

SZAKDOLGOZAT

**OE-YBL
2023.**

Hallgató neve: **Forró Csenge**
Hallgató törzskönyvi száma: 



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Forró Csenge

Szaktervezési száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: Építőmérnöki

Specializáció: Geotechnika

A dolgozat címe: Mélyalapozás tervezése

A dolgozat címe angolul: Deep foundation design

A feladat részletezése: A konkrét tervezési feladathoz kapott talajfeltárások tanulmányozásával és kiértékelésével, valamint a mélyalapozások irodalmi áttekintésével kiválasztott mélyalapozási technológia megtervezése. A kiválasztott mélyalapozási technológiák teherbírasi eltéréseinek összehasonlítása

Intézményi konzulens neve: Kaczvinszki-Szabó Vera

Külső konzulens neve: Bognár Balázs

Munkahelye: BAUER Magyarország Speciális Mélyépítő Kft

A kiadott téma elévülési határideje: 2028. 12. 15.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szaktervezési feladat: Nem titkos.

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet
1446 Budapest, Thököly út 74.
1442 Budapest, 70., Pf. 117.

Kiadva: Budapest, 2023. 10. 30.

P.H

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2023. 12. 15.

[Signature]

belső konzulens

[Signature]

külső konzulens

SZAKDOLGOZAT KONZULTÁCIÓS NAPLÓ

Hallgató neve: FODRO CSENDE

Dolgozat száma: XXXXXXXXXX

Oktatási azonosítója: XXXXXXXXXX

Szak, specializáció megnevezése:

Neptun azonosítója: XXXXXXXXXX

ÉPÍTŐMÉRNÖKI

Törzskönyvi száma: XXXXXXXXXX

GEOTECHNIKA

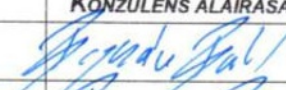
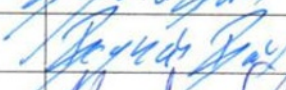
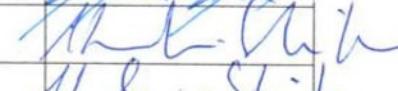
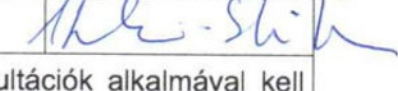
A dolgozat címe magyar nyelven: MÉLYALAPOZÁS TERVEZÉSE

A dolgozat címe angol nyelven: DEEP FOUNDATION DESIGN

Belső (kari) konzulens neve: KACZVINSKI - SZABÓ VERA

Külső konzulens neve: BOGNAK BALÁZS

Külső konzulens munkahelye: BAUER MAGADORSÁG SPECIÁLIS MÉLYÉPÍTŐ RT.

ALK.	DÁTUM	KONZULTÁCIÓ TÉMÁJA, TARTALMA	KONZULENS ALÁÍRÁSA
1.	23. 10. 26.	Cölöp alapozás	
2.	23. 12. 04.	Süllyedés számítás	
3.	23. 11. 27.	Cölöp teherbírási számítás	
4.	23. 12. 11.	Irodalom véglegesítése	

A Konzultációs naplót minimum négy alkalommal az egyes konzultációk alkalmával kell láttamoztatni bármelyik konzulenssel.

A részvételt a konzulens akkor igazolhatja, ha arra a hallgató felkészülten érkezik, azaz érdemi konzultáció történt.

A hallgató a Szakdolgozat/Diplomatervezés/Diplomamunka tantárgy(ak)* követelményét teljesítette.

Kelt: Budapest (hely), 2023. 12. 14. (dátum)



belső (kari) konzulens

* A megfelelő aláhúzendő.

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott FORRÓ CSENGE hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Bp. (hely), 2023.12.15 (dátum)

Forró Csenge
hallgató

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondok mindazoknak, akik segítséget nyújtottak a szakdolgozatom elkészítéséhez.

Köszönöm Kaczvinszki-Szabó Vera intézményi konzulensemnek a témában adott hasznos ötleteit és jó tanácsait.

Köszönöm Bognár Balázs külső konzulensemnek, hogy kimagasló szakmai tapasztalataival, tanácsaival, nagymértékű segítségnyújtással és odafigyeléssel hozzájárult a dolgozat megírásához.

Köszönetet mondok továbbá a BAUER Magyarország Speciális Mélyépítő Kft-nek, hogy részese lehettem a szakdolgozatom témájában megírt projektnek, valamint a projektben résztvevőknek, akik szakmai tudásukkal és tapasztalataikkal segítették munkámat.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	5
2. Kiindulási adatok.....	6
2.1 Helyszín bemutatása	6
2.2 Geotechnikai kategória	7
2.3 Földtani és vízföldtani viszonyok	8
2.4 Szeizmicitás	10
2.5 Talajfeltárás, talajrétegződés	12
2.6 Talajvizsgálatok, talajállapotok	15
2.7 Talajvízviszonyok	15
2.8 Összegzés.....	16
3. Talajfeltárás.....	18
3.1 Közvetlen talajfeltárás	19
3.1.1 Kutatógödör, kutató akna.....	19
3.1.2 Kutató táró	20
3.1.3 Kutatófúrás	20
3.2 Közvetett talajfeltárások	20
3.2.1 Szondázások	21
3.2.2 Geofizikai vizsgálatok	22
3.2.3 Próbateljesítés.....	23
4. Alapozás.....	24
5. Síkalapozás	25
5.1 Sávalap.....	26
5.2 Pilléralap	26
5.3 Gerenda, gerendarács alap	27
5.4 Lemezalap.....	28
5.5 Dobozalap	28
5.6 Héjalap	29
6. Mélyalapozás	29
6.1 Kút- és szekrényalap	30
6.2 Részfalas alapozás	31
6.3 Cölöpalapozás	35
6.3.1 Cölöpalapozás alkalmazása	36

6.3.2	Cölöpalapok osztályozása.....	37
6.3.3	Cölöpözési technológiák.....	38
7.	CFA cölöpözés technológiája.....	41
8.	FDP cölöpözés technológiája.....	53
9.	Alapozás tervezése	60
9.1	Cölöpalapozás tervezése	62
9.1.1	Cölöpteherbírás meghatározása CFA cölöp esetén	66
9.1.2	Cölöpteherbírás meghatározása CFA cölöp esetén	68
9.1.3	Cölöp süllyedés-terhelés diagram számítása	70
9.1.4	CFA cölöpök vasalása	74
9.1.5	Cölöpteherbírás meghatározása FDP cölöp esetén	74
10.	Technológiai utasítás.....	76
10.1	Megbízás, előzmények.....	76
10.2	Geotechnikai adottságok.....	76
10.3	Hidrológiai adottságok.....	76
10.4	Cölöpalapozás tervezése	77
10.5	CFA fúrési technológia ismertetése	77
10.6	Szerkezeti cölöpök kivitelezése	77
10.6.1	Munkaterület kialakítása, átadás – átvétel	77
10.6.2	Cölöpök lavírsík kialakítása	78
10.6.3	Kitűzés	79
10.6.4	Pontraállítás a fúrógéppel.....	79
10.6.5	Fúrás	79
10.6.6	Betonozás.....	80
10.6.7	Vasalás elhelyezése	80
10.6.8	Cölöpözés közben végzendő vizsgálatok	81
10.6.9	Cölöp felső részének kiképzése	81
10.7	Erőforrások 1 géplánchoz	81
10.7.1	Előírt anyagminőség	81
10.7.2	Személyi feltételek.....	82
10.7.3	Gépek, eszközök, berendezések.....	82
10.8	Minősítés, minőségi követelmények	82
10.9	Munkavédelem	82
10.10	Környezetvédelem	84
10.11	Vonatkozó előírások.....	84
11.	Mennyiségszámítás és ütemezés	85
12.	Összefoglalás	88

13.	Irodalomjegyzék.....	90
------------	-----------------------------	-----------

1. Bevezetés

Szakmai gyakorlatom teljesítése érdekében gyakorlati helyet kerestem. A cég kiválasztásánál fontos szempont volt számomra, hogy mélyépítés kivitelezésében vehessek részt, tekintettel arra, hogy a szakdolgozatomat mélyépítés témakörében terveztem megírni. Választásom a BAUER Magyarország Speciális Mélyépítő Kft-re esett. Szakmai gyakorlatom során lehetőségem volt részt venni egy olyan projektben, ahol megismerkedtem speciális mélyépítési technológiákkal.

Szakdolgozatom témája a mélyalapozás ezen belül cölöpalapozás, CFA cölöp tervezése és kivitelezése. Részletesen bemutatom az alapozási fajtákat, valamint az alapozási technológiákat síkalapozás és mélyalapozás esetén. Megvizsgálom, hogy az adott építmény alapozására milyen alapozási technológiát célszerű tervezni. A rendelkezésemre bocsátott Talajvizsgálati jelentés és Geotechnikai tervezési beszámoló, valamint a CPT szonda vizsgálati jegyzőkönyvek, illetve az építmény terhei alapján kiválasztom milyen alapozási mód célszerű, majd ezt követően a technológia meghatározásával megtervezem az alapozást. A cölöpalapozás tervezése folyamán kapott számítási értékek alapján elkészítem az építmény alapozásának cölöpkiosztási tervét és cölöparmatúra vasalási tervét. Összehasonlítok egy talajhelyettesítéses (CFA) és egy talajkiszorításos (FDP) cölöpözési eljárásokat, és a kapott számítási értékek alapján kiválasztom, hogy melyik technológiával célszerű az adott építmény alapozását kivitelezni a terület geotechnikai adottságokhoz, az építmény terhéhez viszonyítva, valamint gazdasági szempontokat is figyelembe véve. Technológiai utasítást, mennyiségszámítást és ütemtervet készítek az alkalmazandó cölöpözéshez.

Cölöpalapozás tervezéséhez az alábbi adatok állnak rendelkezésemre:

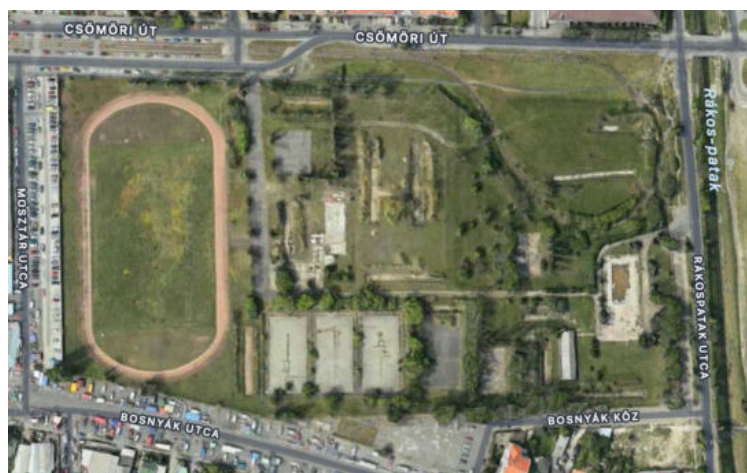
- átnézeti helyszínrajz,
- CPT szondák eredményei,
- magassági szintadatok,
- talajrétegződés, talajvízszint ismerete.

2. Kiindulási adatok

2.1 Helyszín bemutatása

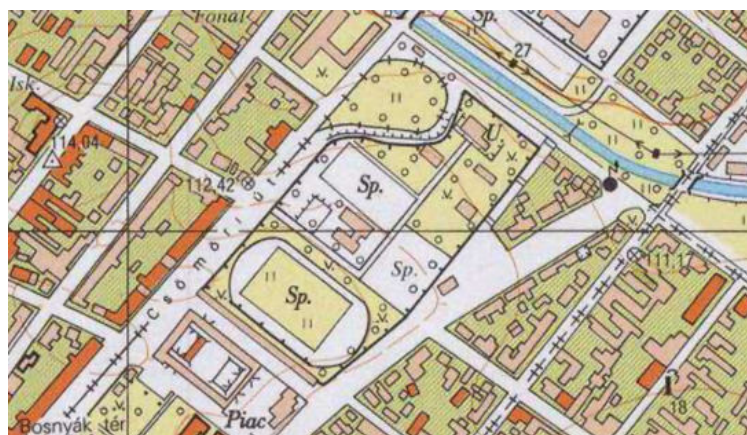
Budapest XIV. kerületben, Csömöri út – Rákospatak utca – Bosnyák utca – Mosztár utca által határolt területre tervezett Zugló Városközpont helyszínén földtani-geotechnikai-hidrogeológiai adottságok vizsgálati eredmények ismertetése, valamint tervezési alapadatok ismerete a tervezéshez.

Az építkezés elkezdése előtt a területen használaton kívüli létesítmények, sportpályák voltak.



1. ábra: Helyszín [1]

1997-ben készült topográfiai térképen látható sportpályák, füves területek, díszkertek, parkok, uszoda, valamint villamos forduló helyezkedtek el a területen.



2. ábra: Topográfiai térkép [2]

Ezek a régi létesítmények nem befolyásolják az épülő építményeket, geotechnikai szempontból nincs jelentőségük. Piceszintjük azonban érdekes lehet (ha volt), de ezek mélysége nem valószínű, hogy befolyásolják a tervezett mélygarázsokat.

Zugló Városmagjában az eredeti terv szerint 8 építési tömb, 5 irodaház és 9 lakóépület létesült volna, azonban tervváltoztatás miatt 7 irodaház és 1 lakóépület építésére kerül sor.



3. ábra: Az eredeti beépítési koncepció [3]

Az építési tömbök teljes területén mélygarázsok helyezkednek majd el, melyek kapcsolódni fognak egymáshoz, ezáltal átjárhatóak lesznek.

Az irodaházak 4 szint mélygarázs, földszint és 8 emelet, a lakóépület 2 szint mélygarázs, földszint és 8 emelet elrendezéssel kerül kivitelezésre.

2.2 Geotechnikai kategória

A várható geotechnikai nehézségek és kockázatok, illetve az alkalmazandó eszközök, eljárások alapján 3 geotechnikai csoportot különböztetünk meg.

Geotechnikai kategóriába való sorolás alatt együttesen értendőek a talajkörnyezete, a feladat, az építmény, az alkalmazandó geotechnikai megoldások és eljárások, valamint a környezeti kölcsönhatások. [4]

Geotechnikai veszélyek és kockázatok átlagosak és jól ismertek, a geotechnikai adottságok nem kedvezőtlenek. A nagy mélységű, többszintes mélygarázsok és a nagy épület méretek miatt a geotechnikai tervezési feladatot a várható geotechnikai nehézségek

és kockázatok, a tervezett létesítmények, a talajkörnyezet, a környezeti hatások, az alkalmazandó eszközök és eljárások együttes értékelése alapján a tervezett építményt 3. geotechnikai tervezési kategóriába sorolható.

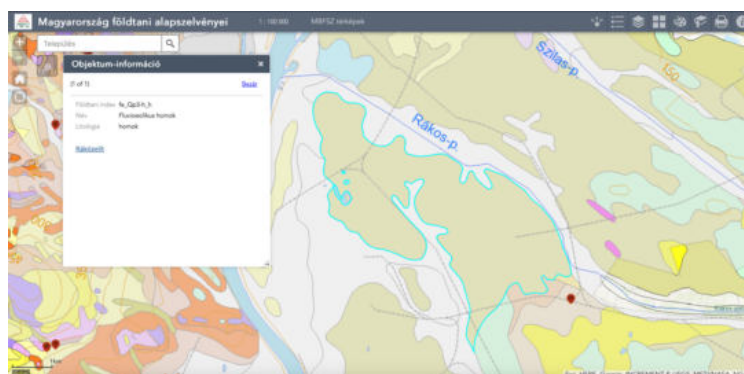
2.3 Földtani és vízföldtani viszonyok

A vizsgált terület a Pesti hordalékkúp-síkság középső részén helyezkedik el. A terület kismértékben a Rákos-patak irányába, É-ÉK felé lejt. Az építésföldtani alapkőzet késő-miocén korú homokos agyag, agyag, agyagmárga rétegekből áll, melynek felszíne talajfeltárások alapján 106-107 mBf szintek között vízszintes síkfelület. Nincs számottevő lejtés és egyenletlenség.

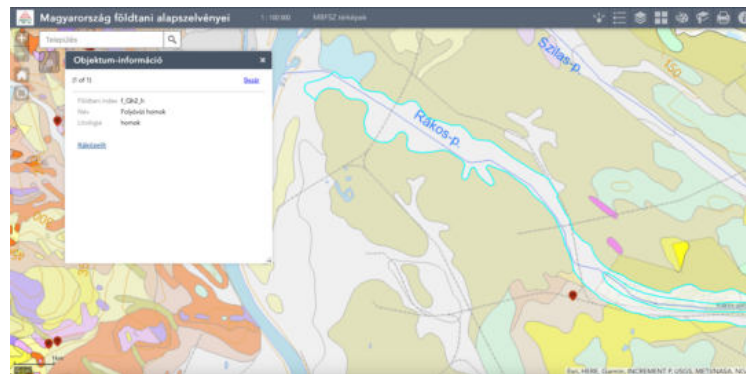
A Pesti-síkság folyóvízi üledékeire jellemző, hogy a szemcseátmérőjük és tömörségük felfelé csökken. Legalul tömör - nagyon tömör homokoskavics van, felfelé egyre kisebb és kevesebb a kavics, majd apránként el is fogy.

A folyóvízi eredetű talajrétegekre folyamatos átmenettel holocén kori ártéri, mocsári és szélfújta átmeneti-szemcsés típusú talajok – finomszemcsés homok, iszapos homok, homokos iszap, iszap, agyag – települtek. Régen vízborításos, mocsaras területeken magas szervesanyag tartalmú talajrétegek rakódtak le.

A természetes felszín nagyobb részét holocén kori, szél által elterített egyszemcséjű, kevés kötőanyagot tartalmazó lepelhomok borítja.



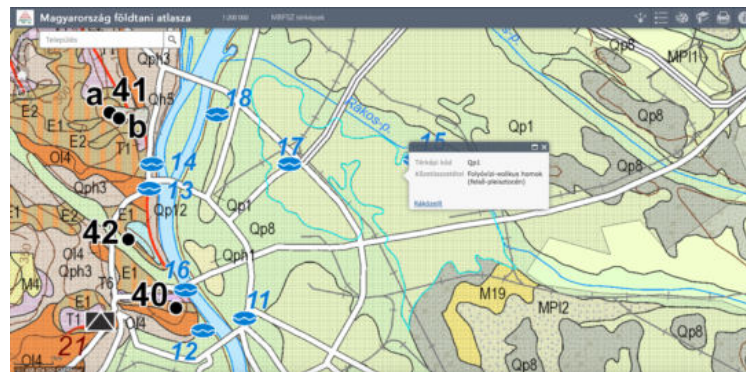
4. ábra: Földtani térkép [5]



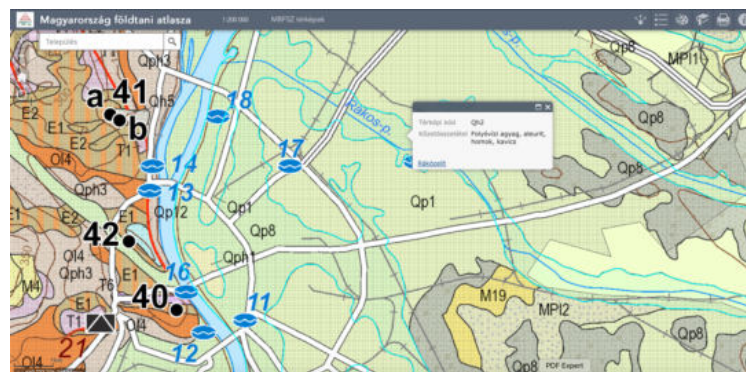
5. ábra: Földtani térkép [5]

Geotechnikai szempontból három rétegcsoport különíthető el:

1. Fedő: mesterséges feltöltés, finomszemcsés-gyengén kötött ártéri-, mocsári-, folyóvízi- és eoliku (szélfújta) képződésű finomszemcsés homok, iszapos homok, homokos iszap, iszap, agyag, szerves talaj.
2. Kavicssterasz: talajvíztartó, durvaszemcsés kavicsos homok, homokos kavics.
3. Fekü: agyagmárga, agyag, iszapos, homokos agyag.

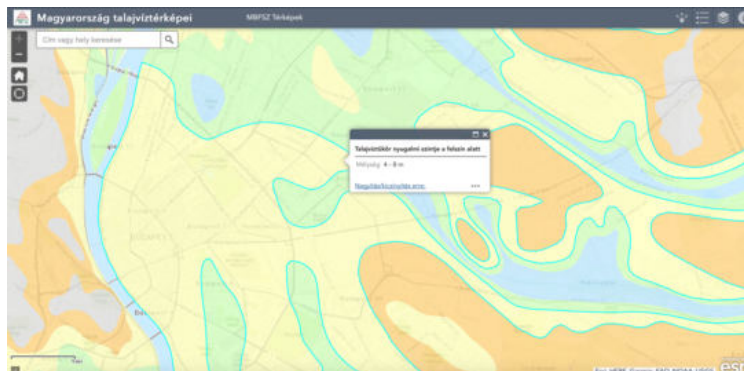


6. ábra: Földtani atlasz [6]

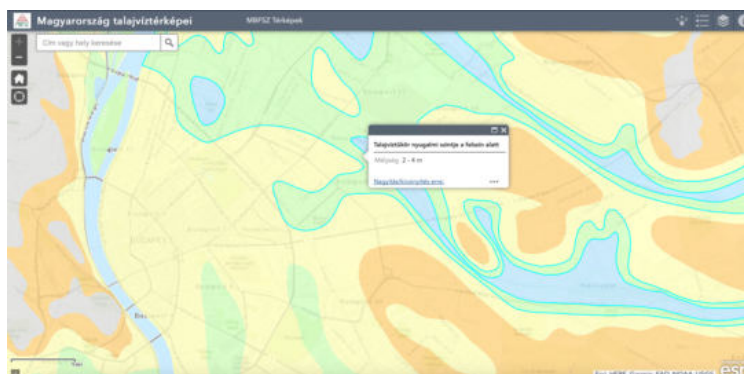


7. ábra: Földtani atlasz [6]

A terület nagy részén talajvíztérkép alapján a talajvíztükör nyugalmi szintje 4-8 méter között helyezkedik el a felszín alatt. A terület kisebb részén a felszín alatt 2-4 méter között található a talajvíztükör nyugalmi szintje. [7]



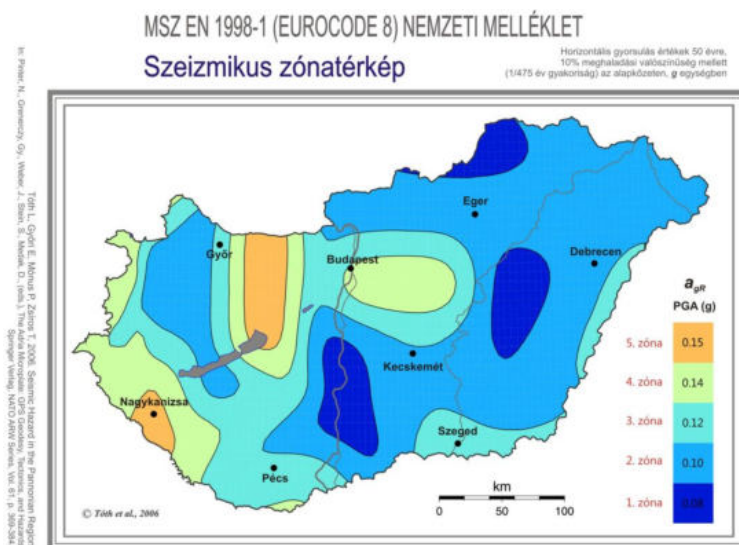
8. ábra: Talajvíztérkép [7]



9. ábra: Talajvíztérkép [7]

2.4 Szeizmicitás

Magyarország területén a szeizmicitás mérsékelt, ennek ellenére erősebb földrengések is előfordulhatnak. A földrengés aktivitási területi eloszlása nem egyenletes, Magyarországon a vonatkozó szabvány – MSZ EN 1998-1 (EUROCODE 8) – 5 zónára bontja az eltérő aktivitású szeizmikus zónákat.



