

SZAKDOLGOZAT

OE-YBL
2024.

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

Konkoly Nelli





ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Konkoly Nelli

Szaktervezési szám: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: Építőmérnöki

Specializáció: Geotechnika

A dolgozat címe: Cölöpalapozás tervezése

A dolgozat címe angolul: Pile foundation design

A feladat részletezése: A tervezési feladathoz kapott talajfeltárások tanulmányozásával és kiértékelésével, valamint a cölöpalapozások irodalmi áttekintésével kiválasztott cölöpalapozási technológiák megtervezése. A választott technológia különböző számítási módszerekkel meghatározott teherbírásainak összehasonlítása.

Intézményi konzulens neve: Kaczvinszki-Szabó Vera

Külső konzulens neve: Turi Dávid

Munkahelye: Fugro Consult Kft.

A kiadott téma elévülési határideje: 2028. 12. 31.

Beadási határidő: 2024. 05. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

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

Kiadva: Budapest, 2024. 03. 06.

[Signature]
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2024. 05. 15.

[Signature]

belső konzulens

[Signature]

külső konzulens

SZAKDOLGOZAT
KONZULTÁCIÓS NAPLÓ

Hallgató neve: KONKOLY NELLI

Dolgozat száma: [REDACTED]

Oktatási azonosítója: [REDACTED]

Szak, specializáció megnevezése:

Neptun azonosítója: [REDACTED]

ÉPÍTŐMÉRNÖK SZAK

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

GEOTECHNIKA SPECIALIZÁCIÓ

A dolgozat címe magyar nyelven: CÖLÖPALAPOZÁS TERVEZÉSE

A dolgozat címe angol nyelven: PILE FOUNDATION DESIGN

Belső (kari) konzulens neve: KACZUINSZKI-SZABÓ URA

Külső konzulens neve: TURI DÁVID

Külső konzulens munkahelye: FUGRO CONSULT KFT.

ALK.	DÁTUM	KONZULTÁCIÓ TÉMÁJA, TARTALMA	KONZULENS ALÁÍRÁSA
1.	2024.03.13.	Tanulmányi rész javítása	[Signature]
2.	2024.04.03.	Cölöptervezés EC szerint	[Signature]
3.	2024.05.21.	Tervezési észrevételek konzultáció	[Signature]
4.	2024.05.23.	Cölöptervezések összehasonlítás	[Signature]

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/Diplomaterv/Diplomamunka tantárgy(ak)* követelményét teljesítette.

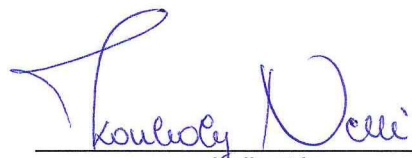
Kelt: Budapest, 2024.05.23.

belső (kari) konzulens

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott KONKOLY NELLI 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: Budapest, 2024.05.15.



Hallgató

Köszönöm Kaczvinszki-Szabó Verának és Turi Dávidnak!

*„A tanár hiddá feszül s biztatja tanítványait, keljenek át rajta;
majd miután megkönnyítette számukra az átjutást, boldogan összeroskad, arra buzdítva őket,
hogy maguk építsenek hidakat.”*

Nikosz Kazantzakis

KÖZÚTI HÍDPILLÉR CÖLÖPALAPOZÁSÁNAK MEGTERVEZÉSE

Összefoglalás. A CFA cölöp tervezése az MSZ EN 1997 szabvány, a DIN 1054 német szabvány és a GEO5 szoftver szerint készült. A kapott CPT statikus szondázás csúcsellenállási értékeit, valamint a fúrások és a helyszínhez közeli próbaterhelés adatait használtam fel a munkámhoz. A számítások során meghatároztam a cölöpteherbírást és a süllyedést. A módszerek hasonló eredményeket adtak, de természetesen az MSZ EN 1997 szabvány alapján kapott végeredmények szerint méreteztem a cölöpöket. Tapasztalataim alapján a DIN 1054 német szabvány szerint volt a legkönnyebb dolgozni. A szabvány által kapott becsült görbét össze tudtam hasonlítani a próbaterhelési görbével.

Élvezetes volt a munka. Örülök, hogy megismerhettem részletesen ezeket a módszereket, és hogy megtapasztalhattam a szabványok közötti különbségeket. Az irodalomkutatással összegezhettem az egyetemi évek alatt tanultak egy részét.

Kulcsszavak: CFA cölöp, MSZ EN 1997, DIN 1054, CPT szondázás, próbaterhelés, teherbírás, süllyedés

PILE FOUNDATION DESIGN OF ROAD BRIDGE PILLAR

Abstract. The design of the CFA pile was made according to the MSZ EN 1997 standard, the German DIN 1054 standard and the GEO5 software. I used the base resistance values of the received CPT static sounding, as well as the data from the drillings and the test load close to the site for my work. During the calculations, I determined the pile bearing capacity and the subsidence. The methods gave similar results, but of course I sized the piles according to the final results obtained based on the MSZ EN 1997 standard. Based on my experience, it was easiest to work according to the German standard DIN 1054. I was able to compare the estimated curve obtained according to the standard with the test load curve.

The work was enjoyable. I am glad that I was able to learn about these methods in detail and that I was able to experience the differences between the standards. I was able to summarize some of what I learned during my university years with the literature research.

Keywords: CFA pile, MSZ EN 1997, DIN 1054, CPT probing, load, bearing capacity, subsidence

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	9
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	10
2.1. Építésföldtani alapismeretek	10
2.1.1. A Föld felépítése	10
2.1.2. A földkéreg anyagai	11
2.1.3. A Földet érő erők és hatások	12
2.2. Talajok fizikai jellemzői	13
2.2.1. Talajfizikai tulajdonságok csoportosítása	13
2.2.2. Talajok felismerése és osztályozása	14
2.2.3. Talaj szerkezete	15
2.3. Talajban lévő víz és feszültségek	16
2.3.1. Föld vízkészlete	16
2.3.2. Talajvíz a geotechnikában	16
2.3.3. Talajvízszinttel kapcsolatos szélsőértékek meghatározása	18
2.3.4. Semleges és hatékony feszültségek	20
2.4. Talajfeltárás	21
2.4.1. Közvetlen talajfeltárás	21
2.4.2. Közvetett talajfeltárás	24
2.5. Alapozások	28
2.5.1. Síkalap	30
2.5.2. Mélyalap	36
3. GEOTECHNIKAI ADATOK	47
3.1. Feladat ismertetése	47
3.2. Térség geológiai és földrajzi adatai	47
3.3. Talajfeltárások	51
3.4. Laborvizsgálati eredmények	55

4. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÁSOK.....	59
4.1. Számítási alapadatok.....	59
4.2. MSZ EN 1997 szerinti számítás.....	59
4.2.1. Nyomási ellenállás.....	59
4.2.2. Palástellenállás.....	60
4.2.3. Talpellenállás.....	61
4.2.4. Nyomott cölöp ellenőrzése.....	62
4.2.5. Cölöpsüllyedés számítása.....	64
4.2.6. Cölöpszámítási eredmények.....	65
4.3. DIN 1054 német szabvány szerinti számítás.....	68
4.3.1. Nyomási ellenállás.....	69
4.3.2. Palástellenállás.....	69
4.3.3. Talpellenállás.....	71
4.3.4. Cölöpszámítási eredmények.....	72
4.4. Szoftveres számítás GEO5 segítségével.....	73
4.4.1. Cölöpszámítási eredmények.....	74
4.5. Különböző számítási módszerek eredményeinek összehasonlítása.....	77
4.6. Vasalás meghatározása.....	77
4.6.1. Hosszirányú vasalás.....	78
4.6.2. Keresztirányú vasalás.....	78
4.6.3. Betontakarás.....	78
4.6.4. Végeredmény.....	78
5. MŰSZAKI LEÍRÁS.....	79
5.1. Cölöpcsoport.....	79
5.2. Betonminőség.....	80
5.3. Betonacél minőség.....	80
5.4. Vízelvezetés.....	80
5.5. Tervezési élettartam.....	80
5.6. Tűzvédelmi-, munka és környezeti előírások.....	80
IRODALOMJEGYZÉK.....	81
MELLÉKLETEK.....	84

1. BEVEZETÉS

Legtöbbször síalapokkal oldják meg az épületek alapozását, de vannak esetek, amikor csak a mélyalapozás tekinthető jó megoldásnak. Műtárgyak esetében szinte csak mélyalapokat készítenek. A mélyalapozáson belül a cölöpalapozás jelentősen elterjedt hazánkban, azon belül is a fűrt CFA cölöpözési fajta, hiszen nagyon gyors, gazdaságos és gépiesített alapozási mód. 30 méter mélységig alkalmazhatjuk, akár 2 méteres átmérővel.

Szakdolgozatom tárgyát képezi a spirálfűréssal készített CFA cölöpalap tervezése. Különböző számítási módszerekkel oldottam meg a külső konzulens által kiadott feladatot, melyben segítségemre volt az intézményi konzulens is.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Építésföldtani alapismeretek

Mielőtt bármilyen mérnöki létesítmény tervezéséhez hozzáfognánk, fontos megismernünk a Föld felépítését, a rétegek kialakulását, a természeti folyamatokat és azok hatásait, hogy helyes döntéseket hozhassunk a létesítmények környezetre gyakorolt hatásairól, valamint tisztában lehessünk a környezetünkkel, hogy milyen erők, hatások érhetik majd a létesítményeket. Tehát a környezetünk és a majdan elkészülő, vagy már elkészült létesítmények között bonyolult kölcsönhatások alakulhatnak ki, melyeket fel kell tudnunk ismerni. [1]

2.1.1. A Föld felépítése

A Földet alkotó rétegek a geoszférák (gömbhéjak). A geoszférák felépítése szerint megkülönböztetjük a külső rétegeket, a kontakt rétegeket, illetve a belső rétegeket.

Külső geoszférák

Atmoszféra (légkör):

Exoszféra (+800km-ig), termoszféra (+690 km-ig), ionoszféra (+80 km-ig), sztratoszféra (+50 km-ig), troposzféra (+15 km-ig).

Ezekben a rétegekben különböző légköri folyamatok mennek végbe.

Nagy hatást gyakorol a Nap energiája a külső geoszférákra, valamint a Föld kérgére is.

Hidroszféra (vízöv):

Óceánok, tengerek, tavak, folyók, felszín alatti vizek.

Kontakt geoszférák

Bioszféra és a pedoszféra (legkülső szilárd réteg néhány métere).

Kontakt geoszféra az elővilág színtere, a külső és a belső geoszférát választja el egymástól.

Belső geoszférák

Kéreg, külső köpeny (-400 km-ig), átmeneti zóna (-1000 km-ig), belső köpeny (-2700 km-ig), köpeny-mag határ (-2900 km-ig), külső mag (-4980 km-ig), átmeneti zóna (-5120 km-ig), belső mag (-6370 km-ig).

A belső mag felől haladva a felszín felé a hőmérséklet, a sűrűség, illetve a nyomás csökken. Halmazállapot szerint a földkéreg, valamint a külső köpeny egy része szilárd, míg a belső köpenytől a magjáig folyékony.

[1]

2.1.2. A földkéreg anyagai

A földkéreg szilárd halmazállapotú anyagai különböző elemekből épülnek fel, melyek ásványtársulásokkal kőzetekké alakulnak.

Leggyakoribb elemek:

Oxigén (92,20 térfogatszázalék), szilícium (földfém), alumínium (földfém), vas (földfém), magnézium (alkáliföldfém), kalcium (alkáliföldfém), nátrium (alkálifém), kálium (alkálifém).

A felső szilárd réteg körülbelül 96-97%-a áll ezekből az elemekből. Ez a réteg nagyjából 100 kilométer vastagságú.

Legfontosabb ásványok:

Szilikátok, organikus vegyületek, oxidok, hidroxidok, terméselemek, szulfidok, karbonátok, szulfátok, halogenidek.

Leírható képletekkel az összetételük, elemekből épülnek fel.

Kőzeteket megkülönböztetjük kialakulásuk szerint:

Magmás kőzetek

Az ásványok nyomás és hőmérséklet hatására megszilárdulnak. Az ásványokból kőzetek alakulnak ki. A kőzetek szilárdsága, tulajdonsága függ attól, hogy milyen mélységben szilárdultak meg. Legfontosabb magmás kőzetek: gránit, diorit, gabbro.

Üledékes kőzetek

A felszínen lévő kőzetek a külső geoszférák hatására elkezdnek mállani. A mállott, aprózódott kőzeteket végül a víz, a szél, illetve a gravitáció elmozdíthatja eredeti helyzetükből. A felgyülemlett, aprózódott kőzetek leülepednek, végül ezekre különböző rétegek kerülnek és ezek hatására elkezdnek tömörödni és kőzetté válnak, diagenezisnek nevezzük ezt a folyamatot. Legfontosabb üledékes kőzetek: lösz, mész, mészkő, dolomit, homok, kavics, iszap, agyag.

Metamorf kőzetek

Az üledékes, vagy a magmás kőzetek elkezdenek süllyedni, majd a nyomás és / vagy hőmérséklet növekedés hatására átalakul szerkezetük és ásványi összetételük, ezért újfajta kőzet alakul ki belőlük. Legfontosabb metamorf kőzetek: földpát, kvarc, csillámpala, agyagpala, agyagkő, márvány.

Ha elég mélyre kerülnek a kőzetek újra beleolvadnak a magmába, végül kezdődik előről a körforgás.

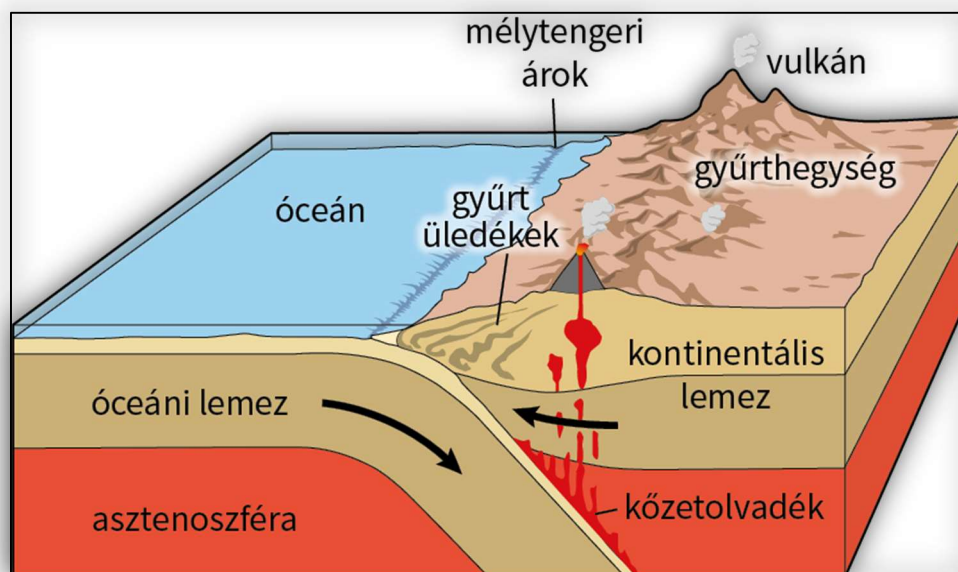
[1]

2.1.3. A Földet érő erők és hatások

Endogén (belső) erők és hatások:

Lemeztektonikai mozgások, gyűrődések, vetődések, törések, földrengések, vulkáni folyamatok.

[1]



1.ábra. Endogén hatások szemléltetése, [2]

Exogén (külső) erők és hatások:

Mállás, csapadék, szállítás, vízmozgások, hó, jég, hőmérsékletváltozás, növényzet, gravitációs felszínmozgás (folyás, omlás, kúszás, rogyás, rétegcsúszás, suvadás), emberi tevékenységek.

[1]



2.ábra. Gravitációs felszínmozgás, 6-os főútra omló löszfal, [3]

2.2. Talajok fizikai jellemzői

2.2.1. Talajfizikai tulajdonságok csoportosítása

Petrográfiai tulajdonságok:

Ebbe a csoportba tartoznak azok a vizsgálatok, amelyekkel felismerhetjük és osztályozhatjuk a különböző talajokat. Azonosító vizsgálatok alapján meg tudjuk határozni az adott talaj nevét. Ilyen jellemző tulajdonság lehet a szemeloszlási görbe meghatározása (rostálás, szitálás segítségével), a fajsúly meghatározása, a szemcsenagyság, szemcsealak, stb. Mivel ezekkel a tulajdonságokkal nagyon sok fontos információt nem kapunk meg az adott talajról, ezért további jellemzők szerint is kell a talajokat vizsgálnunk.

Talaj állapotára vonatkozó tulajdonságok:

Ezek a vizsgálatok már jelentős információval szolgálhatnak az alapozás szempontjából is. Ilyen jellemző tulajdonság például a tömörség meghatározása, a konzisztencia, illetve a konzisztenciaindex értéke.

A petrográfiai tulajdonságok és a talaj állapotára vonatkozó tulajdonságok együttvéve statikus jellemzőnek is nevezhetjük, hiszen ezek csak magára a talajra vonatkozó értékek, külső hatás figyelembevétele nélkül.

Dinamikus jellemzők:

Ilyenkor a talajokat érő hatások következtében beálló változásokat vizsgáljuk. Ebben az idő, mint tényező figyelembevétele fontos.

Legjelentősebb hatások ezek közül a terhelés, a hőmérséklet, a vízmozgás, és olykor a kémiai és elektromos hatás is.

Általában a dinamikus vizsgálatok eredményeit csak görbék segítségével tudjuk megadni.

[4]

2.2.2. Talajok felismerése és osztályozása

Előírások és szabványok (például Eurocode) segítségével kategorizáljuk a talajok jellemzőit.

Kőzet lehet:

- Mesterséges (feltöltések),
- Természetes (összeálló talajok, sziklák).

Talaj lehet:

- Kötött (anyag, iszap, agyagos iszap, iszapos homok),
- Szemcsés (homok, kavics, homokos kavics, kavicsos homok).

A talajok felismerésére olykor elegendő egy egyszerű szemrevételezés is, valamint a talaj szétmorzsolása a kezünkben. Vannak esetek, amikor már ennyi is elég egy kedvezőtlen talaj felismerésére.

Egyszerű azonosító vizsgálatok:

- Rázókísérlet,
- Képlékenység,
- Szilárdság (száraz állapotban),
- Szag és szín (bomló szerves anyagnak tipikus szaga van),
- Kezelés savval (20%-os sósav a mésztartalom észlelésére), stb...

Szerves a talaj, ha:

- Szemcsés talaj esetén 3%-nál nagyobb a szervesanyagtartalom,
- Kött talaj esetén 5%-nál nagyobb a szervesanyagtartalom.

Szervesanyagtartalmat (I_{om}) izzásig hevített súlyvesztéssel határozzuk meg [%]. Szerves talajok például a humuszos termőtalajok, szerves agyag talajok, a tőzeg és a szerves iszap talajok.

Alapozást ilyen talajokra nem mindig lehet készíteni, ilyenkor talajcsere vagy talajjavítás szükséges, vagy a mélyebben található szervesetlen teherhordó réteget használjuk teherviselésre.

Speciális alapozási szerkezetekkel akár ilyen talajra is lehet alapozni.

Szervesetlen talajok osztályozása plasztikus index, szemeloszlás alapján.

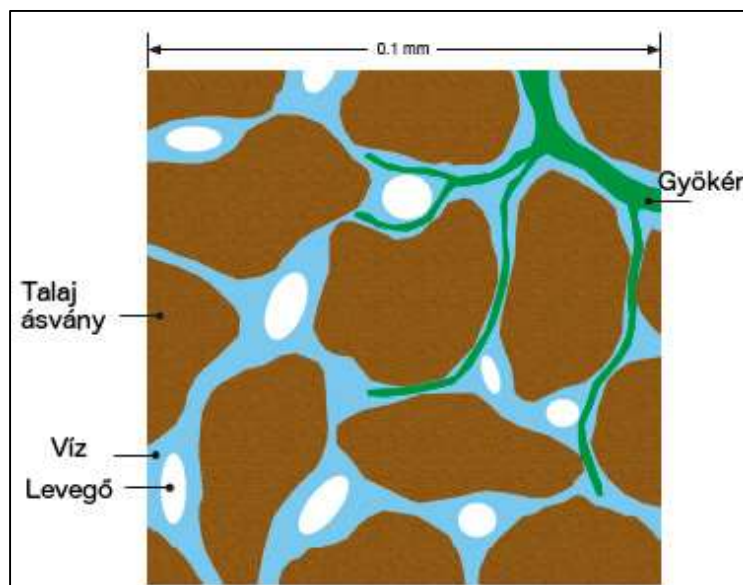
A talajvíz vagy a talaj szulfáttartalma nagyon fontos tényező, mivel a szulfát káros hatással van az ilyen talajjal vagy a talajvízzel érintkező betonszerkezetekre. Kémiai vizsgálatokkal lehet mérni a szulfáttartalmat (SO_4).

[4]

2.2.3. Talaj szerkezete

A folyékony víz, a légnemű levegő és a szilárd halmazállapotú szemcsék a talajok fő alkotórészei. Meghatározó a szemcsék mérete és azok aránya. Megjelenhetnek ezeken kívül más alkotók is (például szervesanyag).

[4]



3.ábra. Talajalkotók, [5]

2.3. Talajban lévő víz és feszültségek

2.3.1. Föld vízkészlete

A bolygónk teljes vízkészlete körülbelül $26,60 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$. A sós vizek (tengerek, óceánok) nagyjából 97,20 %-át teszik ki a vízkészletnek, a maradék nem sós vizek pedig a felszín alatt (2,20 %) és felett (0,60 %) oszlanak el, valamint a légkörben lévő vizek 0,10 % alatt vannak jelen. A víz megjelenik gőz, folyékony és szilárd halmazállapotban is.

[6]

2.3.2. Talajvíz a geotechnikában

A talajban lévő víz mára már nagyon meghatározó a mélyépítésben, míg régen ezt nem tartották elsődleges tényezőnek. Geotechnikai szempontból nagy figyelmet igényel annak vizsgálata.

