

SZAKDOLGOZAT

OE-YBL
2024.

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

Lajtos Livia
[REDACTED]



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Lajtos Livia

Szakdolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: Építőmérnöki

Specializáció: Geotechnika

A dolgozat címe: Hídmélyépítés az M2 autópályán

A dolgozat címe angolul: Bridge foundation on the route of the M2 motorway

A feladat részletezése: Az M2 autópályán épült híd a megvalósulttól eltérő alapozási lehetőségének vizsgálata

Intézményi konzulens neve: Kecskés Gábor

Külső konzulens neve: Dolák Ádám

Munkahelye: A-Híd Zrt.

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

Beadási határidő: 2024. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2024. 10. 21.

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet
1446 Budapest, Thököly út 14.
1442 Budapest, 70., Pf. 117.

[Signature]
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2024. 12. 15.

[Signature]
belső konzulens

[Signature]
külső konzulens

SZAKDOLGOZAT KONZULTÁCIÓS NAPLÓ

Hallgató neve: LATOS LÍVIA

Dolgozat száma: XXXXXXXXXX

Oktatási azonosítója: XXXXXXXXXX

Szak, specializáció megnevezése:

Neptun azonosítója: XXXXXXXXXX

ÉPÍTŐMÉRNÖKI

Törzskönyvi száma: XXXXXXXXXX

GEOTECHNIKA

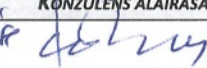
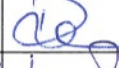
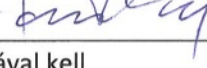
A dolgozat címe magyar nyelven: HIDALÉLYÉPÍTÉS A2 M2 AUTÓÚT NYOMVONACA

A dolgozat címe angol nyelven: BRIDGE FOUNDATION ON THE ROUTE OF THE M2 MOTORWAY

Belső (kari) konzulens neve: KECSKÉS GÁBOR

Külső konzulens neve: DOLAK ADAM

Külső konzulens munkahelye: P-HD 2PT.

ALK.	DÁTUM	KONZULTÁCIÓ TÉMÁJA, TARTALMA	KONZULENS ALÁÍRÁSA
1.	<u>2024.09.02.</u> Dátum	<u>feladvány, nekik a b-a megkezdés</u>	
2.	<u>2024.10.30.</u> Dátum	<u>A rendezvényre a ló geotechnika információk értékelése</u>	
3.	<u>2024.11.07.</u> Dátum	<u>Cölöpök tervezésére vonatkozó szabványok, előírások</u>	
4.	<u>2024.12.05.</u> Dátum	<u>Közvetítő digitális anyagok véglegesítése</u>	

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: fp. 2024.12.12.
(hely), (dátum)



belső (kari) konzulens

* A megfelelő aláhúzendő.

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Lajos Lőrinc 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), 2024. 12. 10. (dátum)

Lajos Lőrinc
hallgató

Köszönöm Nimród fiamnak, aki egyetemi tanulmányaim során rengeteget kellett, hogy nélkülözzön.

Köszönöm a Szüleimnek, akik egész életükben azért dolgoztak, hogy tanulhassak, és ezáltal jobb életem lehessen.

Köszönöm Kecskés Gábor Tanár úrnak, akitől konzulensemként számtalan szakmai iránymutatást kaptam.

Köszönöm Dolák Ádám barátomnak, aki külső konzulensemként hozzájárult szakdolgozatom sikeres elkészítéséhez.

Köszönöm a Jó Istennek, hogy a legnehezebb időszakaimban sem engedte el a kezem, és végig segített az Építőmérnökséghez vezető úton.

HÍDMÉLYÉPÍTÉS AZ M2 AUTÓÚT NYOMVONALÁN

Összefoglalás: Az egyéni közlekedés okozta infrastrukturális többlet terhelés miatt elengedhetetlen a közlekedési úthálózat folyamatos fejlesztése. Az M2 gyorsforgalmi autópályát sok ingázó napi közlekedési forgalmát bonyolítja le, melynek következtében szükségessé vált új műtárgyak, útszakaszok kivitelezése. A fejlesztések során a nyomvonalán létesült - többek között - egy több támaszú gerendahíd felüljáró, előregyártott vert cölöp alapozással, melynek kivitelezésében részt vettem.

Az előregyártott vert cölöpökkel történő alapozás egy jól bevált, talajkiszorításos technológia, melyet a korábbi hídépítések során is rendszeresen alkalmaztak.

Szakdolgozatomban a felüljáró két további, különböző típusú alapozási lehetőségét vizsgáltam: a kút alapozást és a CFA cölöpözés alkalmazásának lehetőségét.

A számítások során a CFA cölöp alkalmazása bizonyult gazdaságosabb – egyszerűbb megoldásnak, ezért szakdolgozatomban ezen cölöptípus tervezésével folytattam a vizsgálódást.

Kulcsszavak: közlekedési úthálózat, híd, felüljáró, alapozás, cölöptípus

BRIDGE UNDERGROUND CONSTRUCTION ON THE M2 MOTORWAY TRACK

Abstract: Due to the additional infrastructural load caused by private transport, the continuous development of the transport road network is essential. The M2 expressway handles the daily traffic of many commuters, as a result of which the construction of new structures and road sections became necessary. A few years ago, the M2 highway underwent significant development, and a multi-support beam bridge overpass with a prefabricated driven pile foundation was established along its route.

The foundation with prefabricated driven piles is a long-established technology that was regularly used during previous bridge constructions.

In my thesis, I examined two additional, different types of foundation options for the overpass: the well foundation and the possibility of using CFA piling.

During the calculations, the use of the CFA pile proved to be a more economical and simpler solution, so I continued the investigation with the design of this type of pile in my thesis.

Keywords: traffic road network, bridge, overpass, foundation, pile type

TARTALOMJEGYZÉK

Tartalom

1. BEVEZETÉS	9
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	11
2.1. Irodalomkutatás	11
2.1.1. A kútalapozásról általánosságban	11
2.1.2. A CFA cölöp jellemzői	12
3. Geotechnikai adatok ismertetése	13
3.1. Geotechnikai kategóriába sorolás.....	13
3.2. Földrengési kategóriába sorolás	14
3.3. Földtani fedettség, geológia	16
3.4. Feltárások adatai.....	17
3.5. Talajvízadatok	18
4. Geotechnikai információk értékelése	19
4.1. Talajrétegek szöveges ismertetése	19
4.1.1. Fúrások és CPT szondázások eredménye.....	19
4.1.2. Dinamikus szondázások eredménye.....	21
4.2. A terep, és a talaj minősítése	22
4.3. Mértékadó talajvízszint	22
5. Cölöpök tervezése	22
5.1. Alkalmazott előírások, szabványok.....	22
5.2. A talaj elmozdulásából származó hatások.....	23
5.3. Negatív köpenysúrlódás	24
5.4. Megemelkedés.....	25
5.5. Tervezési szempontok és tervezési módszerek	25
5.6. Alkalmazandó cölöptípusok.....	27
6. Tervezés	27
6.1. Egyedi cölöp ellenőrzése.....	27
6.1.1. Alap talaj paraméterek	27
6.1.2. Geometria	28
6.1.3. Teherbírás számítás	28
6.2. Cölöpcsoport ellenőrzése	29
6.2.1. Talajparaméterek	29

6.2.2. Szerkezet geometriája	29
6.2.3. Szerkezet anyagminősége, jellemző paraméterek	30
6.2.4. Számítás eredménye	30
7. A CFA cölöpözés technológiája.....	31
7.1. Munkaterület kialakítása	31
7.2. Kitűzés, pontra állás	32
7.3. Zagytechnológia	32
8. Munkatérhatárolás	35

1. BEVEZETÉS

Az agglomerációban elhelyezkedő települések lakosságszám növekedésének hatására, folyamatosan szükséges a közlekedési infrastruktúra fejlesztése. A lakosság mindennapos ingázása autópályáink, műtárgyaink többlet terheltségét okozza, így nagyobb eséllyel alakulnak ki közlekedési fennakadások, torlódások. Az M2 gyorsforgalmi autópályát – ahogyan a többi Budapesthez, és az M0 körgyűrűbe befutó út és autópálya – jelentős napi forgalmat bonyolít le, így néhány éve számos fejlesztésen esett át annak érdekében, hogy a közlekedés gyorsabbá és biztonságosabbá válhasson.

A beruházások során – többek között - létesült egy többtámaszú, előregyártott vert cölöpalapozással készült gerendahíd, melynek kivitelezésénél különböző technológiákkal foglalkoztam. Szakdolgozatom keretén belül a híd más alapozási módjait vizsgáltam.



1. kép:¹

A híd előregyártott vasbeton cölöp alapozással készült, mely a talajkiszorításos cölöpök csoportjába tartozik. Kezdetben a cölöpöket készítették fából, vasból/acélból, majd betonból/vasbetonból. Elhelyezésük történhet veréssel, vibrálással vagy sajtolással.

Ezen technológián kívül számos építési /alapozási mód áll rendelkezésünkre, az építési területtől, talajtípustól, rendelkezésre álló géplánctól, egyéb erőforrásoktól függően.

Előzetes vizsgálataim, és a rendelkezésekre álló dokumentumok figyelembevételével a tervezéskor az alábbi két cölöp típust vettem számításba:

- a mélyalapok kapcsán: a kútalapozás
- helyszíni technológiák közül pedig az igen elterjedt CFA cölöp alapozás

¹ Forrás: Google Maps

Szakdolgozatomban mindkét alapozás lehetőségével foglalkoztam, de részletesen a gazdaságosabb, korszerűbb CFA cölöp megoldást dolgoztam ki.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Irodalomkutatás

2.1.1. A kútalapozásról általánosságban

„Alkalmazási lehetőségek:

A kút és szekrényalapokat süllyesztett alapoknak is nevezik. Az alaptestet határoló kút, illetve szekrény szerkezetet a felszínen készítik el, majd lesüllyesztik a tervezett mélységre. A kút és szekrény alapozás elvileg azonos jellegű, eltérés elrendezésükben, alaprajzi kialakításukban és nagyságukban van.

A kút alap, mint zömök álló cölöp több helyen támasztja alá az építményt, a szekrény alap alakja egyező az építmény alakjával, lényegében megegyezik a kút alapozással csak keresztmetszete nagyobb[...]

A kút és szekrény alapozás lehetővé teszi, hogy az építési munka jelentős részét a felszínen, kedvező körülmények között végezzék el, ellentétben a hagyományos alapozási munkáknál szokásos szűk dúcolt munkagödrökkel. A kút és nyitott szekrény alapozás alkalmazása hazai viszonyok között az alábbi esetekben célszerű:

- A teherbíró talajréteg 4-8 m mélységben van és a süllyesztés akadály nélkül végrehajtható, különösen akkor, ha az alsó talajréteg annyira kemény, hogy abban a cölöpalapozás rendkívül nehezen kivitelezhető,
- nagymértékben vízáteresztő, durva szemcsés talajban, amelyben a vízzárás nehezen biztosítható, és a talaj fellazításának veszélye nem áll fenn,
- vízdús finomszemcsés talajban, folyós homokban, amelyben a víztelenítés a talaj fellazulását okozhatja,
- minden olyan nagyobb mélységű alapozásnál, ahol az altalaj könnyen kotorható vagy zagy alakjában szivattyúzható és a környező talaj roskadása elkerülhető,
- a városi mélyépítésben, ahol esetleges meglévő részek védelmét és megtartását is biztosítani kell.”²

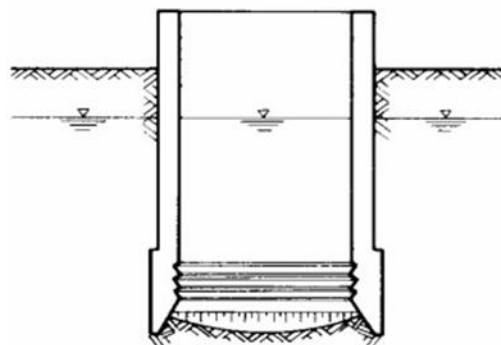
² Dr. Bartos Sándor – Králik Béla: Mélyépítés III. (Alapozás), 277. o. 3.5.1.

A kút-és szekrényalapok kapcsán Szepesházi Tanár úr így ír egyik jegyzetében:

„A mélyalapozás e két klasszikus, de ma már kiszorulóban levő módszereinek az a **lényege**, hogy egy ún. köpenyfalat – kihasználva a saját súlyát – süllyesztenek le a teherbíró rétegig, miközben kiemelik a belsejéből a földet (**7.16. ábra**). A kívánt szint elérése után egy fenéklemest készítenek, vagy teljesen bebetonozzák a köpenyfalon belüli teret. Általában akkor gazdaságos, ha csak a talajvíz alatt található megfelelő teherbírású réteg, ill. ha nyílt vízben kell alapozni. Említést érdemel, hogy a régebbi budapesti Duna-hidak csaknem mindegyike így van alapozva.

A két típus között a **különbség** a következő:

- **a kútalapok** az építményt pontonként támasztják alá, alakjuk általában kör, méretük kisebb, $d=0,80 - 3,00$ m átmérő és $t=4-8$ m mélység a jellemző,
- **a szekrényalapok** az építményt egybefüggően, mereven támasztják alá, az épület alaprajzával azonos a felületük, méretük tehát jóval nagyobb, 1000 m^2 feletti alapterület és 40 m mélység sem ritka, ezért általában belül merevítő falak is szükségesek.”³



7.16. ábra.
Kút vagy szekrényalap

2.1.2. A CFA cölöp jellemzői

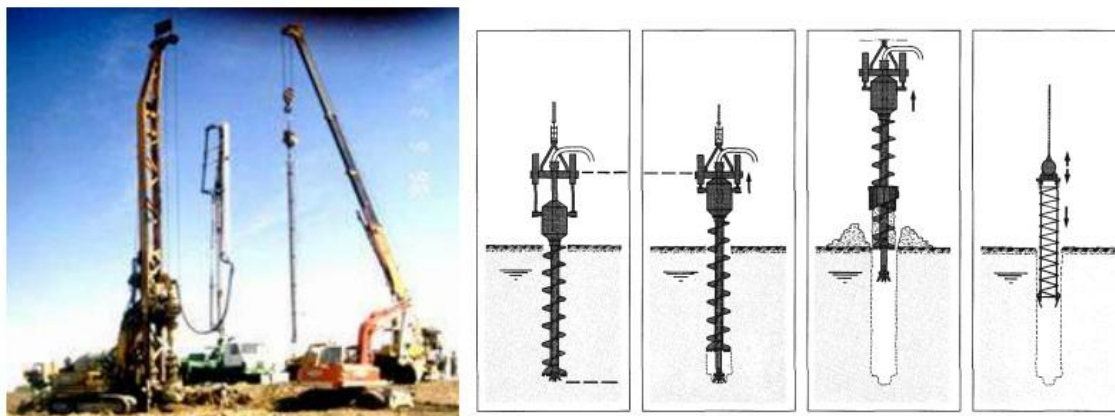
A CFA (Continuous Flight Auger) cölöp a talajhelyettesítéses cölöpök csoportjába tartozik.

