

SZENT ISTVÁN EGYETEM YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR
ÉPÍTŐMÉRNÖKI SZAK GEOTECHNIKAI SZAKIRÁNY

Szakdolgozat

Irodaház mélygarázsának munkatér-határolása

Sipos Ákos

Részletes feladatkiírás**Sipos Ákos****nappali építőmérnök - BSC****hallgató részére****Irodaház mélygarázsának munkatér-határolása**

A hallgató készítse el egy valós helyszínre épülő irodaház mélygarázsának munkatér-határolásának tervezését. Készítsen Talajvizsgálati Jelentést és Tervezési Beszámolót, felhasználva a külső konzulensztől kapott alapadatokat és adattári információkat. Szakirodalom feldolgozása segítségével vizsgálja meg a szóba jöhető támszerkezeteket, majd az optimálist kiválasztva, azt tervezze is meg. A méretezést a vonatkozó szabványoknak megfelelően végezze el, melyhez alkalmazzon geotechnikai szoftvert. Hasonlítsa össze a hagyományos (MC) és más (pl. HS) talajmodell alkalmazásának számítás pontosságára gyakorolt hatását. A kiválasztott tervezési szakasznak dolgozza ki a kiviteli terv szintű műszaki rajzait, valamint készítsen Műszaki Leírást.

Budapest, 2016. március

Firgi Tibor
mestertanár
belső konzulens

Tartalomjegyzék

Előzmény.....	6
Megbízás, kapcsolódás a témához	6
1. Irodalmi összefoglaló a megtámasztó szerkezetekről, dúcolatokról	6
2. Alternatív lehetőségek bemutatása	7
2.1. Technológiák	9
2.2. Alkalmazhatósági tartományok, előnyök-hátrányok	11
3. Okok, amiért a résfalas megoldást választottam	13
Talajvizsgálati jelentés	14
1. Bevezetés.....	14
2. A terület általános ismertetése.....	15
2.1. Helyszín leírása.....	15
2.2. Morfológia és földtani viszonyok.....	17
2.3. Hidrológiai viszonyok	18
2.4. Tervezési terület szeizmikus adottságai, földrengés érzékenysége	19
3. Geotechnikai feltárások és vizsgálatok	20
3.1. Geotechnikai kategória	20
3.2. Geotechnikai feltárások	21
3.3. Geotechnikai vizsgálatok.....	21
3.5. Talajfizikai paraméterek	22
3.6. Talajrétegződés	22
4. Talajvíz viszonyok	23
4.1. Talajvíz	23
4.2. Visszaduzzasztás meghatározása.....	24
5. Összefoglalás.....	25
5.1. Javaslat.....	25
5.2. Víztelenítés	26
5.3. Szigetelés	26
5.4. Geotechnikai helyszínrajz, rétegszelvények.....	26
Horgonyzott résfalszerkezet tervezés	27
1. Feladat ismertetése	27
2. Kiindulási adatok.....	28

2.1. Alkalmazott szabványok, szoftverek	28
2.2. Szerkezet osztályba sorolása	28
2.3. Talajadottságok, talajfizikai jellemzők figyelembevétele	28
2.3.1. Jellemző szintek felvétele	29
2.3.2. Talajfizikai jellemzők felvétele.....	29
2.3.3. Talajvíz agresszivitás figyelembe vétele	29
2.3.4. Földrengés jellemzők figyelembe vétele	29
2.4. Felhasználandó anyagok, anyagjellemzők	30
3. Számítások alapvető szempontjai.....	30
3.1. Figyelembeveendő tervezési állapotok és határállapotok	30
3.2. Számítási módszer, alkalmazott szoftverek.....	31
3.3. Igénybevételek és alakváltozások számítási módszere.....	31
4. Igénybevételek és alakváltozások számítása.....	38
4.1. Karakterisztikus igénybevételek és elmozdulások számítása.....	38
5. Határállapotok ellenőrzése	38
5.1. Kézi számítás.....	38
5.1.1. Kihorgonyozott rugalmas befogású szádfal számítása	38
5.2. Teherbírási határállapotok ellenőrzése (ULS).....	41
5.2.1. STR – Résfal törés ellenőrzése, vasalása.....	41
5.2.2. STR – Résfal átszúródás ellenőrzése horgonyfejnél.....	42
5.2.3. STR – Horgonyszár szakadás ellenőrzése	43
5.2.4. GEO – Résfal befogásai talajjellenállás ellenőrzése.....	44
5.2.5 GEO – Horgony talajbefogási ellenállás ellenőrzése.....	44
5.2.6.-7. GEO – Horgonyzott résfal külső - belső stabilitás ellenőrzése	44
5.2.8. HYD – Hidraulikus talajtörés ellenőrzése	45
5.2.9. A rés oldalfalának állékonysági vizsgálata	45
5.2.10. A réstalp állékonyságának ellenőrzése	48
5.2.11. A résiszap összetételének tervezése.....	49
5.3. Használhatósági határállapotok ellenőrzése (SLS).....	49
5.3.1. Alakváltozás ellenőrzése.....	49
5.3.2. Repedéstágasság ellenőrzése	49
Műszaki leírás	51
1. Megbízás, előzmények.....	51

2. Helyszíni viszonyok	51
3. Építésföldtani viszonyok	51
4. Talajrétegződés, talajállapotok	52
5. Hidrogeológiai viszonyok	52
6. A Tervezett munkatér-határolás	53
7. Az építés környezetre gyakorolt hatása.....	53
8. Minőségbiztosítás.....	53
9. Baleset és munkavédelem	54
10. Környezetvédelem.....	55
11. Tervezői nyilatkozat	55
Összefoglalás.....	56
Irodalomjegyzék.....	58
Rajzjegyzék	59
Nyilatkozat	60

Előzmény

Szakdolgozatom címe és egyben témája egy 7 szintes irodaház 3 szintes mélygarázsához munkatér-határolás tervezése.

A munkatér-határolás a legtöbb esetben sok dilemmával jár, vajon melyik a legjobb technológia. Az adott témával iskolai tanulmányaim során kerültem szembe, mégpedig Geotechnika III. és IV. című tantárgyaknál, ahol az alapozási és földmegtámasztási lehetőségeket jártuk körbe, kezdve a felmérési fázistól a tervezésig. Itt tetszett meg a témakör és határoztam el, hogy a szakdolgozatomat egy hasonló témából fogom készíteni. Egy jó barátom segítségével sikerült felvenni a kapcsolatot a Bauer Magyarország Speciális Mélyépítő Kft-vel akik segítségemre voltak és adatokat kaptam egy folyamatban lévő projektről. A szóban forgó építkezés egy irodaház építése Budapest, Váci úton és a hozzátartozó mélygarázs kivitelezése. Az említett cég profiljából is kiderül, hogy a hangsúly az épület alapozásán van és a hozzacsatlakozó munkatér-határolás megtervezésén, elvégzésén. Ebből kifolyólag és a kapott adatok segítségével tervezem körbejárni a lehetséges alternatívákat és kiválasztani a megfelelőt, illetve az általam választott megtámasztó szerkezetet megtervezem, Plaxis programmal modellezem, építésére kivitelezési, technológiai utasításokat adok.

Megbízás, kapcsolódás a témához

A megbízást a Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar Építőmérnöki Intézetének Geotechnikai Szakcsoportjától és Bognár Balázstól a Bauer Magyarország Speciális Mélyépítő Kft tervező mérnökétől kaptam.

A megbízás a Váci út 17. szám alatt épülő 7 szintes irodaház 3 szintes mélygarázsának munkatér-határolás tervezésére vonatkozik.

A megbízó adatszolgáltatása:

- helyszínrajz
- rétegszelvény
- talajvizsgálati jelentés

1. Irodalmi összefoglaló a megtámasztó szerkezetekről, dúcolatokról

A közművek, az alapok, a felszín alatti nagyobb létesítmények, a partfalak és a földművek építésekor sok esetben kell tereplépcsőket, függőleges (vagy közel függőleges) földfalakat kialakítani. Ezeket valamilyen szerkezettel meg kell támasztani, hiszen egy földtömeg csak a szilárdságának megfelelő hajlású rezsűs határolás esetén állékony. Ha meredekebb határolás kell, akkor szükség van a fellépő földnyomások felvételére képes szerkezetre.

A támszerkezetek funkciója többféle lehet:

- a munkatér (árkot, gödröt) határoló szerkezetet ideiglenesen, segédszerkezetként készítik, később, a felszín alatti munkatér visszatöltésekor elbontják őket,

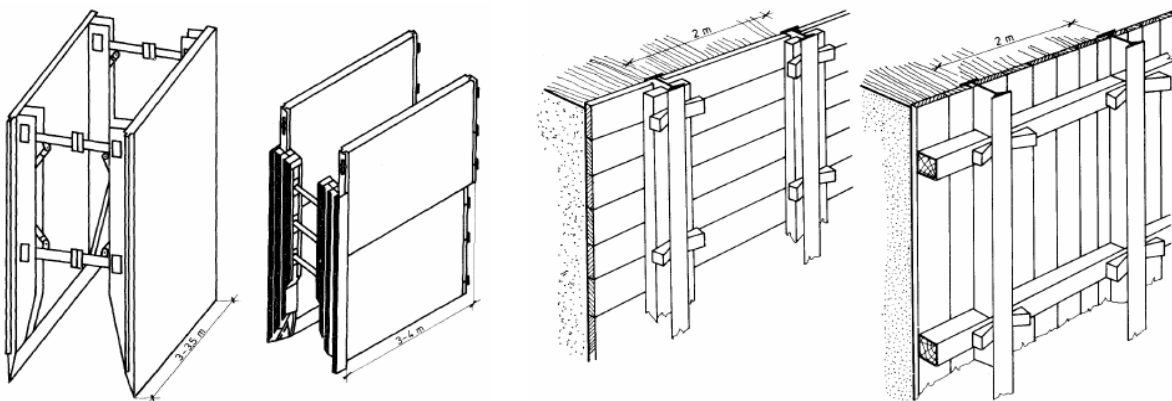
- végleges építmények felszín alatti oldalfalaként funkcionálnak, pl. mélygarázsok, aluljárók, alagutak esetében,
- a földműveket, természetes lejtőket stabilizáló önálló szerkezetek, ilyenek pl. a támfalak, a partfalak, stb.

Előnyös, ha egy szerkezet több célt is teljesít, gyakori pl. a széles munkateretek olyan szerkezettel való határolása, melyek a végleges szerkezet oldalfalát vagy a szélső falak alapját is képezik.

A szerkezetek egyensúlyát biztosíthatja a belső megtámasztás (dúcolatok); a szerkezet alsó részének befogása az altalajba (befogott szerkezetek); a szerkezet saját vagy a környezetükből bevont földtömeg súlya (támfalak), hátrahorgonyzás a megtámasztandó földtömeg mögé (horgonyzott szerkezetek). Sok esetben e megoldások kombinációja adja az optimumot, gyakoriak pl. befogott és hátrahorgonyzott szerkezeteket.

2. Alternatív lehetőségek bemutatása

Ideiglenes támszerkezetek egyik lehetősége a **keskeny árkok dúcolása**. Sávalapok, közművezetékek építéséhez szükséges munkaárkok függőleges földfalának megtámasztására alkalmazzák őket. A földet közvetlenül pallók, azokat hevederek, ezeket pedig dúcolok támasztják meg, a szemközti falra hárítva a terhelést. A dúcolatok ideiglenesen kiváltják a kiemelt földtestet. A hagyományos dúcolatokat az előbbi elemekből a helyszínen, a gödörben készítik el. Elemeinek szokásos anyagai a fa és acél. Újabban hazánkban is előtérbe kerültek a különböző előregyártott dúctáblák, melyek főként merevített acéllemezekből készülnek. Az oldalfal esetleg fapalló, de többnyire inkább acéllemez. Általában sarok-merev a dúc-heveder kapcsolat, míg a táblák illesztését hornyos szélek biztosítják.

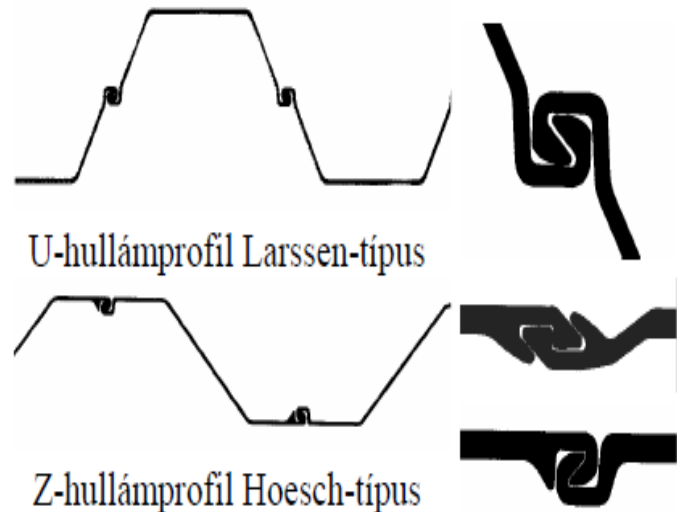


1. ábra: Előregyártott dúctáblák és berlini dúcolat vízszintes és függőleges pallózással

(Szepesházi Róbert – Geotechnika)

A következő ideiglenes támszerkezet a **széles munkagödör megtámasztása berlini dúcolattal**. Széles munkagödörben általában nincs mód a dúcolat előbbihez hasonló belső megtámasztására, a támszerkezetet hátra kell horgonyozni, ill. be kell fogni, s ennek ez az egyik alapmódszere.

Ideiglenes vagy végleges, befogott vagy hátrahorgonyozott megtámasztó szerkezetek egyik alternatívája a **szádfalak**. A szádfalak vízzáró hornyos kapcsolattal rendelkező, főként acélanyagú szádpallókból állnak, melyeket veréssel, vibrálással, sajtolással hajtanak az alsó szint alá, hogy kellő befogást biztosítsanak. Gyakran hátra is horgonyozzák vagy belülről kitámasztják őket. A pallók hullámvonalúak, hogy inerciájuk nagyobb legyen, de vannak egyenes elemek is. Néha használnak fa és vasbeton pallókat is.



2. ábra: Acél szádpalló profilok

(Szepesházi Róbert – Geotechnika)

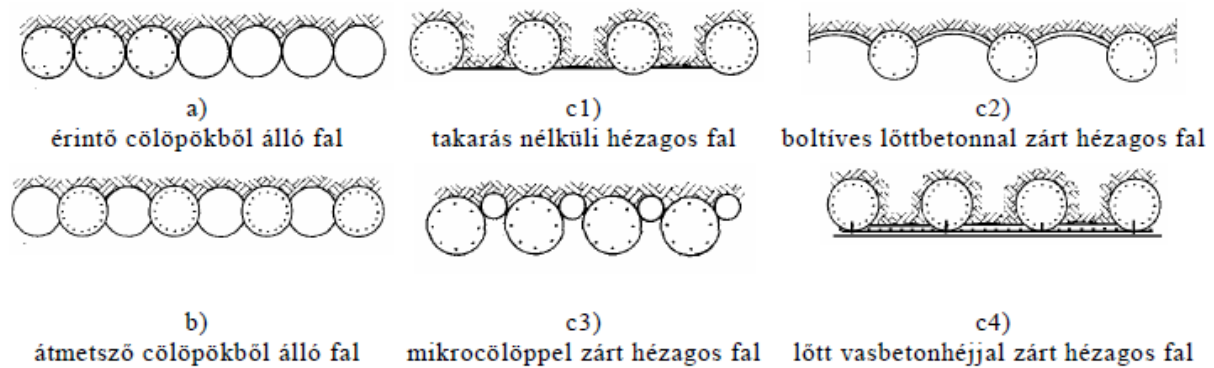
Megtámasztó szerkezet lehet a **résfal**. A résfalak általában 60 cm széles, nagy mélységig lenyúló táblákból csaknem tetszőleges hosszban készíthető, általában vasbeton anyagú falak, melyekhez a talajt speciális gépekkel emelik ki, miközben a rés beomlását bentonitsuszpenzió gátolja meg. Földmegtámasztó falként elsősorban akkor jön szoba, ha az ideiglenes munkagödörhatárolás meglévő épület mellé kerül, és vízzárás is szükséges; a résfal a felszín alatti szerkezet (aluljáró, alagút, mélygarázs,) végleges oldalfala is lesz. Ritkábban lejtők stabilizálására és partfalként is épül földmegtámasztás céljából. Egyéb alkalmazási területei közül kiemelendő az utólagos vízzárás, mely pl. gátak alatti szivárgás megakadályozását, illetve talaj- és talajvízszennyezések lokalizálását szolgálhatja valamint az alapozási szerkezetként való építése.

Cölöpfal, egymás mellé, sorban, általában fúrással lehajtott cölöpökből a résfalakhoz hasonló 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. A foghíjbeépítéseket illetően pedig az szólni kell, hogy kevésbé veszélyeztetni a meglévő épületek alapjait, mert a cölöpfurat állékonysága könnyebben biztosítható. Vízzárósági igény esetén viszont a résfal helyezhető előtérbe.

Cölöpfaltípusok: egymást érintő cölöpökkel akkor dolgoznak, ha a talaj önmagában egyáltalán nem állékony, ha nincs vízzárósági igény, de statikailag szükséges a sűrű kiosztás. A tengelytávolságot az átmérőnél 5-10 cm-rel nagyobbra választják, így a fúrt cölöpök gyakorlatilag összezáródnak, közülük még a homoktalaj sem pereg ki, viszont a víz átszivároghat. Egymást átmetsző cölöpökkel vízzáró fal készíthető. Előbb a vasalatlan

cölöpöket készítenek, majd közéjük ~10 cm átharapással a nyomtér elbírására vasalt második sort. Hézagcsatlakozás célja építeni, ha nincs vízzáró igény és a kedvező szilárdságú talaj miatt kevesebb cölöp is elég. A cölöpök közötti földfalat illetően többféle megoldás jöhet szóba: takarás nélkül marad a talajfal; boltívben kibontják a talajt és a cölöpökre támaszkodó (lőtt) betonboltív készül; a cölöpök közé záró betoncölöp készül, esetleg megszilárdítják a talajt; a gödör felőli külső síkban készül (a cölöpökbe bekötött vasalással) (lőtt) betonhéj.



3. ábra: Cölöpfaltípusok

(Szepesházi Róbert – Geotechnika)

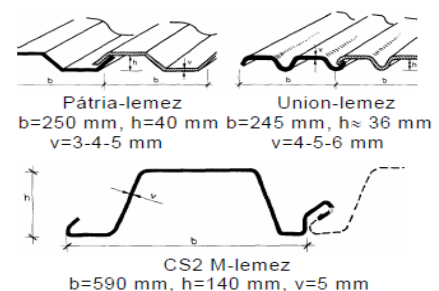
2.1. Technológiák

A keskeny árkok dúcolás technológiáját, készítésének módját, az szabja meg, hogy mennyire állékony a talaj a kiemelő H mélységhez képest. A kohézióval bíró talajok

$$h_c = \frac{2 \times c}{\rho \times g} \times \tan\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) - \frac{p}{\rho \times g}$$

mélységig függőleges falban is megállnak. Elméletileg tehát eddig, ill. ennek ($n \approx 1,5$) biztonsággal osztott értékeig megtámasztás nélkül is kiemelhető lenne a talaj. Munkavédelmi okokból azonban $h_c = 3,3$ m-nél nagyobb mélységet ideiglenesen sem engedünk meg, tartósan pedig legfeljebb 1,5 m állhat megtámasztatlanul. Állított pallózás készíthető, ha $H < h_c$, amikor is a teljes mélységig kiemelik a földet és beállítják a végleges dúcolatot; utánhajtott pallózás készülhet, ha $H > h_c$, de $h_c \neq 0$, ekkor h_c mélységű lépcsőkben haladnak lefele minden egyes földkiemelés után utánhajtva a dúcolatot; előrevert pallózás szükséges, ha $h_c = 0$, amikor is a pallókat előre leverik, lépcsőkben emelik ki a földet és a hevedereket, dúcolatot behelyezik.

