

VÍZÉPÍTŐIPARI
KIADVÁNYOK



MÉLYALAPOZÁSOK A VÍZÉPÍTÉSBEN

21

KIADJA:
OVH VÍZGAZDÁLKODÁSI TRÓSZT, BUDAPEST

VÍZÉPÍTŐIPARI KIADVÁNYOK

MÉLYALAPOZÁSOK A VÍZÉPÍTÉSBEN

KIADJA :
OVH VÍZGAZDÁLKODÁSI TRÖSZT
BUDAPEST, 1974

Írta :
DR. techn. BÁNDY IVÁN

Lektorálta :
SABATHIEL JÓZSEF
egyetemi tanár

Szerkesztette :
SZITKEY LÁSZLÓ

Felelős kiadó : Szitkey László
Megjelent 600 példányban, 25,25 (A/5) iv terjedelemben, 175 ábrával
a MSZ 5601-59 és 5602-55 szabványok szerint

74 2659 - FŐVÁROSI NYOMDAIPARI VÁLLALAT 16. ÜZEMEGYSÉGE
Üzemegységvezető: Csuka Tivadarné

TARTALOMJEGYZÉK

	Oldal
ELŐSZÓ	11
1. A TALAJOK FIZIKAI OSZTÁLYOZÁSA	13
1.1 A szemnegység szerinti osztályozás	13
1.11 Kavics talaj	14
1.12 Homok talaj	15
1.13 Homoklisz talaj	15
1.2 A kötött talajok osztályozása	16
1.21 Agyag	17
1.22 Homokos agyag	17
1.23 Iszap	17
1.3 Állapotjellemzők szerinti osztályozás .	18
1.31 Relatív tömörség	18
1.32 Konzisztencia-index	19
1.4 Szilárdulási állapotban lévő talajok ..	19
1.41 Löss	19
1.42 Marga	21
2. AZ ALTALAJ LEGFONTOSABB FIZIKAI ÉS SZILÁRD- SÁGTANI JELLEMZŐI	22
2.1 Az összenyomhatóság vizsgálata	22
2.2 A teherbírás vizsgálata	25
2.3 A nyírószilárdság	28

	Oldal
2.4 A határfeszültség meghatározása	31
2.41 Kísérlettel	32
2.42 Tapasztalat útján	33
2.43 Elméleti úton	33
2.44 Táblázatok alapján	35
3. AZ ALTALAJ FELDERÍTÉSÉNEK MÓDSZEREI	40
3.1 Előtanulmányok	41
3.2 Talajfelderítés	42
3.21 Közvetlen talajfeltárás	43
3.22 Talajfelderítés próbaterheléssel	44
3.23 Geofizikai talajvizsgálatok	47
3.3 A talajviszonyok vizsgálata	47
3.31 A talajviz jellemzői	50
3.32 A talaj és a talajviz agresszivitása	51
4. FESZÜLTÉGSZÁMITÁS AZ ALTALAJBAN	54
4.1 Feszültségeloszlás az alaptest alatti földtömegben	56
4.11 Koncentrált teher hatására keletkező feszültség	57
4.12 Vonalas teher hatására keletkező feszültség	58
4.13 Sávteher hatására keletkező feszültség	59
4.14 Zárt felület alatti feszültség alakulása	61
4.2 Feszültség zárt tartományban	62
4.3 Feszültségeloszlás az alaptest síkjában	63

	Oldal
5. A SÜLLYEDÉS BECSLÉSE	67
5.1 Rugalmassági alapok	67
5.2 Összenyomódási modulussal	68
5.3 Kompressziós görbével	70
5.4 A süllyedések időbeli lefolyása	71
5.5 A süllyedések okai	74
5.6 Védekezés a káros süllyedések ellen ...	76
5.61 Talajcsere	76
5.62 Az oldalkitérés meggátolása	77
5.63 Kisebbségi talajnyomás alkalmazása ...	78
5.64 Talajszilárdítás	78
5.65 Előterhelés, talterhelés	78
5.66 Építési sorrend megválasztása	79
5.67 Helyes szerkezeti megoldás	79
6. NYITOTT MUNKAGÖDÖR HATÁROLÁSA	80
6.1 Rézsűs munkagödör	80
6.2 Munkagödörök ducolása	83
6.21 Munkagödörök kétoldali ducolása	83
6.22 Széles munkagödör ducolása	86
6.23 Duckyomások meghatározása	88
6.231 Duckyomás keskeny munkagödör esetén	88
6.232 Földnyomás széles munkagödör esetén	89
7. MUNKAGÖDÖR VIZTELENITÉSE	93
7.1 Nyíltviztartás	93
7.2 Talajvízszint-süllyesztés	94
7.3 A víztelenítés tervezésének előkészítése	98
7.31 Előmunkálatok, helyszíni vizsgálatok	98
7.32 Laboratóriumi vizsgálatok	100

	Oldal
7.4 Tervezés.....	103
7.41 Alapkövetelmények	104
7.42 Az érkező vízmennyiség meghatározása nyíltviztartás alkalmazása esetén	105
7.43 Az érkező vízmennyiség meghatározása talajvízszintsüllyesztés esetén	106
7.44 Méretezés nyíltviztartás esetén ..	109
7.45 Méretezés talajvízszint-süllyesztés esetén	111
7.5 A víztelenítési módszer megválasztása ..	113
8. CÖLÖPALAFOZÁS	117
8.1 Facölöp	120
8.2 Acélcölöp	123
8.3 Előregyártott, vert vasbeton cölöp	125
8.4 Különleges előregyártott vasbeton cölö- pök	138
8.41 Injektor cölöp	138
8.42 Előfeszített cölöp	140
8.43 Sajtolt /Mega-/cölöp	140
8.5 Helyben készült cölöpek	142
8.51 Közönséges furt cölöp	142
8.52 Benoto cölöp	152
8.53 Franki cölöp	157
8.54 Vuis-cölöp	163
8.55 Universale-Zeissl vibrált cölöp ..	166
8.56 Soil-mec típusu cölöpfurógép	168
8.57 Rövid furt cölöpözés /Highway/ ...	176
8.58 Diesel cölöpverők alkalmazása a helyszínen készített cölöpknél ..	182

	Oldal
8.6 Verőberendezések	184
8.61 Emberi erővel működő verők	184
8.62 Diesel verőberendezések	185
8.621 Befecskendő porlasztóval működő Diesel verők	185
8.622 Útve porlasztással dolgozó Diesel verők	188
8.623 Diesel verőkosok vezetése előregyártott cölöpek verésé- nél	190
8.63 Vibrációs huzó, verő berendezések	194
8.7 A cölöpözési munkák kivitelezési elő- irásai	195
8.71 A munkahely átadás	195
8.72 Építési Napló	197
8.73 Felmérési Napló	198
8.74 Cölöpverési jegyzőkönyv	199
8.75 Leszámolási terv	200
8.8 A cölöpek teherbírásának megállapítása	200
8.81 Cölöpek teherbírásának megállapítá- sa verési képletek alapján	201
8.82 A cölöpek teherbírásának megállapítá- sa statikus /talajfizikai/ kép- letek alapján	208
8.83 Próbaterhelés	210
8.84 Cölöpek terhelhetőségének változá- sa az idő függvényében	220
8.85 A határteherbírás megállapítása tapasztalatok, szabályozati előírá- sok útján	222
8.9 A cölöpalapozások tervezése	223
8.91 Egy cölöp határteherbírása	227
8.92 A cölöpcsoport határteherbírása ..	233
8.93 Cölöprácsok	236
8.94 Cölöpek teherbírásának meghatározá- sa A.A. Luga módszerével	241

	Oldal
9. RÉSFALÉPÍTÉS	247
9.1 A résfalak alkalmazási területe	249
9.2 A házai résfalépítés multja	250
9.3 Résfalak tervezése	253
9.31 A réselőgép típusának megválasztása	255
9.32 A résiszap összetétele, a résoldalfal állékonysága	257
9.321 A résiszap térfogatsulya ...	259
9.322 A stabilitás	262
9.323 A szerkezeti szilárdság	262
9.324 Iszaplepleny képződése	263
9.33 A résoldalfal állékonysága	265
9.4 A résiszap készítésének technológiája .	269
9.5 A réskészítés technológiája és a réselőberendezések ismertetése	272
9.6 A résfalelem teherbirásának meghatározása	302
9.61 A köpenysurlódás számítása	309
9.62 A talpellenállás számítása	311
9.63 A járulékos tényező számítása	312
9.7 A próbaterhelések tervezése és kivitelezése	313
9.8 Csatlakozó szerkezetek	318
9.9 A résfalépítés főbb kiviteli előírásai	320
9.10 Biztonságtechnika-balesetelhárítás ...	321
9.11 Példák a házai résfalas alapozásokból	322
10. CSŐSAJTOLÁS, CSŐÁTFURÁS	343
10.1 Csőátsajtolás földkitermelés nélkül ..	345
10.2 Csőátsajtolás és furásos földkitermelés kombinációja	347
10.3 Csősejtolás és bányászati módszerekkel történő földkitermelés	352

	Oldal
10.4 A csövek anyagai	355
10.5 A csőátsajtolásra alkalmas telajok ...	357
10.6 Az előtölési ellenállás	357
10.61 Homlokellenállás	358
10.62 Köpenysurlódás	359
10.63 Az előtölő erő csökkentésének módszerei	359
10.64 Közbenső sajtoló állomások	363
10.7 Vezérlés	364
10.8 Süllyedések	368
10.9 Csőátsajtolás telajvizben	371
10.10 A csőtagok csetlekozttatása	374
10.11 Csőméretezési kérdések	378
10.12 Indító aknák	380
10.13 A telaj kitermelése	382
10.14 Geodézisi munkák	383
10.15 Építési előkészületek	384
10.16 Az építés ellenőrzése	384
10.17 Munkavédelmi követelmények	385
10.18 Házai eredmények	385
TRODALOMJEGYZÉK	389

ELŐSZÓ

Az alapozás - mint mérnöki tudomány - csak az utoljára és az építmény kölcsönhatásának megismerése után indult fejlődésnek. Ezt a talajmechanika tette lehetővé. Ebből következik, hogy az alapozás csak néhány évtizedes múltat tekinthet vissza, de a viszonylag rövid idő alatt a fejlődés hatalmas méreteket öltött.

A magyar szakirodalomban számos átfogó, világszínvonalon álló könyv, jegyzet, cikk jelent meg a témában.

A könyv kiadásával a kiadót az a cél vezette - és a könyv szerzője a célt kívánta szolgálni -, hogy a kivitelezésben dolgozó mérnökök, üzemmérnökök, technikusok gyakorlati eligazítást kapjanak egyszerűbb elméleti, tervezési feladataik megoldására. Továbbá részletekbe menő egységes álláspontot igyekeztünk kialakítani a technológiai - közvetlen kivitelezést érintő - kérdésekben.

A Vízügyi Építő Vállalat igazgatójának, Forstner Istvánnak engedélyével és tanácsának figyelembevételével felhasználtam a vállalat a téren szerzett gazdag tapasztalatait. Külön megköszönöm Radó András okl. gépészmérnök és Nagy János okl. mérnök közreműködését a 9. és 10. fejezetek megírásában, Konyári Jánosné, Miklósi Ferencné, Németh Erzsébet és dr. Vámos Józsefné szerkesztő rajzoló munkáját.

A könyv lektora Sabathiel József egyetemi tanár a lektori kötelességen túlmenő figyelemmel és sok hasznos tanáccsal segítette munkámat.

Dr. techn. Bándy Iván
a Vízügyi Építő Vállalat főmérnöke

1. A TALAJOK FIZIKAI OSZTÁLYOZÁSA

A műszaki gyakorlat a talajokat két nagy csoportra osztja: szemcsés talajokra, és kötött talajokra

Nagy általánosságban a talajok jellemző fizikai tulajdonságait a talajszemcsék és a szemcsehalmoz tulajdonságai határozzák meg. Vagyis a műszaki gyakorlat részére döntő jellemzők: a szemcse nagysága, a szemcse alakja, a szemcsék eloszlása és a talaj víztartalma.

1.1 A szemcsenagyság szerinti osztályozás

A talajokat legjellemzőbben a szemcséik nagysága szerint osztályozhatjuk. Ez az osztályozási forma a szervesetlen szemcsés talajokra nézve egyben jellemző csoportosítást is ad. A hazai gyakorlatban alkalmazott felosztást az 1.1 sz. táblázatban mutatjuk be. Szemcsésnek nevezünk azokat a talajokat, amelyek különálló, ún. egysemmcsés szerkezetet alkotnak, és a szerkezet kialakulását megszabó egyetlen erő, a nehézségi erő. A finom talajrészecskék lezán egymáshoz támaszkodó szilárd vázot alkotnak. A hézagterületek az egész térfogatnak 20-40 %-a.

1.1.sz. táblázat

A talajok osztályozása szemnagyság szerint

Megnevezés		Szemnagyság /mm/
Kavics	durva /nagy szemű/	100 - 20
	durva	20 - 2
	finom /apró/	2 - 0,5
Homok	középfino	0,5 - 0,25
	finom	0,25 - 0,1
Homokliszt		0,1 - 0,02
Iszap	durva	0,02 - 0,006
	finom	0,006 - 0,002
Agyag		0,002 mm alatt

1.11 Kavics talaj

Szemlélet alapján könnyen felismerhető, a szemnagyságuk jól becsülhető. Lehet:

durva kavics: ha legalább 50 % 20 mm-nél nagyobb szemcsét tartalmaz,

finom kavics: ha legalább 50 % 2-20 mm közötti szemcsét tartalmaz.

Ha a kavics talaj 10 %-nál több iszapot, vagy agyagot tartalmaz, akkor iszapos vagy agyagos kavicsnak nevezik.

1.12 Homok talaj

Homoknak nevezzük azt a talajt, amelyik legalább 50 %-ban tartalmaz 0,1 - 2 mm átmérőjű szemcséket. Ha 10 %-nál nagyobb az iszap vagy az agyag-szennyeződés, akkor a kavics talajokhoz hasonlóan iszapos vagy agyagos homoknak nevezik. Ha az iszap vagy agyagtartalom olyan nagy, hogy a homok talaj képlékennyé válik, akkor az osztályozás már nem a szemnagyság, hanem a plasztikus index alapján történik.

1.13 Homokliszt talaj

Legalább 50 %-ban kell tartalmaznia 0,02 - 0,1 mm szemnagyságú anyagot. Közel egyforma szemcsékből álló lisztszerű talaj. Száraz állapotban a kézzel lefújható, nedves állapotban széteső. Nem, vagy alig sodorható. A szél, a víz szállítja. Ha kiszárad, akkor szilárd tömeget alkot, de mivel a belső kohéziója elenyészően kicsi a vízben gyorsan szétesik. A homokliszt az iszappal együtt képviselik az átmenetet a szemcsés talajok családjából a kötött talajok családjába. A hazai gyakorlat az iszapot már a kötött talajokhoz sorolja.

A szemcsés és a kötött talajok közötti lényeges különbséget a kohézió különbsége okozza. A kohézió annál nagyobb, minél nagyobb a térfogategységre eső szemcsék felülete. A felület viszont annál nagyobb, minél kisebbek a szemcsék átmérői.

1.2 A kötött talajok osztályozása

A kötött talajok osztályozására a plasztikus index alapján való megkülönböztetést használják az 1.2 sz.táblázatban közöltek szerint.

1.2 sz. táblázat

A kötött talajok osztályozása

Megnevezés	Plasztikus index %/ $\textcircled{x}(w_p\% = w_L - w_p)$
<u>Szervetlen talajok:</u>	
Homokliszt	0 - 5
Iszapos homokliszt	5 - 10
Iszap	10 - 15
Sovány agyag	15 - 20
Közepes agyag	20 - 30
Kövér agyag	30 felett
<u>Szerves talajok:</u>	
Homokos tőzeg	0 - 7
Iszapos tőzeg	7 felett
Szerves iszap	7 - 25
Szerves agyag	25 felett

$\textcircled{x} w_L = F$ a talaj folyási határa

$w_p = F$ a talaj plasztikus határa

1.21 Agyag

A finom homok, homokliszt és iszapszemcséknek az agyagásványokkal való keverékét agyagnak nevezik. Az agyagtalajok jellegzetes - szemcsés talajoktól lényegesen eltérő - fizikai tulajdonságai sajátos szerkezeti felépítéséből és az ebből következő kolloidális tulajdonságokból erednek.

Ilyen kolloidális tulajdonság a képlékenység /plaszticitás/, amelyen bizonyos víztartalom esetén való alakíthatóságot értik. Ilyen tulajdonság a Brown-féle mozgás, és elektrolit hatására a pehelyszerű csomósodás, továbbá a tixotropia, amely alatt az átgurás miatt elvesztett szilárdság lassu regenerálódását értik. Fontos plasztikus tulajdonság a kohézió is.

1.22 Homokos agyag

Tulajdonképpen nagy homoktartalmu agyag, amely a márga elmállásából keletkezik. Vízjárás szempontjából a legmegfelelőbb töltésépítési anyag az, amelynek 20-40 % agyag és 80-60 % homoktartalma van. Ez az összetétel biztosítja a jó beépíthetőséget és tömöríthetőséget. Emellett vízzáró, és ülepedése aránylag a legkevesebb.

1.23 Iszap

Nagyon finom szemcsékből álló talaj, plaszticitása azonban kicsi. Ha egyszer átázott valósággal folyékonyvá válik és összenyomhatósága rendkívül nagy lesz. Az iszap nedvesen sodorható. Száraz állapotban szilárd, de

ez ujjak között szétnyomható, felülete porlik és a vízben szétesik.

1.3 Állapotjellemzők szerinti osztályozás

A talajok elapozás szempontjából fontos tulajdonságait lényegesen befolyásolja tényleges állapotuk, ami vonatkozhat nedvességtartalmukra és tömörségükre.

1.31 Relatív tömörség

A szemcsés talajok állapotát a relatív tömörség alapján határozzuk meg.

$$T_{re} = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \quad /1.1/$$

ahol: e a hézagtényező, vagyis a hézagok térfogatának a tömör rész térfogatához való viszonya.

Állapotmegnevezések:

laza	$T_{re} = 0 - 0,33$
közepesen tömör	$0,33 - 0,66$
tömör	$0,66 - 1,00$

Jól használható állapotjellemző a tömörségi fok is $/T_p/$. A szemcsés feltöltés száraz térfogatsúlyának $/\gamma_o/$ a legnagyobb tömörségű állapotban, laboratóriumban, szabványos vizsgálattal mért térfogatsúlyához $/\gamma_{omax}/$ való százalékos viszonyát fejezi ki, vagyis:

$$T_r = \frac{\gamma_o}{\gamma_{omax}} = \frac{\gamma_s}{\gamma_{omax} / 1+e} \quad /1.2/$$

ahol: γ_s a talajt alkotó szilárd részek fajszálya,
 e a vizsgált állapothoz tartozó hézagtényező.

Innen:

$$e = \frac{\gamma_s}{\gamma_{omax} T_r} - 1 \quad /1.3/$$

1.32 Konzisztencia-index

Az iszap és az agyagtalajok állapotát a nedvességtartalom alapján a konzisztencia-indexszel jelöljük laboratóriumi vagy helyszíni vizsgálatok szerint.

$$K_i = \frac{F - W}{F - P} = I_C = \frac{W_L - W}{W_L - W_p} \quad /1.4/$$

Állapot-megnevezések

igen puha, folyós	$I_e = K_i = 0 - 0,25$
puha	$0,25 - 0,50$
képlékeny	$0,50 - 0,75$
még sodorható	$0,75 - 1,00$
kemény	$1,00 - 1,50$
igen kemény	$1,50$ felett.

1.4 Szilárdulási állapotban lévő talajok

1.41 Löss

Egyenletes szemnagyságu szélfújta porból lerakódott üledékes talaj szemcséit - az egyébként összetartó erő-kön kívül - mész is összeköti. Jellemzősége, hogy

gyökerek, fűszálak nyomaiként függőleges üregekkel van átszőve. Hézagterfoglata rendkívül nagy $/n = 45-55 \%$. Száraz állapotban a lösznek nagy szilárdsága van. 10-15 m magas függőleges falakban is megáll.

Átázás hatására elveszti kohézióját, surlódási szöge csökken, kioldódik a cementáló mészs, s így az átlagosnál nagyobb hézagtartalmu talaj labilis állapotba kerül. Az átázott lösztalaj már nagyon kis terhelés hatására is dm-eket roskadhat és bármilyen alapozási módra teljesen alkalmatlenná válik.

A magyarországi lösztalajok rendszerint makroporozusok. A makroporozus talajok talajfizikai szempontból homoklisztnek, iszapos homoklisztnek, vagy iszaposnak minősülnek, poruseik azonban általában név szerint nagyok. Egyidejű terhelés és vízzel való elárasztás hatására az összenyomódáson kívül még roskadást is szenvednek.

Roskadás szempontjából az egyes makroporozus talajokat a viszonylagos roskadási tényező jellemzi.

$$i_m = \frac{\Delta e}{1 + e_1} \quad /1.5/$$

ahol: Δe = a hézagtenyező csökkenése vízárasztás hatására,

e_1 = az elárasztás előtti hézagtenyező.

Általában roskadás szempontjából akkor nevezzük a talajt veszélyesnek, ha $i_m > 0,02$. Az alapozási sík alatti teljes talajszelvényre az összegezett roskadás a jellemző.

$$I = \sum_{i=1}^n h_i \cdot i_{mi} \quad /1.6/$$

ahol:

h_i az alaptest alatti i -edik réteg vastagsága
 i_{mi} ugyanezen réteg fajlagos roskadása. Ezzel együtt az az összenyomódást értjük, amelyet a talaj teljes átázás hatására 3 kp/cm^2 fajlagos teher alatt szenved.

Az MSZ 15004.8. pontja a roskadó talajokra helyezett építményeket alapozás szempontjából az összegezett roskadás alapján négy kategóriába sorolja /1.3 sz. táblázat/.

1.3 sz. táblázat

Roskadási kategóriák

Kategória	A roskadás nagysága [cm]
I.	$5 < i < 20$
II.	$20 < i < 50$
III.	$50 < i < 100$
IV.	$100 < i$

1.42 Marge

A márga karbonátokban gazdag üledék. Tulajdonképpen mészkarbonáttal $/\text{CaCO}_3/$ cementált agyag és homok. Általában pelás rétegződésű. Mállási terméke a homokos agyag.

gyökerek, fűszálak nyomaiként függőleges üregekkel van átszőve. Hézagterfogeta rendkívül nagy $/n = 45-55 \%$. Száraz állapotban a lösznek nagy szilárdsága van. 10-15 m magas függőleges falakban is megáll.

Átázás hatására elveszti kohézióját, surlódási szöge csökken, kioldódik a cementáló mész, s így az átlagosnál nagyobb hézagtartalmu talaj labilis állapotba kerül. Az átázott lösztalaj már nagyon kis terhelés hatására is dm-eket roskadhat és bármilyen alapozási módra teljesen alkalmatlanná válik.

A magyarországi lösztalajok rendszerint makroporozusok. A makroporozus talajok talajfizikai szempontból homoklisztnek, iszapos homoklisztnek, vagy iszaposnak minősülnek, porusaik azonban átlában véve nagyok. Egyidejű terhelés és vízzel való elárasztás hatására az összenyomódáson kívül még roskadást is szenvednek.

Roskadás szempontjából az egyes makroporozus talajokat a viszonylagos roskadási tényező jellemzi.

$$i_m = \frac{\Delta e}{1 + e_1} \quad /1.5/$$

shol: Δe = a hézagtenyező csökkenése vízárasztás hatására,

e_1 = az elárasztás előtti hézagtenyező.

Általában roskadás szempontjából ekkor nevezzük a talajt veszélyesnek, ha $i_m > 0,02$. Az alapozási sík alatti teljes talajszelvényre az összegezett roskadás a jellemző.

$$I = \sum_{i=1}^n h_i \cdot i_{mi} \quad /1.6/$$

shol:

h_i az alaptest alatti i-edik réteg vastagsága
 i_{mi} ugyanezen réteg fajlagos roskadása. Ezzel együtt az az összenyomódást értjük, amelyet a talaj teljes átázás hatására 3 kp/cm² fajlagos terhelés alatt szenved.

Az MSZ 15004.8. pontja a roskadó talajokra helyesebb építményeket alapozás szempontjából az összegezett roskadás alapján négy kategóriába sorolja /1.3 sz. táblázat/.

1.3 sz. táblázat

Roskadási kategóriák

Kategória	A roskadás nagysága [cm]
I.	$5 < i < 20$
II.	$20 < i < 50$
III.	$50 < i < 100$
IV.	$100 < i$

1.42 Márge

A márge karbonátokban gazdag üledék. Tulajdonképpen mészkarbonáttal /CaCO₃/ cementált agyag és homok. Általában palás rétegződésű. Mállási terméke a homokos agyag.

2. AZ ALTALAJ LEGFONTOSABB FIZIKAI ÉS SZILÁRDSÁGTANI JELLEMZŐI

Az alapozás feladatának meghatározásából kiindulva az altalaj viselkedését abból a szempontból vizsgáljuk, hogy az erőhatások hogyan befolyásolják a talaj és az építmény állékonyságát.

Erre a vizsgálódásra módot ad a talaj összenyomhatóságának és a teherbírásának ismerete.

2.1 Az összenyomhatóság vizsgálata

Az összenyomhatóság és annak időbeli lefolyása határozza meg az építmény sulya előtt várható süllyedéseket.

Az összenyomhatóságot befolyásoló tényezők

a viztartalom és a víz megjelenési formája,
a hézagterfogat,
a szemcsék rugalmas összenyomhatósága,
az ásványi és közettani felépítés,
a vízáteresztőképesség,

a különböző kémiai tulajdonságok, és
a rugalmassági modulus.

A talaj viztartalma

A viztartalom növekedésével nő a talaj összenyomhatósága. De a telenség nemcsak a talaj hézagait kitöltő víz kiáramlása miatt jön létre, hanem a plasztikus konszolidációhoz tartozó kis kohézió miatt is.

A hézagterfogat

Minél nagyobb a hézagterfogat, annál nagyobb az összenyomhatóság. A hézagterfogat csökkenésével bekövetkező alakváltozás maradandó alakváltozás, vagyis az összenyomódást kiváltó ok megszűnése után a talaj nem nyeri vissza eredeti alakját.

A szemcsék rugalmas összenyomhatósága

Hatása csekély, a gyakorlat részére elhanyagolható.

Ásványi és közettani felépítés

Minél kisebb és egyenlőtlenebb a szemcsék összetétele, annál nagyobb a talaj összenyomhatósága. Általában a zavartalan fekvésű talaj összenyomhatósága kisebb, mint a már megzavart talajé. A hirtelen árvíz után leülepedett talajban mindig nagy összenyomódásra számíthatunk.

A talaj vízáteresztő képessége

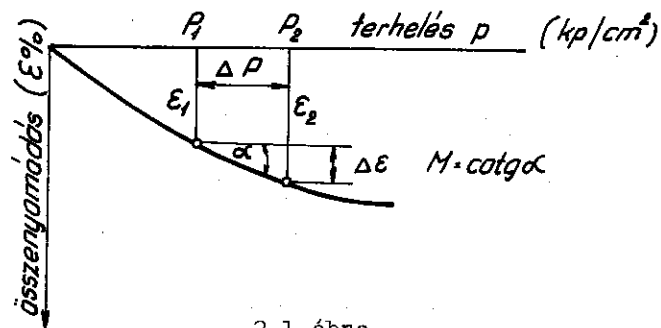
Elsősorban az összenyomódásra és a süllyedés időbeli lefolyására van döntő hatása. A nagyobb áteresztőképességű talaj konszolidációs ideje kisebb.

Kémiai tulajdonságok

A karbonátok és más kötőanyagok szilárdító hatással az összenyomhatóságot csökkentik.

Rugalmassági modulus

A rugalmassági modulus - a feszültségváltozás és a fajlagos alakváltozás viszonyossága - a rugalmas anyagoknál állandó. A talajok teher alatti összenyomódásának meghatározására a kompressziós vizsgálat szolgál. A vizsgálat eredményének grafikus ábrázolását a 2.1 sz. ábra szemlélteti. A rugalmassági modulus az érintő hajlásszögének cotangense. Az ábrából érzékelhető, hogy talajoknál az E értéke nem állandó, függ a teher nagyságától.



2.1 ábra

A terhelés és az összenyomódás kapcsolata

Mivel az elmozdítási számításoknál ezt a változást kifejezve az összenyomódási modulus /jele: M / elnevezést használjuk.

$$M = \cotg \alpha \quad /2.1/$$

Állandónak csak az alakváltozási görbe kezdeti szakasza tekinthető. A különböző talajok összenyomódási modulusait a 2.1 sz. és a 2.2 sz. táblázatban mutatjuk be.

Poisson-tényező

A talajban fellépő feszültségek eloszlására a Poisson-féle tényező ad eligazítást, amely a Poisson-féle ábrából származtatható, annak reciproka.

$$\text{Poisson-szám} \quad \mu = \frac{2}{1 - \sin \Phi} \quad /2.2/$$

$$\text{Poisson-tényező} \quad \mu = \frac{1}{m} \quad /2.3/$$

ahol: Φ a talaj belső surlódási szöge.

2.2 A teherbírás vizsgálata

Ha a talaj teherbírására csak az összenyomhatóságból következtetnénk, akkor ezt tételeznénk fel, hogy az ideális talajt nyomott oszlopként veszi igénybe. Ha végső soron azt az abszurd következtetést vonná maga után, hogy "minél nagyobb a terhelés - egy bizonyos határig - annál nagyobb a teherbírás". Ez nyilvánvalóan nem lehet igaz, mert; a talajtörés nem a talajszemcse belső szilárdsági értékének túllépése miatt következik

2.1 sz. táblázat

A kötött talajok összenyomódási modulusai

A talaj megnevezése	Plasztikus index $[i_p]$	Hézag tényező $[e]$	M $[kp/cm^2]$		
			Kemény $w=w_{zs}$ $K_1=1,2$	Plasztikus $w=w_p$ határ $K_1=1$	Gyúrható $w = 0,5 \cdot \frac{w_f + w_p}{K_1}$ $K_1=0,5$
Homokliszt iszapos agyag homokliszt vagy homok	1-7	0,5	220-250	120-150	60-80
		0,7	120-150	80-120	50-70
Iszap homokos agyag	7-15	0,5	180-250	90-140	60-90
		0,7	150-200	80-100	50-70
		1,0	100-150	60-90	35-60
Agyag	15	0,6	250-300	80-150	50-60
		0,8	150-250	50-100	25-40

2.2 sz. táblázat

A szemcsés talajok összenyomódási modulusai

A talaj megnevezése	M $[kp/cm^2]$			
	Tömörtség T_{re}	Száraz $r=0-0,5$	Nedves $r=0,5-0,8$	Telített $r=0,8-1,0$
Kavics	2/3	300	300	300
	1	1000	1000	1000
Homokos kavics	2/3	200	200	200
	1	700	700	700
Homok	2/3	200	150	100
	1	500	400	400
Homokliszt	2/3	100	75	50
	1	200	150	100

be, hanem a stabilitás, az oldalirányú megtámasztás előfeltétele miatt.

Más szóval: az altalajt végtelen kiterjedésű félkörnek foghatjuk fel, melyben a terhelés nyomófeszültséget ébreszt. A nyomófeszültség továbbterjed, és pedig a terhelés támadáshelyétől távolodva csökkenő értékkel.

A különböző nyomófeszültségekkel rendelkező részek között - a különbség kiegyenlítése, az egyensúly miatt - kell, hogy nyírófeszültségek lépjenek fel.

Ha: a külső terhelésekből keletkező - nyomófeszültségek különbsége miatt fellépő - nyíróigénybevétel túllépi a talaj nyírószilárdságát, akkor következik be az altalaj törése.

A nyírószilárdság összetevői

a belső surlódás,
a kohézió.

Belső surlódás

A talajszemcsék egymás közötti surlódásából és a talaj szem szerkezeti elrendezéséből eredő elcsúszás elleni belső ellenállásból tevődik össze. Nagyságát a surlódási szöggel φ /, illetve a csúszásirányba eső komponensével, vagyis a surlódási szög tangensével adják meg:

$$f = \operatorname{tg} \varphi \quad /2.4/$$

Kohézió

Az egyes szemcsék között működő fizikai és elektrokémiai eredetű felületi tapadó erő. Minél kisebb a szemcseméret, annál nagyobb a kohézió. Nagyságát befolyásolja a talaj víztartalma is.

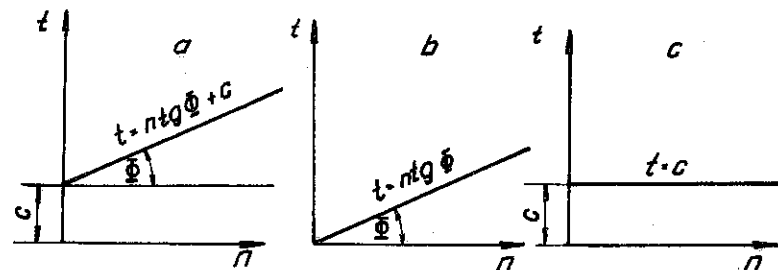
2.3 A nyírószilárdság

A belső surlódásból és kohézióból össze tevődő nyírószilárdság az a legnagyobb belső ellenállás, amely a külső terhelésekből származó nyírófeszültséggel szemben áll.

