



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar
Geotechnikai Tanszék

EGY HAZAI METRÓ ÁLLOMÁS MUNKATÉRHATÁROLÁSÁNAK VIZSGÁLATA, MONITORING EREDMÉNYEK TÜKRÉBEN

TDK Konferencia 2013



Készítette:

Kardos Nóra

TDK konzulensek:

Dr. Mahler András

Adjunktus

Dr. Móczár Balázs

Egyetemi docens

TARTALOMJEGYZÉK

1.	Bevezetés.....	3
1.1.	Témamegjelölés.....	3
1.2.	Célkitűzések.....	3
2.	Irodalmi áttekintés.....	4
2.1.	Geotechnikai monitoring.....	4
2.2.	Inklinométerek.....	5
2.2.1.	Inklinométeres mérés megvalósítása.....	6
2.2.2.	Kapott adatok.....	6
2.2.3.	Hibatölcser.....	7
2.3.	Back analízis.....	8
3.	Metró 4 vonala.....	9
3.1.	A nyomvonal vízszintes vonalvezetése.....	9
3.2.	A nyomvonal magassági vonalvezetése.....	9
3.3.	Választott állomás.....	10
4.	Etele téri pajzsindítóállomás.....	11
4.1.	Terület általános ismertetése.....	11
4.1.1.	Morfológiai és földtani viszonyok.....	12
4.1.2.	Hidrológiai viszonyok.....	12
4.1.3.	Földrengés veszélyeztettség.....	13
4.2.	Inklinométerek helye.....	14
4.2.1.	Építési módszer.....	15
4.3.	Vizsgált terület geotechnikai feltárása.....	15
4.3.1.	Műtárgy környezetének földtani felépítése.....	16
4.3.2.	Vizsgált keresztmetszet geotechnikai jellemzője.....	17
4.4.	Építési fázisok.....	18
5.	Paraméterek, modellezés.....	20
5.1.	Plaxis modell.....	20
5.1.1.	Beadott paraméterek.....	21
5.1.2.	Fázisok.....	22
5.1.3.	Talajvízszintek felvétele.....	23
5.2.	Inklinométer adatok.....	24
6.	Paraméter analízis.....	27
6.1.	Paraméter érzékenység.....	27
6.2.	Alakváltozási paraméterek változtatása, talajvíz I. feltételezésével.....	28
6.3.	Alakváltozási paraméterek változtatása, talajvíz II. feltételezésével.....	30

6.4. Alakváltozási paraméterek változtatása, talajvíz III. feltételezésével	34
6.5. Összegzés a vizsgálatokról	37
7. Konklúziók	38
8. Back analysis eredménye	40
9. Kitekintés.....	42
Köszönetnyilvánítás	43
Irodalomjegyzék	44
Mellékletek	45

1. BEVEZETÉS

A mai világban egyre szélesebb körben kezd elterjedni az a gondolat, hogy az építőmérnöki létesítmények kivitelezése után is foglalkozunk a monitoring adatokkal. Vizsgáljuk, mit mutatnak az értékek pl.: munkagödör esetében, a munkagödör elkészültének átadása után, hogyan viselkedik a szerkezet. Illetve a tervezési fázisban felvett karakterisztikus értékek alapján, az alkalmazott programok (pl.: Plaxis, Axis VM, Geo5) segítségével milyen elmozdulás értékeket kapunk és azok mennyire összehasonlíthatóak a monitoring mérési értékekkel.

Külföldön ez az elv már hétköznapiabb probléma, mint ez a hazai építőiparban megfigyelhető. Azonban több cégnél megjelent ez a törekvés.

1.1. Témamegjelölés

Dolgozatom tárgya egy hazai metró állomás munkatérhatárolásának vizsgálata, monitoring eredmények tükrében. A tanulmány tulajdonképpen egy back analízis készítése, kapott inklinométeres mérési eredmények, geotechnikai vizsgálati adatok és tervezési értékek alapján. A feladat elvégzéséhez megfelelő adatok összegyűjtésére került sor, mely során mind a kivitelezés, mind a tervezés, mind a monitoring oldal adatait meg kellett szereznem. A folyamat során többször nehézségekbe ütközve végül sikerrel jártam. A kapott adatok alapján feltérképezve a helyi viszonyokat, meglévő adatokat, eredményeket figyelembe véve modellt készítettem. Ezek után kezdődött a vizsgálódás, melynek célja, hogy mely értékek tükrözik az inklinométeres mérések által kapott elmozdulási értékeket.

1.2. Célkitűzések

Céлом; a már előbb említett inklinométeres mérések, azaz valós mért elmozdulási adatok, mennyire vannak összhangban, a geotechnikai vizsgálatok, mérések alapján felvett paraméterekkel.

Mely felvett paraméterek tükrözik azt az elmozdulási ábrát, amelyet az inklinométeres mérések során kaptunk. Tehát milyen értékekkel tudom megjeleníteni, a véges elemes programmal készített vizsgálatokból kapott elmozdulási ábrá(k)ból, az inklinométeres mérésekből kapott görbéknek megfelelőt.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Geotechnikai monitoring [7.]

A geotechnikai megfigyelés (monitoring) célja a következő lehet:

- a kivitelezés biztonságának megteremtése, az emberi élet, az épített-, az épülő és a természeti környezet védelme és viselkedésének ellenőrzése, annak vizsgálata, hogy ezek a tervezett módon viselkednek-e,
- az így szerzett adatok felhasználásával - akár már a kivitelezés időszakában is - a tervezési „back analysis” készítése, azaz a mérési eredményeket visszacsatolva a tervezéskor használt modellekbe felülvizsgáljuk, hogy a tervezési talajparaméterek és a megoldások helyesek voltak-e, avagy szükséges-e a módosításuk,
- a talaj/közet és az épített környezet közötti kölcsönhatások és időbeli változások megismerése hosszú megfigyelési időszakban, a kivitelezést követő fél-, egy év vagy néhány éves időszak alatt.

Az elsőt közvetlen vagy rövid távú monitoringnak is nevezzük. A geotechnikai tervben figyelmeztetési és riasztási szinteket határoozunk meg, melyekhez megfelelő beavatkozási és cselekvési program tartozik. A monitoring eszközök esetében mérlegelni kell a csillapítás értékét (pl. a talaj elmozdulásának mekkora hányadát tudjuk megmérni) és azt a körülményt, hogy az altalajban esetleg már a változások bizonyos része bekövetkezik, mire az adott mérőműszert telepíteni tudjuk.

A második cél különösen a bonyolult feladatok esetében fogalmazható meg, s lényegében az ún. megfigyeléses módszert jelenti. Ezt a megszokottnál bizonytalanabb, kevésbé tervezhető geotechnikai körülmények esetén érdemes alkalmazni. A terv a legvalószínűbb kiindulási adatokra készül, s a megoldásokat a mérési eredményektől függően vagy erősítik, vagy „kivesznek” belőle.

A harmadik cél a tranzienst, majd az ezt követő reológiai viselkedés megfigyelése, mely bizonyos, elősorban a kötött talajok esetében különösen jellemző lehet. Ezt a fázist hosszú távú monitoringnak nevezzük.

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.

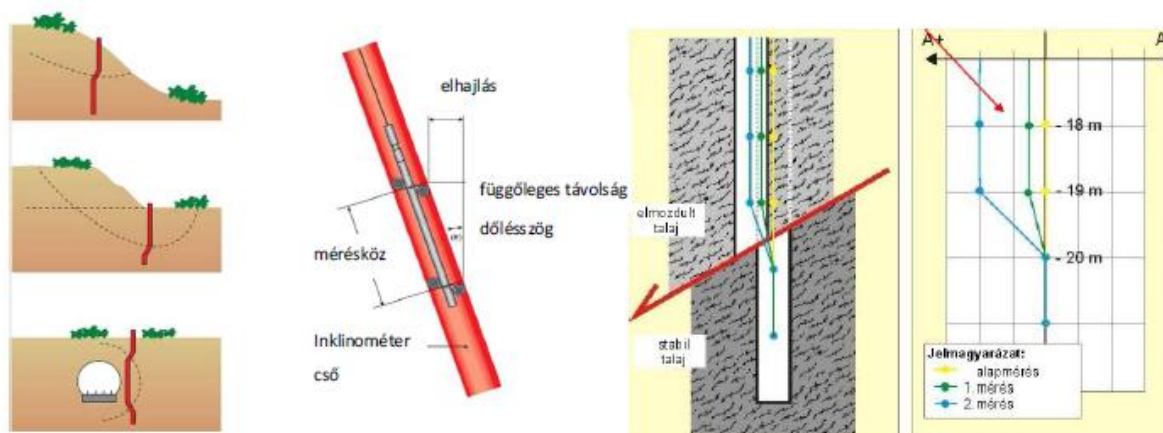
A geotechnikai monitoring tervezése sokrétű és feladat-specifikus tevékenység. Reprezentatív helyekre, illetve a geotechnikai környezet és a szerkezet kölcsönhatásának kritikus pontjaira kell a figyelmet irányítani. Ha a geotechnikai modell, az építés környezete több elemből áll, célszerű valamennyi vagy minél több modellelemre kiterjeszteni a megfigyeléseket. Közép- illetve hosszú távon szinte minden esetben megtérül a költségesebb automatizált rendszer alkalmazása, szemben az élőmunka igényes időszakos mérésekkel.

A következő alfejezetekben a monitoringban használatos műszercsoportokat mutatjuk be a mérendő mennyiségek szerint csoportosítva azokat.

2.2. Inklinométerek [7.]

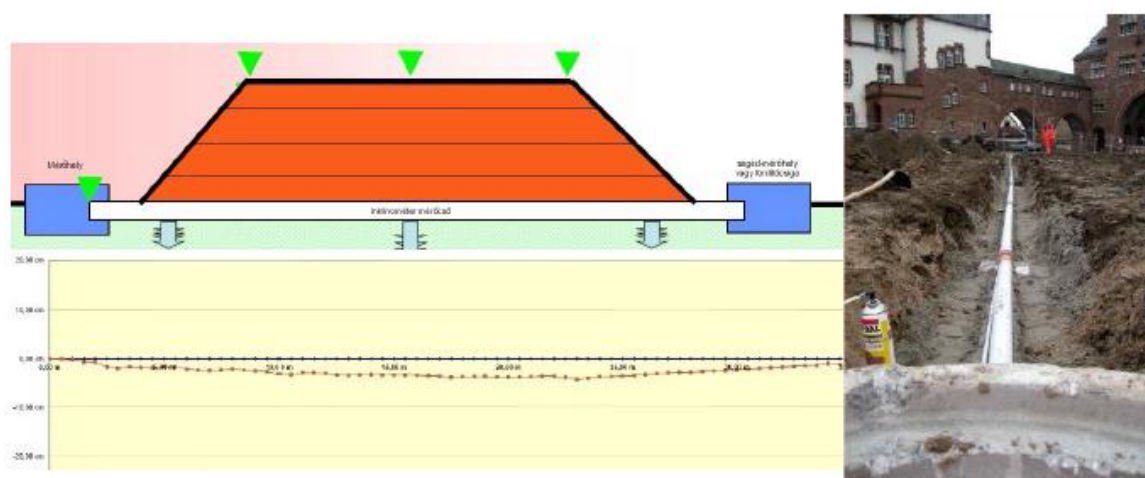
A monitoring vizsgálatok során elmozdulás és alakváltozás mérésére szolgáló eszköz lehet pl. az inklinométer, az extenzométer, a hidraulikus süllyedésmérő, az alakváltozásmérő bélyegek, az elektromos szintezés vagy a fajlagos alakváltozás mérés elvén működő eszközök. Dolgozatom során az inklinométer mérésekkel foglalkoztam.

Az inklinométer, olyan hosszirányú (vonalas) mérő- rendszer (mérőkút), mellyel annak hossza mentén a tengelyirányára merőleges síkokban nagy pontossággal (tized mm) mérhetők az elmozdulások (1. ábra) A mérőműszer biaxiális, azaz kétirányú méréseket végez, eredményeket 0,5 méterenként kapunk. A szondát mérés során végigvontatjuk a mérőkútban, s egy-egy pontban meghatározzuk annak a függőleges síkhoz viszonyított pozícióját. Az eltérő időpontokban végzett mérések során felvett szondapozíciók különbsége megadja az elmozdulásokat.



1. ábra
Az inklinométeres mérés és mértékelése [7.]

Az egyes méréseket általában az első, un. alpméréshez 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 (rézfal aljáig), 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 az előző mérésekkel összhangba kell értékelni.



2. ábra
Gumigyűrű profilja[7.]

A mérőkút a mindenkor vizsgálati célnak megfelelő irányokban telepíthető. Az 1. ábra függőleges inklinométert mutat, mellyel a vízszintes irányú elmozdulások mérhetők, a 2. ábra azt mutatja, hogy vízszintes inklinométerrel függőleges elmozdulásokat mérnek egy töltéstest süllyedésvizsgálatára.

Összességében az inklinométeres vizsgálat következtében választ kapunk arra, hogy milyen mélységben, melyik irányba, mekkorát mozdul az adott létesítmény, amit vizsgálunk. Mindig fontos az egyes változások, mozgások során a tendenciát figyelni.

2.2.1. Inklinométeres mérés megvalósítása

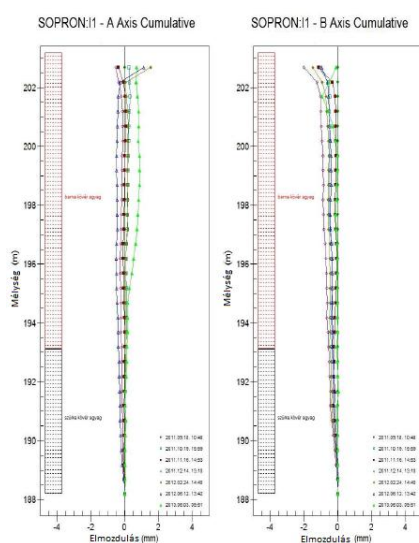
Az inklinométeres mérés esetén fontos, hogy a mérőkút és a benne haladó mérőműszer együtt tudjon jól működni. Ezt a gyártó által kiadott adatlapon egyértelműen feltüntetik. A kiválasztott műszerek és kutakat megfelelő körülményekben kell a helyszínre szállítani, ha szükséges akkor deponálni. A mérőkutak általában 3 m hosszúságúak, az átmérőjük pedig az előbb említetteknek megfelelően változhat. A mérőkutak 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 vége fix kell legyen, ezért valamiféle tömedék anyag alkalmazására van szükség. A tömedék anyag nem valami cement. Olyasféle anyag kell legyen, amely nem befeszíti az anyagot, hanem csak fixen tartja. Természetesen az alkalmazandó tömedék a helyszíntől is függ, hogy milyenek a talajviszonyok, milyen a környezet.

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 műszert (ez nem olyan költségű, mint a mérőműszer, lefelé haladásában, pedig ugyanúgy működik) kell engedni, amely az esetleges akadályokat kiszűri. Ugyanis, ha akadályba ütközünk ezzel, akkor ez nem visszanyerhető kellék. Költsége pedig sokkal kevesebb, mint magának a műszernek az értéke. Így ez hasznos előmunkálat.

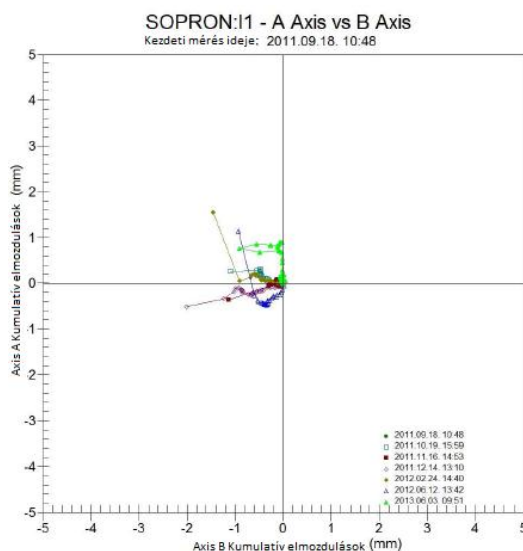
2.2.2. Kapott adatok

A mérés során az egyes félméterenkénti mélységekből, a kezdeti fix ponthoz képesti elmozdulás értéket kapjuk meg. Ezeket beírva, az inklinométeres méréshez tartozó In-Site nevű program segítségével, egy elmozdulás ábrát kapunk, továbbá az elmozdulási értékeket táblázatba rendezve. A 3. ábrán látható egy kapott elmozdulási ábra.



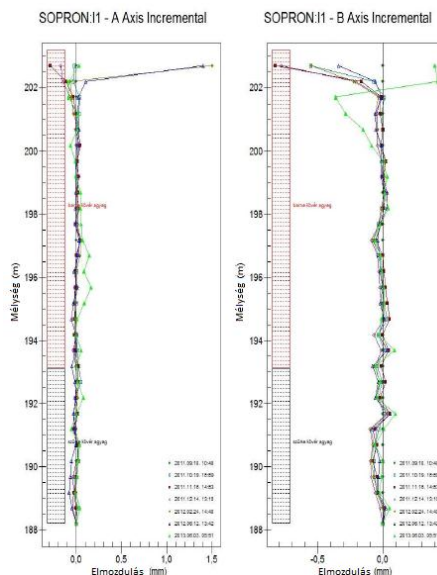
3. ábra
Inklinométeres elmozdulási ábrák [11.]

A mérőműszer kétirányú maximális elmozdulási ábrát ad számunkra. Az egyik neve az „Axis A”, amely az építőmérnöki létesítmény, vizsgált szerkezetének várható irányú elmozdulása felé mért érték. Az „Axis B” pedig, ami az „Axis A”-irányára merőleges érték. A program megadja a kumulatív-görbéket, mind az „Axis A” és „Axis B” irányban (3. ábra); illetve összegezve a két görbét, kapunk egy felülnézeti valós elmozdulási irányú ábrát (4. ábra).



4. ábra
Valós elmozdulási ábra (felülnézet) [11.]