10. ábra: Szeizmikus zónatérkép [8]

Szeizmikus zónatérkép és terület elhelyezkedése szerint Budapest 4. zónába tartozik. A definiált földrengésből származó horizontális csúcsgyorsulás, a földrengés által okozott maximális gyorsulás PGA (Peak Ground Acceleration) az alapkőzeten („A” típusú talajon) g (nehézségi gyorsulás) esetében $a_{gR}=0,14$ [m/s²]. Ez a gyorsulási érték 50 év alatt, 10% valószínűséggel várható. [4]

A talajrétegek jelentősen befolyásolják az alapkőzeten érkező szeizmikus hullámokat, módosítják a felszínen kialakuló gyorsulásokat, csökkentik vagy erősítik azok káros hatását. A laza talaj a földrengések hatását, a károk mértékét felerősítik.

Földtani ismeretek, a terület általános talajviszonyai, a jól ismert talajrétegződés és talajvizsgálati eredmények, valamint Budapest Áttekintő Mérnökszeizmológiai Térképe alapján a terület talaját EUROCODE 8 szerint „C” típusú altalajosztályba tartozik, ahol a nyírési hullám sebessége 180–360 m/s.

1. táblázat: Altalaj osztályozása EUROCODE 8 szerint

Altalaj típus	Leírás	$V_{s,30}$ [m/s]	N_{SPT} [ütés/30cm]	C_u [kPa]
C	Vastag, tömör, közepesen tömör homokból, kavicsból vagy közepesen szilárd agyagból álló üledék, amelynek vastagsága néhányszor 10 m-től több száz méterig terjedhet	180-360	15-50	70-250

2.5 Talajfeltárás, talajrétegződés

Korábban már készült talajvizsgálat a területen, amely összesen 18 darab fúrást, 16 darab statikus szondázást és 4 darab dinamikus szondázást tartalmazott.

2021-ben a talajviszonyok és a talajfizikai paraméterek pontosítása érdekében további 9 darab fúrás és 8 darab statikus szondázás készült. A fúrással elért legnagyobb mélység 36 méter, a legmélyebb statikus szondázás 18 méter volt.

A fúrások elsősorban talajminták vételére szolgálnak. A statikus szondázás a finom talajrétegződés és a teherbírás szempontjából lényeges vékony, gyenge rétegek kimutatására is alkalmas, valamint a digitálisan rögzített mérési eredményekből in-situ talajfizikai paraméterek és cölöpteherbírás számítható.

Statikus szondázás (CPTu pórúsvíznyomásos szondázás) során rudazat segítségével egy 60°-os kúp kialakítású szondafejet, ami 10 cm² keresztmetszetű, 150 cm² felületű állandó 2,0 cm/sec sebességgel folyamatosan a talajba nyomnak, miközben a műszer folyamatosan méri a következő adatokat:

- csúcsellenállás (q_c) [MPa]
- köpenysúrlódás (f_s) [kPa]
- pórúsvíznyomás (u_2) [kPa] [4]

A mért paraméterekre komplex hatást gyakorolnak az alábbi tényezők:

- szemcseméret
- tömörség
- plasztikus állapot
- nyírószilárdság
- vízszintes feszültség
- konszolidáltság

Rudazat belsejében futó kábel folyamatos kapcsolatot biztosít a mérést végző szondafejjel és a mérési adatokat rögzítő számítógép között. A mérési adatokat egy speciális szoftverrel dolgozzák fel, mely alkalmas a mért adatok grafikus megjelenítésére, valamint ezekből az adatokból képletekkel származtatott jellemzők, paraméterek meghatározására és megjelenítésére is. [4]

A szonda által közvetlenül mért adatok mellett a fajlagos palástsúrlódás és csúcsellenállás hányadosát a súrlódási viszonyszámot ($R_f = f_s/q_c$ %) is ábrázolják, mely alapján tapasztalati diagrammok segítségével azonosíthatók a talajfajták:

- homokra $f_s/q_c \approx 1\%$
- iszapra $f_s/q_c \approx 2,5\%$
- agyagokra $f_s/q_c > 4\%$ jellemző. [4]

Statikus szonda fajlagos csúcsellenállás nagyságából következtetni lehet a szemcsés talajok tömörségére az alábbi tapasztalati összefüggésekből, és a kötött talajok állapotára:

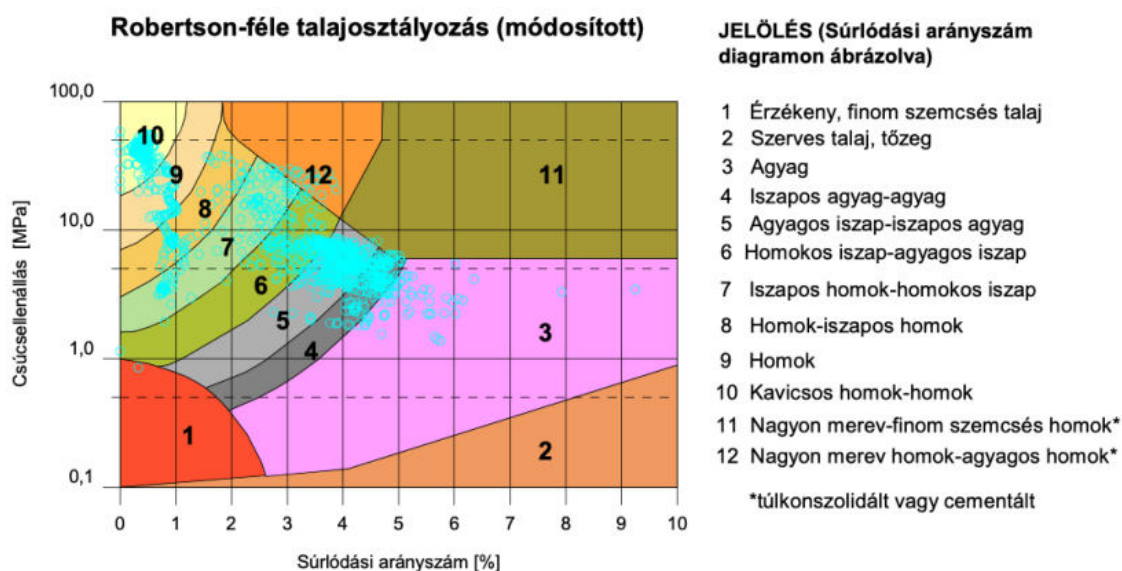
Szemcsés talajok tömörsége: [4]

	$q_c < 2,5 \text{ MN/m}^2$	nagyon laza
$2,5 \text{ MN/m}^2$	$< q_c < 4,0 \text{ MN/m}^2$	laza
$4,0 \text{ MN/m}^2$	$< q_c < 12,0 \text{ MN/m}^2$	közepesen tömör
$12,0 \text{ MN/m}^2$	$< q_c < 20,0 \text{ MN/m}^2$	tömör
$20,0 \text{ MN/m}^2$	$< q_c$	nagyon tömör

Kötött talajok állapotára: [4]

	$q_c < 0,5 \text{ MN/m}^2$	nagyon puha
$0,5 \text{ MN/m}^2$	$< q_c < 1,0 \text{ MN/m}^2$	puha
$1,0 \text{ MN/m}^2$	$< q_c < 1,5 \text{ MN/m}^2$	gyúrható
$1,5 \text{ MN/m}^2$	$< q_c < 2,5 \text{ MN/m}^2$	merev
$2,5 \text{ MN/m}^2$	$< q_c$	kemény

A szondázás értékelését az SGI (Swedish Geotechnical Institute) által kidolgozott módszer alapján egy speciális szoftverrel végzik.



11. ábra: Robertson-féle talajosztályozás [4. melléklet]

Talajfeltárás eredményeként a talajmodell:

Terepszint:	111,2	mBf
Fedő összetétel:	111,2 – 109,5	mBf
Kavicsteras:	109,5 – 106,4	mBf
Fekü réteg:	106,6 –	mBf

2.6 Talajvizsgálatok, talajállapotok

A talajrétegek talajfizikai tulajdonságainak vizsgálatára már korábban is készült talajmechanikai vizsgálat, melyet további vizsgálatokkal egészít ki. [5. melléklet]

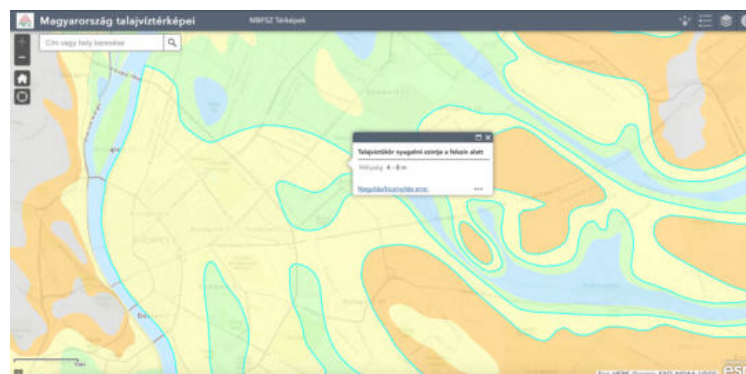
A laboratóriumi vizsgálati eredményeket számos tényező befolyásolhatja, például a talajok mintaképessége, mintavétel és a mintakezelés körülményei. Ezért geotechnikai tervezéshez a digitálisan rögzített statikus szondázási eredmények használata javasolt.

2.7 Talajvízviszonyok

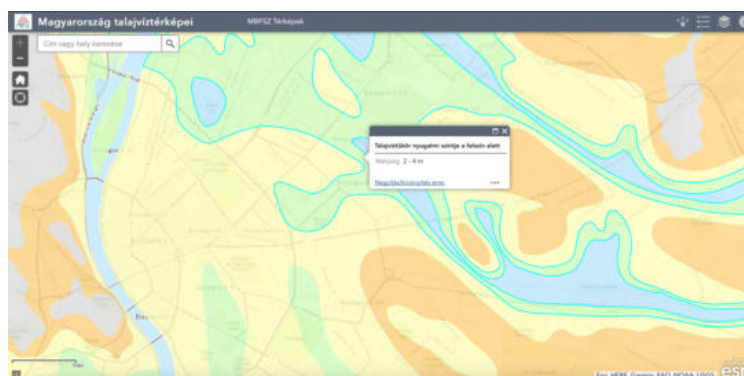
A talajvízszint legmélyebben a Rákos-patakhoz legközelebbi 10F jelű fúrásban volt 107,1 mBf szinten, legmagasabban a legtávolabbi 1F jelű fúrásban 108,7 mBf szinten. A talajvízfelület a két szélső érték között nagyjából egyenletesen lejt a patak felé, a szintkülönbség 275 méter távolságon 1,6 méter.

Magyarország talajvíztérképe szerint az átlagos talajvízszint 4-8 méter között várható a terület nagyobb részén, a Rákos-patak mentén 2-4 méter mélység között.

Az átlagos talajvízszint 4 méter mélység körül lehet. [7]



12. ábra: Talajvíztérkép [7]



13. ábra: Talajvíztérkép [7]

A mértékadó talajvízszint a geotechnikai tervezési gyakorlatban átlagosan alkalmazott 0,5 méter biztonsággal számolva 109,0 – 110,0 mBf szinten vehető fel.

Maximális talajvízszint a terület északi sarkában 108,7 mBf, a dél-keleti szélén 109,5 mBf. Építés idején a talajvízállás normális körülmények között 107,7 – 108,7 mBf $\pm$ 0,5 méter szinten várható.

A talajvíz szulfáttartalma alapján XA1 beton kitéti osztályba tartozik. [6. melléklet]

2.8 Összegzés

Geotechnikai tervezéshez ajánlott talajfizikai paramétereket az alábbi táblázat tartalmazza.

2. táblázat: Ajánlott talajfizikai paraméterek [4]

Talajtípusok	Ajánlott talajfizikai paraméterek				
	ρ [kN/m ³]	φ [kN/m ²]	c [°]	Es [MN/m ²]	k [m/s]
Fedőrétegek	18,6 – 19,0	30 – 32	5 – 10	12 – 15	5×10^{-4}
Kavicsterasz rétegek	19,0 – 19,5	34 – 36	0	30 – 35	5×10^{-3}
Fekürétegek	20,0 – 20,5	14 – 16	50 – 60	15 – 20	5×10^{-8}

A 2. táblázatban megadott paraméterek tájékoztató jellegűek, konkrét geotechnikai feladatokhoz (cölöpalapozás, munkagödör megtámasztás, résfal tervezés) digitális statikus szondázási eredmények használhatók.

Síkalapozás tervezhető a 2. táblázatban megadott talajfizikai paraméterek alapján, MSZ EN 1997-1,-2 (EUROCODE 7) szerint. A mértékadó határfeszültség alapértéke vízzel telített, tömörítetlen kavicsos homokrétegen $\sigma_a=400 \text{ kN/m}^2$ értékben vehető fel. [4]

Feküben a talajvizsgálatok alapján a homoktartalom sehol nem éri el a 60%-ot, az iszaptartalom pedig a 20%-ot, így a fekü teljes terjedelmében agyag, iszapos, homokos agyag talajnak minősül. [5. melléklet]

Talajvíz vizsgálat eredményei a következő táblázat tartalmazza:

3. táblázat: Talajvíz vizsgálat eredményei [6. melléklet]

Minta	SO ₄ [mg/l]	Cl [mg/l]	pH érték
1. minta	188	120	7,2
2. minta	187	120	7,2

A talajvíz szulfáttartalma alapján XA1 beton kitéti osztályba tartozik. [6. melléklet]

A szerkezet megfelelő tartósságának biztosításához a beton minimális szilárdsági osztályát, a minimális cementtartalmat, a maximális vízcement tényezőt a 4. táblázat szerint kell biztosítani.

4. táblázat: Szerkezet tartósságát biztosító feltételek [9]

Kémiai környezet		Ion koncentráció [mg/l]			pH érték	min. beton szil. osztály	min. cement- tartalom	max. v/c tényező
		SO ₄	Cl	CO ₂				
XA1	enyhén agresszív	<500	<700	0	6,5 – 9	C30/37	300	55

3. Talajfeltárás

Geotechnikában az altalaj, illetve annak állapotának ismerete az elvégzett geotechnikai vizsgálatok mennyiségétől és minőségétől függ. A talajkörnyezet felépítését és tulajdonságait olyan mértékig kell megismerni, hogy az építmény, illetve az építkezés, valamint a környezet geotechnikai jellegű kölcsönhatásai megítélhetők és a geotechnikai feladatok megoldhatók legyenek. [10]

Talajfeltárás célja az altalaj rétegződésének, a rétegek anyagának és vastagságának meghatározása. Az altalaj rétegződésének és tulajdonságainak ismerete elengedhetetlen a megfelelő alapozási mód kiválasztásához, megtervezéséhez, műszakilag helyes és leggazdaságosabb kivitelezéséhez. [10]

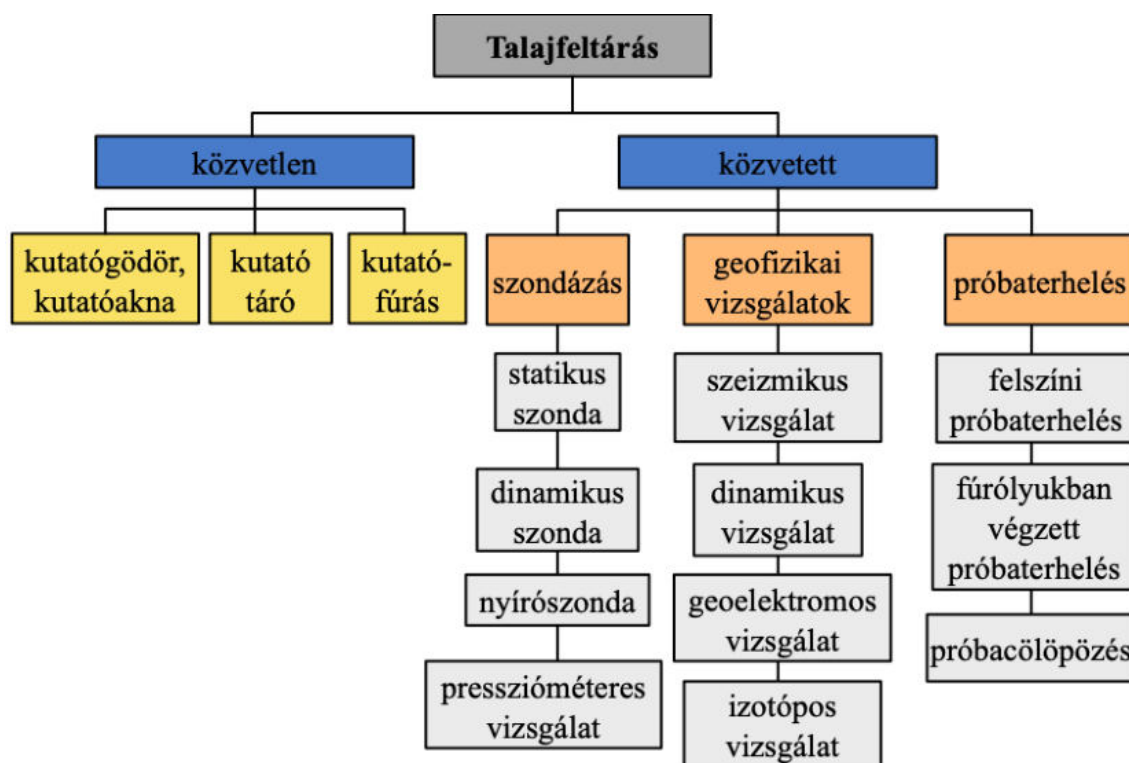
Előfordulhat, hogy a talajfeltérési mód megfelelően lett végrehajtva, de a mintavétel szakszerűtlen volt. Ebben az esetben a szakszerűtlen mintavétel miatt a talajmintákat a laboratórium nem tudja felhasználni. [10]

Az altalaj felderítése nehéz feladat, az altalaj függőleges és vízszintes irányban nagy mértékben változhat, vagyis nem homogén és nem izotróp anyag. [10]

A talajfeltérást mindig a tervezés előtt kell végrehajtani, hogy a talajfeltérás által kapott adatok a tervező számára rendelkezésre álljon. [10]

A talajfeltérásnak 3 fő célja van:

1. A talaj alkalmasságát a javasolt alapozási módra igazolja.
2. Gazdaságos alapozás tervezését teszi lehetővé.
3. Előre láthatóvá válnak az építkezés közbeni talajviszonyok. [10]



14. ábra: Talajfeltárások csoportosítása (saját készítés)

3.1 Közvetlen talajfeltárás

A talajt közvetlenül vizsgálhatjuk meg szemrevételezéssel, próbagödörből, kutatóaknából vagy táróból vett talajmintákkal. Ezeket a mintákat laboratóriumi vizsgálatok alá vetjük és meghatározzuk a talaj tulajdonságait. [11]

3.1.1 Kutatógödör, kutató akna

Ezzel a közvetlen feltérési módszerrel a talaj mélységbeli változásai is vizsgálhatók. Ha a fúrások nem adnak elég pontos információt, ebben az esetben kerül sor kutatógödrök kialakítására. [11]

Kutató akna segítségével lehet feltárni a már meglévő épületek alapozását, altalajviszonyait. Ebben az esetben a meglévő épület mellé létesítenek aknát. [11]

3.1.2 Kutató táró

Bányászati módszerekkel készül, viszonylag kis szelvényű alagútszerű üreg. Alagutak bevágásához, vagy nagy bevágások esetén alkalmazzák. Abban az esetben szokás alkalmazni, ha a felső rétegek ismerete nem lényeges, vagy a felszínről fúrt furatokkal nem elérhetők a mélyebben elhelyezkedő talajrétegek. [11]

3.1.3 Kutatófúrás

A kutatófúrás a talajfeltárás legelterjedtebb módszere. A fúrást fúróeszköz segítségével végzik. A fúróeszközöket csoportosítani lehet átmérőjük és meghajtásuk módja szerint.

Átmérő szerinti csoportosítás esetén vannak kisátmérőjű (55-56 mm) és nagyátmérőjű (102-318 mm) eszközök. Meghajtás módja szerinti csoportosítás esetén kézi, illetve gépi eszközök. [11]

„A fúrószerszámokat talajtól függően kell megválasztani.” [11] Spirálfúró csak az úgynevezett összeálló talajokban alkalmas, puha kötött szemcsés talajokban kanálfúró (dobfúró) szükséges. Agyagok kivételével talajvíz alatt csak iszapolóval érhetünk el eredményt. Kemény talajok esetén, szilárd kőzetekben vésőfúróval aprítják a talajt, majd kanalas fúróval veszik ki. Kemény talajokban, kőzetekben nagyátmérőjű gép berendezéseket használva koronafúróval lehetséges a feltárás. [11]

3.2 Közvetett talajfeltárások

A talajt közvetlen megfigyelés nélkül a felszínről különböző műszerek segítségével vizsgáljuk meg. Közvetett talajfeltárás esetén vizsgálat után mérési eredményeket kapunk, melyeket felhasználhatunk a tervezéshez.

