қалыпты емес шөгуі - $S_{\text{экспл}}$:

- топырақтың аяқталмаған фильтрациялық бірігуімен және жылжығыштығымен, пайдалы жүктеменің жобалық деңгейге дейін біртіндеп өсуімен;
- жер асты суларының деңгейі орналасуының өзгеруімен (Мәселен, деңгейдің төмендеуі кезінде судың салмақтылық әсерінің жоғалуынан әлсіз шаң-балшықты және қопсыған құм топырақтардың тығыздалуы, ал көтерілуі кезінде негіз қосымша ылғалданып, сарғыш топырақтар отырумен байланысты едәуір деформацияға ұшырап, ал кейбір балшықтар керісінше, көлемі жағынан ұлғайып, іргенің көтерілуіне әкеліп соғуы орын алуы мүмкін);
- жер асты қазбаларының және қазаншұңқырлардың қазылуы кезінде негіздер топырақтарының әлсізденуімен;

құмды және шамалы байланысқан шаң-балшықты топырақтардың тығыздалуына немесе бөлшектердің арасындағы байланыстың топырақтардың толық сұйықтануына дейін бұзылуы салдарынан топырақтардың беріктігінің азаюына әкеліп соғуы мүмкін динамикалық әсер етумен;

- іргелердің отыруы және орнынан қозғалуына әкеліп соғатын геодинамикалық үдерістердің белсенділігімен (көшкін, жер сілкіністері) түсіндіріледі.

5.1.5. Іргетастарды жобалау кезінде есепке алынуы тиым факторлардың кешенді өзара байланыстылығы

Іргетастарды жобалау және орналастыру кезінде кешенді түрде үш: не салынып жатыр, қай жерде салынып жатыр және қалай салынып жатыр деген факторды есепке алу қажет.

Жобалау кезінде нұсқаларды таңдау кезінде негіздердің, іргетастардың және ғимараттың біріккен жұмысын жақсартуға бағытталған іс-шараларды ескеру керек. Бұл іс-шараларды конструкциялық және өндірістік деп бөлуге болады. Мысалы, үздіксіз темірбетон белдеулерді немесе арматура салынған кірпіш калауды қолданып конструкциялардың беріктігін ұлғайтуға әрекеттену. Ал бірқатар жағдайларда, керісінше, жер үсті конструкцияларының иілгіштігін арттырып, жабынның, төсемнің кесілгіш конструкцияларын пайдаланып немесе тік орналасатын желілерін жасап, т.б. конструкциялардың бір қалыпты емес шөгудің дамуына деген сезгіштігін азайту дұрыс болады.

5.2. Іргетастардың түрін және орналасу тереңдігін таңдау

5.2.1. Жалпы ережелер

Әдетте, іргетастар жерге деген негізгі жүктемесін астыңғы жазықтарымен түсіреді. Терең емес салынған іргетастар үшін мұндай жазық: бағаналар үшін – олардың үшкірі немесе өкшесі,

ал түсірмелі құдықтар, кессондар үшін – олардың түбі табан болып табылады. Кейбір іргетастардың бүйір беттері жұмысқа қатысатынына қарамастан, іргетастарды жобалау кезінде жердің салмақ түсетін қабатының орналасуы маңызды міндет саналады.

Негіздерді және іргетастарды жобалау кезінде:

- құрылыс салу алаңының инженерлік-геологиялық жағдайы;
- топырақтың үстіңгі қабатына климаттық әсер;
- салынып жатқан және көршілес құрылыстардың ерекшеліктері;
- құрылыс жұмыстарын жүргізудің ерекшеліктері сияқты факторлар есепке алынады.

Жобалау кезінде іргетастардың бірнеше түрі қаралады және барлық нұсқалар қаралғаннан кейін неғұрлым үнемдісі таңдап алынады.

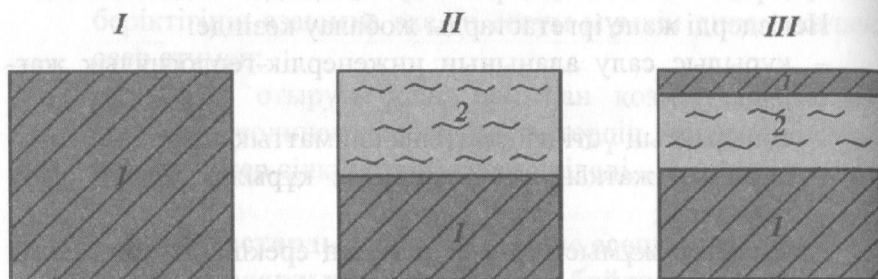
5.2.2. Құрылыс салу алаңының инженерлік-геологиялық жағдайы

Іргетастардың түрі мен орналасу тереңдігін таңдау кезінде инженерлік-геологиялық ізденулердің мәліметтері бойынша топырақ қабаттарының беріктігін және қысымдылығын бағалау қажет, содан соң топырақтарды шартты екі: **әлсіз және берік** категорияға бөлу дұрыс.

Әлсіз деп шартты түрде табиғи жағдайында ғимараттың және құрылыстың берік негізі бола алмайтын топырақтарды **берік** деп деформациялары рұқсат етілген шектерден аспайтын топырақтарды айтады.

Бұл жіктеу салыстырмалы болып табылады, себебі топырақтардың қасиетін белгілі бір құрылысқа қатысты бағалайды. Жеңіл және отыруға бейімділігі шамалы кесілетін конструкциялары бар аз қабатты нысандар үшін топырақтардың көбісі берік болады. Бұл ретте көпқабатты панельді қаңқасыз ғимараттар үшін орташа қысымдылығы бар ($E=10-30$ МПа) топырақтардың өзі әлсіз болып саналады, ал аса сезгіш құрылыстар үшін тек аз қысымды топырақтар ғана ($E > 30$ МПа) берік болады.

Қабылданған жіктеу бойынша топырақтардың көптүрлілігін үш түрлі есептік кесте ретінде 5.4-суретіне сәйкес көрсетуге болады.



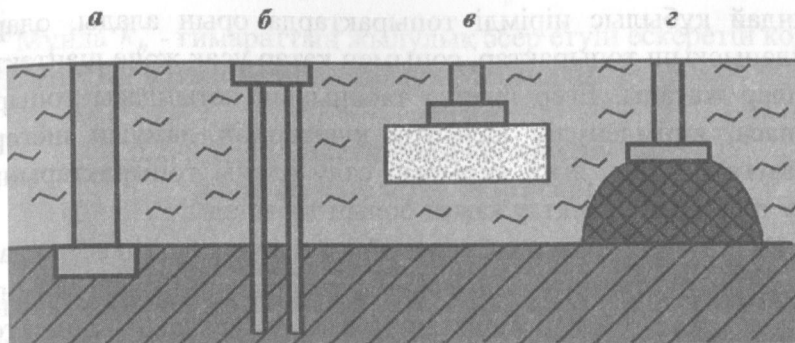
5.4-сурет. Топырақтардың қабаттану I-III кестелері:

1 - берік топырақ; 2 - әлсіз топырақ

Кесте I. Құрылыс алаңының инженерлік-геологиялық жағдайлары қолайлы. Бұл жағдайда негізгі табиғи нұсқа іргетастар негіздері болып табылады.

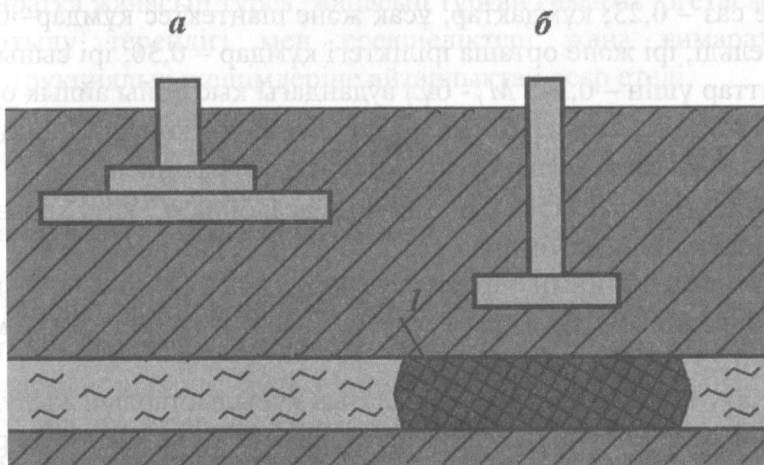
Кесте II. Бұл кесте 5.5-суретіне сәйкес іргетастар нұсқалардың сан алуан түріне жол береді. Әлсіз қабаттың салыстырмалы аз қалыңдығы кезінде оның шығып тұруы неғұрлым айқын болып тұрады. Екінші мүмкін нұсқа – ол бағаналардың шеттерін берік топыраққа орнату арқылы бағаналық іргетас болып табылады. Қалған нұсқалар әлсіз топырақты жартылай және толық алмастыру немесе бекіту арқылы жасанды негіздегі іргетастармен сипатталады.

Бұл алаңда ауыр құрылысты салу қажеттілігі кезінде әлсіз қабаттың қалыңдығы өте үлкен болса, соңғыны негіз ретінде қарастыруға тура келеді. Бұл тұстағы міндет күгілетін шөгудерді не құрылыстың сезгіштігін оны бөліктерге бөлу арқылы азайту жолымен, не керісінше оның конструкцияларының беріктігін арттыру жолымен аталған құрылыс үшін рұқсат етілген мөлшерге дейін азайту болып табылады. Мұнда «жүзгіш» деп аталатын іргетас қолданылуы мүмкін.



5.5-сурет. Кесте II бойынша іргетастарды қатпарлану кезінде орнату нұсқалары

Кесте III. Кесте II қаралған іргетас нұсқаларының барлығы осы кесте үшін де жасалуы мүмкін. 5.6-суретте көрсетілген нұсқа қосымша болып табылады.



5.6-сурет. Кесте III бойынша топырақтардың қатпарлануы кезінде іргетастарды орнату нұсқалары: 1 - бекіту зонасы

5.2.3. Климаттық факторлар

Жобалау кезінде климаттық факторлар топырақтың қатып қалмауын және іргетас табанының астында аяз салдарынан иірімдену күштерінің дамуын болдырмау үшін ескеріледі.

Мұндай құбылыс иірімді топырақтарда орын алады, оларға байланысқыш топырақтар, сонымен қатар ұсақ және шаңтектеc құмдар жатады. Егер іргетас табанының астындағы топырақ қатпаса, иірімденудің қалыпты күштерінің дамуын шегеріп тастауға болады, яғни құрылыс салу алаңы топырақтарының қату тереңдігін анықтау қажет болып табылады.

Қатудың нормативті тереңдігі d_{fn} ашық беттің астындағы маусымдық қатудың максимальды тереңдіктерінің жыл сайынғы (10 жылдан кем емес) орташасына бақылау жасаудың мәліметтері бойынша алынады. Егер ондай бақылау болмаса, құрылыстағы климатология бойынша ҚНЖЕ картасын пайдалануға болады. Егер қату тереңдігі 2,5 м аспаса, қатудың нормативті тереңдігін:

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_I} \quad (5.8)$$

формуласы арқылы анықтауға болады.

Мұнда d_0 - тең болып алынатын мөлшер, м, саздақтар және саз – 0,23; құмдақтар, ұсақ және шаңтектеc құмдар – 0,28; гравельді, ірі және орташа іріліктегі құмдар – 0,30; ірі сынықты грунттар үшін – 0,34; M_I - бұл аудандағы қыс бойы айлық орташа жағымсыз температуралардың абсолютті көрсеткішінің орташа соммасына есептік тең мөлшерсіз коэффициент.

Беттегі топырақтар біркелкі болмаса, онда d_0 қату тереңдігі шегінде орташа алынған көрсеткіш ретінде анықталады.

Осылай алаңның бірдей географиялық орналасуы кезінде қату тереңдігінің бір жарым есеге жуық айырмасы болуы мүмкін ($0,34/0,23 = 1,48$).

Қату тереңдігіне пайдаланылатын құрылыстардың жылулық тәртібі әсер ететіндігін айта кету қажет. Іштегі салыстырмалы жоғары температуралар кезінде топырақтардың іргетаспен байланысқан жеріндегі қату тереңдігі нормативті қату тереңдігінен әлдеқайда аз болады. Бұл мұндай құрылыстардың, іргетастардың орналасу тереңдігін қатудың есептік тереңдігіне дейін азайтуға мүмкіндік береді.

Есептік маусымдық қату тереңдігі d_f нормаларға сәйкес:

$$d_f = k_n d_{fn} \quad (5.9)$$

формуласы бойынша анықталады.

Мұнда k_h - ғимараттың жылулық әсер етуін ескеретін коэффициент, ҚР ҚНЖЕ кестесі бойынша алынады.

5.2.4. Құрылыстардың ерекшеліктері және жұмыс істеу шарттары

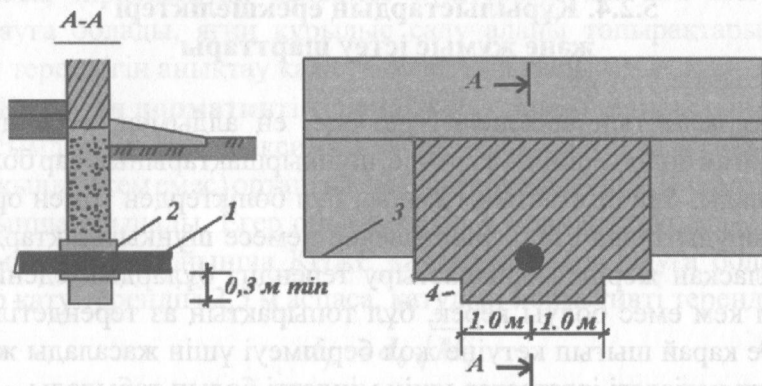
Құрылыстың ерекшелігі ретінде, ең алдымен, тереңдікте салынған бөліктерінің – жертөле, шұңқыршақтарының бар болуы саналады, бұл іргетастың табанын бұл бөліктерден төмен орналастыруды талап етеді. Жертөлелер немесе шұңқыршақтардың орналасқан жерінде орналастыру тереңдігі бұлардың еденінен 0,5 м кем емес болуы керек, бұл топырақтың аз тереңдетілген жерге қарай шығып кетуіне жол берілмеуі үшін жасалады және табиғи негіздегі іргетастар үшін міндетті болып табылады.

Егер жаңадан салынып жатқан ғимарат салынып тұрған ғимаратқа жанасып тұрса, жанасып тұрған ғимарат іргетасының орнатылу тереңдігі мен ерекшеліктері жаңа ғимараттың конструкциялық шешімдеріне айтарлықтай әсер етеді.

Табанның орнатылу тереңдігі сол сияқты іргетастың конструкциялық биіктігіне тәуелді болады. Әдетте, табиғи негіздегі іргетастар немесе бағаналық іргетастар бір деңгейде орналастыруға тырысады, бұл жер жұмыстарын жүргізуді жеңілдетеді.

Ғимаратқа инженерлік коммуникацияларды кіргізу және шығару қиылысу орындарының шектеулілігі салдарынан іргетастың негіздік бөліктерінің орналастыру тереңдігін шешуге жалпы әсер етпейді, дегенмен, бұл тұстарда арнайы шешімдерге жүгінуді талап етеді. Әдетте, құбырларға қандай да болмасын қосымша күш түсірмеу талабы басшылыққа алынады, бұл табиғи негіздегі іргетастардың табан астынан құбырларды өткізу мүмкіндігін жоққа шығарады. Оған қоса, іргетастың шөгуі құбырлардың орнынан қозғалуына әкеліп соқпауы тиіс, бұған өздігінен ағатын желілер үшін мүлдем жол берілмейді. Көрсетілген талаптарды қанағаттандыру үшін жертөле мен шұңқыршақтардың жарларын құбырлардың қиып өтуі күтілетін отыруларға орын қалдыра отырып, тесіктер арқылы жасалады.

Егер құбырды салу тереңдігі іргетас табанының орналастыру тереңдігінен асса, бұл жерде 5.7-суретіне сәйкес жергілікті тереңдету жасалынады.



5.7-сурет. Таспалы іргетасты құбырдың қиып өтуі:

1 - құбыр; 2 - іргетастағы тесік; 3 - құрылыс астында іргетас табанының орналасу тереңдігі; 4 - монолитті бетоннан жасалған іргетастың жергілікті тереңдетілуі

Іргетастарды орналастыру бойынша жұмыс жүргізу әдістері салынып жатқан құрылыстарға үлкен әсерін тигізеді.

Мысалы, қазаншұңқырдағы топырақтардың қасиеттері тек беткі қабаттарында ғана емес, тереңдікте де өте тез бұзылуы мүмкін, бұл табиғи негіздегі іргетастар үшін өте қауіпті құрылымдық өзгерудің өте тез отыруына әкеліп соғуы мүмкін.

Әрбір жеке жағдайда негіздерді және іргетастарды орнату кезінде жұмыстарды жүргізу әдістерін анықтауда барлық факторларды ескеріп, дара шешім қабылдау қажет.

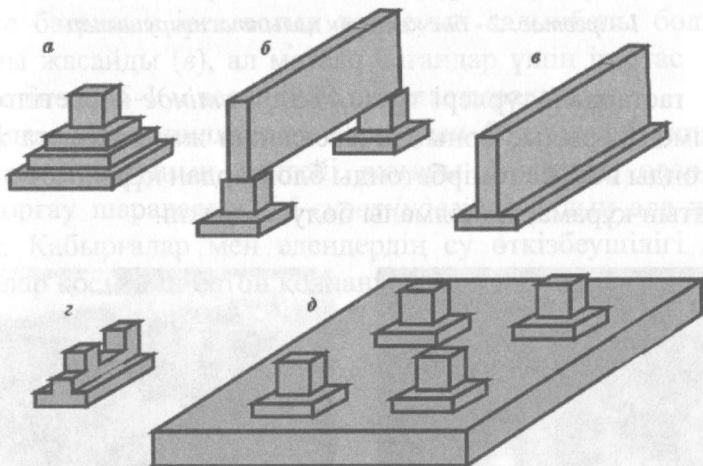
ТАЙЫЗ ОРНАТЫЛАТЫН ІРГЕТАСТАР

6.1. Тайыз орнатылатын іргетастар түрлері мен конструкциялары

Тайыз орнатылатын іргетастар ашық қазаншұңқырларда құрылып, топырақтарға көбінесе, табаны арқылы жүк түсіреді.

Іргетастың материалы ретінде темірбетон, бетон, шой тасты бетон, кірпіш, шой тас, кейде ағаш немесе металл қолданылады.

Ашық қазаншұңқырларда орнатылатын іргетастардың түрлері 6.1- және 6.2-суреттерінде көрсетілген.

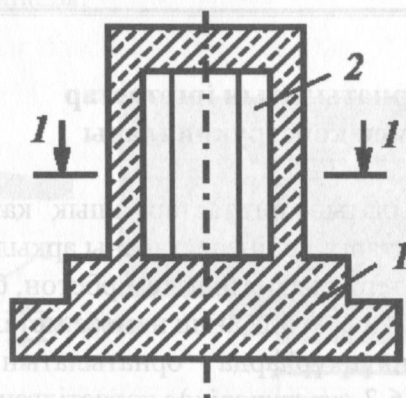


6.1-сурет. Тайыз орнатылатын іргетастардың негізгі түрлері:

а – баған астына қойылатын жеке іргетас; б – қабырға астына қойылатын жеке іргетастар; в – таспалы іргетас; г – бағандар астына қойылатын таспалы іргетас; д – тұтас (тақталы) іргетас

Массивті іргетастар, әдетте, түгін мұржаларының, домналық пештердің, көпір тіректерінің астына орналастырылады. Кейде бетонды үнемдеу үшін массивті іргетастар ішіне бос кеңістік қалыптастырушылар салып қояды. Олар, диаметры 10....30 см картон немесе полиэтиленнен жасалады. Ал. аударатын күш

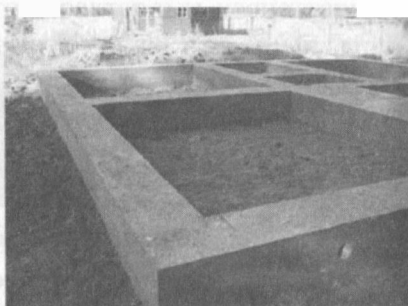
әсер ететін жағдайда, ығысудан сақтау үшін, бұл іргетас түрін топырақтар тереңіне қарнақтармен бекітеді.



6.2-сурет. Массивті іргетас:

1 - іргетас; 2 - бос кеңістік қалыптастырушылар

Іргетастардың түрлері тұтас, 6.3-суретінде көрсетілгендей, толығымен құрылыс орнында жасалатын және зауытта жасалған бетонды немесе темірбетонды блоктардан құрылыс орнында жиналатын құрама, жиналмалы болуы мүмкін.



6.3-сурет. Бағандар мен қабырғалар тұрғызуға арналған тұтас құймалы іргетастар

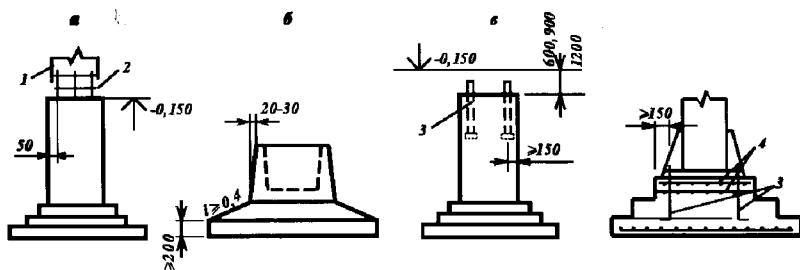
Бағандар астындағы жиналмалы іргетастар, оларды тұтас блоктардан жинауға болатын кезде, қолайлы болып келеді. Іргетасты бірнеше блоктардан құру құрылыс мерзімін қысқарту қажет болғанда қолданылады.

Қабырғалардың астына жиналмалы таспалы іргетастарды іргетастық тақта салып, оның үстіне іргетастық қабырға блоктарын қалай отырып, орнатады, олардың қалыңдығы, әдетте, жер үстіндегі қабырғалардың қалыңдығынан аспайды.

Тұтас құймалы іргетастардың жиналмалыларға қарағандағы жетіспеушіліктері: құрылысын жүргізу кезінде көп еңбекті талап ететіндігі, қыс уақытында жұмысты жүргізу қиындығы, жұмыс жүргізу ұзақтығы. Құймалы іргетастардың астына, әдетте, ұсақ тасты-бетонды дайындық салынады.

Тұтас құймалы бағандардың, жиналмалы бағандардың, металл бағандардың астындағы құймалы іргетастарға орнатылу тұстарының 6.4-суретінде көрсетілгендей өзіндік ерекшеліктері бар. Мәселен, құймалы бағандар тосбағанның жалғасы болып табылатынынан, олардың ортақ, қосақталған арматурасы болады (а), жиналмалы темірбетон бағандар үшін (б) іргетас-тосбаған немесе бағанмен іргетастың тоғысуын салынбалы бөлшектер арқылы жасайды (в), ал металл бағандар үшін іргетас жетесін жер бетінен 0,5-1 м тереңдікте орналастырады (г).

Ылғалдың капиллярлық сорылуын болдырмау үшін және жерасты суларының деңгейі жоғары болғанда, оларды судан қорғау шараларын 6.5-суретіндегідей алдын ала жобалау қажет. Қабырғалар мен едендердің су өткізбеушілігі арнайы қоспалар қосылған бетон қолдану немесе дренаж жасау арқылы қамтамасыз етіледі.



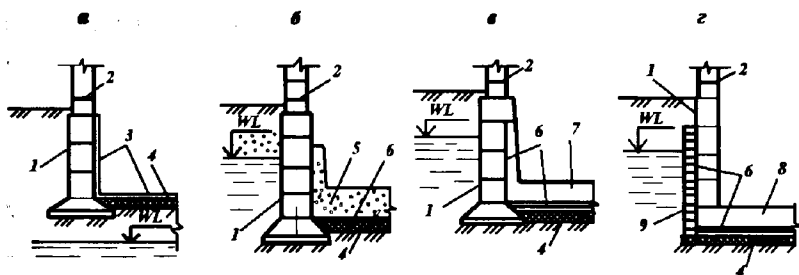
6.4-сурет. Тұтас құймалы іргетастардың түрлері:

а – құймалы бағанның астындағы; б – тосбағаны бар жиналмалы баған астындағы; в – салынбалы бөлшектері бар жиналмалы баған астындағы;

г – металл бағанның астындағы; 1 – баған; 2 – арматура;

3 – анкерлік (қарнақтық) болттар; 4 – арматуралық торлар

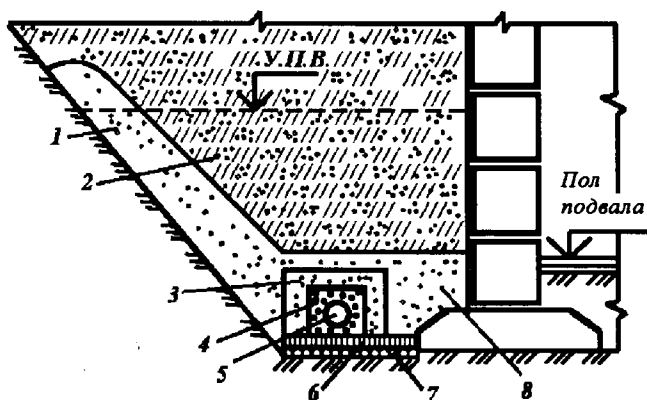
Ылғалдан қорғаудың: бояу, желімдеп жапсыру, сылақ және металл сияқты түрлері қолданылады. Капиллярлық ылғалдан екі-төрт қабатпен жағылған бояу қорғай алады, ал жерасты суларының деңгейі жоғары болған жағдайда сылақ немесе жапсырылған арнайы материалдар қорғау бола алады.



6.5-сурет. Жертөлелердің ылғалдан қорғалуы:

- 1 - сылау; 2 - іргетас пен қабырға арасындағы гидрооқшаулау;
 3 - цемент қабаты немесе қыштақта; 4 - дайындық; 5 - бетон; 6 - рулонды гидрооқшаулау; 7 - темірбетонды кессон; 8 - іргетастық тақта;
 9 - кірпіштен қаланған қорғағыш қабырға

Ылғалдан қорғау сыртқы және ішкі деп те ажыратылады. Сыртқы ылғалдан қорғау, ғимараттың жерасты бөлігінің құрылысы кезінде, ал ішкі оның аяқталуынан кейін орындалады.



6.6-сурет. Қабырға қасындағы дренаж:

- 1 - ірілігі орташа құм; 2 - жергілікті топырақ; 3 - ірі құм;
 4 - майдатас; 5 - дренаждық құбыр; 6 - сазбетон; 7 - топыраққа батырылған шақпақтас; 8 - ылғалдан қорғайтын бояу

Ылғалдан қорғау жұмыстары тек құрғақ қазаншұңқырларда жүргізіледі, сондықтан көбінесе, дайындықтың астына қабатты дренаж немесе іргетастармен бірге дренаждық құбырлар тартылады.

Топырақтардан шаңтекес түйіршіктерінің шығуына жол бермеу үшін, дренаждалған құбырларды кері сүзгі түрінде 6.6-суретіндегідей сүзгіш материалмен көмкеріп қояды.

6.2. Қатқыл іргетастардың өлшемдерін анықтау

Тайыз орнатылатын іргетастарды жобалау:

- іргетас жетесіндегі жүктеменің есептеу;
- инженерлік-геологиялық және гидрогеологиялық жағдайларды бағалау;
- іргетас табанының салу тереңдігін тағайындау;
- іргетас табанының өлшемдерін анықтау;
- жертабан топырағының есептік кедергісін R анықтау;
- топырақты негіз ішіндегі осал қабаттың беріктігін тексеру;
- іргетас шөгуін есептеу;
- іргетастың топырақты негізін көтергіштік қабілеті бойынша есептеу сияқты негізгі кезеңдерді қамтиды.

6.2.1. Орталықты жүктелген іргетас табанының өлшемдерін анықтау

Орталықты жүктелген іргетас табанының шамаланған ауданы A :

$$A = N_{0II} / (R - \gamma_{mII} d) \quad (6.1)$$

формуласы бойынша анықталады.

Мұнда, N_{0II} - іргетас жетесінде әсер ететін есептік жүктеме, κH ; R - негіз топырағының, табанының ені $b=1m$ тең шартты іргетастың есептік кедергісі; γ_{mII} - топырақ пен іргетастың меншікті салмақтарының орташа мәні - $17 \kappa H/m^3$ жертөлесі

болғанда, ал жөртөле болмағанда – 20 кН/м^3 , d – іргетас табанының салу тереңдігі.

A табанының шамаланған ауданын біле отырып, іргетастың енін белгілейді:

– шаршы табан жағдайында:

$$b = \sqrt{A} \quad (6.3)$$

– тік төртбұрыш табан жағдайында:

$$b = \sqrt{A/\eta}, \quad (6.4)$$

мұнда, η – l үлкен қабырғасының b одан аз қабырғасына өлшем қатынасының еселігі:

$$\eta = l/b \quad (6.5)$$

b және l іргетастың ені мен ұзындығы.

Таспалы іргетастар үшін есептеу $l = 1 \text{ м}$ ұзындық бойынша жүргізіледі. Табан ені:

$$b = A/l \quad (6.6)$$

формуласы бойынша аныкталады.

Іргетас табанының өлшемдерін біле отырып, оның V_f көлемін және $N_{fl} = V_f \gamma_b$ салмағын, сонымен қатар N_{sl} іргетас кемерлеріндегі топырақ салмағын есептеп шығарады және P_{II} табан астындағы қысымды тексереді:

$$P_{II} = (N_{oII} + N_{fl} + N_{sl}) / (l \cdot b) \leq R \quad (6.7)$$

$$N_{sl} = (A \cdot d - V_f) \cdot \gamma'_{II} \quad (6.8)$$

(6.7) формуласындағы R мәні l және b белгіленген мәндері бойынша есептелінеді. Іргетас астындағы p_{II} өлшемінің R -ден айырмашылығы 5-10%-дан аспаса қолайлы болып саналады.