Továbbá a harmadik típusú ábra, az „Incremental” görbe, amely a Kumulatív elmozdulási görbe első deriváltja, vagyis meredekségeket megjelenítő ábra, két mért mérőpont között. (5. ábra)

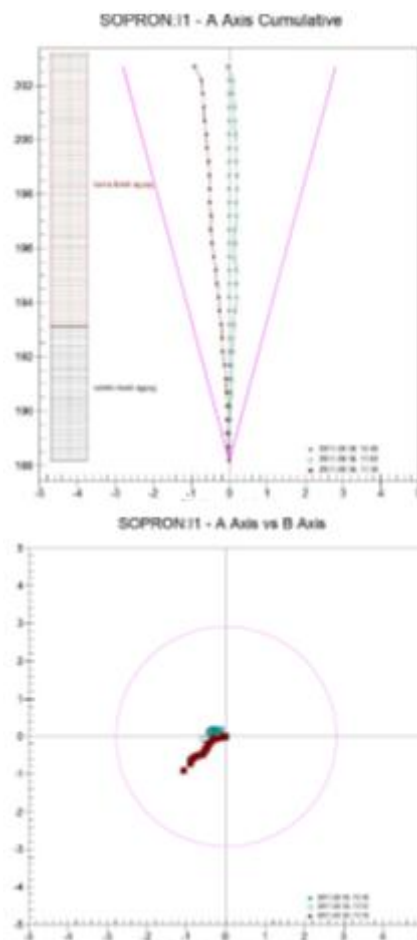


5. ábra
Inkrementális görbék [11.]

2.2.3. Hibátölcser

Fontos, hogy az inklinométeres mérés során kapott adatok mérési határán belül legyenek. Ezt a határt, hibátölcsernek nevezik. A hibátölcser értékét úgy kapjuk, hogy tudjuk az inklinométer, milyen mélyen van végig vezetve az építményben. Ha például ez az érték 20

m, akkor ezt megszorozom kettővel, mert lefelé is és felfelé is mérek (Axis A és Axis B irány); ez jelen példában 40. Ezt az értéket meg kell szorozni 0,1 mm-rel mivel ennyi a mérőműszer pontossága, így kapom a 4 mm-t. Ezt a 4 mm léptékhelyesen ráfektetem a Kumulatív „Axis A” görbére (Inkrementális görbén nem vizsgálunk hibátölcserrel). Ráhelyezés során az fix pontban 0-tól indulunk, majd a létesítmény végén a jelenleg számított 4 mm-hez húzunk egy egyenest. Ez adja ki a hibátölcserrel. A mérési adatok pedig megfelelőek, ha az értékeik a hibátölcseren belülre esnek (6. ábra).



6. ábra
Hibatölcserés ábra [11.]

Ha a kapott értékeinkben, két érték között van kiugró érték, az valószínűleg mérési hiba. Ennek oka legtöbbször az, hogy a nutba valamilyen akadály, kosz kerülhetett. Ezeket célszerű kisimítani, hogy az értékeinket ne zavarja.

2.3. Back analízis

A „back analysis” során a monitoring eredményeket visszacsatolva a tervezéskor használt modellekbe, felülvizsgálják, hogy a tervezési talajparaméterek és a megoldások helyesek voltak-e, avagy szükséges-e módosítások.

Valójában a valós adatok és felvett tervezési paraméterek összhangja és ezekből konklúziók leszűrése.

3. METRÓ 4 VONALA [8.]

A budapesti 4-es metróvonal korszerű, az utazóközönség számára vonzó, biztonságos közlekedési eszköz lesz. Létesítményeinek kialakítása, berendezései által nyújtott szolgáltatásai révén alkalmas a számára kijelölt közlekedési feladatok ellátására.

A Kelenföldi pályaudvar - Keleti pályaudvar közötti első szakasz az alábbi alapvető feltételek mindegyikét kielégíti:

- megfelel az utasszállítási igényeknek.
- minőségi szolgáltatást nyújt. Csökkenti az utazások időtartamát, kényelmes, biztonságos, megbízható üzemű.
- korszerű berendezései révén biztosítja a gazdaságos üzemeltetés lehetőségét.

A Kelenföldi és a Keleti pályaudvart összekötő 7,3 km hosszú első szakasz végig mélyvezetésben épül. A vonalalagutak egymás mellett, többnyire párhuzamosan haladnak, egymástól függetlenek, kör keresztmetszetűek. A 4-es metró első szakaszán 10 állomás épül, többségükben réselt építési technológiával, dobozszerű kialakítással.

3.1. A nyomvonal vízszintes vonalvezetése [8.]

A metró Kelenföldi pályaudvar állomásától induló egyenes pályaszakasz után a vonal bal irányú ívvel érkezik a Tétényi út állomásra. Azt elhagyva egyenesen halad tovább, majd ismét bal irányú ívvel fordul a Fehérvári út alá és éri el a Bocskai út állomást. Itt a legnagyobb a két állomás közötti távolság, 1470 méter. A Bocskai út állomást úgy tervezték, hogy később innen lehetőség legyen egy Budafok irányú szárnyvonal kiágaztatására. Az állomás után a vonal nagy sugarú ellenívekkel éri el a Móricz Zsigmond körteret, ahonnan ismét elleníves vonalvezetéssel halad a Szent Gellért tér irányába. A vonal egyenes vezetéssel halad a Duna alatt a Fővám tér állomásig. Ez a legrövidebb állomástávolság a vonalon, mindössze 378 méter. Az állomás Kálvin tér felé eső végén egyvágányú fordító létesül, mely a vonatfordításon kívül a már üzemelő vonalakkal történő kapcsolat kialakítására is alkalmas.

A Fővám teret elhagyva az alagút jobb irányú ívvel éri el a Kálvin teret. Ezen az állomáson a 3-as vonalra történő közvetlen átszállási lehetőséget biztosító műtárgy is épül. A vonal a 3-as metró felülről keresztezve egyenesen halad tovább, majd egy jobb irányú ívvel éri el a Rákóczi tér állomást. Az ezt követő egyenes pályaszakasz után bal irányú ívvel érkezik a Népszínház utca állomáshoz. Innen jobb irányú ívekkel halad a vonal a 2-es metró alagútjai felett és éri el a Keleti pályaudvar állomást. Itt lesz a vonal északkeleti irányú ideiglenes végállomása. A Thököly út alatt fordítóvágányok épülnek, melyek fővágányként működnek majd a vonal Bosnyák tér irányába történő meghosszabbításakor.

3.2. A nyomvonal magassági vonalvezetése [8.]

Mint említettük, a vonal végig mélyvezetésben épül. Ezt több tényező is indokolja, így a Duna alatti átvezetés, a városi beépítettség, a kelenföldi MÁV-pályaudvar alatti keresztezés valamint a már üzemelő metróvonalak és a 4-es metró közötti közvetlen átszállási lehetőség kialakítása.

A mélyvezetésű alagutak függőleges vonalvezetése különböző lejtők és emelkedők sorozatából áll. Vízszintes pályarész sehol nincsen. A vonalon a legkisebb emelkedő 3,0 ‰, a legnagyobb 36,3 ‰. A vonal legmélyebb pontja a Szent Gellért térnél, legmagasabb pontja a kelenföldi pályaudvarnál található (tengerszint felett 73,75, illetve 96,27 méteren).

A szakasz a későbbiekben három irányban fejleszthető tovább:

- a Kelenföldi pályaudvartól - Gazdagrét érintésével - Budaörs irányába,
- a Keleti pályaudvartól a Bosnyák tér, majd onnan Rákospalota felé,
- a Bocskai úti állomásból kiágazva - a Fehérvári úton át - Budafok városközpont felé.

3.3. Választott állomás

Az első szakasz állomásai:

- Kelenföld vasútállomás
- Bikás park
- Újbuda-központ
- Móricz Zsigmond körtér
- Szent Gellért tér
- Fővám tér
- Kálvin tér
- Rákóczi tér
- II. János Pál pápa tér
- Keleti pályaudvar

A jelenlévő állomások közül a Fővám tér, a Gellért tér, és a Kelenföldi vasútállomás (Etele téri pajzsindító) -okról kaptam adatokat. Ezeket rendszerezve és megvizsgálva, úgy döntöttem, hogy az **Etele téri pajzsindító állomás** vizsgálatát végzem el első körben (a TDK dolgozat keretében, jövőben a többivel is foglalkozok), mert erről az állomásról volt a legtöbb vizsgálathoz szükséges adatom.

4. ETELE TÉRI PAJZSINDÍTÓÁLLOMÁS

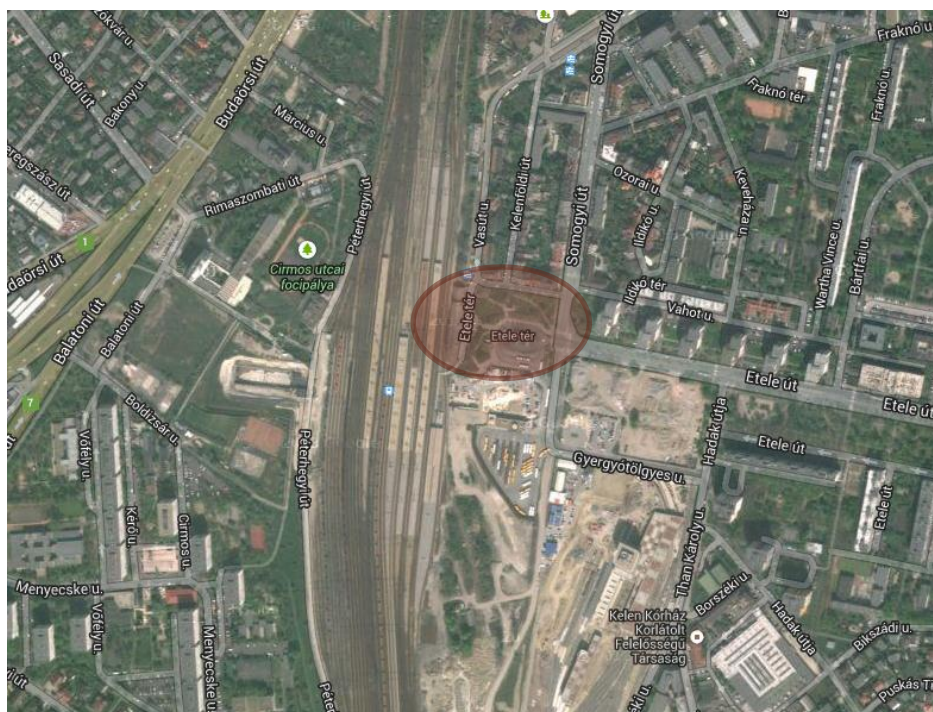
Az Etele téri metróvégállomásnak (Kelenföld pályaudvar) két kijáratot terveztek, az Etele tér felé és Órmező felé. A állomást úgy alakították ki, hogy a vonal a későbbiekben meghosszabbítható legyen Budaörsi út irányába. Az Etele téri oldalon, átalakított BKV busz- és a villamos-végállomás készült. A metróállomás a MÁV-állomásépülettől délre helyezkedik el, ettől még délebbre pedig a Volán buszvégállomás. A metró járműtelepét itt tervezték kialakítani. [8.]

A telepet mélyedésben helyezték el, hogy az üzemszerű működésből származó zaj ne zavarja a környék lakóit. Az Órmezői oldalon kialakított BKV buszvégállomás alatt 1400 férőhelyes P+R parkoló építését tervezték. A buszvégállomáshoz aluljáró csatlakozik, így a buszok a felszíni utak keresztezése nélkül juthatnak át a Budaörsi útra. Ezen az aluljárón közlekedhetnek a parkolót használó autósok is. [8.]

A metró megjelenésével az Etele téren jelentős közlekedési csomópont alakult ki. Együtt lesz minden: vasút, távolsági busz, metró, villamos, autóbusz. Ugyanakkor a megvalósulásnak köszönhetően a tér arculata rendezettebb lett, az eddig elhanyagolt környék színvonala emelkedett. Az Etele tér a régió közlekedési, kereskedelmi, szolgáltató központjává vált/válhat.[8.]

4.1. Terület általános ismertetése

A vizsgált terület Budapest XI. kerületében, a Kelenföldi pályaudvar mellett, az Etele út és a Somogyi út találkozásánál helyezkedik el (7. ábra). A környezetében lakópark a pályaudvar, kórház, tömegközlekedési eszközök találhatók. Morfológiailag sík terület, abszolút magassága ~109.0 – 113.0 mBf között alakul.



7. ábra

Vizsgált terület elhelyezkedése

A vizsgált terület tájegységileg az DUNÁNTÚLI-KÖZÉPHEGYSÉG *makrorégió*, DUNAZUG-HEYGVIDÉK *mezorégió*, BUDAI-HEGYSÉG *mikrorégió* (kistáj) területén helyezkedik el. [9.]

4.1.1. Morfológiai és földtani viszonyok [9.]

A *Dunántúli-Középhegység* K-i tagja, minden oldalról középhegységi főtörések határolják. Szerkezeti-morfológiai alkata alapján a töréses szerkezeti árkos medencékre és sasbércsokra különült középhegység domborzattípusát képviseli. ÉNy – DK-i és erre merőleges szerkezeti vonalak mellett a domborzat tagolásában jelentős szerepük volt a fiatalabb, É – D-i irányú töréseknek is. Szerkezeti-morfológiai képe változatos. A törések, lépcsős levetődések mellett enyhe lokális boltozódások, gyűrődések, feltolódások és pikkelyeződések alakították a hegységet. Szeizmikusan érzékeny terület.

Alakrajzilag alacsony középhegység. Mai geomorfológiai képét a hosszanti, mozaikosan, helyenként mikrotektonikusan összetöredezett sasbércsorok, eltérő mélységbe süllyedt hegységközi medencék, az eróziós völgyek, a laza üledékekből épült medence-dombságok deráziós formakincse, keskenyebb- szélesebb pedimentek és glaciók formacsoportjai jellemzik. Karsztos formákban gazdag domborzatát számos barlang teszi változatossá. A teraszokon települő édesvízi mészkövek szemléltetően bizonyítják a hegység fiatal negyedidőszaki emelkedését.

Területhasznosítását jelentősen befolyásolja a főváros közelsége. A főváros közigazgatási határain belül nagymértékű a beépítettség, az agglomerációs övezetben, a medencékben a nagyüzemi mezőgazdasági hasznosítás helyett, fokozottan előtérbe került a zártkertek és üdülők kialakítása. A földhasznosítás módja és a területek, települések funkciója átalakult, de változás következett be az erdők használatában, funkciójában is.

A felszín legfontosabb kőzettípusai a mezozoos mészkő és a dolomit formációk üledéksorozatai, eocén, szarmata, pannóniai és negyedidőszaki édesvízi mészkövek, oligocén agyag és hárshegyi homokkő, eocén márga, miocén agyag és kavics, s végül a peremeken a pannóniai homok és agyag összletek. A felszínt litofáciesekben gazdag lejtőüledékek és lösz borítja.

4.1.2. Hidrológiai viszonyok [9.]

Mérsékelt meleg – mérsékelt száraz, a tetőkön mérsékelt hűvös kistáj. A hőmérséklet évi átlaga 9.5 – 10.5 °C, a csapadék évi átlaga 650 mm körüli; uralkodó szélirány az ÉNy-i, 3.5 m/s átlagos szélességgel.

A kistáj É-i lejtőinek vizeit az Aranyhegyi-patak (18 km, 120 km²), középső területeit az Ördög-árok (21 km, 76 km²), D-i lejtőit a Hosszúréti-patak (18 km, 116 km²) a Dunába, míg Ny-i részének vizét a Fűzes-patak (14 km, 40 km²) a Benta-patakhoz vezeti le. Nagyobb részben mérsékelt vízhiányos terület.

$$L_f = 2.5 \text{ l/s.km}^2; \quad L_t = 13\%; \quad V_h = 60 \text{ mm/év.}$$

Az Aranyhegyi-patak vízhozamai 0.01 – 30 m³/s, az Ördög-ároké 0 – 45 m³/s, a Hosszúréti-pataké 0.005 – 24 m³/s között ingadoztak. Ritkán azonban jóval nagyobb vízhozamok is kialakulhatnak, amelyek jelentős károkat is okoznak. Az árvizek nyár elején, a kisvizek ősszel a leggyakoribbak. A vízminőség szennyezett, III. osztályú.

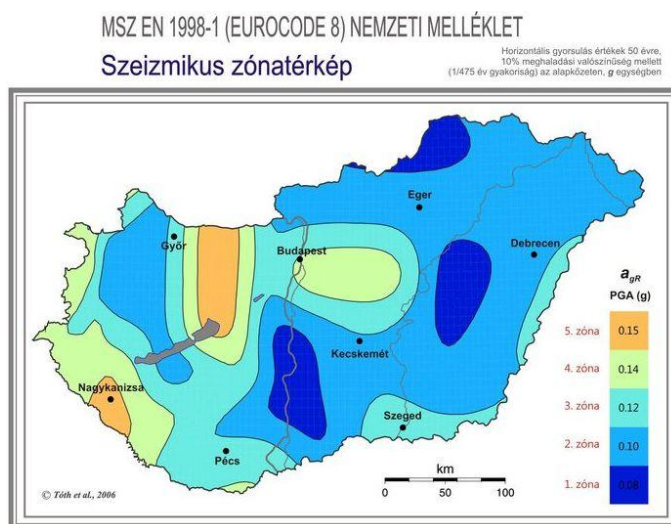
A hegység nagyszámú forrása közül a Lukács-fürdő Török-forrása 11 – 75 l/p, a Rudas-fürdő Gül-Baba forrása 60 – 66 l/p, a Rác-fürdő Török-forrása 55 – 150 l/p vízhozamokat adott. Ezek a vízhozamok a korábbi bányavíz-kiemelések hatására csökkenő karsztvízszintek miatt csökkentek.

Összefüggő talajvíz-előfordulás csak a völgyekben van, ahol a talpakon 2 – 4 m, a lejtőkön 4 – 6 m között található. Mennyisége nem számottevő. Kémiaiag főleg kalcium-magnézium-hidrogénkarbonátos típusú. Az É-i területeken keménysége 25 nk° alatti, középen 25 – 35 nk° közötti, míg D-en 45 nk°-nál is több. Ugyanígy a szulfáttartalom is É-on 60 mg/l alatti, de DK-en 1000 mg/l fölé emelkedik.

A rétegvízkiészlet 1 – 1.5 l/s.km² közötti. Az ártézi kutak száma kevés, mélységük 50 – 200 m, vízhozamuk 100 – 600 l/s között ingadozik.