A geotechnikai szakvéleményben határozzák meg a talajvízzel kapcsolatos problémák megoldási javaslatait. Napjainkban fejlett mérőműszerek segítségével találjuk meg a talajban lévő vizeket.

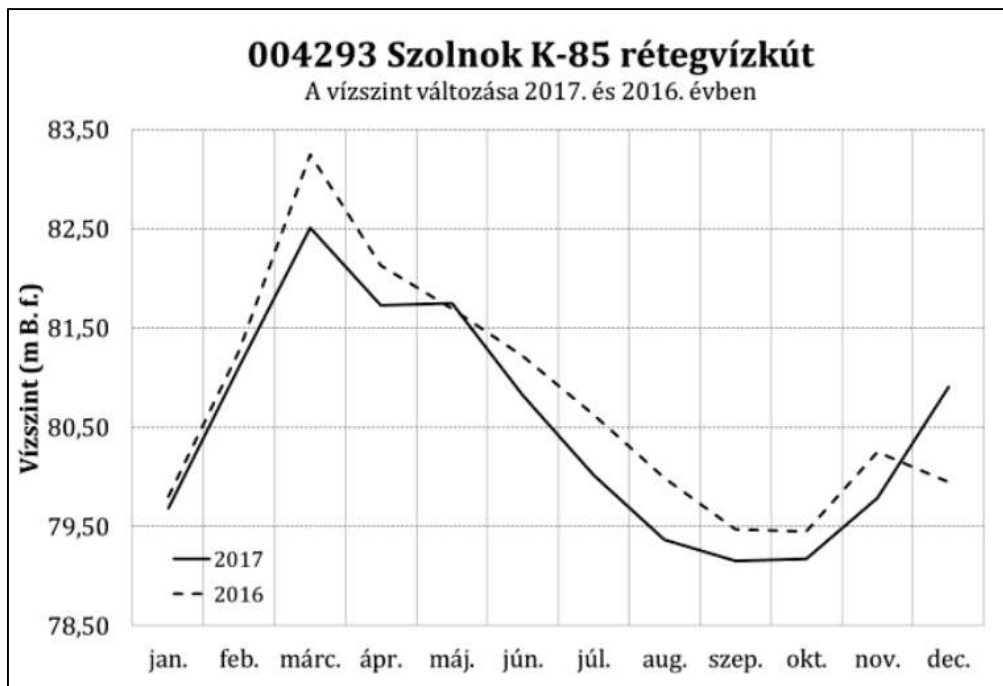
Talajvíz

Felszín alatt, az első vízzáró réteg felett lévő összefüggő gravitációs víztömeget talajvíznek nevezzük. A vízfelszín többnyire leköveti a domborzat vonalát. Kialakulhat talajvíz, mint tóyszerű képződmény vagy, mint folyó is. A talajvíz magassága többnyire nem ugyanabban a magasságban van mindig, hanem időben eltérő, dinamikusan változó. Általában az éghajlat az, amittől függ a talajvíznek a szintje.

A talajvíz állása függ a felszíntől számított mélységtől is. Például, ha 1 méter mélységig nézzük a talajvizet, akkor feltűnően szabálytalan a víz szintje, ingadozó, míg, amikor 7 méter alatti mélységet vizsgálunk, akkor ott már állandó a talajvízszint.

A talajvíz járását fontos megvizsgálni éves szinten. Általában márciusban és áprilisban van a talajvízszintjének a maximuma, míg a minimuma szeptemberben és októberben van.

[6]



4.ábra. Felszín alatti éves vízjárási görbe a szolnoki K-85 rétegvízkút mért adatai alapján, [7]

Talajvizet az alábbiak szerint osztályozzuk:

- Vízjárást befolyásoló hatások (szabályos vízjárás vagy mesterséges és természetes hatások által befolyásolt vízjárás),
- Vízjárás éves jellemzői (kontinentális vagy óceáni talajvíz),
- Vízükör nyomásviszonyai (nyomás alatti víz vagy szabad felszínű víz),
- Vízükör geometriája (lebegő talajvíz, vízdóm, általajvíz) szerint.

Rétegvíz

Két vízzáró réteg között felgyülemlett összefüggő víz.

Artézi víz

Olyan rétegvíz, amely nyomás hatására furatokon, járatokon keresztül feltör a felszínre.

Kapilláris víz

A kapilláris vizet a felületi feszültség nyomja fel a talajvízből kapillárisokon át. A talajvíz felszínétől egy meghatározott magasságig zárt kapilláris vízről beszélhetünk, ahol az apró hézagokat kitölti a víz. Nyílt kapilláris víz is a talajvíz felszínétől kapaszkodik fel, viszont itt már levegő is megjelenik a kapillárisokban.

[6]

Abszorbeált víz

Az a víz, amely a szemcsefelületeken található. Közöséges vízzel ellentétben ez más tulajdonságokkal rendelkezik.

Szivárgó víz

Amikor a csapadékvíz a talajra hull és elkezd beszivárogni a talajba (infiltráció).

[6]

A víz általában a legnagyobb közetfelületeket szeretné beburkolni, ezért a kisebb hézagok kitöltése elsődleges. Szűk kapillárisokban megnő a víz mozgásának sebessége, míg a nagyobb talajhézagokban lelassul a víz mozgása. Egymás mellett lévő kapillárisokban eltérő lehet a víz szintje, azok vastagsági mérete miatt. Lökésszerű és változó sebességű emelkedés jellemző.

[4]

Víztartalom (w) meghatározását a talaj nedves tömegének (m_n), illetve száraz tömegének (m_d) összefüggésével határozzuk meg, százalékos végeredménnyel. A nedves talaj súlyát lemérjük, majd tömegállandóságig $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten szárítjuk szárítókályhában, ezután ismét lemérjük a tömegét.

Képlete: $w = [(m_n - m_d) / m_d] * 100, [\%]$.

Telítettség tartalmat (S_r) a víz térfogat (V_v) és a hézagok térfogatának (V_l) összefüggésével határozhatjuk meg.

Képlete: $S_r = V_v / (V_v + V_l), [-]$.

[8]

2.3.3. Talajvízszinttel kapcsolatos szélsőértékek meghatározása

Fontos szerepet játszik a mélyépítésben a talajvízszint maximuma, és az ahhoz kapcsolódó biztonság meghatározása. Egyre nagyobb igény van arra a mérnöki gyakorlatban, hogy a tervezés megkezdése előtt meghatározzuk a talajvíz maximum és minimum helyét, valamint ezek előfordulásának valószínűségét és gyakoriságát, tartósságát.

[6]

A talajvízszintet a figyelőkutak, fúrások segítségével észleljük, mérjük és jegyezzük fel. Ezek a kutak lehetnek távol vagy közel a tervezett létesítmény helyszínéhez. Attól függően, hogy milyen távolságban helyezkednek el ezek a megfigyelőhelyek, illetve milyen régóta méri az adott terület talajvízszint maximumát és minimumát, úgy tudjuk meghatározni a terület talajvíz szélsőértékeit különböző számításokkal.

A vízáteresztőképesség (k) meghatározása történhet: helyszínen végzett vizsgálatokkal, laboratóriumi kísérletek segítségével (zavart mintával) vagy tapasztalati úton meghatározott képletekkel.

Talajban vízmozgást előidézhethet:

- Kapilláris erő,
- Hőhatás,
- Gravitációs erő,
- Elektromos áram.

Kapilláris erő

A kapilláris kohézió felületi feszültség hatására jelenik meg úgy, hogy a talajszemcsék egymáshoz feszülnek. Ilyenkor a szemcsés talajoknak is van valamennyi húzó-, valamint nyomószilárdsága. Nem állandó jelenség ez, hiszen, amikor a talaj teljes mértékben kiszárad vagy teljesen telítődik vízzel, akkor ez a kohézió megszűnik. A talaj kapilláris kohézió értékét grafikon segítségével tudjuk meghatározni, mely a hézagterfogatától és a víztartalomtól függ.

Hőhatás

Hőmérsékletváltozás miatti vízmozgás a termoozmózis. A talajban jelenlévő nedvesség gőz formában a meleg oldal felől vándorol a hideg oldal felé, ahol lecsapódik és a víztartalom megnő.

Gravitációs erő

A terhelt talaj (vízzel telített talajok esetén) gyorsan összenyomódik - a pórusvizek kiszorulnak, távoznak -, majd fokozatosan lassul az összenyomódás. Hosszadalmas folyamat, amíg eléri a végleges összenyomódását a talaj. Ezt a folyamatot konszolidációnak nevezzük.

[6]

Elektromos áram

Az elektrooszmózis egy mesterségesen létrehozott vízmozgás. Egy mérőkútra helyezzük az áramforrás negatív sarkát, majd a távolabb eső vasrúdhoz csatlakoztatjuk a pozitív sarkot. Fontos, hogy a talaj finomszemű legyen, ahol a pórusok vízzel telítettek. Az elektromos áram így képes átfolylni a kapillárisokon, ahol elektromos teret létrehozva a vasrúd felől vándorol a víz a mérőkút felé.

Talajvízszint maximuma:

A tervezési helyszínen a talajvízszint maximális helyzete a vizsgálat során észlelt legmagasabb vízállás és a jövőben várható legmagasabb vízállás, illetve ennek a - megépülő létesítmény egész élettartalma alatt várható - gyakorisága.

Talajvízszint minimuma:

Az a minimum szélsőérték, aminek ismerete mellett határozzuk meg a biztonsági értéket, ahol az építés ideje alatt legkedvezőbb a vízszint.

[6]

2.3.4. Semleges és hatékony feszültségek

A talajban lévő víz és a talajszemcsék a mérnöki létesítmények viszonylagos kis terhelésének hatására szinte egyáltalán nem szenvednek alakváltozást, voltaképpen összenyomhatatlanok. Teher hatására azonban előfordul alakváltozás, a talajt alkotó szilárd részek térfogatának csökkenése nélkül, a levegő és a víz kiszorításával.

Az eredő feszültség síkkal párhuzamos és síkkal merőleges komponensekre bontható fel. A talajmechanika szerint pozitív a nyomófeszültség, valamint negatív a húzófeszültség. Diszperz rendszernek tekintjük a talajt, melyben az erőhatások a vízen, illetve szemcséről szemcsére adódnak át az érintkezési pontokon. Ezáltal a felszültség eloszlása egyenletes sosem lesz egy felvett síkon sem. Feszültség alakul ki terhelés hatására a vízben, tehát víznyomás keletkezik.

Az állandó terhelés hatására összenyomódás alakul ki a talajokban, a víztartalom és a pórusok száma csökken, ez a folyamat a konszolidáció. Ez egy folyamatosan lassuló esemény, melyben a szemcsék szerkezete megváltozik. A feszültséget, ami e folyamat miatt keletkezik, hatékony feszültségnek ($\bar{\sigma}$) nevezzük.

[6]

A semleges feszültség (u) hatására sűrűlátsági nyírószilárdság nem keletkezik, mivel nem szemcséről szemcsére adódik át a feszültség, hanem a hidrosztatikus (vízben keletkező) feszültség megnő, ezért ezt a feszültséget fontos ismernünk a stabilitási kérdések vizsgálatához. Negatívnak tekinthető a semleges feszültség, ha kapilláris feszültségről beszélünk és pozitív, ha pórusvíznyomásról.

A teljes feszültség egyenlő a hatékony feszültség és a semleges feszültség összegével.

$\sigma = \bar{\sigma} + u$, mely az egyik legfontosabb egyenlet a talajmechanikában.

[6]

2.4. Talajfeltárás

Az altalajt pontosan megismerni nagyon nehéz feladat, hiszen mind vízszintes, mind függőleges irányban igen változatos lehet, mely az időtől is függ. Nem tekinthető homogén szerkezetnek a talaj. A tervezés előtti első lépés a helyszín megismerése és az altalaj vizsgálata. Csak ezek ismeretében lehet megkezdeni a tervezést. A feltárások során fontos a folyamatos jegyzőkönyvezés, napló vezetése. A helyes feltárási munkálatokat előírások szabályozzák.

[6]

2.4.1. Közvetlen talajfeltárás

Ebben az esetben közvetlenül vizsgáljuk a talaj rétegződését, azok állékonyságát. A talaj állapotát és színét, esetleg szagát, így elsőkézből tudjuk vizsgálni. Talajvíz mélységét is meg tudjuk határozni közvetlen talajfeltárással. Fontos, hogy a talajból mintákat vegyünk folyamat közben, melyeket később laboratóriumi vizsgálatok alá vetünk.

A közvetlen talajfeltárás lehet:

- Táró,
- Kutatófúrás,
- Árok, kutatóakna vagy kutatógödör.

[6]

Táró

Bányászatnál vagy alagútépítésnél használjuk, általában kis átmérőjű alagút. Fontos, hogy kifelé 1%-os lejtéssel készüljön el, hogy a víz távozni tudjon.



5.ábra. Mátra, Parádsasvár, Béke-táró, [9]

Kutatófúrás

A leggyakrabban alkalmazott közvetlen talajfeltárás, különböző átmérőjű és mélységű lehet (**6. és 7.ábra**). Nagyobb átmérőjű kutatófúrással nagy mélységig tudunk lemenni. A kellő mélységig le lehet vele fúrni általában, mellyel meg tudjuk határozni a talaj rétegződését és a talajvízszintet. Használhatunk béléscsővet is a fúráshoz. A fúrás során felhozunk a felszínre különböző (zavart/zavartalan) mintákat, melyeket laboratóriumban vizsgálnak meg. Gazdaságos és gyors. Minden fúrásról jegyzőkönyvet kell készíteni.

Kutatóakna, kutatógödör és árok

Ez a mód a legmegbízhatóbb közvetlen talajfeltárás (**8.ábra**). Közvetlenül mérhetjük a rétegek vastagságát, akár dőlésszögét is. Talajmintavétel gyors és egyszerű ilyen esetben. Fejtési osztály ilyen módon könnyen meghatározható. Ha a kutatógödört meg kell támasztani, akkor azt már kutatóaknának nevezzük. A balesetek elkerülése érdekében ilyen kutatóaknákat alkalmazunk meglévő épületek mellett kialakított talajfeltárásoknál.

[6]



6. és 7. ábra. Borro típusú kutató spirálfúró lehajtása utáni kiszakítás, majd fúrószár toldása (Forrás: saját kép)

Természetesen a közvetlen talajfeltárások alkalmával különféle mintákat veszünk a talajból, melyet később laboratóriumi vizsgálatok elvégzésére szolgálnak.

Három féle közvetlen feltárású talajminta van:

- Zavart minta (talajszerkezet megváltoztatásával, de a víztartalom változatlan),
- Részben zavart minta (talajszerkezet megváltoztatásával, de a víztartalom változatlan),
- Zavartalan minta / magminta (talajszerkezet és víztartalom az eredeti talajjal megegyezik).

A talajok fizikai vizsgálatának célja határozza meg, hogy milyen minta kell az éppen aktuális vizsgálathoz. Zavart minta elég például szemeloszlás vizsgálatnál, zavartalan minta kell, ha vízáteresztőképességet vagy tömörséget vizsgálunk.

Vannak olyan talajfizikai jellemzők, amelyeknél elég a közvetlen talajvizsgálat.

[6]



8.ábra. 0,5 méter mély kutatógödör (Forrás: saját kép)

2.4.2. Közvetett talajfeltárás

A talaj némely mechanikai tulajdonságait közvetett talajfeltárás segítségével tudjuk meghatározni, melyekből a talajrétegekre is tudunk következtetni. A talajból mintavétel ilyen esetekben nem történik. Általában a közvetlen talajfeltárás kiegészítéseként alkalmazzák, olykor a közvetlen talajfúrások számának csökkentésére is alkalmasak. A tervezés szempontjából fontos információkkal szolgálhat a közvetett talajfeltárás eredménye.

Három csoportba osztjuk a közvetett talajfeltárásokat:

- Próbaterhelés,
- Geofizikai felderítés,
- Szondázás.

Próbaterhelés

Ennél a feltérési módnál a talajra teherhatást gyakorlunk és megfigyeljük, hogy a talaj hogyan reagál (talajjellenállási jellemzők). Az eredményeket felhasználjuk a süllyedésszámításnál.

Próbaterhelés lehet: fúrólukban végzett, elárasztásos, felszíni próbaterhelés vagy próba cölöpözés (statikus vagy dinamikus).

[6]

A tervezés során választott cölöptípus megfelelőségét vizsgáljuk cölöp-próbaterheléssel.

Cölöp statikus próbaterhelése során tengelyirányú statikus erőt fejtünk ki a cölöpfejre, vizsgálva a talajkörnyezetet és a cölöpöt.

Cölöp dinamikus próbaterhelése során tengelyirányú dinamikus erőt fejtünk ki a cölöpfejre, vizsgálva talajkörnyezet és a cölöp teherbírását. Gyors, 1-2 órás folyamat.



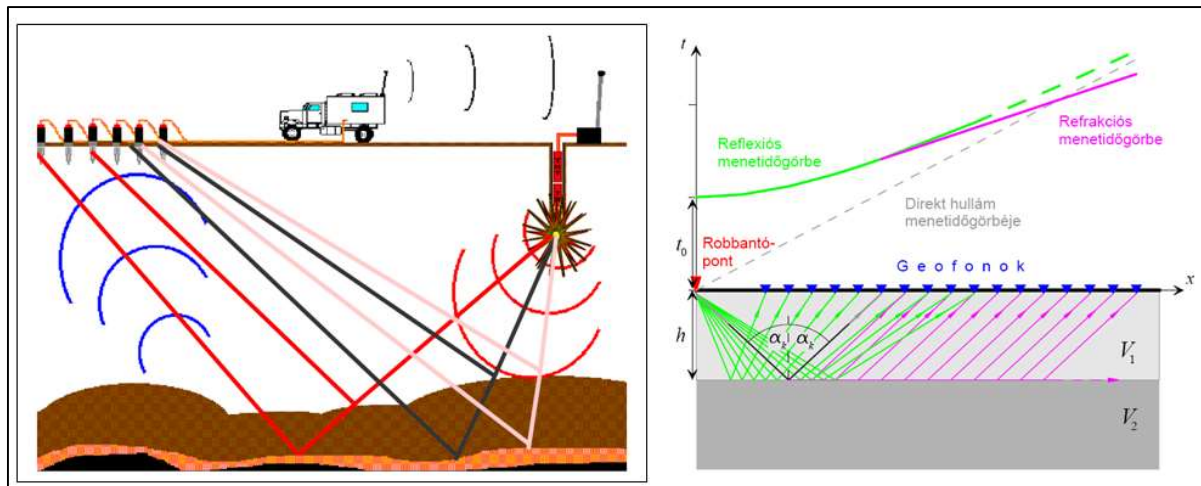
9.ábra. Cölöp-próbaterhelés, [10]

Geofizikai felderítés

Ilyenkor a talajrétegződésre következtethetünk, valamint a talajban lévő anomáliákra, és a talajvízre. Egy mélyített furatot kell készíteni, amibe belehelyezzük a szondát. Gyorsan lehet nagy területet velük feltérképezni. Költséges talajfeltárás, általában közvetlen talajfeltárások kiegészítéseként használják.

Geofizikai vizsgálat lehet: mágneses, geoelektromos, gravimetrikus, szeizmikus és dinamikus.

[6]



10.ábra. Szeizmikus geofizikai vizsgálat vázlata, [11]

Szondázás

Lényege, hogy különböző fejű/végű rudakat a talajba hajtanak, csavarnak, ütnek vagy nyomnak. A talaj ellenállását mérjük ilyenkor, amiből a talajrétegződéseket tudjuk meghatározni. Olcsó és gyors mérési módszer.

Szondázás lehet: statikus (nyomó, CPT, CPTu), dinamikus (verő, DIN, DPH), szondafúró, csavaró és egyéb.

Statikus (CPT) szondázásnál a csúcseellenállás és a palástsúrlódás eredményeit vizsgáljuk, melyeket számítógépen diagramok formájában kapunk meg. A CPTu szonda képes a pórusvíznyomást is mérni. A folyamat során egy rúdra helyezett speciális szondafejet juttatunk hidraulikusan a talajba kívánt mélységig úgy, hogy méterenként a gépet leállítva további rudakkal toldjuk meg mindig az előzőt. Fontos a szondázás előtt a gép lehorgonyozása, hiszen a gép akár fel is emelkedhetne a hidraulikus nyomás miatt - ha túl kemény a mért talaj – és ez a vizsgálat végét jelentené.

Statikus szondázás lehet: öblítéses, nem öblítéses, béléscsőves, béléscső nélküli.

[6]



11.ábra. Statikus szondázás készítése PAGINI géppel (Forrás: saját kép)

Dinamikus (DIN) szondázásnál a talaj tömörségét vizsgáljuk úgy, hogy egy rúdra erősített szondafejet ütünk a talajba adott mélységig. A súly és az ejtési magasság változó lehet. A rudak toldása ugyanúgy zajlik akár a statikus szondázásnál. Dinamikus szondázás során az ütések számát mérjük 10 centiméter (N10) vagy 20 centiméter (N20) vastagságokban, melyet folyamatosan feljegyzünk. A végeredmény ábrázolása integrálgörbével történik.

A dinamikus szondázás lehet: könnyű, nehéz vagy igen nehéz szondákkal elvégezni.

[6]



12.ábra. Dinamikus szondázás előkészítése (Forrás: saját kép)

2.5. Alapozások

Az alapozások célja, hogy a mérnöki szerkezet teljes - állandó, esetleges - terhét károsodás nélkül továbbítsa a teherhordó altalaj irányába, káros és egyenlőtlen süllyedések elkerülésével. Sokféle alapozási mód létezik, általában terepszint alatt készítik azokat. Az épület terheitől és a teherhordó altalaj mélységétől is függ, hogy az alapozási sík (A_s) milyen mélyen lesz. Tehát az alapozások szinte mindig egyedi tervezésűek.

Az alapozások védelme érdekében fontos szempont, hogy a talajvíz milyen mélyen található, hiszen a betonszerkezeteket korrózió fenyegeti vízzel érintkezve, fontos tényező a megfelelő korrózióvédelem ilyen esetekben. Emellett fagyási-olvadási károk szempontjából is kell a víztől tartani.