6.2.2. Орталықтан тыс жүктелген іргетасты есептеу

Орталықтан тыс жүктелген деп сыртқы жүктемелердің тең әрекет етушісі оның табан ауданының салмақ орталығынан өтпейтін іргетасты айтады.

Мұндай іргетастардың өлшемдері келесі шарттарға сай болу керек:

$$p_{II} \leq R \quad (6.9)$$

$$p_{\max II} \leq 1,2R \quad (6.10)$$

$$p_{II}^c \leq 1,5R \quad (6.11)$$

мұнда, $p_{\max II}$ – келесі формула бойынша анықталады:

$$p_{\max II}^{\text{min II}} = N_{II} / A \pm M_{xII} y / I_x \pm M_{yII} x / I_y \quad (6.12)$$

мұнда, N_{II} – іргетас табаны деңгейіндегі тік түсетін жүктеме, κH ; A – іргетас табанының ауданы, m^2 ; M_{xII} және M_{yII} ; I_x және I_y – сәйкесінше іргетас табаны ауданының сәттері және инерция сәттері.

$$N_{II} = N_{0II} + N_{fII} + N_{sII} \quad (6.13)$$

Төртбұрышты іргетас үшін (6.12) формуласы келесідей өзгертіледі:

$$p_{\max II}^{\text{min II}} = (N_{II} / A) (1 \pm 6e_x / l \pm 6e_y / b) \quad (6.14)$$

e_x және e_y эксцентриситеттері:

$$e_x = M_{xII} / N_{II}; e_y = M_{yII} / N_{II} \quad (6.15)$$

$$p_{\max II}^{\text{min II}} = (N_{II} / A) (1 \pm 6e / l) \quad (6.16)$$

формулалары бойынша анықталады.

Мұнда, e – тең әрекет етушінің эксцентриситеті, m ; $e = M_{II} / N_{II}$; l – іргетас табанының ұзындығы, m .

Іргетас табанының көтеріліп кетпеуін келесі шарт ескереді:

$$p_{\min II} \geq 0 \quad (6.17)$$

Жүк көтергіштігі 500 κH артық крандардан эксцентриситет пайда болғанда,

$$P_{\min II} / P_{\max II} \geq 0,25 \quad (6.18)$$

шарты орындалуы қажет.

Орталықтан тыс жүктелген іргетатардың өлшемдерін анықтау біртіндеп жақындау тәсілімен жүзеге асырылады, бұл ретте табан ауданын (6.2) формуласы бойынша 20-30%-ға арттыра отырып анықтайды.

Іргетас табанының қабылданған өлшемдері бойынша іргетас үстіндегі топырақ салмағын анықтайды. Бұдан сон, (6.16) көрсетілімі бойынша $P_{\max II}$ және $P_{\min II}$ анықтайды және (6.9)-дан (6.11) мен (6.17) дейін шарттардың орындалуын тексереді. Егер олар орындалмаса, табан өлшемдерін нақтылайды және есептеулерді қажетті нақтылыққа дейін (5-10%) қайталайды.

6.2.3. Топырақты негіз құрамындағы осал қабаттың беріктігін есептеу

Негіздерде, есептік кедергісінің мәні көтергіш қабатқа түсетін қысымнан гөрі кем, осал топырақтар болғанда, оларға түсетін қысымды есептеп, оны 6.7-суретіне сәйкес осы қабаттағы топырақтың есептік кедергі күшімен салыстыру қажет.

Мұндай тексеру, ҚР ҚНЖЕ-не сәйкес:

$$\sigma_{zp} + \sigma_{zg} \leq R_z \quad (6.19)$$

шарттың орындалуынан басталады.

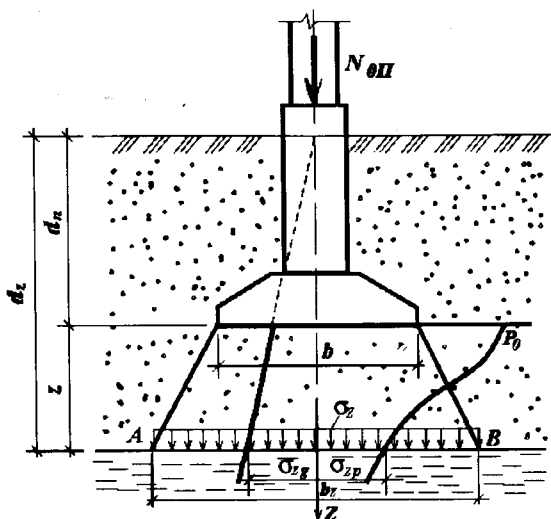
Мұнда, σ_{zp} және σ_{zg} - іргетас табанынан z тереңдігіндегі тік кернеулер, тиесінше, іргетасқа түсетін жүктемеден және топырақ салмағынан, κPa ; R_z - z тереңдігіндегі осал төселгіш қабат топырағының есептік кедергісі, κPa .

$$\sigma_{zp} = \alpha(p_{II} - \gamma'_{II} d_n) = \alpha p_0 \quad (6.20)$$

$$\sigma_{zg} = \sum \gamma_{III} d_z, \quad (6.21)$$

мұнда, α - қосымша кернеудің өзгеру еселігі; p_{II} - табан астындағы қысым, κPa ; γ'_{II} - d_n тереңдігіндегі топырақтың

меншікті салмағы, $\kappa\text{H}/\text{M}^3$; p_0 - d_n тереңдігіндегі топырақ салмағынан жоғары қосымша қысым, $\kappa\text{Па}$; γ_{III} - d_{nz} тереңдігіндегі топырақтың меншікті салмағы, $\kappa\text{H}/\text{M}^3$.



6.7-сурет. Негіздің төселгіш қабатына түсетін қысымды тексеруге

R шамасын, ені b_z шартты іргетас қабылдап (6.24) формуласы бойынша, кернеулердің бәсеңдеуін ескере отырып, анықтайды. Ол үшін шартты іргетас табанының ауданын:

$$A_z = N_{0II} / \sigma_{zp} \quad (6.22)$$

формуласы бойынша анықтайды.

A_z анықтап, шартты төртбұрышты іргетас енін есептеп шығарады:

$$b_z = \sqrt{A_z + a^2} - a, \quad (6.23)$$

мұнда, $a = 0.5(l - b)$.

Таспалы іргетастар үшін $b_z = A_z / l$.

Осад топырақтың есептік кедергісі:

$$R_z = (\gamma_{c1}\gamma_{c2} / k) [M_y k_z b_z \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}], \quad (6.24)$$

мұнда, γ_{c1} және γ_{c2} - ҚР ҚНЖЕ бойынша анықталатын

жұмыс шарттарының еселіктері; k - еселік ($k = 1$, егер φ_{II} және c_{II} тәжірибелік жолмен анықталса, $k=1,1$ егер ҚР ҚНЖЕ бойынша қабылданса); M_γ , M_q , M_c - ҚНЖЕ бойынша анықталатын еселіктер.

Егер (6.19) шарты қанағаттандырылмаса, онда тиімді жобалық шаралар қарастыру қажет, мысалы, іргетас табанының өлшемдерін өзгертуге болады.

6.2.4. Іргетастардың шөгуін есептеу

ҚР ҚНЖЕ тайыз орнатылатын іргетастардың шөгуін анықтау үшін келесі әдістерді ұсынады:

- қабаттап жинақтау әдісі;
- сызықты деформацияланатын шектелген қабат әдісі.

Қабаттап жинақтау әдісі, топырақты негізге, іргетастың тура ортасынан таралатын тік кернеулерді ғана қарастырады.

Сызықты деформацияланатын шектелген қабат әдісі, өлшемдері үлкен (ені немесе диаметрі $b > 10$ м), сонымен қатар сығылу шегіндегі $E_0 > 50$ МПа топырақты негізде орнатылатын іргетастар шөгуін есептегенде қолданылады.

6.3. Негіздер мен іргетастарды көтергіштік қабілеті және орнықтылығы бойынша есептеу

Іргетастар жобалау кезінде шекті күйлердің екінші тобы бойынша (деформациялары бойынша) есептеу негізгі болып табылады. Бірақ бұл қағида белгілі бір жағдайларда шекті күйлердің бірінші тобы бойынша есептеу қажеттілігін жоққа шығармайды. Мұндай есептеу негіздің беріктілігі мен іргетастың орнықтылығын шөгу мәнін шектеу арқылы қамтамасыз ету мүмкін болмағанда жүргізіледі.

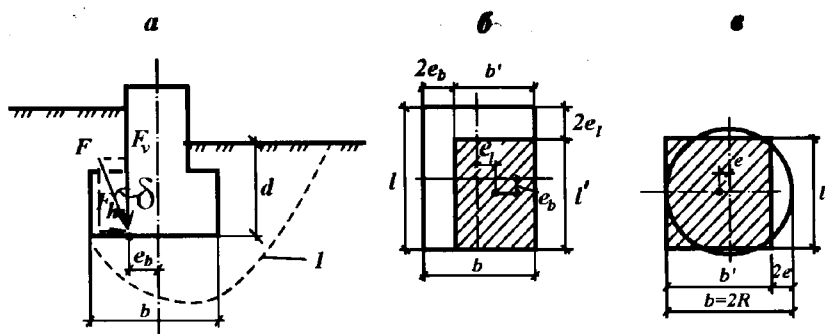
ҚР ҚНЖЕ ұсыныстарына сай, іргетастардың топырақты негіздері, беріктіктері бойынша:

- негізге елеулі көлденең күштер әсер еткенде;

- негіз суға қаныққан құрылымы тұрақсыз, осал топырақтардан құралғанда;
- негіз құлама жармен шектелген немесе құлама жардың жанында орналасқанда;
- іргетасқа жұлатын күш әсер еткенде;
- негіздің қалыңында тікқұлайтын иленгіш топырақтар қабаты болса;
- негіз жартастық топырақтардан құралғанда есептелінеді.

6.3.1. Көлбеу жүктеменің әсер ету кезіндегі негіздің көтергіштік қабілетін аналитикалық әдіспен анықтау

Есепте, тік F_v және көлденең F_h құрамдастары бар, есептік жүктеменің тең әрекет етушісі F , 6.8-суретінде көрсетілгендей $\delta = \arctg(F_h / F_v)$ бұрышымен көлбеу орналасады деп қабылданады.



6.8-сурет. Негізді көтергіштік қабілеті бойынша есептеу:

a - іргетасқа түсетін жүктеме; *b, в* - төртбұрышты және шеңберлі іргетастар табандарының берілген өлшемдерін анықтау; *l* - ығысу беті

Біртекті топырақтан құралған негіздің шегіне жету күшінің тік құрамдасы N_u ҚНЖЕ бойынша анықталады:

$$N_u = b'l'(N_\gamma \xi_\gamma b' \gamma_1 + N_q \xi_q \gamma'_1 d + N_c \xi_c c_1), \quad (6.25)$$

мұнда, b' және l' - төмендегі формулалар бойынша есептеп шығарылатын іргетас табанының ені мен ұзындығы:

$$b' = b - 2e_b \text{ және } l' = l - 2e_l \quad (6.26)$$

(мұнда, e_b және e_l - жүктеменің тең әрекет етуші күштің эксцентриситеттері, b арқылы негіз орнықтылығы жоғалтылады деп күтілетін бағыттағы іргетастың ені таңбаланған), m ; (N_γ, N_q, N_c) - ҚНЖЕ бойынша анықталатын көтергіштік қабілет еселіктері; γ_1 және γ'_1 - іргетас асты-үстінде орналасқан топырақтың меншікті салмағының орташа есептік мәндері, $\kappa H/m^3$:

$$\xi_\gamma = 1 - 0,25/\eta, \quad \xi_q = 1 + 1,5/\eta, \quad \xi_c = 1 + 0,3/\eta, \quad (6.27)$$

мұнда, $\eta = l/b$ ($\eta > 5$ болса, іргетас таспалы деп қарастырылады, ал ξ_γ , ξ_q , ξ_c еселіктері бірлікке теңестіріліп алынады).

(6.25) формуласы тек:

$$\operatorname{tg} \delta < \sin \varphi_l \quad (6.28)$$

шарты орындалғанда ғана қолданылады.

Қаралған аналитикалық тәсіл жобалық тәжірибеде жиі қолданылатынын атап өткен жөн.

6.3.2. Негіздің көтергіштік қабілетін графоаналитикалық әдіспен анықтау

Бұл әдістер, ғимарат құламаға жақын орналасқанда қолданылады. Мұнда негізді қауіпті шегіне жеткізетін күштің мәнісі анықталмайды, құламаны ұстап тұратын $\sum M_{sr}$, және оны ығыстыратын $\sum M_{su}$, күштер арақатынастығы арқылы орнықтылық еселігі k_s есептеліп шығарылады:

$$k_s = \frac{\sum M_{sr}}{\sum M_{su}} \quad (6.29)$$

$k_s = 1$ -есептелінудегі іргетас (немесе құрылыс) шегіне жеткен тепе-теңдік жағдайы туады, $k_s > 1$ -негіз, бірінші топ

талабына сай, белгілі дәрежеде орнықты. Бұдан мынадай қорытынды шығады:

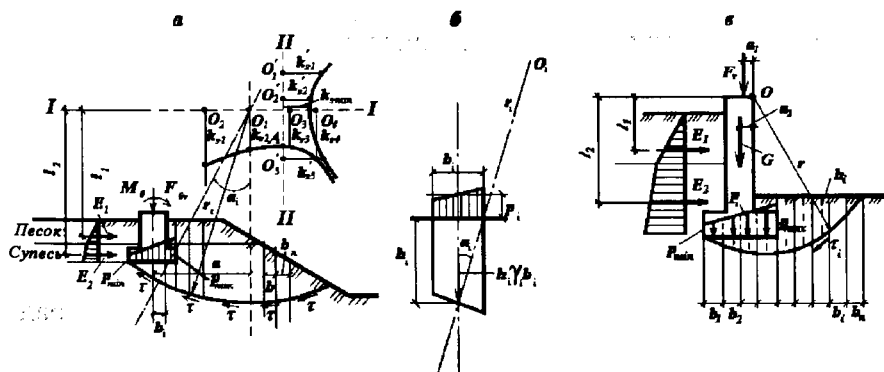
$$k_s = \frac{F_u}{F} = \frac{\gamma_n}{\gamma_c}. \quad (6.30)$$

Осы шаманы орнықтылық еселігінің нормативтік мәні ретінде қабылдауға болады.

Ығысу бағытын анықтап таңдауды негіздегі геологиялық жағдайды, құрылыстың конструкциялық ерекшеліктерін және күш түсірілуін есепке ала отырып жасайды. 6.9 және 6.10-суреттерінде ығысудың шеңбер цилиндрлік және бүгілме жазықтары қарастырылған.

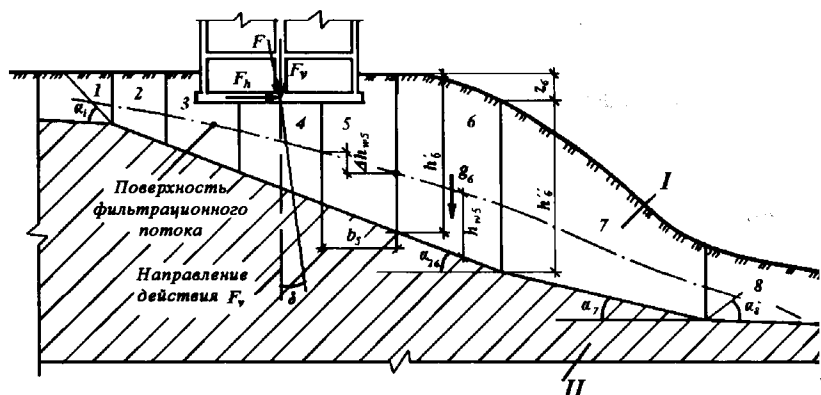
M_{sr} және M_{su} табу үшін қарастырылатын массивті n бөліктерге бөледі, әрбіреуінің салмағын анықтайды $\gamma_i h_i b_i$ (1 м ұзындыққа) және бөлікке сыртқы жүктемеден түсетін орташа қысымды p табады.

Жағдайды анықтау кезінде топырақтың іргетасқа түсіретін көлденең қысымдарын E_{a1} және E_{a2} есепке алады.



6.9-сурет. Негіздер ығысуын болжау:

*а - есептік сұлба; б - і бөлікке түсетін күш, (іргетас табаны астында);
в - жертөлесі бар іргетас негізінің орнықтылығын есептеу*



6.10-сурет. Негіздің орнықтылығын бүгілме жазық әдісі бойынша есептеу:
 I - құмдақ қабаты; II - саз; 1-8 бөлік нөмірлері; F - тең әрекет етуші күш;
 F' - оның тік құрамдасы

Орнықтылық еселігі (6.29) қайта өзгертілген теңеуімен анықталады:

$$k_s = \frac{r \left[\sum b_i (p_i + \gamma_{li} h_i) \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi_{li} + \sum b_i \cdot c_{li} / \cos \alpha_i \right]}{\sum E_{aj} \cdot l_j + F_v \cdot a_0 + r \sum \gamma_{li} \cdot h_i \sin \alpha_i}, \quad (6.31)$$

мұнда, r - ығысу бетінің радиусы, м; b және h_i - i бөлігінің ені мен биіктігі, м; P_i - жерасты суының кері қысымын есепке аламағандағы топыраққа ғимараттан (немесе іргетастан) түсетін қысымы эпюрасының орташа мәні, кПа ; γ_{li} - i бөлігінің шегіндегі топырақтың меншікті салмағының есептік мәні, кН/м^3 ; φ_{li} - қарастырылып отырған i бөлігінің шегіндегі топырақтың ішкі үйкеліс бұрышының есептік мәні; α_i - i ығысу бұрышы, град; c_{li} - E топырақтағы ілініс күштері, кПа ; E_{aj} - j қабатындағы топырақ қысымының тең әрекет етушісі, кН ; l_i - ығысу бетінің ортасынан O өтетін көлденеңге дейінгі арақашықтық, м; F_v - іргетас табанының деңгейіндегі жүктемелердің тең әрекет етушісі, кН ; a_0 - ығысу бетінің ортасынан әрекет етуші күшке дейінгі арақашықтық F_v , м.

Инженерлік, геологиялық және құрылыстық жағдайлар шығарылатын есептің күрделілігін және қолданылатын әдіс түрін анықтайды.

6.3.3. Іргетастың жазықтық бойынша ығысып аударылу және жұлып алуға деген орнықтылығын есептеу

Іргетасты оның табаны бойынша ығысуға есептеу. Барлық, іргетасқа көлденең жүктемелер әсер ететін немесе негізді тұрақсыз топырақтар құраған жағдайларда жүргізіледі.

Негіз топырақтарының тұрақталған жағдайында аталған есептеу (6.28) шарты орындалмаса, яғни $tg\delta < \sin\varphi_1$ болса, міндетті түрде жүргізіледі. Есептеудің негізгі талабы:

$$\sum F_{sa} \leq \gamma_c \sum F_{sr} / \gamma_n, \quad (6.32)$$

мұнда, $\sum F_{sa}$ және $\sum F_{sr}$ - тиесінше, есептік ығыстыратын және ұстап қалатын күштер.

6.11-суреттегі есептік жағдай бойынша:

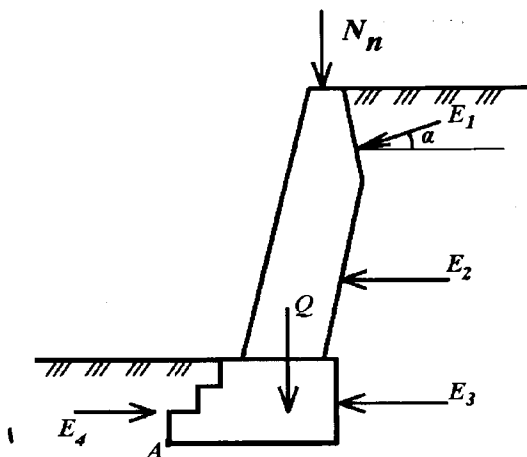
$$\sum F_{sa} = (F_v - U)f_s + E_{a2} \quad (6.33)$$

$$\sum F_{sa} = F_h + E_{a1}, \quad (6.34)$$

мұнда, F_v - ығысу бетіндегі есептік жүктеменің құрамдасы; U - гидростатикалық кері қысым; E_{a1} и E_{a2} - іргетастың алдыңғы (AB) және артқы (CD) жақтарына түсетін топырақ қысымының тең әрекет етушілері; F_h - іргетасқа түсетін есептік жүктеменің ығысу бетіндегі құрамдасы; f_s - ығысу еселігі.

Көлденең қысым CD бүйірі бойынша қабылданады. E'_a және E''_a көлденең қысымдарынан үйкеліс күштері пайда болады. Көп жағдайда, бұл күштер шамалы және оларды ескеру ығысуға айтарлықтай әсер етпейді, дегенмен, кейбір жағдайларда оларды ескерген пайдалы болады. Онда (6.33) жазылуы келесідей болады:

Аударылып кетуі мүмкін іргетастың орнықтылығын есептеу іргетас табанының негізден ажырап кетуі мүмкін болғанда жүргізіледі. Іргетастардың немесе ғимараттардың аударылып кетуге деген орнықтылығы 6.13-суретіне сәйкес, болуы мүмкін бұрылыстың A орталығына қатысты анықталынады.



6.13-сурет. Іргетастың аударылып кетуге деген орнықтылығын есептеу

Орнықтылық шарты:

$$k_s = \frac{\sum M_{sr}}{\sum M_{sa}} \geq k_{sr}, \quad (6.36)$$

мұнда, k_{sr} - орнықтылық еселігінің есептік мәні.

Ұстап тұратын және аударып тастайтын күштердің арақатынастары:

$$\sum M_{sr} = M_{N_0} + M_q + M_{(E_1 \sin \alpha)} + M_{E_4} \quad (6.37)$$

$$\sum M_{ar} = M_{(E_1 \cos \alpha)} + M_{E_2} + M_{E_3} \quad (6.38)$$

болып жазылады.

Орнықтылық еселігінің мөлшері $e_0 = e/b$ салыстырмалы эксцентриситетінің мөлшеріне тәуелді, мұнда e - іргетас табаны арқылы өтетін әрекет етуші эксцентриситеттің мөлшері; b - аударылып кетуі мүмкін бағыттағы іргетас табанының өлшемі.

Топыраққа қысылған іргетастардың аударылып кетуге есептелінуі көлденең түсетін жүктемеге есептеудің ерекше жағдайы болып табылады. Бұл табанының ені салу тереңдігінен едәуір аз іргетастар немесе тіреулерге қатысты болады. Олардың жұмыстары терең орнатылатын іргетастар түрінде қарастырылады.

Биік жеңіл ғимараттар, мысалға электрқуатын тасымалдайтын тіреулер, аударылып кетуге деген орнықтылықты қамтамасыз ететіндей жеткілікті салмаққа ие болмайды, сондықтан оларды топыраққа жұлып алатын күштер тарататын іргетастармен бекітеді.

Іргетастың жұлып алу деген орнықтылығын есептеу:

$$F - \gamma_f G_n \leq \gamma_c F_{u,a} / \gamma_n \quad (6.39)$$

шарттары арқылы жүргізіледі.

Мұнда F - жұлып алушы жүктеменің есептік мөлшері; γ_f - жүктеме бойынша қабылданатын беріктілік еселігі; $G_n = G_f + G_g$ - іргетас пен оның жетесіндегі топырақтың салмақтары; γ_c - жұмыс шарттарының еселігі; γ_n - беріктілік еселігі; $F_{u,a}$ - жұлынып алынатын іргетас негізінің шекті кедергісінің күші.

$$H - \gamma_f G_n \leq \gamma_c F_{u,a} / \gamma_n, \quad (6.40)$$

мұнда, E_{ai} - іргетастың анкерлік(қарнақтық) тақтасының сыртқы өлшемдері арқылы өтетін i топырақ қысымының тең әрекет етушісінің есептік орташа мәні; $tg \psi_{li} = tg \phi'_{li} + c'_{li} / \sigma_{ai}$ - қарнақтық тақтаның әрбір жағындағы топырақтың шекті ығысу еселігі; ψ'_{li} - ығысу кезіндегі тақтаның қайта толтырылатын топырағының ішкі үйкеліс бұрышының орташа есептік мәні; c'_{li} - іргетас орнату тереңдігіндегі топырақтың ілініс күштерінің орташа есептік мәні; c'_{li} - i тура қысымның орташа мәні.

Жартастық негіздегі іргетасты есептеу көтергіштік қабілеті бойынша жүргізіледі, ал негіздің шекті кедергісі күшінің тік құрамдасын N_u :

$$N_u = R_c b' l' \quad (6.41)$$

деп анықтайды.

Мұнда, b' және l' - іргетас табанының өлшемдері (6.26) формуласы бойынша есептелінеді; R_c - жартастық топырақтың есептік кедергісінің мәні κPa .

6.4. Иілгіш іргетастарды жобалаудың негізгі шарттары

Иілгіш іргетастарға ұзын таспалы іргетастар, сонымен қатар тақталы іргетастардың көбісі жатады. Иілгіш іргетаста ішкі күштер, түрлі кернеулер пайда болуы, олардың қатқылдығына, негізінің механикалық қасиеттеріне, сығылғыштығына, жер бетіндегі конструкциялардың қатқылдығына байланысты. Бұлардың есептелуіне іргетас табаны бойынша топырақтың реактивтік, кері қысымын, олардың көлденең қималарының өлшемдерін және қажетті арматураларын анықтау енеді. Топырақтың кері қысымын есептеу кезінде иілгіш іргетас серпінді негіздегі жатқан бағана ретінде каралады да, бағананың иілуінің дифференциалдық теңеуін:

$$EI d^4 z / dx^4 = -p_x \quad (6.42)$$

деп көрсетуге болады.

Мұнда, EI - бағана қатқылдығы; z - x координаталары бар нүктедегі бағананың иілуі; P_x - сол нүктедегі кері қысым.

(6.42) теңеуіне бағананың қатқылдығы EI кіреді, сондықтан оның өлшемдері алдынала қабылдануға тиіс.

Серпінді негізде жатқан бағананы есептеудің екі негізгі: жергілікті серпінді деформациялар әдісін және серпінді жартылай кеңістік әдісін ажыратады.

Винклер ұсынған **жергілікті серпінді деформациялар әдісі** бағана табанындағы әрбір нүктедегі негіз топырағының реакциясы бұл нүктенің шөгуіне тура пропорционалды болуына негізделген:

$$p_y = c_z z, \quad (6.43)$$

мұнда, c_z - төселу еселігі; z - топырақ реакциясы анықталатын жердегі шөгу p_y .

(6.43) тәуелділігін (6.42) тендеуіне қойып:

$$EId^4 z / dx^4 = -c_z z. \quad (6.44)$$

Бұл дифференциалды тендеудің шешімі іргетастық бағананың құрастырылуы үшін қажетті, оның бойындағы M_x және Q_x мәндерін анықтауға мүмкіндік береді.

Жергілікті серпінді деформациялар моделі сығылғыштығы жоғары топырақтарда жазықтық есеп жағдайында ($E < 5 \text{ МПа}$) жұмыс істейтін иілгіш іргетастық бағаналарды есептеу үшін ұсынылады. Есептеу кезінде ең қиыны – төселу еселігін дұрыс табу.

Серпінді жартылай кеңістік теориясы бойынша іргетас бағанасының деформациялық қасиеттері E деформация модулімен және ν Пуассон еселігімен сипатталатын біртекті серпінді немесе сызықты деформацияланатын шексіз жартылай кеңістікте жатқан болып алынады.

Жазықтық есепте негіз бетінің деформациясын:

$$z_x = (P / \pi C) \ln(x - \xi) + D \quad (6.45)$$

Фламан тендеуімен, ал кеңістіктік есеп жағдайында: Буссинеск тендеуімен:

$$z_x = P / (\pi CR) \quad (6.46)$$

анықтау қалыптасқан.

Мұнда, ξ - P күш жұмсау нүктесінің координатасы, m ; D - интегралдық тұрақты шама; $C = E / (1 - \nu^2)$ - негіз қатқылдығының еселігі, kPa ; R - P күші түсетін нүктеден шөгу анықталатын z_x нүктеге дейінгі арақашықтық, m .

Иілген бағананың дифференциалдық (6.42) тендеуін (6.45) немесе (6.46) бірге шеше отырып, иілгіш іргетас табаны бойынша әсер ететін топырақтың кері қысымын және көлденең қималарында пайда болатын ішкі күштерді табады.

Әдетте, есептеулер салыстырмалы иілгіштігі әртүрлі және әртүрлі әсер ететін жүктемелер жағдайындағы бағаналар үшін құрастырылған дайын кестелерді пайдалану арқылы жүргізіледі.

ҚАДАЛЫ ІРГЕТАСТАР МЕН ТЕРЕҢ ОРНАТЫЛАТЫН ІРГЕТАСТАР

Қадалы іргетас салмақтарды тереңде орналасқан топырақтардың беріктігі артығырақ қабаттарына беруге арналған және жоғары жақта ростверкпен біріктірілген қадалардан құралады.

Қада – топыраққа дайын түрде батырылатын немесе топырақ ішіндегі ұңғымада тікелей әзірленген тік немесе еңкейіп тұрған баған.

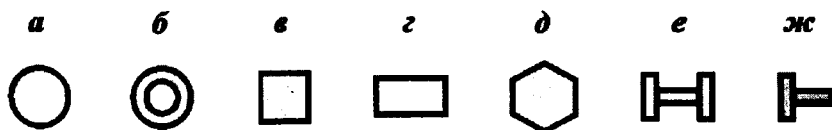
Ростверк – темірбетоннан әзірленген, ғимарат түсіретін салмақтарды бөліп тарататын тақта.

7.1. Қадаларды топтастыру және қадалы іргетастардың түрлері

Қадалар материалдары мен конструкциялары, әзірлеу мен батыру әдістері, жұмыс сипаты бойынша топтастырылады.

Құрылыс тәжірибесінде темірбетон, бетон, металл мен ағаш қада материалдары түрінде жиі пайдаланылады.

Конструкциясы бойынша қадалар көлденең және сара қималарының түрлеріне, қадаларды арматуралау әдістеріне байланысты да ажыратылады. Қадалардың көлденең қималары 7.1-суретінде көрсетілгендей дөңгелек, сақина іспеттес, шаршы, тік бұрышты, көп бұрышты, қос тавр немесе тавр түрінде қабылданады.