A CFA cölöp készítésével kapcsolatban Szepesházi Tanár úr az alábbiakat jegyzi:

„Az utóbbi időben idehaza a CFA-cölöpözés (**7.5. ábra**) nyert teret. (A CFA név angol, de német nyelvterületeken SOB, francia vidékeken STARSOL néven régóta alkalmaznak

³ dr. Szepesházi Róbert: Geotechnika – Egyetemi jegyzet, 2008, 96.o. 7.4.

hasonló eljárást.) Lényege a „végtelen” spirálfúró, mely egyben a betonozócső is. Lehajtása közben a bennmaradó talajdugó megtámasztja a furatot, a fúrószáron át egy betonszivattyú túlnyomással viszi be a betont, miközben a beton feltolja a spirált és a talajdugót, amit húzással segíteni kell. A vasalást utólag vibrálják a folyós betonba. A cölöp átmérője 30-80 (100 cm) lehet, hossza 12-25 m, s a maximális méretekhez természetesen már erős gép kell.”⁴



7.5. ábra. CFA-cölöpözés
(spirálfúrás, talajdugós megtámasztás, betonozás a fúrószáron át nyomás alatt, utólag bevibrált vasalás)

A rendelkezésre álló adatok alapján, figyelembe véve a talaj adottságokat, a korszerűbb építési módszer mellett, a CFA cölöp tervezés mellett döntöttem.

3. Geotechnikai adatok ismertetése

A megvalósult híd kapcsán pontos geotechnikai adatszolgáltatás állt rendelkezésemre, melynek tartalmából az alábbiakat tartottam fontosnak kiemelni:

3.1. Geotechnikai kategóriába sorolás

A geotechnikai kategóriába sorolást az új, EuroCode 7 alapján végezték el.

Szempont	Referencia érték	Pont
terephajlás	<10%	0
rétegződés változékonysága	homogén	0
altalaj mechanikai tulajdonságai	jó	0
talaj és rétegvíz viszonyok	>5 m	0

⁴ dr. Szepesházi Róbert: Geotechnika – Egyetemi jegyzet, 2008, 85. o. 8. bekezdés

szerkezeti hossz	>40 m	5
támaszköz	<20 m	0
munkagödör mélység	2-5 m	1

A projektet a várható geotechnikai nehézségek és kockázatok, a talajkörnyezet adottságai, a feladat, a műtárgyak, az alkalmazandó geotechnikai megoldások, valamint eljárások, továbbá a környezet kölcsönhatások szempontjából a 2. geotechnikai kategóriába sorolták.

A kategóriába sorolás az MSZ EN 1997-1:2006 szabvány 2.1. pontjában leírtak figyelembevételével történt.

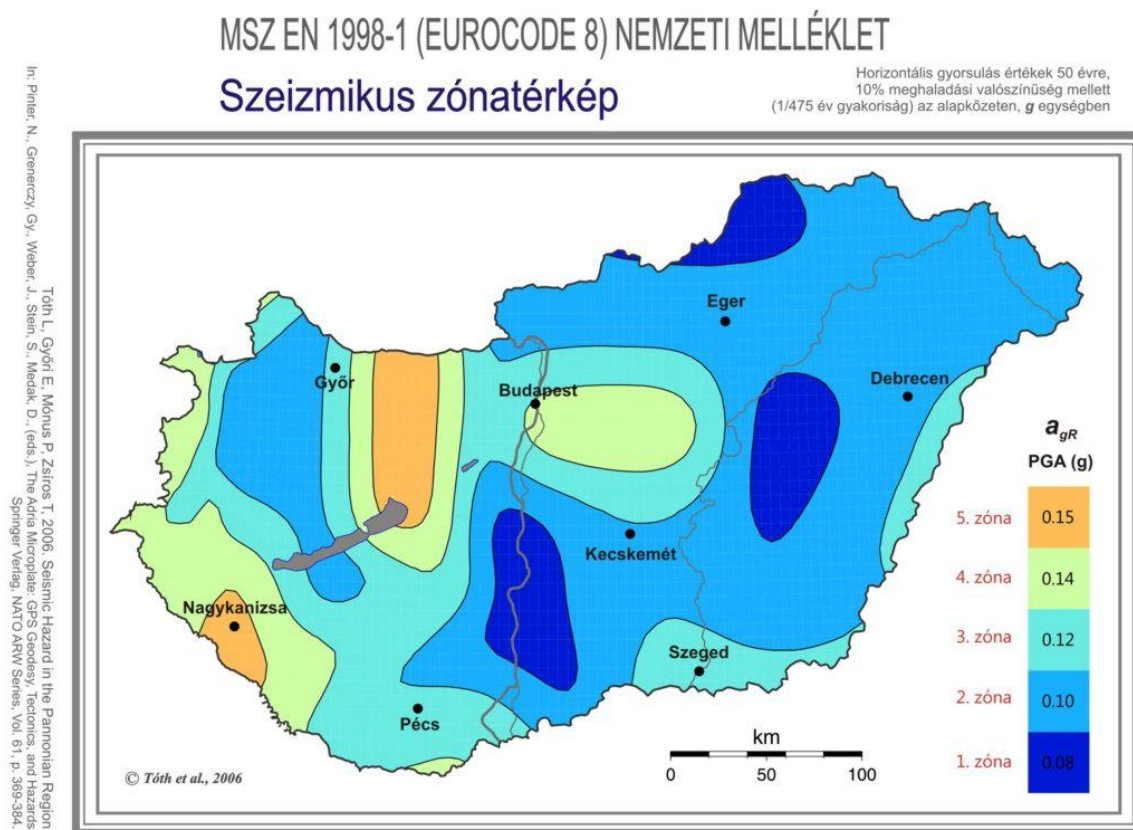
3.2. Földrengési kategóriába sorolás

A földrengésre történő tervezés során meg kell vizsgálni az építési területet, az altalaj és az épület besorolását.

A kategóriába soroláshoz az MSZ EN 1998-1 Eurocode 8, NA. 189. oldal 1. ábra, illetve NB1. táblázat 190. oldalát szükséges figyelembe venni.

Ezek alapján a tervezett műtárgy a szeizmikus zónatérképen a 3. zónába esik.

A horizontális gyorsulási érték 50 évre, 10%-os meghaladási valószínűség mellett az alapkőzetten: $a_{gr} = 0,12 g$.

2. kép: Forrás: www.foldrenges.hu

A területen megtalálható talajrétegek a szeizmikus hatás szempontjából (EC8 – MSZ EN 1998-1/2008, 32. oldal, 3.1. táblázat) „C” **altalajosztályába sorolhatóak** (1. táblázat)

Altalaj- osztály	A rétegszelvény leírása	Paraméterek		
		$V_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (ütés/30 cm)	C_u (kPa)
A	Szilárd kőzet vagy kőzetszerűen viselkedő geológiai képződmény, amely felett legfeljebb 5 m gyengébb fedőréteg van	>800	-	-
B	Nagyon tömör homok-, kavics- vagy kemény agyagrétegek legalább több tíz m vastagságban, a mechanikai jellemzők a mélységgel fokozatosan növekednek	360-800	>50	>250
C	Tömör vagy közepesen tömör homok-, kavics- vagy merev agyagrétegek több tíz vagy akár több száz m vastagságban	180-360	15-50	70-250
D	Laza vagy közepesen tömör, kohézió nélküli talaj (némi puha kötött réteggel vagy anélkül), vagy túlnyomóan puha-gyúrható kötött talaj	<180	<15	<70
E	Felszíni üledékréteg, amely a v_s érték szerint C vagy D osztályú, 5 és 20 m közötti vastagságú, alatta 800 m/s-nál nagyobb			

	nyíróhullám-sebességű, merevebb anyag			
S ₁	Puha agyagból/iszapból álló vagy legalább egy 10 m vastag agyagot/iszapot tartalmazó, nagy plaszticitású (Pl>40) és nagy víztartalmú rétegek	<100 (az érték figyelmeztető)	-	10-20
S ₂	Folyósodásra hajlamos talajok, érzékeny agyagok vagy más olyan talajrétegek, amelyek nem sorolhatóak az A-E vagy S ₁ osztályba	-	-	-

1. táblázat

3.3. Földtani fedettség, geológia

Az MTA Földrajzi kutatóintézete által 2010-ben kiadott Magyarország Kistájainak Katasztere alapján a területre az alábbiak a jellemzők:

„Pesti-hordalékkúp síkság

Domborzat

A kistáj 97,5 és 251 m közötti tszf-i magasságú. K felé lépcsőzetesen, a magasabb teraszok irányába emelkedik. Ezek nagyjából É-D-i irányú sávjai a Duna bal parti mellékvizeinek völgyei Ny-K-i irányban mozaik- és sakktáblaszerűen szabdalják. Az átlag relatív relief 8 m/km². K és D felé az értékek csökkennek. D felé, a Gyáli-patak irányába, ahol a felszínt a futóhomokformák uralják, a magasabb teraszok a fiatalabb, alacsonyabb teraszokkal egy szintbe kerültek, s a domborzat elveszti teraszos jellegét. A D felé nyitott, félmedenceszerűen megjelenő kistáj jellemző domborzati formái fluviális és deráziós úton képződtek.

Földtan

A kistáj alapját paleozoos-mezozoos formációk, ill. az erre települő harmadidőszaki rétegek alkotják. Ezek a képződmények egymással párhuzamosan futó ÉNy-DK-i irányú törésvonal-rendszerrel tömbökre tagolódtak, s az Alföld felé haladva a pleisztocén folyamán egyre nagyobb mértékben süllyedtek meg. A pleisztocén legelejétől képződő dunai hordalékkúp orográfiailag hasonló, de kronológiailag épp ellentétes képet mutat, ugyanis K felé haladva a legidősebb pleisztocén képződmények pannóniai üledékre települve találhatók. A Dina II/a és II/b sz. terasza átmenő, felszíne gyakran parti buckákkal, futóhomokkal, lösszerű üledékkel magasztott. A IV. sz. gyakran édesvízi mészkővel takart, és az V. sz., valamint az idősebb teraszok csak foltokban jelennek meg. Legjelentősebb hasznosítható nyersanyaga a szinte korlátlanul rendelkezésre álló kavics (Kőbánya, Dunaharaszti), téglagyag (Ecser, Budapest). DNy-i részén az átlagosnál nagyobb a szeizmicitás.

Éghajlat

Mérsékelt meleg, száraz éghajlatú kistáj. Nyáron 770-780, télen mintegy 180 órán át süt a nap.

Az évi csapadékösszeg É-on 560-580 mm, a középső és D-i részeken 520-550 mm, ám a fővárostól DK-re eső kisebb területeken még az 520 mm-t sem éri el.

A leggyakoribb szélirány az ÉNy-i, az átlagos szélesség 2,5-3 m/s közötti.

Vizek

A Gödöllői-dombságtól a Duna-völgy felé lejtő területet az egymással párhuzamosan a Dunába futó patakok tagolják. Ezek: Gombás-, Sződ-Rákos-, Mogyoródi-, Csömöri-, Szilas-, Rákos-patak, Gyáli főcsatorna vagy Nagymocsár-árok. A tájat a száraz éghajlat miatt jelentős vízhiány jellemzi.

Vízjárasi adatok részlegesen állnak rendelkezésre.

A „talajvíz” mélysége É-ról D-re 6 m-ről 2 m-ig emelkedik. Mennyisége elég jelentős, kémiai jellegében a kalcium-magnézium-hidrogénkarbonátos típus az uralkodó, de a Szilas-pataktól É-ra a nátrium is nagy területen előfordul. A szulfáttartalom a települések alatt emelkedik 300 mg/l fölé.”⁵

3.4. Feltárások adatai

A feltárások a meglévő terepszintről kerültek lemélyítésre. A feltérési pontok EOY koordináta rendszerben és EOMA magassági rendszerben kerülnek bemutatásra, melynek főbb adatait a 2. táblázatban ismertetem:

Feltérás jele	Feltérás típusa	EOY Y koordináta	EOY X koordináta	Terepszint (mEOMA)	Feltérás mélysége (m)	Dátum	Megj.
1/9	0+365	125,20	257 821	656 399	20,00	2008.01.29.	2113 j. út
2/A	0+276	122,30	257 819	656 312	25,00	2011.01.07.	B0296 j. műtárgy
2/E	0+340	124,70	257 812	656 375	25,00	2011.01.06.	B0296 j. műtárgy
CPT1	0+289	122,40	257 818	656 325	12,50	2010.12.18.	B0296 j. műtárgy

⁵ MTA Földrajzi kutatóintézet: Magyarország Kistájainak Katasztere, 2010

CPT2	0+317	125,50	257 819	656 353	14,20	2010.12.22.	B0296 j. műtárgy
CPT3	0+344	124,50	257 800	257 819	15,30	2010.12.18.	B0296 j. műtárgy
1/10(din .szonda)	0+282	122,30	257 827	656 318	12,00	2008.01.31.	2113 j. út
DIN1	0+320	125,50	257 814	656 355	21,40	2010.12.22.	B0296 j. műtárgy
DIN2	0+337	124,70	257 814	656 373	21,20	2010.12.22.	B0296 j. műtárgy
CPT 0275	0+276	122,30	257 819	656 312	19,00	N.A.	B0296 j. műtárgy
CPT 0350	0+350	124,50	257 813	656 385	16,00	N.A.	B0296 j. műtárgy

2. táblázat

3.5. Talajvízadatok

A feltárások során a megütött talajvízszinteket, és a fúrások elkészülte után mért nyugalmi talajvízszinteket az alábbi, 3.sz. táblázat tartalmazza:

Feltárás jele	km sz.	mBf.	Megütött talajvízszint	
			mRel.	m EOMA
2/A	0+276	122,30	12,1	119,20
2/E	0+340	124,70	14,2	110,50
1/9	0+365	125,20	14,7	110,50
Átlagérték			13,67	110,40
Maximális érték			14,70	110,50
Minimális érték			12,10	110,20

3. táblázat

A becsült maximális talajvíz szintjét 112,0 EOMA szinten adták meg.

A talajvíz a kavicsos-homokos talajban tározódik, vasbeton szerkezetekre nem agresszív tulajdonságú. A vizsgálat eredményeit a 4.sz. táblázat tartalmazza:

Fúrás jele	SO4 mg/l	Cl mg/l	pH	Dátum	Vegytanvizsgálati kategória
------------	----------	---------	----	-------	--------------------------------

2/A	19	28	6,8	2011.01.07	nem agresszív
2/E	38	34	6,8	2011.01.06	nem agresszív
1/9	-	-	-	2008.01.29	-

4. táblázat

A tervezett nyomvonalon az 1/9 j. fúrás gyenge vízadó rétegéből vízmintát nem tudtak venni.

Később, kiegészítő fúrások készültek, melyek mintáját kémiai laboratóriumban vizsgálták. A kapott eredményeket az 5. táblázat tartalmazza:

Vizsgált jellemző	Referencia vizsgálati módszer	F13/3	1/10	1/7
		1,0 m	3,0 m	2,0 m
Szulfát (SO_4^{2-} [mg/kg])	MSZ EN 196-2	67	<100	<100
Savasság Baumann G. [ml/kg]	prEN 16502	<0,002	<0,002	<0,002

5. táblázat

4. Geotechnikai információk értékelése

4.1. Talajrétegek szöveges ismertetése

A talajrétegek szöveges ismertetéséhez a rendelkezésemre álló geotechnikai jelentés volt segítségemre.