Az altalajokat tervezés előtt fel kell deríteni, pontos leírást adni róluk. A domborzati viszonyok is lényegesek alapozás tervezése előtt, a lejtős terep több veszély forrását is jelentheti.

[12]

Túlnyomó részt helyszínen készítik az alapozásokat, de fellelhető néhány előregyártott elem is. Elengedhetetlen, hogy az alapok az épület egész élettartalma alatt megfelelően funkcionáljanak, hiszen utólag azokat nagyon nehéz és költséges javítani, olykor nem is lehet. Az alapozás költsége az egész felépítmény összegének nagyjából 8-15%-a. Természetesen a speciális építményeknél ezek az arányok jóval nagyobbak is lehetnek. Összefoglalva tervezés előtt elengedhetetlen, hogy megismerjük a talajrétegeket, a talajvizet, valamint az elképzelt felszerkezetet és azok terheit is.

Alapozásokkal szembeni követelmények:

- Az alapozás ne adjon át nagyobb terhet annál, amit a talaj elbír,
- Megfelelő merevség és szilárdság,
- Billenés, felborulás és elcsúszás elleni védelem előírt mértékig,
- Kialakítása gazdaságos legyen,
- Káros feszültségek ne alakuljanak ki,
- Törekedni kell az egyenletes mértékű süllyedésekre,
- Megfelelő korrózióvédelem agresszív talaj vagy talajvíz esetén,
- Talajvíznyomás elleni védelem,
- Víztelenítés, ha szükséges,
- Előírt biztonságok betartása.

Az alapozási sík (A_s) meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy:

- Az alapozás teherhordó altalajra készüljön,
- Minden alap hasonló teherbírású talajrétegre kerüljön,
- Az alapozási síktól lefelé minimum 1 méter vastag legyen a teherhordó talajréteg,
- Ha megoldható, akkor a maximális talajvízszint felett legyen,
- Minden esetben a fagyhatár alatt legyen az alapozási sík, még abban az esetben is, amikor a teherhordó talajréteg fagyhatár felett is van.

Az a legnagyobb vastagsága a felső talajrétegnek, ami átfagy télen (0°C alatt), azt fagyhatárnak nevezzük. Magyarországon megkülönböztetjük ezt a vastagságot attól függően, hogy kötött vagy szemcsés az adott altalaj. Szemcsés talajoknál 80 centiméter ez a vastagság, kötött talajoknál pedig 100 centiméter (500 mBf).

Alapozási mélységtől függően az alap lehet sicalap vagy mélyalap.

[12]

2.5.1. Síkalap

Maximum 3 méter mélységig alkalmazzák a síkalapokat, általában családi házak alapozásaként. Többnyire vízszintes és sík a talajjal érintkező felületük, így adják át az igénybevételeket a teherhordó altalaj felé. Szakember kell a méretezéshez és a tervezéshez. Ha a felmenő épületszerkezet különböző részei nem ugyanolyan mértékben terhelnek, akkor dilatálni kell az alapokat. Az alapozási síkot és a fagyhatárt betartva kell elkészíteni az alapokat.

Síkalap típusai:

- Sávalap,
- Pontalap / pilléralap / tömbalap,
- Szalagalap,
- Gerendaalap és gerendarács alap,
- Lemezalap,
- Rövid fűrt cölöpalap,
- Dobozalap,
- Héjalap.

Sávalap

Leggyakrabban használt és legegyszerűbb síkalapozási fajta. Teljes hosszúságban alátámasztják a teherhordó falazatot. Ha keresztmetszetben nézzük, akkor többnyire négyzet, téglalap vagy trapéz alakú, és általában mindkét irányban szélesebb, mint a falszerkezet, így a teherátadás kedvezőbb. A sávalapokat a helyszínen készítik, monolit szerkezetek.

Anyaga lehet: beton, vasbeton, úsztatott beton. Régen téglából és terméskőből is készült.

[13]



13.ábra. Vasalt sávalap, betonozás előtti állapot, [14]

Pontalap / pilléralap / tömbalap

Oszlopok és pillérek alapozási módja. Pillérvázak épületek alapozásaként gyakran alkalmazzuk. A pontalap a koncentrált terhek továbbítására alkalmas. Gyárkémények és víztornyok alapozása is, egy nagy tömbként kialakítva. Lehet monolit vagy előregyártott is. Kialakítható befogott, valamint csuklós kapcsolat is a pontalap és a vasbeton oszlop / pillér között. Ha az alapot felülnézetből szemléljük, akkor alakja lehet: kör, téglalap, sokszög, illetve négyzet.

Anyaga lehet: beton és vasbeton. Régen terméskőből és téglából is készült.

[13]



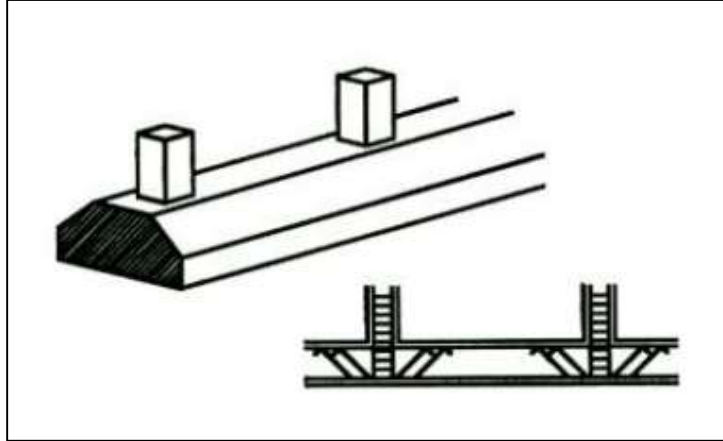
14.ábra. Vasalt pilléralap, betonozás előtti állapot, [15]

Szalagalap

A pilléralap és a sávalap kombinációja. Az oszlopok sávalapokra adják át a terheiket.

Anyaga: vasbeton.

[13]



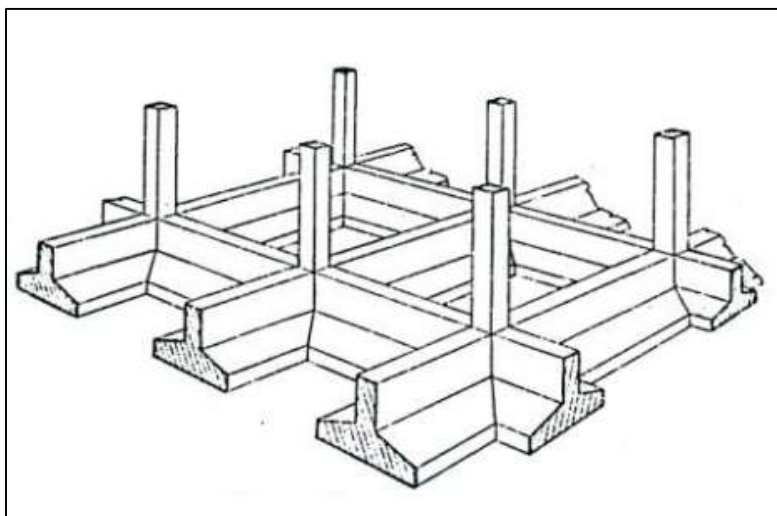
15.ábra. Vasbeton szalagalap, [16]

Gerendaalap és gerendarács alap

Pillérvázaz épületek alapozási módja. A gerendaalap hasonló, mint a szalagalap, egy egyirányú gerenda, ami a pillérsor alatt helyezkedik el. Ha a gerendaalapok egymást metszik hálósan, akkor már gerendarács alapról beszélünk. Ilyenkor a metszéspontoknál (csomópontoknál) támasztja alá a pilléreket az alapozás. A gerendarács alap térbeli merevséget biztosít az alapozási síkon, így a süllyedéskülönbségek kiküszöbölhetőek, tehát az épület károsodását elkerülhetjük vele.

Anyaga: vasbeton.

[13]



16.ábra. Gerendarács alap, [16]

Lemezalap

A felmenő szerkezet teljes alapterülete - vagy csak egy része - alatt egy nagy összefüggő szerkezet. A lemezalap szélességi és hosszúsági mérete többszöröse a magassági méretének. Teherhordó felületszerkezetnek tekinthető. Családiházak egyik alapozási fajtája ez is, általában 20-25 centiméter vastagságban. Alátámasztják a falakat és a pilléreket egyaránt. Vasbeton lemezalapok a fagyhatár betartása nélkül, minimum 20 centiméter kavicsfeltöltés meglétében elkészíthetők a felszínhez közel. A kavicsfeltöltés ellenáll a fagyás okozta mozgásoknak.

Anyaga: vasbeton.

Lemezalap fajtái: síklemez, fordított gombafödém, bordás lemez (alulbordás vagy felülbordás).

Akkor alkalmazzuk ezt az alapozási fajtát:

- ha változó a talajminőség, ami káros süllyedéskülönbséget okozna,
- ha víznyomás van, vagy vízszint alá esik néhány épületrész,
- ha a talaj teherbírása elenyésző,
- ha túlságosan nagy az épület összes terhe.

[13]



17.ábra. Vasalt lemezalap, betonozás előtti állapot, [17]

Rövid fűrt cölöpalap

A terepszinttől számított 3 méter mélységig alkalmazott cölöpalap a rövid fűrt cölöpalap. Maximum két szintes épületeknél használjuk, főleg alápincézetlen, kis terhelésű épületek esetében. Cölöpök átmérője 30-40 centiméter között mozog. Hosszúsági méretüket tekintve pedig 1 métertől 3 méterig készítik monolit beton vagy vasbeton szerkezetként. Cölöpök közötti tengelytávolság maximum a cölöpátmérő két és félszerese lehet. A cölöpfejeket vasbeton koszorú fogja össze. Rendkívül előnyös lehet ez az alapozási fajta a térfogatváltozó talajok és a feltöltött területek esetében. Gyors és gépiesített kivitelezés jellemzi.

Ennek az alapozási fajtának több kritériuma is van.

Fontos, hogy:

- Kis lejtésű, sík és egyenletes legyen a terep,
- A talajrétegek párhuzamosak legyenek a terepvonalával, az altalaj mindenhol egyenletes minőségű legyen,
- A talaj megfelelő minőségű legyen a fúrás szempontjából,
- A fúróberendezéseket szállító járművek meg tudják közelíteni a kivitelezés helyszínét.

[13]



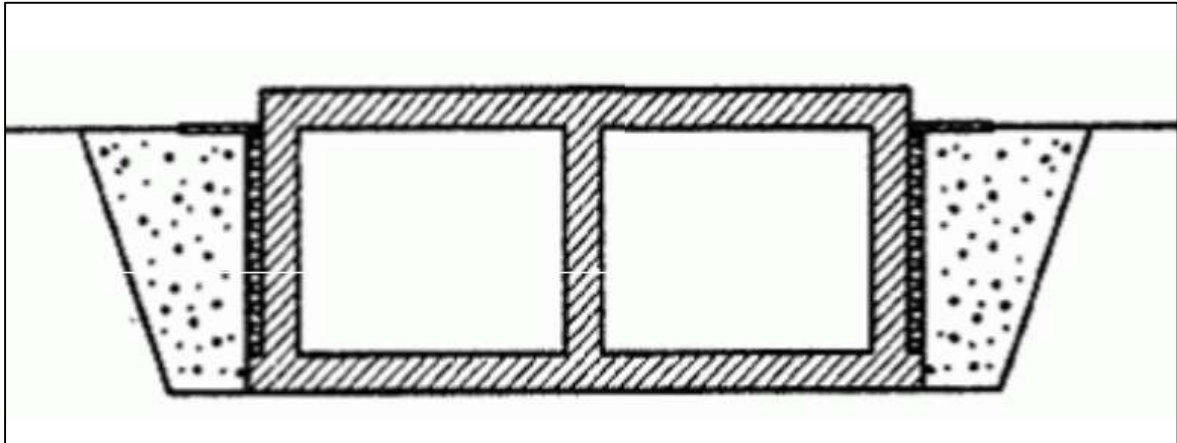
18.ábra. Kész rövid fűrt cölöpalapok, [18]

Dobozalap

Monolit szerkezet, amelynél a lemezalap, a felmenő falazat és a földém egyben készül el, egy egészet alkot. Ez az alapozás lehetővé teszi, hogy pinceként is funkcionáljon. Kismértékű deformáció elviselésére alkalmas.

Anyaga: vasbeton.

[8]



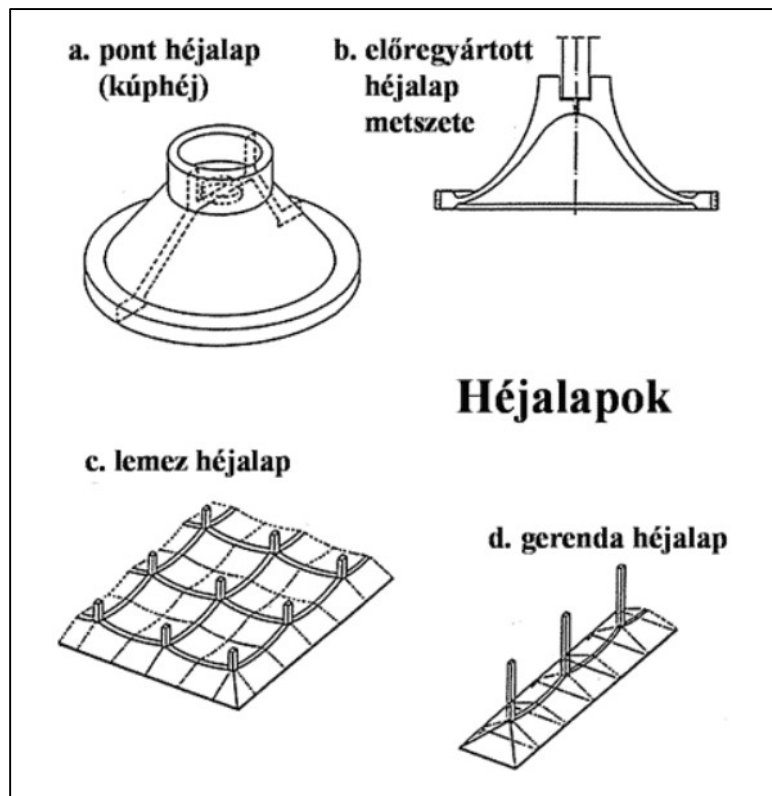
19.ábra. Dobozalap, [8]

Héjalap

Kis szerkezeti vastagsága miatt anyagtakarékos megoldás. Héjszerkezet, görbe felület jellemzi. Előnye, hogy bármely síkalap fajta helyettesíthető vele. Hátránya, hogy rendkívül munka- és időigényes, illetve részletes tervezést igényel, ezért csak ritkán alkalmazzák. Csak húzás vagy nyomás keletkezhet benne, hajlítás és nyírás nem. Falazatot, pillért vagy oszlopot is alá lehet támasztani vele. Túlnyomórészt kétszeresen szimmetrikus szerkezet. Készülhet helyszínen, de előregyártott szerkezetként is beépíthető.

Anyaga: beton, vasbeton.

[13]



20.ábra. Héjalapok, [19]

2.5.2. Mélyalap

Ha az alapozási sík a felszíntől számítva több, mint 3 méter, akkor mélyalapozásról beszélünk. Hatalmas terhek viselésére és továbbítására alkalmasak. Talajvízzel minden esetben számolni kell ilyen alapozási formánál, ezért elengedhetetlen a korrózióvédelem.

Alkalmazzuk:

- Ha a megfelelő vastagságú tehertordó altalaj csak mélyen található,
- Ha a talajvíz szintje túl magasan van és költségesebb megoldás lenne a víztelenítés,
- Ha az építménynek nagy a süllyedésérzékenysége,
- Ha megcsúszás, vízkimosás vagy üregesedés veszélyezteti az alapot.

Mélyalap lehet:

- Cölöpalap,
- Résfal,
- Kútalap és szekrényalap.

[13]

Cölöpalap

Cölöpalapnál a talajban lévő cölöpök, cölöpcsoportok biztosítják közvetlenül a megfelelő teherátadást a mélyen fekvő teherhordó altalaj felé. Gyors munkavégzés jellemzi, nem igényel nagy munkaerőt, gépiesített. Maximum 20-30 méterig alkalmazzuk. A cölöpalap három részből áll: cölöprács, cölöpfej (cölöprácsba befogva) és valamilyen hosszúságú cölöp. Henger, négyzet, sokszög keresztmetszetű szerkezetek. Lehet monolit, vagy előregyártott (akár feszített) szerkezet is. Az építmény mérete, súlya, nagysága és a talajadottságok szerint tervezzük a cölöpalapokat, így elrendezése, mérete, száma, fajtája mindezekről függ.

Anyaguk: fa, öntött vas, vasbeton, kő, salak, kavics, beton, acél.

[13]

Alkalmazható a cölöp:

- Meglévő épületek megerősítésére,
- Talajjavítás érdekében,
- Földmegtámasztó szerkezetekként,
- Alapozásként.

Méret szerinti csoportosítás:

- Rövid cölöp (3-5 méter hosszú),
- Normál átmérőjű cölöp (30-80 centiméter),
- Nagy átmérőjű cölöp (80 centimétertől felfelé, akár 2 méterig),
- Mikrocölöp (8-30 centiméter átmérő, 4-10 méter hosszúság).

[20]

Cölöp igénybevételi típusok:

- Nyomott,
- Húzott,
- Hajlított.

[8]

Igénybevételi és statikai szerepük:

- ha alapozásként alkalmazzuk, akkor tengelyirányú nyomóerőt közvetítenek az altalaj felé, a nyomóerő a csúcson adódik át, míg a nyíróerő felvétele a köpeny mentén történik,
- ha a cölöp húzóerőt kap, akkor csak a köpeny mentén képes a teherátadásra;
- ha a terhelés keresztirányú, akkor egy bizonyos pont körül elfordulnak és nyomófeszültséget adnak át a talajra a köpeny mentén. Eközben nyírást és hajlítást is szenvednek.

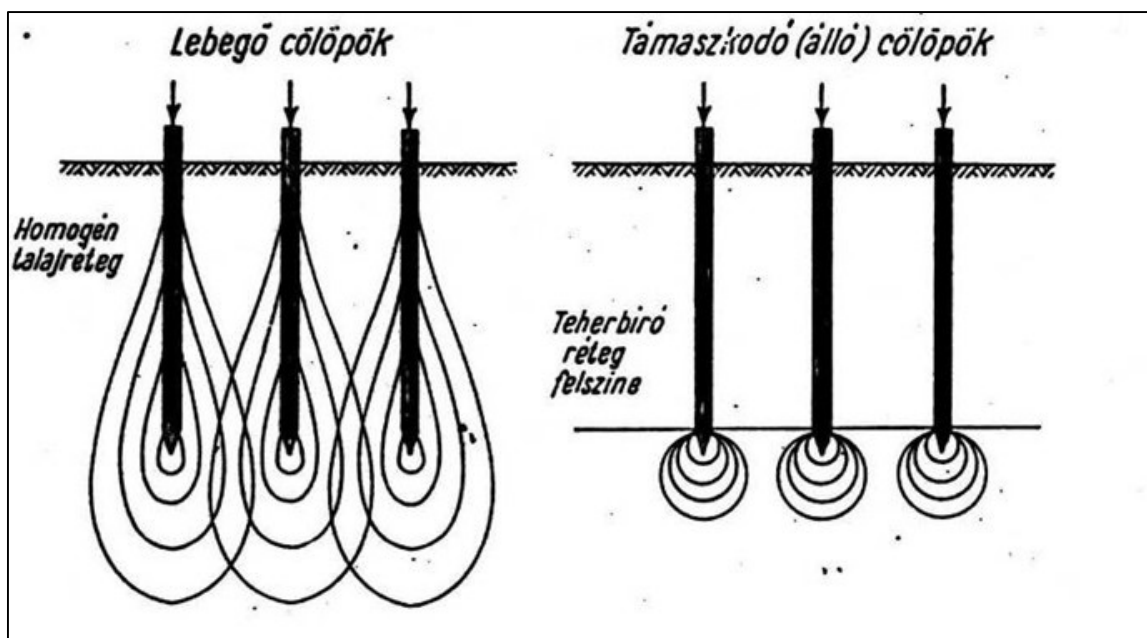
Készítés módja szerint lehet:

- Előregyártott,
- Helyszínen készített.

Teherátadás szerint a cölöpalap lehet:

- Lebegő,
- Támaszkodó és
- Kombinált/vegyes.

[13]



21.ábra. Cölöpök teherátadás szerint, [21]

Számos cölöp típus és cölöpözési technológia létezik, néhányat ezek közül bemutatok a továbbiakban.

CFA-cölöp

CFA eljárásnál a cölöpözés végtelen fúróspirállal történik, mely közepén már magában foglalja a betonozó csövet is. A folyamat úgy zajlik, hogy a fúróspirált lehajtják a kívánt mélységig, ezután a túlnyomással a betonozócsőből elkezdik a betonozást, ami felhajtja a fúrószárat a felszínre. Ezután következik a hálós betonvas armatúra behelyezése vibrálással. Ez a cölöpözési eljárás talajhelyettesítéses módon valósul meg. Az ilyen technológiával készült cölöpök átmérője 30-120 centiméterig terjednek, hosszúsági méretük pedig 12-25 méter között mozog. CFA cölöpözés rendkívül gyors, nem nagy a munkaerő igénye, gépiesített.

[22]



22.ábra. CFA-cölöp elkészítésének lépései, [23]

SOIL-MEC cölöp

Itt a fúrás dob-fúróval vagy spirál-fúróval történik. A földmegtámasztás béléscsővel vagy bentonitos zaggyal történik, és a betonozást betonozó tölcserrel készítik. Betonozás előtt kerül be a vasszerelés, a tömörítés merülővibrátorral készül. Kész cölöpök átmérője 80-150 centiméter között lehet.