7.1-сурет. Темірбетон қадалардың көлденең қималары:

а - дөңгелек; б – сақина тәрізді; в - шаршы; г - тік бұрышты; д - көп бұрышты; е - екі таврлы; ж - таврлы

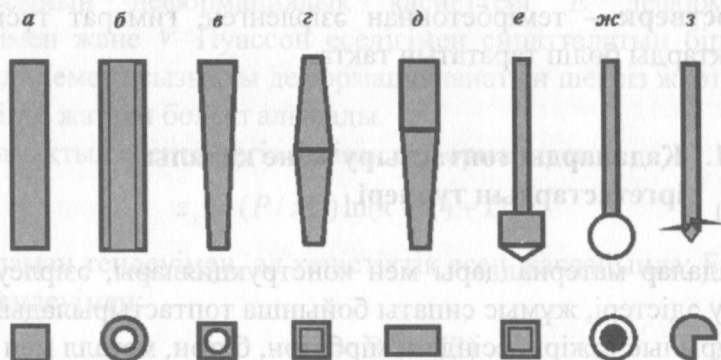
Қадалар, 7.2-суретіндегідей, призма іспеттес, цилиндрлі, ромбыға, трапецияға ұқсас, т.б геометриялық ерекшеліктеріне байланысты атанып ажыратылады.

Әзірлеу мен батыру әдістері бойынша қадалар топыраққа дайын түрде батырылатын және топырақтың ішінде әзірленетін деп те топтастырылады.

Топырақпен жанасу түріне байланысты:

- Топырақ пен қаданың арасындағы үйкеліс күштердің аркасында «ілініп» жұмыс істейтін қаданы, **қапсырылған қада;**

Тасты немесе өте тығыз топыраққа отырғызылған қада **тірелген қада** деп аталады.



7.2-сурет. Темірбетон қадалардың түрлері: а - призма іспеттес;

б - цилиндр сынды; в - пирамидаға ұқсас; г - ромбыға ұқсас; д - трапецияға ұқсас; е – шоқпар секілді; ж - камуфлетті; з – лопасть тәрізді

7.1.1. Қадаларды топыраққа батыру әдістері

Құрылыста дайын қадаларды топыраққа батырудың: қағу, дірілдету әдісімен батыру, басып енгізу, бұрап енгізу сияқты әдістері пайдаланылады.

Қаданы топыраққа соққылау бөлшегінің салмағы қорғалған қада салмағынан кем емес балғалармен **қағып кіргізеді**. Қада басын жарылудан қорғау үшін бас жағына ағаштан, резеңкеден жасалған басжапқыш кигізіп қояды. Қадаларды тығыз, ылғалы аз құмдар мен қатты заттары бар топырақтар қабаттары

арқылы қағып кіргізу қиын болғандықтан, құмға батырылатын қадалар астындағы топырақта «сумен шаю» әдісін қолданады, ал қатты заттары бар топырақтарда бағыттағыш ұңғымалармен бұрғылайды. Бағыттағыш ұңғымалар бұрғылау мен шаю жұмыстарын када ұшының жобалық белгісінен кемі 1 м жоғары тереңдікте аяқтайды.

Кейде, суға қаныққан қалың құмды қабатқа қаданы дірілдетіп батырған тиімді болады, себебі дірілдеткіш әсерінен аккыш күйге енген топырақ, қаданы оңай өткізіп, кейін ол тоқтағанда қаданы қағып батырылған қадаларға қарағанда, қаттырақ қапсырып қалады.

Басылып енгізілетін қадалар тығыз орналасқан қалалық құрылыс жағдайларында қолданылады. Өйткені, бұл әдістен жақын тұрған ғимараттарға, қауіп туа қоймайды.

Бұралатын қадаларды жер бетінен белгілі бір тереңдікке дейін осал топырақ, ал одан төмен орналасқан берік қабатқа жүлу әсері берілетін жағдайда пайдаланған тиімді болып табылады. Осындай қадалармен негіздің топырақтарына түсірілетін қысым диаметрлері 2 м дейінгі мөлшердегі бұрандалы бөлшектер арқылы беріледі.

0,2х0,2 м-ден 0,4х0,4 м-ге дейінгі және ұзындығы 3-тен 16 м-ге дейінгі жаппай көлденең қимасы шаршы (призма іспеттес) қадалар кеңінен пайдаланылады. Ұзындығы артығырақ болып табылатын қадаларды пайдалану қажет болғанда, олардың 40 м-ге дейінгі ұзындығын жеке буындардан құрастырады. Буындарды пісірістіріп немесе бұрап жалғастырады.

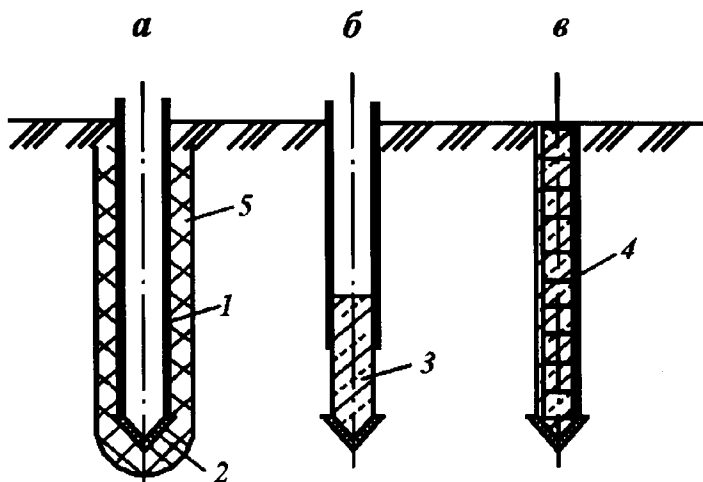
Осал топырақтарда төменгі жағы жабық, төртбұрышты немесе дөңгелек қадаларды пайдалану тиімді болып табылады. Дөңгелек қуыс қадалардың сыртқы диаметрін 0,4-тен 0,8 м-ге дейін, қабық-қадалардың 0,8-ден 1,2 м-ге дейін етіп жасайды.

Пирамида іспеттес және ромбыға ұқсас қадалар негіздерде қаданың кеңейтілген бөлігі орналасатын тығыз топырақ қабаттары бар болғанда пайдаланылады. Бұл қадалардың кемшіліктері – батырудың қиындығы болып табылады.

7.1.2. Топырақта әзірленетін қадалар

Топырақта әзірленетін қадалар толтырылған, бұрғыланып толтырылған және бұрғылы деп бөлінеді.

Толтырылған қадалар 7.3-суретінде көрсетілгендей жасалады; топыраққа әуелі бос, темір құбырды қағып, оны бетонмен толтыра отырып, біртіндеп көтереді. Қажет болған жағдайда бетонға арматуралы қаңқа орнатылады.

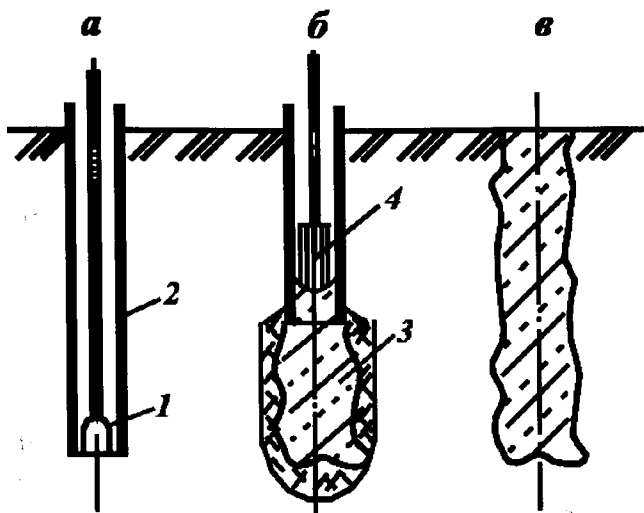


7.3-сурет. Толтырылған қаданы әзірлеу тәртібі:

*а – іске жарақталған құбырды батыру; б – құбырға бетон құйып көтеру;
в – металдан әзірленген қаңқаны орнату; 1 – іске жарақталған құбыр; 2 –
ұңғыма түбінде қалдырылатын қада табаны; 3 – бетон; 4 – қаңқа;
5 – тығыздалған топырақ.*

Топырақта пирамидаға, конусқа ұқсас немесе басқа түрдегі қалыптау арқылы әзірленген саңылауларға бетонды дірілдету әдісімен толтырып жасалған қадалар да болады.

Бұрғыланып толтырылған қадалар орнату жұмыстары, құбыр ішінде бұрғыланған ұңғыманы бетондау барысында, құбырды жоғары қарай көтеру кезендерімен белгіленеді. Мұндай жағдайда бетон құлап түсетін жүкпен тығыздалады, нәтижесінде 7.4-суретіндегідей ұңғыма кеңейіп айналасындағы топырақтың тығыздалуын туғызады.



7.4-сурет. Бұрғыланып толтырылған қаданы әзірлеу кезеңдері:

а - саңылауды құбыр ішінде бұрғылау; б – бетондап тығыздау; в - дайын қада; 1 - бұрғы; 2 - құбыр; 3 - бетон; 4 - төмен қарай құлайтын жүк

Ұңғымадағы бетон қоспасының және қада маңындағы топырақтың тығыздалуы қаданың көтеру қабілетін арттырудың бір жолы. Тағы бір жолы – жарылғыш заттар пайдалану. Жарылыс барысында саңылаудың астында қосымша шар тәрізді қуыс пайда болады да, ол бетонға толтырылып қаданың топыраққа тірелетін көлемін күрт өсіреді.

Бұрғылы қадалардың диаметрлері үлкен (кемі 3 м) және көтеру қабілеттері жоғары болады. Оларды тік қозғалатын құбыр әдісімен (ТҚК) орнатады. Құбырды ұңғыманың жартысына дейін түсіреді де, саңылауды бетонмен толтыра отырып, тік көтереді.

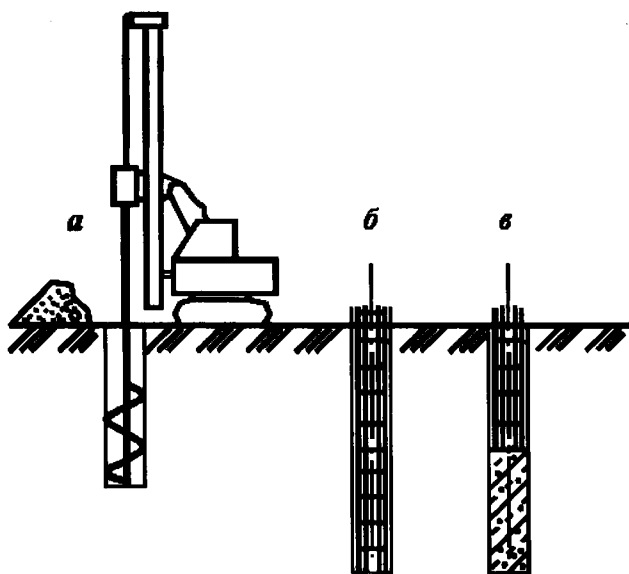
Ұштамасы топырақта қалып қоятын және шнекті шиыршығы бар құбыр топыраққа енгізілу барысында пайда болатын шнекті қада-бағана қазіргі заманға сай бұрғылау саңылаулары болып табылады. Мұнда құбыр арқылы цементтен әзірленген ерітінді құйылатын саңылау пайдаланылады.

7.5-суретіндегі саңылауларды тек тұрақты топырақтарда ғана бетондау мүмкін. 2 м-ге дейінгі диаметрі бар саңылаулардың

енгізілуі бұрғылау немесе грейфермен қазу арқылы жүзеге асырылады. Пайда болған саңылауға арматуралы қаңқа отырғызылады да, ол бетонмен толтырылады.

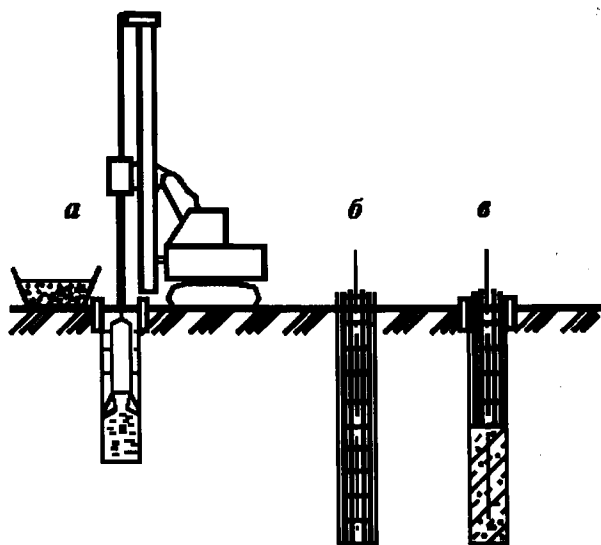
Өткізгіш пен саңылауларды балшықты ерітіндімен бетондау 7.6- суретіндегідей, суға қаныққан әрі илене қоймайтын топырақтарда қолданылады. Саңылау қабырғаларының тұрақтылығы ұңғыма өту және бетондау барысында балшықты ерітіндімен қамтамасыз етіледі. Бетондау ТҚҚ әдісі арқылы жүзеге асырылады.

Түсірілетін құбырдағы саңылауларды өту екі жұмыс механизмдері бар станоктар арқылы орындалады: олардың біреуі – түсірілетін құбырды айналдыру мен басып енгізу, екіншісі – шнек арқылы бұрғылау немесе топырақты құбырдан грейфермен қазып алу; саңылау қуыстан өткізілгеннен кейін армоқаңқа түсіріледі де, ол бетонмен толтырылады, онан кейін құбырды дірілдеткіш арқылы алып шығады.



7.5-сурет. Ұңғымаларды қабырғаларын бекітпей бетондау:

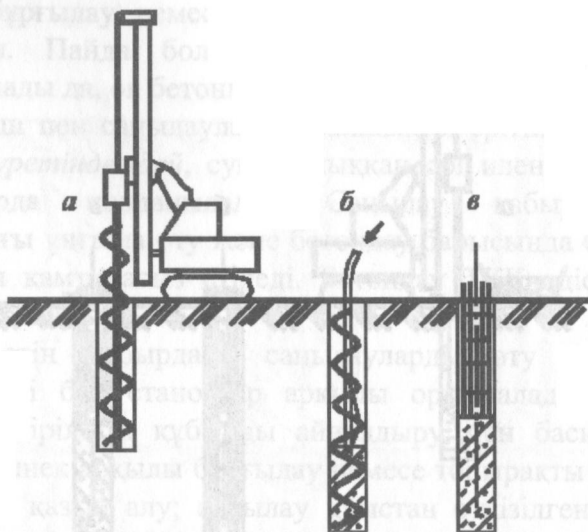
*а – ұңғыма саңылауын өту; б - арматуралық қаңқаны орнату;
в - саңылауды бетонмен толтыру*



7.6-сурет. Қаданы балшықты ерітінді көмегімен жасау:
*а – ұңғыма саңылауын өту б – арматуралық қаңқаны орнату:
 в – саңылауды ТҚҚ әдісімен бетонға толтыру.*

7.7-суретінде көрсетілген кез келген сусымалы топырақта қолданылатын қуыс шнек (СФА) әдісін пайдалану тиімді болып табылады. Жоғары дінгегі бар бұрғылау станогы шнекті бағанды саңылаудың жобалық тереңдігіне бұрап кіргізеді. Онан кейін шнек пен айналтқыш көтеріледі де, шнектің ортаңғы құбыры бойынша оның төменгі жағының астына 2 МПа қысымымен бетон сорғысы арқылы бетон жіберіледі. Шнекті бетонға алып шыққаннан кейін дірілдеткіштің көмегімен армоқаңқа батырылады.

Қарастырылған нұсқаларда қада маңындағы топырақ, оны әзірлеу кезінде тығыздалмайды, әсіресе, өткен саңылаудың түбіндегі топырақтың борпылдақ күйде калып қоюы қолайсыз болып табылады. Осы кемшілікті жою үшін арматуралық қаңқасына бір немесе бірнеше құбырларды енгізеді де, олар арқылы бетон қатқаннан кейін қаданың көтергіштік қабілетін арттыру үшін 2...3 МПа қысыммен қада астына және қада маңайындағы топыраққа қатырып тастайтын цементтік ерітінді жіберіледі.



7.7-сурет. Қадаларды қуыс шнек (CFA) әдісімен жасау:

а – саңылау өту; б - саңылауды толтыру.

7.1.3. Қадаларды жұмыс сипаты бойынша топтастыру

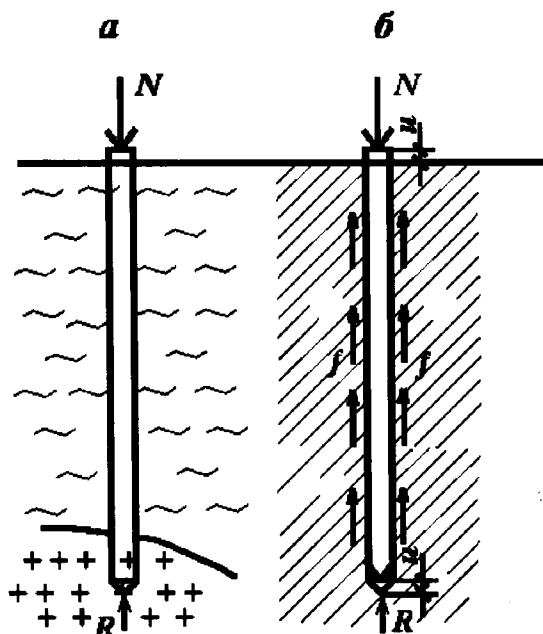
Қадаларды **жұмыс сипаты** (топырақпен жанасу жағдайлары) бойынша:

- **тірелген қадалар;**
- **ілінген қадалар** (қапсырылған қадалар) етіп топтас-тырады.

Тірелген қадалар тасқа немесе өте тығыз топырақтарға тіреліп өздерінің төменгі ұшы арқылы салмақ таратып 7.8а суретінде көрсетілгендей қысылған тіреу секілді жұмыс істейді. Тұтас тасты тау жыныстары мен жалпы деформация модулі $E > 50 \text{ МПа}$ топырақтар аз сығылатын негіздер болып табылады. Топырақтың, қада өкшесі қабылдайтын, реактивтік қысымы қаданың төменгі жағындағы кедергісі R деп аталады.

Қапсырылған қадалар сығылғыш топырақтарға тіреліп, көтеретін салмақтың едәуір бөлігін қоршаған топыраққа бүйірлерімен таратады.

Бұл жағдай 7.8б-суретінде қаданың бүйірлік бетіндегі f топырақтың кедергісі деп аталатын көрсеткішпен сипатталады. Есептелінетін f қаданы әзірлеу әдісіне байланысты қабылданады. Қағылған қадалар үшін ол ең үлкен, ал бұрғылы қадалар үшін - ең кіші болып табылады. Сөйтіп, қапсырылған қадалардың тіреу-қадалардан айырмашылығы бұлардың ұшымен қатар бүйірлік жағы да қоса жұмыс істейді.

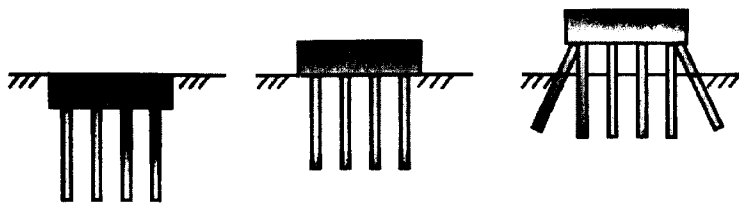


7.8-сурет. Қадалардың топырақтағы жұмыс сипаты;
а - тірелген қадалар, б - қапсырылған қадалар

7.1.4. Ростверктердің түрлері

Қадалар ростверктері топырақ бетіне қарасты орналасуына байланысты 7.9-суретінде көрсетілгендей аласа, көтерілген және биік деп бөлінеді.

Аласа ростверк топырақ бетінен төмен орналастырылады. Осындай ростверк өзінің табанымен ғимараттан берілетін тік салмақты, бүйірлі бетімен көлденең салмақтарды қабылдай алады.



7.9-сурет. Қадалар ростверктерінің түрлері:

а - аласа; б - көтерілген; в - биік

Көтерілген ростверк топырақтың тура бетінде орналастырылады (б). Көтерілген ростверктерді тоңданғанда қабынбайтын топырақтарда ғана қолдануға болады және олар өз табанымен ғимараттардың негізіне салмақты бере алмайды.

Биік ростверк топырақтың бетінен жоғарырақ орналастырылады (в). Биік ростверктер эстакадалардың, құбыр өткізгіштердің, көпірлердің құрылысында қолданылады.

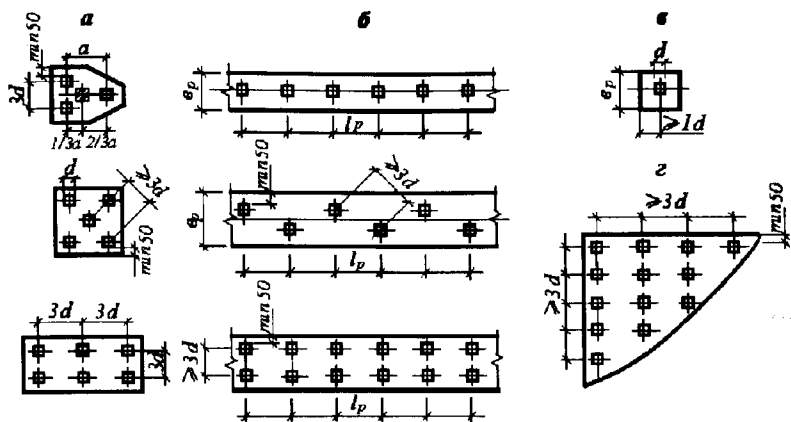
Кейде қадалы іргетастарды ростверксіз де жасайды. Қаданың басына бас құралын кигізеді де, оның үстіне ғимараттың элементтерін орналастырады (з).

7.1.5. Қадалы іргетастардың түрлері

Әдетте қадалы іргетастарды бірнеше қадалардан жасайды. Қадаларды орналастыру сипатына байланысты (7.10-суреттегі көрініс) қадалы іргетастарды: **қадалар бұтасы** (а), **қадалар таспасы** (б), **жеке қада** (в) және **қадалардың тұтас өрісі** (з) сияқты түрлерге бөледі.

Қадалар бұтасы – жеке конструкция, мысалы бағандар астына орнатылады. Бұтадағы қадалар саны кемі 3 болады. Кейде екі қададан құралған бұталар да (аударатын күш, момент жоқта) кездеседі. Қадаларды, кемі 3д арақашықтықта қатар-қатар немесе шахматтық ретте орналастырады.

Қадалар таспасы, ғимараттар қабырғаларының немесе басқа да ұзын құрылғылардың астында, кейде бір қатарлы, кейде көп қатарлы қылып орнатады.



7.10-сурет. Қадалы іргетастардың түрлері:

а – қадалар бұтасы; *б* – таспалы; *в* – жеке қада; *г* – қадалардың тұтас өрісі

Жеке қадаларды бағандардан немесе басқа элементтерден түсетін салмақты жалғыз қада қабылдай алғанда қолданады. Кейде қадалар ғимараттың бағандары да бола алады, мұндайда оларды **бағана-қада** деп атайды.

Қадалардың тұтас өрісі ауыр ғимараттардың салмағын көтеруге арналған. Олар, қабылданған жоспарлық ретпен, бүкіл құрылыс алаңы бойынша орнатылып, бастары тұтас темірбетонды тақтамен жабыла біріктіріледі. Осы тақтаға ғимарат толық отырғызылады.

Жеке орналасқан немесе белгілі түрде құрылыс алаңында топтастырылған барлық қадалар жүйесін, құрылысшылар **қадалар өрісі** деп атайды.

7.2. Қадалардың көтергіштік қабілеті мен есептік кедергісінің күшін анықтау

Қаданың көтергіштік қабілеті қада мен одан салмақ қабылдайтын топырақ беріктіктеріне байланысты анықталады. Топырақтағы қада жұмысын жобалау барысында ең алдымен, қада беріктігін F_{Rm} **қаданың материалы бойынша** тексеріп, **есептік кедергісінің күшін** табады.

Қаданың F_d топырақ бойынша көтергіштік қабілетін:

- топырақтың есептік кедергілерінің ҚНЖЕ немесе аймақтық құрылыс нормалары бойынша кестелік мағыналарын пайдаланып белгілеу;
- динамикалық;
- сынақты статикалық күш салу;
- статикалық зондтау;
- эталонды қадамен сынау сияқты есептік және тәжірибелік әдістер арқылы белгілейді.

Қаданың беріктігін топырақ бойынша тексеру үшін ең алдымен, F_d қаданың көтергіштік қабілетін белгілейді, онан кейін y_k сенімділік еселігін пайдаланып, (7.1) формула бойынша **қаданың топырақ бойынша есептік кедергісінің күшін F_{rs} табады:**

$$F_{rs} = F_d / y_k. \quad (7.1)$$

Осы теңдікте y_k - сенімділік еселігі. Ол қаданың көтергіштік қабілетін белгілеу әдісіне байланысты қабылданады.

ТЭН кезеңінде, сондай-ақ III дәрежелі ғимараттар үшін есептік әдісті де қолдануға болады. I және II дәрежелі ғимараттардың жұмыс жобасын әзірлеу үшін қаданың көтергіштік қабілетін анықтау оның тікелей сынауларына негізделінуі тиіс. Жобалық мәні ретінде мағыналардың ең азын қабылдайды.

7.2.1. Қадалар батыру (орнату) барысында топырақта орын алатын құбылыстар

Батыру барысында қада топырақтың көлемін ығыстырады, ол оның маңындағы топырақтың тығыздалуына әкеледі және осындайда қазаншұңқыр түбінің көтерілуі мүмкін. Суға қаныққан балшықтар мен саздақтар тек құрамындағы судың сығылу барысында ғана тығыздалына алады. Қадалар салыстырмалы түрде тез батырылатындықтан су сығылып үлгермейді. Топырақ тығыздалмай-ақ жан жақтарға ажыратылады да, жоғары қарай итеріліп шығарылады. Жоғары қарай итеріліп шығарылатын топырақ осыған дейін қағылған қадаларды көтере ала кетеді. Оларды жобалау белгісіне дейін қайтадан қағып кіргізу керек болады.

Топырақтың құрылымдық байланыстарының бұзылуы мен үлкен қысымдардың пайда болуы топырақтың қаданың бүйірлік жағына түсетін ілініс күшін едәуір төмендетеді. Қаданы қағып кіргізгеннен кейін және **қаданың демалысы** деп аталатын уақыт, яғни 2-3 күн ішінде (құмға қағылған қадалар үшін) және 4-21 кейде онан да көп күндер (балшықты топырақтар үшін) қадалар, қысым көрсетілмегеннен кейін, ең төменгі қысым азайтыла бастайды да, топырақтағы құрылымдық байланыстар қалыпқа келе бастайды. Нәтижесінде қаданың көтергіштік қабілеті жоғарылайды.

Қаданың механикалық балға бір ұрғаннан кейін немесе дірілдетіп батыратын қондырғы жұмысының бір минутының ішінде батырылуы **қада тоқтауы** деп аталады.

Батырылғаннан сәттегі қаданың тоқтауын **жалған тоқтау, кідіруі** дейді. Үзілістен кейінгі тоқтауы **нақты** (шынайы) **тоқтау** деп аталады, яғни топырақтың қалыпты қасиеттеріне сай келетін.

Сондай-ақ жобалық мекемелер көтергіштік қабілетінің талап етілетін мөлшері бойынша есептелінген **қаданың жобалық тоқтауы** деген ұғым да кездеседі. Қаданың батырылу барысында нақты және жобалық **тоқтаулары** салыстырады да, қаданың көтергіштік қабілетіне сәйкестігі туралы шешім қабылдайды. Қаданың **нақты тоқтауы**, 4-7 тәулік бойы құмдақтарда, 21 және одан да астам уақыт балшықтарда тынымдаудан кейін орын алады. Сумен қанықтырылған құмдарға дірілдету әдісі арқылы батыру барысында құмның батырылатын қадалар маңында қарқынды тығыздалынуы орын алады, ал бұрғылаулы саңылауларды әзірлеу үшін пайдалану топырақ тығыздалынуының азайтылуына әкеліп соқтырады, ол қаданың көтергіштік қабілетінің азайтылуына себеп болады.

7.2.2. Қаданың материал бойынша есептік кедергісінің күшін анықтау

Қада материалының беріктігін тексеру қажеттілігі тастарға тірелетін қадалар үшін қажет. Қималары тұрақты, тұтас, темірбетонды қадалардың, түсірілетін салмақтардың әсеріне

қатысты есептік кедергі күшін ҚНЖЕ формуласы бойынша F_{Rm} анықтайды:

$$F_{Rm} = \gamma_c \varphi (\gamma_{cb} R_b A_b + \gamma_a R_{sc} A_s). \quad (7.2)$$

Осы тендеуде γ_c - қаданың жұмыс жағдайының еселігі; φ - көлденең майысу еселігі; γ_{cb} - бетонның жұмыс жағдайының еселігі; γ_a - арматураның жұмыс жағдайларының еселігі; R_b - бетонның қысым көрсетуге қатысты есептік кедергісі кПа ; A_b - қаданың көлденең қимасының көлемі м^2 ; R_{sc} - арматураның қысым көрсетуге деген есептік кедергісі кПа ; A_s - арматураның көлденең қимасының көлемі м^2 .

Қадада көлденең күш әсер ететін жағдайда ол, орталықтан тыс қысылған тіреу түрінде материалдың беріктігі бойынша тексерілуге тиіс. Жұлу күштер жағдайында жұмыс істейтін қадалар бағаны созылуға есептелінеді.

7.2.3. Тіреу-қаданың көтергіштік қабілетін топырақ бойынша есептік әдіспен анықтау

Тасқа тірелетін толтырылған және бұрғылы қадалардың, сондай-ақ өте тығыз топыраққа тірелетін қағып батырылатын қадалардың F_d көтергіштік қабілеттерін келесі формула бойынша анықтайды:

$$F_d = \gamma_c R A. \quad (7.3)$$

Осы тендікте γ_c - жұмыс жағдайларының еселігі; A - қаданың топыраққа тірелген ауданы м^2 ; R - қада табанының астындағы топырақтың есептік кедергісі кПа .