3.2.1 Szondázások

Statikus szondázás

Statikus szondázás, más néven nyomószondázás a talajtól legtöbb adatot szolgáltató módszer. Nem használható olyan talajokban, amelyek csak építési feltöltést, nagyon kemény agyagot, kőzetet vagy durva kavicsot tartalmaz, illetve fagyott talaj esetén. Ezzel a módszerrel 20-25 méter mélységben vizsgálható a talaj. [11]

Szabványos szondafej 60°-os kúpos kialakítású csúcsa 10 cm² keresztmetszetű és 150-350 cm² palástfelületű. A beépített mérőeszközökkel elkülönítve mérhető a fajlagos csúcscellenállás (q_c), a fajlagos köpenysúrlódás (f_s) és a víznyomás (u). [11]

A szondafejet egy rudazat segítségével folyamatos sebességgel nyomják a talajba, a talajba lecsavart horgonyokkal ellensúlyozva. Miközben a szondafejet nyomjuk a talajba mérési adatokat rögzít, a regisztráló készülék és egyből megadja a mérési paramétereket: fajlagos csúcscellenállás (q_c), fajlagos köpenysúrlódás (f_s) és víznyomás (u), illetve a súrlódási arány mélység szerinti változását az f_s/q_c hányadost. [11]

Dinamikus szondázás

Dinamikus szondázás, másnéven verőszondázás által nyújtott információk a talajról kevésbé teljeskörűek, mint a statikus szondázé, de kiegészítést adhat. A statikus szondával ellentétben használható olyan talajokban, amelyek csak építési feltöltést, nagyon kemény agyagot, kőzetet vagy durva kavicsot tartalmaz, illetve fagyott talaj esetén. A szondafejet veréssel juttatják le a talajba, körülbelül 20-25 méter mélységig használható. Többféle szondafej típus használható, a könnyű verőszondát 90°-os kúpszög, 15 cm² keresztmetszet és 43,7 milliméter hossz jellemzi, ez a legelterjedtebb szondatípus. A fejhez csatlakozó rúd felső végén lévő ütőpárna 50 centiméter magasságból percenként 50-szer egy 50 kilogramm tömegű kővet ejt le, ezáltal jut le a szonda a talajba. Lehajtás során azt mérik, hogy 20 centiméter lejutáshoz hány darab ütésre van szükség. [11]

Nyírószondázás

Gyors helyszíni vizsgálatra használható, puha kötött talajok nyírószilárdságának vizsgálatára. A szárnyas szondafej szokásos méretei: $h = 8$ centiméter (magassága) és

$D = 4$ centiméter (átmérője). A vizsgálni kívánt mélységig hidraulikus sajttal nyomják le, majd megfelelő erőátvitellel egy forgatókar segítségével elforgatják, közben mérik a forgatáshoz szükséges nyomaték növekedését, illetve a szögelfordulást. Ezáltal levezethető, hogy valamely nyomaték mekkora nyírófeszültségnek felel meg. [11]

Presszióméteres vizsgálat

Olyan talajok esetén használható, melyekben állékony furat készíthető. A talajok terhelés alatti viselkedését lehet fúrólukban vizsgálni. A szonda egy belső, vékony gumimembránnal határolt mérő- és egy erősebb, külső gumiköpennyel határolt védőcellából áll. A vizsgálat során lépcsőzetesen növelik a gáznyomást, mely a gumicellákon át a talajra adódik át, és ennek következtében a talaj összenyomódik. [11]

3.2.2 Geofizikai vizsgálatok

Geofizikai vizsgálatok során a felszínről végezzük a mérést. A mérési eredményekből következtetünk a talaj szerkezetére. Ezzel a vizsgálati módszerrel nagy terület gyorsan vizsgálható és segítségükkel szűkíthető az a terület, ahol részletesebb feltársra van szükség. [10]

Szeizmikus és dinamikus vizsgálat

Szeizmikus vizsgálat esetén a felszínen mesterségesen létrehozott rezgés hatására a mélyből visszaverődő hullámokat mérik. Szárazföldön és mélyszerkezeti kutatásoknál több tonnás hidraulikus rázószervezetekkel (vibrátorokkal), fúrásokban végzett robbantásokkal, sekély kutatásoknál pedig néhány kilogramm tömegű kalapáccsal gerjesztik az akusztikus hullámokat. Vízen végzett méréseknél sűrített levegőt vagy hidraulikus puskát, elektromos ívkisütést létrehozó vagy indukciós elven működtetett cintányérszerű eszközt alkalmaznak. A visszaverődő hullámokat talajba szúrható geofonokkal mérik, vízi mérés esetén műanyag csőbe elhelyezett piezoelektromos nyomásérzékelők alkalmazhatók. [12]

Geoelektromos vizsgálat

Geoelektromos vizsgálat a kőzetek eltérő fajlagos ellenállásának mérésén alapul. A mérési eredményekből következtetni tudunk különböző kőzettestekre, ezek réteghatárait és az anyagi minőségre. A vizsgálat pontmérésekkel, kétdimenziós szelvénytérképekkel és háromdimenziós területméréssel végezhető el. Legpontosabb mérési eredmény a háromdimenziós területméréssel kapjuk, viszont ez a legnehezebben kivitelezhető. [13]

Izotópos vizsgálat

Izotópos vizsgálat során egy csőben radioaktív anyagot helyeznek el bizonyos mélységben és a sugárzás intenzitását mérik a talajban. Ezzel a módszerrel a talaj sűrűségéről kapunk tájékoztatást. Résalapok betonminőségére, folytonosságára és sűrűségének mérésére is alkalmazható. [10]

3.2.3 Próbaterhelés

Felszíni próbaterhelés

A talaj összetételében inhomogén, valamint fizikai és szilárdsági viselkedése keresztmetszetenként eltérő lehet. A talaj igénybevételi módja eltérően viselkedik próbaterhelés és a tényleges terhelés körülményei között. Abban az esetben lehet felszíni próbaterhelést alkalmazni talajok összehasonlítására, ha azonos terhelőlemez és terhelési körülmények vannak. Nem szabad felszíni próbaterhelést alkalmazni talajok teherbírásának megállapítására. [10]

Fúrólukban végzett próbaterhelés

Fúrólukban végzett próbaterhelés lehet vízszintes vagy függőleges. Függőleges próbaterhelésnek a célja az lett volna, hogy talajkutatók közben fúrással feltárt talajrétegek várható teherbírását közvetlenül terheléssel megállapítsa a tervezett mélyalapozás számára. Az eredmények pontatlanságát ebben az esetben a következők fokozzák:

- a terhelt felszín sík, egyenletes felületét a fúrólukban biztosítani nem lehet,
- a fúróluk tökéletes víztelenítése nem megoldható,
- a terhelő felület nagyságának határt szab a fúróluk átmérője,

- a fúrési technológia miatt a talaj átgyúrt, nem természetes állapotú. [10]

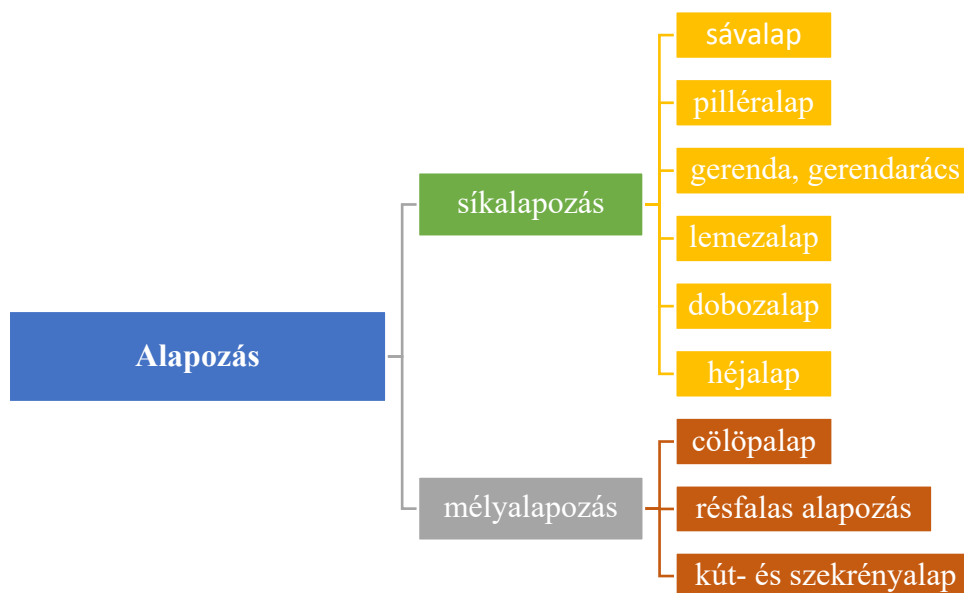
Próbacölöpözés

A próbacölöp nem összekeverendő a cölöp próbaterhelésével. Próbacölöp tájékoztatást ad a talajrétegződésről és a cölöp dinamikus teherbírásáról. Próbacölöpözéskor a vizsgálandó talajba cölöpöt verünk be és feljegyezzük az ütésre fordított ütőmunkát, valamint az ütés hatására a cölöp talajba hatolását mérjük. Grafikonon ábrázolva az ütésszámot és talajba hatolás mértékét a grafikon alakjából következtetni tudunk a talajrétegződésére. [10]

4. Alapozás

Az alapok terepszint alatt helyezkednek el, az építmények teherhordó, illetve teherközvetítő szerkezeti részei, amelyek a létesítmény terheit a talajra továbbítják. Minden alapozás az önsúlyát és a rájutó terhelést az altalajnak adja át. Az alap állékonysága és tartóssága attól függ, hogy az építmény és a talaj között sikerült-e helyesen kialakítani a kapcsolatot. Az alapozás feladata a terhek károsodás nélküli átadása a talajra.

Szerkezeti elemnek minősül az alapozás, ezáltal teljesítenie kell, hogy műszakilag alkalmas, kivitelezhető, gazdaságos és környezetbarát legyen.



15. ábra: Alapozási módok (saját készítés)

Az építmények terheit, ha lehetséges síkalapokkal továbbítjuk a talajra, mivel általában olcsóbbak és könnyebben elkészíthetők, mint mélyalapok. [11]

5. Síkalapozás

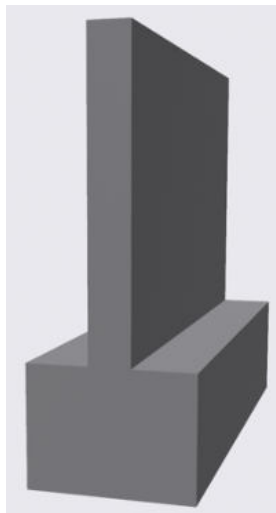
A síkalapok teherátadása az alap alsó síkján, az alapsíkon történik a felszínhez közeli talajrétegre. Pontszerű, vonalas, illetve felületi jellegű szerkezetek. A síkalap függőleges méretét (vastagságát) az határozza meg, hogy az alap szerkezet képes legyen elviselni a rájutó igénybevételeket. Építése úgy történik, hogy a talajt az alapsíkiig kiemelik és onnan építik felfelé az alaptestet. Az alapozandó szerkezet geometriája és mozgástűrése határozza meg, hogy milyen síkalap típus alkalmazható. [11]

Síkalapot alkalmazunk a következő esetekben:

- ha a felszínhez közel megfelelő teherbírású és vastagságú altalaj helyezkedik el,
- ha a felszínközeli talajrétegek mérsékelt teherbírásúak és mélyebben sem található megfelelő teherbírással rendelkező réteg, viszont az épület terheit nagy felületen el lehet osztani, ezáltal biztosítható a teherbírás,
- ha az épület süllyedésre nem érzékeny. [14]

5.1 Sávalap

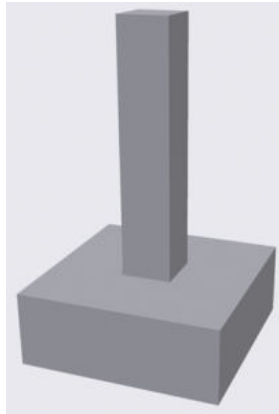
A sávalap a falak alá készül és folyamatosan alátámasztják a falszerkezetet. Régen gyakori volt, hogy téglából készült a sávalap és a falszerkezet is, ma már betonból és vasbetonból készül. Talpszélessége azonos szélességű lehet a falazattal, de általában a sávalap közepébe helyezkedik el a felmenő falszerkezet. Keresztmetszete lehet téglalap vagy trapéz. Keresztmetszeti kialakítása attól függ, hogy melyik kialakítás teszi gazdaságosabbá, tehát figyelembe kell venni a zsuzási költséget, a betonköltséget és a határidőt. [11]



16. ábra: Sávtalap (saját készítés)

5.2 Pilléralap

A pillérek alatt talpalap helyezkedik el. Többnyire vasbetonból készül, de készülhet betonból vagy előregyártott elemként is. Előregyártott elem esetén a pillér kehelyalapba is befogható, de kialakítható csuklós kapcsolat is a pillér és az alap között. A magasabb vezetékoszlopokat le is kell horgonyozni az alapba, mivel nyomaték is hat rájuk. [11]

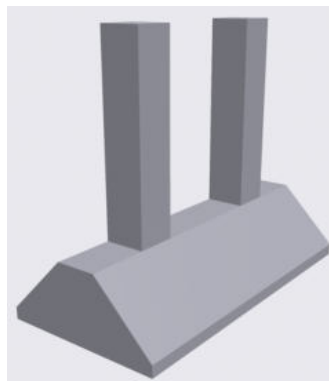


17. ábra: Pilléralap (saját készítés)

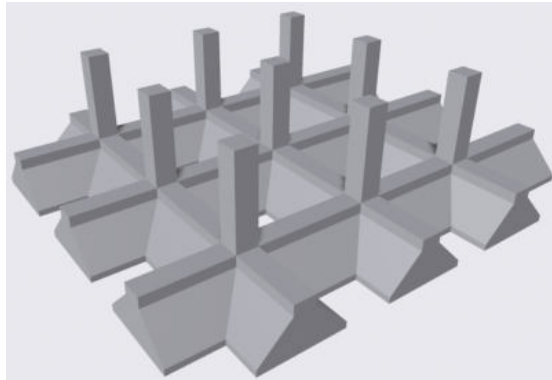
5.3 Gerenda, gerendarács alap

Gerenda alapot akkor készítünk, ha a külön lealapozott pillérek süllyedéskülönbsége egyirányba olyan nagy, amely nem megengedett. Anyagát tekintve csak vasbetonból készül, mert hajlító igénybevételt kap. [11]

Gerendarács alapot akkor készítünk, ha mindkét irányba csökkenteni kell a süllyedéskülönbséget. [11]



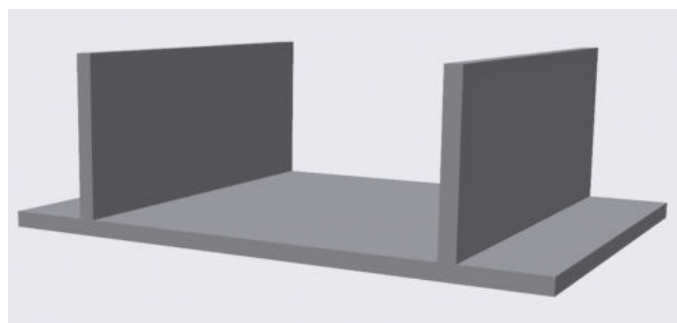
18. ábra: Gerenda alap (saját készítés)



19. ábra: Gerendarács alap (saját készítés)

5.4 Lemezalap

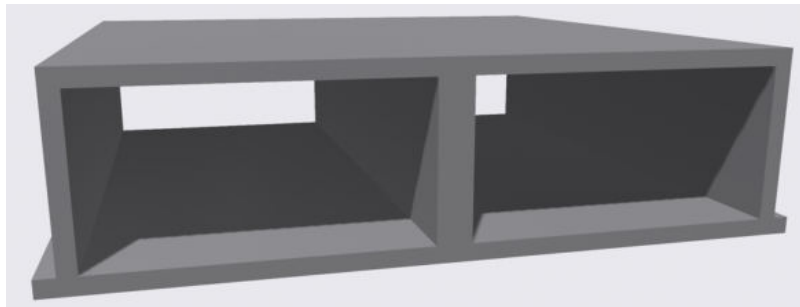
A lemezalap építmény alatt átmenő összefüggő vasbeton szerkezet, amelyek falakat és pilléreket egyaránt alátámasztanak. Lemezalapot akkor alkalmazunk, ha az építmény terheit csak az alapterület teljes felületen lehet átadni az altalajra, mert a fajlagos terhelés meghaladná az altalaj teherbírását. Célszerű ezt az alapozást választani teljesen alapincézett épületeknél, ahol víznyomás elleni szigetelés is kell. [11]



20. ábra: Lemezalap (saját készítés)

5.5 Doboزالap

A dobozalap házgyári elemekből készül, károsodás nélkül csak kis deformációt viselnek el. A süllyedéskülönbségek tovább csökkenthető dobozalapokkal, melyek szekrénytartók tulajdonképpen. Szerkezeti kialakítását tekintve monolit egészet képez a lemezalappal, a rá épített falakkal és a födémmel. [11]



21. ábra: Dobozalap (saját készítés)

5.6 Héjalap

A héjalapok görbe felületű, kis szerkezeti vastagságú (lemezszerű) vasbeton héj szerkezetek. A héjalapok lehetnek helyszínen készített (monolit) vagy előregyártott szerkezetek. Munkaigénye és geometriai követelménye miatt drágának számít, hiába anyagtakarékos. [11]



22. ábra: Héjalap (saját készítés)

6. Mélyalapozás

Mélyalapozást akkor alkalmazunk, ha a terepszint közelében nincs megfelelő teherbírású altalaj, illetve a síkalapozás nem kivitelezhető. Ebben az esetben a mélyebben fekvő kellő teherbírású altalaj és az építmény szerkezeti elemei közé közvetítő elemet építünk, ezt mélyalapozásnak nevezzük.

Mélyalapot alkalmazunk a következő esetekben:

- ha a teherbíró talajréteg mélyen helyezkedik el,

- ha a magas talajvízszint miatt a víztelenítés költséges lenne,
- ha kimosás, kiüregelődés, elcsúszás veszélye áll fenn síkalap alkalmazása esetén,
- ha túl nagy süllyedések keletkeznének síkalapozás esetén, amelyek nem megengedhetők,
- gazdaságosabban kivitelezhető, mint a síkalap. [15]

6.1 Kút- és szekrényalap

A kútalap nagytérű, rövid cölöphöz hasonlító, alul-felül nyitott körfal, amelynek belsejéből fokozatosan kiemelik a földet, ezáltal a saját súlya alatt besüllyed az így kialakított üregbe. A tervezett szint elérése után fenéklemezt készítenek vagy teljesen kibetonozzák a köpenyfal belüli teret. Akkor gazdaságos, ha a talajvízszint alatt helyezkedik el megfelelő teherbírású altalaj, illetve nyílt vízben történő alapozáskor. Az építményt pontonként támasztja alá, a teherbíró réteg 4-8 méter mélységben helyezkedik el a térszín alatt (pl. kőzet), akkor versenyképes lehet a cölöppel. [11]

Szekrényalap készítésénél is a saját súlyát kihasználva süllyeszti a teherbíró réteget, miközben a belsejéből kiemelik a földet. Az építményt egybefüggően, mereven támasztja alá, az építmény alaprajzával azonos felületű. Méretük nagyobb, mint kútalapnak, 1000 m² feletti alapterület és 40 méter mélység sem ritka, ezért belül merevítő falak is szükségesek. Alkalmazható földalatti terek (szivattyúház, garázs, akna) kialakítására. [11]

Többféle típusa van:

- alul – felül nyitott szekrényből víz alatti kotrással emelik ki a földet;
- felül zárt szekrényből túlnyomással szorítják ki a vizet és kézimunkával, kisgépekkel dolgoznak benne, ezt keszonnak nevezik;
- alul zárt szekrényeket nyílt vízben úsztatják be és vízfeltöltéssel süllyeszti a fenékre. [10]

Két fő szerkezeti elemekből állnak a kutak és szerkények, fő szerkezeti elemei a vágóél és a köpenyfal. A vágóél célszerű geometriával van kialakítva és acéllemezzel van megerősítve. A köpenyfal monolit vasbeton, vastagsága és vasalása olyan, amely elbírja

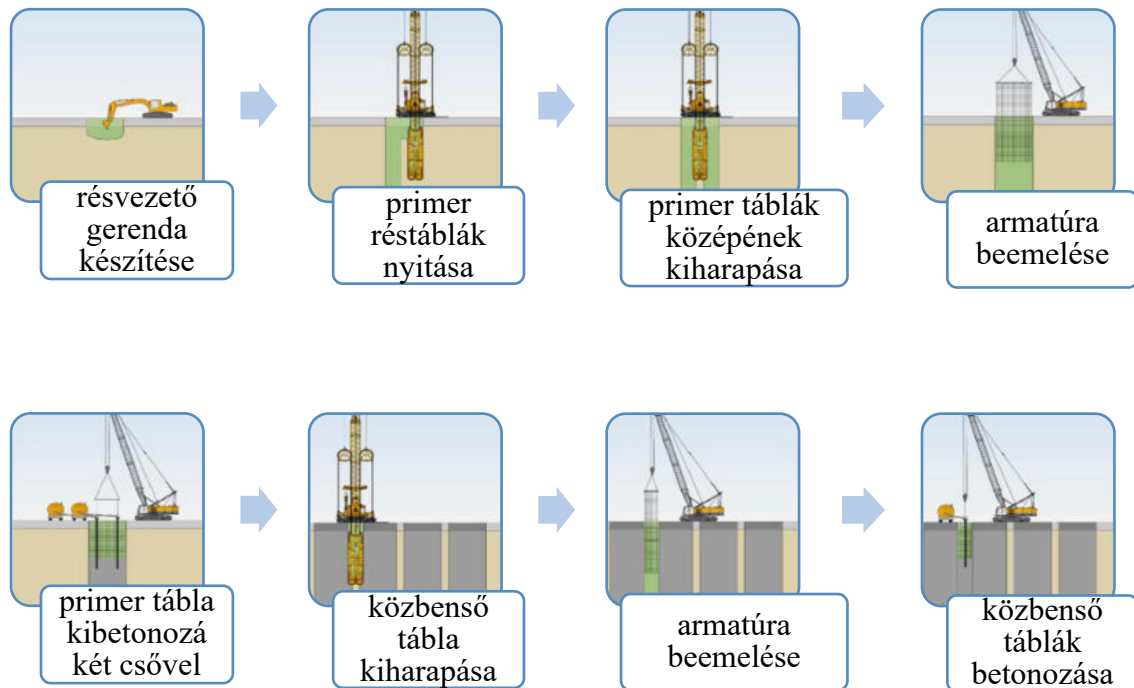
a rá jutó terhelést, valamint a süllyedéshez megfelelő súlyt biztosít. Kisebb mélységben a kutak előregyártott kútgyűrűkből is építhetők.

Kút- és szekrényalapok kivitelezésére technológiai tervet, süllyesztési programot kell készíteni. A süllyesztési program legfontosabb eleme, hogy a süllyedéshez szükséges súly elégséges legyen a köpenyfalon fellépő ellenállásokkal szembe. A köpenyfalon fellépő súrlódást a köpenyfal mellé ömlesztett gyöngykaviccsal vagy bentonitsuszpenzióval lehet csökkenteni. Ügyelni kell a belső vízszint tartásra, vagyis nem szabad túl sok vizet a talajjal együtt kiemelni, mert a fenéken hidraulikus talajtörés következhet be. Fontos, hogy a kút és a szekrény egyenletesen süllyedjen, ezáltal ne okozzon az elferdülés miatt befeszülést. Figyelni kell, hogy a süllyesztés környezetében ne következzen be talajlazulás és ebből származó talajmozgás és süllyedés. [11]

6.2 Résfalas alapozás

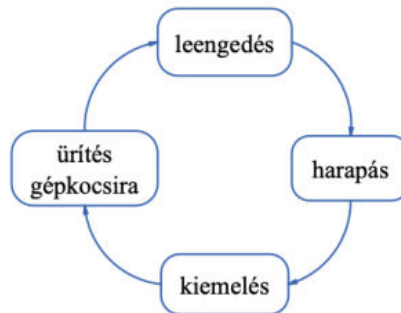
A Résfalak általában 40 és 60 centiméter szélességben, nagy mélységig lenyúló szinte tetszőleges szélességben táblákból készülnek. Anyagukat tekintve vasbeton falakból állnak, melyek elkészítéséhez a talajt speciális gépekkel emelik ki, közben a rés beomlását bentonitsuszpenzió akadályozza meg. A résfal földmegtámasztó falként alkalmazható ideiglenes munkatérhatárolásra meglévő épület mellé, ahol a vízzárás is szükséges és felszín alatti szerkezet (mélygarázs, aluljáró, alagút) végleges oldalfalaként. Egyéb alkalmazási területei az utólagos vízzárás, például gátak alatti szivárgás megakadályozása és alapozási szerkezetként. [11]

A résfal költséges szerkezet, ezért akkor előnyös építeni, ha több feladatot is ellát. Nagy felvonulási területet igényel, hulladékként bentonitos zagy keletkezik, melynek elszállítása vagy elhelyezése problémát okozhat. A felszíni alatti vízáramlásokat véglegesen átalakítja, mely káros következményekkel járhat. [11]



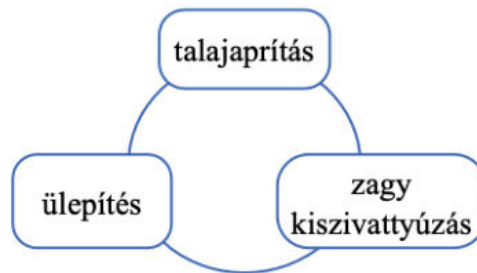
23. ábra: Réselés folyamata [16]

A résvezető gerenda az építendő résfal két oldalán, falszélességnek megfelelő távolságban készített vasbeton fal, amely 1-2 méter mélységig ér le. Résvezető gerenda szükséges, hogy kijelölje a résfal helyét, függőlegesen vezeti a réselőgépet, megtámasztja a felső talajzónát, amelyet a bentonitos résiszap még nem biztosít és rendezett felszínt tesz lehetővé. Keresztmetszeti kialakítása téglalap, álló vagy fordított L alak. A rés speciális gépekkel készíthető, amelyeknek két alaptípusa van a markológépek és a folyadékszállítású berendezések. Markológépek ciklikus üzeműek, a harapó fej merev rúdon (Kelly-rúdon) vagy kötelen függ, erőátvitel szempontjából hidraulikus vagy mechanikus (köteles). Markoló típusú réselőgépeknél a markoló nyitási távolsága szabja meg a legkisebb réshosszt. [11]