[8]

Előregyártott vasbeton cölöp

Az előregyártott cölöp veréssel kerül a talajba ilyen esetben, ez talajkiszorítással járó folyamat. Gyakran használják, viszont a szigorított zajvédelem miatt nem mindig alkalmazható. Jellemző a négyzet keresztmetszet, 6-12 méter közötti hosszúság. A cölöpöket fővasakkal és kengyelekkel látják el. Szulfátállóak is lehetnek. Verőkalapáccsal verik a talajba, melyet folyamatosan mérnek és jegyzőkönyveznek.

[24]

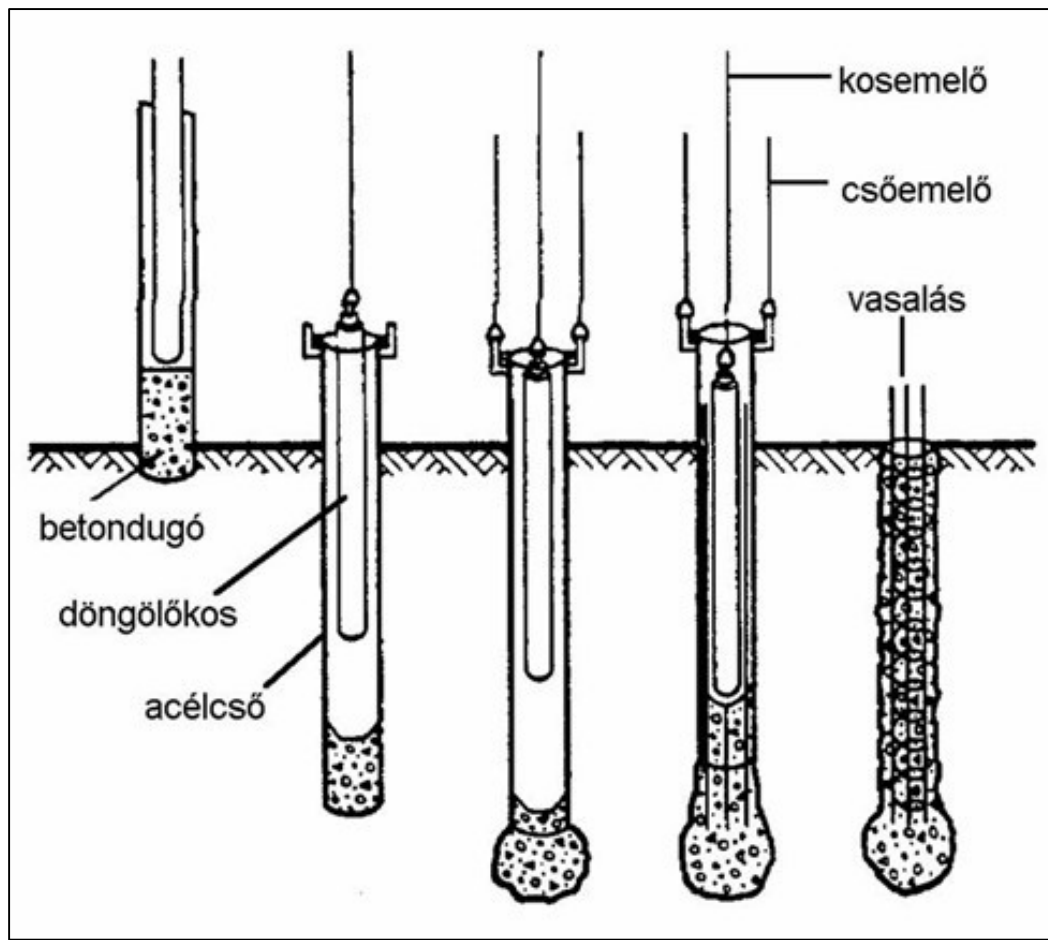


23.ábra. Előregyártott vasbeton cölöpök, [25]

Franki cölöp

Ipari épületek és hidak alapozásaként használják általában ezeket a cölöpöket, de időigényességük miatt már ritkábban alkalmazzák. Leggyakrabban álló cölöpökként készítik el. Egy betondugós acélcsővet a talajba döngölnek a tervezett mélységig, majd az acélcsővet rögzítik és az alján lévő betondugót kiverik, ami hagyma alakban kinyomódik a talajba. Ezután elemik bele az armatúrát és száraz betonnal kiöntik. Végül az acélcső kihúzása közben döngölővel tömörítik a betont. Ezáltal „érdes” kapcsolat alakul ki a talaj és a cölöp köpenye között, ami növeli a teherbírást.

[24]



24.ábra. Franki cölöp készítésének menete, [26]

Mikrocölöp

A mikrocölöp 4-10 méter hosszú, átmérője 8-30 centiméter lehet. Fúrással vagy alsó végén zárt acélcső leverésével készülnek. Az acélcső leverése után injektálják ki a csövet, ami bent marad azután. A betont vagy a cementhabarcsot nagy nyomással töltik a furatba. Fúrásos technikával készült cölöpök palástja érdes lesz - akárcsak a Franki cölöpnél - ezáltal megnő a teherbírása a cölöpnek. Alkalmazzák a mikrocölöpöket alapmegerősítésként vagy alapozásként. Előregyártott mikrocölöpök is készülhetnek.

[24]



25.ábra. Vasalt, betonozott mikrocölöp, [27]

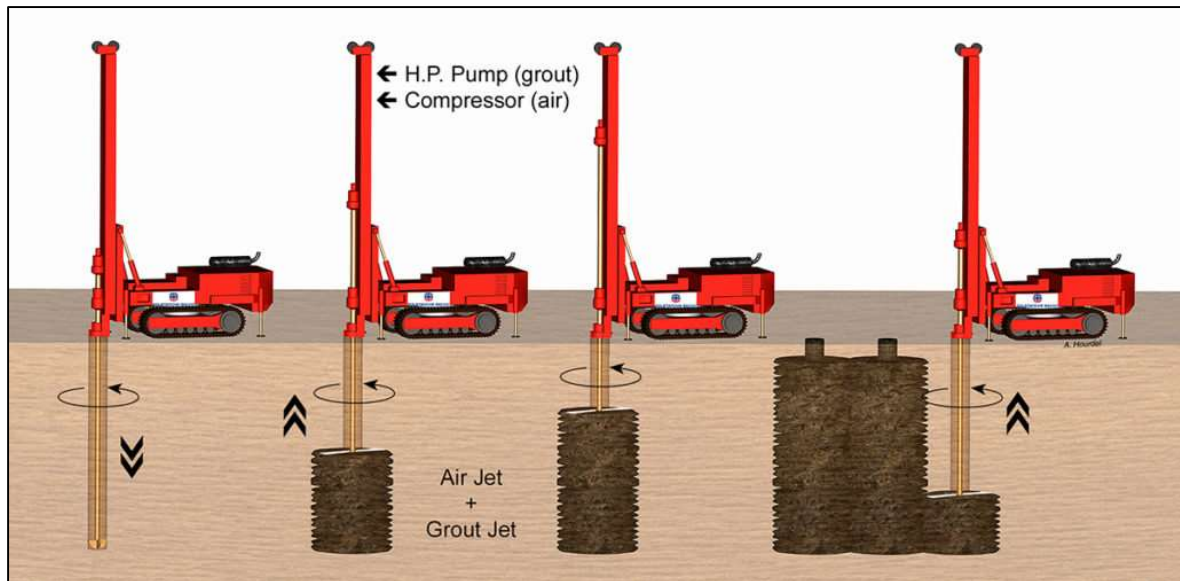
JET-grouting cölöp

A fúrószárat öblítéses módszerrel fúrólukon keresztül a tervezett mélységig lesüllyesztjük. A fúrórúd alján lévő fúvókákon át a kívánt [bar] nyomással, cementlé kötőanyagot a talajba injektálunk. Amikor elkezdődik az injektálás folyamatosan, lassan húzzuk vissza a fúrószárat a hosszanti tengelye körüli forgatással, melyet egyfolytában monitorozunk. Ezáltal egy megszilárdított hengeres talajoszlopot kapunk, melynek nem lesz egyenletes a palástja. Szinte minden talajban használható. Alkalmazási területek: munkatérhatárolás, épületvédelem, valamint alapmegerősítés.

Három féle JET oszlop létezik:

- Szimpla JET (cementszuszpenzió, maximum 60 centiméter átmérő),
- Dupla JET (cementszuszpenzió + sűrített levegő, 60-100 centiméter átmérő),
- Tripla JET (cementszuszpenzió + sűrített levegő + víz, 120-200 centiméter átmérő).

[28]



26.ábra. Dupla JET oszlop elkészítésének menete, [29]

Résfal

A résfal réseléssel készül, talajba épített mélyépítési „falszerkezet”, ami képes felvenni a függőleges és/vagy vízszintes erőket, illetve vízzárásra és térelhatárolásra is alkalmas. Anyaga főként beton, vasbeton és különféle réskitöltő anyag. A réselési iszap bentonitos gagy, mely sűrűsége ($< 1,3 \text{ t/m}^3$) nagyobb a víznél. A szerkezet szélességi mérete kicsi, keskeny, mely mélyen a talajba nyúlik. Szélessége 40-120 centiméter, mélysége 6-40 méter, és egyszerre maximum 10 méter készíthető el. Lehet végleges vagy ideiglenes szerkezet, valamint előregyártott vagy monolit is.

Alkalmazható:

- Munkatér határolására és vízzárásra,
- Hídpillérialapok készítésére,
- Felszín alatt lévő terek kialakítására,
- Talajvíz elleni védekezésre,
- Partfal, támfal, aluljáró, víztározó medencék kialakítására,
- Meglévő alap megerősítésére,
- Épületek alapozására.

[13]

Előnyei:

- Nagy mélységben elkészíthető,
- A földnyomás terheket elviseli,
- Talajtípustól függetlenül elkészíthető,
- Talajvíztől független,
- Élőmunka igénye kicsi,
- Több feladatot tud ellátni egyszerre,
- Építési helyszín teljesen kihasználható,
- Már meglévő épület mellé is építhető,
- Készítése során kicsi a dinamikus hatás és a zaj,
- Állékony lehet kihorgonyzás nélkül is,
- Szinte bármilyen alaprajzi elrendezés esetén alkalmazható.

Hátrányai:

- Szennyező hatása van a résiszapnak (bentonitos zagy),
- A szerkezet ellenőrzése nem lehetséges mélysége miatt,
- 4-6 méter mélységig gazdaságtalan,
- Költséges,
- Az elkészült résfalat vésni kell utólag.

Elkészítés lépései:

1. Földkiemelés fúróberendezés vagy markoló segítségével.
2. A talajt résiszappal (bentonitos zaggyal) támasztják meg. A zagy nem engedi be a gödörbe a talajvizet, valamint nem tud kiüregelődni a talaj.
3. Következik a hálós betonacél armatúra behelyezése daruval.
4. Betonozás a rés aljától a felszín felé. Résiszap folyamatosan kiszorul a beton miatt, ezért azt el kell szivattyúzni onnan. Betonozócső végig a zagyszint alatt kell, hogy legyen. A kiszivattyúzott bentonitos zagy többször felhasználható, megfelelő állag és tisztítás esetén.

[13]



27.ábra. Résfal alap, [30]

Kútalap és szekrényalap

A kútalap és a szekrényalap ugyanúgy készül csak méreteikben, elrendezésükben és alakjukban különböznek. E két alapozási formákat szokás süllyesztetalapnak is nevezni. Akkor alkalmazzuk ezeket az alapokat, amikor az épület terhe jelentős mértékű vagy egyenlőtlenül süllyedő talajadottságok vannak. Anyaguk vasbeton, agresszív talajvíz esetén acél.

A kútalap rövid cölöpnek is tekinthető, melynek nagy az átmérője és pontszerűen támasztja alá az épületet. Kis átmérő esetén betonból is készülhet. Olyan henger alakú köpenyszerkezet, mely alul és felül is nyitott. Ezt a szerkezetet a talajba süllyesztik úgy, hogy a talajt fokozatosan emelik ki a közepéből, így a saját súlyától süllyed a talajba. Amikor lesüllyedt a tervezett mélységig, akkor a nyitott belsőteret homokos kavicsal vagy betonnal töltik ki, a nyitott felső részt pedig betondugóval zárnak le. 4-8 méter mélységig alkalmazzuk.

A szekrényalap méretei jóval nagyobbak lehetnek, alakja is teljesen más olykor, mint a kútalapnak. Szekrényalap alkalmas akkor, amikor sok kútalapra lenne szükség, így kiváltja azokat. Alátámasztást biztosíthat akár teljes alaprajzi területen is, ekkor kialakíthatunk földfelszín alatti tereket is bennük, például mélygarázst. Magyarországon szinte csak mélyépítési műtárgyak esetében alkalmazzuk ezt az alapozási módot (például hídpillér alapozása), épületek alapozásaként nem. 40-50 méter mélységig is lesüllyeszthető, ha a talaj jól kotonható. Alapterületük 1000 m²-t is meghaladhat.

Szekrényalap és kútalap két fő része:

- Köpenyfal,
- Vágóél/vágóélkoszorú.

[20]



28.ábra. *Kútalap süllyesztése, [31]*

3. GEOTECHNIKAI ADATOK

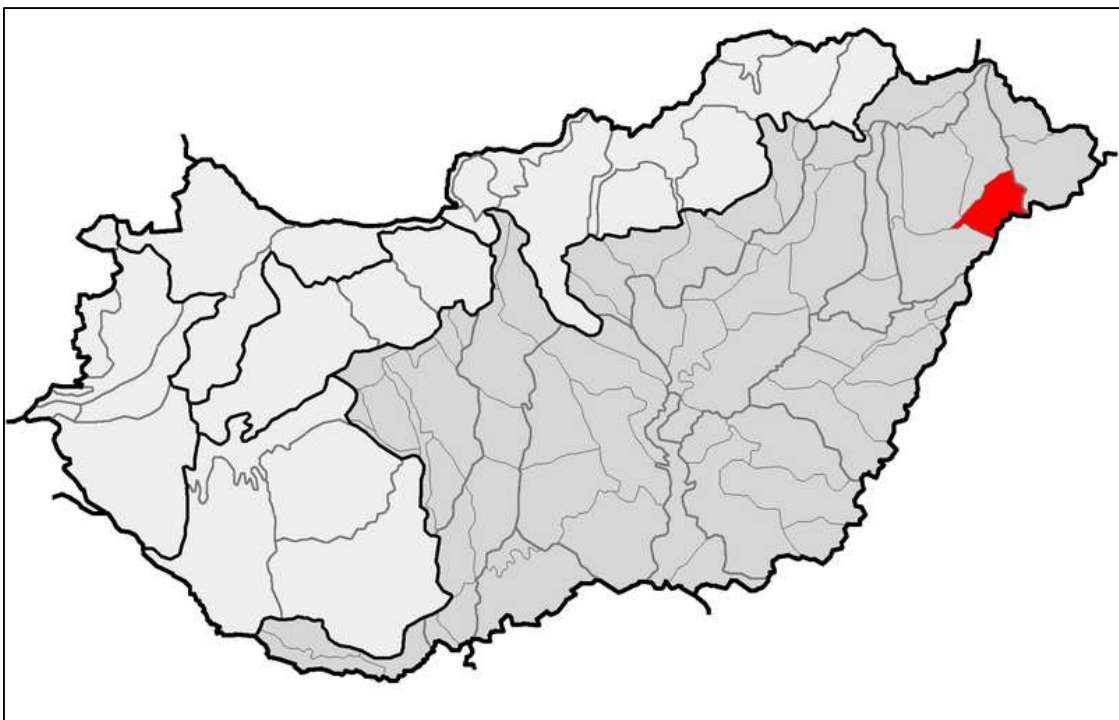
3.1. Feladat ismertetése

A szakdolgozatom tárgyát képezi az Ökörítőfülpös és az M3-as autópálya közötti M49-es gyorsforgalmi út szakaszán lévő 10+652,23 keresztmetszeti szelvényben tervezett B.106 jelű közúti híd cölöpalapozásának megtervezése, Fugro Consult Kft. által kiadott feladata.

[32]

3.2. Térség geológiai és földrajzi adatai

A terület Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegyében, a Délkelet-Nyírség kistájon található.



1.ábra. Délkelet-Nyírség elhelyezkedése, [33]

Domborzat

A kistáj terepszint magassága 117,50 és 183,40 mBf között mozog. Többnyire futóhomok fedí a hordalékkúpsíkságot. Orográfiai domborzattípus szerint a felszín körülbelül 50 %-a hullámos síkság, nagyjából 40 %-a tagolt -közepes magasságú- síkság, keleti szegélye enyhén hullámos síkság.

Közepesen felszabdalt a felszín vertikálisan, relatív relief egyharmadán több, mint 10 m/km², mely a szél erejének köszönhető.

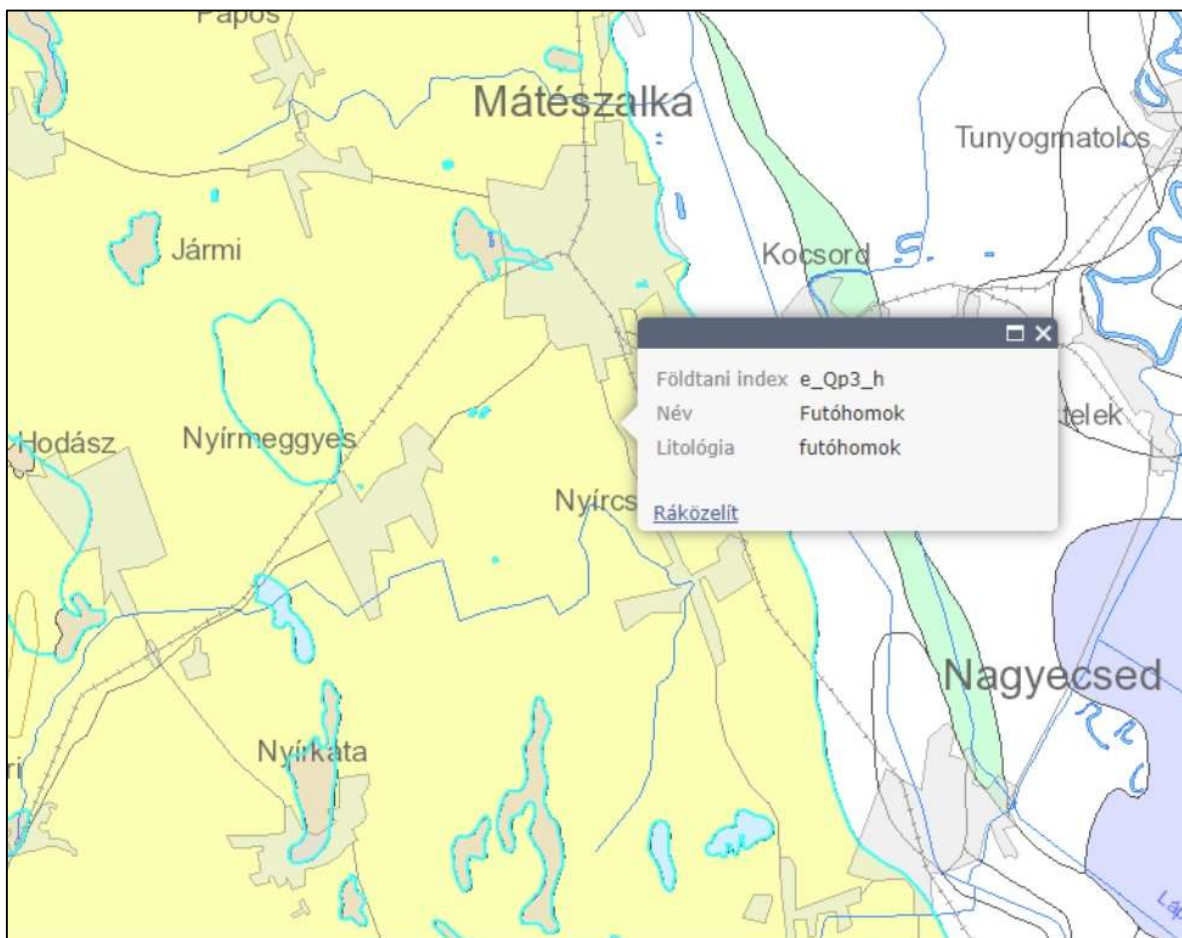
Alkalomszerű az aktív vízhálózata, ezért horizontálisan alacsony mértékű a felszabdaltság. A nyírvízlaposok jelenléte a pleisztocén aktív vízhálózatára mutat rá. Jégkorszak előtt és után jelenlévő flóra és fauna maradványfajai mai napig megtalálhatók Bátorligetlápon. A kistáj tipikus parabolabucka formájú.

[32]

Földtan

A felszín közeli üledékekben túlnyomóan pleisztocén végéről maradt futóhomok van jelen, de előfordul barnaföld és löszös homok is. Mésziszapos, meszes üledékek találhatók a nyírvízlaposok fenékszintjén, néhol gypvasérc van bennük. A kistáj keleti részén jelentős mértékű tőzeg van jelen.