A pallók helyzete is változhat: vízszintes pallózást alkalmazunk állított dúcoláskor, ha H kicsi, hogy ne kelljen darabolni a pallókat, illetve utánhajtott pallózás esetén, ha h_c kicsi, mert ilyenkor a függőleges pallókkal körülményes lenne a munka; függőleges pallózás nagy H, illetve h_c mélységeknél s értelemeszerűen az előrevert pallózás esetén indokolt.



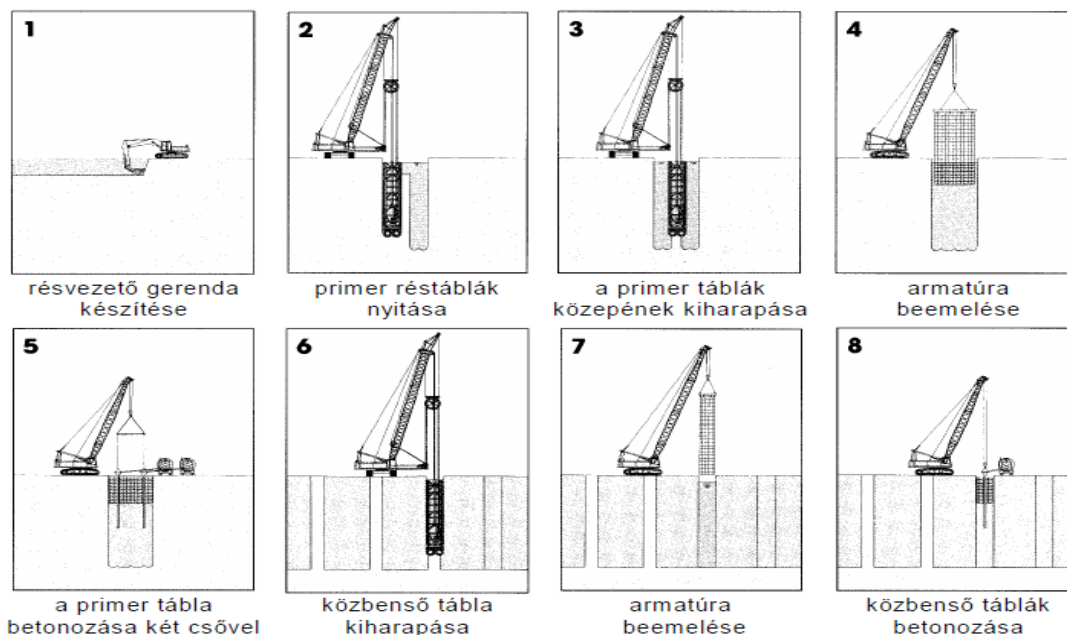
4. ábra: Dúcolatok elemei

(Szepesházi Róbert – Geotechnika)

A **berlini dúcolattal megtámasztott széles munkagödör megtámasztásának** a technológiája a következő: a földkiemelés előtt a gödör vonalában kb. 2 m-es távolságokban acél I tartókat vernek vagy vibrálnak le a talajba, illetve újabban - a zaj és a rezgések elkerülése végett - a tartókat talajbetonnal kitöltött, fűrt lyukba állítják, a földkitermelés során a tartók közé a földfalra fa pallókat feszítenek be, vagy betonhéjat készítenek. Így a pallók a földnyomásokat a tartókra hárítva megtámasztják a földfalat, a tartók egyensúlyát pedig a gödörfenék alatti befogás és - ha kell – hátrahorgonyzás biztosítja.

A **szádfalak** veréséhez általában Diesel- vagy hidraulikus üzemű verőeszközöket használnak, de szemcsés talajban a vibrátor hatékonyabb lehet. 4-6 elemet egy táblában, és az egymás melletti táblákat lépcsősen hajtják le, így nem feltétlenül szükséges állványt, illetve megvezetést kiépíteni. Újabban a zajcsökkentés érdekében az elemekre zajárnyékoló hengert tesznek, illetve sajtolással próbálkoznak.

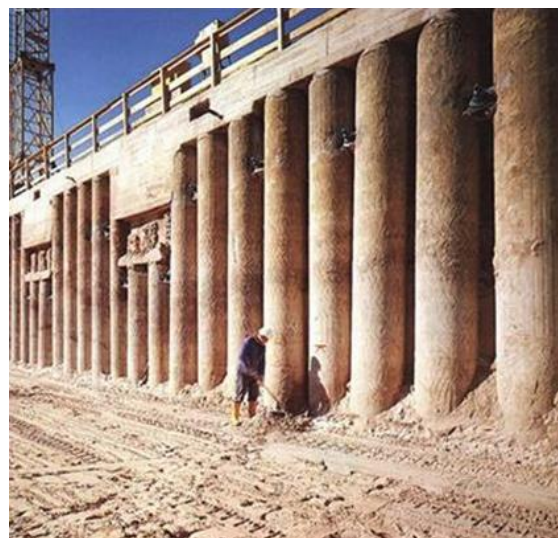
A **résfalakat** a térszínről építik úgy, hogy a megépítendő fal vagy pillér tervezett mélységében - dúcolat helyett - résiszap védelme alatt, függőleges falú rést készítenek, majd ebben megépítik a szerkezetet, a résiszap egyidejű kiszorítása mellett. A rés állékonyságát biztosító résiszap esetenként a végleges szerkezet funkcióját is betöltheti. A réselés általában két műveletből áll, földkiemelésből, majd az ezt követő réskitöltésből. A földet erre a célra gyártott réselőgépekkel emelik ki. Első lépésben a résvezető gerenda elkészítése, amely meghatározza a rés irányát, megvezeti a réselőszerszámot, és a rés felső részének az állékonyságát biztosítja. Utána két fogással elkészítik egy réstábla két szélét, majd a két fogás között megmaradó földmag kitermelése, átharapás. Ezzel elkészült egy rés. Ezután az armatúra elhelyezése, majd a réstábla kibetonozása, a résiszap folyamatos kiszorítása mellett történik, majd az elkészült réstáblák közti földmag kitermelése következik. Végül ezeknek az armatúrával való ellátása, és kibetonozása; ezzel elkészült a folytonos rés.



5. ábra: Résfalazás technológiai fázisai

(Szepesházi Róbert – Geotechnika)

A **cölöpfalakat** szinte mindig talajhelyettesítési technológiával, 50-80 cm átmérővel készítik. Fúrással, esetleg markolással emelik ki az üreget, a legelőnyösebb furatbiztosítás a béléscsövezés lehet. Ez azon túl, hogy teljes biztonságot nyújt a szomszédos építmények számára, a legszebb köpenyfelület előállítását teszi lehetővé. Ez fontos lehet esztétikai szempontból, illetve a falhoz kapcsolandó szerkezetek tekintetében. A béléscsövezés viszont általában megdrágítja és lassítja a munkát, ezért gyakoribb a folyamatos



6. ábra: Elkészült cölöpfal

(Google képkereső)

cölöp, melynek külső felületére esetleg utólag lött beton kiegyenlítés kerül. A cölöpök együttdolgoztatását egy kb. 1-1,5 m magas fejgerendával biztosítják, melynek vasalását a cölöpökéhez kell kötni. A cölöpfalakat általában hátra kell horgonyozni. A horgonycsatlakoztatás lehetőségei: a horgonyok a fejgerendához csatlakoznak; mindegyik vasalt cölöpöt átfúrnak egy horgonnyal; két-két cölöp közé kerül egy horgony, s ezeket hevedergerenda kapcsolja össze.

2.2. Alkalmazhatósági tartományok, előnyök-hátrányok

A **keskeny munkaárok dúcolás** szükségességére és milyenségére a támpontot a szabadon álló földfal magasságának az értéke (h_0) adja. Ha h_0 értéke közel zérus, előrevert pallózás alkalmazandó. A hevederek mögött függőleges pallókat (többnyire acél anyagút) vernek a talajba, és csak utána szedik ki a talajt. Mielőtt a pallók végét elérnék, új megtámasztó hevedert kell beiktatni és a pallókat tovább verni.

Ha a h_0 érték nem nagyobb 50 cm-nél, vízszintes pallózás a célszerű, így egyszerre 2-3 pallószélességnek megfelelő mélységben tudják a talajt kiemelni.

Ha h_0 érték ennél is több, és a munkagödör egyszerre kiemelhető egyszerű állított függőleges pallózás is megfelelő.

Ha a munkagödör egy lépcsőben nem emelhető ki, akkor a pallózást *utánhajtással* készítik el, ami lehet vízszintes utánhajtott pallózás, illetve függőleges utánhajtott pallózás. Függőleges utánhajtott pallózás során először kiássák a gödört a szükséges mélységig, beállítják a pallókat függőlegesen, majd megtámasztják őket. Ezután tovább mélyítik újabb mélységig, majd eklazítás után a pallókat leverik a gödör aljáig. 3 m-nél nagyobb mélység esetén lépcsőzés szükséges. Vízszintes utánhajtott pallózás esetében kiemelik a gödört mélységig, majd elhelyezik a vízszintes pallókat, megtámasztják őket függőleges hevederekkel, és ezeket kidúcolják. Az így elkészített megtámasztás védelme mellett tovább mélyíthető a gödör ismét

mélységgel. Ezután újabb vízszintes pallókat helyeznek az előzőek alá, s a már kitámasztott hevederek mellé újabb függőleges hevedereket helyeznek el, amelyek az összes pallót megtámasztják. Ezt követően az előző hevedereket kiveszik. A vízszintes pallózás előnye, hogy a pallók hossza nincs korlátozva, az elhelyezés során nem rongálódik (nem verik). Hátránya viszont, hogy a talajvízszint alatt nehezebb a munka, mint a függőleges pallók esetén.

Széles munkagödör megtámasztása berlini dúcolattal alkalmazása akkor célszerű, ha 5-10 m mély a gödör, nincs talajvíz, és legalább 1 m-ig állékony a talaj. Előnye, hogy nem végleges határolást ad, anyagai többször felhasználhatók és tiszta a munkahely. Hátránya, hogy a készítése viszonylag sok élőmunkát kíván.

Szádfalak alkalmazásának feltétele, hogy a leverést a talaj vagy épületmaradványok ne akadályozzák meg. Ideiglenes munkatér-határolásként akkor előnyös, ha talajvízben mélyül a gödör, és ezért vízkizárás is szükséges. Gyakori a vízepítési alkalmazásuk is, pl. kikötők, mólók partfalaként. Újabban közlekedési pályák mentén végleges szerkezetként is készítik, korrózióvédelemmel ellátva, ill. érdekes színezéssel és kiegészítő megoldásokkal javítva esztétikai megjelenését.

A **résfal** elvileg bármilyen altalajban és - a talajvíz jelenlététől függetlenül – akár 30 méteres mélységben is elkészíthető (Farkas József 1995). Egyidejűleg tölthet be munkagödör-határolási, vízzárási és teherviselési feladatokat. Mindezek egyetlen szerkezettel, egy építési ütemben valósulnak meg, így idő- és költségmegtakarítást jelentenek. Minden egyes munkaciklus gépesíthető, az élőmunka-ráfordítás minimális, és nagy teljesítmény érhető el. Belterületi beépítés esetén, foghíjbeépítésnél, a teljes építési helyszín kihasználható, mivel a résfalak a telekhatárookra építhetők, kivitelezhetők. Alaprajzi elrendezésük sokféleképpen variálható, ezért teherbírás szempontjából is kiváló tulajdonságokkal rendelkeznek. Megfelelő méretek, ill. alaprajz esetében önmagukban, megtámasztás, kihorgonyzás nélkül is állékonyak.



7. ábra: Épülő résfal a négyes metró Szent Gellért téri megállójánál

(Google képkereső)

Mélysége rugalmasan variálható az adott műtárgyon belül is, így a változó terhelés igényét, a váltoékony földtani felépítést is követni lehet. A résfal készítése a környező

földtömegben nem okoz rázkódást, vibrációt. A réselést nem kell megelőznie nagyobb szabású földmunkának.

Kétségtelen *hátrányuk*, hogy költséges módszerről van szó, alkalmazásuk akkor előnyös és gazdaságos, ha több feladatot is ellát. Nagy felvonulási területet igényel, a bentonitos zagy hulladéknak minősül (különösen szennyezett területen történő kivitelezésnél), ártalmatlanításáról gondoskodni kell. Hatással van a felszín alatti víz áramlására és nagyméretű (hosszúságú) falak esetében (pl. metró) az áramlási kép megváltoztatása káros következményekkel (is) járhat.

Cölöpfalak előnyei, hogy kisebb a környezeti hatás (dinamikus, zaj) kivitelezéskor, mint a szádfalak és berlini dúcolat esetén. A mélység a helyszínen változtatható (pl. kemény talajréteg, változó befogási hossz), nagyobb merevség, kivitelezhető kemény agyagok vagy tömör szemcsés talajok esetén is. Hátrányai, hogy ha nincs összefogó gerenda, önálló elemekként működnek, nincs átboltozódási hatás. Kivitelezés időigényesebb, kisebb merevség, mint a résfalak esetén. A kivitelezési pontatlanságok folytonossági hiányokat eredményezhetnek.

Az összefoglaláshoz Szepesházi Róbert Geotechnika egyetemi jegyzetét használtam fel segítségül.

3. Okok, amiért a résfalas megoldást választottam

A megtámasztó szerkezetek összefoglalása után kiderül, hogy ebben az esetben a megfelelő technológia, amit a munkatér-határolásaként használhatok az a résfalazás. Előnyei között szerepel, hogy több funkciót is betölthet egy épület, műtárgy életében. Először is földmegtámasztásra szolgál, tehát munkaterület-lehatárolásra alkalmas, abban az esetben, ha az alapgödör mélysége megköveteli a földmegtámasztást. Elkészülte után, a résfalak közötti területen történő földkitermelés következtében a műtárgy vagy épület alapozását, teherviselő szerkezetét is biztosítja – bizonyos megtámasztási intézkedéseket követően. Vízzárságának magasabb foka esetén víztelenítési eljárásnak is tekinthető. Hátrahorgonyzás vagy előnyomott belső dúcolás esetén a vízszintes mozgások akár a megtámasztott földfal magasságának 1-2 %-ára korlátozhatók. 10 – 15 méter mélységtől kezdve gyakorlatilag ez az egyetlen gazdaságosan alkalmazható alapozási és megtámasztási mód, illetve a kivitelezési idejét tekintve a horgonyzott résfalak igen időtakarékos megoldások.

Talajvizsgálati jelentés

1. Bevezetés

Tárgyi Talajvizsgálati Jelentés a Szent István Egyetem Ybl Miklós Építőmérnöki Intézet Geotechnika Szakcsoport szakdolgozatához készül. Az elfogadott Alapadat Szolgáltatásnak megfelelően elkészítettem az MSZ EN 1997-1 és MSZ EN 1997-2 követelményeinek megfelelő Talajvizsgálati Jelentést.

Szaktevélemlényem tartalmazza a tervezéssel érintett terület alatti altalaj és talajvízviszonyokat, a vázlatos geológiai és hidrogeológiai adottságokat, valamint javaslatomat a tervezett építmény munkagödör kiemelésére, megtámasztására és víztelenítésére vonatkozólag.

Tartalmazza továbbá a földmunkával érintett talajok talajfizikai jellemzőit, melyet táblázatos formában talajnemenként adok meg.

A szaktevélemlény elkészítéséhez felhasználtam a Magyar Állami Földtani Intézet, a VÁTI Építésügyi és Dokumentációs központ, az Építési Geotechnikai Adattár adatait az adott területről valamint Bognár Balázstól kapott geotechnikai dokumentációt.

A tervezett épület 3 pince + földszint + 7 emeletes, illetve egy részén (Bulcsú u. felöli oldalon) pince nélküli földszint + 7 emeletes, monolit vasbeton szerkezetű, használati funkciója alapján irodaház, amely közelítőleg 67*84 m méretű.

A talajvizsgálati jelentés elkészítéséhez az alábbi adatokat állnak rendelkezésemre: alaprajz, helyszínrajz, részletes talajmechanikai adatok, helyszínen készített fúrési szelvények.

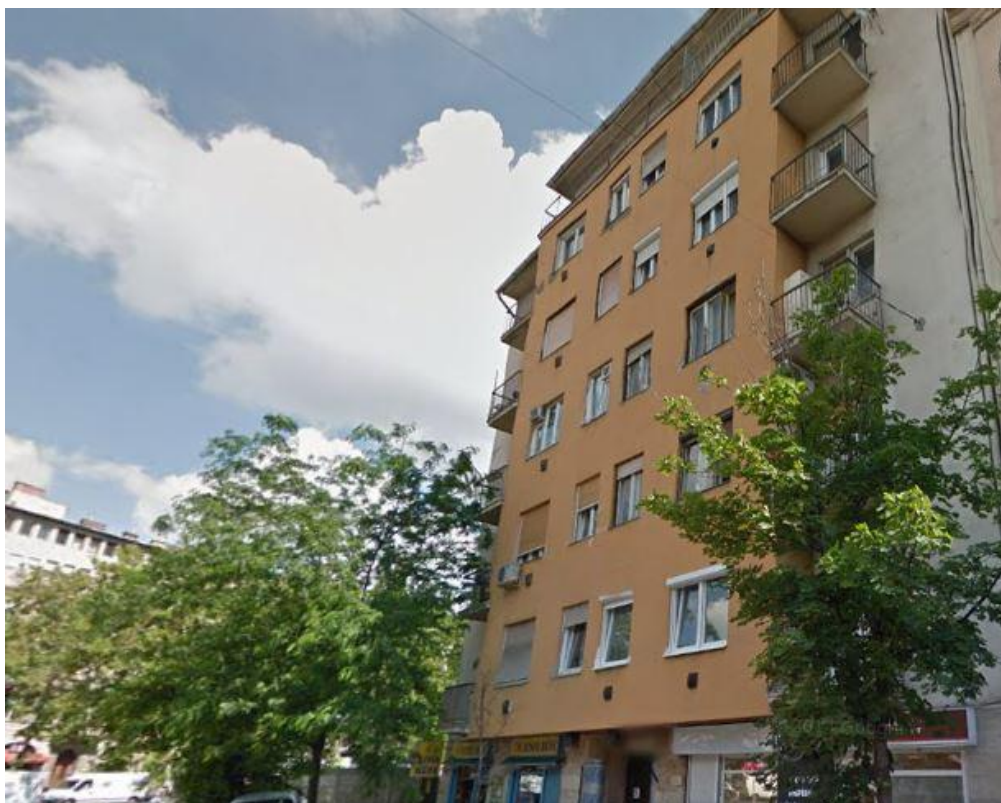
Jelen Talajvizsgálati Jelentés célja, hogy a talajfeltárás és laboratóriumi vizsgálatok alapján meghatározza a tervezési terület geotechnikai adottságait és geotechnikai adatokat adjon az épület alapozásához.