4.1.3. Földrengés veszélyeztettség [10.]

A vizsgált terület az (EC8 - MSZ EN 1998-1:2008). besorolása szerint földrengés-veszélyeztettség szempontjából a **4. zónába** tartozik ($a_{gR} = 0.14$ PGA (g); 8. ábra).



8. ábra
Szeizmikus zónatérkép [10.]

A földrengés kockázat földrengésből származó vízszintes gyorsulást jelent (g; m/s² egységben). A megadott gyorsulás értékek 50 évre, 10% meghaladási valószínűség mellett (475 év gyakoriság) értendők az alapkőzeten. A felső néhány tíz méteres talaj a felszínen kialakuló gyorsulásokat jelentősen módosítja. Ennek figyelembe vétele a tervezési értékek megadásához fontos, ugyanakkor csak a helyi geológiai, geotechnikai adottságok ismeretében lehetséges.

A területen található talajrétegek a szeizmikus hatás szempontjából (MSZ EN 1998-1:2008.) jellemzően a „C” *altalajosztályba* sorolhatók (9. ábra).

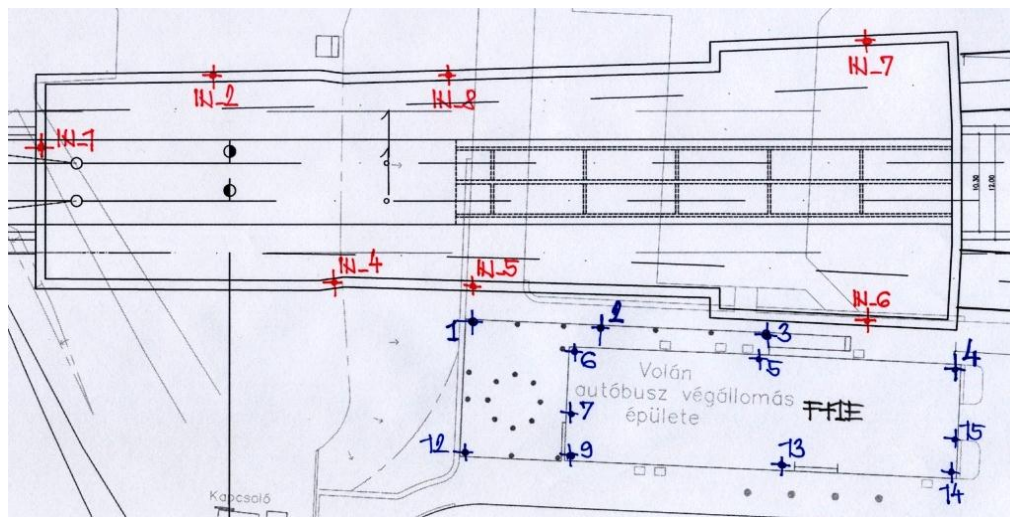
A talajviszonyok osztályozása
(az MSZ EN 1998-1/EUROCODE 8 szabvány 3.1. táblázata)

Talaj típus	A rétegsor leírása	Jellemző paraméterek		
		vs,30 (m/s)	N/SPT (ütés/30cm)	cu (kPa)
A	kőzet vagy kőzetszerű geológiai formáció, beleértve legfeljebb 5 m gyengébb anyagot a felszínen	> 800	-	-
B	konzolidált, nagyon szilárd homok, kavics vagy agyag rétegek legalább több tíz méter vastagságban; a szilárdsági tulajdonságok a mélységgel fokozatosan javulnak	360 – 800	> 50	> 250
C	szilárd és közepesen szilárd homokos, kavicsos, agyagos rétegek, melyek vastagsága néhányszor tíz métertől több száz méterig terjed	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	laza, közepes tartóképes talaj rétegek	< 180	< 15	< 70
E	Olyan talaj profil, ahol a felső 5-20 méteren a vs sebesség a C vagy a D talaj típusnak megfelelő, alatta pedig szilárdabb (vs > 800 m/s) anyag található			
S1	A felső rétegek között egy legalább 10 m vastag puha, keplékeny (PI > 40), nagy víztartalmú agyag réteg található	< 100	-	10 – 20
S2	Talajfolyósodásra hajlamos rétegek fordulnak elő; minden olyan profil, mely nem sorolható az A-E vagy S1 kategóriák valamelyikébe			

9. ábra
Szeizmikus besorolás [10.]

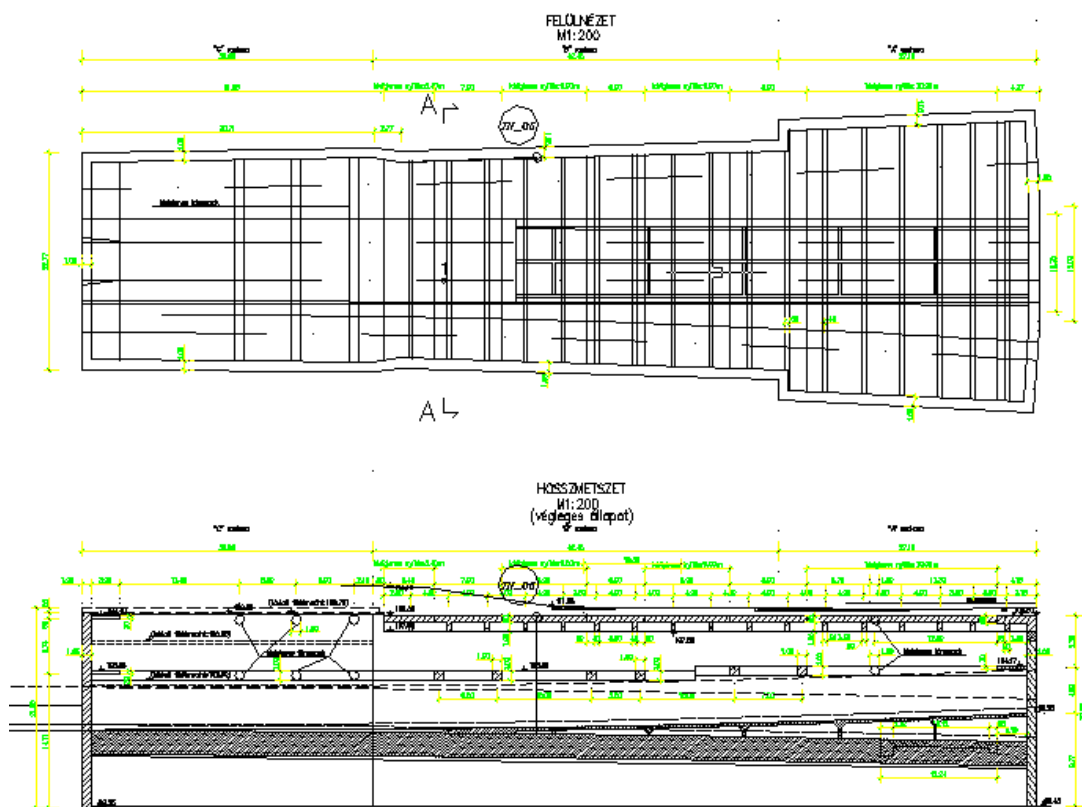
4.2. Inklinométerek helye

Az Etele téri pajzsindító műtárgynál, 8 darab inklinométeres mérőműszert használtak. A mérőműszerek elhelyezkedése a 10. ábrán látható.



10. ábra
 Mérőpontok helye [2.]

Az ismert helyek alapján, a 8-as számú inklinométer keresztmetszetében vizsgáltam. Ennek oka, hogy a munkatér melletti Volán épületnek hatása van a mérésekre és először egy nyers környezetben igyekeztem a „back analysis” elkészítésére. Továbbá „köztes” pont vizsgálata tűnt célszerűnek, így nem kellett számolni a sarkok merevítő hatásával. Ezen inklinométeres pont közvetlenül a mellgerendák (födém támaszok) mellett helyezkedik el.



11. ábra
 Alaprajz, metszet, inklinométer elhelyezkedése [4.]

A fenti alaprajz és metszet nagyobb léptékű rajzát a *I. számú rajzi melléklet* tartalmazza. A vizsgált keresztmetszet (A-A metszet) rajza az *II. számú rajz mellékletben* található.

4.2.1. Építési módszer

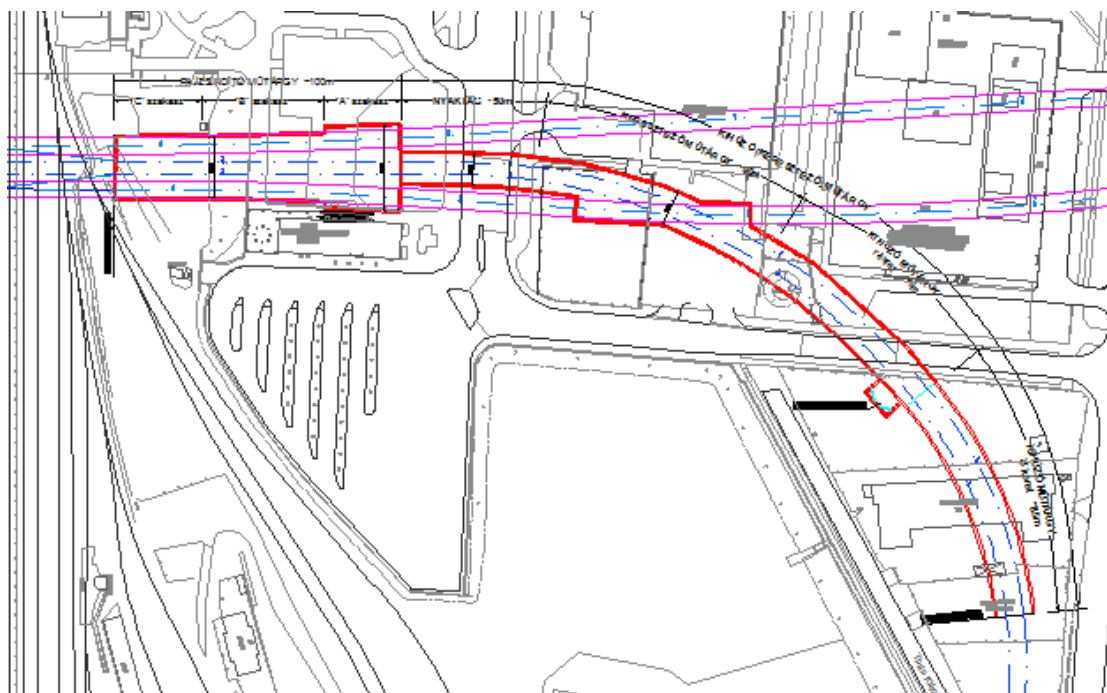
A munkatér kialakítás milánói módszerrel lett elkészítve.

Lépesek (Etele téri pajzsindító esetén):

1. Földkiemelése a zárófödém szintjéig
2. Részfal készítése teljes munkatérre. Sorrend: B, C, A szakasz réselése (szakasz határok *11. ábrán* látható)
3. Zárófödém megépítése
4. Földkiemelése a mellgerenda (támfödém) szintjéig
5. Mellgerenda (támfödém) megépítése
6. Földkiemelése az alaplemez szintjéig
7. Alaplemez megépítése

4.3. Vizsgált terület geotechnikai feltárása [6.]

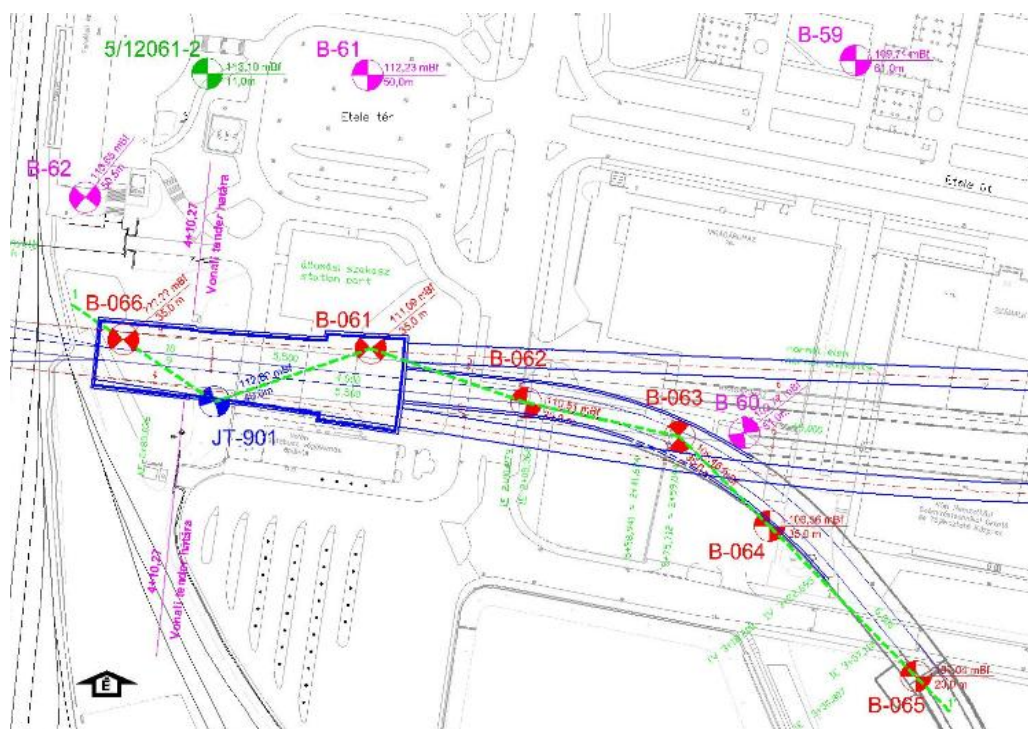
A pajzsindító- (és elágazó) műtárgy környezetének részletes helyszínrajzát a *12. ábra* mutatja.



12. ábra

Etele téri pajzsindítóállomás környezetének részletes helyszínrajza [4.]

A műtárgy szűk környezetében 2 db korábban készült fúrás volt fellelhető (JT-901 és B-60 jelűek). A műtárgy kiviteli tervének elkészítéséhez további 5 db fúrást készítettek (B-061, B-062, B-063, B-064 és B-065 jelűek). Az megkutatottság következtében a várt rétegek elterjedésére, településviszonyaira vonatkozó ismeretek nagymértékben pontosodtak. Feltárási helyszínrajzot a *13. ábrán* láthatjuk.



13. ábra
Feltárási helyszínrajz [6.]

A környezetben fellelhető, 1988-ban mélyített fúrások (B-62, B-61 és B-60 jelűek) duplafalú F62-es magcsővel készültek. Az 1997-ban, illetve 1999-ben mélyült fúrások a B-706 és JT-901, JT-902 jelű fúrások, melyek már korszerű fúrás technológiával, triplafalú magcsővel, folyamatos magfúrással készültek. A kiviteli tervhez készült 5 db fúrásnál negyedkori rétegek vizsgálata, mintázása a Hollow Stem Auger, HSA, (220/90 mm) rendszerű béléscső védelme mellett készültek. A védőcsövet a harmadidőszaki képződményekbe sajtolták. Ezt követően a harmadkori rétegek magfúráshoz Atlas Copco, Wire Line rendszerű Geobor S, háromfalú alkalmaztak.

4.3.1. Műtárgy környezetének földtani felépítése [6.]

A fúrásokkal feltárt talajok és kőzetek két fő geológiai kort képviselnek, úgymint:

- a negyedidőszaki rétegek;
- a harmadidőszaki képződmények, mint építésföldtani alapközet.

Negyedidőszaki rétegek földtani felépítése:

A pajzsindító- elágazó műtárgy térségében 1,1 – 1,6 m – vastagságú antropogén (holocén) feltöltés található. A feltöltés heterogén felépítésű, laza szerkezetű, anyagát tekintve humuszosodott, mészmurvás sovány agyag, iszap talajok, elszórtan salakos, építési törmelékes. A feltöltés rétegekben alárendelten előfordul kavicsszórványos iszapos homok, az épített környezet térburkolatainak ágyazó rétegeként. Ez alatt feltörekvően, a szakasz D-i részén megtalálható az egykori legfelső természetes réteg a barna, néhol humuszos, így sötétbarna agyag. Az agyagos feltalaj alatt pleisztocén korú talajok, lösszel keveredett kötőrmelékek, lejtőtörmelékek és ezek agyagos mállástermékei találhatóak a B-061, B-062 fúrások környezetében (a pajzsindító részfal munkagödre területén). Az elágazó műtárgy területén (K-i és D-i irányba haladva) előbbivel keveredve, majd kizárólagossá válnak a valamikori Ós-Duna ág durvaszemcsés folyami eredetű rétegei (városi terasz képződmények). A pleisztocén

rétegek feküszintje 6,2 – 7,8 m között váltakozó terepszint alatti mélységben (100,84 – 104,79 mBf-i szintek között) van, ahol eróziós diszkordanciával települ az oligocén korú Kiscelli Agyag Formáció rétegeire.

Harmadidőszaki képződmények:

Az építés mérnökgeológiai alapkőzet a középső oligocén korú kiscelli agyag - agyagmárga, mely az idősebb alsó oligocén tardi agyagból folyamatosan kifejlődő, vízzáró összlet. Vastagsága a tervezési területen 250 - 400 m. Rendszerint finomhomokos, meszes, helyenként homokköves kifejlődésű, epigén pirit tartalmú agyag, agyagmárga és márgás aleurit, rétegzetlen, ritkán pados kifejlődésű. A földtani célú szemcseeloszlási vizsgálatok azt mutatták, hogy zömében a finom homok és a durva iszap határain belül összpontosulnak. A kőzet szövete irányítatlan, tömör. A DTA-DTG vizsgálatok szerint túlnyomóan agyagásványokból, többségében illit- montmorillonit közetrácsú, páros szerkezetűből épül fel, ritkán kevés kaolinnal. A kvarc 17 % -os értéke mellett a földpát (ortoklász és plagioklász) 15 - 18 %-ra növekszik, míg a CaCO_3 -tartalom a kőzetre nem jellemző, a teljes rétegsoron végig nagy változatosságot mutat. A CaCO_3 kötőanyag tartalom átlagos nagysága 11,5-20,2% között ingadozik, szélső értékeként 8,2% és 29,8% értékeket kaptunk, amely jelentős szilárdságot ad a kőzettömegnek. Az epigén pirit a rétegösszleten belül magas és változatlan 45 - 50 % gyakorisággal fordul elő a vékonycsiszolati képen.

