

SZAKDOLGOZAT

Gyarmati Márk

2019



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr. Szücs László PhD
egyetemi docens, mb. intézetigazgató



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

ÉPÍTŐMÉRNÖKI INTÉZET

Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.

Tel.: +36-1-252-1270

e-mail: epitomernoki.intezet@ybl.szie.hu

SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS

2019

Gyarmati Márk

Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

A feladat címe:	Budai Irgalmasrendi Kórház összemetsző cölöpfalas munkatér-határolásának ellenőrzése
Belső konzulens:	Keszeyné Dr. Say Emma egyetemi docens
Külső konzulens:	Bognár Balázs tervező mérnök, BAUER Magyarország Speciális Mélyépítő Kft.

A szakdolgozat beadási határideje: 2019. január 4. (péntek) 12⁰⁰

Budapest, 2018. december 10.

Dr. Szücs László
mb. intézetigazgató

Szent István Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar

Geotechnika szakirány



BUDAI IRGALMASRENDI KÓRHÁZ ÖSSZEMETSZŐ CÖLÖPFALAS
MUNKATÉR-HATÁROLÁSÁNAK ELLENŐRZÉSE

Belső konzulens:
Keszeyné dr. Say Emma

Külső konzulens:
Bognár Balázs

Készítette:
Gyarmati Márk

Budapest, 2019

Tartalom

1. Bevezetés	1
2. Munkatér-határolások	2
2.1. Rézsűs munkatér-határolás.....	3
2.2. Hagyományos dúcolás.....	3
2.3. Berlini (Siemens) dúcolás	9
2.4. Szádfal	9
2.5. Résfal	10
2.6. Talajszegezés, vasalt-föld támfalak	13
2.7. Talajfagyasztás	14
2.8. Cölöpfal	15
3. Cölöpök osztályozása, építési technológiája	16
3.1. Alkalmazási kör	16
3.2. Csoportosításuk, osztályozásuk	16
3.2.1. Teherátadás módja szerint.....	16
3.2.2. Igénybevétel módja szerint	16
3.2.3. Anyaguk szerint	16
3.2.4. Készítés módja szerint.....	17
3.2.5. Méret szerint	17
3.2.6. Technológia szerint	17
3.3. Cölöp építési technológiái.....	17
3.3.1. Előregyártott cölöpök	17
3.3.2. Helyben készülő cölöpök.....	18
3.3.3. Talajhelyettesítéses fúrt, zagymegtámasztásos cölöp	18
3.3.4. Talajkiszorításos, fúrt, helyben betonozott cölöp.....	19
3.3.5. Talajhelyettesítéses fúrt, védőcsöves cölöp	20
3.3.6. Talajhelyettesítéses, CFA cölöp.....	21
4. Cölöpfalas építési technológia	22
5. Az alkalmazott cölöpfal készítés folyamatának lépései	24
5.1. Cölöpfal vezető gerenda készítése	24
5.2. Cölöpkészítés.....	24
5.3. Horgonyzás.....	25
5.4. Horgony részei	26
6. A vizsgált terület bemutatása	27

6.1. Helyszín leírása.....	27
6.2. Tervezett épület bemutatása.....	28
6.3. Geotechnikai adottságok	28
6.4. Hidrológiai viszonyok	30
6.5. Szeizmológia.....	32
7. Műszaki leírás.....	33
7.1. Munkavédelem	33
7.2. Alkalmazott szabványok.....	33
7.3. Alkalmazott anyagminőségek:	33
7.4. Cölöpfal tervezésének és kivitelezésének ismertetése	34
7.5. Minőség-ellenőrzés.....	35
8. A cölöpfal méretezésénél alkalmazott szoftver	36
9. Programmal való számítás	38
9.1. Bemenő adatok	38
10. Geotechnikai monitoring, Inklinométeres mérés	46
10.1. Monitoring	46
10.2. Alkalmazott inklinométer.....	46
10.3. Inklinométeres mérés megvalósítása	48
10.4. Kapott adatok.....	49
11. Inklinométeres mérések	51
12. Számított és mért elmozdulások összehasonlítása.....	59
13. Különbségek lehetséges okai	61
14. Számított elmozdulások csökkentése	66
14.1. Számítások összehasonlítása	67
15. Mellékelt rajzok kiértékelése	68
15.1. Ágyazási tényezők felvétele	68
15.2. Inklinométeres mérések bemutatása	69
15.3. Munkatér-határolás 0. fázis	70
15.4. Munkatér-határolás 1. fázis	70
15.5. Munkatér-határolás 2. fázis	70
15.6. Munkatér-határolás 3. fázis	71
15.7. Munkatér-határolás 4. fázis	71
15.8. Munkatér-határolás 5. fázis	72
16. Következtetés.....	73

17. Irodalom jegyzék 74

18. Ábra jegyzék 75

19. Tervjegyzék..... 76

1. Bevezetés

Diplomamunkám a Budapest II. kerület, Frankel Leó út 17-19. szám alatt épülő, Budai Irgalmasrendi Kórház összemetsző cölöpfalas munkatér-határolásának ellenőrzésével foglalkozik. Témaválasztásom oka, hogy egy nyári termelési gyakorlaton egy cölöpfalas munkatér határolási projekten vettem részt, ahol nagyon felkeltette az érdeklődésemet ez a technológia. Akkor még magát az eljárást nem ismerve lenyűgözőnek tartottam ezt a nagyléptékű szerkezetet. A kivitelezés mindig is közel állt hozzám, már gyerekkoromban is mindig meg kellett állnia a családnak, ha valamilyen építkezés mellett mentünk el. Édesapám műszaki emberként érdekes magyarázta az építkezéseket.

Dolgozatom első részében, a munkatér-határolási módokat tekintem át, rendszerezem azokat. Részletesen foglalkozom a cölöpfalas munkatér-határolással, ennek technológia lépéseit fejtem ki a dolgozatomban. A határolás előnyeire és hátrányaira is kitérek.

A dolgozatom további részében az építési területet, illetve a környezetét mutatom be, kitérve a talaj- és talajvíz adottságokra a szeizmográfiai besorolásra.

A továbbiakban a cölöpfal igénybevételeinek és alakváltozásainak meghatározásához használt szoftvert mutatom be (WALLMAN), majd a cölöpfal mozgásának megfigyelésére alkalmas inklinométeres rendszert, annak részeit és alkalmazását részletezem.

A cölöpfal véges elemes programmal *számított*, és a helyszíni inklinométerrel *mért tényleges alakváltozását* hasonlítom össze, ábrával szemléltetem, és az eredményeket kiértékelem.

A tervezett és a tényleges alakváltozás közti különbség lehetséges okait számba véve, a talajfizikai paraméterek kedvezőbb értékeivel számolva, újra ellenőrzöm az így kialakult mozgások nagyságát.

A szakdolgozatom elkészítése során elsőként a karon szerzett tudást, szakmai tapasztalatot, valamint a kar által kiadott szakirodalmakat használom fel és alkalmazom.

2. Munkatér-határolások

Az alábbi fejezetben szeretném ismertetni a munkatér-határolások módjait, s azok jellemzőit. Gyakran találkozunk azzal a problémával, hogy a kialakított földfelület önmagában nem áll meg, ilyenkor a földtömeget valamilyen szerkezettel kell megtámasztanunk. Két fő csoportba oszthatók a határoló szerkezetek, lehetnek állandó vagy ideiglenesek. Az ideiglenes megtámasztó szerkezeteket általában munkaterek (munkaárkok, munkagödrök) és mélyépítési feladatok oldalhatárolásánál használjuk. A megfelelő mód megválasztását sokféle *körülmény* befolyásolja, a fontosabbak:

- a talaj és talajvízviszonyok,
- térszénre ható statikai és dinamikai terhelések, hatások,
- létesítmény méretei és rendeltetése,
- környezet beépítettsége,
- rendelkezésre álló eszközök és idő.

Az oldalhatárolás *jellege* szerint megkülönböztetünk:

- rézsús határolást,
- dúcolást (fa, vas, vasbeton elemekkel),
- szádfalat (fa, vas, vagy betonlemezekkel),
- réselt-vagy cölöpfalat,
- föld-, szikla- vagy betongátat, zárógátat,
- talajszegezést.

A fenti határolások egy része lehet önmagában állékony, ilyenek a rézsúk, gátak, a befogott szádfalak, a nagyszekrények. Megtámasztást igényelnek a dúcolások, a szádfalak több típusa és a réselt vagy cölöpözött falak.

A megtámasztás *fajtája* szerint lehetnek belülről megtámasztott szerkezetek:

- dúcokkal (vízszintesek vagy ferdék),
- hevedergyűrűvel,
- belső föld vagy kötöttéssel,

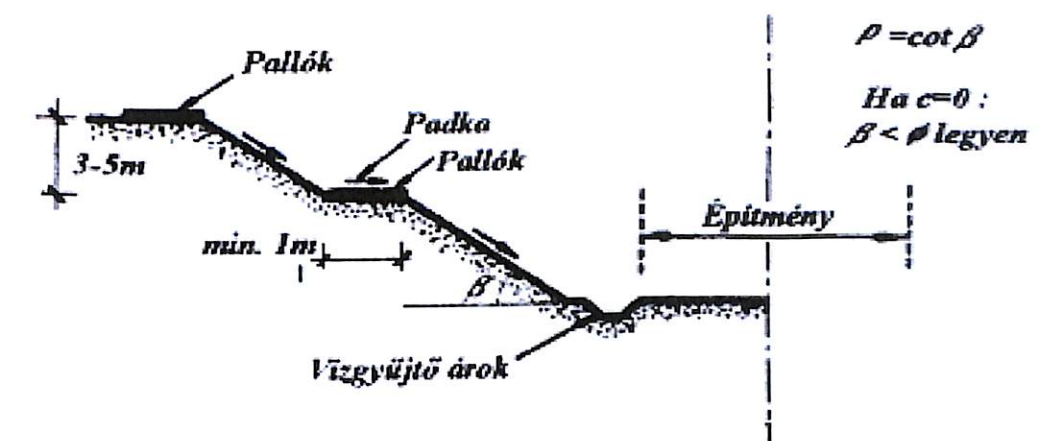
valamint kívülről "megtámasztottak":

- horgonyrúddal,
- horgonycölöppel.

2.1. Rézsűs munkatér-határolás

A legegyszerűbb munkatér-határolási mód a megtámasztás nélküli földrézsűvel történő körülzárás. *Előnye*, hogy kialakítása egyszerű, kicsi az anyag szükséglet, *hátránya*, hogy a térszínen nagy helyet igényel és nagyobb földtömeg mozgását teszi szükségessé. A földrézsű hajlásánál figyelembe kell venni a felszínen működő esetleges terheket is (munkagépek, depóniák, stb.). Nagyobb mélységek esetén padkákkal kell fokozni a rézsű stabilitását.

A talajvíz hirtelen felemelkedése átázthatja a földfal alsó részét, ami az egész földtömeg bomlását okozhatja. Emellett károsan befolyásolja a földrézsű állékonyságát a közelében lévő dinamikus hatások (szádfalazás, cölöpverési munkálatok), esetleg a forgalom okozta hatás.



2.1. ábra: Rézsűs munkagödör határolás [1]

A helyesen kialakított földrézsűt célszerű megóvni a káros hatásoktól. A felső élét és a padkákat, pallókkal kell védeni, és a felszíni vizek elvezetéséről is gondoskodni kell. A munkagödörbe kerülő vizeket a rézsű lábánál árok segítségével kell eltávolítani.

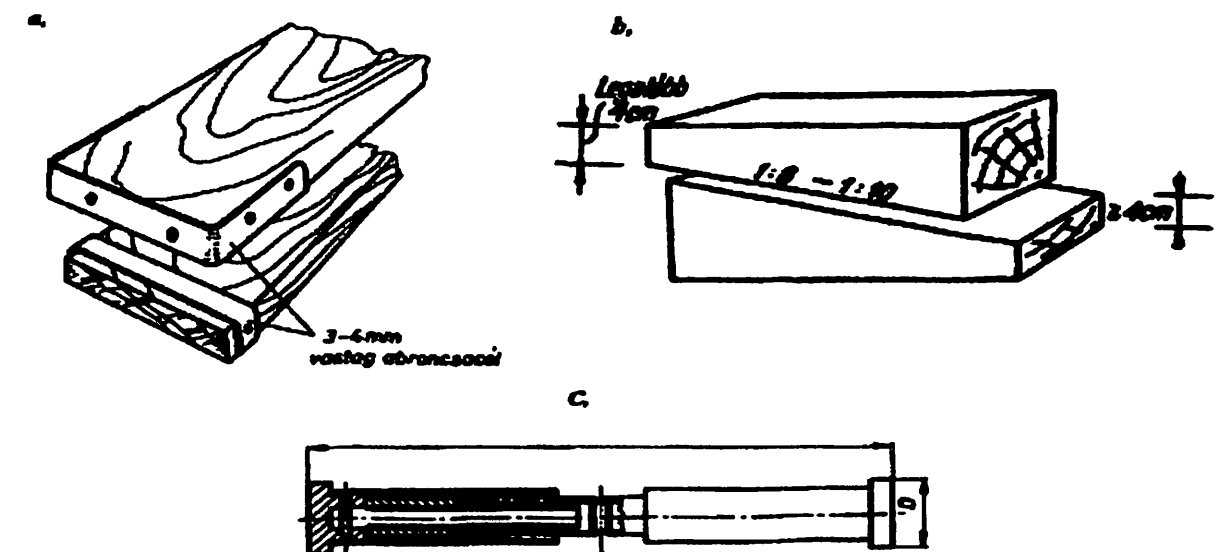
2.2. Hagyományos dúcolás

A dúcolás földmegtámasztást jelent, amelynél az alapgödört határoló földfalak nyomását fa vagy acélpallók, illetve táblák, ezekre merőleges hevederek és a hevedereket megtámasztó dúcok rendszere veszi fel. A földfalak bizonyos magasságig megtámasztás nélkül is megállnak. Az alábbi esetekben alkalmazunk dúcolást:

- ha fél méternél mélyebb gödröt kell mélyíteni nedves homokban vagy iszapos talajban,
- ha két méternél mélyebb gödröt kell mélyíteni kemény talajban,
- ha a gödör, közlekedési útvonalak mentén, átjáróknál, épületek mellett készül,
- ha a gödör közelében gépek vagy munkaeszközök dolgoznak, amik rezgést keltenek a talajban.

A dúcolás anyagai

A dúcolás általában fából készül, vas, illetve acél kapcsolóelemek felhasználásával. A dúcoláshoz általában III. osztályú faanyagot kell használni. A pallók vastagsági mérete legalább 48 mm, szélessége általában a vastagság négyszerese, vagyis legalább 20 cm, hosszuk pedig kb. 5- 6 m. A pallók végeit acélbronccsal kell a szétrepedéstől megvédeni. A dúcok átmérője legalább 12 cm legyen, a végeit 2 cm hosszúságban kúposra kell faragni. Az ékek csak keményfából készülnek. A hevedereket a dúcokkal 1,5 m-nél szélesebb gödörben ácskapcsokkal kell összefogni. Fadúc helyett célszerűen alkalmazható csavaros acéldúc, mely nagyobb teherbírási jellemzőkkel bír.

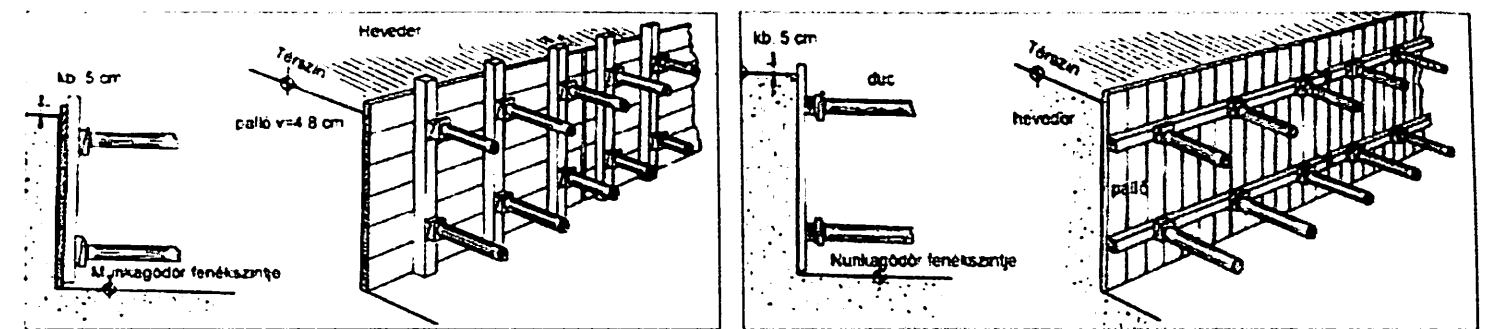


2.2. ábra: Dúcolatok elemei [1]

Állított pallózás

A gödör lemélyítése után a dúcpallókat vízszintesen vagy függőlegesen beállítják a munkagödörbe, rájuk merőlegesen elhelyezik az összefogó hevedereket és ezeket a dúcokkal megtámasztják. Kemény, nem omlós talajban főleg kisebb mélységeknél megengedhető a hézagos pallózás.

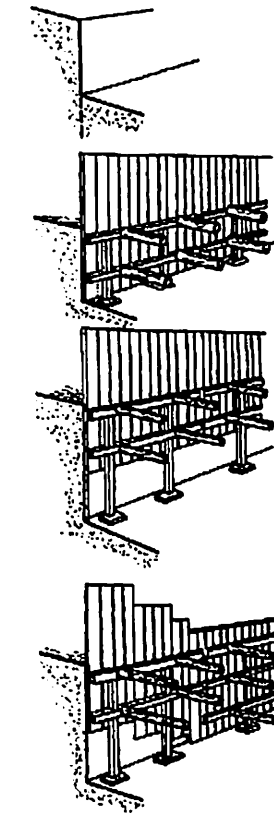
A 6 méternél mélyebb munkagödröket szakaszokra bontják. Ezt lépcsős mélyítésnek hívják. Részben azért mert a földfal nem áll meg hosszabb időn át és így elkerülhető a hosszú függőleges elemek alkalmazása.



2.3. ábra: Állított pallózás [II]

Utánhajtott pallózás

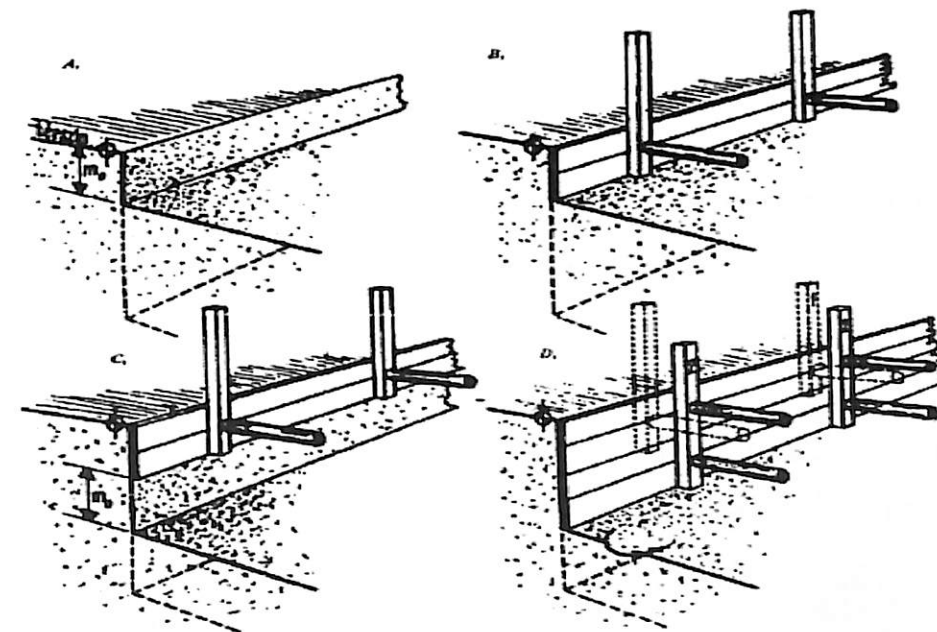
Abban az esetben szükséges, ha a gödör mélysége nagyobb, mint m_0 . Első lépésként kiássák a gödröt ameddig a földfal kellő biztonsággal megáll megtámasztás nélkül. Ezután beállítják a függőleges pallókat, majd vízszintes hevederekkel megtámasztják és kidúcolják. Így tovább mélyíthető a gödör ismét m_0 mélységig, majd az ékek meglazítása után a pallókat leverik a gödör aljáig. A mélység növekedésével egyre nehezebb a leverés ezért 3 méter mélység fölött lépcsőzést alkalmaznak.



2.4. ábra: Utánhajtott pallózás [II]

Vízszintes pallózás és lépcsős mélyítés

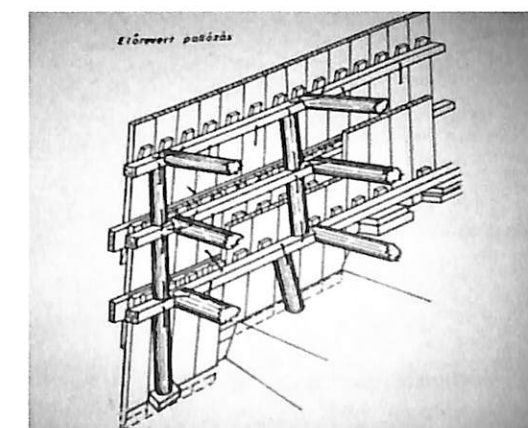
Abban az esetben alkalmazzuk, ha a $H > m_0$. Először kiássák a gödröt m_0 mélységig, majd elhelyezik a vízszintes pallókat, megtámasztják őket függőleges hevederekkel és ezeket kidúcolják. Majd tovább mélyítik a gödröt m_0 mélységgel, ezután újabb vízszintes pallókat helyeznek az előzőek alá és újabb hevedereket állítanak be, amelyek az összes pallót megtámasztják. A módszer előnye, hogy a pallók könnyebben kicserélhetők és hosszuk nincs annyira korlátozva, mint a függőleges pallóké.



2.5. ábra: Vízszintes pallózás, lépcsős lemélyítés [II]

Elővert pallózás

Ritkán alkalmazzák, de szükséges akkor, ha a gödör fala még néhány decimétert sem áll meg függőlegesen. A földkiemelés előtt vízszintes koszorúgerendát helyeznek el a térszínen. Megtámasztják, majd mellette, kifelé hajló tűzöpallókat vernek le. Ezek védelme alatt kiemelik a földet úgy, hogy a pallók vége 25 centiméterrel a gödör szintje alatt legyenek. Ezután a gödör alján vízszintes hevedereket helyeznek el amiket kidúcolnak, a koszorúgerendát függőleges oszlopokkal alátámasztják. Nehéz verési körülmények között acél szádlemezeket alkalmaznak.



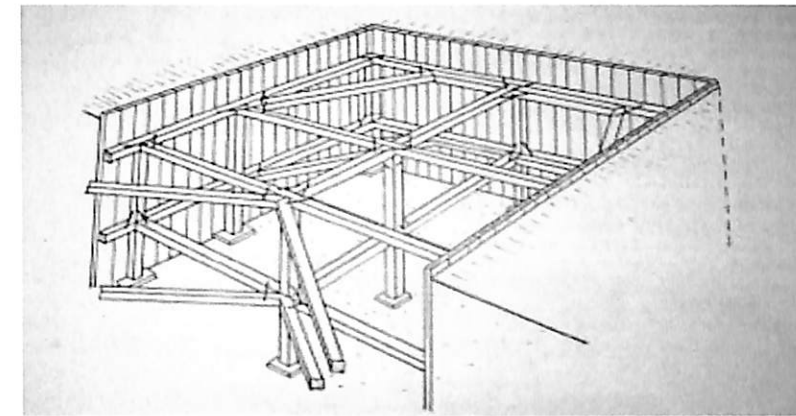
2.6. ábra: Elővert pallózás [II]

Megtámasztás keskeny munkaárok esetén

A minimálisan szükséges szélesség 1 métertől 2,5-5 méterig terjed. Általában közművek vagy sávalapok építésénél alkalmazzák ezt a módszert.

Megtámasztás széles munkagödör esetén

A 3 méternél szélesebb gödrök dúcolásánál figyelembe kell venni a kihajlás veszélyét. Ez okból a dúcokat kellően, minden irányban erősen kell kimerevíteni.



2.7. ábra: Dúcok kimerevítése [II]

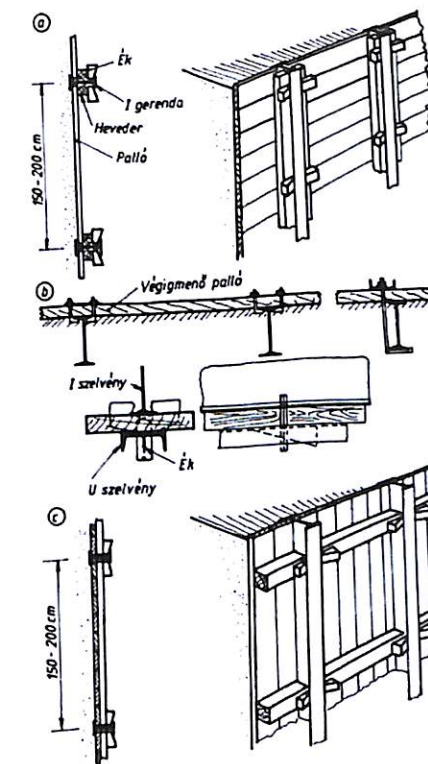
Nagy szélesség esetén ferde megtámasztás alkalmazható, ha a munkagödörben elegendő hely áll rendelkezésre. Hely hiányában a hevedereket helyzetét kihorgonyozással kell biztosítani.



2.8. ábra: Ferde megtámasztás [II]

2.3. Berli (Siemens) dúcolás

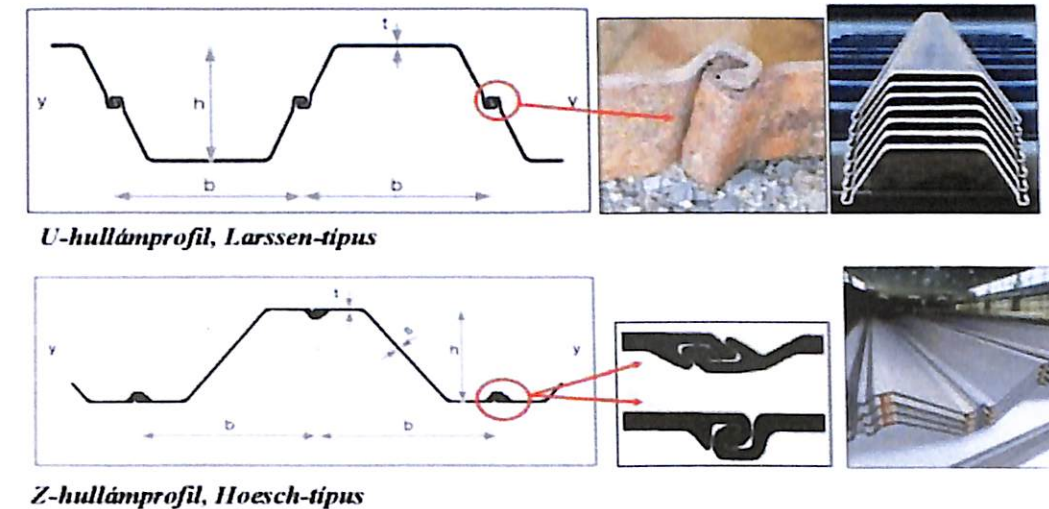
A 6 méternél mélyebb és 3-4 méternél szélesebb munkagödrök megtámasztására használható. A gödör határa mentén I gerendákat vernek a talajba egymástól 2 méter távolságra, ezek közé megfelelő hosszúságú vízszintes vagy függőleges pallókat csúsztatnak. A vasgerendák a fenékszint alá vannak verve, felül pedig dúccokkal támasztják meg vagy hátrahorgonyozzák őket.



2.9. ábra: Siemens dúcolás [II]

2.4. Szádfal

Talajba vert, egymáshoz hornyokkal kapcsolódó szádpallókból álló fal, mely a hornyolt kapcsolatnak köszönhetően jó vízzárást biztosít. Különösen előnyös ideiglenes hornyolt kapcsolatnak köszönhetően jó vízzárást biztosít. Különösen előnyös ideiglenes munkagödör körülzárására, ha az alsó vége vízzáró rétegbe nyúlik, ezáltal könnyebb a munkatér víztelenítése. Elsősorban acélból készülnek, melyeket veréssel, vibrálással vagy sajtolással hajtanak a talajba. Azonban készülnek fa és vasbeton anyagból is. Ismertebb típusa a hullámos vonalú pallók melyek lehetnek U vagy Z alakúak.



2.10. ábra: A legismertebb szádpalló típusok [III]

Egyre nagyobb teret hódít a Geoflex rendszer, amely az acél, vagy keményfa anyagú szádfalak helyettesítésére használt alternatív, műanyag szádfal rendszer. A műanyagból készült szádfal hosszú élettartamú és jó ellenálló képességgel bír, emellett ellen áll a természetben előforduló káros hatásoknak is (rágcsáló kártevés, sós-édesvízi hatás). A műanyag szádfalak *előnye* a többi építőanyaggal szemben a hosszú élettartamon kívül még az, hogy az anyaga környezetbarát. A felhasznált műanyag, általánosan használt vegyi anyagokkal érintkezve nem oldódik, és a talajvízbe nem bocsát ki semmilyen mérgezőanyagot. A Geoflex 30 cm széles, lenyomott szelvény, minden nehézség nélkül a kívánt méretűre lehet vágni. Tömege hullámos lemez esetén kb. 9 kg/m², ezért a termék még nagy hosszúságoknál is könnyen kezelhető. A műanyag szádfalat vibrátoros leveréssel, vízsugaras berendezéssel, esetleg dinamikus tömörítéssel, vagy kotrógép segítségével történő benyomással lehet beépíteni. Ragaszthatók, összehegeszthetők, összevarrhatók és át lehet őket meg. A Geoflex szádfalak használatának a megtervezéséhez ugyanazokat a számítási módszereket lehet alkalmazni, mint az acélból és fából készített szádfalak esetében.

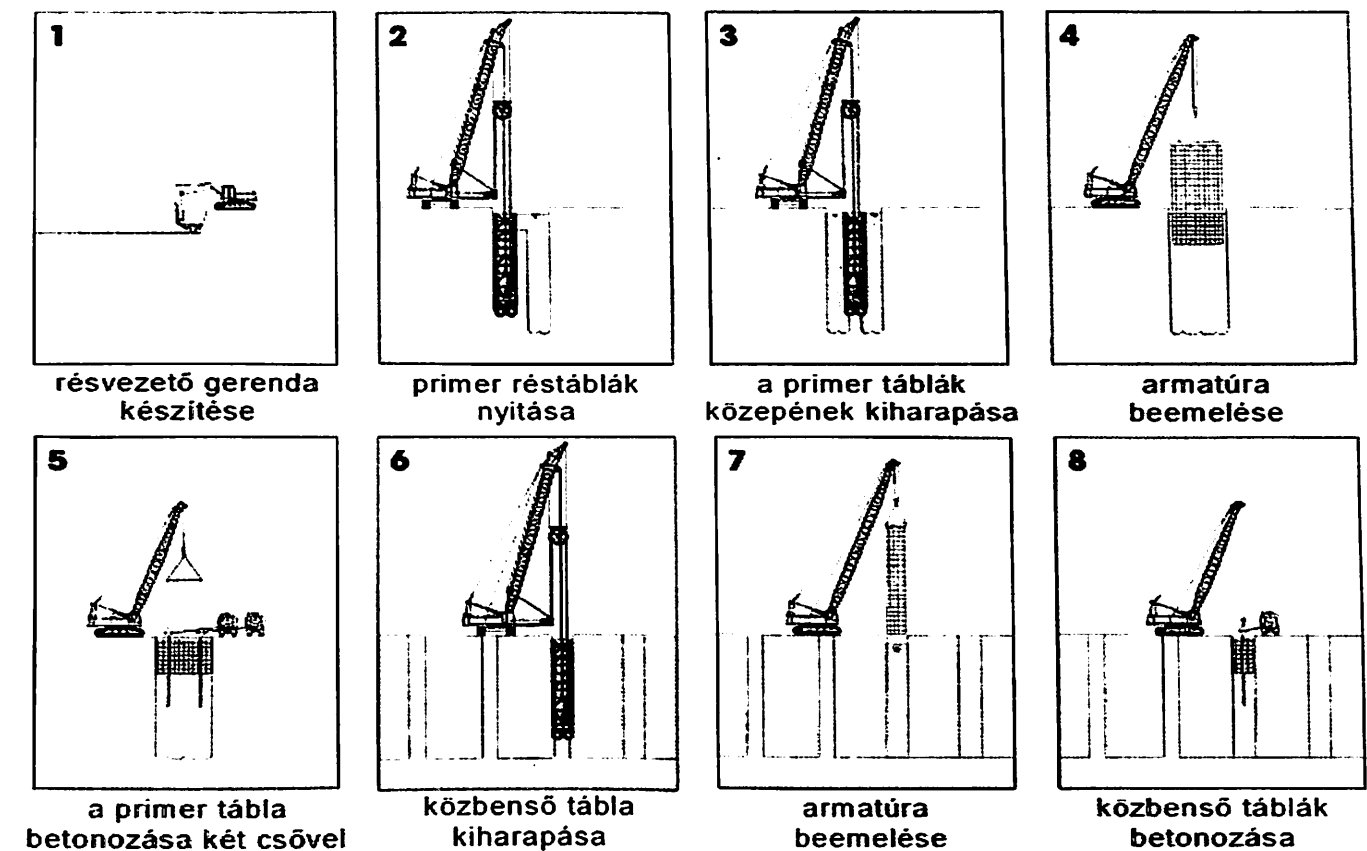
2.5. Résfal

Korszerű építési technológia. A résfalak tetszőleges mélységig- és hosszúságig elkészíthető réstáblákból állnak. Anyaguk általában vasbeton. A talaj kiemeléséhez speciális, kizárólag erre a célra kifejlesztett gépeket alkalmaznak, miközben résiszappal

gátolják a fal beomlását. Az armatúra elhelyezése után kibetonozzák a réstáblákat. Alkalmazási körük elég széles. *Használhatják:*

- munkatér-határoláshoz, meglévő épület mellett,
- felszín alatti szerkezetek végleges oldalfalaként,
- lejtők stabilizálására.