COULOMB szerint akkor nyíródik el valamely felület mentén a talaj, ha a felületre ható normál feszültségek és nyírófeszültségek között a következő összefüggés áll fenn:

$$t = n \cdot \operatorname{tg} \Phi + c \quad /2.5/$$

A nyírószilárdság szempontjából a három jellegzetes talajtípus esetén a COULOMB-féle egyenes határhelyezeteit a 2.2 sz. ábra mutatja be.



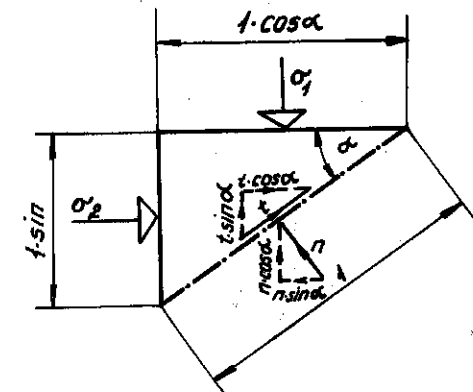
2.2 ábra

A Coulomb-féle egyenes határhelyezetei

Az "a" ábra iszapos, agyagos-homokos iszap, és száraz nyirkos agyagtalajokra jellemző. / $\Phi \neq 0$; és $C \neq 0$ /.

A "b" ábra kavics és durva homok Coulomb-féle egyenesét ábrázolja. Ezeknél a talajoknál kohézióval nem számolhatunk / $\Phi \neq 0$; és $C = 0$ /.

A "c" ábra belső surlódás nélküli kohéziós talajokra jellemző. Ide tartoznak a puha, kövér agyagféleségek / $\Phi = 0$; $C \neq 0$ /.



2.3 ábra

A normál- és a nyírófeszültség vizsgálata

Ha ezt akarjuk megállapítani, hogy a terhelés alatt álló talajban fennáll-e valamely felület mentén a nyírás feltétele, ekkor ismerni kell a terhelés alatt álló tömeg biztonságos szerinti hajlásu síkjában fellépő normál- és nyírófeszültségek nagyságát.

A 2.3 sz. ábra alapján felírható:

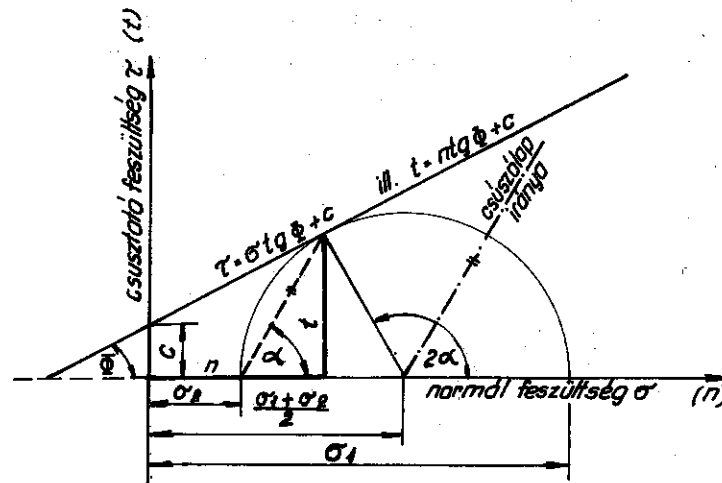
$$\sigma_1 \cos \alpha = n \cdot \cos \alpha + t \cdot \sin \alpha \quad /2.6/$$

$$\sigma_2 \sin \alpha = n \cdot \sin \alpha - t \cdot \cos \alpha \quad /2.7/$$

innen:

$$n = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\alpha \quad /2.8/$$

$$t = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cdot \sin 2\alpha \quad /2.9/$$



2.4 ábra
A Mohr-féle kör

A MOHR-féle kör segítségével /2.4 sz. ábra/ a normál és nyírófeszültségek grafikusan gyorsan megszerkeszthetők. Az érintési ponthoz húzott sugár megadja a törési felület irányát:

$$\alpha = [45^\circ + \Phi / 2]$$

Matematikailag kimutatható, hogy a főfeszültségek között / σ_1 , σ_2 / töréskor a következő összefüggés áll fenn:

$$\sigma_2 = \sigma_1 \tan^2 /45^\circ - \Phi / 2/ - 2c \cdot \tan /45^\circ - \Phi / 2/ \quad /2.10/$$

illetve:

$$\sigma_1 = \sigma_2 \tan^2 /45^\circ + \Phi / 2/ + 2c \cdot \tan /45^\circ + \Phi / 2/ \quad /2.11/$$

2.4 A határfeszültség meghatározása

A talaj határfeszültsége az a talajfeszültség, amelynek működésekor a talaj teherbirása, és ezzel az építmény előírt használhatósága az előforduló legkedvebb körülmények között, - oldalkitérés, negatív alakváltozás miatt - már megszűntnek tekinthető. A határfeszültségbevitel nemcsak az alaptest szélességétől és az alapozási mélységtől függ, hanem a felszerkezet jellemzőiből, az építés ütemétől, a terhelés intenzitásától stb. Tehát a határidénybevitel nem tekinthető valamilyen állandónak. A sok befolyásoló tényező miatt az MBZ 15004 szerint a talaj határfeszültségét úgy kapjuk, hogy a törőfeszültséget csökkentő tényezővel szorozzuk.

$$\sigma_H = \alpha \sigma_t \quad /2.12/$$

A csökkentő tényező értéke a talajfizikai jellemzők bizonytalanságától, a talajfeltárás megbízhatóságától és az építmény fontosságától függ a szabvány által előírt mártókben.

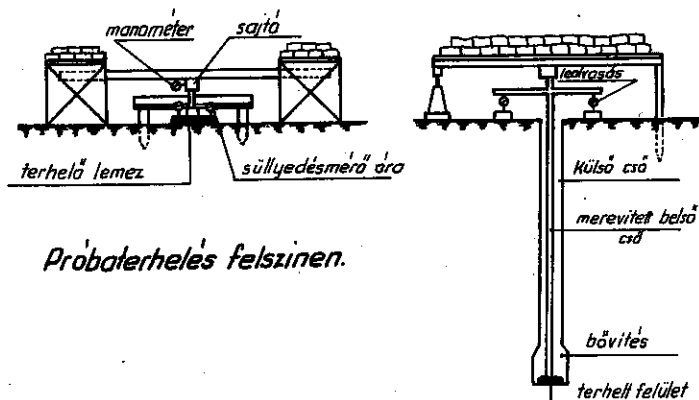
Számértéke 0,7-nél nagyobb nem lehet.

A törőfeszültség a külső erők hatására fellépő fajlagos belső erő, amelynél a talaj nyírószilárdsága, illetve teherbirása már teljes mértékben kimerül. Más szóval az építmény, egy bizonyos tömegű talajjal együtt eredeti helyzetéből elmozdul.

A határfeszültség meghatározási módjait az előbbiekben részletezzük.

2.41 Kísérlettel

Tulajdonképpen próbaterhelésről van szó. Első gondolatként az merülhet fel, hogy kár is más módszerrel foglalkozni, mert egy leendő építmény helyén bizonyára próbaterhelés adja a legbiztosabb támpontot. Ezt a módszert mégis ritkán használják - később látjuk -, mert számos bizonytalanságot rejt magában. A próbaterhelést végrehejtjük felszínen vagy furólyukban /2.5 sz. ábra/



Próbaterhelés felszínen.

Próbaterhelés furólyukban.

2.5 ábra

Próbaterhelés felszínen és furólyukban

Mindkét esetben meghatározott területet terhelünk, mérjük a behatolást, és ennek időbeli lefolyását. Az eredményeket grafikonban ábrázoljuk.

Az eljárás hátrányai

a mélyebben fekvő puha réteg nem érezteti hatását

A kötött talajok konszolidációja nagyon lassu, ezért nagy időráfordítást kíván;

az alaptest alakjának és rugalmasságának befolyásoló hatása nem érvényesül;

a terhelés módját nem veszi figyelembe;

a furólyukas próbaterhelésnél a furólyuk alja egyenlően és átgyurt, az anyag bizonytalan konszisztenciájú, és a terhelő felület kicsi.

2.42 Tapasztalat után

Meglevő épületek adataiból, azok helyzetéből következtethetünk arra, hogy a közvetlen közelben létesítendő építménynél mire számíthatunk. Hangsúlyozni kell, hogy az csak kényszermegoldás, mert homogén rétegződésre nem számíthatunk, az előterhelt talajok teherbíróbbak, és legtöbbször ekkor már nem ismerjük a meglevő épület terhelésekor figyelembevett szempontokat.

2.43 Elméleti uton

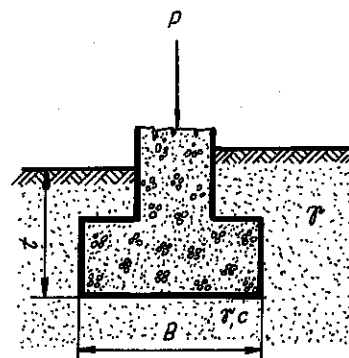
A megoldást két uton közelítették meg:

törési elmélettel és alakváltozásos elmélettel. Itt csak a törési elmélet elvével foglalkozunk.

Törési elmélet

Amint a feszültségállapotot jellemző MOHR-kör eléri a talaj nyírószilárdságát jellemző COULOMB-féle egyenest, bekövetkezik a törés. Ekkor a /2.10/ és /2.11/ alatt közt összefüggés érvényes.

TERZAGHI abból kiindulva, hogy az alap alsó síkja érdeességénél fogva az alap elatti földtömeget az alap-hoz kapcsolja, empirikus összefüggést állított fel.



2.6 ábra

A törőfeszültség meghatározására szolgáló képlet jelöléseinek értelmezése

Több más kutató a Terzaghiéhoz hasonló alakú képletet állított fel a törőfeszültség kiszámítására, melyek csak a tényezők számértékében különböznek egymástól.

A magyar szabvány /MSZ 15004/ a következő általános alakú képlet használatát írja elő /2.6 sz. ábra/

$$\sigma_t (\text{Mp/m}^2) = a_B \cdot \gamma_1 \cdot B N_B + a (\gamma \cdot t \cdot N_t + c N_c) \quad /2.13/$$

ahol:

- B az alap kisebb, vízszintes mérete, [m]
- t a takarás mélysége, [m]
- γ_1 a takaró földtömeg átlagos térfogatsúlya [Mp/m³]
- γ az alap elatti talaj térfogatsúlya [Mp/m³]
- c az alap elatti talaj minimális kohéziója [Mp/m³]

$\left. \begin{matrix} N_B \\ N_t \\ N_c \end{matrix} \right\}$ táblázatos értékek,
 $\left. \begin{matrix} a_B \\ a \end{matrix} \right\}$ alakú tényezők

$$a_B = 1 - \frac{B}{10 L} \quad a = 1 + \frac{B}{5 L}$$

ahol:

L az alaptest hosszabb vízszintes mérete [m]

Az N_B , N_t és N_c értékeit a 2.3 sz. táblázatban közöljük.

A képlet ebben a formában homogén altelepon nyugvó alap törőfeszültségét adja meg központos és függőleges terhelésre.

2.4.4 Táblázatok alapján

Az MSZ 15004 szabványnak a 2.13 sz. alatt ismertetett elméleti képletéből a törőfeszültség, majd ebből a módosító tényezők figyelembevételével a határfeszültség számítható. E szabvány "Függelék"-e lehetőséget ad egyszerűbb számítási mód alkalmazására is bizonyos esetekben. Így a számítási munka lényegesen egyszerűsödik, ha csak akkor alkalmazhatjuk, ha:

- a/ a talaj előírás szerint feltárt,
- b/ az alapsík a fagyhatár alatt van,
- c/ a rétegződés egyenletes és közel vízszintes,
- d/ a mélyebb rétegek nem kapnak a megengedettnél nagyobb feszültséget,
- e/ az építés süllyedéskülönbségre nem érzékeny.

A teherbirási tényezők értékei a surlódási
szög függvényében

Surlódási szög [°]	Teherbirási tényezők		
	N_B	N_t	N_c
0	0,0	1,0	5,1
2	0,1	1,2	5,6
4	0,2	1,4	6,2
6	0,3	1,7	6,8
8	0,5	2,1	7,5
12	1,0	3,0	9,3
14	1,4	3,6	10,4
16	1,9	4,3	11,6
18	2,6	5,2	13,1
20	3,4	6,4	14,8
22	4,6	7,8	17,1
24	6,2	9,6	19,3
26	8,3	11,8	22,2
28	11,1	14,7	25,8
30	15,2	18,4	30,2
32	20,8	23,2	35,5
34	28,7	29,4	42,2
36	40,2	37,8	50,6
38	56,8	48,9	61,4
40	81,6	64,2	75,3
42	120,0	85,3	93,6
44	180,0	115,0	118,0
45	223,0	135,0	134,0

Ellos alkalmazni:

- a/ folyós, puha agyagban,
 b/ friss feltöltésben,
 c/ süllyedésre érzékeny szerkezeteknél,
 d/ mesterségesen megszilárdult talajban,
 e/ szerves és sós /szikes/ altalajban,
 f/ csuszásra hajlamos rétegekben.

A talajok határfeszültségét ezekben az esetekben kiámpontos terhelésre a talajnemtől és a talaj állapotától függő σ_a alapérték segítségével állapítjuk meg, és az alapértéket az építmény méreteitől, valamint az alapozás és terhelés körülményeitől függő c_1 és c_2 tényezővel, valamint c_3 additív teggel módosítva kapjuk meg a határfeszültséget. A σ_a alapértékek számértékeit a különböző talajfajtákra a 2.4 és 2.5 sz. táblázatban közöljük.

Az alapértékek ismeretében szemcsés és kötött talajban a talaj határfeszültsége a következő összefüggések alapján számítható.

Szemcsés talajban

$$\sigma_H = c_1 \cdot c_2 \cdot \sigma_a \quad /2.14/$$

helly. hogy

$$\sigma_H \leq 3 \sigma_a$$

Kötött talajban

$$\sigma_H = c_1 \cdot \sigma_a + c_3 \quad /2.15/$$

ahol:

c_1 függ a takarástól

c_3 függ a takarástól és a talaj térfogatsúlyától.

kell, hogy:

$$\sigma_H = 2 \sigma_a$$

2.4 sz. táblázat

A szemcsés talajok határfeszültségének
 σ_a alapértékei

Jel	A talaj megnevezése	Állapot	σ_a [kp/cm ²]		
			száraz vagy nyirkos	nedves vagy nagyon nedves	telített a talajvízszint alatt
a	Durva kavics és finom kavics	közepesen tömör	6,5	6,5	5,2
			7,8	7,8	6,5
b	Homokos, iszapmentes kavics	közepesen tömör	5,8	5,8	4,5
			7,8	7,8	6,0
c	Durva és közepes szemmagyságu homok	közepesen tömör	4,8	4,8	3,0
			6,5	6,5	4,0
d	Finom homok	közepesen tömör	3,0	3,0	2,0
			4,0	4,0	2,5
	Homokliszt kohézió nélkül	közepesen tömör	2,5	2,0	1,5
			3,0	2,5	1,8

2.5 sz. táblázat

A kötött talajok határfeszültségének
 σ_a alapértékei

Jel	A talaj megnevezése	Plasztikus index I_p	Hézag tényező	σ_a [kp/cm ²]		
				Kemény, palás, szivós	a plasztikus határ állapotában	Képlékeny, gyúrható
				$w = w_{zs}$ $K_i = 1, 2$	$w = w_p$ $K_i = 1$	$w = 0,5 \cdot (w_f + w_p)$ $K_i = 0,5$
I'	Homokliszt, homok, agyagos homok	1 - 7	0,5 0,7	3,5 3,0	3,5 2,5	3,0 ⁺ 1,8
II	Iszap, homokos agyag	7 - 15	0,4 0,5 0,7 1,0	5,0 4,2 3,5 3,0	4,0 3,5 3,0 2,0	3,2 ⁺ 3,0 ⁺ 2,0 1,2
II	Agyag		0,4 0,6 0,8 1,0	9,0 7,2 4,2 3,5	7,5 ⁺ 6,0 ⁺ 3,5 2,5	- 2,0 ⁺ 1,2

Megjegyzés: a + jel azt jelenti, hogy a közölt érték csak elméleti számadat, az interpolálás végrehajtása céljából.

3. AZ ALTALAJ FELDERÍTÉSÉNEK MÓDSZEREI

Az altalaj rétegződésének és tulajdonságának ismerete nélkülözhetetlen ahhoz, hogy megtervezhessük és kivitelezhessük a műszakilag helyes, leg gazdaságosabb elszózást. Helyes az a megállapítás, hogy a talajkutatóások költségeit mindenképpen meg kell fizetni, akár elvégezzük azokat előre, akár nem. Az utóbbi esetben azonban a bekövetkező károk, vagy a helytelenül megválasztott elszózás a talajkutatóások költségeinek többszörösét teszik ki.

Találkozunk olyan esettel is, amikor kisterhelésű alárendelt jellegű építményeknél válogatás nélkül elszózzák a nem odavaló költséges talajfeltárásokat.

Előfordul az is, hogy a talajfelderítés ugyan megfelelő, de a mintavétel szakszerűtlen. Ilyen esetben kárbevisz a költséges talajfelderítés, mert a szakszerűtlen talajmintákat a laboratórium nem tudja felhasználni.

Az altalaj felderítése nagyon nehéz feladat. Az altalaj mind függőleges, mind vízszintes irányban rendkívül nagy mértékben változhat, tehát nem homogén, és nem izotróp anyag. Ezenkívül - a dolog természetéből adódóan - a talajkutatóást mindig a tervezés előtt kell végrehajtani, hogy az adatok kellő időben - még az általános tervek kidolgozása előtt - a tervező rendelkezésére áll-

janak. Az altalaj-kutatóások célját a következőkben szokták összefoglalni:

1. a talaj elszózhatóságát a javasolt elszózási módra nézve,
2. megfelelő és gazdaságos elszózás tervezését tekintve,
3. előreláthatóvá válhatnak az építkezés közbeni talajviszonyok.

4.1. Előtanulmányok

A tényleges altalajfelderítést megelőzi az előzetes felismerés, szemrevételezés és a geológiai adatkutatóások, amelyek összefoglalva előtanulmányoknak neveznek.

A kérdéscsoporttal részletesen nem foglalkozunk, hanem tömören felsoroljuk a legfontosabb tanulmányozási és szemrevételezési igényeket.

Tanulmányozni kell:

1. a terep domborzati viszonyait, és geomorfológiai elemeket,
 2. a csapadékvizek lefolyását, összegyűlemlését, lecsurgási helyeit,
 3. a talajvízfeltárások, kibúvások, láposodások helyeit és a talajvízingadozás mértékét,
 4. az alapkőzet elhelyezkedését és összetételét.
- A helyszíni szemrevételezésnek ki kell terjednie:
1. a környezetben lévő épületek elhelyezkedésére, állapotára,
 2. a talajban lévő víz és a szabad vízfolyások eredetének, magasságának, áramlási viszonyainak és vegyi hatóanyagának felderítésére,
 3. a csuszásra utaló jelenségek felderítésére,

4. régi, eltemetett romok /épületek, pincék, kutak stb./ maradványainak és helyének megállapítása.

Az építkezés közvetlen környezetében minden alkalommal meg kell vizsgálni:

1. van-e a közelben repedezett, vagy megsüllyedt épület,

2. A közelben lévő épületek /építmények/ milyen módon vannak alapozva, és milyen talajfeszültségeket vettek figyelembe,

3. nincs-e árvízveszély, nem volt-e régebben mocsár, tó, vagy folyómeder,

4. nem feltöltött-e a terület,

5. meg kell vizsgálni a közeli kutakban a vízállás magasságát és a vízszint ingadozását,

6. ha a közelben bánya vagy akna, vagy bármilyen terepelakulat lehetővé teszi, meg kell vizsgálni az al-talaj rétegződését.

3.2 Talajfelderítés

Ha az előtenulmányok után az építkezés helyét kiválasztották és a várhatóan legcélszerűbb alapozási módszert megállapították, sor kerülhet a részletes talajfelderítésre.

A talajfelderítés végezhető:

közvetlen talajfeltárással: próbagödör,

kutatóakna,

táró,

próbefurás,

probaterheléssel:

felszíni probaterhelés

furólyukban végzett

probaterhelés, szondá-

zás, próbacölöpözés,

geofizikai talajvizs-

zálattal:

szeizmikus vizsgálat,

dinamikus vizsgálat,

geoelektronos vizsgálat,

izotópos vizsgálat.

4.1.1 Közvetlen talajfeltárás

A talaj feltárására és mintavételre vonatkozó előírásokat az MSZ 4488-51. tartalmazza.

A talajfeltárás szorítkozhat a rétegződés egyszerű megállapítására, vagy pedig ezen túlmenően a részletes talajvizsgálatok céljeire előírt zavartalan minták vétele is.

A kutatóaknás és a próbagödörös talajfeltárási módok alkalmazása esetén a talajrétegződés jól megfigyelhető és a szükséges zavartalan mintavételek is megbízhatóan olvégezhetők. Azonban az aknák gazdaságosan csak kis mélységig - általában a talajvíz szabta határig - használhatók el. Láza talajban, vagy nagyobb mélységben nagyobb mélységig szükséges.

A furásokkal való feltárás egyszerűbb munkát igényel, de nagy mélységig alkalmazható, de a rétegek megfigyelése pontatlanabb és a mintavételek is csak körülményesen, vagy egyáltalán nem hajthatók végre.

A vízszintes tárókkal való feltárás általában csak a csuszások, suvadások vizsgálatánál, szivárgók, alagutak építéskor szükséges abban az esetben, ha a mozgó vagy átmedvesedett réteg helyzete csak nagyon sűrű és nagyűrű társálózattal volna feltárható.

3.22 Talajfelderítés próbaterheléssel

A felszíni próbaterhelés a legcélszerűbbnek látszó módszer. Azonban az altalaj összetételében inhomogén, valamint a fizikai és szilárdsági viselkedése egyes keresztmetszetben nem egyforma. A talaj igénybevételi módja - végtelennek tekinthető kiterjedésénél fogva - eltérően viselkedik a próbaterhelés és a tényleges terhelés körülményei között.

A próbaterhelésnél alkalmazható terhelő felület a tényleges építmény terhelő felületéhez képest elenyészően kicsi, mert a felhordendő terhelő súlyok nagyságának határt szab a gazdaságosság. Gondoljuk meg, hogy egy 50 . 50 cm-es terhelőlapra 10 000 kp terhet kellene felhordani, ha 4 kp/cm² igénybevételt akarunk biztosítani. Viszont a kis felületek alatt mért süllyedések nem felelnek meg a valóságos építmény alatt keletkező süllyedéseknek.

Csak ha azonos terhelőlemez és terhelési körülmények vannak szabad a felszíni próbaterhelést a talajok összehasonlítására felhasználni. A talajok teherbírásának megállapítására felszíni próbaterhelést alkalmazni nem szabad.

A furólyukban végzett próbaterhelés lehet függőleges vagy vízszintes.

.. A furólyukban végzett függőleges próbaterhelés célja eredetileg az lett volna, hogy a talajkutatózás közben furással feltárt talajrétegek várható teherbírását közvetlen terheléssel - a tervezett mélysápolozás számára megállapítsa.

Mindazok a hibák és pontatlanságok, amelyeket a felszíni próbaterhelésnél vázoltunk, itt fokozottabban jelentkeznek.

Az eredmények pontatlanságát jelen esetben még főbbek a következők:

1. a terhelő felület sík, egyenletes felületét a furólyukban biztosítani nem lehet,
2. a furólyuk tökéletes víztelenítése nem megoldható,
3. a terhelő felület nagyságának határt szab a furólyuk átmérője,
4. a furási technológia miatt a talaj átgyurt, nem természetes állapota.

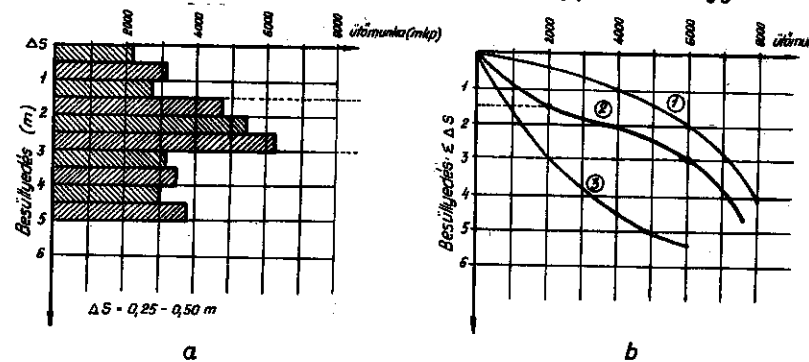
A próbacölöpözést, mint talajfelderítési eszközt nem szabad összetéveszteni a cölöp próbaterhelésével. Az előbbi a talajrétegződéséről és a cölöp dinamikus teherbírásáról, az utóbbi pedig adott cölöp teherbírásának pontosabb értékéről és várható süllyedéséről ad tájékoztatást.

Próbacölöpözéskor cölöpöt verünk be a vizsgálandó talajba és feljegyezzük a cölöp beverésére fordított ütemmunkát, valamint mérjük az ennek megfelelő behatolási mélységet. Grafikonban ábrázolva a két változó közötti összefüggést, azok alakjaiból következtetni tudunk a talajrétegződésére.

Ha az ütemmunkát nem összegezve, hanem bizonyos mértékű egyenlő behatolásokra eső csoportokban rakjuk fel egymás alá, kapjuk a differenciálós görbét /3.1/a sz. ábra/, amelyből jól leolvasható, hogy milyen mélységben mennyi ütemmunkára volt szükség ugyanolyan mértékű behatolás eléréséhez. Ez közvetlen összehasonlítást nyújt az egymást követő rétegek relatív tömörségére, illetve várható teherbírására.

A másik ábrázolási módszer az integráló görbe /3.1/b sz. ábra/, amelynél az ütemmunkát és a behatolást a kezdettől fogva összegezve ábrázoljuk. Itt a görbe leírása ad tájékoztatást a talaj rétegződésére. A 3.1/b.

ábrán felrajzolt 1. jelű görbe például azt jelzi, hogy felül ellenállóbb, teherbíróbb a talaj, mint lejjebb.



3.1 ábra

Az ütőmunka és a besüllyedés

A szondázás lényegében hasonlít a próbacölöpözéshez, mert itt is a talaj behatolási ellenállásának változásából következtetnek a talajrétegződés változására. Szondázáskor viszonylag vékony vasrudat vagy csövet vernek, csevarnak, vagy sejtolnak az altalajba, aminek következtében a talaj kitérni kényszerül. A szonderud a különféle rétegekben különböző kitérés ellenállásba ütközik és ezt a változó ellenállást folyamatosan regisztrálják.

A szondázás legegyszerűbb módja kezdetben az volt, hogy 20 - 30 cm átmérőjű 2 - 8 m hosszú, elul kihegyezett vasrudat kézzel, vagy valamilyen sullyal a talajba benyomtek. A rud hegyén vajat is volt, hogy a talaj beletapadhasson. E módszerrel csak a puha /iszap, tőzeg, puha agyag stb./ vastagságát, illetve a laza réteg alatti keményebb réteg fekvését lehetett kitapogtatni. Továbbá tapintásból, hangból, a rudra tapadó részecskékből lehetett több-kevesebb bizonytalansággal következtetni arra, hogy milyen talajban halad a szonderud.

3.2 Geofizikai talajvizsgálatok

A geofizikai vizsgálatok során a talajfelszínen végzett fizikai megfigyelésekből következtetnek a föld belsőjének szerkezetére. E vizsgálatok tehát valóban olyan navertalan vizsgálatok, amelyek az altalajt szinte átvilágítják. A geofizikai vizsgálatok nagy területek gyors felszíni átvizsgálását teszik lehetővé és így segítséggel a részletesebb feltárások csak a különleges területekre szoríthatók.

A szeizmikus és dinamikus talajkutatásoknál azt a párokódítást, illetve rezgéstoveterjedést mérik, amit a talaj felszínén mesterségesen előidézett rezgés okoz. A szeizmikus kutatásoknál robbantásból, tehát egyszeri rázkódásból származó hullámtoveterjedést, visszaverődést, amplitudót stb. mérnek. Az eljárás elég jó tájékoztatást ad, különösen akkor, ha a robbantást furólyukban végezték el.

Az izotópos kutatások lényege az, hogy csőben bizonyos mélységben radioaktív izotópot helyeznek el és a talajba terelt kisugárzás intenzitását mérik. Ez a módszer a talaj sűrűségére ad tájékoztatást. E módszerrel megbízhatóan lehet mérni a réssalapok betonminőségét /folytonosság, sűrűség/ is.

3.3 A talajvizviszonyok vizsgálata

Az építkezésre kijelölt terület hidrológiai adottságainak meghatározása a mélyépítési munkák előkészítőmunkák egyik legfontosabb feladata. Az alapozás műszakilag helyes és gazdaságos megoldása megköveteli a felhalni és a talajvíz alapozás szempontjából mértékadó jellemzőinek részletes felderítését, ismeretét.

A talajviz az alapozás, illetve az ezzel összefüggő mélyépítési munkálatok során felmerülő kérdések közül következőkben játszik nagy szerepet.

Az alapozási mód megválasztása

Az alapozási alternatívák elbírálása során egyik döntő tényező az, hogy az alapozási sík a talajvízszint alá kerül-e, avagy nem. Kell-e vízteleníteni és hogyan, vagy nem. A talajviz és az ehhez kapcsolódó kapilláris zóna helyzete alapján lehet elbírálni, hogy a térfogatváltozású talajok ki tudják-e fejteni káros hatásukat; ha igen, a tervezés során a szerkezet kialakításával kell ez ellen védekezni. A talajvizjárás ismeretében lehet kijelölni a legkedvezőbb építési időt, amikor éves viszonylatban a talajvízszint mélyen helyezkedik el.

A talajviz agresszivitásának ismerete fontos az építőanyagok kijelölésében. Ennek ismeretében, tudunk dönteni arról, hogy a talajviz betonozásra felhasználható és kell-e szulfátálló cementet alkalmazni vagy nem.

Az alapok agresszivitás elleni védelme

Ha a talaj vagy a talajviz a felhasznált építőanyagokra korróziós veszélyt jelent, az ellen védekezni kell. Az agresszivitás túl nagy foka meghiusíthatja, vagy gázdaságtalenná - tehát kérdőjelessé - teheti egyes alapozási módok alkalmazását.

A talaj szilárdsági és elkváltozási jellemzőire gyakorolt hatása

A talajvízszintnek és a hozzátartozó kapilláris zónának az időben lezejlő függőleges irányu változása első sorban a víztartalom, telítettség és a szemcsékre ható felhajtóerő változásán keresztül fejti ki hatását. Ennek következtében megváltozik:

- a talaj nyírósilárdsága, emiatt és a felhajtóerő miatt a teherbírása,
- a talaj összenyomódási modulusa, ezzel a várható alakváltozása,
- a konszolidáció folyamata,
- a talaj fejtési osztálya, és
- tömöríthetősége.

Egyéb hatások

A várható talajvízszint ismeretében lehet meghatározni, hogy nem kell-e számolnunk - esetleg építés közben is - a feluszás veszélyével. Sok esetben szükséges ismerni a víznyomás nagyságát. Nagyobb mélységre lenyúló alaptestek esetében számítani kell a talajviz visszaduzzasztására, amely nemcsak a szóbanforgó építményre, hanem az áramlás irányába eső egyéb építményekre is káros lehet.

Az előzetes talajfeltárások alapján ítélhető meg, hogy nem fenyegeti-e a nyomás alatti talajviz hirtelen feltörésének veszélye az agyagba mélyített munkagödört.

3.31 A talajvíz jellemzői

Az alapozási tervek készítése előtt a talajvíz következő jellemzőit kell meghatározni:

- a talajvízjárás sokévi menete,
- az áramlás jellemzői, és
- a talajvíz agresszivitása.

A talajvízszint megállapítása során a következőkre kell kitérni:

- a pillanatnyi,
- az építési,
- a minimális, és
- a maximális talajvízszintre.

A maximális vízszint biztonsággal növelt értéke a mértékadó talajvízszint. A jelenlegi előírások szerint a maximális vízszinthez adendő biztonságot a következő képlettel kell számolni:

$$B = \left[\alpha (NV - KV) \cdot \frac{1}{n} + \frac{d}{2} \right] \beta \quad /3.1/$$

ahol:

- α az építménytől és a megfigyelési időtől függő állandó
- NV az eddig észlelt legnagyobb vízállás
- KV az eddig észlelt legkisebb vízállás
- n az adatok /kutak/ száma
- d a furásban és a kutban észlelt pillanatnyi vízszintkülönbség
- β szárszási követelménytől függő állandó (1-1,5).

Az áramlás irányát és az esését legegyszerűbben az egyidejű vízállásokra szerkesztett izohipszák segítségével lehet meghatározni.

3.32 A talaj és a talajvíz agresszivitása

A talajvíz vegyi összetételének meghatározására lehetőleg minden furásból vízmintát kell venni.