7.2.4. Қапсырылған қаданың көтергіштік қабілетін топырақ бойынша есептік әдіспен анықтау

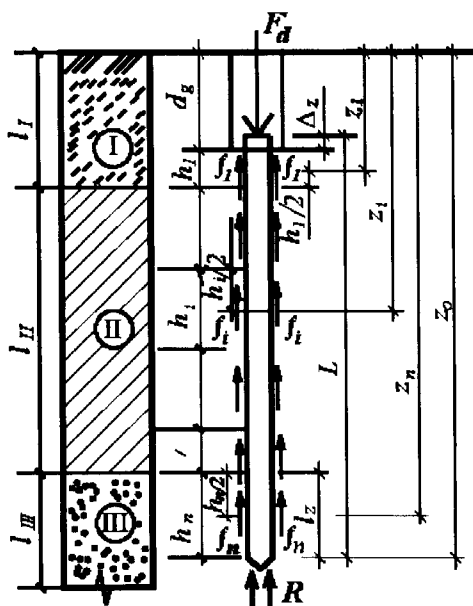
Топыраққа қапсырыла ілінген, қағып батырылатын қаданың топырақ бойынша F_d , кН , көтергіштік қабілетін қада ұшы

астындағы және бүйірлеріндегі 7.11-суретінде көрсетілгендей топырақтың жанасу күштерінің жиынтығы ретінде есептейді:

$$F_d = \gamma_c [\gamma_{cR} RA + u \sum_{i=1}^n \alpha \gamma_{cf} f_i h_i]. \quad (7.4)$$

Осы теңдікте γ_c - жұмыс жағдайларының еселігі; R - топырақтың ҚР ҚНЖЕ бойынша қаданың төменгі ұшының астындағы есептік кедергісі, кПа, A - қаданың көлденең қимасының ауданы, m^2 ; u - қаданың көлденең қимасының периметрі, м; f_i - топырақтың i -ші қабатының қаданың көлденең бетіндегі есептік кедергісі, ҚНЖЕ бойынша, кПа; h - топырақтың i қабатының қалыңдығы, м; γ_{cR} мен γ_{cf} - қада ұшының астындағы және бүйірлік беті бойынша топырақтың жұмыс жағдайларының еселігі ҚР ҚНЖЕ бойынша қабылданады.

Қада бойында қатты сығылатын, осал топырақ қабаты болған жағдайда, оның шөгу салдарынан қадамен жанасқан бетінде теріс бағытталған үйкеліс күштері пайда болып, қаданың көтергіштік қабілетін азайтады. Кейде қада түсіп кетуі де мүмкін.



7.11-сурет. Қапсырылған қаданың көтергіштік қабілетін есептік әдіспен анықтау

Қада бойындағы, көтергіштік қабілетінің мөлшеріне кері ілініс күштерінің әсерін бағалау үшін тікбұрышты эпюраны салады да ҚНЖЕ кестелеріндегі мағлұматтарды ескере отырып, есептік кедергі күшін анықтайды.

G_r салмақтағы топырақты қазып алмай батырылатын қада-қабықша мен қағып батырылатын қадалардың F_{du} , κH жұлып алуға қатысты көтергіштік қабілеті:

$$F_{du} = \gamma_{cu} u \sum_{i=1}^n \gamma_{cf} f_i h_i + \gamma_l G_r \quad (7.5)$$

формуласы бойынша анықталынады.

7.2.5. Қаданың көтергіштік қабілетін статикалық жүктемемен жүргізілген сынақтар бойынша анықтау

Қаданы дала жағдайында сынау барысында оның F_d көтергіш қабілетін:

$$F_d = \gamma_c F_{u,n} / \gamma_g \quad (7.6)$$

формуласы бойынша анықтайды.

Осы формулада γ_c - жұмыс жағдайларының еселігі; $F_{u,n}$ - сыналған қадалардың санына байланысты F жеке мағыналарының көлемі бойынша анықталатын кедергі күшінің нормативтік мағынасы (6 аз болса ең аз мағына болып табылады); γ_g - топыраққа деген сенімділік еселігі.

Қадаларды N күшін салу арқылы батырып сынақтау 7.12а-суретіне сәйкес жүзеге асырылады. Құрылыс алаңында 1 сыналатын қаданы батырады да 2 қарнақты қадалармен мықты біріктірілген 3 көлденең аркалыққа тірелетін 4 домкратымен қаданың батырылуын жүзеге асырады. Батырылу мәндерін 5 прогибомерлермен өлшейді.

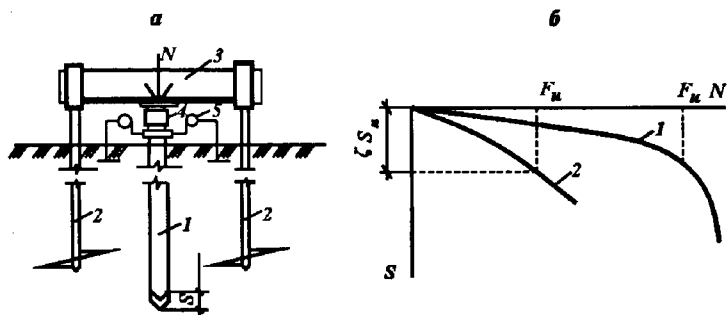
Қаданы сынамас бұрын оған «демалыс» беріледі. Қаданың күтілетін қабілетінің 0,1-0,15 бөлігіне тең күшті біртіндеп түсіреді. Күш салудың әрбір сатысын МСТ-қа сәйкес шөгу мәні шартты түрде қалыптандырылуына дейін ұстап тұрады. Онан кейін қаданың көтергіштік қабілетін анықтағанға дейін күш салулардың келесі сатыларын қолданады. Қада шөгуін

өлшеу қорытындылары бойынша 7.126-суретіндегідей s қада шөгуі мен N салмағы араларындағы байланыстылық графигін жасайды.

Қаданың көтергіштік қабілеті ҚР ҚНЖЕ ұсыныстары бойынша «күш – шөгу» графигі бойынша анықталады. Мұнда екі жағдай тууы мүмкін:

1-жағдай: Қаданы батырып кіргізу барысындағы топырақтың F_u шекті кедергісі қаданың тоқтамай шөгуін (1) тудыратын күшпен салыстырғанда бір саты аз болып табылатын салмаққа сәйкес келеді. Мұндайда түсірілетін салмақ ($s \leq 20\text{ мм}$ болса) көбейтілмейді.

2-жағдай: Тұрақты күш салу барысында қада шөгуінің қарқынды өсуі байқалмаса (2) F_u қаданың шөгуіне сай келетін күш $s = \zeta s_u$ қаданың шекті кедергісінің жеке мағынасы болып табылады деп есептелінеді. Аталған теңдікте s_u - ғимараттың ҚНЖЕ бойынша қабылданатын орташа шөгудің шекті мағынасы. $s = \zeta s_u$ мағынасы 40 мм астам болғанда F_u қаданың шөгуіне сәйкес келетін салмағы $s = 40\text{ мм}$ қада кедергісінің жеке мағынасы деп танылады.



7.12-сурет. Қаданы күштеп батыру сынағы:

а – сынау қондырғысы; б – қада шөгуі мен күш араларындағы тәуелділік графигтері; 1 – сыналатын қада; 2 – қарнақтар; 3 – көлденең арқалық; 4 – домкрат; 5 – қада шөгуін өлшейтін құралдар

Қаданы көлденең статикалық күшпен сынау F күш сыналатын қадада жанама кернеулер тудыру арқылы жүзеге асырылады. Сыналатын қаданың бүйіріне гидравликалық домкрат орнатылады. Қадаға берілетін көлденең күш мөлшері манометр

арқылы өлшенеді, ал қаданың ығысуы мәні прогибомермен анықталады. Күш салудың әрбір сатысын үрдіс шартты түрде тұрақтандырылғаннан кейін ғана бастайды және көлденең күшті өшпейтін ығысулар басталатын мәнге дейін ғана жеткізеді. Қадада өшпейтін ығысулар басталған сатыға дейінгі саты F_u қаданың шекті кедергісі деп қабылданады. Қаданың F_u көлденең күш түскен жағдайдағы көтергіштік қабілетін (7.6) формуласы бойынша анықтайды. Осы формулада $\gamma_c = 1$.

Қадалардың статикалық сынақтары әдетте, сенімді зерттеулерге жатады, сондықтан F_{Rs} , κH қаданың есептік кедергі күшін анықтағанда, сенімділік еселігінің ең төмен мәні ($\gamma_k = 1,2$) қабылданады.

7.2.6. Қаданың көтергіштік қабілетін динамикалық сынақтар нәтижелері бойынша анықтау

Динамикалық әдісте қаданың, балғаның соққысынан **шынайы тоқтау** мөлшері анықталады. Қада тереңірек батырылған сайын топырақ та оның енгізілуіне көбірек кедергі жасайды. Нәтижесінде әрбір соққыдан алынатын «тоқтау» мәні азая береді. Қадалардың динамикалық әдісі тиісті МСТ-пен реттелінген.

Қаданы балғамен соғу барысында жасалатын жұмыс GH -тең болып табылады, G - балғаның соғатын бөлігінің салмағы; H -оның құлау биіктігі, ол қаданың батырылуына, «балға – қада - топырақ» жүйесінің қатты деформацияларына, балғаның соғу қуатына (соғудың механикалық қуатын жылу қуатына айналдыруға және қада басының бұзылуына) жұмсалынады да, келесі формуламен анықталынады:

$$GH = F_u s_a + Gh + GH\alpha. \quad (7.7)$$

Осы теңдікте F_u - топырақтың қада батырылуына шекті қарсыласуы; s_a - қаданың «демалыстан» кейін «тоқтауы», h - «балға-қада-топырақ» жүйесінің қатты деформациялауына байланысты бағаналы балғаның соққыдан кері көтерілу биіктігі; α - соққы қуатының тиімсіз шығындарын сипаттайтын еселік.

Жобалық тәжірибеде кері есепті шешу жиі кездеседі. Тәжірибелік әдіспен (7.4) формуласы бойынша табылған қаданың F_d көтергіштік қабілеті бойынша қада «тоқтауын» есептейді, s_{ad} , m .

Егер де динамикалық сынақтар барысында қаданың демалыстан кейінгі «тоқтау» мәні жобалық мәнінен жоғары болса, жобадағы қаданың көтергіштік қабілеті жеткіліксіз болып табылады да, жоба түзетуді талап етеді.

7.2.7. Қаданың көтергіштік қабілетін топырақты зондтау әдісінің нәтижелері бойынша анықтау

Бұл әдісте P_q , kPa зонд ұштамасының астындағы топырақтың және штанганың немесе зонд муфтасының P_f , kPa бүйірлік беті бойынша жанасу күштері анықталады.

Оларды A_f - зонд конусының және штанганың бүйірлік бетінің немесе A_s - зонд муфтасының көлемдерін тиісті аудандарға бөлгеннен кейін q_s конустың астындағы және f_s бүйірлік беттегі кедергілер $q_s = P_q / A_s$; $f_s = P_f / A_f$ формулалары бойынша топырақтың қарысу қарқындылығын анықтайды. Сынақтар МСТ бойынша өткізіледі.

Қаданың көтергіштік қабілеті (7.6) формуласы бойынша табылады. Сынақтар саны 6-дан кем болмауы тиіс. Қағып батырылатын қаданың F_u , kH , зондылау нүктесіндегі көтергіштік қабілетінің жеке мағынасын:

$$F_u = R_s A + fhu \quad (7.8)$$

формуласымен анықтайды.

Осы теңдікте R_s - топырақтың, қада астындағы кедергісі, kPa ; A - қаданың көлденең қимасының ауданы, m^2 ; h - қаданың ұзындығы, m ; u қаданың көлденең қимасының периметрі; f - зондтау әдісімен анықталған нәтижелердің орташа мәні, kPa .

Эталондық қаданы сынау қорытындылары бойынша қаданың көтергіштік қабілетін анықтау топырақты статикалық зондтау әдісінің нәтижелері бойынша қаданың көтергіштік

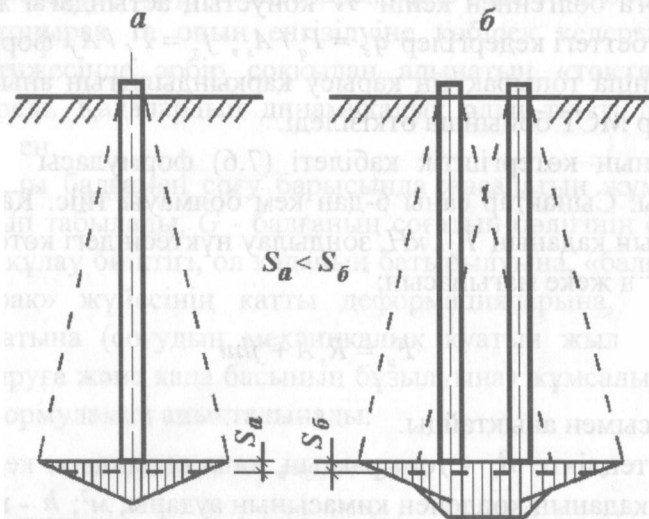
қабілетін анықтауға ұқсас. Эталонды қада мен зонд көлемдері ғана негізгі айырмашылық болып табылады.

7.3. Қадалы іргетастарды жобалау

7.3.1. Қадалардың бұталардағы жұмысы

Қапсырылған қадалар жұмыс сипаттары бойынша жалғыз және бірігіп жұмыс атқаратын деп ажыратылады.

Қапсырылған қадалар негіздердің топырақтарына күшті бүйірлік беті және төменгі ұшы арқылы таратады. Осы күш өзара қатынастарына байланысты қаданың төменгі ұшы арқылы өтетін көлденең жазықтықта пайда болатын тік кернеулердің эпюраларында конусқа ұқсас болады. Ол тік жазықтыққа 7.13а-суретіндегідей үш бұрыш түрінде проекцияланады. Осы күш әсерінен топырақты негіз отырып, шөгеді.



7.13-сурет. Қадалардың топырақтағы жұмысы:

а - жалғыз; б - қада бұтасының құрамында

Қада бұтасына күш түсу барысында қадалар негізінде пайда болатын кернеулердің эпюралары қиылысып кетеді

(қадалардың адымдары $6d$ аз болғанда) және қадалар бұтасының негізіндегі кернеулер эпюрасы жалғыз қада астындағы эпюраға қарағанда қарқындылығы мен мәндері бойынша асып түседі. Сондықтан, қадалар бұтасының отырып, қауіпті шөгіп қалуы мүмкін ($s_a < s_d$). Қадалардың адымы $6d...3d$ болғанда кернеулер эпюраларының салынуы тіреуіштің көтергіш қабілетінің азайтылуына әкеліп соқтырмайды, алайда, қадалар бұтасының шөгуі жалғыз қаданың шөгуімен салыстырғанда, артығырақ болып табылады. Ол бұтадағы қадалардың өзара және негізге деген әсерлік айырмашылықтарымен түсіндіріледі.

7.3.2. Қадалы іргетастар жобалаудың негізгі қағидалары мен тәртібі

Қадалы іргетастар мен олардың негіздерін шекті күйлер жағдайларының екі тобы бойынша есептейді:

- бірінші топ: қадалар мен қада ростверктерінің беріктіктері бойынша, қадалардың көтергіштік қабілеттері бойынша, көлденең немесе жұлу күштер әсерлері деген беріктік бойынша және қадалы іргетастар негіздерінің орнықтылығы бойынша;
- екінші топ: шөгудің абсолюттік мәні мен қадалы іргетастар негіздері шөгуінің біркелкі еместілігі бойынша, қадалардың, барлық түсетін күштердің біріккен әсерінен туындайтын, шөгудің орын алған түрлері бойынша, темірбетон құрылымдарының элементтеріндегі жарықшақтардың пайда болулары мен олардың ашылулары бойынша.

Шекті күйлердің бірінші тобы төменде көрсетілген формула бойынша қаданы тексереді:

$$N \leq F_d / \gamma_k = F_R \quad (7.9)$$

Осы теңдікте N - жеке қадаға берілетін есептік күш, кН; F_d - қаданың көтергіштік қабілеті, кН; γ_k - сенімділік еселігі; F_R - қаданың есептік кедергісінің күші (топырақтың немесе қада материалының беріктігі бойынша).

N анықталғанда ростверктің өз салмағы, жетесі бойынша әсер ететін күш пен оның кемерлеріндегі топырақтың меншікті салмағы есепке алынады. Қадаларды жұлатын күшті есептегенде қаданың меншікті салмағы да қоса есептелінеді. Бұл салмақтың белгісі теріс болып табылады.

Қадалы іргетастар негіздерінің орнықтылығы оларға үлкен көлденең күш түсірілгенде, негіздер құламалармен шектелген немесе топырақтың тіке құлайтын қабаттарымен шектелген жағдайларда бағаланады.

Шекті күйлер жағдайларының екінші тобы бойынша s абсолюттік шөгу мен шарттарға сәйкес қадалы іргетастар негіздерінің $(\Delta s / L)_u$ шөгуі біркелкі емес жағдайда шектелінеді.

$$s \leq s_u \quad (7.10)$$

$$\Delta s / L \leq (\Delta s / L)_u \quad (7.11)$$

көрсетілген теңсіздіктерде s , $(\Delta s / L)_u$ - тиесінше, жобалауға ұсынылған тапсырмадан, ал тапсырма болмаған жағдайда ҚР ҚНЖЕ бойынша белгіленетін ғимарат шөгуінің абсолюттік және салыстырмалы шекті біркелкі еместілігі қабылданады.

Қадалы іргетастар жобалауының тәртібі:

- құрылыс алаңының инженерлік геологиялық жағдайларын бағалау;
- ростверктің салу тереңдігін таңдау;
- қадалардың түрін, ұзындығын тағайындау;
- қаданың көтергіштік қабілетін анықтау;
- ростверктің орташа салмағын анықтау;
- ростверктегі қадалар санын (адымының) анықтау;
- ростверкті құрастыру;
- қадаларға берілетін күш мәндерін тексеру;
- ростверктің беріктігін тексеру;
- қадалы іргетастың шөгуін есептеу сияқты кезеңдерден құралады.

7.3.3. Ростверктің салу тереңдігін тағайындау

d_g ростверктің салу тереңдігі табиғи негіздегі тайыз орнатылатын іргетастарға тән факторларға байланысты қабылданады. Тонданғанда қабаратын топырақтарда осы мағына d_f есептік тондану тереңдігінен кем болмауға тиіс.

Әдетте, ростверкті қабырғалардың астына қадаларды бір қатарға орналастырылатын жағдайды есептемегенде, жертөле еденінен төменірек орнатады және жұмыстар ыңғайлы жүргізілуі үшін ростверкті мүмкіндігінше жерастындағы сулар деңгейінен жоғарырақ қылып салады.

Қабармайтын топырақтарда және жертөлелері жоқ ғимараттардың ростверктері жердің тегістелген бетінен 0,1-0,15 м төменірек орнатылады.

7.3.4. Қадалардың түрі мен өлшемдерін анықтау

Қадалардың түрі мен өлшемдерін инженерлі-геологиялық жағдайлар мен ғимараттың құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты d_g ростверк салу тереңдігін белгілеумен қатар анықтайды.

Қағып батырылатын қадаларды, құрамына қатты заттар мен кесек тастар енген үйінділерді есептемегенде, кез келген топырақтарда қолдануға болады.

Қабыққадаларды қалыңдығы едәуір осал топырақтарды өту қажеттілігі бар болғанда және іргетасқа үлкен күш түсетін жағдайларда қолдану тиімді болып табылады.

Егер иленгіш топырақтарда елеулі жеке күштер түсетін болса, әсіресе, көтергіш қабаттар беті әртүрлі тереңдікте орналасса, онда пайдалануға бұрғыланып толтырылған қадалар ұсынылады.

Бұрғылау қадаларды жұмыр тастар, қиыршық тастар, жұмыр ұсақ тастары бар осал қабаттарды кесіп өту талап етілетін күрделі инженерлі-геологиялық жағдайларда, сондай-ақ ғимараттарды қайта құру, іргетастарды нығайту барысында, бұрыннан бері тұрған ғимараттар мен жанадан салынып жатқан ғимараттардың қосылу жерлерінде қолданады.

L қаданың ұзындығы көтергіш ретінде пайдаланылатын қабаттың орналасу тереңдігіне байланысты қабылданады. Аталған мысалда қабатқа қада (тастан басқасы) $l_z \geq 1,5 \text{ м}$ бітеу түрінде батырылып орнатылады, бірақ та осы мөлшер қаданың 3 диаметрінен аспауға тиісті.

Топырақтар біртектес болғанда қадалардың ұзындығы әртүрлі ұзындықтағы қадаларды техникалық-экономикалық салыстыру арқылы белгіленеді.

Сығылуды қабылдайтын қада ростверкке $\Delta_z \geq 0,05 \text{ м}$ мөлшерде бекітіліп тасталады. Жұлыну (майысу) жағдайында жұмыс істейтін қадалар үшін Δ_z есептеліп қабылданады. Қаданың жалпы ұзындығы:

$$L = \Delta_z + \sum_{i=1}^n h_{gi} + l_z \quad (7.12)$$

формуласы бойынша анықталады.

Осы теңдікте h_{gi} көтергіш қабатынан жоғарырақ орналасқан кесіліп өтілетін осал топырақ қалыңдығы.

Қағып батырылатын қадаларды пайдалану барысында қаданың ұзындығы ең таяу номенклатуралық мөлшерге дейін ең үлкен көрсеткіш жағына қарай орташа есептеледі, топырақта әзірленетін қадалар үшін ол 0,1 м. шамамен еселенеді.

Қысқа қадалардың көтергіштік қабілеттері төмен, ал ростверктерінің көлемдері үлкен болады. Қада ұзындығының ұлғаюы қадалар сандарының қысқартылуы есебінен бетон шығындары мен ростверк көлемдерінің қысқартылуына мүмкіншілік береді. Сонымен қатар қаданың батырылуы, тереңдігінің ұлғайтылуы, олардың бағасының қымбаттауына әкеледі.

Қада ұзындығын анықтағаннан кейін, оның көлденең өлшемдерін қабылдайды. Қаданың көлденең қимасының көлемі қаданың қажетті көтергіштік қабілетін қамтамасыз ету талаптарына сәйкес нақтыланады. Мұндайда, әрине техникалық-экономикалық салыстыру әдісі қолданылады.

7.3.5. Ростверктің жуық салмағын анықтау және ростверктегі қадалар санының тағайындалуы

Ростверктегі қадалар санын анықтау үшін ростверктің жиегіне ықпал ететін салмақтан басқа ростверк пен топырақтың салмағын да, сондай-ақ қаданың көтергіштік қабілетін де есепке алу қажет.

Қадалы іргетасты жобалау үрдісінің ең басында ростверктің орташа салмағын анықтау үшін инженерлік әдіс пайдаланылады. Қадалар арасындағы ең аз арақашықтық $3d$ екендігін есепке ала отырып, ростверк етегінің астындағы шартты қысымды қадалар қабылдайтын барлық жүктемелер топыраққа беріледі деген болжам қабылданады.

Осындай жағдайда ростверктің астындағы негізге түсірілетін орташа қысым:

$$p_g = F_R / (3d)^2 \quad (7.13)$$

тендеуі бойынша есептелінеді.

Осы теңдікте F_R - қаданың есептік кедергі күші, κH

A_g, m^2 - ростверк етегінің ауданы мен оның кемерлеріндегі топырағы бар орташа салмағы формулалар бойынша анықталады, сондай-ақ ростверктегі бағаналар ретінде пайдаланған қадалар санын да ҚНЖЕ формулалары бойынша анықтайды.

7.3.6. Ростверкті құрастыру

Ростверкті құрастыруды жоспарлағанда қадаларды орналастырудан бастайды. Осындайда қадалардың барлық күштерді біріктіретін күш сызығы ростверк табанының деңгейіндегі салмақ орталығы арқылы өтетіндей етіп тығыз орналастырылуына ұмтылу керек. Әрине, қадаларды орналастыру олардың санына байланысты. Тура ортасынан жүктелетін іргетастарда қадаларды бағанның көлденең қимасына қатысты симметриялық әдіспен орналастырады.

Ортадан тыс жүктелген іргетастарда келесі шешімдер қабылдануы мүмкін:

- қадаларды баған ортасына қатысты симметриямен орналастырады, алайда, олардың санын еселік енгізу арқылы сәтті қабылдап алу үшін көбейтеді. Осындайда барлық қадалар бірдей жүктелінбейді. Бағанның ортасынан барынша алыстатылған қадалар көбірек жүктелінеді.
- қадаларды, барлық күштердің тең әсерлі күші іргетастың салмақ орталығы арқылы өтетіндей етіп орналастырады. Мұндайда барлық қадалар біркелкі жүктеледі.
- қадаларды, ростверктің табан ортасын бағанның көлденең қимасына қарай e_m эксцентриситетінің орташа мөлшеріне тең ығыстырылатындай қылып орналастырады. Мұндайда барлық қадалар біркелкі жүктелген болып табылады

Іргетасты аударып кететін күштер мәні тұрақты болған жағдайда қадалар екінші және үшінші шешімдер бойынша орналастырылуы мүмкін. Ғимараттар қабырғаларының астына қадаларды қабырға бойымен қатарлап орналастырады. Қадаларды бір қатарға орналастырғанда ғимарат бұрыштарында қадалардың бар болуы міндетті түрде керек, ал қабырғалар қиылысқан жерлерде қадалардың бар болуы орынды. Қағып батырылатын топыраққа капсырылған қадалардың арасындағы ең аз арақашықтық - $3d$ болып қабылданады. Тіреу – қадалар арасындағы арақашықтық реттелінбейді және күш мәні мен олардың топыраққа бату мүмкіндіктеріне байланысты қабылданады. Бұрғыланған, толтырылған, қабықша болып табылатын қада- бағандар арасындағы арақашықтық кем дегенде 1 м болуы тиіс. Қағу барысындағы қаданың жобалық орналасуынан мүмкін болып табылатын ауытқуды есепке алғандағы қада шетінен ростверк шетіне дейінгі арақашықтық кем дегенде 5 см болуы тиіс. Қадаларды тиімді орналастыру үшін қадалар қағу барысындағы ауытқушылық $0,2\text{ d}$ болуы мүмкін.

Қадалар ростверкпен еркін немесе қатқыл түрде жанасулары мүмкін.

Қада мен ростверктің еркін тірелуі қада басының құймалы тұтас ростверкке $5\text{--}10\text{ см}$ бітелуі арқылы да жүзеге асырылады.

Қадалардың ростверкке қатқыл түрде бітелуі осал топырақтарда, сондай-ақ іргетасқа көлденең, жұлып алатын

күштер әсер еткенде орын алуы көзделеді және қаданы немесе жұмыс арматурасының ростверкке ҚР ҚНЖЕ талаптарына сәйкес бітелуі арқылы қамтамасыз етіледі.

Ростверктерді есеп бойынша немесе конструктивтік түрде арматуралайды. Ростверктің құрастырылуы ростверк және топырақ салмағын (оның кемерлеріндегі) анықтаумен аяқталады.

Ростверктің N , кН. баған астындағы салмағы:

$$N_g = \gamma_f V_g \gamma_b \quad (7.14)$$

формуласы бойынша анықталады.

Осы формулада V_g - ростверктің көлемі, m^3 ; $\gamma_b = 24 \text{ кН/м}^3$ - темірбетонның меншікті салмағы.

Ростверктің сатыларындағы топырақтың салмағы N , кН келесі формула бойынша анықталады:

$$N_{gg} = \gamma_f V_{gg} \gamma' \quad (7.15)$$

Осы формулада V_{gg} - топырақтың көлемі, m^3 ; γ' - ростверк табанынан жоғары орналасқан топырақтың меншікті салмағының орташа мәні, кН/м^3 .

7.3.7. Ростверк беріктігін тексеру

Есептеу шекті күйлер жағдайларының бірінші тобы бойынша жүзеге асырылып, ростверктің беріктігі: ростверк бағанмен басылып сындырылуына; көлбеу қималарда үлкен қирататын көлденең күш пайда болуына; ростверктің тақталы бөлшегінің майысуына есептеліп тексеріледі.

Ростверктердің, есептеу барысындағы, тайыз орнатылатын іргетастардан негізгі айырмашылығы: басып сындырылудың пирамидасы бағандар қималарының сыртқы шектерінен немесе бағанның астындағы бөлшектен бастап қадалардың бағанға қараған және оның қимасының шеңберінен шығатын көлденең қималардың шектеріне дейін салынады. Осындайда тексерілетін қималар міндетті түрде басып сындырылатын сызыққа (көлденең күшке) қарай 45° бағыттталынуы міндетті емес.

Басып сындырылу (еңкейген қима) пирамидасынан тыс жерлерде орналасқан есептік күш (жиынтығы) басып сындыратын (көлденең күш) күш болып табылады. Басып сындырылу пирамидасының және еңкейген қималардың көтергіш қабілетін ҚР ҚНЖЕ талаптарына сәйкес анықтайды.

7.3.8. Қадалы іргетастың шөгуін есептеу

Есептеу қадалы іргетастың топырақты негізін шекті күйлер жағдайларының екінші тобы бойынша тексерілуіне қатысты болып табылады, сондықтан да есептеуде іргетастың жетесінде әсер ететін күш N_{0II} пайдаланылады.

ҚР ҚНЖЕ қапсырылған қадалардың шөгуін анықтауға арналған есептік сұлбаны қолдануға ұсынады. Осы сұлба бойынша есеп шартты түрде қадалар мен олардың маңайындағы топырақтан құралған, 7.14-суретінде көрсетілген, $ABCD$ шартты іргетастың шөгуін табу болып саналады.

Шартты іргетас жоғары жақтан – тегістелген жер бетімен; бүйірлерден - қадалардың шеткі қатарларының сыртқы шеттерінен $htg(\varphi_{II,ml})$ ара қашықтыққа дейін алады, алайда, қадалардың төменгі ұштарының астында балшықты топырақтар жататын жағдайларда $2d$ аспайтын арақашықтыққа; төменде – қадалардың төменгі ұштарының деңгейіндегі жазықтықпен шектеледі.