4.1.1. Fúrások és CPT szondázások eredménye

2/A j. fúrás: A feltárás felső 0,7 m vastag rétegében barna humuszos iszapos homokot találtak. Ezt a réteget -8,2 m-ig sárga iszapos homok követte. A következő rétegben -9,2 m-ig sárga kavicsos homok jelentkezett. Ezt a réteget -11,7 m-ig sárga homok, majd -17,7 m-ig szürke-sárga kavicsos homok követte. A következő rétegben -19,4 m-ig barnássárga iszapos homok, majd a feltárás aljáig -25,0 m-ig barna-szürke homokos durva iszap jelentkezett.

A feltárásban talajvíz nem jelentkezett.

2/E j. fúrás: A feltárás során a felső 14,2 m vastag rétegben sárga-barna iszapos kavicszórványos homokot találtak. Ezt a réteget -17,2 m-ig szürkéssárga homokos kavics, -18,6 m-ig szürkéssárga kavicsos homok, majd -20,1 m-ig szürkéssárga homokos kavics váltotta fel. A következő rétegben -21,8 m-ig sárgásszürke cementált iszapos homok, majd a feltárás aljáig -25,0 m-ig szürke cementált homokos durva iszap jelentkezett.

A feltárásban talajvíz nem jelentkezett.

1/9 i. fúrás: A felszín felső 1,2 m vastag rétegét barna iszapos közepes homok fedte. A fedőréteg alatt -3,3 m-ig világosbarna iszapos finom homok, majd -5,2 m-ig világosbarna kavicszemes finom homok jelentkezett. A következő rétegben -8,2 m-ig világosbarna iszapos közepes homokot, majd -12,2 m-ig világosbarna aprókavicsos iszapos világos homokot tártak fel. Ezt a réteget -14,1 m-ig világosbarna iszapos finom homok, majd -14,7 m-ig barna kavicszemes finom homok követte. A következő rétegben -15,6 m-ig barna aprókavicsos iszapos közepes homokot, majd -16,7 m-ig barna aprókavicsos közepes homokot azonosítottak. A feltárás aljáig -20,0 m-ig barna aprókavicsos közepes homok jelentkezett. A nyugalmi talajvízszint -14,7 m mélységben jelentkezett.

A fúrások mellett készült CPT-k (statikus szondák) igazolták a fúrásokban feltárt talajrétegződést, mivel a szondák szerint is a laza felszín közeli iszapos homok rétegek alatt jó teherbírású, tömör iszapos homok rétegek jelentkezték, helyenként vékony, ~ 0,6-0,8 m gyengébb teherbírású homokos iszap réteg jelenlétével.

A statikus szondázás alapján a rétegre meghatározható fontosabb értékeket a 6., 7., és 8. sz. táblázatok tartalmazzák:

CPT jele	Réteg alsó síkja (m)	q_{ck} (MPa)	Talajmegnevezés	Súrlódási szög ($^\circ$)	Összenyomódási modulus (MPa)
CPT_1	0,9	2,06	homokos iszap	26	5,97
	3,4	5,18	iszapos homok	32	12,95
	4,3	9,7	iszapos homok	33	24,25
	8,5	17,95	iszapos homok	36	44,86
	9,3	4,39	iszap	28	9,32
	11,5	12,9	iszapos homok	34	32,24
	12,5	3,97	homok	42	87,55

6. táblázat

CPT jele	Réteg alsó síkja (m)	q_{ck} (MPa)	Talajmegnevezés	Súrlódási szög ($^\circ$)	Összenyomódási modulus (MPa)
CPT_2	1,6	4,13	iszapos homok	31	10,31
	2,5	1,82	iszap	26	5,62
	5,2	4,53	homokos iszap	30	9,52
	7,5	11,7	iszapos homok	34	29,2

	11,6	17,34	iszapos homok	36	43,3
	12,3	5,82	homokos iszap	32	11,38
	14,0	24,19	iszapos homok	37	60,48

7. táblázat

CPT jele	Réteg alsó síkja (m)	q_{ck} (MPa)	Talajmegnevezés	Súrlódási szög (°)	Összenyomódási modulus (MPa)
CPT_3	1,7	1,23	homokos iszap	26	4,76
	4,4	6,38	iszapos homok	32	15,95
	8,7	13,46	iszapos homok	33	33,64
	10,6	19,08	iszapos homok	36	47,7
	11,2	4,60	iszap	28	9,62
	12,4	19,46	iszapos homok	36	48,64
	13,7	10,16	homokos iszap	28	17,63
	14,3	19,29	iszapos homok	36	48,23
	15,3	29,76	homok	42	74,4

8. táblázat

A GEO5 program használata során a CPT_3 j. jegyzőkönyv értékeit vettem figyelembe, mely a Mellékletek c. fejezet

4.1.2. Dinamikus szondázások eredménye

1/10 j. dinamikus szonda: Eredménye alapján a finom homok és a kavicsos homok változata közepesen tömör állapotú. Az alatta található közepes homok tömör állapotú talaj, amelyben a szonda 12,0 m-nél elakadt.

A később készült 1. és 2. sz. szonda az alábbi eredményeket adta: A laza állapotú fedőrétegek alatt elhelyezkedő iszapos homok rétegben a mélységgel egyre növekvő tömörségi értékeket mutat:

1.szonda: 0,00 – 7,2 m, 2. szonda: 0,00 – 5,4 m N20= 2-18, alatta (1. szonda: 7,2-11,0 m; 2. szonda: 5,4 – 11,0 m) N20 = 18-42.

Az iszapos homok alatti iszap rétegben (11-12 m) az ütésszám visszaesik: N20= 8-19, majd a tömör homok-iszapos homok alatti rétegben (12-17 m) jelentősen megnő a 20 cm-es csúcsbehatoláshoz tartozó ütésszám (1.szonda: N20=31-161, 2.szonda: N20=25-91). 17-17,4 m között könnyen sodorható iszap réteg található (N20=17-22), majd a szondák

talpmélységéig (1.szonda: 21,1 m, 2. szonda: 21,0 m) tömör homok réteg helyezkedik el.
(N20= 27-288), melyben a szondák elakadtak.

4.2. A terep, és a talaj minősítése

A helyszíni feltárások alapján, az e-ÚT 06.02.11 szabvány előírásai szerint a feltárt altaljak az alábbi kategóriákba sorolhatóak:

Talajréteg		Fejtési osztály	Földmű-anyagként való alk.	Tömöríthetőség	Vízvezetőképesség	Erózió-érzékenység	Fagy-veszélyesség	Térfogat-változási hajlam
jele	megnevezése							
A	HOMOK	F-I/F-II	M-2/M-3	T1/T-2	V-3	E-2	X-1/X-2	D-1
B	agyagos/iszapos HOMOK	F-I/F-II	M-3	T-1/T-2	V-3/V-4	E-2	X-3	D-1
C	kavicsos HOMOK	F-III	M-2	T-1/T-2	V-2	E-2	X-1	D-1

9. táblázat

4.3. Mértékadó talajvízszint

A rendelkezésre álló információk szerint a maximális talajvízszint a terepszint alatti 3,0 m-nél mélyebben van.

Építés közben talajvíz megjelenésére nem kell számítani.

5. Cölöpök tervezése

Ahogy Szakdolgozatom Bevezetőjében említettem, a műtárgy alapozásának tervezését CFA cölöpökkel fogom végezni.

5.1. Alkalmazott előírások, szabványok

A főbb, vonatkozó előírások, melyeket figyelembe vettem a CFA cölöp tervezés, kivitelezés során:

- e-ÚT 07.01.14:2011 (ÚT 2-3.414:2011) Közúti hidak tervezési előírásai IV. Beton, vasbeton és feszített vasbeton közúti hidak tervezése
- e-ÚT 07.02.11:2011 (ÚT 2-3.402:2011) Közúti hidak építése I. Beton, vasbeton és feszített vasbeton hídszerkezetek építése

- e-ÚT 07.02.15:2001 (ÚT 2-3.418:2001) Közúti hidak tervezési előírásai V. alapozások
- MSZ EN 1536:2010+A1:2015 Speciális geotechnikai munkák kivitelezése. Fúrt cölöpök
- MSZ 4798:2016 Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelés, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon
- MSZ 339:1987 Betonacélok mechanikai vizsgálata

A cölöpök tervezése során az alábbi határállapotokat kell megvizsgálni, az Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 1. rész (MSZ EN 1997:1-2006, 7.2. pont) szerint:

- az általános állékonyság elvesztése
- a cölöpalap talajtörési ellenállásának kimerülése
- a cölöpalap kihúzódása vagy nem kielégítő húzási ellenállása
- talajtörés a cölöpalap keresztirányú terhelése következtében
- a cölöptest tartószerkezeti tönkremenetele nyomás, húzás, hajlítás, kihajlás vagy nyírás miatt
- a talaj és a tartószerkezet együttes tönkremenetele
- túlzottan nagy süllyedés
- túlzottan nagy megemelkedés
- túlzottan nagy oldalirányú elmozdulás
- elfogadhatatlan mértékű rezgés

5.2. A talaj elmozdulásából származó hatások

Az Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 1. rész 7.3.2.1. szakasza alapján a cölöpöket körülvevő talaj elmozdulása bekövetkezhet konszolidáció, duzzadás, szomszédos terhek, a talaj kúszása, rézsúmozgások vagy földrengések miatt. Ezekre az esetekre az elmozduló talaj szilárdságának és merevségének tervezési értéke általában a felső érték legyen.

„A tervezéshez a következő két megközelítés közül kell valamelyiket kiválasztani:

- a talaj elmozdulása hatásként kerül a számításba. Ezután a kölcsönhatásokat kell elemezni, hogy meghatározzuk a cölöp belső erőit, elmozdulásait és alakváltozásait;

- annak az erőnek a felső értékét kell tervezési hatásként a számításba bevezetni, amelyet a talaj a cölöpre közvetíteni képes. Ezen erő felvételekor figyelemmel kell lenni a talaj szilárdságára és a terhek eredetére, amelyet az elmozduló talaj súlya vagy összenyomódása, illetve a zavaró hatások nagysága jellemez.”⁶

5.3. Negatív köpenysúrlódás

Az Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 1. rész 7.3.2.2. szakasza az alábbiak szerint rendelkezik a negatív köpenysúrlódás kapcsán:

- „Ha a teherbírási határállapotra vonatkozó tervezési számításokban a negatív köpenysúrlódás szerepel hatásként, akkor ennek nagysága az a legnagyobb érték legyen, amelyet a talajnak a cölöphöz viszonyított lefelé irányuló elmozdulása előidézni képes.
- A negatív köpenysúrlódás legnagyobb értékének számításakor figyelembe kell venni a talaj és a cölöppalást közötti nyírási ellenállást, valamint a talaj lefelé irányuló elmozdulását, amelyet a talajnak az önsúlyából származó összenyomódása és a cölöp körüli bármely felszíni teher okoz.
- Cölöpcsoportra ható negatív köpenysúrlódás felső értékét a mozgást okozó töltés súlyából szabad számítani, figyelembe véve a talajvízsüllyesztés, a konszolidáció vagy a cölöpverés miatt a pórusvíznyomásokban várható bármely változást.
- Ahol a cölöp elkészítése utáni talajsüllyedés várhatóan csekély, gazdaságosabban lehet úgy tervezni, hogy a talaj süllyedését hatásnak tekintve elemezzük a kölcsönhatásokat.
- A talaj süllyedésének tervezési értékét az anyag térfogatsúlyának és összenyomhatóságának az MSZ EN 1997-1:2006 szabvány 2.4.3. szakasz szerinti figyelembevételével kell megállapítani.
- A kölcsönhatás számításakor indokolt figyelembe venni a cölöpnek a környező süllyedő talajhoz képest bekövetkező elmozdulását, a cölöppalást melletti talaj nyírási ellenállását, valamint a cölöpöt körülvevő talaj súlyát és a cölöp körüli, várható felszíni terhelést, melyek a negatív köpenysúrlódást okozzák.
- Általában nem szükséges a negatív köpenysúrlódást és az ideiglenes terhelést a teherkombinációkban egyidejűleg figyelembe venni.”⁷

⁶ MSZ EN 1997-1: 2006 szabvány

⁷ MSZ EN 1997-1: 2006 szabvány

5.4. Megemelkedés

A megemelkedés hatásának, illetve a cölöppalást mentén esetleg keletkező fölfelé irányuló erőknél a vizsgálatok a talaj mozgását általában hatásként kell kezelni.

5.5. Tervezési szempontok és tervezési módszerek

Ezen résznél szintén az MSZ EN 1997-1:2006 szabvány iránymutatására hagyatkoztam, mely a 7.4.1. (Tervezési módszerek) és 7.4.2. (Tervezési szempontok) fejezetekben az alábbiak szerint rendelkezik:

„Tervezési módszerek:

A tervezés a következő megközelítések valamelyikén alapuljon:

- statikus próbaterhelések eredményei, amelyekről számítással vagy más módon kimutatható, hogy összhangban vannak más idevágó tapasztalatokkal;
- tapasztalati vagy elméleti méretezési módszerek, amelyek érvényességét hasonló adottságú cölöpök statikus próbaterhelései bizonyították;
- dinamikus próbaterhelés eredményei, amelyek érvényességét hasonló adottságú cölöpök statikus próbaterhelései bizonyították;
- hasonló adottságú cölöplapok megfigyelt teljesítőképessége, feltéve, hogy ezt a megközelítést a hely geotechnikai vizsgálatainak eredményei alátámasztják.