A vízmintát szennel - a víz furatban való megjelölésénél - kell venni. Talajt, vagy egyéb szennyeződést a vízminőségben nem tartalmazhat. A vízmintát jól lezárható, üvegbe, 1 l ürtartalmu üvegbe kell önteni és a lehető leghamarábban be kell küldeni a laboratóriumba. Tárolásánál hűvös helyen történhet.

Ha a furatban talajvíz nem jelentkezett, de alaposan meg kell vizsgálni, hogy a talaj szennyezett, vagy víz hatására oldódó káros anyagokat tartalmaz, vegyvizsgálati célra talajmintát kell a laboratóriumba küldeni. A minta legalább 0,5 kg legyen. A laboratórium a beküldött talaj- és talajvízminták vizsgálatát alapján állapítja meg a konzervációs veszély mértékét.

A főbb agresszív anyagok - hatásuk szerint csoportosítva - a következők:

Oldódást okozó anyagok: lágy víz, ha összesótartalma 200 mg/l-nél, összkeménysége 6 nkf-nál, vagy lugossága 2,5-nél kisebb.

Cserebomlási reakciót okozó anyagok: savas jellegű víz /pH=7/, szervesetlen savak és oldataik /sósav, kénsav, szulfatumsav stb/, mészre agresszív szén-savat tartalmazó víz, savanyú sók és oldataik, szerves savak és oldataik, szerves alkoholok és aldehidek, növényi és állati eredetű olajok, zsírok, savas olajok, alkáli lúgokat tartalmazó víz /ha pH = 9/, továbbá magnézium-, ammónium-, cink-, réz- sók /általában 1000 mg/l felett/, kloridok, nitrátok, acetátok /általában 500 mg/l felett/.

Duzzadást okozó anyagok: szulfátiont /SO₄/ tartalmazó oldat 400 mg/l töménység felett, és az olyan sók, amelyek a betonban kristályosodva a beton húzószilárdsá-

gánál nagyobb kristálynymást fejtenek ki /pl. nátriumkarbonát/.

A gyakorlatban a vegyvizsgálatok elsősorban a szulfátion-koncentráció és a pH-érték meghatározására irányulnak. Ezekre a paraméterekre az előírások közvetlenül felhasználható táblázatokat adnak meg a 3.1 sz. táblázat szerinti kategóriákba sorolva a talajvizet. Az I. kategóriában a védekezés nem szükséges. A jelenleg a minimum 30 cm vastagságú szerkezetekre vonatkozó előírásokat a 3.2 sz. táblázat foglalja össze. Viz alatti betonozáskor a táblázat módosítandó úgy, hogy csak 500-as minőségű cementet használhatunk, a betonminőségnek pedig legalább B 200-asnak kell lennie.

3.1 sz. táblázat

Agresszivitási kategóriák

Agresszivitási kategória	Talajviz SO_4 [mg/l]	Talajminta SO_4 [mg/l]
	pH = 6 - 9	pH = 6,5 - 9
I.	0 - 400	0 - 1000
II.	400 - 1000	1000 - 2000
III.	1000 - 2000	2000 - 4000
IV.	2000 - 4000	4000 - 6000

3.2 sz. táblázat

A 30 cm-nél vastagabb szerkezetekre vonatkozó előírások összesítése

KATEGÓRIA		II.	III.	IV.
VASALATLAN BETONSZERKEZET				
I	B	B 70	B 100	B 140
	C	300 k	300 k 400s	400k 500s
	L	2 %	1,3% 1,5%	1% 1%
	F	0,5	1,0 1,0	1,0 2,0
II	B	B 200	B 200	B 200
	C	400k 500 s	400k 500s	400k 500s
	L	1% 0,5%	1% 0,5%	1% 0,5%
	F	1,5% 2%	1,5% 2%	1,5% 2 %
VASBETON SZERKEZET				
I	B	B 140	B 140	B 200
	C	400k 500s	400k 500s	400k 500s
	L	1% 1%	1% 1%	1% 0,5%
	F	1,0 2,0	1,0 2,0	1,5 2,0
II	B	B 200	B 200	B 280
	C	400k 500s	400k 500s	500s
	L	1% 0,5%	1% 0,5%	0,5%
	F	1,5 2	1,5 2,	2,0

Magyarázat:

B betonminőség
 C cementminőség /400 k=400-as kohósalek-portlandcement, 500s = S 54-es pc/
 L a friss beton maximális levegő tartalma
 F a megkövetelt vízzáróság
 a^x víznyomásnak ki nem tett
 b^{xx} víznyomásnak kitett szerkezetek

4. FESZÜLTÉGSZÁMÍTÁS AZ ALTALAJBAN

Az alapozási feladatok megoldása két sarkalatos kérdésre összpontosul:

- milyen alakváltozás várható az alapsík alatti talajtömegben, s a változás megengedhető-e?
- képes-e az alapsík alatti földtömeg a terheket a talajtörés bekövetkezése nélkül hordani?

A kérdésre választ ad a σ, ϵ, τ meghatározása.

A feladat megoldásának menete

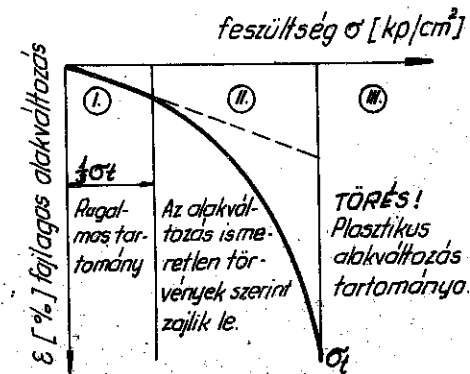
- a/ külső terhelés megállapítása,
- b/ az alaptest méreteinek megállapítása,
- c/ az alapsíkban, majd az altalajban keletkező feszültségek meghatározása,
- d/ a süllyedések nagyságának és időbeli lefolyásának megállapítása,
- e/ a talajfeszültség összehasonlítása a határfe-
szültséggel.

A különböző feladatok megoldásai egymással kölcsönhatásban vannak, ezért legtöbbször csak fokozatos közelítéssel jutunk eredményhez. Mielőtt az egyes feladatok tárgyalására rátérnénk, tisztáznunk kell az altalajnak, mint anyagnak a tulajdonságait.

Az azó az egyetlen olyan anyag, amely bizonyos feszültség tartományon belül olyan tulajdonságokkal bír, amelyek az elmélet és gyakorlat összhangját biztosítják, az az elméleti megállapítás a gyakorlat részére használható eredményt ad. Bármely más anyagnál - elsősorban az altalajnál - egyszerűsítő feltevések sorát kell bevezetni ahhoz, hogy eredményhez jussunk. Tovább nehezíti a helyzetet az, hogy az altalaj méretei végtelen kiterjedésűek, ezzel szemben a terhelés helyi jellegű, s a feszültségek nemcsak a rugalmas tartományon belül jelentősek.

Az általánosan alkalmazott egyszerűsítő feltevések az alábbiak:

m/ Az építmény alatti feszültségek, csak egy bizonyos hányadát érhetik el a törést okozó feszültségnek.



①-ben $\sigma-E-\epsilon$ ill. $\sigma-M-\epsilon$

4.1 ábra

A feszültség és a fajlagos alakváltozás közötti összefüggés

Ilyen kis feszültség esetén megengedhető az a feltételezés, hogy a talajt rugalmasnak tekintjük, érvényes a HOOKE-törvény /4.1 sz. ábra/.

Alapozásban a rugalmassági modulus E helyett az összenyomódási modulus kifejezést használjuk, kifejezve azt, hogy az csak a görbe kezdeti szakaszán tekinthető állandónak – tehát tulajdonképpen nem más, mint változó rugalmassági modulus.

b/ A talaj homogén és izotróp; azonos anyagokból épül fel, és tömegének bármely pontja bármely irányban azonos fizikai tulajdonságokkal rendelkezik.

c/ A hosszirányú és keresztirányú alakváltozás viszonyát kifejező POISSON-szám állandó.

d/ Az egyes hatásokból számított részfeszültségek összege egyenlő az eredő feszültséggel, tehát érvényes a szuperpozíció elve.

4.1 Feszültségeloszlás az alaptest alatti földtömegben

Az alaptest méreteinek meghatározása után ellenőrizni kell, hogy az alapsík alatti talajtömegben nem keletkezik-e a terhelés hatására olyan nagy alakváltozás, amely már az építmény állékonyságát veszélyezteti. A számítások elvégzéséhez ismerni kell az aljtalajban keletkező feszültségeket. Az előbbieken a következő terhelési esetekre mutatjuk be a feszültségszámítást,

koncentrált terhelés,
vonalas terhelés,
sávterhelés,
zárt felület.

4.1.1 Koncentrált teher hatására keletkező feszültség

A valóságban ilyen módon terhelés nem jelentkezik, legfeljebb a nagyon kis felületen működő terhelés mutat hasonlóságot, de mint kiinduló alapeset fontos.

A feladatot először BOUSSINESQ oldotta meg. Az előzőekben elmondottakon kívül még azt is feltételezte, hogy: a talajtömeg súlytalan és eredeti állapotában feszültségmentes.

Valamely pontban a felszínen működő erő hatására keletkező függőleges feszültség:

$$\sigma_z = \frac{3P}{2r^2 \cdot \pi} \cdot \cos^3 \vartheta \quad /4.1/$$

Az ugyanott működő vízszintes feszültség:

$$\sigma_{\theta} = \frac{3P}{2r^2 \cdot \pi} \cdot \left[3 \cos \vartheta \cdot \sin^2 \vartheta - \frac{m-2}{m} \cdot \frac{1}{1+\cos \vartheta} \right] \quad /4.2/$$

4.1.1.1

$$m = \frac{E_z}{h}$$

A gyűrűfeszültség:

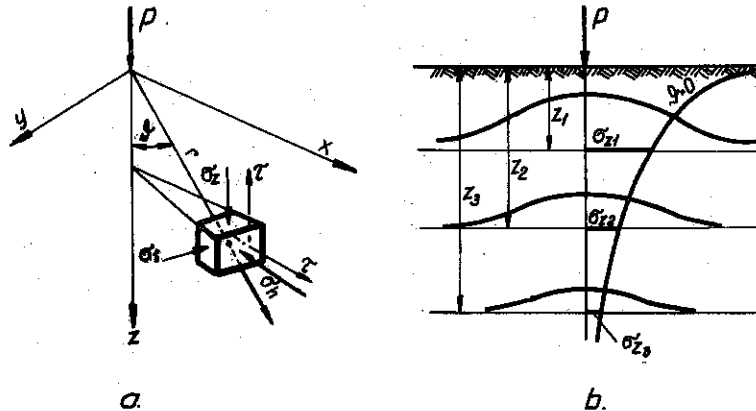
$$\sigma_{\theta} = \frac{m-2}{m} \cdot \frac{P}{2r^2 \cdot \pi} \cdot \cos \vartheta - \frac{1}{1+\cos \vartheta} \quad /4.3/$$

A nyírófeszültség:

$$\tau = \frac{3P}{2\pi \cdot r^2} \cdot \cos^2 \vartheta \cdot \sin \vartheta \quad /4.4/$$

A 4.2/a. sz. ábrán a függőleges, vízszintes, gyűrű és nyírófeszültségeket, a 4.2/b.sz. ábrán a függőleges és nyírófeszültségek különböző helyzetű vízszintes síkokon való

megoszlását szemléltetjük. Érzékelhető, hogy a feszültség az erő támadáspontjának függőlegesen lefelé haladva csökken.



4.2 ábra

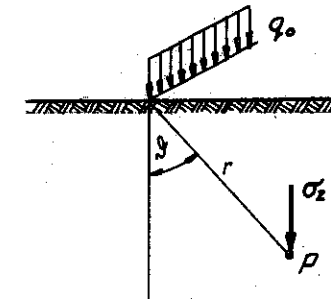
Koncentrált teher hatására keletkező feszültségek és azok eloszlása

4.12 Vonalas teher hatására keletkező feszültség

A sínzál terhelés tipikus esete, és a következőkben - a sávterhelésnél - a feladatot erre az esetre vezetjük vissza. A megoldás a BOUSSINESQ nevéhez fűződik /4.3 sz. ábra/.

A függőleges feszültség:

$$\sigma_z = 2 \frac{q_0}{\pi \cdot r} \cos^3 \beta \quad /4.5/$$



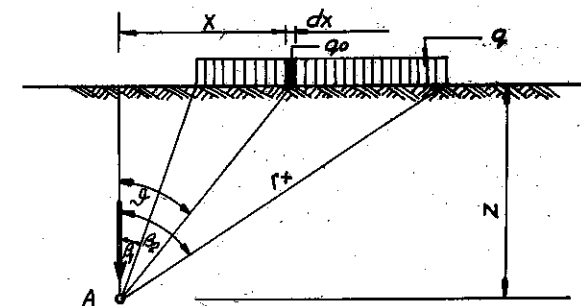
4.3 ábra

Vonalas teher hatására keletkező feszültség

4.13 Sávteher hatására keletkező feszültség

A gyakorlatban sokszor előforduló eset. A feladatot MAILLIARD oldotta meg úgy, hogy visszavezette az előző esetre.

Keressük a sávterhelés hatására β_1 és β_2 hajlásszögű egyenesekkel meghatározott A pontban fellépő feszültségeket /4.4 sz. ábra/.



4.4 ábra

Sávteher hatására keletkező feszültség

A sávterhelésből kiragadunk egy dx szélességet, erre működő terhelés

$$q_0 = q \cdot dx$$

Ezzel vezettük vissza a feladatot a 4.3 sz. ábrán jellemzett, és a 4.5 sz. képletben adott vonás terhelésre, mint alapesetre.

Tehát:

$$d\sigma_z = \frac{2q \, dx}{\gamma \cdot r_x} \cdot \cos^3 \nu$$

és mivel:

$$r_x = \frac{z}{\cos \nu}; \text{ illetve } x = z \cdot \operatorname{tg} \nu;$$

$$dx = \frac{z}{\cos^2 \nu} \cdot d\nu$$

ezután:

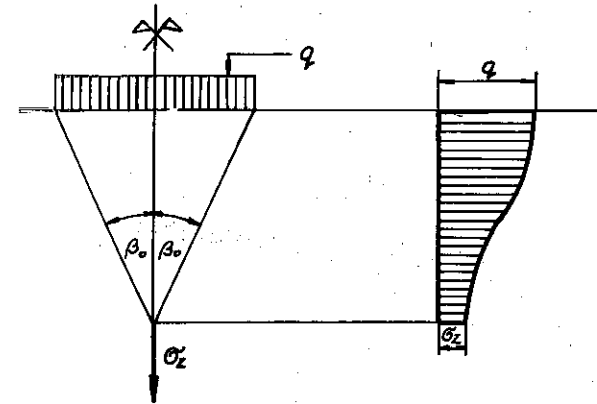
a $d\sigma_z$ egyenletbe visszahelyettesítve, és határszögek behelyettesítése után

$$\sigma_z = \frac{q}{\gamma} \left[\sin(\beta_2 - \beta_1) \cdot \cos(\beta_2 + \beta_1) + (\beta_2 - \beta_1) \right] / 4.6/$$

A legnagyobb függőleges a feszültség a terhelés szimmetriatengelyében keletkezik /4.5 sz. ábra/, értéke

$$\sigma_z = \frac{q}{\gamma} \left[2\beta_0 + \sin 2\beta_0 \right] \quad /4.7/$$

A képletben szereplő szögek ivmértékben értendők.



4.5 ábra

Sávteher alatti legnagyobb feszültség

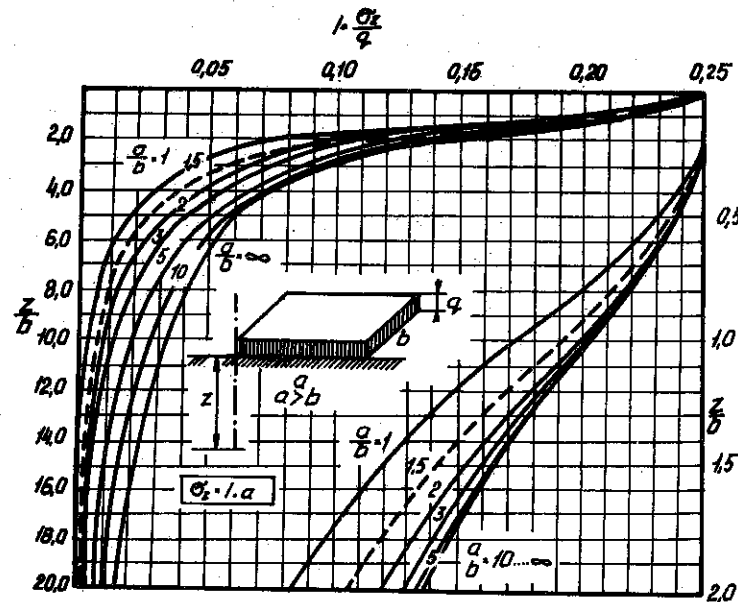
4.14 Várat felület alatti feszültség alakulása

Az alapozások egyik gyakori esete az, hogy az építmény a terhet különálló alaptömbökkel adja át az aljzatra. Legáltalánosabb a derékszögű négyszög alaprajz.

A derékszögű négyszög alaprajzu alaptestek sarokpontja alatti feszültségeket először STEINBRENNER határozta meg. A Steinbrenner-féle összefüggés közvetlen felhasználása nehézkes, ezért a 4.6 sz. ábrán bemutatott ábrát szerkesztették, melynek használata a következő:

kiszámítjuk az alaptestre jellemző $\frac{a}{b}$ viszonyt, majd a $\frac{a}{b}$ viszonyszámot. Az utóbbit felkeressük a függőleges tengelyen, s a kapott értéket kivetítjük a megfelelő görbéhez, a metszéspontot felvetítjük a vízszintes tengelyre, és leolvassuk a $\frac{\sigma_z}{q}$ értéket, amelyből szá-

mitható a keresett σ_z . A grafikon jobb oldalán a $\frac{z}{b}$ és $\frac{z}{b} = 2$ közötti értékekhez tartozó $\frac{\sigma_z}{q}$ értékek kinagyítva láthatók.



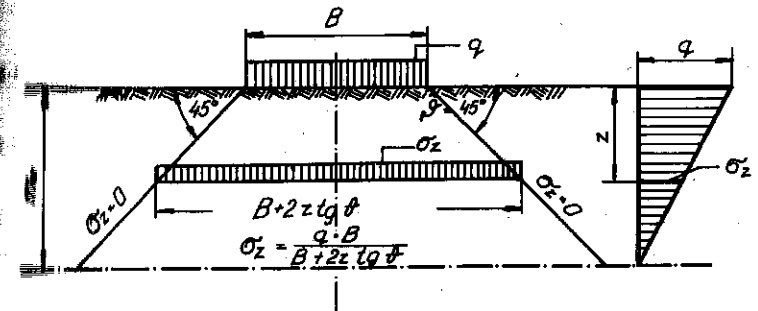
4.6 ábra

Derékszögű négyszög sarokponti függőlegesében keletkező feszültség

4.2 Feszültség zárt tartományban

Az altalaj feszültsége - annak nagysága - az alaptest széle felé illetve mélyebbre haladva csökken. Tehát létezik egy olyan elméleti választóvonal, amely lezárja a feszültség alatt álló talajtömeget mind vízszintes, mind függőleges kiterjedésben. Azt a tartományt, amely feszültség alatt áll, zárt tartománynak nevezzük.

Egy nyomán a gyakorlat számára megfelelő pontossággal megadhatjuk, ha azt tételezzük fel, hogy a feszültség a mélységgel arányosan csökken és az oldal irányu elhatárolás 45° -os /4.7 sz. ábra/.



4.7 ábra
Határmélység

Létezik egy határmélység /jele: m_0 /, ami alulról lezárja a zárt tartományt. Ebből a feltételből z mélységben a talajfeszültség:

$$\sigma_z = \frac{m_0 - z}{m_0} \quad /4.8/$$

ahol: m_0 a határmélység.

Az m_0 mélység alatt és a 45° -os határoló vonalakon kívül nem keletkezik feszültség.

4.3 Feszültségeloszlás az alaptest síkjában

Eddig az alaptest alatti földtömeg egy pontjában vizsgáltuk a feszültségeket. Ettől eltér az alaptest és az altalaj érintkező felületén fellépő feszültség.

Elnevezése: talpfeszültség

Jellegét tekintve normálfeszültség, melyet a következő tényezők befolyásolnak:

- a/ az alaptest merevsége, szélessége, mélysége, alakja,
- b/ az altelej tulajdonsága,
- c/ a terhelés nagysága, eloszlása és a támadás helye.

Az alaptest merevsége szempontjából megkülönböztünk merev és hajlékony alapot.

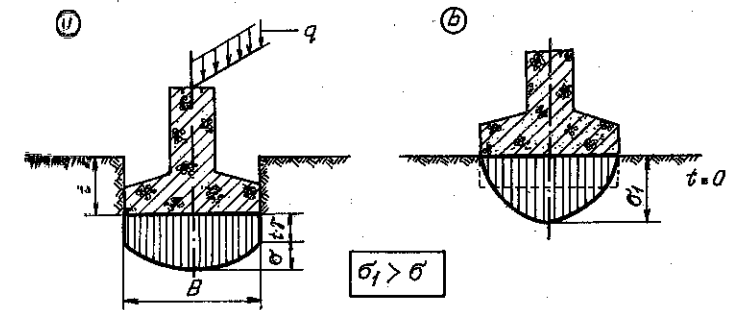
Merevnek tekinthető az az alap, amelynek szélességi és magassági méretei lényegesen nem térnek el egymástól, s anyaga nagy merevségű. Központos terhelés esetében a merev alaptest alsó síkjának minden egyes pontján azonos mértékben süllyed. Bármilyen talpfeszültség eloszlása van, a talpfeszültségi ábra területének mindenkor egyenlőnek kell lennie, hogy ez a külső terheléssel egyenlő súlyt tartson.

Az egyensúly felbomlik ekkor, ha az alaptest széle alatt oldalkitérés keletkezik. Az oldalkitérés azt jelenti, hogy a terhelés hatására az alap szélei alatt elhelyezkedő talajrészecskék az alap elöl oldalra kigördülnek.

Jelentős oldalkitérés csak száraz, kohézió nélküli szemcsés és finom szemcsés talajokban fordulhat elő, de csak ekkor, ha az alapsík a térszinten vagy attól nagyobb mélységre van. Mélyített alaptestnél az oldalkitérést a takarás akadályozza meg.

A 4.8/a sz. ábrából leolvasható, hogy a szemcsék oldalirányú mozgása csak a geosztatikus nyomás legyőzése után lesz lehetséges. A feszültségeloszlási ábra széleit γ nagyságú részek keletkeznek és csak az ezután lesz parabolikus. Az ábra azt is szemlélteti, hogy a feszültségeloszlás viszonylag egyenletes.

A 4.8/b sz. ábrán bemutatott helyzetnél az oldalkitérés akadálytalan, a szélek alatt a feszültség zérus lehet, a feszültségeloszlás parabolikus.



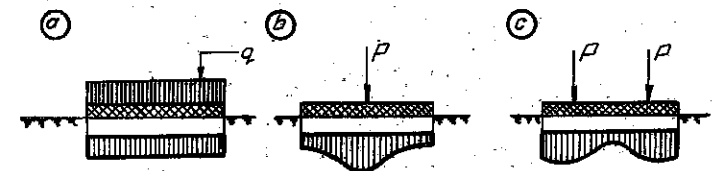
$$\sigma_1 = \left(\frac{q}{B} - tr \right)$$

4.8. ábra

Vízszint alatt és térszinten épített alaptest alatti talpfeszültség

Hajlékony az alaptest ekkor, ha vízszintes méretei lényegesen nagyobbak a magasságánál. A hajlékony alaptest jellegzetes példája a vasbetonlemez. Mivel az alaptest deformálódik, a talpfeszültség eloszlása a terhelés helyétől függően változik.

A gyakorlat szempontjából helyesen járunk el ekkor, ha a következő talpfeszültség eloszlásokat tételezzük fel.



4.9. ábra

A talpfeszültség-eloszlás formái

Egyenletes talpfeszültség-eloszlás tételezhető fel kötött talajoknál, nagyobb alapozási mélységnél, nagy szélességű merev alaptest alatt, ha a fajlagos terhelés kis értékű /4.9/a sz. ábra/.

Parabolikus eloszlás vehető fel szemcsés talaj és kis alapozási mélység esetén /4./b. sz. ábra/.

Nyereg alakú eloszlás tételezhető fel tömör, kemény talajnál és nagy mélység esetén /4.9/c. sz. ábra/.

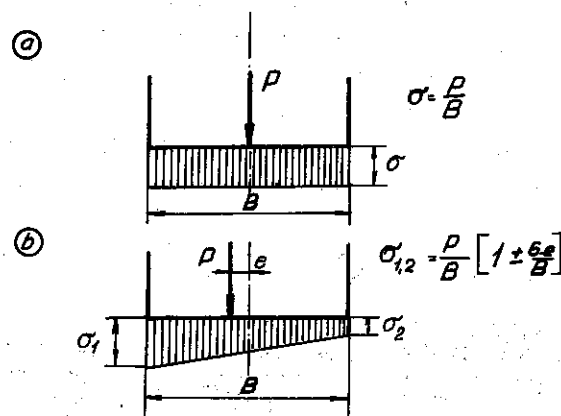
Központos, függőleges terhelés esetén a feszültség nagyságát a közismert összefüggésből, a

$$\sigma = \frac{P}{B} \quad /4.9/$$

képletből határozzuk meg, illetve excentrikus terhelés esetén egy fm-re vizsgálva:

$$\sigma_{1,2} = \frac{P}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad /4.10/$$

Az élfeszültségek előzőekben felírt összefüggéseit a 4.10/a és 4.10/b sz. ábrán szemléltetjük.



4.10 ábra

Függőleges központos- és külpontos teher hatására keletkező feszültségeloszlás

5. A SÜLLYEDÉS BECSLÉSE

Az alapozás megtervezésének fontos kérdése az is, hogy a terhelés hatására milyen alakváltozás várható, különösen az altalaj talajtörés nélkül hordani a terhelést.

A deformációk döntően függőleges összenyomódást jelentenek. Az építmény szempontjából ezt süllyedésnek nevezzük. A feladatot következő három módszerrel oldható meg:

- 1. rugalmassági alapon,
- 2. összenyomódási modulussal,
- 3. kompressziós görbével.

5.1 Rugalmassági alapon

A talajmechanikából ismert az egyirányú és háromtengelyű nyomókísérlet eredményeképpen kapott alakváltozási görbe azt szemlélteti, hogy a terhelés csökkentése, majd ismételt növelése újbóli csökkentése esetén a görbe /hiszterezis hurok/ egy idő után nem jut vissza az origóba, vagyis a talaj maradé alakváltozást szenved. Nagyobb terheléseknél történő többszöri ismétlés után azt látjuk, hogy a maradé alakváltozás növekszik,

A rugalmassági modulus értéke nem állandó, hanem a terhelés függvénye. Ezért a rugalmassági alapon levezetett képleteket csak akkor lehet használni, ha az alkalmazott terhelés a törőterhelésnek egy bizonyos hányada.

5.2 Összenyomódási modulussal

Egy talajréteg összenyomódása σ_z feszültség hatására:

$$y = \frac{\sigma_z \cdot h}{M} \quad /5.1/$$

ahol:

h a rétegvastagság és

M a táblázatból megállapítható, összenyomódási modulus.

A képlet csak akkor érvényes, ha σ_z állandó. Például a nagy szélességű lemez alap esetén σ_z alig változik a mélységgel. Ha a feszültségváltozást /csökkenést/ a JÁKY-féle határmélység és egyenletes csökkenés elve alapján vizsgáljuk, akkor az összenyomódás:

$$y = q \frac{m_0}{2M} \quad /5.2/$$

ahol:

q a terhelés

m a határmélység

M^0 a vizsgált réteg összenyomódási modulusa

A számítás menete a következő:

Felrajzoljuk mérethelyesen az alaptestet és az alatta levő rétegeket. Kikeressük táblázatból az egyes rétegek összenyomódási modulusát. Megszerkesztjük a geoszterikus nyomásvonalat $[H_1 \cdot \gamma_1]$.

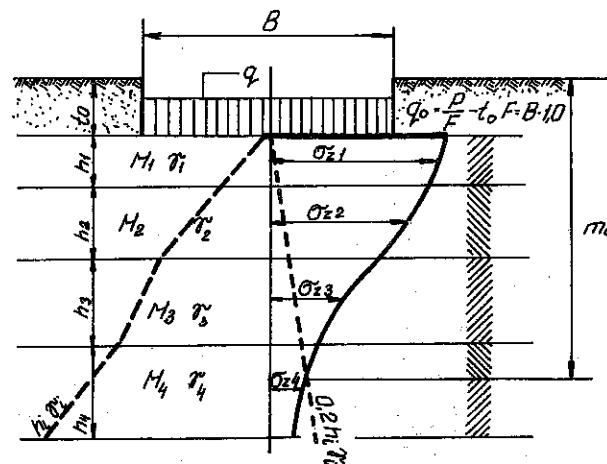
A szimmetriatengelytől ellenkező irányban felrakjuk rájuk 20 %-át $/0,2 h_1 \cdot \gamma_1/$. Kiszámítjuk és felrakjuk az alapra síkjában fellépő feszültséget

$$q = \frac{P}{F} - t_0 \cdot \gamma$$

Kiszámítjuk és az egyes rétegek súlyvonalába felrakjuk a σ_z feszültségeket.

Összekötjük az σ_z feszültségi értékeket, ez így nyírt görbe és a $0,2 z_1 \cdot \gamma_1$ vonal metszéspontja a határmélység.

Mután kiszámítjuk az egyes rétegek összenyomódását, és a kapott értékeket összegezzük /5.1 sz. ábra/.



5.1 ábra

Süllyedésbecslés összenyomódási modulussal

5.3 Kompressziós görbével

Az előzőekben bemutatott módszerekkel akkor dolgozhatunk, ha csak zavart talajmintánk van, és ezért kompressziós kísérletet végezni nem tudunk.

Ha a kompressziós kísérletből laboratóriumi eredmények vannak, akkor a várható süllyedést az előbbiek szerint számítjuk:

a/ Az első talajréteg kompressziós görbéjének vízszintes tengelyére felrakjuk a 0 ponttól a réteg közep-vonalában működő geosztatikus nyomást g_1 /

b/ Az innen levetített függőleges kimetszi a P -t, ehhez tartozik egy ε'_1 jelzésű fajlagos alakváltozás.

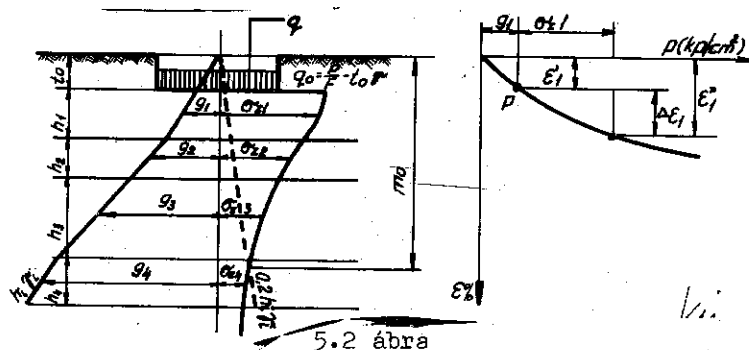
c/ A vízszintes tengelyen felrakjuk a σ_{z1} -t, ehhez tartozik ε''_1 ; a kettő különbsége:

$$\Delta \varepsilon_1 = \varepsilon''_1 - \varepsilon'_1$$

d/ Az első réteg összenyomódása:

$$y_1 = \Delta \varepsilon_1 \cdot h_1 \quad /5.3/$$

e/ Ugyanígy kiszámítjuk a többi réteg összenyomódását, és a végeredményeket összegezzük /5.2 sz. ábra/.



5.2 ábra

Süllyedésbecslés kompressziós görbével

A süllyedések időbeli lefolyása

Nem elegendő a süllyedések nagyságát ismerni, fontos tudnunk azok időbeli eloszlását is. A kérdést úgy fogalmazhatjuk, hogy az összes süllyedésnek hány %-a zajlik egy meghatározott idő alatt. A feladat megoldásához ismerni kell a "konszolidáció" fogalmát, okát és lefolyását. Konszolidáció alatt a talajréteg összenyomódásának időbeli változását értjük. A konszolidációt az okozza, hogy a terhelés hatására a talaj pórusaiban levő víznek lassan tud eltávozni, ezért a süllyedés elhúzódik.

A talajmechanikából ismert kompressziós kísérleteknél a konszolidáció aránylag gyorsan lezajlik, mert az összenyomott réteg kis vastagsága. A valóságban a konszolidáció ideje nagyobb, amit a következő összefüggés fejez ki.

$$t_2 = t_1 \cdot \frac{h_2^2}{h_1^2}$$

ahol:

- t_2 a tényleges konszolidációs idő,
- t_1 a minta konszolidációs ideje,
- h_2 a réteg vastagsága,
- h_1 a minta vastagsága.