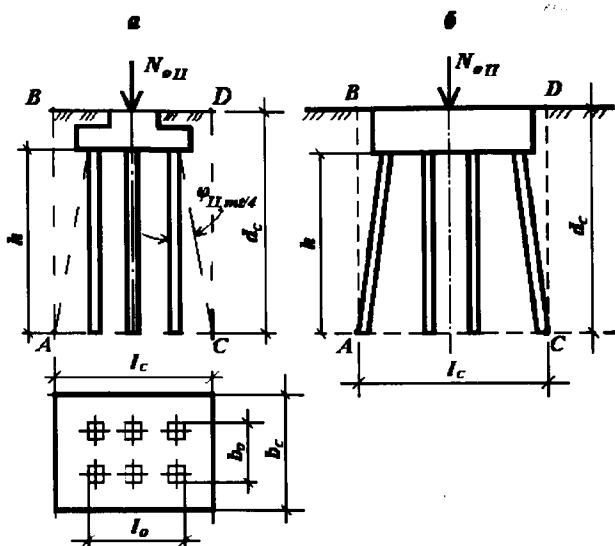
Құрамындағы қадалардың орналасуына байланысты шартты есептік көлем өлшемдері 7.14б-суретінде көрсетілген. Шартты іргетастың ені мен ұзындығы:

$$b_c = b_0 + 2htg(\varphi_{II,mt} / 4) \quad (7.16)$$

$$l_c = l_0 + 2htg(\varphi_{II,mt} / 4) \quad (7.17)$$

формулалары бойынша анықталады.

Осы теңдестіктерде b_0 , l_0 – ростверк табанының шеткі қатарларының сыртқы шеттері арасындағы арақашықтықтар.



7.14-сурет. Қадалы іргетастардың сұлбалары
(олардың шөгуін есептеу үшін қолданылады):

a - тік тұратын қадалар; *б* - жантайып тұратын қадалар; *ABCD* - шартты іргетас; $b_c l_c$ - шартты іргетас табанының ұзындығы мен ені

Шартты іргетастың салмағын:

$$N_c = b_c l_c \sum_{i=1}^n \gamma_{\text{III}} h_i \quad (7.18)$$

формуласы бойынша есептейді.

Есепті ҚР ҚНЖЕ реттелген әдіспен жүзеге асыру үшін әуелі:

$$p_{\text{II}} = (N_{0\text{II}} + N_c) / (b_c l_c) < R \quad (7.19)$$

шарты орындалуы қажет.

Мұнда p_{II} - топыраққа іргетастың табаны бойынша түсірілетін шартты қысым, кПа ; $N_{0\text{II}}$ мен N_c - тиесінше, растверктің жиегі мен шартты іргетасқа түсірілетін салмақ, кН ; b_c мен l_c - тиесінше, шартты іргетастың ені мен ұзындығы; шартты іргетас табанының астында орналасқан R - топырақтың есептік кедергісі, кПа .

(7.19) шарты орындалмаған жағдайда қадалардың ұзындығын немесе олардың санын көбейтеді. (7.19) шарты орындалғанда іргетас шөгуінің есебін жүзеге асырады.

Әрбір элементарлық қабаттың шөгуін жинақтау әдісін өте жиі пайдаланады.

Қадалардың ұшынан төмен орналасқан негіз топырақтарының шөгуін шартты іргетастың табанындағы қосымша қысымды есептеу арқылы анықтайды.

Шөгуді есептеу:

- табиғи кернеулер эпюраларын салу;
- қосымша кернеулер эпюраларын салу;
- қысылатын топырақ қалыңдығын анықтау;
- шөгуді есептеу кезеңдерінен тұрады.

Іргетастың есептік шөгуі (7.10) (7.11) шарттарға сәйкес ғимараттар үшін шекті болып табылатын мәндерден аспауға тиіс.

7.4. Терең орнатылатын іргетастардың түрлері, оларды салу әдістері мен тәсілдері

Терең орнатылатын іргетастар:

- топырақтың жоғары қабаттары осал болған;
- іргетасқа үлкен аудару күштер түскен (мысалы, көпірдің тіректеріне);
- ғимараттың астында жерасты үй-жайлар жобаланғанда жағдайларда қолданылады.

Терең орнатылатын іргетастардың кеңінен тараған түрлеріне:

- терең тіректер (бағандар);
- шлицті іргетастар;
- қорапты іргетастар жатады.

Терең орнатылатын іргетастар қазаншұңқырлы және қазаншұңқырсыз әдістерімен салынады.

20-ғасырдың басында көпір тіректерінің құрылысында дамыған «Түсірілетін құдық» әдісі терең орнатылатын іргетастардың құрылымдық технологияларының бірі болып табылады. Ол ашық қазаншұңқырлардағы жұмыстарды жүргізу күрделі немесе қаржы жағынан тиімсіз болғанда 5 метрден ас-

там тереңдікте топырақтардың көтергіш қабаттары орналасқан жерлерде қолданылады.

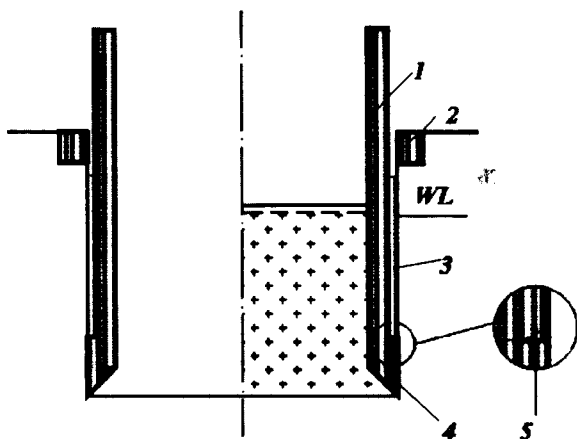
Өнеркәсіптік құрылыста «түсірілген құдық» әдісін қолдану технологиялық жабдықты орналастыру сынды өзекті мәселені шешеді. Азаматтық құрылыста осы әдіс бас тоғандар мен су станцияларын, жер астындағы гараждарды және т.б.арнайы ғимараттарды салу барысында пайдаланылады.

«Түсірілген құдық» әдісімен салынатын құрылыстарды келесі үлгіде топтастырады:

- материал бойынша (бетон, темірбетон, металл);
- батыру әдісі бойынша (су құйып салу, суды төмендету, филтрден өткізу);
- құрылымы бойынша (қалың қабырғалы және жұқа қабырғалы);
- түрі бойынша (дөнгелек, тік бұрышты және жоба бойынша);
- әзірлеу әдісі бойынша (дайын түрдегі, жинақталатын).

әдістің сипаттамасы: олардың ішінде келешек құрылыстың пішіні бойынша *7.15-суретіне* сәйкес форшахта (тік бұрышты қимасы бар темірбетон қаңқалы) орналастырады. Одан кейін болаттан әзірленген немесе арнайы арматураланған темірбетоннан және болаттан парақпен жабылған төмен түсірілетін құдықтың темірбетонды пышағы әзірленеді. Ол төмен түсірілетін құдықтың кесуші бөлігі, пышақтың құрылымы топырақтардың түрлері мен батыру технологиясына байланысты келеді.

Пышаққа тұтас темірбетон немесе зауытта әзірленген блоктар, панельдерден жинақталған құдықтың қабырғалары орнатылады. Қабырғалар тұрғызылғаннан кейін немесе қабырғалардың тұрғызылуы барысында топырақ құдық ішінде, оның пішіні бойынша қазылып алынады. Құдық өзінің салмағымен төмен қарай жылжи түседі. Егер де құдық суға қаныққан, қорыстық қасиеттері бар, осал топырақтар жағдайында батырылатын болса, құдықты, астыңғы жағынан су, лайлы топырақ басып кетуі мүмкін. Мұндайда құдықтар екі әдіспен түсіріледі. Бірінші әдіс – құдықтың маңайындағы топырақ бекітіледі. Екінші әдіс – құдық топырақ суларына толғанын күтіп, топырақты, мысалы, грейферлармен су астында қазады.



7.15-сурет. Түсірілетін құдықты құрғақ (сол жакта) және су астындағы (оң жакта) топырақтар жағдайларында түсіру:

1 - құдықтың қабырғасы; 2 - форшахта; 3 - балшықты ерітінді;
4 - пышақ; 5 - манжета

Құдық берілген тереңдікке дейін түсірілгеннен кейін, оның іші бетонмен толтырылады, ал ішкі кеңістігі жерастындағы жай ретінде пайдаланылатын болса, тұтас темірбетон табан салынады.

Топырақ пен құдық араларындағы үйкеліс күштерін азайту үшін төмен түсірілу барысында құдықтар қабырғаларының сыртқы диаметрін пышақ диаметрінен 10-20 см кем етіп әзірлейді. Осындай іс-әрекеттерден кейін құдықтың қабырғасы мен топырақ арасында саңылау пайда болады. Саңылау топырақтық қабырғаның тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін аккыш күйдегі арнайы балшықпен толтырылуы мүмкін.

Құрылымды элементтердің мөлшерлері мен түсірілетін құдықтарды арматуралау құрылыс барысындағы салмақтар мен ықпал етулер арқылы анықталады. Түсірілетін құдық технологиясы бойынша жұмыстарды жобалау барысында келесі есептерді жүзеге асыру қажет: құдықтың, топыраққа қажалып тұрып қалмайтындай қажетті салмағын есептеу; түсірілгенге дейін және түсірілу барысында топырақта туындайтын көлденең күштердің әсерінен құдық қабырғаларының беріктігін есептеу; түсіру кезінде қиғаштанған құдық қабырғаларының беріктігін есептеу; жоғарғы жағы топырақта қысылып қалған құдық

кабырғаларының жарылып кетуге төтеп беру қабілетін есептеу; пышақтың беріктігін есептеу; Архимед күштеріне қарсы тұра алатын құдықтың қажетті салмағын есептеу.

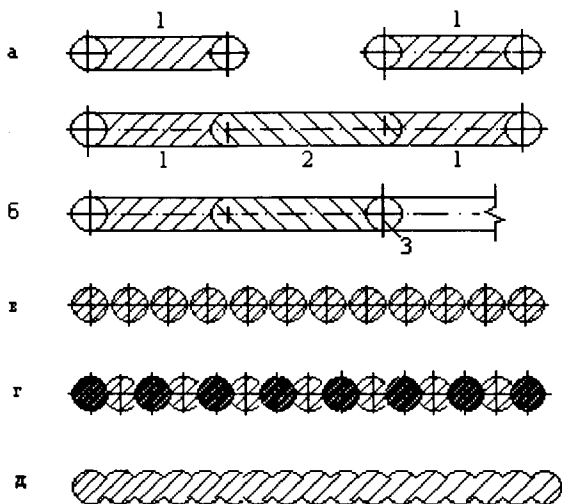
Осы әдіске тән кейбір кемшіліктер: құрылыс мерзімінің ұзартылуы, бетонның беріктік қасиеттерінің толық пайдаланбауы. Мұның бірден-бір себебі «түсірілетін құдықтың» қиғаш тұрып қалуы құрылыс тәжірибесінде өте жиі кездеседі; Сондықтан, кейде «түсірілетін құдық» орнына іргетастардың басқа түрлерін қарастырған тиімді болып шығады. Бірақ, инженерлік-геологиялық жағдайдың күрделілігіне байланысты қосымша тәсілдер мен шаралар қолдану қажет болуы мүмкін. Олар: ашық қазаншұңқырдағы суды төмендету, шпунтты қоршау, **«топырақтағы қабырға»** әдісін қолдану.

«Топырақтағы қабырға» әдісі терең іргетастар, сондай-ақ жерастында терең орналасқан құрылыстар салудың аса дамыған әдістерінің бірі болып табылады. Осындай құрылыстарға алғаш патенттерді 1952 жылы Италияда проф. Ведер және 1953 жылы Марконимен бірігіп алған.

Осы әдісте құрылымдар тар қазбада (орда) құрылыс пішіні бойынша *7.16-суретіне* сәйкес (бірқатар жағдайларда келешекте бетондалатын орлардың орнына қадалар пайдаланылады) «орналастырылады», онан кейін алдын ала тұрғызылған қабырғалардың қорғауымен ішкі көлемнен топырақты алып тастайды, табан, жабын мен басқа да құрылымдар орналастырылады.

«Топырақтың ішіндегі қабырға» әдісі ғимараттардың жер астындағы қабаттары мен су жеткізуші және сорғы станцияларының көліктік құрылыстарында, сонымен қатар әртүрлі инженерлік нысандар жобалау барысында қолдануға ұсынылады.

Осы әдістің артықшылығы жерастында тұрғызылатын құрылыс пішінінен тыс жерлерде жұмыстар жүргізілмеуіне байланысты тығыз қалалық құрылыс салу жағдайларында айқын көрінеді. Сонымен қатар осы әдіске сәйкес жоспарда кез келген конфигурациялы қабырғалар орнатуға болады. Бетонның сапасына деген жоғары талаптар мен күрделі, арнайы технологиялар қажеттілігі осы әдістің негізгі кемшілігі болып табылады.



7.16-сурет. «Топырақтағы қабырға» түрлері:

*а - біріктірілетін орлар; б - бөлшектеп толтырылған үздіксіз ор;
в - бір-бірімен жанасатын қадалардан жасалған ; г - бір-бірімен
қиылысатын қадалардан жасалған; д - бір-бірімен қиылысатын
қадалардан әзірленген орларда жасалған; 1,2,3 - бетондау тәртібі*

Пайдалану мақсаты бойынша топырақтағы қабырғалар: көтергіш, қоршайтын және су өткізбейтін сияқты үш топқа бөлінеді.

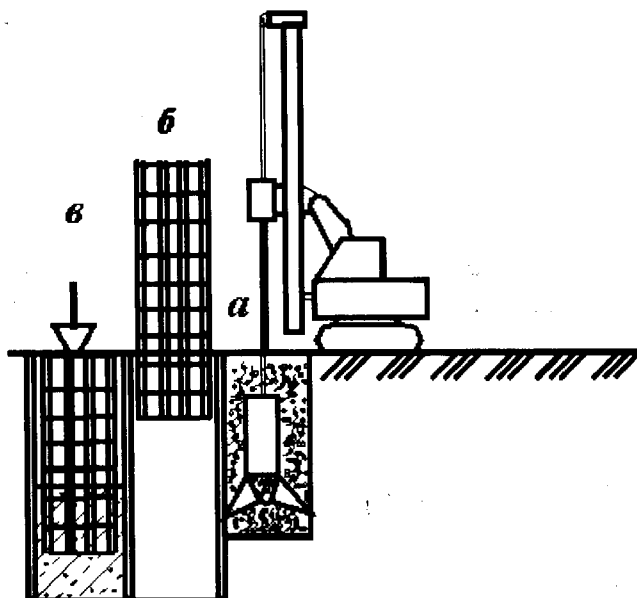
Топырақтағы қабырғалар тұтас немесе зауытта шығарылған темір бетондық элементтерден жинақталған етіп жобаланады, сондай-ақ бұрғылап толтырылатын қадалардан да жасалады.

7.17-суретіндегі **траншеялық (ордағы) қабырғаларды** әзірлеу технологиясы арнайы күрделі жабдықты талап етеді. Ең алдымен, салынуы жоспарланған қабырға бойында екі параллельді темірбетонды арқалық түрінде форшахта орналастырылады. Форшахта арқалықтарының арасында, ұзындығы 3-4 м бөлшектерге бөле, қабырға бойымен (30 м-ге дейін және онан да астам тереңдікке) ені 0,5-1 м ор қазылады. Қабырғалардың тұрақтылығын камтамасыз ету үшін ор аққыш күйдегі арнайы балшықпен толтырылады.

Қазылған орға арматуралық қаңқа салынады да ТҚҚ әдісімен бетондау жүзеге асырылады.

Қабықша-қадалар. Негізінен қабықша-қадаларды, диаметрі 1,5-3 м, қабырғасының қалыңдығы 12-15 см болып табылатын жеңіл түсірілетін құдық түрінде қарастыруға болады. Қабықша-қадалар топыраққа дірілдеткіш немесе дірілдеткіш балғамен батырылады. Батыру барысында топырақ мерзім сайын құбырдың ішкі қуысынан алынып тұрады.

Қажетті тереңдікке дейін батырылған құбырдың ішкі қуысы бетонмен толтырылады. Қабықша-қада тұтас тасты қабатқа тірелген жағдайда ол арқылы шың құзға диаметрі құбырдың ішкі диаметріне тең келетін қысқа (1-2 м) ұңғыма бұрғыланып, құбырмен бірге бетонмен толтырылып орнатылатын қада-қабықшаның тұтас тасқа деген бітеуі болып табылады.



7.17-сурет. Тұтас қабырғаның құрылымы:

а - қазу; б - арматуралық қаңқаны түсіру; в - ТҚҚ әдісімен бетондау

Қада-қабықшалар әсіресе, көпір құрылысында кеңінен тараған, өйткені оларды судың бетінен төмен түсіріп, қада-баған немесе көтерілген ростверкті кадалы іргетас орнатуға болады.

Кессон. Суға қаныққан және қорыстық қасиеттері бар топырақтар тараған жерлерді, бетін ауаның қысымымен басты-

рып қазуға болады. Жер қазу жұмыстарын жүргізудің осындай әдісін **кессонды әдіс** деп атайды. Кессонды әдіс тоннельдер өткізгенде, көпірлік тіректердің құрылымдарын орнатқанда қолданылады.

Негізінен оны ерекше **түсірілетін құдық** түрінде де қарастыруға болады. Кессонда жұмыс орны қысылған ауамен толтырылады. Оның қысымы пышақтың кесуші жиегінің деңгейіндегі топырақ суларының қысымына тең болуға тиіс. Жұмыс орнына материалдарды жеткізу және адамдардың баруы шлюз арқылы жүзеге асырылады. Қазылатын топырақ жұмыс орнынан пульпа түрінде жоғарға тасымалданады.

ЖАСАНДЫ НЕГІЗДЕР

8.1. Жасанды негіздерді жақсарту түрлері

Негіздерде әлсіз топырақтардың болуына байланысты топырақ құрамын қатайтып жасанды түрде жақсартқан дұрыс. Жасанды негіздердің құрамын – конструктивті (нығыздау), физикалық-механикалық және физикалық-химиялық (бекіту) әдістерімен қатайтады.

Негіздерді дайындау құрылыс басында орындайды:

- конструктивті – әлсіз топырақтың бетіне құмнан төсеніш, шпунтты қоршауды қолданумен, топырақты арматуралау әдістерімен нығыздайды;
- физикалық-механикалық – әлсіз топырақтың көтергіш қабілетін үлкейту үшін үстіңгі немесе терең бекіту әдістері;
- физикалық-химиялық – әлсіз топырақты түрлі химиялық коспаларды инъекциялар арқылы, сонымен қатар топырақты отпен өңдеумен бекіту амалдарын жүзеге асыратын әдістер.

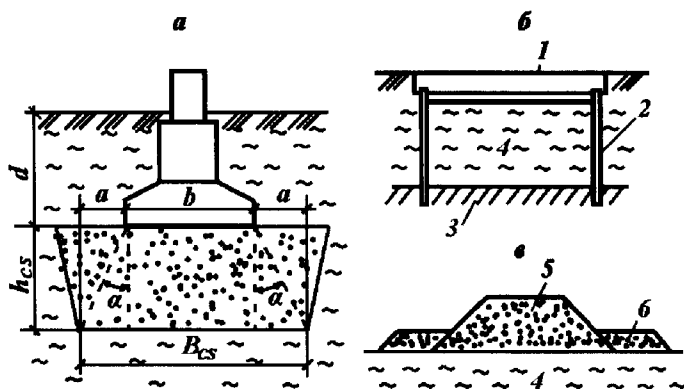
Бұл әдістерді таңдау негіздерді құрайтын топырақтар құрамына, қасиеттеріне, ғимараттардың конструкциялық шешімдеріне және салмағына байланысты болады.

8.2. Негіздерді конструктивті әдіспен жақсарту

Конструктивті әдістің жалпы құндылығы кез келген жағдайда қолдану мүмкіндігі болып табылады. Конструктивті әдістердің кемшілігіне материалды көлемінің көптігін жатқызу керек. Конструктивті әдістерді қолданудың негізі қарапайым аналитикалық есептердің көмегімен орындалуы керек.

8.2.1. Құмнан жасалған төсеніш

Құмнан жасалған төсеніш тікелей іргетас табаның астына орналастырылады. Құмнан жасалған төсеніш әлсіз топырақты мықты нығыздалған топыраққа ауыстырып негіздер жұмысын айтарлықтай жақсартады. Бұндай конструктивті әдістер 8.1-суретіне сәйкес топырақты төсеніш деп аталады.



8.1-сурет. Әлсіз топырақтағы құрылғы:

а - құмды төсеніштер; б - шпунтты қоршау; в - бүйірлі топырақ үйіндісі

Төсеніш материалдары ретінде ұсақталған тас, құм және басқа да түйіршікті топырақтар жатады, олар жақсы нығыздалады. Төсеніштерді кейде жергілікті топырақтан жасайды (құмдақ, саздақ). Бұл топырақтарды оптимальды ылғалдылықта нығыздау керек. Сонымен қатар мұндай төсеніштерді жобаланған іргетастардың есепті қату тереңдігінен де тереңге салу керек.

8.2.2. Шпунтты қоршау

8.1б-суретіне сәйкес бұл қоршауларды пайдалану іргетас табанының топырақтарының босауының алдын алады. Шпунтты қоршау келесідей орналасады: әлсіз топырақ арқылы іргетас контуры бойынша топырақтың қатысты тығыздығына дейін жететін төменгі бетіне шпунт салынады. Шпунттың үстіңгі беті көлденең бағытта орналаспауы тиіс.

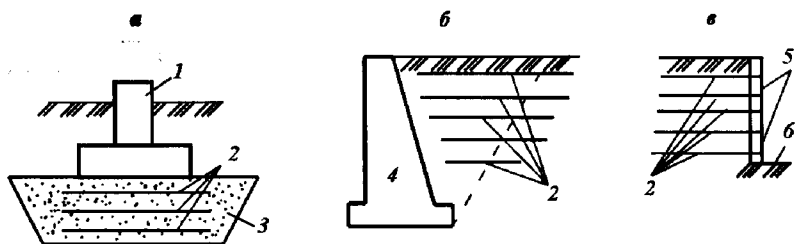
Әлсіз топырақ тәжірибеде осылайша жойылған құрылыс шөгінділері орын алады, алайда, негіздің тұрақтылығы бұзылмайды.

8.2.3. Бүйірлі топырақ үйіндісі

Бүйірлі топырақ үйіндісі кезкелген құрылыста жол берілмеуі қажет. Бүйірлі топырақ үйіндісі негіздер қабілеттілігін тасуда дамитын іргетас астындағы топырақ босауының алдын алу үшін қызмет етеді. Осыған байланысты бүйірлі топырақ үйіндісін қолдану негіздерге түсетін салмақтарды көбейткен жағдайда тиімді. Бүйірлі топырақ үйіндісі 8.16-суретіне сәйкес бөгеттер негіздерінің тұрақтылығын жоғарылатады.

8.2.4. Негіздерді арматуралау

Негіздердің жұмысын жақсарту үшін қолайлы уақытта топырақтарды арматуралау әдістерінен тұрады. Арматуралау элементтері түрлі материалдардан (геотекстилден металға дейін) жасалады және таспалы, қуысты немесе біркелкі түрлері болуы мүмкін. Созылудағы мықтылық және топырақпен жақсы қосылған арматуралау элементтері негіздердің көтергіш қабілеттілігін, сонымен қатар іргетастардың тұрақтылығын жоғарылата алады. Арматуралы негіздер түрлері 8.2-суретіне көрсетілген.



8.2-сурет. Топыракты негіздерді арматуралау:

*а - жасанды негізде; б - тірек қабырғаларда; в - қазаниұңқыр қабырғасында;
1 - іргетас; 2 - арматуралау элементтері; 3 - құмды төсеніш; 4 - тірек қабырға; 5 - құрама қаптама; б - қазаниұңқырдың табаны*

8.3. Топырақты негіздерді нығыздау әдістері

8.3.1. Топырақты негіздерді жер бетінен нығыздау

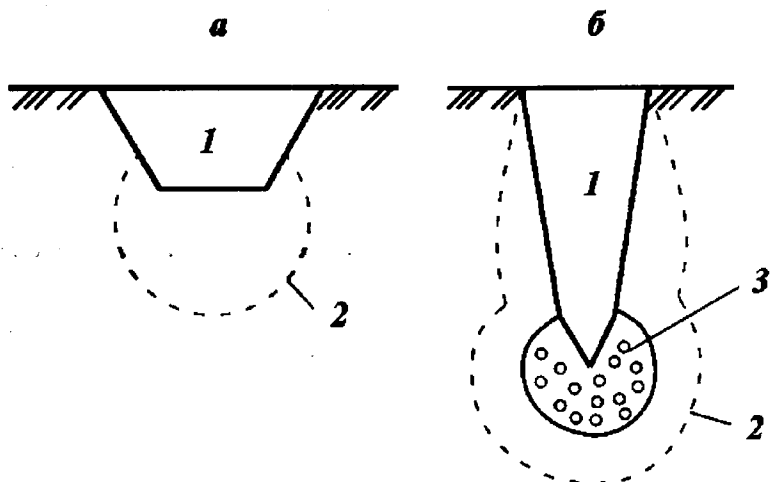
Топырақты негіздерді жер бетінен нығыздау түрлеріне биіктен ауыр жүк тастау, домалату және вибрациялық әсерлер арқылы нығыздау әдістері жатады. Топырақтың нығыздалуы қуыс көлемінің азаюы есебінен болады. Ол үшін 5-10 м биіктіктен лақтырылатын виброплита және ауыр тегістеуіштер пайдаланылады. Үстіңгі қабаттың нығыздалуындағы механизмдер топыраққа қысқа мерзімді әсер береді, бұл азаю, егер кез келген деңгейдегі топырақ қуыстарында ауа болған жағдайда жүзеге асуы мүмкін. Шанды-сазды топырақ үшін олардың үстіңгі қабатта нығыздалу қабілеті суды сору деңгейі бойынша бағаланады. Алаңдағы үстіңгі қабаттың нығыздалу нәтижесінде пайдаланылған механизмдерге байланысты қалыңдығы 0,1-ден 3м-ге дейін құбылатын топырақтың нығыздалу қабаты жасалады.

Топырақтың құралдармен нығыздалуы ауыр жүктің сокқысының әсерінен (6-12 рет) болады. Нығыздалу тәртібі тәжірибе түрінде жасалады, сол үшін оптимальды тығыздық және ылғалдылық аныкталады. Қазаншұңқырдағы әлсіз топырақтар деңгейі нығыздалу барысында төмендейді, жұмыс басында төмендеу белгісі жобалық мөлшермен қабылдайды. Егер үстіңгі қабат 5-8 см төмендесе, онда нығыздалу мақсатына негізделген деп қабылданады. Топырақтың борпылдақтығына байланысты ауыр құралдармен нығыздалатын үстіңгі қабаттың төмендеу мөлшері 40-60 см жетеді.

Тегістеу кемшілігіне еңбектің төменгі өнімділігі жатады. Топырақтың үстіңгі қабатының нығыздалуында іргетас есебін екі қабат негіздерге арналғандай етіп жасау қажет. Үстіңгі қабаттың көтергіш және шөгу сипаты сынақ нәтижесі бойынша анықталуы қажет.

Қазаншұңқырлардың бір жерін арнайы құралдармен сокқылау көмегімен нығыздалған іргетас қуыстарын жасайды. Пайда болған қуыстарға іргетас жасайтын бетон құяды. Бұндай іргетастар 8.3-суретінде көрсетілген.

Қазаншұңқырлардың нығыздалып орнатылуы олардың суды сіңіруіне және өткізгіштігіне байланысты. Болашақ іргетас орнату кезінде құралдар салмағы 1,5-тен 10 тоннаға дейін болады және 4-8 м биіктіктен лақтырылады. Бір жерге құралдарды бірнеше рет лақтыруды қамтамасыз ету үшін крандар немесе экскаваторлар бағытталған тіреуіштермен жабдыкталады.



8.3-сурет. Қазаншұңқырларда нығыздалып орнатылған іргетастар:
а - біркелкі жазықтықты табан; б - конусты табанды және ұсақталған тас кесекпен нығыздалған; 1 - іргетас; 2-нығыздалған топырақ аумағы; 3 - нығыздалған тас кесек

8.3.2. Топырақты негіздерді тереңдікте нығыздау

Құм және саз топырақтар үшін терең нығыздалу әдісі динамикалық әрекетке әсер ету қабілеттеріне және физикалық қасиеттеріне қарай байланысты. Терең нығыздалуда топырақтар вибрация әсерлеріне бейім.

Құм топырақтың терең нығыздалуы вибрациялық әсер, батыру вибраторы көмегімен жасалады. Вибраторлармен нығыздау аумағы және көлемі тәжірибе түрінде анықталып 7 м-ге дейінгі тереңдікте нығыздауға мүмкіндік береді.

Құмды нығыздаудың аса тиімді тәсілі жарылғыш энергияны пайдалану, тағы бір нығыздау тәсілі суды сіңіруді төмендету болып табылады. Судың өлшеулі қысымын алу есебінен топырақ суының деңгейін төмендетуде топырақ қаңқасының кернеуі жоғарылайды. Ұзақ әрекет ететін ағызу жағдайында бұл су беруге қабілетті әлсіз топырақтың нығыздалуына әкеледі (таспалы саз, шымтезектелген құмдақ және басқалар). Дұрыс сүзілмеген шанды-сазды топырақтар үшін тиімді нығыздалу электроосмос көмегімен орындалуы мүмкін. Осы мақсатта топырақты негіздерде электродтар орнатылады және олар арқылы тұрақты электрлі тоқ жібереді. Тоқтың өту шамасына қарай булы су иглофилтр түрінде жасалатын анодтан барып, катодта шоғырланады. Нығыздалу үдерісінде су иглофилтр тобынан ағылады.