A harántolt Kiscelli Formáció uralkodóan egyféle kőzet, szürke agyagmárgás aleurit, mely a rátelepülő Duna kavics alatt megsárgult a benne lévő finom szemcsézetű pirit – markazit elbomlása következtében. Mállottan szövete fellazul (felbreccsásodik), karbonáttartalma csökken, megjelenik benne a gipsz és pirittartalma limonittá bomlik. Másrészt a mállás – jégkorszaki fagyhatás következtében a felső 1,2 – 6,7 m vastagságú (97,76 – 102,09 mBf-i szintek feletti) felső szakasza fellazult, kézzel többé – kevésbé gyúrhatóvá vált (mállott zóna). A rétegdőlés 2 – 5°. A fúrásokban harántolt kőzetanyag tektonikai szempontból közepes mértékben megviselt. Két vetőrendszer – egyik 10-30°/3-5°, a másik 45-70°/75-85° – síkjai sűrűn, 0,1-1,5 m-ként metszetik a magokat. (Az első értékek a vető dőlését, a perértékek a vízszintestől való eltérést jelentik.) A meredekebb rendszer a fiatalabb, a kisebb dőlésű vetőket elmetsző. A kőzetben itt – ott, néhány, fehér, jó megtartású foraminiferát lehetett észlelni, ami a formációra egyéb előfordulási helyein is jellemző.

A harmadidőszaki felszín a földtörténeti korban több alkalommal szárazra került, amikor is a természetes erózió folyamán 4-500 m vastagságú üledék pusztult le. A lepusztulás miatti függőleges terhelés csökkenés miatt a harmadidőszak felszíne és az alatt lévő kőzettömeg mintegy 12-15 m mélységig (feltárásainkban a 87 – 90 mBf-i szintig) erősen repedezetté vált (repedezett, expandált zóna).

4.3.2. Vizsgált keresztmetszet geotechnikai jellemzője [6.]

A vizsgált keresztmetszet az előbb említett 8 – as inklinométer metszetében húzódik. Ehhez a ponthoz a legközelebbi fúrás a JT-901, melyet a keresztmetszet mindkét oldalán felvéve kapom a vizsgált keresztmetszet talajszelvényét, melyet a *III. számú rajzi melléklet* tartalmaz.

A keresztmetszetre vonatkozóan a talajok a következők:

- feltöltés
- agyagos fedő réteg
- kiscelli agyag

Agyagos fedő réteg

A holocén – pleisztocén eredetű réteg, mely sovány- és kövér agyagból áll. Színük sárga, szürke, az agyagok jellemzően gyúrható állapotúak, az itt tapasztalható konzisztencia index értékek $I_c = 0,8 - 1,0$ között változnak, a réteg fekéje felé ez az érték eléri az $I_c = 1,2$ -t.

A pleisztocén rétegek fekéje nehezen határozható meg, a kiscelli alapkőzet mállott zónája nem válik el határozott felületen. A fúrások adatai alapján a negyedidőszaki képződmények fekéjét 10,1 – 11,0 m terepszint alatti mélységközben (~110.00 – 100.45 mBf-i szintek között) található.

Kiscelli agyag

Az állomás térségében az építés szempontjából alapkőzetnek tekinthető réteg a középső oligocén korú kiscelli agyag – agyagmárga.

A kiscelli agyag, agyagmárga a hazai alagútépítésben és mélyépítésben jól ismert kőzet, amelyet átmeneti típusnak is szokásos nevezni a talajok és a kőzetek között.

A korábbi kutatások alapján kimutatható volt a budai oldalon lévő kiscelli agyagok hármas mérnökgeológiai tagolódása. Az Ős-Duna ártéri területein az eróziós hatás nem érvényesült, vagy csak igen kis mértékben, ennek megfelelően a mállott zóna vastagsága több méter is lehet.

A mállott kőzetzóna alatt a következő kőzettozódás állapítható meg:

- Repedezett expandált zóna; a kiscelli agyag számításba vehető nyírószilárdsági paraméterei alacsonyabbak, mint ez alatt lévő ép kőzettömegben. Ez a kőzetkifejlődés az agyagos fedőréteg alatt található ~100.45 – 90.0 mBf szintek között.
- Expandációs hatáson túli zóna, kőzettömeg; E kőzetkifejlődés a repedezett zóna alatt jelenik meg (~90.50 – 89.50 mBf-i szint alatt), melyben jellemzően megemelkednek a kőzet nyírószilárdsági paraméterei.

4.4. Építési fázisok [1.]

Az építési fázisokról építési napló által ledokumentált, napra pontos adatokhoz nem sikerült jutnom. A földkiemeléstől - alaplemezig történő munkálatokról kaptam egy Gant-diagrammot, mely az egyes földkiemelés és réselés időtartamát tartalmazza. Ez jelen vizsgálataimhoz elegendőnek minősült.

A Gant-diagramm a 14. ábrán látható.

	jún.06	júl.06	aug.06				szept.06			okt.06				nov.06				dec.06							
	26-30	1-7	1-2	3-10	11-28	29-30	31	1-9	10-30	1-18	19-24	25-29	30-31	1-8	9-15	16-22	23-30	1-7	8-12	13-18	19-21	22-29	20-31		
Réselés																									
"B" szakasz																									
"C" szakasz																									
"A" szakasz																									
Földkiemelés																									
"C" szakasz mellgerenda szintig																									
"A" szakasz mellgerenda szintig																									
"B" szakasz mellgerenda szintig																									
"C" szakasz alaplemez szintig																									
"A" szakasz alaplemez szintig																									
"B" szakasz alaplemez szintig																									

14. ábra

Építési fázisok Gant-diagrammja [1.]

Ezen diagramból nekem a B szakaszra jellemző adatok fontosak számomra. Az A, B, és C szakasz pontos határait a *IV. számú melléklet* tartalmazza.

Tehát a B szakasz:

- Réselése: 2006.06.26 – 2006.08.02 ig tartott (38 nap)
- Földkiemelés mellgerenda szintjéig: 2006. 11.08 – 2006.11.15 (8 nap)
- Földkiemelés alaplemezig: 2006.12.13 – 2006.12.29 (16 nap)

5. PARAMÉTEREK, MODELLEZÉS

A vizsgálatokat Plaxis 2012 programmal készítettem. A Metro 4 tervezéséhez 2006-ban, még a (Czap Zoltán féle) „Résfal” programot használták, mely rugalmas ágyazású elven működő program. Jelen dolgozatban a vizsgálatokat véges elemes módszerrel végzem.

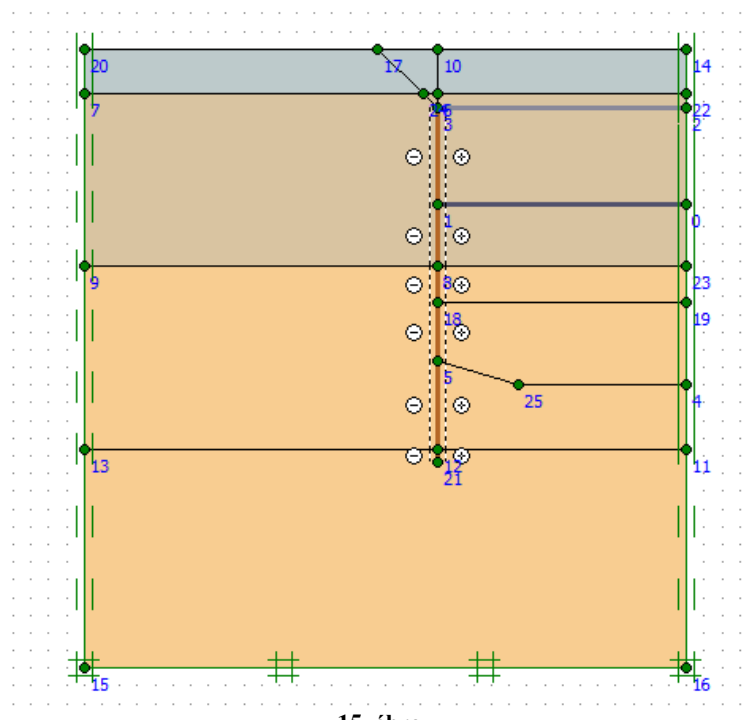
A mérések és a tervezési értékek alapján a Plaxis programba bevitt modell segítségével készítettem a back analízist.

A felvett modellt az 5.2 fejezetben részletezem. A cél az volt, hogy az egyes talajfizikai paramétereket, a víznyomás kialakulásának lehetőségeit változtatva, milyen elmozdulási értékeket kapok, és milyen változtatások mellett kapom vissza az inklinométeres elmozdulási görbéket.

5.1. Plaxis modell

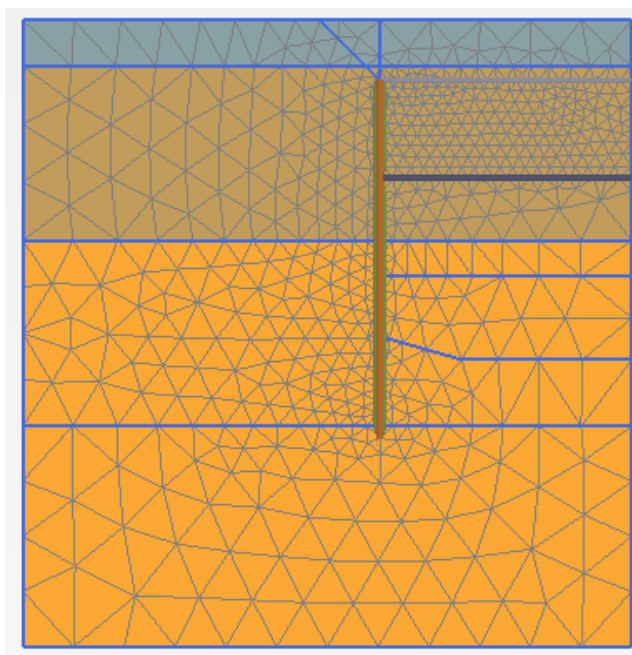
A szimmetria adta lehetőségek miatt, a doboz modellen belül a fél munkatérben vizsgálgódtam. A geometriát felvettem, melybe beadtam, mind a talajokat, talajfizikai paramétereikkel együtt, továbbá a résfal, zárófödém, mellgerenda (támfödém) és alaplemez elemeket. A résfal elemek felületén ún. „interface” elemeket definiáltam. (15. ábra).

A geometria és az anyagok megadása, a dobozmodell definiálása után hálót generáltam a modellre, majd áttértem a számításra. (16. ábra). A számítás során 7 számítási fázist (5.1.3 fejezetben részletezem ezeket) adtam meg a program lefutásához. Majd az így kapott elmozdulási ábrákat hasonlítottam össze a kapott inklinométeres mérésekkel.



15. ábra

Modell plaxis ábrája



16. ábra
Generált háló a modellre

5.1.1. Beadott paraméterek

A vizsgálatok során 3 (4) különböző réteggel számoltam. A rétegek a 4.3 fejezék megfelelőek és a 3.-nál a kiscelli agyag repedezett és ép zónáját külön kezeltem. (Az ép zónát a résfal ~1,5-2,0 m-es vastagságban érinti)

4 réteg talajfizikai paramétereinek alapértékek:

	φ	c	γ	γ	ν	E_{oed}	$E_{(s0ref)}$	$E_{(Urrref)}$	$E_{(OED50ref)}$	Anyagmodell
	fok	kN/m ²	(unsat) kN/m ³	(sat) kN/m ³		MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²	
Feltöltés	28	10	18	19	0	8	-	-	-	"Mohr Coulomb"
Agyagos fedő réteg	25	20	20	21	0,2	-	12	60	12	"Felkeményedő"
Kiscelli agyag (repedezett)	27	70	21	22	0,2		20	40,1	20	"Felkeményedő"
Kiscelli agyag (ép)	27	70	21	22	0,2		40	80,1	40	"Felkeményedő"

A szerkezeti elemek merevségi értékei az UVATERV Út- és Vasúttervező Zrt. által tervezés során alkalmazott és számomra adatként átadott értékeket vittem be, melyek a következők:

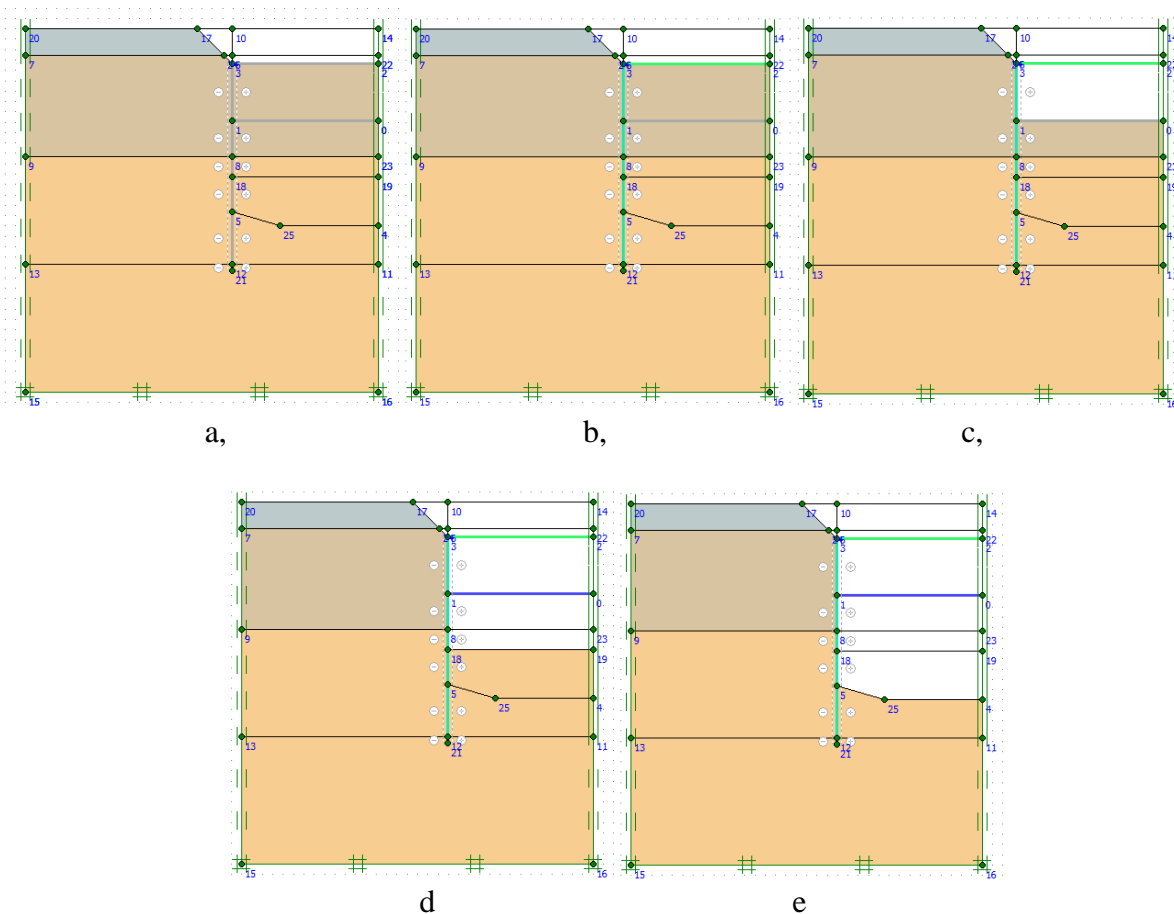
- Résfal: C20/25, EA=19.5*10⁶ kN, EI=1.625*10⁶ kN
- Zárófödém: C20/25, EA=7.80*10⁶ kN, EI= 1.46*10⁶ kN
- Mellgerenda: C20/25, EA=2.52*10⁶ kN, EI= 2.10*10⁶ kN

Az alaplemez értékeire nem volt szükségem, mert a vizsgálataimat az alaplemezig történő kiemelésig végeztem. Ez azért így történt, mert pontos információval nem rendelkezem az alaplemez beépítésének végéről, továbbá markáns elmozdulások a teljes földkiemelésig jelentkeznek.

5.1.2. Fázisok

Az egyes fázisoknál mindig beállítom a megfelelő elemeket, amiket figyelembe kell venni adott pontban:

1. Kiindulási állapot
2. Kezdeti állapot
3. Földkiemelés I (17./a ábra) – zárófödémig történő földkiemelés (rézsűsen)
4. Résfal+zárófödém (17./b ábra)
5. Földkiemelés II (17./c. ábra) – mellgerendáig (támfödémig) történő földkiemelés
6. Mellgerenda, földkiemelés III (17./d ábra) – a mellgerenda és az alaplemez közötti ~10m földkiemelést két ütembe vettem figyelembe. Ennek oka, hogy pontosabban tudjam modellezni a mellgerenda és alaplemez között milyen elmozdulások alakulnak ki. Ez az I ütem.
7. Földkiemelés IV (17./e ábra) – Előbb említett két lépcső földkiemelés 2. üteme.



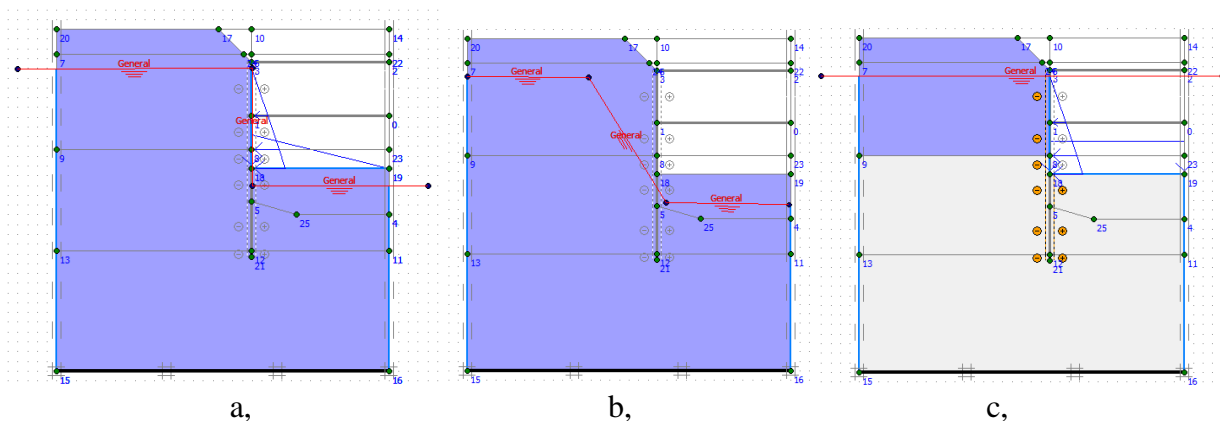
17. ábra
Fázisos lépések

5.1.3. Talajvízszintek felvétele

A talajvízszintek felvétele, a már előbb említett fázisok során történik. A vizsgálataim során, háromféle módon vettem figyelembe a talajvizet. Nem sikerül megszerezni mennyi vizet szivattyúztak ki a létesítmény készítésekor a belső, már lehatárolt munkagödörből, illetve, hogy volt-e bármilyen tapasztalat arra vonatkozóan, hogy a kiscelli agyagban, a résfal mögött megjelent-e a réteg feletti vízzel összeköttetésben lévő talajvíz. Azonban, a három feltételezéssel igyekeztem kiküszöbölni ezt a hiányosságot és következtetni a vizsgálati adatokból a víznyomás hatására.