[32]

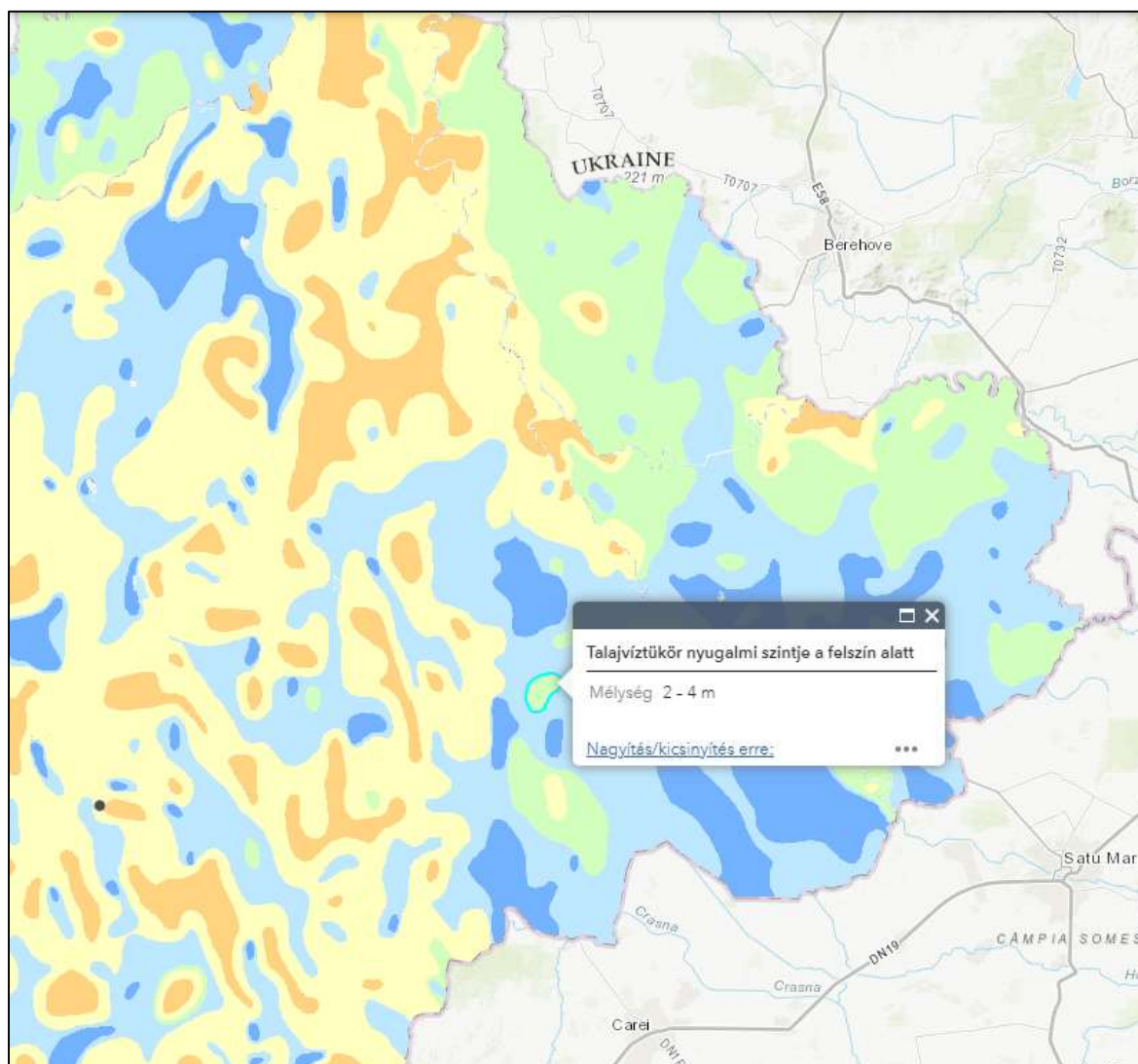


2.ábra. A kistáj felszíni földtani térképe a műtárgy helyzetével, [34]

Vizek

A talajvízszint mélysége 2,00-4,00 méter között található, elhanyagolható mennyiségű és kalciummagnézium-hidrogénkarbonátos. 15-25 nk° a vízkeménység átlagosan. Néhol meghaladja a 60 mg/l-t a szulfáttartalom. Csekély rétegvíz van jelen. Átlagos mélysége az artézi kutaknak kevesebb, mint 100 méter, melyek vízhozama nagyjából 200 l/p.

[32]



3.ábra. Talajvíztérkép az adott területen, [35]

Éghajlat, csapadékmennyiség

Mérsékelt hűvös és mérsékelt meleg éghajlat határán helyezkedik el a kistáj. Északi részén mérsékelt nedves, délen száraz, többi részén mérsékelt száraz.

Évi napfénytartam a kistáj északi részén 1800 óra, míg déli részén 1850-1900 óra is lehet. Napsütéses órák száma télen 165-170, nyáron 750-780.

Évi középhőmérséklet 9,30-9,70 °C. Nyáron átlagosan maximum 34,00 °C, télen átlagosan minimum -18,00 °C a hőmérséklet.

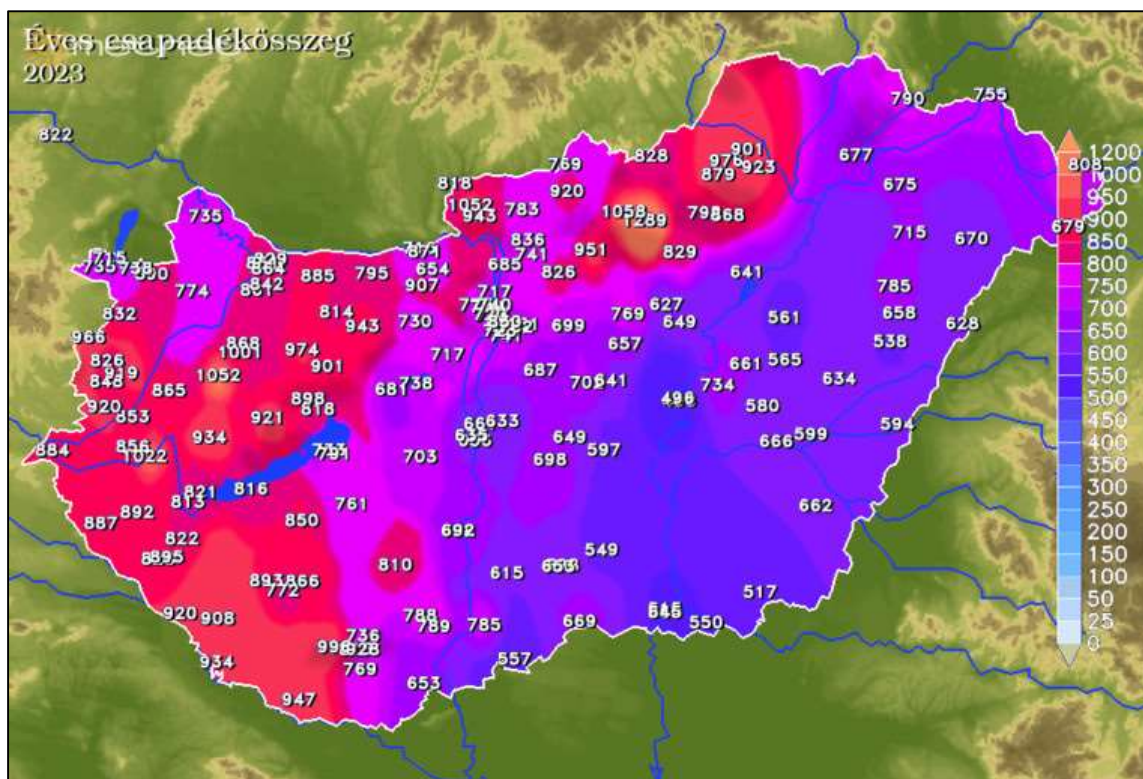
Évi csapadékösszeg a kistájon átlagosan 600-670 milliméter (4.ábra.). 24 órás csapadékmáximum 115 milliméter volt Mátészalkán.

Hóval takarta időszak nagyjából 40-48 nap, hótakaró vastagsága maximum 18-20 centiméter.

Ariditási index 1,05-1,20 között mozog.

Északi az uralkodó szélirány, de sokszor előfordul a délkeleti, délnyugati szélirány is. Szélsebesség átlagosan 2,50-3,00 m/s között jelentkezik.

[32]

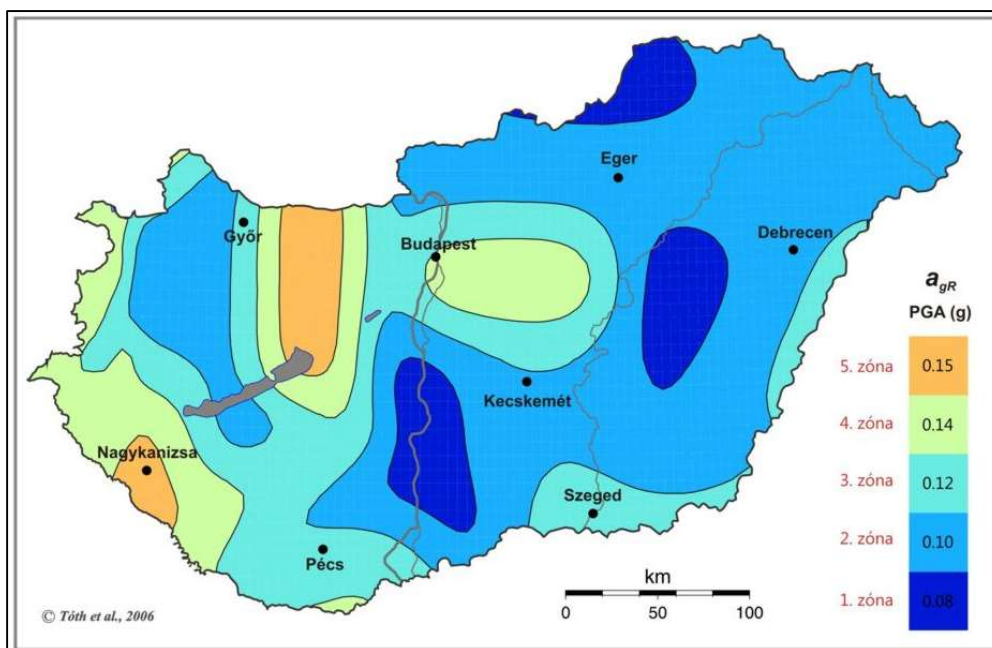


4.ábra. 2023-as évi csapadékösszeg térképe, [36]

Szeizmicitás

Az építési területet meg kell vizsgálni szeizmicitás szerint is. 2. zónába esik az adott terület (5.ábra.). Tehát a csúcsgyorsulási érték (a_{gr}) 0,10 g, nehézségi gyorsulás (g) 10 m/sec². Az alapkőzet horizontális gyorsulási érték 50 év alatt, 10 % valószínűséggel van jelen.

[37]

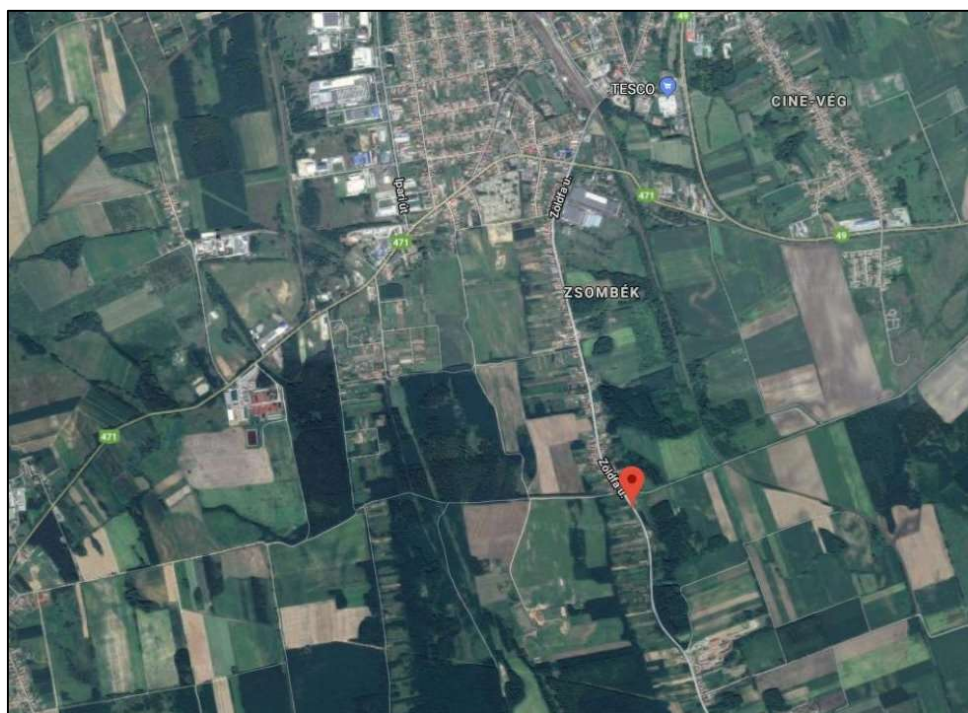


5.ábra. Magyarország szeizmikus zónatérképe, [37]

3.3. Talajfeltárások

Feltérési helyek környezetének bemutatása

A terület enyhén lejtős keleti irányba, melyet gyümölcsös területek és szántóföldek borítanak. [32]



6.ábra. Építési helyszín műholdas felvételen a műtárgy helyzetével, Nyírcsaholy és Mátészalka között,

[38]

Talajfeltárások

A talajfeltárások eredményeit a cégtől kapott adatok alapján mutatom be (**1.táblázat**). Az altalaj rétegeinek megismerése érdekében végeztek 2 darab fúrást és 4 darab CPT szondázást. A feltárásokat a terepszinttől mélyítették le.

[32]

A szondázások és a feltárások pontos helye a Mellékletek részénél is megtalálható méretarányosan a geotechnikai helyszínrajzon, de a későbbiekben a **7.ábrán** is megtekinthető.

Feltárás jele	Feltárás típusa	Terepszint [mBf]	Feltárás mélysége [méter]	EOV X koordináta	EOV Y koordináta	Dátum	Megjegyzés
F1063/1	fúrás	124,40	25,0	292090	894618	2020 06.25.	-
CPT1063/1	CPT	124,40	25,0	292091	894624	2020. 17.15.	-
F1063/2	fúrás	125,30	25,0	292080	894592	2019. 09.23.	-
CPT1063/2	CPT	125,20	25,0	292075	894589	2019. 09.10.	-
CPTB106_1	CPT	125,88	30,0	292093,79	894584,73	2023. 04.04.	kiegészítő szondázás
CPTB106_2	CPT	125,11	30,0	292100	894611	2023. 04.04.	kiegészítő szondázás

1.táblázat. Talajfeltárások adatai, [32]

Közvetlen talajfeltárások

2 darab fúrást végeztek el (F1063/1 és F1063/2), melynél szakaszosan zavartalan, valamint zavart mintát vettek laboratóriumi vizsgálatokhoz, illetve talajvízmintákat is.

Az F1063/1 fúrást szónikus fúrógéppel végezték el, Aqualock típusú magmintavevővel. Aqualock 50 milliméter átmérőjű és 2,00 méter hosszú. A felszínre hozott magmintákat 1 méteres fóliazsákokba csomagolták, melyeket magládákba helyeztek és úgy szállítottak tovább a laboratóriumba.

Az F1063/2 fúrást teherautóra szerelt fúrógéppel végezték el, mely spirálfúrást készített. A kinyert talajmintákat műanyag tárolódobozokba helyezték és megjelölték az adataikkal. Légmentesen lezárták és így szállították a laboratóriumba.

A talajvíz a fúrások során így alakult:

F1063/2 fúrás helyen terepszinttől számított 4,00 méter mélyen volt (121,30 mBf), F1063/1 fúrás helyen 3,40 méter (121,00 mBf).

Állandósult talajvízszint F1063/2 fúrásnál 3,90 méter (121,40 mBf), F1063/1 fúrásnál 3,40 méter maradt (121,00 mBf).

A Mellékletek résznél található fúrási rétegszelvényen leolvasható az összes adat.

A becsült maximális talajvízszintet 122,70 mBf, a mértékadó talajvízszintet 123,20 mBf határozták meg. Építési vízszint nem határozható meg előre.

[32]

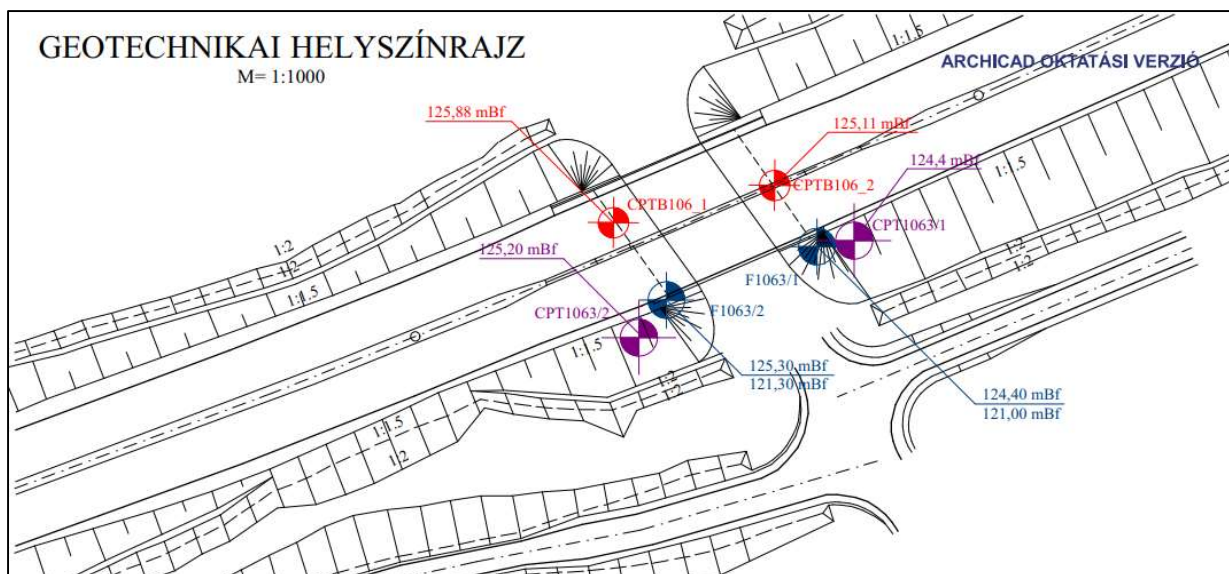
Közvetett talajfeltárások

Statikus CPTu szondázásokat végeztek 4 helyen (CPT1063/1, CPT1063/2, CPTB106_1 és CPTB106_2).

A szondázások során szabványos szondafejet alkalmaztak (csúcsszöge 60°-os, keresztmetszeti felülete 10 és 15 cm²). A szondafejet folyamatosan a talajba sajtoltak 2 cm/sec sebességgel, eközben géppel grafikusán mérték a talajban lévő pórusvíznyomást (u), a palástsúrlódást (f_s) és a fajlagos csúcsellenállást (q_c). A vizsgálat célja, hogy a közvetett talajfeltárások mellé információt kaphassunk a talaj rétegeinek fizikai paramétereiről.

A CPT szondázások grafikonjai a Mellékletek résznél megtekinthetők.

[32]



7.ábra. Geotechnikai helyszínrajz feltárások pontos helyeivel, (Forrás: saját kép)

Közvetett talajfeltárásként elvégeztek még egy statikus öt cölöpös próbaterhelést is, melyből az ellentartást négy darab lehorgonyzó cölöppel oldották meg. A próbacölöp CFA típusú cölöp volt 800 milliméter átmérővel. A betonozás C30/37-XA1-XC2-16-F5-CI betonminőséggel készült. 3 darab elektromos úradóval mérték a cölöpök süllyedését, melyek függetlenek voltak a terhelő berendezéstől. A cölöp 4750 kN erő kifejtése után tönkrement, ahol a maximális süllyedés 80,51 milliméter volt.

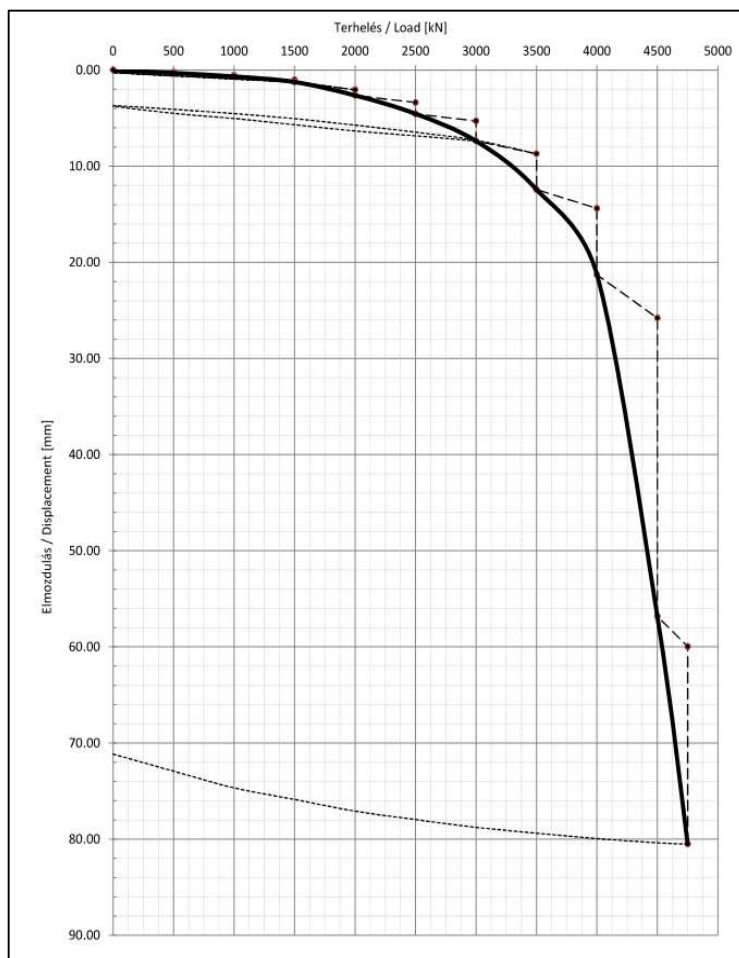
[39]

Jele	Feltárás típusa	Terepszint [mBf]	Feltárás mélysége [méter]	EOV X koordináta	EOV Y koordináta	Dátum
PC-B106	próbacölöp	126,30	20,30	292060,60	894598,48	2023.11.23.

2.táblázat. Próbaterhelés adatai, [39]

Téher [kN]	Átlagos elmozdulás [mm]
0	0,00
500	0,31
1000	0,67
1500	1,24
2000	2,64
2500	4,56
3000	7,37
3500	12,43
4000	21,30
4500	56,82
4750	80,51

3.táblázat. Statikus próbaterhelés eredményei,
[39]



8.ábra. Statikus próbaterhelési görbe terhelés-elmozdulás szerint, [39]

3.4. Laborvizsgálati eredmények

A fúrasi zavart és zavartalan talajmintákat, illetve a talajvízmintákat laboratóriumba küldték, ahol megvizsgálták kémiai és talajfizikai paraméterek szerint, melyek után XA1 környezeti osztályba sorolták a mintákat.