8.4. Физикалық-химиялық әдістер

Бекіту топырақты негіздерге химиялық қоспалар немесе ерітінділерді электр тоғының әсерімен, жылыту және қатыру арқылы қысымды ұлғайтумен орындалады. Топырақтың инъекциялы бекітілуі олардың суды сіңіруі (сүзілуге қарсы) немесе мықтылығын арттыру мақсатында жасалады. Қойылған мақсатқа жету үшін топырақ құрамына байланысты қоспалар немесе ерітінділердің қасиеттерін анықтап, бекіту аумағының көлемі анықталады.

8.4.1. Цементтеу

Цементтеу сінімділікке ие топырақтың бекітілуі үшін қолданылады. Тәжірибе бойынша сулы цементтің топырақтарға сіңуі, олардың көлемі құм көлемінен 5,5 есе аз болу керек. Цемент ерітінділері біраз көлемді қамтып құмдармен байланысты жағдай да болып, негіздерді қатайтып бекітеді.

Цементтеу қасиетіне жабысқақтығы, экологиялық тазалығы және қолайлылығы жатқызылады, ал кемшілігіне – су өткізгіштігі аз топырақтарда пайдалануға қиын жағдай туғызады.

8.4.2. Смолалау

Топырақты смолалау құрылымды қатты каркасты құрайтын қуысты кеңістікте қатаятын синтетикалық смола ерітіндісін топыраққа қосудан тұрады. Инъекция үшін кең таралған материал-карбамидті суда ерігіш смола. Электролиттерді қосқанда смола сұйық күйден мықты ерімейтін кеңістіктік полимерге айналады. Смолалау қасиеті синтетикалық смола ерітінділері көп сіңірілетін қабілеті бар және ұсақ және шанды құм үшін жарамды, тез нығыздалатын, агрессивті ортаға және температураның өзгеру әсеріне қатқан топырақтың төзімділігін жатқызу қажет.

Смолалау кемшілігіне смоланың канцерогендігін, сонымен қатар реагенттердің жоғары улағыштығын жатқызу қажет.

8.4.3. Силикаттау

Топырақты силикаттау негіздерге силикат ерітінділерін қосқан кезде бөлінетін кремний қышқылды гелдің цементтеу қабілетіне негізделген. Силикаттау түрлі құрамды топырақ үшін қолданылады. Бекіту радиусы 30-дан 100 см-ге дейін болады.

Топырақтарды силикаттармен қатайтуда силикаттың жоғары қатаю қасиеті оның басты кемшілігі болып табылады, сонымен қатар ол хлорлы кальций сұйық шыны қосылғанда гелді құрайды және ерітіндінің топырақ түбіне сіңу мүмкіндігін береді.

Электрлі силикаттау саз топырақты бекіту үшін қолданылады. Осы топырақ қуыстарына реагенттерді қосқанда әрдайым электр тоғын өткізеді.

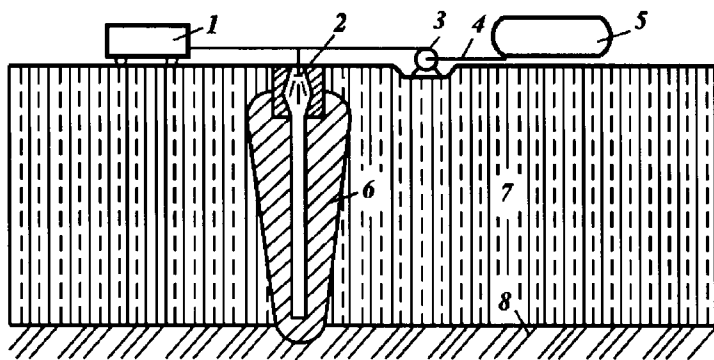
Электрлі силикаттау кемшілігіне қолданылатын энергиялық шығындарды, қосымша құрал-жабдықтар және техника қауіпсіздігін сақтауды жатқызуға болады.

8.4.4. Термиялық әдіс

Термиялық әдіспен сазды топырақты бекітуге болады.

Термиялық бекіту әдісінің негізі жоғары температура әсерінен топырақ құрамының байланыс мықтылығын арттырудан тұрады. Бұрғылау ұңғымасындағы топырақты күйдіру үшін отынды-газды, сұйық немесе қатты заттарды жағады. Ұңғымадағы жану үдерісін қуаттау үшін қысыммен ауа жібереді. Ұңғымадағы температураны сақтап қалу үшін ауа және от беруде топырақты бекіту немесе күйу температурасы 350 С төмен болуы қажет. Отынды жакқан кезде ұңғыманың үстіңгі жағында топырақтың күйген бағанасы 8.4-суретіне сәйкес шашыраңқы конус формасын алады. Күйген топырақтың төменгі баған бөлігінің көлденең қимасын кеңейту үшін ұңғымада жылынған газды сүзгілеу үдерісін реттеу қажет.

Макроборпылдақ топырақтың күйуі, мәселен, 5-10 күнге ұзарады. 1 м ұңғыма ұзындықтағы 80-180 кг сұйық отын шығынында 1,5-3 м диаметрдегі бекітілген топырақ бағанасы пайда болады.



8.4-сурет. Топырақты термиялық бекітілуі үшін қондыру үлгісі:

- 1- компрессор; 2 - форсунка; 3 - отынды жіберу сорғышы; 4 - құбыр;
5 - отынды сыйымдылық; 6 - бекітілген топырақ; 7 - саз топырақ;
8 - қатты топырақ қабаты

Топырақтардың термиялық беку қасиеті материалды сыйымдылық және тез қатайуы болып табылады.

8.4.5. Сорғалауыш технология әдісі

Топырақ құрамын жасанды түрде жақсартудағы сорғалауыш технология әдісінде (jet grouting method – «сорғалауышты бекіту әдісі») белгілі материалдарды, яғни цементті, суды немесе сазды ерітіндіні пайдаланады.

Топырақ негіздерін қатайту немесе іргетас құру келесі түрде іске асырылады: ұңғыманың бұрғылауын жасайды, ұңғымаға арнайы тесіктері бар инъектор салады; аса үлкен қысыммен (100 МПа) ерітінді береді; оның бірдей айналуымен инъектор көтерілуін орындайды; қажетті диаметр (3.0 м және одан аса) қатайған негіздерді қалыптастырады немесе қадалы іргетас құрайды.

Арнайы қысымды реттеу ірі топырақты қалыптастыратын негіздерде қалдырыла отырып, сазды бөлшектерін сулайды. Қатты қоспа араластырылған бұл құмдар топырақта айтарлықтай мықты іргетас салады. Осылайша, мықтылығы темір бетонға ұқсас, тереңдігі едәуір, тұтастығы біркелкі болады. Қоспа ретінде цемент қосады, инертті материал ретінде тазартылған ірі құм материалдары пайдаланады.

Топырақты негіздерді бекітуге, ғимараттың мықтылығын қамтамасыз ету үшін сорғалауыш технология әдісін қолдануға болады.

ЕРЕКШЕ ЖАҒДАЙЛАРДАҒЫ НЕГІЗДЕР МЕН ІРГЕТАСТАРДЫ ЖОБАЛАУДЫҢ БАСТЫ ҚАФИДАЛАРЫ

Табиғи құрылымы, белгілі жағдайлар сақталғанда ғана тұрақты топырақтар **құрылымы-тұрақсыз топырақтар** деп аталады.

Құрылымы-тұрақсыз топырақтар тобына:

- **сығылғыштығы жоғары, осал топырақтар;**
- **тондалған топырақтар және мәңгітоң топырақтары;**
- **сары топырақтар мен сары топырақ іспеттес топырақтар;**
- **тығыз сазбалшықты ылғалдылығы төмен топырақтар;**
- тау-кен қазбалары жүргізілетін аймақтардағы топырақтар енгізіледі.**

Суға қаныққан осал сазбалшықты саздақтар мен құмдақтар; тұнбалар, шымтезекті топырақтар; борпылдақ құмдар; салынды топырақтар, т.б. **сығылғыштығы жоғары** топырақтар қатарына жатқызылады, себебі бұлардың құрылыстық қасиеттері тұрақсыз, физикалық-механикалық көрсеткіштерінің мәндері төмен.

Тондалған топырақтар және мәңгітоң топырақтары қатқан, табиғи күйлерінде берік, көтергіштік қабілеттері өте жоғары болады. Бірақ, еріген кезде құрылым бұзылу салдарынан осы қасиеттерден лезде айырылып қалады.

Сары топырақтар(лёсс) табиғи құрғақ күйінде тұрақты, ал ылғалдылық деңгейі көтерілген жағдайда, қатты түйіршіктер арасындағы құрылымдық байланыстар бұзылады да, топырақтың беріктік жоғалтуына себеп болады.

Сазбалшықты, құрамында монтмориллонит минералы көп, сазбалшықты топырақтар ылғалдылық дәрежесі өзгеру барысында ісіп, кебеді.

Жоғарғы қабаттары біртіндеп отырып қалатын, ал жердің бетінде сырғу немесе шөгу мұлдасы болып табылатын, тостаған

сынды ойыс пайда болатын, тау-кен жұмыстары жүргізілетін аймақтардағы топырақтар да құрылымы тұрақсыз топырақтар тобына енгізілген.

Топырақ құрамына, оның түріне байланысты, белгілі мөлшерде ($\geq 5 \div 10\%$) тез еритін тұздар мен гипс енетін болса, олар топырақта суффозиялық құбылыстар туғызып, құрылыс мәселелерін қиындатып жіберетіні белгілі. Міне, сондықтан, тұздалған топырақтар да құрылымы тұрақсыз топырақтарға жатқызылады.

9.1. Қатты сығылатын осал топырақтардағы іргетастар

9.1.1. Қатты сығылатын осал топырақтарға орнатылатын ғимараттар негіздерінің есептеу ерекшеліктері

Есептеу шекті күйлер жағдайларының екі тобы бойынша жүргізіледі.

Шекті күйлер жағдайларының бірінші тобы бойынша есептеу міндетті болып табылады. Негіздің көтергіштік қабілетін анықтағанда топырақтардың кернеулік күйінің тұрақтандырылмағандығы есепке алынуға тиіс.

Осал топырақтардан құралған негіздерді шекті күйлер жағдайларының екінші тобы бойынша есептеудің өз ерекшеліктері бар, атап айтқанда, егер тікелей іргетас табанының астында, қалыңдығы іргетастың енінен асатын осал топырақтың қабаты орналасқан болса, негіздің шөгуі іргетастың табаны бойынша әсер ететін қысымның толық мәніне есептелінеді.

Кейде, осал топырақтарда жобаланатын ғимараттарды шектен тыс шөктірмеудің бір жолы, іргетастардың салу тереңдігін ұлғайту немесе «қалқымалы» іргетас орнату.

Егер осал топырақтардан құралған негіздердің есептік шөгу мәні шекті мөлшерлерден астам немесе олардың көтергіштік қабілеті жеткіліксіз болса, онда құрылыс жобалау сенімділігін қамтамасыз ететін арнайы іс-шараларды қолданады.

9.1.2. Қатты сығылатын осал топырақтар жағдайларындағы іргетастар негіздерін жақсарту жөніндегі іс-шаралар

Іргетастар мен топырақтардың түрлеріне, олардың физикалық-механикалық қасиеттеріне, құрылыс алаңдарының гидрогеологиялық жағдайларына байланысты келесі арнайы іс-шараларды өткізу ұсынылады.

Суға қаныққан осал сазды топырақтар мен тұнбалар құрылысқа дейін, уақытша немесе тұрақты қосымша салмақ салу арқылы тығыздалады. Қосымша салмақ түсіру, көбінесе, құмды топырақ немесе басқа материалды құрылыс алаңының бетіне салу арқылы жүзеге асырылады.

Осал топырақтарды терең орнатылатын іргетастармен, мысалы, **қадалармен кесіп өту** (толық немесе жартылай) тиімді шаралардың бірі болып саналады, сондай-ақ кейде **осал топырақтарды** (толық немесе жартылай) сығылатын қалыңдыққа дейін құммен, қиыршық тастармен, ұсақталған тас кесектерімен **ауыстырады**.

Құрамында құмдақтар, саздақтар, сазбалшық пен тұнбалар кездесетін борпылдақ құмдар **құмды қадалармен терең тығыздатылады**. Тығыздау осал қабат табанының тереңдігіне дейін немесе бүкіл сығылатын қабат қалыңдығы бойынша жүзеге асырылады.

9.1.3. Ғимараттардың шөгуге деген әсералғыштығын төмендететін сындарлы іс-шаралар

Арнайы шаралар қолданылмаса, ғимараттар іргетастарының шөгуі, олардың құрылыстық құрылғыларында ішкі, қирататын күш-әсерлер туғызбай қоймайды. Ол, әрине, топырақты негізге байланысты десек те, ғимараттың түрін, конструктивтік шешімін және қанқа материалын қабылдағанда жобалаушының есінен еш шықпау керек. Сондықтан осал топырақтарда ғимарат негізіне берілетін қысымды азайту мақсатымен: тұтас, тақталы, қиылысатын таспалар түріндегі жалпақ, табаны жайылған

іргетастар жиі қолданылады. Мұндай іргетастар ғимараттың жалпы қатқылдығын арттырып, шөгу қиғаштығын түзетеді. Кейде, осал топырақтар жағдайында, жақсы нәтиже беретін шара-іргетастар мен қабырғаларды темірбетонды белдіктермен тартып тастау. Төменгі белдіктер іргетас табаны және жетесі арқылы, ал жоғарғылары әрбір қабат сайын өткізіледі. Ғимарат әсералғыштығын шөгу жіктерімен бөлшектеу арқылы да төмендетуге болады. Қарастырылып отырған мәселе ғимараттың иілгіштігін арттыру арқылы да шешіледі. Бұл шешу жолдарында, ғимараттың іргетасы мен жоғарғы жағы қирамай, топырақты негізін қуалай отырып иіледі. Жалпы, құрылысшылар мақтан ететіндей, кезкелген, өте күрделі топырақтық жағдайда барлық сындарлы әдістер қолданылынып, ғылыми негізінде тұрғызылған зәулім ғимараттардың саны, әлемдік тәжірибеде көбейіп келетіні куантады.

9.2. Сары топыраққа орнатылатын іргетастар

Сары топырақта орнатылған негіздер, топырағының ылғалдылығы белгілі бір деңгейден жоғары көтерілген жағдайда, сыртқы салмақ пен өз салмақтары әсерінен қосымша шөгуі (**лықсып шөгуі**) ескеріліп жобалануға тиісті.

Берілетін қысымдар мен ылғалдылықтың арту деңгейімен анықталатын сары топырақ шөгуінің сандық сипаттамасы түрінде **салыстырмалы лықсып шөгу** қабылданған.

Салыстырмалы лықсып шөгу:

$$\varepsilon_s = (h_{n.p} - h_{sat.p}) / h_{n.g} \quad (9.1)$$

формуласы бойынша анықталады.

Осы формулада $h_{n.p}$ – z тереңдікте әсер ететін қысымға немесе σ_{zp} қосымша кернеуге тең келетін h_{ng} қысыммен сығылған табиғи ылғалдылықтағы топырақ сынамасының биіктігі $h_{sat.p}$ – сол сынаманың сумен қанықтырылғандағы биіктігі; h_{ng} – сол сынаманың табиғи қысыммен сығылғандағы биіктігі:

Лықсып шөгетін, шөкпе топырақтардың ε_{sl} көрсеткішімен қатар p_{sl} -бастапқы лықсып шөгу қысымы мен бастапқы лықсып шөгу ылғалдылығы- w_{sl} негізгі сипаттамалары болып табылады.

Лықсып шөгетін топырақтар ғимараттардың негіздері болып жобалану барысында оның ылғалдылығын ұлғайтып кету мүмкіндігін ескеру керек.

Осы мүмкіндіктер келесі жағдайларда орын алу мүмкін:

- топырақтар суланған кезде–жер бетінен су басқанда және (немесе) жер астындағы сулар дейгейі көтерілгенде;
- топырақтағы ылғалдылық біртіндеп, түрлі себептерден жинақталған кезде;
- ылғалдылық бойынша лықсып шөгетін топырақтардың келесі есептік күйлерін ажыратады:
- оларды сулану мүмкіндігі орын алғанда – толық суға қанығу ($S_r > 0,8$);
- олар суланбайтын жағдайда – тұрақты ылғалдылықтың w_{eg} мағынасы.

Лықсып шөгетін топырақтар тараған құрылыс алаңдарының топырақтық жағдайлары екі түрге бөлінеді:

I - негізінен $s_{sl,p}$ топырақ сыртқы салмақтан ғана лықсып шөгуі мүмкін болып табылатын, ал өз $s_{sl,g}$ салмағынан лықсып шөгу жоқ болғанда немесе 5 см. аспағандағы топырақ жағдайлары;

II - $s_{sl,p}$ сыртқы салмақтан лықсып шөгумен бірге, топырақ өз салмағынан да лықсып шөгеді және оның мөлшері 5 см астам болып табылатын топырақ жағдайлары.

9.2.1. Сары топырақ жағдайларындағы негіздер мен іргетастарды жобалау ерекшеліктері

Негіз топырағының есептік кедергісі:

- топырақтардың сыртқы салмақ салынуынан іргетас табанының астындағы қысымды азайту арқылы бастапқы лықсып шөгу тудыратын қысымға ($R = p_{sl}$) тең;
- ҚНЖЕ формуласындағы φ_{II} мен c_{II} беріктілік көрсеткіштерін пайдалана отырып, суға қаныққан жағдайда анықталған есептік кедергіге тең;

- лықсып шөгетін топырақтардың сулану мүмкіндігі жоқ болғанда R негіз топырағының w_{eg} тұрақталған ылғалдылық жағдайында ҚНЖЕ-тың формуласы бойынша анықталған есептік кедергісіне тең;
- шөгу бойынша есептеу, лықсып шөгетін топырақтардағы іргетастар негіздерін жобалаудың аса маңызды бөлігі болып табылады, өйткені лықсып шөгудің абсолюттік мәні шекті мәнінен бірнеше рет артық болуы мүмкін. Іргетастардың шөгулері мен орнату әдістерін белгілеу негізінде топырақтардың табиғи күйін пайдалану мүмкіндіктері немесе топырақтар қасиеттерін жақсарту қажеттілігі туралы шешім қабылданады.

Топырақтардың лықсып шөгу қасиеттерін жою жөніндегі іс-шаралар көзделмеген жағдайда немесе осы қасиеттер тек жартылай ғана жойылатын болғанда және сулануға қарсы қолданылатын іс-шаралар жеткіліксіз болып табылатын жағдайларда негіздің лықсып шөгуін есептеп анықтау жүзеге асырылады.

Негіздерді лықсып шөгу бойынша есептеу барысында іргетас жұмысының жағдайлары мен сулану жағдайлары нақтыланып қарастырылады. Негіздің шөгуі:

$$s + s_{sl} \leq s_u \quad (9.2)$$

формуласымен анықталады.

Осы теңдеуде s -топырақты негіздің нығыздалу заңына сай шөгу мәні, s_{sl} –негіздің лықсып шөгу мәні; s_u - негіз бен ғимараттың бірлескен шөгуінің шекті мәні.

9.2.2. Лықсып шөгетін топырақтар жағдайларындағы іргетастар орнатудың негізгі әдістері

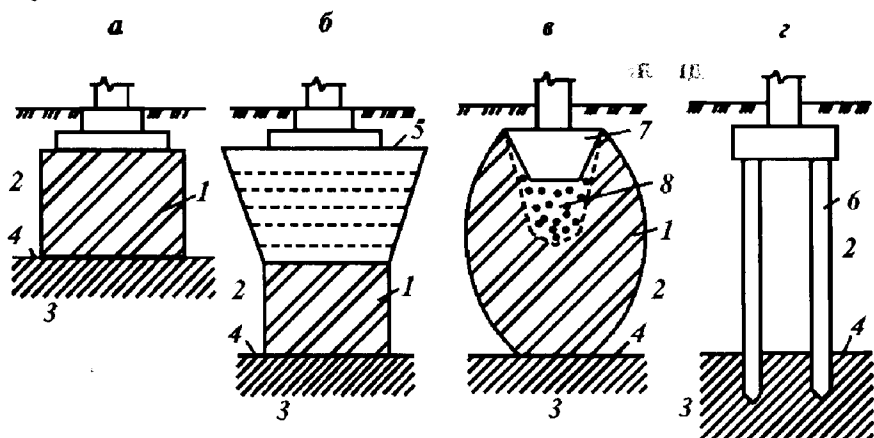
Сары топырақтардың сулану мүмкіндіктері бар болғанда:

- топырақтардың лықсып шөгу қасиеттерін жою;
- лықсып шөгетін топырақ қалыңдығын терең іргетастармен кесіп өту.
- судан қорғайтын және құрылымдық іс-шаралар қарастыру іс-шаралары жүзеге асырылады.

I типті топырақтық жағдайларында топырақтардың лықсып шөгу қасиеттері негіздің тек жоғарғы жағында ғана, алайда, осы көрсеткіш оның биіктігінен $2/3$ кем болмауға, ал есептелген шөгу мәні шекті мәнінің 50%-нан аспауға тиіс.

I типті топырақтық жағдайларында топырақтың лықсып шөгу қасиеттері 9.1-суретінде көрсетілгендей:

- іргетастардың табаны бойынша таратылатын қысым негіздегі бастапқы лықсып шөгу қысымынан аз болған мөлшерге дейін азайтылған жағдай;
 - топырақты салмағы 5-10 т және онан да көп етіп таңдалатын ауыр тоқпақтармен тығыздау барысы (а);
 - топырақтық төсем салу жағдай (б);
 - ашық қазаншұңқырда толтырылған қысқа немесе пирамида іспеттес қадалар орнатылған жағдай (в);
- лықсып шөгетін қалыңдық қадалармен кесілген жағдай әдістері арқылы жойылады.

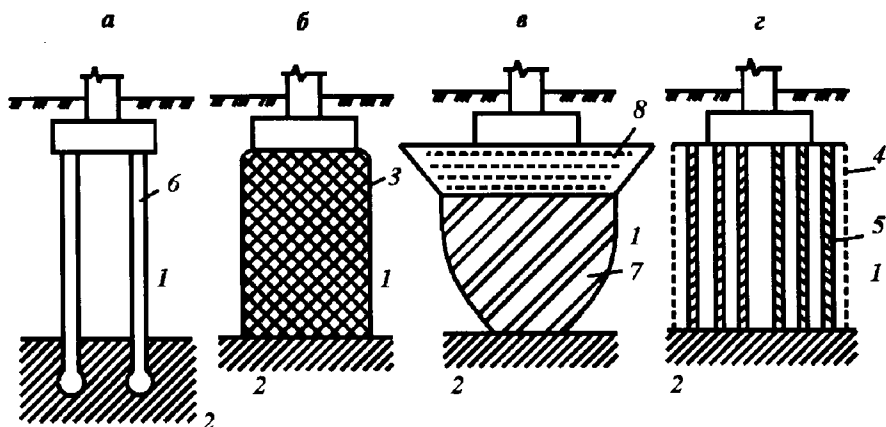


9.1-сурет. Лықсып шөгетін топырақтардың I тип жағдайларындағы негіздер мен іргетастар:

- 1- тығыздалған топырақ; 2- лықсып шөгетін топырақ;
 3-лықсып шөкпейтін топырақ; 4-лықсып шөгетін топырақтың төменгі шекарасы; 5-топырақтық төселгіш; 6-қадалар; 7 -толтырылған немесе қағып орнатылған іргетас, қысқа пирамидадағы ұқсас іргетас;
 8- топыраққа таптап кіргізілген шақпақтас

II типтегі топырақтық жағдайларында іргетастар орнатудың 9.2-суретінде көрсетілген:

- лықсып шөгетін қалыңдықты қадалармен немесе терең орнатылатын іргетастармен кесіп өту (а);
- топырақтарды бекіту;
- топырақтарды алдынала суландырып терең жарылыстармен және тоқпақтау әдісімен тығыздау (в);
- негізді топырақтық қадалармен тығыздау (г) әдістері жүзегі асырылуы мүмкін.



9.2-сурет. II типті топырақтық жағдайлардағы негіздер:

- 1 – лықсып шөгетін топырақ; 2 – лықсып шөкпейтін топырақ;
 3 – бекітілген топырақ; 4 – топырақтық қадалармен тығыздалған топырақ; 5 – топырақтық қадалар; 6 – толтырылған қадалар;
 7 – тығыздалған топырақ; 8 – ауыр тоқпақтармен тығыздалған топырақ

II типті топырақтық жағдайларында сондай-ақ судан қорғау іс-шаралары мен жердің табиғи бедерін сақтау қарастырылады. Топырақтардың мәселе туғызатын қабаты тығыздалғаннан немесе бекітілгеннен кейін олардың іргетас есептеуінде пайдаланылатын, физикалық–механикалық қасиеттерінің көрсеткіштері анықталады.

9.3. Кеулеулі (ісінбелі) топырақтардағы іргетастар мен оларды жобалау ерекшеліктері

Кеулеулі топырақтарда салынатын құрылыстардың негіздерін жобалаудың ерекшелігі – олардың көлемінің ылғалданған кезде ұлғая түсуі, ал ылғалдылығы азайғанда, топырақ көлемі кішірейеді, бұл кеуіп шөгу деп аталады.

Кеулеулі топырақтардың физикалық-механикалық қасиеттерінің негізгі сипаттамалары: e_{sw} - салыстырмалы ісінбелілігі және оның топыраққа түсірілетін қысыммен байланыстылығы; w_{sw} - ісіну ылғалдылығы; топырақтың S_{sh} - салыстырмалы кеуіп шөгуі, ісінудің p_{sw}^g - көлденең қысымы.

H_{sw} ісінбелі қабаттың қалыңдығы негіздің есептік сипаттамасы болып табылады.

Жергілікті ылғалдану және h_{sw} топырақтың ісіну барысында негіздің көтерілуі:

$$h_{sw} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{sw,i} h_i k_{sw,i} \quad (9.3).$$

Осы теңдеуде $\varepsilon_{sw,i}$ - i қабатты топырақтың салыстырмалы ісінуі; h_i - i - қабаттың қалыңдығы; $k_{sw,i}$ - еселік.

Іргетас табанынан z тереңдіктегі жиынтықтағы $\sigma_{z,tot}$ тік қысым:

$$\sigma_{z,tot} = \sigma_{zp} + \sigma_{zg} + \sigma_{z,ad} \quad (9.4).$$

Осы теңдеуде σ_{zp} мен σ_{zg} - тиесінше іргетасқа түсетін салмақтан және топырақтың өз салмағынан пайда болатын тік кернеулер; $\sigma_{z,ad}$ – топырақтағы қосымша тік кернеу.

Ісінбелі топырақ кебуінің нәтижесінде орын алатын негіздің кеуіп шөгуі:

$$S_{sh} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{sh,i} h_i k_{sh}$$

формуласы бойынша анықталады.

Осы теңдеуде $\varepsilon_{sh,i}$ - i қабатының салыстырмалы сызықты кеуіп шөгуі; h_i - топырақтың i қабатының қалыңдығы; k_{sh} - 1,3 тең еселік; n - негіз қабатшаларының саны.

9.3.1. Кеулеулі топырақтардан құралған негіздердің қасиеттерін жақсарту жөніндегі іс-шаралар

Кеулеулі, ісінбелі топырақтардағы іргетастарды жобалау барысында:

- судан қорғауға бағытталған;
- негізді алдын ала сулау;
- орнын толтыратын құмнан әзірленген төсемдерді қолдану;
- ісінбелі топырақ қабатын ісінбейтін топырақтың қабатымен толық немесе жартылай ауыстыру;
- топырақ қабатын іргетастармен толық немесе жартылай кесу;
- құрылымдық іс-шаралар қарастырылады.

Судан қорғауға бағытталған іс-шаралар топырақтарды атмосфералық немесе өндірістік сулармен белгілі бір жерде ғана суланудың алдыналуы үшін қабылданады. Осы мақсатпен атмосфералық сулар ашық немесе жабық нөсер сулар канализациясына жіберіледі. Іргетөсем енін, көміп тасталған қазаншұңқырлардың қойындарын кем дегенде, 0,4 м жабатындай етіп қабылдайды. Канализация, су құбырларын темірбетон тартпаларға орналастырады. Қажетті жағдайларда ғимарат астына су өткізбейтін полимерлі материалдардан әзірленген экран төселеді.

Алдын ала суландыру барысында ісінбелі топырақ қалыңдығы жасанды түрде ісіндіріледі. Онан кейін құрылыс суға қаныққан топырақтардағыдай жүргізіледі. Сулау бір-бірінен 2-4 м арақашықтықта орналастырылған 100-250 мм диаметрлері бар саңылаулар арқылы жүзеге асырылады. Саңылаулар бүкіл биіктігі бойынша қиыршықтаспен, шақпақтаспен немесе құмды-қиыршық тасты қоспамен толтырылады. Сулау барысында негіз бетінің көтерілуіне байқау жүргізіледі.

Құмнан жасалған төсемдер, жергілікті сулану салдарынан таспалы іргетастардың әркелкі көтеріліп-шөгуін азайту үшін қолданылады. Оларды орнату үшін тозанды құмдардан басқа, кез келген іріліктегі құмдарды пайдалануға болады. Ор

табанының көтерілу барысында іргетастың қасындағы құм көтеріледі де, іргетастың өзі жылжымайтын күйде қала береді, бұл – орынтолтырғыш төсем жұмысының қағидасы.

Қарастырылып отырған жағдайларда да ісінетін, мәселелер туғызатын топырақты ауыстыру әдісі жүзеге асырылады.

Мұндай негіздерде орнатылатын ғимараттардың шектен тыс шөгуін болдырмау немесе азайту үшін, қабатты **қадалармен толық немесе жартылай кесіп өтуге** болады.

Ғимаратты шөгу жіктерімен жекелеген бөлшектерге бөліп қою және темір бетонды белдіктер пайдалану сияқты әдістер арқылы құрылыс сенімділігі арттырылады.

9.4. Жер беті ығыстырылған жағдайдағы іргетастар

9.4.1. Тұздалған топырақтар мен карст тараған аймақтардағы ғимараттарды жобалау ерекшеліктері

Геологиялық құрылысында ерігіш тау жыныстары бар және карсттың жер бетіндегі және жерастындағы көрінулері бар аймақтардың инженерлік-геологиялық жағдайлары күрделі деп бағаланады.