Feltételezések:

- I. Talajvíz, munkaterület alatt ~2 m-re, terepszint alatt ~ 4m-re (18./a ábra): talajvizet felvételkor törtvonallal jelöljük és a résfal vonalában a résfallal haladó irányba. Ennek, oka, hogy a plaxis egy vonallal tudja megadni a talajvizet. Ezzel a feltételezéssel a résfal bal és jobb oldalán különböző talajvízszint megjelenést veszek figyelembe, így a pórusvíznyomásban, a résfal két oldala között egy ugrás alakul ki.
- II. Talajvíz, földkiemelésnek megfelelően résfal környezetében folyamatosan változik (18./b ábra): talajvizet felvételkor egy darabig a terepszint alatti ~4 m-ről indítjuk, majd a résfalhoz közeledvén lineárisan csökkenve haladunk a munkaterület alatti (építési alatti víztelenítéssel elért) talajvízszintig. Így a víznyomások értéke fokozatosan a csökken a munkatérre kívüli szintre a munkaterületen belüli szintre.
- III. Kiscelli agyag vízzáró felvétele (18./c ábra): Kiscelli agyagot építési állapotban (földkiemelésig) teljesen vízzárónak tekintjük. A plaxis a Hardening-Soil anyagmodellnél nem ad lehetőséget vízzáró anyag megadására, így ezt más módon kell megadni. Mind a teljes kiscelli agyag réteget, mind a munkatér vízszint (terep szint alatti ~4 m körüli talajvíz) alatti részeit kiszárítottak adjuk be, így biztosítva a vízzáróságot, ott nem alakul ki pórusvíznyomás. Agyagos fedő réteget vízvezetőnek tekintjük.



18. ábra
Talajvizek megadásának típusai

5.2. Inklinométer adatok

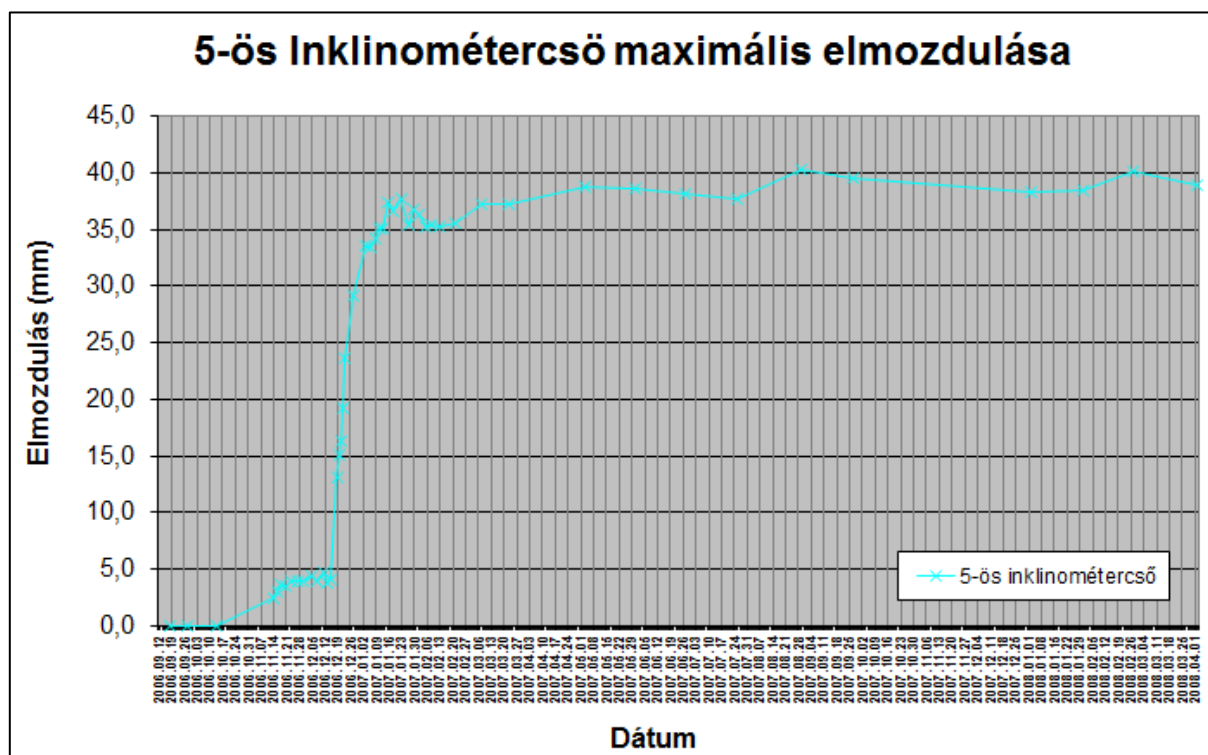
A rendelkezésemre álló inklinométeres adatok jelen dolgozat készítése során, a 2.2.2. fejezetben leírtaknak megfelelően, Kumulatív elmozdulási görbék. Az elmozdulási ábrák Axiális A (Résfal elmozdulásának várható iránya) irányra 3-szor, 4-szer annyi görbém volt, mint Axiális B irányba (előbbi irányra merőleges irány). Mivel nem állt rendelkezésemre minden egyes mérésnél minkét irány, így az inklinométeres mérés adta 2.2 fejezetben leírt ábrák megjelenítésére nem került sor.

Az Axiális A-val „megegyező”irányú elmozdulást, mindig a plaxis u_x ábrájáról olvastam le.

Inklinométeres mérések intervalluma:

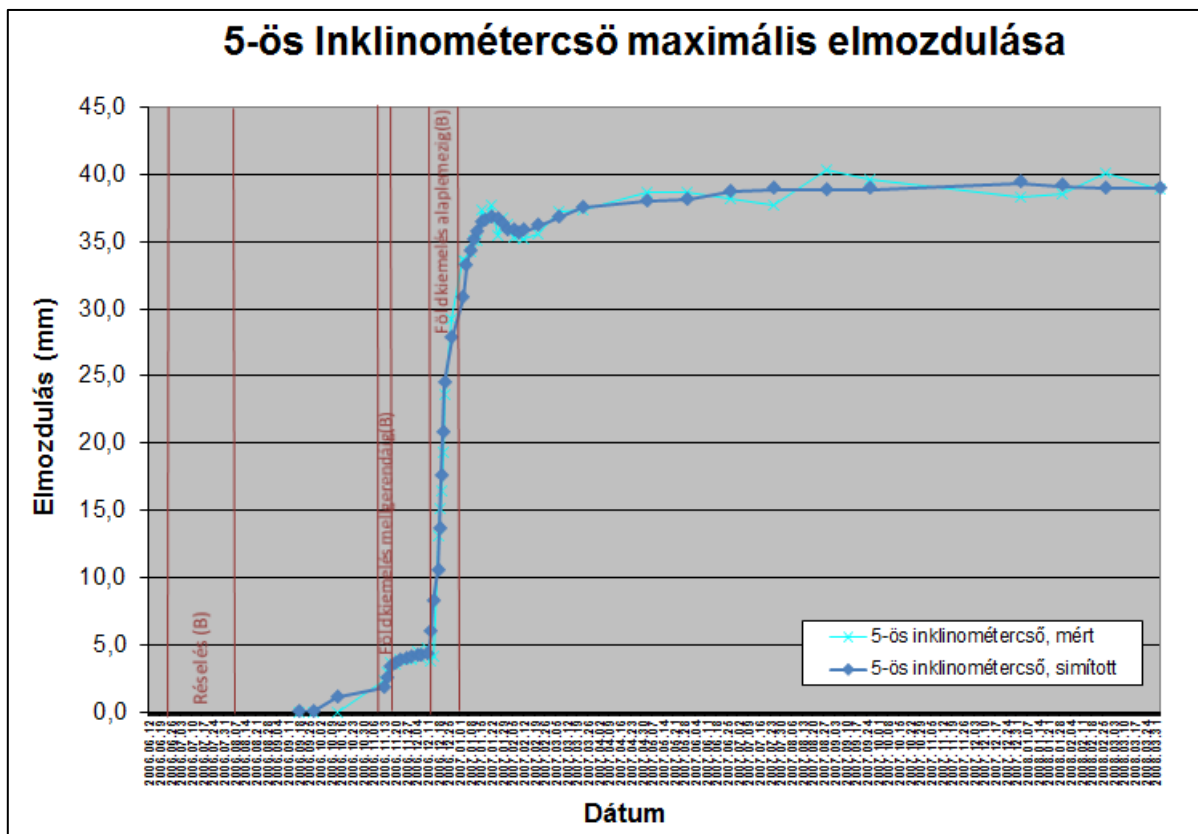
- 2006.09.18 – 2008.04.02

Az inklinométeres mérésekből maximális elmozdulási ábrám vannak. Ezeket összegezve a teljes időtartamra vonatkozó maximális elmozdulási ábrát a 19. ábra mutatja.



19. ábra
5-ös inklinométercső mért maximális elmozdulása [2.]

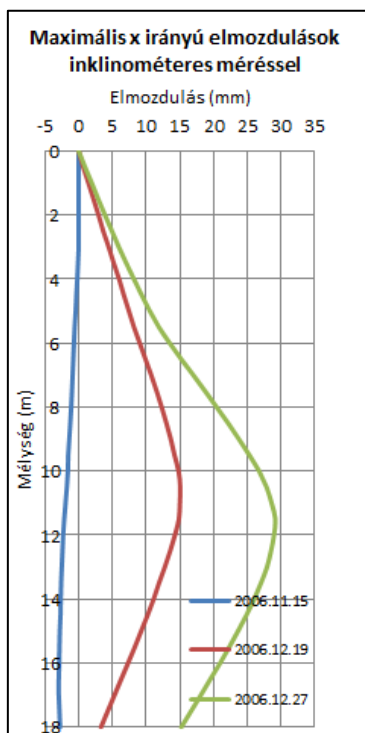
Az 20. ábrában, néhol található érték ugrások miatt, az ábrát mozgóátlagos módszerrel kisimítottam. Az eredeti és a már simított ábra a 20. ábrán látható, továbbá a 4.4-es fejezetben kifejtett építési fázisok időtartamait is ábrázoltam a diagramon.



20. ábra

5-ös inklinométercső mért és simított maximális elmozdulása

A 21. ábra azon inklinométer görbéket mutatja, melyeket a paraméter analízissel igyekeztem visszanyerni.



21. ábra

Inklinométer elmozdulási görbék [3.]

Időpontok jelentése a görbéken:

- (1) 2006.11.15 – B szakasz földkiemelés a mellgerenda szintjéig – 5. fázis
- (2) 2006.12.19 – B szakasz mellgerenda alatti, földkiemelése a mellgerenda és alaplemez között – 6. fázis
- (3) 2006.12.27 – B szakasz földkiemelés alaplemez szintjéig – 7. fázis.

(Fázis számok az 5.1.2.-es fejezetben említetteknek megfelelő.)

Maximális elmozdulások:

- $x=0,00300$ m (1)
- $x=0,01575$ m (2)
- $x=0,02915$ m (3)

6. PARAMÉTER ANALÍZIS

Az 5.2 fejezetben kifejtett inklinométeres görbék az 5.1 fejezetben bemutatott modell segítségével próbáltam visszakapni.

Vizsgálatokat több körben végeztem, melyeket az következőkben részletesen kifejtek.

6.1. Paraméter érzékenység

Első körben a modell egyes paraméterekre való érzékenységét vizsgáltam. Az 5.1.1.-es fejezetben megadott táblázat minden egyes paraméterét $\pm 10\%$ növelve, lefutattam a modellt. Ennek oka, hogy lássam, melyik paramétereket, milyen mértékű hatással vannak a modell elmozdulására nézve.

Jelölés	Talaj	Változtatás				Max. elmozdulás
0.	-	-	-			x=0,02575 m
0.1	feltöltés	$\varphi (+10\%)$	31			x=0,02583 m
0.2	feltöltés	$\varphi (-10\%)$	25			x=0,02576 m
0.3	agyagos fedő réteg	$\varphi (+10\%)$	27,5			x=0,02576 m
0.5	agyagos fedő réteg	$\varphi (-10\%)$	23,75			x=0,02579 m
0.6	kiscelli agyag	$\varphi (+10\%)$	30			x=0,02287 m
0.7	kiscelli agyag	$\varphi (-10\%)$	24			x=0,03154 m
0.8	feltöltés	c (+10%)	11			x=0,02583 m
0.9	feltöltés	c (-10%)	9			x=0,02583 m
0.10	kiscelli agyag	c (+10%)	77			x=0,02524 m
0.11	kiscelli agyag	c (-10%)	63			x=0,02640 m
0.12	feltöltés	Es (+10%)	9			x=0,02582 m
0.13	feltöltés	Es (-10%)	7			x=0,02583 m
0.14	agyagos fedő réteg	$\nu (-)$	0,1			x=0,02571 m
0.15	agyagos fedő réteg	$\nu (-)$	0			x=0,02571 m
0.16	kiscelli agyag	$\nu (+)$	0,3			x=0,02538 m
0.17	feltöltés	$\gamma (+)$	20			x=0,02590 m
0.18	feltöltés	$\gamma (-)$	18			x=0,02570 m
0.19	agyagos fedő réteg	$\gamma (+)$	22			x=0,02611 m
0.20	agyagos fedő réteg	$\gamma (-)$	20			x=0,02549 m
0.21	kiscelli agyag	$\gamma (+)$	23			x=0,02526 m
0.22	kiscelli agyag	$\gamma (-)$	21			x=0,02644 m
0.23	agyagos fedő réteg	$E_{50}, E_{ur}, E_{OED} (+10\%)$	13,2	66	13,2	x=0,02578 m
0.24	agyagos fedő réteg	$E_{50}, E_{ur}, E_{OED} (-10\%)$	10,8	54	10,8	x=0,02572 m
0.25	agyagos fedő réteg	$E_{50}, E_{ur}, E_{OED} (+)$	14	30	14	x=0,02599 m
0.26	kiscelli agyag	$E_{50}, E_{ur}, E_{OED} (+10\%)$	44	88,1	44	x=0,02356 m
0.27	kiscelli agyag	$E_{50}, E_{ur}, E_{OED} (-10\%)$	36	72,1	36	x=0,02864 m
0.28	kiscelli agyag	$E_{50}, E_{ur}, E_{OED} (-)$	32	64,1	32	x=0,03224 m

1. táblázat

A maximális elmozdulásokat az alaplemezig történő földkiemelés fázisáig ($x=0,02915$ m) nézve írtam be az *1. táblázatban*.

A paraméterek változtatásából látható, hogy a kiscelli agyag alakváltozási paramétereit változtatva lesz a legnagyobb változás az elmozdulásokban. A többi paraméter változásával, annyira markáns elmozdulási érték változásra nem került sor.

6.2. Alakváltozási paraméterek változtatása, talajvíz I. feltételezésével

A 6.1 fejezetben részletezett számítások alapján, arra a következtetésre jutottam, hogy az alakváltozási paraméterek változtatása lesz nagymértékű hatással az elmozdulási értékekre. Így ezeket változtatva, az I. talajvíz eset feltételezése mellett igyekeztem az eredeti inklinométer görbét megközelíteni.

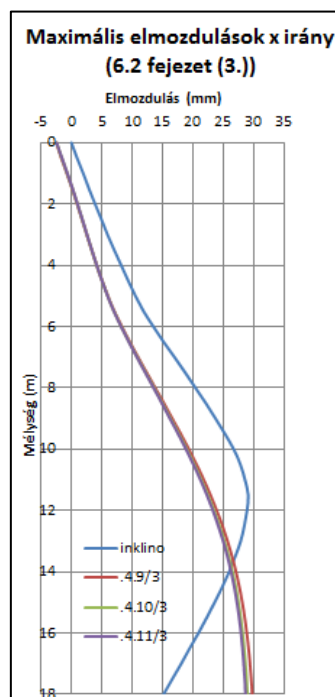
Paraméter értékek a következők:

Jelölés	Talaj	Változtatás				Max. elmozdulás
		E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (-)	10,5	36	10,5	
.4.1	agyagos fedő réteg	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (-)	10,5	36	10,5	$x=0,05163$ m
.4.2	agyagos fedő réteg	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (+)	14	30	14	$x=0,05146$ m
.4.3	agyagos fedő réteg	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (+)	24	60	24	$x=0,05095$ m
.4.4	kiscelli (repedezett)	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (+)	25	50,1	25	$x=0,03419$ m
	kiscelli (ép)		50	100,1	50	
.4.5	agyagos fedő réteg	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (+)	24	60	24	$x=0,02579$ m
	kiscelli (repedezett)		25	50,1	25	
	kiscelli (ép)		50	100,1	50	
.4.6	agyagos fedő réteg	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (+)	24	60	24	$x=0,02287$ m
	kiscelli (repedezett)		30	60,1	30	
	kiscelli (ép)		60	120,1	60	
.4.7	kiscelli (repedezett)	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (+)	30	60,1	30	$x=0,03445$ m
	kiscelli (ép)		60	120,1	60	
.4.8	kiscelli (repedezett)	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (+)	35	74,1	35	$x=0,02691$ m
	kiscelli (ép)		70	140,1	70	
.4.9	kiscelli (repedezett)	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (+)	34	68,1	34	$x=0,03032$ m
	kiscelli (ép)		68	136,1	68	
.4.10	kiscelli (repedezett)	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (+)	35	70,1	35	$x=0,02944$ m
	kiscelli (ép)		70	140,1	70	
.4.11	kiscelli (repedezett)	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (+)	35,5	71,1	35,5	$x=0,02908$ m
	kiscelli (ép)		70	140,1	70	

2. táblázat

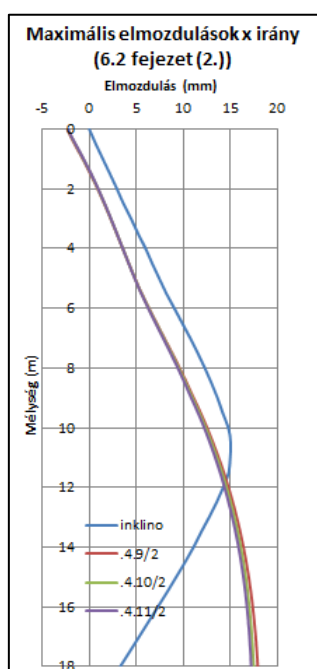
Az inklinométeres mérés értéke a 4.10 és a 4.11 jelölésű vizsgálat közé esik, tizedmilliméterben van némi eltérés az értékben. Még a 4. 9 érték esetében is csak 1 mm eltérés van a két érték között.