Tervezési szempontok:

- Vizsgálni kell az egyedi cölöpök és a cölöpcsoportok viselkedését, valamint a cölöpösszefogó tartószerkezetek merevségét és szilárdságát.
- A méretezési módszerek és a jellemzők számértékeinek megválasztásakor, továbbá a próbaterhelések eredményeinek felhasználásakor a terhelés időtartamát és időbeli változásait is figyelembe kell venni.
- A térszín jövőben tervezett emelését vagy süllyesztését, továbbá a talajvízjárás lehetséges változásait mind a számításokban, mind a próbaterhelési eredmények értelmezésekor figyelembe kell venni.
- A cölöptípus kiválasztásakor – beleértve a cölöp anyagminőségét és készítési módját is – a következőket kell figyelembe venni:
 - a helyszíni talaj – és talajvízviszonyok, beleértve a talajban előforduló ismert vagy lehetséges akadályokat is;
 - a cölöpözéskor keletkező feszültségek;

- a készítendő cölöp épségének megőrzésére és ellenőrzésére szolgáló lehetőségek;
 - a cölöpözési módszer és sorrend hatása a már elkészült cölöpkre, a szomszédos tartószerkezetekre és közművezetésekre;
 - a cölöpözéskor megbízhatóan betartható tűréshatárok;
 - a talajban előforduló vegyi anyagok káros hatásai;
 - a különböző talajvizek összekapcsolódásának lehetősége;
 - a cölöpök kezelése és szállítása;
 - a cölöpözés hatásai a környező építményekre.
- Az előző szakaszban felsorolt szempontok vizsgálatakor a következő tényezőkre célszerű gondolni:
- a cölöpök távolsága a cölöpcsoportban;
 - a cölöpözéssel a szomszédos szerkezetekben okozott elmozdulások vagy rezgések;
 - az alkalmazandó verőberendezés vagy vibrátor típusa;
 - a cölöpökben a verés által keltett dinamikus feszültségek;
 - fúróiszappal készülő fúrt cölöpök esetében a folyadéknomás szinten tartásának szükségessége, megakadályozandó a furat falának beomlását és a furat talpának hidraulikus talajtörését;
 - a cölöptalp és – egyes esetekben, különösen bentonit alkalmazásakor – a palást megtisztítása a fellazult törmelék eltávolítása végett;
 - a furatfal betonozás közbeni helyi beomlása, mely földzárványt okozhat a cölöpszárban;
 - talaj vagy talajvíz behatolása a helyben betonozott cölöptestbe és az átáramló víz lehetséges zavaró hatásai a még nedves betonban;
 - a cölöpöt körülvevő telítetlen homokrétegeknek a beton vizét elszívó hatásai a még nedves betonban;
 - a cölöpöt körülvevő telítetlen homokrétegeknek a beton vizét elszívó hatása;
 - a talajban előforduló vegyi anyagok kötőgátló hatása;
 - a talajkiszorító cölöpök talajtömörítő hatása;
 - a talajnak a cölöpfúrás által okozott megzavarása.”⁸

⁸ MSZ EN 1997-1: 2006 szabvány

5.6. Alkalmazandó cölöptípusok

A cölöptípus megválasztásánál, illetve annak méretezésénél az alábbi szempontokat vettem figyelembe:

- A területen jellemzően jó teherbírású szemcsés talajok találhatók.
- A terhek döntő többsége talpellenálláson keresztül adódik át az altalajra.
- A cölöp tengelytávolsága min. az átmérő 2,5-szerese (2,5D) kell, hogy legyen.

A műtárgy eredetileg előregyártott négyszög km-ű vert cölöpözési technológiával készült.

Szakdolgozatomban a jóval korszerűbb technológiával, CFA cölöpözéssel tervezem meg a műtárgy alapozását.

6. Tervezés

A tervezés során a GEO5 programot használtam. A program, illetve a kiinduló adatok kapcsán a Fugro Consult Kft.-től kaptam segítséget.

Egyedi cölöpre vonatkozóan is készítettem számítást, illetve cölöp csoportot is modelleztem.

A modellezés során a CPT 3 j. statikus szonda eredményét vettem figyelembe, mely jegyzőkönyvet a Mellékletekben 1. számmal található.

6.1. Egyedi cölöp ellenőrzése

6.1.1. Alap talaj paraméterek

Alap talaj paraméterek				
Ssz.	Név	φ_{ef} (°)	Y (kN/m ³)	Y _{su} (kN/m ³)
1	Agyag- iszapos agyagtól agyagig	20	19	9
2	Iszap keverékek – Agyagos iszaptól iszapos agyagig	23	19	9
3	Homokkeverék – iszapos homoktól homokos iszapig	22	19	9
4	Homokok – Tiszta homoktól iszapos homokig	30	19	9
5	Kavicsos homoktól durva homokig	34	19	9
6	Nagyon kemény homoktól agyagos homokig	30	19	9
7	Nagyon kemény finom szemcsés	25	19	9

10. táblázat

6.1.2. Geometria

- Szerkezet típusa: különálló cölöp
- Tervezési érték (teher): $F_{s,d} = 1450 \text{ kN}$
- Hasznos teher: $F_s = 1050 \text{ kN}$
- Cölöp típusa: CFA – folyamatos spirállal készített cölöp
- Cölöp anyaga: beton
- Cölöphossz a talajban: 7,00 m
- Cölöpátmérő: $d = 0,60 \text{ m}$

Az egyedi cölöp modellre több változatot is készítettem, a leggazdaságosabb – a kapott teher és hasznos teher értékek figyelembevételével – a 7,00 m hosszú, 0,60 m átmérőjű cölöp.

6.1.3. Teherbírás számítás

Függőleges cölöpteherbírás számítás

- Cölöpátmérő: $d_{eq} = 0,60 \text{ m}$
- Nyomott cölöp minimális ellenállása: $R_{c,min} = 3262,66 \text{ kN}$
- Nyomott cölöp átlagos teherbírása: $R_{c,mean} = 3262,66 \text{ kN}$
- Cölöp teherbírás karakterisztikus értéke: $R_c = 2330,47 \text{ kN}$
- Tényező: $\xi = 1,40$
- Cölöp teherbírásának tervezési értéke: $R_{cd} = 2330,47 \text{ kN}$
- Teher tervezési értéke: $F_{s,d} = 1450,00 \text{ kN}$

$$\underline{R_{cd} = 2330,47 \text{ kN} > F_{s,d} = 1450,00 \text{ kN}}$$

MEGFELELŐ

Süllyedés számítás

- Hasznos teher: $F_s = 1050,00 \text{ kN}$
- Köpeny teherbírása: $R_s = 782,71 \text{ kN}$
- Teherbírás a talpnál: $R_b = 267,29 \text{ kN}$
- Cölöptalp süllyedés: $W_{base} = 6,2 \text{ mm}$
- Cölöp rugalmas alakváltozás: $w_{el,d} = 0,9 \text{ mm}$
- Teljes süllyedés: $w_{1,d} = 7,1 \text{ mm}$

Az $F_s = 1050,00 \text{ kN}$ terhelésre a cölöp süllyedés = 7,1 mm

6.2. Cölöpcsoport ellenőrzése

6.2.1. Talajparaméterek

A cölöpcsoport ellenőrzésénél a rendelkezésre álló geotechnikai fúrásszelvények alapján az alábbi 3 talajtípust vettem fel:

- 0,00 - 1,50: Alacsony vagy közepes plastikusságú agyag (CL, CI), szilárd konzisztencia
- 1,50 – 4,50: Homokos iszap (MS), szilárd konzisztencia
- 4,50 – 15,00: Jól osztályozott homok (SW), sűrű
- 15,00 - ∞: Jól osztályozott homok (SW), sűrű

Ezen talajokra jellemző értékek:

- Alacsony vagy közepes plastikusságú agyag (CL, CI), szilárd konzisztencia:

- Térfogatsúly: $Y = 21,00 \text{ kN/m}^3$
- Belső súrlódási szög: $\varphi_{\text{ef}} = 19,00^\circ$
- Talaj kohézió: $c_{\text{ef}} = 12,00 \text{ kPa}$
- Összenyomódási modulus: $E_{\text{oed}} = 15,00 \text{ MPa}$
- Telített térfogatsúly: $Y_{\text{sat}} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

- Homokos iszap (MS), szilárd konzisztencia:

- Térfogatsúly: $Y = 18,00 \text{ kN/m}^3$
- Belső súrlódási szög: $\varphi_{\text{ef}} = 26,50^\circ$
- Talaj kohézió: $c_{\text{ef}} = 12,00 \text{ kPa}$
- Összenyomódási modulus: $E_{\text{oed}} = 30,00 \text{ MPa}$
- Telített térfogatsúly: $Y_{\text{sat}} = 18,00 \text{ kN/m}^3$

- Jól osztályozott homok (SW), sűrű:

- Térfogatsúly: $Y = 20,00 \text{ kN/m}^3$
- Belső súrlódási szög: $\varphi_{\text{ef}} = 39,50^\circ$
- Talaj kohézió: $c_{\text{ef}} = 0,00 \text{ kPa}$
- Alakváltozási modulus: $E_{\text{def}} = 100,00 \text{ MPa}$
- Poisson tényező: $\nu = 0,28$
- Telített térfogatsúly: $Y_{\text{sat}} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

6.2.2. Szerkezet geometriája

- Cölöpfej szélessége: $b_x = 12,00 \text{ m}$; $b_y = 1,80 \text{ m}$

- Cölöpátmérő: $d = 0,60 \text{ m}$
- Cölöpök száma egy sorban: $n_x = 6$; $n_y = 1$
- Cölöpök távolsága: $s_x = 2,00 \text{ m}$; $s_y = 2,00 \text{ m}$

6.2.3. Szerkezet anyagminősége, jellemző paraméterek

A cölöpcsoportot C20/25 nyomószilárdsági osztályú betonnal, és B500B min. betonacéllal terveztem.

Jellemző paraméterek:

- **Beton: C20/25**
 - hengeres próbatest nyomószilárdsága: $f_{ck} = 20,00 \text{ MPa}$
 - beton nyomószilárdságának tervezési értéke: $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$
 - rugalmassági modulus: $E_{cm} = 30 \text{ kN/mm}^2$
- **Betonacél: B500B**
 - az acél folyáshatárának karakterisztikus értéke: $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
 - az acél folyáshatárának tervezési értéke: $f_{yd} = 435 \text{ MPa}$

6.2.4. Számítás eredménye

A GEO5 program számítása szerint az alábbiak szerint alakulnak a maximális igénybevételek a cölöpökben:

Maximális igénybevételek a cölöpben						
Cölöp	Koordináták		Nmax	Nmin	Mmax	Qmax
	X (m)	Y (m)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
1	-5,00	0,00	-2392,65	-1258,49	71,65	19,71
2	-3,00	0,00	-1875,15	-1038,86	64,11	14,31
3	-1,00	0,00	-1620,01	-846,34	64,11	14,31
4	1,00	0,00	-1374,65	-655,24	64,11	14,31
5	3,00	0,00	-1157,82	-468,19	64,11	14,31
6	5,00	0,00	-950,39	-264,62	71,65	19,71

11. táblázat

A maximális igénybevételek, amelyekre tervezni szükséges:

- Maximális nyomóerő = -2392,65 kN
- Minimális nyomóerő = -264,62 kN
- Max. hajlítónyomaték = 71,65 kNm
- Max. nyíróerő = 19,71 kN

Hajlított-nyomott keresztmetszet ellenőrzése: (6 cölöpre)

- Teher: Normálerő: $N_{Ed} = 2392,65 \text{ kN}$; Hajlítónyomaték: $M_{Ed} = 71,65 \text{ kNm}$
- Teherbírás: $N_{Rd} = 4387,98 \text{ kN}$; $M_{Rd} = 131,39 \text{ kNm}$
- Vasalás: 8 db $\varnothing 25$
- Betontakarás: 70,0 mm
- Vashányad: $\rho = 1,389 \% > 0,5 \% = \rho_{min}$

Nyírt keresztmetszet ellenőrzése:

- $A_{sw} = 2 \times 251,3 = 502,7 \text{ mm}^2$

$$N_{Rd} = 4387,98 \text{ kN} > N_{Ed} = 2392,65 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = 131,39 \text{ kNm} > M_{Ed} = 71,65 \text{ kNm}$$

$$V_{Rd} = 236,03 \text{ kN} > 19,71 \text{ kN} = V_{Ed}$$

A tervezett cölöp vasalás **MEGFELELŐ**

7. A CFA cölöpözés technológiája

Korábbi munkáim során találkoztam olyan műtárgyépítéssel, amely CFA cölöpözési technológiával készült. A technológiai utasítást az ott szerzett tapasztalataim alapján készítettem el.

7.1. Munkaterület kialakítása

A cölöpözési munkálatok megkezdése előtt gondoskodni kell a munkaterület megfelelő kialakításáról. Jelen tervezési terület minden szempontból megfelelő ahhoz, hogy a szükséges járművekkel, gépparkkal a felvonulás megtörténhessen.

A munkaterület talajának megfelelő teherbírásának, a nehézgépek fogadására alkalmasnak kell lennie. A munkaterületen és a hozzá vezető bejáró úton a vízelvezetésnek megfelelőnek kell lennie.

A munkaterület 80 m-es környezetében rezgéssel (tömörítő vibrátor stb) járó tevékenységet a cölöpözéssel egyidőben tilos végezni, ezzel megakadályozva az esetleges furatomlást és friss betonban az armatúra süllyedést.

7.2. Kitűzés, pontra állás

A cölöpök tengelypontjait geodéziai méréssel kell meghatározni. A kitűzést ± 10 mm pontossággal kell végrehajtani, a cölöptengelyeket 30-40 cm hosszú betonacél tuskével kell kitűzni. A kitűzést követően a fúrógéppel a cölöp tengelypontra kell állni. A fúróspirál függőlegességét biztosítani kell. A tengelyek irányának eltérése az előírttól max. 1% lehet.

7.3. Zagytechnológia

Zagytechnológiával korábbi munkám során találkoztam, így ezt a fejezetet ezen tapasztalataim felhasználásával jegyzem.

Miből tevődik össze a betonitzagy?

A betonitzagy bentonitörlemények és víz keveréke, mely hidratáció lezajlása után biztosítja a furat oldalfalának állékonyságát mindaddig, míg a betonozás nem történik meg.

A bentonitzagy készítése

A zagykészítéshez keverőedényre, és tárolókádakra van szükség.

Induláskor 1 m³-es keverőedényt ~ 20 cm magasságig vízzel szükséges feltölteni. Ekkor egy keringető szivattyú segítségével folyamatosan adagolni kell a megfelelő mennyiségű bentonit örleményt. Az örlemény beadagolásával párhuzamosan folytatni kell a vízadagolást, egész addig, míg az 1 m³ -es tartály teljesen fel nem töltődik. Ha ez megtörtént, még ~ 5 percre folytatni kell a keringetést. Ellenőrizni kell, hogy a bentonitörlemény teljesen elkeveredett-e? Az elkészült keveréket érlelő tartályba kell emelni, ahol az érlelés egész folyamata alatt a keveréket keringetni kell. Az érlelést 24 órán keresztül kell végezni, hogy az anyag tixotróp tulajdonsága kialakulhasson. Csak olyan anyag alkalmazható, melynek 24 órás érlelése lezajlott!

A friss zagy tárolására szükséges egy kádcsoport, melynek térfogata a napi felhasználás legalább másfélszerese kell, hogy legyen. Egy kádcsoporra van szükség a zagyérlelésnek, egy kádcsoporra a zagy ülepitésére.

A bentonitzagy alkalmazása

A furatot a földkiemelés és a betonozás időtartama alatt folyamatosan bentonit zaggal feltöltve kell tartani, és az esetleges veszteséget állandóan pótolni kell.

Miből származhat zagyvesztés? Származhat például talaj által közvetlen elszivárgásból, a földfal felületén történő kiszűrődésből, rátapadhat a kiemelt földanyagra, stb. A zagy felső szintjét – általánosságban – 1 m-rel feljebb kell tartani az iránycső alsó síkjától.

A zagyot a tárolótartályokból a furathoz szivattyúkkal kell vezetni.

A zagy tisztítása

A munkálatok során a zagy talajjal szennyeződik, ami rontja az állékonyságát, ezért a zagyot tisztítani kell. A készített zagy korlátozottan lehet csak ismételt felhasználni, és a munka folyamán felügyelni kell megfelelőségére. Cementtel erősen szennyezett zagy nem tisztítható, azt további felhasználásra alkalmatlannak kell tekinteni.

Fúrési munkálatok

Pontra állást követően készíteni kell egy állékony, kb. 1,5-2,0 m mély furatot, melybe elhelyezésre kerül az iránycső. Az iránycsövet – a megfelelő talpmélységre történő lejuttatást követően – fel kell tölteni a zaggal. A furat megtámasztását így az iránycső és a zagy együttesen biztosítja.