Építésük elég költséges, alkalmazásuk akkor *előnyös*, ha egyszerre több funkciót is ellát. *Hátrányukhoz* sorolható, hogy nagy felvonulási teret igényelnek.



2.11. ábra: Résfalazás technológiai lépései [1]

Első lépésként a résvezető gerenda építik meg, ami a leendő résfal két oldalán készül és 1-2 méter mélységig nyúlnak le. *Szerepük*, hogy

- geodéziailag kijelöli a rés helyét,
- megvezeti a réselőgép kanalát,
- felső laza talajzónát megtámasztja,
- felül a résiszap szökését megakadályozza,

- szakaszolóelemet tartja, (vastag rész esetén a palló be/kiemelésekor a gép alapja, méretezni kell),
- armatúrák tartása,
- rendezett felszínt biztosít.

A földkiemelést speciális gépekkel végzik. Az első alaptípus a markológépek. Ezek ciklikus üzeműek (leengedés - harapás - kiemelés - ürítés gépkocsira), merev rúdon mozognak vagy kötélén függenek, hidraulikus vagy mechanikus erőátvitellel dolgoznak. Alkalmazásuk maximum 30 méterig gazdaságos. A második típus a folyadékcsállítású berendezések (hydrofrézerek). Folyamatos üzemmódúak (talajaprítás - zagykiszivattyúzás - ülepítés). Egyes típusaiknál függőleges tengelyre szerelt fogak, fúrófejek, másokon vízszintes tengelyű marótárcsák forogva aprítják a talajt. A marótárcsás az egyetlen olyan réseleési mód, amellyel a függőleges irányú eltéréseket valós időben lehet mérni, és ezzel együtt korrigálni. Alkalmazásuk költségesebb, 25 méternél nagyobb mélységtől lehet gazdaságos.

A rések szélessége 40-120 centiméterig terjedhet, de átlagosan 60 centiméteres réstáblákkal dolgoznak. Egyidejűleg maximálisan 5-6 méter hosszú réstábla lehet nyitva. Mélységét tekintve átlagosan 6-30 méterig terjednek, de készítettek már 120-150 méter mélységű résfalat is.

A rés állékonyságának biztosítása érdekében resiszapot használnak, amely tixotróp tulajdonságú bentonitos zagy. A tixotróp egy olyan tulajdonság, amely, nyugalomban megdermed, azonban rázás, keverés hatására ismét folyadékszerű lesz, miközben a térfogata állandó. Ez a változás akárhányszor megismétlődhet. Az résbe kerülő szuszpenzió a földfal felületén, néhány mm vastag vízzáró kéreget képez, amely megakadályozza a folyadékvesztést. Erre a vízzáró kéregre támaszkodik a resiszap, és ha felszínét megfelelő szinten tartják, akkor képes ellensúlyozni a kívülről befelé irányuló föld- és víznyomást. Újabban bentonit helyett utólag lebomló szintetikus polimer műanyagokat is használnak környezetvédelmi okokból.

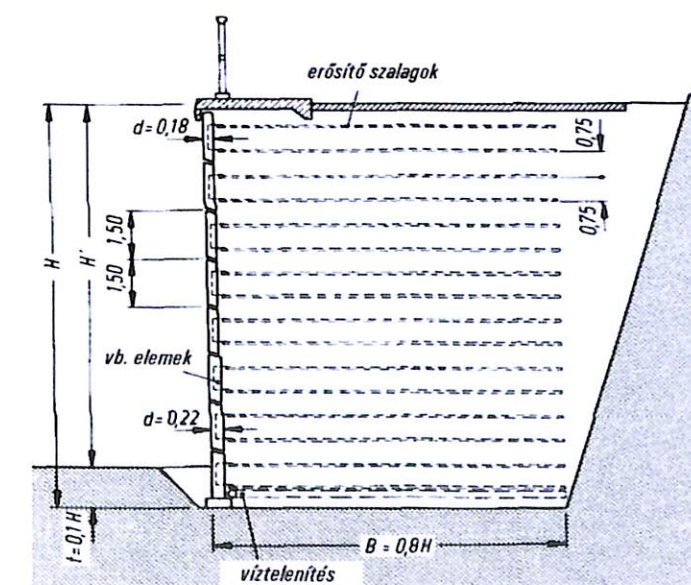
A vasszerelés andráskereszttel merevített kettős háló, ami emelés közben biztosítja a merevséget. Az armatúrához különböző szerelvényeket rögzítenek. Ezek lehetnek:

- horgonyok átvezetésére alkalmas csőszerű elemek,
- emelőkampók,
- falhoz csatlakozó alsó fenéklemez.

A betonozás, vízalatti betonozás technológiával, betontölcsérrel történik. Miközben a zagy kiszorul a résből. Betonozást a réselés befejezése után mielőbb, de legkésőbb 4-5 óra múlva meg kell kezdeni. Betonozás előtt alj tisztítását kell végezni. A betonminőséget a fal elkészülte után, általában radioaktív izotópos vagy szeizmikus vizsgálattal ellenőrzik. Betonozáskor a csövet a réstalp fölé 10 centivel leengedik, majd kihúzzák belőle a dugót. A cső minimum 2-3 méterrel legyen a beton szintje alatt. A betontáblák tetején a zaggyal keveredett betont le kell vésni és a táblák együttdolgozását is biztosító fejgerendát kell készíteni.

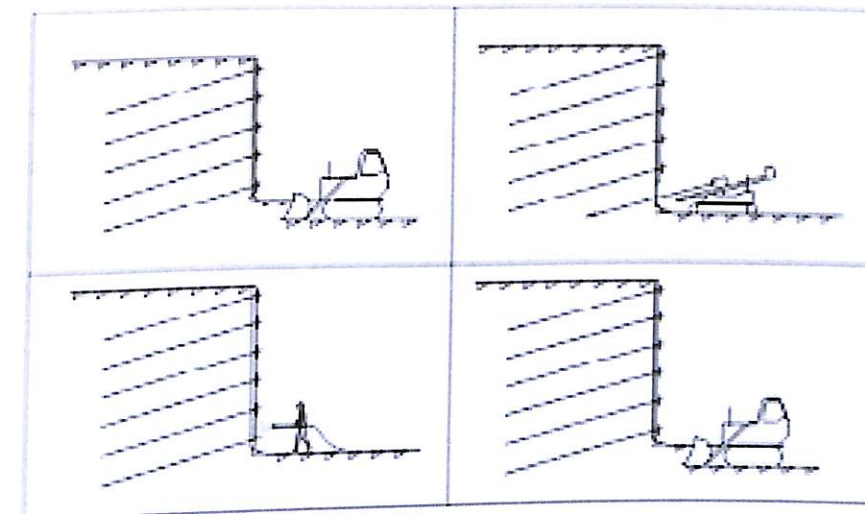
2.6. Talajszegezés, vasalt-föld támfalak

A vasalt-föld támfalakat töltések megtámasztására építik. A homlokfal főként előregyártott vasbeton, de készülhet fémből, műanyagból, illetve geotextíliából. Az elemek hátlapjához a talaj vasalásaként acél-, vagy műanyag szalag csatlakozik, ezek kötik be a falelemeket a háttöltésbe. A fal legkritikusabb eleme a szalagok korróziója, amit részben nagyobb vastagsággal, és felületvédelemmel ellensúlyoznak. A háttöltést tömöríthető, szemcsés, mállásra nem hajlamos talajból kell készíteni. A belső stabilitás vizsgálata a betétek szakadással és kihúzódással szembeni biztonságának a meghatározását foglalja magában. Az erősítő szalagok révén a háttöltés húzóerő felvételére is alkalmas, és egy jól tervezett szerkezet egy vasbeton testhez hasonlóan összefüggő tömbként viselkedik.



2.11. ábra: Vasalt-talaj támfal [1]

A szegezett falak elsősorban a bevágások, nem állékony domboldalak, sziklarézsük megtámasztására szolgálnak. A szakaszos (mind vízszintes, mind függőleges értelemben szakaszolt) földkiemeléssel párhuzamosan készülő munkatér-határolás, ami a betonacél-talajszegekkel együttdolgoztatott földtömeg és a rézsűfelületre fektetett, a szegekhez erősített betonacél háló vékony (5-15 cm) löttbetonos bevonásával épülő vb. szerkezetként áll elő. A vert vagy injektált szegeket a várható csúszólap mögé elegendő hosszúságba kell vezetni.



2.12. ábra: A lött betonos szegezett fal kialakításának munkafolyamata [III]

2.7. Talajfagyasztás

A technológia alkalmazására akkor kerül sor, ha talajvíz alatti vastag homok vagy kavicsrétegben kell mély munkagödröt kiemelni, és a vízzáró réteg olyan mélyen van, hogy szádfalakkal vagy résfallal gazdaságosan nem érhető el. A technológia lényege, hogy mesterséges hőelvonással szilárd, vízzáró falat létre hozni, amely a fagyasztási üzem tartalmára önmagában állékony oldalhatárolást képez. A módszer előnyei, hogy:

- tökéletes vízzárást biztosít,
- nem igényel más oldalhatárolását, megtámasztást,
- szinte minden talajban alkalmazható,
- gépház rövidebb üzemzavara nem gátolja a munka menetét.

Hátrányai, hogy:

- bonyolult gépi berendezés alkalmazása szükséges,

- költséges,
- előkészítés hosszadalmas, a fagyasztott fal kialakítása 2-3 hónapig is eltarthat,
- áramló vagy sós vízben kisebb hatásfok, esetleg nem használható,
- a fagyott talajtömeg felengedése az eredeti hőmérsékletre évekig is eltarthat,
- fagyveszély elkerülésére a szerkezeteket szigetelni kell.

A talajfagyasztáskor a körülzárando tér alaprajza mentén egymástól 1,2-1,5 m távolságra furatokat mélyítenek, a fagyasztó kutakban mélyen hűtött, alacsony fagyáspontú folyadékot keringetnek, ami hőt von el a talajból és idővel a kutak körüli fagyhengerek összeérnek. Ez az aktív fagyasztás szakasza. Ezután csak a fal fenntartásához szükséges hidegmennyiséget kell pótolni. A fagyasztás lehet:

- kétfázisú,
- egyfázisú,
- hűtött levegős.

A fagyasztást a falra merőleges kémlelőkutakkal ellenőrzik. A fagyasztott talaj szilárdsága függ:

- talajféleségtől,
- hőmérséklettől,
- víztartalomtól.

2.8. Cölöpfal

Magát a technológiát a 4. fejezetben ismertetem részletesen.

3. Cölöpök osztályozása, építési technológiája

A dolgozatomban vizsgált munkatér-határolás, összemetsző cölöpökből áll, így először magát a cölöp alkalmazási körét, osztályozását mutatom be, majd a cölöp készítésének technológiáját.

3.1. Alkalmazási kör

- felhasználják őket új épületek alapozásnál,
- régi épületek alapozásának megerősítésénél,
- talajjavítás céljából,
- földmegtámasztásnál.

3.2. Csoportosításuk, osztályozásuk

3.2.1. Teherátadás módja szerint

- álló,
- lebegő,
- vegyes cölöp.

3.2.2. Igénybevétel módja szerint

- nyomott,
- húzott,
- hajlított cölöp.

3.2.3. Anyaguk szerint

- fa,
- acél,
- beton,
- vasbeton,
- kő,
- esetleg műanyag cölöp

3.2.4. Készítés módja szerint

- előre gyártott,
- helyben készített cölöp

3.2.5. Méret szerint

- rövid cölöpök a 3-5 m hosszú, voltaképpen síkalap helyett készülő cölöpök, amelyek előnye abban áll, hogy velük földmunkát, dúcolást, falazást, víztelenítést lehet elkerülni, és emellett a munka jól gépesíthető. Sikeresen használhatók a zsugorodási károk elhárítására,
- normális átmérőjűnek a hagyományos, 30-50 cm átmérőjű vert vagy fúrt cölöpöket nevezik,
- az 50 cm-től nagyobb cölöpöket nagy átmérőjűnek nevezzük, ez akár 1-2 m is lehet,
- mikrocölöp átmérője 80-250 mm, hossza 4-10 m között változhat.

3.2.6. Technológia szerint

- talajhelyettesítéssel készülő cölöpök, amelyek készítéséhez a talajt kiemelik, és a keletkező üreget töltjük ki a cölöp anyagával, miközben a környező talaj valamelyest lazulhat, ami teherbírás-csökkenéssel járhat, viszont nem terheli a környezetet a lehajtáskor sem zaj, sem rezgés
- talajkiszorítással készülő cölöpök, amelyek készítésekor a végleges cölöptestet, vagy egy alul zárt csövet hajtunk le a talajba, s ezzel a környezetet tömörítjük, ami teherbírás-növekedést eredményezhet, viszont a környezetet a lehajtáskori zaj, rezgés terheli, illetve zavarja.

Az előbbi idehaza szokás egyszerűen fúrt, az utóbbit vert cölöpnek nevezni

3.3. Cölöp építési technológiái

3.3.1. Előregyártott cölöpök

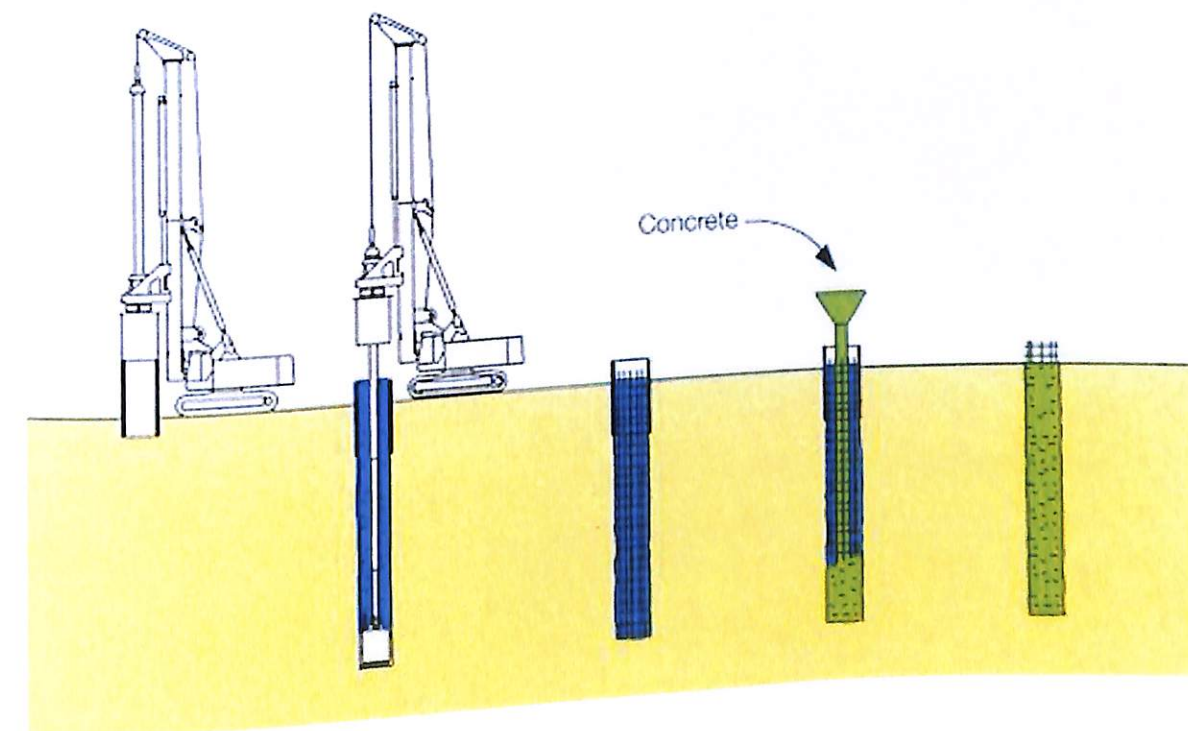
Alkalmazása előnyös akkor, ha a felső rétegek lazák, a verési ellenállás kicsi, és a közbelső rétegek tömörítése számottevően növeli a teherbírást. Továbbá feltétel, hogy a teherviselő rétegek helyzete, vastagsága, azaz a földtani felépítés megbízhatóan ismert legyen.

3.3.2. Helyben készülő cölöpök

Alkalmazása akkor *előnyös*, ha a változó talajrétegződéshez kell a cölöpök hosszával alkalmazkodni, a cölöpcsúcs átmérőjének növelése vagy a betonnak az érdes talajfelülethez való döngölése által jelentős teherbírás növekedés érhető el, vagy ha a cölöpveréssel járó rázkódások nem engedhetők meg. A továbbiakban az ily módon készült cölöpök típusait ismertetem.

3.3.3. Talajhelyettesítéses fűrt, zagymegtámasztásos cölöp

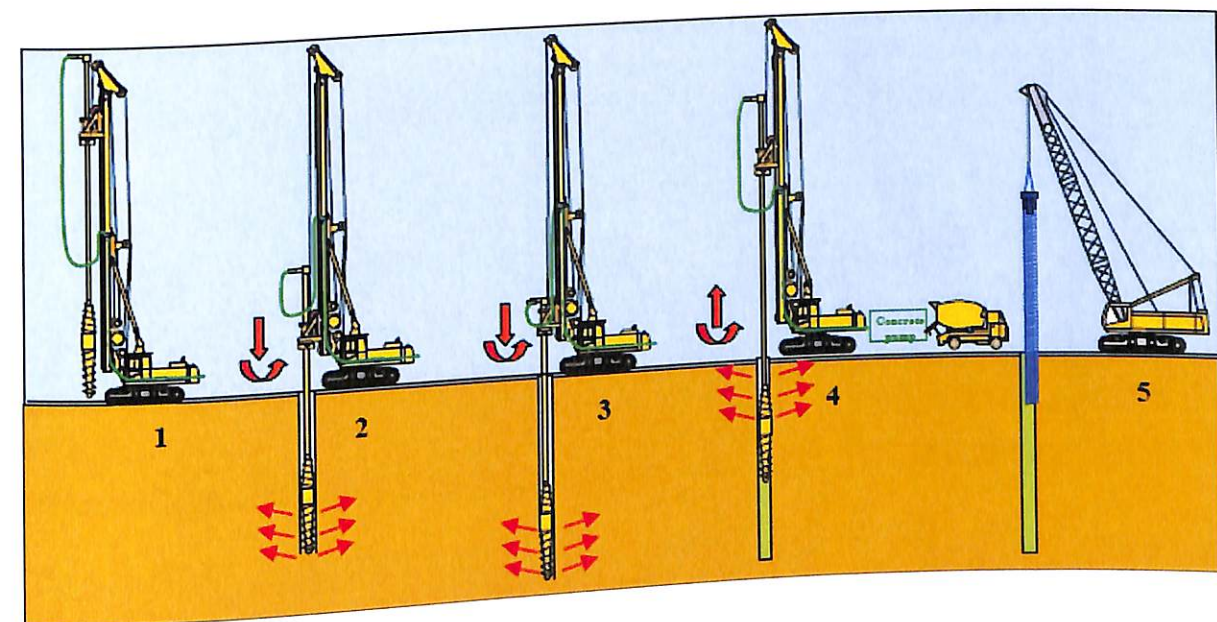
A technológia elsősorban nagy átmérőjű, nagy mélységű cölöpök kivitelezése esetén elterjedt, mivel a fűródobos földkiemelés és a zagmos furatmegtámasztásnak köszönhetően a fűrógép kapacitása nem jelent korlátot az elérhető fűrási mélység tekintetében. Másik *előnye*, hogy az előregyártott cölöparmatúra betonozás előtt kerül beépítésre, így a nagy mélységbe történő lejtuttatását a cölöpbeton nem nehezíti. Hazai körülmények között elsősorban nagy fesztávú hidak alapozásaként terjedt el. Alkalmazhatók bármely talajtípusnál, nagy átmérőjű- és terhelésű cölöpök készítésénél. Méretei elérhetik a 15-50 méteres hosszúságot és 80-180 centiméteres átmérőt. *Hátrányuknál* megemlíteném az összetett gépészeti technológiát és a lassú fűrásidőt.



3.1. ábra: Talajhelyettesítéses fűrt, zagymegtámasztásos cölöp készítésének munkafolyamata [IV]

3.3.4. Talajkiszorításos, fúrt, helyben betonozott cölöp

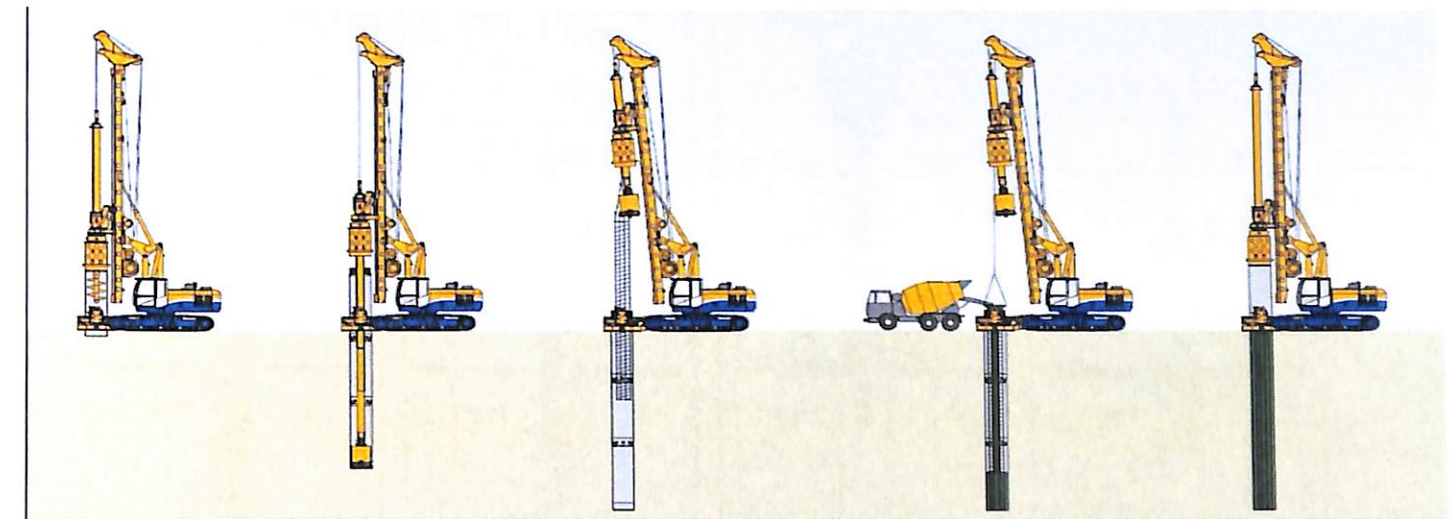
A technológia *előnye*, hogy a speciálisan kialakított fúrószerelek a fúrás során végig megtámasztja és tömöríti a talajt, melynek köszönhetően nő a cölöp fajlagos teherbírása az azonos méretű talajhelyettesítéses cölöpéhez képest. A kívánt fúrási mélység elérése után, a fúróspirál visszahúzásával egyidejűleg a szerelék belső üreges részén keresztül nyomás alatt betont pumpálnak a furatba. A technológia további *előnye*, hogy a felszínre csekély mennyiségű furatanyag kerül, így utólag annak elszállításáról és deponálásáról nem kell gondoskodni. Az elkészült friss cölöpbe vibrálás segítségével juttatják le az előregyártott betonacél armatúrát. Főbb felhasználási területük közé tartoznak a laza-szemcsés és gyengén kötött talajok, kis- és közepes terhelésű épületek, illetve talajjavítási célok. Kivitelezésük gyors és gazdaságos, maximális hosszuk (tapasztalatok alapján) talajtípustól függően maximálisan 20 méter és jellemző átmérőjük 300-600 milliméter között van.



3.2. ábra: Talajkiszorításos, fúrt, helyben betonozott cölöp készítésének munkafolyamata [IV]

3.3.5. Talajhelyettesítéses fúrt, védőcsöves cölöp

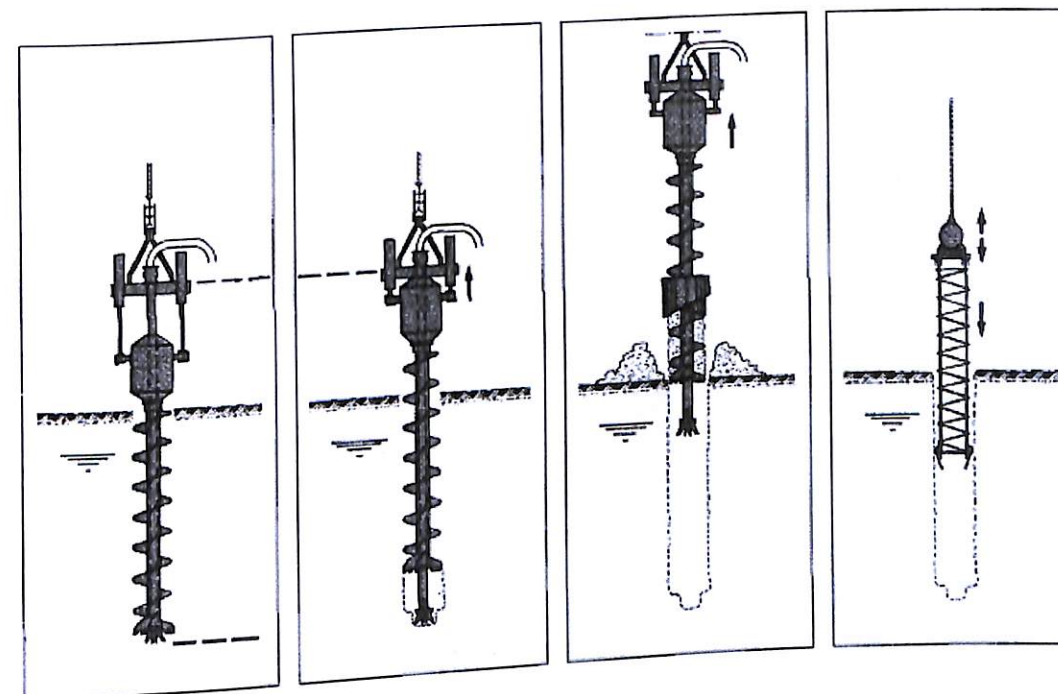
Szélsőséges talajviszonyok között is alkalmazható cölöpözési technológia. Lényege, hogy a védőcső lemélyítése párhuzamosan történik a furatanyag kitermelésével oly módon, hogy a védőcső a földkiemelés előtt jár. A köpenycső megfelelő ütemű visszahúzása mellett betonozó csővel végezzük a cölöp felbetonozását. A furat oldalfalának megtámasztását a felbetonozásig a védőcső biztosítja, ezáltal magas víztartalmú, iszapos talajokban is biztonsággal alkalmazható. Fő alkalmazási területe a más cölöpözési technológiával nem elérhető mélységek és átmérők, illetve a magas teherbírás szükségessége. Maximális fúrási mélysége kb. 100 méter, a hazai gyakorlatban a 30-40 méteres mélység eddig elegendőnek bizonyult. Az átmérők 80-150 cm terjednek.



3.3. ábra: Talajhelyettesítéses fúrt, védőcsöves cölöp készítésének munkafolyamata [IV]

3.3.6. Talajhelyettesítéses, CFA cölöp

Az elmúlt években, hazánkban is nagy teret hódított a CFA cölöpözés. A technológia lényege a „végtelen” spirálfúró, amely betonozó csőként is funkcionál. Az üregesen kialakított fúrószár lehajtása közben, a bennmaradó talajdugó megtámasztja a furatot, majd ezen keresztül kibetonozásra kerül a furat. A fúrószáron át, betonszivattyúval nagy nyomással viszik be a betont, ami feltolja a spirált és vele együtt a talajdugót, amit húzással segítenek. Az armatúrát utólag helyezik be a folyós betonba, szükség esetén vibrálással. Az így elkészített cölöpök átmérője 40-120 centiméter között változhat. Talajtípustól és átmérőtől függően, a cölöpök hossza 8-25 méter között változhat. A maximális méretű cölöpök kialakításához erős gépekre van szükség. A cölöpök *előnye*, hogy szinte minden talajtípus esetén nagy biztonsággal alkalmazható, és a technológia gyorsasága miatt nagy termelékenységet tesz lehetővé.



3.4. ábra: Talajhelyettesítéses, CFA cölöp készítésének munkafolyamata [1]

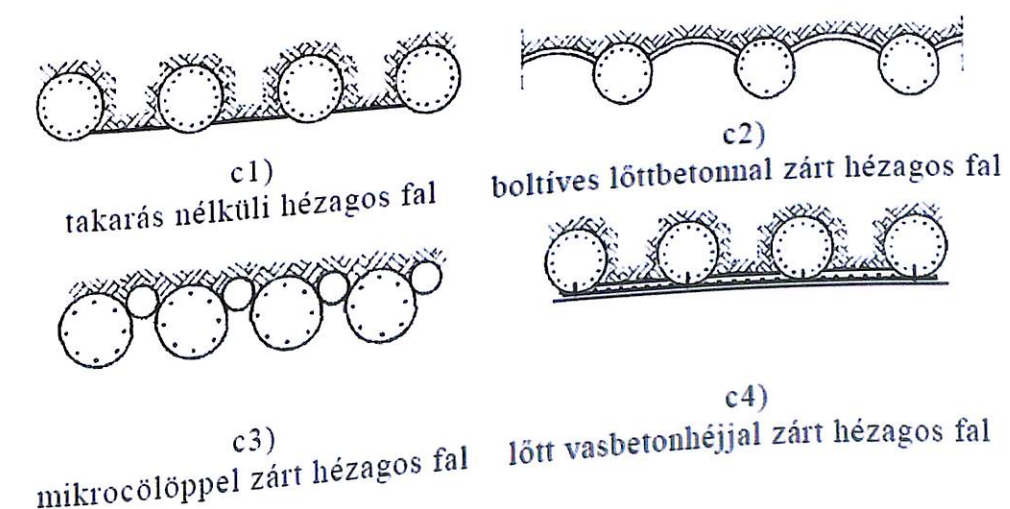
4. Cölöpfalas építési technológia

Cölöpfal kialakítása során, egymás mellé, sorban, általában fúrással lehajtott cölöpökből földmegtámasztó szerkezet készíthető, mely sok esetben előnyösebb is lehet a résfalnál. Készítése ugyanis egyszerűbb, kisebb a helyigénye, és a cölöpöző gépek lejtős terepen is fel tudnak állni, illetve vannak olyan talajrétegződések melyeknél a munkatér-határolást előnyösebb és gazdaságosabb cölöpfallal megoldani. Elsősorban a vízszintes terhek felvételére készülnek ezért viszonylag nagy a hajlítási merevségük. Az 1.1.-es táblázatban ismertetem a cölöpfal típusokat és azok alkalmazási lehetőségeit különböző körülményeknél.