A 22. ábra a 4.9, 4.10 és 4.11 –es futtatás és az inklinométeres mérés elmozdulási ábráit mutatja az inklinométeres ábrával az alaplemezig történő földkiemelésig (korábban már említett, 3.).



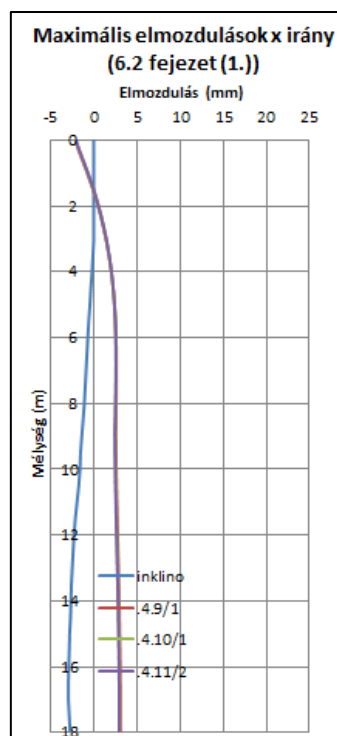
22. ábra
Maximális elmozdulások összehasonlítása (3.)

Az 22. ábrán látható, hogy a lefuttatás során kialakult görbe maximális értéke közel ugyanannyi, mint az inklinométeres mérés során kialakult maximális elmozdulási érték. ,azonban a görbe alakja, nem megfelelő. Egyrészt a maximális érték el van tolódva, olyan ~ 4,5 m-rel lefelé, másrészt a számított görbe az alsó résznél nem görbül vissza, nem az a hasasodó ábrát kapom vissza. Elnyújtotta az ábrát.



23. ábra
Maximális elmozdulások összehasonlítás (2.)

A 23. ábrán a lefutás során kialakult görbém maximális értéke kicsit nagyobb, mint az inklinométeres maximális elmozdulási értékem a jelen építési fázisban. Az ábrán szintén nem görbül vissza és a maximális értékem is el van tolódva lefelé. A 22. ábrához képest alakban nincs különbség, csak az elmozdulások értékei kisebbben ebben az építési fázisban.



24. ábra
Maximális elmozdulások összehasonlítása (1.)

A 24. ábrán a lefutási görbém, az inklinométeres elmozdulási görbével ellentétes irányba mozdul el. A görbe alakjában nem vélhető felfedezni szembetűnő hasonlóságot.

6.3. Alakváltozási paraméterek változtatása, talajvíz II. feltételezésével

Az alakváltozási paramétereket változtatva, a II. talajvíz feltételezése mellett igyekeztem az eredeti inklinométer görbét megközelíteni.

Paraméter értékek a következők:

Jelölés	Talaj	Változtatás			Max. elmozdulás	
.4.8.3	kiscelli (repedezett)	c (+)	300			x=0,03059m
	kiscelli (ép)	c (+)	600			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	35	74,1	35	
	kiscelli (ép)		70	140,1	70	
.4.8.7	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	50	100,1	50	x=0,02955m
	kiscelli (ép)		100	200,1	100	
.4.8.8	kiscelli (repedezett)	c (+)	300			x=0,02609 m
	kiscelli (ép)	c (+)	600			
	kiscelli agyag	φ (+)	30			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	40	80,1	40	

	kiscelli (ép)		80	160,1	80	
Jelölés	Talaj	Változtatás				Max. elmozdulás
.4.8.9	kiscelli (repedezett)	c (+)	350			x=0,02685 m
	kiscelli (ép)	c (+)	700			
	kiscelli agyag	φ (+)	30			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	40	80,1	40	
	kiscelli (ép)		80	160,1	80	
.4.8.10	kiscelli (repedezett)	c (+)	400			x=0,02573 m
	kiscelli (ép)	c (+)	800			
	kiscelli agyag	φ (+)	30			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	40	80,1	40	
	kiscelli (ép)		80	160,1	80	
.4.8.11	kiscelli (repedezett)	c (+)	300			x=0,03255 m
	kiscelli (ép)	c (+)	600			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	35	70,1	35	
	kiscelli (ép)		70	140,1	70	
.4.8.12	kiscelli (repedezett)	c (+)	300			x=0,03111 m
	kiscelli (ép)	c (+)	600			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	35	74,1	35	
	kiscelli (ép)		70	148,1	70	
.4.8.13	kiscelli (repedezett)	c (+)	300			x=0,03130 m
	kiscelli (ép)	c (+)	600			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	37	74,1	37	
	kiscelli (ép)		74	148,1	74	
.4.8.14	kiscelli (repedezett)	c (+)	300			x=0,03045 m
	kiscelli (ép)	c (+)	600			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	37	77,1	37	
	kiscelli (ép)		74	154,1	74	
.4.8.15	kiscelli (repedezett)	c (+)	300			x=0,03032 m
	kiscelli (ép)	c (+)	600			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	36,5	77,1	36,5	
	kiscelli (ép)		73	154,1	73	
.4.8.16	kiscelli (repedezett)	c (+)	300			x=0,03026 m
	kiscelli (ép)	c (+)	600			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	36	77,1	36	
	kiscelli (ép)		72	154,1	72	

3. táblázat

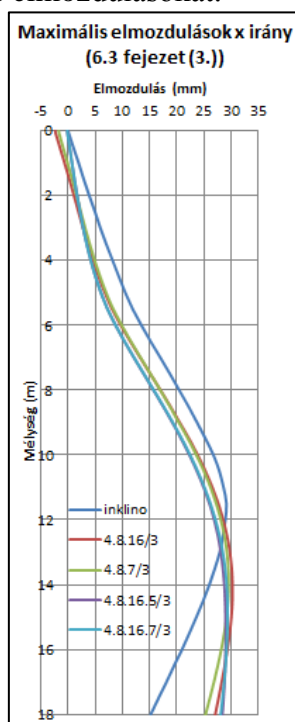
Jelölés	Talaj	Változtatás				Max. elmozdulás
.4.8.16.1	kiscelli (repedezett)	c (+)	300			x=0,02871 m
	kiscelli (ép)	c (+)	600			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	36	77,1	36	
	kiscelli (ép)		72	154,1	72	
.4.8.16.2	kiscelli (repedezett)	c (+)	300			x=0,02900 m
	kiscelli (ép)	c (+)	600			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	35	74,1	35	
	kiscelli (ép)		70	148,1	70	
.4.8.16.3	kiscelli (repedezett)	c (+)	300			x=0,02967 m
	kiscelli (ép)	c (+)	600			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	35	72,1	35	

	kiscelli (ép)		70	146,1	70	
Jelölés	Talaj	Változtatás				Max. elmozdulás
.4.8.16.4	kiscelli (repedezett)	c (+)	300			x=0,02931 m
	kiscelli (ép)	c (+)	600			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	35	73,1	35	
	kiscelli (ép)		70	147,1	70	
.4.8.16.5	kiscelli (repedezett)	c (+)	300			x=0,02931 m
	kiscelli (ép)	c (+)	600			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	33	68,1	33	
	kiscelli (ép)		66	132,1	66	
.4.8.16.6	kiscelli (repedezett)	c (+)	300			x=0,02931 m
	kiscelli (ép)	c (+)	600			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	33	67,1	33	
	kiscelli (ép)		66	132,1	66	
.4.8.16.7	kiscelli (repedezett)	c (+)	300			x=0,02931 m
	kiscelli (ép)	c (+)	600			
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	33	68,1	33	
	kiscelli (ép)		66	136,1	66	

4. táblázat

A két táblázat között a különbség abban van, hogy az alaplemez alsó síkjának kiemelését különbözőképpen vettem figyelembe. A valóságban a munkagödör fenékszintje (a lemez alsó síkja) nem vízszintes, a résfal felé haladva az alaplemez vastagsága csökken. Ezt nem minden modell esetében vettem így meg nézve ennek is a hatását. A 3. táblázat eredményei során a szűkülést nem vettem figyelembe, míg a 4. táblázat esetén a törési ponttal futtattam le a modellt és igyekeztem visszakapni az inklinométeres elmozdulási ábrámat.

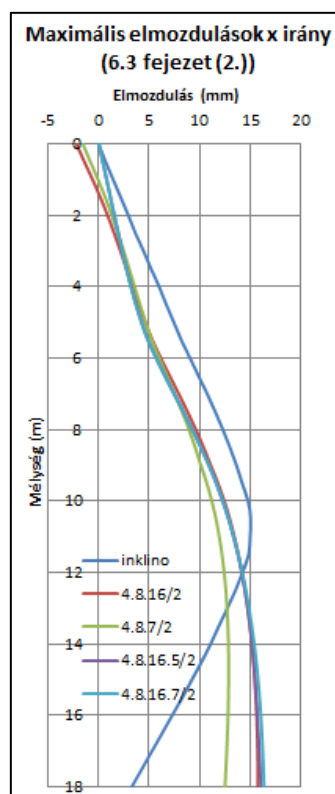
Ismét ábrázolom a maximális elmozdulásokat:



25. ábra

Maximális elmozdulások összehasonlítása (3.)

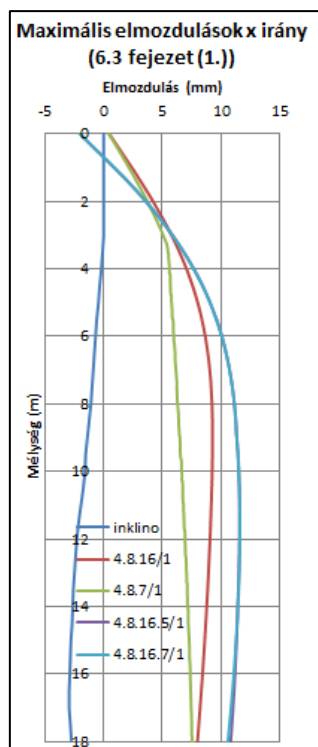
A 25. ábrán a lefutási görbék eleinte kisebb elmozdulást mutatnak, mint az eredeti inklinométeres mérési görbék. Lassabban érik el a maximális értéküket, mely maximális érték el van tolódva lefelé ~2,5 m-t. (Kisebb az eltolódás, mint az előző 6.2 fejezetben történt vizsgálat során). Továbbá a görbém már kicsit visszahajlik, de olyan markáns visszaesés nem figyelhető meg, mint az eredeti görbénél.



26. ábra
Maximális elmozdulások összehasonlítása (2.)

A 26. ábrán látható, hogy a maximum értékek stimmelnek, azonban, a maximum érték helye lefelé el van tolódva, illetve a görbe nem görbül vissza az eredetihez képest.

A 27. ábrán a 24. ábrához hasonlóan megfigyelhető, hogy az inklinométeres görbéhez képest a lefutott görbe a diagram másik oldalára esik. Ennek vélhető oka a résfal betonszerkezetéből adódhat.



27. ábra
Maximális elmozdulások összehasonlítása (1.)

6.4. Alakváltozási paraméterek változtatása, talajvíz III. feltételezésével

Az alakváltozási paramétereket változtatva, a III. talajvíz feltételezése mellett igyekeztem az eredeti inklinométer görbét megközelíteni.

Paraméter értékek a következők:

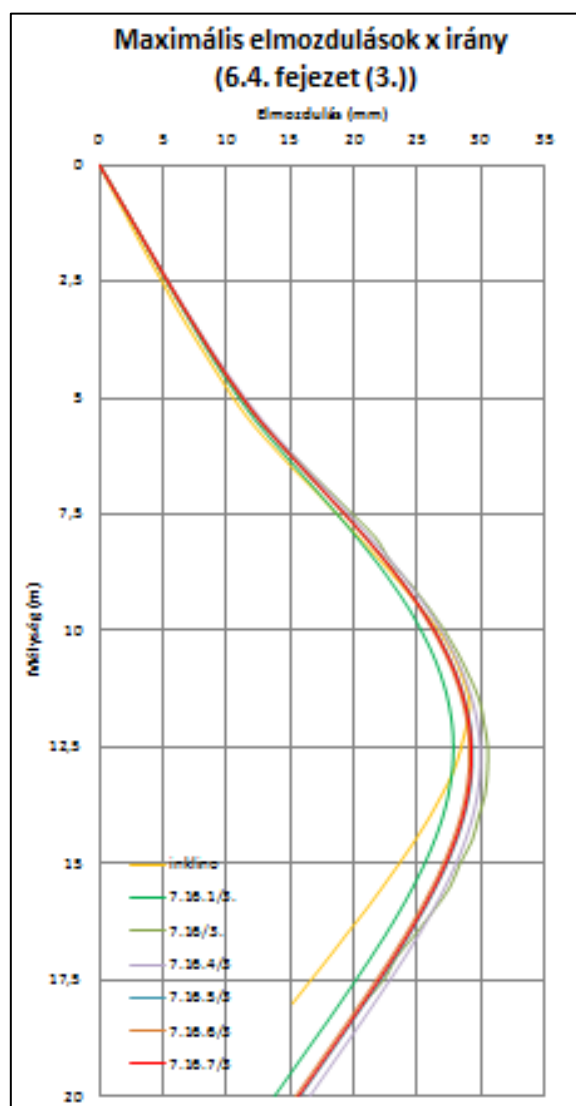
Jelölés	Talaj	Változtatás	Max. elmozdulás
A következő alakváltozási paramétereken kívüli talajfizikai jellemző értékek, amik a 7.16 osokra mindre igazak:			
	agyagos fedő réteg	c (-)	15
	kiscelli (repedezett,ép)	c (-)	50
		φ (-)	22
.7.16.1	kiscelli (repedezett)	E_{50}, E_{ur}, E_{OED} (+)	15 30,1 15
	kiscelli (ép)		30 60,1 30
.7.16.2	kiscelli (repedezett)	E_{50}, E_{ur}, E_{OED} (+)	16 32,1 16
	kiscelli (ép)		30 60,1 30
.7.16.3	kiscelli (repedezett)	E_{50}, E_{ur}, E_{OED} (+)	10 20,1 10
	kiscelli (ép)		20 40,1 20
.7.16.4	kiscelli (repedezett)	E_{50}, E_{ur}, E_{OED} (+)	10 20,1 10
	kiscelli (ép)		25 50,1 25

Jelölés	Talaj	Változtatás				Max. elmozdulás
.7.16.5	kiscelli (repedezett)	$E_{50}, E_{ur}, E_{OED} (+)$	10	20,1	10	$x=0,02938$ m
	kiscelli (ép)		26	52,1	26	
.7.16.6	kiscelli (repedezett)	$E_{50}, E_{ur}, E_{OED} (+)$	10	20,1	10	$x=0,02913$ m
	kiscelli (ép)		26,5	53,1	26,5	
.7.16.7	kiscelli (repedezett)	$E_{50}, E_{ur}, E_{OED} (+)$	10	20,1	10	$x=0,02929$ m
	kiscelli (ép)		26,25	52,6	26,25	

5. táblázat

Ismét ábrázolom azokat a görbéket, amelyek lefutása után az elmozdulás, az inklinométeres mérések maximális elmozdulási értékét megközelítik. Továbbá ezt elvégzem mindhárom, eddig is vizsgált építési fázisra.

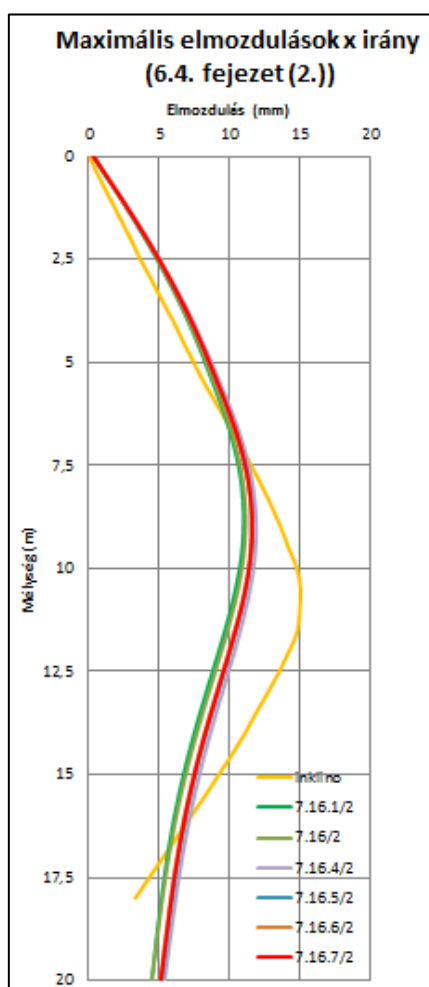
A következő görbéket kaptam az ábrázolás következtében:



28. ábra
Maximális elmozdulási ábrák összehasonlítása (3.)