Ha laboratóriumi kísérlet nélkül akarjuk a konszolidációt számítani, akkor a számításhoz be kell vezetni a részidő és konszolidációs fok fogalmát. A részidő az alap fajtajától függően változik. Két jellegzetes alaprajzra a sáv és a négyzet vagy köralapra a részidő a következők szerint számítható:

sávalap esetén:

$$\Delta t_s = \frac{\gamma_v \cdot b^2}{64 \cdot k \cdot M}$$

négyzet vagy köralap esetén:

$$\Delta t_n = \frac{\gamma_v \cdot b^2}{80 \cdot k \cdot M}$$

ahol:	γ_v	a víz térfogatsúlya,	[g/cm ³]
	b	az alaptest szélessége	[cm]
	k	vízáteresztőképességi együttható,	[cm/sec]
	M	összenyomódási modulus	[g/cm ²]

Ezek ismeretében egy adott nagyságrendű süllyedés bekövetkezésének várható idejét a következőképpen határozzuk meg.

Kiszámoljuk a terhelés és felület ismeretében a talpfeszültséget, majd a teljes süllyedést

$$/y = q_0 \frac{m_0}{2M} / \text{határozzuk meg.}$$

Az alaptest méreteiből illetve az általa viszonyaitól számítható a részidő / Δt_s illetve Δt_n /.

A kérdéses süllyedéshez tartozó konszolidációs fok / $\mathcal{U}$ /

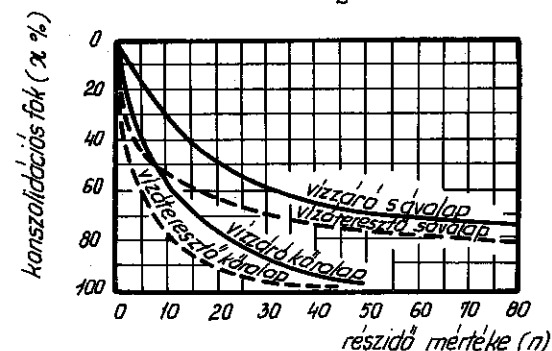
$$\mathcal{U} = 100 \frac{\text{kérdéses süllyedés}}{\text{összes süllyedés}}$$

Az 5.3 sz. ábra függőleges tengelyén felkeressük a számított $\mathcal{U}$ -t, kivetítjük a megfelelő görbéhez, s a metszéspontot a vízszintes tengelyre levetítve megkapjuk az n értéket.

Ezek után a kérdéses süllyedés lejátszódásának ide-

$$t = n \cdot \Delta t_s$$

/5.4/



5.3 ábra

A részidő és a konszolidációs fok

A kérdés feltehető úgy is: milyen terhelést kell biztosítani ahhoz, hogy adott nagyságu süllyedés adott idő alatt lejátszódjék?

Ez esetben:

Kiszámítjuk a részidőt / Δt_n , vagy Δt_s /, a részidő mértékét / $n = \frac{\text{adott idő}}{\text{részidő}}$ /, a kapott n -hez grafikonból kikeressük Δt -t. Kiszámítjuk, hogy a $\mathcal{U}$ milyen nagy süllyedésnek felel meg.

$$/y = \frac{\text{adott süllyedés}}{\mathcal{U}} /$$

Ha M állandó, akkor

$$p : p' = \frac{q_0 m_0}{2M} : y$$

ahol:

p a terv szerinti terhelés

p' a keresett terhelés.

5.5 A süllyedések okai

Káros a süllyedés akkor, ha a talaj átalakításból származó mozgások az építményben olyan nagy mértékű többletfeszültséget okoznak, hogy azok veszélyeztetik az építmény állékonyságát vagy rendeltetésszerű használatát.

Általában csak a süllyedéskülönbség okoz a felszín közelében állékonyságot veszélyeztető többlet igénybevétele. A süllyedéskülönbség bekövetkeztének főbb okai:

egyenlőtlen talajrétegződés,

egyenlőtlen tehereloszlás,

a különböző alapozási módok helytelen kombinálása,

a nyomások aszimmetrikus egymásra halmozódása,

az egymás mellett álló épületek közül valamelyik

elbontása.

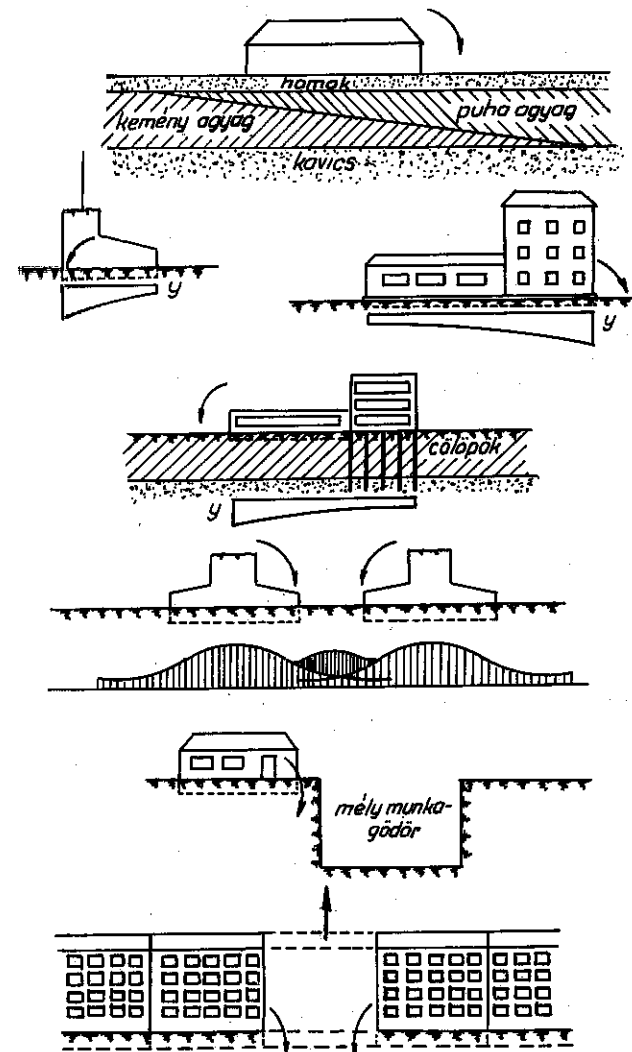
Szerkezetileg a statikailag határozatlan szerkezetek támaszaiban keletkezhetnek káros süllyedések /több támaszu tartók, keretek, panel szerkezetű épületek stb/

Méret szempontjából a magas építmények érzékenyek süllyedésre. Rendeltetés szerint szok, ahol biztosítani kell a repedésmentességet. Az 5.4 sz. ábrán néhány jellegzetes süllyedési okot mutatunk be.

a/ ábra: Az építmény alatt ferde puha réteg helyezkedik el.

b/ ábra: Excentrikus terhelés.

c/ ábra: Különböző alapozási módok helytelen kombinációja.



5.4 ábra

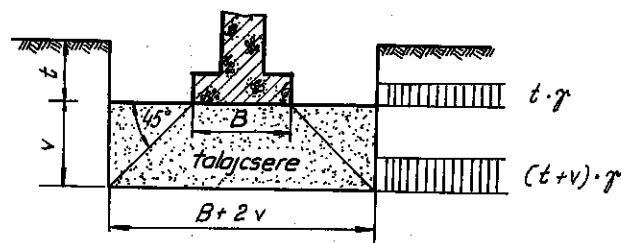
A süllyedések jellegzetes okai

- d/ ábra: Egymáshoz túl közel épített alaptestek
 e/ ábra: Az építmény közelében mély munkagödörök emelnek ki, biztosítás nélkül.
 f/ ábra: Megbontják a már kialakult építményt.

5.6 Védekezés a káros süllyedések ellen

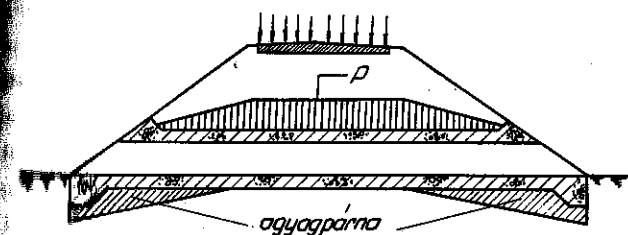
5.6.1 Talajcsere

A leggyakrabban alkalmazott módszer /5.5 sz. ábra/. Fontos, hogy a talajcserét kellő szélességben hajtsuk végre, nehogy a feszültségi tartomány izobárjai a ben maradt puha talajban szétterjedve oldalirányú összenyomódást okozzanak, mert ez függőleges süllyedést vonhat maga után.



5.5 ábra
Talajcsere

Találkozhatunk - különösen vízépítési műtárgyaknál - ellenkező értelmű talajcsérével is /5.6 sz. ábra/. Ha egy műtárgy változó terhelési intenzitás mellett behajlást szenvedne, akkor a kevésbé terhelt rész alá puha agyagpárnát helyezünk a süllyedések kiegyenlítésére.

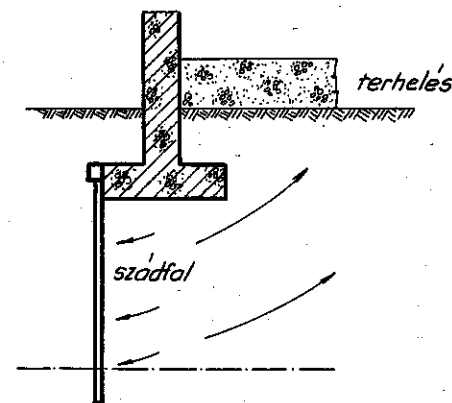


5.6 ábra

Agyagpárna elhelyezése a süllyedéskülönbség kiegyenlítésére

5.6.2 Az oldalkitérés megakadályozása

Felszínnél közel eső alapsík és szemcsés talaj esetén az oldalkitérésből jelentős nagyságú süllyedés keletkezhet. Az oldalkitérést megakadályozhatjuk, ha az alapot szádálsorral lezárjuk, vagy a térszintet letereljük /5.7 sz. ábra/.



5.7 ábra

Az oldalkitérés megakadályozása

5.63 Kisebb talpnyomás alkalmazása

Kézenfekvőnek látszó eljárás, azonban csak akkor hatásos, ha nem az épület alapterületét /felfekvési terület/ növeljük, hanem a súlyát csökkentjük. A felület növelése hatástalanságára jó példa a bregenzi postaépület esete. Az épület már az építés közben süllyedni kezdett az alsó agyagréteg összenyomódása miatt. Vasbeton lemezt építettek alá, de eredménytelenül, a süllyedés fokozódott, mert a súly növekedett, s az agyag összenyomódását nem akadályozták meg. A süllyedés független az alaptest szélességétől.

5.64 Talajszilárdítás

Mesterséges úton javítjuk a talajfizikai jellemzőket. Példa erre a pisai ferdetorony esete. A ferdülés a térszint alatt kb 8-10 m-re fekvő puha agyagréteg okozta igénybevétele okozta. A süllyedés kb 700 éve tart és napjainkban elérte a 2,5 m-t. 1840-ben a torony körül kiemelték a talajt a lábazeti architektúra szabadtétele céljából, ekkor a talajviz feltört és homokot szorított ki az alap alól, ami a helyzetet tovább rontotta. Ezután úgy javították, hogy a homokréteget RODIO géllal telítették. A torony süllyedése ma is tart.

5.65 Előterhelés, túlterhelés

Sok esetben közvetlenül az épület elkészülte után jelentkeznek a veszélyes süllyedések. Ilyenkor járhat az az ut, hogy az épület alsó alaplemeze a teljes

hossz vagy annak többszörösének megfelelő terhelést hordoz, és az építkezés előrehaladásával fokozatosan növekszik el a túlterhelés. Ezzel a módszerrel sikerült Mexikó város építésénél.

5.66 Süllyedési sorrend megválasztása

A süllyedésre érzékeny szerkezeteket csak akkor épít meg, ha a süllyedés már lejátszódott, illetve a hátralevő süllyedés kárt már nem okozhat.

5.67 Helyes szerkezeti megoldás

Jó védekezést ad a káros feszültségekkel szemben a szerkezet merevségének helyes megválasztása is. Vagy olyan merev legyen a szerkezet, hogy a süllyedéskülönbségekkel illetve az abból adódó feszültségeket elbirja, vagy olyan hajlékony legyen, hogy az alakváltozásokat követni tudja.

6. NYITOTT MUNKAGÖDÖR HATÁROLÁSA

Az alapozás vagy egyéb térszín alatt megépítendő építmény megvalósítása az építmény helyén lévő talajtegek kiemeléséből és a tulajdonképpeni építmény elkészítéséből áll.

Az alap vagy az építmény elkészítéséhez szükséges munkahely /munkagödör, alapgödör, munkaárók/ biztosítása földkiemelés következtében előálló földfelek, állományok biztonságát és az alapgödör víztelenítését jelenti.

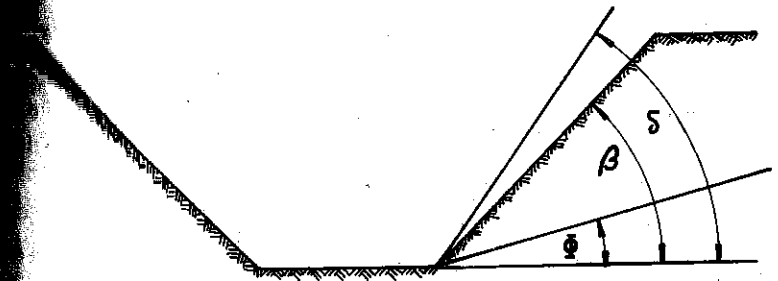
"Nyitott" a munkagödör, ha körülhatárolása csak földtömeg megtámasztására szolgál.

6.1 Rézsűs munkagödör

A legegyszerűbb munkagödör körülhatárolás a szabványos mesterséges megtámasztás nélküli földrézsűvel való körülzárás /6.1 sz. ábra/.

A biztonságos rézsűhejtás kohéziómentes talajokban bármely magasság mellett csak az anyag surlódási szögétől / Φ / függ.

Kohéziós talajokban a szükséges rézsűhejtás a magasság, a surlódási szög és a kohézió függvénye. Sik



6.1 ábra
Rézsűs munkagödör

Alapfeltételezésével CULLMANN-féle összefüggésből a magasság

$$h = \frac{4c}{\gamma} \cdot \frac{\sin \beta \cos \Phi}{1 - \cos \beta - \Phi} \quad /6.1/$$

ahol:

Φ a talaj surlódási szöge

γ a talaj térfogatsúlya

c a talaj kohéziója

A függőleges földfalnak / $\beta = 90^\circ$ / megfelelő szabványos magasság,

$$h_0 = \frac{4c}{\gamma} \cdot \operatorname{tg} /45 + \Phi /2/ \quad /6.2/$$

Talajvíz alatt a kohéziót / c / csak igen óvatosan szabad számításba venni, és a surlódási szöget / Φ / biztonságossággal a víz feletti értékek minimumával kell felvenni.

A rézsű β hejtésszögét rendszerint természetes rézsűhejtésszög és a függőleges falra ható földnyomás akadálpontjának hejtésszöge / vízszintes terep és sík talaj esetén $\delta = 45^\circ + \Phi /2/$ értéke között veszik fel.

A megengedett részűhajlásokat a 6.1 sz. táblázat tartalmazza az MSz 15.105-61 szerint. A 6.1 sz. táblázatban lévő részűhajítások végleges bevágásokra vonatkoznak, így munkagödrökben - a nyitvetartási időtől függően - némiképpen csökkenthetők.

6.1 sz. táblázat

A megengedett részűhajítások

T a l a j	térfogetsúly [Mp/m ³]	Surlódási szög [°]	Részű me- gasság [m]	Részű- hajlás
Homokliszt	1,8	22,5	0 - 3,0 3,0 - 6,0 6,0 - 9,0	1:1,5 1:1,75 1:1,9
Homoklisztes iszap	1,9	27,5	0 - 9,0	1:1,5
Iszap	2,0	20,0	0 - 3,0 3,0 - 6,0 6,0 - 9,0	1:1,5 1:1,5 1:1,8
Sovány agyag	1,9	15,0	0 - 9,0	1:1,5
Kövérs agyag	2,0	10,0	0 - 9,0	1:1,5
Finom homok	-	-	-	1:2,0
Durva homok	-	-	-	1:1,7
Kavics-kő	-	-	-	1:1,5

Mélyebb munkagödör esetén a magas részűt közbenső padkával kell megszektíteni. A padkákat 3,0 m körüli me-

gödröknél célszerű kialakítani. A padkák minimális szélessége 1,0 m.

A részűs munkagödrök kialakításánál gondoskodni kell a csapadékvizek távoltartásától /övérek/, a részűs hullott csapadék eroziós hatása elleni védelemről /folyókák/, továbbá a részű állékonysága érdekében meg kell akadályozni, hogy a részűs földtömeg átázzék /árok és folyókák burkolatok, szivárgók stb/.

6.2 Munkagödrök ducolása

Ha részűs munkagödört gazdaságosan nem lehet kialakítani, vagy az a körülmények miatt nem lehetséges, akkor a munkagödört függőleges és ideiglenesen megtámasztott, ducolt földfalakkal határolják.

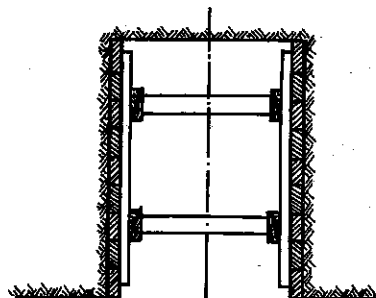
A hazai munkavédelmi előírások szerint ducolni kell a talaj minőségétől függően, ha a leásási mélység az alábbi értékeket meghaladja:

Tanapos talaj, nedves homok	0,80 m
Gyenge, nem állékony talaj /kavics, homok	
Agyagos talaj/	1,00 m
Középtömörű talaj /lapáttal megmunkálható/	1,20 m
Tömör talaj /bontóvessel, csákánnyal megmunkálható/	2,00 m

6.2.1 Munkaárkok kétoldali ducolása

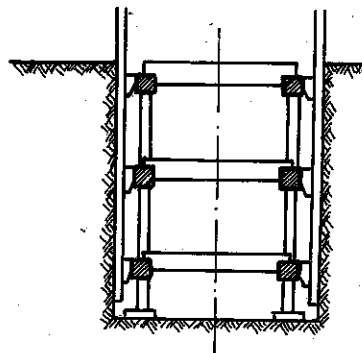
Keskeny munkagödrök, munkaárkok ducolása a függőleges földfalak egymáshoz való támasztását jelenti.

A ducolás kialakítása szerint vízszintes vagy függőleges pallózásu lehet. Mindkét ducolási rendszer készülhet hézagos vagy zárt pallózással.



6.2 ábra

Kétoldali ducolás vízszintes pallózással



6.3 ábra

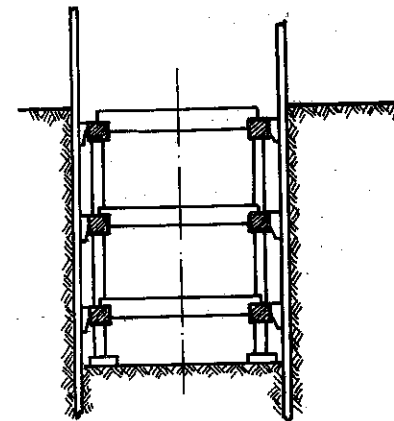
Állított illetve utánhajtott függőleges pallózás

A vízszintes pallózás /6.2 sz. ábra/ - maximum 5,0 m mélységig - ott alkalmazható, ahol a talaj a palló behelyezése előtt legalább egy palló szélességben /20-30 cm/ szabadon - beomlás veszélye nélkül - kiemelhető.

Az állított, illetve utánhajtott függőleges pallózást /6.3 sz. ábra/ kötött talajban lehet alkalmazni, ha a talaj 1,2 m mélységig szabadon kiemelhető, beomlás veszélye nélkül és a földkiemelés elkészülte után a pallók be, ill. továbbhúzhatók.

A laza, omlásra veszélyes vagy vízduz talajban előrevert függőleges pallózást kell alkalmazni /6.4 sz. ábra/ úgy, hogy a pallók első éle legalább 25 cm-re nyuljon a munkagödör mindenkori fenékszintje alá. Előrehajtott ducolásnál fa anyagu pallók helyett acéllemez

használatát általános elterjedésű. A ducolás kialakítása szerint vízszintes vagy függőleges pallózásu lehet. Mindkét ducolási rendszer készülhet hézagos vagy zárt pallózással.



6.4 ábra

Előrevert függőleges pallózás

A ducolathoz tartozó szerkezeti elemeket - duc, heveder, palló - méretét és kiosztását számítással kell meghatározni.

12 cm-nél kisebb átmérőjű ducfa nem építhető meg. Vízszintes pallózásu ducolásnál a függőleges hevederek szokásos távolsága 1,5-3,5 m. Függőleges pallózásu ducolásnál a vízszintes keretek /hevederek/ függőleges irányú szokásos távolsága 1,0 - 1,5 m.

A ducolás tervezésénél a szerkezeti elemeket a ducnyomásra, mint terhelésre külön-külön kell méretezni, az alábbiak szerint:

- heveder kiosztás meghatározása /pallók méretezésére/
- heveder keresztmetszet meghatározása /méretezésére/

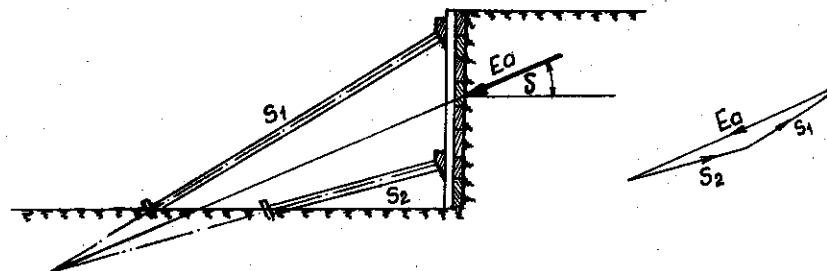
- ducok keresztmetszetének meghatározása /méretezés nyomásra, ill. kihajlásra/.

A ducolás elrendezésének tervezésénél, a ducok elrendezésénél a ducnyomáson kívül elsősorban a ducolt munkagödörben végzendő további munkák technológiai helyszükségletét kell figyelembe venni, törekedve arra, hogy a ducok kiváltások szükségessége minimális legyen. Figyelembe kell venni továbbá a rendelkezésre álló ducanyagokat is.

6.22 Széles munkagödör ducolása

Széles munkagödörnél a szemben lévő földfelak távol vannak egymástól, így a ducok hossza igen nagyra adódna. Ez esetben a földpartok egymáshoz való támasztása nem célszerű, mert számottevően megnövekszik a kihajlási veszély, a ducgerendák merev rendszerbe való összefogása és esetleges kiváltása rendkívül nehézkes, ezenfelül a beépített ducok az alapgödörben végzendő munkát akadályozzák.

A függőlegesen kiemelt földfal megtámasztása ez esetben is vagy függőleges pallózással és vízszintes



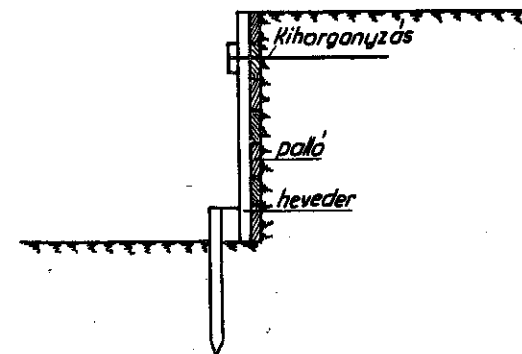
6.5 ábra

Széles munkagödör megtámasztása ferde ducokkal

függő hevederekkel, vagy pedig lazább talajban vízszintes pallózással és függőleges hevederekkel történik. Ezt a felmegtámasztó rendszert vagy ferde ducokkal támasztják ki, vagy hátrahorgonyozást alkalmaznak.

Két ferde duc alkalmazása esetén a ducok iránya olyan legyen, hogy a két duc tengelyvonala és a felre ható földnyomás eredője egy pontban metsze egymást /6.5 sz. ábra/.

A ferde ducok csak akkor hatásosak, ha nem túl meredek, mivel meredekebb ducok a vízszintes erőhatásokkal szemben stabilitásukat veszítve könnyen kifordulhatnak. Mivel a nem túl meredek ducok a munkagödörből sok helyet foglalnak el, mélyebb munkagödörknél célszerű a függőleges földfalat megtámasztó rendszert alul a munkagödör fenéksíntjén úgy megtámasztani /cölöp, beton-tűk stb/, hogy a passzív földellenállás képes legyen a felre ható vízszintes nyomás alsó reakcióját felvenni, felül pedig kihorgonyozni /6.6 sz. ábra/.



6.6 ábra

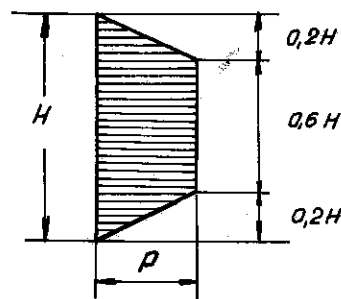
Széles munkagödör megtámasztása kihorgonyozással

6.23 Ducnyomások meghatározása

6.231 Ducnyomás keskeny munkagödör esetén

A ducolatra ható földnyomást trapéz alakú földnyomási ábra alapján kell figyelembe venni.

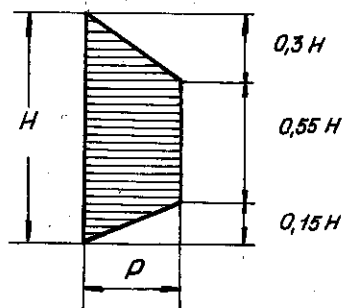
A terhelő trapéz alakját és maximális értékét $/p/$ szemcsés talajok esetére a 6.7 sz. ábra, kötött talajok esetére a 6.8 sz. ábra szemlélteti.



$$p = 0.8 \cdot H \cdot \gamma \cdot \lambda_a$$

6.7 ábra

A terhelő trapéz alakja szemcsés talajok esetén



$$p = H \cdot \gamma - 2 \sigma_{ny}$$

6.8 ábra

A terhelő trapéz alakja kötött talajok esetén

A trapéz alakú földnyomási ábra maximális értéke szemcsés talajban:

$$p = 0.8 \cdot \gamma \cdot \lambda_a \cdot H$$

kötött talajban:

$$p = \gamma \cdot H = 2 \sigma_{ny}$$

ahol:

λ_a aktív földnyomási tényező ($\tan^2/45^\circ - \Phi/2$)

H a munkagödör mélysége

γ a talaj térfogatsúlya

σ_{ny} a talaj egyirányú nyomószilárdsága

($2C \tan/45^\circ - \Phi/2$)

A ducolatra ható terhelés nagysága a trapéz területével egyenlő, amely az 1 fm-re eső földnyomást jelenti.

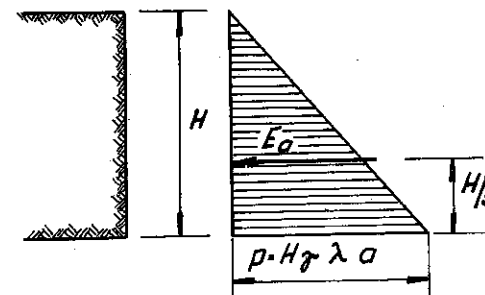
Tekintettel arra, hogy a kötött talajokra vonatkozó földnyomás-érték összefüggésében szereplő egyirányú nyomószilárdság $/\sigma_{ny}/$ csak laboratóriumi kísérlettel meghatározható meg, a gyakorlat szempontjából megfelelő, ha kötött talajok esetében is a szemcsés talajokra megadott $p = 0.8 \cdot \lambda_a \cdot \gamma \cdot H$ összefüggéssel számolunk, és ez így kapott értéket 0,8-0,85 szorzóval csökkentjük.

A trapéz alakban megoszló földnyomás érték $/p/$ meghatározásához szükséges térfogatsúly $/\gamma/$ és surlódási szög $/\Phi/$ tájékoztató értékeit a 6.2 sz. táblázat tartalmazza.

6.232 Földnyomás széles munkagödör esetén

Széles munkagödör függőleges földfelet megtámasztó falakat /ducolást/ aktív földnyomás terheli.

A földnyomás eloszlása, azaz a terhelési ábra háromszög alakú /6.9 sz. ábra/.



6.9 ábra

A földnyomás eloszlása széles munkagödör esetén

6.2 sz. táblázat

A térfogatsúlyok és a surlódási szögek tájékoztató értéke /MSZ 15002/

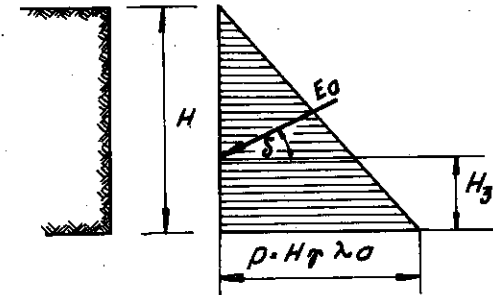
A talaj			Száraz vagy nyirkos		Nedves, igen nedves		Víz elv
Jel- lege	Megnevezése	Állapota	γ [Mp/m ³]	ϕ [°]	γ [Mp/m ³]	ϕ [°]	γ [Mp/m ³]
	Durva kavics apró kavics	laza tömör	1,8 2,0	35 40	1,8 2,1	35 40	1,1 1,2
	Homokos, de iszapmentes kavics, vagy szem nagysággal	laza	1,9 2,1	32 38	2,0 2,2	32 38	1,2 1,4
	Durva és közepes szem nagyságú homok egyenletes szem nagysággal	laza tömör	1,7 2,0	32 35	1,8 2,1	32 35	1,0 1,3
	Vegyes szem nagyságú iszapos homok	laza	1,6 2,0	28 32	1,8 2,1	26 30	1,0 1,2
	Finom iszapmentes homok, vagy szem nagysággal	laza tömör	1,8 2,0	25 28	1,9 2,1	22 25	1,1 1,3
	Homokliszt /mo/ egyenletes szemelosztású	laza tömör	1,5 1,9	25 27	1,7 2,1	22 25	0,9 1,2
	Homokliszt /mo/ iszapos	laza tömör	1,5 1,9	23 26	1,3 2,1	20 23	0,9 1,2
	Iszap	7 ... 15	$K_i = 1$		$K_i = 0,5 \dots 1$		$K_i < 0,5$
			γ	ϕ	γ	ϕ	γ
			1,5	20	1,7	16	1,9
			1,7	23	1,9	19	2,1
	Sóványegység	15 ... 25	2,0	25	2,1	22	2,3
			2,2	27	2,3	25	-
			1,6	16	1,8	10	2,0
			1,8	18	2,0	15	2,1
	Kővágy	> 25	2,0	20	2,1	18	-
			2,2	23	-	-	-
			1,6	14	1,9	5	2,1
			1,8	16	2,1	9	2,2
			2,1	18	2,2	11	-
			2,3	20	-	-	-

A földnyomás értéke a terhelő háromszög területével arányos, az eredő az első harmadban hat.

$$E_0 = \frac{1}{2} \left(H^2 \cdot \gamma \cdot \lambda_a \right) = \frac{1}{2} \left(H^2 \cdot \gamma \cdot \tan^2 / 45^\circ - \phi / 2 \right) / 6.3 /$$

Az eredő földnyomás irányát közelítésképpen vízszintesen is lehet venni.

A vízszintes földnyomás eredő elvileg csak függőleges, teljesen sima, surlódásmentes hátfal és vízszintes talaj esetén alakul ki.



6.10 ábra

A földnyomás eredőjének hajlásszöge

Valóságban a megtámasztó szerkezet /ducolás/ elmozdulása folytán a szerkezet /ducolás/ és a talaj között surlódás keletkezik és így a földnyomás eredője a vízszintes szöget zár be, amely a talaj és az építőanyag közötti surlódási szöggel azonos /6.10 sz. ábra/.

A földfal ideiglenes megtámasztása többnyire fa szerkezettel történik. A talaj és a fa között surlódási szög tájékoztató értékét a 6.3 sz. táblázat tartalmazza.

A földnyomás eredő hajlásszögének nagyságát δ /előzőlegesen a ferde ducok irányának meghatározásakor kell figyelembe venni.

A talaj és a fa közötti surlódási szögek
közelítő értékei

Talaj megnevezése	Surlódási szög / ϕ /		
	Iszapmentes	Iszapos	
Kavicsos homok	26	20	
Homokliszt	27	19	
	kemény	sodorhető	puha
Iszap agyag	18	16	14
Savány agyag	15	13	11
Kövért agyag	11	10	6

7. MUNKAGÖDÖR VÍZTELENÍTÉSE

Alapgödörök, vagy közművezetékek munkasárkainak ideig-
tartós víztelenítésére leggyakrabban alkalmazott eljárás
nyíltvíztartás és a talajvízszint-süllyesztés.

Nyíltvíztartás

A nyíltvíztartás az a legegyszerűbb víztelenítési
módszer, amikor az alapgödörbe vagy munkasárkákba beszivárgó
talajvíz vízmennyiségnek megfelelően szivárgó rend-
szert építenek ki a munkagödör fenekén, és ezen keresz-
tül a talajvizet gyűjtőaknába /gyűjtőkútba/ vezetik, ahon-
nan szivattyúzással távolítják el.

A nyíltvíztartás elsősorban durva kavics és kemény
talajokban alkalmazható.