Talajból nyert kémiai adatok a következők:

- SO_4^{2-} : $\leq 100 \text{ mg/kg}$,
- savasság (Baumann-Gully): $\leq 0,002 \text{ ml/kg}$.

[32]

Talajvízből nyert kémiai adatok a következők:

- pH: 8,14,
- NH_4^+ : 0,27 mg/l,
- SO_4^{2-} : 270 mg/l,
- Mg^{2+} : 48,20 mg/l,
- agresszív CO_2 : $\leq 3,00$ mg/l.

[32]

Talajrétegződések meghatározása laborvizsgálat alapján

F1063/1 fúrás szerint:

0,00 - 2,60 méter között: sárgásbarna, barna, fél méterig humuszos, iszapos HOMOK

(A=5%, $C_u=5,20$, H=84%, I=10%, K=1%)

2,60 - 3,40 méter között: szürke, puha, rozsdafoltos, homokos ISZAP

($I_c=0,19$, $I_p=14$ %)

3,40 - 9,40 méter között: szürke, rozsdafoltos, iszapos HOMOK

($C_u=2,60-4,10$, H=83-90%, I=10-17%)

9,40 - 12,50 méter között: sötétbarna, homokos, közepesen szerves, közepes AGYAG

($I_c=0,41$, $I_p=22\%$, $I_v=10,70\%$, $e=1,17$, $\rho=1,68$ g/cm³, $\rho_d=1,24$ g/cm³, $S_r=0,81$, $E_s=8000$ kPa)

12,50 - 13,70 méter között: sötétbarna, közepesen szerves, homokos AGYAG

($I_c=0,61$, $I_p=33\%$, $I_v=13,1\%$, $I_{om}=8,4\%$)

13,70 - 15,70 méter között: szürke HOMOK

($C_u=3,10$, H=91%, I=9%)

15,70 - 17,30 méter között: szürke, homokos ISZAP

($C_u=4,80-47,90$, H=46-57%, I=35-49%, A=5-8%)

17,30 - 18,90 méter között: szürke, meszes, közepes AGYAG

($I_c=0,67$, $I_p=20\%$, $e=0,73$, $\rho=1,97$ g/cm³, $\rho_d=1,59$ g/cm³, $S_r=0,90$, $E_s=15000$ kPa)

18,90 - 25,00 méter között: kéesszürke, iszapos HOMOK

($C_u=3,40-9,80$, H=79-81%, I=9-15%, A=0-6%)

[32]

F1063/2 fúrás szerint:

0,00 - 1,50 méter között: szürkésbarna, barna HOMOK

1,50 - 2,40 méter között: sötétszürke, rozsdás, homokos, sovány AGYAG

2,40 - 5,60 méter között: szürke, világosszürke, agyagos, rozsdás HOMOK

($C_u=6,70$, $H=85\%$, $I=14\%$, $A=1\%$)

5,60 - 6,20 méter között: szürke ISZAP

($I_p=10\%$)

6,20 - 9,30 méter között: szürke HOMOK

($C_u=2,90$, $H=91\%$, $I=9\%$)

9,30 - 10,60 méter között: barna, finomhomokos ISZAP

10,60 - 11,20 méter között: szürkésbarna, iszapos HOMOK

11,20 - 14,70 méter között: sötétbarna, kemény, közepesen szerves, kövér AGYAG

($I_c=1,30$, $I_p=109\%$, $I_{om}=8,4\%$)

14,70 - 15,30 méter között: szürkésbarna, iszapos HOMOK

15,30 - 17,60 méter között: barna, homokos, sovány AGYAG

17,60 - 19,80 méter között: barna, szürkésbarna, merev, meszes, közepes AGYAG

($I_c=0,83$, $I_p=27\%$)

19,80 - 25,00 méter között: szürkésbarna, gyúrható, meszes, sovány AGYAG

($I_c=0,57$, $I_p=16\%$)

[32]

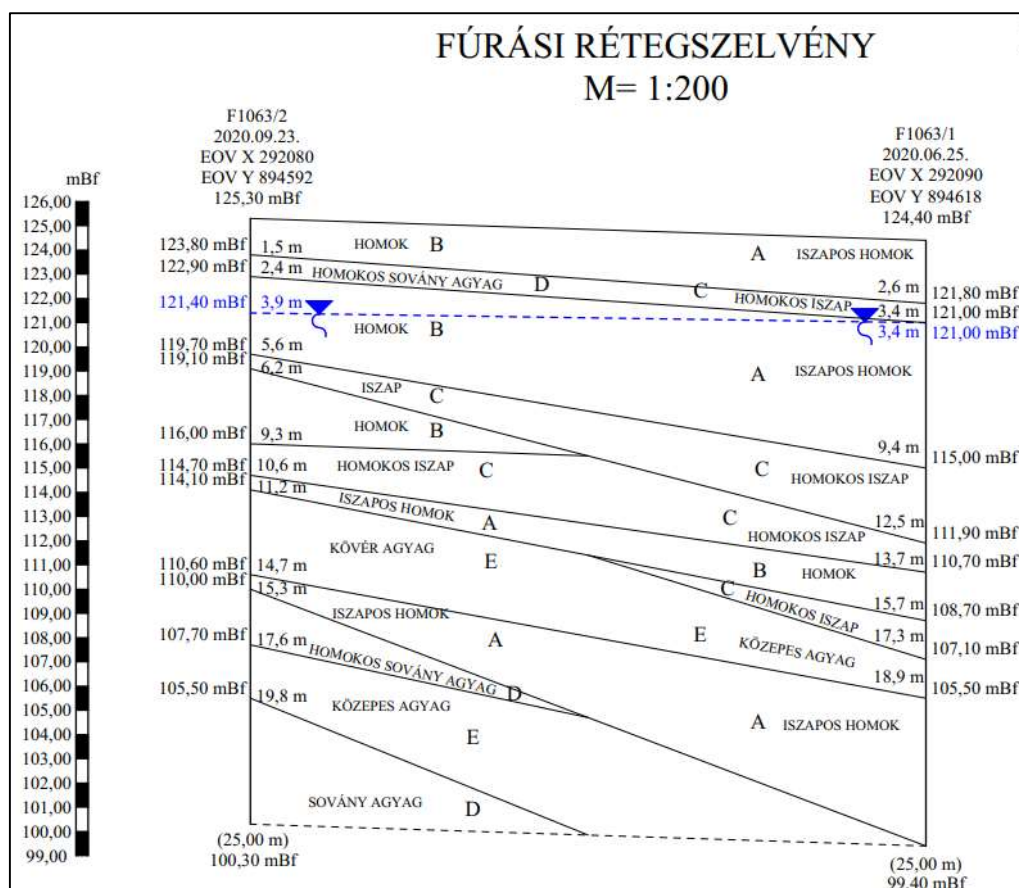
A kapott laborvizsgálati eredmények és a fúrási rétegszelvény **(9.ábra)** adatai alapján pontosítottam a tervezéshez az adatokat, saját belátásom szerint határoztam meg a mértékadó talajtípusokat **(4.táblázat)** talajmechanikai jellemzők tájékoztató értékei alapján. A fúrási rétegszelvény megtalálható méretarányosan a Mellékletek résznél.

A mértékadó talajtípusokat a következőképpen határoztam meg:

- A) iszapos durva és közepes homok
- B) durva és közepes szemnagyságú homok
- C) iszap
- D) sovány agyag
- E) kövér agyag

Talajréteg jele	Talajréteg megnevezése	Belső súrlódási szög $[\varphi, ^\circ]$	Kohézió $[c, \text{kPa}]$	Térfogatsúly $[\rho_n, \text{kN/m}^3]$	Térfogatsúly $[\rho_t, \text{kN/m}^3]$	Összenyomódási modulus $[E_s, \text{kPa}]$
A	iszapos durva és közepes homok	26-28	0	16-18	19-20	23000-48000
B	durva és közepes homok	30-32	0	16-19	18-19	10000-20000
C	iszap	20-28	50-100	17-21	20-21	10000-12000
D	sovány agyag	20-25	50-120	16-21	19-21	8000-12000
E	kövér agyag	15-20	50-150	13-20	17-20	7000-10000

4.táblázat. Mértékadó talajtípusok a talajmechanikai jellemzők összefoglaló értékei alapján, (Forrás: saját táblázat)



9.ábra. Fúrás rétegszelvény, (Forrás: saját kép)

4. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÁSOK

4.1. Számítási alapadatok

Fugro Consult Kft. által kapott alapadatok a következők:

- Felszerkezet 25,92 méter hosszú, támaszköz 25,10 méter (egy nyílású műtárgy),
- Pályaszint a keresztezés tengelyében 132,29 mBf,
- Fejtömb számítása nem kell, mert magasépítési szerkezetnek minősül, azt szerkezettervezők készítik,
- Töltések magassága nagyjából 7 méter, ahol a $q_c=0$ kN/m², a biztonság javára és a kiszámíthatatlansága miatt,
- „A” oldalon cölöpösszefogó gerenda szintje 128,64 mBf,
- „B” oldalon cölöpösszefogó gerenda szintje 128,83 mBf,
- 2. geotechnikai kategória,
- Egyedi cölöpsoportra jutó hatás tervezési értéke $F_{c,d} = 17\,172$ kN.

[32]

4.2. MSZ EN 1997 szerinti számítás

CFA cölöpöt terveztem a kapott adatok alapján. A számításokhoz a CPTB106_1, CPTB106_2, F1063/1 és F1063/2 feltárások adatait használtam fel. A számításokat Excel segítségével végeztem el, mely megtekinthető a Mellékletek résznél.

4.2.1. Nyomási ellenállás

Egy cölöp nyomási ellenállása a következő képlettel határozható meg:

$$R_{c,cal} = R_{s,cal} + R_{b,cal}$$

ahol:

$R_{c,cal}$: a nyomási ellenállás,

$R_{s,cal}$: a cölöppalást ellenállása,

$R_{b,cal}$: a cölöptalp ellenállása.

[40]

4.2.2. Palástellenállás

A palástellenállást úgy határozzuk meg, hogy

$$R_{s,cal} = \sum_i k_{si} * q_{si}$$

ahol:

$R_{s,cal}$: a cölöppalást ellenállása,

k_i : a palást felszíne rétegenként,

q_{si} : a fajlagos palástellenállás rétegenként.

[40]

Szemcsés talaj esetén a palástellenállás a következő képlettel számítható ki,

$$q_s = \sqrt{qc} * \alpha_{sq}$$

ahol:

q_s : a fajlagos palástellenállás,

q_c : palástellenállási értékek átlaga,

α_{sq} : palástellenállási szorzó cölöptípus szerint, jelen esetben CFA cölöpnél = 0,55.

[40]

Kötött talaj esetén a palástellenállás a következő képlettel számítható ki,

$$q_s = 1,20 * \sqrt{qc} * \gamma_s$$

ahol:

q_s : a fajlagos palástellenállás,

q_c : palástellenállási értékek átlaga,

γ_s : palástellenállási technológiai szorzó cölöptípus szerint, jelen esetben CFA cölöp = 1,00.

[40]

4.2.3. Talpellenállás

A talpellenállást úgy határozzuk meg, hogy

$$R_{b,cal} = A * q_b$$

ahol:

$R_{b,cal}$: a cölöptalp ellenállása,

A : a cölöptalp keresztmetszetének területe,

q_b : a fajlagos cölöptalp ellenállása.

[40]

Drénezetlen nyírószilárdság értékét a következőképp lehet kiszámítani:

$$c_u = q_c / N_K$$

ahol:

c_u : drénezetlen nyírószilárdság,

q_c : palástellenállási értékek átlaga,

N_K : tényező értéke = 15,50.

[41]

Szemcsés talaj esetén a talpellenállás a következő képlettel számítható ki:

$$q_b = \alpha_b * \lambda_b * 0,50 * \left(\frac{q_{cI} + q_{cII}}{2} + q_{cIII} \right)$$

ahol:

q_b : a fajlagos cölöptalp ellenállása,

α_b : technológiai szorzó cölöptípusra vonatkozóan, jelen esetben CFA cölöpnél = 0,70,

λ_b : 0,60 értékű redukciós tényező,

q_{cI} : a cölöptalp alatti 0,70*D-4,00*D zóna q_c értékeinek átlaga,

q_{cII} : a cölöptalp alatti 0,70*D-4,00*D zóna q_c értékeinek átlaga úgy, hogy lentről a felszín fele haladva az előzőnél kisebb q_c értékeket vesszük figyelembe,

q_{cIII} : a cölöptalp feletti 8,00*D zóna q_c értékeinek átlaga úgy, hogy cölöptalptól a felszín fele haladva az előzőnél kisebb q_c értékeket vesszük figyelembe.

[40]

Kötött talaj esetén a talpellenállás a következő képlettel számítható ki:

$$q_b = q_c * \alpha_b * \mu_b$$

ahol:

q_b : a fajlagos cölöptalp ellenállása,

q_c : palástellenállási értékek átlaga,

α_b : technológiai szorzó cölöptípusra vonatkozóan, jelen esetben CFA cölöpnél = 0,70,

μ_b : talpellenállási szorzó cölöptípustól függően, jelen esetben CFA cölöp = 0,90.

[40]

4.2.4. Nyomott cölöp ellenőrzése

Először a nyomási ellenállás karakterisztikus értékét kell meghatározni (akár több CPT szonda esetén) a következő képletekkel:

$$(R_{c,m})_{mean} = (R_{b,cal} + R_{s,cal})_{mean}$$

$$(R_{c,m})_{min} = (R_{b,cal} + R_{s,cal})_{min}$$

$$R_{c,k} = \min[(R_{c,m})_{mean} / \xi_{mean} ; (R_{c,m})_{min} / \xi_{min}]$$

ahol:

$R_{c,m}$: cölöp nyomási ellenállás,

$R_{b,cal}$: talpellenállás értéke (számított),

$R_{s,cal}$: palástellenállás értéke (számított),

$R_{c,k}$: egyedi cölöp nyomási ellenállása (karakterisztikus érték),

ξ_{mean} : korrelációs tényező (átlagra vonatkozó), jelen esetben 1 db CPT = 1,40,

ξ_{min} : korrelációs tényező (minimumra vonatkozó), jelen esetben 1 db CPT = 1,40.

[40]

Karakterisztikus értékekből nyomási ellenállás tervezési értékének meghatározása az alábbi képletekkel:

$$R_{b,k} = R_{b,cal} / \xi_{mean}$$

$$R_{s,k} = R_{s,cal} / \xi_{mean}$$

$$R_{c,d} = \min(R_{c,k} / \gamma_t ; R_{b,k} / \gamma_b + R_{s,k} / \gamma_s) / \gamma_{Rd}$$

ahol:

$R_{b,k}$: talpellenállás (karakterisztikus érték),

$R_{b,cal}$: talpellenállás értéke (számított),

$R_{s,k}$: palástellenállás (karakterisztikus érték),

$R_{s,cal}$: palástellenállás értéke (számított),

ξ_{mean} : korrelációs tényező (átlagra vonatkozó), jelen esetben 1 db CPT = 1,40,

$R_{c,d}$: egyedi cölöp nyomási ellenállása (tervezési érték),

γ_t : parciális tényező (teljes ellenálláshoz tartozó), jelen esetben CFA cölöpnél = 1,15,

γ_b : parciális tényező (talpellenálláshoz tartozó), jelen esetben CFA cölöpnél = 1,20,

γ_s : parciális tényező (palástellenálláshoz tartozó), jelen esetben CFA cölöpnél = 1,10,

γ_{Rd} : modell tényező, jelen esetben CPT alapján = 1,10.

[40]

Végző ellenőrzés megfelelésségre:

$$R_{c,d} > F_{c,d}$$

ahol:

$R_{c,d}$: teherbírási határállapot,

$F_{c,d}$: mértékadó teher.

[40]

4.2.5. Cölöpsüllyedés számítása

A cölöpsüllyedés számítását a Mérnöki kézikönyv II. kötetéből vett képletekkel számoltam.

A süllyedés számításhoz meg kell határozni a cölöpteherbírást:

$$F = F_{cs} + F_p$$

ahol:

F : cölöpteherbírást,

F_{cs} : csúcsellenállás,

F_p : palástellenállás.

[42]

Csúcsellenállást a következőképpen határozzuk meg:

$$F_{cs} = 4 * D * E_s * s$$

ahol:

F_{cs} : csúcsellenállás,

D : cölöpátmérő,

E_s : összenyomódási modulus,

s : süllyedés, ez egy változó szám.

[42]

Palástellenállás képlete:

$$F_p = [s / (s + s_H)] * \sum D * \pi * l * f$$

ahol:

s : süllyedés, ez egy változó szám,

s_H : határsüllyedés, ez az érték CFA cölöpnél 2-4 mm, jelen esetben 3 mm,

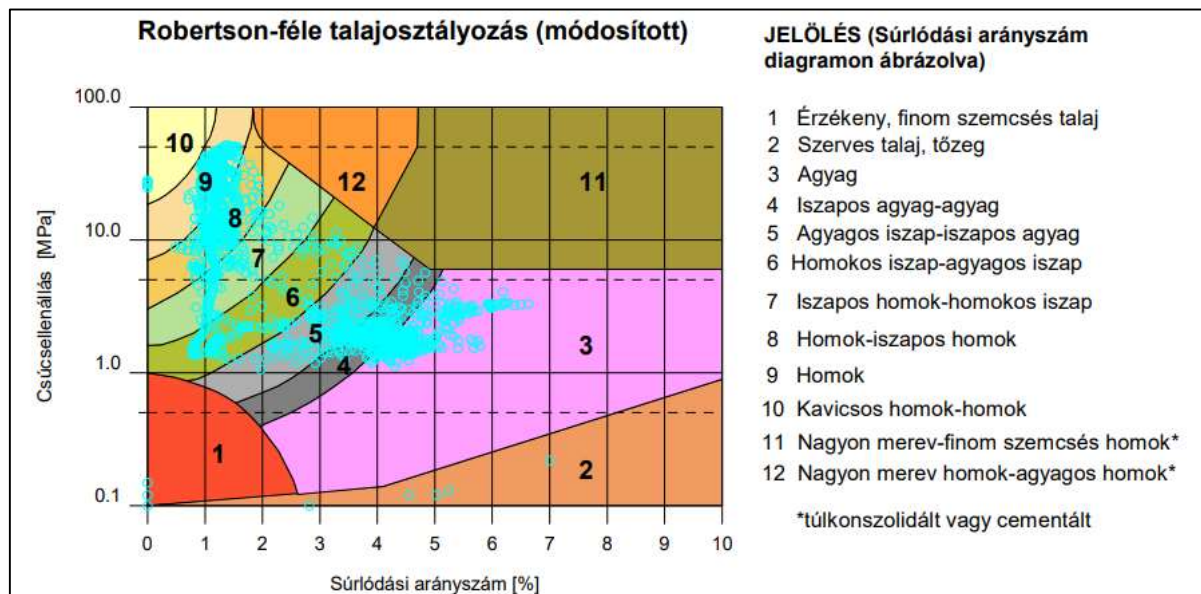
D : cölöptalp átmérője,

l : talajréteg vastagsága,

f : fajlagos palást súrlódás.

[42]

4.2.6. Cölöpszámítási eredmények



1.ábra. CPTB106_1 vizsgálati jegyzőkönyv alapján található Robertson-féle grafikon, [32]

CFA cölöpöt terveztem számításaimmal. Egyedi cölöpre jutó hatás tervezési értéke $F_{c,d} = 2453,14$ kN, mivel a cölöpök között a $3 \cdot D - 5 \cdot D$ tengelytávolság be kell tartani, ezért 1,00 méteres cölöpátmérővel, 7 darab cölöp jött ki számításaim során, 3,20 méter tengelytávolságokkal.

A talajrétegződést a fúrászelvények és a CPT szondázások adatai alapján határoztam meg, ebben segítségemre volt az **1.ábrán** látható Robertson-féle grafikon és a már korábbiakban taglalt mértékadó talajtípusok.

Mivel a számításaim szerint mindkét oldalon kötött talajban van a cölöptalp, ezért a kötött talajhoz tartozó talpellenállási képletet vettem figyelembe a kalkulációim során. Palástellenállásnál kötött és szemcsés talaj szerint is számítani kellett a talajrétegződés szerint. A konkrét számítási eredmények a Mellékletek részénél is megtekinthetők.

Végeredmények CPTB106_1 alapján „A” oldalon

$$s = 7,44 \text{ mm},$$

$$R_{s,cal} = 3093,32 \text{ kN},$$

$$R_{b,cal} = 1267,81 \text{ kN},$$

$$R_{c,d} = 2462,52 \text{ kN},$$

$$F_{c,d} = 2453,14 \text{ kN}.$$

Kihasználtság: 99,62 %,

Cölöphossz: 17,50 méter a talajban + 2,96 méter a feltöltésben, ahol $q_c = 0 \text{ kN/m}^2$,

Egész cölöphossz: 20,26 méter,

Cölöpátmérő: 1000 milliméter,

Cölöpszám: 7 darab / csoport.