4.1. táblázat

Alkalmazási körülmények	Szerkezet típus			
	Hézagos	Érintkező	Összemetsző	Összemetsző, erősített
Állékony talaj	x			
Kedvezőtlen altalaji adottságok		x	x	x
Talajvízmentes terület	x	x		
Réteg víz		x		
Vízzárósági igény			x	x
Nagy földnyomás				x

Hézagos cölöpfalaknál különbséget teszünk:



4.1. ábra: Cölöpfal típusok [1]

A kivitelezés módját a munkagödör oldalfalának kialakítása, és a terület talajfizikai jellemzői határozzák meg.

A diplomamunkámban ellenőrzésre kerülő munkatér határolás, összemetsző cölöpfallal történik, így ezt technológiát mutatom be részletesebben. A vízzáróság érdekében a cölöpök helyét úgy tűzik ki, hogy a cölöp tengelyek egymástól való távolsága kisebb, mint a cölöpök átmérője, vagyis a cölöpök egymásba metszenek. Ezt nevezik egymásba metsző cölöpöknek. Ideiglenes és végleges szerkezetként egyaránt alkalmazhatók.

A cölöpfalakat szinte mindig, talajhelyettesítési technológiával készítik. Fúrással, esetleg markolással emelik ki az üreget. A legelőnyösebb furatbiztosítás a béléscsővezés. Azon túl, hogy teljes biztonságot nyújt, a szomszédos épületek számára a legszebb köpenyfelület előállítását teszi lehetővé. A béléscsővezés, viszont megdrágítja és lassítja a munkálatokat. A másik módszer melyet, alkalmazni szoktak a folyamatos (végtelen spirállal készített CFA) cölöp, melynek külső felületére utólag lőtt beton felületkiegyenlítés kerülhet.

Az összemetsző cölöpfalra térnek ki ebben a részben, hiszen a dolgozatomban bemutatott projektnél is ezt a megoldást alkalmazták. Az említett technológia *előnyei* közé sorolhatjuk, hogy egyidejűleg tölthet be munkagödör határolási, vízzárási és teherviselési feladatokat, így idő- és költségmegtakarítást jelent. Kisebb környezeti hatást kelt (zaj, dinamikus) kivitelezéskor, mint pl. egy szádfalazás. Készítése egyszerű, viszonylag kis helyigényű, továbbá foghíjbeépítés során kevésbé veszélyezteti a szomszédos épületek és a környezet állékonyságát. Nagy merevséggel bír és megépíthető kemény agyagok vagy akár tömör szemcsés talajok esetén is.

A technológia *hátránya*, hogy költséges, alkalmazása abban az esetben előnyös és gazdaságos, ha több funkciót is ellát. Akadályt képez a felszín alatti vizek áramlásának az útjában. Az áramlási kép megváltozása káros következményekkel is járhat.

5. Az alkalmazott cölöpfal készítés folyamatának lépései

A cölöp készítése, béléscsővel védett, fűrt, talajhelyettesítő technológiával készült, amit a 3.3.5.-ös fejezetben ismertettem.

5.1. Cölöpfal vezető gerenda készítése

A cölöpfal vezető gerendák a leendő cölöpfal két oldalán, a falszélességnek megfelelő távolságban készített vasbeton falak. Alkalmazásának okai:

- geodéziailag kijelöli a cölöpfal helyét,
- függőlegesen megvezeti a fűrőszerszámot
- rendezett felszínt biztosít.

Keresztmetszetük általában téglalap.

5.2. Cölöpkészítés

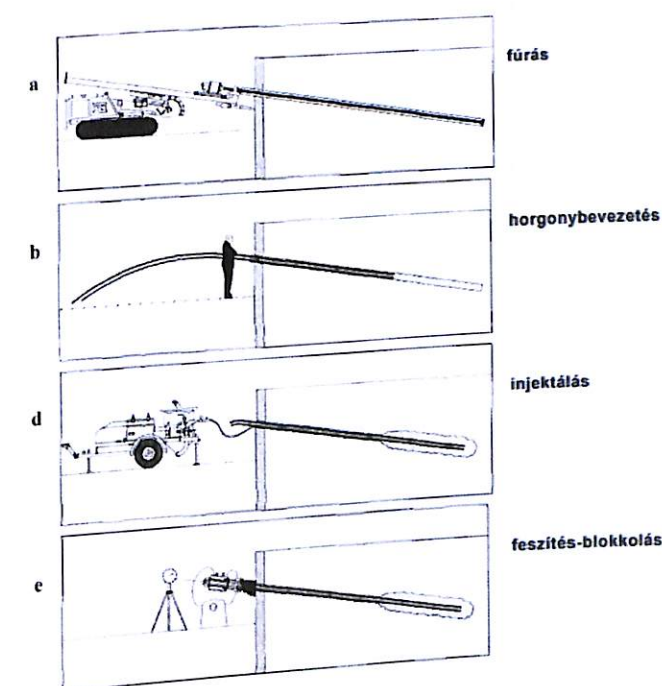
Az első lépés a cölöpök kitűzése. Ezt úgy hajtják végre, hogy az egymás mellett lévő cölöpök tengelytávolsága, kisebb legyen, mint a cölöpök átmérője, így a cölöpök egymásba metszenek. A fűrt cölöpfal építési sorrendje nagyon fontos. A frissen öntött, armatúra nélküli betoncölöp fűrhető, a vasalt cölöp azonban nem. A folyamat első lépéseként a primer cölöpöket készítik el, amelyeket általában a sarkoknál szoktak befűrni. Miután a két primer cölöp bebetonozódott, megfelelő távolságra egymástól, közéjük fűrják a vasalással ellátott cölöpöt. Ezzel a módszerrel tetszőleges számú cölöp egymás mellé fűrésével készül az egymásba metsző fűrt cölöpfal.

A furat oldalfalának megtámasztását kellő állékonyság esetén el lehet hanyagolni, vagy megtámasztani, betonszuzpenzióval illetve béléscsővel. Ennél a projektnél béléscső alkalmazására került sor. A béléscső mozgatásához speciális megfogó és sajtoló berendezésre van szükség. A béléscsővezetés folyamatos toldása nagyban lelassítja a munkát. A talajtípustól függően dobfúróval vagy spirálfúróval mélyítik le a cölöpöket. Szemcsés talajban a dobfúró alá kell sajtolni a béléscsővet, kötött talajnál elég, ha követi a spirálfúrót a cső. A megfelelő mélység elérése után beemelik az armatúrát a kijelölt cölöpbe, majd víz alatti betonozás technikájával a béléscső visszahúzása mellett kibetonozzák a furatot. A cölöpfal építése esetén a környezetében nem alakul ki közet-deformáció, nincs számottevő süllyedés, mert az építés minden

pillanatában, a fűrt lyuk meg van támasztva. A földkiemelés közbeni horgonyzásnál, figyelni kell arra, hogy horgonyok csak az armatúrával ellátott cölöpökbe kerüljenek.

5.3. Horgonyzás

A horgonyzott szerkezetek működési elvének az a lényege, hogy horgonyokkal az aktív csúszólap mögötti talajzónára hárítjuk a megtámasztó falra ható föld és víznyomást. A dolgozatomban vizsgált munkatérnél, a statikai számítás alapján a cölöpfal hátrahorgonyzása vált szükségessé, ezért a cölöpfal elkészülte és a megfelelő szilárdság elérése után, elkezdhető a földkiemelés, illetve a támasztó szerkezet megépítése. Ez lehet munkagödör esetén dúcolás vagy kihorgonyzás, illetve önmagában álló cölöpfal esetén hátrahorgonyzás. A horgonyzásnál a munkatér szabad marad, ezért nagy költségei ellenére is jellemzően ezt a megoldást választják, amennyiben ezt az egyéb körülmények lehetővé teszik.



5.1. ábra: A horgonyok készítésének munkafázisai [1]

Újabban szinte kizárólagosan fűrt, injektált, előfeszített horgonyokat készítenek. Van ideiglenes, vagyis 2 évnél rövidebb ideig használt, illetve tartós változatuk. A kettő elsősorban abban különbözik, hogy a tartós horgonyt fokozott korrózióvédelemmel kell ellátni.

Injektált horgonyokat a helyszínen létesített, a vízszintessel 0-45 fok hajlású furaton át sajtolással, vagy vibrálással juttatják a talajba. A furat tisztítása után a húzott

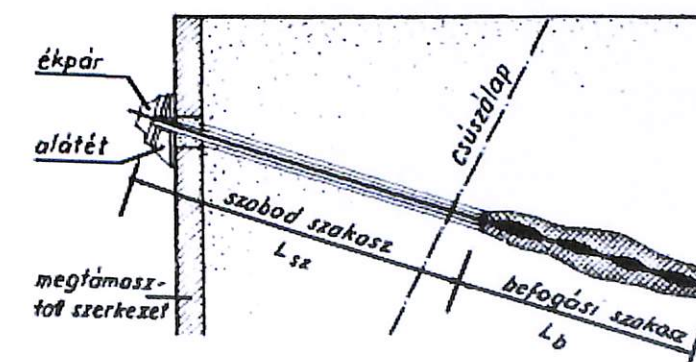
acél elemeket elhelyezik a furatokba, majd megfelelő hosszon végzett injektálással rögzítik a teherhordó altalajba. 8-12 nap elteltével, a teljes megszilárdulás után, megfeszítik a horgonyokat a tervezett igénybevétel 80-90%-ig. Ebben az állapotban a megtámasztó szerkezethez rögzítik.

5.4. Horgony részei

A horgonyfej egy ékpárból és alátétből áll, feladata a fal és a szár közötti kapcsolat biztosítása. A falra egy alátét fekszik fel, melynek külső lapja megfelel a horgonyok irányának. Ehhez a horgonyszárat csavarral vagy kúpos ékkel rögzítik. Előfeszítés esetén inkább az utóbbi szokásos. Pásmás horgonyszárat egyenként és együtt is lehet rögzíteni. Tartós horgonynál ezeket az elemeket védősapka fedi, melynek belső terét korrózióvédő anyaggal töltik fel.

A szabad szakasz a horgonyszár, ez közvetíti az erőt a fej és az injektált test között. Készülhet egyszerű betonacélból, de inkább a nagyszilárdságú acélpásmák használatosak. A szabad hosszon védőcsőben van a cső és a szár közötti teret korrózióvédő anyag tölti ki. A befogási szakaszon távtartók biztosítják, hogy a szárat a cementhabarcs mindenütt körbe vegye. Ugyanitt gyűrűkkel hullámosítják is a szárat, mert ezzel növelhető a horgony ellenállása.

Befogási szakaszon értjük, az injektált testet, melynek feladata az erő közvetítése a horgonyszárról a talajra. Az injektálás, a szár mellett végigfutó mandzsettás injektálócsővön keresztül történik. A nagy nyomással bejutó cementhabarcs a szemcsés talajokba behatol, míg a kötött talajokba csak befeszül. Ennek megfelelően a szemcsés talajokban jóval nagyobb lehet a horgonyteherbírás.



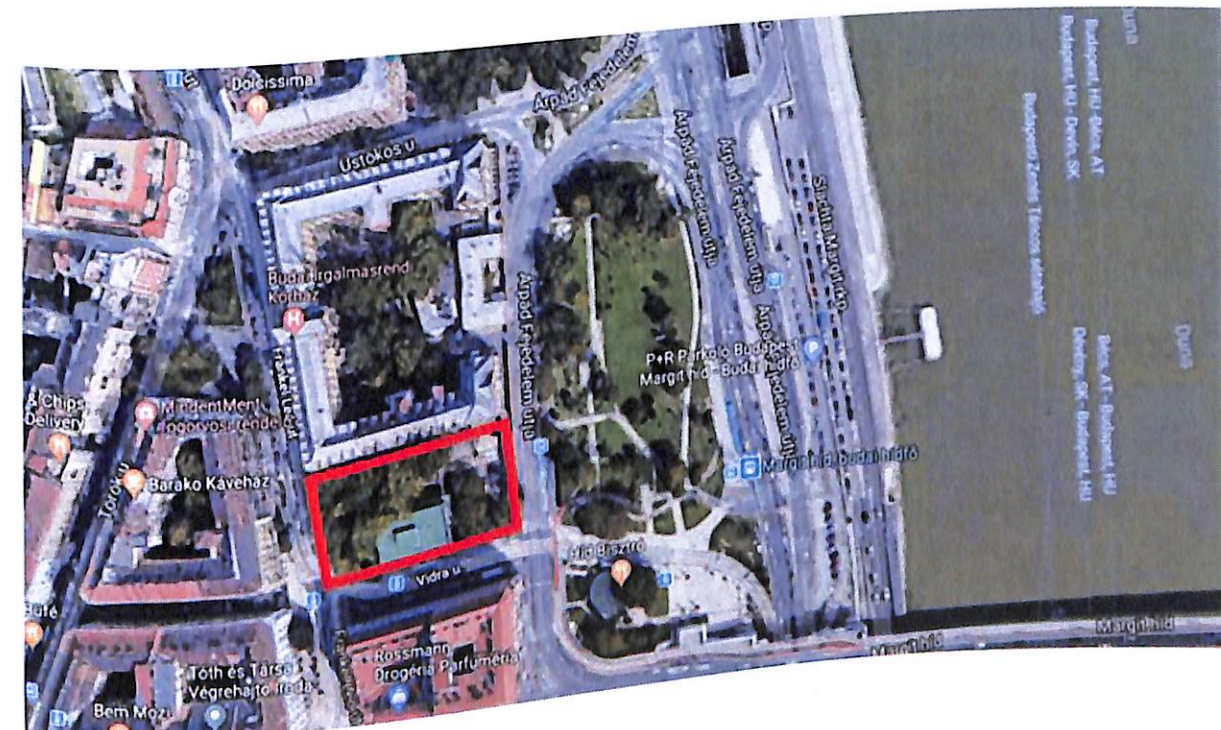
5.2. ábra: A horgonyzott szerkezet részei [1]

6. A vizsgált terület bemutatása

6.1. Helyszín leírása

A tervezési terület, Budapest II. kerület Frankel Leó út 17-19. szám alatt helyezkedik el, a Dunától mintegy 300 méter távolságra. Az építési terület 1800 négyzetméter kiterjedésű. A tervezett épület három utcával határos, melyek a Frankel Leó út, Árpád Fejedelem útja és a Vidra utca, negyedik oldalon a kórház meglévő régi épülete áll. Az Árpád Fejedelem út másik oldalán egy park, amíg a másik két utca szomszédos oldalán lakóházak találhatók. Az építési terület közvetlen környezetében mindennapos a sűrű tömegközlekedés, villamos-és autóbusz forgalom van jelen.

A munkálatok helyén a kórház patológiája, konyhája, gépészeti- és raktár épülete helyezkedett el, ami elbontásra került. A telken álló, jelenleg is működő kórházépület védett műemlék. A terület budapesti világörökségi helyszín, valamint nyilvántartott budapesti műemléki jelentőségű terület része. A tereprendezést követően kezdetét vette a cölöpfalas munkatér-határolás, amely megközelítőleg 213 fm-en épült.



6.1. ábra: Tervezési terület [V]

A vizsgálatok alapján, a tervezési területen összesen négy réteg különíthető el:

- Feltöltés
- Ártéri üledékek (iszap, agyag);
- Kavics terasz;
- Oligocén, illetve eocén alapkőzet.

A jelenlegi felszín, a hegylábi és Duna part közötti fekvésnek megfelelően, nagy vastagságban feltöltéssel rendezett. A kórház területén 5,2 – 8,7 méter vastagságban 98,1 – 100,2 mBf szintig lelhető fel heterogén anyagú, épület- és kötörmelékes, feltöltés. A fúrások több esetben régi beépítések maradványait találták el, a furadékkal korabeli építőanyagok (mészkö, tufa) és azok feldarált szemcséi jöttek a felszínre.

A feltöltés alatt vagy vékony, 0,5 – 2,4 méter vastag iszap - agyag ártéri fedőréteg, vagy közvetlenül a dunai teraszréteg települt. Ez a réteg helyenként teljesen elvékonyodik, némely vizsgálatban nem is jelentkezett. A réteg alsó zónája már a szemcsés, kavicsos rétegekkel keveredett zóna. Az elvégzett vizsgálatok alapján az iszap - agyag kis és közepes plaszticitású, jellemzően merev és gyúrható állapotú, összenyomódó, átlagos teherbírású réteggént értékelhető.

A kavicssterasz felső szintje 7,4 – 9,5 méter mélyen, a 96,9 – 98,9 mBf szintek között jelentkezik. A terasz barnásszürke, sárgásszürke, szürke színű, helyenként agyagos, iszapos megjelenésű, sok mintában azonban minimális iszap- vagy homoktartalom volt csak kimutatható. A szonda vizsgálatok alapján a szemcsés teraszanyag jellemzően tömör településű, de az agyaggal keveredett zónáiban visszaesések, lazább településű, kisebb teherbírású zónák is megfigyelhetők. A szondák a többnyire tömör, durva szemcsés kavicsos rétegben érdemi mélységet általában nem voltak képesek elérni.

A kavics alatt a területre jellemző szürke oligocén és eocén formációk jelentkeztek, ezek helyzete kis távolságon belül is jelentősen változott. Az alapkőzetet 11,2 – 15,4 méter mélyen, a 90,9 – 93,6 mBf szintek között érték el a feltárások. Az alapkőzet felső, mállott zónája (iszap, agyag) a terasz anyagával keveredett. A terület keleti oldalán szürke, sötétszürke oligocén korú agyag jelentkezett. Ugyanezt a réteget tártuk fel a műemléképület udvarán is. Az alapkőzetről (mind a Tardi agyagról, mind az eocén márgáról) általánosságban elmondható, hogy tömör állapotú, kiváló teherbírású, nem összenyomódó, helyenként közetszerű, helyenként pedig lemezesen, padosan elváló megjelenés jellemzi.

Jellemző talajréteg, talajfizikai jellemzői:

6.1. táblázat

Réteg megnevezése	Belső súrlódási szög Φ (°)	Kohézió c (kPa)	Térfogsúly γ (kN/m ³)	Vízáteresztő képesség k (m/s)	Poisson tényező μ (-)	Összenyomódási modulus Es (MPa)
Szemcsés anyagú feltöltés	10-36	0-30	17-19	$10^{-4} - 10^{-6}$	0.30	3-10
Iszap-agyag fedőréteg	20-28	16-24	18-20	$10^{-7}-10^{-9}$	0.35	6 - 14
Kavicsterasz (helyenként szürke agyagos)	34-44	0-5	20-22	$10^{-3}-10^{-5}$	0.25	30 - 80
Tardi agyagmárga	32-44	40-100	21-24	$10^{-8}-10^{-10}$	0.25	40 - 80
Eocén meszes agyagmárga	36-52	100-200	24-26	$10^{-9}-10^{-11}$	0.25	-

6.4. Hidrológiai viszonyok

A vizsgált terület talajvízviszonyait a Duna befolyásolja. A területen a talajvíznek két jellemző szivárgási iránya határozható meg. A fő áramlási irány átlagos Duna vízszint esetén a folyó felé mutat, míg magas folyami vízállás a talajvizet visszaduzzasztja, szintjét emeli.

A vizsgált területtől észkara található a Lukács fürdő környéki karszt- és termálvízbázis, amelynek hasznosítása történelmi idők óta zajlik. Területtől nyugatra a hegy láb eocén márga rétegéből több nyilvántartott forrás fakad, s a hegy felől érkező

réteg- és hasadékvizek valamint az alapkőzet szökevény termálforrásai a parti sáv talajvizével keverednek. Ennek hatása érezhető a talajvíz mélyebb zónájának szokásosnál magasabb hőmérsékletével. A vizsgált terület a Duna folyam 1649 fkm vonalában található, a figyelembe veendő mértékadó árvízszint: 104,61 mBf. A vizsgált területhez legközelebb eső dunai vízállás mérőállomás jellemző adatai az alábbiak:

- állomás neve: Budapest, Vigadó tér (1646,500 fkm),
- vízmérce 0 pontja: 94,97 mBf,
- LNV: 891 cm, 103,88 mBf (2013.06.09.),
- LKV: 51 cm, 95,48 mBf (1947.11.06.),
- fúraskori vízállása (2016.11.08-án): 155 cm (96,52 mBf),
- fúraskori vízállása (2016.11.23-án): 267 cm (97,64 mBf).

A rendelkezésre álló adatok alapján, előzetesen az alábbi talajvízszint adatok vehetők figyelembe:

- mértékadó talajvízszint: 103,0 mBf,
- becsült maximális talajvízszint: 102,5 mBf,
- építési vízszint: 100,0 mBf.

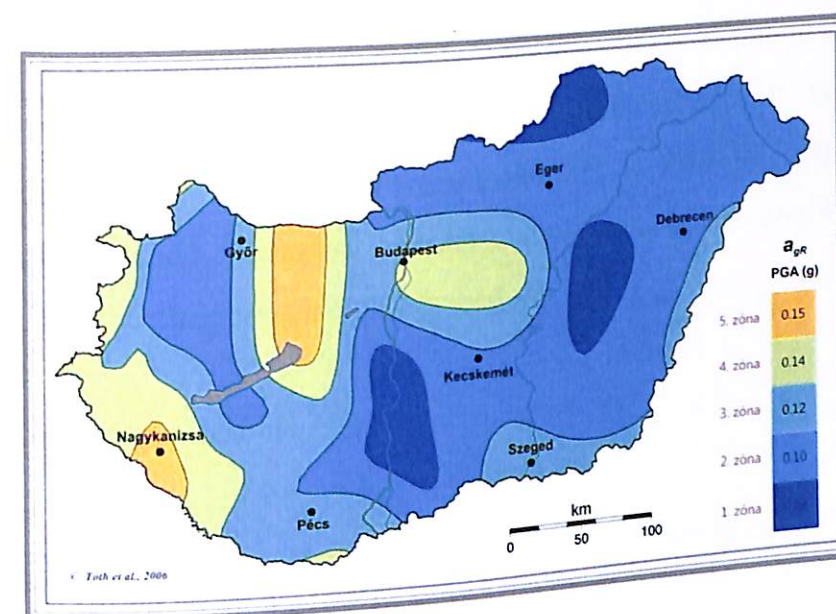
A vizsgált ingatlan elhelyezkedéséből és a vízészlelésekből is megállapítható, hogy a területen a talajvíz szintjében, kis távolságokon belül is jelentős különbség mutatkozhat, a területen a Duna közelsége erősen érezteti hatását. A talajvízszint ingadozása rövid időszak alatt is jelentős lehet. A korábbi geofizikai mérések során a fúrólukak talphőmérséklete 21,5 és 25,5 °C között volt mérhető. Ezek a viszonylag magas hőmérsékletek a területen szokványosak, a termálvizek közelségét jelzik.

A cölöpfallal határolt munkagödörből a talajvizet ideiglenesen létesített nagytérű szűrő-kutakkal terveztük kiemelni. A kutakat a cölöpözési lavírsíkról kell lemélyíteni kútperforációval. A kutak elhelyezése, talajba juttatása történhet spirálos fúrással védőcső alkalmazásával.

A környezetben készült új és korábbi fúrások vegyvizsgálati eredményei szerint, a talajvíz a betonműtárgyak kémiai korróziója szerinti XA1 kitéti osztályba tartozik (MSZ 4798:2016).

6.5. Szeizmológia

A tervezési terület tektonikailag zavart zónában található, a térségben számos törésvonal halad, a környék hőforrásai is ezek mentén törnek fel.



6.2. ábra: Szeizmikus zónatérkép [VI]

A szeizmikus zónatérkép alapján az építési terület a 4. zónába esik. Veszélyeztetettségi szempontból elég magas.

7. Műszaki leírás

7.1. Munkavédelem

A munkavégzés során a legszigorúbban be kell tartani és tartatni a vonatkozó országos és ágazati szabványokban és előírásokban foglaltakat, valamint a fontosabb ide vonatkozó előírásokat. A munkálatok alatt a korábban végzett hasonló jellegű mélyépítési munkáknál tapasztalt veszélyforrásokon túli kockázattal számolni nem kell. A munkákat csak állandó művezetői jelenlét mellett, napi építésvezetői ellenőrzéssel, szakképzett mélyépítő szakmunkásokkal szabad végezni.

7.2. Alkalmazott szabványok

MSZ EN 1997-1:2006

Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 1. rész: Általános szabályok.

MSZ EN 1997-2:2008

Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 2. rész: Geotechnikai vizsgálatok.

MSZ EN 1536

Speciális mélyépítési munkák. Cölöpök.

MSZ EN 1537

Speciális mélyépítési munkák. Talajhorgonyok.

MSZ EN 1992-1-1; 1-2:2010

Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése.

MSZ EN 1993-1-1

Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése

MSZ EN 1994-1-1

Eurocode 4: Betonnal együtt dolgozó acélszerkezetek tervezése

7.3. Alkalmazott anyagminőségek:

Cölöpvezető gerenda: C12/15-XN(H)-24-F3

Cölöp beton: C30/37-XA1-24 F5 380kg/m³

Fejgerenda beton: C30/37-XA1-24-F3

Betonacél: B 500 (B)

Betonfedés: Cölöpfálnál 6,0 cm fővason

Fejgerendánál 5,0 cm fővason

Szerkezeti acél: Fe 235/B (A.38B) kN/cm²

Varratok: III. oszt. sarokvarratok

Feszítő pászma: St 1570/1770, 0,6"

7.4. Cölöpfal tervezésének és kivitelezésének ismertetése

Három sorban kihorgonyzott 85 cm-es cölöpfalas szerkezet kialakítása.

A helyi geotechnikai adottságok valamint a rendelkezésre bocsátott tervek alapján, 85 cm névleges átmérőjű, egymásba metsző, védőcső védelmében fűrt zárt cölöpfalat terveztek. A cölöpfal talpszintje vízzárási és statikai követelmények kielégítésére a tervek szerinti -19,00 m szinten helyezkedik el. A cölöpfal és a kihorgonyzás méretezéséhez, tervezéséhez szükséges talajfizikai jellemzőket a rendelkezésre álló Részletes Geotechnikai Szakvélemény javaslatának megfelelően vették figyelembe. A cölöpözés munkasíkját, függőleges pozicionálását, valamint nyomvonalának pontos helyét oldalanként 0,30 m magasságú cölöpvezető gerenda, sablon biztosítja. A külső és a belső cölöpvezető sablon 30-30 cm vastagságú. A helyi adottságokhoz igazodva a cölöpözési lavírsíkot -1,50 és -4,00 m szinten határozták meg. Az elkészült és a szükséges mértékig visszavésett cölöpfalat az együttdolgozás érdekében fejgerendával fogják össze. A cölöpfalat az építési állapotban ideiglenes horgonyok gyámolítják. A fejgerenda elkészültét követően kerülhet sor a horgonyok kivitelezésére, ill. az elkészítéséhez tartozó munkák kialakítására, majd horgonyzásra. Az egyes földmunka síkjaihoz igazodóan az injektált horgonyok -4,21; -10,00; -13,00 m-es szinten kerülnek átvezetésre a cölöpfalon. A horgonyok megfűrészához földmunka a horgonyzási lavírsík alá 50 cm túlszedéssel készíthető. A horgonyok hajlásszögét 10-20°-ban határozták meg. A horgonyok egységesen St 1570/1770, 0,6" minőségű feszítópásmás kábelből állnak. Beépítésük 133 mm-es furatba történik. A fűrészt fűróiszap megtámasztás mellett kell végezni, legalább 0,50 m túlfűréssel. A fűrés befejezése után a fűrólyukat ágyazó habarccsal kell kitölteni, kiszorítva a fűróiszapot, és ebbe kell behelyezni a horgony acéltesteket. Az ágyazó-habarcs 2 napos szilárdulása után el kell kezdeni a horgonyfej injektálását. Az injektálást legalább 2 lépcsőben kell végezni, összesen min. 50 l/lépcső anyag bejuttatásával, és az utolsó injektálásnál tartósan el kell érni a minimum 20 báros záró nyomást. A tervezett horgonyok ideiglenes szerkezetnek tekinthetők, mivel a földkiemelés (munkatér) fázisában megfeszítésre kerülnek, de végállapotukban, ahogy

az épület födémjei, mint tárcsaszervezet beépítése megtörténik, úgy ezen horgonyok feszültségmentesítése végrehajtható.

A későbbiekben egy esetleges melléépítést, közmű-kiváltást, áthelyezést a bennmaradt horgonytestek nem akadályozzák, ezen bennmaradt horgonytestek elvághatók, gépi, ill. kézi erővel eltávolíthatók. A horgonyok feszítését a kivitelező társaságnak technológiai tervben kell rögzítenie. A feszítésről minden horgonynál jegyzőkönyv készüljön, mely egyben a horgony minősítését és kiértékelését is szolgáltatja. Ha a horgonyok a szükséges paramétereket nem érik el, újabb injektálással kell a teherbírását növelni, és ismételt feszítési eljárásnak kell alávetni. A horgonyzott cölöpfal vízszintes mozgásait folyamatosan mérni kell. A mérést minden oldalon kb. 10 m-enkénti állásokban legalább a fejgerenda tetejénél és az alaplemez magasságában kell végezni, 1,0 mm-es pontossággal. Ha a mozgások tendenciája, sebessége, vagy mértéke rendellenességre utal, a tervezők azonnal értesítendőek, és a földkiemelés leállítandó.

7.5. Minőség-ellenőrzés

Az alábbiakban vannak felsorolva a lényeges dokumentumok, melyeket a munka során vezetni kell a megfelelő kontrolling érdekében.

- Építési napló, műszaknapló,
- Geodéziai napló, (kitűzések, ellenőrzések),
- Cölöpözési jegyzőkönyvek,
- Beton szállítólevelek,
- Beton mintavételi jegyzőkönyvek, (próbakockák), konzisztencia ellenőrzés (szűrőpróbaszerűen építési naplóba elég dokumentálni),
- Beton próbatestek törési jegyzőkönyvei, kiértékeléssel.

8. A cölöpfal méretezésénél alkalmazott szoftver

Az alkalmazott szoftver, a közismert német BAUER cég által kifejlesztett program, melyet mélyépítési munkák tervezésénél használnak.

A WALLMAN egy olyan integrált software, amely az input fájl automatikus generálására szolgál, az érvényben lévő geotechnikai szabványokkal összhangban lévő, lényeges paraméterek előre meghatározott értékeivel. Alkalmas elemzésre és méretezésre is. A program lehetővé teszi szükség esetén a felhasználó közbeavatkozását a számítás bármely szakaszában. Az eredményeket mind grafikus, mind szöveges formában megadja.

Az alábbi programmal a következő feladatok oldhatók meg:

- különböző megtámasztó szerkezetek elemzése és méretezése,
- alapozási sík süllyesztésének méretezése,
- talajszögezés méretezése,
- metszetrajz és helyszínrajz készítése,
- meghatározza a szükséges anyagok mennyiségét,
- hozzávetőleges költségbecslést készít a projectre vonatkozóan és Power Point prezentáció is készíthető vele.

Továbbá tud számítani:

- torkrétozott falat,
- berlini siemens dúcolatot,
- jet fal, jet cölöpöt,
- horgonyzott pengefalat.

A munkagödrök határolásának tervezésére a hazai és külföldi gyakorlatban háromféle módszert használnak:

- a földnyomások, mint terhek előzetes felvételen alapuló eljárás, (Blum eljárás)
- a rugalmas ágyazású gerenda elven alapuló számítás,
- a véges elemes számítások.

A WALLMAN program, a németek által előszeretettel alkalmazott Blum módszer, és a hazánkban elterjedt rugalmas ágyazású gerenda elven alapuló számítási modullal is képes számításokat végezni. Azonban jelen feladatnál a rugalmas ágyazású gerenda elvét alkalmazza. Ezen alapuló számítás lényege a Winkler-elv: a környező talajt vízszintes helyzetű lineáris (állandó rugóállandójú) rugókkal modellezi, a falat

rugalmas ágyazású gerendának tekinti, és olyan földnyomás-eloszlást keres, mely kielégíti az egyensúlyi követelményeket. A program a rugókat 50 cm-es távolságban veszi fel. Emellett beállítható, illetve megadható különböző szabványok (DIN, EC) által előírt biztonsági tényezők. A program előnyei:

- input adatok gyors és egyszerű bevitele,
- bevitt adatok nyomon követése az egyes számítási fázisokban,
- biztonsági tényezők testreszabhatósága,
- EC szabvány szerinti vasalás, méretezés,
- mélyépítési gyakorlatban előforduló elemek, szerkezetek alkalmazhatósága,
- végeredmények szemléletes ábrázolása.