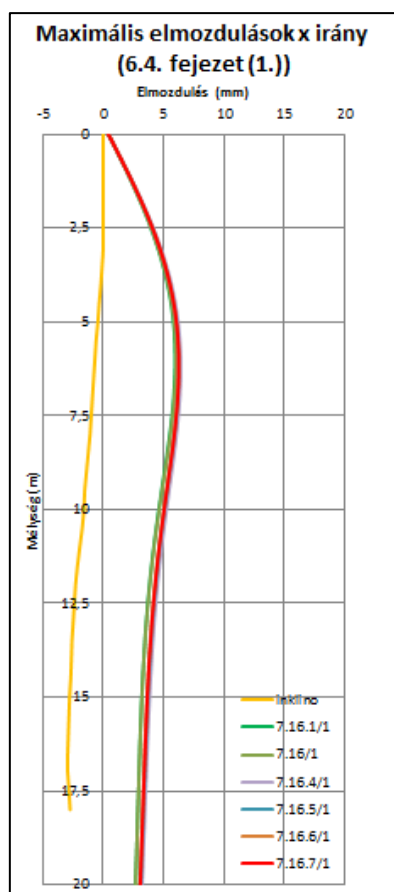
A 28. ábrán látható görbéknél megfigyelhető, a már eddig tapasztalt, maximális érték eltolódás, azonban ennek mértéke kevesebbre csökkent. A paraméterek változtatásával sem sikerült elérni a maximum érték inklinométeres mérés során kapott mélységét. Ennek vélhető oka, a résfal valóság és végeselemes programban beadott merevsége közötti különbségben lehet. A résfal merevségére egyrészt hatással van a vasalás is, másrészt az elmozdulás során nagyobb igénybevételek esetén, ha berepedezik a résfal, akkor annak merevsége lokálisan folyamatosan csökken. Ezt igen nehéz lenne modellezni, a számítás során figyelembe venni. A görbe „hasasodó” ábrája egész szépen megjelenik, a jelenlegi paraméter vizsgálat során. Azonban az a maximális érték után hirtelen, gyors visszaesés nem alakult ki.

A görbék maximális értékekig szépen egybeesnek.



29. ábra
Maximális elmozdulási ábrák összehasonlítása (2.)

A 29. ábrán látható, hogy a lefutási görbék nem érik el azt a maximumot, mint az inklinométeres görbe, ~3 mm kevesebb. Ebben az esetben viszont a maximális elmozdulási érték mélysége az inklinométeres görbéjéhez képest felfelé tolódott el, ~2,5 m -rel. A elmozdulási görbék maximum érték után visszaesnek, de még mindig nem figyelhető meg olyan markáns visszaesés, mint az eredeti görbénél.



30. ábra
Maximális elmozdulási ábrák összehasonlítása (1.)

A 30. ábrán, az előző két fejezetnél kapott ábrákhoz hasonlóan (24. ábra, 27. ábra) a lefutási görbék másik irányba mozdulnak el az x tengely irányában. Hasonlóság nem felfedezhető az ábrákban. A maximális elmozdulási érték is jóval fentebb van, mint az inklinométeres mérésnél.

6.5. Összegzés a vizsgálatokról

Összességében elmondható, hogy a paraméter analízissel sikerrel jártam.

Bár szembetűnő, hogy az ábrák nagy része nem mutat egyöntetű megegyezést az eredeti görbékkel, de mégis sok mindenre választ kapunk ezekből.

Maga a „back analysis” legnagyobb „sikere” a 28. ábrán látható, ahol a görbék nagy egyezést mutattak. Az eltérések vélhető okát, pedig a konklúziók során fogom kifejteni.

7. KONKLÚZIÓK

A vizsgált eredmények tükrében a következő következtetéseket vontam le a vizsgálatokból:

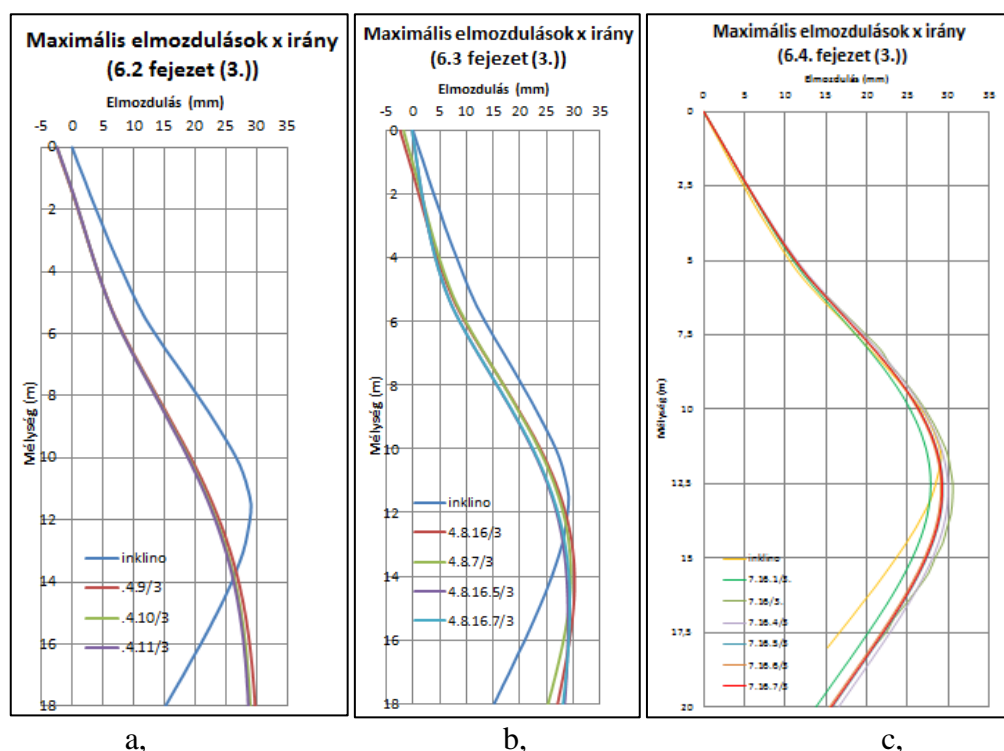
Alakváltozási paraméterek hatása:

A talajfizikai paraméterek közül az alakváltozási paraméterek változtatása nagymértékű hatással van a maximális elmozdulási értékekre. A talajrétegek közül a kiscelli agyag paramétereinek változtatása idézi elő a legnagyobb változást a végső maximális elmozdulási értékekben.

Jelölés	Talaj	Eredetileg felvetthez képest változott alakváltozási paraméterek értéke			Max. elmozdulás	
		E_{50} , E_{ur} , E_{OED}	12	60		12
0.	agyagos fedő réteg	E_{50} , E_{ur} , E_{OED}	12	60	12	$x=0,02575$ m
	kiscelli agyag		40	80,1	40	
0.23	agyagos fedő réteg	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (+10%)	13,2	66	13,2	$x=0,02578$ m
0.24	agyagos fedő réteg	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (-10%)	10,8	54	10,8	$x=0,02572$ m
0.25	agyagos fedő réteg	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (+)	14	30	14	$x=0,02599$ m
0.26	kiscelli agyag	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (+10%)	44	88,1	44	$x=0,02356$ m
0.27	kiscelli agyag	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (-10%)	36	72,1	36	$x=0,02864$ m
0.28	kiscelli agyag	E_{50} , E_{ur} , E_{OED} (-)	32	64,1	32	$x=0,03224$ m

Talajvíznyomás hatása:

A talajvíznyomásnak jelentős hatása van az maximális elmozdulási értékekre, illetve magát a görbe alakját is jelentősen befolyásolja.



Az 5.1.3. fejezetben kifejtett talajvíz felvételi módjaitól függően kaptam az előző három ábrát. Az a, ábránál a talajvizet munkaterület alatt ~2 m-re, terepszint alatt ~4m-re adtam meg (I. feltételezés). A b, ábránál a talajvizet földkiemelésnek megfelelően részfal környezetében folyamatosan változónak vettem fel (II. feltételezés). A c, ábránál a kiscelli környezetben vízszáronak vettem fel (III: feltételezés).

Az eredeti inklinométeres görbének megfelelő alakot a III. feltételezéssel kaptam vissza legjobban a lefutásból kapott elmozdulási görbénél. Ebben az esetben kapom a „hasasodó” ábrát is.

φ - c talajfizikai paraméterek hatása:

A φ - c nek nincs akkora hatása a maximális elmozdulásokra, ez a 6.3. fejezetben látható. A kiscelli agyag kohézióját az eredetileg felvett $c'=70$ kPa-hoz képest, a repedezett zónában $c=300$ kPa-ra, az ép zónában pedig $c=600$ kPa-ra növeltem és ez kisebb változást eredményezett az elmozdulásértékekben mint az alakváltozási paraméterek 10%-os változtatása.

Alaplemez alakjának hatása:

Az alaplemez alakjából adódó (II. számú rajzi melléklet), kifelé csökkenő alaplemez vastagságot, ha a véges elemes programban nem veszem figyelembe, akkor a maximális elmozdulási értékek mértéke 10%-kal megnő. Ennek oka, hogy a részfal befogási hossza csökken ~1,3 m-rel.

Jelölés	Talaj	Eredetileg felvetthez képest változott talajfizikai paraméterek értéke			Max. elmozdulás	
.4.8.16.1	kiscelli (repedezett)	c (+)		300	x=0,02871 m	
	kiscelli (ép)	c (+)		600		
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	36	77,1		36
	kiscelli (ép)		72	154,1		72
.4.8.16	kiscelli (repedezett)	c (+)		300	x=0,03026 m	
	kiscelli (ép)	c (+)		600		
	kiscelli (repedezett)	E ₅₀ , E _{ur} , E _{OED} (+)	36	77,1		36
	kiscelli (ép)		72	154,1		72

Látható a maximális elmozdulások értékéből, hogy ha az alaplemezt a vastagabb részével vesszük teljes hosszán figyelembe akkor, a földkiemelés lentebb ér véget és ez a maximális elmozdulásokra ~2 mm érték növekedést okoz.

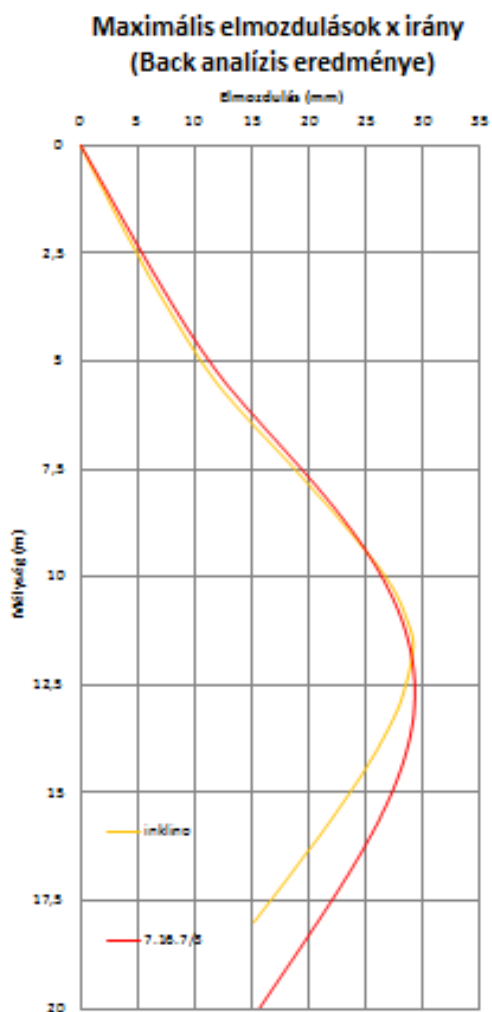
Részfal merevség hatása:

A görbék mindegyikében megfigyelhető maximális elmozdulási értéknek az eltolódása a részfal merevségéből adódik. A véges elemes programban, ugyanis állandónak feltételezzük a részfal merevségét, azonban a valóságnak ez nem felel meg. Ugyanis a vasalásnak, és betonszilárdulásnak is van módosító hatása, így nagy nyomtér csúcsok jöhetnek létre, ahol a szerkezet jobban meghajlik és meg tud repedni. Ezek nem jelentős mozgások, de az inklinométeres tizedmilliméter pontos mérésekre hatással vannak. Ez indokolja a maximális értéke eltolódásának helyét.

8. BACK ANALYSIS EREDMÉNYE

	φ	c	γ	ν	E_s	$E_{(50ref)}$	$E_{(U_{rref})}$	$E_{(OED50ref)}$
Eredetileg felvett	fok	kN/m ²	(sat)kN/m ³		MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²
Feltöltés	28	10	19	0	8	-	-	-
Agyagos fedő réteg	25	20	21	0,2	-	12	60	12
Kiscelli (repedezett)	27	70	22	0,2		20	40,1	20
Kiscelli (ép)	27	70	22	0,2		40	80,1	40
"Végső" érték								
Feltöltés	28	10	19	0	8	-	-	-
Agyagos fedő réteg	25	20	21	0,2	-	12	60	12
Kiscelli (repedezett)	27	300	22	0,2		33	68,1	33
Kiscelli (ép)	27	600	22	0,2		66	136,1	66

A „végső” értékekkel lefutattva jutottam a back analízis eredményéhez, miszerint az előbbi táblázatban található adatokkal elvégzett számítás eredményei közelítik a legjobban a mért elmozdulásokat.



A back analízis további része, hogy a tervezés során általuk felvett talajfizikai paraméterekkel összehasonlítom a vizsgálatból kapott paramétereket.

Az tervező cég által felvett- és back analízisből kapott talajfizikai paraméterek:

	φ	c	γ	ν	E_s	$E_{(50ref)}$	$E_{(U_{rref})}$	$E_{(OED50ref)}$
Tervezési paraméterek	fok	kN/m ²	(sat)kN/m ³		MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²
Feltöltés	28	0	19	0,35	10	-	-	-
Agyagos fedő réteg	15	59	20	0,3	15	-	-	-
Kiscelli (repedezett)	0	719	22	0,2		20	34	34
Kiscelli (ép)	0	1331	22	0,2		36	63	87
"Végső" érték								
Feltöltés	28	10	19	0	8	-	-	-
Agyagos fedő réteg	25	20	21	0,2	-	12	60	12
Kiscelli (repedezett)	27	300	22	0,2		33	68,1	33
Kiscelli (ép)	27	600	22	0,2		66	136,1	66

A talajfizikai paraméterekben teljes egészében nincs megegyezés. Szürkével jelöltem, amely értékeket a vizsgálat során visszakaptam. A tervezési értékekben vannak olyan értékek megadva, melyeket a plaxis programba nem lehet beadni. A program feltételei nem engedik. Ezeket narancssárgás színnel jelöltem.

A talajfizikai paramétereken túl a kapott nyomatéki értékeket is összehasonlítottam a tervező cég által számított nyomatéki értékekkel. A résfalban keletkező maximális nyomatéki értékek:

- plaxis program esetén (4.8.16.7 lefuttatott modellnél):
 - $M_{k\ddot{u}ls\ddot{o}}=1382$ kNm
 - $M_{b\ddot{e}ls\ddot{o}}=940,7$ kNm
- tervezés során történő számítás esetén:
 - $M_{k\ddot{u}ls\ddot{o}}=1045,6$ kNm
 - $M_{b\ddot{e}ls\ddot{o}}=823,7$ kNm

A back analízissel kapott nyomatéki ábra megfelelő. Sajnos erről nem tudom betenni az ábrát, mert közbe a szerverről működő plaxist nem működött. Az előadásomban pótlom ezeket az ábrákat.

9. KITEKINTÉS

Jövőbeli terveim:

- további munkaterek hasonló módú vizsgálata
 - Gellért tér,
 - Fővám tér,
 - esetlegesen a jelenleg épülő Kossuth tér
- konklúziók értelmezése az jövőben vizsgált munkaterekre
- felmerült problémakörök kiküszöbölése
- konszolidáció részletes vizsgálata
- k tényező vizsgálata

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

KÖSZÖNÖM, a TDK dolgozatom elkészítése során nyújtott segítséget a konzulenseimnek:

- **Dr. Mahler András**
- **Dr. Móczár Balázs**

-nak, akik a tudományos kutatói munkám megvalósulását, előrehaladását nagymértékben segítették.

Illetve köszönetet mondanék mindazoknak, akik adatot szolgáltattak a dolgozat témájához , elősegítve ezzel a elkészülését:

- **Meszlényi Zsolt-, Faragó Gergelynek**, a Strabag-MML Kft. részéről, akik az állomás kivitelezését végezték akkoriban.
- **Dr. Deli Árpádnak**, a HBM Kft részéről, aki a Fővám téri, és Gellért téri adatokat biztosította számomra (ami jelen dolgozathoz közvetlenül nem lett felhasználva), továbbá elérhetőségeket a munkához kapcsolódokhoz.
- **Dr. Horváth Tibornak**, a Geovil Kft részéről, aki mind a geotechnikai adatokat biztosította számomra, mind az Etele téri állomásra, mind pedig a Fővám téri állomásra, mely felhasználása jelen dolgozatban nem történt meg.
- **Sándor Csabának**, az S&S Geotechnika Kft. részéről, aki az inklinométeres mérések módszereit, működését, hibáit, megvalósításait, típusait, hibáit mutatta be nekem.
- **Pethő Csabának**, az UVATERV Út-, Vasúttervező Zrt részéről, aki a tervezési adatokat biztosította számomra.
- **Czap Zoltánnak**, aki a Plaxis modell megfelelő elkészítése érdekében nyújtott nagy segítséget.

Továbbá mindazoknak, akik bármilyen mértékben is segítettek a Tudományos Diákköri Dolgozatom elkészülésében.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1]. *Etele téri pajzsindító állomás kivitelezési adatai*. Strabag-MML Kft., 2006.
- [2]. *Etele téri pajzsindítóállomás inklinométeres mérési adatok*. Strabag-MML Kft., 2006-2008.
- [3]. *Etele téri pajzsindítóállomás inklinométeres mérési adatai*. UVATERV Út-, és Vasúttervező Zrt., 2006-2008.
- [4]. *Etele téri pajzsindító állomás alaprajz, keresztmetszeti rajzok*. UVATERV Út-, és Vasúttervező Zrt., 2006.
- [5]. *Etele téri pajzsindító szerkezeti, keresztmetszeti rajzok*. Strabag-MML Kft., 2006.
- [6]. *Budapest 4. metróvonal I. szakasz Pajzsindító- és elágazó műtárgy - Mérnökgeológiai, hidrogeológiai és geotechnikai szakvélemény*. Geovil Kft., 2006.
- [7]. *A közlekedés építés feladatai - Geotechnikai monitoring*. Magyar Közút, 2012.
- [8]. www.metro4.hu. 2013.
- [9]. *Magyarország kistájainak katasztere I.-II.* MTA., 1990.
- [10]. www.foldrenges.hu. 2013.
- [11]. *Inklinométeres mérési eredmények*. S&S Geotechnikai Kft., 2013.