Talajrétegződés:

2,76 méteres feltöltés (F)

0,00 - 1,00 méter sovány agyag (D)

1,00 – 2,80 méter iszap (C)

2,80 – 5,80 méter iszapos durva és közepes homok (A)

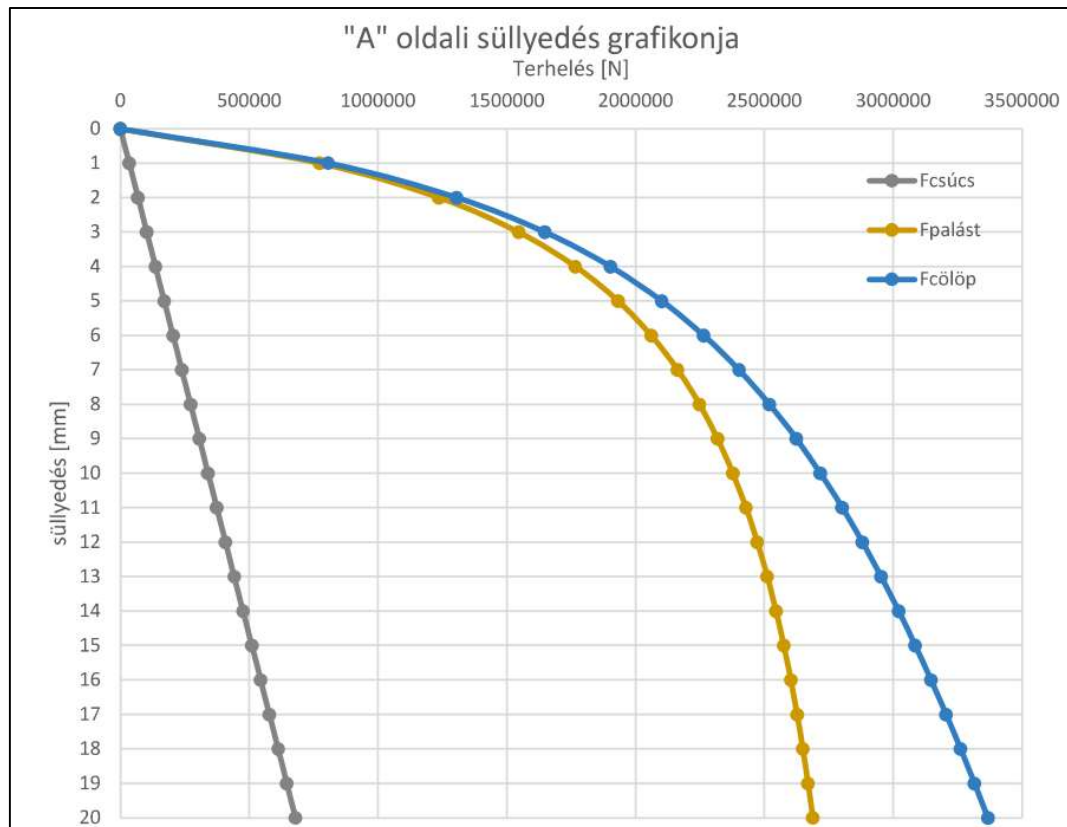
5,80 – 6,10 méter sovány agyag (D)

6,10 – 8,60 méter iszapos durva és közepes homok (A)

8,60 – 9,50 méter durva és közepes homok (B)

9,50 – 9,80 méter iszapos durva és közepes homok (A)

9,80 – 17,50 méter kövér agyag (E)



2.ábra. „A” oldali cölöp terhelés-süllyedés grafikonja, (Forrás: saját kép)

Végeredmények CPTB106_2 alapján „B” oldalon

$$s = 12,05 \text{ mm},$$

$$R_{s,cal} = 2498,13 \text{ kN},$$

$$R_{b,cal} = 4863,69 \text{ kN},$$

$$R_{c,d} = 4106,56 \text{ kN},$$

$$F_{c,d} = 2453,14 \text{ kN}.$$

Kihasználtság: 59,74 %,

Cölöphossz: 13,66 méter a talajban + 3,72 méter a feltöltésben, ahol $q_c = 0 \text{ kN/m}^2$,

Egész cölöphossz: 17,38 méter,

Cölöpátmérő: 1000 milliméter,

Cölöpszám: 7 darab / csoport.

Talajrétegződés:

3,72 méteres feltöltés (F)

0,00 - 1,20 méter iszap (C)

1,20 – 2,80 méter iszapos durva és közepes homok (A)

2,80 – 3,30 méter sovány agyag (D)

3,30 – 5,10 méter iszapos durva és közepes homok (A)

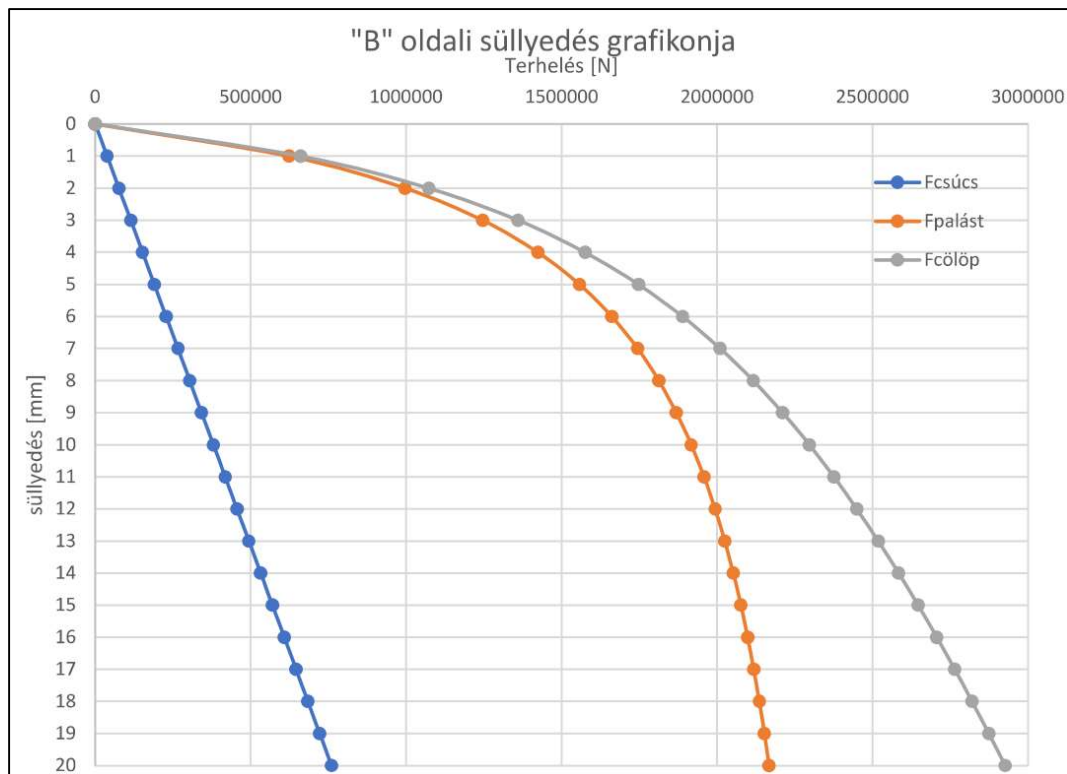
5,10 – 5,30 méter sovány agyag (D)

5,30 – 9,00 méter iszapos durva és közepes homok (A)

9,00 – 10,10 méter kövér agyag (E)

10,10 – 10,80 méter iszapos durva és közepes homok (A)

10,80 – 13,66 méter iszap (C)



3.1. „B” oldali cölöp terhelés-süllyedés grafikonja, (Forrás: saját kép)

4.3. DIN 1054 német szabvány szerinti számítás

A DIN 1054 szabvány ugyanúgy, mint az MSZ EN 1997 szabvány, ami teherbírást számol. Ugyanakkor a számítások során meghatároz egy becsült terhelés-süllyedés görbét is, amit a próbaterhelés görbéjével össze lehet hasonlítani. A számításokhoz az „A” oldalon lévő CPTB106_1 statikus szondázás kapott értékeit és a fúrások által meghatározott mértékadó talajtípusokat használtam. A helyszínhez közeli PC-B106 próbacölöp süllyedésgörbét használtam ellenőrzésképp, mert az relevánsabb az összehasonlításhoz. Adódhat eltérés a végeredmények között, mert a próbacölöp 80 centiméter átmérőjű volt, a tervezett cölöp pedig 100 centiméter átmérőjű. A számításokat Excel segítségével végeztem el, mely a Mellékletek részénél megtalálható.

4.3.1. Nyomási ellenállás

Egy cölöp nyomási ellenállása a következő képlettel határozható meg:

$$R_k = R_{s,k} + R_{b,k}$$

ahol:

R_k : a nyomási ellenállás,

$R_{s,k}$: a cölöppalást ellenállása,

$R_{b,k}$: a cölöptalp ellenállása.

[43]

4.3.2. Palástellenállás

A palástellenállást úgy határozzuk meg, hogy

$$R_{s,k} = \sum q_{s,k} * A_s$$

ahol:

$R_{s,k}$: a cölöppalást ellenállása,

$q_{s,k}$: a fajlagos palástellenállás rétegenként,

A_s : a palást felszíne rétegenként.

[43]

Szemcsés talaj esetén a $q_{s,k}$ így határozható meg

q_c [MN/m ²]	$q_{s,k}$ [MN/m ²]
0,00	0,00
5,00	0,04
10,00	0,08
15,00 ≤	0,12

2.táblázat. $q_{s,k}$ meghatározása szemcsés talajoknál, [43]

Kötött talaj esetén a $q_{s,k}$ így határozható meg

c_u [MN/m ²]	$q_{s,k}$ [MN/m ²]
0,025	0,025
0,10	0,04
$0,20 \leq$	0,06

3.táblázat. $q_{s,k}$ meghatározása kötött talajoknál, [43]

A c_u számítása ugyanúgy történik, mint a **4.2.3. Talpellenállás** alfejezetnél.

Ha a q_c vagy a c_u értéke nem a táblázatban szereplő értékekre jön ki, akkor interpolálni kell, hogy megkaphassuk a $q_{s,k}$ értékét pontosan.

Ezekután ki tudjuk számítani a cölöppalást ellenállásából a süllyedés határértékét,

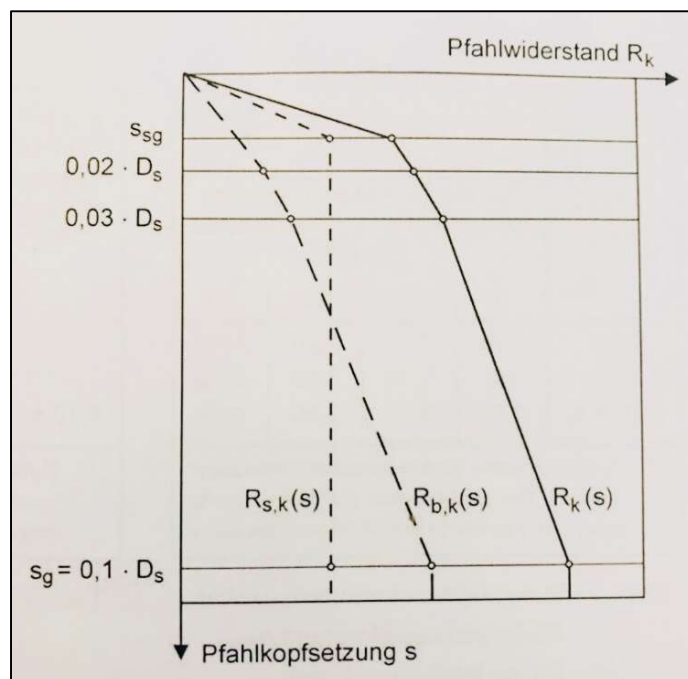
$$s_{sg} = 0,50 + 0,50 * R_{s,k} \leq 3,00 \text{ cm}$$

ahol:

s_{sg} : süllyedés határértéke,

$R_{s,k}$: a cölöppalást ellenállása.

[44]



4.ábra. DIN 1054:2005 szabvány szerinti fűrt cölöp karakterisztikus ellenállási és süllyedési görbéi,

[43]

4.3.3. Talpellenállás

A talpellenállást úgy határozzuk meg, hogy

$$R_{b,k} = A_b * q_{b,k}$$

ahol:

$R_{b,k}$: a cölöptalp ellenállása,

A_b : a cölöptalp keresztmetszetének területe,

$q_{b,k}$: a fajlagos cölöptalp ellenállása.

[43]

Szemcsés talaj esetén a $q_{b,k}$:

Süllyedés [mm]	$q_{b,k}$ [MN/m ²]			
	10	15	20	25
0,02 * D	0,70	1,00	1,40	1,75
0,03 * D	0,90	1,35	1,80	2,25
s_g = 0,10 * D	2,00	3,00	3,50	4,00

4.táblázat. $q_{b,k}$ meghatározása szemcsés talajoknál, [43]

Kötött talaj esetén a $q_{b,k}$:

Süllyedés [mm]	$q_{b,k}$ [MN/m ²]	
	0,10	0,20
0,02 * D	0,35	0,90
0,03 * D	0,45	1,10
s_g = 0,10 * D	0,80	1,50

5.táblázat. $q_{b,k}$ meghatározása kötött talajoknál, [43]

Ha a süllyedés értéke nem a táblázatban szereplő értékekre jön ki, akkor interpolálni kell, hogy megkaphassuk a $q_{b,k}$ értékét pontosan.

4.3.4. Cölöpszámítási eredmények

A számítások után a palástellenállást és a talpellenállást az MSZ EN 1997 szerinti parciális tényezőkkel osztottam le, az összehasonlíthatóság miatt ugyanazt a viszonyrendszert vettem alapul. Mellékletek részénél megtalálható a számítás.

$$R_{s,cal} = 3,357 \text{ MN},$$

$$R_{b,cal} = 1,260 \text{ MN},$$

$$R_{c,d} = 2,607 \text{ MN},$$

$$F_{c,d} = 2,453 \text{ MN},$$

$$s = 12,09 \text{ mm}.$$

Kihasználtság: 94,10 %,

Cölöphossz: 17,50 méter a talajban + 2,96 méter a feltöltésben, ahol $q_c = 0 \text{ kN/m}^2$,

Egész cölöphossz: 20,26 méter,

Cölöpátmérő: 1000 milliméter,

Cölöpszám: 7 darab / csoport.

Talajrétegződés:

2,76 méteres feltöltés (F)

0,00 - 1,00 méter sovány agyag (D)

1,00 – 2,80 méter iszap (C)

2,80 – 5,80 méter iszapos durva és közepes homok (A)

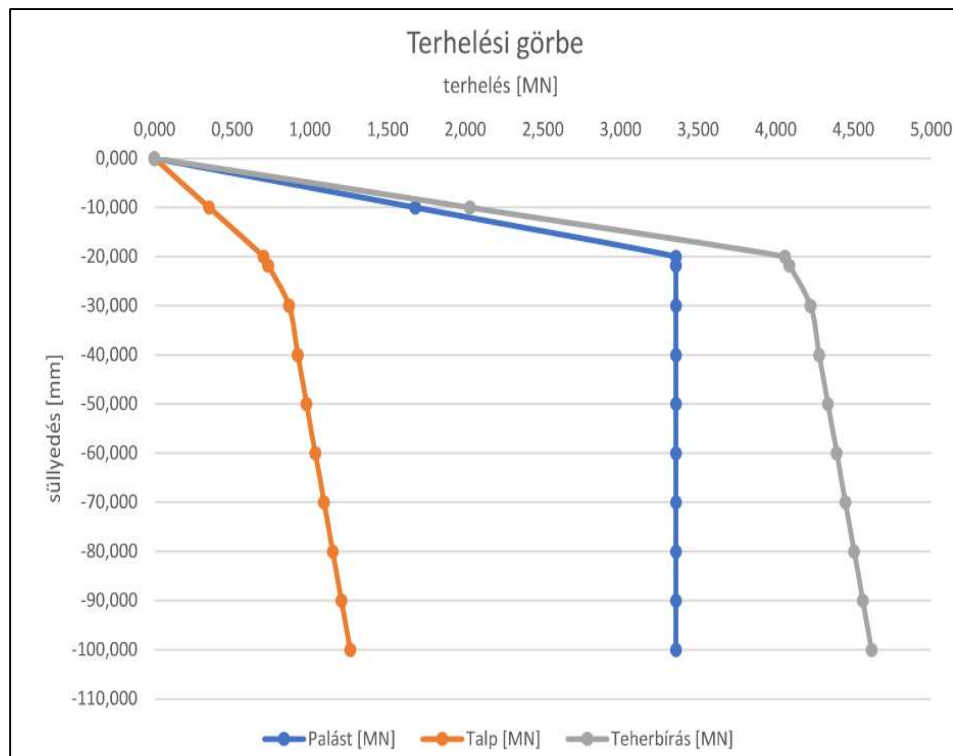
5,80 – 6,10 méter sovány agyag (D)

6,10 – 8,60 méter iszapos durva és közepes homok (A)

8,60 – 9,50 méter durva és közepes homok (B)

9,50 – 9,80 méter iszapos durva és közepes homok (A)

9,80 – 17,50 méter kövér agyag (E)



5.ábra. „A” oldali cölöp terhelés-süllyedés grafikonja DIN 1054 szerint, (Forrás: saját kép)

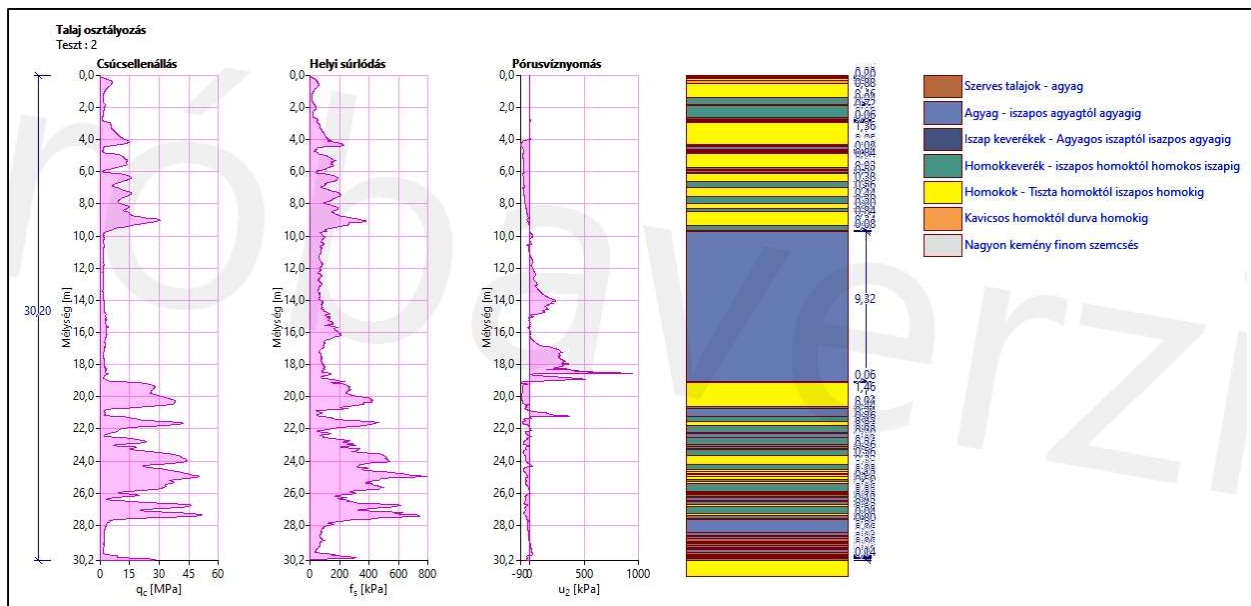
4.4. Szoftveres számítás GEO5 segítségével

A GEO5 egy geotechnikai szoftver, ami végeselemes módszert alkalmaz számításai során. A szoftver segítségével a cölöp és a cölöpcsoport teherbírását és süllyedését tudtam meghatározni a cégtől kapott CPTB106_1 („A” oldalon) és CPTB106_2 („B” oldalon) szondázás adatai (csúcsellenállás, palástsúrlódás és pórusvinyomás) alapján.

Először importáltam az Excelben található értékeket, korrigáltam a parciális tényezőket és utána meghatároztam a CFA cölöp geometriáját és az egyedi cölöpre és egyedi cölöpcsoportra jutó hatás tervezési értékét. A 2010-es Robertson-féle talajosztályozást alapul véve a szoftver meghatározta a talajrétegződést. Mindezek után lefuttattam a számításokat és megkaptam a végeredményeket.