9. Programmal való számítás

Az alábbi fejezetben kerülnek bemutatásra, a WALLMAN programmal készült számítások. Az általam vizsgált keresztmetszet a meglévő épület melletti cölöpfal, ahol várhatóan a nagy felszíni teher miatt, a legnagyobb igénybevételek és alakváltozások fognak végbemenni. A számítás során négy különböző fázisban történt igénybevétel-, és alakváltozás meghatározás.

A programban bevitt legfontosabb adatok kigyűjtésével kezdem, majd a fázisok külön-külön bemutatásával folytatom. A munkafázisok jellemzése mellett, ábrán is szemléltetem, azokat, majd mellettük a kialakult igénybevételi ábrák és alakváltozás ábrák is helyet kapnak. Az ábrák alatt, a kapott maximális értékek lesznek felsorolva.

9.1. Bemenő adatok

A program kezelése, igen egyszerű. A talajmodell és a szerkezet felvétele az első lépés. Ezután az adatok bevitele, ami gyors, és csak a legfontosabbakra van szükség, amelyek az *alábbiak* a dolgozatom során:

Cölöpfal beton:	C 25/30
Betonacél:	B500
Cölöp hossza:	15 m
Cölöp átmérője:	88 cm
Horgonyok adatok:	
1. sor horgony: 20°-os dőlés, szabad hossz: 12 m, befogott hossz: 6 m	
2. sor horgony: 10°-os dőlés, szabad hossz: 10,5 m, befogott hossz: 6 m	
3. sor horgony: 10°-os dőlés, szabad hossz: 10,5 m, befogott hossz: 6 m	
Talajvízszint:	-6,5 m
Felszíni teher mértéke:	100 kN/m, 14 m
1. talajréteg (feltöltés):	
Réteg vastagság:	1,95 m
Belső súrlódási szög:	20°
Nedves térfogatsúly:	18 kN/m ³
Víz alatti térfogatsúly:	-
Ágyazási tényező:	17200 kN/m ²
Kohézió:	20 kN/m ²

2. talajréteg (iszap):

Réteg vastagság:	2,05 m
Belső súrlódási szög:	20°
Nedves térfogatsúly:	18 kN/m ³
Víz alatti térfogatsúly:	8 kN/m ³
Ágyazási tényező:	17200 kN/m ²
Kohézió:	20 kN/m ²

3. talajréteg (agyagos homokos kavics):

Réteg vastagság:	6 m
Belső súrlódási szög:	35°
Nedves térfogatsúly:	21 kN/m ³
Víz alatti térfogatsúly:	11 kN/m ³
Ágyazási tényező:	40000 kN/m ²
Kohézió:	-

4. talajréteg (szürke agyag):

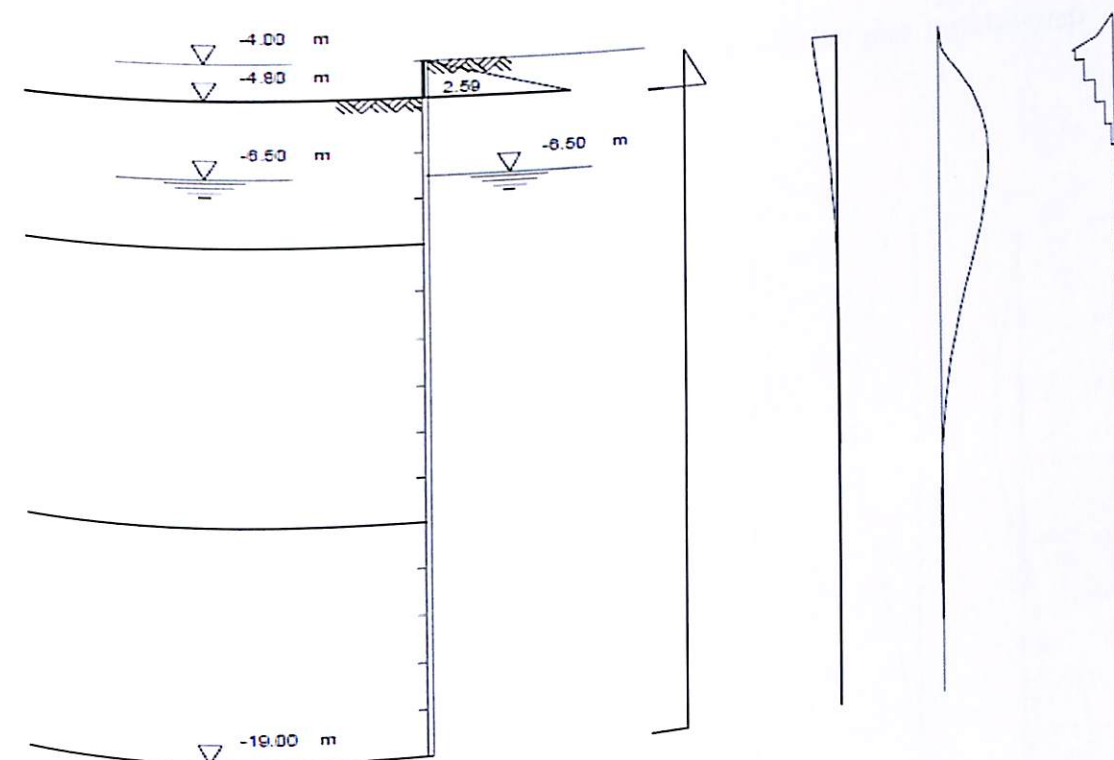
Réteg vastagság:	1,95 m
Belső súrlódási szög:	25°
Nedves térfogatsúly:	21 kN/m ³
Víz alatti térfogatsúly:	11 kN/m ³
Ágyazási tényező:	38900 kN/m ²
Kohézió:	80 kN/m ²

5. talajréteg (mészmárga):

Réteg vastagság:	3,04 m
Belső súrlódási szög:	25°
Nedves térfogatsúly:	21 kN/m ³
Víz alatti térfogatsúly:	11 kN/m ³
Ágyazási tényező:	38900 kN/m ²
Kohézió:	80 kN/m ²

I. Fázis

Az első fázisban 0,8 méter földkiemelést hajtottak végre, így érve el a -4,8 méteres szintet (102,01 mBf). A talajvíz szintje itt mind a cölöpfal mögötti és előtti oldalon megegyezik (-6,5 méter).



9.1. ábra: I. tervezési fázis

Az első fázishoz tartozó maximális értékek:

Földnyomás: 2,59 kN/m

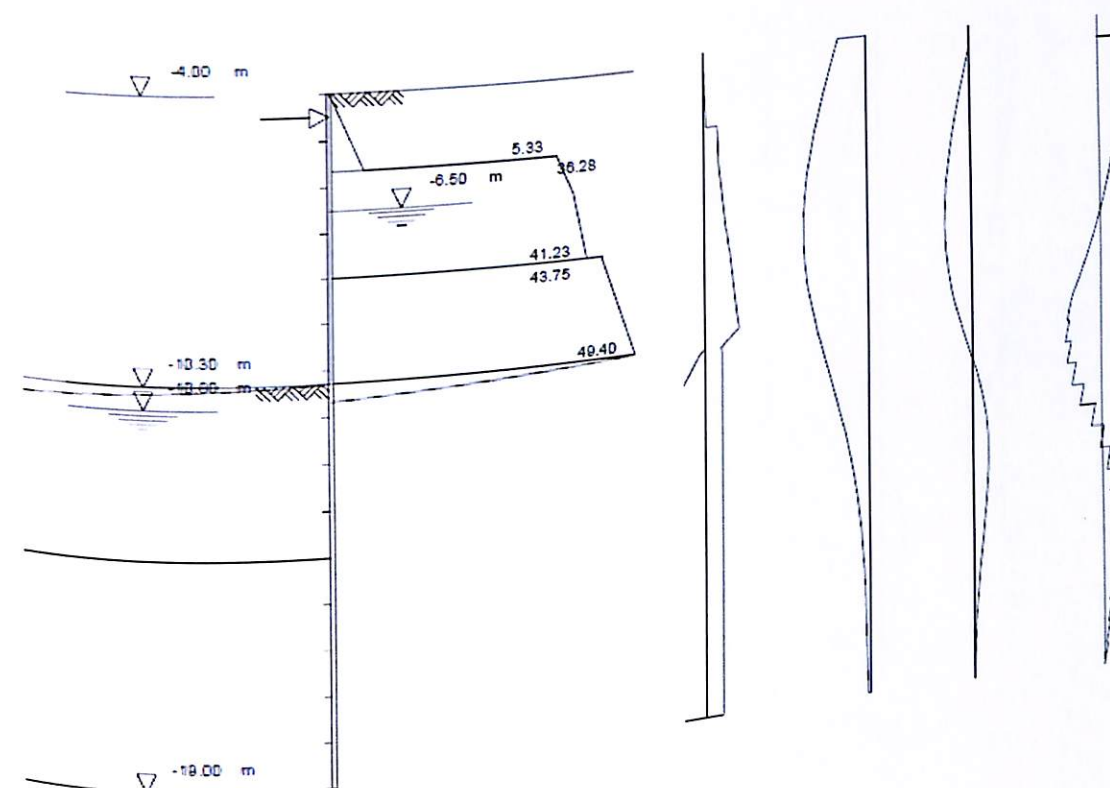
Alakváltozás: 6,1 mm

Nyomaték: 3,8 kNm

Nyíróerő: 0,3 kN

II. Fázis

A második fázisban újabb földkiemelés történt, az előzőhöz képest még 5,5 métert mélyítettek. A pontos szint így már -10,3 méter (96,5 mBf). Emellett elhelyezésre került az első sor horgony is -4,5 méteren (102,31 mBf). A horgonyok 20°-os dőlésben épülnek, szabad hosszuk 12 méter, míg a befogott hossz 6 méter. A mértékadó horgonyerő 386 kN. Ebben a fázisban a talajvíz szint a szerkezet mögötti oldalon -6,5 méteres szinten, míg a munkatér felőli oldalon már lesüllyesztett -10,8 méteres szinten helyezkedik el.



9.2. ábra: II. tervezési fázis

A második fázishoz tartozó maximális értékek:

Földnyomás: 87,39 kN/m

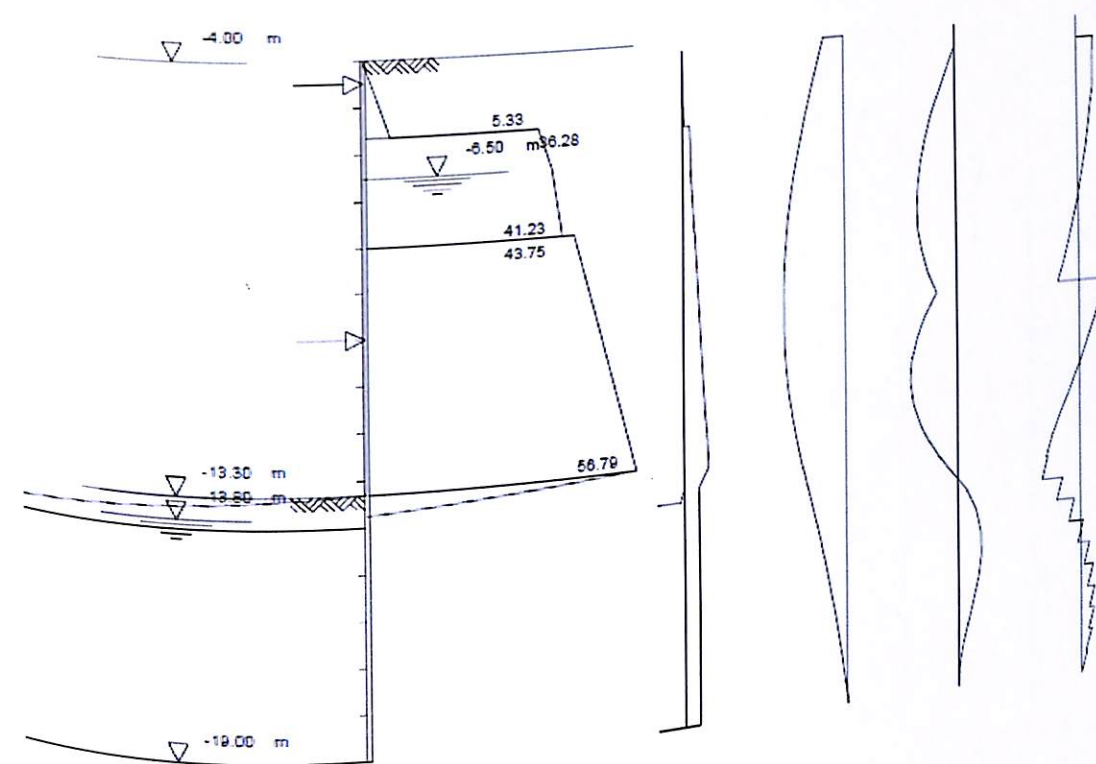
Alakváltozás: 12,75 mm

Nyomaték: 356,8 kNm

Nyíróerő: 135,28 kN

III. Fázis

A harmadik fázisban a földmunka síkja -13,3 méter (93,5 mBf), ami még 3 méter lemélyítést jelent. A második sor horgony is beépítésre került, -10 méteren (96,81 mBf). Ebben a sorban a horgonyok 10°-os dőlésben épülnek, szabad hosszuk 10,5 méter, míg a befogott hossz 6 méter. A mértékadó horgonyerő 725 kN. A szerkezet mögött lévő talajvízszint, a már megszokott -6,5 méteres szinten, míg a másik oldalon a földkiemelési sík alatt fél méterrel (-13,8 méteren) van.



9.3. ábra: III. tervezési fázis

A harmadik fázishoz tartozó maximális értékek:

Földnyomás: 124,79 kN/m

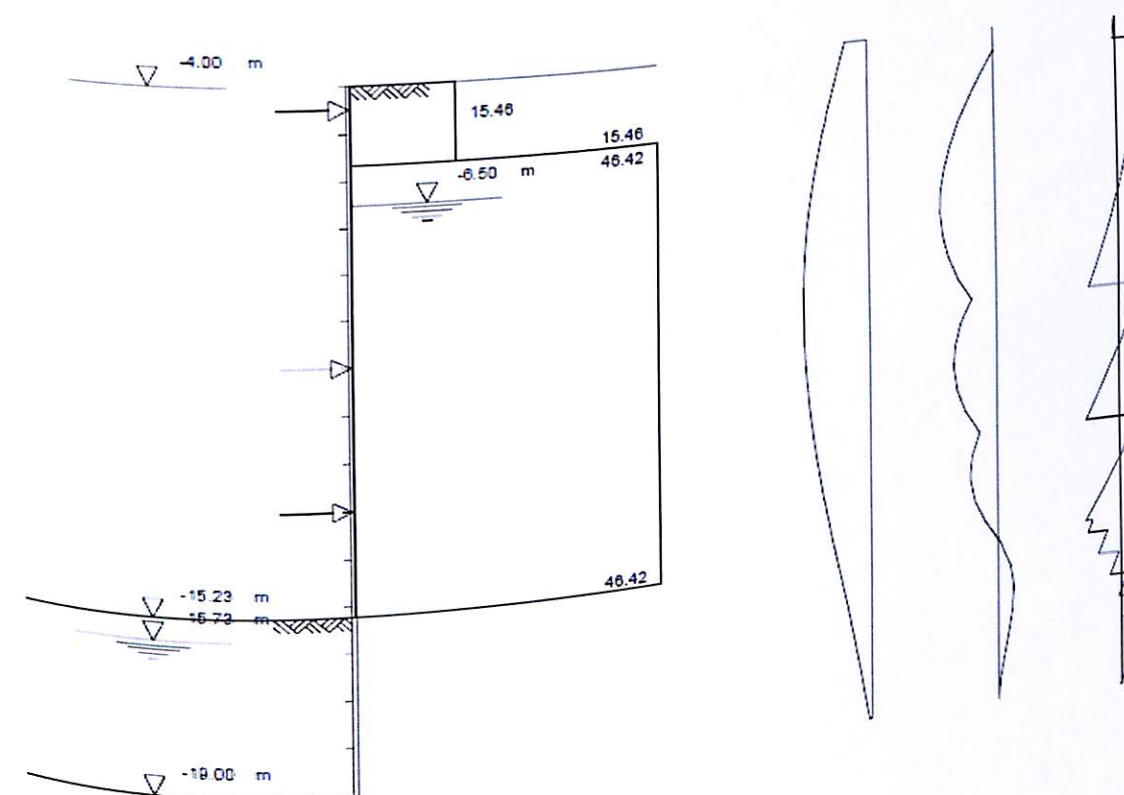
Alakváltozás: 16,16 mm

Nyomaték: 309,63 kNm

Nyíróerő: 182,46 kN

IV. Fázis

A negyedik fázisban elérkeztünk a munkatér tervezett alsó síkjához -15,23 méteren (91,58 mBf), és a harmadik sor horgony is elkészült -13 méteres szinten (93,81 mBf). A horgonyok 10°-os dőlésben épülnek, szabad hosszuk ugyancsak 10,5 méter, míg a befogott hossz 6 méter. A mértékadó horgonyerő itt 708 kN. A munkatérben a talajvízszintet -15,73 méterre süllyesztették le, eközben a túlsó oldalon a megszokott -6,5 méteres szinten van.



9.4. ábra: IV. tervezési fázis

A negyedik fázishoz tartozó maximális értékek:

Földnyomás: 133,72 kN/m

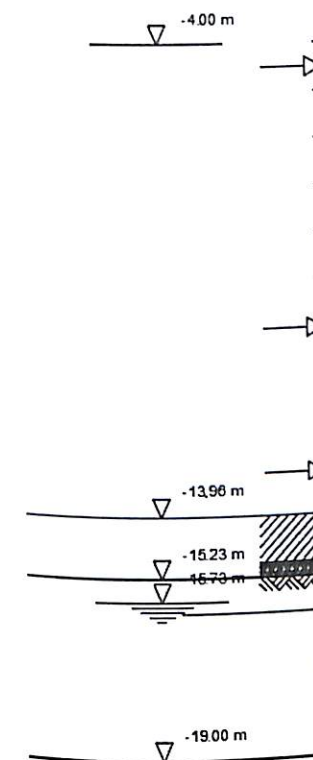
Alakváltozás: 16,16 mm

Nyomaték: 273,28 kNm

Nyíróerő: 131,75 kN

V. Fázis

Az ötödik egyben utolsó fázis az alaplemez elkészülte, melyhez számított igénybevétel és alakváltozás nem tartozik. Az alaplemez felső síkja -13,92 méteren helyezkedik el (92,89 mBf).



9.5. ábra: V. tervezési fázis

Számításból adódó érték összegzése

9.1. táblázat

	1.Fázis	2.Fázis	3.Fázis	4.Fázis	Maximum
Földnyomás (kN/m)	2,59	87,39	124,79	133,72	4.Fázis: 133,72
Alakváltozás (mm)	6,1	12,75	16,16	16,16	3.-4.Fázis: 16,16
Nyomaték (kNm)	3,8	356,08	309,63	273,28	2.Fázis: 356,08
Nyíróerő (kN)	0,3	135,28	182,46	131,75	3.Fázis: 182,46

A fal számított deformációit elsődlegesen a talajrétegek ágyazási tényezői határozzák meg, emellett befolyásolják még a falszerkezet, a horgonyok, továbbá a földnyomásokat meghatározó nyírószilárdsági jellemzők is.

A 10.1.-es táblázatban jól látszik a földnyomások változása. A munkagödör mélyítése során, a feltételezett módon teljesültek be. Az egymást követő fázisok folyamatos megvalósulásával, a munkagödör mélyítésével a földnyomás is nőtt. Az utolsó fázisban érte el a legnagyobb értéket a 133,72 kN/m-t.

Az alakváltozások is az elvárt módon alakultak. A munkagödör mélyítésével a vízszintes mozgások is egyre nőttek, az első földkiemelés után 6,1 mm-es elmozdulás volt számítva, ami a második fázisban több mint a kétszeresére nőtt, az így kialakult deformáció 12,75 mm. A további két fázisban az értékek megegyeztek, melyek a második fázisban számolt elmozduláshoz képest kis növekedést mutattak, egész pontosan 16,16 mm-t.

A nyomatékok az első sor horgony beépítésénél, a második fázisban érték el a maximális 356 kNm-es értéket. Ennek oka, hogy a támaszokként szolgáló első sor horgony és a földkiemelés felső síkja között 5,8 méteres távolság volt. Két támasz között a legnagyobb távolság ebben a fázisban jelentkezett. A további földkiemelés és horgony beépítés során a nyomatékok egyre csökkentek.

A nyíróerő változásban sem észlelhető anomália. Az első fázistól kezdve folyamatos növekedést mutat. Az értékek a harmadik fázisban érik el a maximális 182 kN-os nagyságot, amit a második sor horgony beépítésének köszönhető, ami mintegy 768 kN-os nagyságú húzóerővel rendelkezik. A támasz beépülése után a negyedik fázisban a nyíróerő a várt módon lecsökkent, 132 kN-ra.

10. Geotechnikai monitoring, Inklinométeres mérés

10.1. Monitoring

A geotechnikai megfigyelés (monitoring) céljára kiépített mérő állomások célja sokrétű. Elsődleges szempontja, a kivitelezés biztonságának megteremtése, az emberi élet, az épített környezet és a természet védelme. Majd mindezek viselkedésének ellenőrzése. Ezek alapján szerzett adatok felhasználásával, akár a kivitelezés időszakában is a lehetőségünk adódik felülvizsgálni a tervezéskor használt modellt. Továbbá ellenőrizhetjük, hogy a bevitt tervezési talajadatok és a megoldások helyesek voltak-e, vagy szükséges azokat módosítani. A monitoring rendszerek felhasználásának ezt a nagyon előnyös funkcióját *back analysis* néven ismerhetjük. Ezen túl, vizsgálhatjuk a talaj/közet és az épített környezet közötti kölcsönhatásokat, és azok időbeli változásukat, ez akár a kivitelezést követően több évig is lehetséges.

Alakváltozások mérésére alkalmazott eszközök lehetnek:

- inklinométer,
- extenzométer,
- süllyedésmérő
- alakváltozásmérő bélyeg.

Emellett szokás még talajfeszültségeket, illetve hatékony és semleges feszültség viszonyát mérni.

A geotechnikai monitoring tevékenység esetében mindig több fajta fizikai jellemző méréséről van szó. A kapott eredményeket megfigyelési típusonként értékelve, majd az eredmények összefüggéseit megkeresve már nagy biztonsággal felmérhetők, pontosíthatók az adott építési tevékenységnek és a környezet kölcsönhatásai.

10.2. Alkalmazott inklinométer

A diplomamunkában vizsgált cölöpfal elmozdulás és alakváltozás mérésére beépített monitoring rendszer, az inklinométer volt.

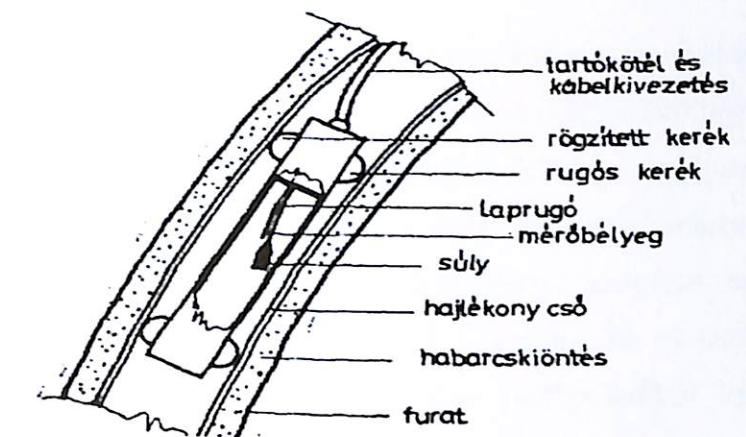
A műszer részei:

- inklinométer szonda,
- mérőkábel (50 méteres 0,5 méteres markerekkel),
- kiolvasó egység,
- kábeltörő kerék.



10.1. ábra: Inklinométer mérőműszer részei [VII]

Az inklinométer, olyan vonalas mérő- rendszer (mérőkút), mellyel annak hossza mentén a tengelyirányára merőleges síkokban nagy, akár tízed miliméter pontossággal mérhetők az elmozdulások. A mérőműszer biaxiális, ami azt jeleti, hogy kétirányban végez méréseket. Az eredményeket 0,5 méterenként kapjuk meg. A szondát mérés során végigvontatjuk a mérőkútban, és egy-egy pontban meghatározzuk annak a függőleges síkhoz viszonyított pozícióját. Az eltérő időpontokban végzett mérések során felvett szondapozíciók különbsége megadja az elmozdulásokat.



10.2. ábra: Inklinométer [VIII]

Az egyes méréseket mindig az úgynevezett alapméréshez viszonyítjuk. Ez a pont lehet az inklinométer kút alján és tetején egyaránt. Abban az esetben, ha az aljára vesszük, akkor feltételezzük, hogy az inklinométer kút olyan mélyre van befúrva, hogy ott már elmozdulás nem várható, megfelelően nagy a befogás. Másik esetben, ha fixnek a felső pontot vesszük, akkor a pontot mindegyes alkalommal geodéta kollégának be kell mérnie és az előző mérésekkel összehangba kell értékelni.

A mérőkút a mindenkor vizsgálati célnak megfelelő irányokban telepíthető. Függőleges inklinométeres vizsgálattal, a vízszintes irányú elmozdulások mérhetők, a vízszintes inklinométeres vizsgálattal, függőleges elmozdulásokat mérnek. Az inklinométeres vizsgálattal meghatározható, hogy milyen mélységekben mekkora az elmozdulása az adott létesítménynek.

10.3. Inklinométeres mérés megvalósítása

Az inklinométeres mérés esetén fontos, hogy a mérőkút és a benne haladó mérőműszer együtt tudjon jól működni. A kiválasztott műszerek és kutakat megfelelő körülményekben kell a helyszínre szállítani. A mérő kutak általában 3 m hosszúságúak, az átmérőjük pedig az előbb említetteknek megfelelően változhat. A mérő kutak elemeit vagy popszegeccsel csatlakoztatják, vagy pedig összepattintható csövekből alakítják ki. A popszegeccses megoldás esetén fontos, hogy a szegezett pontnál a csatlakozás a két nut (kerékjárat) között legyen, különben a mérés nem kivitelezhető a későbbiek során. A mérőkút felső végét rögzíteni kell, ezért valamiféle tömedék anyag alkalmazására van szükség. Olyasféle anyagot kell használni, amely nem befeszíti az anyagot, hanem csak fixen tartja. Az alkalmazandó anyag függ a talajviszonyoktól és a környezettől egyaránt.

Maga a mérőkút beépítése precíz munkát igényel, a nutokban nem szabad, hogy bármi féle akadály keletkezzen, mert az megsemmisíti a mérő kút működését. Mivel nem minden problémáról lehet értesülni, hiszen a műszer a földben van, ezért mindegyes mérés előtt a kútba egy próbamérésre szolgáló kell engedni, amely az esetleges akadályokat kiszűri. A próbamérés nem olyan költséges, a lefelé haladása pedig megegyezik a ténylegesen használt mérőműszerével. Ugyanis, ha akadályba ütközünk ezzel, akkor ez nem visszanyerhető kellék. Költsége pedig sokkal kevesebb, mint magának a műszernek az értéke. Így ez hasznos előmunkálat.

10.4. Kapott adatok

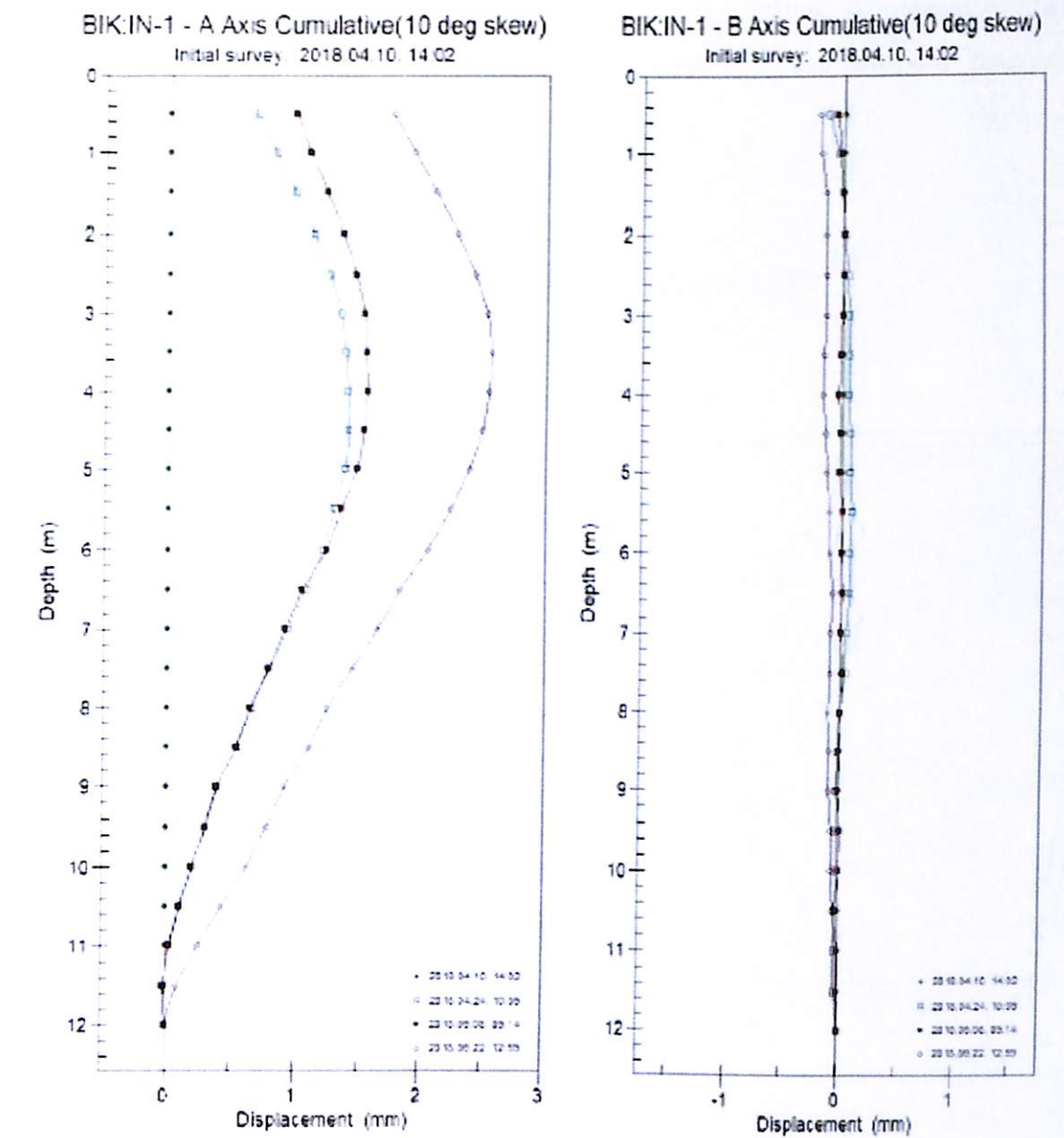
A mérés során az egyes félméterenkénti mélységekből, a kezdeti fix ponthoz képesti elmozdulás értéket kapjuk meg. Ezeket beírva, az inklinométeres méréshez tartozó programba, egy elmozdulás ábrát kapunk, továbbá az elmozdulási értékeket *táblázatba* rendezve, a hasonló módon.

Cumulative Deflection Data in A Axis (mm) 10 deg skew:

Depth (m)	2018.04.10 14:02:36 (mm)	2018.04.24 10:09:54 (mm)	2018.05.08 09:14:06 (mm)	2018.06.22 12:59:42 (mm)
0,5	0,00	0,69	0,99	1,76
1,0	0,00	0,84	1,10	1,93
1,5	0,00	0,99	1,23	2,11
2,0	0,00	1,13	1,36	2,27
2,5	0,00	1,26	1,47	2,42
3,0	0,00	1,35	1,54	2,52
3,5	0,00	1,39	1,55	2,56
4,0	0,00	1,41	1,57	2,54
4,5	0,00	1,42	1,54	2,49
5,0	0,00	1,39	1,49	2,39
5,5	0,00	1,31	1,36	2,23
6,0	0,00	1,22	1,25	2,05
6,5	0,00	1,08	1,05	1,83
7,0	0,00	0,94	0,92	1,65
7,5	0,00	0,80	0,79	1,45
8,0	0,00	0,66	0,65	1,26
8,5	0,00	0,55	0,54	1,12
9,0	0,00	0,39	0,40	0,92
9,5	0,00	0,30	0,31	0,78
10,0	0,00	0,21	0,20	0,63
10,5	0,00	0,10	0,11	0,43
11,0	0,00	0,03	0,04	0,26
11,5	0,00	-0,01	-0,01	0,09
12,0	0,00	0,00	0,00	0,00

10.3. ábra: Elmozdulás értékek [IX]

A mérőműszer kétirányú maximális *elmozdulási ábrát* ad számunkra. Az egyik neve az „Axis A”, amely a létesítmény, vizsgált szerkezetének várható irányú elmozdulása felé mért érték. Az „Axis B” pedig, ami az „Axis A”-irányára merőleges érték.