A fúrési munka dobfúróval történik. A furat terv szerinti mélységét mélységmérő zsinórral kell ellenőrizni. Amikor az alapozási szint elérésre került, tisztítófúrást kell végezni a dobfúróval.

A fúrési munkálatok megkezdése előtt szükséges a betongyárral egyeztetni, és a fúrési ütemhez igazítani a beton megrendelését.

Betonacél armatúra elhelyezése

A cölöpök készítéséhez csak olyan betonacél armatúrák alkalmazhatóak, melyek rendelkeznek a szükséges minősítési dokumentációval. A betonacél minőségét gyártóművi bizonylattal, teljesítmény nyilatkozattal, illetve akkreditált labor által történő vizsgálatok jegyzőkönyvével igazolni kell.

A betonacél armatúrák - helyszínre szállítását követően – megfelelő tárolásáról gondoskodni kell. Ez történhet például geotextílián, fólián, stb. Cél, hogy a betonacél szennyeződésmentes legyen.

A tisztítófúrást követően az armatúrát daruval kell beemelni a furatba. Amennyiben az armatúrák toldása szükséges, azt toldást követően elmozdulás ellen rögzíteni kell. Az armatúrát csak az emelőfüleknél szabad emelni.

Az armatúrák elhelyezésénél ügyelni kell a központos elhelyezésre, melyet távtartók segítségével tudunk biztosítani.

Betonozás

A vasalás elhelyezését követően a cölöpfurat betonozása következik. A betonozó csövet a furat aljáig le kell eresztetni. Amikor a betonozó cső telítődött a betonnal, meg kell emelni kb. 20 cm-el. Ekkor a beton a csőből kiáramlik. A beton adagolását folytatni kell addig, míg további betont már nem képes elnyelni. Ekkor ismételtén meg kell emelni a csövet úgy, hogy az alja 1,5-2,0 méterre a beton felső szintje alatt maradjon. Amint egy mixernyi beton bedolgozásra került, a beton felső szintjét egy súlyozott mélységmérő zsinórral meg kell mérni és meghatározni az eltávolítandó betonozó cső hosszát. A csövet csővillával megfogva az adagolótölcsért és a feleslegessé vált csőelemet le kell szerelni. A tölcser visszaszerelése után a betonozás folytatható. A betonozás befejezését követően az iránycsövet haladéktalanul ki kell húzni. A furat felbetonozása közben a bentonitzagyot folyamatosan vissza kell szivattyúzni.

A betonozásra külön technológiai utasítást kell készíteni. A technológiai utasításhoz kell, hogy tartozzon és minőség – és mintavételi terv, melyet az érvényben lévő szabványok és előírások segítségével szükséges elkészíteni. A beépülő beton minőségét eszerint folyamatosan figyelemmel kell követni.

Ezen kívül szükséges a betongyár technológusától utánagadolási javaslatot kérni, mely segítségével a beton konzisztenciája a helyszínen korrigálható. Csak víz hozzáadásával a beton folyósítása tilos! A hozzáadagolt víz ront a beton nyomószilárdságán.

A betonreceptúra tervezésénél figyelembe kell venni a feltételezhető időjárási körülményeket (téli-nyári betonozásra kell számítani), illetve a bedolgozási hely – betongyár távolságát. A betont helyszínre érkezést követően különböző vizsgálatoknak kell alávetni, pl.: területmérés, friss beton testsűrűség meghatározás, víztartalom meghatározás, légpórus tartalom meghatározás. Amennyiben ezen vizsgálatok esetén megfelelőnek bizonyul a beton, megkezdődhet annak bedolgozása. Ha szükséges korrekció (pl. területmérést követően a beton nem esik bele a receptúra által meghatározott konzisztencia osztályba, és azt folyósítószerrel utánfolyósítani szükséges), a beton minőségét újra szükséges ellenőrizni. Amennyiben úgy ítéljük meg, hogy a beton nem megfelelő, azt beépíteni tilos!

A cölöp felső részének kialakítása

A cölöpök felső részét vissza kell vésni a cölöpösszefogó gerenda alsó síkja fölötti ~ 5 cm-ig. A visszavésés akkor kezdhető meg, ha a beton az ehhez megfelelő szilárdságot eléri. Ez általában a 3-4. nap környékére tehető. Érdekes lehet a betonozás során próbakockákat készíteni, melyeket tájékoztató jelleggel, 3 napos korukban nyomószilárdsági vizsgálatnak alávetethetők. Ennek eredményéből tudunk következtetni a szilárdság megfelelőségéről.

A visszavésést kotróra szerelt törőfejjel a visszavésési sík felett legfeljebb 40 cm-ig szabad végezni. Ezt követően maximum 15 kg-os kalapáccsal folytatható a vésési folyamat.

A cölöpök folytonosságának ellenőrzése szónikus integritásvizsgálattal kell, hogy történjen.

8. Munkatérhatárolás

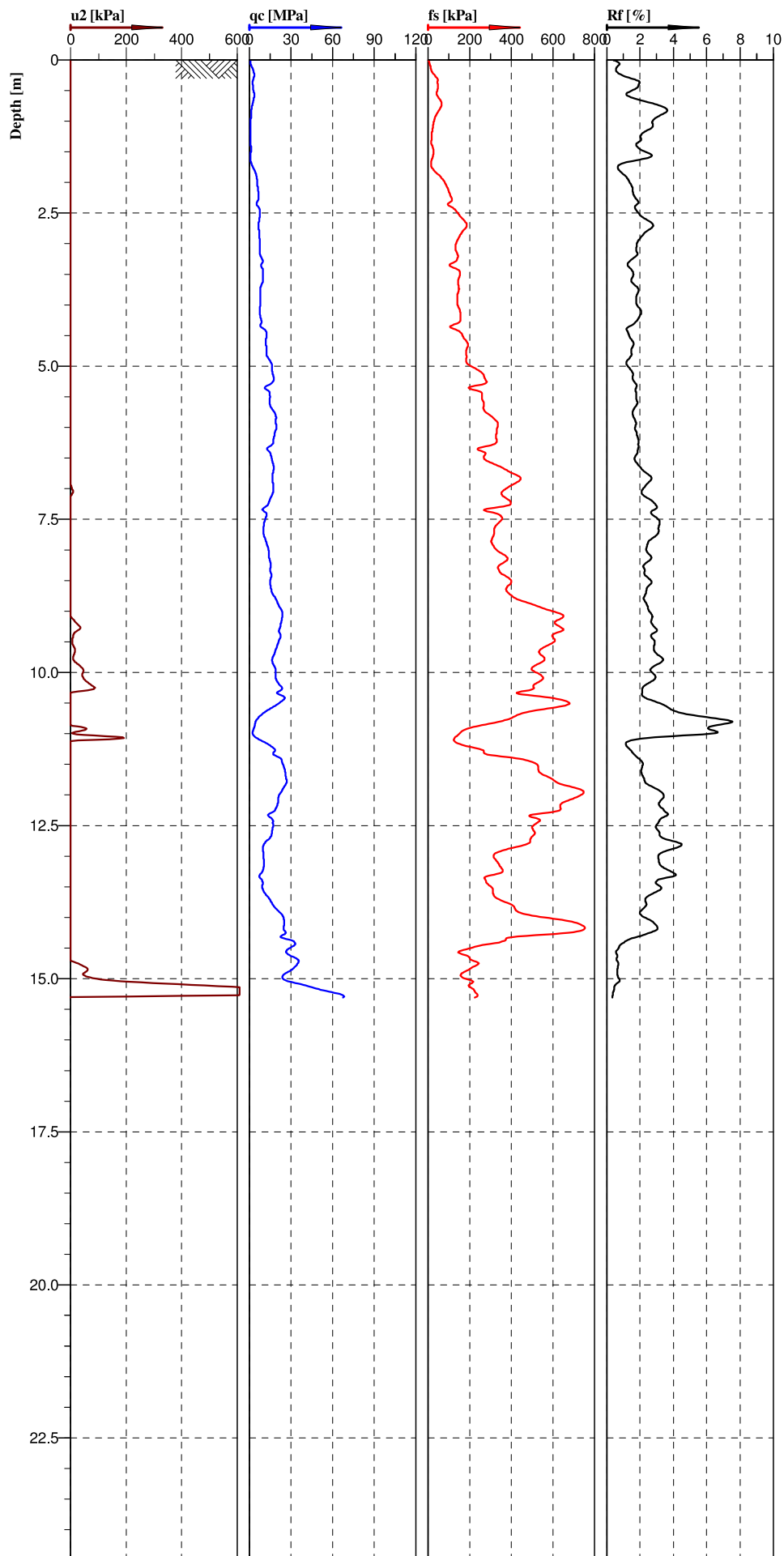
Munkatérhatárolást az MSZ EN 1997-1:2005 és MSZ EN 12063:2002, vagy az MSZ 15003 szabványok betartásával kell végezni. Esetünkben a munkaterek kiemelése homok, vagy iszapos homok talajokban történik. A nyitott munkagödröket 1:1,5 rézsűs kialakítással lehet kialakítani. 1,0 m feletti mélységben zárt sorú dúcolat használata kötelező.

MELLÉKLETEK

1. MELLÉKLET
CPT STATIKUS SZONDA EREDMÉNYE

**Classification by
Robertson 1986**

	Silty sand to sandy silt (7)
	Sandy silt to clayey silt (6)
	Silty clay to clay (4)
	Clayey silt to silty clay (5)
	Silty sand to sandy silt (7)
	Sandy silt to clayey silt (6)
	Silty sand to sandy silt (7)
	Sand to silty sand (8)
	Silty sand to sandy silt (7)
	Sand to silty sand (8)
	Silty sand to sandy silt (7)
	Sandy silt to clayey silt (6)
	Silty sand to sandy silt (7)
	Very stiff fine grained (11)
	Clay (3)
	Sand to silty sand (8)
	Silty sand to sandy silt (7)
	Sand to clayey sand (12)
	Sandy silt to clayey silt (6)
	Silty sand to sandy silt (7)
	Sand (9)
	Gravelly sand to sand (10)
	Sand (9)
	Gravelly sand to sand (10)



Cone No: 10417
Tip area [cm²]: 10
Sleeve area [cm²]: 150

Location:	M 2	Position:	X: 656384 m, Y: 257813 m	Ground level:		Test no:	CPT 3
Project ID:		Client:		Date:	20101218	Scale:	1 : 100
Project:				Page:	1/1	Fig:	01.01.7
				File:	m2.std		

2. MELLÉKLET

EGYEDI CFA CÖLÖP ELLENŐRZÉSE GEO5 PROGRAMMAL SZÁMÍTÁS

CPT cölöp számítás

Adatbev.

Projekt : Hídmélyépítés az M2 autót út nyomvonalán
Leírás : Egyedi cölöp méretezés
Szerző : Lajtos Livia
Dátum : 2024. 12. 05.
Projekt azonosító : 01
Projekt szám : 01

Beállítások

Magyarország - EN 1997

CPT cölöp

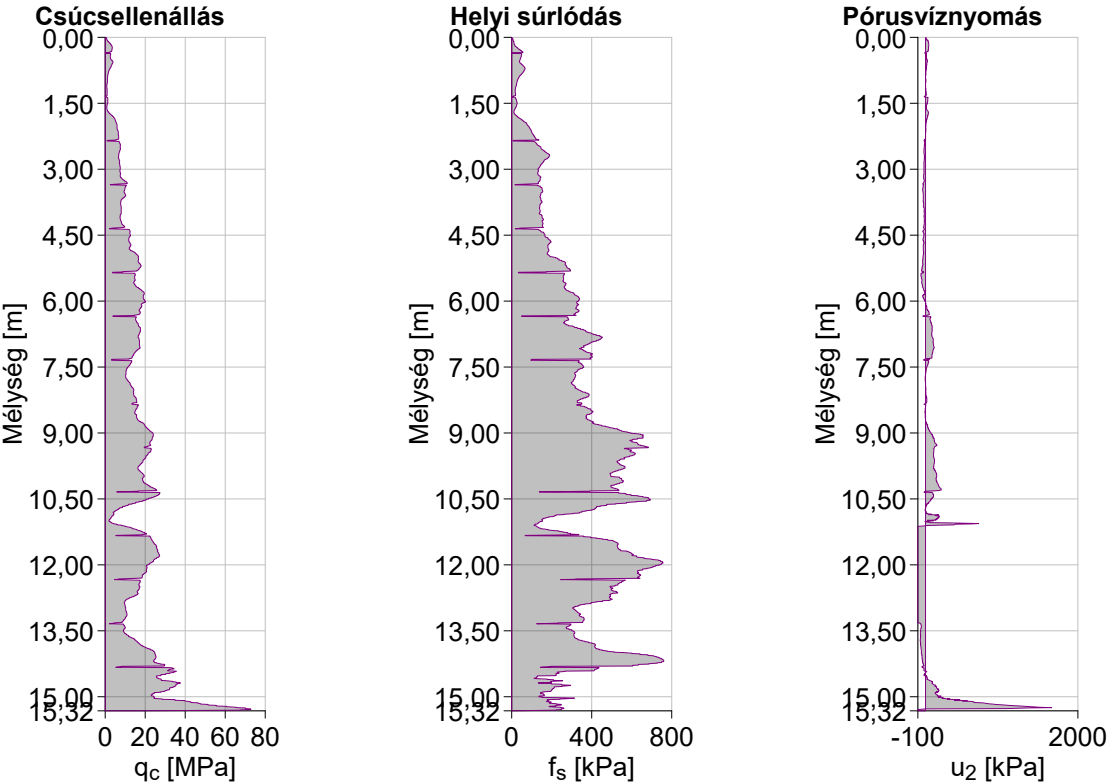
Ellenőrzési módszer : EN 1997-2
Számítás típusa : EN 1997-2

Ellenállások (R) parciális tényezői			
Talpellенállás parciális tényezője :	$\gamma_b =$	1,00	[-]
Palástellenállás parciális tényezője :	$\gamma_s =$	1,00	[-]
Csökkentő tényezők			
Terhelési-süllyedési görbe csökk. tényezője :	$k =$	1,00	[-]

Tesztek

Sz.	Vizsgálat neve	Eltolás a kezdőponttól d_h [m]	Teljes mélység d_{tot} [m]
1	3_geo5	0,00	15,32

Teszt : 3_geo5



Osztályozás

Forrásul használt CPT vizsgálat : 3_geo5
Osztályozás típusa : Robertson 2010
Szonda hasznos terület hányada : 0,75
Térfogatsúly : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Osztályozott talajok

Sz.	Talaj neve
1	Agyag - iszapos agyagtól agyagig
2	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig
3	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig
4	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig
5	Kavicsos homoktól durva homokig
6	Nagyon kemény homoktól agyagos homokig
7	Nagyon kemény finom szemcsés

Alap talaj paraméterek

Sz.	Név	Mintázat	φ_{ef} [°]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]
1	Agyag - iszapos agyagtól agyagig		20,00	19,00	9,00
2	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig		23,00	19,00	9,00
3	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig		22,00	19,00	9,00
4	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig		30,00	19,00	9,00
5	Kavicsos homoktól durva homokig		34,00	19,00	9,00
6	Nagyon kemény homoktól agyagos homokig		30,00	19,00	9,00
7	Nagyon kemény finom szemcsés		25,00	19,00	9,00