4.4.1. Cölöpszámítási eredmények

Végeredmények CPTB106_1 alapján „A” oldalon



6.ábra. CPTB106_1 grafikonjai és a talajrétegződés Robertson-féle grafikon szerint, (Forrás: saját kép)

Egyedi cölöp esetén:

$$R_{c,d} = 3067,57 \text{ kN},$$

$$F_{c,d} = 2453,14 \text{ kN},$$

$$s = 13,30 \text{ mm}.$$

Egyedi cölöpcsoport esetén:

$$R_{c,d} = 21472,96 \text{ kN},$$

$$F_{c,d} = 17172 \text{ kN},$$

$$s = 13,30 \text{ mm}.$$

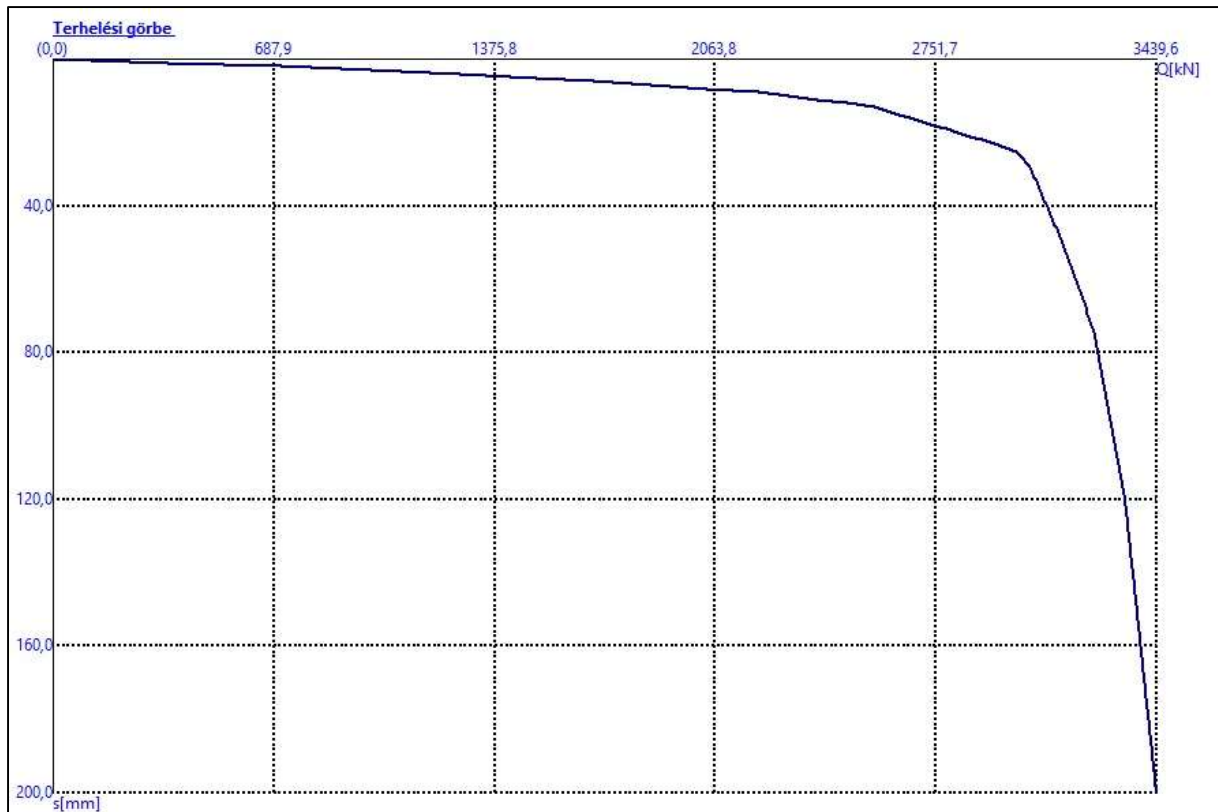
Kihasználtság: 79,97 %,

Cölöphossz: 17,50 méter a talajban + 2,96 méter a feltöltésben, ahol $q_c = 0 \text{ kN/m}^2$,

Egész cölöphossz: 20,26 méter,

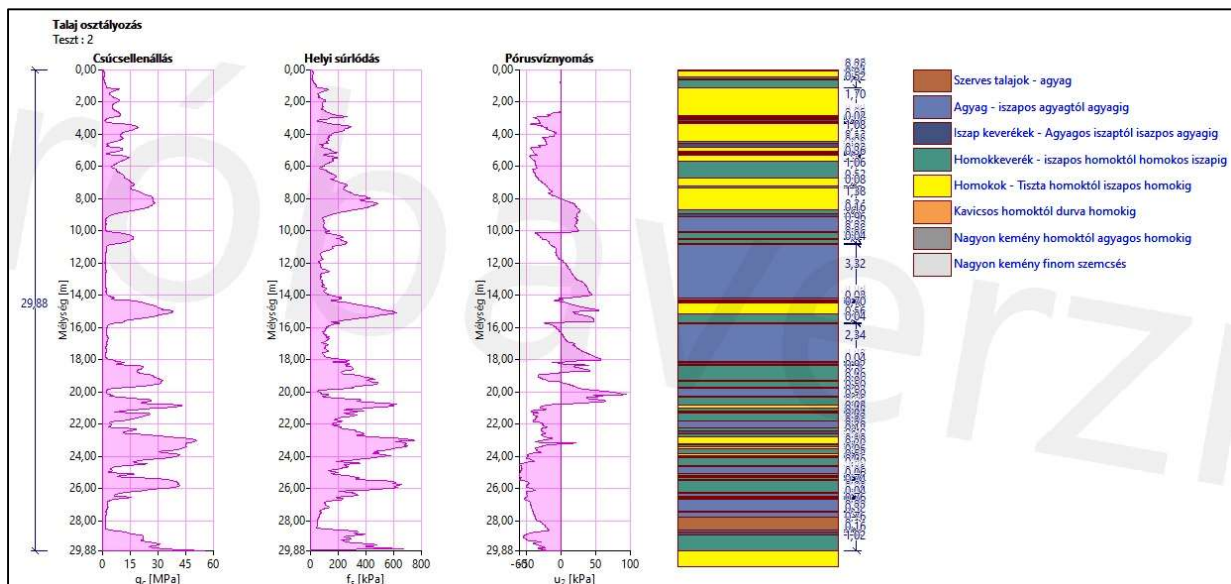
Cölöpátmérő: 1000 milliméter,

Cölöpszám: 7 darab / csoport.



7.ábra. GEO5 szoftver terhelés-süllyedés grafikonja „A” oldalon, (Forrás: saját kép)

Végeredmények CPTB106_2 alapján „B” oldalon



8.ábra. CPTB106_2 grafikonjai és a talajrétegződés Robertson-féle grafikon szerint, (Forrás: saját kép)

Egyedi cölöp esetén:

$$R_{c,d} = 4087,08 \text{ kN},$$

$$F_{c,d} = 2453,14 \text{ kN},$$

$$s = 10,70 \text{ mm}.$$

Egyedi cölöpcsoport esetén:

$$R_{c,d} = 28609,59 \text{ kN},$$

$$F_{c,d} = 17172 \text{ kN},$$

$$s = 10,70 \text{ mm}.$$

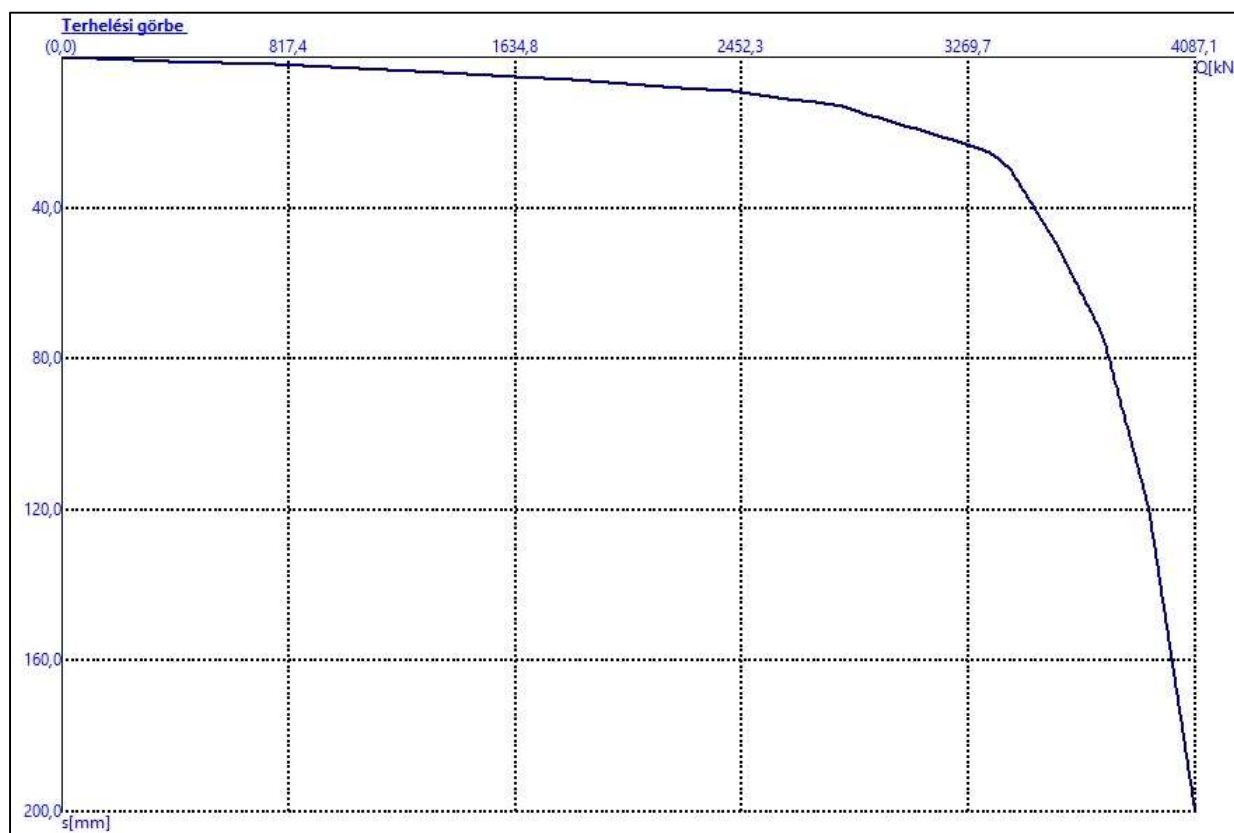
Kihasználtság: 60,02 %,

Cölöphossz: 13,66 méter a talajban + 3,72 méter a feltöltésben, ahol $q_c = 0 \text{ kN/m}^2$,

Egész cölöphossz: 17,38 méter,

Cölöpátmérő: 1000 milliméter,

Cölöpszám: 7 darab / csoport.



9.ábra. GEO5 szoftver terhelés-süllyedés grafikonja „B” oldalon, (Forrás: saját kép)

4.5. Különböző számítási módszerek eredményeinek összehasonlítása

„A” oldal

	DIN 1054	MSZ EN 1997	GEO5
h [m]:	20,26	20,26	20,26
R_{c,d} [kN]:	2606,87	2462,52	3067,57
F_{c,d} [kN]:	2453,14	2453,14	2453,14
süllyedés [mm]:	12,09	7,44	13,30
kihasználtság [%]:	94,10	99,62	79,97

6.táblázat. „A” oldali cölöpszámítási eredmények különböző számítási módszerekkel, (Forrás: saját táblázat)

„B” oldal

	MSZ EN 1997	GEO5
h [m]:	17,38	17,38
R_{c,d} [kN]:	4106,56	4087,08
F_{c,d} [kN]:	2453,14	2453,14
süllyedés [mm]:	12,05	10,70
kihasználtság [%]:	59,74	60,02

7.táblázat. „B” oldali cölöpszámítási eredmények különböző számítási módszerekkel, (Forrás: saját táblázat)

4.6. Vasalás meghatározása

Vasalás meghatározásához az MSZ EN 1536 szabványt használtam. Mivel a cég nem foglalkozik cölöpök vasalási számításával, ezért a szabvány szerinti minimum vasmennyiséget határoztam meg. A számításokat Excel segítségével végeztem el, mely megtekinthető a Mellékletek résznél.

4.6.1. Hosszirányú vasalás

1,00 méter átmérőjű fűrt CFA cölöpöt terveztem, ezért a keresztmetszeti terület $A_c = 0,79 \text{ m}^2$. A szabvány szerint, mivel $0,5 \text{ m}^2$ és $1,00 \text{ m}^2$ között van az A_c jelen esetben, ezért a betonacélok keresztmetszeti területe $A_s \geq 2500 \text{ mm}^2$ és minimum $4\phi 12$. Maximális távolságuk 40 centiméter.

[45]

Eredmény: $8\phi 20$, B500.

4.6.2. Keresztirányú vasalás

Spirálkengyel szerint terveztem a keresztirányú vasalást. A szabvány szerint a kengyel átmérője minimum 6 milliméter és a fővas átmérőjének egynegyede kell, hogy legyen. A kengyeltávolság maximum a fővasak átmérőjének tizenötszerese.

[45]

Eredmény: $\phi 6/300$.

4.6.3. Betontakarás

A szabvány szerint, ha $D > 0,60$ méter, akkor 60 milliméter a betontakarás. Jelen esetben $D = 1,00$ méter.

[45]

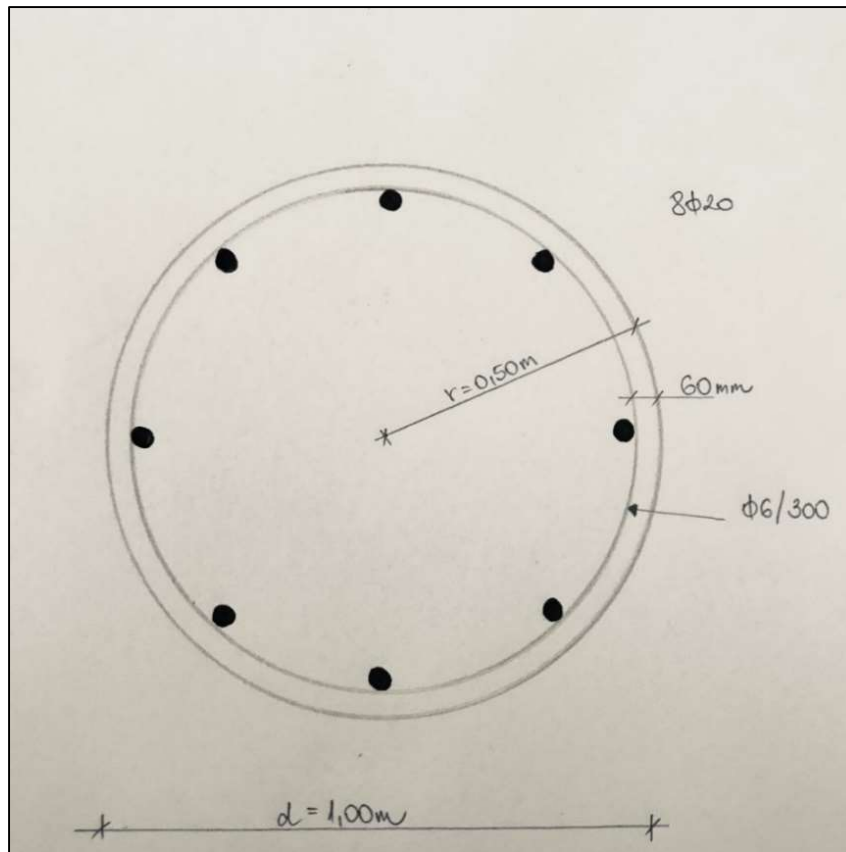
Eredmény: 60 milliméter.

4.6.4. Végeredmény

Fővas: $8\phi 20$, B500.

Kengyel: $\phi 6/300$.

Betontakarás: 60 milliméter.



10.ábra. CFA cölöpvasalási végeredmény, (Forrás: saját kép)

5. MŰSZAKI LEÍRÁS

5.1. Cölöpcsoport

Az „A” oldalon lévő cölöpcsoport 7 darab cölöpből áll, átmérőjük 1,00 méter. Tengelytávolságuk 3,20 méter, cölöpmagasságuk 20,26 méter (128,64 – 108,38 mBf), melyből 17,50 méter (125,88 – 108,38 mBf) az altalajban helyezkedik el, 2,76 méter (128,64 – 125,88 mBf) pedig feltöltésben. A cölöpök fűrt CFA cölöpök.

Az „B” oldalon lévő cölöpcsoport 7 darab cölöpből áll, átmérőjük 1,00 méter. Tengelytávolságuk 3,20 méter, cölöpmagasságuk 17,38 méter (128,83 – 111,45 mBf), melyből 13,66 méter (125,11 – 111,45 mBf) az altalajban helyezkedik el, 3,72 méter (128,83 – 125,11 mBf) pedig feltöltésben. A cölöpök fűrt CFA cölöpök.

A két cölöpcsoport tengelytávolsága 25,10 méter.

5.2. Betonminőség

A CFA cölöpök betonozása C30/37-XA1-XC2-16-F5-CI betonminőséggel készüljön, folyamatos betonozással.

5.3. Betonacél minőség

A fővasak bordázott B500-as vasak és a kengyeleknek is B500-as minőségük legyen. A fővasaknak túl kell nyúlniuk, hogy a fejtőmbbel egybe lehessen betonozni a későbbiekben.

5.4. Vízvezetés

A felszínen megjelenő vizeket megfelelő távolságban el kell vezetni.

5.5. Tervezési élettartam

100 év.

5.6. Tűzvédelmi-, munka és környezeti előírások

A cölöpök kivitelezése során az összes érvényben levő egészségvédő és balesetelhárító szabályokat be kell tartani.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Szepesházi Róbert (2008): Geotechnika, Győr
- [2] https://nat2012.nkp.hu/tankonyv/foldrajz_9/lecke_02_003
2024.03.04.
- [3] <https://hirado.hu/2016/12/19/lozfal-omlott-paksnal>
2024.03.04.
- [4] Dr. Bartos Sándor - Dr. Gabos György (1992): Építésföldtan-talajmechanika, kézirat, Tankönyvkiadó, Budapest
- [5] <https://www.permaforum.hu/permaforum/index.php/blog/entry/mibol-van-a-talaj>
2024.03.04.
- [6] Dr. Bartos Sándor - Králik Béla (1983): Mélyépítés I. (Építésföldtan - Talajmechanika), Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Budapest
- [7] https://www.vizugy.hu/uploads/files/files/Vizrajzi_Evkonyv_2017.pdf
2024.03.04.
- [8] Farkas József (1997): Talajmechanika és alapozás, Műegyetemi Kiadó, Budapest
- [9] <http://geomania.hu/lhfoto.php?fotoid=2318>
2024.03.04.
- [10] <http://www.fundamentplusz.hu/tevekenysegek/vizsgalatok/probaterhelek>
2024.03.05.
- [11] <https://tamop412a.ttk.pte.hu/files/kornyezettan9/www/out/html-chunks/ch19s02.html>
2024.03.06.
- [12] Dr. Bartos Sándor-Králik Béla (1998): Mélyépítés III. Alapozás, Kézirat, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- [13] Bársony István (2013): Magasépítéstan I., Szega Books Kft., Pécs
- [14]
https://elsoepitkezo.blog.hu/2018/05/31/az_epitkezes_lepesei_1_resz_cel_a_szerelobeton#
2024.03.07.
- [15] https://robox.hu/csarnok/csarnok_elemei/Page1563.htm
2024.03.09.
- [16] <http://www.ekt.bme.hu/Ujkiv1/alap2018eakiv1.pdf>
2024.03.09.

[17] https://www.daibau.hu/arak/alapozas_alap_betonozas
2024.03.09.

[18] <https://ibuilder-hu.techinfus.com/fundament/svajnyj/>
2024.03.09.

[19]
https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/8789/MFKHT6504SI_08.pdf?sequence=9&isAllowed=y
2024.03.10.

[20] Petróczky Ferenc (1989): Geotechnika 2. Földművek – Alapozás, Kézirat, Nemzeti Tankönyvkiadó, Győr

[21] <https://slideplayer.hu/slide/2088975/>
2024.03.25.

[22]
https://www.botondkft.hu/colopalapozas?gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMItOX21ae4hQMvJwuiAx2ORg8EEAAYASAAEgKu7_D_BwE
2024.03.25.

[23] <https://www.hbm.hu/technologiaink/colopalapozas/>
2024.04.08.

[24] Dr. Varga László (1992): Geotechnika IV. (Alapozás), Kézirat, Tankönyvkiadó, Budapest
[25]

https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/9_0482_tartalomelem_005_munkaanyag_100228.pdf
2024.04.08.

[26] https://slideplayer.hu/slide/2119702/#google_vignette
2024.04.08.

[27] <http://szerkezetmegerosites.hu/szolgalatasaink/mikrocolopozes/>
2024.04.09.

[28] https://www.botondkft.hu/jet_grouting
2024.04.09.

[29] <https://www.hbm.hu/technologiaink/jet-grouting-alapozas/>
2024.04.09.

[30]

<https://hu.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9sfal#/media/F%C3%A1jl:SlurryWallGuideWall.jpg>
2024.04.10.

[31] https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=lqpMdJ1M_wc
2024.04.11.

[32] FUGRO (2023): TALAJVIZSGÁLATI JELENTÉS ÉS GEOTECHNIKA TERVEZÉSI BESZÁMOLÓ – HÍDÉPÍTÉS

[33] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HU_microregion_1.10.13._D%C3%A9lkelet-Ny%C3%ADrs%C3%A9g.png
2024.04.11.

[34] <https://map.mbfisz.gov.hu/fdt500/>
2024.04.14.

[35] <https://map.mbfisz.gov.hu/tvz/>
2024.04.14.

[36] https://www.metnet.hu/terkepek?map=prec_y&date=2023
2024.04.14.

[37] Dr. Dulácska Endre (2009): Földrengés elleni védelem, egyszerű tervezés az Eurocode 8 alapján, Gyakorlati útmutató (4.2. fejezet), Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozat, Budapest

[38] <https://www.google.com/maps/@47.9270303,22.3187901,15.5z?authuser=0&entry=ttu>
2024.04.19.

[39] FUGRO (2023): PRÓBATERHELÉSI JELENTÉS

[40] Magyar Mérnöki Kamara Geotechnikai Tagozata és a Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozata (2012): Alapozások és földmegtámasztó szerkezetek tervezése am MSZ EN 1997 szerint, Budapest

[41] Dr. Szepesházi Róbert (2011): Cölöpalapok CPT-alapú méretezése az Eurocode 7 követelményei szerint, Cikk 78-90. oldal, Nemzetközi Betonszövetség Magyar Tagozata, Budapest

[42] Dr. Palotás László (1984): Mérnöki kézikönyv II.kötet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest

[43] Moormann C. (2008): Die Geotechnik in der Zukunft – wie setzen wir die neue DIN 1054 sinnvoll um?, VPI Landestagung Baden-Baden

[44] Vrettos C. (2007): Current desing practice for axially loaded piles and piled rafts in Germany, Division of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Technical University of Kaiserslautern, 67663 Kaiserslautern, Germany

[45] Európai Szabványügyi Bizottság (2001): MSZ EN 1536, Speciális geotechnikai munkák kivitelezése. Fúrt cölöpök, 36 B-1050 Brussels

MELLÉKLETEK

1. Átnézeti helyszínrajz
2. T-1 Geotechnikai helyszínrajz
3. Fúrásszelvények
4. T-2 Fúrási rétegszelvény
5. CPTB106_1 vizsgálati jegyzőkönyv
6. MSZ EN 1997 szerinti kézi számítások CPTB106_1 alapján „A” oldalon
7. „A” oldali süllyedésszámítás
8. Statikus próbaterhelés adatai
9. DIN 1054 szerinti számítás „A” oldalon
10. GEO5 számítások „A” oldalon
11. CPTB106_2 vizsgálati jegyzőkönyv
12. MSZ EN 1997 szerinti kézi számítások CPTB106_2 alapján „B” oldalon
13. „B” oldali süllyedésszámítás
14. GEO5 számítások „B” oldalon
15. Vasalás meghatározása
16. Vaskimutató
17. Próbaterhelés helye
18. T-3 Hossz-szelvény
19. T-6 Cölöpkiosztási terv
20. T-4 „A” oldali kereszt-szelvény
21. T-5 „B” oldali kereszt-szelvény
22. T-7 Vasalási terv