MELLÉKLETEK

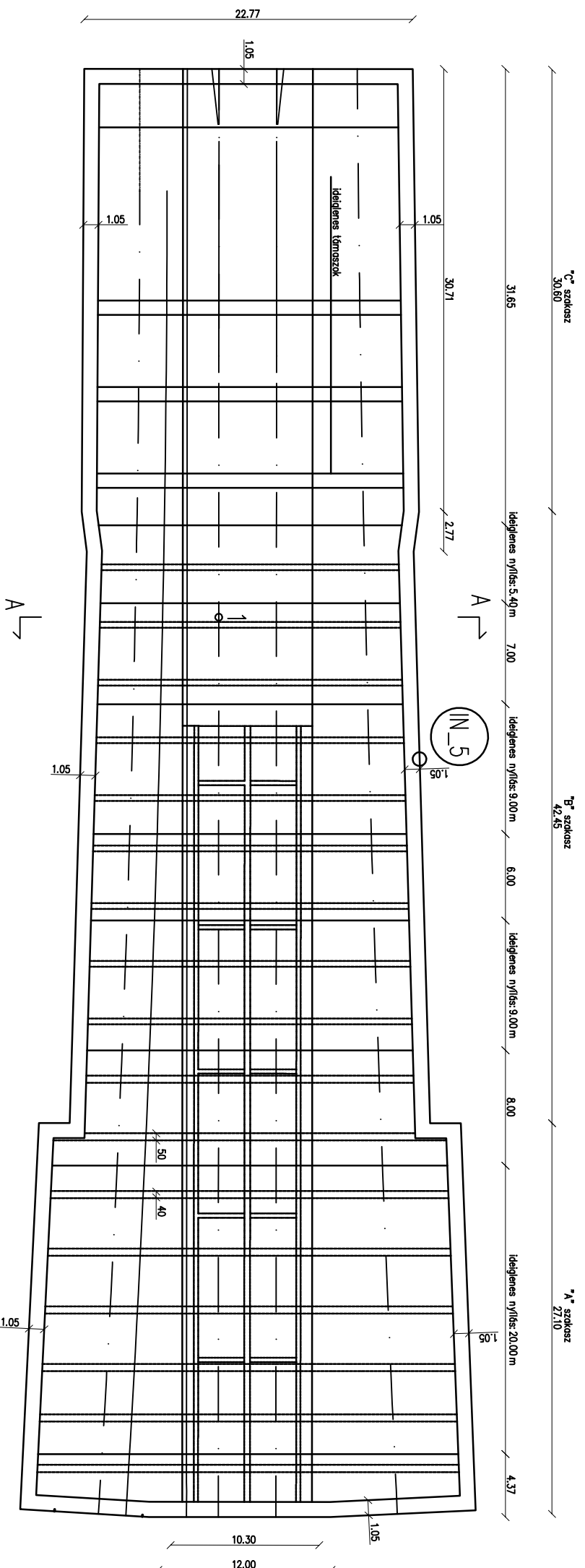
- I. számú rajzi melléklet
 - Alaprajz, metszet

- II. számú rajzi melléklet
 - Vizsgált keresztmetszet (A-A)

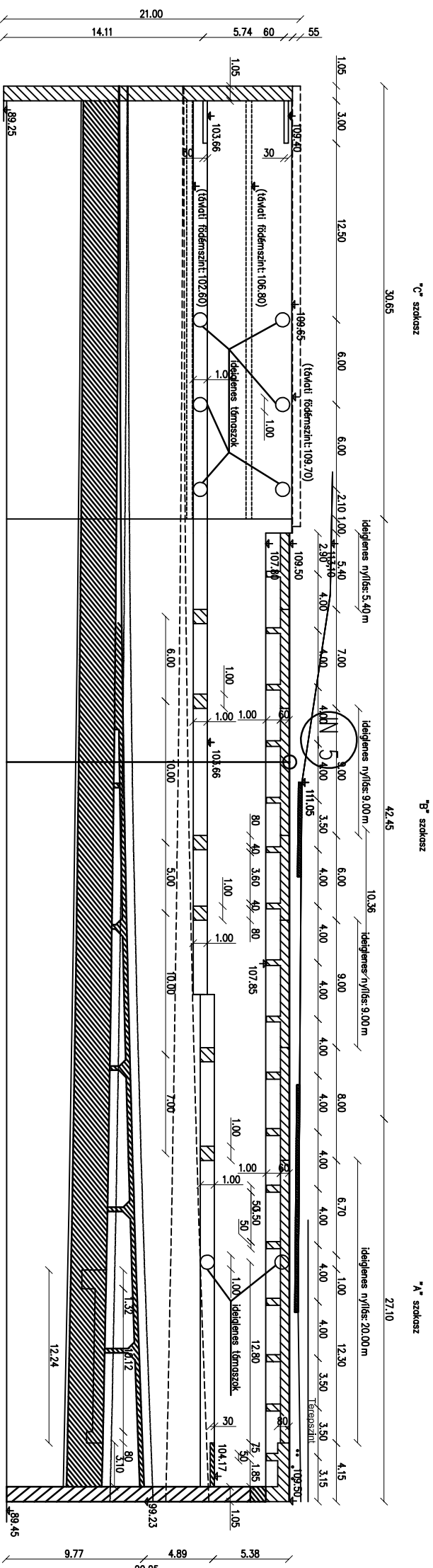
- III. számú rajzi melléklet
 - Vizsgált terület rétegszelvénye

- IV. számú rajzi melléklet
 - Vizsgált keresztmetszet talajszelvénye

FELÜLNÉZET
M1:200

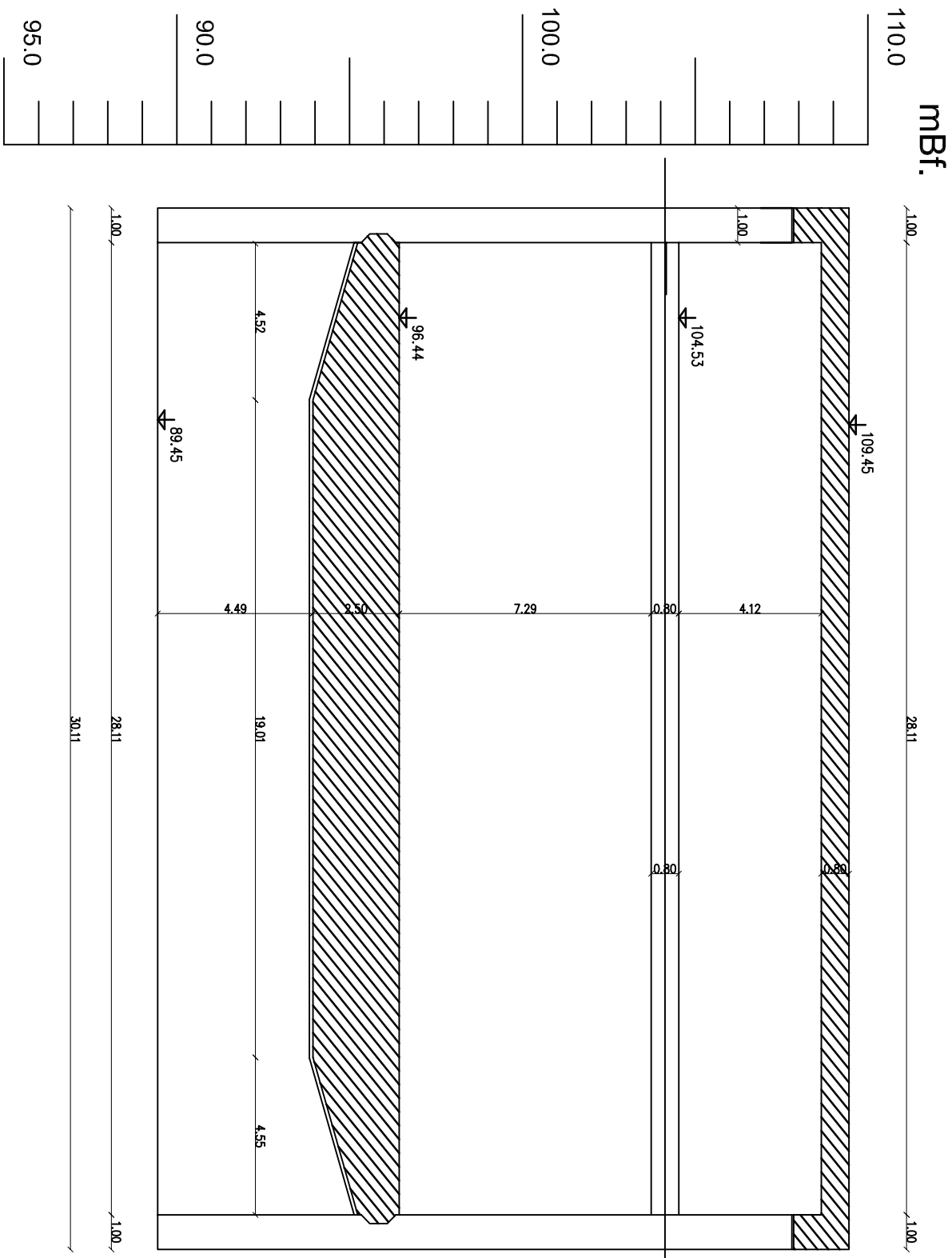


HOSSZMETSZET
M1:200
(végleges állapot)



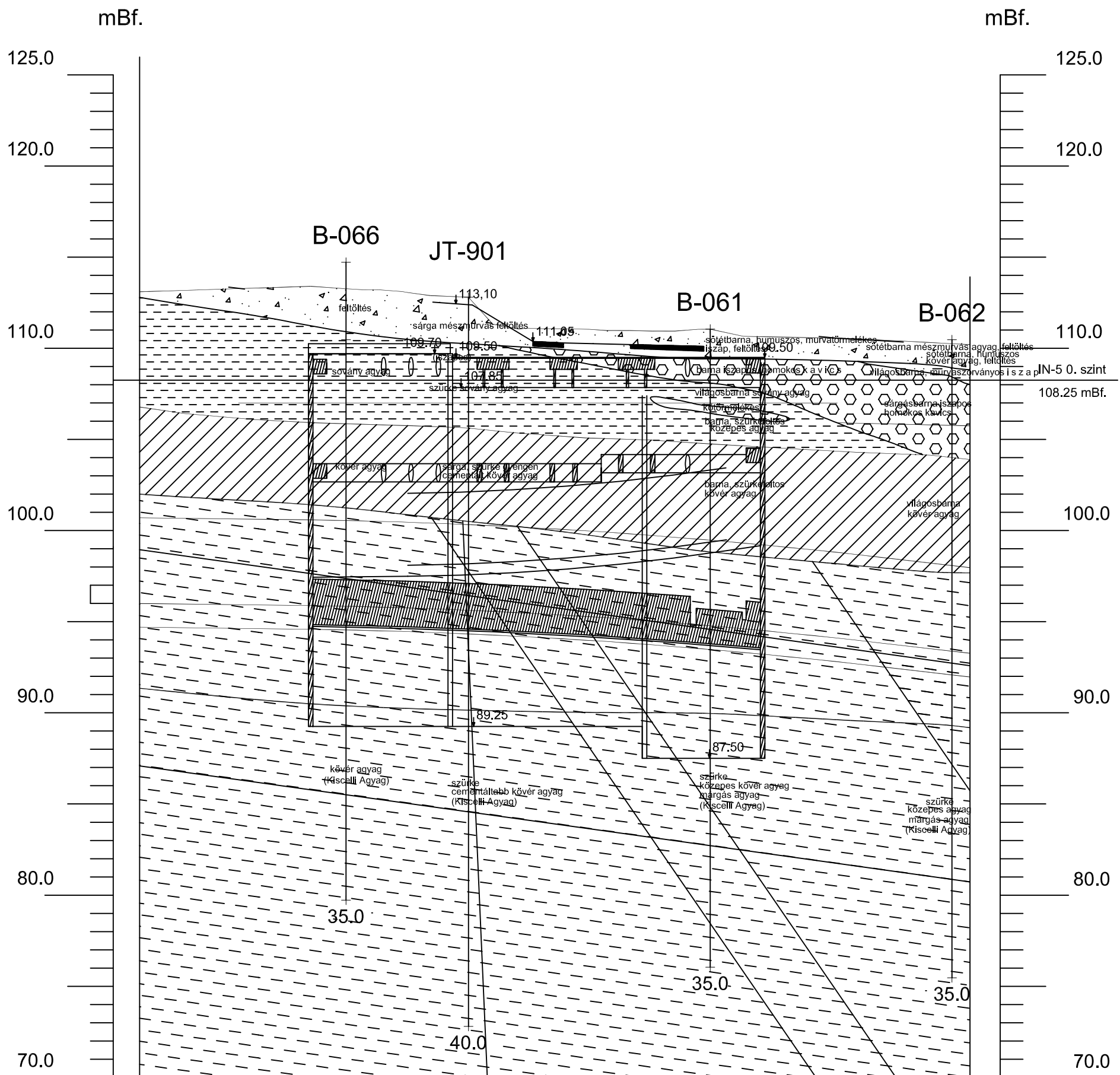
I. számú rajzi melléklet
Etele téri pajszsindítóállomás
Alaprajz, metszet

	TDK Konferencia 2013	Rajzszám: I.
Építőmérnöki Kar - Geotechnikai Tanszék		
Készítette: Kardos Nóra		
Konzulensek: Dr. Mahler András, Dr. Móczár Balázs		




II. számú rajzi melléklet
Etele téri pajzsindítóállomás
A-A metszet

	TDK Konferencia 2013	Rajzszám: II.
	Építészeti Kar - Geotechnikai Tanszék	
	Készítette: Kardos Nóra	
	Konzultensek: Dr. Mahler András, Dr. Mészáros Balázs	



**III. számú rajzi melléklet
Etele téri pajzsindítóállomás
Rétegszelvény**

	TDK Konferencia 2013	Rajzszám: III.
Építőmérnöki Kar - Geotechnikai Tanszék		
Készítette: Kardos Nóra		
Konzulensek: Dr. Mahler András, Dr. Móczár Balázs		

mBf.

115.0

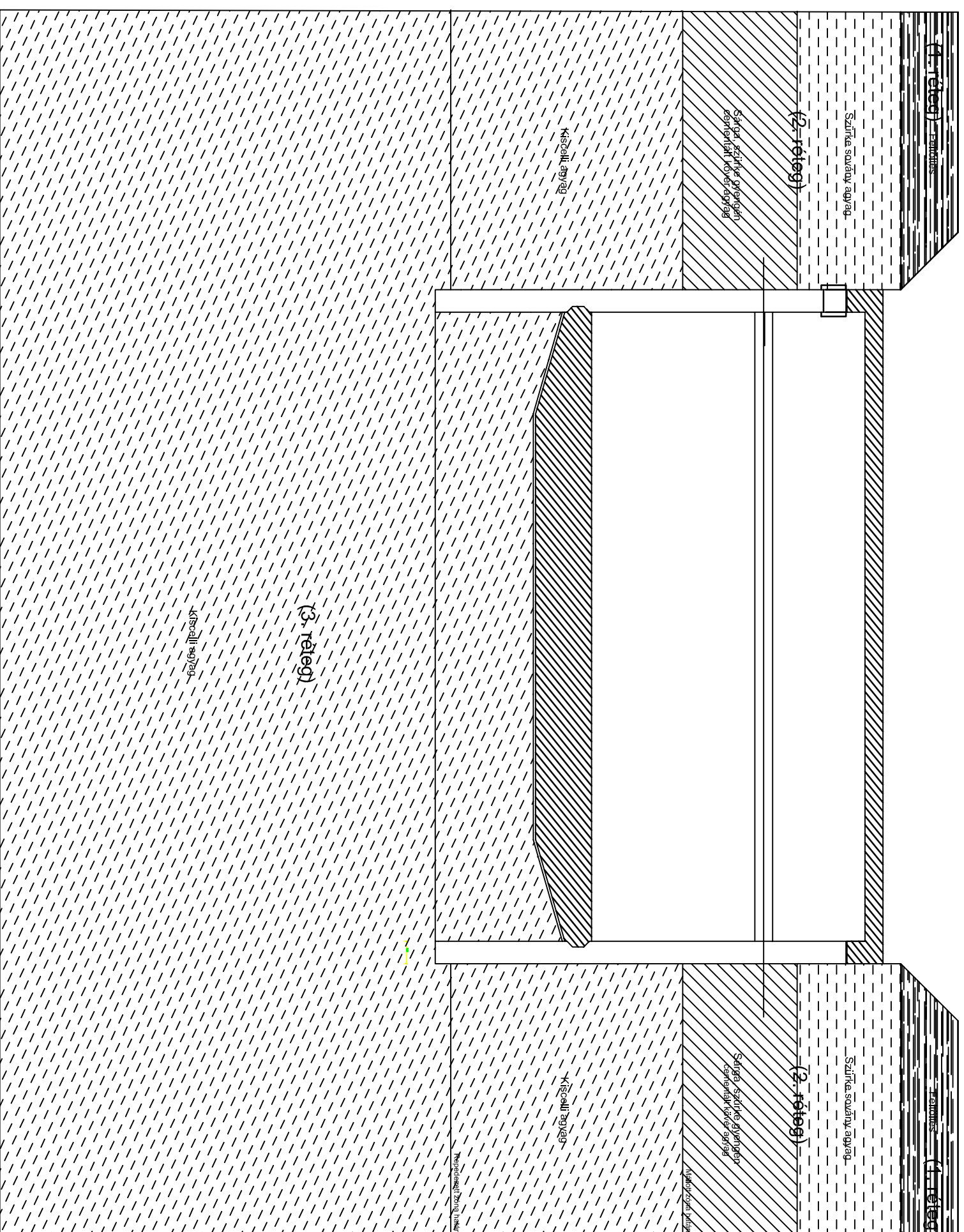
110.0

100.0


90.0

80.0

70.0



IV. számú rajzi melléklet
Etele téri pajzszindítóállomás
Talajszelvény

	TDK Konferencia 2013	Rajzszám: IV.
Építőmérnöki Kar - Geotechnikai Tanszék		
Készítette: Kardos Nóra		
Konzultensek: Dr. Mahler András, Dr. Móczár Balázs		