Finomszemcséjű talajokban /mint pl. finomhomok, ho-
mokliszt, iszap/, ahol $D_m = 0,005-0,1$ mm a nyíltvíz-
tartás alkalmazása tilos. Ha a dugolt munkasárkákban a talaj-
víz veszélye áll fenn, akkor annak megakadályozására
durva kavicsból vagy zúzottkőből kétrétegű terhelő szű-
rási réteget kell készíteni. E réteg felső részében a szem-
méret 10-13 mm, az alsóbb 5-10 mm legyen. Szükség ese-
tén előreahajtott vert szádlemezzel /szádfallal/ kell a
munkasárkák állékonyságát biztosítani.

A gyűjtősknák /kutak/ szokványos kielekítése az előregyártott és lesüllyesztett kut, vagy az eknagyűrűből készült gyűjtőkut. A kut fenekét tört kővel, durva kavicsal kell tarhelni. A leterhelést fordított szűrőként kell kielekíteni, ugy, hogy alulre a finomabb, felülre a durvább szemnagyságu kőagyag kerüljön.

A kut befogadóképességére vonatkozólag az alábbial az irányadók:

- a szivókosár alatt lévő vitzér minimum 60 cm legyen,
- a gyűjtőkut képes legyen 15 perc alatt összegyűl vizmennységet tárolni,
- szokásos szivókosár magesság 30 cm,
- a gyűjtőkut fenéksintje ne legyen a szivárgórendszer fenéksintje alatt 3,00 m-nél mélyebben,
- a gyűjtőkutat az építmény alapterületén kívül k megépíteni.

Gödörszivattyú /BIBO/ alkalmazása esetén a gyűjtőkut telepítése elmaradhet, illetve sz a szivattyú méreteinek megfelelő 0,40-1,00 m mélységü zsomppal helyettesíthető.

A vitzelenítés befejezése után a gyűjtőkutakat be kell tömni, és a szivárgórendszert injektálással ki kell tölteni.

7.2 Talajvitzszint-süllyesztés

A gyakorlatben leginkább elterjedt talajvitzszint-süllyesztési eljárások:

- a szivókutas /Siemens/,
 - a pontkutas, vákuumkutas és
 - a mélykutas
- rendszerek.

- A szivókutas /Siemens/ rendszer alkalmazásakor 10 m-re egymástól 200-600 mm átmérőjü csöktakat telepítenek maximálisen 10 m mélységre. Az egy lépcsőben elérhető vitzszint 2,5-4,00 m.

- Pontkutas rendszerben 50-70 mm átmérőjü, végükön 1,00 m hosszön perforált és szűrőszövettel ellátott 0,00-8,00 mm hosszú csövekből álló kutakat telepítenek 1,00-2,00 m távolságra. A vákuumkutas rendszer lényegében hasonlő a pontkutas rendszerhez, ezzel a különbséggel, hogy a szűrőfelületet a levegőtől elzárják és a kút elján vákuumot /légritkítást/ létesítenek.

- A mélykutas rendszer lényege, hogy nagyobb, 25-40 m mélyre lefurnak, és a kutakba egy-egy buvárszivattyút építenek be, amely a vitzet nem szivja, hanem nyomja.

A vonslas létesítményeknél használatos szűrőkutak fúratátmérője 300 és 400 mm. Nagyobb kutátmérő is tervezhető, de csak akkor, ha a kutak sűrítése nem vezet eredményre.

A köpenycső védelme mellett leöblített pontkutak /vákuumkutak/ fúratátmérője 160 mm-rel, a köpenycső nélkül leöblített pontkutak fúratátmérője 100 mm-rel vehető számításba.

A talajvitzszint-süllyesztés kutjait az építmény területén kívül kell elhelyezni. A kutak, illetve szok szűrőzött felületei a munkaárok szélétől legalább 1,00 m-re kerüljenek.

A kutak kiosztására /számuk és távolságuk megállapítására/ a depresszió-görbe alakulása, a munkagödörbe szivárgó vizmennység és a kutak befogadóképessége a mértékadó.

A kutak távolságának növelése kedvezőtlen depresszió görbe kialakulását eredményezheti. A 200 mm és ennyől nagyobb átmérőjü szűrőkutat általában kézi erővel

készítik, ezért a kutsor építése lassu és kevésbé gazdaságos. Lehetőség szerint törekedni kell a 100-160 mm átmérőjű vizőblívessel telepített pontkutsor alkalmazására.

A szűrőkutak szokványos távolsága 4-10 m, és vonalas létesítményeknél is csak kivételesen kedvező esetben emelhető 10 m fölé. A 4 m-nél kisebb kuttávolság már nem ajánlható.

A pontkutak szokásos távolsága 1,00-1,80 m. Az 1,00 m alatti távolság az egyes kutak teljesítőképességét rontja, így gazdaságtalan, 2,00 m-nél nagyobb pontkuttávolság a gyakorlatban ritkán fordul elő. A kivitelező vállalatok felszerelésében található vákuumkutas kollektorcsöveken a csöcsonkok 60 cm-es kiosztásban vannak felhelyezve, így a szokásos kuttávolság 1,20 vagy 1,80 m.

A kutak indítószintje a talajvízszint fölött 20-25 cm-re szokásos. Ha a szükséges depresszió a terepszintről leemélyített kutakkal is elérhető, úgy a földmunka csökkentése érdekében a kuttelépítés célszerűen a terepszintről történik.

A víztelenítés környezetében talajvízszint észlelő kutakat kell telepíteni. Vonalas létesítménynél egyenletes minőségű talajban 400 m, változó minőségű talajban 100-200 m távolságban kell az észlelő kutakat telepíteni, a működő kutsor nyomásvonalára merőlegesen, mindkét oldalon 3-3 kutból álló csoportonként. Az észlelő kutak távolsága a kutsortól - ha a munkaterület ezt lehetővé teszi -

- szűrőkutaknál 4,00 - 9,00 - 16,00 m
- pontkutaknál 1,00 - 4,00 - 9,00 m

Szűk munkaterületen a távolságok arányosan csökkenthetők, de a kutsorhoz 1,00 m-nél közelebb észlelőkutat telepíteni nem szabad.

A víztelenítés befejezése után a kutak eltöméséről, beinjektálásáról gondoskodni kell.

Az azonos szintre telepített kutakat külön-külön tolózárrel közös főgyűjtő-vezetékre /kollektorcsőre/ kell csatlakoztatni. Egy szivattyúgépcsoporthoz kapcsolt kollektorvezetékre legfeljebb 12-16 db szűrőkut vagy maximum 80 db vákuumkut csatlakoztatható. A kollektorcső a gépház felé egyenletesen minimum 1 %-ot emelkedjék.

Két kutsor telepítése esetén a kutsorokat a kollektorcsövek megfelelő összekötésével célszerű körvezetékkel kialakítani. A kollektorcsövet a lehető legkevesebb irányváltással kell vezetni. A kollektorcsőre átlag 30 m-ként, elágazásoknál és a szivattyúházba csatlakozás előtt tolóházakat kell szerelni. A kollektorcső mellett legalább 50 cm széles padkát kell kialakítani a végigjárás biztosítására.

Egy-egy szivattyúgépház szokásos felszerelése:

- 1 db üzemi és
- 1 db készenléti légszivattyú,
- 1 db üzemi és
- 1 db készenléti vizshivattyú,
- 1 db kapcsolótábla
- 1 db légüst /1600 l/
- 1 db víztartály /1000 l/

vezeték-tolózárak.

A szivattyúgépház elektromos energiellátása tartalék energieferással történjék. A tartalék energieferrás hőbnyire "meleg" készenlétben tartott robbanómotoros áramfejlesztő /aggregátor/.

A szivattyúzott vízhozam mérését vízmérőórával /esetleg rajzoló szerkezettel ellátva/ vagy mérőbukóval kell biztosítani.

Vákuumkutas talajvízszint-süllyesztésnél a főgyűjtővezetékre a szivattyúházba való csatlakoztatás előtt,

valamint a kollektorvezetékek a szivattyuktól legtávol-
labban eső pontjaiban vákuummérőt kell felszerelni.

7.3 A víztelenítés tervezésének előkészítése

A tervezés előkészítése az alábbiakból áll:

- előmunkálatok, helyszíni vizsgálatok,
- laboratóriumi vizsgálatok és a
- vizsgálati adatok feldolgozása.

7.3.1 Előmunkálatok, helyszíni vizsgálatok

A munkaárok vagy munkagödör helyszínrajzának és to-
vezett fenékmélyiségének ismeretében be kell szerezni a
érintett területre vonatkozó összes hidrogeológiai, hid-
rológiai és telejmechanikai alapadatot /FTV archivum,
VITUKI kutkataszter, MÉLYÉPTERV/.

A beszerzett alapadatok és a helyszíni bejárás
észlelt egyeztetése alapján kell a szükséges feltárá-
sok helyét kijelölni.

A víztelenítés tervezéséhez további alapadatokat
szolgáltató feltárást célszerűen legalább 50 mm átmérő-
jű kézi vagy gépi furóberendezéssel kell végezni. A fu-
rás csak "száraz" eljárással történhet, vízőblítés alka-
mazása tilos. Talajvíz alatt, vagy könnyen omló talajban
a furás bélésű védelme mellett történik.

A feltáró furások nyomvonal menti sűrűsége a ren-
delkezésre álló adatok, és az érintett terület hidroge-
ológiai felépítésének függvénye. Nyugodt felépítésű te-
rületén a furások távolsága 150-200 m lehet, míg erősen
zavart felépítésű területen ez a távolság 25-50 m-re
csökken.

A furások szokásos mélysége a munkaárok szélességé-
nek kétszerese, vagy a nyugalmi talajvízszint és a munka-
árok fenékszintje közötti távolság kétszerese. Ha az így
meghatározott mélységben a vízzáró réteget nem értük el,
akkor minden ötödik furást a vízzáró rétegig kell mélyíteni,
és abba 50 cm mélységig befurni. Ha a vízzáró réteg tal-
pánál mélyen helyezkedik el, úgy elegendő a munkaárok
fenéksíkjától számítottan a munkaárok-szélesség ötszörö-
sének megfelelő mélységig furni.

A furásról naplót kell vezetni. A furási naplóban
követendő rögzítésre:

- a vállalat neve,
 - a furómester neve,
 - a furás helye és időpontja,
 - a furóberendezés megnevezése,
 - a furó és bélésű átmérője.
- A furás során folyamatosan feljegyzendő:
- az alkalmazott furó /spirál, kanál, stb./,
 - a rétegnyitási mélysége,
 - a talaj leírása /szín, minőség, nedvesség, stb./,
 - a mintavétel mélysége,
 - a talajvíz "megütési" mélysége,
 - a nyugalmi talajvízszint,
 - esetleges egyéb észrevételek.

A talajvíz "megütése" után a furást mindaddig szü-
neteltetni kell, amíg a nyugalmi vízszint be nem áll. A
nyugalmi vízszint beálltnak tekinthető, ha az észlelt
vízszintváltozás 15 perc alatt az 1 cm-t nem haladja
meg.

A furás során minden rétegből, 1 méternél vastagabb
réteg esetén méterenként mintát kell venni. A minta
szemcsés talaj esetén legalább 0,5 kg súlyú, kötött ta-
laj esetén legalább 4 cm átmérőjű és 6 cm magas legyen.

A mintát szemcsés talaj esetén műanyag zacskóba, üvegbe vagy jól zárható dobozba, kötött talaj esetén nem rozsdásodó és szigetelőszerűleg légmentesen lezárt dobozba kell csomagolni. A mintákat tartalmazó csomagon fel kell tüntetni a mintavétel helyét, számát, mélységét és időpontját. A mintavételi adatokat a csomag belsejében is el kell helyezni.

Talajviz elől iszapolóval történő furás esetén az iszapoló tartalmát megfelelő ládába kell önteni, úgy, hogy a már leülepedett anyag az iszapos vizet átszűrje. Mintavétel előtt a ládába leülepedett anyagot jól össze kell keverni, és az így összekevert anyagból kell a megfelelő mennyiségű mintát venni.

A furás közben "megütött" talajvizből, több vizadó réteg esetén minden egyes rétegből vizmintát kell venni.

A vizmintát tiszta, és a megvizsgálandó vízzel kétszer kiöblített üvegbe kell venni. Az üveget teljesen fel kell tölteni és gondosan lezárni. Az üvegen elhelyezett címkén fel kell tüntetni a munka helyét, a furás jelét, a furás mélységét, a vizminta vételének helyét, a mintavétel időpontját és azt, hogy a mintavételkor a víz zavaros volt-e vagy tiszta.

A talajfeltárásokat, mintavételeket és a furási napló vezetését az MSZ 4488 szabályozza.

7.32 Laboratóriumi vizsgálatok

Először a minták szemrevételezése alapján azonosítani kell a furásnaplóban feltüntetett talajminőséget, szükség esetén a furásnaplót kell helyesbiteni.

Kötött talajoknál minden jellemző rétegből egy-egy minta alapján meghatározandó

a folyási határ,
a plastikus határ, és
a plastikus index.

Szemcsés talajoknál, ahol a minta a víztelenítésben levő rétegből származik, meg kell határozni minden egyes minta szemeloszlási görbéjét.

A vizmintákból meg kell állapítani a szulfáttartalmát és a pH értéket.

Vizsgálati adatok feldolgozása

A furásnapló adataiból, valamint a laboratóriumi vizsgálati adatokból furás-szelvényt kell készíteni.

A vízáteresztőképességi együttható k közeli értékét a következő összefüggésekből lehet meghatározni:

$$\text{Finom homok} \dots \dots \dots k = 0,04 d^2 \frac{n^3}{1-n^2} \quad /7.1/$$

$$\text{Durva homok és kavics} \dots \dots k = 0,053 d^2 \frac{n^3}{1-n^2} \quad /7.2/$$

$$\text{ahol: } d = \frac{d_{10} + d_{60}}{2} \sqrt{\frac{d_{10}}{d_{60}}}$$

n a réteg hézagterfogata

d_{10} és d_{60} a szemeloszlási görbe 10, illetve 60 %-ához tartozó szemcseátmérő mm-ben.

Fontosabb érték hiányában a hézagterfogat becsléssel is meghatározható. A különböző talajok hézagterfogatának tájékoztató értékét a 7.1 sz. táblázat tartalmazza.

Kötött talajoknál a rétegek vízzáró vagy vízáteresztő volta a talajminták szemlélése és plastikus indexe alapján ítélhető meg. A vízáteresztőképességi együttható tájékoztató értékeit a 7.2 sz. táblázat tartalmazza.

7.1 sz. táblázat

A talajok közelítő hézagterfoga

Talaj megnevezése	Talajállapot	Hézagterfogat n [%]
Vegyes szemmagyságu homokos kavics	laza tömör	30 20
Egyenletes szemmagyságu homokos kavics	laza tömör	35 25
Vegyes szemmagyságu homok	laza tömör	40 30
Egyenletes szemmagyságu homok	laza tömör	46 34
Lössz		50
Iszap		35-45

7.2 sz. táblázat

Vizáteresztőképességi együttható értékei
kötött talajoknál

Plasztikus index I_p	$k = 10^{-8}$ [m/sec.]
5	40
10	20
15	10
20	2
25	1

A 10^{-6} cm/sec-nél kisebb vizáteresztőképességi
együttható /k/ gyakorlatilag a vízzáró talajt jelenti.

A meghatározott vizáteresztőképességi együtthatók
alapján - a nagyságrendszeren belüli "k" tényezők egybe-
foglalásával - el kell készíteni a "k" tényező réteg-
melvényét.

Az egyes talajfajták közelítő vizáteresztőképessé-
gi együttható /k/ értékét a 7.3 sz. táblázat tartalmaz-
za.

7.3 sz. táblázat

Vizáteresztőképességi együttható
tájékoztató értékei

A talaj megnevezése	k [m/sec]
Kavics	10^{-3}
Homok	10^{-4}
Finom homok	$10^{-5} - 4 \cdot 10^{-5}$
Homok Mo	$10^{-6} - 4 \cdot 10^{-7}$
Iszap	$10^{-8} - 4 \cdot 10^{-8}$
Agyagos iszap	10^{-8}

7.4 Tervezés

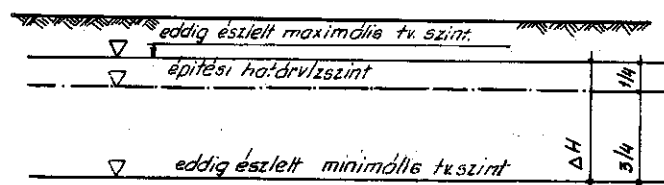
Mindazon építési szakasról, amelynek ideiglenes
vizzártatásáról gondoskodni kell, vizzártatási terv
készítendő. A vizzártatási tervet az előmunkálatok ál-
tal szolgáltatott adatok alapján kell elkészíteni. A
vizzártatási terv keretterv. A keretterv az építés so-

során mutatkozó körülmények alapján az építető, tervező és a kivitelező közös megállapodásával szükség szerint módosítandó.

A víztelenítési terv az alábbiakat tartalmazza: számítások /vízmennyiség, leszívás/, a víztelenítési mód megválasztása, helyszínrajz /kutak, vezetékek, gépház, stb/, kutak kiépítésére, víztelenítési rendszerre vonatkozó technológiai utasítás.

7.41 Alapkövetelmények

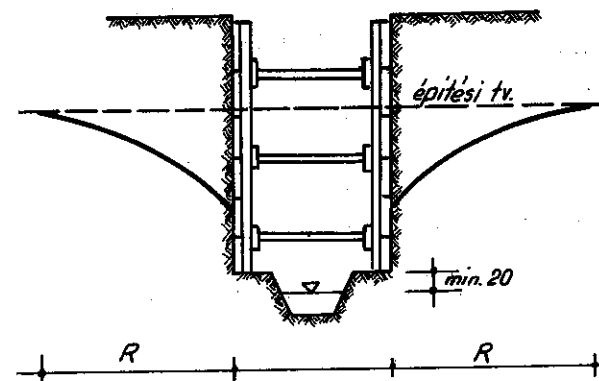
Kiindulási adatként rögzíteni kell a figyelembe vett építési vízszintet. A tervezés idejében a valószínű építési vízszint nem ismeretes és megbízható előjelzésre sincs mód. Építési vízszintként ezt az "építési határvízszintet" lehet elfogadni, amely az eddig észlelt legmagasabb és legelecsenyebb telejvízszint különbségének felső 3/4-ében helyezkedik el a 7.1 sz. ábra szerint.



7.1 ábra

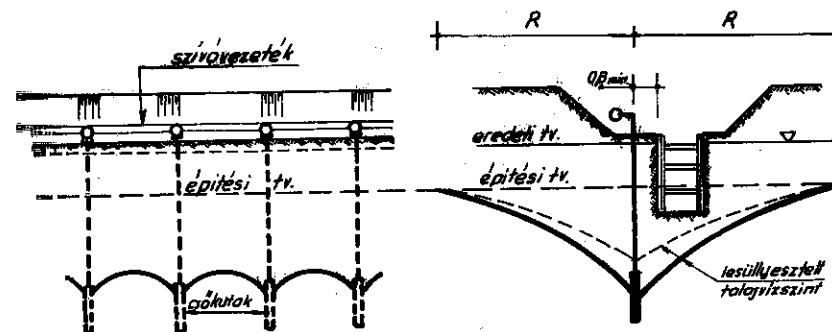
Az építési határvízszint értelmezése

Az építési munkák biztosítása érdekében olyan mértékű depressziót kell előállítani, amely a kiemelt munkateret maximálisan 20 cm-re közelíti meg. A depressziószint kívánt helyzetét a 7.2 sz. és a 7.3 sz. ábra mutatja.



7.2 ábra

A szükséges leszívási érték ducolt munkegődör esetén



7.3 ábra

Depresszió alakulása

7.42 Az érkező vízmennyiség meghatározása nyíltvízteret alkalmazása szerint

Az árok 1 fm-ére egyik oldalról beáramló vízmennyiséget a

$$q = \frac{k}{2R} / H^2 - h^2 / \quad /7.3/$$

összefüggés alapján lehet számítani. A jelöléseket a 7.4 sz. ábra az R hatótávolságot az

$$R = 1,3 \sqrt{\frac{kHT}{n}}$$

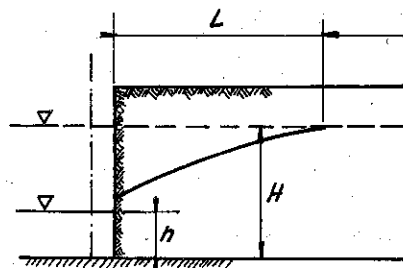
összefüggés adja meg, ahol

k = áteresztőképességi együttható

n = hézagterfogat

T = a szivattyúzás ideje.

A T szivattyúzási idő értékét 1,5-2 m depresszió esetén legalább 2 napban kell előíranyozni.



7.4 ábra

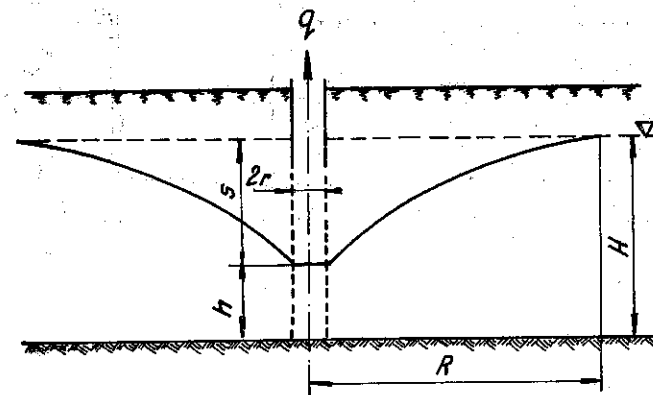
A munkásokba beáramló vízmennyiség számítása

7.4.3 Az érkező vízmennyiség meghatározása talajvízszint-süllyesztés esetén

Valamely körkeresztmetszetű kut várható vízhozamát a Darcy törvény alapján először Dupuit határozta meg, amely szerint egyetlen kut vízhozamát az alábbi összefüggés adja

$$Q = \frac{k/H^2 - h^2}{\ln R - \ln r} \quad /7.4/$$

A jelöléseket a 7.5 sz. ábra szemlélteti.



7.5 ábra

Egy kutba érkező vízmennyiség számítása

A gyakorlatban a talajvízszint-süllyesztés nem egy, hanem több kútból való vízelvonással történik. A többkutas süllyesztés képleteit Forcheimer vezette le. Ha az egyforma kutak egy kör területén helyezkednek el és a kör középpontjában vizsgáljuk a süllyesztést, a teljes vízhozam

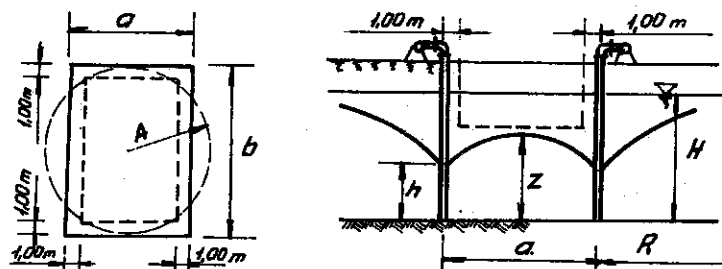
$$Q = \frac{\pi k / H^2 - z^2}{\ln R - \ln A} \quad /7.5/$$

ahol $R = 3000 / H - h / k$

A jelöléseket a 7.6 sz. ábra szemlélteti.

Az egyenlet körtől eltérő zártidomú kútelrendezésre is alkalmazható ezzel a megközelítéssel, hogy a képletben szereplő "A" érték az idom alapterületével egyenlő nagyságú kör sugara. Például a 7.6 sz. ábrán látható négyzet esetén

$$A = \sqrt{\frac{s \cdot b}{\pi}} \quad /7.6/$$



7.6 ábra

Több kutba érkező vízmennyiség számítása

Az elszívendő vízmennyiség, és egy kut teljesítményének ismeretében lehet meghatározni a kutek számát.

Egy kut befogadóképessége $/f/$ a hasznos szűrőfelülettől és a talajvíz maximális beáramlási sebességétől függ, mely utóbbi a talaj vízáteresztőképességi együttható bizonyos függvénye.

Sichardt levezetése szerint egy kutból eltávolítható vízmennyiség

$$f = 2r \cdot \pi \cdot h \cdot \frac{\sqrt{k}}{15} \quad /7.7/$$

ahol:

r a kut sugara

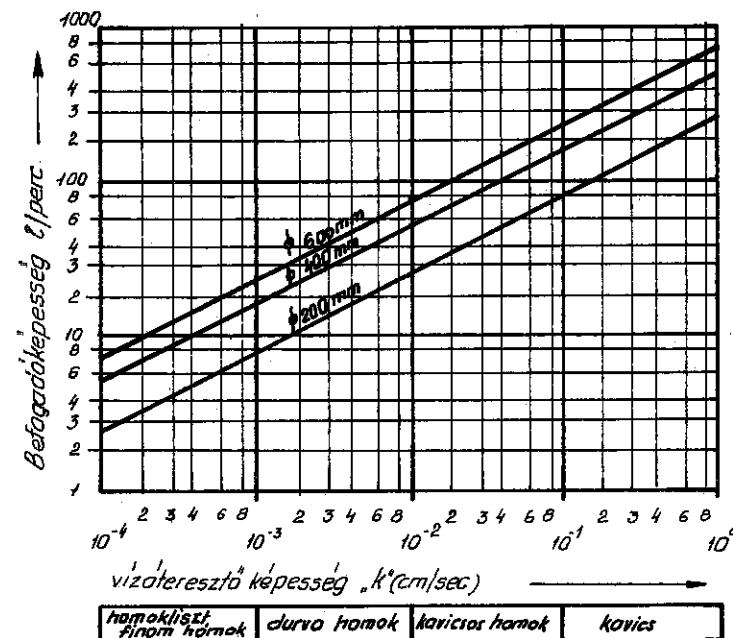
h szűrőzött kuthossz.

Egyes kutek befogadóképessége az előző képlet alapján szerkesztett és a 7.7 sz. ábrán bemutatott grafikonból is meghatározható.

Font és vákuumkutek befogadóképessége 5-15 l/perc értékkel vehető figyelembe.

A szükséges kutek száma:

$$n = \frac{Q}{f} \quad /7.8/$$



7.7 ábra

Egyes kutek vízbefogadó képessége

Lebegő kutek esetén, vagyis ha a kut fenékszíntje nem éri el az alsó vízzáró réteg felszínét, úgy az előzőek szerint számított vízhozamot 20 %-kal növelni kell.

7.4.4 Méretezés nyíltvizek tartás esetén

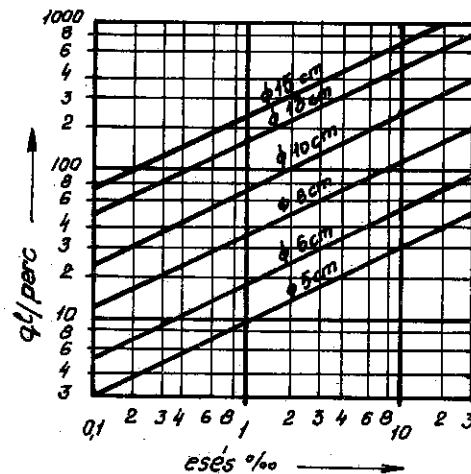
A víztelenítő berendezéseket /szivattyúk, szivárgók, kutek, csővezetékek stb./ a mértékadó vízmennyiségre kell méretezni. A mértékadó vízmennyiség a számított érkező vízmennyiség 1,5-szerese.

$$q_m = 1,5 q$$

A szivárgók méreteit, az alagsövek keresztmetszetét a munkáérből eltávolítandó vízmennyiség és az esési viszonyok ismeretében kell meghatározni. A szivárgórendszer esése - gravitációs csatornáknál - lehetőség szerint a létesítmény esésével azonos legyen. Ha az építmény esési viszonyai nem követhetők, a szivárgók esése a gyűjtőkút felé 0,5 - 2 ezrelék legyen.

A szivárgókban összegyűjtött talajviz elvezetésére alagsövet kell tervezni. Az alagsöveket úgy kell elhelyezni, hogy az azokban elfolyó víz szintje az építmény fenékszintje /védőbeton alsó síkja/ alatt minimum 20 cm mélyen legyen.

A különböző átmérőjű alagsövek vízelvezető képességét - különböző esések mellett a 7.8 sz. ábrán feltüntetett diagramból határozhatjuk meg.



7.8 ábra

Különböző átmérőjű alagsövek vízelvezető képessége

A gyűjtőkutak egymástól való távolságát az alkalmazott alagsó vízelvezető képessége határozza meg. Ismert esési viszonyok és csőméret esetén

$$l = \frac{q_1}{q} \quad /7.9/$$

ahol:

- l = a gyűjtőkutak távolsága /m/
- q_1 az alagsó vízelvezetőképessége /l/perc/
- q a munkáérok 1 fm hosszan beszivárgó vízmennyiség /l/perc/

Ha a szivárgó esésével az építmény esése nem követhető, akkor a gyűjtőkutak maximális távolságát úgy kell megállapítani, hogy a szivárgóárok legnagyobb mélysége 50-60 cm-t ne haladja meg.

Az aknák célszerű távolsága kedvező körülmények között 80-100 m.

7.45 Méretezés talajvízszint-süllyesztés esetén

A kutak méretének és számának megállapítása a 7.43 fejezetben rögzítettek szerint történik.

A szivóvezeték átmérőjét úgy kell megállapítani, hogy a kutaktól a szivattyúig max. 1 m surlódási veszteség álljon elő.

Jó közelítő eredményeket ad a

$$J = cq^2 \quad /7.10/$$

összefüggés, ahol

$$J = \frac{h'}{l} \text{ surlódási veszteség kilométerenként}$$

q szállított vízmennyiség

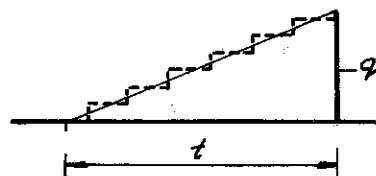
c arányossági tényező a cső $\varnothing$ függvényében a következők szerint:

$\varnothing$	C
80	1,60
100	0,47
125	0,14
150	0,053
200	0,0112
250	0,0034

Az egyes szerelvények ellenállását egyenértékű cső hosszként vesszük figyelembe az előbbiek szerint:

szivókosár lábszeleppel	20 m
áteresztő szelep	25 m
sarokszelep	16 m
tolózár	3 m
vízszintes visszacsapó szelep	5 m
Függőleges " "	15 m
T darab egyenesben	4 m
T darab elágazásban	8 m
könyvek	8 m

Az azonos csőátmérővel kiképzett szivócsőre egyenlő távolságokban csatlakozó - nagyobb számú kútról táplált - vízmennyiség a hossz mentén közelítőleg lineárisan növekszik /7.9 sz. ábra/.



7.9 ábra

A vízmennyiség és a csőhossz közötti összefüggés

Adott csőhossz mentén lineárisan növekvő vízmennyiség /a végső keresztmetszetben/ által okozott surlódási veszteség egyenlőnek vehető a teljes hosszon végigáramló vízmennyiség által okozott veszteség 1/3-ával.

A nyomóvezeték keresztmetszeti méretét úgy kell megválasztani, hogy a szükséges emelőmagasság /a geodéziai magasságkülönbség, szivó- és nyomócsőben előálló surlódási veszteség összege/ a szivattyú emelőmagasságánál kisebb legyen.

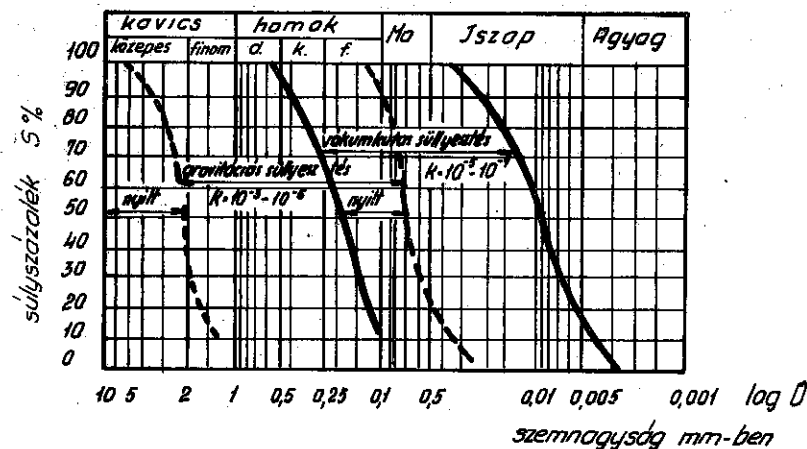
7.5 A víztelenítési módszer megválasztása

A víztelenítési eljárás kiválasztásában elsősorban a hidrogeológiai és altalaj-viszonyok, ezen túlmenően a gazdaságosság a döntő. Alapgödrök és közművezetékek munkárai esetén a víztelenítési eljárások közül szokványosnak mondható a nyíltviztartás, a pont és vákuumkutas talajvízszint-süllyesztés, ritkábban a szűrőkutas /Siemens/ eljárás. A mélykutas és egyéb különleges víztelenítés igénye csak kivételes körülmények esetén merül fel.