24. ábra: Markológépek ciklikus üzeme (saját készítés)

A folyadékszállítási gépek folyamatos üzemmódúak. Talajkitermelést végző berendezés többféle típusú. Egyes munkagépeken függőleges tengelyre szerelt fogak, fűrőfejek, másféle gépeken vízszintes tengelyű marótárcsák folyamatos forgással aprítják a talajt. A fűrőszerszám átmérője határozza meg a legkisebb réshosszt. [11]



25. ábra: Folyadékszállítási gépek folyamatos üzeme (saját készítés)

Kötött talajok vagy nehezen fejthető talajok esetén hidraulikus markolóval felszerelt, illetve ásókotró jellegű réselőgépet célszerű használni. Szemcsés talajok esetén folyadékszállítási vagy köteles mechanikus kotróval felszerelt gépek alkalmazása célszerű. [11]

Különböző eljárással dolgozó réselőgépek közös tulajdonsága, hogy a talajba vékony, keresztmetszetéhez viszonyítva mély rést vágnak. A résbe egyidejűleg vezetik a résiszapot, ezzel megakadályozva a rés beomlását, majd betonnal kitöltik a rést, közben a felül összegyűlt és kiszoruló résiszapot elvezetik. [11]

Résiszap feladata, hogy a rés oldalfalait megtámassza a réselési munkafolyamat alatt a rés kibetonozása végéig. A résiszap egy szuszpenzió, amely bentonitból, vízből és egyéb vegyi anyagokból áll. [11]

Ahhoz, hogy vízzáró, teherhordó résfalat kapjunk a résiszap által biztosított rést ki kell tölteni betonnal. [11]

A teherhordó résfalakat részben vagy egészben armatúrával kell építeni. A réstábláknak saját armatúrájuk van, ezeket előregyártják és a réselés helyszínére összeszerelve szállítják. Armatúra részbe való elhelyezésénél figyelni kell az armatúra függőleges helyzetére. Részbe emelni az armatúrát akkor szabad, ha a betonozásra minden készen áll. A részbe elhelyezett armatúrákat magasságilag és vízszintesen is rögzíteni kell, a rögzítés helye terv szerint van meghatározva. [11]

A rés kitöltését víz alatti betonozáshoz hasonló módszerrel történik. Betonozás csak nyugvó bentonit szuszpenzióban végezhető, vagyis a bentonit felkavarása nélkül. Figyelni kell, hogy a beton az előírt állapotának megfelelően kerüljön a részbe. Résfal betonozása állótölcséres eljárással történik. A beton alulról felfelé tölti fel a rést betonozócső segítségével. [11]

A rések elkészülése, valamint az armatúra beszerelése után a betonozást azonnal el kell kezdeni és minél előbb be kell fejezni, mert a betonozás sebessége hatással van a réstábla minőségére. A betonozás során a kiszoruló bentonit elvezetéséről folyamatosan gondoskodni kell, ez történhet gravitációs úton vagy zagyszivattyú segítségével. [11]

A zaggyal keveredett betontáblák tetejét levésik és fejgerendát készítenek rá, ezzel biztosítva a táblák együttdolgozását. Földkitermelés után a táblák felületét lemarják megfelelő munkagép segítségével vagy löttbetonnal kellősitik. A táblák közötti munkahézagot át néha előfordulhat vízszivárgás, ebben az esetben a vízszivárgást megállítani a fal mögötti talaj injektálásával lehetséges. [11]



26. ábra: Elkészült résfal (saját készítés)

6.3 Cölöpalapozás

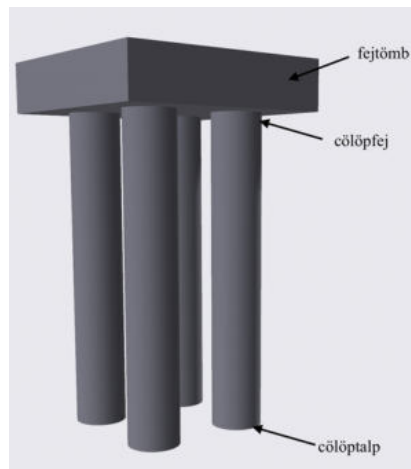
A cölöpalapozás legrégebb óta ismert és viszonylag egyszerű alapozási mód a mélyalapozások közül. A cölöp közvetítő elemként átadja az épület súlyát a teherbíró altalajnak. A cölöpalapozás készítése előtérbe kerül, a következő okokból kifolyólag:

- A sok építkezés hatására elfogynak a kedvező altalajjal rendelkező területek, ezért egyre gyakrabban kell, olyan helyeken építkezni, ahol kedvezőtlen az altalajadottság és emiatt beépíttlenek.
- Egyre nagyobb terhelésű és süllyedésre érzékenyebb épületek alapozását kell elkészíteni, amelyek számára csak mélyebben helyezkedik el teherbíró réteg.
- A cölöpalapozás gépesítésének köszönhetően növeli a versenyképességét síkalapozással szemben. [11]

A cölöpök terhüket mélyebb talajrétegekre adják át a cölöp csúcsán és köpenyén. Függőleges méretük a felszín és a teherbíró talajréteg közti mélység, általában a befogáshoz szükséges hossz a talajban $H > 5D$, ahol H – a cölöp hossza és D – a cölöp átmérője. Cölöpök lavírsíktól lefelé a teherbíró talajrétegig, megfelelő gépekkel készíthetők. [11]

Cölöpök szerkezeti felépítése a következő elemekből áll:

- cölöptalp
- cölöpfej
- cölöpöket összefogó fejtömb



27. ábra: Cölöp szerkezeti felépítése (saját készítés)

6.3.1 Cölöpalapozás alkalmazása

Cölöpalap alkalmazását indokolják, ha:

- a talaj felső réteg teherbírása nem megfelelő, a teherbíró altalaj 8-20 méter között helyezkedik el;
- a felszínhez közel síkalapozásra alkalmas réteg található, de kimosódás veszélye áll fent;
- a talajvíz magasan van, cölöpözéssel a víztelenítés nehézségei elkerülhetők, így költséghatékonyabb;
- káros süllyedéseket okozhat az egyenlőtlen felső réteg;
- a környező épületek veszélyeztetve vannak más alapozási mód esetén. [10]

A cölöpalapok funkciója és rendeltetése szerint a következők lehetnek:

- új építmény alapozási szerkezete,
- régi épület alapozásának megerősítése,
- talajjavítás,
- földmegtámasztó szerkezet. [11]

6.3.2 Cölöpalapok osztályozása

A cölöpöket sokféle szempont alapján lehet osztályozni. Cölöpök osztályozása lehet:

- anyaguk szerint:
 - fa: impregnálva alkalmazták régen gyakori volt, ma már nem elterjedt, tájvédelmi okokból vízi építményeknél esetleg alkalmazzák.
 - acél: ritkán alkalmazzák, keresztmetszete lehet cső (egyben vagy elemekből összekapcsolva) vagy hengerelt profil.
 - beton, vasbeton: leggyakoribb, készülhet helyszínen vagy előregyártva.
 - szemcsés anyagok (kavics, zúzottkő): talajjavítás esetén alkalmazzák. [10]
- készítés módja szerint:
 - előregyártott,
 - helyszínen készített: készülhet talajhelyettesítéssel vagy talajkiszorítással.
- átmérőjük szerint:
 - mikrocölöp: átmérője 8-30 centiméter közötti, inkább alapmegerősítés céljából készülnek. [11]
 - normálcölöp: átmérője 30-80 centiméter között. [11]
 - nagyátmérőjű cölöp: átmérője 80 centiméter felett, talajhelyettesítéssel technológiával készítik. [11]
- teherátadás módja szerint:
 - álló cölöp: csúcson támaszkodással adja át a terhet a talajra.
 - lebegő cölöp: felületén súrlódással adja át a terhet a talajra.
 - vegyes cölöp: csúcson és felületén is átadja a terhet a talajra. [11]
- igénybevétel módja szerint:
 - húzott: teherátadás csak a köpeny mentén történik. Akkor áll elő, ha a cölöpcsoport annyira külpontos terhelést kap, hogy egyes cölöpjei húzottá válnak. [11]
 - nyomott: a cölöpök tengelyirányú nyomóerőt kapnak, melyet átadnak a talajra. [11]
 - hajított: keresztirányú terhelést is kapnak, a cölöpök egy pont körül elfordulva a köpenyükön nyomófeszültségeket is áthárítanak a talajra, miközben hajlítást és nyomást szenvednek el. [11]

6.3.3 Cölöpözési technológiák

Sok cölöpözési technológia létezik, amelyek alig különböznek egymástól. A technológia típuson belül megjelenő cölöptípusok neve gyakran egy mélyalapozással foglalkozó cég által megvásárolt és szabadalmi védelem alatt álló technológiai eljárás. Alapelveikben megegyező technológiák, átmérőben, hosszban és ezáltal cölöpteherbírás tekintetében eltérhetnek egymástól. [11]

Cölöpözési technológiát két csoportra bonthatjuk:

- talajhelyettesítéssel készített cölöpök,
- talajkiszorítással készített cölöpök.

„Talajhelyettesítéssel készített cölöpök technológiai feladatai a következők:

- földkiemelés,
- furat biztosítása,
- betonbevitel,
- betontömörítés,
- vasalás behelyezés.” [11]

Földkiemelés lehetséges fúrással, markolással vagy vízöblítéssel. Leggyakrabban alkalmazott földkiemelési módszer a fúrás, ebben az esetben talajfajtához igazodva kell megválasztani a fúrás során alkalmazott eszközöket. Szemcsés talajok esetén kanálfúró vagy dob-fúró alkalmazható, melynek az alja fel van hasítva így a talaj bejut a belsejébe és kiemeléskor sem hullik ki. Kötött talajok esetén spirálfúró használata célszerű, mivel kohézió miatt a talaj rajtamarad a fúróspirálon. Spirálfúró speciális változata a végtelen spirálfúró, ami 12-25 méter hosszú. A végtelen spirált egybe hajtják le a talajba és emelik ki vele a talajt, valamint egyben betonozócső is. Víz alatti laza talajok esetén a talajt iszapolóval is ki lehet emelni, amely egy csőből áll és alul golyós szelep zárja le miközben kiemeli a talajt. [11]

Markolással történő kiemelés során kiemelhető a teljes mélység, vagy csak a felső réteg, amely durva szemcsés összetételű esetleg épülettörmelék is tartalmaz.

Öblítéssel történő földkiemelés ritkábban alkalmazott eljárás. Öblítéses fúrás esetén a fúrófej csak feltöri a talajt és az öblítőfolyadék mossza ki a talajt közben a folyadék a furat falát is biztosítja. [11]

Az egyik legkritikusabb pont a furatállékonyságának biztosítása. Számos problémát okozhat a furat beomlása. A furat beomlása megakadályozhatja a fúrószár kiemelését, a cölöptest folytonosságát megszakíthatja, a vasalás és beton kapcsolatát gyengítheti, növelheti a betonfelhasználást, csökkenti a palástellenállást a környező talaj fellazításával, kompresszibilis párna alakulhat ki a furat alján. Önmagában állékony talaj esetén a furat megtámasztásának biztosítása el is maradhat, de ügyelni kell a furat gyors kibetonozására. Végtelen spirál használata esetén nincs szükség külön eszközre, ami a furat állékonyságát biztosítja, mivel a fúrás során bennmaradó talajdugó támasztja meg. Szemcsés talajok esetén a furatot fúróiszappal, vagyis bentonit szuszpenzióval támasztják meg. Legbiztosabb furatfal megtámasztási mód, ha béléscsővel van biztosítva. A béléscső mozgatása nehéz, külön eszköz szükséges hozzá, valamint toldása lassítja a munkát. [11] Betonbevitel lehet gravitációsan vagy pneumatikusan, vagyis nyomás segítségével. A nyomás egyben tömörít is és biztosítja a felfekvést a talpon. A friss beton mindig a bennlévő felszíne alá kell, hogy kerüljön, mivel így maga előtt tolja fel a talajjal összekeveredett betont. A beton furatba juttatásához betonozó tölcseért használnak, vagy béléscsőn, illetve fúrószáron át juttatják be. A betonnak elég folyósnak kell lennie és finomabb szemcséjű adalékanyagot tartalmazhat, mivel így elkerülhető a dugulás. Betonozás folytonosságára különösen figyelni kell, mivel a cölöptestnek folytonosnak kell lennie. [11]

A beton tömörítésére több módszer is van, de figyelni kell, hogy a tömörítés ne vezessen vízleadáshoz. A beton bejuttatása nyomás segítségével már tömörítést is ad egyben.

A beton tömörítés következő módokon lehetséges:

- pneumatikus bevitel a beton tömörítését is biztosítja,
- csömöszölni beejtegetett döngölővel vagy béléscső visszaverésével,
- vibrációval, amit merülővibrátor vagy béléscső oszcilláló mozgatásával lehet elérni. [11]

Vasalat behelyezése a furatba történhet kibetonozás előtt és után is. Általában kibetonozás után szokás elhelyezni az armatúrát lenyomással, vibrálással.

„Talajkiszorítással készített cölöpök technológia speciális feladatai a következők:

- talajkiszorító elem kiválasztása és kialakítása,
- lehajtás.” [11]

Többi feladatai megegyeznek a talajhelyettesítéssel készült cölöpök technológiai feladataival. [11]

Talajkiszorító elemnek előregyártott vasbeton elemet használnak, amely külön erre a célra készül vagy fémek lehajtásával is kiszorítható a talaj. Lehajtás történhet verve vagy vibrálva, melyhez sima köpenyfelületű acélcsöveket használnak vagy spirállal ellátott köpenyfelületű csöveket használnak lecsavaráshoz. Leggyakrabban elvesző saruval vagy betondugóval zárják le a cső csúcsát. Nyitott csövek használata is megfelel, mivel az aljukon betömörödik a talaj és ezáltal lezárja a csövet. A duktil-cölöp öntött vascsőből áll, amelyek kúposan egymásba feszülő elemekből áll. [11]

Általában veréssel hajtják le az elemeket, melyhez régen verőkost alkalmaztak, napjainkban diesel vagy hidraulikus üzemű verőberendezéseket alkalmaznak, melyeket befüggesztenek vagy rudazaton mozgatnak. A körszerű verőberendezések ütőszáma, amplitúdója és teljesítménye, vagyis a verési paraméterei tág határok között változatható, ezzel igazodni lehet a talajfajtaéhoz és a lehajtandó elemek paramétereihez. Szemcsés talaj esetén vibráció hatékony, melyhez változtatható paraméterű berendezéseket használnak. Mind a veréssel és vibrációval történő lehajtás nagy zajhatással jár, ezért a zaj csökkentésére zajárnyékolót használnak. A zajhatás csökkentése érdekében lesajtolással is próbálkoznak, de ez a módszer csak mikrocölöpök készítése esetén hatásos. Öblítéssel segíthető a lehajtás, ehhez egy vékony csövet vezetnek végig a cölöpökön. A csúcslérése előtt 1-2 méterrel az öblítést be kell fejezni. A cölöptalp utólag injektálható a csövön keresztül, az így létrejövő szélesített cölöptalp a cölöp teherbírását növeli. [11]

A lecsavarás eszközei annyit fejlődtek, hogy 60 centiméter körüli átmérőjű cölöp is készíthető. Technológiája a CFA cölöphöz hasonló, viszont a fúrószerszám kialakítása olyan kialakítású, hogy a talaj nem jön ki a furatból. Egy különleges típusa a Screw-pile

módszer, amelyet egy végtelen spirállal ellátott cső lecsavarásával úgy készül, hogy betonozás közben csavarva húzzák kifelé a fúrószerszámot, ezáltal spirális felületű lesz a cölöppalást. [11]

Magyarországon alkalmazott cölöpözési technológiák:

- előregyártott vert vasbeton cölöp,
- markolt cölöp,
- béléscsövözett közönséges fűrt cölöp,
- Soil-Mec cölöp,
- folyamatos spirállal készített cölöp (CFA),
- talajkiszorításos csavart cölöp (FDP),
- Franki cölöp,
- sima köpenyű csavart cölöp (Omega),
- csavarmentes könnyű cölöp (Screwsol),
- kavicscölöp,
- mikrocölöp,
- Jet-grouting.

Mivel sok cölöpözési technológia létezik, amelyek alapelveikben megegyezők, ezért általam kiválasztott egy-egy cölöpözési technológiát mutatok be a következő fejezetekben talajhelyettesítéssel, illetve talajkiszorítással készült cölöpök esetén.

7. CFA cölöpözés technológiája

A CFA cölöp talajhelyettesítéssel készített cölöp. Magyarországon széles körben alkalmazott cölöpözési technológia a CFA technológiával készült cölöp. Continuous Flight Auger angol rövidítéséből ered a CFA név, magyarul folyamatos spirállal készített cölöp. Fúrószerszáma meghatározott emelkedésű végtelen spirálfúró, amely egyben betonozó cső is. A spirál lehajtás közben biztosítja a furat állékonyságát a spirálon bennmaradó talajdugóval. Betonpumpa segítségével a fúrószáron át nyomás alatt juttatják a betont a furatba, miközben a beton feltolja a spirált, a rajta elhelyezkedő

talajdugóval együtt, ezt a spirál felhúzásával is segíteni kell. Különös figyelmet kell fordítani a kibetonozásra, mivel a cölöptest folytonosságát biztosítani kell. A földkitermelés és a betonozás azonos időben történik. A furat állékonyságát a betonoszlop oldalnyomása folyamatosan biztosítja. Az előregyártott betonacél armatúra elhelyezése utólag a kibetonozást követve kerül behelyezésre vibrálással és kotró esetleg daru segítségével benyomva a friss betonba, ehhez a betonnak folyós konzisztenciájúnak kell lennie. Az előírt betontakarást az artamtúrara hegesztett távtartók biztosítják. Ezzel a technológiával készülő cölöpök átmérője 40-1200 milliméter között, mélysége 25 méterig lehetséges. Általában Eurocode jelölése szerint B 500 minőségű betonacélt használnak a cölöpök armatúrájának, ami azt jelenti, hogy 500 N/mm^2 az acél folyáshatárának karakterisztikus értéke és szívóssági (duktilitási) szempontból B duktilitási osztályba tartozó betonacél. [9]

A beton minőségét két kritérium határozza meg. Az egyik kritérium a statikai igénybevételek alapján szükséges betonszilárdság, a másik kritérium a beton környezeti osztálya által megszabott szükséges legkisebb nyomószilárdság. A két kritérium közül elsőnek a környezeti osztály által meghatározottat kell vizsgálni, amelyet az MSZ EN 4798:2016 szabvány ír elő. Az MSZ EN 4798:2016 szabvány szerint az alapozási szerkezetek, melyek vízzel hosszú időn át érintkeznek XC2 környezeti osztályba sorolható. Az XC2 környezeti osztály C25/30 minimális betonszilárdsági osztályt követel meg. Ezt a talaj vagy talajvíz kémiai környezete magasabb szilárdsági osztályba sorolhatja, ami C30/37 vagy C35/45. [9]

Betonminőségénél figyelni kell a maximális szemnagyságra, ami 16 milliméter lehet a beton pumpálhatósága miatt. Cölöpözési munka megkezdése előtt mindennap mintát kell venni a betonból. A vett mintából 3 darab próbakockát kell készíteni, melyet szilárdságvizsgálat alá kell vetni és területmérést is kell végezni, mellyel megállapítható a beton konzisztenciája.

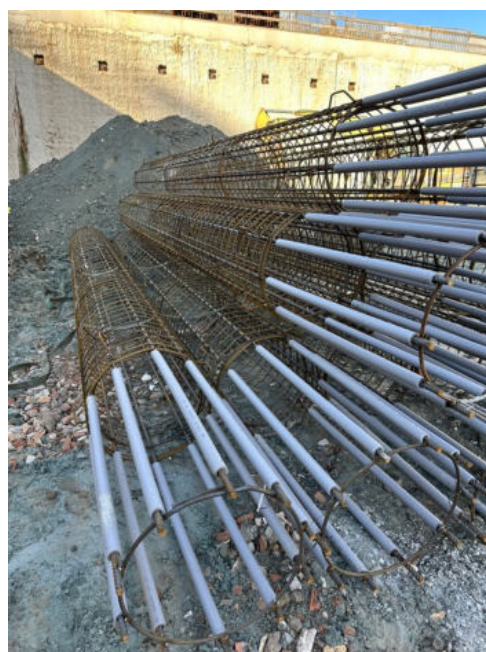
CFA cölöpözéshez szükséges géplánc: cölöpözőgép, betonpumpa, kotró.



28. ábra: CFA cölöpözés géplánca (saját készítés)



29. ábra: CFA fúrószár (saját készítés)

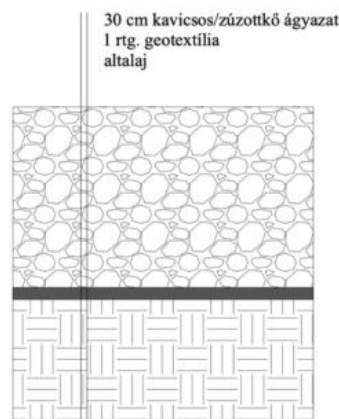


30. ábra: Cölöpmatúra (saját készítés)

Bemutatom a CFA cölöpözés folyamatát, melyet képekkel is szemléltetek.

1. Lavírsík kialakítása

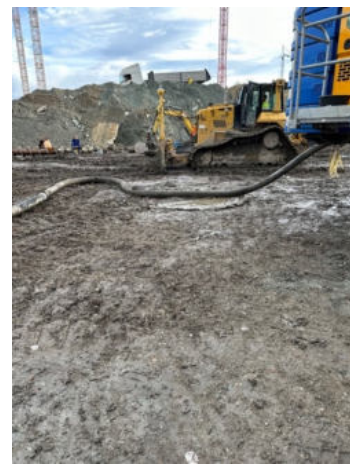
Különös figyelmet kell fordítani a megfelelő teherbírással rendelkező lavírsík kialakítására. A lavírsíknak furatanyagtól mentesnek kell lennie, nem lehet laza szerkezetű, mert a nagy súlyú cölöpfúrógép megsüllyedne, legrosszabb esetben fel is borulhat. Nagy mennyiségű csapadék után dózer segítségével letolják a saras, felázott talajréteget és kavicságyazatot terítenek szét, ez általában akkor következik be, ha nem volt megfelelő a lavírsík kialakítása vízelvezetés szempontjából. Jól kialakított lavírsík rétegrendje a következő: altalaj rajta geotextília és 30 centiméter kavicsos ágyazat vagy építési törmelék. Ebben az esetben szivárgóként elvezeti a vizet és nagy mennyiségű csapadék után is járható a cölöpözési terület.