2. A terület általános ismertetése

A következő pontokban a tervezés helyszíne kerül bemutatásra.

2.1. Helyszín leírása

A vizsgált terület Budapest XIII. kerületében, a Váci út - Dévai utca - Kassák Lajos utca - Bulcsú utca által határolt tömbben van, annak a Váci út felőli oldalán. A telken pince+földszint+3 emeletes épület állt, mely elbontásra került. A vizsgált telek udvari részén ~40 cm vastag beton burkolat van. Az udvar alatt nagyméretű tartályok voltak. A vizsgált telek a Dévai u-i oldalon a 90-es években épült Dévai Center épületéhez csatlakozik. Ez három pinceszintes+földszint+8 emeletes épület. A pinceszintek részfalas munkatér határolás mellett épültek. Az építés idején beépített ideiglenes horgonyok a vizsgált telek alá nyúlnak be. A Bulcsú utca felé eső csatlakozó épület pince + földszint +5 emeletes. A Váci út alatt található a 3-as metró nyomvonala. Az átlagos terepszint 105,0 – 106,0 mBf között változik.



8. ábra: Bulcsú utcai szomszédos épület, pince + földszint +5 emelet

(Google Streetview)



9. ábra: Dévai utcai szomszédos épület, Dévai Center, három pinceszint+földszint+8 emelet
(Google Streetview)



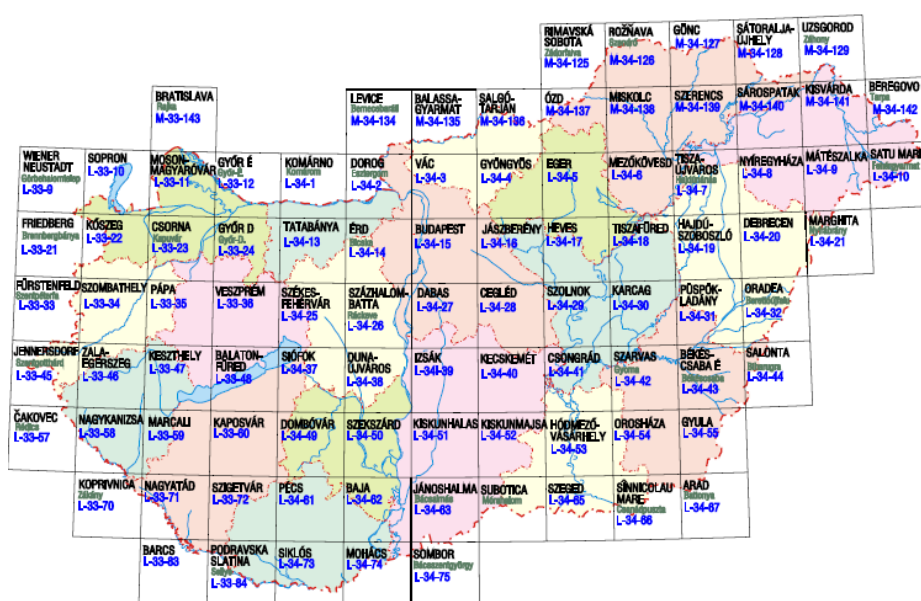
10. ábra: A tervezett terület 2014. májusában
(Google Streetview)

2.2. Morfológia és földtani viszonyok

A geológiai adottságok a tervezési területről gyűjtött adattári leírások, térképek és a részemre kiadott hivatalos, 2010-ben végzett fúrási szelvények alapján készítettem el. A vizsgált terület morfológiailag a Pesti síkság legnyugatibb részén helyezkedik el és ezen belül a Duna régebbi medréhez kapcsolódott. Ezáltal a területen a feltöltés vastagsága 2-5 méter között változik, ami keveredik finomszemcsés ártéri üledékkel. A földtani viszonyok a területen viszonylag ismertek, a rétegződés fentről lefelé:

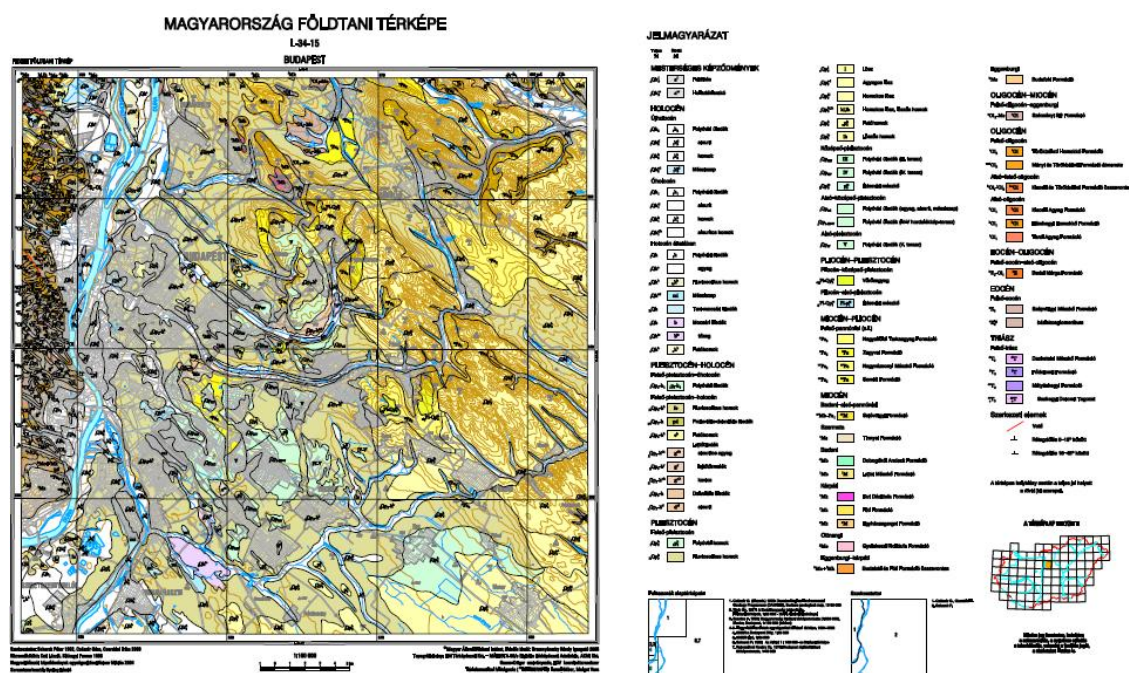
- a felszint 3-5 méter vastag épülettermeléses feltöltés borítja (udvari részen 40 cm vastag betonburkolat)
- az alapozásra alkalmatlan feltöltés alatt, a terepszinttől számított 4-6 méteres mélységig finom homok réteg van.
- alattuk a terület alapkőzetét adó és a terepszint alatt 11-13 méteres mélységben megjelenő oligocén agyagig homok, kavicsos homok, homokos kavicsrétegek vannak, az alapkőzet felett helyenként dm nagyságú görgeteggel.
- 11-13 méteres mélységtől oligocén kiscelli agyag melynek vastagsága több száz méter. Földtanilag vízzárónak tekinthető, egységes, kiváló teherbírású képződmény.

Magyarország áttekintő földtani térképei alapján a vizsgált terület a Budapest L-34-15 területbe tartozik.



11. ábra: Magyarország földtani térképe

(Magyar Mérnöki Kamara)



12. ábra: Budapest földtani rétegződése

(Magyar Mérnöki Kamara)

A tervezési területen az építésföldtani szempontból vett alapképződmény a miocén és kiscelli időszakban halmozódott fel, tengeri üledékként. Ez a képződmény Pest északi részén igen elterjedt. A rendelkezésre álló adatok és előzetes régebben készült feltárások alapján kijelenthető, hogy az alapkőzet kiscelli agyag. Erre az alapkőzetre a Duna a holocén időszakban főleg szemcsés talajokat rakott le, majd záró réteggént ártéri üledéket halmozott fel.

A Duna bal partján összefüggő teraszréteget találunk, amelyben a talajvíz elhelyezkedik. A teraszréteg fekvése átlag 92,0 – 93,0 mBf van. A Duna mentén ~88,0 mBf, míg ez K felé folyamatosan emelkedik. A terasz fedője a Duna mentén 5 – 6 méter körüli, de K felé ez is emelkedik, és egészen elvékonyodik (0,5 m).

2.3. Hidrológiai viszonyok

A fedőréteg anyaga változatos, döntően: *homok, finom homok, iszapos homok* alkotja, de lencsékben és vékony rétegekben – amelyek heterogén településsel kapcsolódnak egymáshoz – *gyengén kötött – kötött rétegek* is előfordulhatnak benne (*iszapos homok, homokos iszap, iszap, agyag*).

A terasz kavics-rétegek döntően *kavicsos homok – homokos kavics* genetikájúak, helyenként tisztán *kavics* is előfordulhat. Ahol némileg megnövekszik a finomabb frakció aránya, ott a vízszintes szivárgási tényező nagysága $\sim 10^{-4}$ m/s körül, míg a többi helyen $3 \cdot 10^{-4} - 8 \cdot 10^{-4}$ m/s között alakul.

A fő áramlási irány a Duna, mint erózióbázis felé történő szivárgás. A Duna galériaként gyűjti magába a talajvizet.

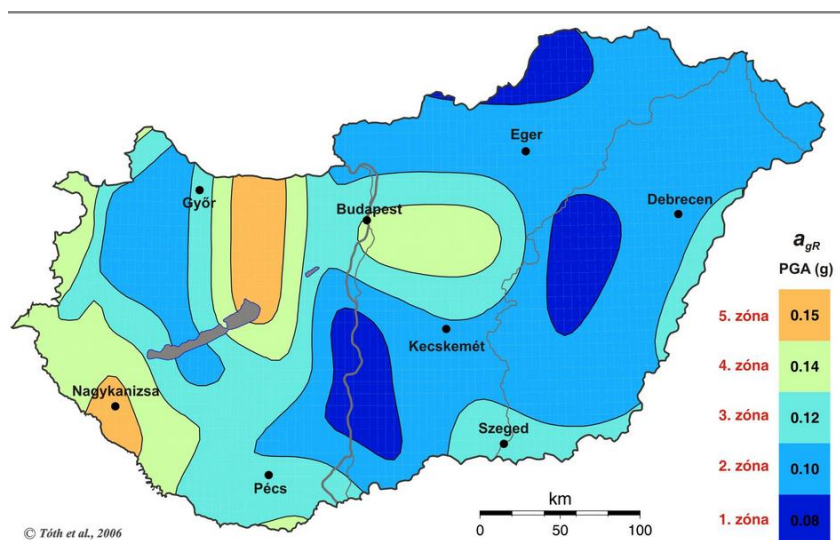
A pesti részen általában elmondható, hogy a talajvíz *nyílt tükrű*, még akkor is, ha vízfelülete a teraszréteg fedőjében húzódik. A teraszréteg feletti fedő elegendő permeabilitással rendelkezik ahhoz, hogy a talajvíz ingadozását ne akadályozza, s így folyamatosan *nyílt tükrű talajvízzel* számolhatunk.

A Duna vízállás változása hatással van a környezetében lévő teraszréteg vízállására is. A fővárosi tapasztalat, a numerikus számítások eredménye és az Altovszkij számítások (gyors és viszonylag egyszerű módszer több kút együttes termelésének jellemzéséhez, amivel becsülhető, hogy ugyanakkora depresszió esetén az egyes kutaknak mekkora lesz a hozama együttes termelés esetén) egyaránt azt mutatják, hogy a Duna eddigi legnagyobb és legtartósabb árvize a főváros teraszában 1 km-re hat el. A parttól 1 km-re tehát a talajvizet a Duna vízállás módosítja. Az épület talajvízben való elhelyezése módosítja a környezetben lévő természetes vízáramlást, mivel a tervezett épület pontosan az áramlás irányára merőlegesen helyezkedik el.

2.4. Tervezési terület szeizmikus adottságai, földrengés érzékenysége

A tervezett épület közepesen tektonizált zóna, mely viszonylagos tektonizáltság ellenére, szeizmicitását tekintve mérsékelten földrengés veszélyes. A földrengés elleni méretezés az MSZ EN 1998-1 területi zónabeosztás alapján végezhető el. Budapest teljes közigazgatási területe a **4. földrengési zónába tartozik**, ahol a maximális horizontális gyorsulás

$$a_{gR}=0,14 \times g, \text{ azaz } a_{gR}=0,14 \times 9,81=1,37 \text{ m/s}^2$$



13. ábra: Magyarország földrengés zónatérképe

(Magyar Mérnöki Kamara)

Helyi talajkategória besorolás a szabvány táblázata alapján: „C” típus. Az átlagos nyíróhullám sebességet erre a talaj típusra $v_{s30}=180-360$ m/s értékek között adja meg a szabvány táblázata.

3. Geotechnikai feltárások és vizsgálatok

3.1. Geotechnikai kategória

Szerkezet geotechnikai osztályba sorolása:

Figyelembe veendő körülmények	Geotechnikai kategóriák		
	GC1	GC2	GC3
Geotechnikai kockázat	Alacsony	Közepes	Nagy
Talaj viszonyok	Van összehasonlítható tapasztalat, nincs feltöltés és erősen kompresszibilis talaj	A talajjellemzők rutinszerű helyszíni és laborvizsgálatokkal meghatározhatók	Bonyolult talajrétegződés, csúszásveszély stb. Részletes vizsgálatok szükségesek
Talajvíz viszonyok	Nincs talajvízszint alatti földkiemelés, vagy egyszerű víztelenítés lehetséges	Nincs kockázata ha a talajvíz lesüllyed vagy felemelkedik	Nagy talajvíznyomás, és különleges talajvíz helyzet, pl. sokrétegű külön-böző áteresztőképességű talaj stb.
Földrengésveszély	Nincs vagy nagyon alacsony kockázatú terület	Közepes és az EC8 használható	Nagy földrengési kockázatú terület
Környezeti hatások	Elhanyagolható a kockázat	Rutin tervezési módszerek alkalmazhatók	Összetett és bonyolult környezetvédelmi tényezők, speciális tervezést igényelnek
Sérülékenység	Alacsony	Közepes	Nagy
Az építmény jellege és mérete	Kicsi és viszonylag egyszerű	Szokásos típusú építmény, nincs különleges kockázat	Nagyon nagy vagy nem szokásos szerkezet, érzékeny szerkezet földrengésveszélyes területen.
Környezet	Elhanyagolható mértékű kockázat a szomszédos építmények szempontjából	Elfogadható mértékű kockázat a szomszédos építmények állagára és a használatára. Pl. cölöpözés és talajkiemelés	Nagy kockázat a szomszédos építmények állagára és a használatára

1. táblázat: A geotechnikai kategóriába sorolás feltételei a geotechnikai kockázat szerint

(Szepesházi Róbert: Geotechnikai tervezés)

Az építmény jellege, a talajkörnyezet, a természeti hatás, a kockázat, a szükséges tervezési és geotechnikai vizsgálati, felügyeleti, megfigyelési igény, valamint az alkalmazandó mélyépítési technológiákat figyelembe véve a tervezett létesítmény az MSZ EN 1997-1:2006 szerint **2. geotechnikai kategóriába, közepes osztályba sorolható** (lásd az 1. táblázatban).

A talajviszonyok alapján a talajjellemzők rutinszerű helyszíni és laborvizsgálatokkal meghatározhatóak. A területen nem helyezkedik el bonyolult rétegződés, ez alatt értem, hogy a rétegződés viszonylag egyenletes.

A talajvíz viszonyoknál nincs kockázata, ha a talajvíz lesüllyed vagy felemelkedik, mivel a szerkezet erre is méretezésre kerül.

A környezeti hatásoknál rutin tervezési módszerek alkalmazhatóak, a területen elhelyezkedő geológiai viszonyok nem igénylik az összetett speciális tervezést.

Az építmény jellege szokásos típusú befoglaló méreteit lásd az Alapadat Szolgáltatásban. A szerkezet belvárosi körülmények között melléépítésként épül. Alapterülete 5628 m², kivitelezése rutinszerű technológiákkal megvalósítható. A szomszédos épület állagára gondos tervezéssel nem lesz kiemelkedő hatással a tervezett épület.

3.2. Geotechnikai feltárások

A területen geotechnikai és geológiai fúrásokat illetve szondázásokat is végeztek, így a talajvizsgálati jelentés készítése során ezek adataira támaszkodtam.

A feltérési tervben az alábbi feltárások készültek:

Fúrások az épület alatti talajrétegződési adottságok megismerésére:

2 helyen 14,0 m talpmélységű fúrás,

1 helyen 13,0 m talpmélységű fúrás, összesen 41,0 fm

Dinamikus szondázás a talajállapot meghatározására:

1 helyen 19,0 m mélységig

1 helyen 15,0 m mélységig, összesen 34,0 fm

Fúrás szám	Magasság mBf	Fúrás mélysége [m]
1	105,63	13,00
2	105,98	14,00
3	106,13	14,00

2. táblázat: A fúrások száma, magassága és mélysége

3.3. Geotechnikai vizsgálatok

A fúrásokból vett zavart talajmintákon laboratóriumban meghatározták a talajvizsgálati jelentés elkészítéséhez szükséges jellemzőket. A talajok osztályozása, elnevezése, jellemzése szemcsés talajoknál szemeloszlás, kötött talajoknál plasztikus index alapján történik az MSZ EN ISO 14688-1:2006; MSZ EN ISO 14688-2:2006 és az MSZ 14043-2:2006 szabványokat alapul véve. Minden mintán meghatározták a víztartalom (w) értékét az MSZE CEN ISO/TS 17892-1:2006 előírásait követve.

A minták szemrevételezése és azonosítása után a rétegsort pontosították és véglegesítették.

A vizsgálatok eredményei a fúrászelvényeken láthatóak (lásd T - 1 és T - 3 rajzi melléklet). A fúrások alapján szerkesztett rétegszelvény a T - 3 rajzon látható.

A következő talajmechanikai jellemzők kerültek meghatározásra:

- réteg mélysége
- térfogatsűrűség
- természetes víztartalom
- folyási határ
- sodrási határ
- plaszticitási index
- konzisztencia index
- belső súrlódási szög
- kohézió
- összenyomódási modulus
- talaj (becsült) határfeszültsége
- szivárgási tényező
- hézag-tényező

3.5. Talajfizikai paraméterek

A területen készített nagy átmérőjű fúrások és dinamikus szondázások alapján a talajviszonyokat a következő pontok szerint adom meg.