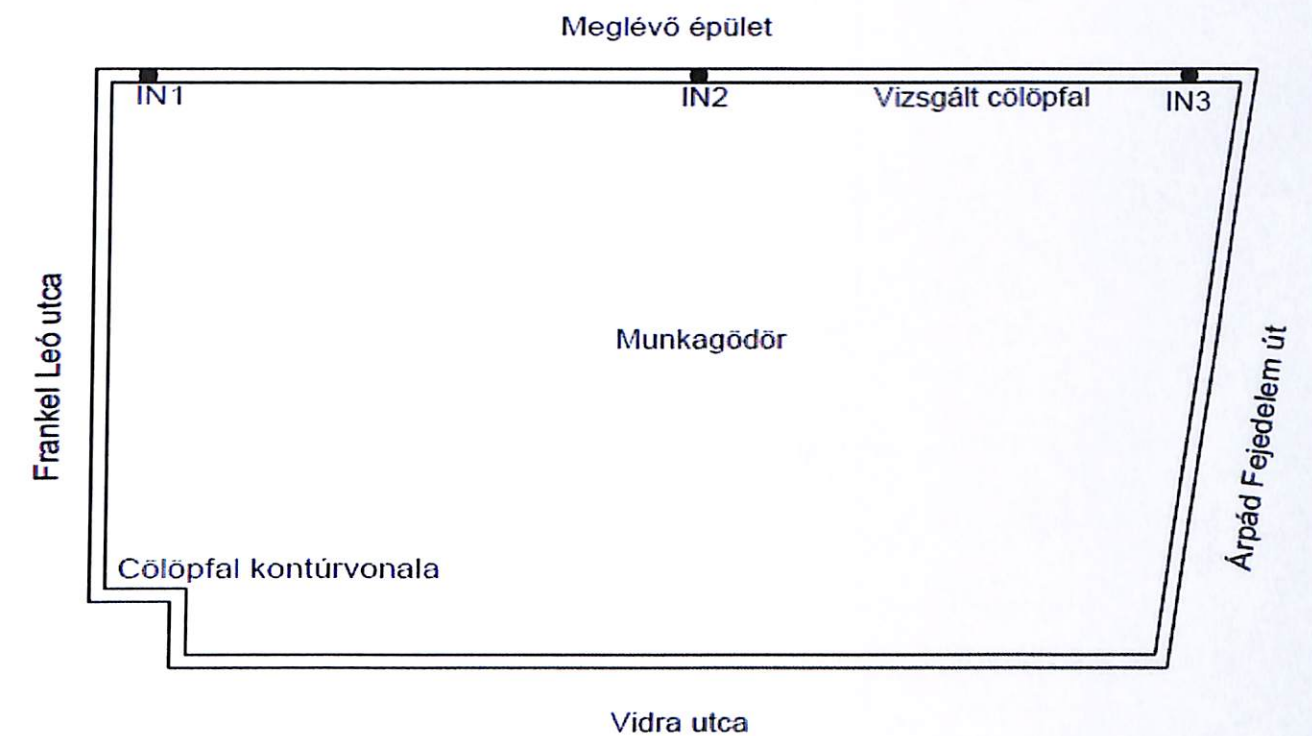


10.4. ábra: Elmozdulás ábra [IX]

11. Inklinométeres mérések

A kitelepített három darab inklinométeres mérőkút, a meglévő épület melletti cölöpfalon, arra merőleges irányú deformációkat mér. Az IN1 jelű a Frankel Leó út felé eső szélső, az IN2 egy középső helyzetű, míg az IN3 jelű az Árpád Fejedelem út felé eső szélső mérőkút. A kutak tetőszintje a fejgerenda szintjén (-4 méteren) van. A munkagödör elkészülte során ötször történt mérés a kutakban. A mérési eredmények maximális értéke minden mérésnél kigyűjtve, majd egy táblázatban, összesítve is látható.

Átnézeti helyszínrajz

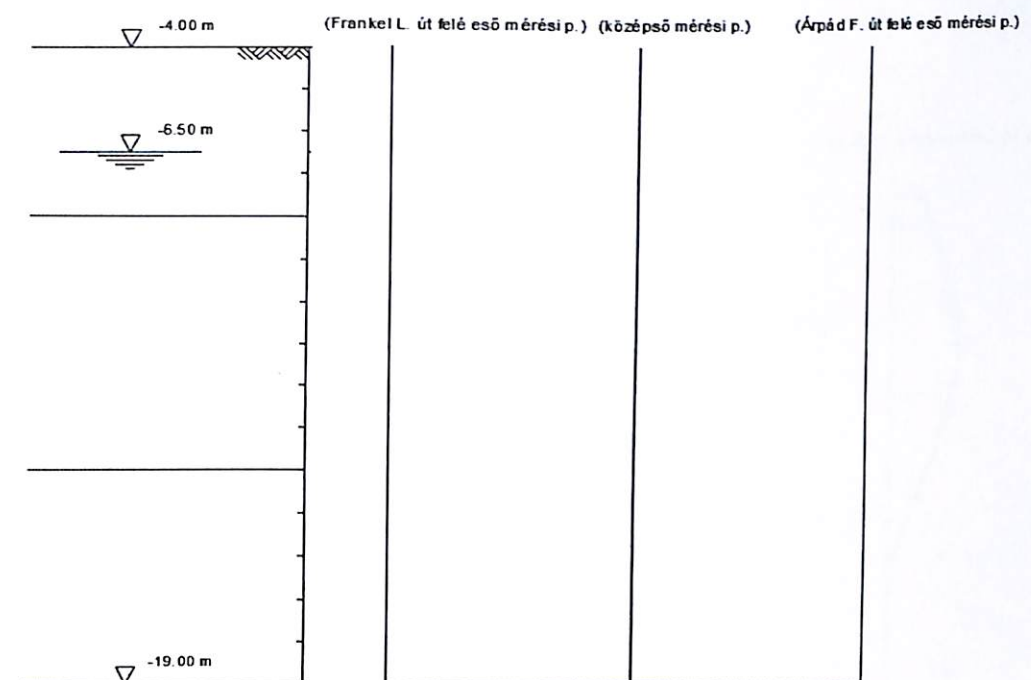


11.1. ábra: Átnézeti helyszínrajz

Az alábbi átnézeti helyszínrajzon láthatóak a mérési pontok helyei.

I. Mérés

Az első mérésnél (2018.04.10.) a szerkezet alapállapotát mérték fel, ahol még semmilyen földmunka nem vette kezdetét. A földmunkaszint a fejgerenda síkjában -4 méteren volt, talajvízszint süllyesztés még nem történt.



11.2. ábra: I. inklinométeres mérés

Maximális elmozdulás

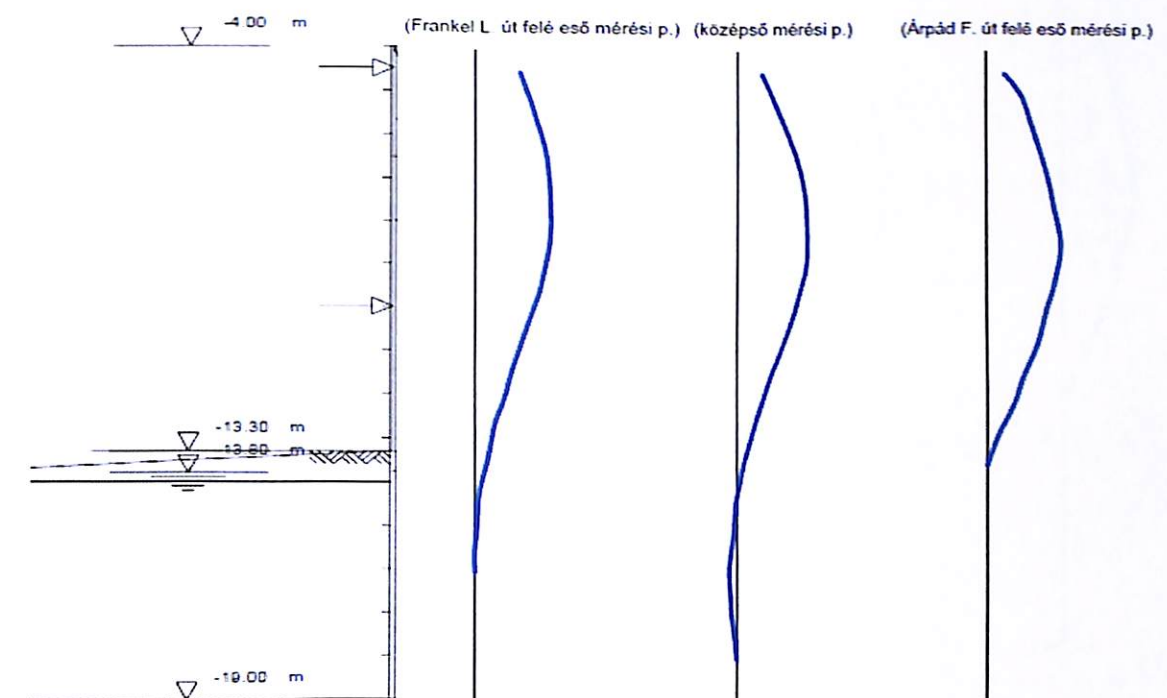
IN1 mérőkút: 0,00 mm

IN2 mérőkút: 0,00 mm

IN3 mérőkút: 0,00 mm

II. Mérés

A második mérés (2018.04.24.), a 3.Fázisban történt. Egy nagyon előrehaladott munkafázisban, már a második sor horgonyzás is a helyére került. Az első sor horgony szintje -4,5 méteren (102,31 mBf) a második sor horgony szintje -10,0 méteren (96,81 mBf) helyezkedik el. A munkagödör felső síkja az alábbi fázisban -13,3 méter (93,51 mBf) van.



11.3. ábra: II. inklinométeres mérés

Maximális elmozdulás

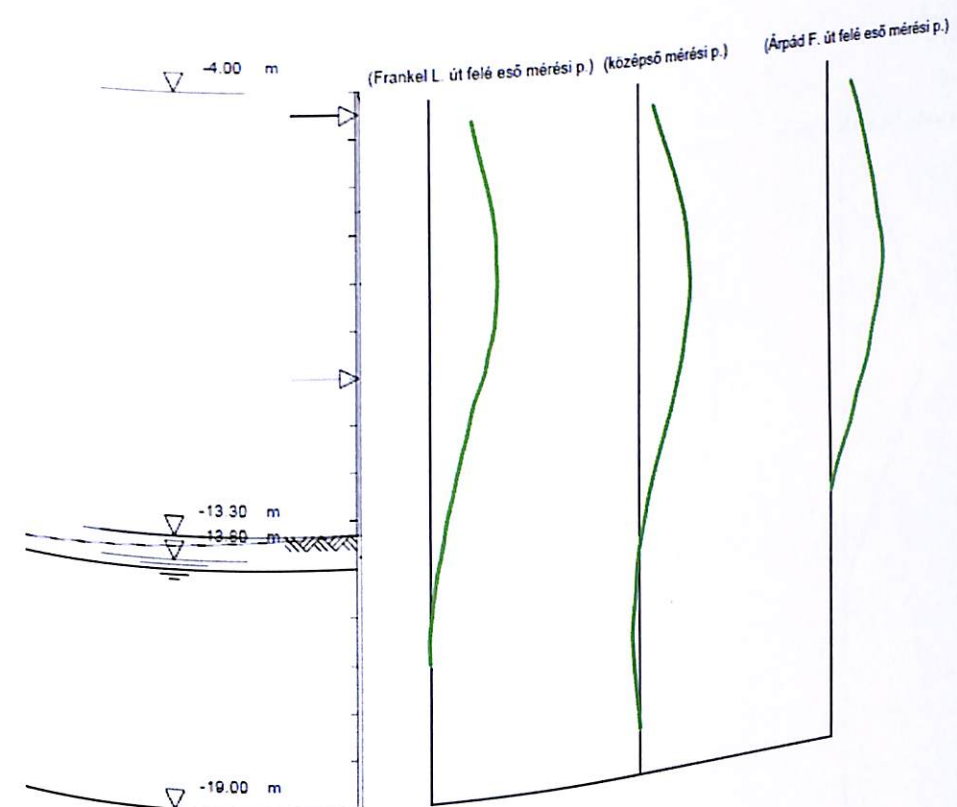
IN1 mérőkút: 1,42 mm

IN2 mérőkút: 1,41 mm

IN3 mérőkút: 1,46 mm

III. Mérés

A harmadik mérés (2018.05.08.) ugyancsak a 3.Fázishoz tartozik. A két mérés időpontja között két hét telt el.



11.4. ábra: III. inklinométeres mérés

Maximális elmozdulás

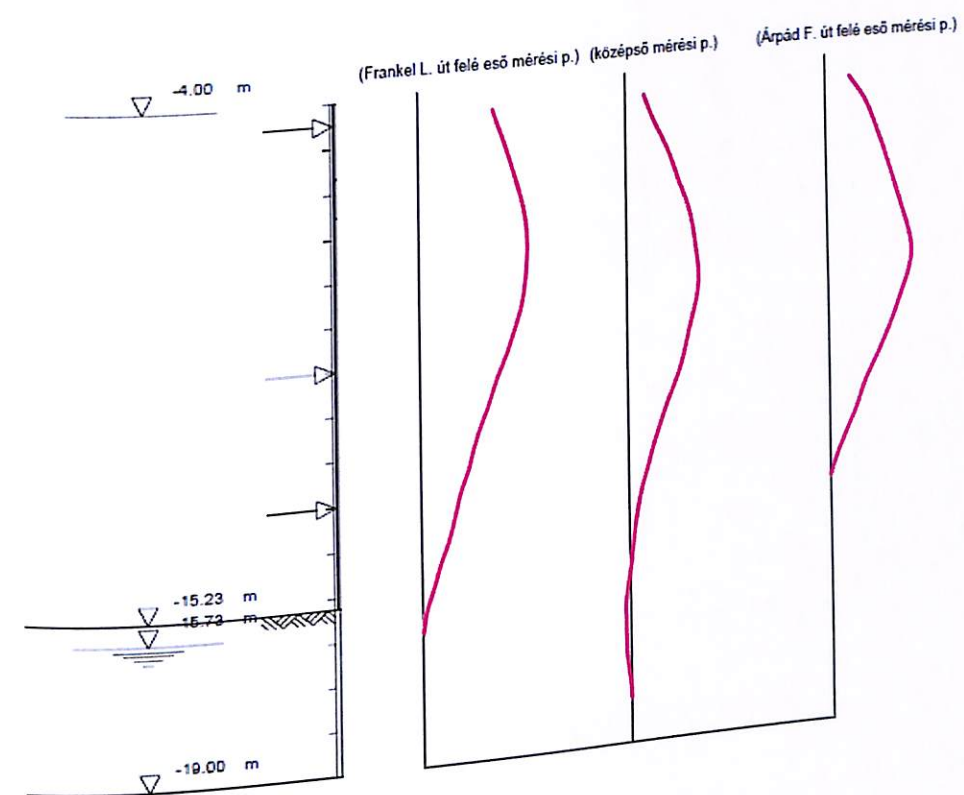
IN1 mérőkút: 1,57 mm

IN2 mérőkút: 1,32 mm

IN3 mérőkút: 1,57 mm

IV. Mérés

A negyedik mérés (2018.06.22.) a 4.Fázisban történt. Ekkor már a harmadik sor horgony is elkészült. A utolsó sor horgony szintje -13 méteren (93,81 mBf) helyezkedik el. A munkagödör is elérte a -15,23 méteres (91,58 mBf) szintet, ami a végleges földkiemelési sík.



11.5. ábra: IV. inklinométeres mérés

Maximális elmozdulás

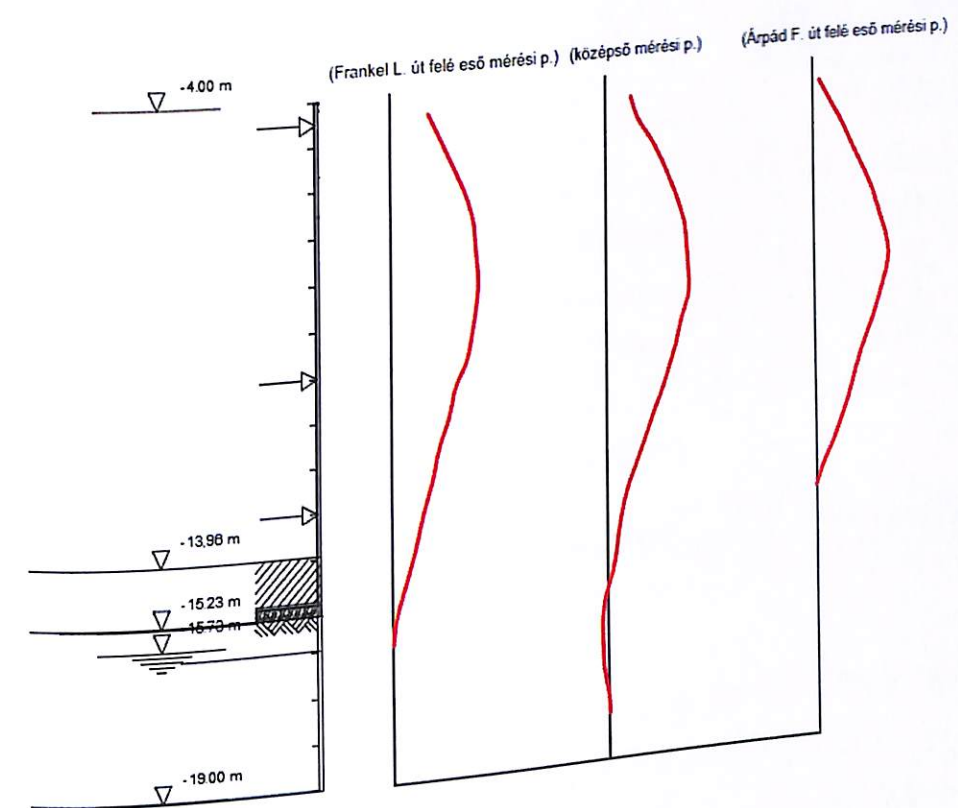
IN1 mérőkút: 2,56 mm

IN2 mérőkút: 1,78 mm

IN3 mérőkút: 2,08 mm

V. Mérés

Az ötödik mérés (2018.08.05.) az 5.Fázisban készült. Az alaplemez megöntését követően. A lemez alap felső síkja -13,96 méteren (92,85 mBf) helyezkedik el.



11.6. ábra: V. inklinométeres mérés

Maximális elmozdulás

IN1 mérőkút: 1,95 mm

IN2 mérőkút: 1,98 mm

IN3 mérőkút: 1,80 mm

Mozgás mérés értékeinek összegzése

11.1 táblázat

Kutak → Mérés időpontja↓	Frankel Leó út felé eső kút (IN1)	Középső helyzetű kút (IN2)	Árpád Fejedelem út felé eső kút (IN3)
2018.04.10. 0.Fázis	0 mm	0 mm	0 mm
2018.04.24. 3.Fázis	1,42 mm	1,41 mm	1,46 mm
2018.05.08. 3.Fázis	1,57 mm	1,32 mm	1,57 mm
2018.06.22. 4.Fázis	<u>2,56 mm</u>	1,78 mm	<u>2,08 mm</u>
2018.08.05. 5.Fázis	1,95 mm	<u>1,98 mm</u>	1,8 mm
<u>Maximum</u>	3.Fázis: 2,56 mm	5.Fázis: 1,98 mm	3.Fázis: 2,08 mm

Az első mérés, 2018.04.10-én történt. Az értékek mind a három mérőkútban egyaránt 0 mm mutattak. Ennek oka, hogy az itt meghatározott pontok a kezdeti pontok. Minden további mérésnél ezekhez a pontokhoz viszonyítják a cölöpfal elmozdulásának értékeit.

Sajnálatos módon, egysoros horgonyzásnál, inklinométeres mérés nem készült, így a cölöpfalon kialakuló alakváltozás kezdeti állapotáról nincs információnk. Az első mérés 2018.04.24.-én történt. A munkálatok a harmadik fázisban, kétsoros horgonyzásnál jártak. A három mérőkútban közel azonos 1,41-1,46 mm-ig terjedő mozgásokat mértek. A 11.3.-as ábrán látható, hogy a deformáció maximuma a teljes cölöpfal felső harmadában keletkezett.

A következő mérés, ismételten a harmadik fázisban történt, ahol két sorba volt horgonyozva a szerkezet. A két mérés között két hét telt el, így munkagödör mélyítésének előrehaladtával, a földmunka szint lentebb volt az előzőhöz képest. A fal két szélén lévő mérési pontban a mozgások azonosan 1,57 mm-re nőttek, amíg a

középső mérőkútban 1.32 mm-re csökkentek. Az előző méréshez képest a középső kútban 0,1 mm csökkenés tapasztalható.

A negyedik mérés a következő fázisban, háromsoros horgonyzás elkészülte mellett valósult meg. A mozgások a várható módon alakultak. Mind három mérőkútban az elmozdulás növekedést mutatott. Az IN1-es kútban, közel 1 mm-es, amíg a további kettőnél csaknem 0,5 mm-es növekedés figyelhető meg.

Az ötödik, egyben utolsó mérés, az utolsó fázisban történt. A cölöpfal utolsó alakváltozás ellenőrzésénél az 1 méteres alaplemez beöntésre került. A két szélső mérőkútban, a deformációk csökkentek 0,3-0,5 mm-t, amíg a középső helyzetű kútban a mozgások tovább nőttek. A növekedés pontos értéke 0,2 mm. Az utolsó mérésnél jól látható, hogy az ellenőrző pontokon a cölöpfal végleges deformáció közel 2 mm nagyságúak.

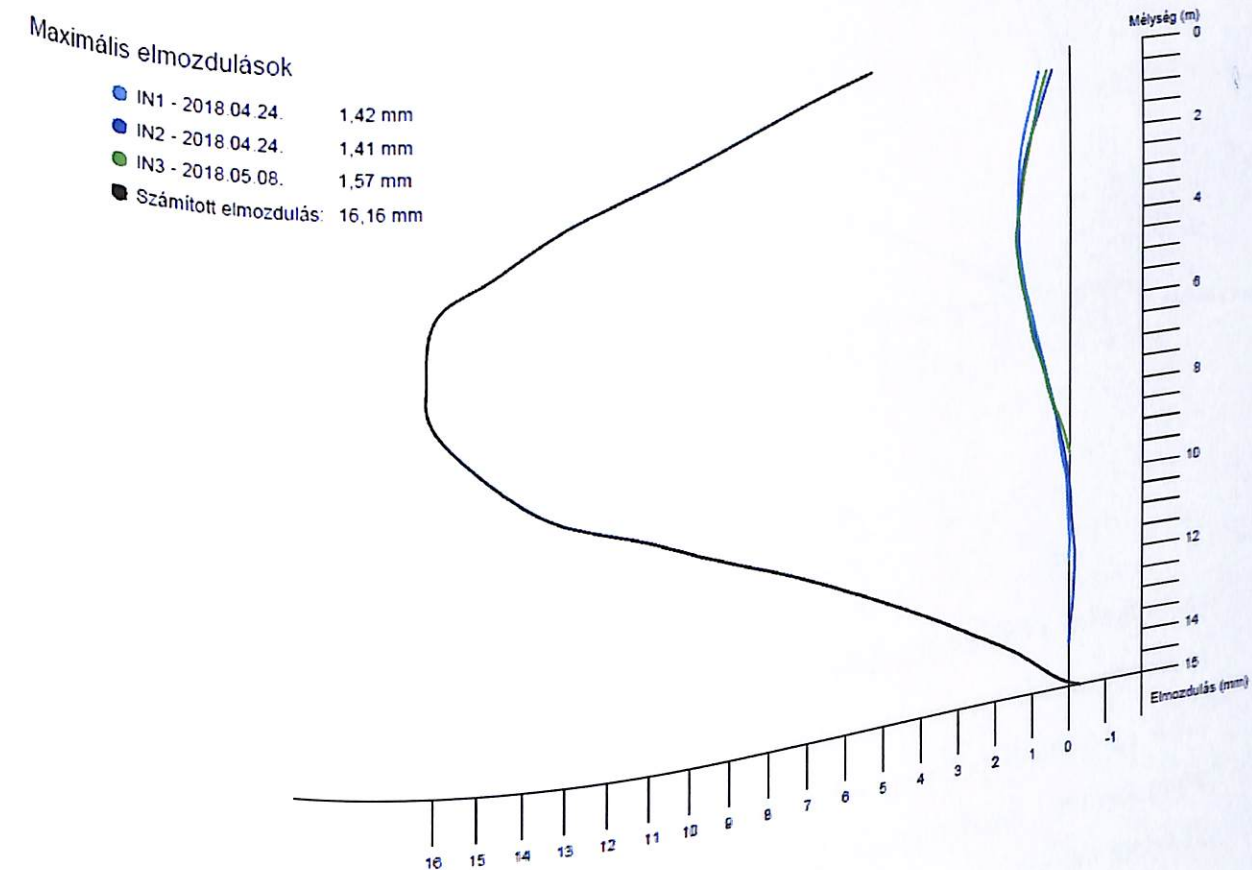
12. Számított és mért elmozdulások összehasonlítása

A helyszíni inklinométeres mérések, mindössze két fázisban fedik le a program által kiszámolt fázisokban lévő alakváltozásokat.

A helyszínen mért deformációk

A helyszíni mérések közül három darab inklinométeres, amíg a számított elmozdulásoknál, kettő fázisban lévő alakváltozás ábrák fedik le egymást.

Az első összehasonlítás a harmadik fázisban készült, két soros horgonyzásnál, a mérések között két hét telt el. A mellékelt ábrán a mérési pontokban mért maximális elmozdulások vannak megjelenítve.



12.1. ábra: I. összehasonlító ábra

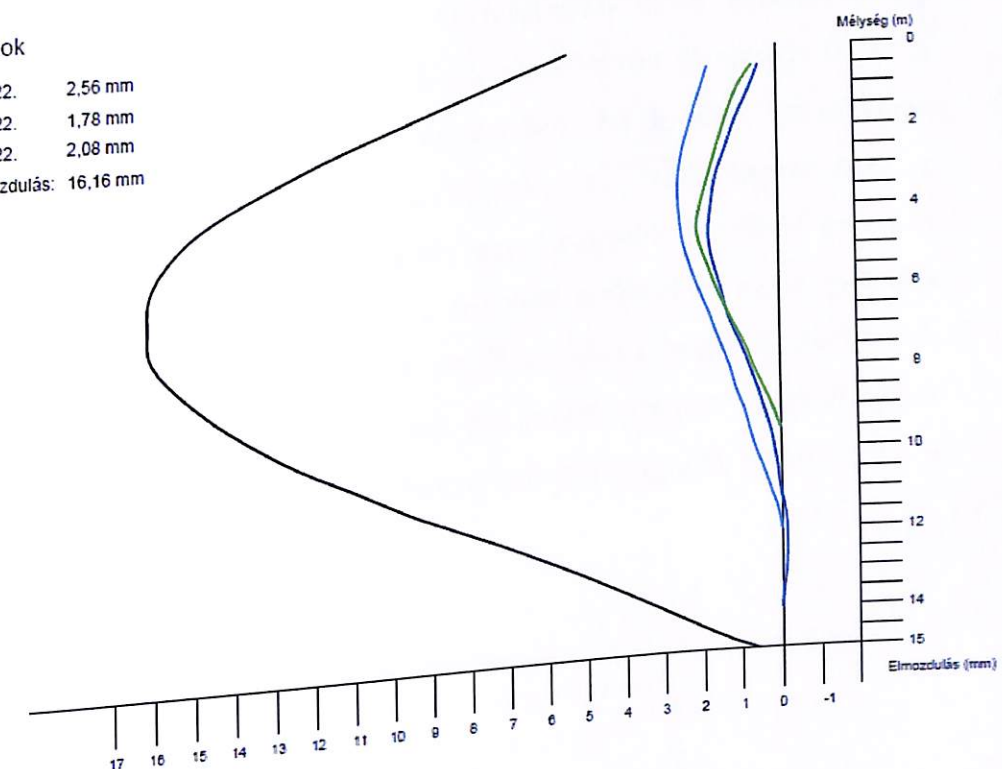
Az alábbi ábrán jól látható a hatalmas különbség a számított és a mért alakváltozások között. A helyszíni méréssel kapott eredmények szinte fedik egymást. Amíg a mért maximális érték a három kút közül, 1,57 mm, addig a számított deformáció egészen pontosan 16,16 mm. Ez több mint tízszeres érték. A cölöpfal behajlása -3-6 méter

között veszi fel a nagyobb értéket. A maximális bemozdulás -4,5 méteren jelentkezik, ennek érték egy szélső helyzetű mérőkútban lett mérve.

A negyedik fázisban, három soros horgonyzás mellett készült mérés, végleges munkagödör szintnél -15,23 méteren.

Maximális elmozdulások

IN1 - 2018.06.22.	2,56 mm
IN2 - 2018.06.22.	1,78 mm
IN3 - 2018.06.22.	2,08 mm
● Számított elmozdulás:	16,16 mm



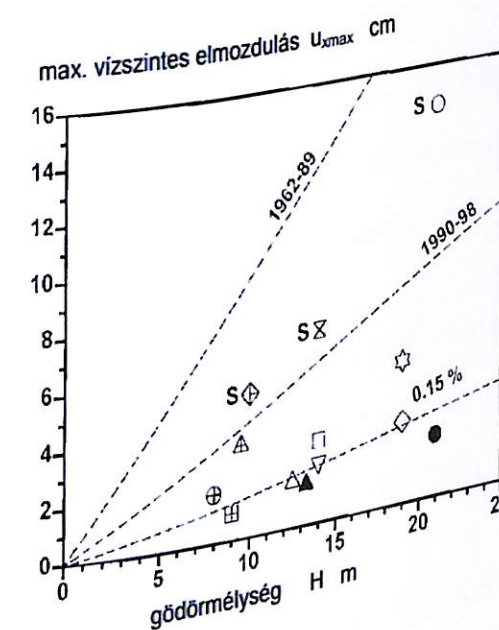
12.2. ábra: II. összehasonlító ábra

Az előző ábrához hasonlóan, itt is látható a számottevő differenciál a számított, és a mért értékek között. A számítás általi deformáció értéke, ebben a munkafázisban sem változott. 16,16 mm. Az inklinométeres mérési adatokból megállapítható, hogy a fal ugyanazon mérési pontban mért értéke, az előző méréshez képest közel 1 mm-es plusz deformációt produkált. A maximális bemozdulás -3,5 méteren jelentkezik, melynek értéke 2,56 mm. A másik két mérőpontban is nőttek az alakváltozások körülbelül 0,3-0,5 mm-rel.

13. Különbségek lehetséges okai

A programmal számított elmozdulások jelentősen eltérést mutatnak a helyszíni mérések eredményeitől. A következőkben szeretnék kitérni, hogy miből is adódhatnak ezek a különbségek.

A munkatér-határolások tervezésének, a teherbírási és a használhatósági határállapotok vizsgálatára kell irányulnia, az Eurocode 7 szerint. Korábban főként a teherbírási határállapotokra koncentráltak a tervezésben. Ez a falak befogásának nyomatéki igénybevételeit, és a megtámasztásokra jutó erők nagyságának a megállapítását foglalta magában. Az idők során egyre nagyobb figyelmet kapott a használhatósági határállapot vizsgálata, mert a beépített területeken egyre mélyebb munkagödrök kaptak helyet. Az ilyen gödrök megtámasztására beépített szerkezetek mozgása, a meglévő épületekre nagy hatással volt. Így értelemszerűen ezeket vizsgálni kellett, és egyre inkább olyan tervezési eljárásokra volt szükség, ami becsli ezeket a mozgásokat.