Talajparaméterek

Agyag - iszapos agyagtól agyagig

Térfogatsúly : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 20,00^\circ$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Talajtípus : agyag

Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig

Térfogatsúly : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 23,00^\circ$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Talajtípus : agyag

Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig

Térfogatsúly : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 22,00^\circ$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Talajtípus : iszap

Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig

Térfogatsúly : γ = 19,00 kN/m³
Belső sűrűlási szög : φ_{ef} = 30,00 °
Telített térfogatsúly : γ_{sat} = 19,00 kN/m³
Talajtípus : homok, kavics
OCR nagysága : $OCR \leq 2$
Szemcsék típusa : 600 nm-nél finomabb homok

Kavicsos homoktól durva homokig

Térfogatsúly : γ = 19,00 kN/m³
Belső sűrűlási szög : φ_{ef} = 34,00 °
Telített térfogatsúly : γ_{sat} = 19,00 kN/m³
Talajtípus : homok, kavics
OCR nagysága : $OCR \leq 2$
Szemcsék típusa : 600 nm-nél finomabb homok

Nagyon kemény homoktól agyagos homokig

Térfogatsúly : γ = 19,00 kN/m³
Belső sűrűlási szög : φ_{ef} = 30,00 °
Telített térfogatsúly : γ_{sat} = 19,00 kN/m³
Talajtípus : homok, kavics
OCR nagysága : $OCR \leq 2$
Szemcsék típusa : 600 nm-nél finomabb homok

Nagyon kemény finom szemcsés

Térfogatsúly : γ = 19,00 kN/m³
Belső sűrűlási szög : φ_{ef} = 25,00 °
Telített térfogatsúly : γ_{sat} = 19,00 kN/m³
Talajtípus : agyag

Szerkezet

Szerkezet típusa : különálló cölöp
Teher tervezési értéke F_{sd} = 1450,00 kN
Hasznos teher F_s = 1050,00 kN

Geometria

Cölöp típusa : folyamatos spirállal készített cölöp (CFA)
Cölöp anyaga : beton
 q_c III csökkentése 2 MPa-ra : I_{gen}
Cölöphossz a talajban = 7,00 m
Cölöpfej eltolása a terep felett = 0,50 m
Rendezett terep mélys. = 1,10 m

Cölöp keresztmetszet - koncentrikus

Cölöp átmérő d = 0,60 m

TVSZ

Talajvízszint TVSZ = 5,00 m

Globális beállítások

Számítás tesztek alapján. : CPT

A számítás nem veszi figyelembe a negatív köpenysűrűlódást hatását.

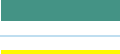
Modell-bizonytalansági parciális tényező γ_{cal} = 1,00

Geológiai profil és hozzárendelt talajok

Sz.	Réteg vastagsága t [m]	Mélység z [m]	Hozzárendelt talaj	Mintázat
1	0,05	0,00 .. 0,05	Kavicsos homoktól durva homokig	
2	0,02	0,05 .. 0,07	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
3	0,20	0,07 .. 0,27	Kavicsos homoktól durva homokig	
4	0,06	0,27 .. 0,33	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
5	0,03	0,33 .. 0,36	Nagyon kemény homoktól agyagos homokig	
6	0,01	0,36 .. 0,37	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
7	0,32	0,37 .. 0,69	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
8	0,02	0,69 .. 0,71	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
9	0,10	0,71 .. 0,81	Nagyon kemény homoktól agyagos homokig	
10	0,02	0,81 .. 0,83	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
11	0,08	0,83 .. 0,91	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
12	0,13	0,91 .. 1,04	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
13	0,14	1,04 .. 1,18	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
14	0,14	1,18 .. 1,32	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
15	0,05	1,32 .. 1,37	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
16	0,14	1,37 .. 1,51	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
17	0,15	1,51 .. 1,66	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
18	0,04	1,66 .. 1,70	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
19	0,63	1,70 .. 2,33	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
20	0,04	2,33 .. 2,37	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
21	0,18	2,37 .. 2,55	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
22	0,42	2,55 .. 2,97	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	

Sz.	Réteg vastagsága t [m]	Mélység z [m]	Hozzárendelt talaj	Mintázat
23	0,05	2,97 .. 3,02	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
24	0,05	3,02 .. 3,07	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
25	0,07	3,07 .. 3,14	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
26	0,06	3,14 .. 3,20	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
27	0,15	3,20 .. 3,35	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
28	0,02	3,35 .. 3,37	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
29	0,31	3,37 .. 3,68	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
30	0,62	3,68 .. 4,30	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
31	0,02	4,30 .. 4,32	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
32	0,05	4,32 .. 4,37	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
33	0,96	4,37 .. 5,33	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
34	0,04	5,33 .. 5,37	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
35	0,95	5,37 .. 6,32	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
36	0,04	6,32 .. 6,36	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
37	0,29	6,36 .. 6,65	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
38	0,68	6,65 .. 7,33	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
39	0,03	7,33 .. 7,36	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
40	1,73	7,36 .. 9,09	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
41	0,04	9,09 .. 9,13	Nagyon kemény homoktól agyagos homokig	
42	0,17	9,13 .. 9,30	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
43	0,05	9,30 .. 9,35	Nagyon kemény homoktól agyagos homokig	
44	0,42	9,35 .. 9,77	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	

Sz.	Réteg vastagsága t [m]	Mélység z [m]	Hozzárendelt talaj	Mintázat
45	0,06	9,77 .. 9,83	Nagyon kemény homoktól agyagos homokig	
46	0,43	9,83 .. 10,26	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
47	0,06	10,26 .. 10,32	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
48	0,02	10,32 .. 10,34	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
49	0,01	10,34 .. 10,35	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
50	0,01	10,35 .. 10,36	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
51	0,05	10,36 .. 10,41	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
52	0,06	10,41 .. 10,47	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
53	0,14	10,47 .. 10,61	Nagyon kemény homoktól agyagos homokig	
54	0,10	10,61 .. 10,71	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
55	0,35	10,71 .. 11,06	Agyag - iszapos agyagtól agyagig	
56	0,02	11,06 .. 11,08	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
57	0,06	11,08 .. 11,14	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
58	0,17	11,14 .. 11,31	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
59	0,04	11,31 .. 11,35	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
60	0,06	11,35 .. 11,41	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
61	0,17	11,41 .. 11,58	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
62	0,02	11,58 .. 11,60	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
63	0,02	11,60 .. 11,62	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
64	0,04	11,62 .. 11,66	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
65	0,23	11,66 .. 11,89	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
66	0,21	11,89 .. 12,10	Nagyon kemény homoktól agyagos homokig	

Sz.	Réteg vastagsága t [m]	Mélység z [m]	Hozzárendelt talaj	Mintázat
67	0,21	12,10 .. 12,31	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
68	0,01	12,31 .. 12,32	Nagyon kemény finom szemcsés	
69	0,02	12,32 .. 12,34	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
70	0,01	12,34 .. 12,35	Agyag - iszapos agyagtól agyagig	
71	0,38	12,35 .. 12,73	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
72	0,59	12,73 .. 13,32	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
73	0,03	13,32 .. 13,35	Agyag - iszapos agyagtól agyagig	
74	0,06	13,35 .. 13,41	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
75	0,05	13,41 .. 13,46	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
76	0,13	13,46 .. 13,59	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
77	0,70	13,59 .. 14,29	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
78	0,02	14,29 .. 14,31	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
79	0,02	14,31 .. 14,33	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
80	0,01	14,33 .. 14,34	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
81	0,86	14,34 .. 15,20	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
82	0,12	15,20 .. 15,32	Kavicsos homoktól durva homokig	
83	-	15,32 .. ∞	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	

Teherbírás számítás - EN 1997-2

Függőleges cölöpteherbírás számítás - eredmények közbenső értékei

Cölöpátmérő	d_{eq}	= 0,60 m
Cölöpátmérő a talpnál	$d_{s,eq}$	= 0,60 m
Cölöp terület a talpnál	A_b	= 0,28 m ²
Cölöptalp teherb. csökkentő tényezője	α_p	= 0,80
Cölöp alak hatását figy. vevő tényező	s	= 1,00
Szélesített cölöptalp hatását figy. vevő tény.	β	= 1,00

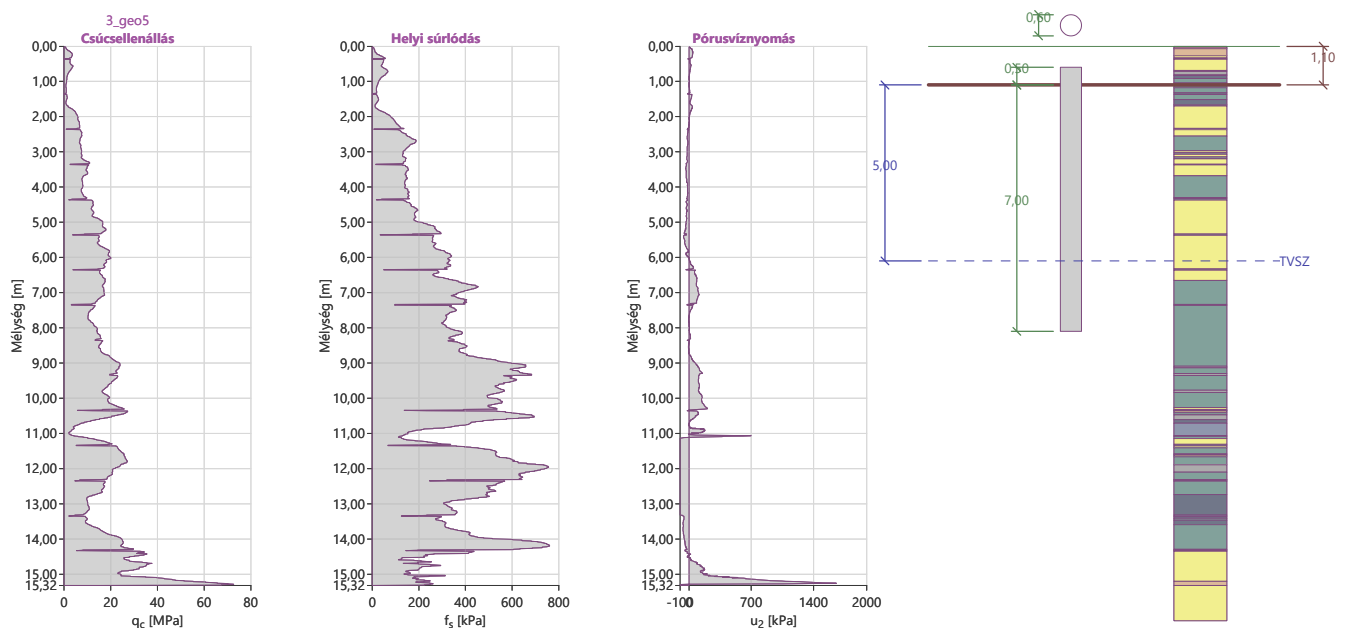
Függőleges teherbírás számítás - eredmények

Számítás lefutott a következő mérésre: 3_geo5	
Nyomott cölöp minimális ellenállása	$R_{c,min}$ = 3262,66 kN

Lajtos Livia

Tényező	ξ_4	=	1,40
Nyomott cölöp átlagos teherbírása	$R_{c,mean}$	=	3262,66 kN
Tényező	ξ_3	=	1,40
Cölöp teherbírási értékének	R_c	=	2330,47 kN

Cölöp teherbírási értékének tervezési értéke	R_{cd}	=	2330,47 kN
Téher tervezési értéke	$F_{s,d}$	=	1450,00 kN

 $R_{cd} = 2330,47 \text{ kN} > F_{s,d} = 1450,00 \text{ kN}$ **Cölöp ellenőrzése teherbírási MEGFELELŐ****Név : Teherbírási****Fázis - számítás : 1 - 1**

Süllyedésszámítás - EN 1997-2

Süllyedés számítás:

Hasznos teher	F_s	=	1050,00 kN
Köpeny teherbírási	R_s	=	782,71 kN
Teherbírási a talpnál	R_b	=	267,29 kN
Cölöptalp süllyedés	w_{base}	=	6,2 mm
Cölöp rugalmas alakváltozás	$w_{el,d}$	=	0,9 mm
Teljes süllyedés	$w_{1,d}$	=	7,1 mm

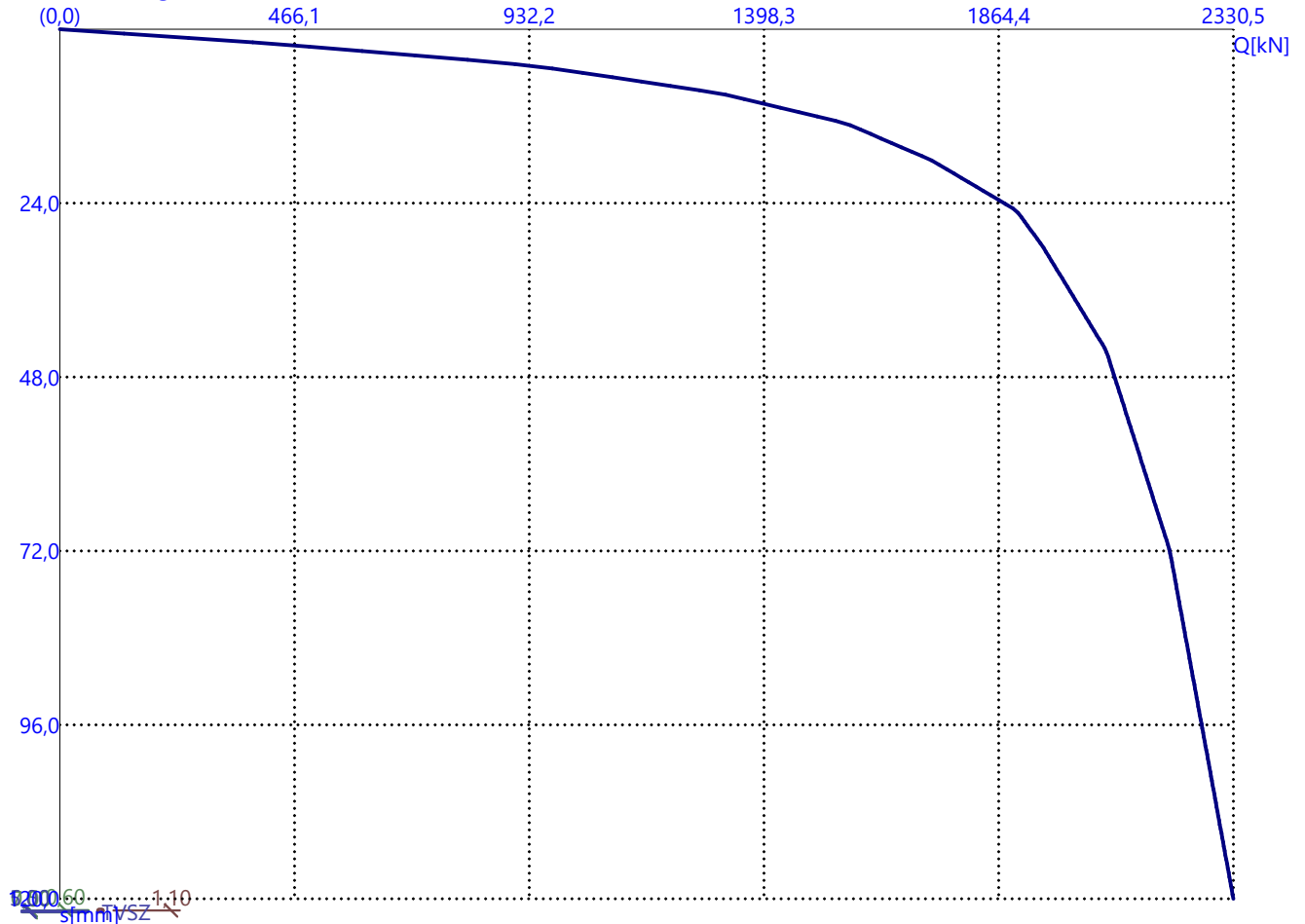
Cölöpsüllyedés-számítás - eredmények

Az $F_s = 1050,00 \text{ kN}$ terhelésre a cölöp süllyedése = 7,1 mm

Lajtos Livia

Név : Süllyedés

Fázis - számítás : 1 - -1

Terhelési görbe

3. MELLÉKLET

CFA CÖLÖPCSOPORT ELLENŐRZÉSE GEO5 PROGRAMMAL SZÁMÍTÁS

Cölöpcsoport ellenőrzése

Adatbev.