3.6. Talajrétegződés

A felszínt 3-5 m vastag épülettörmelékes töltés borítja (udvari részen 40 cm vastag betonburkolat). Az alapozásra alkalmatlan töltés alatt, a terepszinttől számított 4-6 m-es mélységig finom homok réteg van. Alattuk a terület alapkőzetét adó és a terepszint alatt 11-13 m-es mélységben megjelenő oligocén agyagig homok, kavicsos homok - homokos kavicsrétegek vannak, az alapkőzet felett helyenként dm nagyságú görgeteggel.

A talajok talajfizikai jellemzőit a következő táblázatban adom meg:

Talaj megnevezése	Feltöltés	Finom homok	Homok	Kavicsos-homok homokos kavics	Agyag (oligocén alapkőzet)
jеле [mértékegysége]					
Térfogatsűrűség ρ [t/m ³]	1,8	1,8	1,9	1,9-2,0	2,0-2,2
Kavics [%]	-	0,0-2,0	1,0-8,0	13,0-80,0	-
Homok [%]	-	49,0-97,0	88,0-97,0	22,0-85,0	-
Iszap-agyag [%]	-	1,0-10,0	0,0-1,0	0,0-1,0	-
Vízáteresztő képesség k [cm/sec]	-	$1,0-3,0 \times 10^{-3}$	$2,0-3,0 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}-2,0 \times 10^{-1}$	1×10^{-8}
Egyenlőtlenlenségi mutató C_u	-	2,0-5,0	2,0-3,0	2,0-50,0	-
Kohézió c [kN/m ²]	-	0	0	0	100,0-318,0
Súrlódási szög φ [°]	-	22,0-30,0	30,0	32,0-36,0	18,0-25,0
Összenyomódási modulus E_s [MN/m ²]	-	8,0-20,0	30,0	30,0-50,0	20,0-40,0
Természetes víztartalom w_0 [%]	-	-	-	-	13,0-24,0
Folyási határ w_L [%]	-	-	-	-	38,0-61,0
Sodrési határ w_p [%]	-	-	-	-	21,0-27,0
Plasztikus index I_p [%]	-	-	-	-	16,0-35,0
Konzisztencia index I_c	-	-	-	-	1,0-1,7
Hézagtenyező e	-	-	-	-	0,41-0,48

3. táblázat: Talajjellemzők

4. Talajvíz viszonyok

A területen készített nagy átmérőjű fúrások és dinamikus szondázások alapján a talajvíz viszonyokat a következők szerint adom meg:

4.1. Talajvíz

A terület környezetében készített korábbi fúrásokban a nyugalmi talajvíz a ~101,5 mBf szint környezetében jelentkezett. Jelen munka keretében készített fúrásokban a nyugalmi talajvízszint a 100,15 - 100,45 mBf szintek között jelentkezett. A Budapest Építéshidrológiai Atlasza alapján a területen a maximális talajvíz szintet a 102,00 mBf szinten, míg a mértékadó talajvízszintet a **102,50 mBf** szinten adták meg. A területen a talajvíz vegyvizsgálati eredmények alapján a talajvíz nem agresszív, ezért a talajvízzel érintkező beton és vasbeton szerkezetek talajvíz agresszivitás elleni védelme nem szükséges.

4.2. Visszaduzzasztás meghatározása

Ez a számítás azon alapszik, hogy meghatározzuk az eredeti állapothoz tartozó hidraulikus gradienst, valamint a különböző talajrétegeket együttesen jellemző szivárgási tényezőt, melyekből számítható a résfal helyén átszivárgó vízmennyiség. Ez után meghatározzuk, hogy a megépült résfal hogy változtatja meg a szivárgás útját, és ebből kiszámolható, hogy a résfal hatására mennyire növekszik meg a vízszint.

Hidraulikus gradiens:

$$i=h/L=(102,50-101,05)/750=0,001933$$

Súlyozott szivárgási tényező számítása:

$$k=2,0 \times 10^{-3} \times 5 + 2,5 \times 10^{-2} \times 12,0 + 10^{-8} \times 6,0 / (5,0 + 12,0 + 6,0)$$

$$k=0,01347 \text{ m/sec} = 1163,8 \text{ m/nap}$$

Résfal hosszúsága: 60 m

A résfal helyén elszivárgott vízmennyiség:

$$Q=k \times i \times H \times L = 0,001933 \times 1163,8 \times 60 \times 15,0 = 2024,66 \text{ m}^3/\text{nap}$$

A megnövekedett szivárgási úthosszhoz tartozó hidraulikus gradiens:

$$i=h/L=(102,50-101,05)/(750+30)=0,001859$$

A megnövekedett vízoszlop magassága:

$H=Q/(k \times i \times L)=2024,66/(1163,8 \times 0,001859 \times 750)=1,24$ m, jó becsléssel ennyivel emelkedik meg a résfal középső részén a vízmagasság, ami mértékadó határon belül van.

5. Összefoglalás

A következőkben összefoglalom a Talajvizsgálati Jelentés részleteit.

5.1. Javaslat

Jelen munka keretében végzett talajmechanikai vizsgálat és a korábbi talajmechanikai adatok vizsgálata alapján a következő megállapításokat és javaslatokat teszem:

A tervezett épület megépítésének talajmechanikai akadályja nincs. A felszint borító feltöltéses és finom homok rétegek alatt alapozásra alkalmas jó teherbírású rétegek vannak.

A területen a maximális talajvízszint a 102,0 mBf, míg a mértékadó talajvízszint a 102,50 mBf szinten van. A talajvíz vegyvizsgálati eredmények alapján a talajvíz nem agresszív, ezért a talajvízzel érintkező beton és vasbeton szerkezetek talajvíz agresszivitás elleni védelme nem szükséges.

A vizsgált területen az udvarszint alatt nagyméretű tartályokkal, ill. a Dévai Center építése közben készített meglévő (feltehetően tehermentesített) horgonyokkal kell számolni.

A munkagödör körülzárása, megtámasztása valószínűleg egysoros résfal kihorgonyzással, ill. dúcolással szükséges. A telek Váci út felőli résfalas munkatér-határolás kihorgonyzása csak a 3-as metró nyomvonal és szelvény ill. védelmi zóna ismeretében tervezhető.

- Munkagödör körülzárás, szomszédos épületek állékonyságának biztosítása.

A három pinceszintes épületrész munkagödör körülzárást javasoljuk az altalajba befogott vb résfallal (60-65 cm vtg.) megtervezni és megépíteni.

Előzetes számításaim alapján a résfalat egy sorban kell kihorgonyozni, vagy dúcolni. A résfal alapozási síkját az adott talajviszonyok mellett nem csak statikai, hanem a munkagödör vízzárását is biztosító szerkezet figyelembevételével kell meghatározni (várható réstalp sík :- 15,0 m-rel, -3 ppv: -10,10 m-rel figyelembe vételével).

A kihorgonyzott, vagy dúcolt résfal ideiglenes állapotban (pinceszintek megépítéséig) biztosítja a munkagödör megtámasztását illetve a szomszédos épületek állékonyságát.

- A horgonyok illetve dúcok ideiglenes szerkezetek.

Végleges állapotban az ideiglenes horgony illetve dúc szerkezeteket a pinceszintek vb. födémei (végleges állapot oldal megtámasztás) váltják ki.

A Dévai Center felőli oldalon a réselés során a korábban nagy valószínűséggel bent hagyott (feltételezhetően feszültségmentesített) horgonyokkal, ill. azok bontásával számolni kell. A Váci út felé eső esetleges horgonyzás esetén a 3-as metró adatait (nyomvonal, űrszelvény, stb.) be kell szerezni.

5.2. Víztelenítés

A vízzáró résfal esetén az alsó közel vízzáró alapkőzet és a vízzáró résfal biztosítja a munkagödör vízzáró körülhatárolását. Így a munkagödör építés közbeni víztelenítése nyílt víztartással (kutak mélyítése mellett) megoldható.

A várható becsült napi vízmennyiség (résfalon és az alsó közel vízzáró agyagon átszivárgó víz) kb. 30 m³/nap.

Az alaplemez alatti vizek gyűjtésére kúlékavics bordákkal ellátott szivárgó paplan építését javaslom.

5.3. Szigetelés

A kapott diszpozíciós adatok alapján, az épület pinceszintjei garázsszintek, melyeknél nincs teljes szárazsági követelmény. Ezért az épület függőleges szigetelését javaslom a mértékadó talajvízszintig magával a munkagödör körülzárási szerkezettel megoldani: vízzáró résfal, felületszivárgó, belső vasbeton bélésű vízzáró fal.

Az épület vízszintes szigetelését magával az alaplemezzel javaslom vízzáróan kialakítani. Itt meg kell jegyezni, hogy a végleges állapotban is szükséges víztelenítés miatt, lényeges víznyomás az alaplemezre nem hat.

5.4. Geotechnikai helyszínrajz, rétegszelvények

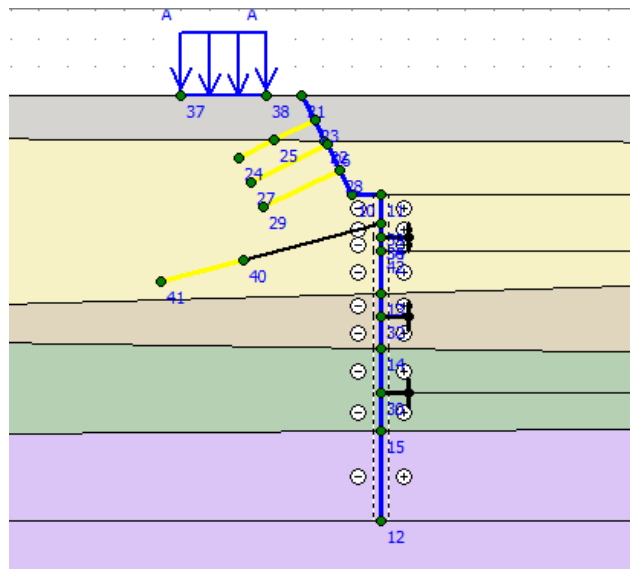
A geotechnikai helyszínrajz, rétegszelvény a rajzi mellékletben található.

Horgonyzott résfalszerkezet tervezés

1. Feladat ismertetése

Feladatom egy vasbeton vázas épület pincetömbjét körítő horgonyzott résfalszerkezet tervezése. Az épület 3 pinceszinttel épül, ami 10-11 m mély munkagödör kiemelését teszi szükségessé. A résfal csak munkatér-határolásként szolgál, azaz viseli a külső oldali föld- és víznyomást valamint az alsó agyagrétegbe bekötve kizárja a munkagödörből a talajvizet, de nem vesz részt az épület alapozásában, így nem visel függőleges terheket.

A résfal 60 cm vastag, építési állapotában egy talajhorgonysorral lesz megtámasztva, a pincetömb beépülte után pedig a vasbeton födémek ill. alaplemez támasztják ki. A pincetömb alatt a szárazsági követelmények miatt az épület teljes élettartamán át víztelenítik a gödört, így a résfal mind az építési, mind a végállapotban viseli a külső oldali föld- és víznyomást. A résfal felső síkja -3,50 m, talpszintje -15,00 m, a tetején vasbeton fejgerenda fogja össze a réstáblákat. A horgonyok döfősszintje -4,50m, teljes hosszuk 8,00 m, injektált (befogási) hosszuk 3,00 m, hajlásuk 15°, alaprajzi kiosztásuk 3,25 m-enkénti, az erőátadó elem acél feszítőkábel.



14. ábra: A résfal modell jellemző keresztmetszete

A szakdolgozatomban a résfalszerkezetnek csak egy metszetét vizsgálom, a valóságban analóg módon minden jellemző metszetet vizsgálni kellene a terület mentén, a változó talajrétegződésnek, mélységnek ill. terheknek megfelelően. A szerkezet tervezését számítással végzem, az EC7 szerinti parciális tényezők figyelembevételével biztosítva a megfelelő biztonságot. Emellett adottnak tekintem a megfelelő építési minőségbiztosítást és az elkészült szerkezet állagmegóvó fenntartását, valamint a szükséges megelőző intézkedéseket (tűz, korrózió stb.) is, amelyek egyidejű megléte szintén feltétele a megfelelő biztonságnak. A feladatban nem tértem ki a résfal és horgonyszár méretfelvételére, ezeket adottnak vettem a szükséges számítások végrehajtásához. A réselési munkák elvégzéséhez a résfaltól egy 1m-es sík sáv lesz kialakítva, ami egy 63°-os hajlású tolkrétozott rézsűben folytatódik egészen a terepszintig.

2. Kiindulási adatok

A kiindulási adatok felsorolása, összegzése.

2.1. Alkalmazott szabványok, szoftverek

A tervezést az Eurocode alapján végeztem el. A méretezést kézi számítással végeztem. Ellenőrzés céljából Plaxis programot használtam. Felhasznált szabványok:

- MSZ EN 206-1 Betonok (és korrózióvédelem)
- MSZ EN 10080 Betonacél (általános követelmények)
- MSZ EN 1990 A tervezés alapjai
- MSZ EN 1991-1 Terhek, hatások – általános hatások
- MSZ EN 1991-2 Terhek, hatások – hidak terhei
- MSZ EN 1992-1 Vasbetonszerkezetek tervezése, általános szabályok
- MSZ EN 1997-1 Geotechnikai tervezés, általános szabályok
- MSZ EN 1997-2 Geotechnikai tervezés, laboratóriumi vizsgálatok alapján
- MSZ EN 1997-3 Geotechnikai tervezés, terepi vizsgálatok alapján
- MSZ EN 1998-1 Tervezés földrengésre, általános szabályok
- MSZ EN 1998-5 Tervezés földrengésre, alapozás és geotechnikai szempontok
- MSZ EN 1538 Résfalépítési előírások (kivitelezés)
- MSZ EN 1537 Talajhorgony építési előírások (kivitelezés)

2.2. Szerkezet osztályba sorolása

- MSZ EN 1990 szerint: CC2 kárhányad osztály (közepes) – RC2 megbízhatósági osztály. A tervellenőrzést a DL2 osztály szerint kell végrehajtani, a helyszíni ellenőrzés az IL2 osztály előírásai szerint.
- MSZ EN 1997-1 szerint: 2. geotechnikai kategória (közepes).
- MSZ EN 1998-1 szerint: II. fontossági osztály (közepes épület).
- A szerkezet tervezési élettartama $T_{LR} = 50$ év.

2.3. Talajadottságok, talajfizikai jellemzők figyelembevétele

Alább a talaj adottságaival, fizikai paraméterükkel foglalkozom.

2.3.1. Jellemző szintek felvétele

A talaj rétegződése egyenletes, közel vízszintes. A számítandó keresztmetszet a Talajvizsgáló Jelentés 1F. fűrásánál található, így az ottani talaj réteghatár szinteket veszem figyelembe.

2.3.2. Talajfizikai jellemzők felvétele

Az egyes rétegek talajfizikai jellemzőinek karakterisztikus értékeire lesz szükségem a számításokhoz. A karakterisztikus érték felvételét Schneider ajánlása szerint az átlagértékhez képest fél szórással eltérítve számítom. Mivel statisztikai adatok nem állnak rendelkezésemre, az átlagértéket a Talajvizsgáló Jelentésben megadott tartomány középértékére veszem fel.

2.3.3. Talajvíz agresszivitás figyelembe vétele

A területen a talajvíz vegyvizsgáló eredmények alapján nem agresszív, ezért a talajvízzel érintkező beton és vasbeton szerkezetek talajvíz agresszivitás elleni védelme nem szükséges.

2.3.4. Földrengés jellemzők figyelembe vétele

A területre jellemző földrengési paraméterek az MSZ EN 1998-1 szerint:

- Maximális vízszintes referencia gyorsulás $a_{gR} = 0,14g$ (Budapest területe), figyelembeveendő átlagos értéke a MK Tartószerkezeti Tagozat állásfoglalása szerint $\beta_{cs} = 0,7$ -szeres.
- Az épület fontossága II. osztályú, így $\gamma_1 = 1,0$.
- A figyelembe veendő vízszintes gyorsulás végeredményében $a_g = \beta_{cs} \cdot \gamma_1 \cdot a_{gR} \approx 0,1g$
- A környező felszín közel sík és az épület fontossági tényezője (γ_1) sem nagyobb 1,0-nél így topográfiai növelő tényezőt nem kell alkalmaznunk.
- A talajkategória besorolás „C” osztályú. Ez alapján a talajra jellemző tényező $S = 1,15$.
- A részletek mellőzése mellett megállapíthatjuk, hogy a talajszelvény adottságai olyanok, hogy a talaj megfolyósodással számolnunk nem kell (MSZ EN 1998-5).
- A talajok közül a homokos kavics és a kavicsos homok rétegekben a vízáteresztő képesség $k \approx 2 \cdot 10^{-2} - 2 \cdot 10^{-1} \text{ cm/sec}$. A talajok akkor tekinthetők dinamikailag vízzárónak, azaz olyanoknak, amiben a földrengés nyomán nem keletkezik dinamikus víznyomás többlet, ha $k < 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$, azaz ezekben a rétegekben ezt is figyelembe kell vennünk.

2.4. Felhasználandó anyagok, anyagjellemzők

Az anyagok határfeszültségei és „E” modulusai a vonatkozó EC (MSZ EN) szabvány szerint. Betonminőség az MSZ EN 206-1 szerint. Talajvíz agresszivitás: XC1

• Részfal beton	C30/37-XC1-32-F5	$f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$ $E_{cm} = 30 \text{ kN/mm}^2$	$f_{cd} = 13,3 \text{ N/mm}^2$
	<i>C20/25-ként figyelembe véve!</i>		
• Betonacél	B500 (B 60.50)	$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$ $E_s = 200 \text{ kN/mm}^2$	$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$ $\alpha = 2,0$
• Betonfedés	részfalnál kengyelen	7,0 cm (névleges méretre)	
• Feszítő kábel	Fp 139 / 1770	$f_{p0,1k} = 1,580 \text{ N/mm}^2$ $E_p = 195 \text{ kN/mm}^2$	$f_{pd} = 1,370 \text{ N/mm}^2$

3. Számítások alapvető szempontjai

A következőkben a számítások alapvető szempontjait járom körül.

3.1. Figyelembeveendő tervezési állapotok és határállapotok

Az előtervezés illetve tapasztalatok alapján kialakított geometriájú horgonyzott részfal szerkezetre minden lehetséges tervezési állapotban meg kell felelnie az összes határállapotra és ezt igazolni kell. Ezek esetében az alábbiak:

Tervezési állapotok

Ideiglenes – építési állapotok

- Alapállapot
- Földkiemelés lavír síkig
- Földkiemelés horgonyzási munkaszintig
- Beépült horgony
- Teljes földkiemelés (horgony működik)

Tartós – végállapot

- Részfalat földemek támasztják

Határállapotok

Teherbírási határállapotok – ULS

STR – szerkezeti törési határállapotok

- STR – Részfaltörés

- STR - Résfal átszúródás horgonyfejnél
- STR - Horgonyszár szakadás

GEO – talajtörés határállapotok

- Résfal befogási talajjellenállás kimerülés
- Horgony befogási talajjellenállás kimerülés
- Belső stabilitás vesztes
- Külső stabilitás vesztes

HYD – hidraulikus talajtörés**Használhatósági határállapotok – SLS**

- Alakváltozás
- Repedéstágasság

3.2. Számítási módszer, alkalmazott szoftverek

A szakdolgozatomban szereplő szerkezet esetén a számításokat a mai kor színvonalán nem lehet elvégezni hagyományos, un. „kézi módszerekkel”. Azok használata becsléshez, előtervezéshez illetve közelítő ellenőrzéshez hasznos, de tervezéshez nem elegendő.