13.1. ábra: Megtámasztó szerkezetek történelmi áttekintése [X]

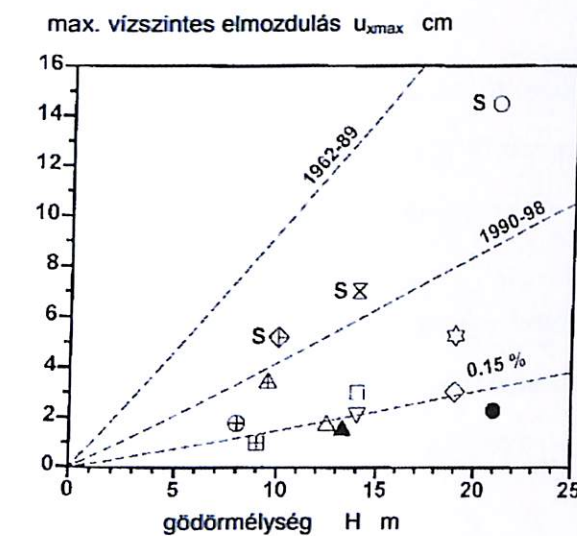
Az 13.1.-es ábra a megtámasztó szerkezetek történelmi fejlődését érzékelteti, elkezdve az 1960-as évektől napjainkig.

Kevésbé ismert azonban, hogy keletkeznek olyan járulékos hatások, amelyek miatt a fal mögötti talajtest deformálódik, így nő a deformáció. Ezek azonban a munkagödör mélységének növekedésével válnak számottevővé.

13. Különbségek lehetséges okai

A programmal számított elmozdulások jelentősen eltérést mutatnak a helyszíni mérések eredményeitől. A következőkben szeretnék kitérni, hogy miből is adódhatnak ezek a különbségek.

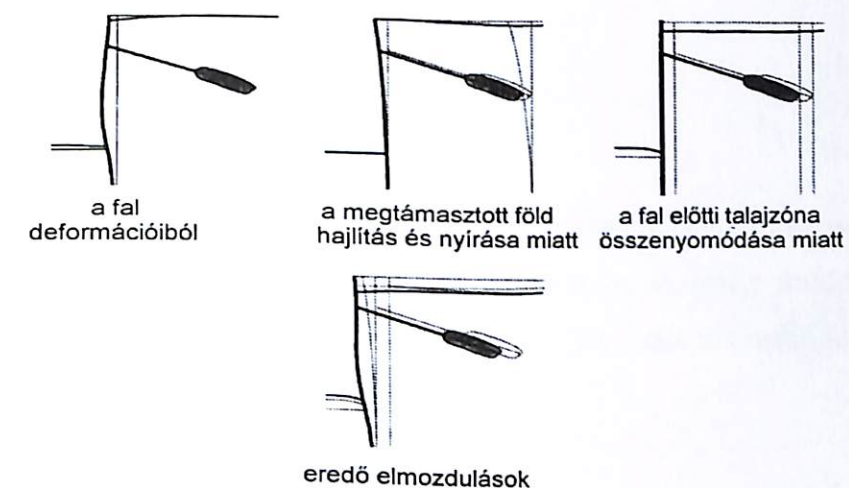
A munkatér-határolások tervezésének, a teherbírasi és a használhatósági határállapotok vizsgálatára kell irányulnia, az Eurocode 7 szerint. Korábban főként a teherbírasi határállapotokra koncentráltak a tervezésben. Ez a falak befogásának nyomatéki igénybevételeit, és a megtámasztásokra jutó erők nagyságának a megállapítását foglalta magában. Az idők során egyre nagyobb figyelmet kapott a használhatósági határállapot vizsgálata, mert a beépített területeken egyre mélyebb munkagödrök kaptak helyet. Az ilyen gödrök megtámasztására beépített szerkezetek mozgása, a meglévő épületekre nagy hatással volt. Így értelem szerűen ezeket vizsgálni kellett, és egyre inkább olyan tervezési eljárásokra volt szükség, ami becsli ezeket a mozgásokat.



13.1. ábra: Megtámasztó szerkezetek történelmi áttekintése [X]

Az 13.1.-es ábra a megtámasztó szerkezetek történelmi fejlődését érzékelteti, elkezdve az 1960-as évektől napjainkig.

Kevésbé ismert azonban, hogy keletkeznek olyan járulékos hatások, amelyek miatt a fal mögötti talajtest deformálódik, így nő a deformáció. Ezek azonban a munkagödör mélységének növekedésével válnak számottevővé.



13.2. ábra: Falmazgások összetevője [X]

A szerkezet mozgását nagymértékben befolyásoló tényezők:

geometriai jellemzők alapján

- munkagödör mélysége,
- a munkatér alaprajzi méretei,
- a fal befogása,
- a dúcok vagy horgonyok vízszintes és függőleges távolsága,
- a beépített dúcok vagy horgonyok alatt ideiglenesen vagy véglegesen megtámasztatlanul maradó földfalak magassága,

technológiai körülmények alapján

- a földkiemelés és a dúcok vagy horgonyok beépítése közötti idő,
- vízáramlás okozta talajkimosódás és építés közbeni talajkipergés,
- a támszerkezet befeszített állapotának tartós biztosítása,

szerkezeti jellemzők alapján

- a dúcok vagy horgonyok nyomási vagy húzási merevsége,
- a dúcok vagy horgonyok előfeszítésének mértéke,
- a falmerevség,

talajfajta, illetve - jellemzők alapján

- talajmerevség, nyírószilárdság,
- kezdeti vízszintes feszültségek,
- talajvíz, talajkörnyezet
- munkatér körüli építmények,

- felszín alatti szerkezetek.

környezet alapján

- munkatér körüli építmények,
- felszín alatti szerkezetek.

A szoftver által számított deformációk megbízhatóságát, legnagyobb mértékben, elsősorban a talajok ágyazási tényezője határozza meg. A talajt modellező vízszintes ágyazási tényezőt a legegyszerűbben a talajok (E_s) összenyomódási modulusából számítható:

$$C_t = \alpha \cdot \frac{E_s}{t} \quad 13.1. \text{ képlet}$$

Ahol a t a fal befogási mélysége, az α pedig 0,5-1 közötti érték.

Emellett lehetőség van az ágyazási tényezők megállapítására a Terzaghi féle táblázat segítségével, melyek elég nagy biztonsággal rendelkező értékek.

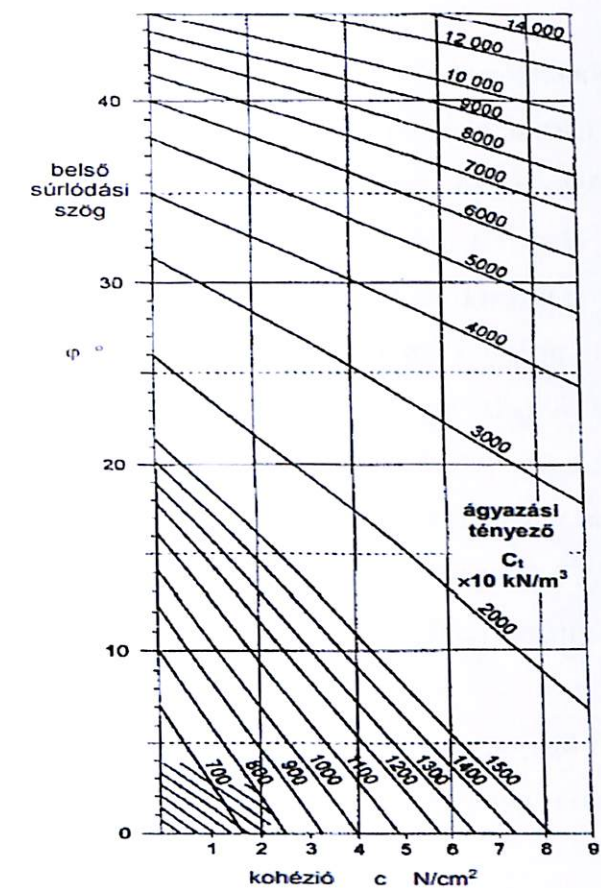
13.1 táblázat

C_t MN/m ³	tömörség		
	laza	közepes	nagyon tömör
a talajvíz felett	2,5	8	20
a talajvíz alatt	1,6	5	13

A francia gyakorlatban elterjedt Schmitt képlet, amely lényegében az összenyomódási modulusból számolt képlet, a falmerevség figyelembevételével bővített változata:

$$C_t = 2,1 \cdot 3 \sqrt{\frac{E_s^4}{(E \cdot I)_f}} \quad 13.2. \text{ képlet}$$

Végül az általam is használt Chadession féle diagramm, ami a belső súrlódási szög és kohézió alapján leolvasható, vagy interpolálható értéket ad az ágyazási tényezőre.



13.3. ábra: Chadession fõle diagramm [X]

A vízszintes ágyazási tényező felvételére viszonylag kevés meggyõző információ van, az elõzõekben felsorolt megállapítások közül, leginkább a 13.3. ábrán látható diagramm ajánlott.

Ahogy már a fejezet elején is szó esett róla, a horgonyzott, mélyebb munkagödrök mentén olyan elmozdulások is bekövetkeznek, melyek a kisebb mélységû gödrök esetében elhanyagolhatók. A mozgások egyrészt a megtámasztó fal mögötti, a horgonyzással összefogott talajtömb, az ez alatti, valamint a gödörfenék alatti talajzóna deformációi miatt következnek be, és ezek szuperponálódnak a fal deformációira. A korábbi 13.2. ábra érzékelteti a három összetevõ jellegét és összegzõdését. A számítások szerint cölöpfalak esetében 1-2 cm-en belül maradnak, és a viszonylag magasan kihorgonyzott falak esetében, nem a fal tetején mutatkozik a legnagyobb mozgás, hanem a fal hasában, a gödörmélység felsõ harmada táján.

Mint már említettem a 7. fejezetben a program számítása a rugalmas ágyazás elvén alapul. A Winkler-elv alapján az eredmények megadják a fal vízszintes mozgásait, és ezek értékelhetõk a környezõ épületek vonatkozásában. A mozgások

valóságossága a vízszintes ágyazási tényező, a rugóállandó helyes felvételének kritériuma. Ez a geotechnika egyik legnehezebb feladata, hiszen ez nem egy mérhető és vizsgálatok alapján meghatározható érték. Ráadásul, sok tényező függvénye. Hozzá kell tennem, hogy ezeknek a tényezőknek a bizonytalan felvétele nem befolyásolja a fal igénybevételeit. A rugalmas ágyazású számításokkal kizárólag csak a fal deformációit lehet megállapítani, a rugóállandó megbízhatóságától függően.

A fúrások során vett minták alapján az alsóbb teherbíró agyagrétegek mélységében közetszerű képződményeket tártak fel. A kőzetesedett agyagok nagyon kedvező talajfizikai jellemzőkkel bírnak. A laborvizsgálatok során 6.1.-es táblázatban feltüntetett talajfizikai jellemzőket határozták meg. Azonban programban való számításnál a biztonság javára, a meghatározott értéktartomány alsó határán, volt ahol a megadott határ alatt lévő értéket vették figyelembe.

A meglévő épület, megoszló terhelésének biztonsággal figyelembe vett értékével számoltak. A program a felszíni teher teljes hosszúságával számol és figyelembe veszi azt a fal mozgás és igénybevétel számításánál.

Az előzőekben felsorolt, főként a programba bevitt talajfizikai jellemzők, és ágyazási tényező pontatlan meghatározásának tudható be a nagyságrendbeli eltérés. Továbbá, a felszíni teher, és a kialakult igénybevételek biztonsággal felszorozott értékei is hozzájárulnak a számottevő mozgás különbségeknek. Számba vehető még a szerkezet megfelelő szakszerű kivitelezése, melynek következtében nem alakultak ki nagyobb tényleges elmozdulások.

14. Számított elmozdulások csökkentése

A dolgozatomban alábbi részében, a program által számított maximális elmozdulás csökkentésével foglalkozom. A 13. fejezetben leírt okok figyelembevételével próbálom közelíteni a mozgásokat a ténylegesen mért eredményekhez. Elsődlegesen a talajfizika jellemzők változtatásaival vizsgáltam, hogy mekkora lehet a program által számolt alakváltozás. Magát a talaj nemét és a rétegek vastagságát nem változtatva, csak a 6.1 táblázat alapján, a talajmechanikai szakvélemény által meghatározott talajfizikai jellemzők legkedvezőbb értékeit vittem be adatként a számítás során. Az idej nagy szárazságra való tekintettel a talajvízszintet is lecsökkentettem. Az 14.1. –es táblázatban láthatók az adatok eredeti és változott értékei.

14.1. táblázat

Talaj	Talaj fizikai jellemzők	Régi értékek	Új értékek
Feltöltés	belső súrlódási szög (°)	20	27
	nedves térfogatsúly (kN/m ³)	18	18
	kohézió (kN/m ²)	20	45
Sárgásszürke iszap	belső súrlódási szög (°)	20	27
	nedves térfogatsúly (kN/m ³)	18	18
	víz alatti térfogatsúly (kN/m ³)	8	-
	kohézió (kN/m ²)	20	45
Barnásszürke agyagos, homokos kavics	belső súrlódási szög (°)	35	45
	nedves térfogatsúly (kN/m ³)	21	21
	víz alatti térfogatsúly (kN/m ³)	11	11
	kohézió (kN/m ²)	-	10
Szürke agyag	belső súrlódási szög (°)	25	40
	nedves térfogatsúly (kN/m ³)	21	21
	víz alatti térfogatsúly (kN/m ³)	11	11
	kohézió (kN/m ²)	80	120
Világosszürke mészmárga	belső súrlódási szög (°)	25	40
	nedves térfogatsúly (kN/m ³)	21	21
	víz alatti térfogatsúly (kN/m ³)	11	11
	kohézió (kN/m ²)	80	120
	talajvízszint (m)	-6,5	-8,5

Az elmondottak alapján meghatározott új adatok használatával vizsgáltam, hogy az elmozdulások értékei közelítenek-e a helyszínen mért értékekkel.

14.1. Számítások összehasonlítása

A számítás során figyelembe vett munkafázisokat külön nem ismertetem, azok 10.2.-10.5. fejezetben leírtakkal teljesen megegyeznek. A 14.1.-es táblázatban feltüntetett új értékek alapján, a munkafolyamat különböző fázisaiban számolt új alakváltozások értékeit a 14.2. táblázatban tüntetem fel, összehasonlítva a régi deformációkkal. A kiszámolt új igénybevételeket itt nem vetem össze a 10.1.-es táblázatban kigyűjtött értékekkel, mivel a dolgozatom az alakváltozások vizsgálatára irányul.

14.2. táblázat

Fázisok		1.Fázis	2.Fázis	3. Fázis	4. Fázis	Maximum
Régi adatok alapján	Alakváltozás	6,1	12,75	16,16	16,16	16,16 mm
Új adatok alapján	Alakváltozás	2,9	3,13	6,83	8,87	8,87 mm

A 14.2.-es táblázat alapján jól látható, hogy az új értékekkel számolt alakváltozások már az első fázisban a felére csökkentek. A cölöpfal végső maximális deformációt közel 9 mm-ben határozhatjuk meg. Ez az érték jóval kevesebb, mint az eredetileg számolt cölöpfal bemozdulása, azonban még így is tartalmaz kellő biztonságot, a helyszínen mért tényleges 2,5-3 mm-es deformációhoz képest.

15. Mellékelt rajzok kiértékelése

15.1. Ágyazási tényezők felvétele

Az A-1-es számú rajzi mellékleten a különböző talajrétegek ágyazási tényezőinek felvétele látható.

A kihorgonyzott falszerkezetek tervezésének alapszámítása a rugalmas ágyazás elvén alapuló tartóméretezés. A jelenlegi hazai gyakorlat túlnyomórészt ezt alkalmazza, és a nemzeti gyakorlatban is ma még ez a fő modell. Az ágyazási tényező helyes felvétele a számítások kulcsa, mert a viszonylag merev falak mozgásai általában nem olyan nagyok, hogy mellettük a talaj valamelyik határállapotba jutna. A meghatározásra sok módszer terjedt el, mint például Terzaghi féle táblázat, ami összefoglalja a talajvíz alatti és feletti, különböző tömörségű talajok ágyazási tényezőit, ez azonban nem tartalmazza az aktív és passzív földnyomási korlátokat. A francia gyakorlatban Schmitt féle képletet alkalmazzák, mely figyelembe veszi a falmerevséget is. A feladatomban egy diagram segítségével határoztam meg az ágyazási tényezőket, melyet a nemzetközi gyakorlatban használt programok is használnak. Az alkalmazott segédlet Chadession nyomán egy Φ (belső súrlódási szög) és c (kohézió) alapján meghatározható, szükség esetén interpolálással. A diagram idehaza azért is kedvelt, mert a munkatér-határolásaink leggyakoribb talajkörnyezetére, a homokos kavicsokra és az előterhelt agyagokra vonatkozóan, a nyírószilárdságot vizsgálattal vagy becsléssel megbízhatóbban meg lehet állapítani, mint összenyomódási modulusukat.

Ezek alapján a talajrétegekhez tartozó ágyazási tényezők a következők.

Közepes homok feltöltés	$17200 \text{ kN/m}^3 = 17,2 \text{ MN/m}^3$
Kavicsos iszap	$17200 \text{ kN/m}^3 = 17,2 \text{ MN/m}^3$
Agyagos kavics	$40000 \text{ kN/m}^3 = 40 \text{ MN/m}^3$
Szürke meszes márga	$38900 \text{ kN/m}^3 = 38,9 \text{ MN/m}^3$
Agyagos mészmárga	$38900 \text{ kN/m}^3 = 38,9 \text{ MN/m}^3$

15.2. Inklinométeres mérések bemutatása

Az I-1-es számú rajzi mellékleten többek között egy átnézeti helyszínrajz látható, ami bemutatja a munkagödör körvonalát és, hogy hol is helyezkednek el a mérőpontok. A kitelepített három darab inkilométeres mérőkút, a meglévő épület melletti cölöpfalon, arra merőleges irányú deformációkat mér. Az IN1 jelű a Frankel Leó út felé eső szélső, az IN2 egy középső helyzetű, míg az IN3 jelű az Árpád Fejedelem út felé eső szélső mérőkút. A kutak tetőszintje a fejerenda szintjén (-4 méteren) van. A munkagödör elkészülte során ötször történt mérés a kutakban.

A mérések különböző időpontjait, más-más színekkel ábrázoltam a jobb áttekinthetőség érdekében. Az első mérés 2018.04.10-én készült ezt feketével jelöltem, ez a kezdeti állapot. A következő mérés 2018.04.24-én történt, mely kék színnel látható. Az ez utáni 2018.05.08-ai mérés zöld színt kapott. A további 2018.06.22-ei mérés bíbor színnel van jelölve, majd végül az utolsó 2018.08.05-ei mérés, mely a piros színt kapta meg.

A mérések, mérőkutak szerint vannak csoportosítva, minden időpontban mért deformáció külön-külön is ábrázolva van, majd kutanként összesítve az összes mérés.

A felső sorban ábrázolt deformációk az IN1 jelű mérőpontban mért értékeket mutatják. A sor végén látható összesített ábrán jól kivehető, hogy a deformációk minden mérésnél egyre nőnek. A legnagyobb elmozdulás a negyedik mérés során (2018.06.22.) keletkezett, ami elérte 2,56 mm-es értéket. Ehhez képest az utána lévő ötödik (2018.08.05.) mérésnél a deformációk csökkentek.

A középső sorban az IN2-es mérési ponton végbemenő deformációkat láthatjuk. Ugyancsak az összesített ábrán jól látható, hogy az idő elteltével a folytonos mérések során a deformációk egyre nőnek, a várt módon alakulnak. Az utolsó mérésnél (2018.08.05.) a bemozdulás eléri a maximális 1,98 mm-es nagyságot.

Végül az IN3-as mérőkútban mért alakváltozásokat ábrázoltam. Szintén az összesített ábrán jól érzékelhető, hogy hasonló módon, mint az IN1-es pontban, itt is a maximális deformációt a negyedik (2018.06.22) mérésnél éri el a fal, 2,08 mm-t. Majd a következő (2018.08.05) mérésnél ugyan olyan csökkenést mutat, amelyet a fal másik sarkában lévő mérőkútnál észleltünk.

15.3. Munkatér-határolás 0. fázis

Az M-1-es rajzi mellékleten a munkatérhatárolás alapállapota látható. Továbbá a vizsgált cölöpfalról egy metszet, melyen a meglévő épület főbb adatai, a talajrétegek és azok fontosabb talajfizikai jellemzői, a réteghatárok és azok balti feletti szintjeik és maga a cölöpfal jelenik meg, melynek mélysége 15 méter. Az alábbi fázisban inklinométeres vizsgálat történt (2018.04.10.), melynek maximális értéke 0 mm.

15.4. Munkatér-határolás 1. fázis

M-2-es rajzi melléklet az első munkafázist jeleníti meg. A keresztmetszet szinte teljesen ugyan az, mint az előző ábrán, hasonlóan minden adat szerepel rajta. A különbség annyi, hogy itt megkezdődik a földkiemelés a cölöpfal belső részén. Az első fázisban a munkatér síkját 0,8 méterrel lesüllyeszti, amely az abszolút 0,00 szinttől 4,8 méterrel van lejjebb. Így érve el a 102,01 mBf szintet. A metszet mellett megjelenik a kiemelés után létrejövő igénybevételek. Fel van tüntetve földnyomás, nyomaték, nyíróerő és deformáció. Látható még egy plusz deformáció ábra, amelyen alakhelyesen a tengelyeken feltüntetett léptékek szerint van ábrázolva az elmozdulás. A program által számított minimális és maximális érték, a hozzátartozó igénybevétel, vagy alakváltozás alatt szerepelnek. A földnyomás ábrán jól kivehető, hogy a maximális értéket a földkiemelés síkján éri el 2,59 kN/m-t. A maximális nyomaték a cölöpfal felső harmadában alakul ki, értéke csekély. A nyíróerő ugyan ezen a ponton vált előjelet, amíg a deformáció maximális értéke a cölöpfal tetején alakul ki.

15.5. Munkatér-határolás 2. fázis

Az M-3 rajzon az előzőekben láthatott keresztmetszett és azon feltüntetett adatok láthatók. A eltérés a munkafolyamat előrehaladottságában van. Ebben a munkafázisban beépítésre kerültek az első sor horgonyok és emellett a földfejtés is tovább haladt. A horgonyzás -4,5 méteren ment végbe, ami 102,31 mBf-t jelent. A földkiemelés síkja itt már eléri a -10,3 métert, ami 96,5 mBf. Az igénybevételek a várt módon alakultak, a földnyomás itt is a munkatér felső síkján tetőzött, egész pontosan 87,39 kN/m-es nagyságban. Jól látható a rétegváltásoknál megváltozott földnyomás növekedés. Ahogy átlépünk a feltöltés rétegből az iszap rétegbe, egy lépcsőzetes ugrást tapasztalhatunk, majd a következő rétegváltásnál is egy arányaiban kisebb ugrással nő az érték egészen a munkasíkiig. A nyomatéki és nyíróerő ábrán észrevehető, hogy a horgonyzásig az érték

nulla, ezután kezd el változni. A nyomatéki maximum egyre lentebb csúszik, a fal felső felén alakul ki, hasonlóan a deformációhoz. A nyomaték értéke ebben a fázisban a legnagyobb, eléri a 356,08 kNm-es értéket. Addig a nyíróerő a lemélyítéssel nő, pontos értéke az alábbi fázisban 135,28 kN. A fal bemozdulásának értéke a számítás szerint, itt már eléri a 12,75 mm-es nagyságot, ami egész pontosan a cölöpfal felső síkjától mérve - 4,9 méteren van.

15.6. Munkatér-határolás 3. fázis

M-4-es ábrán a következő munkafázist szemléltetem. A második sor horgonyzás is beépítésre került -10,0 méteren, ami 96,81 mBf-nak felel meg. A munkagödör tovább mélyült, immár elérte a -13,3 méteres (93,51 mBf) mélységet. Az igénybevételi ábrákból jól kivehető, hogy a földnyomás a már megszokott módon a rétegváltásoknál ugrásszerűen kisebb nagyobb mértékben nő egészen a munkagödör síkjáig ahol 124,79 kN/m-es nyomást gyakorol. A nyomatéki és nyíróerő ábránál jól látható, hogy a horgonyok síkjánál az értékek lecsökkennek. Amíg a nyomatéki ábránál a maximum érték a második horgonysor és a földkiemelés síkja között, addig a nyíróerő ábránál, a második horgonyzási sík szintjén jönnek létre. Az előző fázishoz képest a nyomaték lecsökkent 309,63 kN/m-re, míg a nyíróerő értéke tovább emelkedett 182,46 kN-ra. A deformáció is tovább nőtt, 16,16 mm-es bemozdulásával elérte a fázisokban létrejött legnagyobb alakváltozást. Az alábbi munkafázisnál helyszíni inklinométeres mérések is történtek két időpontban is. A mérések között két hét telt el. Kék színnel jelöltem a 2018.04.24-ei mérést és zöld színnel a 2018.05.08-ai mérést. Az alakhelyes elmozdulásán ábrára illesztve mind, a helyszíni méréseket és a számított eredményt, jól látható a hatalmas eltérés. Az inklinométeres mérés alapján, a legnagyobb bemozdulás a 2018.05.08-ai mérés során a fal két szélén lévő mérési pontban mérték, egyaránt 1,57 mm-t. A mért érték a számított érték több mint tízszerese. Különbség figyelhető meg a maximális bemozdulás helyénél is. Amíg a számított maximális érték, a cölöpfal felső síkjától mérve -6,75 méteren jelenik meg, addig a helyszíni mérésnél ez csupán -4 és -4,5 méteren van.

15.7. Munkatér-határolás 4. fázis

A M-5 számú rajzon a harmadik egyben utolsó sor horgonyzás is a helyére kerül. Egész pontosan -13 méteren épülnek meg 93,81 mBf szinten. A földkiemelés és tovább

folytatódik, eléri a végleges munkagödör alsó szintjét 91,58 mBf-et, ami az abszolút 0,00 szinttől -15,23 méterre van. A várt módon a földnyomás ebbe a fázisban érte el a maximális 133,72 kN/m-es értéket. A nyomaték tovább csökkent, jelen fázisban 273,28 kN/m-es értéket éri el. A már megszokott módon a horgonyzási síkoknál a nyomaték értéke lecsökkent, az ábra hasasodása a megtámasztások között alakul ki egyre kisebb értékeket felvéve, majd a munkagödör alsó síkja után előjelet váltva 0-ban végződik. A nyíróerő ábra, az előzőkhöz hasonlóan a megtámasztásoknál éri el a nagyobb értékeket. A maximális érték 131,75 kN, ez az előző fázishoz képest csökkenést mutat. A deformáció az előző fázisban érte el a maximumot, itt semmilyen változás nem következett be, ugyan az a 16,16 mm-es alakváltozás jött létre. Az alábbi munkafázishoz is tartozik inklinométeres mérés, mely 2018.06.22-én valósult meg. A három kútban mért bemozdulások értékeit az alakhelyes elmozdulás ábrán szemléltetem bíbor színnel. A számított értékhez képest ugyancsak elég csekély elmozdulás értékeket észleltek a helyszíni mérés során. A három mérőpont közül a legnagyobb bemozdulás az IN1 jelű mérőkútban történt, egész pontosan 2,56 mm. Ezt az értéket a cölöpfal felső síkjától -3,5 méteres szinten kapták. A számított értékhez képest ez még mindig elég nagy eltérés közel a hatoda, és a maximum érték helyének a kialakulása között is jelentős különbség vehető észre. Amíg a mért maximum -3,5 méteren, addig a számított maximum érték -6,75 méteren mélyen található.

15.8. Munkatér-határolás 5. fázis

Az M-6 ábrán az utolsó fázis található, az alaplemez elkészülte. Ez egy 1 méter vastagságú rugalmasan ágyazott vasbeton lemezalap. A adott munkafázishoz számított igénybevételek nem tartoznak, azonban inklinométeres helyszíni mérés igen. Az itt kapott mérési eredményeket az előző fázishoz viszonyítom. A mérés időpontja 2018.08.05. Az elmozdulások redukálódtak az előző fázisban mért értékekhez képest. Számokkal ismertette ez azt jelenti, hogy az IN1-es mérési pontban mért legnagyobb érték 1,95 mm volt, ami közel 0,6 mm-el csökkent. Ezekről tapasztalhatjuk, hogy az vizsgált cölöpfal másik sarkában lévő mérőkútnál is ezt tapasztalhatjuk, hogy az alaplemez elkészülte során a deformáció csökkent. Ezekről eltérő módon a középső mérési pontban mért érték tovább növekedett 1,78 mm-ről 1,98 mm-re. Mind a három helyen a maximális bemozdulások a cölöpfal felső síkjától közel -4,5 méteren alakultak ki. Ami a teljes 15 méter mély szerkezet felső egyharmadában van.

16. Következtetés

Ahogy az előzőekben említettem, a mély munkagödröket határoló szerkezetek alakváltozásának mértéke rengeteg dologtól függ. Láthattuk, hogy nagy eltérések adódhatnak a programmal végzett számítások és a tényleges deformációk között. Ezeknek az eltéréseknek a legmeghatározóbb oka, a tervezésnél használt pontatlan bemenő adatok adják. Azok közül is az ágyazási tényező. Ezt a paramétert vizsgálatokból nem tudjuk meghatározni, mivel ez nem talajfizikai jellemző. Az érték pontos meghatározása nehéz. Az ágyazási tényező függ a talajtól, a szerkezet anyagától és kialakításától, a gödör mélységtől és még sok más tényezőtől.

A tervezés során lehetetlen elvárni, hogy teljesen pontos alakváltozási értékeket határozzunk meg. Azonban, a pontosabb deformációk meghatározásának érdekében geotechnikai monitoring rendszereket használnak, amelyek terén egyre nagyobb fejlődés tapasztalható. Az ellenőrzésre használt rendszereknek köszönhetően, a kivitelezés során bekövetkezett alakváltozások nyomon követhetők, így teremtve meg a biztonságos munkavégzést. A monitoring rendszerek nagy előnye még a *back analysis*, amellyel nem csak a tervezéskor használt modellt tudjuk felülvizsgálni, és ha szükséges, módosítani a bevitt adatokat, de az alkalmazásuk során szerzett tapasztalatok alapján kedvezőbb költségvetésű szerkezetek építhetők.