Суда тұрақсыз тау жыныстары (эктастар, гипс, бор, тасты және калийлі тұздар) жерасты суларымен шайылып, топырақ ішінде түрлі қуыстар пайда болып, олардың жер бедеріне ерекше сипат құруына әкеліп соқтыратын суффозиялық құбылыстарды **карст** деп атайды. Бұл жерлерде салынған барлық құрылыс нысандарының шектен тыс шөгуі мүмкін. Карст, жер бетінен, келесі түрлерде байқалады:

Опырылу мен отыру (тереңдіктері 0,25 м астам болғанда көзге көрінеді) уақыт өткен сайын маңайындағы топырақтың түсіп кетуіне байланысты бұлардың өлшемдері ұлғайып өзгереді.

Карсттың тағы бір көрінісі (бет қисықтығының радиусы шамамен 1 км) – жер бетінің тұтастығын бұзбай отыруы.

Карсттық, суффозиялық шөгулер пайда болу қарқындылығымен, өлшемдерімен, әсіресе, тереңдігімен, жер бетіндегі нысандарымен сипатталынады.

Карстталған аймақтар мен суффозиялық үрдістерге ұшырайтын топырақтардағы ғимараттардың негіздерін есептеу және іргетастарын жобалау шекті күйлер жағдайларының екінші және бірінші топтары бойынша ҚР ҚНЖЕ талаптарына сай жүргізіледі. Осындайда қосымша шөгулерді күтіп болдырмау немесе олардың құрылыстарға тигізетін жағымсыз, тіпті кейде қауіпті әсерлерін төмендететін:

- қуыстарды, тиімді материалмен қолайлы әдіс таңдап толтыру;
- карсттанған тау жыныстарын терең орнатылатын іргетастармен кесіп өту;
- карсттанған тау жыныстары мен негіздің көбінесе, көтергіш қабат топырағын бекіту;
- судан қорғау;
- зиянды техногендік әсерлерді ескеру;
- құрылымдық конструктивтік шешімдер сияқты белгілі іс-шаралар қарастырылады.

9.4.2. Тау-кен қазбалары жүргізілетін аймақтардағы іргетастар жобалаудың ерекшеліктері

Пайдалы қазбаларды жерасты әдістерімен өндіру барысында, қуыстарға, жапсарлас тау жыныстарының ығысуы байқалады, ал жер бетінде тостаған сынды ойпат пайда болады.

Ығысу мұлдасы дамыған аймақта ғимараттар мен құрылымдар іргетастарының ығыстырылуы мен отырып шөгуі орын алады.

Тау-кен жұмыстары жүргізілетін аймақтарда үймереттер мен ғимараттарды жобалау жөніндегі ҚР ҚНЖЕ жер бетінің шөгуін: шөгіп отыру көрсеткіштері, i ылдилары, ε салыстырмалы көлденең ығысуы, қисықтығы, ξ көлденең ығысулары сияқты сипаттамалармен белгілейді.

Шөгу кезінде іргетастар мен топырақтардың ілінісуі мен үйкелісуі құрылымдарда созылу мен сығылудың пайда болуына, қисықтық – ғимарат құрылымдарының майысуы мен иілуіне, ылди – олардың ығыстырылуына әкеліп соқтырады.

Тау-кен жұмыстары жүргізілетін аймақтарда салынатын ғимараттар мен түрлі құрылыстар үшін қатқыл, икемді және араласқан құрылымды іргетастар қолданылуы тиіс.

Бұл аймақтардағы ғимараттардың іргетастары мен негіздерін орнатқан кезде: құрылыстарды бөліктерге бөлу; іргетастарды бір деңгейде орналастыру; топырақтық төсемдер салу сияқты іс-шараларды жүзеге асырады.

Кейбір жағдайларда ғимаратты гидравликалық домкраттар арқылы көтеру мүмкіндігін қарастыру керек. Жер бетінің шөгуін азайту үшін арнайы тау-техникалық қорғау іс шаралары қолданылуы мүмкін.

9.5. Динамикалық әсерлер жағдайларындағы іргетастар

9.5.1. Динамикалық әсерлер жағдайларындағы топырақтарда орын алатын құбылыстар

Топырақтың тербелістері оған динамикалық түрде әсер ету салдарынан туады. Табиғи үрдістер немесе техногендік факторлар осындай ықпал бола алады.

Олар ғимараттың өзіне де, сондай-ақ тікелей негізге де түсірілуі мүмкін.

Топырақтарға түсетін динамикалық жүктемелерден оның ішінде әртүрлі жылдамдықпен таратылатын көлденең және бойлай әсер ететін толқындар туындайды. Жер бетімен Рэлей мен Лява толқындары таралады.

Жекелеген құрылымдарды, сондай-ақ бүкіл ғимаратты тербететін қозғалыстар топырақтың құрылысқа тербелістер беру нәтижесі болып табылады. Топырақ тербетілістерінің ғимараттар құрылымдарының өз тербелісіне сәйкес келген жағдайда бүкіл құрылыстың орнықтылығына қауіп төндіретін резонанс туындауы мүмкін.

Топырақтардың ішінде, олардың тербетілістері үдеген жағдайда илемді деформациялар пайда болуы мүмкін, ал

қозғалысты ықпал етулердің жоғары деңгейі орын алғанда құм топырақтар өзінің беріктігінен тез айырылады. Мұны әсіресе, жер сілкіну кездерінде байқауға болады. Балшықты топырақтар құмды топырақтарға қарағанда, біршама төзімділік көрсете алады, бірақ ол топырақтың иленгіштік шектеріне байланысты. Сөйтіп, динамикалық әсерлер адамдар мен өндірістік үрдістер үшін жағымсыз бола алатын толқындар таралуына әкеліп соқтырады, ал еркін және шарасыз тербелістер жылдамдықтары сәйкес келгенде құрылыстардың тұтастылығына да қауіп төндіруі мүмкін.

9.5.2. Жабдықтар іргетастарының құрылымдық ерекшеліктері

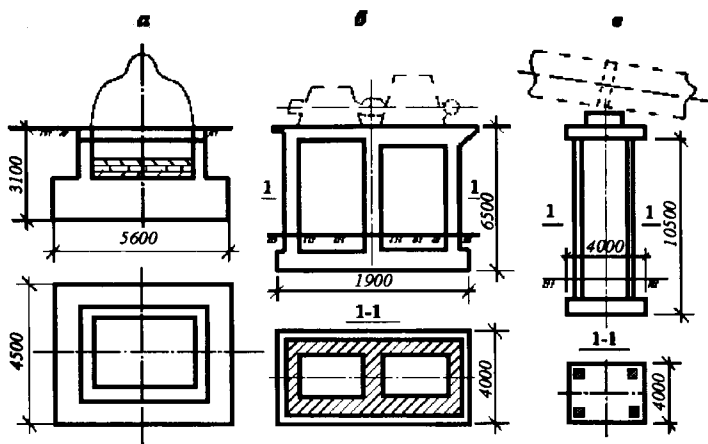
Жабдықтар іргетастарын жобалау барысында жүктеме мәселесі негізгі болып табылады. Барлық машиналар топырақты негіздеріне әртүрлі қарқындылықпен тербеліс әсерлерін таратады. Алайда, кейбір машиналардың (бірінші топтағы машиналар) жұмыстарының барысында елеулі инерция күштері пайда болады, ал басқа машиналардың (екінші топтағы машиналар) жұмыстарының барысында қозғалысты ықпал орын алады.

Осыған байланысты негіздер мен іргетастардың динамикалық есептері тек бірінші топтағы машиналар үшін, мысалы, бір қалыпты айналуы бар машиналар (турбоагрегаттар), қисық-бұлғақты механизмдері бар машиналар (компрессорлар, пилорама-лар), соғушы ықпалдағы машиналар (балғалар) жүргізіледі.

Екінші топтағы машиналардың (қағаз жасайтын машиналар, тоқыма станоктары) іргетастары динамикалық жүктемелерсіз жобаланады.

Құрылымдар бойынша машиналардың іргетастары массивті (қатқыл), рамалық (серпінді) және қабырға түрінде болуы мүмкін.

Осындай іргетастардың құрылымдық шешімдері 9.3-суретінде көрсетілген.



9.3-сурет. Іргетастар:

а - массивті, б - қабырғалы, в - рамалық

Материалдары бойынша машиналардың іргетастары тұтас немесе жиналмалы темірбетоннан әзірленулері мүмкін. Соғу арқылы күш түсіретін машиналардың іргетастары үшін тек тұтас темірбетон пайдаланылады. Жоспардағы іргетастардың нысаны қарапайым, кемерлер немесе ойықтарсыз болуы керек. Іргетас пен машинаның жалпы салмақ орталығы іргетас табанының ауырлық орталығымен бір тік сызықта орналасуы тиіс. Іргетас еніне қарасты эксцентриситет 5% аспауы لازم. Негіздің топырағы осал және жұмыс орны тар жағдайларда қадалар машиналардың тиімді іргетастары болып табылады. Машиналар іргетастарының табанын салу тереңдігі статикалық күш салынатын іргетастарға анықталатындай есептелінеді.

9.5.3. Іргетастарды динамикалық жүктемелерге есептеу әдістері

ҚР ҚНЖЕ-қа сәйкес машиналардың іргетастарын шекті жағдайлардың екі топтары бойынша: көтергіштік қабілеті мен шөгулері бойынша есептейді.

Шекті жағдайлардың I тобы бойынша табиғи негіздегі іргетастың астындағы қысымның тексерілуі жүргізіледі немесе қадалы іргетастың көтергіштік қабілеті анықталады.

Табиғи негіздегі іргетас үшін машиналардың іргетастарын жобалау барысында:

$$P \leq \gamma_{c0} \gamma_{c1} R \quad (9.6)$$

талапты орындау негізгі шарт болып табылады.

Осы тендеуде P – іргетас табанының астындағы негізге статикалық күштерден түсетін қысымның орташа мәні; γ_{c0} күштің динамикалық сипатын ескеретін топырақтар жұмысы жағдайларының еселігі; γ_{c1} – ұзақ мерзімді шөгу пайда болу мүмкіндігін есепке алатын негіз топырақтарының жұмыс жағдайларының еселігі; негіз топырағының есептік кедергісі.

Қадалы іргетастар үшін жобалау «Қадалы іргетастар» ҚНЖЕ бойынша жүзеге асырылады, алайда, қапсырылған қадалар үшін топырақтардың бүйірлік беті мен төменгі ұшы астындағы есептік кедергілер ҚР ҚНЖЕ кестесі бойынша есептелінетін топырақтар жұмысы жағдайларының еселігіне көбейтіледі.

Шекті жағдайлардың II тобы бойынша есептеу барысында машиналардың іргетастарын жобалау:

$$a \leq a_u \quad (9.7)$$

шартына сай жүргізіледі. a - есептелінген амплитуда. a_u - ҚР ҚНЖЕ бойынша анықталатын амплитуда мәні.

9.6. Сейсмикалық әсерлер жағдайларындағы іргетастар

Жер сілкінулерінің нәтижесінде ғимараттар мен құрылыстардың іргетастарына сейсмикалық ықпалдар әсер етеді. Жер сілкінісінің гипоорталығынан сейсмикалық толқындармен: бойлай (қысу мен созу) және көлденең бағыттар бойынша серпінді тербелулер таралады. Сонымен қатар жер беті бойынша тік тербелулеріне әкеліп соқтыратын үстірт толқындар таралады.

Жер сілкінісінің ортасынан алыстаған сайын тік тербелістер көлденең тербелулерге қарағанда тезірек өшіп қалады,

сондықтан көлденең тербелістер негізінен қауіпті болып табылады. Жер сілкіністерінің ұзақтығы өте жиі бірнеше секундтармен және сирегірек минуттармен өлшенеді. Жер сілкінісінің күшін 12 баллдық шкала бойынша бағалайды.

Нақты алаңның жер сілкініске шалдыққыштылығы ауданның да, сондай-ақ оны құрайтын топырақтардың түрі мен күйлеріне байланысты болып қабылданады (9.1-кесте).

Топырақтың санаты құрылыс алаңы ауданының жер сілкінісіне шалдыққыштылығына байланысты болып табылатын жер сілкінісіне шалдыққыштылығы, баллдар.

9.1-кесте. Құрылыс алаңының жер сілкінісіне шалдыққыштылығын бағалау

Топырақтың жер сілкінісіне шалдыққыштылық қасиеттері бойынша топырақ санаты	Ауданның жер сілкінісіне шалдыққыштылығын есепке алып есептелінген құрылыс алаңының жер сілкінісіне шалдыққыштылығы		
	7	8	9
I	6	7	8
II	7	8	9
III	8	9	>9

I санатқа жартасты және кесектасты топырақтар, II санатқа – мүжілген жартасты топырақтар мен иленгіштік көрсеткіші $I_L \leq 0,5$ болып табылатын сазбалшықты топырақтар; III санатқа иленгіштік көрсеткіші $I_L > 0,5$ болып табылатын сазбалшықты топырақтар енгізілген.

Жер сілкіністерге қатысты жүктемелер топырақтардың беріктік қасиеттерінің төмендетілуіне және олардың сығылу қабілеттілігінің арттырылуына әкеліп соқтырады. Белгілі бір жағдайларда негіздердің суға қаныққан құм топырақтарының қорыстануы орын алады.

Қолданыстағы нормаларға сәйкес жер сілкіністерге қатысты әсер етулер жер сілкіністілік қауіпі 7,8 және 9 балл болып табылатын аудандарды жобалау барысында есепке алынады. Жер

сілкіністілік қаупі 9 баллдан астам болып табылатын алаңдарда құрылыстарды салуға рұқсат етілмейді.

9.6.1. Жер сілкінісіне төтеп бере алатын іргетастар жобалаудың негізгі ережелері

Іргетастарға жер сілкіністерді қоздыратын күштердің әсер етуі барысында олардың қирамай, аударылмай, жылжып кетпей сақталуы, ал негіз өзінің орнықтылығын жоғалтпауы іргетастардың жер сілкіністерге төтеп бере алуына байланысты.

Жер сілкіністер барысында тербетілетін негіздің топырағы мен құрылыс арасындағы өзара әрекеттесу күштерін жер сілкіністерге төтеп беру күштері деп атайды. Өзінің болмысы бойынша олар инерциялық, сипаттамалары бойынша – динамикалық болып табылады. Сейсмикалық күш салудың мөлшері тек тербетілістердің қарқындылығына ғана емес, сондай-ақ құрылыстың және оның меншікті тербетілулерінің де топырақ динамикасының бастапқы жағдайлары себепші болған динамикалық сипаттамаларына да байланысты келеді.

ҚР ҚНЖЕ s_{ik} есептік сейсмикалық күш:

$$s_{ik} = K_1 K_2 s_{0ik} \quad (9.8)$$

формуласы бойынша анықтауды ұсынады.

Осы теңдеуде K_1 – ғимараттар мен құрылыстардың ҚНЖЕ бойынша шектелген еселік; K_2 – ғимараттар мен құрылыстардың құрылымдық шешімдерін есепке алатын еселік; s_{0ik} - ҚР ҚНЖЕ формуласы бойынша анықталатын меншікті тербетілістердің i серпіні үшін сейсмикалық күш салулардың мағынасы. Сейсмикалық аудандарда құрылыс үшін жобаланатын құрылыстардың негіздер мен іргетастарын есептеу күш салуларының негізгі және ерекше байланыстырылуына (сейсмикалық әсер етулерді есепке алып) қатысты жүзеге асырылуы тиіс.

I және II санаттағы топырақтарда іргетастарды сейсмикалық қасиеттер бойынша салу тереңдігі сейсмикалық емес аудандардағы іргетастар үшін көзделгендей болады. III санат-

тағы топырақтармен салынған алаңдарда ҚР ҚНЖЕ жасанды негіздердің құрылысы мен топырақтардың қасиеттерін жақсарту жөніндегі басқа да іс-шараларды ұсынады. Қабаттары өте көп ғимараттар үшін бүкіл ғимараттың астында немесе оның бөлшектерінің астында орналастырылатын жертөлелі қабаттарды салу тиімді болып табылады. Құрылыстың іргетастары немесе оның бөлшектері бір деңгейде салынуы тиіс. Бір-біріне көршілес іргетастарды әртүрлі жерлерде салу қажеттілігі туындаған жағдайда есептеу бойынша анықталады.

Құрылыстардың жерсілкіністерге тұрақтылығын қамтамасыз ету қағидаларының бірі ғимараттар мен құрылыстардың барлық элементтерінің бүтіндік пен бірдей беріктік сақтауы болып табылады.

Қабаттары өте көп ғимараттар үшін тұтас темірбетонды, таспалы, тұтас тақталы іргетастар мен қиылысатын таспалардан әзірленген іргетастарды қолдану ұсынылады. 9 қабаттан жоғары қабаттары бар ғимараттарда жер астындағы бөліктің тұтас нұскасын қабылдау керек.

Қадалы іргетастарды қолдану барысында қадаларды тығыз топырақтарға тіреп қоюға тырысады. Қадалардың бастарын ростверкке көлденең сейсмикалық күштерді есепке алып бекітеді. Сейсмикалық жағдайларда қағып батырылатын, сондай-ақ толтырылған қадалар да қолданылады. Толтырылған қадалар диаметрлері кем дегенде 0,4 м болғанда және олардың ұзындығының диаметріне қатынасы кем дегенде 25 болып табылатын аз ылғалданған сазбалшықты топырақтарда орнату ұсынылады.

Құрылыстардың жер сілкініске қарсы тұру қабілеттілігі іргетас пен іргетастың үстіндегі бөлігі арасындағы құрылымдық іс-шараларды пайдалану арқылы арттырылады.

9.6.2. Негіздер мен іргетастарды сейсмикалық әсерлер жағдайында есептеу

Сейсмикалық аудандарда құрылыстар іргетастарын есептеу шекті жағдайлардың екі топтары бойынша жүзеге асыры-

лады. Шекті жағдайлардың бірінші тобы бойынша есептеу жүктемелерді ерекше үйлестіру арқылы жүргізіледі. Осындайда іргетастардың алдын ала қабылданатын өлшемдерін жүктемелердің негізгі үйлестіру мәніне есептеу арқылы анықтайды. Негіздерді көтергіштік қабілеті бойынша есептеу қатардан шығып қалғандағы бүкіл құрылыстың немесе оның бөліктерінің қирауына әкеліп соқтыратын құрылыс құрылымдарының сақталуын қамтамасыз етеді, алайда, осындайда жабдықтың қауіпсіздігі мен сақталуына қауіп төндірмейтін құрылым элементтерінің белгілі бір дәрежеде бұзылуы да орын алуы мүмкін. Негіздерді көтергіштік қабілеті бойынша есептеу $N_a \leq \gamma_{c.eq} N_{u.eq} / \gamma_n$ осы формуламен жүзеге асырылады (9.9).

Мұнда, N_a ерекше үйлестірілген есептік ортадан тыс түсетін салмақтың тік құрамдасы, ҚНЖЕ формуласы бойынша анықталады; $N_{u.eq}$ - негіздің сейсмикалық ықпал етулер барысындағы шекті кедергі күшінің тік құрамдасы; $\gamma_{c.eq}$ – жұмыс жағдайларының сейсмикалық еселігі; γ_n – құрылымдардың бағыттары бойынша қабылданатын сенімділік еселігі.

Қадалы іргетастарды жобалау жоғарыда сипатталған сейсмикалық аудандардағы іргетастарды жобалау мен есептеудің жалпы қағидаларына сай жүзеге асырылады.

9.7. Негіздер мен іргетастарды күшейту

9.7.1. Іргетастар мен негіздерді күшейту қажеттілігінің себептері

Уақыт өткен сайын ғимараттар мен құрылыстар рухани және физикалық тозған күйге енеді. Іргетастар белгілі бір жағдайларда тозыққа тап болып, ал негіздердің топырақтары - өздерінің тиісті құрылыстық қасиеттерін жоғалту салдарынан қауіпті түрде шөге бастаса, ол ғимараттың немесе оның жеке бір бөлігінің құлауына да әкелуі мүмкін.

Іргетастардың тозу және негіздердің өзгеру себептерін **техногендік және табиғи** деп ажыратады.

Тозудың **техногендік** себептеріне:

- неіздердің әркелкі шөгуі;
- жер астының қазылуы;
- топырақ суларының деңгейін төмендету;
- топырақ суларының деңгейін көтеру;
- ғимаратты биіктету;
- топырақтың механикалық суффозиясы;
- инженерлік желілер бұзылған жағдайда топырақтардың шайылып кетуі;
- негіздерге дірілдеу әсерінің берілуі;
- топырақтардың техногендік қабаттарының өсуі жатады.

Тозудың **табиғи** себептеріне:

- негіздің тау жыныстары мен іргетастар материалдарының желге мүжілуі;
- шөккіндердің әсерлері;
- жер сілкіністері;
- жағаларда орналасқан ғимараттар мен құрылыстар негіздерінің шайылып кетуі;
- ғимараттар мен үймереттер топырақты негіздерінің желдік эрозиясы кереді.

Әдетте техногендік және табиғи себептер құрылыстардың негіздеріне бірлесіп әсер етеді.

9.7.2. Үймереттер мен ғимараттар негіздерін бекіту және іргетастарды қайта құру, күшейту тәсілдері

Іргетастарды қайта құру және негіздерді нығайту әдістерін шартты түрде **дәстүрлі** және **заманауи** деп те бөлуге болады.

Дәстүрлі нығайту әдістері бойынша іргетас табанының енін үлкейтеді және оны терендетеді.

Дәстүрлі нығайту технологияларының жұмыстары көлемді және қымбат болады, сондықтан нығайту үрдісінің жұмыс көлемін, бағасын есептеп, кейде зақымдалып бұзылған ғимарат орнына жаңасын салу тиімді келеді.

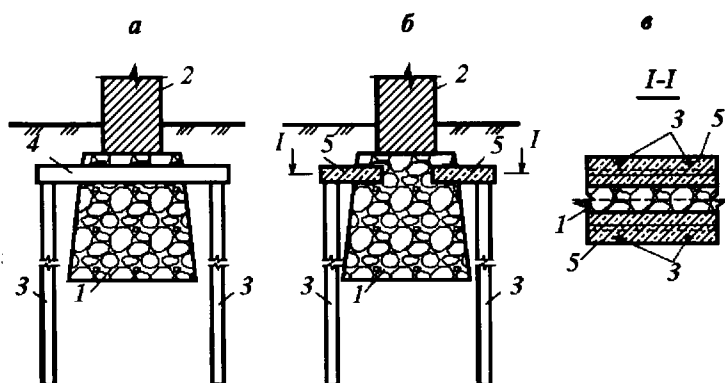
Заманауи нығайту әдістері ғимараттарды қадаларға «ауыстырып отырғызу» және жертабан, негіз топырақтарын бекіту қағидаларына негізделген.

Іргетасты нығайту кезінде қолданатын қадалар қалыпты жағдайдан өзгеше болады.

Іргетасты нығайтуда бұрғылы, бұрғылы инъекциялық және топыраққа басылып батырылатын қадалар қолданылады.

Осы қадалар технологиясының ерекшелігі шағын техника қолдану.

Тік (бұрғылы, басылып батырылатын) қадаларды бекітілетін іргетас бойына екі қатар қылып орналастырып, араларын тұтас темірбетон арқалықпен қосады, оларды іргетасқа бекітеді немесе қарнақтармен шегелейді. 9.4-суретінде екі жақтан қойылған қадаларды ескі іргетастағы қуыстар арқылы өткізіп қосады.



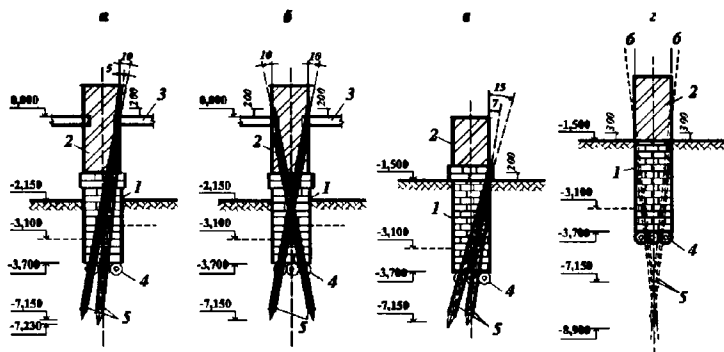
9.4-сурет. Іргетасты тік қадаларға отырғызу

*а - көлденен қойылған арқалықтармен; б – қатарлап қойылған;
в - I-I қимасы; 1 - нығайтылатын іргетас; 2 - қабырға; 3 - қадалар;
4 - көлденең арқалық; 5 - іргетасқа бекітілген арқалық*

Бұрғылы инъекциялық қадалардың бұрғылы қадалардан айырмашылығы, ұңғымасына құмбетон 1....3 МПа қысыммен жіберіледі. Мұны ұңғымаға «қысым жасау» деп атайды. Осы кезде қадалар айналасындағы топырақ тығыздалады да, қаданың нақты өлшемі ұңғыманың алғаш диаметрінен 5-10% көп болады.

Жантайған қадаларды іргетасты тығыз топырақ қабатына дейін бұрғылап орнатады.

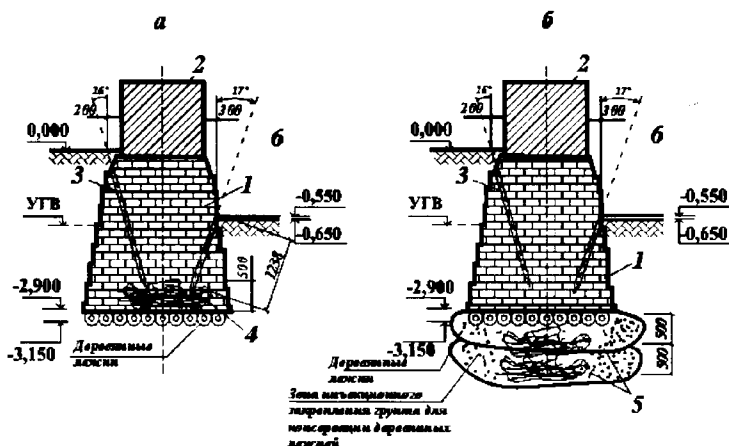
Бұл қадаларды екі жақтан: бір жақтан (әртүрлі бұрыштан) көше деңгейінен, жертөле еденінен, жертөле қабатының 9.5-суретіндегідей үстіңгі жабынынан қоюға болады.



9.5-сурет. Іргетасты бұрғылы инъекциялық қадалармен нығайту:

а, в – қадаларды бір жақтан қою, б, г – қадаларды екі жақтан қою, а, б – ғимараттың бірінші қабатынан өткізу; в, г – жертөледегі қада құрылымы; 1-іргетас, 2 – қабырға, 3 – жабын, 4 – ағаштабан бөренелері.

Негізді инъекциялық бекіту әдісі топыраққа жоғары механикалық құрылым береді, бекітілген көлем тудырады, сонымен қоса іргетас табанын ұлғайтады және 9.6-суретінде көрсетілгендей салу тереңдігін де өсіреді.



9.6-сурет. Инъекциялық бекіту:

а – қаланған іргетасты; б – көтергіш топырақ қабатын; 1 – іргетас; 2 – кірпіш қабырға; 3 – инъекциялық ұңғыма; 4 – жартылай шіріген ағаштабан; 5 – бекітілген топырақ массиві; 6 – жертөле

9.7.3. Іргетастар мен негіздерді қайта құру және күшейтулерінің жобалау ерекшеліктері

Іргетастар күшейтуін жобалау шекті күйлер жағдайлары бойынша жалпы жобалау қағидаларына негізделген. Тәжірибеде іргетасты күшейту қажеттілігі:

- іргетастың қауіпті тозуы;
- топырақты негіздің шектен тыс шөгуі;
- ғимарат салмағының күрт өсуі;
- жертөлелер тереңдетілгенде;
- жапсарлас ғимараттар жобаланғанда негізгі жағдайлар қарастырылуын талап етеді.

Іргетасты күшейтуді жобалау ғимараттың жер бетінен жоғары орналасқан конструкцияларының, іргетастарының, инженерлік-геологиялық жағдайларының техникалық күйін тексеруден басталады.

Іргетастар жобасы болмаған жағдайда іргетас туралы ақпаратты техникалық зерттеулер жүргізіп алады. Шурф қазып іргетасты ашқаннан кейін өлшеулер жүргізіледі, материалының күйі анықталады, табанынан топырақ сынамасы алынады да зертханалық жағдайларда зерттеледі.

Іргетас табанындағы қысым:

$$p_0 \leq R_0 \quad (9.10)$$

шартымен тексеріледі.

Мұндағы p_0 - іргетас табанындағы қысым; R_0 - топырақтың нығыздалуын есептемегендегі іргетас негізінің есептік кедергісі.

Ғимараттың ескі іргетасы үшін бұл шарттың орындалмауы мүмкін, сондықтан R_0 есептік кедергінің мәні қайта есептеу қажет:

$$R' = kR'' \quad (9.11)$$

ондағы, R' - ҚР ҚНЖЕ бойынша анықталатын іргетас негізінің есептік кедергісі; k - жоғарылатушы еселік.

Егер, (9,10) шарт орындалмаса, онда іргетас немесе топырақты негіз нығайтылып күшейтілуге тиіс.

НЕГІЗДЕР ЖӘНЕ ІРГЕТАСТАР ҚҰРАСТЫРУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Қазан шұңқырларды қазғанда қопарылмауы үшін олардың еңістерінің тұрақтылығын қамтамасыз ету қажет, сонымен қатар құрғату шараларын қабылдау керек. Қыс мезгілінде қазан шұңқыр түбінің аяздың әсерінен катып қалмауы қажет, өйткені іргетас табанындағы топырақтың шөгуіне әкеледі.

10.1. Қазан шұңқыр еңістерінің тұрақтылығын қамтамасыз ету

Жер қазу жұмыстарының барысында қазан шұңқырдың тереңдігі 3 метрден асқанда қолайлы құлама еңістері *10.1-кестесі* бойынша қабылдануы мүмкін, ал аса тереңдікте – есеп бойынша анықталады.