A jelentősebb földmunkával járó munkagödör határolások állékonyságát ma már általában számítógépes programokkal vizsgáljuk. Ilyenkor nem csak az eredeti feladatot oldjuk meg, hanem egy modellen el is végezzük számításokat. Ma már elengedhetetlen a valóság minél jobb közelítése a gyorsaság és a gazdaságossági szempontok miatt, amelyet a bemenő adatok pontosságával és a megfelelő paraméterek alkalmazásával tudunk biztosítani. Paraméteranalízis vizsgálatával képet kaphatunk az egyes értékek változtatásának hatásáról.

A számításmód a végeselemes síkbeli tárcsamodell (FEM 2D szoftver Plaxis) alkalmazása, különösen mélyebb illetve többsoros megtámasztású szerkezeteknél. A földnyomás itt a FEM analízisből származik, mód van többféle talajmodell (Mohr-Coulomb, Hardening Soil) felhasználására is, amivel kezelhető az elsődleges terhelés illetve dekompresszió és újratérhelés reális – nem azonos elmozdulású – viselkedésének figyelembevétele. Az egymás utáni tervezési állapotoknál az időbeli folyamatokat is követhetjük a talajok drénezett illetve drénezetlen állapotának és a konszolidációnak a figyelembevételével, ami főleg az agyagtalajok rövid idejű, nagy terhelésű állapotainál jelent komoly előnyt. Ez a módszer az egész talajtömb alakváltozásával számol (nem csak a résfaléval), így nagy görödmélységeknél is reálisabb elmozdulásokat adhat. Alkalmazásának nehézsége a nagyobb számú bemenő paraméter.

3.3. Igénybevételek és alakváltozások számítási módszere

Az egyes határállapotokra való ellenőrzéshez ki kell számítanom a különböző tervezési állapotokban keletkező igénybevételeket. Ezek számítását az egymást követő tervezési

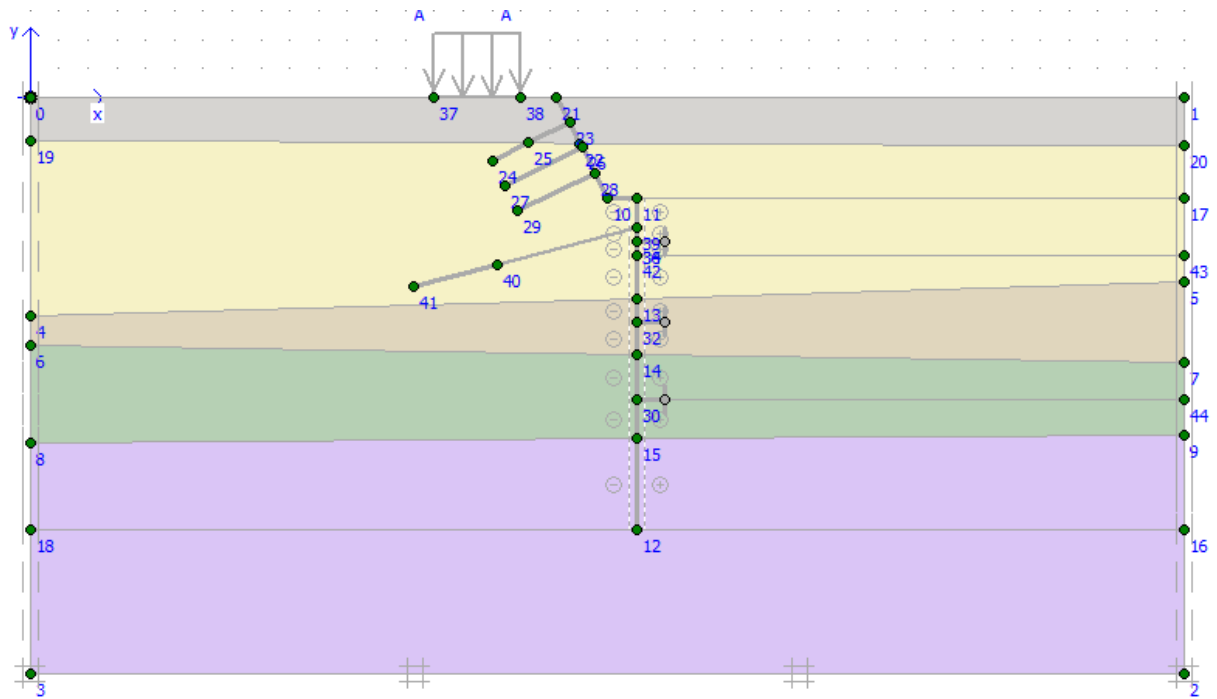
állapotok sorrendjében, az előző alakváltozási és földnyomás állapotot mint kiindulási helyzetet figyelembe véve kell elvégezni a Plaxis szoftver segítségével.

Két fajta talajmodellt alkalmaztam melyek segítségével össze tudom hasonlítani az elmozdulásokat, nyomatéki változásokat, felszíni süllyedéseket.

A **Mohr-Coulomb modell** „elsőrendű” közelítést jelent a talajmodelleknél. Mivel a modell konstans merevséggel rendelkezik, a számítás nagyon gyors és állékonyságvizsgálatnál pontos. Alkalmazásához a modell öt paraméterének (összenyomódási modulus; Poisson tényező; belső súrlódási szög; kohézió; dilatációs szög) és a talaj kezdeti feszültségállapotának ismerete szükséges. Ez a modell tökéletesen rugalmas-képlékeny, vagyis a nyírószilárdsága kimerüléséig rugalmasan, attól kezdve képlékenyen viselkedik. A paraméterek triaxiális kísérletből határozhatók meg. A rugalmassági modulus (E) meghatározására a talajoknál általában a teherbírás 50%-ához tartozó E_{50} húrmodulus használata javasolható, az E_0 kezdeti érintőmodulus csak akkor, ha a teherbírást igen kis mértékben használjuk ki (pl. dinamikus vizsgálatok).

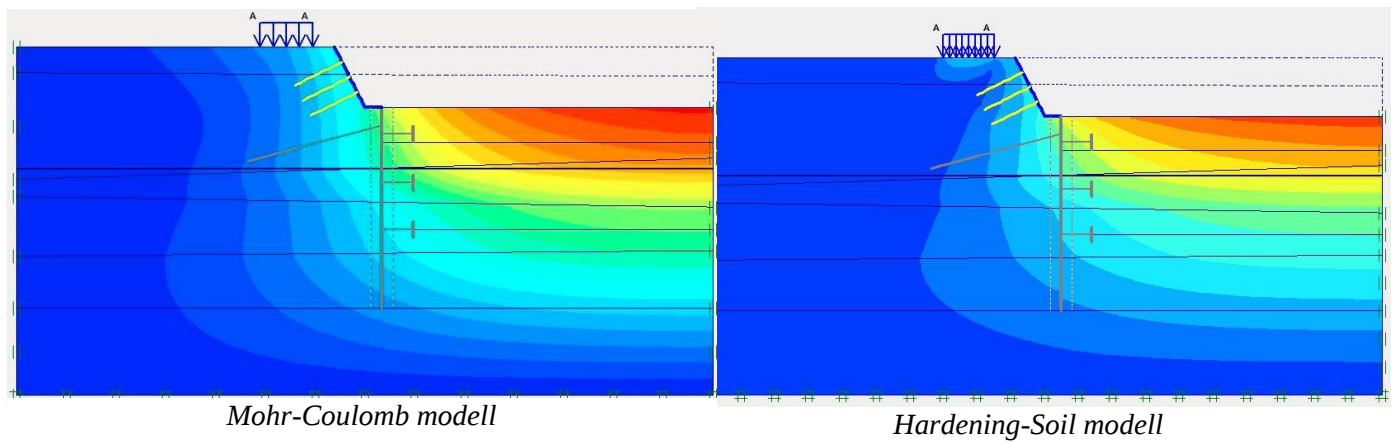
A **felkeményedő talajmodellnél** (Hardening-Soil) az elsődleges terhelések hatására egyszerre keletkeznek rugalmas (tehermentesítéskor visszanyerhető) és képlékeny (nem visszanyerhető) alakváltozások. A talaj leírására felhasználja a tehermentesítési-újratelhelési merevséget és az összenyomódási modulus is. Figyelembe veszi a feszültségek talajmerevségre gyakorolt hatását. E modell alaptulajdonsága a modulusok feszültségfüggése, a σ_3 növekedésének hatására történő felkeményedés, amelyről a nevét is kapta. A másik alaptulajdonság a triaxiális kísérlet alapján a hiperbolikus összefüggés a függőleges fajlagos deformáció (ϵ_1) és a deviátorfeszültség ($\sigma_1 - \sigma_3$) között. Itt tehermentesítési-újratelhelési modulussal (E_{ur}) is számolunk. A modell alkalmazásakor triaxiális kísérlettel határozható meg a rugalmassági modulus értéke, míg az összenyomódási modulus a kompressziós kísérlet eredményei szolgáltatták. Az alap paraméterek a következők: E_{50}^{ref} : a húrmodulus alapértéke drénezett triaxiális kísérletből; E_{oed}^{ref} : az összenyomódási modulus alapértéke kompressziós kísérletből; E_{ur}^{ref} : tehermentesítési-újratelhelési modulus; ν_{ur} : rugalmas tehermentesítés-újratelheléshez tartozó Poisson-tényező; m : a feszültség-merevség függvény kitevője.

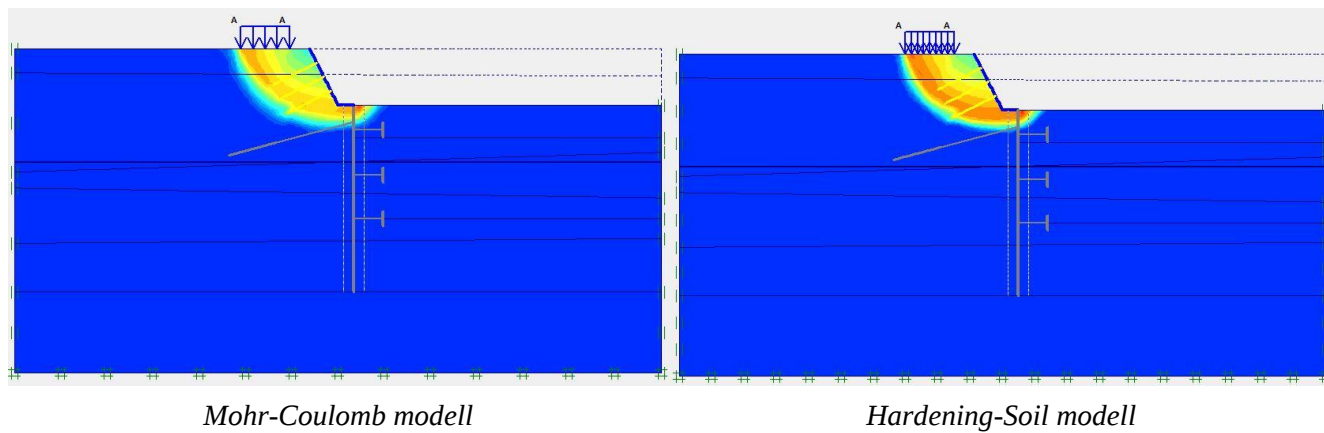
A következőkben a Plaxis-ból kinyert képek segítségével bemutatom az építési fázisokat, az ott keletkezett felszíni süllyedéseket, alakváltozásokat, igénybevételeket.



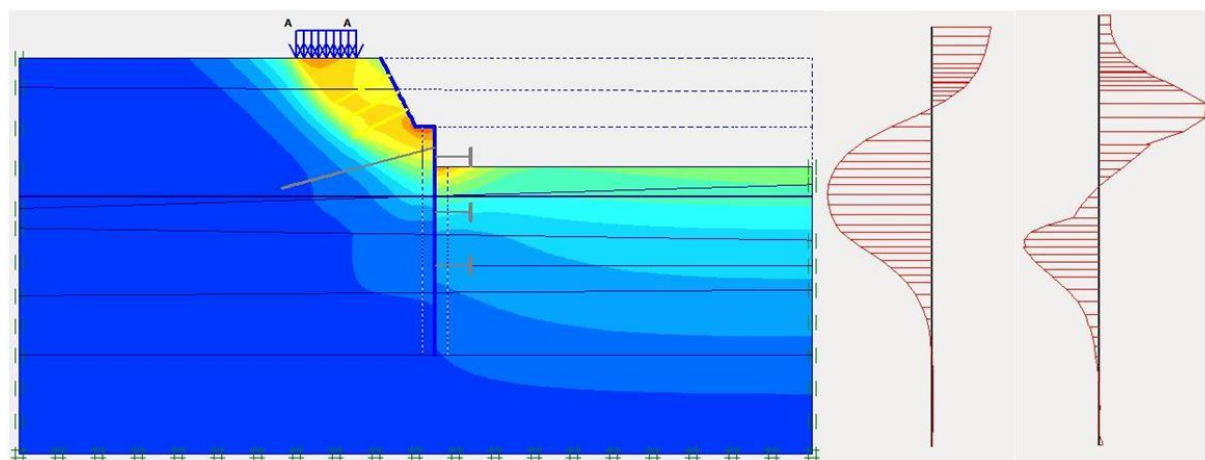
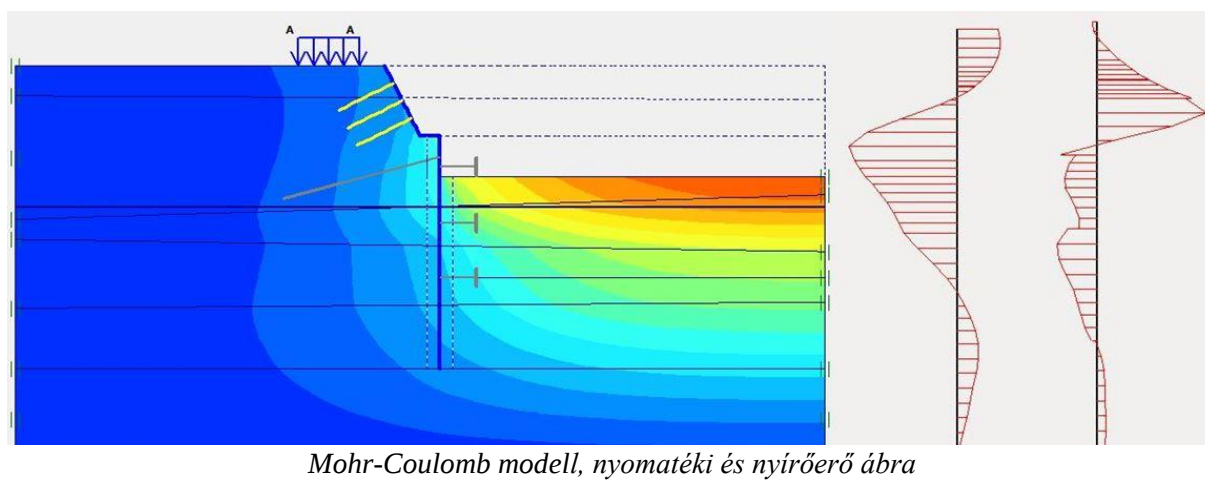
15. ábra: Kiindulási alapállapot mind a Mohr-Coulomb mind a Hardening-Soil modellhez

1. fázis: földkiemelésé lavírsíkgig, talajszegek elhelyezése

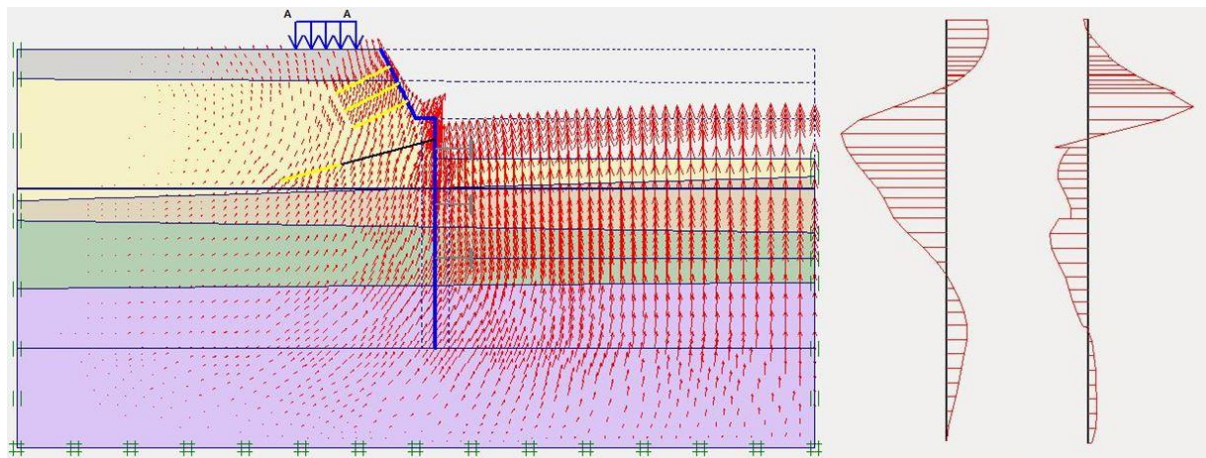


2. fázis: lavírsík állékonyság ellenőrzése ϕ/c redukcióval

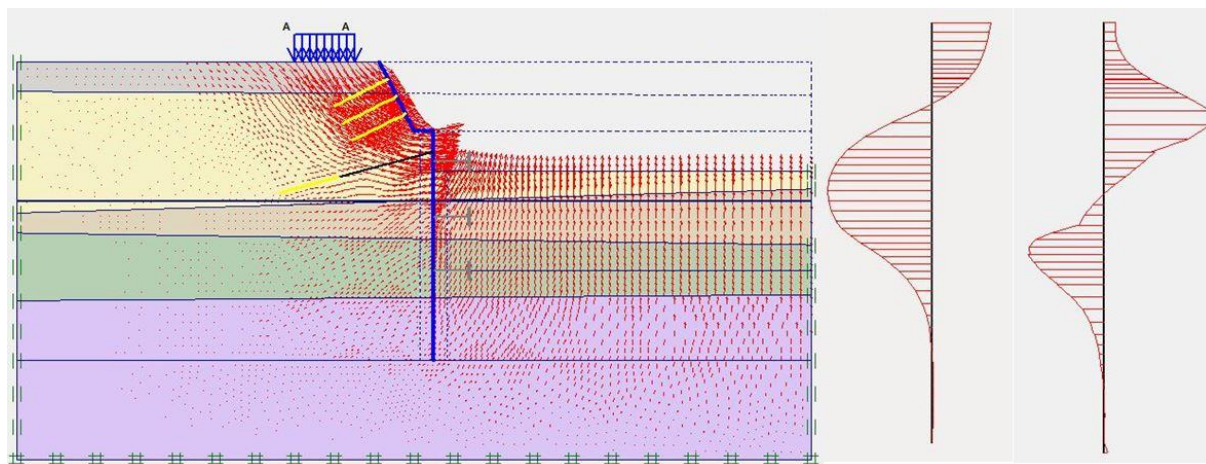
3. fázis: földkiemelés horgonyzásig, résfal elhelyezése