17. Irodalom jegyzék

- [1] Dr. Szepesházi Róbert – Geotechnika jegyzet
Széchenyi István Egyetem Műszaki Tudományi Kar, Győr, 2008.
- [2] Faur Krisztina Beáta, Szabó Imre - Geotechnika (2011)
https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFKHT6504SI/adatok.html, 2018. szeptember 18.
- [3] Dr. Bartos Sándor – Králik Béla Mélyépítés II.
Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Budapest, 2006.
- [4] Magyar Mérnöki Kamra Geotechnika Tagozat
Korszerű cölöpalapozások tervezése geotechnikai, tartószerkezeti és technológiai szempontok alapján, Budapest, 2016.
- [5] Dr. Móczár Balázs – Talajszegezés
<https://www.slideserve.com/nayef/talajszegez-s> 2018.
- [6] Egy hazai metró állomás munkatér-határolásának vizsgálata, monitoring eredmények tükrében
<https://tdk.bme.hu/EMK/geot/Egy-hazai-metro-allomas-munkaterhatarolasanak>
2018.
- [7] www.metro4.hu 2018.
- [8] GEOPLAN Mérnöki Szolgáltató és Kereskedelmi Kft.
Talajmechanikai szakvélemény a Budai Irgalmasrendi Kórház tervéhez
- [9] GEOPLAN Mérnöki Szolgáltató és Kereskedelmi Kft.
Kiegészítő talajvizsgálati jelentés a Budai Irgalmasrendi Kórház tervéhez
- [10] Dr. Szepesházi Róbert – Mély munkagödrök mentén bekövetkező mozgások (2006)

18. Ábra jegyzék

- [I] Dr. Szepesházi Róbert: Geotechnika jegyzet, 2008
- [II] Dr. Bartos Sándor – Králik Béla Mélyépítés II., 2006
- [III] Faur Krisztina Beáta, Szabó Imre - Geotechnika (2011)
- [IV] Magyar Mérnöki Kamra Geotechnika Tagozat - Korszerű cölöpalapozások tervezése geotechnikai, tartószerkezeti és technológiai szempontok alapján Budapest, 2016.
- [V] <https://maps.google.hu/>
- [VI] <http://www.georisk.hu/Maps/maps.html>
- [VII] <http://www.geovil.hu/geotechnikai-monitoring.html>
- [VIII] Mélyépítési munkák előkészítése
- [IX] Sándor Geotechnika Kft. – BIK (2018)
- [X] Dr. Szepesházi Róbert – Mély munkagödrök mentén bekövetkező mozgások (2006)

19. Tervjegyzék

H-1	Helyszínrajz
R-1	Rétegszelvény A-A metszet
R-2	Rétegszelvény B-B metszet
I-1	Inklinométeres mérés
A-1	Ágyazási tényezők
M-1	Munkatér-határolás 0.fázis
M-2	Munkatér-határolás 1.fázis
M-3	Munkatér-határolás 2.fázis
M-4	Munkatér-határolás 3.fázis
M-5	Munkatér-határolás 4.fázis
M-6	Munkatér-határolás 5.fázis

Köszönetnyilvánítás

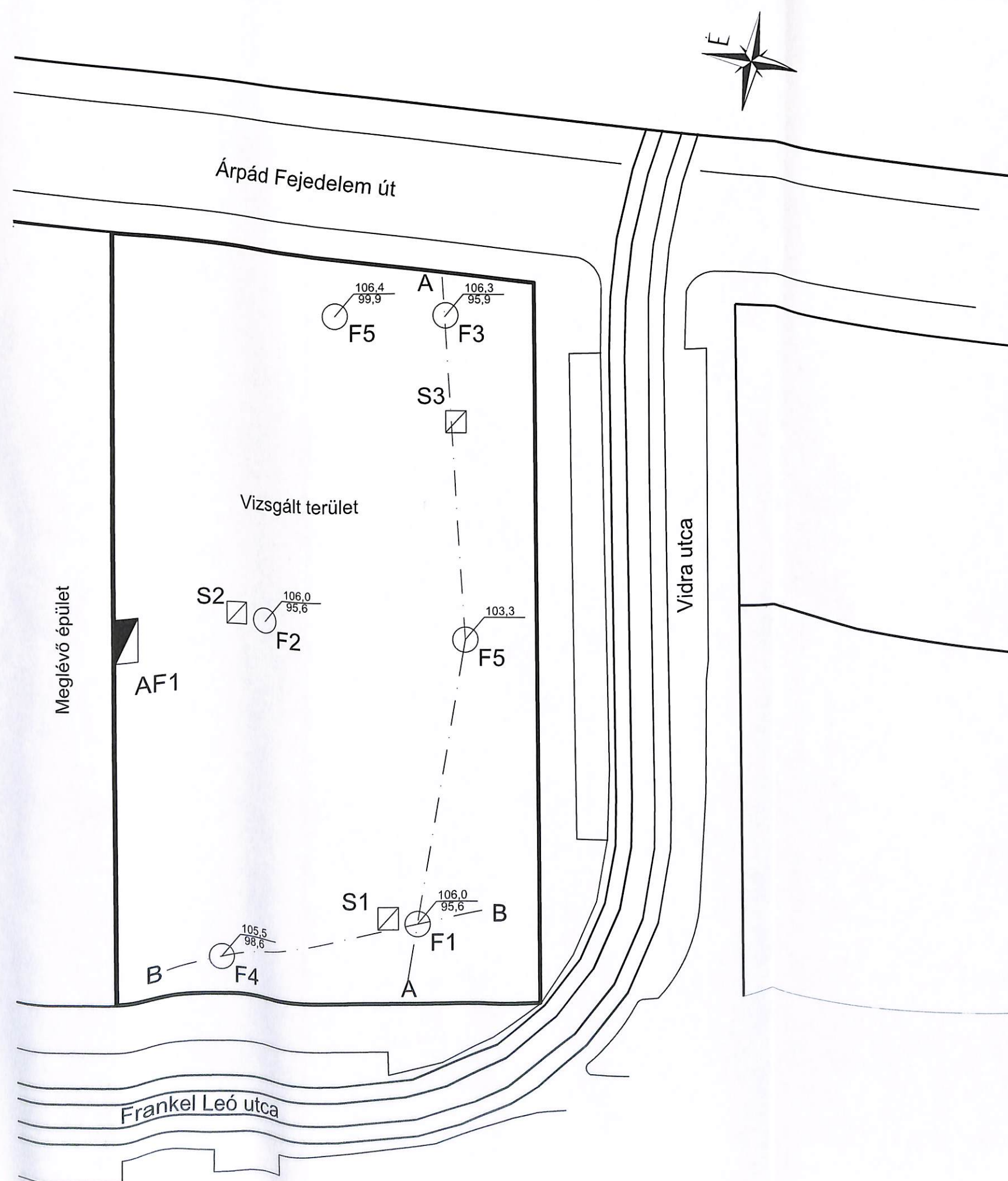
Ezúton szeretném tiszteletemet és köszönetemet kifejezni, mindazon személyeknek, akik hozzájárultak a diplomamunkám elkészítéséhez.

Szeretném köszönetemet kifejezni belső konzulensemnek, Keszeyné dr. Say Emma tanárnőnek, a konzultációk során adott elengedhetetlen tanácsaiért, a precíz megfogalmazásokért, és a kivételes segítőkészségéért.

Szakmai tapasztalata, rugalmassága, türelmes segítőkészsége miatt, továbbá építő jellegű kritikáiért köszönettel tartozom külső konzulensemnek, Bognár Baláznak. További munkasikereket kívánok ezúton is.

Továbbá szeretném megköszönni tanárainnak, akik segítettek azon ismeretek és tudás megszerzésében, amelyek elengedhetetlenek voltak a szakdolgozatom elkészítése során.

Végül, de nem utolsó sorban, szeretném hálámat kifejezni szüleimnek, önzetlen támogatásukért, és a továbbtanulási lehetőség megteremtéséért.



Jelmagyarázat:

- F1 jelű fúrás
- ◻ S1 jelű statikus szonda
- ▤ AF1 jelű alapfeltárás

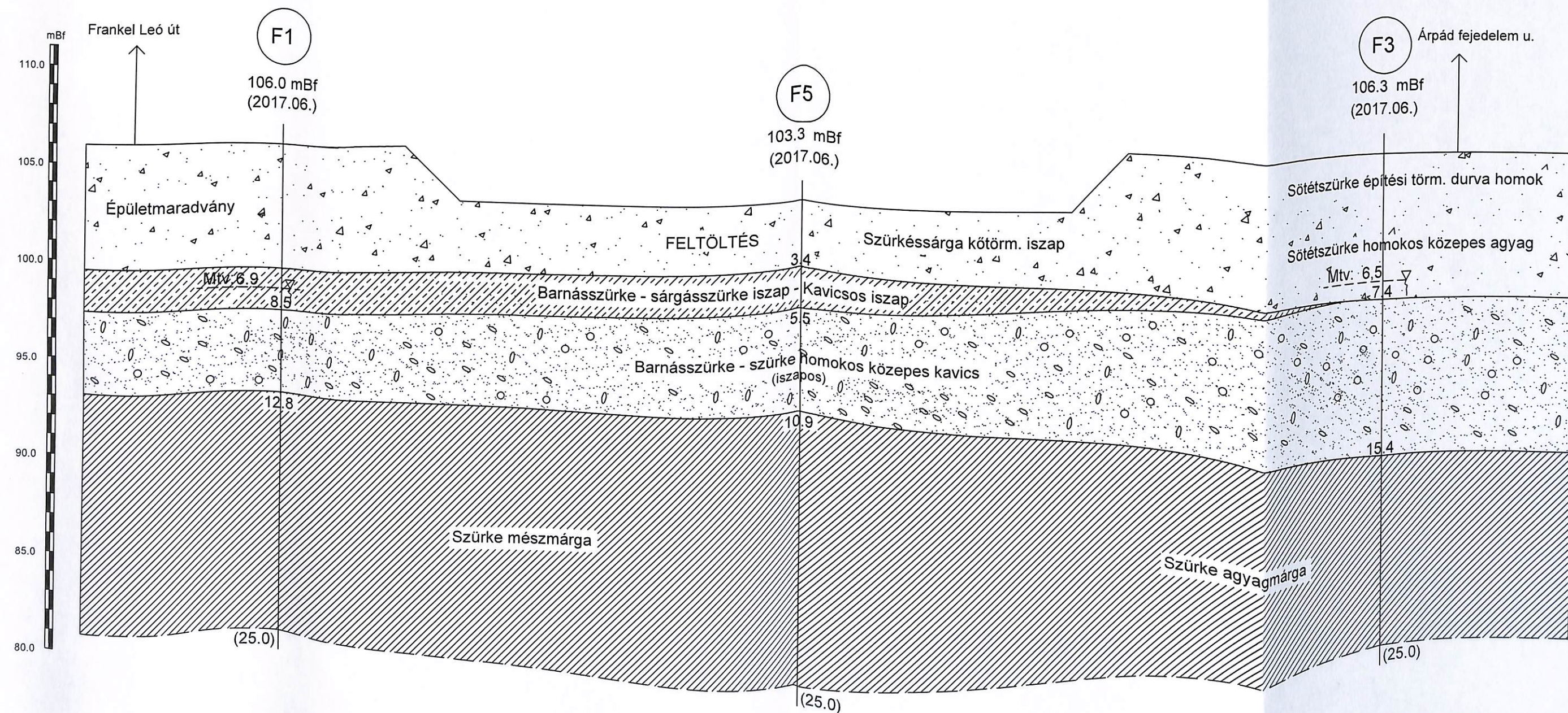
$\frac{106,0}{95,6}$
 $\frac{106,0}{95,6}$

Terepszint (mBf)
 Talajvízszint (mBf)

A-A Rétegszelvény

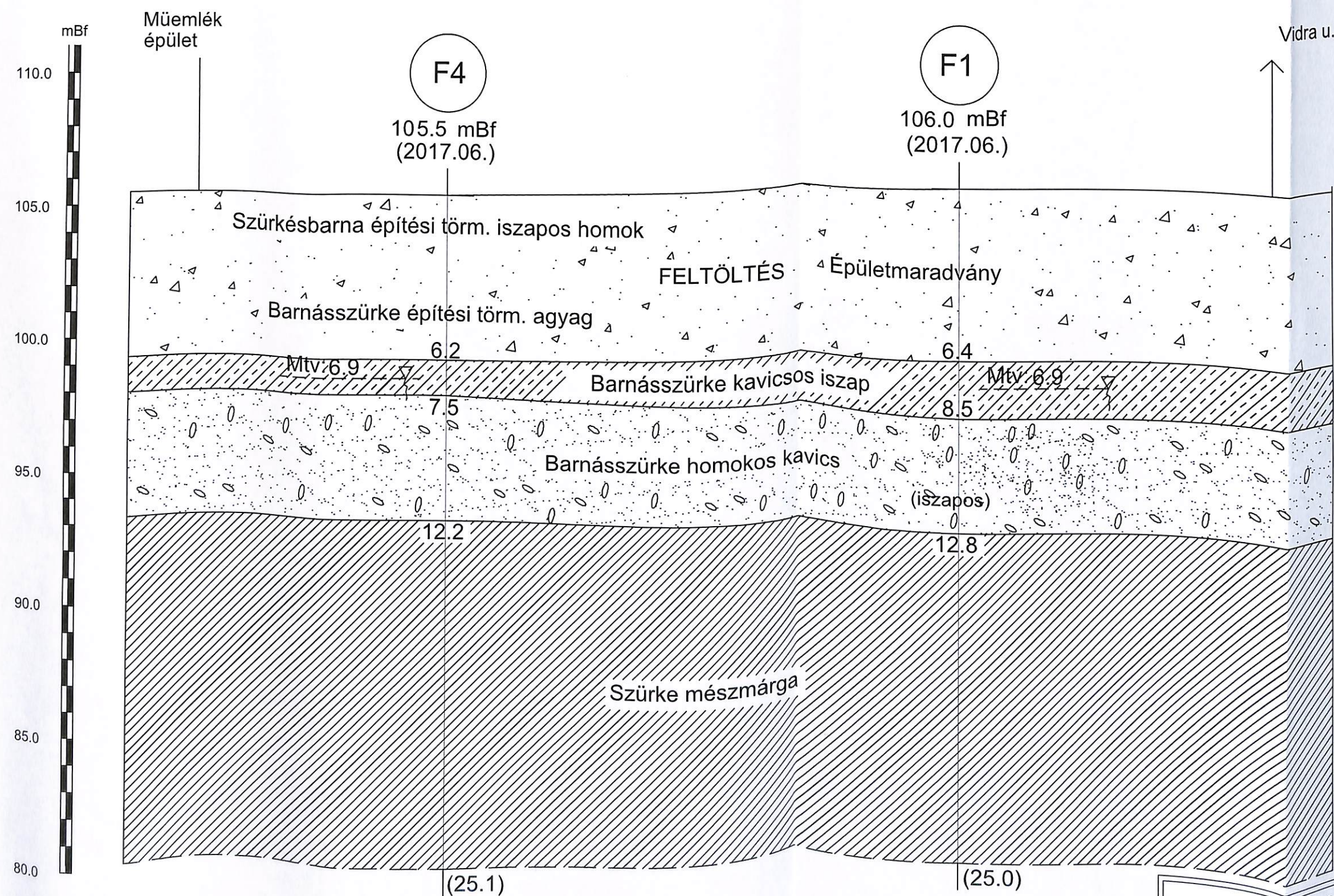
Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi kar Geotechnika szakirány			
			Rajz mérete: A3
Szakdolgozat			
BUDAI IRGALMASRENDI KÓRHÁZ MUNKATÉR-HATÁROLÁS			
Projekt:			Dátum: 2019
Cím:	BUDAI IRGALMASRENDI KÓRHÁZ MUNKATÉR-HATÁROLÁS		Rajz száma: H-1
Készítette: Gyarmati Márk	Belső konzulens: Keszeyné dr. Say Emma	Külső konzulens: Bognár Balázs	

A - A Rétegszelvény

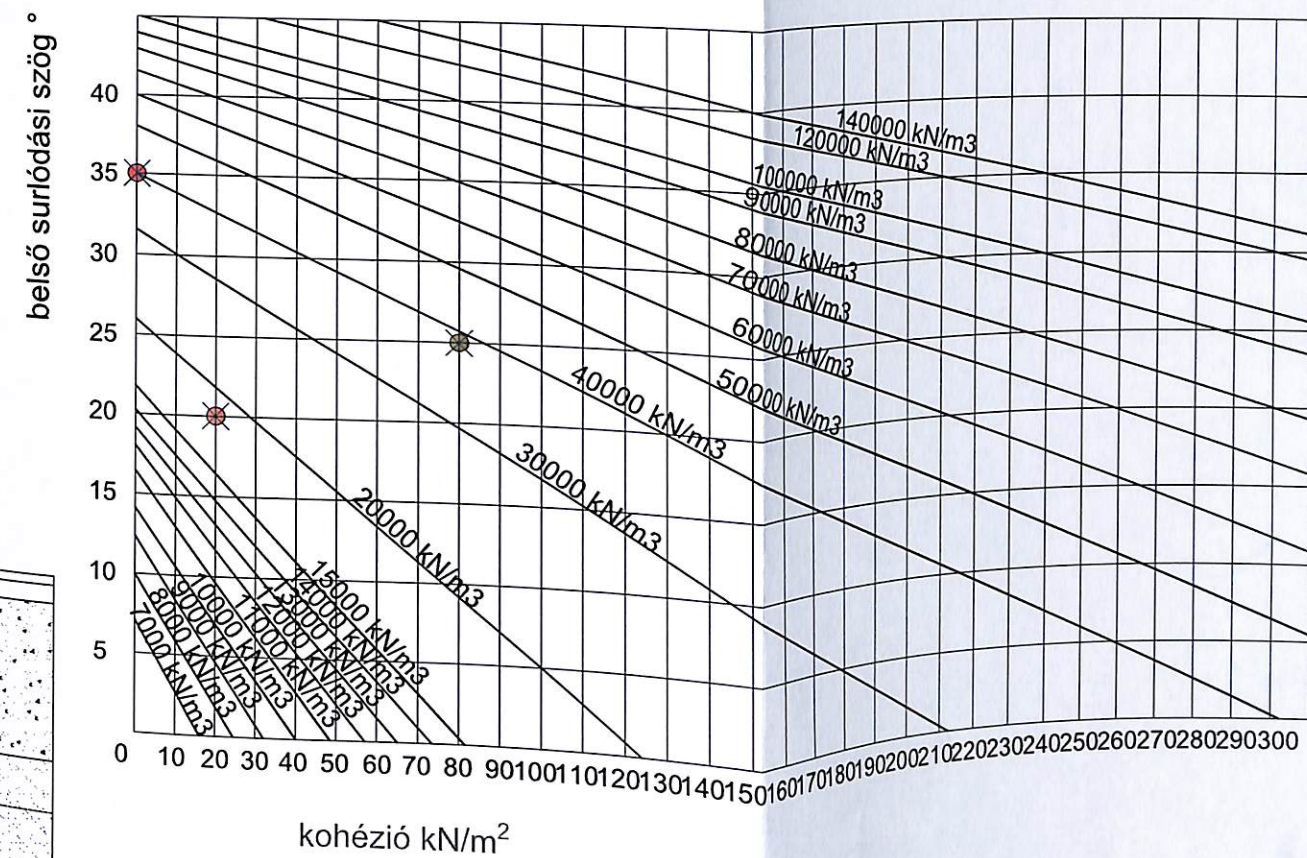
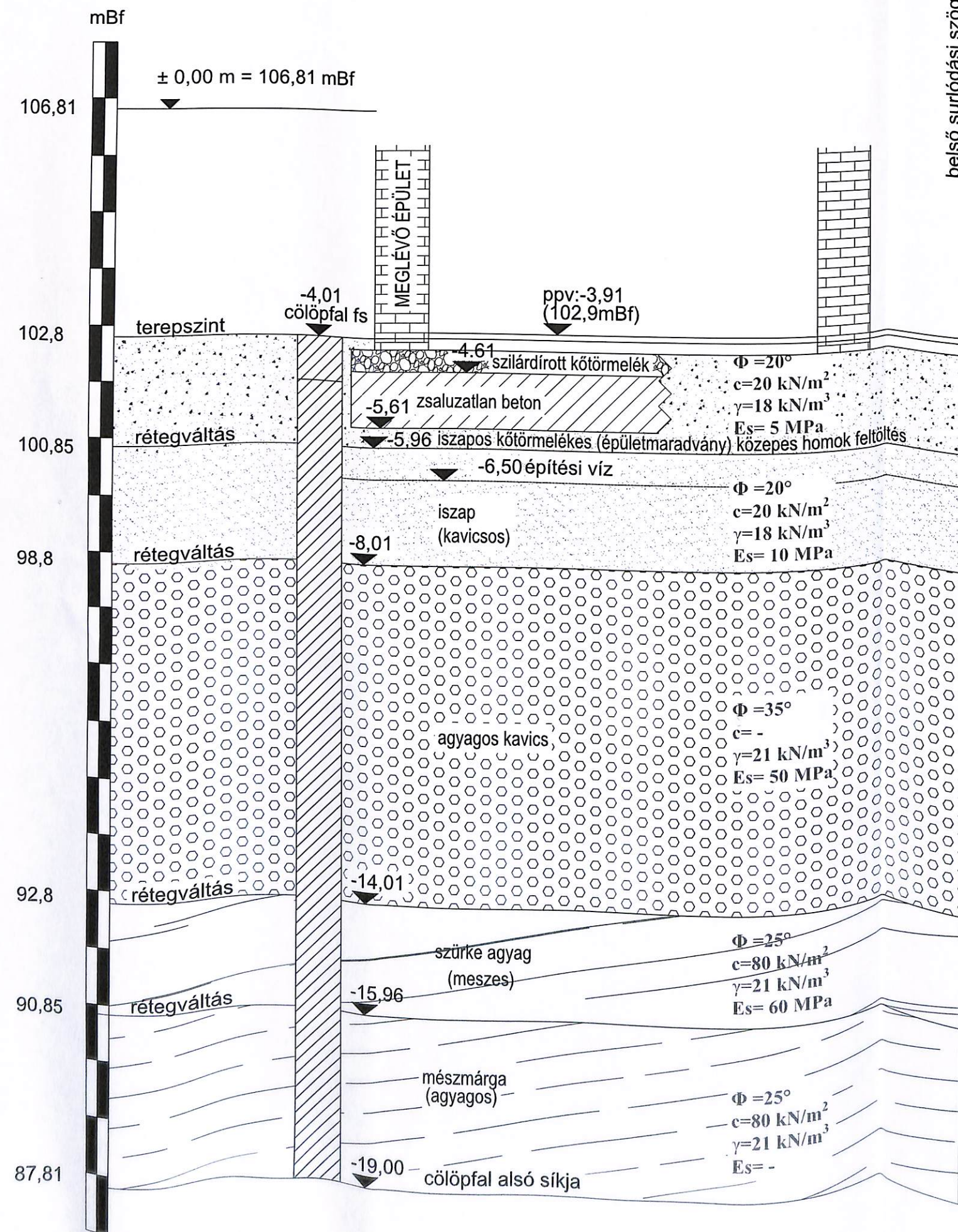


Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi kar Geotechnika szakirány			
Szakdolgozat			Rajz mérete A3
Projekt BUDAI IRGALMASRENDI KÓRHÁZ MUNKATÉR-HATÁROLÁS			Dátum 2019
Cím Rétegszelvény A-A metszet			Rajz száma R-1
Készítette Gyarmati Márk	Belső konzulens Keszeyné dr. Say Emma	Külső konzulens Bognár Balázs	

B - B Rétegszelvény



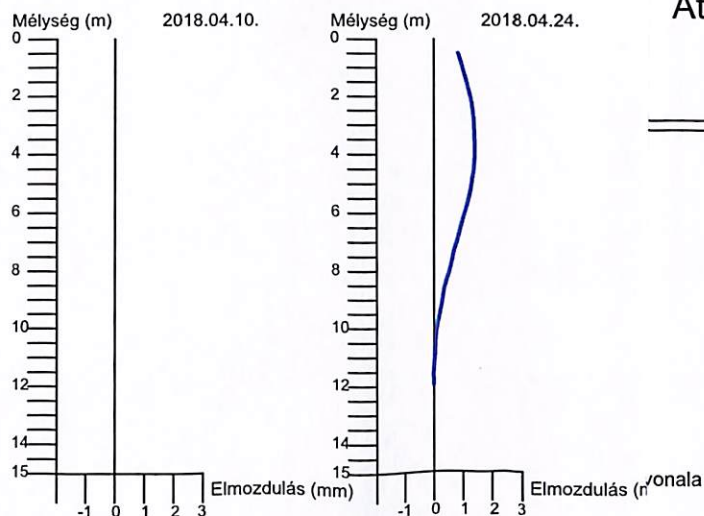
Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi kar Geotechnika szakirány	
Szakdolgozat	Rajz mérete: A3
Projekt: BUDAI IRGALMASRENDI KÓRHÁZ MUNKATÉR-HATÁROLÁS	Dátum: 2019
Cím: Rétegszelvény B-B metszet	Rajz száma: R-2
Készítette: Gyarmati Márk	Külső konzulens: Bognár Balázs
Belső konzulens: Keszeyné dr. Say Emma	



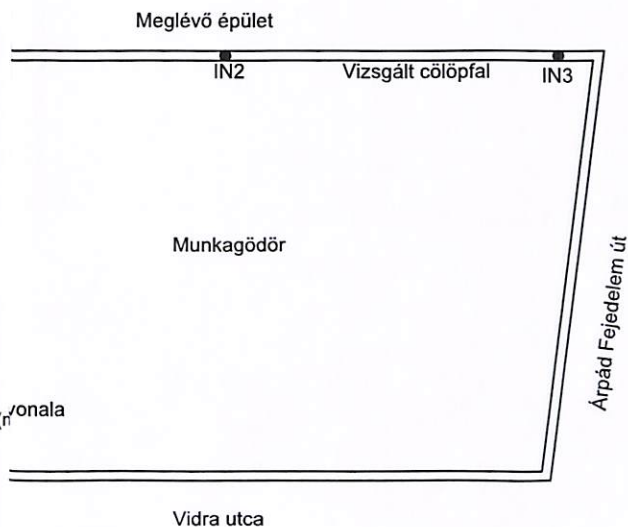
- ✗ Közepes homok feltöltés: $C_t = 17200 \text{ kN/m}^3$
- ✗ Kavicsos iszap: $C_t = 17200 \text{ kN/m}^3$
- ✗ Agyagos kavics: $C_t = 40000 \text{ kN/m}^3$
- ✗ Szürke meszes agyag: $C_t = 38900 \text{ kN/m}^3$
- ✗ Agyagos mészmárga: $C_t = 38900 \text{ kN/m}^3$

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi kar Geotechnika szakirány		Rajz mérete: A3
Szakdolgozat		
Projekt: BUDAI IRGALMASRENDI KÖRHÁZ MUNKATÉR-HATÁROLÁS	Dátum: 2019	
Cím: Talajrétegek ágyazási tényezői	Rajz száma: A-1	
Készítette: Gyarmati Márk	Kísérő konzulens: Bognár Balázs	
Belső konzulens: Keszevnyé dr. Say Emma		

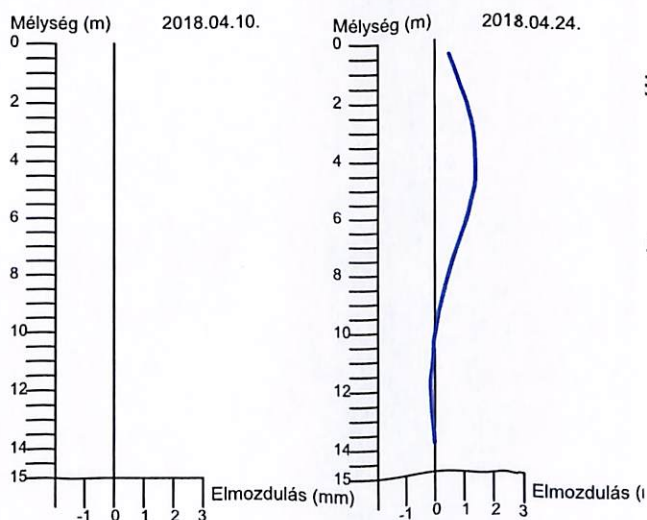
Várható elmozdulás felé mért értékek (F)



Átnézeti helyszínrajz



Várható elmozdulás felé mért értékek (k)



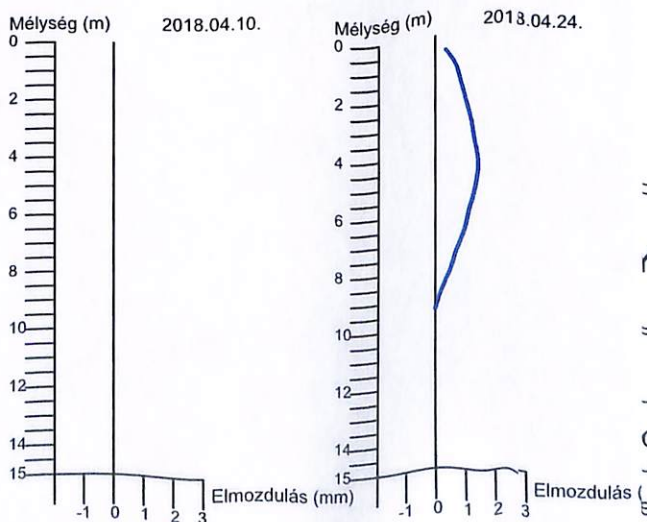
Magyarázat:

● IN1 jelű inklinométeres mérőkút

Használt időpontok:

- 2018.04.24.
- 2018.05.08.
- 2018.06.22.
- 2018.08.05.

Várható elmozdulás felé mért értékek (Á)



Szent István Egyetem
 Tóth Miklós Építéstudományi kar
 Geotechnika szakirány

Szakdolgozat

Rajz mérete:
 A3

GALMASRENDI KÓRHÁZ MUNKATÉR-HATÁROLÁS

Ábrák és mérések

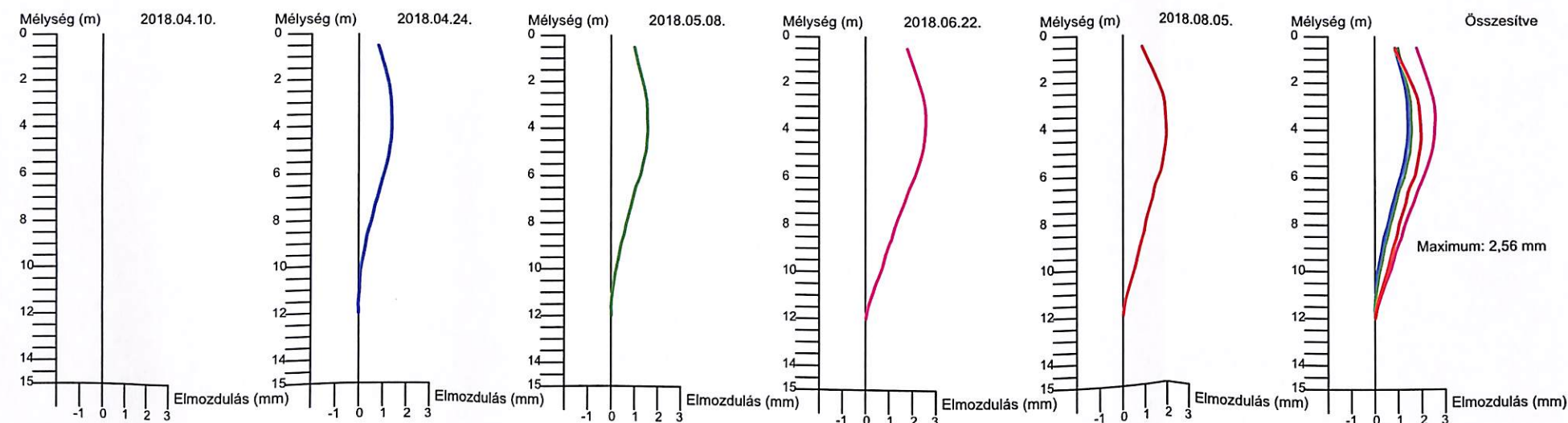
Dátum:
 2019

Óravezető:
 Szegény dr. Say Emma

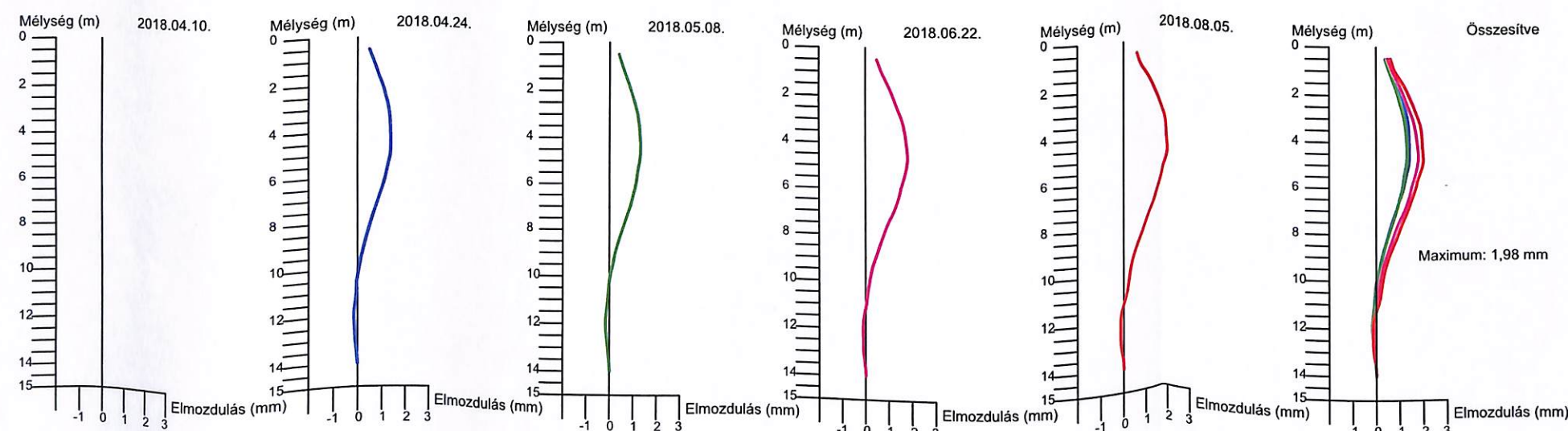
Külső konzulens:
 Bognár Balázs

Rajz száma:
 I-1

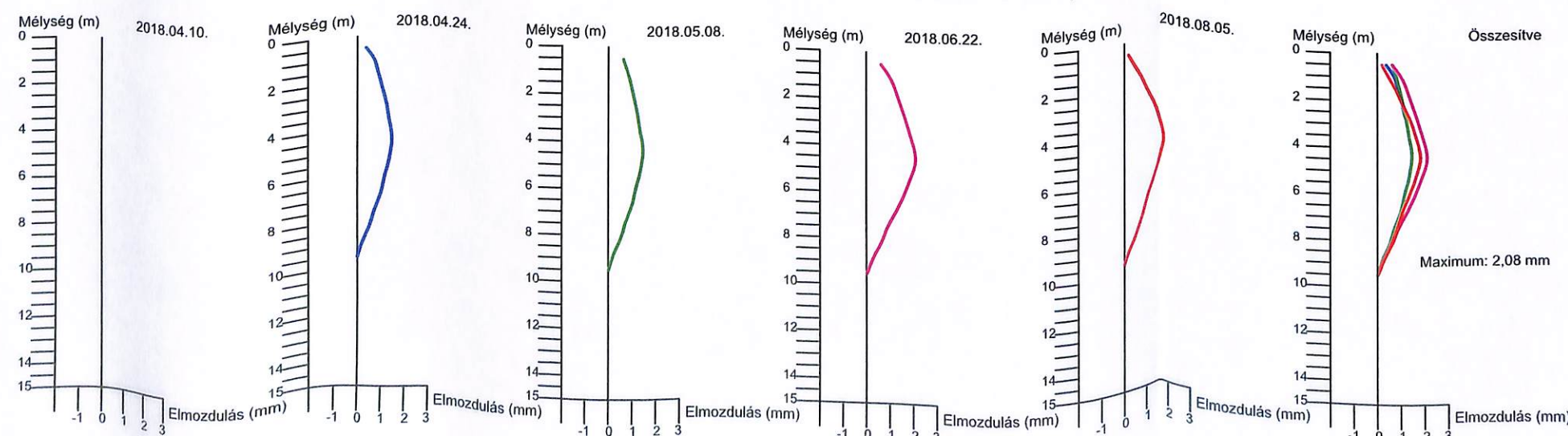
Várható elmozdulás felé mért érték (Frankel Leó út felé eső szélső mérési pont - IN1)