Az egyes víztelenítési eljárások alkalmazási területeire a talaj szemeloszlása, vízáteresztőképessége és a leszívandó vízmennyiség függvényében a 7.10 sz. és 7.11 sz. ábra ad tájékoztatást.

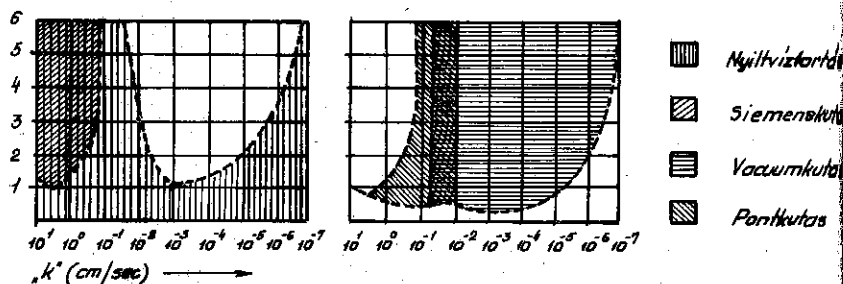
Nyíltviztartásnál vizsgálni kell a hidraulikus talajtörés bekövetkeztének lehetőségét. Nyíltviztartás csak addig alkalmazható, amíg a beszívargó víz a talajt föl nem lazítja.

A finomszemcséjű homok, homokliszt és iszaptalajokban, ahol a mértékadó szemcseátmérő $D = 0,005-0,1$ mm között esik, nyíltviztartást alkalmazni tilos.



7.10 ábra

Egyes víztelenítési technológiák alkalmazási területei



7.11 ábra

Az egyes víztelenítési technológiák alkalmazási lehetőségei a vízáteresztő-képességi együttható és a leszívási mélység függvényében

Az egyes talajvízszint-süllyesztési eljárások alkalmazási határait a talaj vízáteresztő-képességének értéke k határozza meg. Általában, de vonalas létesítmények víztelenítésénél különösképpen törekedni kell a hagyományos szűrőkutak helyett a vízöblítéssel furt vákuumkutas rendszer alkalmazására.

Vonalas létesítményeknél a víztelenítés egy vagy két kutsorral, egy vagy több lépcsőben történő talajvízszint-süllyesztéssel tervezhető. Adott esetben a nyíltvíztartás és a talajvízszint-süllyesztés kombinációja is alkalmazható.

A helyes megoldás kiválasztása minden esetben a jellemző keresztmetszvényre felrajzolt depressziógörbe alapján történjék. A depressziós felület és a munkaárok hátfelülete között legalább 20 cm távolság legyen.

Rétegzett talajoknál általános szempontként az előbbieket kell figyelembe venni:

- Nyomás alatt lévő talajvíznél a szivandó vízszint megasságát mindig a piezometrikus szinttől kell számítani.

- A munkaárok fenékszintjében húzódó vízzáró réteg esetén többnyire a nyíltvíztartás adhat kedvező eredményt, ha csak ez a finomszemcséjű talaj miatt nem kizárt. Talajtörés veszélye esetén a munkagödör oldalfalát a vízzáró rétegbe vert szádlemezzel /szádfallal/ biztosítjuk.

- Ha az árokfenék nem ér a vízzáró talajig, de annak közelében van, célszerű két vákuumkutas telepítésével és esetleg a fenéken kiegészítő nyíltvíztartással vízteleníteni.

- Ha a munkaárok fenékszintje alatt kis vastagságú agyagréteg húzódik és ha alatta nyomás alatt lévő talajvíz várható, akkor a talajtörés elkerülésére az alsó vízvezető rétegbe érő nyomáscsökkentő kutakat is kell bevezetni.

- A változó rétegzésű és agyag-iszaplencsákat tartalmazó talaj a kimosásokra fokozottabban érzékeny. Ezért a talajfeltárásnál fokozott gondot kell fordítani az egyes talajrétegek megállapítására.

A víztelenítési mód kiválasztásával, a víztelenítési terveken, műszaki leírásban, költségvetésben rögzíteni kell a keretterv jelleget, mert különösen vonalassal és tesztmentények víztelenítésénél mindig számítani lehet a talajrétegek kisebb-nagyobb mértékű változására.

8. CÖLÖPALAPOZÁS

A mélyalapozások legrégebben ismert és viszonylag legegyszerűbb módja a cölöpalapozás. A cölöp az a közvetítő elem, amely az alaptest súlyát átadja a teherbíró altalajnak. Cölöpözést akkor alkalmaznak, ha:

a/ a felső réteg teherbírása nem megfelelő, s a teherbíró altalaj 8-20 m között van;

b/ A sikalapozáshoz alkalmas réteg a térszinthez közel található, de a kimosás veszélyével kell számolni /hidpillérek stb/;

c/ a talajvíz magas, és a cölöpözéssel a komplikáltabb és költségesebb víztelenítési munka elkerülhető;

d/ a felső rétegek egyenlőtlensége káros süllyedést okozhat;

e/ a teher eloszlása egyenlőtlen;

f/ más alapozási mód veszélyezteteti a környező épületeket.

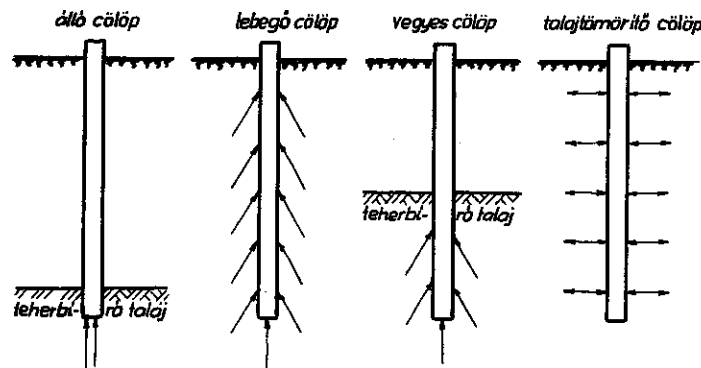
A cölöpök elvileg kétféle módon hárítják át az építmény terhet az altalajra:

a/ a csucsuken támaszkodással, ezek az álló cölöpök,

b/ a felületükön surlódással, ezek a lebegő cölöpök.

A valóságban azonban ilyen éles határt vonni nem lehet, mert a kétféle teherátadás együttesen jelentkeznek.

A 8.1 sz. ábra az álló, lebegő, vegyes és talajtömörítő cölöpöket szemlélteti.



8.1 ábra

A cölöpök teherátadásának módjai

A "talajtömörítő cölöp" speciális cölöpfejte. Nem mélyalapozási elem, de olyan eljárás, amely a talaj tömörítésével annak fizikai tulajdonságait javítja.

A cölöpöket többféle szempontból osztályozzák:

a/ Anyaguk szerinti osztályozás:

fa,
acél,
beton és vasbeton.

b/ Készítési technológiájuk szerinti osztályozás:
előregyártott cölöp /vert, vibrált, sajtolt, öblített/.

A készítési technológiát illetően az előnyöket és hátrányokat általánosságban a következőkben lehet összefoglalni:

Verés

Előnye: a cölöpöt készítés közben ellenőrizni tudjuk, ezért kifogástalan minőségben készülhet. Verés közben a talaj tömörödik, ami különösen előnyös szemcsés talajokban. Többféle anyagból készülhet, így alkalmazkodni lehet a helyi adottságokhoz.

Hátránya: a hossza előre meghatározott, ezért ha a behatoló réteget nem értük el, akkor költséges és hosszadalmas toldásra vagy "üzésre" van szükség, esetleg a cölöpszámot kell növelni.

Furás

Előnye:

- a/ az érdes köpenyfelületből adódó nagy surlódás,
- b/ a furási munka során a talajrétegződés pontosan megállapítható, s a cölöppel a legkedvezőbb helyen tudunk megállni,
- c/ a puha anyagok szerkezetét a furás nem rontja.

Hátránya: a furt lyukba öntött beton minősége a tömörítés hiánya miatt gyengébb.

Öblítés

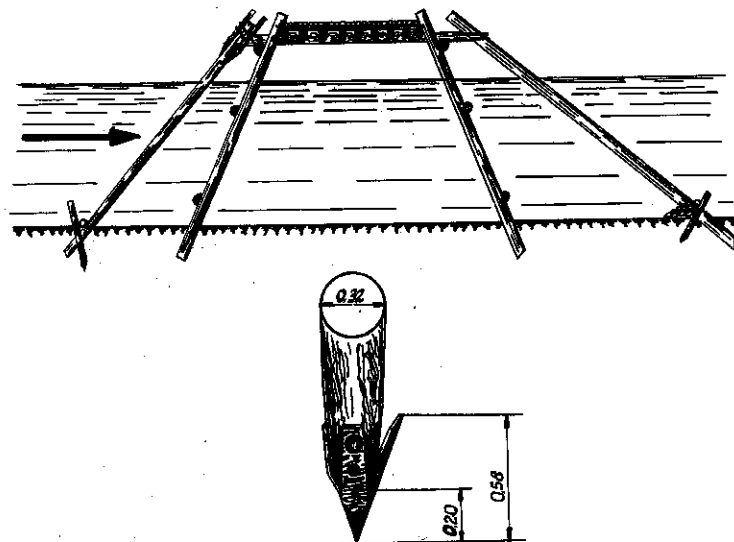
Nehéz verések megkönnyítésére alkalmazzuk. Vagy a cölöp hossz tengelye mentén elhelyezett nyíláson, vagy a cölöp mellett nagy nyomású vizsugarat vezetünk le, amely a talajt a cölöp-csucsánál fellezítje és a verést megkönnyíti. Nagy vastagságú, leze, homokos iszapokban ez az egyetlen célravezető eljárás. Agyagban nem hatásos. Lebegő cölöpöknél alkalmazni tilos. Öblítés után a cölöpöket utána kell verni.

Csavarás - besajtolás

Speciális, ritkán alkalmazott módszer, e könyvben részletesen nem tárgyaljuk.

8.1 Facölöp

A fát cölöpözésre már régóta alkalmazzák. Egyik legszebb történeti emlék az i.e. 59-ben épült Rajna-híd, amelyet Julius Caesar építtetett /8.2 sz. ábra/. A történészek szerint az ábrán vázlatosan bemutatott hidat 10 nap alatt készítették el.



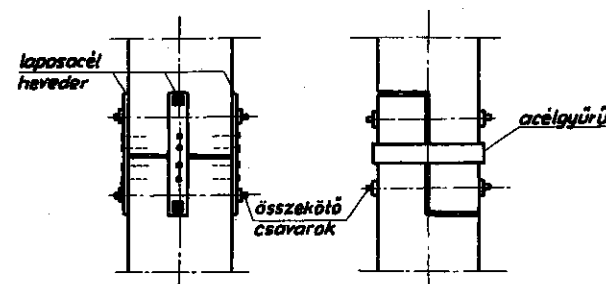
8.2 ábra

Julius Caesar hadihídja a Rajnán

A fa cölöpözésre azért alkalmas, mert jól alakítható, szívós, nagy a szilárdsága, könnyű, viszonylag olcsó és agresszív vízzel szemben érzéketlen.

A technika fejlődése következtében azonban ma már főleg csak ideiglenes építményeknél, állványok készítéséhez használják. Végleges építmény alatt facölöp csak akkor alkalmazható, ha állandóan víz alatt van.

A legjobb cölöp tölgyből és a különböző fenyőfélékből készíthető Lombos fát cölöpkészítésre alkalmazni nem szabad.



8.3 ábra

A facölöp toldása

Az alapozási célokra használt facölöp legkisebb kötélmérete - 4,00 m-es hosszúság esetén - 20 cm. 4,00 m hosszúságon túl az átmérőnek méterenként 2 - 2,5 cm-rel növekednie kell. Legnagyobb alkalmazható hosszúsága 15 m. A facölöp nagy előnye az, hogy toldani lehet azokat. A 8.3 sz. ábrán a gyakorlatban alkalmazott kétféle toldási módhoz szembesítettünk.

A facölöpöket kizárólag veréssel juttatják az aljára. A verés érdekében a cölöpök fejét és a cölöp csúcsát kihegyezik, és seruvel látják el. /8.4 sz. ábra/

Felkiállítások

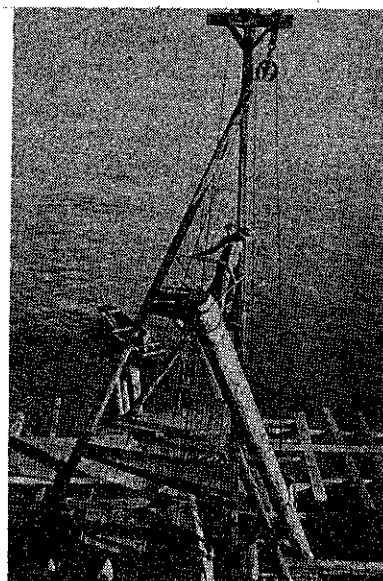


Csúcskiállítás



8.4 ábra

A facölöp megmunkálása



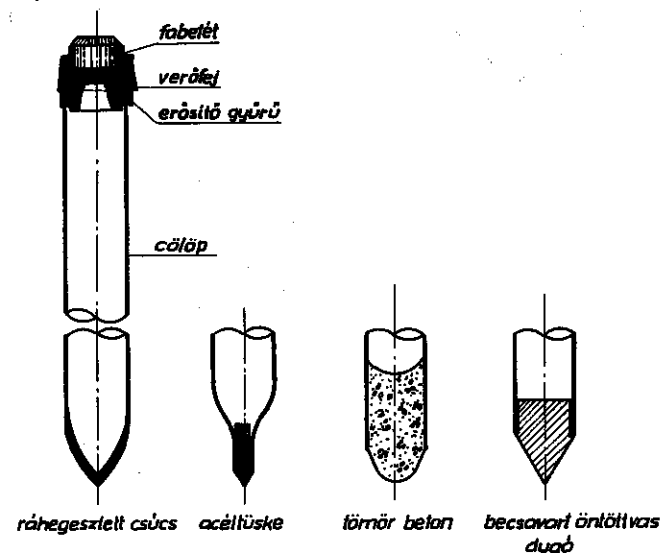
8.5 ábra

8.5 Facölöp beemelése verőgép alá vizen /fénykép/

A nyomásra igénybevett cölöpöknek a vékonyabb, a
nyomásra igénybe vett cölöpöknek a vastagabb részét kell
helyezni. A 8.5 sz. ábrán a facölöp verőgép alá
beemelése látható.

8.6 Acélcölöp

Az acél kivételesen használt cölöpanyag, főként
olyan létesítményeknél, ahol a cölöpök visszanyerhetők.
Változtathatók és toldhatók, aránylag könnyen visszahúzha-
tóak. Kőhányáson, roncsokon is keresztül verhető. Hátrá-
nyuk, hogy nagy szilárdságuk nem használható ki a rossz
fagyállási tényezőjük miatt. Alul hegesztett csuccsal,
öntöttvas dugóval vagy betondugóval kell lezárni. /8.6
sz. ábra/

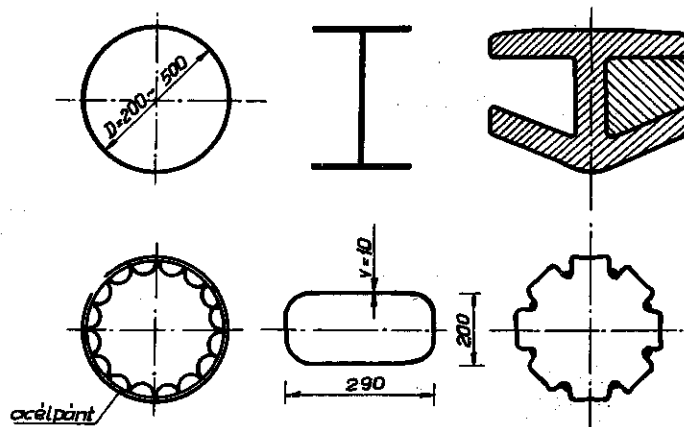


8.6 ábra

Az acélcölöp fejének és csúcsának lezárása

Cölöpként selejt cső is felhasználható, ha az átmérő legalább a hossz negyvenede és a fal vastagsága 30 cm Ø-ig 8 mm, azon felül 10 mm.

A cölöpök fejlagos felületét hullámosítással lehet növelni. Szokásos a különböző szekrényes szerelvények alkalmazása is /8.7 sz. ábra/.



8.7 ábra
Acélcölöp keresztmetszetek

A 8.8 sz. ábra a volt Kossuth-híd építése során levert acélcölöpöket szemlélteti. A képen jól érzékelhető, hogy a cölöpfejeket "elverték". Az elverés ellen fabetétes verősapka alkalmazásával kell védekezni. Ha az acélcső vastagsága kicsi, és a verési körülmények nehezek, akkor az acélcső fejét ráhegesztett gyűrűvel erősítik meg.



8.8 ábra
A volt Kossuth-híd acélcölöpei

8.3 Előregyártott, vert vasbeton cölöp

Az egyik leggyakrabban használt cölöpfejte.

Előnyei:

a/ Az előregyártás következtében a cölöp raktárról szállítható, a beton szilárdulását nem kell a verés megkezdése előtt külön kivárni. Mód van a gőzöléssel való védekezésre is.

b/ A próbacölöpök próbaterhelése közvetlenül a levertetés után elvégezhető.

c/ Az acélbetét elhelyezése és a betonozás a legkedvezőbb körülmények között végezhető. A beton szilárdulását vizsgálni lehet.

d/ Elővizben könnyen leverhető.

e/ A cölöp feszített vasbetonszerkezettel is kialakítható.

Hátrányai:

a/ A csucsellenállás és a köpenysurlódás nincs megfelelően kihasználva, mert a hegyes csucskiképzés miatt a csucsellenállás, a viszonylag síma oldalfelület miatt pedig a köpenysurlódás kicsi.

b/ A verés során legfeljebb csak a talajrétegek verési ellenállását tudjuk meghatározni, a talajminősége nem. Ez pedig helytelen következtetések levonásával járhat.

c/ A kész, nagy súlyú cölöpök szállítási költsége nagy.

d/ Szállítás közben a cölöpben repedések keletkezhetnek, ezért biztonságból a szükségesnél nagyobb számú cölöpök leszállítása szükséges.

e/ A cölöptörés és a kis ellenállású talaj következményei - "a cölöp megszaladása" - azonosak és az okok sokszor nem állapítható meg.

f/ A cölöpverő mozgatása nehézkes, a helyigénye nagy. Épület belsőjében általában nem alkalmazható.

g/ Dinamikus hatása miatt építmények közvetlen közelében csak kellő megfigyelés és ellenőrző vizsgálatok elvégzése után szabad alkalmazni.

Cölöpelrendezés

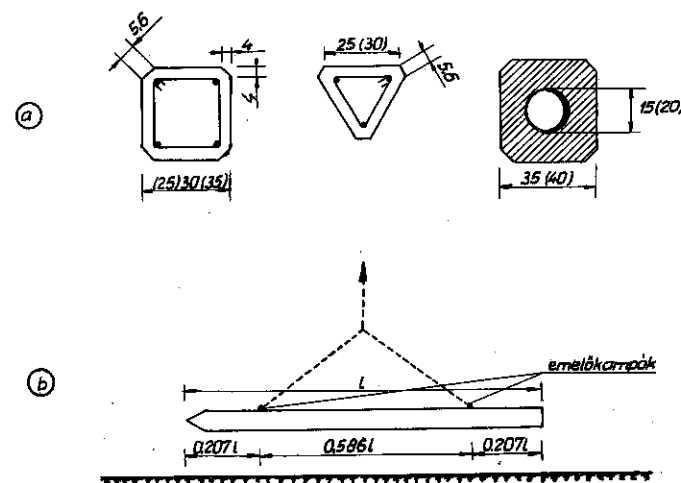
A cölöpök elrendezése olyan legyen, hogy azok lehetőleg tulnyomóan tengelyirányú terheléseket kapjanak. A huzott és nyomott cölöpök közt nincs különbség a szerkezeti kiképzésben. A teljes cölöpkeresztmetszetet kb. 20 cm mélyen kell a gerenderácsba vagy a fejlemezbe befogni. A kiálló hosszacélbetéteket keresztezik és legy

széthajlítják. A huzott cölöpöknél a toldási hossz, a nyomott cölöpöknél a tulnyújtási hossz a mérhető, a cölöprácsba benyúló acélbetét minimális hosszúságára.

Szerkezeti kiképzés

Keresztmetszet

Hezánkben az MSZ 11312/1. és 2. szabványlapok foglalkoznak az előregyártott cölöpök típusaival. Az első szabványlap az átlagos, a második a nehéz verési körülményekre alkalmas cölöptípusok méreteit, adatait és előírásait tartalmazza. Ezek szerint a cölöpök háromszögletes, négyzetes tömör és négyzetes üreges kivitelben készülhetnek /8.9 sz. ábra/.



8.9 ábra

Vasbeton cölöpök keresztmetszetei és az emelőkampók elhelyezése

Fontos a cölöp éleinek lesarkítása azért, mert az éles sarkok a szállítás és a kivitelezés során letörhetnek, s ez a cölöp berepedéséhez vezethet.

Az üreges cölöpök betontekerekosok, és kisebb súlyuk miatt a leverésük is könnyebb. E cölöptípusnál az üreget a cölöpben bentmaradó papír, bádog vagy műanyag cső segítségével formálják. Az üreges cölöpöket a felső és alsó 1 m-es szakaszon tömören kell kiképezni.

Cölöphossz

Az MSZ 11312 szabványban a háromszögletes cölöpöket 25 cm oldalhosszuságban 3-5 m-ig, 30 cm oldalhosszuságban 5-8 m-ig, a négyzetes cölöpöket 25 cm oldalhosszusággal 5-8 m-ig, 30 cm oldalhosszuságban 5-10 m-ig, 35 cm hosszúsággal 9-12 m-ig, négyzetes üreges cölöpöket 35 cm és 40 cm oldalhosszusággal 9-12 m-ig 1 m-es lépcsőbe dolgozzák ki /8.1 sz. táblázat/. 12 m-nél hosszabb cölöp hazánkban csak elvétve fordul elő, ezért az ennél hosszabb cölöpöket nem kellett szabványosítani.

8.1 sz. táblázat

Tájékoztató cölöphosszak

A cölöp hossza [m]					
△ /cm/	h	□ /cm/	h	⊠ /cm/	h
25 . 25	3 - 5 m	25 . 25	5 - 8 m	35 . 35	9 - 12 m
30 . 30	5 - 8 m	30 . 30	5 - 10 m	40 . 40	9 - 12 m
		35 . 35			

A szükséges cölöphossz megválasztásánál figyelembe kell venni, hogy a csucsnak a teherbíró rétegbe 2-3 D hosszban be kell állni, és a talajrétegződés változása miatt megfelelő biztonsággal kell a hosszat megállapítani, mert a rövidnek bizonyult cölöpök toldása költséges, körülményes és időt rablómunka.

Csucs kiképzés

A cölöp alsó végét a leverés elősegítése céljából csucsosra kell kiképezni. A csucs hajlása általában 1:3, könnyebben verhető talajok esetén 1:2.

Ha verési nehézséggel számolni nem kell, a csucsnak saruval való védelme elhagyható, ellenkező esetben, vagy ha a cölöpök 6 m-nél hosszabbak, acéllemezről vagy öntvényből készült sarut kell alkalmazni.

A cölöpök acélbetétei

A hosszirányú acélbetétek

A vert vasbeton cölöpöket vasbeton oszlopként kell méretezni és készíteni. Az acélbetét minimális átmérője 14 mm, a maximális átmérője 25 mm.

A méretezés során a cölöpök gyártás utáni felszakításánál, a szállításkor és tárolásnál, valamint a cölöpöknek a verő alá történő beállításánál fellépő igénybevételeket kell számításba venni.

A méretezést az MSZ 11312. szabvány szerinti méretkorrekciók /élgörbeség, a sarufelerősítés pontossága, a keresztmetszeti méretek pontossága, a cölöp felső lapjának tengelyre való merőlegessége/ figyelembevételével kell elvégezni.

Jó gyakorlati közelítés - ökölszabály - a szükséges acélbetét átmérőre a:

$$D \text{ [cm]} = 0,2 L \text{ képlet,} \quad /8.1/$$

ahol: L cölöphossz méterben.

Az acélbetétek előírt minősége: B 60.40.

A fejben az acélbetétek kampózása tilos, mert ez a cölöpbeton elmozsolódását okozhatja.

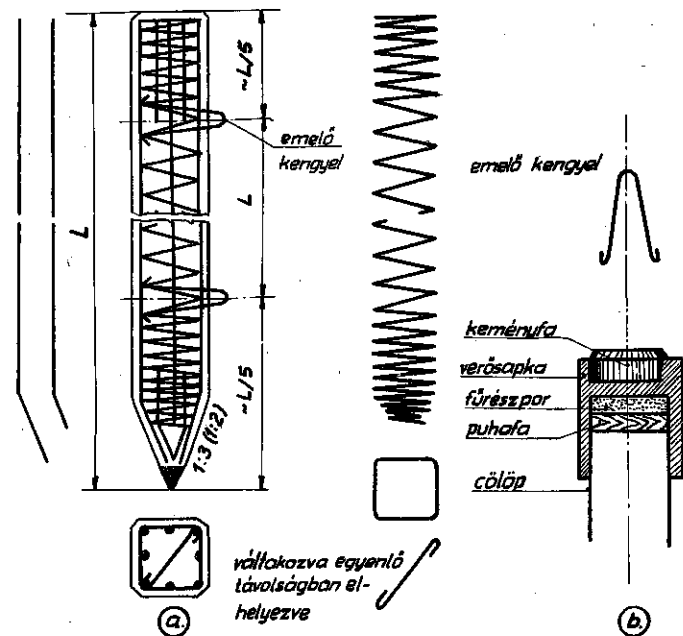
A keresztirányú acélbetétek

A cölöpök keresztirányú acélbetéteit célszerű spirál kengyelezéssel elkészíteni. A kengyelek B 38.24 minőségű acélból készülnek, átmérőjük 6 mm. A kengyelek menetemelkedése 12 cm, amely a csucs és a fej közelében 8, illetve 4 cm-re csökken le. A kengyeleket a nyomóerő hatására bekövetkező kihajlás miatt építjük be.

Pótacélbetétek

A cölöpök verése során a fej elverődését hosszanti repedések megjelenése mutatja. Ez a verés által kiváltott keresztirányú húzóigénybevételre vezethető vissza. Ennek megakadályozására nemcsak a kengyeleket kell sürtetni a cölöpvégekben, hanem a cölöpökben kb 1 m hosszban hosszanti pótacélbetéteket is el kell helyezni. A pótacélbetétek mennyisége kb fele a főacélbetétek keresztmetszeti területének.

Nehéz verési körülmények esetén célszerű a szemköti főacélbetéteket keresztirányú kampózással is összefogni. Az emeléshez emelőkampókat kell elhelyezni a végektől a cölöphossz kb 1/5 rész távolságára /8.10 sz. ábra



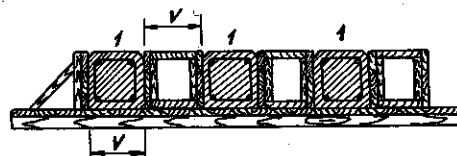
8.10 ábra

A vasbeton cölöp acélbetét kiosztása és a verőfej

Beton

A cölöpbeton minősége átlagos verési körülmények esetén B 280, nehéz verés esetén B 340. A vasbeton cölöpök verésére való méretezésnél a beton ütési nyomószilárdságát a statikus nyomószilárdság 80 %-ában kell meghatározni. Agresszív víz esetén S.54-es cementet kell alkalmazni és az acélbetéteket betonréteggel védeni kell. A védő betonréteg vastagsága maximálisan 5 cm lehet.

A cölöpgyártás történhet a kivitelező vállalat előregyártó telepén, betonelemgyárban vagy a munkahelyen. A cölöpgyártás szabályai mindenhol azonosak. Általában csoportos zseluzást használnak, és így egyszerre több cölöpöt készítenek. A cölöpöket fekvő helyzetben gyártják. A cölöpforma alsó lapja legtöbbször beton aljzat, az oldalalapkák szétszedhető táblák. A táblák fából - bádogborítással-, vagy acéllemezekből készülnek. A zselutáblák belsejét olajozzák vagy zsirozzák azért, hogy a beton ne kössön hozzá. A cölöpöket mindig fekvő helyzetben készítik /8.11 sz. ábra/.



8.11 ábra
A cölöp betonozása

A beton tömörítését vagy rázóasztalon, vagy zselu-vibrátorral oldják meg: a zseluzatból való kiszedés és egyéb műveletek idejére a 8.2 sz. táblázatban közölt idők ez irányadók.

Kötésgyorsító alkalmazása biztosítja a nagyobb kezdeti szilárdságot, amely lehetővé teszi a korábbi kiszaluzást és szállítást. A verés korábbi elkezdését a kötésgyorsítók azonban nem teszik lehetővé. Kalciumklorid tartalmú vegyi anyagok korróziós hatásuk miatt nem ajánlatosak.

Az előre gyártott vasbeton cölöpök jelzése betűből és kétjegyű számból áll. A betű a cölöp minőségét /C-

Műveleti idők

A munkafolyamat	A beton konzisztenciája	
	földnedves	gyengén plasztikus
A zseluzatból való kiszedés és üzemben belüli óvatossági szállítás		
30/30 cm cölöpök	2 nap	3 nap
35/35 cm cölöpök	2-5 nap	3-7 nap
40/40 cm cölöpök	5-7 nap	5-10 nap
Munkahelyi és egyéb szállítás		
30/30 cm cölöpök		10 nap
35/35 cm cölöpök		14 nap
40/40 cm cölöpök		21 nap
Cölöpözés általában		42 nap
Cölözléses érlelésnél		32 nap
Kivételes esetekben		28 nap

normál cementből készült cölöp; Cs = szulfátálló S 54-es cementből készült cölöp/, a kétjegyű szám a cölöp hosszát jelenti dm-ben /8.3 sz. táblázat/.

A cölöpgyártás menete a következő

a/ Legyártják az acélbetéteket. A hosszacélbetéteket kampózni tilos. Hosszacélbetétnek 14-18 mm Ø-t, ken-

A vasbeton cölöpök jelzései

J e l			Hossz l	Térfoget liter	Súly cölöp- sarúval
átlagos	nehéz				
talajviszonyokra			m	l/db	kp/db
C 30	Betonminőség B 280 MSZ 11312/1	-	3,00	235,8	599
Cs 30		-	3,00	235,8	599
C 40		-	4,00	322,6	816
Cs 40		-	4,00	322,6	816
C 50		-	5,00	409,4	1033
Cs 50		-	5,00	409,4	1033
C 60		-	6,00	496,2	1250
Cs 60		-	6,00	496,2	1250
C 70		-	7,00	583,0	1460
Cs 70		-	7,00	583,0	1460
C 80		NC 80	8,00	669,8	1684
Cs 80		NCs 80	8,00	669,8	1684
C 90		NC 90	9,00	756,6	1901
Cs 90		NCs 90	9,00	756,6	1901
C 100		NC 100	10,00	843,4	2118
Cs 100		NCs 100	10,00	843,4	2118
-	NC 110	11,00	931,0	2337	
-	NCs 110	11,00	931,0	2337	
C 120	NC 120	12,00	1017,0	2552	
Cs 120	NCs 120	12,00	1017,0	2552	

6 mm Ø-t alkalmaznak. A cölöpcsucsánál, a fejnél acélbetéteket sűrítik /8.10 sz. ábra/.

b/ Ezután a gondosan gyalult és zsírozott zsalutáblákat helyezik el, egymástól olyan távolságra, hogy a egymást követő cölöp közötti hézag a zsaluzás vastagságával együtt pontosan a cölöp szélességével legyen /8.11 sz. ábra/.

c/ Elhelyezik az acélbetéteket és az emelő kampókat.

d/ Végrehajtják a betonozást.

e/ 2-3 nap múlva a zsalutáblákat leszedik.

f/ 6-10 nap múlva a cölöpök oldalfelát kátránypapírral beborítják, a hézagokba elhelyezik az armatúrát és újra betonoznak.

Szállítás

A cölöpöket gépkocsin, forgószámolyos utánfutóval szállítják. A több sorban felrakott cölöpöket láncsal, vagy veshuzalal biztosítják. Fa és vasbeton cölöpsorok alá deszka vagy palló alátétet kell alkalmazni.

A cölöpöket csak az emelőhoroggal szabad emelni, ahol megfogni és emelni tilos.

Rakodás

Rakodásnál emelőrudat, csuszófát, görgőt, tartelék használatát kell alkalmazni. Rakodásnál a megsérült cölöpöket meg kell jelölni, s azokat beépíteni csak az építési engedélyével szabad.

Tárolás

A vasbeton cölöpöt közvetlenül a földön tárolni tilos.

A cölöpsorok közé az emelőhorog helyén alátétdeszkát kell tenni, és hevederfát kell alkalmazni.

A cölöpmáglyák között megfelelő szélességű ut biztosítendő. A cölöpmáglyák magassága maximum 3,00 m lehet.

Verés

A verő alá való beállítás

A cölöpök verő alá történő beállítását terelőcsiga közbeiktatásával a cölöpverő csörlőjével végzik. A cölöpcsucs a földön marad, a fej alatt a csörlő kötelét a cölöpre rákötik. A cölöpfejet meghuzva, majd felemelve, a csörlő a cölöpöt a verő alá állítja, miközben kétoldalt - a fejhez kötött kötelekkel - a munkások a pontos mozgatást és irányítást végzik. A pontra állást 2-3 cm pontossággal kell végezni. E munkálatok közben a cölöp ütközését, ejtegetését kerülni kell.