4. fázis: horgony elhelyezése

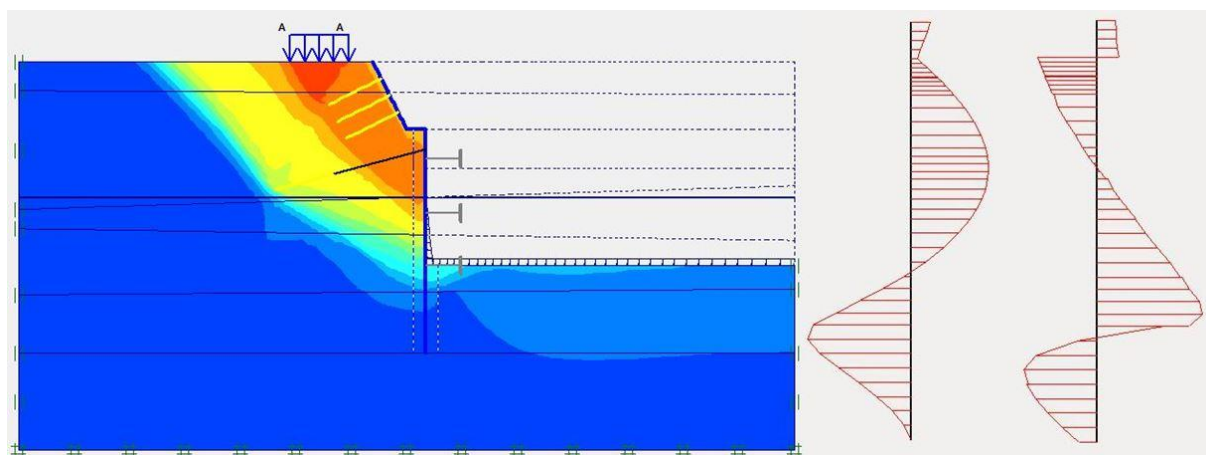


Mohr-Coulomb modell, nyomatéki és nyírőerő ábra

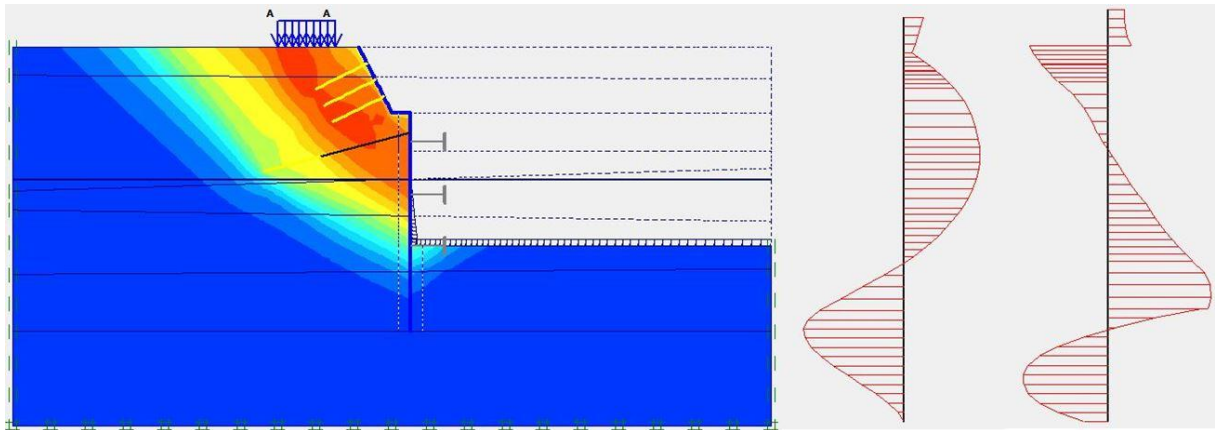


Hardening-Soil modell, nyomatéki és nyírőerő ábra

5. fázis: földkiemelés alapozási síkig

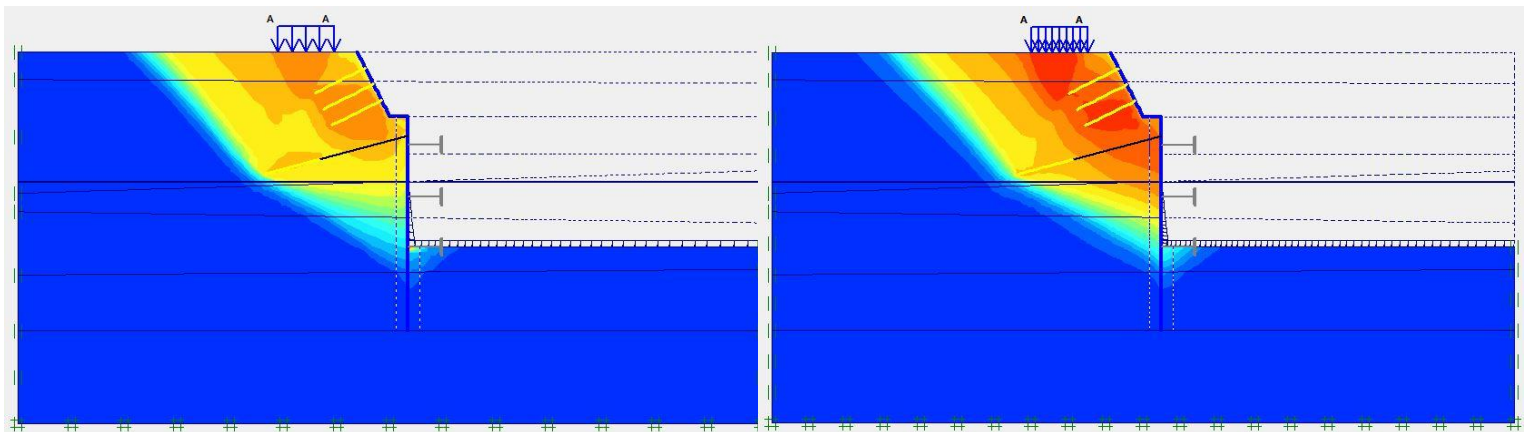


Mohr-Coulomb modell, nyomatéki és nyírőerő ábra



Hardening-Soil modell, nyomatóki és nyírőerő ábra

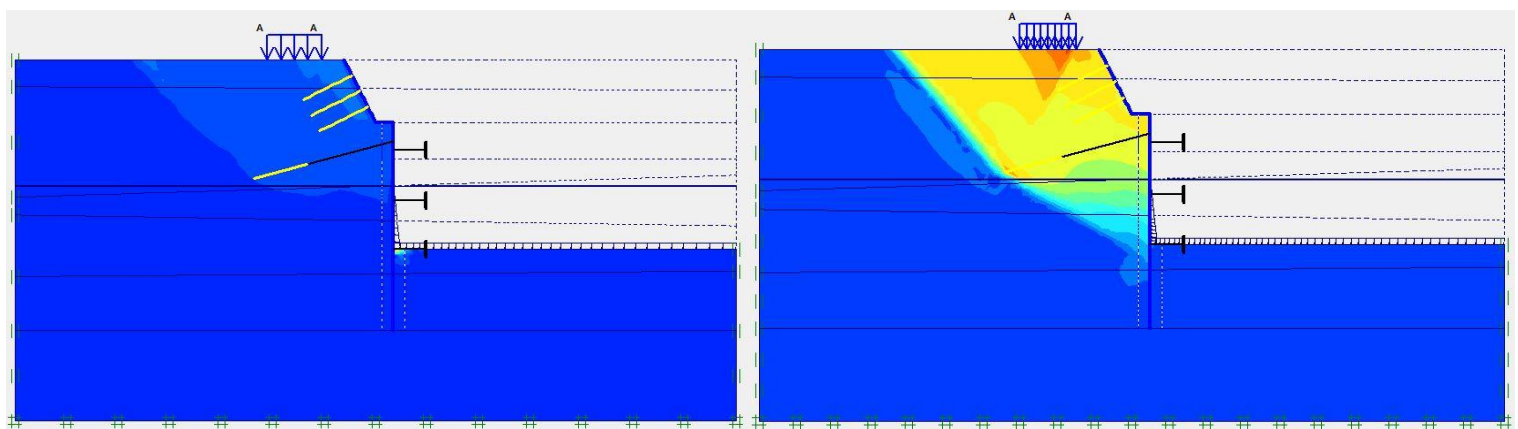
6. fázis: második állékonyság ellenőrzése ϕ/c redukcióval



Mohr-Coulomb modell

Hardening-Soil modell

7. fázis: földmentámaszok elhelyezése



Mohr-Coulomb modell

Hardening-Soil modell

Az alábbiakban táblázatos formában bemutatom, hogy milyen különböző süllyedési értékeket kaphatunk, hogy ha Mohr-Coulomb vagy Hardening-Soil talajmodellt használunk a vizsgálandó területre.

Két helyen figyeltem meg a különböző süllyedések mértékét, a lavírsík felső sarokpontján, illetve a résfal tetején (lavírsík alsó síkján).

Építési fázisok	Lavírsík felső pontjának süllyedése [m]	
	Mohr-Coulomb	Hardening-Soil
<i>Alapállapot</i>	0	0
<i>Földkiemelése lavírsíkiig, talajszeggek elhelyezése</i>	0,014	0,003
<i>Földkiemelés horgonyzásig, résfal elhelyezése</i>	0,011	0,019
<i>Horgony elhelyezése</i>	0,011	0,019
<i>Földkiemelés alapozási síkiig</i>	0,075	0,073
<i>Födém támaszok elhelyezése</i>	0	0,001

4. táblázat: Lavírsík felső pontjának süllyedés értékei Mohr-Coulomb és Hardening-Soil talajmodell vizsgálatával

Építési fázisok	Résfal felső pontjának süllyedése [m]	
	Mohr-Coulomb	Hardening-Soil
<i>Alapállapot</i>	0	0
<i>Földkiemelése lavírsíkiig, talajszeggek elhelyezése</i>	0,023	0,008
<i>Földkiemelés horgonyzásig, résfal elhelyezése</i>	0,027	0,03
<i>Horgony elhelyezése</i>	0,027	0,03
<i>Földkiemelés alapozási síkiig</i>	0,084	0,095
<i>Födém támaszok elhelyezése</i>	0	0,001

5. táblázat: Résfal felső pontjának süllyedés értékei Mohr-Coulomb és Hardening-Soil talajmodell vizsgálatával

4. Igénybevételek és alakváltozások számítása

A szakdolgozatomban a számítást egy jellemző résfal keresztmetszetre végeztem el. A Plaxis szoftver számításai alapján a Hardening-Soil talajmodellt fogom alkalmazni, ami pontosabb eredményekkel szolgál.

4.1. Karakterisztikus igénybevételek és elmozdulások számítása

Az egyes, egymást követő tervezési állapotokban sorban elvégeztem a karakterisztikus igénybevételek számítását. A soron következő állapotnál a számítás mindig az előző állapot elmozdulási és ennek megfelelő földnyomási adataiból indul ki.

5. Határállapotok ellenőrzése

5.1. Kézi számítás

5.1.1. Kihorgonyzott rugalmas befogású szádfal számítása

Ezen megoldás egyetlen hátránya, hogy nagyobb beverési mélységet igényel, de előnyei miatt, a kisebb nyomatéki igénybevétel és a nagy igénybevételi tartalékok miatt gazdaságos.

Ezen eljárás lényege, hogy a statikailag határozatlan törzstartót a nulla nyomatéki pontban elvágva két olyan tartót kapunk, melyek egy anyagi folytonosságot biztosító R erővel kiegészítve számolhatók. A nulla nyomatéki hely az ilyen tartókban a befogás mögött $-0,1H$.

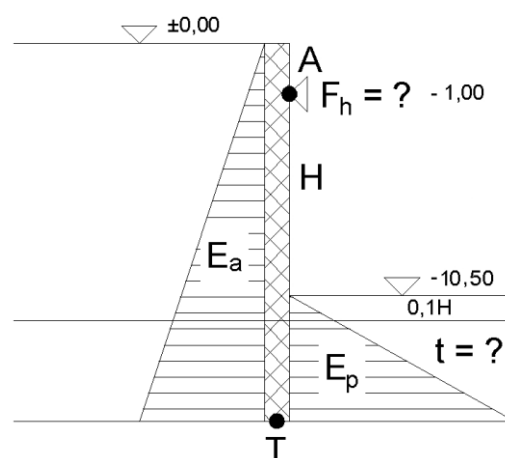
Alap adatok

Peremfeltételek:

- homogén talajszerkezet
- talajvízzel nem számolunk
- munkatér mélysége $H = -10,50$ m
- „A” jelű támasz mélysége $h = -1,00$ m

Számítandó adatok:

- beverési mélység (t)
- mértékadó nyomaték ($M_{\max}$)
- mértékadó horgonyerő (F_h)



16. ábra: A feladat vázlata

Aktív földnyomás számítása:

$$\begin{aligned}\sigma_z &= (H + 0,1H) * \rho * g = 242,55 \text{ [kN/m}^2\text{]} \\ K_a &= \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2) = 0,464 \\ \sigma_{xa} &= K_a * \sigma_z * - (2c * \sqrt{K_a}) = 112,54 \text{ [kN/m}^2\text{]} \\ E_a &= [\sigma_{xa} * (H + 0,1H)] / 2 = 649,92 \text{ [kN/fm]}\end{aligned}$$

Passzív földnyomás számítása:

$$\begin{aligned}\sigma_z &= 0,1H * \rho * g = 22,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \\ K_p &= \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi/2) = 2,15 \\ \sigma_{xp} &= K_a * \sigma_z * + (2c * \sqrt{K_a}) = 48,37 \text{ [kN/m}^2\text{]} \\ E_p &= [\sigma_{xp} * 0,1H] / 2 = 25,39 \text{ [kN/fm]}\end{aligned}$$

Nyomaték az „A” pontra („R” érték keresése):

$$\Sigma M_A = - E_a * [(H + 0,1H) * 2/3] + E_p * [(0,1H * 2/3) + H - 1] + R * (H + 0,1H - 1) = 0,00$$

$$R = 449,8 \text{ kN}$$

Támaszerő az „A” pontban („F_h” érték keresése):

$$\Sigma F_{ix} = - E_a + E_p + R + A = 0,00$$

$$F_h = 174,73 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}\sigma_z &= t * \rho * g = 21t \text{ [kN/m}^2\text{]} \\ K_p &= \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi/2) = 2,15 \\ \sigma_{xp0} &= 48,37 \text{ [kN/m}^2\text{]} \\ \Delta\sigma_{xp} &= K_p * \sigma_z * + (2c * \sqrt{K_p}) = 45,15t \text{ [kN/m}^2\text{]} \\ \sigma_{xp} &= 160,91 \text{ [kN/m}^2\text{]} \\ E_{p0} &= [\sigma_{xp0} * t] = 48,37t \\ \Delta E_p &= [\Delta\sigma_{xp} * t] / 2 = 22,57t^2 \\ E_p &= 22,57t^2 + 48,37t \text{ [kN/fm]}\end{aligned}$$

Nyomaték a „T” pontra:

$$\Sigma M_T = \Delta E_a * [t * 1/3] + E_{a0} * [t / 2] + R * t - \Delta E_p * [t * 1/3] - E_{p0} * [t / 2] = 0,00$$

A egyenletet megoldva: $t = 8,19 \text{ m}$

A szükséges beverési mélység: $(0,1 H + t) * 1,20 = 11,088 \text{ m}$

Maximális nyomaték számítása:

Felülről számolva:

$$\sigma_z = y * \rho * g = 21y \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \varphi/2) = 0,464$$

$$\sigma_{xa} = K_a * \sigma_z * - (2c * \sqrt{K_a}) = 9,744y \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$E_a = [\sigma_{xa0} * y] / 2 = 4,872y^2$$

$$4,872y^2 = 174,73$$

$$y = 5,98 \text{ m}$$

Aktív földnyomásokból keletkező nyomaték számítása (órával ellentétes irány):

$$\sigma_z = y * \rho * g = 125,58 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \varphi/2) = 0,464$$

$$\sigma_{xa} = K_a * \sigma_z * - (2c * \sqrt{K_a}) = 58,27 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$E_a = [\sigma_{xa} * y] / 2 = 174,23 \text{ [kN/m]}$$

$$M_a = E_a * y * 2/3 = 694,59 \text{ [kNm]}$$

Horgonyerőből eredő nyomaték számítása (órával egyező irány):

$$F_h = 174,73 \text{ [kN]}$$

$$M_{Fh} = F_h * y = 1044,88 \text{ [kNm]}$$

$$M_{\max} = M_{Fh} - M_a = 350,29 \text{ kNm}$$

5.2. Teherbírási határállapotok ellenőrzése (ULS)

5.2.1. STR – Résfal törés ellenőrzése, vasalása

Hajlítási vasalás tervezése

Plaxis szoftverrel a nyomatéki burkolóábra



17. ábra: Nyomatéki burkolóábra

A maximális nyomaték belül a mezőben van. A résfal belső vasalását erre tervezem.

$$M_{Eb} = 262,76 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = M_{Eb} \cdot \gamma_s \cdot v_{red} = 319,253 \text{ kNm}$$

Ø20-es vassal

$$d_l = h - c_{nom} - \frac{\emptyset}{2} = 520 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$x_{c,1} = 48,414 \text{ mm}$$

$$\sum N = 0 = b \cdot x_c \cdot f_{cd} = A_{s,x}^+ \cdot f_{yd}$$

$$\rightarrow A_{s,y,requ}^- = 1480 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,y,prov}^+ = 1571 \text{ mm}^2 \rightarrow \emptyset 20/200$$

Szerkesztési szabály:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot 1000 \cdot 520 = 780 \text{ mm}^2 \rightarrow A_{s,y,prov}^+ = 1571 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{megfelel}$$

A külső oldali nyomaték 196,93 kNm, a résfal külső vasalását erre tervezem.

$$M_{Ek} = 196,93 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = M_{Ek} \cdot \gamma_s \cdot v_{red} = 239,27 \text{ kNm}$$

Ø20-es vassal

$$d_l = h - c_{nom} - \frac{\emptyset}{2} = 520 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$x_{c,1} = 35,831 \text{ mm}$$

$$\sum N = 0 = b \cdot x_c \cdot f_{cd} = A_{s,x}^+ \cdot f_{yd}$$

$$\rightarrow A_{s,y,requ}^- = 1096 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,y,prov}^+ = 1257 \text{ mm}^2 \rightarrow \emptyset 20/250$$

A számítások után a résfal belső oldalán a vasalás Ø20/200-as lesz, míg a külső oldalon Ø20/250-es vasalást alkalmazok.