31. ábra: Lavírsík rétegrendje (saját készítés)



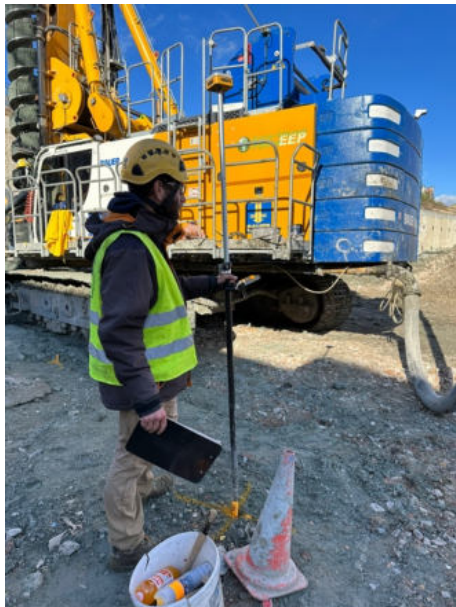
32. ábra: Lavírsík (saját készítés)



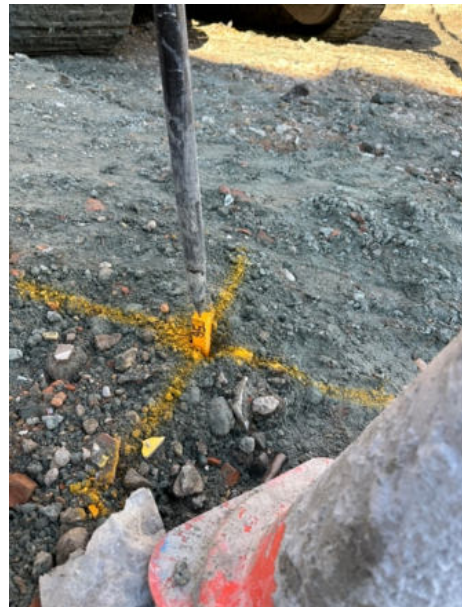
33. ábra: Lavírsík kialakítása csapadék után (saját készítés)

2. Cölöp helyének kitűzése

„A cölöpök tengelypontjait alsórendű geodéziai méréssel kell meghatározni ± 1 centiméter pontossággal”. [17] A cölöp helyét geodéta tűzi ki GPS segítségével. A kijelzőn látja az adott cölöp koordinátáját és nyíl mutatja merre kell elmozdulnia, ha elérte az adott cölöp koordinátáját, akkor arra a pontra kitűzi a karót, melyre ráírja a cölöp számát és jól látható festékekkel a karót megjelöli, ezáltal jól látható a cölöpkitűzés. Geodéta nyomon követi a kitűzött cölöpöket, valamint az elkészült cölöpöket is, nehogy véletlenül többször tűzze ki ugyanazt a cölöpöt.



34. ábra: Cölöp helyének kitűzése (saját készítés)



35. ábra: Cölöpkitűzés (saját készítés)

3. Pontraállítás a fúrógéppel

Kitűzést követően rá kell állni a cölöp tengelypontjára a fúrógéppel, ennek pontossága ± 2 centiméter kell legyen. [17] Biztosítani kell a fúróspirál függőlegességét, mely a gém billentésével lehetséges és ez ellenőrizhető a gép monitoring rendszerén. Pontraállást a géppel egy ember irányítással segíti a gépkezelő számára, hogy melyik irányba mozogjon a géppel. A fúrószárat a gépkezelő leengedni a kitűzést jelölő karóra teljesen a lavírsíkig. Figyelni kell a cölöpözés sorrendjére, általában átlósan haladva készülnek a cölöpök. Az

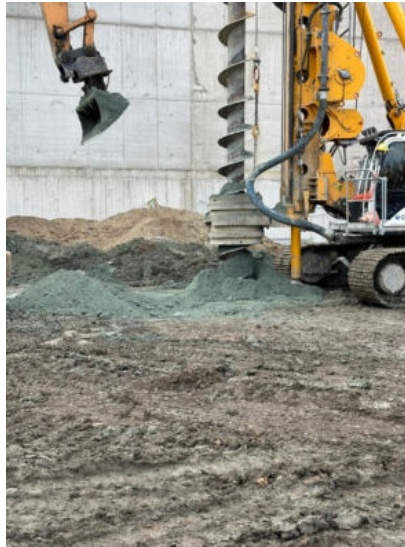
elkészült cölöp környezetében a cölöp átmérő négyszeres távolságán belül vagy legalább 2 méternél kisebb tengelytávolságban nem készülhet új cölöp 4 órán belül. [17]



36. ábra: Pontraállítás a fúrógéppel (saját készítés)

4. Fúrás kezdete, fúrás a tervezett mélységig

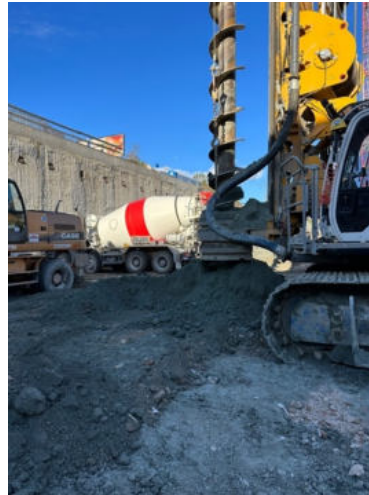
A cölöpfúrás terv szerinti átmérőjű fúrószárral készül. A fúrószár üreges csőből áll, ami egyben a betonozócső is, amelyre fel van hegesztve a folytonos spirál. Az üreges fúrószár miközben a fúrás tart alul le van zárva, hogy a talaj és a talajvíz ne juthasson bele. Ez egy olyan csapóajtóval van megoldva, amit zárt állapotban tart a nekifeszülő föld. A fúróspirált folyamatosan kell a talajba fúrni. A forgatási sebességet és az előretolást össze kell hangolni, hogy a furat fala ne veszítse el az állékonyságát és a furatanyag mennyisége minimális legyen. A fúrógép kijelzője folyamatosan jelzi ezeket az adatokat, így a gépkezelő által optimalizálható a fúrás. A spirálfúró lehajtása közben a furatból a furatanyag csak részben nyomódik ki. A spirálon maradó talajdugó folyamatos megtámasztást biztosít a furat falán és a betonozáshoz szükséges ellennyomást a spirál felhúzásakor a spirálon működő palástellenállítás adja.



37. ábra: Fúrás (saját készítés)

5. Kibetonozás, földkitermelés

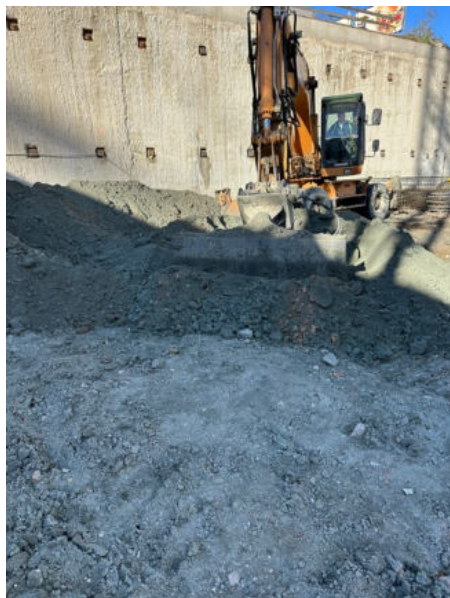
A tervezett mélység elérése után a furatot betonnal kell kitölteni. A furat betonozása az üreges fúrószáron át nyomás alatti folyós konzisztenciájú betonnal, ezzel egyidejűleg a fúrószár folyamatos visszahúzása is történik a rajta lévő talajdugóval együtt. A betonadagoláshoz betonpumpát csatlakoztatnak az üreges fúrószárhoz. A fúrószár tetején betonnyomás érzékelő van elhelyezve, amely méri és rögzíti a betonnyomás értékét. A gépkezelőnek figyelnie kell a betonnyomás értékét, aminek mindig pozitívnak kell lennie, így biztosítható a cölöptest folytonossága. A cölöpöket lavírsíkig kell betonozni, ezáltal elhelyezhető benne a betonacél armatúra. A beton vibrálása nem szükséges, mivel a beton folyós konzisztenciája és a nyomás alatti bedolgozás biztosítja az öntömörödést.



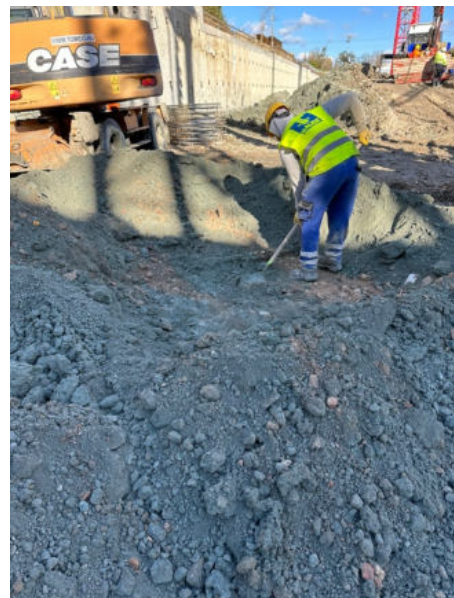
38. ábra: Kibetonozás (saját készítés)

6. Furatanyag elszedése, furattető megtisztítása

Kibetonozás során a fúrószár felhúzásával együtt a felszínre kerül a furatanyag, melyet kotró segítségével el kell szedni a kibetonozott cölöptől. A furat kibetonozását követően a furat felső részét le kell tisztítani, mivel talajjal összekeveredett csak tisztítást követően helyezhető el a betonacél armatúra.



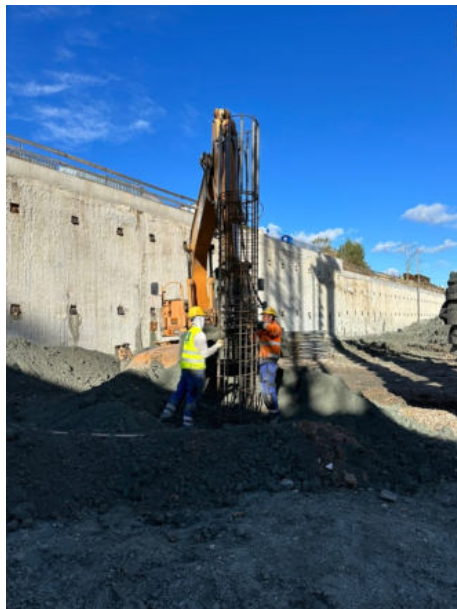
39. ábra: Furatanyag elszedése (saját készítés)



40. ábra: Furattető megtisztítása (saját készítés)

7. Armatúra elhelyezése

Furattető megtisztítása után elhelyezhető a betonacél armatúra. Törekedni kell arra, hogy az armatúra minél hamarabb behelyezésre kerüljön a kibetonozott cölöpbe és talajdarabokat ne vigyen bele. Az előregyártott armatúrát kézi erővel, kotróval vagy daru segítségével lehet leengedni. Az armatúrának elég erősnek kell lennie, hogy elhelyezése közben ne deformálódjon. Az armatúra saját súlyát kihasználva süllyed le a friss betonba, majd kézi és gépi erővel, valamint szintezéssel a kiviteli terven feltüntetett armatúra felső síkja mélységi szintre süllyesztik. Aramatúra elakadása esetén armatúra vibrátort kell használni. Az armatúra terven szereplő szintjét minden cölöp esetén ellenőrizni kell szintezőműszerrel. Az armatúra kiviteli terven előírt betontakarása távtartókkal van biztosítva, ami az armatúrára van hegesztve. Polifoam csőhéjszigeteléssel kell ellátni az armatúra felső részét, ha cölöpöket géppel roppantják a vésési mennyiség csökkentése érdekében, valamint a munkafolyamat felgyorsítása céljából.



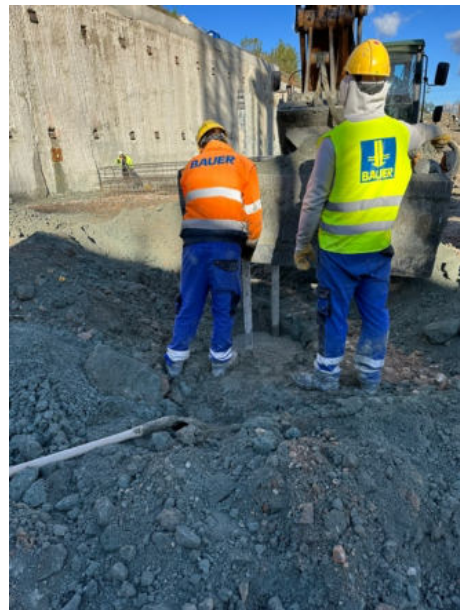
41. ábra: Armatúra elhelyezése kézi erővel (saját készítés)



42. ábra: Armatúra elhelyezése kotró segítségével (saját készítés)



43. ábra: Elhelyezett armatúra (saját készítés)



44. ábra: Armatúra magassági helyzetének szintezése (saját készítés)

8. Cölöpfejek feltárása

A cölöpfejek feltárása földmunkával a minimális kötési idő eltelte után kezdhető meg, ami időjárástól függ, de minimum 24 óra. [17] A kialakítandó földmunka síkja a kiviteli terven van meghatározva, miszerint a szerelőbeton alsósíkja. Földmunka közben figyelni kell arra, hogy a földmunkát végző gép ne okozzon kárt a cölöpökben.



45. ábra: Cölöpfejek feltárása

9. Szerelőbetonozás

A cölöpfejek feltárása után, valamint a kiviteli terven szereplő földmunka alsó sík kialakítása után szerelőbetont kell készíteni. Szerelőbeton szükséges a cölöp visszavéséséhez, mivel így elkerülhető a cölöpbeton túlhasadása. A szerelőbeton felső síkja a cölöp visszavésési síkjával megegyező sík. [17]



46. ábra: Cölöpcsoport előkészítése szerelőbetonozáshoz (saját készítés)

10. Visszavésés

A cölöp felső szennyezett részét, ami talajjal keveredett, vissza kell vésni. A cölöp visszavésése csak akkor kezdhető meg, ha a beton kellő szilárdságát elérte, ehhez általában 36 óra szükséges. A cölöpöt olyan mértékben kell visszavésni, hogy a cölöp teljes keresztmetszetében elérje a megfelelő minőséget, ami terv szerint van meghatározva, és ez általában 20-40 centiméter. A visszavésés történhet kézi erővel, levegős vagy elektromos vésővel. Vésés közben figyelni kell, hogy az armatúra és a cölöp ne sérüljön meg. [17]

Előfordul, hogy az épület szerkezeti kialakítása miatt jelentős magasságot kell visszavésni a cölöpökből, ami nagyon időigényes és ezáltal lassul a munkafolyamat. A vésési munkát lehet gyorsítani egy különleges gépesített módszerrel, ami abból áll, hogy a cölöpöket roppantják egy erre a célra kifejlesztett hidraulikus roppantófej segítségével.

A visszavésés síkjáig nem tudja teljesen leroppantani a cölöpöket, de jelentős magasság gépi roppantással történik, így kisebb magasságot kell kézi erővel levésni. Tervezés során figyelembe kell venni, hogy a cölöpök roppantva lesznek és ennek megfelelően kell kialakítani és előkészíteni a cölöparmatúrát.



47. ábra: Visszavéssett cölöpök (saját készítés)

11. Geodéziai ellenőrzés

A cölöpök megvalósult helyzetét visszavésés után geodéta által be kell mérni. A mérési eredményeket dokumentálni kell és össze kell hasonlítani a kitűzési terven szereplő koordinátákkal. Ha az eltérés meghaladja az előírt mértéket, akkor a tervezőt erről értesíteni kell.

12. Fejtömb készítése

A falszerkezet és az alépítmény, vagyis a cölöp között kapcsolatot kell biztosítani, erre a célra szolgál a cölöpöket összefogó fejtömb. A fejtömb közvetíti a falszerkezetről lejutó támaszerőket a cölöpöknek, amelyek ezt továbbítják a talajba. A fejtömb megfelelő

vastagsága biztosítja a merevtestszerű viselkedést az összefogott cölöpök között vertikális és horizontális értelemben is. Az alapozás felső síkjáról kezdődő felszerkezeti elemek csatlakozó vasalását biztosítja. Az alapozás kivitelezési pontatlanságából adódó geometriai eltéréseket korrigálja, ezáltal megakadályozza, hogy a felszerkezetre továbbjussanak. [17]



48. ábra: Fejtömbök készítése (saját készítés)

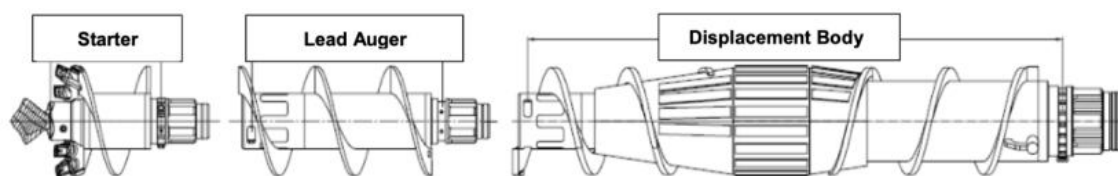
8. FDP cölöpözés technológiája

Az FDP cölöp talajkiszorításos technológiával készített cölöp. Full Displacement Pile angol rövidítésből ered, magyarul talajkiszorításos csavart cölöp. Az FDP cölöpözési technológia lényege, hogy a földtömeget oldalirányba tömöríti a fúrás közben fúrószár. Előnye a vert cölöphöz képest, hogy nem keletkezik a környezetet terhelő zaj- és rezgéshatás. Az FDP cölöpözési technológia hasonló a CFA cölöpözési technológiához, lényegében csak a fúrószár más kialakítású. A fúrószár üreges kialakítású, melynek végén egy speciális kialakítású fúrófej van. A speciális kialakítású fúrófej fúrás közben oldalirányba széttolja, tömöríti a talajt. Az oldalirányú földtömörödés miatt nem kerül ki vagy csekély mennyiségű furatanyag keletkezik a lavírsíkon, ezért furatanyag elszállításáról, deponálásáról nem kell külön gondoskodni. Ez előnyt jelent, ha az altalaj

szennyezett, ezért veszélyes hulladékként kell kezelni. A cölöp köpenysúrlódása fokozódik az oldalirányú tömörödéstől, vagyis a cölöp teherbírása megnő. A kiviteli terven meghatározott mélység elérése után a furat kibetonozása az üreges fúrószáron keresztül nyomás alatti betonozással, a fúrószár folyamatos kiemelésével és forgatásával történik. Különös figyelmet kell fordítani a kibetonozásra, mivel a cölöptest folytonosságát biztosítani kell. A furat kibetonozását követően helyezik el a friss betonba a cölöp armatúrát, szükség esetén vibrátor alkalmazásával. [18]

Az FDP technológia nagyobb teljesítményű és teherbírású gépet igényel mivel a talajkiszorítás nagyobb energiaráfordítást tesz szükségessé. Laza vagy közepesen tömör szemcsés és átmeneti, puha és gyúrható kötött talajok esetén alkalmazható. Kis és közepes terhelésű építmények esetén gazdaságos alapozási érhető el ezzel a technológiával, mivel gyorsan kivitelezhető. Az FDP technológia kisebb átmérőjű cölöpök készítését teszi lehetővé, 360-620 milliméter átmérőjű cölöpök készíthetők maximum 25 méter hosszban. [18]

A fúrószáron elhelyezkedő különleges fúrószerszám egy egységből vagy három részből állhat, ezáltal az adott talajviszonyokhoz tud igazodni. [18]



49. ábra: FDP fúrószár kialakítása [18]

Az ábrán látható három részből álló fúrószerszám a következőkből áll: kezdő spirál, spirálvezető és kiszorító test. Ennél a fúrószerszámnál lehetőség van a spirálvezető hosszabbítására, ezáltal növelhető a fúrési hossz nem kiszorítható talajképződményekben. A kezdő spirál felszerelhető kerek szárú vésőkkel vagy lapos fogakkal. [18]

FDP cölöpözéshez szükséges géplánc: cölöpözőgép, betonpumpa, kotró.

Az FDP cölöpök kivitelezésének módja alig különbözik a CFA cölöpökével. FDP technológia a fúroszár kialakításában és a fúroszár visszahúzásában tér el, kibetonozás közben a CFA technológia esetén használatos folyamatos spirál fúroszártól.

Bemutatom az FDP cölöpözés folyamatát, képekkel szemléltetve.

1. Lavírsík kialakítása

Cölöpözési munka megkezdése előtt ki kell alakítani a megfelelő tulajdonságokkal rendelkező lavírsíkot. A lavírsíknak száraznak, vízszintesnek és teherbírónak kell lennie, hogy elviselje a fúrógép általi terhelést és talajnyomásokat. A lavírsíknak maximum 3% a megengedett emelkedése.

2. Cölöp helyének kitűzése

„A cölöpök tengelypontjait alsórendű geodéziai méréssel kell meghatározni ± 1 centiméter pontossággal”. [17] A cölöp helyét geodéta tűzi ki GPS segítségével. A kijelzőn látja az adott cölöp koordinátáját és nyíl mutatja merre kell elmozdulnia, ha elérte az adott cölöp koordinátáját, akkor arra a pontra kitűzi a karót, melyre ráírja a cölöp számát és jól látható festékkal a karót megjelöli, ezáltal jól látható a cölöpkitűzés. Geodéta nyomon követi a kitűzött cölöpöket, valamint az elkészült cölöpöket is, nehogy véletlenül többször tűzze ki ugyanazt a cölöpöt.

3. Pontraállítás a fúrógéppel

Kitűzést követően rá kell állni a cölöp tengelypontjára a fúrógéppel, ennek pontossága ± 2 centiméter kell legyen. [17] A fúróberendezést a kitűzött cölöppozíció fölé kell helyezni, úgyhogy a fúroszár hegye pontosan a kitűzés fölött legyen. A fúróberendezést függőlegesre kell állítani, amely a fúrógépbe beépített automatikus függőleges szabályzóval érhető el. [18]



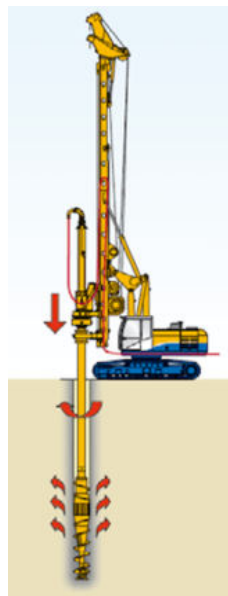
50. ábra: Pontraállítás a fúrógéppel [18]

4. Fúrás kezdete, fúrás a tervezett mélységig

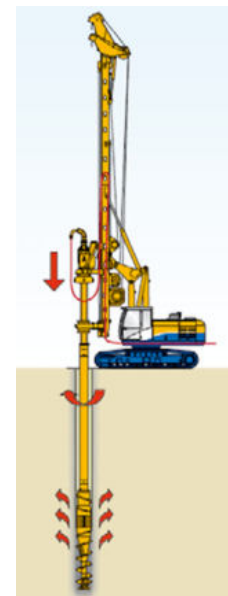
A fúrógép pontraállítását követően a fúrószárat a kiviteli terven szereplő mélységig lefúróják a talajba. A korszerű fúrógépek már fel vannak szerelve úgynevezett „Drilling Assistant” modullal, melynek segítségével automatikusan szabályozza fúrás során a forgási sebességet és a nyomást. Az üreges fúrószár alsó vége egy zárólemezzel le van zárva, ezáltal megakadályozza a talaj és víz bejutását a fúrószárba fúrás közben. [18]



51. ábra: FDP fúrófej [18]



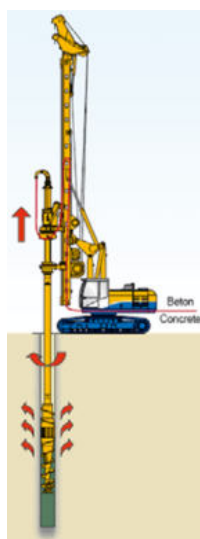
52. ábra: Fúrás [18]



53. ábra: Fúrás a tervezett mélységig [18]

5. Kibetonozás

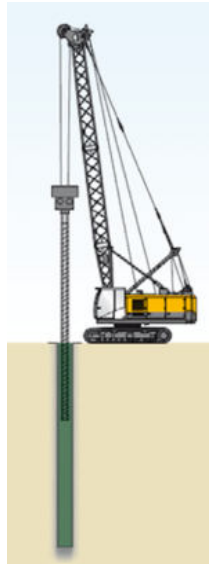
A tervezett fúrési mélység elérése után megkezdődik a furat kibetonozása az üreges fúrószáron keresztül nyomás alatt, amelyet betonpumpa biztosít. Kibetonozás a fúrószár folyamatos forgatásával és visszahúzásával zajlik. A betonozás és visszahúzás során a fúrószerszám forgatási iránya megegyezik a fúrési forgatás irányával. [18]



54. ábra: Kibetonozás [18]

6. Armatúra elhelyezése

Furat kibetonozását követően kerül az armatúra a kibetonozott furatba. Azért, hogy az armatúra könnyen behelyezhető legyen a friss betonba, a betonnak megfelelő konzisztenciájúnak kell lennie. Az armatúra általában saját súlyánál fogva süllyed bele a friss betonba, süllyedése segíthető kézi erővel vagy vibrátorral, illetve nagyobb hosszúságú armatúra esetén kotrókanál nyomja le a kiviteli terven szereplő armatúra felső síkja mélységig.