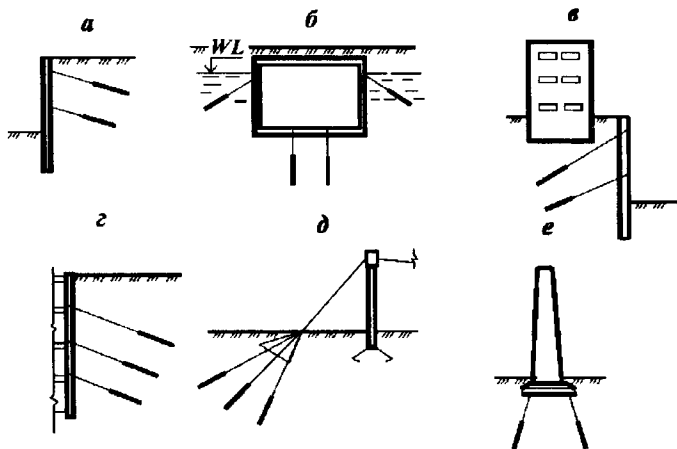
6 метрге дейінгі қазан шұңқыр тереңдігінде шпунтты қолдану оны қосымша бекітусіз қабырғаның тұрақтылығын қамтамасыз етуі мүмкін. Қазан шұңқыр аса терең болғанда қадалар қолданады, ал кең болған жағдайда – шпунтты қабырғаларды бекіту қарнақтары қолданылады.

10.1-кесте. Еңістердің мөлшері H қазбаларының тереңдігіне қатысы

Топырақ	$H < 1,5 \text{ м}$	$H = 1.5-3 \text{ м}$	$H > 3 \text{ м}$
Құмды ылғалдылық	1:0,5	1:1	1:1
Құмдақ	1:0,25	1:0,67	1:0,85
Сазды топырақ	1:0	1:0,5	1:0,75
Саз	1:0	1:0,25	1:0,5
Тасты	-	1:0	1:0,1

10.2. Қарнақтар

Қарнақтар деп топырақ негіздеріне орнықтырылатын жұлу күш әсерін қабылдайтын іргетастардың тұрақты болуын қамтамасыз ететін конструкцияны айтады. Қарнақтар үлгілері 10.1-суретінде көрсетілген.



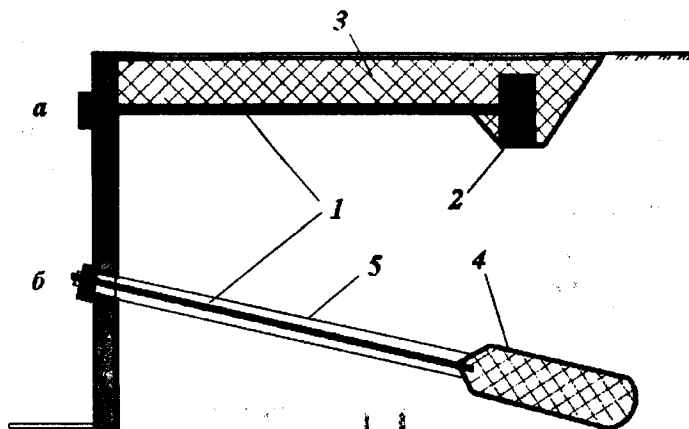
10.1-сурет. Қарнақтар үлгілері:

*а, в - шпунтты және тірегіш қабырғаларды орнықты сақтау үшін;
б - қалқып шығудан резервуарларды бекіту үшін; г - «топырақтағы
қабырға» іргетасын бекіту үшін; д - вантты конструкция элементтерін
тұрақтау үшін; е - мұржаларды бекіту үшін*

Қарнақтарды қолдану барлық топырақтарда болады. Қарнақтардың аса таралған түрі 10.2-суретіне сәйкес берілген.

10.1а-суретіне сәйкес ордағы ең қарапайым қарнақтар көлденең салмақты қабылданатын блоктан және арқанды тартылу күшінен тұрады. Ор еністеріндегі қарнақтар орнатылған шпунтты және тірек қабырғаларды бекіту үшін қолданылады.

Іргетастарды бекіту үшін инъекционды қарнақтар пайдаланылады. Қарнақтар үшін ұңғымалар тесіледі. 10.1б-суретіне сәйкес инъекционды қарнақтарды салу кезінде ұңғымаға орнатылғаннан кейін ұңғыманың жасалған бөлігі цементті қоспамен тығындалады. Ұңғыманың кеңейтілген бөлігінде қарнақ пайда болады, ұңғыманың қалған бөлігі цементті-құмды қоспамен толтырылады.



10.2-сурет. Топырақтағы карнактар:

*a - ор; б - инъекциялы; 1 - жұлу күші; 2 - блок; 3 - ор төгіндісі;
4 - тамыры; 5 - толықтырғыш*

Жұлу күші ретінде карнактарда арнайы желілер пайдаланылады. Әсіресе, ірі кесілген бұрандалы кесінділер түріндегі жүйелі профильді желілер муфтамен карнактарға бекітіледі, созылмалы жағдайда гайкамен тартылады. Көпжылдық қысымда болатын тұрақты карнактар желілері мықты коррозияға қарсы қорғаныс немесе тот баспайтын материалдан қарастыру қажет. Әрбір қойылған карнактар арнайы құрылғылар немесе бұрандалармен есептелген қысымға дейін созылады.

10.3. Қазан шұңқыр түбінде топырақ құрылымын сақтау

Егер қазан шұңқыр көп уақыт қазылған күйде болса, онда топырақ ауа райы әсерінен көтеріле бастайды.

Қазан шұңқырлар түбінің қалыпты мөлшерге келтіру үшін 0,4-0,6м қалыңдықтағы құм қабатын салу керек.

Қазан шұңқыр түбіндегі табиғи топырақты сақтап қалу үшін:
– қазан шұңқырдың қазылуына дейін болжамды суды төмендетуді орындау;

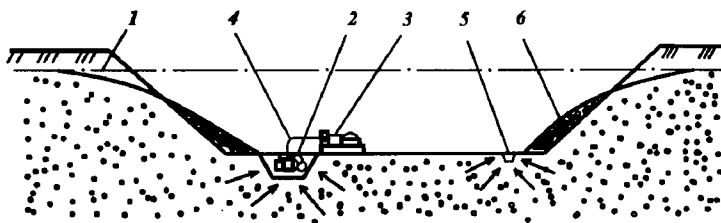
- қазылған қазан шұңқырлардың ұзақ тұруын болдырмау;
- іргетас салудың алдында 0,5-1 м қалыңдықтағы топырақтың соңғы қабатын қазуды орындау;
- негіздердегі топырақтың қатуын болдырмау тәртіптерін сақтау керек.

10.4. Жерасты суынан қазан шұңқырларын қорғау

Жерасты суынан қорғау екі тәсілмен: қазан шұңқыр айналасында жерасты су деңгейінің төмендеуі немесе топырақтың суды сіңіруге қарсы бүркеуі қондырғысы арқылы орындалады.

Судың төмендеуі құрылыс айналасындағы судың уақытша төмендеуінің қарапайым әдісі қазан шұңқырға түсетін атмосфералық және топырақ суын жинау үшін ойшық құрылғы орналастырылады және 10.3-суретіне сәйкес осы ойшықтардан ағызады. Сулардың деңгейінің төмендеуі, ойшықтардың қажеттілігі және қазан шұңқыр тереңдігінің көлемі бойынша сорғыштар саны анықталады.

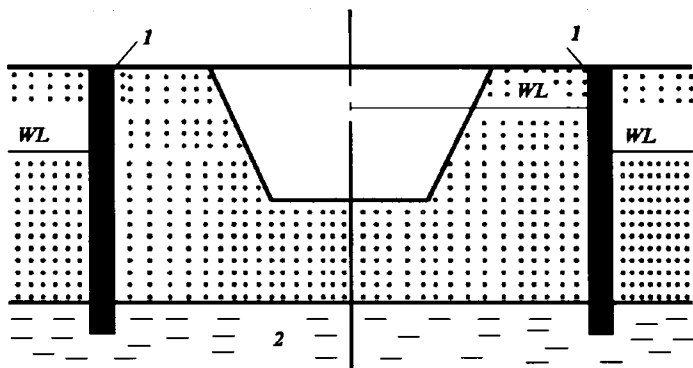
Иглофилтрлі қондырғылар көмегімен шұңқырлар айналасындағы уақытша суды төмендету өзіндік артықшылығы бар. Жеңіл иглофилтрлі қондырғыны топырақтағы суға қысым арқылы батырады. Топырақ суы вакуум-сорғышымен сорылады. Қондырғы 4-5 м дейін судың деңгейінің төмендеуін қамтамасыз етеді. Тереңірек суды төмендету 2-3 қабатты иглофилтрлі қондырғылар немесе эжекторлы иглофилтрлі қондырғылар қолдануға болады, олар су деңгейін 10-12 және 20 м дейін төмендеуін қамтамасыз етеді.



10.3-сурет. Су деңгейін төмендету сызбасы:

- 1- топырақ суының бастапқы деңгейі; 2 - су жинағыш; 3 - сорғыш;
4 - сорылатын құбыр; 5 - су жинаушы ойшықтар; 6 - еңістердегі суффозионға қарсы төсеніштер

Фильтрацияға қарсы бүркеу: Фильтрацияға қарсы бүркеулер 10.4- суретіне сәйкес шұңқырлардың айналасына қоршап орнатылып суларды жібермеу үшін және ластанған суды қоршаған ортаға зиянын тигізбеуін қамтамасыз етеді.



10.4-сурет. Топырақ суын шұңқырларға құйылуын жібермеуге қарсы бүркеу:

1 - бүркеу; 2 – сүзгізбейтін топырақ қабаты

10.5. Геотехникалық мониторинг

Геотехникалық мониторинг – құрылыстың технологиялық талаптарын қауіпсіз және тиімді орындауды, ғимараттарды іске қосуды, пайдалануды қамтамасыз ететін жүйе. Геотехникалық мониторинг жұмыс барысында салу сапаларын бақылауды және тексеруді талап етеді.

Геотехникалық мониторинг құрылыстың жерасты бөлігін тұрғызу және бастапқы кезде оны пайдалану жүйесін анықтайды.

Геомониторинг мақсаты құрылыстың жоғары сапасы мен ғимараттың аса беріктігін қамтамасыз ету болып табылады.

Геомониторинг міндеті салынып жатқан құрылыс және оның салыну негізін жүйелі тексеру, сонымен қатар конструктивтік-технологиялық шешімдерді түзету және қауіпсіздікті қамтамасыз ету шараларын қабылдау болып табылады.

Мониторинг бағдарламасы өзіне бақылау жүйелігі мен уақытын, мониторинг материалдарын көрсету формасы және қолайсыз құрылыс жағдайлары туындаған кездегі әрекеттер әдісін қосады.

Геотехникалық мониторинг құрамына ауданның инженерлік-геологиялық жағдайға, салынатын құрылыс көлемі (салмағы), топырақтың табиғи және техногенді геодинамикалық ерекшеліктерінің болуына, жобаланатын ғимарат құрамалары туындайтын талаптарға қатысты түрлі өлшемдер мен зерттеулер түрі қосылады.

Қазіргі күндегі салынған ауданды пайдалану тәжірибесінде геотехникалық мониторингті міндетті түрде орындауды талап ететін көптеген құрылыс нысандары бар. Ерекше және жауапты құрылыстарда, мәселен, I және II деңгейіндегі нысандарды бақылауда өлшеу аппаратурасы мен жабдықтары міндетті және қажетті болып табылады. Оларға реперлерді, топырақтарға қоятын деформациялық маркаларды қосады. Ұзақ уақыт бақылау кезінде реперлерді бұрғылы ұңғымаларға қояды.

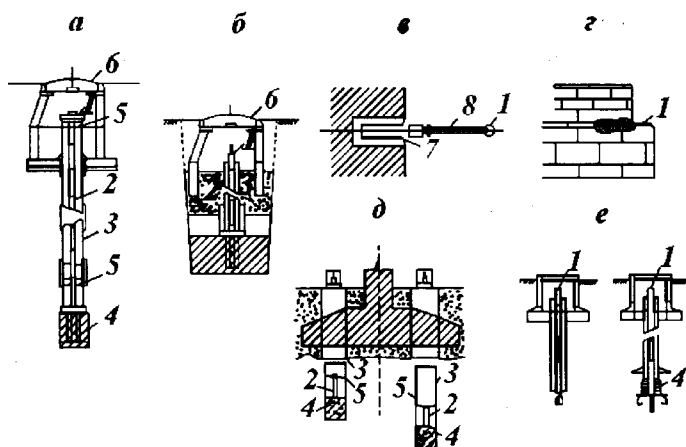
Аппаратураның көмегімен ғимараттардың тік және көлденең орналасуын өлшеуге және іргетастардың шөгуін болжауға болады. Сондықтан өлшеу көрсеткіштері құрылыс кезеңінде дұрыс шешім қабылдауға мүмкіндік береді.

Мониторинг негізі ретінде бақылау желісі қызмет етеді. Ұңғымаларға *10.5-суретіне* сәйкес реперлі трубаны жасайтын темір бетон көпшігін қояды.

Мониторингті ұйымдастыру арнайы жобада орындалады, олардың жасалуы бағдарлама бойынша жасалады. Жобада қойылатын міндеттерге байланысты деформациялық марка желісі, реперлер бақылау ережелері, көрсеткіштерді сұраптау түрлері анықталады.

Бақылауда жоғары сапалы оптикалық жабдықтар пайдаланады. Бақыланатын шөгу өлшемінің нақтылық көрсеткішін (әдетте +1мм) құралдарды пайдалану арқылы анықтайды. Алынған деректер бойынша келесі көрсеткіштерді анықтайды: жеке нүктелердегі шөгінді; объектінің максималды және минималды шөгіндісі; құрылыстың орташа шөгіндісі; шөгінді

әртүрлілігінің максималды абсолютті көлемі, содан кейін бақылау нәтижелерін түрлі кестелер түрінде береді.



10.5-сурет. Мониторинг үшін деформациялық марка және реперлер сызбасы:

а - тереңдіктегі репер; б - топырақты репер; в - құпия деформациялық марка; г - ашық марка; д - үстіңгі қабатты марка; е - тереңдіктегі топырақ маркасы; 2,3 - реперлі және қорғаныс трубалары; 4 - «көлшін»; 5 - майлы; 6 - жаппа; 7 - қабырғадағы тығын; 8 - бұрандалы марка

Алынған бақылау нәтижесі бойынша шөгіндінің қауіпті дамуының алдыналуға бағытталған шұғыл шешімдер қабылдайды, сонымен қатар топырақтың механикалық құрамының сипатына, негіздердің есепті үлгісіне түзетулер енгізіледі, шөгіндінің мезгілдік даму болжамы беріледі.

Осылайша, шөгіндінің дамуын бақылау және тәжірибе өлшемдері арқылы топырақ құрамын зерттеу әдістерін жетілдіруге, іргетастардың есебі мен жобалауына, геотехникалық жұмыстар технологиясы мен ұйымдастырылуына мүмкіндік береді.

Қазіргі таңда мониторинг өткізу мен ұйымдастыру қажеттілігі техникалық басқару нормалары мен ҚР ҚНЖЕ көрсетілген.

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Цытович Н.А. Топырақ механикасы.- М.: «Жоғары мектеп», 1983.- 288 б.
2. Далматов Б.И. Топырақ механикасы, іргетастар мен негіздер.-Л.: «Стройиздат», 1988.- 415 б.
3. Фадеев А.Б., Бабанов В.В. Жерасты құрылысы.- Л.:ЛИСИ, 1987. - 145 б.
4. ҚР ҚНЖЕ 5.01-01-2002 Ғимарат пен құрылыс негізі.- Астана: ҚР МИТ құрылыс ісі жөніндегі комитет, 2002.- 82 б.
5. ҚР ҚНЖЕ 5.01-03-2002. Бағаналы іргетастар. - Астана: ҚР МИТ құрылыс ісі жөніндегі комитет, 2002.- 84 б.
6. Негіздемесі, фундаменті және жерасты құрылысы / Под общей ред. Е.А.Сорочана и Ю.Г.Трофименкова. (жобалаушы анықтамалығы) - М.: «Стройиздат», 1985.- 480 б.
7. Негіздер және іргетастар / Б.И.Далматовтың редакциясы бойынша – М.-Санкт-Петербург.: АСВ, 2002. – 387 б.

Алғы сөз	3
1-тарау. Топырақтардың табиғаты мен физикалық қасиеттері	4
1.1. Топырақтардың пайда болуы, олардың табиғи, тарихи қалыптасу жағдайлары	4
1.2. Топырақтың құрамдастары	5
1.3. Құрылымдық байланыстар жайында	7
1.4. Топырақтың физикалық жағдайының көрсеткіштері және топтастыру сипаттамалары	8
1.5. Құрылымы тұрақсыз топырақтар	14
1.5.1. Сары топырақ	14
1.5.2. Қатқан және мәңгітоң топырақтары	17
1.5.3. Борпылдақ құмдар	18
1.5.4. Лай және әсералғыш саздар	19
1.5.5. Ісінетін топырақтар	19
1.5.6. Шымтезектелген және техногендік топырақтар	20
2-тарау. Топырақтар механикасының негізгі заңдылықтары	21
2.1. Топырақтардың сығылғыштығы. Тығыздалу заңы	21
2.1.1 Физикалық үрдістер	21
2.1.2. Компрессиялық тәуелділік	22
2.1.3. Салыстырмалы сығылу еселігі	22
2.1.4. Топырақтың құрылымдық беріктігі	24
2.1.5. Тығыздалу заңы	25
2.1.6. Көлемдік сығу барысындағы компрессиялық тәуелділік	26
2.1.7. Топырақтың компрессиялық модулін анықтау	27
2.2. Топырақтың су өткізгіштігі. Ламинарлық фильтрация заңы	29
2.2.1. Физикалық үрдістер	29
2.2.2. Ламинарлық фильтрация заңы	30
2.2.3. Бастапқы градиент. Фильтрация еселігі	30
2.3. Топырақтардың беріктігі. Мор-Кулон заңы	32
2.3.1. Сусымалы топырақтың ығысу ерекшелігі	32
2.3.2. Иленгіш топырақтың ығысу ерекшелігі	34
2.4. Топырақтарды инженерлік ізденістер құрамында зерттеу	35
2.4.1. Топырақ сипаттамаларының нормативтік және есептік мәндерін анықтау	36
3-тарау. Топырақтардағы кернеулер мен деформацияларды анықтау	38
3.1. Топырақтың кернеулік жағдайының фазалары	38
3.2. Топырақта сыртқы жүктемелер әсерінен пайда болатын кернеулерді анықтау	40

3.2.1. Сызықты-деформацияланатын жартылай кеңістіктің бетіне тік түсетін күштердің әсері.....	40
3.2.3. Бірнеше қатарласқан күштердің әсері.....	43
3.2.3. Үлестірілген жүктеменің әсері	43
3.2.4. Жергілікті біркелкі үлестірілген жүктеменің әсері	44
3.2.5. Кернеулерді бұрыштық нүктелер әдісімен анықтау	45
3.2.6. Біркелкі үлестірілген жолақтық жүктеменің әсері	46
3.3. Кернеулер таралуына тиетін құрылымдық ерекшеліктердің әсері	49
3.3.1. Топырақтар қабаттасуының әсері.....	49
3.3.2. Жартылай кеңістік ішіндегі күштердің әсері	50
3.3.3. Ғимарат жертабанындағы қысымның таратылуы	51
3.3.4. Топырақтың өз салмағынан туындайтын кернеулер	52
3.4. Іргетас шөгуінің есебі.....	54
3.4.1. Топырақ деформациясының табиғаты мен түрлері	54
3.4.2. Іргетас шөгуін қабаттар бойынша есептеу әдістері.....	56
3.4.2.1 Қабаттар бойынша жинақтау әдісі	56
3.4.2.2. Көршілес іргетас ықпалын есепке алу.....	58
3.4.2.3. Сызықты-деформацияланатын қабат әдісі	59
3.4.3. Парапар қабат әдісі	60
3.4.4. Шектеулі сығылғыш қабат әдісі	61
3.4.5. Шөгудің уақыт бойынша өзгеруі.....	61

4-тарау. Топырақтардың шекті кернеулік күйінің

теориясы және оның қолданылуы	63
4.1. Жалпы ережелер.....	63
4.1.1. Топырақ нүктесіндегі шекті тепе-теңдігі туралы түсініктер	63
4.2. Ғимарат негізіндегі топырақтың тұрақтылығы.....	64
4.2.1 Топырақтағы шекті кернеу күйінің дамуы	64
4.2.2. Топыраққа түсетін салмақтың шекті мәндері	65
4.3. Құламалардағы топырақ тұрақтылығы.....	69
4.3.1. Құламалар орнықтылық жоғалтуының негізгі себептері.....	69
4.3.2. Сусымалы топырақтың тұрақтылығы.....	70
4.3.3. Иленгіш топырақтың тұрақтылығы	71
4.3.4. Құламаның орнықтылығын шекті тепе-теңдік теориясы бойынша есептеу.....	72
4.3.5. Цилиндрлік бетпен сырғу әдісі.....	73
4.4. Сүйеу қабырғаларын топырақ беріктігі бойынша есептеу	75
4.4.1. Сүйеу қабырғасына түсетін топырақ қысымдары	75
4.4.2. Сүйеу қабырғасына түсетін топырақ қысымын аналитикалық әдіспен анықтау	77
4.4.3. Сүйеу қабырғасына түсетін топырақ қысымын графикалық әдіспен анықтау	79
4.4.4. Топырақ қысымын шекті тепе-теңдік теориясы бойынша анықтау.....	81

5-тарау. Іргетастардың топырақты негіздері	83
5.1. Негіздер мен іргетастарды жобалаудың жалпы ережелері	84
5.1.1. Жалпы ережелер	84
5.1.2. Ғимараттар негіздерінің шекті күйлері.....	85
5.1.3. Ғимараттардың шөгу сипаттары	86
5.1.4. Іргетастардың біркелкі емес шөгулерінің даму себептері	89
5.1.5. Іргетастарды жобалау кезінде есепке алынуы тиым факторлардың кешенді өзара байланыстылығы	92
5.2. Іргетастардың түрін және орналасу тереңдігін таңдау	92
5.2.1. Жалпы ережелер.....	92
5.2.2. Құрылыс салу алаңының инженерлік-геологиялық жағдайы	93
5.2.3. Климаттық факторлар.....	95
5.2.4. Құрылыстардың ерекшеліктері және жұмыс істеу шарттары	97
 6-тарау. Тайыз орнатылатын іргетастар	99
6.1. Тайыз орнатылатын іргетастар түрлері мен конструкциялары	99
6.2. Қатқыл іргетастардың өлшемдерін анықтау	103
6.2.1. Орталықты жүктелген іргетас табанының өлшемдерін анықтау	104
6.2.2. Орталықтан тыс жүктелген іргетасты есептеу.....	105
6.2.3. Топырақты негіз құрамындағы осал кабаттың беріктігін есептеу	106
6.2.4. Іргетастардың шөгуін есептеу	108
6.3. Негіздер мен іргетастарды көтергіштік қабілеті және орнықтылығы бойынша есептеу	108
6.3.1. Көлбеу жүктеменің әсер ету кезіндегі негіздің көтергіштік қабілетін аналитикалық әдіспен анықтау	109
6.3.2. Негіздің көтергіштік қабілетін графоаналитикалық әдіспен анықтау	110
6.3.3. Іргетастың жазықтық бойынша ығысып аударылу және жұлып алуға деген орнықтылығын есептеу	113
6.4. Иілгіш іргетастарды жобалаудың негізгі шарттары	117
 7-тарау. Қадалы іргетастар мен терең орнатылатын іргетастар.....	119
7.1. Қадаларды топтастыру және қадалы іргетастардың түрлері.....	119
7.1.1. Қадаларды топыраққа батыру әдістері	120
7.1.2. Топырақта әзірленетін қадалар	122
7.1.3. Қадаларды жұмыс сипаты бойынша топтастыру	126
7.1.4. Ростверктердің түрлері.....	127
7.1.5. Қадалы іргетастардың түрлері	128
7.2. Қадалардың көтергіштік қабілеті мен есептік кедергісінің күшін анықтау.....	129
7.2.1. Қадалар батыру (орнату) барысында топырақта орын алатын құбылыстар.....	130
7.2.2. Қаданың материал бойынша есептік кедергісінің күшін анықтау	131

7.2.3. Тіреу-қаданың көтергіштік қабілетін топырақ бойынша есептік әдіспен анықтау.....	132
7.2.4. Қапсырылған қаданың көтергіштік қабілетін топырақ бойынша есептік әдіспен анықтау	132
7.2.5. Қаданың көтергіштік қабілетін статикалық жүктемемен жүргізілген сынақтар бойынша анықтау	134
7.2.6. Қаданың көтергіштік қабілетін динамикалық сынақтар нәтижелері бойынша анықтау	136
7.2.7. Қаданың көтергіштік қабілетін топырақты зондтау әдісінің нәтижелері бойынша анықтау	137
7.3. Қадалы іргетастарды жобалау	138
7.3.1. Қадалардың бұталардағы жұмысы.....	138
7.3.2. Қадалы іргетастар жобалаудың негізгі қағидалары мен тәртібі.....	139
7.3.3. Ростверктің салу тереңдігін тағайындау.....	141
7.3.4. Қадалардың түрі мен өлшемдерін анықтау	141
7.3.5. Ростверктің жуық салмағын анықтау және ростверктегі қадалар санының тағайындалуы	143
7.3.6. Ростверкті құрастыру.....	143
7.3.7. Ростверк беріктігін тексеру.....	143
7.3.8. Қадалы іргетастың шөгуді есептеу	145
7.4. Терең орнатылатын іргетастардың түрлері, оларды салу әдістері мен тәсілдері	146
8-тарау. Жасанды негіздер.....	
8.1. Жасанды негіздерді жақсарту түрлері	155
8.2. Негіздерді конструктивті әдіспен жақсарту	155
8.2.1. Құмнан жасалған төсеніш	156
8.2.2. Шпунтты қоршау	156
8.2.3. Бүйірлі топырақ үйіндісі	157
8.2.4. Негіздерді арматуралау.....	157
8.3. Топырақты негіздерді нығыздау әдістері	158
8.3.1. Топырақты негіздерді жер бетінен нығыздау	158
8.3.2. Топырақты негіздерді тереңдікте нығыздау	159
8.4. Физикалық-химиялық әдістер	160
8.4.1. Цементтеу	160
8.4.2. Смолалау	161
8.4.3. Силикаттау	161
8.4.4. Термиялық әдіс.....	162
8.4.5. Сорғалауыш технология әдісі	162
9-тарау. Ерекше жағдайлардағы негіздер мен іргетастарды жобалаудың басты қағидалары	
9.1. Қатты сығылатын осал топырақтардағы іргетастар	165

9.1.1. Қатты сығылатын осал топырақтарға орнатылатын ғимараттар негіздерінің есептеу ерекшеліктері	165
9.1.2. Қатты сығылатын осал топырақтар жағдайларындағы іргетастар негіздерін жақсарту жөніндегі іс-шаралар	166
9.1.3. Ғимараттардың шөгуге деген әсералғыштығын төмендететін сындарлы іс-шаралар	167
9.2. Сары топыраққа орнатылатын іргетастар	168
9.2.1. Сары топырақ жағдайларындағы негіздер мен іргетастарды жобалау ерекшеліктері	169
9.2.2. Лықсып шөгетін топырақтар жағдайларындағы іргетастар орнатудың негізгі әдістері	172
9.3. Кеулеулі (ісінбелі) топырақтардағы іргетастар мен оларды жобалау ерекшеліктері	173
9.3.1. Кеулеулі топырақтардан құралған негіздердің қасиеттерін жақсарту жөніндегі іс-шаралар	174
9.4. Жер беті ығыстырылған жағдайдағы іргетастар.....	174
9.4.1. Тұздалған топырақтар мен карст тараған аймақтардағы ғимараттарды жобалау ерекшеліктері	175
9.4.2. Тау-кен қазбалары жүргізілетін аймақтардағы іргетастар жобалаудың ерекшеліктері.....	176
9.5. Динамикалық әсерлер жағдайларындағы іргетастар	176
9.5.1. Динамикалық әсерлер жағдайларындағы топырақтарда орын алатын құбылыстар	177
9.5.2. Жабдықтар іргетастарының құрылымдық ерекшеліктері.....	178
9.5.3. Іргетастарды динамикалық жүктемелерге есептеу әдістері	179
9.6. Сейсмикалық әсерлер жағдайларындағы іргетастар	181
9.6.1. Жер сілкінісіне төтеп бере алатын іргетастар жобалаудың негізгі ережелері.....	182
9.6.2. Негіздер мен іргетастарды сейсмикалық әсерлер жағдайында есептеу	183
9.7. Негіздер мен іргетастарды күшейту	183
9.7.1. Іргетастар мен негіздерді күшейту қажеттілігінің себептері	183
9.7.2. Үймереттер мен ғимараттар негіздерін бекіту және іргетастарды қайта құру, күшейту тәсілдері	184
9.7.3. Іргетастар мен негіздерді қайта құру және күшейтулерінің жобалау ерекшеліктері	187
10-тарау. Негіздер және іргетастар құрастыру ерекшеліктері.....	188
10.1. Қазан шұңқыр еңістерінің тұрақтылығын қамтамасыз ету	188
10.2. Қарнақтар.....	189
10.3. Қазан шұңқыр түбінде топырақ құрылымын сақтау	190
10.4. Жерасты суынан қазан шұңқырларын қорғау	191
10.5. Геотехникалық мониторинг	192
Пайдаланылған әдебиеттер.....	195

Т.М. Байтасов, Е.Е. Оразалы, Ә.С. Жакулин

ГЕОТЕХНИКА

Оқулық

Басуға 14.11. 2011 ж. қол қойылды. Қағаз офсеттік.

Қаріп түрі “Таймс” Пішімі 60×90^{1/16}.

Баспа табағы 12,75. Таралымы 1000 дана. Тапсырыс №1455.

Тапсырыс берушінің дайын файлдарынан
басылып шықты.



ЖШС РПБК «Дәуір», 050009,
Алматы қаласы, Гагарин д-лы, 93а.
E-mail: rpik-dauir81@mail.ru