5.2.2. STR – Résfal átszúródás ellenőrzése horgonyfejnél

Alátét alaprajzi méretei: a/b=300/300 mm

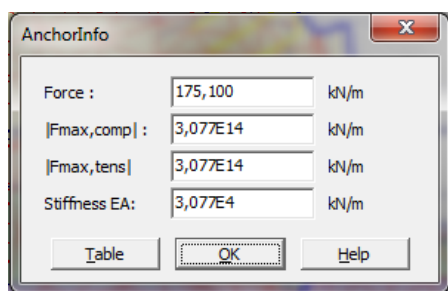
Résfal adatai: v=60 cm, d=520 mm, beton C20/25, betonacél B500B

Átszúródási vonal kerülete:

$$U_1 = 2(a + b) + 4d\pi = 2(300 + 300) + 4 \cdot 520 \cdot \pi = 7735 \text{ mm}$$

Mivel a kúpon keletkező talpreakció nem egyenletes, így meghatározása bizonytalan. Az átszúródási kúpon belül lévő nyíróerők levonásától a biztonság javára eltekintek.

A horgonyban keletkező erő:



$$P_{ed} = 175,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad t_{\text{horgony}} = 3,25 \text{ m}$$

$$P_p = 1,15 \cdot P_{ed} \cdot t_{\text{horgony}} = 654,43 \text{ kNm}$$

Átszűrődési kúp talpfelülete:

$$A_1 = \left(\frac{a}{4} + \frac{b}{4} + 2 \cdot d \right)^2 \cdot \pi = 4,45 \text{ m}^2$$

Talpreakció kúpon: $q = 100 \text{ kN/m}^2$

A horgony 15° -ot zár be a vízszintessel, így csak a horgonyerő vízszintes, nyíró komponensét kell az átszűrődés vizsgálatnál figyelembe venni.

$$V_{Ed} = (P_p \cdot \cos 15^\circ) - (A_1 \cdot q) = 187,25 \text{ kN}$$

A beton fajlagos teherbírása:

$$v_{Rd,c,min} = c \cdot f_{ctd} = 0,313 \cdot 1,0 = 0,313 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Az átszűrődési ellenállás:

$$V_{Rd} = U_1 \cdot d \cdot v_{Rd,c,min} = 1258,95 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed} \rightarrow \text{Megfelel!}$$

5.2.3. STR – Horgonyszár szakadás ellenőrzése

Maximális horgonyerő:

$$P_{Ed} = 654,43 \text{ kNm}$$

Alkalmazott acéltest: 7db Fp 139/1770 kábel. Az acélköteg teherbírását az MSZ EN 1992-1 szerint számítom.

$$f_{pd} = 1370 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}; A = 139 \frac{\text{mm}^2}{\text{db}}$$

Az acéltest teherbírása:

$$N_{Rd} = 7 \cdot 139 \cdot 1370 = 1333,01 \text{ kN} > 855,0 \rightarrow \text{Megfelel!}$$

Biztonság szakadásra:

$$FS = \left(\frac{P_{Ed}}{\gamma_E} \right) / N_{Rm} = 0,28 < 0,6 \rightarrow \text{Megfelel!}$$

5.2.4. GEO – Résfal befogásai talajellenállás ellenőrzése

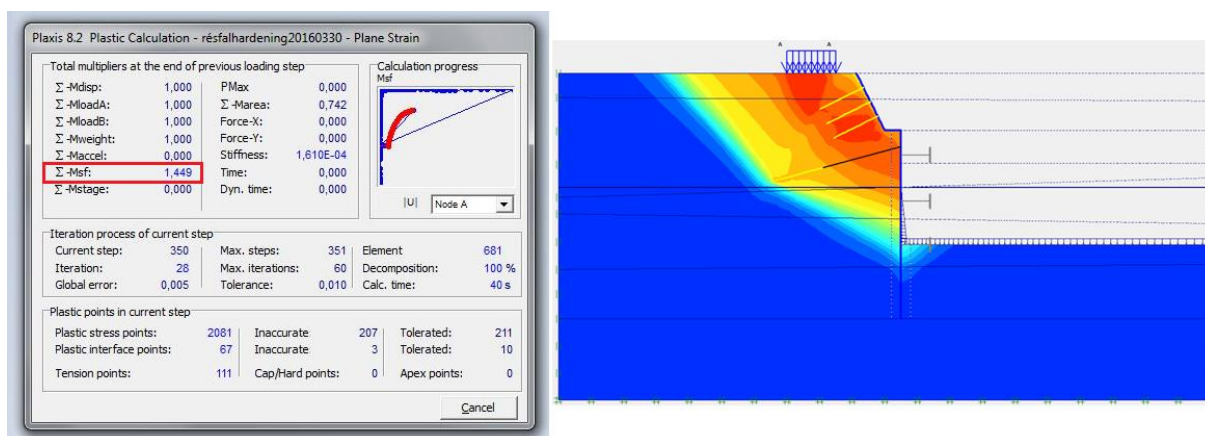
Ezt az ellenőrzése a PLAXIS szoftverben épített modellen ellenőriztem, mely során a számítás gond nélkül lefutott, így nem következett be a határállapot, a szerkezet megfelel.

5.2.5 GEO – Horgony talajbefogási ellenállás ellenőrzése

Ezt az ellenőrzése a PLAXIS szoftverben épített modellen ellenőriztem, mely során a számítás gond nélkül lefutott, így nem következett be a határállapot, a szerkezet megfelel.

5.2.6.-7. GEO – Horgonyzott résfal külső - belső stabilitás ellenőrzése

Ezt az ellenőrzése a PLAXIS szoftverben épített modellen ellenőriztem, mely során a számítás gond nélkül lefutott, így nem következett be a határállapot. A biztonság értéke 1,449 tehát megfelel.



18. ábra: Résfal külső - belső stabilitásra megfelel

5.2.8. HYD – Hidraulikus talajtörés ellenőrzése

Építési vízszint: ÉTV= -7,0 m

Gödör fenékszint: GF= -10,5 m

Rés talpszint: AS= -15,0 m

$$h = \text{ÉTV} - \text{GF} = 3,50 \text{ m}$$

$$t = \text{GF} - \text{AS} = 4,50 \text{ m}$$

A hidraulikus gradiens számítása:

$$i_{\max} = \frac{h}{h + 2t} = 0,28$$

$$15 \cdot i_{\max} = 4,2$$

$$4,2 \leq 18 \rightarrow \text{Megfelel!}$$

5.2.9. A rés oldalfalának állékonysági vizsgálata

Itt ki kell elégíteni a következő feltételt:

$$\gamma_r \cdot h \geq \gamma_v \cdot h + \sigma_a$$

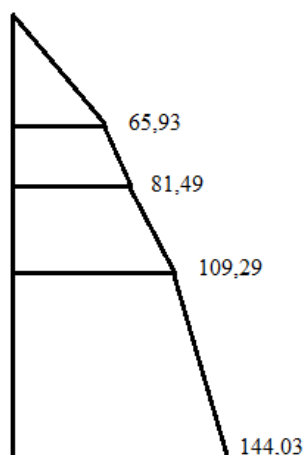
Függőleges feszültségek számítása:

$$\sigma_{z,1} = 3,47 \cdot 19,0 = 65,93 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{z,2} = 3,47 \cdot 19,0 + 1,945 \cdot 8,0 = 81,49 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{z,3} = 3,47 \cdot 19,0 + 1,945 \cdot 8,0 + 2,927 \cdot 9,5 = 109,29 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{z,4} = 3,47 \cdot 19,0 + 1,945 \cdot 8,0 + 2,927 \cdot 9,5 + 3,158 \cdot 11,0 = 144,03 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



19. ábra: σ_z ábra [kN/m^2]

Aktív földnyomási tényezők számítása

A résfalat függőlegesnek, a terephajlást vízszintesnek feltételezem. A résiszap nagyban lecsökkenti a falsúrlódást, így a falsúrlódási szöget 0° -nak feltételezem a biztonság javára.

$$K_{a,\text{homok}} = \tan^2 \left(45 - \frac{30}{2} \right) = 0,333$$

$$K_{a,\text{finom homok}} = \tan^2 \left(45 - \frac{26}{2} \right) = 0,391$$

$$K_{a,\text{kavics homok}} = \tan^2 \left(45 - \frac{34}{2} \right) = 0,282$$

$$K_{a,\text{agyag}} = \tan^2 \left(45 - \frac{21,5}{2} \right) = 0,464$$

Aktív földnyomás számítása

$$\sigma_{a,1} = 65,93 \cdot 0,333 = 21,95 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{a,2h} = 65,93 \cdot 0,391 = 25,78 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

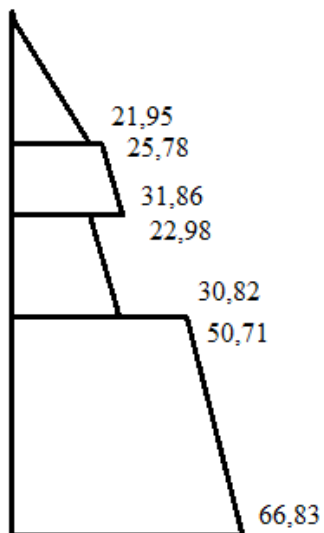
$$\sigma_{a,2,fh} = 81,49 \cdot 0,391 = 31,86 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{a,3,fh} = 81,49 \cdot 0,282 = 22,98 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{a,3,kh} = 109,29 \cdot 0,282 = 30,82 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{a,4,kh} = 109,29 \cdot 0,464 = 50,71 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

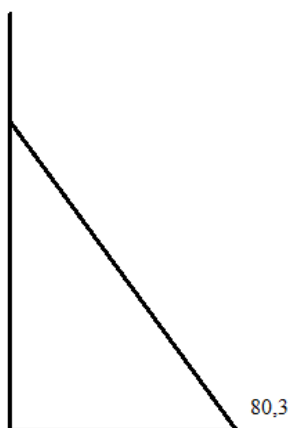
$$\sigma_{a,5,a} = 144,03 \cdot 0,464 = 66,83 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



20 . ábra: σ_z ábra [kN/m^2]

A hidrosztatikai nyomás

$$h_{x,3} = 8,03 \cdot 10 = 80,3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



21. ábra: h_x ábra [kN/m^2]

A résiszap szükséges térfogatsúlyának meghatározása

Az ábrákból látható, hogy a mértékadó pont a résfal talpánál van, így a mélységre tervezem meg a résiszapot.

A tervezés során a földnyomásnál 1,2-es parciális tényezőt veszek figyelembe.

$$\gamma_r \cdot 7 \geq 1,2 \cdot 66,83 + 80,3 \rightarrow \gamma_r \geq 22,93 \approx 23 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Tehát, olyan összetételű résiszapot kell alkalmazni, amelynek a térfogatsűrűsége legalább

$23 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$. Ez csak polimer adagolással készíthető el.

5.2.10. A réstalp állékonyságának ellenőrzése

A hatékony függőleges feszültség a rés alján:

$$\sigma_z^- = p_r - u = 144,03 - 80,3 = 63,73 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

A passzív földnyomás szorzója:

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) = \tan^2 \left(45 + \frac{21,5}{2} \right) = 2,16$$

A hatékony földellenállás:

$$\sigma_{ph} = \sigma_z^- \cdot K_p = 137,66 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

A megfelelőség feltétele:

$$\alpha_n \cdot \sigma_{ah} \leq \alpha_{cs} \cdot \sigma_{ph}$$

$$1,5 \cdot 66,83 = 100,24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \leq 1,0 \cdot 137,66 = 137,66 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{Megfelel!}$$

Tehát, a követelmény teljesül, a réstalp állékonysága nincs veszélyben.

5.2.11. A résiszap összetételének tervezése

A bentonit sűrűsége:

$$\rho_b = 2,8 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$$

A fent megtervezett térfogatsűrűséghez szükséges bentonitmennyiség meghatározása:

$$m_b = \frac{2,3 - 1,0}{2,8 - 1,0} \cdot 2,8 \cdot 1 = 202,2 \text{ kg}$$

Tehát 202,2 kg bentonit kell 1 m³-nyi résiszapba. Különleges adalékanyagok hozzáadása szükséges.

5.3. Használhatósági határállapotok ellenőrzése (SLS)

5.3.1. Alakváltozás ellenőrzése

Maximális vízszintes elmozdulás: $e_{x,k} = 26,9 \text{ mm}$

Nyomatéki nullpontok közti távolság: $L' \approx 6000 \text{ mm}$

Relatív elmozdulás:

$$\frac{L'}{e_{x,k}} = \frac{6000}{26,9} = 223 > 200 \rightarrow \text{Megfelel!}$$

5.3.2. Repedéstágasság ellenőrzése

$$A_s = 1571 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{\text{ceff}}} = 23,53 \quad d = h - \left(c_{\text{nom}} + \frac{\varnothing_{\text{alk}}}{2} \right) = 520 \text{ mm}$$

$$0,5 x_{II}^2 \cdot b + \alpha \cdot (x_{II} - d) \cdot A_s = 0$$

$$x_{II} = 162,56 \text{ mm}$$

$$h_{\text{ceff}} \quad 2,5 \cdot (h - d) = 200 \text{ mm}$$

$$\min \quad \frac{(h - x_{II})}{3} = 145,813 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{2} = 300 \text{ mm}$$

$$h_{\text{ceff}} = 145,813 \text{ mm}$$

$$A_{\text{ceff}} = h_{\text{ceff}} \cdot b = 1,458 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{rmax}} = 3,4 \cdot c_{\text{nom}} \cdot 0,425 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot \varnothing_{\text{alk}} \cdot \frac{A_{\text{ceff}}}{A_s} = 553,572 \text{ mm}$$

Feltétel ellenőrzése az acélok távolságára vonatkozóan:

$$S_r = 200 \text{ mm}$$

$$5 \cdot (c_{\text{nom}} + \frac{\varnothing_{\text{alk}}}{2}) = 400 \text{ mm}$$

$$S_{r \text{ max}} = 1,3 \cdot (h - x_{II}) = 568,672 \text{ mm}$$

$$\sigma_s = f_{yd} \cdot 0,5 \cdot (\frac{A_{s \text{ reg}}}{A_s}) = 142,046 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$f_{\text{ctm}} = 2,2 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad E_s = 2 \cdot 10^5 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\epsilon_{\text{sm}} = \frac{\sigma_s - 0,4 \cdot f_{\text{ctm}} \cdot (\frac{A_{s \text{ reg}}}{A_s})}{E_s} = 7,074 \cdot 10^{-4}$$

$$\epsilon_{\text{cm}} = \frac{0,4 \cdot f_{\text{ctm}}}{E_{\text{cm}}} = 2,933 \cdot 10^{-5}$$

$$w_k \quad S_{r \text{ max}} \cdot (\epsilon_{\text{sm}} - \epsilon_{\text{cm}}) = 0,386 \text{ mm}$$

max

$$\frac{0,6 \cdot S_{r \text{ max}} \cdot \sigma_s}{E_s} = 0,242 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,386 \text{ mm}$$

Műszaki leírás

1. Megbízás, előzmények

A megbízást a Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar Építőmérnöki Intézetének Geotechnikai Szakcsoportjától kaptam. A megbízás a Váci út 17. szám alatt épülő 7 szintes irodaházhoz tartozó 3 szintes mélygarázs munkatér-határolás megtervezésére vonatkozik. Az elfogadott műszaki tartalomnak megfelelően elkészítettem az MSZ EN 1997-1 és MSZ EN 1997-2 követelményeinek megfelelő tervdokumentációt.

A megbízó adatszolgáltatása:

- helyszínrajz
- rétegszelvény
- talajvizsgálati jelentés

2. Helyszíni viszonyok

Az építési terület igen forgalmas, beépített területen helyezkedik el. Az átlagos terepszint magasság 105,00 mBf körül van. Gondoskodni kell róla, hogy az építési terület megfelelően el legyen kerítve, és illetéktelenek ne juthassanak be. A tervezési feladatot aktív horgonnyal hátrahorgonyzott résfallal valósítom meg. A terveken szereplő abszolút nulla ($\pm 0,00$ m, 105,45 mBf) magassági szint alatt, a kiindulási terepszintet értem. A tervezett épület sűrűn beépített környékre épül, így a résfal alakváltozásából származó felszíni süllyedéseket a tervezés során a minimálisra kell csökkenteni. A domborzati viszonyok kedvezőek, sík a terep. A fővárosi közműszolgáltatóktól beszerzett nyilvántartási helyszínrajzok és a közmű genplan alapján a közművek kiváltása nem szükséges, ugyanis a környékek lévő közművezetékek nem keresztezik az építési területet. A kivitelezési munkálatok megkezdése előtt az építési területet lőszერmentesíteni kell!

3. Építésföldtani viszonyok

A tervezés alapjául a VÁTI Nonprofit Kft. adattárából begyűjtöttem a meglévő, rendelkezésre álló építésföldtani adatokat, így ezeknek az ismeretét felhasználtam a tervezési munka során.

A geológiai adottságokat a tervezési területről gyűjtött adattári leírások és térképek, archív dokumentumok felhasználásával foglaltam össze. A vizsgált terület morfológiailag a Pesti síkság legnyugatibb részén helyezkedik el. A vizsgált terület építésföldtani viszonyai a földtani vizsgálatok alapján megközelítően ismertnek tekinthető. A tervezési területen az építésföldtani szempontból vett alapképződmény a középső miocénben halmozódott fel agyagos kifejlődésben, tengeri üledékként. Ez a képződmény Pest nyugati, peremi részén a

Duna mentén igen elterjedt. A rendelkezésre álló adatok alapján a vizsgált terület teljes kiterjedése alatt az alapkőzet ez a közepes miocén korú közepes agyag.

4. Talajrétegződés, talajállapotok

Az építési helyszínen talajmechanikai fúrások készültek, mely alapján a talajrétegződés a következő:

Mélységek	talaj neve	ρ (t/m ³)	φ (°)	c (kN/m ²)	E_s (MN/m ²)
0,00-1,70 m	homokos feltöltés	1,80	25	-	-
1,80-6,40 m	homok	1,90	30	-	14
6,40-9,20 m	durva homok	1,80	26	-	30
9,20- 11,7 m	homokos kavics	1,95	34	-	40
11,7-18,0 m	szürke agyag	2,10	21,5	200	30

6. táblázat: Talajrétegződés

5. Hidrogeológiai viszonyok

A talajmechanikai fúrások eredményeiből, és a területen tapasztalt vízviszonyokból következtetek a tervezésnél használt talajvízszint értékeire. Ezek a következőképpen alakultak:

Nyugalmi talajvízszint	-5,00 m
Becsült maximális talajvízszint	-3,45 m
Mértékadó talajvízszint	-2,95 m

7. táblázat: Talajvízszint értékek

A hidrogeológiai labor végezte el a vizsgálatokat. A talajvíz beton agresszivitása XC1 kitéti osztályú az MSZ EN 206-1 szerint. Ez alapján a tervezendő minimális betonszilárdság C30/37 osztályú, minimális cementadagolás 300 kg/m³ CEM II típusú cement, maximális víz-cement tényező 0,55. Ez utóbbi, tekintettel a technológia miatt szükséges folyós konzisztenciára, csak folyósítószerrel állítható be. Másfelől az MSZ EN 1538 résfalépítési szabvány által előírt minimális cementadagolás 350 kg/m³ ($D_{max}=32$ mm-es maximális adalék szemnagysághoz), és a beton figyelembe vehető szilárdsága maximum C20/25 (tekintettel a zagy alatti, tömörítés nélküli betonozásra).