55. ábra: Armatúra elhelyezése [18]

7. Cölöpfejek feltárása

A cölöpfejek feltárása földmunkával a minimális kötési idő eltelte után kezdhető meg, ami időjárástól függ, de minimum 24 óra. [17] A kialakítandó földmunka síkja a kiviteli terven van meghatározva, miszerint a szerelőbeton alsósíkja. Földmunka közben figyelni kell arra, hogy a földmunkát végző gép ne okozzon kárt a cölöpökben.

8. Szerelőbetonozás

A cölöpfejek feltárása után, valamint a kiviteli terven szereplő földmunka alsó sík kialakítása után szerelőbetont kell készíteni. Szerelőbeton szükséges a cölöp visszavéséséhez, mivel így elkerülhető a cölöpbeton túlhasadása. A szerelőbeton felső síkja a cölöp visszavésési síkjával megegyező sík. [17]

9. Visszavésés

A cölöp felső szennyezett részét, ami talajjal keveredett vissza kell vésni. A cölöp visszavésése csak akkor kezdhető meg ha a beton kellő szilárdságát elérte, ehhez általában 36 óra szükséges. A cölöpöt olyan mértékben kell visszavésni, hogy a cölöp teljes keresztmetszetében elérje a megfelelő minőséget, ami terv szerint van meghatározva és

ez általában 20-40 centiméter. [17] A visszavésés történhet kézi erővel, levegős vagy elektromos vésővel. Vésés közben figyelni kell, hogy az armatúra és a cölöp ne sérüljön meg.

Előfordul, hogy az épület szerkezeti kialakítása miatt jelentős magasságot kell visszavésni a cölöpökből, ami nagyon időigényes és ezáltal lassul a munkafolyamat. A vésési munkát lehet gyorsítani egy különleges gépesített módszerrel, ami abból áll, hogy a cölöpöket roppantják egy erre a célra kifejlesztett hidraulikus roppantófej segítségével. A visszavésés síkjáig nem tudja teljesen leroppantani a cölöpöket, de jelentős magasság gépi roppantással történik, így kisebb magasságot kell kézi erővel levésni. Tervezés során figyelembe kell venni, hogy a cölöpök roppantva lesznek és ennek megfelelően kell kialakítani és előkészíteni a cölöparmatúrát.

10. Geodéziai ellenőrzés

A cölöpök megvalósult helyzetét visszavésés után geodéta által be kell mérni. A mérési eredményeket dokumentálni kell és össze kell hasonlítani a kitűzési terven szereplő koordinátákkal. Ha az eltérés meghaladja az előírt mértéket, akkor a tervezőt erről értesíteni kell.

11. Fejtömb készítése

A falszerkezet és az alépítmény, vagyis a cölöp között kapcsolatot kell biztosítani, erre a célra szolgál a cölöpöket összefogó fejtömb. A fejtömb közvetíti a falszerkezetről lejutó támaszerőket a cölöpöknek, amelyek ezt továbbítják a talajba. A fejtömb megfelelő vastagsága biztosítja a merevtestszerű viselkedést az összefogott cölöpök között vertikális és horizontális értelemben is. Az alapozás felső síkjáról kezdődő felszerkezeti elemek csatlakozó vasalását biztosítja. Az alapozás kivitelezési pontatlanságából adódó geometriai eltéréseket korrigálja, ezáltal megakadályozza, hogy a felszerkezetre továbbjussanak. [17]

9. Alapozás tervezése

Az alapozási szerkezeteknek számos feltételt kell teljesíteniük, melyek közül a legfontosabbak a következők:

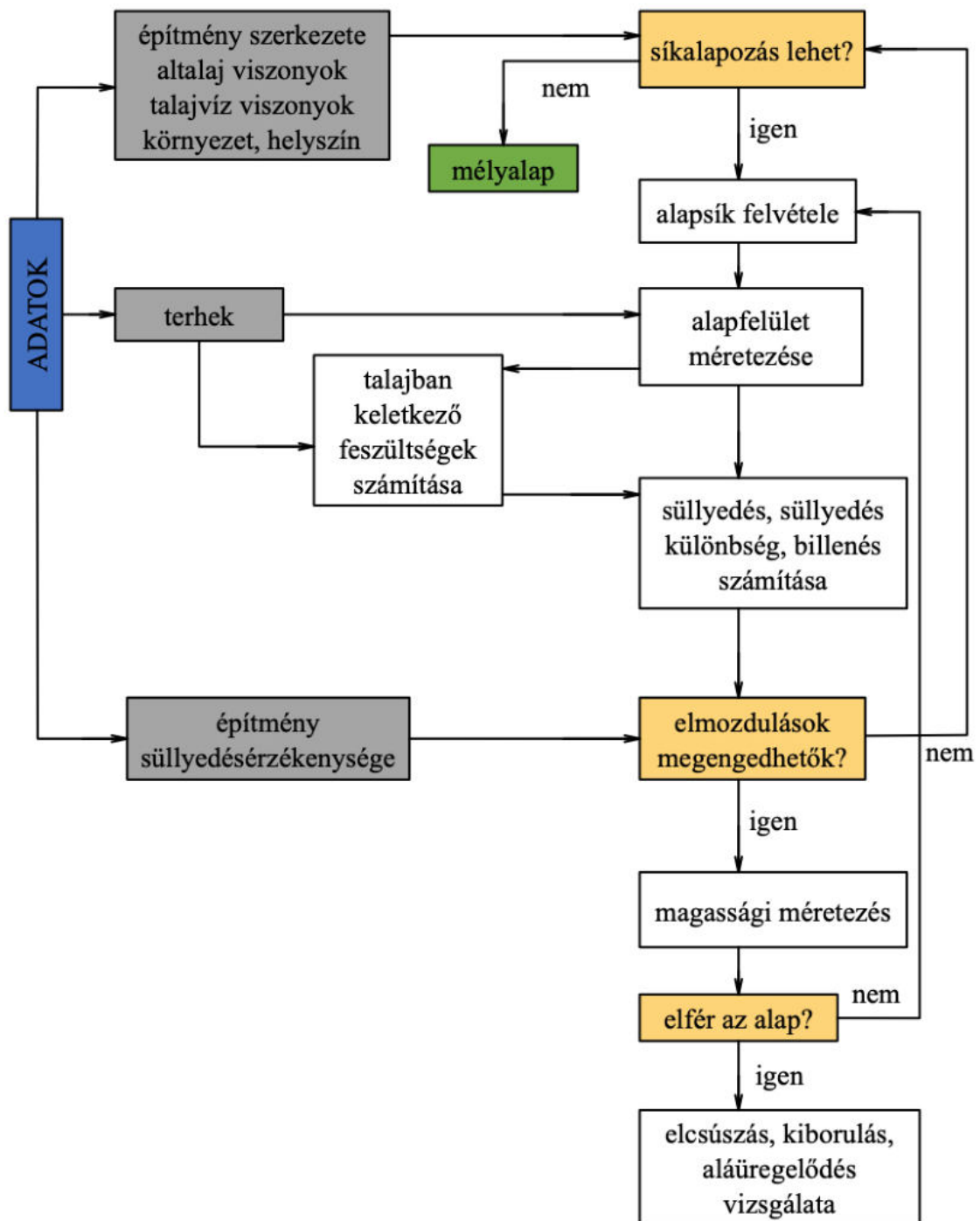
- Az alapozásnak ellenállónak kell lennie a talajvízre, az agresszív talajvízre, a talajvíznyomásra és a fagyhatásra.
- Biztosítani kell az alapozás statikai állékonyságát, vagyis süllyedés, elcsúszás és felbillenés ellen.
- Az épület egészére nézve az altalajban, az alaptestben és az épület más szerkezeteiben nem keletkezhetnek káros feszültségek.
- Alapozási mód, anyaga és szerkezete megválasztásánál figyelembe kell venni, hogy a lehető leggazdaságosabb legyen igazodva az építmény szerkezetéhez és a talajviszonyokhoz. [19]

Az építmény alapozási módjának kiválasztása és szerkezeti kialakítása függ az építmény szerkezetétől, adottságaitól és a talajviszonyoktól.

Alapozási mód kiválasztásakor figyelembe kell venni az építmény méretét, terhelését, szerkezeti rendszerét, statikáját és tagoltságát, mivel az építmény egyes részei lényegesen eltérhetnek egymástól ezáltal különböző a terhelés mértéke. Az építmény sajátosságain kívül az alapozási módot befolyásolja a talajviszony is. Az alapozást befolyásoló talajviszonyok a talajrétegződés, a talajvíz és a talaj fizikai és kémiai jellemzői. A talajok alkalmasságát alapozás szempontjából talajfeltárás és talajvizsgálat módszereivel kell igazolni. [19]

Alapozás tervezésekor, az adott építmény sajátosságainak figyelembevételével és a talajviszonyok adottságai alapján, meg kell vizsgálni a síkalap készítésének lehetőségét. Amennyiben lehetőség van síkalapozás kivitelezésére, az alapozást ennek megfelelően célszerű megtervezni. Amennyiben az nem lehetséges, akkor mélyalap tervezése szükséges.

A tervezés során rendkívül fontos figyelembe venni a gazdaságossági szempontokat is és ennek megfelelően megválasztani a legmegfelelőbb alapozási módot.



56. ábra: Alapozás tervezés menete [20]

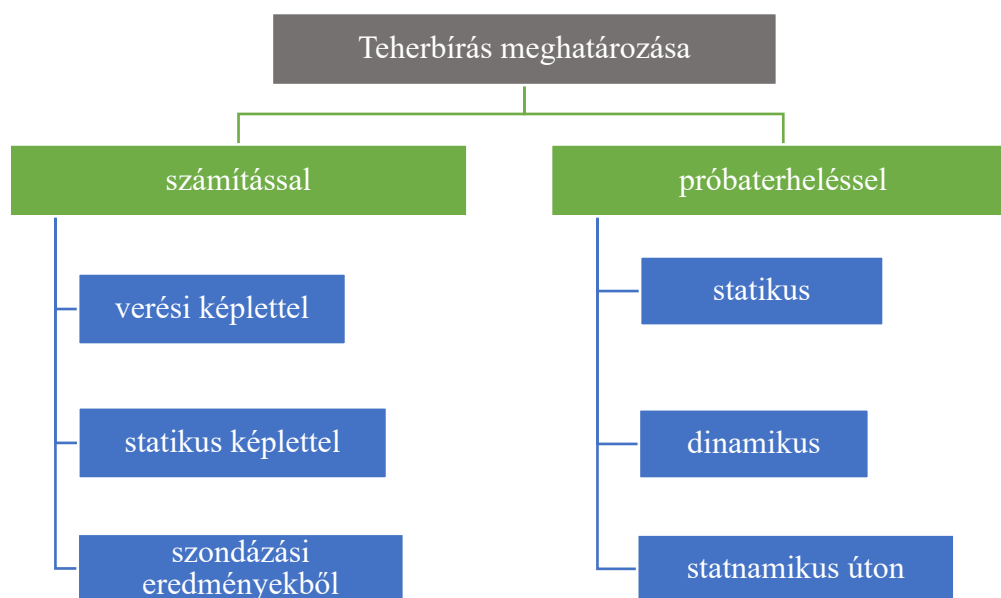
A tervezett pillérvázás irodaház, amely -4 szint mélygarázs és földszint +8 szintből áll, az épület szerkezeti adottságait, terheit és gazdasági szempontokat figyelembe véve az alapozási mód vizsgálatánál cölöpalap készítését indokolja.

9.1 Cölöpalapozás tervezése

Cölöpökből és azokat összefogó fejtömbökből álló cölöpalap tervezésének lépései:

- meghatározzuk a cölöpcsoport mértékadó terhét,
- megválasztjuk a cölöpök, átmérőjét, számát és helyét,
- meghatározzuk az egyes cölöpökre jutó mértékadó igénybevételeket,
- meghatározzuk a cölöphosszát,
- meghatározzuk a cölöpcsoport várható süllyedését és összehasonlítjuk az építmény süllyedéstűréseivel,
- abban az esetben, ha nem felel meg a számításunk a felvett kiindulási adatokkal, akkor módosítani kell a cölöpátmérőjét, cölöpök számát vagy a cölöp hosszát, és újra el kell végezni a számításokat. [21]

A függőlegesen nyomott egyedi cölöpök a terhüket a cölöp csúcsánál (talpánál), támaszkodva (nyomófeszültségekkel), a köpenyfelületén menti súrlódással és adhézióval (nyírófeszültségekkel) adja át a talajra. [21]



57. ábra: Teherbírás meghatározása (saját készítés)

Legpontosabban a teherbírás meghatározása statikus próbaterheléssel adható meg. A kapott mérési eredményekből jól meghatározható a cölöp viselkedése terhelés alatt, teherbírása és süllyedése.

Az építési területen 6 darab CPT szonda is készült, de a talajtömörsege miatt elakadt a szonda, csak egy CPT szonda tudott jelentősebb mélységig lemenni, ami alapján tervezhető a cölöpalapozás. A 4. melléklet CPT szondázás vizsgálati jegyzőkönyve alapján a területen található talaj tömörsége és talajrétegződése igen változatos. A talaj tömörségét és konzisztenciáját tekintve laza, közepesen tömör, nagyon tömör, merev, nagyon merev és kemény rétegek találhatók. A cölöpözés munkaszintje -10 méteren van, vagyis az innen kezdődő talajrétegeket kell figyelembe venni a cölöpök tervezése során. A -10 méter mélységben kezdődő talajok nagyon merev, kemény és nagyon tömör, szinte már kőzet tulajdonságaival rendelkeznek.

Az adott épület alapozásához pontos CPT szonda mérési eredmény nem áll rendelkezésre, mivel nagyon merev, kemény és tömör talajrétegek helyezkednek el a területen, melyek a szondák lejutását megfelelő mélységig nem tették lehetővé. Ezáltal a 6 CPT (3. melléklet) szondázás és SCPT_1 (5. melléklet) szondázás mérési eredményeit veszem figyelembe és ezek alapján határozok meg egy átlag csúcsellenállás (q_c) értéket, amely alapján tervezem meg a cölöpöket.



58. ábra: Altalaj (saját készítés)

„Az egyedi cölöpök teherbírásának értékét az MSZ EN 1997-1 előírásait követve határozható meg. A cölöp teljes számított nyomási ellenállása a talpellenállás és a palástellenállás összegeként számítható a következő képlet alapján:

$$R_{c,cal} = R_{s,cal} + R_{b,cal} = k \cdot \Sigma(H_i \cdot q_{s,cal,i}) + A_b \cdot q_{b,cal}$$

$R_{c,cal}$ – cölöp nyomási ellenállása számított értéke [kN]

$R_{b,cal}$ – talpellenállás számított értéke [kN]

A_b – cölöptalp keresztmetszeti felülete [m²]

$q_{b,cal}$ – fajlagos talpellenállás [kN/m²]

$R_{s,cal}$ – palástellenállás számított értéke [kN]

k – palást kerülete [m]

H_i – palást egyes rétegekre eső hossza [m]

$q_{s,cal,i}$ – fajlagos palástellenállás rétegenként [kN/m²]” [22]

„A CPT alapú módszereket két nagy csoportra lehet osztani:

1. közvetlen módszerek: a q_b fajlagos talpellenállást és a q_s palástellenállást a CPT q_c csúcscellenállásából, valamilyen, a talajtól és a technológiától függő szorzót alkalmazva adják meg.
2. közvetett módszerek: a kötött talajok esetében használatos eljárásban a q_c csúcscellenállásból előbb a talaj c_u drénezetlen nyírószilárdságát számítják és aztán a cölöpcellenállásokat.” [23]

5. táblázat: Cölöpcellenállások technológiai szorzója és korlátja kötött talaj esetén [22]

cölöptípus		talpellenállási szorzó	palástellenállási szorzó	palástellenállás maximuma
		μ_b	μ_s	q_{smax} [kPa]
talajkiszorításos	vert (vibrált), előregyártott vasbeton elem	1,00	1,05	85
	vert (vibrált), zárt végű bennmaradó acélcső	1,00	0,80	70
	zárt véggel lehajtott s visszahúzott cső helyén betonozott	1,00	1,10	90

	csavart, helyben betonozott	0,90	1,25	100
talajhelyettesítéses	CFA cölöp	0,90	1,00	80
	fúrt, támasztófolyadék védelmében	0,80	1,00	80
	fúrt, bélésű védelmében	0,80	1,00	80

6. táblázat: korrelációs tényezők [22]

talajvizsgálat száma	korrelációs tényező	
	átlagra vonatkozóan	minimumra vonatkozóan
	ξ_{mean}	ξ_{min}
1	1,40	1,40
2	1,35	1,27
3	1,33	1,23
4	1,31	1,20
5	1,29	1,15

7. táblázat: Parciális tényezők [22]

parciális tényezők			
cölöptípus	talpellenállás	palástellenállás	teljes ellenállás
	γ_b	γ_s	γ_t
vert	1,10	1,10	1,10
fúrt	1,25	1,10	1,20
CFA	1,20	1,10	1,15

8. táblázat: Modelltényezők [22]

modelltényező	
számítás alapja	$\gamma_{R,d}$
PT alapján	1,00
CPT	1,10

talajvizsgálat	1,20
tapasztalat	1,30

9.1.1 Cölöpteherbírás meghatározása CFA cölöp esetén

Mivel jelen esetben a fekü teljes terjedelmében agyag, iszapos, homokos agyag talajnak minősül a talajvizsgálati jelentés alapján, ezért a számítás közvetett módszerek alapján a kötött talajok esetében használatos eljárás alapján számítom.

A q_c a CPT szonda csúcscellenállása, amely a CPT szondák mérési eredményei alapján határozható meg.

A c_u drénezetlen nyírószilárdság meghatározásához a következő képletet használtam:

$$c_u = 0,06 \cdot q_c$$

q_c – a CPT szonda csúcscellenállása

A $q_{b,cal}$ fajlagos talpellenállás meghatározására a következő képletet használtam:

$$q_{b,cal} = \mu_b \cdot 9 \cdot c_u$$

μ_b – technológiai szorzó

c_u – drénezetlen nyírószilárdság

A $q_{s,cal}$ fajlagos palástellenállás meghatározására a következő képletet használtam:

$$q_{s,cal} = \mu_{sg} \cdot 1,2 \cdot \sqrt{q_c}$$

μ_{sg} – technológiai szorzó

q_c – a CPT szonda csúcscellenállása

Ezek számítása után meghatározhatóak a teljes ellenállások, vagyis a talpellenállás és a palástellenállás.

Az $R_{b,cal}$ talpellenállás meghatározására a következő képletet használtam:

$$R_{b,cal} = A_b \cdot q_{b,cal}$$

A_b – cölöptalp keresztmetszeti felülete

$q_{b,cal}$ – fajlagos talpellenállás

Az $R_{s,cal}$ palástellenállás meghatározásához a következő képletet használtam:

$$R_{s,cal} = k \cdot \Sigma(H_i \cdot q_{s,cal,i})$$

k – palást kerülete

H_i – palást egyes rétegekre eső hossza

$q_{s,cal,i}$ – fajlagos palástellenállás rétegenként

Ezen számítások után meghatározható az egyedi cölöp teherbírása a 9.1 fejezetben leírt képlet alapján.

A számított cölöp teherbírása után meg kell határozni a talpellenállás és a palástellenállás karakterisztikus értékeit.

Az $R_{b,kar}$ talpellenállás karakterisztikus értéke a következő képletet használtam:

$$R_{b,kar} = \frac{R_{b,cal}}{\xi_{mean}}$$

$R_{b,cal}$ – számított talpellenállás

ξ_{mean} – 1,31 (az átlaghoz tartozó korrelációs tényező)

Az $R_{s,kar}$ palástellenállás karakterisztikus értéke a következő képletet használtam:

$$R_{s,kar} = \frac{R_{s,cal}}{\xi_{min}}$$

$R_{s,cal}$ – számított palástellenállás

ξ_{min} – 1,2 (a minimumhoz tartozó korrelációs tényező)

A talpellenállás és palástellenállás karakterisztikus értékei meghatározása után a tervezési értékeket kell számítani.

Az $R_{b,d}$ talpellenállás karakterisztikus értéke a következő képletet használtam:

$$R_{b,d} = \frac{R_{b,kar}}{\gamma_b}$$

$R_{b,kar}$ – talpellenállás karakterisztikus értéke

γ_b – talpellenállás parciális tényezője

Az $R_{s,d}$ palástellenállás karakterisztikus értéke a következő képletet használtam:

$$R_{s,d} = \frac{R_{s,kar}}{\gamma_s}$$

$R_{s,kar}$ – palástellenállás karakterisztikus értéke

γ_s – palástellenállás parciális tényezője

A talpellenállás és palástellenállás tervezési értékek meghatározása után ki kell számítani az egyedi cölöp tervezési ellenállását, amely a következő képletet használtam:

$$R_{c,d} = \frac{R_{b,d} + R_{s,d}}{\gamma_{R,d}}$$

$R_{b,d}$ – talpellenállás tervezési értéke

$R_{s,d}$ – palástellenállás tervezési értéke

$\gamma_{R,d}$ - modelltényező

A felhasznált képletek az alábbi hivatkozásban találhatók meg: [23].

9.1.2 Cölöpteherbírás meghatározása CFA cölöp esetén

Egyedi cölöp teherbírásának meghatározásakor $\xi_{\text{mean}}=1,31$ és $\xi_{\text{min}}=1,20$ értékeket használtam. A karakterisztikus talpellenállás és palástellenállás meghatározásakor a CFA technológia esetén használatos parciális tényezőket a $\gamma_b=1,20$ és $\gamma_s=1,10$ értékeket vettem számításba. Az egyedi cölöp tervezési érték meghatározásához a $\gamma_{R,d}=1,30$ tapasztalt alapján modelltényezőt vettem számításba, mivel a modelltényezők közül ez a legnagyobb érték, ezáltal a biztonság javára kisebb tervezési értéket kapok.

A CFA cölöp teherbírását 600 és 800 milliméteres átmérőre, különböző cölöphosszok esetén határoztam meg. A számítások eredményeit a következő táblázatban foglalom össze, valamint számítási mellékletekben megtalálható a részletes számítás. A táblázat nem tartalmazza a képleteket, mivel korábban ismertettem a számítás menetét.