Projekt : Hídmélyépítés az M2 autót út nyomvonalán
Leírás : CFA cölöpcsoport méretezés
Szerző : Lajtos Livia
Dátum : 2024. 12. 05.
Projekt azonosító : 01
Projekt szám : 02

Beállítások

Magyarország - EN 1997

Anyagok és szabványok

Beton szerkezetek : EN 1992-1-1 (EC2)
EN 1992-1-1 szerinti tényezők : szabványos
Körcölöp nyírás : egyszerűsített módszer
Acél szerkezetek : EN 1993-1-1 (EC3)
Acél keresztmetszet teherbírásának parciális tényezője : $\gamma_{M0} = 1,00$

Talajparaméterek

Alacsony vagy közepes plastikusságú agyag (CL, CI), szilárd konzisztencia

Térfogatsúly : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 19,00^\circ$
Talaj kohézió : $c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$
Összenyomódási modulus : $E_{oed} = 15,00 \text{ MPa}$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

Homokos iszap (MS), szilárd konzisztencia

Térfogatsúly : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 26,50^\circ$
Talaj kohézió : $c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$
Összenyomódási modulus : $E_{oed} = 30,00 \text{ MPa}$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$

Jól osztályozott homok (SW), sűrű

Térfogatsúly : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 39,50^\circ$
Talaj kohézió : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
Alakváltozási modulus : $E_{def} = 100,00 \text{ MPa}$
Poisson tényező : $\nu = 0,28$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Szerkezet

Cölöpfej szélessége $b_x = 12,00 \text{ m}$
 $b_y = 1,80 \text{ m}$
Cölöpátmérő $d = 0,60 \text{ m}$
Cölöpök száma $n_x = 6$
 $n_y = 1$
Cölöpök távolsága $s_x = 2,00 \text{ m}$
 $s_y = 2,00 \text{ m}$

Geometria

Mélység a terepszintől $h_z = 2,00$ m
Cölöpfej eltolása $h = 0,50$ m
Cölöpfej vastagsága $t = 1,00$ m
Cölöpök hossza $l = 7,00$ m
Cölöpcsoport hatékonysága $\eta_g = 1,00$

Szerkezet anyaga

Térfogatsúly $\gamma = 23,00$ kN/m³

A betonszerkezet számítása az alábbi szabványnak megfelelően történt EN 1992-1-1 (EC2).

Beton: C 20/25

Hengeres próbatest nyomószilárdsága $f_{ck} = 20,00$ MPa
Szakítószilárdság $f_{ctm} = 2,20$ MPa
Rugalmasági modulus $E_{cm} = 30000,00$ MPa
Nyírási modulus $G = 12500,00$ MPa

Hosszirányú vasalás: B500B

Képlékeny határ $f_{yk} = 500,00$ MPa

Keresztirányú vasalás: B500B

Képlékeny határ $f_{yk} = 500,00$ MPa

Vízszintes ágyazási tényező

Mélység [m]	k_h [MN/m ³]
0.00	0.00
7.00	7.00

Függőleges rugók számítása

Tipikus teher (függőleges rugók számítására) : 1 sz. teher - hasznos

Geológiai profil és hozzárendelt talajok

Sz.	Réteg vastagsága t [m]	Mélység z [m]	Hozzárendelt talaj	Mintázat
1	1,50	0,00 .. 1,50	Alacsony vagy közepes plastikusságú agyag (CL, CI), szilárd konszisztencia	
2	3,00	1,50 .. 4,50	Homokos iszap (MS), szilárd konszisztencia	
3	10,50	4,50 .. 15,00	Jól osztályozott homok (SW), sűrű	
4	-	15,00 .. ∞	Jól osztályozott homok (SW), sűrű	

Teher

Sz.	Teher		Név	Típus	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]	M_z [kNm]
	új	vált.								
1	Igen		1 sz. teher	Tervezési	8700,00	0,00	10000,00	0,00	0,00	0,00
2	Igen		1 sz. teher - hasznos	Hasznos	6214,29	0,00	7142,86	0,00	0,00	0,00

Talajvízszint

A talajvízszint az eredeti tereptől 5,00 m mélységben van.

Globális beállítások

Számítás típusa : rugó módszer

Peremfeltételek : lebegő cölöpök - rugók merevségének számítása a talajparamétereiből

Cölöpök / cölöpfej kapcsolat : befogott
Reakció modulusa : megadás eloszlás szerint

Számítás eredménye

Maximális igénybevételek (összes tehereset)

Maximális nyomóerő = -2392,65 kN
Minimális nyomóerő = -264,62 kN
Max. hajlítónyomaték = 71,65 kNm
Max. nyíróerő = 19,71 kN

Maximális elmozdulások (csak üzemi teheresetek)

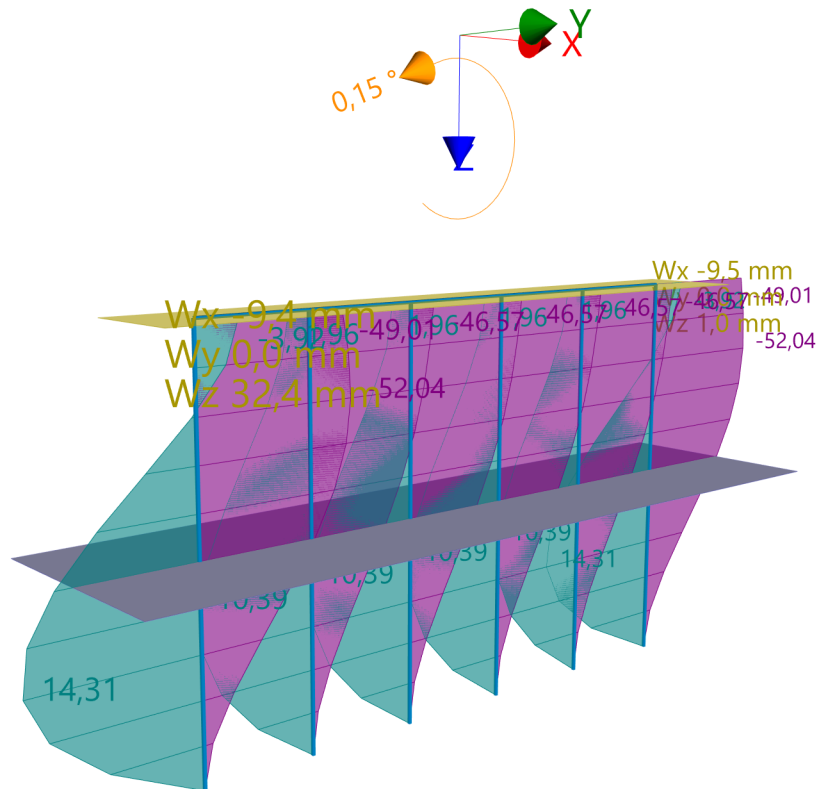
Max. süllyedés = 32,4 mm
Cölöpfej maximális vízszintes elmozdulása = 9,5 mm
Cölöpfej max. elfordulása = 1,5E-01 °

Maximális igénybevételek a cölöpben

Cölöp	Koordináták		N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	M _{max} [kNm]	Q _{max} [kN]
	X [m]	Y [m]				
cölöp 1 - 1	-5,00	0,00	-2392,65	-1258,49	71,65	19,71
cölöp 1 - 2	-3,00	0,00	-1875,15	-1038,86	64,11	14,31
cölöp 1 - 3	-1,00	0,00	-1620,01	-846,34	64,11	14,31
cölöp 1 - 4	1,00	0,00	-1374,65	-655,24	64,11	14,31
cölöp 1 - 5	3,00	0,00	-1157,82	-468,19	64,11	14,31
cölöp 1 - 6	5,00	0,00	-950,39	-264,62	71,65	19,71

Név : Számítás

Fázis - számítás : 1 - 1



Ellenőrzés Sz. 1

Cölöpök méretezése - adatbevitel

A számítás a legkedvezőtlenebb TK automatikus kiválasztásával futott le.

A vasalás a csoport összes cölöpére lett tervezve.

Hajlított-nyomott keresztmetszet ellenőrzése:

1. sz mértékadó tehereset (1 sz. teher)

Cölöpátmérő: $d=0,60\text{m}$

Vasalás - 8 db vas átm. 25,0 mm; betontakarás 70,0 mm

Szerkezet típusa (vashányad) : cölöp

Vashányad $\rho = 1,389\% > 0,500\% = \rho_{\min}$

Teher : $N_{Ed} = 2392,65\text{ kN}$ (nyomás) ; $M_{Ed} = 71,65\text{ kNm}$

Teherbírás : $N_{Rd} = 4387,98\text{ kN}$; $M_{Rd} = 131,39\text{ kNm}$

Tervezett cölöp vasalás MEGFELELŐ

Nyírt keresztmetszet ellenőrzése:

1. sz mértékadó tehereset (1 sz. teher)

Nyír. vas. - profil 8,0 mm; kiosztás 200,0 mm

$A_{sw} = 2 \times 251,3 = 502,7\text{ mm}^2$

$b_w = 0,53 \text{ m}$; $d = 0,48 \text{ m}$

Határ nyíróerő: $V_{Rd} = 236,03 \text{ kN} > 19,71 \text{ kN} = V_{Ed}$

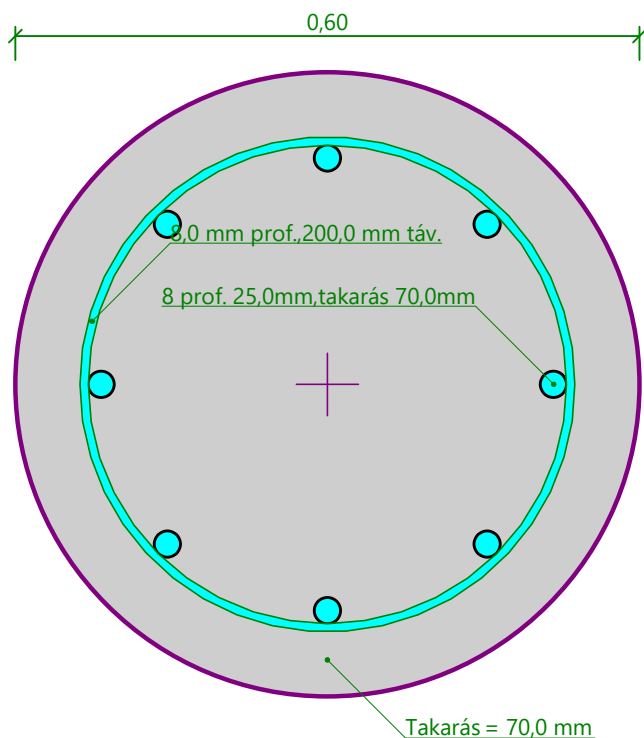
Keresztmetszet MEGFELELŐ.

csak minimális nyírási vasalás

Erők eloszlása a szerkezeten

Mélység [m]	Nyíróerő Q [kN]	Hajlítónyomaték M [kNm]	Normálerő N [kN] (húzás)	Normálerő N [kN] (nyomás)
0.00	5.39	67.47	-719.14	-2392.65
0.70	3.65	70.61	-709.35	-2378.89
1.40	5.65	71.65	-689.95	-2346.07
2.10	8.32	69.30	-670.88	-2302.72
2.80	11.40	63.13	-644.41	-2248.94
3.50	16.07	53.39	-597.86	-2179.87
4.20	19.08	40.93	-535.00	-2095.17
4.90	19.71	27.19	-465.25	-2000.32
5.60	17.22	14.08	-389.32	-1896.27
6.30	10.90	4.04	-307.22	-1783.07
7.00	0.00	0.00	-264.62	-1724.19

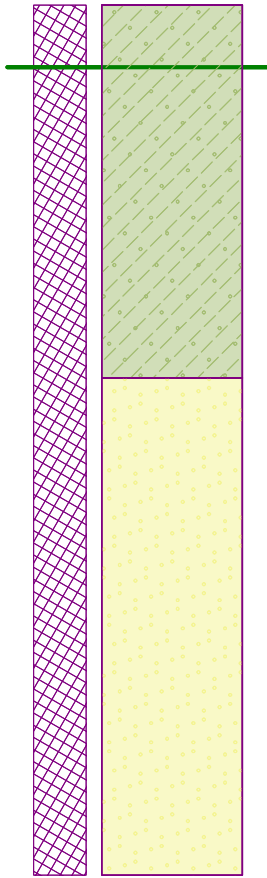
Vasalási rajz



Név : Méretezés

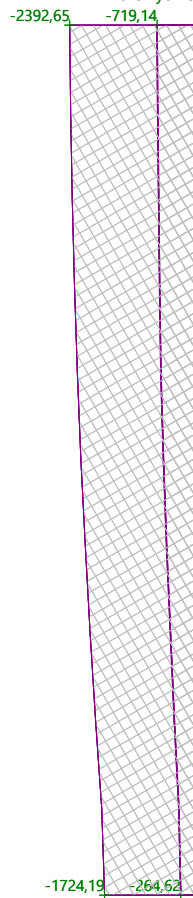
Fázis - számítás : 1 - 1

Szerkezet



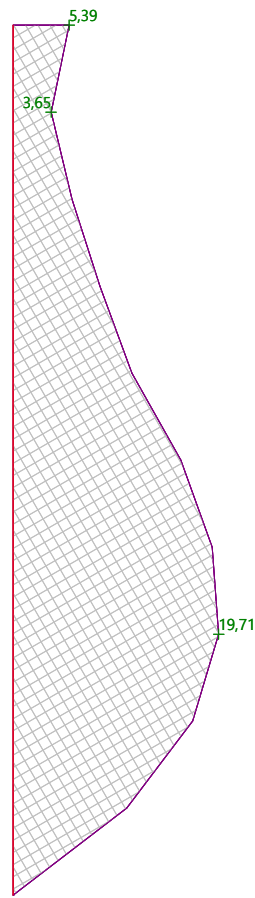
Normáló

Maximális nyomóerő = -2392,65 kN
Minimális nyomóerő = -349,71 kN



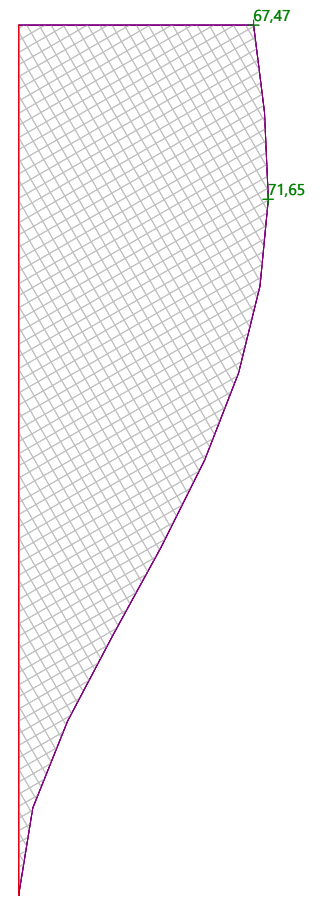
Nyíróerő

Max. = 19,71 kN



Hajlítónyomaték

Max. = 71,65 kNm



IRODALOMJEGYZÉK

¹ Forrás: *Google Maps*

² Dr. Bartos Sándor – Králik Béla: Mélyépítés III. (Alapozás), 277. o. 3.5.1.