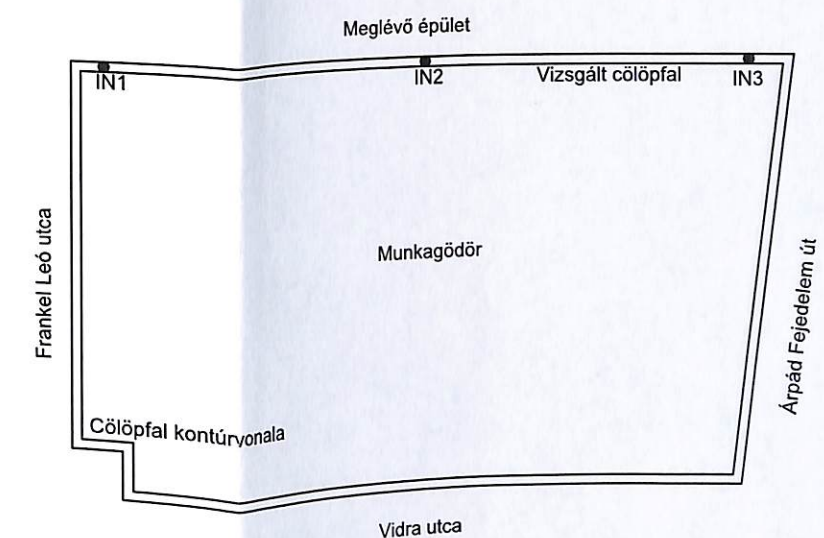
Várható elmozdulás felé mért érték (középső mérési pont - IN2)



Várható elmozdulás felé mért érték (Árpád Fejedelem út felé eső szélső mérési pont - IN3)



Átnézeteti helyszínrajz



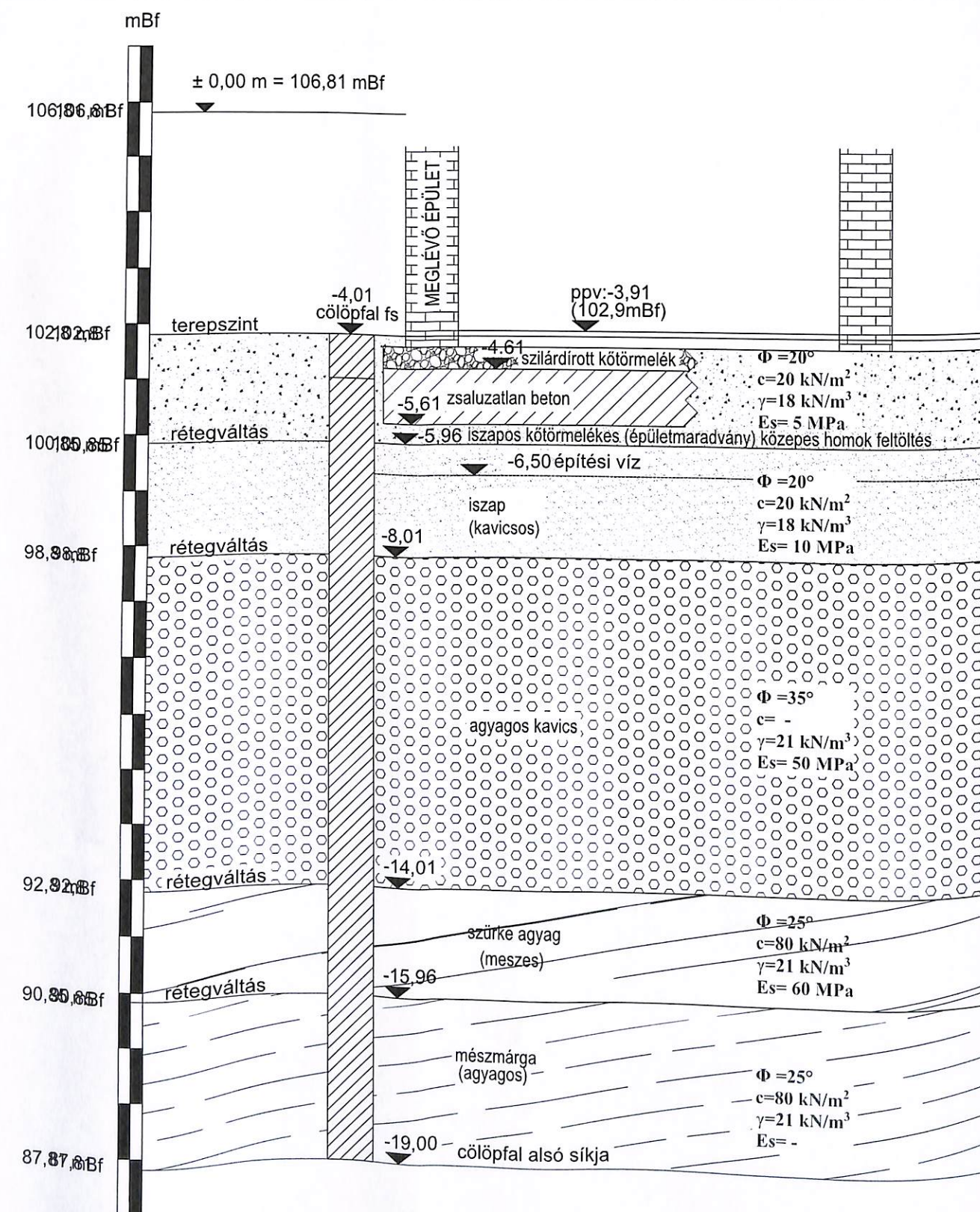
Jelmagyarázat:

- IN1 jelű inklinométeres mérőkút

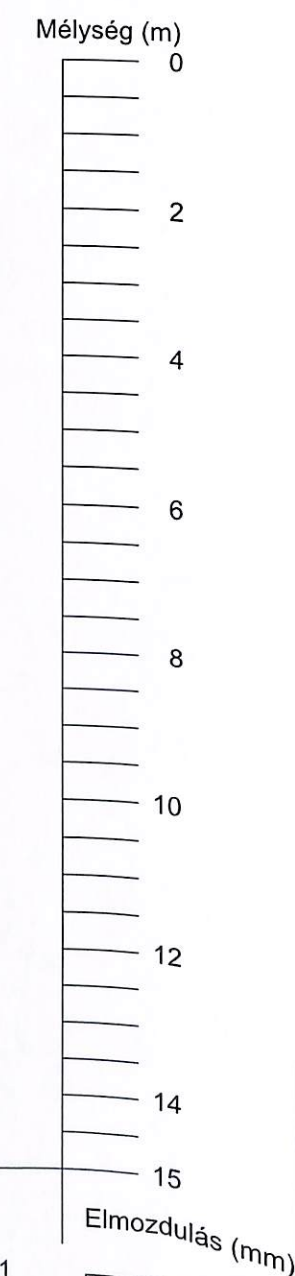
Mérési időpontok:

- 2018.04.24.
- 2018.05.08.
- 2018.06.22.
- 2018.08.05.

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi kar Geotechnika szakirány		Rajz mérete: A3
Szakdolgozat		
Projekt: BUDAI IRGALMASRENDI KÓRHÁZ MUNKATÉR-HATÁROLÁS	Dátum: 2019	
Cím: Inklinométeres mérések	Külső konzulens: Bognár Balázs	Rajz száma: I-1
Készítette: Gyarmati Márk	Belső konzulens: Keszeyné dr. Say Emma	



0. Fázis - alapállapot

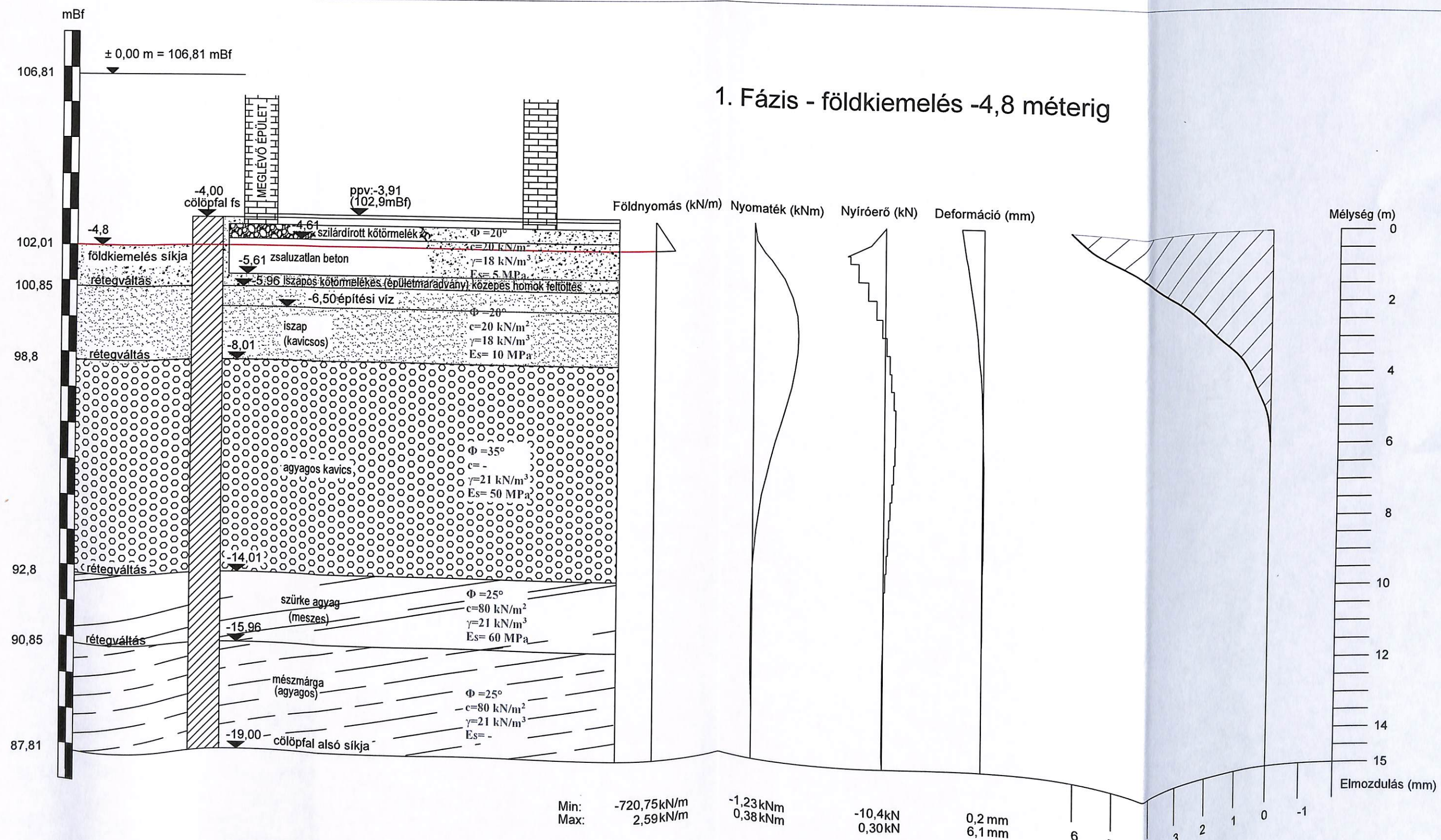


Számított elmozdulás nem történt a 0. fázisban.

Inklinométeres mérés eredménye: 0 mm.

Mérés időpontja: 2018.04.10.

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi kar Geotechnika szakirány		Rajz mérete: A3
Szakdolgozat		
BUDAI IRGALMASRENDI KÓRHÁZ MUNKATÉR-HATÁROLÁS		
Projekt: Cím:	Dátum: 2019	
Munkatérhatárolás 0. fázis		
Készítette: Gyarmati Márk	Külső konzulens: Bognár Balázs	Rajz száma: M-1
Belső konzulens: Keszeyné dr. Say Emma		



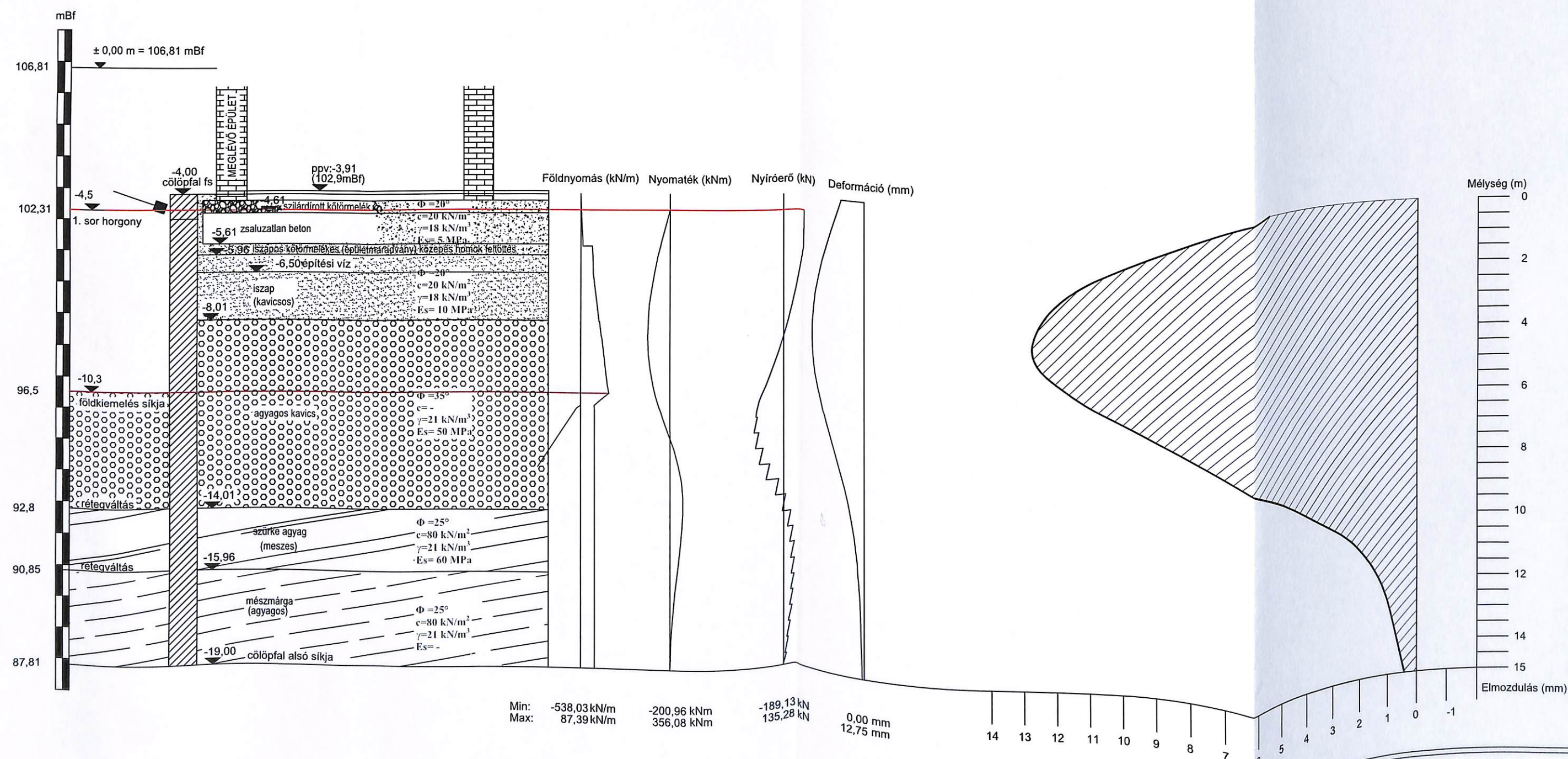
Számított alakhelyes elmozdulás ábra az 1. fázisban.

● Számított maximális elmozdulás: $X_{\max} = 6,1 \text{ mm}$ (0 méteren)

Inklinométeres mérés nem történt.

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi kar Geotechnika szakirány		Rajz mérete: A3
Szakdolgozat		
Projekt BUDAI IRGALMASRENDI KÓRHÁZ MUNKATÉR-HATÁROLÁS	Dátum: 2019	
Cím Munkatér-határolás 1. fázis	Készítette: Bognár Balázs	Rajz száma: M-2
Készítette: Gyarmati Márk	Korábbi konzulens: Keszeyné dr. Say Emma	

2. Fázis - 1. sor horgony -4,5 méteren, földkiemelés -10,3 méterig



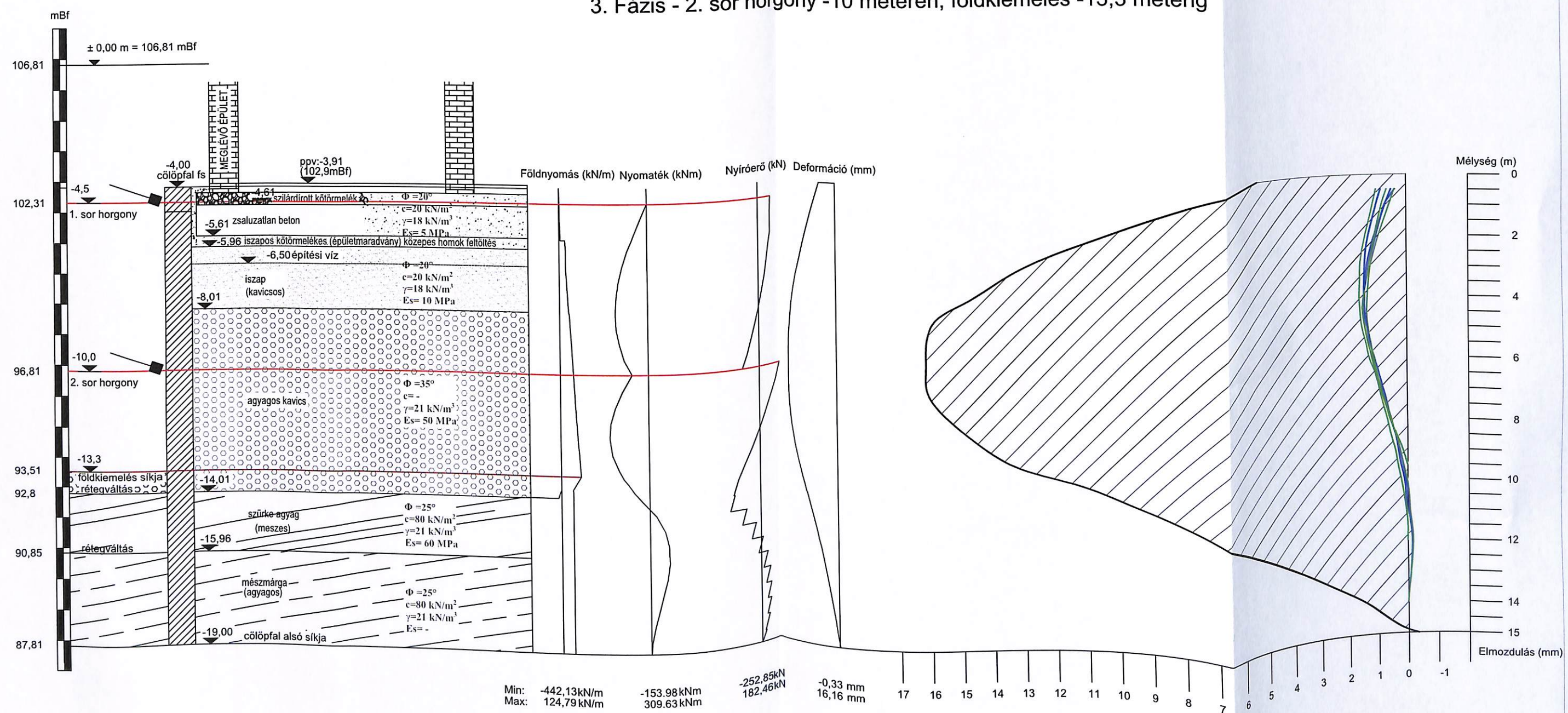
Számított alakhelyes elmozdulás ábra a 2. fázisban.

● Számított maximális elmozdulás: $X_{\max} = 12,75 \text{ mm}$ (-4,9 méteren)

Inklinométeres mérés nem történt.

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi kar Geotechnika szakirány		Rajz mérete: A3
Szakdolgozat		
BUDAI IRGALMASRENDI KÓRHÁZ MUNKATÉR-HATÁROLÁS		
Projekt:	Datum: 2019	
Cím:	Rajz száma: M-3	
Készítette: Gyarmati Márk	Belső ellenőrzés: Keszeyné dr. Say Emma	Külső ellenőrzés: Bognár Balázs

3. Fázis - 2. sor horgony -10 méteren, földkiemelés -13,3 méterig



Számított alakhelyes elmozdulás ábra a 3. fázisban.

● Számított maximális elmozdulás: $X_{\max} = 16.16 \text{ mm}$ (-6.75 méteren)

Inklinométeres mérés maximális eredményei.

● 2018.04.24.

● IN1: $X_{\max} = 1.42 \text{ mm}$ (-4.5 méteren)

● IN2: $X_{\max} = 1.41 \text{ mm}$ (-4.5 méteren)

● IN3: $X_{\max} = 1.46 \text{ mm}$ (-4.5 méteren)

● 2018.05.08.

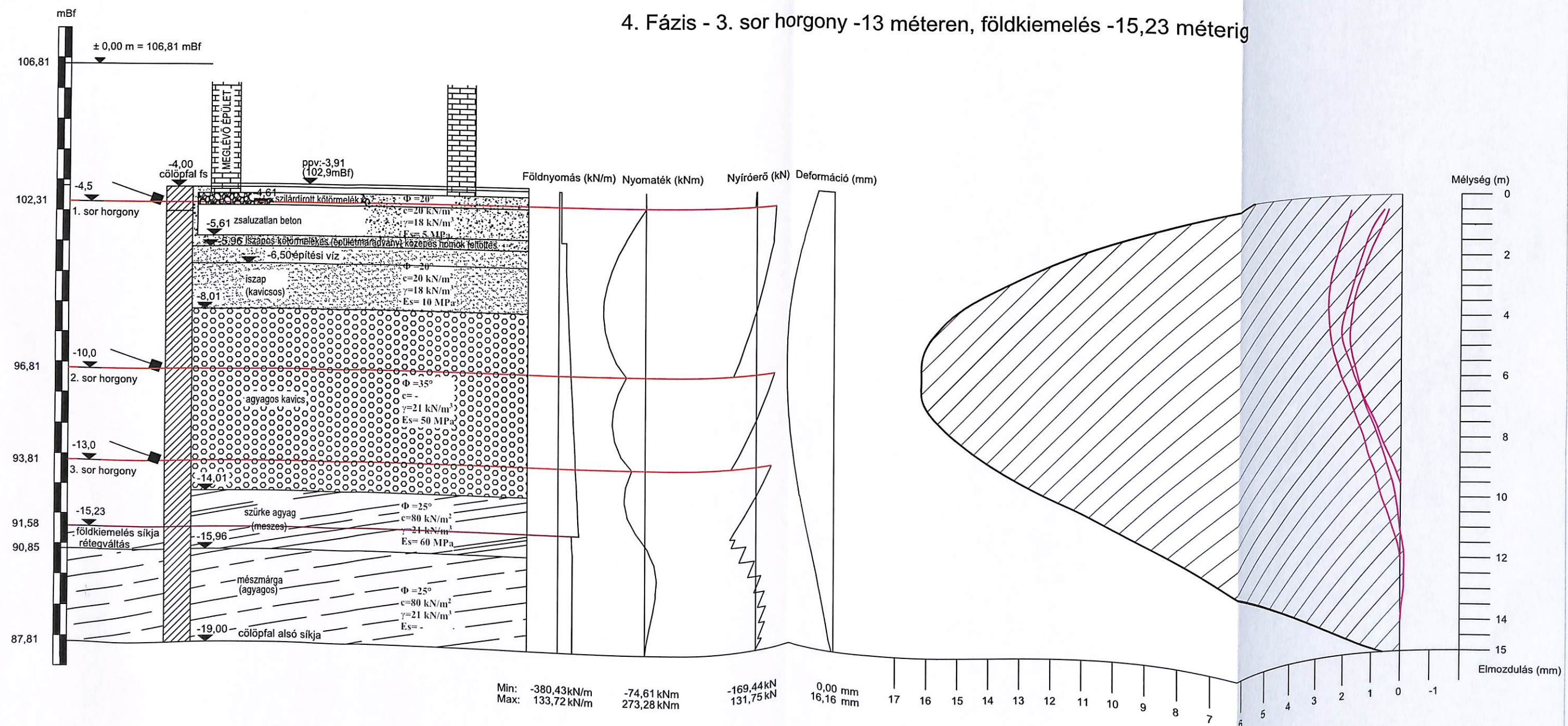
● IN1: $X_{\max} = 1.57 \text{ mm}$ (-4.0 méteren)

● IN2: $X_{\max} = 1.32 \text{ mm}$ (-4.5 méteren)

● IN3: $X_{\max} = 1.57 \text{ mm}$ (-4.5 méteren)

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi kar Geotechnika szakirány	
Szakdolgozat	Rajz mérete: A3
BUDAI IRGALMASRENDI KÓRHÁZ MUNKATÉR-HATÁROLÁS	
Projekt:	Dátum: 2019
Cím:	Rajz száma: M-4
Készítette: Gyarmati Márk	Kísérő konzultans: Bognár Balázs
Belső konzultans: Keszeyné dr. Say Emma	

4. Fázis - 3. sor horgony -13 méteren, földkiemelés -15,23 méterig



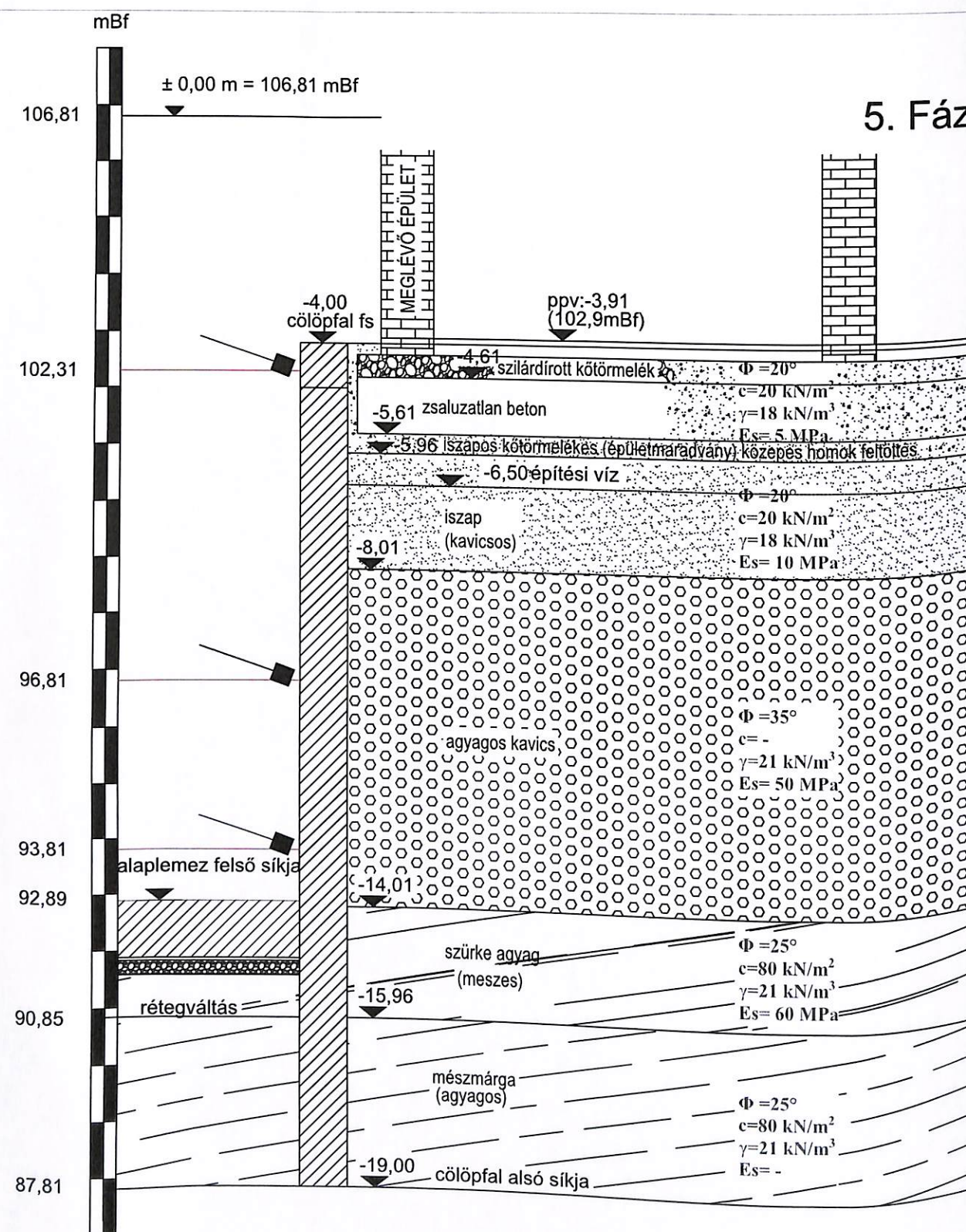
Számított alakhelyes elmozdulás ábra a 4. fázisban.

● Számított maximális elmozdulás: $X_{\max}=16.16 \text{ mm}$ (-6,75 méteren)

Inklinométeres mérés maximális eredményei.

- 2018.06.22.
- IN1: $X_{\max}=2,56 \text{ mm}$ (-3,5 méteren)
- IN2: $X_{\max}=1,78 \text{ mm}$ (-4,5 méteren)
- IN3: $X_{\max}=2,08 \text{ mm}$ (-4,5 méteren)

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi kar Geotechnika szakirány		Rajz mérete: A3
Szakdolgozat		
Projekt: BUDAI IRGALMASRENDI KÓRHÁZ MUNKATÉR-HATÁROLÁS	Dátum: 2019	
Cím: Munkatérhatárolás 4. fázis	Rajz száma: M-5	
Készítette: Gyarmati Márk	Külső konzulens: Bognár Balázs	Belső konzulens: Keszeyné dr. Sáy Emma



5. Fázis - alaplemez elkészülte, felső síkja -13,93 méteren

Számított elmozdulás nem történt az 5. fázisban.

Inklinométeres mérés maximális eredménye.

- 2018.08.05.
- IN1: $\chi_{\max} = 1,95$ mm (-4,0 méteren)
- IN2: $\chi_{\max} = 1,98$ mm (-4,5 méteren)
- IN3: $\chi_{\max} = 1,80$ mm (-4,5 méteren)

Szent István Egyetem		Rajz mérete:	
Ybl Miklós Építéstudományi kar		A3	
Geotechnika szakirány		Szakdolgozat	
Projekt: BUDAI IRGALMASRENDI KÓRHÁZ MUNKATÉR-HATÁROLÁS			
Cím: Munkatérhatárolás 5. fázis		Dátum: 2019	
Készítette: Gyarmati Márk	Belső konzulens: Keszeyné dr. Say Emma	Külső konzulens: Bognár Balázs	Rajz száma: M-6