A következő számítási értékek CFA 800 esetén eltérő cölöphossz esetén is megegyeznek:

- a CPT szonda csúcsellenállása: $q_c = 8,507 \text{ MPa} \rightarrow 8507 \text{ kPa}$,
- a drénezetlen nyírószilárdság: $c_u = 0,51 \text{ MPa} \rightarrow 510,42 \text{ kPa}$,
- számított fajlagos talpellenállás: $q_{b,cal} = 4134,40 \text{ kN/m}^2$,

- számított fajlagos palástellenállás: $q_{s,cal} = 110,68 \text{ kN/m}^2$,
- számított talpellenállás $R_{b,cal} = 2078,17 \text{ kN}$,
- palást kerülete: $K = 2,51 \text{ m}$,
- $R_{b,kar} = 1322,00 \text{ kN}$,
- $A_b = 0,50 \text{ m}^2$

9. táblázat: CFA 800 cölöpteherbírás összesítő táblázat

CFA 800				
cölöphossz [m]	$R_{s,cal}$ [kN]	$R_{c,cal}$ [kN]	$R_{s,kar}$ [kN]	$R_{c,d}$ [kN]
8,0	2225,36	4303,53	1685,88	2313,75
9,0	2503,52	4581,70	2503,52	2475,85
10,0	2781,69	4859,87	2107,34	2637,95
11,5	3198,95	5277,12	2423,45	2881,11
12,0	3338,03	5416,21	2528,81	2962,16
13,0	3616,20	5694,38	2739,55	3124,26
14,0	3894,37	5972,55	2950,28	3286,37
15,0	4172,54	6250,72	3161,02	3448,47
16,0	4450,71	6528,89	3371,75	3610,57

A következő számítási értékek CFA 600 esetén eltérő cölöphossz esetén is megegyeznek:

- a CPT szonda csúcsellenállása: $q_c = 8,507 \text{ MPa} \rightarrow 8507 \text{ kPa}$,
- a drénezetlen nyírószilárdság: $c_u = 0,51 \text{ MPa} \rightarrow 510,42 \text{ kPa}$,
- számított fajlagos talpellenállás: $q_{b,cal} = 4134,40 \text{ kN/m}^2$,
- számított fajlagos palástellenállás: $q_{s,cal} = 110,68 \text{ kN/m}^2$,
- számított talpellenállás $R_{b,cal} = 1168,97 \text{ kN}$,
- palást kerülete: $K = 1,88 \text{ m}$,
- $R_{b,kar} = 743,62 \text{ kN}$,
- $A_b = 0,28 \text{ m}^2$

10. táblázat: CFA 600 cölöpteherbírás összesítő táblázat

CFA 600				
cölöphossz [m]	$R_{s,cal}$ [kN]	$R_{c,cal}$ [kN]	$R_{s,kar}$ [kN]	$R_{c,d}$ [kN]
8,0	1251,76	2420,74	948,30	1301,48
9,0	1877,65	3046,62	1422,46	1666,22
10,0	2086,27	3255,24	1580,51	1787,79
11,0	2294,90	3463,87	1738,56	1909,37
12,0	2503,52	3672,50	1896,61	2030,95
13,0	2712,15	3881,13	2054,66	2152,53
14,0	2920,78	4089,75	2212,71	2274,10
15,0	3129,41	4298,38	2370,76	2395,68
16,0	3338,03	4507,01	2528,81	2517,26

CFA 800 esetén a 8,0; 11,50; 14,00 méteres fúrési cölöphosszokat választottam ki a megadott épület terhelések alapján kettes és négyes cölöpcsoportok alkalmazása esetén. A részletes számítást a számítási melléklet tartalmazza.

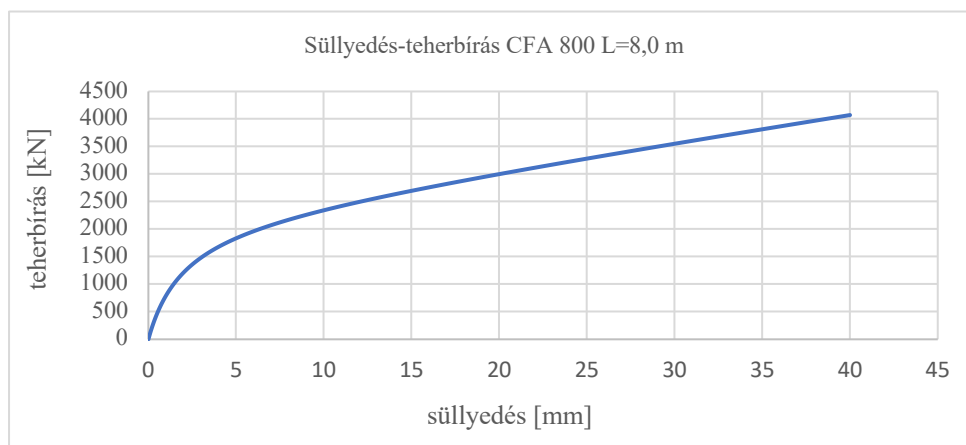
9.1.3 Cölöp süllyedés-terhelés diagram számítása

Cölöpök egyedi süllyedés-teherbírás számítását a kiválasztott cölöphosszok és cölöpátmérők esetén vizsgáltam, amely a számítási mellékletben részletesen megtalálhatóak.

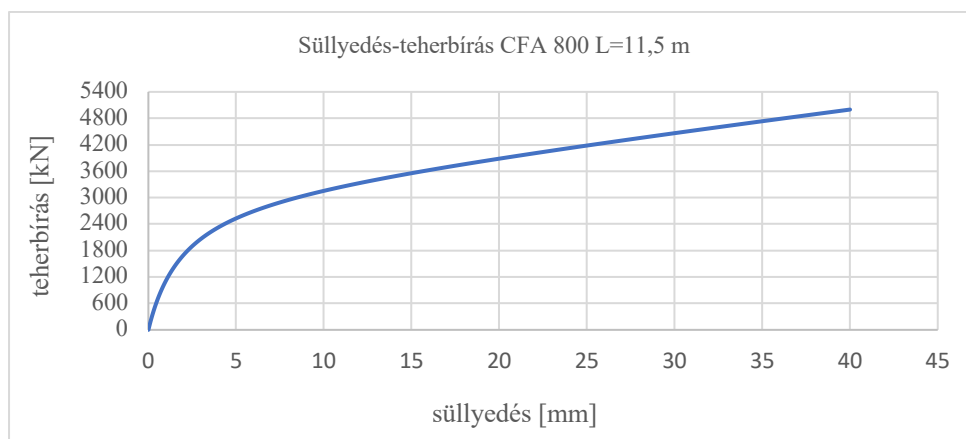
A következő számítási eredményeket kaptam CFA 800 cölöpök egyedi süllyedés-teherbírását illetően:

11. táblázat: CFA 800 süllyedés-teherbírás

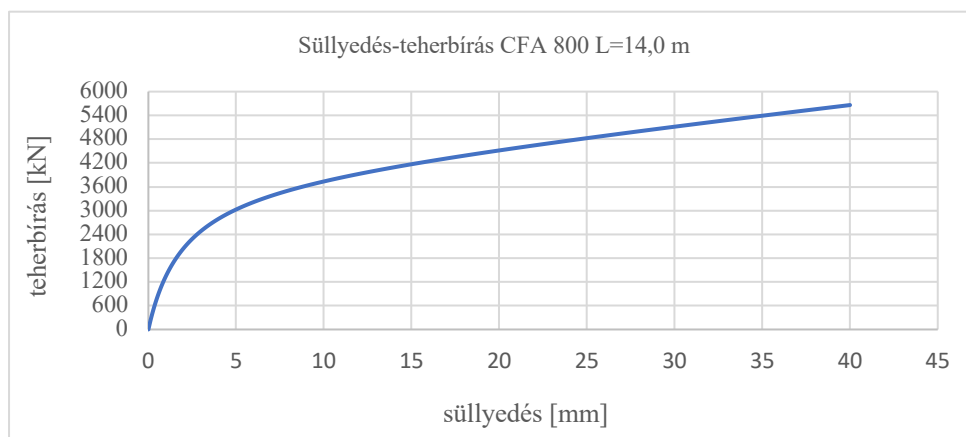
cölöphossz [m]	$R_{c,d}$ [kN]	süllyedés [mm]
8,0	2314	9,65
11,5	2881	7,4
14,0	3286	6,45



59. ábra: Süllyedés-teherbírás CFA 800 L=8,0 m



60. ábra: Süllyedés-teherbírás CFA 800 L=11,5 m

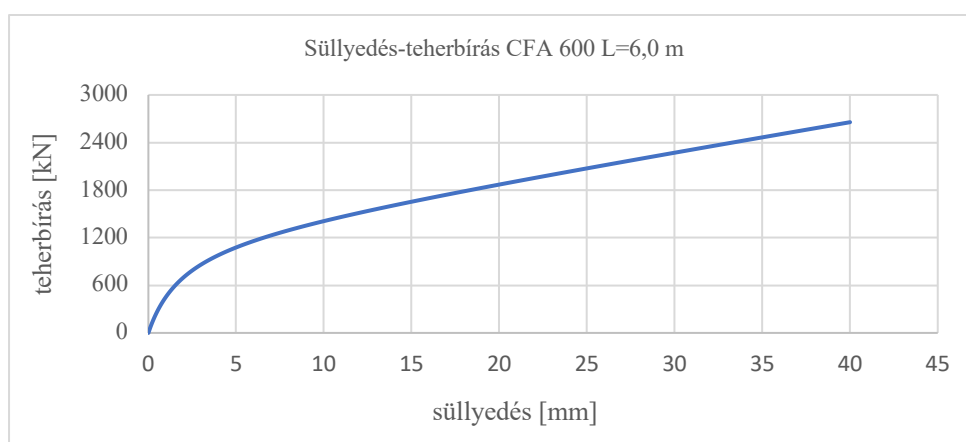


61. ábra: Süllyedés-teherbírás CFA 800 L=14,0 m

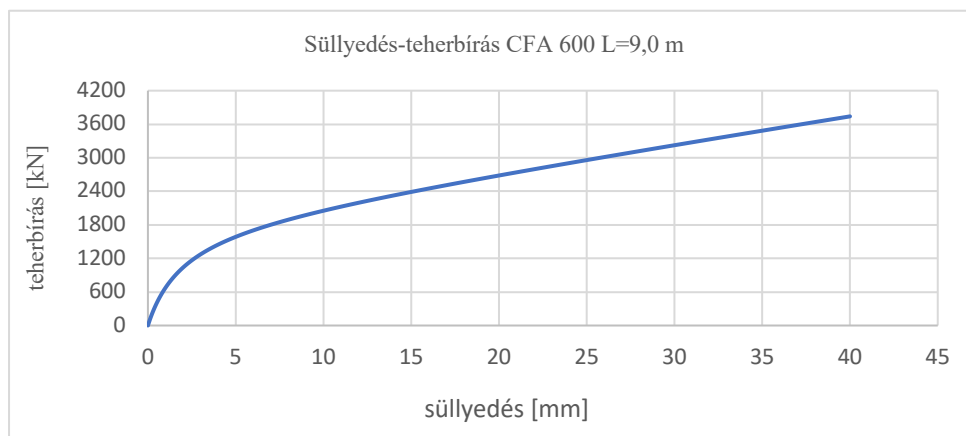
A következő számítási eredményeket kaptam CFA 600 cölöpök egyedi süllyedés-teherbírását illetően:

12. táblázat: CFA 600 süllyedés-teherbírás

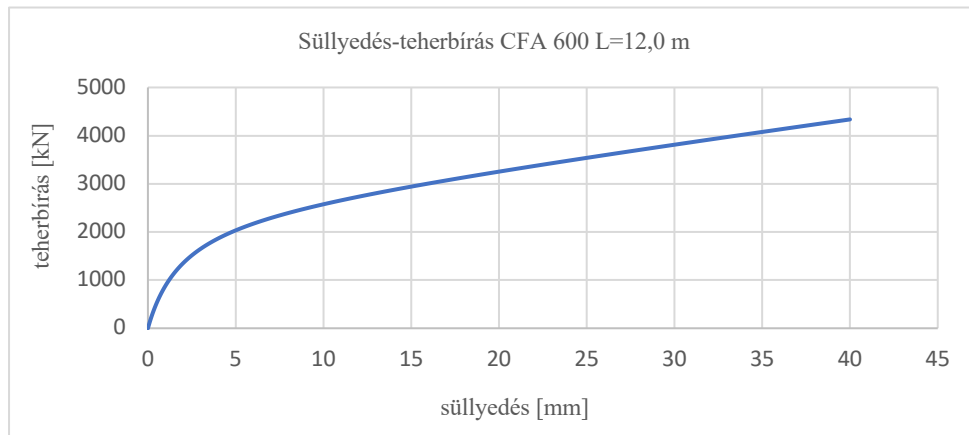
cölöphossz [m]	$R_{c,d}$ [kN]	süllyedés [mm]
6,0	1301	8,1
9,0	1666	15,3
12,0	2031	23,9



62. ábra: Süllyedés-teherbírás CFA 600 L=6,0 m

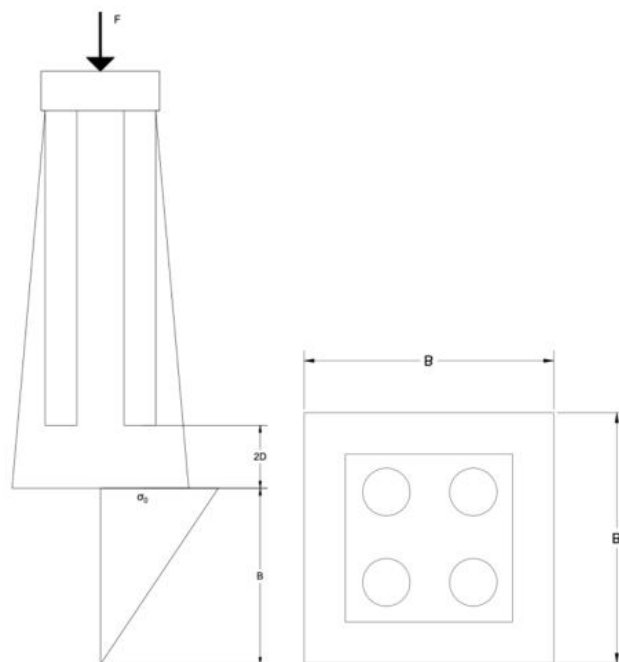


63. ábra: Süllyedés-teherbírás CFA 600 L=9,0 m



64. ábra: Süllyedés-teherbírás CFA 600 L=12,0 m

Cölöpcsoportok süllyedését számítását Jáky-módszerrel végeztem el. Először meghatároztam a cölöptalp alatt 2D távolságot. A fejtömb és a cölöpfej érintkezéséről egy egyenest szerkesztettem, amely 5 fokos szöget zár be a cölöppel. Az egyenest addig kell kiserkesztetni, amíg el nem metszi a 2D mélységet. Az így kapott trapéz alja határozza meg a B távolságot.



65. ábra: Jáky-módszer (saját készítés)

Az F erőt cölöpcsoportot figyelembevéve kell meghatározni, az $R_{c,d}$ alapján 65 %-ot veszem figyelembe, állandó teherre nézve. A feszültség meghatározásához $\sigma_0 = \frac{F}{A}$ képletet használtam. A süllyedés meghatározásához meg kell határozni az

összenyomódási modulus értékét 2D távolságban. Így már meghatározható a cölöpcsoport süllyedése $s = \frac{\sigma_0 \cdot B}{E_s}$ képlet alapján.

A részletes számítás megtalálható a számítási mellékletben.

9.1.4 CFA cölöpök vasalása

A tervezett építmény cölöpalapozását vasalással szükséges ellátni. Különböző hosszúságú és átmérőjű cölöpök vannak, amelyeket különböző armatúrával kell ellátni. Vasalás meghatározásához AxisVM programot használtam, amely alapján a következő számítási eredményeket kaptam:

- 800 milliméter átmérőjű cölöpök armatúrája 10 darab 20 milliméter átmérőjű fővassal,
- 600 milliméter átmérőjű cölöpök armatúrája 8 darab 16 milliméter átmérőjű fővassal kell ellátni.

A részletes számítás megtalálható a számítási mellékletek között.

A CFA 800 milliméter átmérőjű cölöpök esetén a következő jelű armatúrák kerülnek elhelyezésre:

- 80/1 jelű armatúra típus
- 80/2 jelű armatúra típus

A CFA 600 milliméter átmérőjű cölöpök esetén a következő jelű armatúrák kerülnek elhelyezésre:

- 60/3 jelű armatúra típus
- 60/4 jelű armatúra típus
- 60/5 jelű armatúra típus

Az armatúrák típus szerinti tervei megtalálhatóak a rajzi mellékletekben.

9.1.5 Cölöpteherbírás meghatározása FDP cölöp esetén

A cölöp teherbírás számításának módja FDP cölöp esetén megegyezik a CFA cölöp teherbírás meghatározásával csak technológiai szorzók különböznek. Valamint korlátozott az átmérő nagysága is, FDP technológiával nem készíthetők 620 milliméternél nagyobb átmérőjű cölöpök. Az FDP talajkiszorításos technológiával készülő cölöpöknek

korlátot szab a talajadottságai és az épületek terhelése. Laza vagy közepesen tömör szemcsés és átmeneti talajok, közepes terhelésű építmények esetén alkalmazható.

FDP technológia alkalmazhatóságát csak CPT szonda q_c – csúcsellenállás mérési eredményei alapján lehet megítélni. [24]

Hazai tapasztalatok alapján a következő q_c – csúcsellenállás mérési eredményei esetén alkalmazható kötött talajoknál:

- ha $5,0 \text{ MPa} \geq q_c \geq 3,0 \text{ MPa}$ agyag korlátozottan alkalmazható
- ha $3,0 \text{ MPa} \geq q_c \geq 1,5 \text{ MPa}$ agyag
- ha $q_c \leq 1,5 \text{ MPa}$ agyag-iszap

Szemcsés talajok esetén csak laza szerkezet esetén alkalmazható, ha q_c értéke tartósan 10 MPa fölött van fennáll a fűrészar elakadás veszélye. [24]

A következő q_c – csúcsellenállás mérési eredményei esetén nem alkalmazható az FDP technológia: [24]

- szemcsés talajok esetén, ha $q_c \geq 10 \text{ MPa}$ (homok)
- kötött talaj esetén, ha $q_c \geq 5,0 \text{ MPa}$ (merev agyag)

A CPT szondák mérési eredményei alapján az átlagos $q_c = 8,507 \text{ MPa}$ csúcsellenállás kötött talaj esetén. Mivel a $q_c \geq 5,0 \text{ MPa}$, ami nagyon merev agyagra utal, ezért FDP cölöpözési technológia nem alkalmazható az adott területen.

Mivel a talajadottságai nem teszi lehetővé az FDP cölöpözést CPT szonda mérési eredményei alapján $q_c = 8,507 \text{ MPa}$ esetén, ezért mérnökiileg nem volt releváns számítást végezni FDP cölöpözési technológiára.

10. Technológiai utasítás

10.1 Megbízás, előzmények

Jelen dokumentáció szakdolgozatom keretein belül készült az Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Intézet, Geotechnikai és Tartószerkezeti Tanszék megbízásából.

Tárgya Budapest XIV. kerületben, Csömöri út – Rákospatak utca – Bosnyák utca – Mosztár utca által határolt területre tervezett -4 szintes mélygarázs, földszint +8 emeletes vasbeton pillérvázás szerkezetű irodaház létesítése. A területen korábban használaton kívüli sportlétesítmények és villamosforduló helyezkedett el.

10.2 Geotechnikai adottságok

Talajvizsgálati jelentés és Geotechnikai tervezési beszámoló alapján a következő talajrétegek találhatók a területen:

8F (110,82 mBf)

0,0 – 0,3 méter sötétbarna, humuszos, homokos feltalaj

0,3 – 1,5 méter világosbarna, finomszemcsés homok

1,5 – 4,2 méter világosbarna, kavicszórványos homok

4,2 – 6,4 méter szürke, enyhén homokos iszap

6,4 – 9,0 méter szürke, sovány agyag

9,0 – 12,4 méter szürke, homokos, iszapos agyag

12,4 – 15,0 méter szürke homokos, iszapos agyag (agyagmárga)

10.3 Hidrológiai adottságok

Talajvizsgálati jelentés és Geotechnikai tervezési beszámoló alapján a maximális talajvízszint 108,7 mBf szinten vehető fel. A geotechnikai tervezési gyakorlatban bevált és általánosan alkalmazott 0,5 méter biztonsággal számolva az építés ideje alatt a talajvízállás normális körülmények között 107,7-108,7 mBf $\pm$ 0,5 méter szinten várható. A talajvíz szulfáttartalma alapján XA1 kitéti osztályba tartozik.

10.4 Cölöpalapozás tervezése

A helyi geotechnikai adottságok és a terhelési adatok, valamint a rendelkezésemre bocsátott tervek alapján CFA talajhelyettesítés technológiával készülő cölöpalapozást javaslom.

A cölöpök határteherbírását a rendelkezésemre bocsátott Talajvizsgálati jelentés és Geotechnikai tervezési beszámoló, valamint CPT szonda eredményei alapján EC-7 szabvány szerint határozom meg.

10.5 CFA fúrási technológia ismertetése

A CFA (Continuous Flight Auger) cölöp folyamatos spirállal fűrt cölöp. A furat állékonyságát a folyamatos spirál és a fúrás során bent maradó föld biztosítja. A spirál tervezett mélységig való lefűrése után megkezdődik a furat kibetonozása a spirál folyamatos visszahúzásával. A kibetonozás az üreges fúrószáron keresztül történik. Kibetonozást követően elhelyezésre kerül az armatúra. Az armatúra saját súlyánál fogva, kézi erővel, kotró kanál nyomásával, illetve szükség esetén vibrátor segítségével kerül elhelyezésre a friss betonba.

Jellemző cölöpátmérők: 400, 600, 800, 900, 1000, 1200 milliméter.

Fúrési mélység 25 méterig.

10.6 Szerkezeti cölöpök kivitelezése

10.6.1 Munkaterület kialakítása, átadás – átvétel

A munkaterület kialakítása akkor megfelelő, ha:

- a kivitelezéshez szükséges munkagépekkel és járművekkel megközelíthető,
- a rámpán le- és felhajtásra a munkagépek biztonságos közlekedését biztosítják,
- a terepfelület vagy burkolat megfelelően szilárd a munkagépek mozgásához,
- közműmentes, bontási munkálatok és tömörített feltöltések a kivitelezést megelőzően elkészültek.

A munkaterület és a cölöpözési lavírsík teherbírása akkor megfelelő, ha:

- háromtengelyes teherautók megrakott állapotban akadálytalanul tudnak közlekedni rajta,
- betonszállító mixerekkel csapadékos időjárás esetén is biztonságosan megközelíthető,
- a lavírsíkon mért E2 teherbírasi modulus értékének eléri a 40 MPa értéket.

Amennyiben az előkészített földművön a fenti feltételek nem biztosíthatóak, úgy azt szilárd burkolattal kell ellátni (pl.: geotextília és zúzottkőterítés).

A munkaterületet megközelítő utakat úgy kell kialakítani, hogy 70 tonnás tréler és betonszállító mixerek közlekedésére alkalmasak legyenek.

A munkaterületen és a hozzá vezető úton megfelelő vízelvezetés szükséges.

10.6.2 Cölöpök lavírsík kialakítása

Az épület: $\pm 0,00$ méter szint, 111,00 mBf

Cölöpözési lavírsík: 101,00 mBf (-10,00 mR)

A kivitelezés megkezdése előtt a rendelkezésére álló kiviteli tervek alapján a megrendelőnek el kell végezni a szükséges feltárásokat, ellenőrzéseket:

- A munkaterületen lévő, illetve a tervezett szerkezet nyomvonalában és közelébe eső összes közművezetékét közmű genplán alapján fel kell tární és gondoskodni kell védelmükről vagy kiváltásukról, amennyiben szükséges.
- A tervezett szerkezet nyomvonalában vagy közelébe eső megszüntetett csatornákat el kell falazni vagy tömíteni.
- A lavírsík alatt esetlegesen előforduló pincéket, üregeket fel kell tární és el kell tömíteni.
- A lavírsík kialakításánál ügyelni kell arra, hogy legyen vízszintes és tartósan alkalmas nehéz munkagépek és teherautók közlekedésére.
- A lavírsík kialakításánál a megfelelő vízelvezetésről gondoskodni kell.

A tereprendezést, a bontási munkálatokat és az előzetes földmunkát a kiviteli terv szerinti cölöpözési lavírsíkra kell kialakítani.

10.6.3 Kitűzés

A cölöpök tengelypontjait alsórendű geodéziai méréssel kell meghatározni ± 1 centiméter pontossággal. A cölöpök tengelypontjait geodéta tűzi ki. A magassági kitűzés egy fix pont megadásával történik. A kitűzési vázlatot át kell adni a munkavégzés felelős vezetőjének. A kitűzési vázlatot az építési napló mellékleteként kell kezelni.