³ dr. Szepesházi Róbert: Geotechnika – Egyetemi jegyzet, 2008, 96.o. 7.4.

⁴ dr. Szepesházi Róbert: Geotechnika – Egyetemi jegyzet, 2008, 85. o. 8. bekezdés

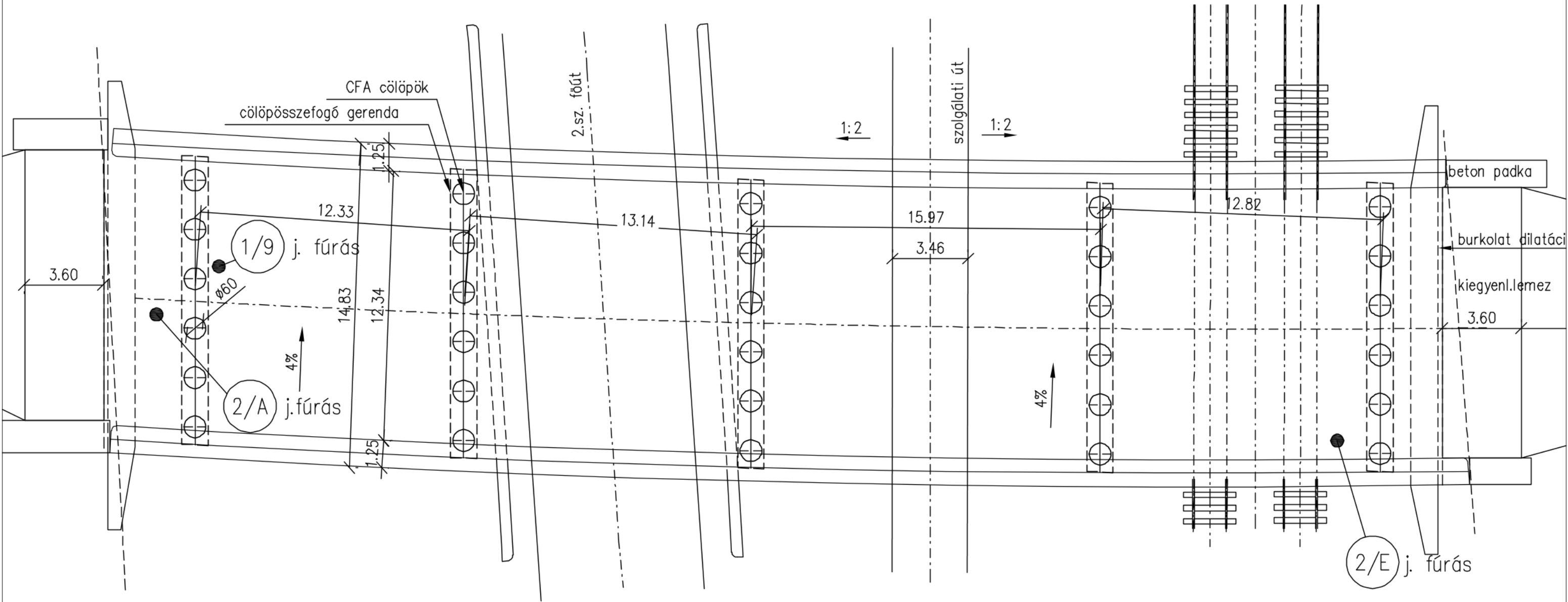
⁵ MTA Földrajzi kutatóintézet: Magyarország Kistájainak Katasztere, 2010

⁶ MSZ EN 1997-1: 2006 szabvány

⁷ MSZ EN 1997-1: 2006 szabvány

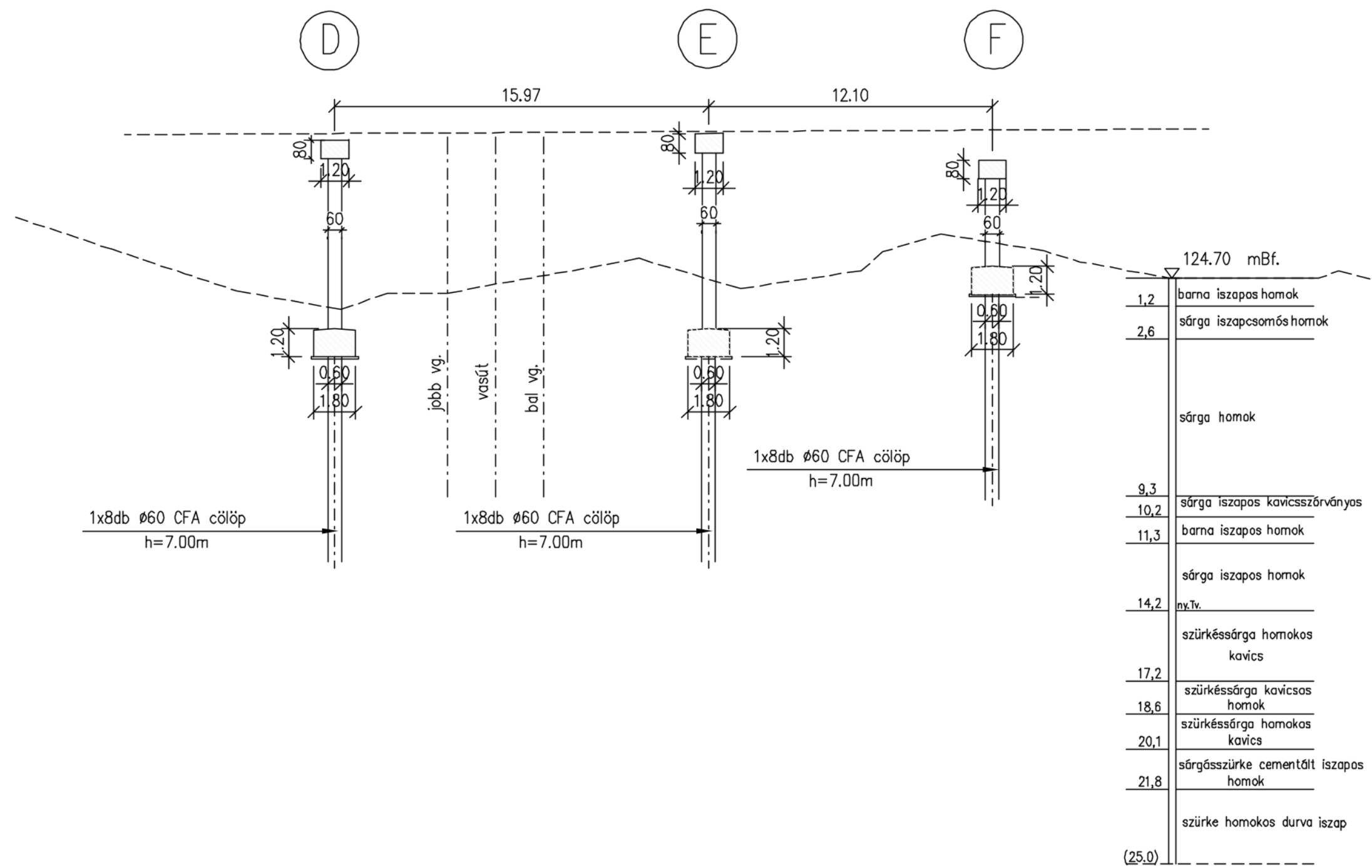
⁸ MSZ EN 1997-1: 2006 szabvány

Felülnézet 1:200



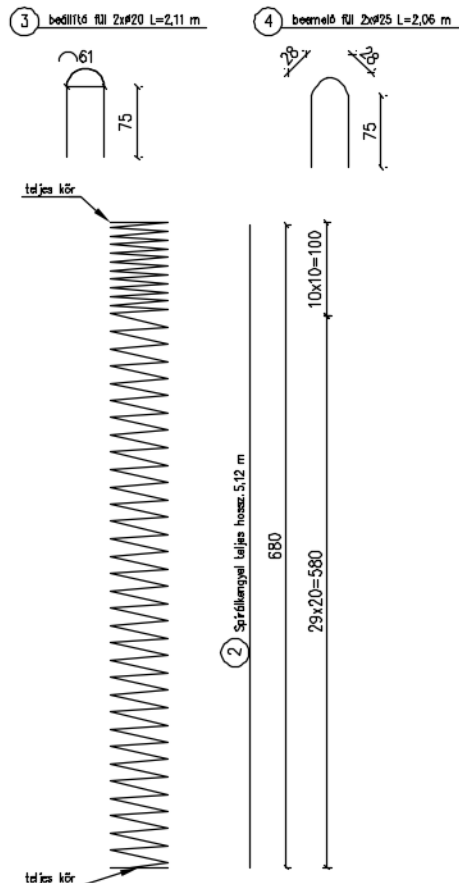
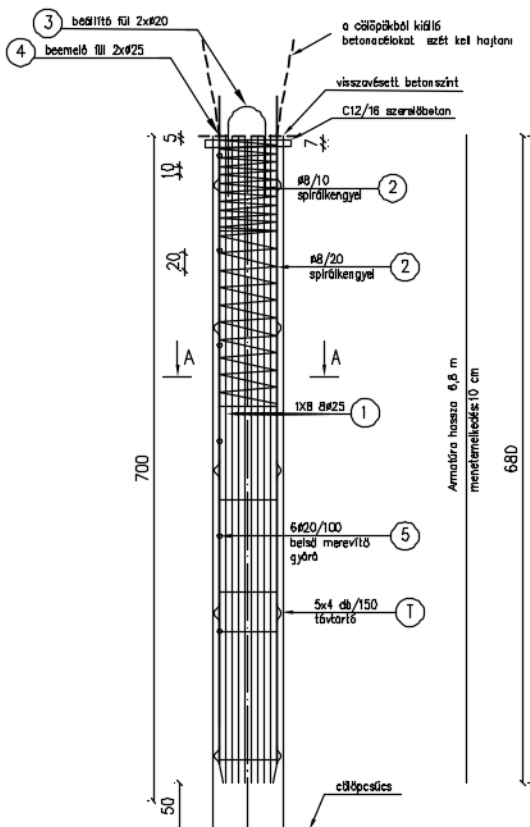
Egység		
Óbudai Egyetem – Ybl Miklós Építéstudományi Kar		
Építőmérnöki Intézet		
Tanszék		
Geotechnikai és Tartószerkezeti Tanszék		
Diplomamunka tárgya		
Hídmélyépítés az M2 autót út nyomvonalán		
Rajz	Méret	
Helyszínrajz	1:200, A/3	
Hallgató	Neptun kód	Konzulens
Lajtos Livia		Kecskés Gábor

Hosszmetszet 1:200

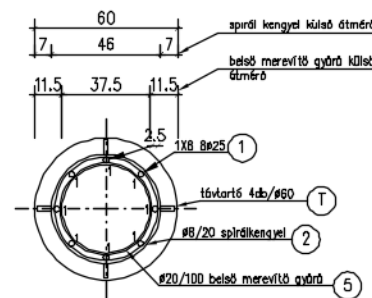


Egység		
Óbudai Egyetem – Ybl Miklós Építéstudományi Kar		
Építőmérnöki Intézet		
Tanszék		
Geotechnikai és Tartószerkezeti Tanszék		
Diplomamunka tárgya		
Hídmélyépítés az M2 autót út nyomvonalán		
Rajz	Méret	
CFA cölöp_hosszmetszet	1:200, A/3	
Hallgató	Neptun kód	Konzulens
Lajtos Livia		Kecskés Gábor

OLDALNÉZET 1:50

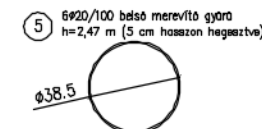


A-A METSZET 1:20



MEGJEGYZÉSEK:

- Anyagminőségek:
-beton: C20/25-XC4-XF4-16-F5
-betonacél: B 500 B (B 60.50)
- Betonfedés: 7,0 cm
- A földdel érintkező felületeket korróziós után kétrétegű bitumenmázás kenéssel kell ellátni.



1 8#25 h=7,10 m

2 5x4 db/150 h=8,0 m

3 2x#20 h=2,11 m

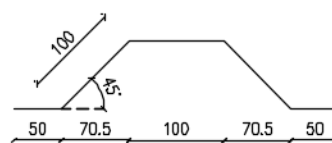
4 2x#25 h=2,06 m

BETONACÉL KIMUTATÁS (1 db cölöpre)

Jel	db	Ø (mm)	hossz (m)	Ø 10	Ø 20	Ø 25
1	8	25	7,1	-	-	56,8
2	1	8	5,12	5,12	-	-
3	2	20	2,1	-	4,22	-
4	2	25	2,1	-	-	4,12
5	6	20	2,5	-	14,82	-
összes hossz (m):				5,12	19,04	60,92
fajlagos tömeg (kg):				0,616	2,47	3,853
összes tömeg (kg):				3,15392	47,0288	234,7248
összes betonacél (kg):						284,91

Készül: 6 db cölöp = 284,91*6= 1710 kg

TÁVTARTÓ 1:5



ACÉLANYAG KIMUTATÁS (1 db cölöpre)

Jel	Megnevezés	Szelvény	db	Hossz		Tömeg	
				(mm/db)	Σ (m)	(kg/m)	Σ (kg)
T	Távtartó	50 x 4	4	24	400	9600	1,57
						össztömege:	15,07 kg

Óbudai Egyetem – Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

Tanszék
Geotechnikai és Tartószerkezeti Tanszék

Diplomamunka tárgya
Hídmélyépítés az M2 autópályán nyomvonalán

Rajz
CFA cölöp vasalás

Méret
1:50, 1:20, 1:5 A/4

Helyező
Lajtos Lív

Konszultens
Kecskés Gábor