A cölöpre a verés előtt verősapkát tesznek, amely közvetítő elem a kos és a cölöp között. Feladata a cölöp fejének megfogása. Anyaga öntöttvas, hegesztett vaslemez, vagy acélöntvény. A cölöp két oldala a cölöpverő állványon levő vezető sinhez kapcsolódik. A verősapkába a kos felőli oldalon keményfa betétet kell tenni, a cölöpfej és a sapka közé puhafát, faforgácsot, szalmát stb. helyeznek.

Az előregyártott cölöpök verési szabályai

A jó verés előfeltétele a gondos előkészítés! Verés előtt a cölöpöt dm skálával kell ellátni. A verősapkában /acél- és vasbeton cölöpnél/ fabetét alkalmazandó. Facölöpökre melegen felhuzott védőgyűrűt kell alkalmazni, úgy hogy a védőgyűrű 15 mm-re legyen a cölöpfej alatt.

A cölöpvezetést a verősapkától függetlenül is biztosítani kell. Lassú ütésű verőgépnél a kos súlya a cölöp súlyának - 1,00 Mp alatti cölöpnél - min. 1,5-szöröse, 1,00-2,00 Mp súlyú cölöpöknél pedig min 0,8-szorosa legyen. Acélcölöp esetén a kossúly 20 %-kal kisebbnek is vehető.

Robbanófejes verőnél a dugattyu súlyát három-négy-szeresen kell ejtőkossúlyként számításba venni. A robbanófejes verők általában gyorsütésűek.

Gyorsütésű az a verő, ahol a percenkénti ütések száma 50-nél több. A legnagyobb ejtési magasság:

facölöpnél	1,50 m
acélcölöpnél	2,50 m
vasbetoncölöpnél	1,50 m

A cölöpverést olyan ütéssorozatokban kell végezni, amelynek mindegyike alatt a teljesített munka 25 000 mkp.

Ha 25 000 mkp ütemmunka alatt 20 mm-nél kisebb a behatolás, akkor a verést abba kell hagyni, s azt az építési napló útján be kell jelenteni az építetőnek. Ha az építető nem intézkedik, akkor 12 óra múlva a verést újra el kell indítani. Ha a cölöp ekkor sem mozdul, a verést be kell fejezni. A támaszkodó cölöpöket minimálisan kétszeres átmérőhosszban kell a talajba beverni, ha a talaj nem V. osztályú vagy ennél magasabb.

Elferdült, elcsavarodott, eltört cölöpök verését abba kell hagyni és az építető vagy tervező utasítását kell kérni.

Cölöpveréskor és huzáskor a ténylegesen bevert illetve kihuzott fm számolható el.

A talajosztályt a verési jegyzőkönyvből kell átlegosítani a következők szerint:

könnyű a talaj akkor, ha a behatolás nagyobb, mint	15,5	cm/25000 mkp,
közepes a talaj akkor, ha a behatolás	7- 15,5	cm/25000 mkp,
nehéz a talaj akkor, ha a behatolás	3 - 7,0	cm/25000 mkp.

8.4 Különleges előregyártott vasbeton cölöpök

Az előregyártott vasbeton cölöpök különleges fajtái közé tartozik többek között az injektor cölöp, a szottolt vagy "Maga"-cölöp és az elemekből készített cölöp.

8.4.1 Injektor cölöp

Olyan vasbeton cölöp, amelynél a cölöptestben elhelyezett csövön keresztül a csucs alatti talaj - valamilyen talajszilárdítás segítségével - injektálás útján mesterségesen szilárdítható.

Használata ott indokolt, ahol:

- a cölöpök teherbírásának növekedésével a cölöpök száma csökkenthető;
- a "hagyma" a cölöphossz csökkentését eredményezi;
- a teherbíró réteg felszíne hullámzó, felépítése inhomogén, ezért a cölöphossz megválasztása bizonytalan;
- alkalmazásával más komplikált és költséges alapozás kiküszöbölhető.

A cölöpök hossz tengelyébe 2"-os vascsövet helyeznek el. Az injektáló cső alsó száját erre a célra esztergált gumórú verőcsucs zárja le /8.12 sz. ábra/. Verés előtt a cölöpfőjénél a csövet gondosan le kell zárni.



8.12 ábra
Injektor cölöp /fénykép/

A cölöpök leverése után a cölöpcsucsban elhelyezett verőcsucsot kiverik, majd a furásoknál alkalmazott öblítő eljárással kiképezik a cölöpcsucs alatti üreget. Öblítésnél általában elegendő a közműhálózat nyomása is.

Ezután kerül sor az injektálásra, ami legcélszerűbben habarcsszivattyúval végezhető.

Átlagos viszonyok mellett 2-4 att.nyomással kell az injektálást végezni. Injektáló anyag lehet:

cement + víz,
vízüveg + kalciumklorid,
vízüveg + magnéziumklorid,
műgyanták.

Átlagos viszonyok esetén egy cölöpnél 350-600 liter injektáló anyagra lehet számítani.

8.42 Előfeszített cölöp

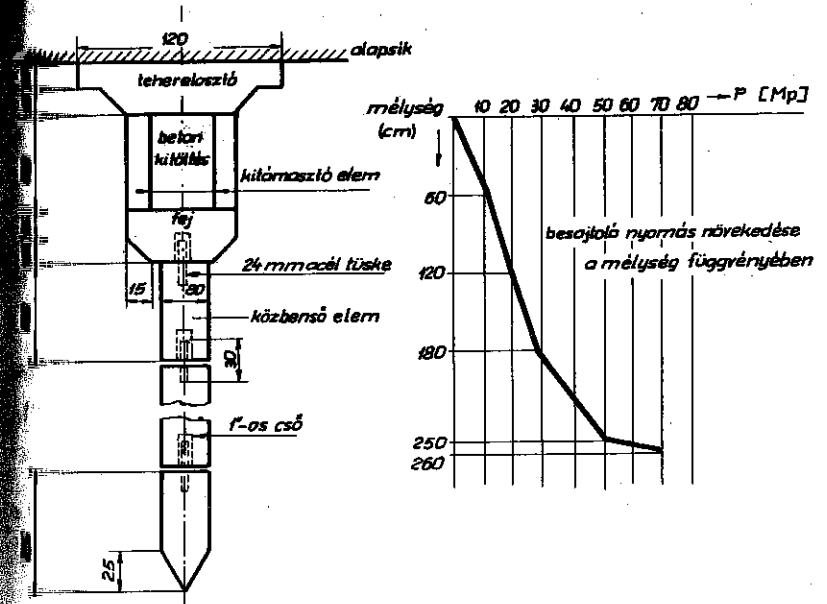
Előnye: jobb minőség,
gazdaságosság,
kis súly,
a cölöpök üregeibe öblítővezeték helyezhető.

Alkalmazni ott célszerű, ahol hajlítónyomatékból származó feszültségek keletkeznek. Alkalmazása - külföldi tapasztalatok szerint - 12 - 15 m feletti cölöphosszúságtól válik gazdaságossá. Hazánkban eddig ritkán alkalmazták.

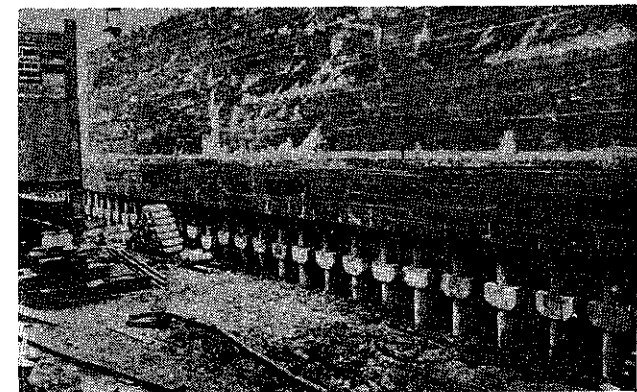
8.43 Sajtolt /Mega-/ cölöp

A különleges, előregyártott cölöpök közé sorolják a sajtolt /Mega/-rendszerű cölöpöket is. Ez a rendszer rövidebb cölöpdarabok /pl. 60 cm/ egymás után való le-sajtolásán elapszik. A sajtolást hidraulikus sajtóval végzik. A sajtó ellenterhelését - mivel viszonylagosan költséges módszerről van szó, és ezért főleg meglévő építmények alaposításának megerősítésére használják - a meglévő építmény terhelése adja. A cölöpdarabok legyártásánál különös gondot kell fordítani a pontosságra, mert a tapasztalatok szerint a szakszerűtlen gyártás miatt a cölöprészek kapcsolatai - melyek a le-sajtolás során csuklóként működnek - eltörhetnek.

A kapcsolatot az egyes elemek között hüvelybe illeszkedő betonacél tűske biztosítja /8.13 sz. ábra/.



8.13 ábra
Mega-cölöp



8.14 ábra
Mega-cölöppel alátámasztott épület /fénykép/

E cölöpözési módszer előnye, hogy a lesajtolás következtében gyakorlatilag minden cölöpöt próbaterhelésnek, s az eredménynek megfelelően lehet a cölöpök hosszát változtatni. A 8.14 sz. ábrán Mega-cölöpökkel alá támasztott épületalapot mutatunk be.

8.5 Helyben készült cölöpök

A különböző helyben készült cölöptípusok tervezésével és alkalmazásával az ME 59-63 Műszaki Előírás foglalkozik. Ez összefoglalóan tárgyalja az összes helyben készült cölöptípusra érvényes általános és tervezési előírásokat, a balesetelhárítás és biztonságtechnikai szabályokat, az ellenőrzés menetét és az átadás-átvételnél követendő szempontokat. Cölöptípusonként tárgyalja az illető típusra vonatkozó alkalmazási lehetőségeket, az előzetes és a különleges vizsgálatokat, a cölöpkészítő berendezés leírását és a cölöpkészítést. A műszaki előírás tartalmazza a közönséges furt, a prepakt, a Benoto- és injektor cölöpökre vonatkozó tudnivalókat, az előírás később megjelent kiegészítései pedig a Benoto-cölöp talajviz alatti alkalmazására, a Franki-cölöpözésre és a rövid furt cölöpözésre vonatkozó ismereteket foglalja össze. Ezek közül hazánkban főleg a közönséges furt, a Benoto-, a Franki-rendszerű cölöptípusok, valamint az ún. Highway-rendszerű rövid furt cölöptípusok terjedtek el. Az alábbiakban ezekről adunk áttekintést.

8.5.1 Közönséges furt cölöp

Közönséges furt cölöpöknek a géppel vagy kézi erővel készített furt, max 40 cm átmérőjű cölöpöket nevezzük.

Előnyei:

- a/ Verés okozta zaj, dinamikus hatásból keletkező károsodás nem lép fel.
- b/ Minden egyes cölöpnél a furással ott áthatnak meg, ahol a legkedvezőbb talajréteget érték el.
- c/ A veréssel szemben nagy ellenállást tanúsító talajrétegeződés esetén is a furt cölöp könnyen elkészíthető. Pl. a tözegtalaj veréssel szemben nagy ellenállást fejt ki, ugyanakkor a statikus terhelésre jelentékeny hátrányomást szenved.
- d/ A cölöpkészítéskor a friss beton a szomszédos talajhoz hozzányomódva érdes felületet ad, s ez a köpenysurlódás növekedését eredményezheti.
- e/ Szűk munkatérben is alkalmazható kézi furással.
- f/ Kis volumen esetén, ahol a gépesítés nem indokolt, a kézi furt cölöp gazdaságos lehet.
- g/ Nagy cölöphossz esetén az előre gyártott cölöpök alkalmazása /szállítása, beemelése, verése/ nehézkessé válik, a furt cölöpöknek ilyen akadályai nincsenek.

Hátrányai:

- a/ A verésből adódó talajtömörítés elmarad, ami egyben a többletterherbírási elmaradását is jelenti.
- b/ A furással harántolt leze, konszolidálatlan talajrétegekből az érdes cölöpfelület miatt a cölöpre nehezebb többletterhelés kedvezőtlenül megnövekedhet /negatív köpenysurlódás/.
- c/ Talajviz alatti folyós homokban készített közönséges furt cölöp teherbírási bizonytalan, ezért alkalmazása elkerülendő.
- d/ Erősen agresszív talajvizben a cölöpbeton kötési, szilárdulási idejére a víztávoltartás nem oldható meg.
- e/ Áramló talajvizben nem szabad alkalmazni, mert a friss betonból a talajviz a cementet kimossa.

A cölöpkészítés főbb eszközei

Furóberendezés

Közönséges furt cölöpöknél a cölöpök részére molytendő furatokat kézi vagy gépi uton készítik. A kézi cölöpöknél a talajmechanikai feltárásokhoz is használtos nagy átmérőjű kézi furóberendezési használják.

A berendezés leglényegesebb szerkezete a furótorony. Szokásos magassága 5-10 m. A gyakorlatban elterjedt négylábú tornyot acélcsövekből állítják össze. A torony fontos tartozéka a talphoz erősített csőrlő. A furt cölöpöket gyakran alkalmaznak épületalapok aláfúrására is. A cölöpök furásának szűk munkatérben /pl. pincében/ a furótorony helyett más megoldást alkalmaznak. /2,7 m belmagasságú pincében a felsiktól mért 0,6 m tengelytávolsággal is készültek már cölöpök hazánkban. A furat lemélyítéséhez a talaj minőségétől függően különböző furófejeket használnak. Ilyenek: a spirál, a iszepoló, a kenálfuró, a korona és a véső. A furófejeket rudazat segítségével engedik le a furatba.

A furat oldalának megtámasztását a bélésű cső biztosítja. A bélésű csövek varrat nélküli folytacél csövek /MSZ 3160/. A külső átmérőjük maximálisan 343 mm. Ennek nagyobb átmérőt csak kivételes esetben alkalmaznak.

A bélésű csövek - a menetes toldásoknál is - belül simák legyenek. Vizben való furásnál a csöveknek vízállóknak kell lenniük.

Betonkeverő

A betont gépi keveréssel kell előállítani. A teljesítményű betonkeverő alkalmazása a kézi furt cölöp készítésénél megfelelő.

Vibrátor

A cölöp felső részét - legalább 2 m hosszban - vibrátorral tömöríteni kell.

Egyéb berendezések

Szűk munkatérben - pl. épületben történő cölöpkészítésénél - a vasszerelést rövidebb szakaszokban tudjuk csak furatba helyezni. Ilyen esetben a vasszerelés tolnak hegesztéssel történik. Ehhez hegesztőberendezés alkalmazni tartása szükséges.

Prepekt-cölöpök készítése során megfelelő hebarcskeverő gépről, továbbá hebarcsszivattyúról is kell gondoskodni.

A cölöp készítése

Furatkészítés

Furás közben arra kell törekedni, hogy a furatot körülvevő talaj ne lazuljon fel. Ezért tilos a furatok lemélyítésénél a vízöblítéses eljárást alkalmazni.

Furatkészítés száraz talajban

A talajvíz nélküli száraz furat készítése során figyelemmel kell kísérni a talaj állékonyságát. Kötött talajban a furó csucsa a bélésű cső vágóéle előtt járhat 1,0-1,5 m-rel. A bélésű csövet mindig utólag szorítják be a már előfúrt lyukba.

Szemcsés talajnál a béléscső vágóélének lemaradása nem engedhető meg, mert a furetfel beomolhat, ami a cölöpfal közvetlen környezetében káros talajfellazulást okozhat. Ez a fellazulás a cölöp teherbírását csökkenti.

Furetkészítés talajviz alatt

A talajvizben végzett furás fokozott gondosságot kíván. A talajkiemelés során eltávolított talaj helyén betóduló víz a furócső alján - a talaj összetételétől függően - különböző mértékű talajbemosódást eredményez. A furás körzetében talajrozkodás keletkezhet, a földkiemelés volumene pedig jelentékenyen megnövekedhet.

A hibák megelőzése érdekében a talajvizben való cölöpkészítés során a furet készítésekor víztöltést alkalmaznak. Ilyenkor a furócső /béléscső/ vágóélének kavicsban 15-20 cm-es, laza folyós homokban 1,0-1,5 m-es állandó előretartásán túlmenően a nyugalmi talajvizszint fölé legalább 1,0 m-rel magasabb szintig víztöltést kell alkalmazni. A béléscsőben előállítandó 1 m-rel magasabb vízszint a furófej illetve a rudazat kihúzása után is biztosítandó. A furófej és a rudazat függőleges mozgását a kiemelés során lassen kell végezni. Különös elővigyázattal kell eljárni, ha nyomás alatt talajvíz megjelenésére lehet számítani. Arra kell ügyelni, hogy a csőben levő vízoszlop nyomása mindig nagyobb legyen külső talajvíz nyomásánál.

Kétséges esetben a furást már kezdettől fogva ki légítően magas víztöltés védelme mellett kell végrehajtani. A furás befejezésekor, a megfelelő teherbíró talajrétegbe való tervezett befogási mélység elérése után a furetot ki kell tisztítani.

A furettalp kiszélesítése

A cölöpök teherbírásának fokozására a furettalp bizonyos esetekben kiszélesíthető. A furet ebben az esetben is a szokásos módon készül, de a furet talpát - ami a teherbíró talajrétegbe érnek - speciális vágókészítéssel kiszélesítik. A kiszélesített cölöpfej - "a cölöphégy" - a csucsellenállás értékét rendkívüli módon megnöveli, ezért támaszkodó cölöpöknél ez a módszer előnyösen alkalmazható.

Talpkiszélesítést csak kellően állékony talajban szabad végezni. Az a kedvező, ha a kialakítandó üreg felett még legalább 1 m vastag állékony talaj van.

Kötött talajokban a talpkiszélesítéssel kapott üreg talának kellő állékonysága általában biztosított. Homokban, nedves állapotban kis agyag-, illetve iszeptartalom mellett is feltételezhető bizonyos állékonyság.

A cölöptalp kiszélesítése talajvizben sok bizonytalanságot jelent. Ha mégis sor kerül a cölöptalp kiszélesítésére, akkor a furócsőben minimálisan 1,0 m magas víztöltésmagasságot kell biztosítani.

Az acélbetétek elhelyezése

A kész furetba a terv szerinti acélbetéteket kell beépíteni. Az acélbetétek beépítése előtt a furet fenéke - egy alul nyitható fenékkal ellátott szelencében - három betont engednek le. Erre az alsó, 20-30 cm-es betonrétegre állítják rá az acélbetétek talpát. Ezzel elérhető az, hogy az acélbetét alulról is elegendő betonbekerítést kap. Az acélbetét talpát kosárszerűen alakítják ki.

Az acélbetéteket kötélén engedik le a furatba. A centrikus elhelyezést a hosszanti acélbetétekre hegesztett, megfelelő számú távolságtartó tuskával lehet biztosítani. A centrikus elhelyezés biztosítja azt, hogy a acélbetétek mindenütt megfelelő betontekercést kapjanak. Az acélbetétek hosszának megválasztásakor ügyelni kell arra, hogy az legalább 50 cm-rel túlnyuljon a tervezett felső sík fölé.

Betonozás

A furás befejezése után a cölöpkészítés további munkáit folyamatosan, megszakítás nélkül kell végezni. Ha közvetlenül a furás befejezése után a cölöp betonozása valamilyen ok miatt nem volt lehetséges, akkor a visszahelyezés elhelyezése illetve a betonozás elkezdése előtt ellenőrizni kell, hogy a furatba talaj nem nyomódott-e be. Ha szükséges, a furatot ki kell tisztítani.

A betonozás készülhet:

- betonkeverék felhasználásával és
- prepakt-eljárás alkalmazásával.

Az előbbi esetben a cölöpbetont gépi keveréssel előállítják, majd kész keveréket juttatják be a visszahelyezéssel ellátott furatba. Különbséget kell tenni száraz furatban és talajvíz alatti furatban történő betonozás között.

A prepakt-eljárás során a furatot előbb különleges adalékanyaggal feltöltik, majd injektáló csövön keresztül az adalékanyag szemcséi közötti hézagot injektáló habarccsal utólag kitöltik.

Cölöpbetonozás száraz furatban

A megkevert friss betont a betonozó cső alkalmazásával juttatják le a furatba. A betonozó cső használatának célja az, hogy a betonkeverék szétosztályozódását elkerüljék. A betonkeverék cementadagolását a betonminőségétől és a talajvíz agresszivitásától függően a kivitelezési tervdokumentáció határozza meg, attól eltérni nem szabad. A betonozás közben a béléscsövet fokozatosan kell visszahúzni, és vele együtt a betonozó csövet is emelni kell. A béléscső és a betonozó cső egymáshoz úgy rögzítendő, hogy a csövek visszahúzásakor a béléscső saruja valamivel mélyebben legyen a betonozó cső aljánál. A betonozás folyamatosan végzendő. A csövek lassan és egyenletesen emelendők. A béléscsőben levő betonoszlop nyomásának a laza talaj esetleges benyomulását meg kell akadályozni.

A betonozás közben bekövetkezett üzemzavarok a beton kötése illetve szilárdulása miatt azt eredményezhetik, hogy a betonozás újbóli megindulásakor - a béléscső emelésekor - a beton felszakad, ezért a cölöpbeton folyamatosságában megszakítások keletkezhetnek.

A cölöpbeton felső, 1,15 m hosszúságú vége tüvibrátorral tömörítendő. A beton tömörödésével számolva a tervezettnél valamivel magasabban kell a betonozást abbahagyni. Ez biztosítja azt, hogy a vibrálás után a cölöp a tervezett magasságig érjen fel. Szempont legyen az, hogy inkább magasabban legyen a cölöp felső vége - ezt levéssel helyesbiteni lehet - mintsem a cölöpöt utólag toldani kelljen.

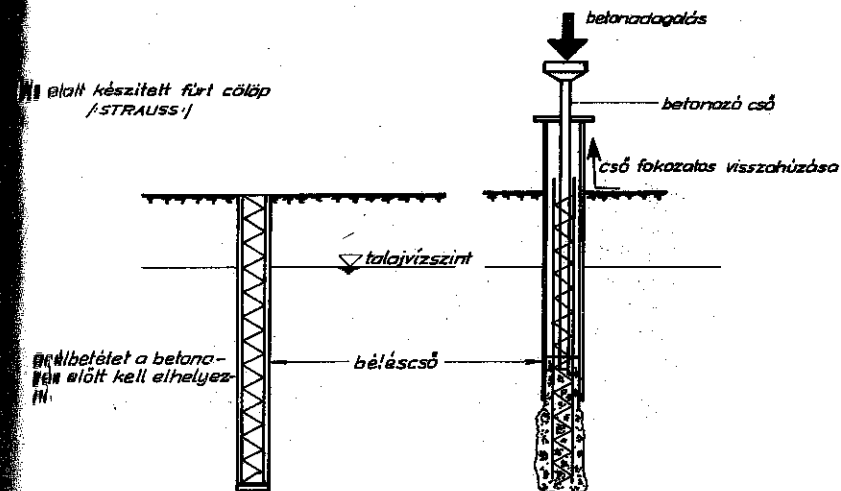
Száraz furatban történő betonozásnál szokásos még a konténeres betonozás is. Ez esetben a betont elul nyitható tartályban csőrlővel engedik le a furócsőbe.

Az ilyen módon való betonozásnak is ez a célja, hogy az adalékanyag szétosztályozódásának elejét vegyék.

Cölöpbetonzás talajvíz alatt

A betonozás talajvíz alatt csak betonozó cső segítségével történhet. A betonozó csövet zárt szeleppel a furat fenekére kell leengedni, és meg kell győződni arról, hogy a csőbe nem hatolt-e be talajvíz. A betonozó cső plastikus betonnal töltendő fel. A cső alján a szelepet csak a betonbetöltés után szabad kinyitni. A bőlő cső és a betonozó cső egymáshoz úgy rögzítendő, hogy a béléscső alsó vége a betonozó cső alsó végénél 20-30 cm-rel mélyebb legyen. Folyós homokban ez a különbség 50 cm-re is növelhető. A betonozó csőben a friss beton mindig olyan magas legyen, hogy a beton nyomása következtében a cső alján kinyomuló beton a víz behatolását megelőldályozza. A betonozó csőben levő betonoszlopnak a betonozó csővön kívül felnyomódott betonréteg, és az a fellett levő vizoszlop együttes nyomásával kell egyensúlyt tartani. Ügyelni kell arra, hogy a betonozó cső első végén 1 - 2 m hosszban a friss betonnal kívülről is körül legyen véve, ezáltal biztosítható az, hogy emeléskor a betonozó cső esetleges hirtelen kiürülése ne következzen be, mert ez elkerülhetetlenné tenné viznek a betonozó csőbe való jutását.

A víz alatti betonozás különösen kényes művelet, amely gondos, körültekintő munkát igényel. A beton szállítását a csövek emelése során a béléscsőben és a betonozó csőben is folyamatosan ellenőrizni kell. Víz alatt készített furt cölöp munkafázisait mutatjuk be a 8.15 sz. ábrán. Nevezik Straus-féle cölöpnek is.



8.15 ábra
Víz alatt készített furt cölöp

A friss betonban keletkező folytonossági hiány, a könnyező talajból történő talajbeomlás, a viznek a betonozó csőbe való bejutása bizonytalan eredményre vezet. Eppen ezek a hibák okozzák azt, hogy a próbaterhelések sok esetben gyenge cölöpteherbírást mutatnak víz alatti betonozással készült furt cölöpök esetében.

Az 1960-as évek elején próbálták ki a 8.16 sz. ábrán bemutatott módszert, amelynek lényege a következő: a betonozó cső végét az /1/ jelzett vaslemezlel lezárják. A zárást a /2/ jelzett gumi mandzsetta és esetleg bilincs biztosítja. A "légmentesen" lezárt betonozó csőbe leengedülő plastikus konzisztenciájú friss beton a cső végébe érve összenyomja a levegőt, amelynek kiengedése a gumiszalaggal lezárt lyukrendszeren keresztül történik.

Furtt cölöpök betonozása - különösen talajvíz alatt - általában nehézkes. A beton tömörítésének technológiája



8.16 ábra
A betonozó cső lezárása /fénykép/

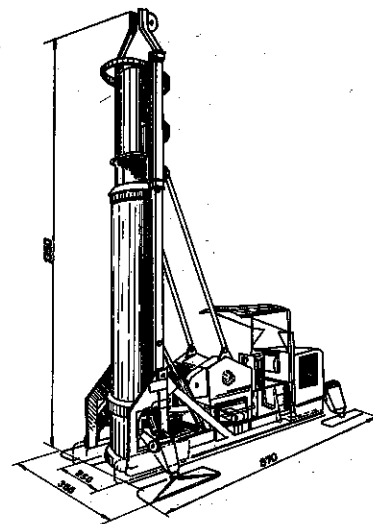
je megoldatlan. A folyamatos betonozás megszokása esetén a kötőanyag kimosódik. A sok rosszul sikerült cölöpözésen okulva a tervezők óvatosan járnak el. Általában alacsony igénybevételt engednek meg, és emiatt a szükségesnél nagyobb számú cölöp alkalmazása szükséges, ami pedig gazdaságtalan munkát eredményez.

A hibák kiküszöbölésére olyan megoldás született, melynél az erre a célra megfelelő betonadaleanyagot előre behelyezik a furatba, és a kötőanyagot, a cementhabercsot utólag juttatják be. Ez az úgynevezett prepak cölöpkészítés.

8.52 Benoto cölöp

Hazánkban 1959-ben importált egy Benoto EDF-55 típusú cölöpöző berendezést /8.17 sz. ábra/. Akkoriban ez

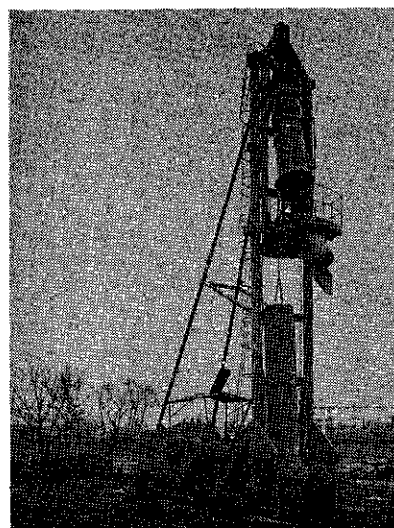
berendezés az egyik legkorszerűbb cölöpkészítő berendezés volt, s még ma is versenyképes. Az elmúlt több, mint 10 év alatt a berendezés nagyon sok cölöpöt készített.



8.17 ábra
Benoto rendszerű cölöpöző gép

A gép öblítés nélkül nagy átmérőjű furócső-rakatot "hajt" le a talajba. A készíthető furatok legnagyobb hossza: 40 m. A furógép tornyát 6-12°-os ferdeséggel dönthetik, ezért ferde cölöpök kivitelezésére is alkalmazható /8.18 sz. ábra/.

A berendezés közúton való szállítására kerekes alváz szolgál, amely vontató után kapcsolható. A munkahelyen az alvázat eltávolítják, és a gép mozgatása most már a hidraulikus vezérlésű 4 db lépkedő talpon, valamint a gép előtt levő 2 db hosszirányú szánon történik.

A Benoto-féle cölöpöző gép főbb műszaki adatai

8.18 ábra

Benoto cölöpöző gép munkabeállítása /fénykép/

A gép a talpakat felemelve a szánon előrecsuszlik, majd a talpakat leeresztve - a gép a talpakra támaszkodik - a szánt maga alatt előrehúzza. A gép előrehaladása 1 m-es szakaszokban, lépésekben történik. Az önjáró berendezés maximálisan 1:7 lejtőn tudja helyzetét változtatni. Tervezésnél figyelembe kell venni azt, hogy a gép függőleges felőtől minimálisan 2 m távolságra /cölöpöntőgely és falsík közti távolság/ tud furetet készíteni.

A gép méreteit és főbb adatait a 8.4 sz. táblázatban közöljük.

A gép méretei és főbb adatai

Szállítás közben		Munka közben	
hossza	13,80 m	hossza	8,70 m
szélessége	2,70 m	szélessége	3,66 m
magassága	3,65 m	magassága	13,50 m
teherbírása	34 Mp	talpnyomás szánon	0,36 kp/cm ²
talpnyomás terhelés	16 Mp	talpnyomás a talpakon	1,35 kp/cm ²
talpnyomás terhelés	18 Mp	haladási sebesség	60 m/ó
haladási sebesség	40 km/ó		

A furócső visszahúzásánál kifejthető erő és a gép teherbírása együttesen 76 Mp nyomóerőt ad a szántalpon a talpaknak. Csőhúzásnál a gép mindig a szántalpon nyugszik. Így biztosítható nagy húzóerő lehetővé teszi azt is, hogy cölöpözésnél a csövet csak akkor húzzák fel, ha előbb azt plasztikus betonnal már részben vagy egészben feltöltötték.

A hazánkban üzemben levő EDF 55 típusu gép 880 mm külső átmérőjű kettős falú csövekkel van felszerelve. A belső átmérő 800 mm. A két cső között 26 mm vastag légter van. Az erőnyelg könnyű csövek - a kettős csőfal közötti hossz és keresztirányú merevítő bordázat hatására nagy merevségűek.

A csövek 6,4 és 2 m-es hosszakban készülnek. Az összekapcsolást különleges gyorskötő csavarok behelyezéssel és megfeszítésével végzik. A toldások vízzáróak. A

csősúly kerekén 400 kp/fm. A kezdőcsőre a talajfurásnál legjobban megfelelő fogazatu furókorona szerelhető. A 880 mm-es csőhöz tartozó furókorona külső átmérője 890 mm.

A gép működésének lényege az, hogy a cső lefelé való préselését illetve felfelé való húzását függőlegesen sajtók végzik. A furócsövet a csőbilincs megszorítja, váltakozva jobbra-balra forgatja, és közben a vezérlőnek megfelelően lefelé nyomja vagy felfelé húzza. Furánál tehát a cső fokozatosan benyomul a talajba, és végül egyidejűleg a markoló a csőből annyi anyagot szed ki, amennyi az előreajtás biztosításához szükséges.

A csőben levő anyagot különleges markoló emeli ki. A különleges acélból készült véső-markoló a kemény kőzetbe is behatol, ezért a cölöp a teherbíró kőzetbe behorgonyozható. A markoló hasznos térfogata 50-100 liter, emelési sebessége 1,5 m/sec. Üritése felhúzott állapotban a csuszdán át történik. Sziktalajokban a kőzet fellazítására, aprózására a szikletörő véső szolgál, mely 2,2 Mp súlyú - végén vésőéllal ellátott - tömör acélhegyből készült.

A markoló üzemelését és a csövek beemelését sodrókötéllel ellátott főcsőrlő végzi. A tornyon levő üritőberendezés és az üritőasztal mozgatását a segédcsőrlő végzi. A főcsőrlő által kifejtendő húzóerő 2,5 Mp, a segédcsőrlő emelőereje 1,0 Mp.

A furási munka elvégzéséhez szükséges mozgásokat kezdve a beállástól a csövek mozgatásáig - 12 db-ból 10 hidraulikus vezérlés biztosítja.