10.6.4 Pontraállítás a fúrógéppel

A kitűzést követően a cölöp tengelypontjára kell állni a fúrógéppel. Biztosítani kell a fúróspirál függőlegességét, amely a gép billentésével érhető el. A fúróspirál függőlegestől való eltérése fúrás közben maximum 2,0 % lehet. A pontraállást követően a fúróspirál függőlegességét a cölöpözőgép fedélzeti számítógépén folyamatosan ellenőrizni kell.

10.6.5 Fúrás

A szerkezeti cölöpök fúrása 600 vagy 800 milliméter átmérőjű folyamatos spirál fúrószárral készül. A fúrószárat folyamatosan kell lejuttatni a tervezett fúrasi mélységig, a forgatási sebességet és az előtolást úgy kell megválasztani, hogy a furat falának oldalirányú állékonysága biztosítva legyen.

A cölöpök fúrásánál ügyelni kell arra, hogy a fúrószár lehajtásával járó rázkódások káros hatásai ne legyenek hatással a szomszédos frissen betonozott cölöpökre.

A kiszoruló furatanyagot a cölöpözésben részt vevő kotrógéppel az elkészült cölöptől mért karolási távolságon belül deponálni kell.

Ha a cölöp nem készíthető el (pl.: fúrasi akadály miatt) a fúrószárat a furatból folyamatos visszaforgatással vissza lehet húzni. A fúrasi akadályt kotróval el kell távolítani és az érintett területet megfelelően tömörítve vissza kell tölteni. Amennyiben ez nem lehetséges a tervező bevonása szükséges.

10.6.6 Betonozás

A tervezett mélység elérése után a furatot a fúrószár visszahúzása közben az emelkedő betonszint stabilizálja. A cölöp mélysége a fúrógép fedélzeti számítógépéről leolvasható. A betonozás az üreges fúrószárhoz kapcsolt betonpumpa segítségével történik. A fúrószerszám a tervezett mélységre való lejuttatása után, a fúrószár folyamatos visszahúzásával nyomás alatt betont juttatnak a furatba.

A betonozás megkezdésekor a betonnyomás mérhető, azonban a betonozás során a talajadottságoknak és a mélységnek megfelelően a fúrógép tetején elhelyezett betonnyomás mérő berendezés által a mért érték 0-ra is lecsökkenthet. Ebben az esetben a gépkezelő fokozott óvatossággal a betonmennyiség mérő alapján folytatja a betonozást, hogy a beton folytonossága ne szakadjon meg a cölöpben.

A furat állékonyságának biztosítása és az armatúra elhelyezhetőség érdekében a cölöpöket a fúrási lavírsík munkaszintjéig kell betonozni.

Ha a beton szivattyúzása nem kezdhető meg, akkor a fúrószárat vissza kell húzni és a furat helyét visszatölteni úgy, hogy beomlások ne keletkezzenek. A hiba elhárítása után a cölöp újra fúrható legalább a kiviteli terv szerinti mélységig.

A bedolgozott betont vibrálni nem kell, az alkalmazott folyós konzisztencia és a bedolgozás módja biztosítja az öntömörödést.

10.6.7 Vasalás elhelyezése

A toronydaruk alapozó cölöpjeibe nem kerül betonacél erősítés.

A furat kibetonozását követően a furat felső részét meg kell tisztítani, hogy az armatúra a lehető legrövidebb idő alatt akadálytalanul elhelyezhető legyen.

Az előregyártott, hegesztett armatúra önsúlyánál fogva süllyed bele a friss betonba és kézi erővel, kisegítő földmunkagép kanalával vagy daru, szükség szerint armatúra vibrátor segítségével történik. Amennyiben az armatúra lejuttatása akadályba ütközik, akkor lehetőség szerint ki kell húzni a furatból, a betont ki kell fúrní és újra betonozni, ezekután ismét behelyezni az armatúrát.

Abban az esetben, ha az armatúra nem húzható ki a kibetonozott furatból, a tervező bevonása szükséges.

Az armatúrák megfelelő szintre való lejutását minden cölöpnél szintezőműszerrel végzik. Az armatúra központozása, illetve a megfelelő betontakarás biztosítása érdekében távtartók alkalmazása szükséges. A terv szerinti betontakarás az armatúra fővasán 7,5 centiméter.

10.6.8 Cölöpözés közben végzendő vizsgálatok

Minden cölöp készítésekor készül gépi cölöpfúrási jegyzőkönyv, amely tartalmazza a cölöp készítésével kapcsolatos, a vonatkozó szabványban meghatározott adatokat.

10.6.9 Cölöp felső részének kiképzése

A cölöpök felső részét vissza kell vésni a kiviteli terven meghatározott síkig. A visszavésés akkor kezdhető meg, ha a cölöpöket összefogó fejtömb szerelőbetonja elkészült.

A felső szennyezett cölöphossz légkalapáccsal véshető úgy, hogy a megmaradó cölöp szerkezetében ne keletkezzenek repedések.

Amennyiben a cölöpbeton a szerelőbeton szintjén nem egységesen szilárd, akkor a visszavésést addig kell folytatni, amíg teljesen egységes szilárd felület nem áll elő. Ebben az esetben szükséges a tervező szakvéleményét kikérni a cölöpfejek esetleges javításáról, javítási technológiával.

10.7 Erőforrások 1 géplánchoz

10.7.1 Előírt anyagminőség

Cölöpbeton: C30/37-XA1-XC2-16-F5

Cementadagolás: min. 380 kg/m³

Betonacél: B 500 (B 60.50)

Előregyártott armatúrák: hosszvasak, merevítőkarikák, spirálkengyel

10.7.2 Személyi feltételek

- 1 fő művezető
- 1 fő fúrógépkezelő
- 1 fő kotró kezelő
- 1 fő betonpumpa kezelő
- 1 fő gépirányító
- 1 fő betanított munkás

10.7.3 Gépek, eszközök, berendezések

- cölöpfúrógép
- betonpumpa
- forgókotró
- beton mixerek
- friss beton mintavételhez szükséges eszközök

10.8 Minősítés, minőségi követelmények

A minőség ellenőrzését és minősítését mérnök által jóváhagyott mintavételi és megfelelőségi igazolási terv alapján kell elvégezni.

A friss beton konzisztenciáját a helyszínen szemrevételezéssel, illetve naponta egyszer területsméréssel kell ellenőrizni, és a konzisztencia vizsgálati jegyzőkönyvben dokumentálni kell.

A beton szilárdságának ellenőrzése próbakockán történik.

10.9 Munkavédelem

A cölöpözési munkánál az Építőipari Kivitelezési Biztonsági Szabályzat /ÉKBSZ/ és az 1997. évi CII. törvénnyel módosított 1993. évi XCIII-as munkavédelmi törvény előírásait szigorúan be kell tartani.

Munkavégzés során a következőket kell betartani:

- A munkaterületet úgy kell körül határolni, hogy idegen személyek ne tudjanak bemenni oda.
- A munka biztonságos elvégzéséhez szükséges létszámot szakmai és képzési követelményeknek megfelelően biztosítani kell.
- A munkagépek felvonulása előtt írásbeli nyilatkozatot kell kérni a megrendelőtől arra vonatkozóan, hogy a tervezett cölöpök helyén nem található közművezeték vagy egyéb földalatti létesítmény, amennyiben szükséges a földalatti létesítményeket fel kell tártani és át kell helyezni a cölöpfúrás munkája megkezdése előtt.
- A gépkönyvben leírtak szerint ellenőrizni kell a cölöpfúrógép és a gép berendezések műszaki állapotát. A munkát csak kifogástalan és az időszakos munkavédelmi gépvizsgálattal rendelkező gépi berendezésekkel szabad megkezdeni. A munkahelyen kell őrizni a munkavédelmi gépvizsgálati jegyzőkönyv és a gépek karbantartási utasításának egy példányát.
- A cölöpöző gépeknél a darukra vonatkozó biztonsági előírások is betartandók.
- Gondoskodni kell a megfelelő tereprendezésről annak érdekében, hogy a cölöpfúrógép biztonságosan tudjon mozogni. Nem megfelelően tömörített, illetve felázott, megsüllyedt egyenletlen talajon cölöpözési munkát végezni tilos.
- A gépeket nem szabad a munkagödör csúszó lapján belül telepíteni.
- A munkahelyi bejáró utakat tisztán és szabadon kell hagyni, anyagot vagy földet deponálni nem lehet rajta.
- Megfelelő térvilágításról gondoskodni kell sötétedés vagy éjszakai munkavégzés alatt.
- A cölöpfúrógép vezetését csak szakképzett, a gépre vonatkozó jogosítvánnyal rendelkező gépkezelő végezheti.
- Nehéz tárgyak emelése és szállítása alatt az ehhez szükséges berendezések hatósugarába csak az oda beosztott és a munka elvégzésével megbízottak tartózkodhatnak.
- A munkahelyen tartózkodó dolgozóknak az egyéni védőeszközök használatát kötelező.

- Az ideglenes elektromos vezetékeket úgy kell telepíteni, hogy azok a mozgó gépek és berendezések mozgásterén kívül essenek és kárt ne tegyenek bennük.
- Feszültség alatt lévő erősáramú, kis- és nagyfeszültségű légvezetékek veszélyes közelségében gép nem telepíthető.
- Az elektromos vezetékek, berendezések érintésvédelméről gondoskodni kell. Csak kifogástalan állapotú és megfelelő szigeteléssel és érintésvédelemmel ellátott elektromos vezetékek, berendezések használhatók.
- Munkaidő végeztével gondoskodni kell az áramtalanításról és az elektromos berendezések, kapcsolószekrények lezárásáról.

A sérült dolgozó munkáját közvetlenül irányító vezető (művezető) minden munkabalesetet köteles jelenteni az építésvezetőnek.

10.10 Környezetvédelem

Gondoskodni kell arról, hogy a munkavégzéshez szükséges munkagépek alapjáratí környezeti terhelése minimális legyen.

Kis mennyiségű hulladék kezelésére a helyszínen nejlon zsákokat kell tartani.

A tárgyi technológia alkalmazásakor a környezetre veszélyt jelentő anyag nem keletkezik.

A környezeti hatásokra vonatkozó (zaj, por, stb.) határértékeket az Építési Engedélyben rögzítettek szerint kell betartani.

10.11 Vonatkozó előírások

MSZ EN 1536:2010+A1:2015	Speciális geotechnikai munkák kivitelezése: Fúrt cölöpök
MSZ 4798:2016/2M:2018	Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelőség, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon
MSZ EN 12350-5:2019	A friss beton vizsgálata. 5. rész: Terülmérés
MSZ EN 12350-1:2019	A friss beton vizsgálata. 1. rész: Mintavétel

MSZ EN 1997-1:2006	Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 1. rész: Általános szabályok.
MSZ EN 1997-2:2008	Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 2. rész: Geotechnikai vizsgálatok.
MSZ EN 10080:2005	Betonacél. Hegeszthető betonacél. Általános követelmények
MSZ EN 12390-3:2019	A megszilárdult beton vizsgálata. 3. rész: A próbatestek nyomószilárdsága

11. Mennyiségszámítás és ütemezés

A kiviteli terv alapján CFA 600 és CFA 800 milliméter átmérőjű cölöpök fognak készülni változó hosszúsággal. A fúrasi lavírsík minden cölöp esetén megegyezik. Ismertetem átmérő és fúrt hossz függvényében a mennyiségeket és betonfelhasználást.

CFA 600 milliméter átmérőjű cölöpből 6,0; 9,0; 12,0 méteres fúrasi hosszal készülnek a cölöpök.

CFA 600 esetén a következő mennyiségek vannak:

- 6,0 fúrasi hossz: 146 darab
- 9,0 fúrasi hossz: 36 darab
- 12,0 fúrasi hossz: 60 darab

Ezeket a mennyiségeket összeadva összesen 242 darab CFA 600 milliméter átmérőjű cölöp készül.

CFA 800 milliméter átmérőjű cölöpből 8,0; 11,5; 14,0 méteres fúrasi hosszal készülnek a cölöpök.

CFA 800 esetén a következő mennyiségek vannak:

- 8,0 fúrasi hossz: 48 darab
- 11,5 fúrasi hossz: 200 darab
- 14,0 fúrasi hossz: 24 darab

Ezeket a mennyiségeket összeadva összesen 272 darab CFA 800 milliméter átmérőjű cölöp készül.

Összesen 514 darab CFA 600 és 800 milliméter átmérőjű cölöp készül.

A fúrás során kitermelésre kerülő föld elszállításáról gondoskodni kell ezért célszerű kiszámolni mennyi furatanyag keletkezik és ezek alapján gondoskodni az elszállításáról.

A következő furatanyag mennyiségek termelődnek ki a fúrások során:

- CFA 600 esetén összesen: 543 m³
- CFA 800 esetén összesen: 1518 m³

Ezeket a mennyiségeket összeadva összesen 2061 m³ furatanyag keletkezik.

A betonfelhasználás függ a fúrási hosszától és az átmérőtől. A furat kibetonozására úgynevezett elméleti betont számolunk, ami csak a furat kitöltésére vonatkozik. A gyakorlatban többletbetonnal számolunk a veszteségek, valamint a cölöptest kibetonozása után történő túlbetonozás miatt. A betonfelhasználást az elméleti betont 1,2 értékkel megszorozva kapjuk meg. Ezek alapján a következő eredményeket kaptam:

- elméleti beton felhasználás összesen: 2061 m³
- betonfelhasználás összesen: 2473 m³

A cölöpöket 5 különböző armatúra típussal kell vasalni. A következő armatúra típusok szükségesek darabszám szerint:

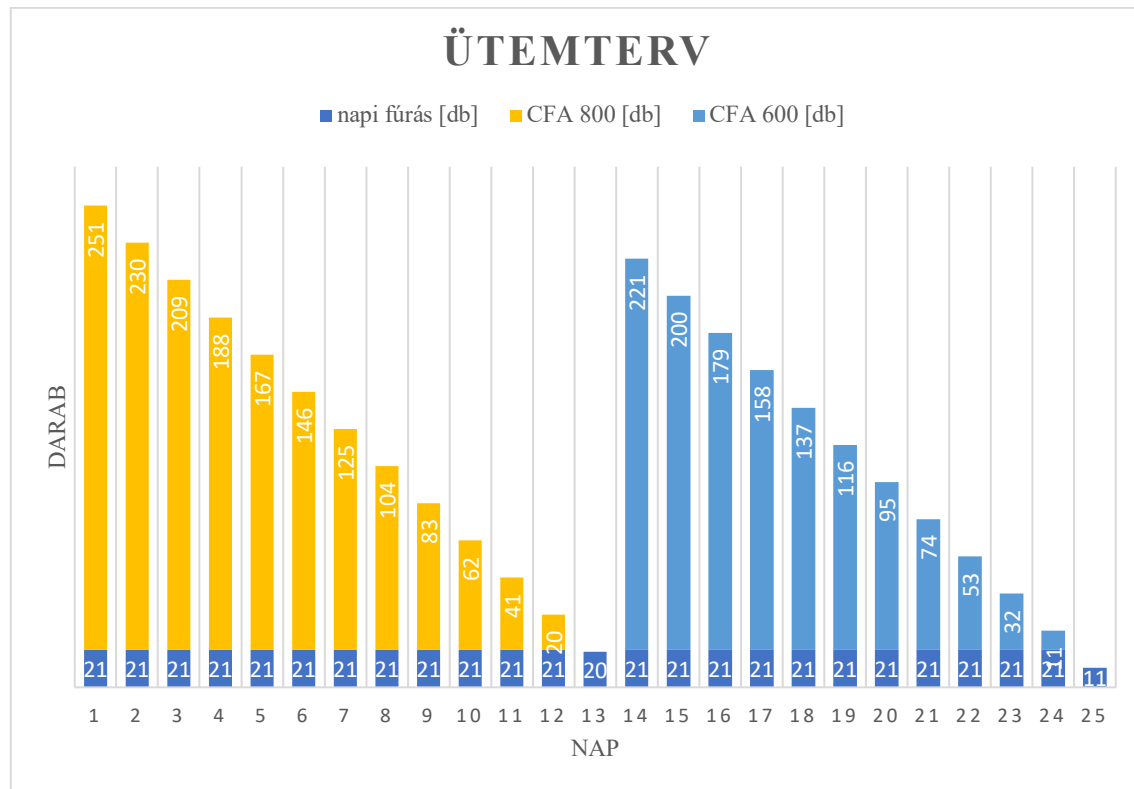
- 80/1 armatúra típus: 224 darab
- 80/2 armatúra típus: 48 darab
- 60/3 armatúra típus: 148 darab
- 60/4 armatúra típus: 36 darab
- 60/5 armatúra típus: 58 darab

Minden cölöpöt vasalással kell ellátni, így összesen 514 darab armatúra kerül elhelyezésre.

Ütemezés készítésekor figyelembe kell venni a mennyiségeket, környezeti adottságokat és a munka során használt gépek teljesítményét. A terület adta lehetőségeket és talajviszonyokat figyelembe véve egy nagyobb teljesítményű cölöpözőgép szükséges a tervezett cölöpök lefűréséhez.

Ütemezés számításához először meghatároztam egy átlag napi cölöpfűrés darabszámot figyelembe véve a talajviszonyokat és időjárási viszonyokat. A napi cölöpfűrés darabszámot 21 darabnak határoztam meg. Ezáltal az összes 514 darab cölöp a 21 darab/nap cölöpszámmal elosztva 25 nap átfutási időre van szükség és a napi fűrés hossz 197,6 méterre jön ki.

A következő diagrammon szemléltetem a cölöpözés ütemezését. A diagramm alapján CFA 600 milliméteres cölöp 13 nap átfutási idővel, a CFA 800 milliméter átmérőjű 12 nap alatt készül el.



66. ábra: Ütemterv CFA 600 és CFA800

A részletes mennyiségyszámítás és ütemterv számítása megtalálható a számítási mellékletben is.

12. Összefoglalás

A témaválasztás legfőbb szempontja az volt számomra, hogy olyan témát dolgozzak fel, amivel örömmel foglalkozom. Egyetemi tanulmányaim során szerencsém volt megismerkedni a cölöpalapozás tervezésével és megvalósításával elméleti módon. Mindig is lenyűgöztek a nagy méretű és teljesítményű gépek, így kíváncsi voltam hogyan is zajlik a cölöpfúrása. Lehetőségem volt részt venni CFA technológiával készült mélyalapozási projektben, ami annyira megtetszett, hogy eldöntöttem ezzel a témával szeretnék foglalkozni a szakdolgozatom megírása kapcsán.

A kezdeti nehézségeket a kiindulási adatok okozták. Az építési terület talajrétegződése elég változatos és tömörsége miatt a CPT szondák nem tudtak jelentősebb mélységbe lejutni, ami alapján pontosan meg lehetne tervezni a cölöpalapozást. Ezáltal több CPT szonda mérési eredményeit felhasználva tudtam a szonda csúcscellenállási értékét meghatározni, ami alapján el tudtam kezdeni a cölöpalapozás tervezését. Cölöpözési technológiák közül a talajhelyettesítéses CFA cölöpözési technológiát választottam, mivel a talaj tömörsége miatt nem kivitelezhető FDP talajkiszorításos technológiával. Megterveztem a cölöpök hosszát és átmérőjét, az adott terhelési adatok alapján meghatároztam a cölöpök teherbírását és cölöpcsoportokba rendeztem az igénybevételek alapján, majd megvizsgáltam a süllyedésüket, ezeketán elkészítettem a cölöpkiosztási tervet. Technológiai utasítást készítettem CFA cölöpözés munkálataihoz, amiben leírtam hogyan kell kivitelezni, milyen erőforrásokra van szükség, valamint kitértem munka- és környezetvédelemre is. Szakdolgozatom témáját mennyiségyszámítással és ütemterv készítésével zártam le.

Summary

The main aspect of choosing a topic for me was to work on a topic that I am happy to deal with. During my university studies, I was lucky enough to learn about the design and implementation of pile foundations in a theoretical way. I have always been fascinated by

large and powerful machines, so I was curious about how pile drilling equipment works. I had the opportunity to participate in a deep foundation project made with CFA technology, which I liked so much that I decided that I would like to deal with this topic in connection with writing my thesis.

The initial difficulties were caused by the starting data. The soil stratification of the construction area is quite diverse and due to its compactness, the CPT probes could not reach a significant depth, on the basis of which the pile foundation could be planned accurately. In this way, using the measurement results of several CPT probes, I was able to determine the peak resistance value of the probe, on the basis of which I was able to start the design of the pile foundation. Among the piling technologies, I chose the CFA piling technology with soil replacement, as it is not feasible with FDP soil displacement technology due to the compactness of the soil. I planned the length and diameter of the piles, determined the bearing capacity of the piles based on the given load data and sorted them into pile groups based on the stresses, then examined their subsidence, and then prepared the pile allocation plan. I prepared a technological instruction for CFA piling works, in which I described how it should be carried out, what resources are needed, and I also touched on health and safety and environmental protection. I concluded the topic of my thesis by calculating quantities and creating a schedule.

13. Irodalomjegyzék

- [1] <https://gspe21-ssl.ls.apple.com/html/attribution-267.html>
- [2] <https://maps.hungaricana.hu/hu/BFLTerkeptar/5003/view/?pg=11&bbox=1408%2C-3429%2C3113%2C-2403>
- [3] Eredeti beépítési koncepció
- [4] MSZ EN 1997
- [5] https://map.mbfisz.gov.hu/fdt_alapszelvények/
- [6] <https://map.mbfisz.gov.hu/atlasz200/>
- [7] <https://map.mbfisz.gov.hu/tvz/>
- [8] <http://www.foldrenges.hu>
- [9] Deák, Gy., Draskóczy, A., Dulácska, E., Kollár, L., Visnovitz, Gy. (2018): Vasbeton szerkezetek Tervezés az Eurocode alapján, 4.bővített kiadás
- [10] Dr., techn., Bándy, I., (1974): Mélyalapozások a vízépítésben, OVH Vízgazdálkodási Tröszt, Budapest
- [11] dr., Szepesházi, R., (2008): Geotechnika, Egyetemi jegyzet, Harmadik, korszerűsített, bővített kiadás, Győr
- [12] <https://tamop412a.ttk.pte.hu/files/kornyezettan9/www/out/html-chunks/ch19s02.html>
- [13] <https://ariadneegyesulet.hu/tudomany/elektromos/67-geoelektromos-szelvenyezes>

- [14] https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8789/MFKHT6504SI_08.pdf?sequence=9&isAllowed=y
- [15] https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/8789/MFKHT6504SI_09.pdf?sequence=10&isAllowed=y
- [16] <https://ecodrill.es/en/diaphragm-wall-techniques/>
- [17] Bognár, B., Kanizsár, Sz., Dr., Mahler, A., Manninger, M., Meszlényi, Zs., Dr., Móczár, B., Scheuring, F., Schell, P., Szepesházi, A., (2016): Korszerű cölöpalapozások tervezése geotechnikai, tartószerkezeti és technológiai szempontok alapján, Budapest
- [18] BAUER Maschinen GmbH, (2019): FDP, Full Displacement Piles, Method Statement, Schrobenehausen
- [19] <http://arc.sze.hu/epszerkea/alapozas.htm>
- [20] Farkas, J., (2000): Alapozás, Műegyetemi Kiadó
- [21] Dr., Farkas, J., (2004): Alapozás, előadások rövidített jegyzete (Bsc. képzés)
- [22] Magyar Mérnöki Kamara (2012): Alapozások és földmegtámasztó szerkezetek, Budapest
- [23] Dr., Szepesházi, R., (2011/3): Vasbetonépítés műszaki folyóirat
- [24] BAUER Magyarország Speciális Mélyépítő Kft.

Mellékletek:

Fúrési rétegsorok

8F fúrás

6CPT szonda

SCPT_1 szonda

Talajmechanikai vizsgálatok

Talajvíz vizsgálati jegyzőkönyv

Számítási mellékletek