A meghajtómotor 110 LE-s, amely a két csőrlőt követlenül hajtja, míg az egyéb szükséges mozgásokat a motor által működtetett 160 atmoszférát kifejtő hidraulikus berendezés biztosítja.

A Benoto-géphez egyéb gépi berendezések is szükségesek, amelyek a következők:

- a berendezés vontatására alkalmas vontató. A minimális sebesség jó úton 40 km/ó is lehet;
- építési forgóderu /1,5 Mp-os/ a felszerelések, segítő berendezések munkahelyen való mozgatására;
- betonkeverő /2 db 375 l-es/ a cölöpbeton előállítására;
- betonozáshoz szállítószalagok, dömperek vagy egyéb szállítóeszközök;
- földszállításra megfelelő szalagok és gépkocsik;
- tüvibrátor a cölöpben felső végének tömörítésére;
- a betonkészítés berendezései /kontraktorcső stb./.

8.5.3 Franki-cölöp

A magyar építőipar 1964-ben importált Lengyelországból 2 db Franki-rendszerű cölöpöző berendezést. E berendezésekkel szerzett jó tapasztalatok alapján az elmúlt években további gépeket hoztak be, s jelenleg hazánkban kb 15 db Franki-berendezés üzemel /8.14 sz. ábrán/.

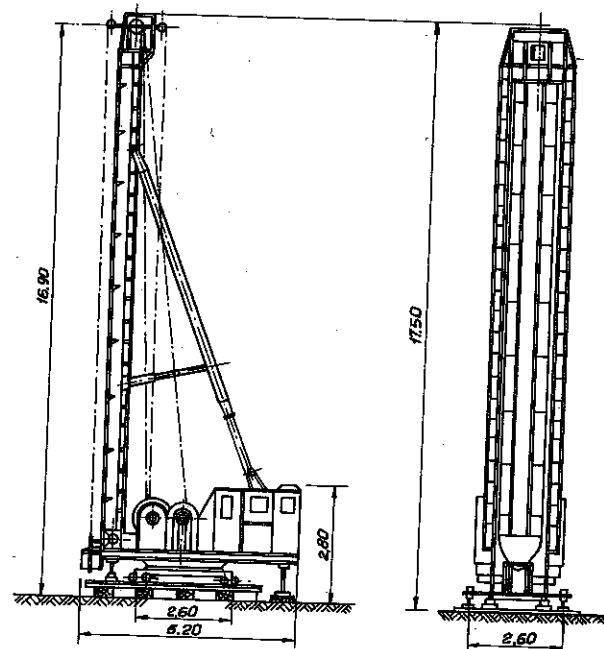
A K.P.F.-22 típusú Franki-féle cölöpöző berendezés főbb adatait a 8.5 sz. táblázatban közöljük.

Az előállítható cölöpek tájékoztató adatai

a cölöp számításba vehető átmérője	0,60 m
a kiszélesedett cölöptalp átmérője	1,50 m
az előállítható maximális cölöphossz toldás nélkül	12,30 m

a cölöp hossza toldó bélésű alkalmazá-
se esetén

15,30 m
18,30 m



8.19 ábra
Franki rendszerű cölöpöző gép

A cölöpözés lehetőségei

A gép az alvázon 360° -ben körben forog. A cső külső helyzete a forgócsoptól 2,60 m. Egy pályasíllásból 5,20 m szélső távolságra levő cölöp készíthető. A sín-
lya miatt a pályatengelytől 1,0 - 1,6 m távolsági között cölöp nem készíthető.

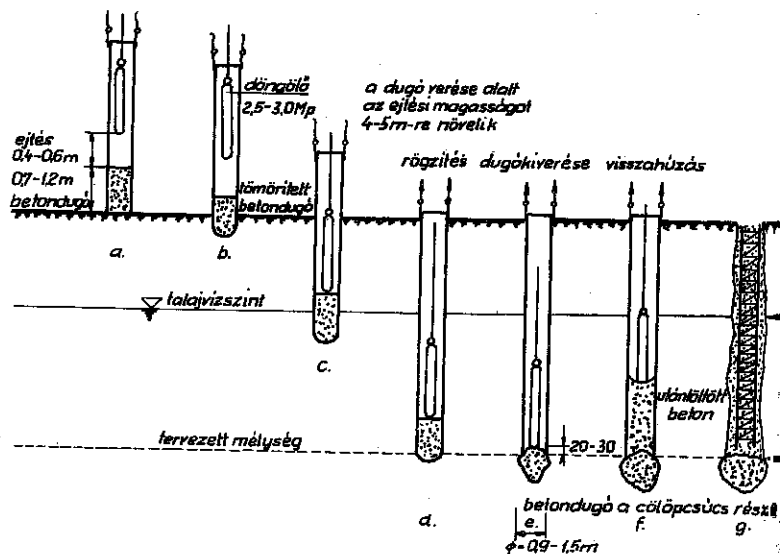
A Franki-féle cölöpöző gép főbb műszaki adatai

Motor	6 hengeres 4 ütemű Diesel-motor	
névleges teljesítménye	150 LE	
fordulatszám	1500/perc	
Cső		
súlya	3700 kp	
átmérője	330 mm	
hossza	5400 mm	
ütésszám	8-10/perc	
Bélésű		
átmérője	520/466 mm	
hossza	13 m	
felvastagsága	27 mm	
Alváz		
súlya	9000 kp	
előre döntési lehetősége /szerelésnél/	5°	
hátra döntési lehetősége	$5^\circ 15'$; $11^\circ 20'$ és 14°	
Verés		
verési energia /h= 5,0 m/	18,5 Mpm	
behatolási energia	8,5 Mpm	
behatolási energia 1 perc alatt	85 Mpm	
Egyéb		
a bélésű felhúzásához szükséges szerszám	90 Mp	
a gép teljes súlya	37 Mp	
a menetsebesség sín- pályán	0,25 m/mp	
a sín- fejtéstől számított teljes gép- magasság	15,7 m	
az alváz nyomtávolsága	2600 mm	

Csőlehajtás

A béléscsővet a cölöp tengelyébe állítják, majd a betonadagolóval beadagolják a betondugó készítéséhez szükséges száraz betonkeveréket. A betondugó készítéséhez szükséges száraz betonkeverék összetétele azonos a cölöp betonozásához használt anyaggal, mert a dugó - a csőből történt kiverése után - a cölöptalp alapját fogja képezni.

A betondugó fokozatos betömörítése után a verőkos ejtési magasságát 1,00 - 1,20 m-re növelik. Az ütések ereje és a betonnak a cső felére gyakorolt nyomása következtében a cölöp a kívánt mélységig a talajba süllyeszthető oly módon, hogy a verőkos kezdeti 1,00-1,20 ejtési magasságát 4,00 - 5,00 m végmagasságig növelik /8.20 sz. ábra/. A kívánt mélység előtt a tervekben me-



8.20 ábra

A Franki-féle cölöp készítésének folyamata

adott mélység értendő. A talaj minőségét a kivitelezés során a behatolási ellenállás mérésével ellenőrizni kell. A cölöpök behatolásának ellenőrzése céljából a torony felén, valamint a drótkötélen tartós jeleket helyeznek el, melyek a verési műveletet minden egyes szakaszában jelzik a betondugó talajba történő behatolásának mértékét. A behatolást - a pontos mérés érdekében - mindig tizütössorozatot alapján állapítják meg, s az így kapott eredményt egy ütésre vonatkoztatják.

A cölöptalp /dugó, hagyma/ készítése

A betondugó kívánt mélységig történt leverése után kerül sor a dugó kiütésére, és ezzel együtt a cölöphagyma készítését /8.20/d-e sz. ábra/. A behatolás mérésének befejezése után a béléscsővet 2 db $\varnothing 35$ mm-es kihúzó drótkötéllal rögzítik. A rögzítés biztosítja azt, hogy a verőkos további működése során a béléscső változatlan mélységben maradjon, míg a betondugó a verés hatására fokozatosan kicsuszlik a csőből. A dugónak a csőből történő elmozdítását a torony felén, valamint a drótkötélen levő tartós jelek állandó ellenőrzése mellett lehet csak végezni, és figyelni kell arra, hogy a béléscsőben mindig legyen kb 0,2 - 0,3 m magasságig ún. védődugó.

Ez a védődugó biztosítja a betoncölöpöt a víz vagy a talaj esetleges betörése ellen. A betonanyag fokozatos utánöntésével a betondugót addig növelik, míg - a talajtól függően - kialakul kb 0,90 - 1,50 m átmérőjű betonhagyma. Ez a művelet átlagos talajviszonyok esetén kb 3 m³ betonanyag bedolgozását igényli.

Acélbetétek elhelyezése

A cölöptalp készítése után helyezik el az előre elkészített acélbetéteket. A cölöpök általában végig vasaltak. A hosszanti acélbetét minimum 6 db $\varnothing$ 16-os betonacélból áll /B 60.40/, amelynek kengyelezése $\varnothing$ 8 mm-es B 38.24 spirálhuzallal történik. Az acélbetét merevségének gondos kötözéssel kell biztosítani, nehogy a béléscsőbe való helyezés után - a verőkos mozgása következtében - az acélbetét deformálódjék. A külső átmérőt úgy kell megállapítani, hogy a verőkos és a vasalás közötti hézag 30 mm legyen.

Betonozás

A vasalás elhelyezése után kerül sor a Franki-cölöp betonozására, és ezzel egyidejűleg a béléscső fokozatos felhúzására. A betonozás előtt a verőkóst felhúzzák, majd beadagolják a friss betonkeveréket. Ezután a verőkóst engedik a frissen beadagolt betonra, a béléscsövet 25-30 cm magasságra felhúzzák és elvégzik a verést /8.20 f. sz. ábra/.

A cölöpfej képzése

A terepszinttől mért kb 0,5 m mélységig a cölöpbe a beton tömörítését a talaj oldalkitérése miatt hatásosan nem lehet elvégezni. Ezért ebben a mélységben a verést ebbe kell hagyni, és a hiányzó 0,50 m-es részt a fejlemezrel vagy ráccsal együtt kell betonozni. Ha ez nem oldható meg, akkor ezt a felső nem kellő tömörségű szakaszt utólag le kell vésni. A 8.21 sz. ábrán egy kiemelt

Franki cölöpöt mutatunk be. Jól látható az eredményesen kivitelezett "betondugó".



8.21 ábra
Kiemelt Franki cölöp /fénykép/

0,50 VUIS-cölöp

A pozsonyi Mélyépítési Kutató Intézet /VUIS/ fejlesztette ki a nálunk VUIS-cölöpözés néven ismert vibrációs cölöpözési eljárást. /Hazánkban jelenleg az Északmagyarországi Magasépítő Vállalat végez ilyen rendszerrel cölöpözési munkákat./

A módszer lényege a vibrációval történő lyukfurás és a légnyomással végzett betonozás.

A berendezés 355 mm átmérőjű köpenycsőből áll, amelynek felső részén légtartály van sűrített-levegős vezetékkel és zárható nyílással. A köpenycsőhöz rögzítik a vibrációs kost /típus:szovjet VFP-2/ rugóval felfüggesztve. A köpenycső hossza szükség szerint választható meg. A köpenycső talpán elvesző vesbeton saru van, amelynek külső átmérője 37 cm. Ez határozza meg a cölöp átmérőjét.

A teljes szerkezet az emelőberendezés kampóján függ. A 4-6 atm. sűrített levegőt kompresszor biztosítja. A sűrített levegő és a kos üzemelését kezelőasztalnál irányítják. Az emelőberendezés NDK-gyártmányu, DIER 61 típusu daru, láncotélas kivitelben.

Cölöpkészítéskor a teherhordó kötött talajig vibrációval fúrt lyukakba a vízzáróan kiképzett, elvesző saruval ellátott üres köpenycsövet leeresztik, majd a teherhordó talajba beverik.

Az acélbetét nélküli cölöp teherbírása a laza üledékbe 1,0 m-re beverve kb 50 Mp. A cölöpcsoport süllyedése 2-3-szorosa az egyedi cölöpnek. A horgonyzó acélbetétes cölöp húzásra megengedett teherbírása 10-15 Mp.

Egy állásból szakszerű pontsállással több cölöp is készíthető.

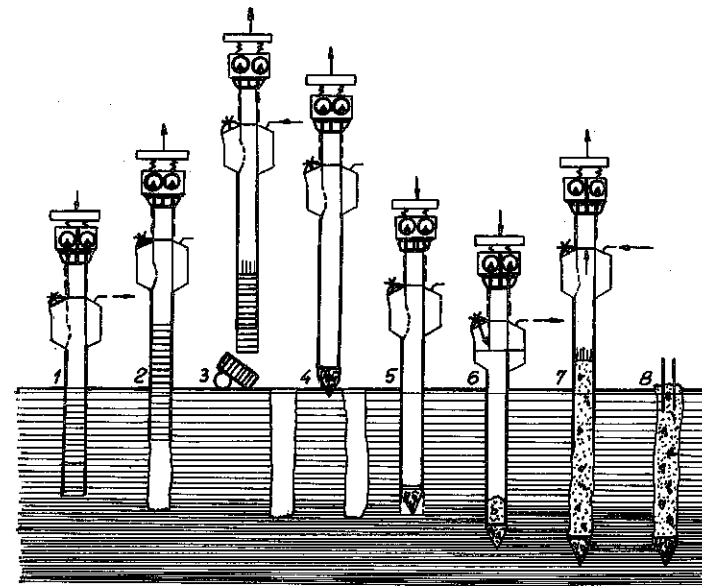
A cölöpek kivitelezése folyamatos, minden munkarés ellenőrizhető, egyszerű és jól gépesített.

Vibrációs megfúrással biztonságosan herántolni lehet a kötött, sőt a durveszemcsés talajokat is. A fúrássokból meghatározható az altalaj összetétele és rétegződése.

A vibrációs előfúrás bevezetésével időt és energiát takarítanak meg. A vibrációval készített cölöpbeton a köpenycsőben levő teret folyamatosan tölti ki. A vibrációs nyomás biztosítja a cölöp folyamatosságát, a be-

von tökéletes bedolgozását és a cölöp talajba történő bekötését.

A kivitelezési technológia kedvezően befolyásolja a VUIS-cölöp teherbírást ezáltal, hogy az előre bevert cölöp környékén levő talaj tömörödik és a cölöp rücskös felülete biztosítja a cölöp köpenysurlódását /8.22 sz. ábra/.



8.22 ábra
Vuis-féle cölöpözés

A 37 cm átmérőjű cölöpek lehetnek acélbetéttel ellátottak és acélbetét nélküliek. 10-12 m hosszra készülhetnek 3:1 ferdeséggel is. Az acélbetét külső átmérője a spirálkengyellel együtt 30 cm. A hosszacélbetéteknek legalább egy részét a cölöp teljes hosszára tervezik, hogy a helyzetük rögzítve legyen. A beton B 200-as minőségű. Előállításához osztályozott adalékanyag szükséges.

Alkalmazása

Ez a cölöptípus kizárólag felszíni, vízmentes feltételeken alkalmazható. A cölöpöket ott is lehet készíteni, ahol a felszíntől számított 1,0 m mélységig kötött kohéziós talaj van talajvíz nélkül. Készíthető továbbá szilárd, folyós konzisztenciájú kötött talajok, görgeteges talajok és laza lencsékkel átszótt beágyazódott kavicsos homok esetén is.

A cölöpözés nem javasolható meglevő épület közelében mindaddig, amíg nem tisztázzák, hogy a vibrációs hatások nem hatnak-e károsan a szerkezetekre.

A teljes berendezést kiszolgálók létszáma 7 fő, ebből 3 fő szakmunkás /furómester, darus, a vezérlőpult kezelője/ 2 fő betanított munkás /a cső irányítására, a cölöpfej elhelyezésére/, 2 fő segédmunkás /betonkeverés illetve betonozás/.

8.55 Universale-Zeissl vibrált cölöp

A módszert Ausztriában alkalmazták először. Hazánkban még nem terjedt el, de bevezetésére biztató kísérletek folynak.

A cölöpözés technológiája

A létesítendő cölöp tengelyébe elhelyezik az anyagcsövet. Az anyagcsövet felülről verősapkával, alulról automatikusan nyíló és csukódó záró sapkával zárják le.

Adott mélységig elvégzik a verést. Verés közben a később visszahúzandó anyagcsövet mint vert cölöpöt vizsgálják.

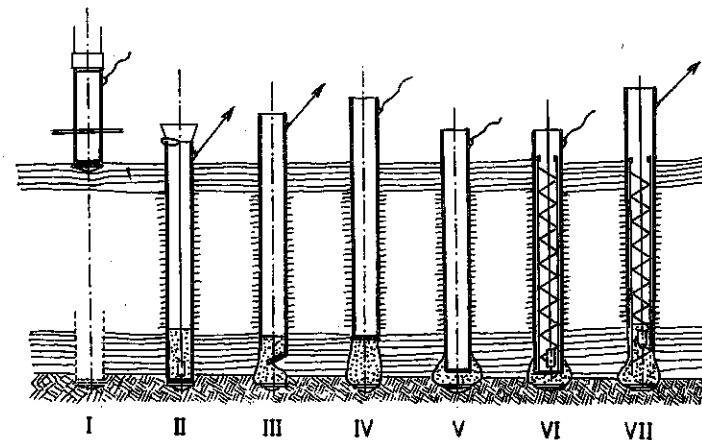
A kívánt mélység elérése után a csövet feltöltik kb 1,00 m magasan plasztikus konzisztenciájú betonnal, majd beengedik a tűvibrátort.

A tűvibrátor működtetése közben a csövet felfelé húzzák, akkor az alsó elzáró ajtó a vibrált beton dinamikus súlyának engedve kinyílik, és a beton szétterül a vert lyukban.

A tervezett visszahúzás elérése után megállnak, majd a csövet ráültetik a betondugóra. A plasztikus beton a berendezés súlya alatt összenyomódik, mert az alsó elzáró sapka becsukódva ráül a betonra.

Ezután a csőre mért 6-10 ütéssel tömörítik a betondugót. A beton szétterül, kitölti az üreget, megfelelő tömörséget ér el, s kialakul egy kedvező feszültségelvezetést biztosító széles talpu, szabálytalan oldalfelületű ún. "betonhagyma".

A betonhagyma kialakulása után beengedik az anyagcsőbe az acélbetéteket, és megkezdik a betonozást. A be-



8.23 ábra

Universale-Zeissl-féle cölöp készítésének folyamata

ton bedolgozását tüvibrátorral végzik s közben megkezdik a cső felhuzását. A munka különböző szakaszait a 8.23 ábrán mutatjuk be.

A beton szétterülésének illetve helyzetének megállapítására könnyű bambusz- vagy alumíniumrudon levő széllestalpu mérőléceket helyeznek a beton tetejére. Ennek fel- vagy lefelé való mozgásából tudnak következtetni arra, hogy a beton mennyire tölti ki az üreget.

A technológia nagy előnye, hogy a béléscsőben elhelyezett vibrátor hatására az üreg egyenletes tömörségű, megszakitás nélküli betonnal lesz kitöltve, így a "betonszál" folyamatos, cölöptörés nem következhet be. Jelentős előnye az is, hogy a hosszacélbetétek jó minőségben készíthetők, mert a beton az acélbetétet teljesen körülveszi anélkül, hogy azt megrongálná.

8.56 Soil-mec típusu cölöpfurógép

1971-ben importálták Olaszországból. A gép önjáró, rotari furórendszerrel dolgozik bentonitos zagymegtámasztás mellett. A beszerzett gép 1000 mm átmérőjű furatot tud készíteni, kb 30 m mélységig. Kedvező talajviszonyok mellett egy cölöp teherbírása 200-250 Mp-ra tehető.

A gép mind kötött, mind szemcsés talajban - megfelelő furófejek alkalmazásával - termelékenyen tud dolgozni. Cementált rétegeken, kőpadokon, épülettörmeléken föltöltésen való áthaladást a berendezéshez tartozó védő használata biztosítja. A zagyszuszpenzió fajsúlyának megfelelő megválasztása még nyomás alatti talajviz esetén is lehetővé teszi a gép alkalmazását.

Az alkalmazott furási és cölöpkészítési technológiát az amerikai CALWELD cégtől az olasz ICAP cég vette

át, majd ennek a típusnak javított, módosított változata a Soil-mec típus. A furóberendezést a gyártó a megrendelő kívánsága szerinti elvázra szereli fel. Gépkocsi elvázra szerelt furóberendezés eddig csak egy, az ASTRA típusu, gépkocsira építve került forgalomba. Kotró-elvázra szerelt berendezéseket két különböző kivitelben több kotrógéptípusra szerelve készítik.

A furóberendezés minden méretben azonos elvek szerint készül, külső méretei azonban az elvázként használt furó technikai adatainak megfelelően kisebb mértékben változnak. A forgató asztal jobb- és balirányú forgatást lehetővé tesz.

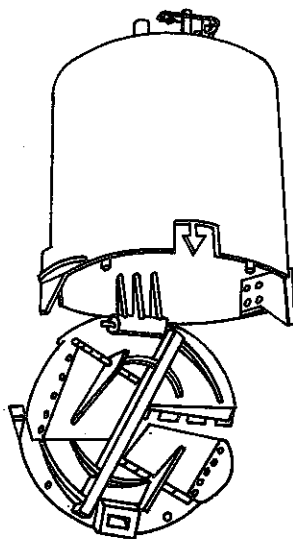
A furóberendezés önálló motorral rendelkezik, ezt a forgatótípust szintén a megrendelő választhatja ki. Felső részre kerülhet amerikai /CMC/, olasz /FIAT/, német /DWTZ/ motor. A furóberendezés hidraulikus vezérlésű. Vezetésközpontú rudazatot a forgató asztalon keresztül vezérel a motor. A rudazatra különböző furófejek szerelhetők. A forgatáson kívül hidraulikus munkahengerpárral a talpnyomást fokozni lehet, ezáltal a furási sebesség jelentősen növelhető. A talpnyomás fokozására szolgáló hidraulika ellentétes működtetésével a szerszám kiemelkedő mértékű kb. 40-50 cm megemelése is lehetséges, ami a kotró, ill. gépkocsira szerelt gépnél a torony és az emelőcsőrlő terhelését csökkenti. A talajból való kiszáraztatás ugyanis nem kötéllel, hanem a hidraulikával végződik, így a csőrlőnek csak a rudazat és a szerszám súlyát kell emelnie. Így elkerülhető, hogy az emelőberendezés működésbe nem vehető túlterhelést kapjon.

A gépkocsira szerelt furóberendezésnél a torony felállítását, ill. lefektetését hidraulikák végzik. A hidraulikák tolják ki a teleszkópos tornyot is a kívánt magasságra. Ez a megoldás nem teszi lehetővé a torony teljes merevségét. A forgató asztal előre-hátra

60-80 cm-t eltolható és kb. 170°-ban körbe forgatható. Furás közben a gép talplemezeken álló /hidraulikus megoldás/. Ugyancsak hidraulikus munkahenger segítségével történik a furószárat megfogó bilincs /kis polip/ rögzítése és oldása.

A furás szerszámai

dobfuró, spirálfuró, markoló és véső. A legtermészetesebben a dobfuróval tudnak dolgozni és leggyakrabban ezt is használják /8.24 sz. ábra/.



8.24 ábra
Dobfuró nyitott
állapotban

A spirálfurót plasztikus, ragadós és törmelékes vagy keményebb anyagokban alkalmazzák. Használják egy- és kétmenetbekezdésű spirálfurókat. A markolóberendezés

A dobfuró acélhenger, melynek nyitható fenéklemezén 2 db csapószeleppel ellátott bonnyó él van. A nyitást egyszerű rugós szerkezet végzi, mely úgy működik, hogy a rudazat felmérésekor a nyitást végző rud a gép aljához ütközik és ez nyitja az alsó fenéklemezt. Így a furóban levő talaj kihullik. Ürités után a furót a talajra ejtve, a fenék újra zár. Ezzel a furóval kitermelhető talaj-típusok: puha agyag, iszap, homokliszt, homok, homokos keverék max. 10-15 cm szem nagyságig.

Egy munkemenetben ezzel a furóval kb. 0,5 m előrehaladás lehet elérni.

őg szabadelme. A markolót nyitott állapotban leengedve forgatják. A jobbirányú forgatás során lazítják fel a talajt, amibe az éles pofák behatolnak, majd belre forgatva a markoló bezárul. Főleg görgeteges, kemény talajon kőpadok esetén alkalmazzák.

A véső kb. 2-3 Mp súlyú acéltömeg. Alsó kiképzése teleszkopikus aleprejzu. E berendezés ejtgetésével vékonyabb kőpadokon való áthetolás lehetséges.

A szerszámok a furórudazathoz kapcsolódnak. A kapcsolót négyzetkeresztmetszetű hüvellyel történik, mely a rudazat csapszeggel erősíthető. A rudazat vagy egy részből álló, vagy kettős, esetleg hármas, vagy négyes teleszkópikus kiképzésű. A hazánkban alkalmazott furóberendezés négyes teleszkóppal rendelkezik, ezzel 31,7 m furatmélység érhető el.

A rudazat csőkeresztmetszetű három bordával. A rudazat az emelőcsőrlő kötéletéhez csatlakozik speciálisan kiképzett kötélpergetővel, mely a forgatás során a kábeltől csavarodását, ill. megbomlását kizárja.

A gép vezérlése az oldalt elhelyezett kezelő ülésről végezhető. Kezeléséhez egy ember szükséges.

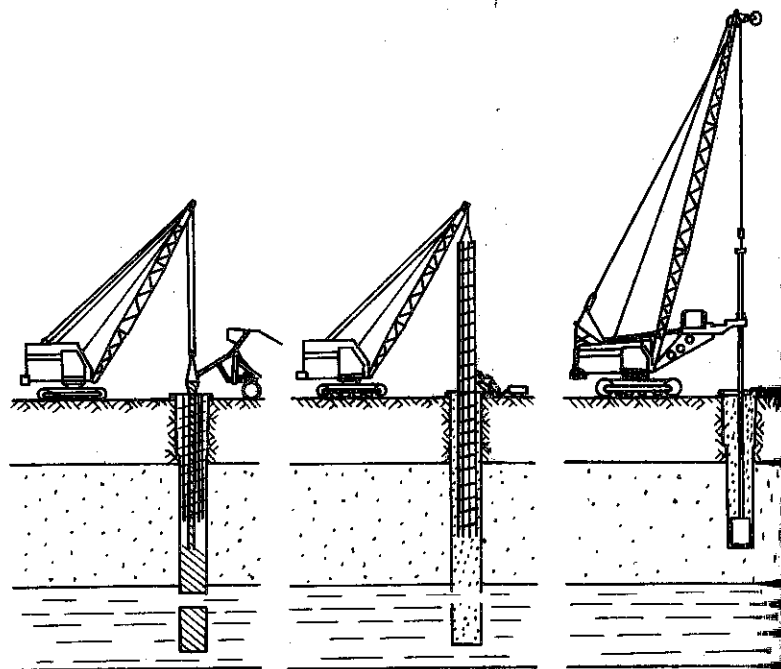
A zagykeverés speciális tartályban történik. A vizet csővezetéken szállítják a tartályba, a keverés a zagy gyors cirkuláltatásával történik. A bent tartott meghatározott mennyiségben kézzel adagolják a tartályba, mely 1 m³-es. Egy keverés átkeveréséhez 1-2 perc szükséges.

Szükség esetén centrifugális homokleválasztót is alkalmaznak.

Géplánc

A Soil-mec típusú furóberendezéshez, mint vezérgéphez az előbb ismertetett zagykeverő és centrifugális homokleválasztó szervesen hozzátartozik. További kiszolgáló gépek: 1. rakodó, vagy tologató /dózer/ a furatból ki-

kerülő földanyag folyamatos eltávolítására; 2. autódarú a betonozócső beemelésére, visszerelés elhelyezésére és egyéb mellékmunkák végzésére; 3. megfelelő számú mixerkocsi a betonozáshoz /8.25 sz. ábra/.



8.25 ábra
A Soil-Mec típusú cölöpözés folyamata

Szállítás

A gép önjáró. Munkahelyre való szállítása lefektetett toronnyal történik. Súlys kb. 17 Mp. Szállítás közbeni hossza 10 200 mm.

Szállítás közbeni magassága: 4000 mm.

Szállítás közbeni szélessége a normál tehergépkocsi szélességének felel meg. Munkahelyen belüli átállásához a tornyot vagy teljesen, vagy részben meg kell dönteni.

Felállítás

A pontreállást a gépkocsival közelítőleg elvégzik a 50 cm-es pontossággal. Ezután a gép a talpakra rááll, a tornyot a hidraulikával felemeli és függőlegesbe állítja. A gép alvázán libella biztosítja a vízszinteséget. Ezután történik a pontos pontreállítás, mely az alvázon való eltolással, illetve elforgatással érhető el min 5 mm pontossággal.

A pontreállítás egyébként a szokásos módon, a talajra előrejelölt körre való felállással történik.

Furás

A dobfuró forgatásával kezdik a furást. Az első üri-
tás után a furószerszámra szerelt furetbővítővel a lyu-
tást kibővítik és az így kiképzett furetbé elhelyezik a
védőcsövet. Ennek hossza kb. 2-3 m. Ezután a furetbővi-
tőt leszerelik és a furást folytatják. Ez a védőcső biz-
tosítja a furet felső részét a beomlás ellen és a beömlő
anyag kimosása ellen.

A talajvíz szintjének elérése után a furetot a meg-
felelő és előírt fejsúlyu zaggal feltöltik. A furás to-
vábbfolytatása során az elszivárgó és a talajjal együtt
emelt zagyot pótolják úgy, hogy a zagy szintje a ta-
lajvíz szintjét mindig meghaladja. Szükség esetén nyomás
alatti víznél, vagy a zagyszintet emelik, vagy a zagy

fejtsúlyát növelik. Ez utóbbi berít hozzákeveréssel történik. Agyagos és kemény iszap telejokban - ahol a furat állékony - a zagy fejtsúly 1,03 - 1,05 Mp/m³, kevésbé állékony telejoknál a fejtsúly: 1,08 - 1,10 Mp/m³ homokos telejoknál a fejtsúly: 1,25 - 1,30 Mp/m³ fejtsúlyt is. Ez csak jelentős mennyiségű berít hozzáadásával biztosítható. Csak bentonittal növelni a fejtsúlyt ugyanis a zagy viszkozitásának növekedése miatt nem lehet.

A védőcső elhelyezése után, illetve a talajviz előérésekor a zagybetáplálás a furatba megkezdődik. Ennek menete: a gép leírásánál ismertetett zagykeverő berendezéssel előállított - az előírt minőségű - zagyot csővezetékben a zagytartályba és innen szivattyúval a furatba juttatják. Ebben a munkafázisban a zagy szintje állandón az előírt mértékű legyen. A furás során észlelt rétegteljesítmény- és víznyomásváltozásoknak megfelelően a zagy térfogatnyomása vagy szintjén változtatni kell menetközben. Betonozás során a betöltött beton a zagyot kiszorítja, ezért a nyomószivattyú segítségével vagy a zagytartályba, vagy - amennyiben párhuzamosan újabb furás is folyamatban van - közvetlenül az újabb furat feltöltéséhez nyomják, a centrifugális homokleválasztón keresztül. Tapasztalati adatok szerint a zagy 2-5 furás után a furat megtámasztására alkalmatlan, ezért ekkor lecserélhető.

A furás művelete a következő:

A rudazatot forgotva a furófejet a talajba csavarják a talpnyomás fokozása mellett. Az anyaggal telt furófejet kiemelik, a gép oldalt fordul és a furófej tipusának megfelelő üritést végrehajtják. Ez a dobhurónál a fenéklemez kinyitásával, spirálhurónál ellentétes irányú pörgetéssel történik.

Tekintettel arra, hogy néhány ürités után a gép mellett annyi anyag halmozódik fel, hogy a további munka lehetetlenné válik, a folyamatos földszállítást biztosítani kell. Ez legcélszerűbben kb. 0,6 m³ ürtartalmu könnyű rekodógéppel, dózerral történhet. Az ürités során nagyobb mennyiségű zagy is kerülhet a térszintre. Ennek elhárításáról is gondoskodni kell.

Vasszerelés

A kifurt lyukba a munkahelyen előállított vasszerelést - célszerűen autódaruval beemelve - leengedik. A vasszerelés általában a furat végéig leér, de előfordulhat olyan eset is, hogy a cölöpök csak 2-3 m-ig lenyúló teljesítményt kapnak. Hosszabb cölöpöknél az emelőberendezés korlátozott emelő magassága miatt a vasszerelés egy részben nem emelhető be, ezért az acélbetéteket toldani kell. A toldás célszerűen szorítóbilinccsel történhet, ami a munkát rendkívüli mértékben meggyorsítja. Egyes kivételes esetekben a toldás hegesztéssel is történhet.

A cölöpbe kerülő acélbetétek nem periódikusak, hanem minden esetben simák, mivel a zagytechnológia és a könnyebb kezelhetőség ezt kívánja meg.

A vasszerelés elul összehuzott, kosárként kiképzett kengyelezés; 10 mm Ø-jű acélbetét 20 cm menetemelkedéssel. Egyes tagok mindkét végén kb 5 menet sűrítetten 5-8 mm emelkedéssel készül.

A vasszerelés a toldási hosszak megfelelően a cölöpfejből kiáll.

A technológia következtében a vasszerelés helyzete állandó.