6. A Tervezett munkatér-határolás

A résfal vastagsága 60 cm, építési állapotban egy talajhorgonysorral lesz megtámasztva, a pincetömb beépülte után pedig a vasbeton födémek illetve alaplemez támasztják ki. A pincetömb alatt a szárazsági követelmények miatt az épület teljes élettartamán át víztelenítik a gödröt, így a résfal mind az építési, mind a végállapotban viseli a külső oldali föld- és víznyomást. A résfal felső síkja -3,50 m, talpszintje -15,00 m, a tetején vasbeton fejgerenda fogja össze a réstáblákat. A horgonyok döfésszintje -4,50 m, teljes hosszuk 8,00 m, injektált (befogási) hosszuk 3,00 m, hajlásuk 15° , alaprajzi kiosztásuk 3,25 m-enkénti, az erőátadó elem acél feszítőkábel.

A szakdolgozatomban a résfalszerkezetnek csak egy metszetét vizsgálom, a valóságban analóg módon minden jellemző metszetet vizsgálni kellene a kerület mentén, a változó talajrétegződésnek, mélységnek ill. terheknek megfelelően. A szerkezet tervezését számítással végezzük, az EC7 szerinti parciális tényezők figyelembevételével biztosítva a megfelelő biztonságot. Emellett adottnak tekintem a megfelelő építési minőségbiztosítást és az elkészült szerkezet állagmegóvó fenntartását, valamint a szükséges megelőző intézkedéseket (tűz, korrózió stb.) is, amelyek egyidejű megléte szintén feltétele a megfelelő biztonságnak. A feladatban nem tértem ki a résfal és horgonyszár méretfelvételére, ezeket adottnak vettem a szükséges számítások végrehajtásához. Nem foglalkoztam a fejgerenda tervezésével, mivel az lényegében nem tér el más, a magasépítésben is szokásos folytatólagos többtámaszú vb. gerenda számításától. A réselési munkák elvégzéséhez a résfaltól egy 1m-es sík sáv lesz kialakítva, ami egy 63° -os hajlású tolkrétozott rézsűben folytatódik egészen a terepszintig.

7. Az építés környezetre gyakorolt hatása

Az alakváltozások meghatározását a Plaxis szoftver segítségével végeztem el. A tervezés korai szakaszában passzív horgonyt alkalmaztam, de mivel a felszín közelben túl nagy alakváltozások keletkeztek, ez egy ilyen, sűrűn beépített területen megengedhetetlen, hiszen, a vízszintes elmozdulások a környező épületekben nagyságrendileg azonos függőleges alakváltozással járnak. A környező épületek falában magassági ellenőrző csapokat kell elhelyezni a kivitelezés megkezdése előtt, és ezeknek a mozgásait geodéziai műszerekkel figyelni kell!

8. Minőségbiztosítás

A szerkezet kivitelezése, annak monitoringja, helyszíni ellenőrzése stb. olyan speciális terület, aminek ismertetése messze meghaladja ennek a példának a terjedelmi határait. Így itt csak néhány lényeges szempontot soroltam fel.

A résfal kivitelezésével, annak technológiai, minőségi stb. követelményeivel kapcsolatban az MSZ EN 1538 előírásait kell követni.

A talajhorgonyzásra a fentiekhez hasonlóan az MSZ EN 1537 az irányadó.

A fenti szabványok és a kivitelező cégre vonatkozó technológiai utasításai előírják a speciális mélyépítési munkák végrehajtásának és monitoringjának, dokumentálásának elemeit, részleteit. Lényeges elem, hogy a szerkezetek szokásos elmozdulásmérései mellett (részfal vízszintes elmozdulása kellően sűrű függvényekben) mérjük a külső környezet elmozdulásait is.

Az építés kihatás távolságát általában a gödörmélység kétszeresére becsülhetjük, ezen a területen belül mérni kell az épületek, közművek állapotfelmérését illetve statikai analízisét a várható hatásokra (ezzel a példában terjedelmi okokból nem foglalkoztam), és a folyamatos mérési eredményeket össze kell vetni az előzetes értékekkel. A dokumentálásnál mind az előzetes állapotfelvétel, mind a mozgásmérés esetén gondolni kell annak esetleges jogi aspektusaira is (gyakran alakulnak ki kártérítési viták a melléépítés okozta tényleges vagy vélt épületkárok miatt, ahol ezek a dokumentumok lehetnek a bizonyítás eszközei.)

A részfalak általában fenntartási és üzemeltetési igényt nem támasztanak. (A talajhorgony esetünkben csak építési segédszerkezet, néhány hónapos élettartam után, a földemek beépültekor visszavágásra kerül.

A kivitelezési munkálatok során vezetendő dokumentumok:

- Építési napló, műszaknapló
- Geodéziai napló, (kitűzések, ellenőrzések)
- Réseleési jegyzőkönyvek
- Beton szállítólevelek
- Beton mintavételi jegyzőkönyvek, (próbakockák), konzisztencia ellenőrzés (szűrőpróbaszerűen építési naplóba elég dokumentálni)
- Beton próbatestek törési jegyzőkönyvei, kiértékeléssel
- Armatúra átvételi ellenőrzésének ténye, átvevő személye
- Süllyedésmérési jegyzőkönyvek

9. Baleset és munkavédelem

A kivitelezési munkák felülvizsgált és érvényes engedéllyel rendelkező tervdokumentáció alapján lehet megkezdeni.

A Tervező a közreműködőkkel, szolgáltatókkal előzetesen egyeztetett tervdokumentációját a hatóságokkal a Beruházó engedélyezteti.

A munkavégzés során be kell tartani az 1993. évi XCIII. törvényben a munkavédelemről szóló előírásokat, kezelési és karbantartási utasítások munkavédelmi követelményeit. Bármely munkálatot csak a megfelelő képesítéssel rendelkező és naplóval igazolt balesetvédelmi oktatásban részesített dolgozó végezhet.

10. Környezetvédelem

A kiviteli munkák során a talaj esetleges szennyezettsége állapítható meg, abban az esetben értesíteni kell a területi illetékes ÁNTSZ-t és a Környezetvédelmi Felügyelőséget.

A részmegtámasztásra felhasznált zagyot, megfelelő módon el kell vezetni és kezelni kell!

11. Tervezői nyilatkozat

Az egyes építményekkel, építési munkákkal és építési tevékenységekkel kapcsolatos építésügyi hatósági engedélyezési eljárásokra, és az építési hatósági ellenőrzésre szóló 193/2009 (IX.15.) számú kormányrendelet alapján az alábbi nyilatkozatot teszem.

A tervdokumentáció összeállítását, és a hidraulikus számítások, illetve a szerkezetek méretezése során, a vonatkozó jogszabályok szerint, valamint az érvényes hatósági előírások, és a szakági szabványok szerint, és azoknak megfelelően jártam el. Továbbá figyelembe vettem a 191/2009/IX.15 kormányrendeletet az építőipari kivitelezési tevékenységről és a 4/2002 (II.20) SZCSM-EÜM együttes rendelete: Az építési munkahelyen és az építési folyamatok során megvalósítandó minimális munkavédelmi követelményekről szóló rendeletet.

Az alkalmazott műszaki megoldások megfelelnek az általános érvényű és eseti hatósági előírásoknak.

A tervdokumentáció műszaki tartalmát és az alkalmazott megoldásokat a tervezés folyamán a társtervezőkkel egyeztettem. A szakhatóságokkal folytatott egyeztetésre és az érvényes előírások alóli felmentésre nem volt szükség.

Kijelentem, hogy a szerzői jogokra vonatkozó törvény előírását jelen tervezői munka során betartottam.

Mint a tervdokumentáció készítője rendelkezem a megfelelő tervezői jogosultsággal.

A kiviteli tervek elkészítése során betartottam a vonatkozó szabványokat, műszaki előírásokat.

A szabványoktól és előírásoktól eltérés nem vált szükségessé.

Budapest, 2016. május

.....
Sipos Ákos
tervező

Összefoglalás

Szakdolgozatom témája, egy a Budapest területén, Váci úton található 7 szintes irodaházhoz tartozó 3 szintes mélygarázs munkatér-határolás megtervezése volt.

Az alternatív megtámasztó szerkezetek bemutatása után megvizsgáltam, hogy számomra melyik munkatér-határolás lehet a megfelelő statikai szempontokból, választásom a résfalas technológiára esett. A kapott talajmechanikai szakvéleményt kiegészítve egy bővebb, átfogóbb talajvizsgálati jelentést készítettem az adott területről ahol a munkatér-határolásra szolgáló résfal fog épülni. Ebben többek között kitértem a terület általános ismertetésére (helyszín leírása, morfológiai, földtani és hidrológiai viszonyok), vizsgáltam a szerkezet osztályba sorolását mely a kettes, közepes geotechnikai kategóriát kapta, elemeztem a talajrétegződést és fizikai paraméterüket.

Ezután a Plaxis szoftver segítségével előállítottam a modelleket egy jellemző keresztmetszetről, felhasználva a talajadatokat, mért talajvízszintet. Két fajta talajmodellt készítettem, melyek segítségével össze tudtam hasonlítani az elmozdulásokat, süllyedéseket, keletkező igénybevételeket majd ezeket táblázatos formában bemutattam. E két séma a Mohr-Coulomb és Hardening-Soil volt. A **Mohr-Coulomb** egy mindenki által ismert, egyszerűen alkalmazható modell mely „elsőrendű” közelítést jelent a talajmodelleknél. Mivel a modell konstans merevséggel rendelkezik, a számítás nagyon gyors és állékonyságvizsgálatnál pontos. Alkalmazásához a modell öt paraméterének (összenyomódási modulus; poisson tényező; belső súrlódási szög; kohézió; dilatációs szög) és a talaj kezdeti feszültségállapotának ismerete szükséges. Ez a modell tökéletesen rugalmas-képlékeny, vagyis a nyírószilárdsága kimerüléséig rugalmasan, attól kezdve képlékenyen viselkedik. A **Hardening-Soil** egy fejlettebb, pontosabban számoló talajmodell melynél az elsődleges terhelések hatására egyszerre keletkeznek rugalmas (tehermentesítéskor visszanyerhető) és képlékeny (nem visszanyerhető) alakváltozások. A talaj leírására felhasználja a tehermentesítési-újratelhelési merevséget és az összenyomódási modulus is. Figyelembe veszi a feszültségek talajmerevségre gyakorolt hatását. E modell alaptulajdonsága a modulusok feszültségfüggése, a σ_3 növekedésének hatására történő felkeményedés, amelyről a nevét is kapta. A másik alaptulajdonság a triaxiális kísérlet alapján a hiperbolikus összefüggés a függőleges fajlagos deformáció (ϵ_1) és a deviátorfeszültség ($\sigma_1 - \sigma_3$) között. Itt tehermentesítési-újratelhelési modulussal (E_{ur}) is számolunk. A modell alkalmazásakor triaxiális kísérlettel határozható meg a rugalmassági modulus értéke, míg az összenyomódási modulus a kompressziós kísérlet eredményei szolgáltatták. A lefuttatott számítások után kiderült, hogy az utóbbi talajmodell pontosabb értékekkel számol, így én is annak adatait használtam fel.

Építési fázisonként lemodellezve a legnagyobb igénybevétel a résfalon akkor keletkezett, amikor a földtömeget egészen az alapozási síkig kiemelték. Az itt megjelent nyomatéki burkolóábrára terveztem meg a résfal külső és belső vasalását. A továbbiakban még elvégeztem a résfal összes lehetséges tervezési számítását, amire határállapotra meg kell felelnie.

Szakdolgozatom végén műszaki leírást készítettem azokról a pontokról, amik a kivitelezés alkalmával fontosak lehetnek és nem mutathatóak meg a rajzokon. Ebben összefoglaltam a helyszíni és építésföldtani viszonyokat, rövid leírást adtam a talajrétegződésről, talajállapotokról, hidrogeológiai viszonyokról, elemeztem a tervezett munkatér-határolást, az építés környezetre gyakorolt hatását, pár szóban leírtam a szokásos minőségbiztosítást, baleset, munka- és környezetvédelmet.

Irodalomjegyzék

Bartos Sándor – Králik Béla – Mélyépítés

Farkas József – Alapozás Egyetemi jegyzet – Műegyetem kiadó, Budapest 1995.

Geotechnikai dokumentáció részletes talajmechanikai szakvélemény a Budapest XIII. kerület Váci út 17. szám alatt épülő irodaház építéséhez

Magyar Mérnöki Kamara Geotechnikai Tagozata és a Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozata: Alapozások és Földmegtámasztó Szerkezetek Tervezése Az MSZ EN 1997 szerint

MSZ EN 206-1	Betonok (és korrózióvédelem)
MSZ EN 1537	Talajhorgony építési előírások (kivitelezés)
MSZ EN 1538	Résfalépítési előírások (kivitelezés)
MSZ EN 1990	A tervezés alapjai
MSZ EN 1991-1	Terhek, hatások – általános hatások
MSZ EN 1991-2	Terhek, hatások – hidak terhei
MSZ EN 1992-1	Vasbetonszerkezetek tervezése, általános szabályok
MSZ EN 1997-1	Geotechnikai tervezés, általános szabályok
MSZ EN 1997-2	Geotechnikai tervezés, laboratóriumi vizsgálatok alapján
MSZ EN 1997-3	Geotechnikai tervezés, terepi vizsgálatok alapján
MSZ EN 1998-1	Tervezés földrengésre, általános szabályok
MSZ EN 1998-5	Tervezés földrengésre, alapozás és geotechnikai szempontok
MSZ EN 10080	Betonacél (általános követelmények)

Szepesházi Róbert: Geotechnikai tervezés

Szepesházi Róbert: Geotechnika (Egyetemi jegyzet)

Rajzjegyzék

- Helyszínrajz, tervszám: T – 1
- Résfal kiosztási terv; keresztmetszet, tervszám: T – 2
- Rétegszelvény, tervszám: T – 3
- Résfal vasalási terv, tervszám: T – 4

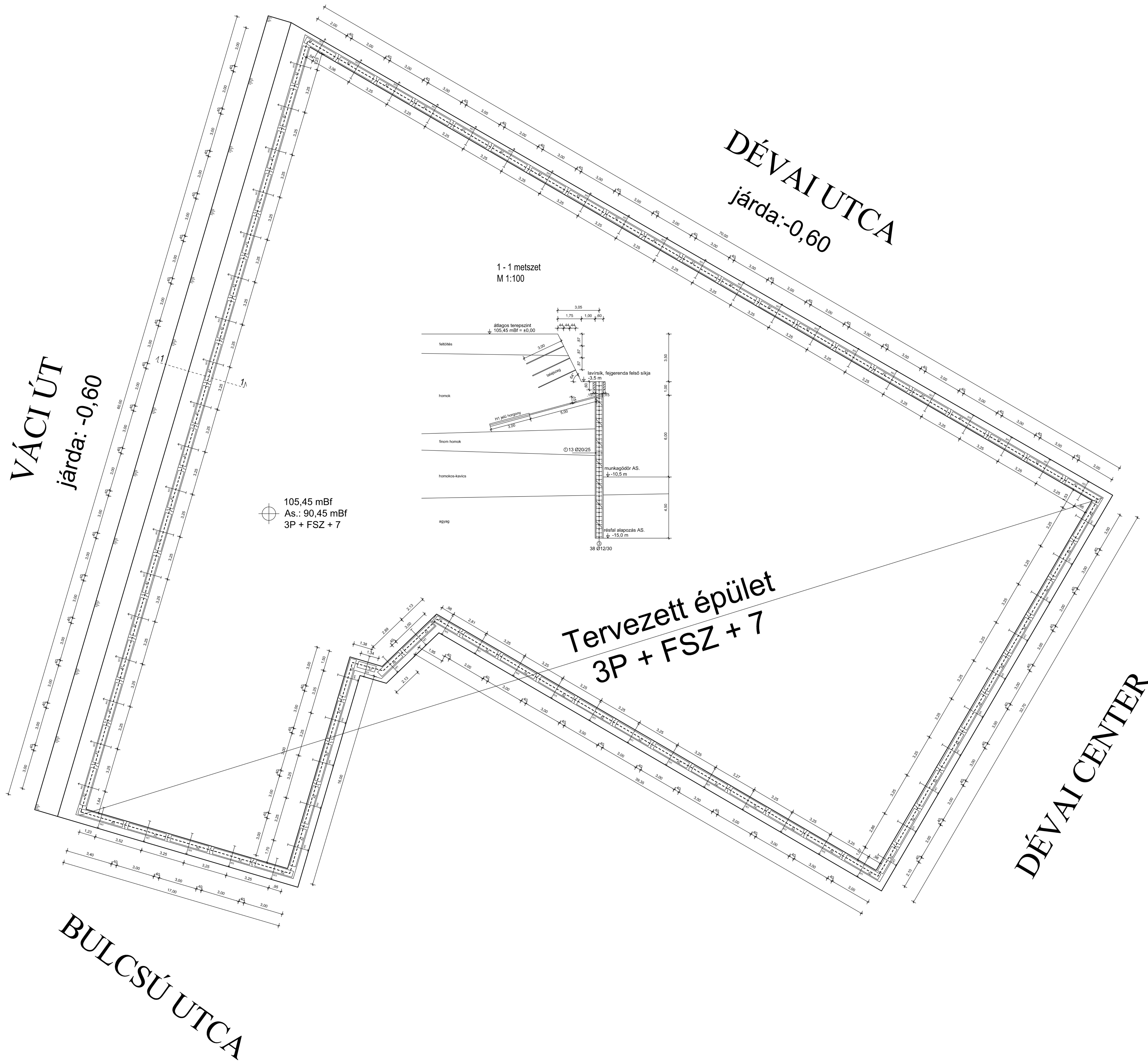
Nyilatkozat

Alulírott Sipos Ákos (neptun kód: INOYVD) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy az „Irodaház mélygarázsának munkatér-határolása” című diplomamunka önálló munkám, a dolgozat készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. szabályait, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.

Kijelentem, hogy a dolgozatot korábban más felsőoktatási intézményben, illetve más szakon még nem nyújtottam be diplomamunkaként vagy szakdolgozatként. Kijelentem, hogy az elektronikus feltöltött és a papír alapú dokumentum mindenben megegyezik.

.....

Aláírás



- Megjegyzés:
- Az armatúrák elhelyezési pontossága alaprajzilag és magasságilag is $\pm 5,0$ cm kell legyen.
 - A magasságok Batti alapsíkra vonatkoznak.
 - Réselesi lavírsík: -3,5 m
 - Réselesi talpmélység: -15,0 m
 - Részal felbetonozási síkja: -3,5 m
 - Részal visszavésési síkja: -4,1 m
 - A fejezenda mérete 60x60 cm
 - Fejezenda felső síkja: -3,5 m
 - Alkalmazandó réskanál méret: 1,5/0,6 m
 - Kivitelezés a rajzon mért adatok alapján nem megengedett.
 - A terv csak a műszaki leírással együtt érvényes.
 - Kapcsolódó tervek: T - 1; T - 3; T - 4

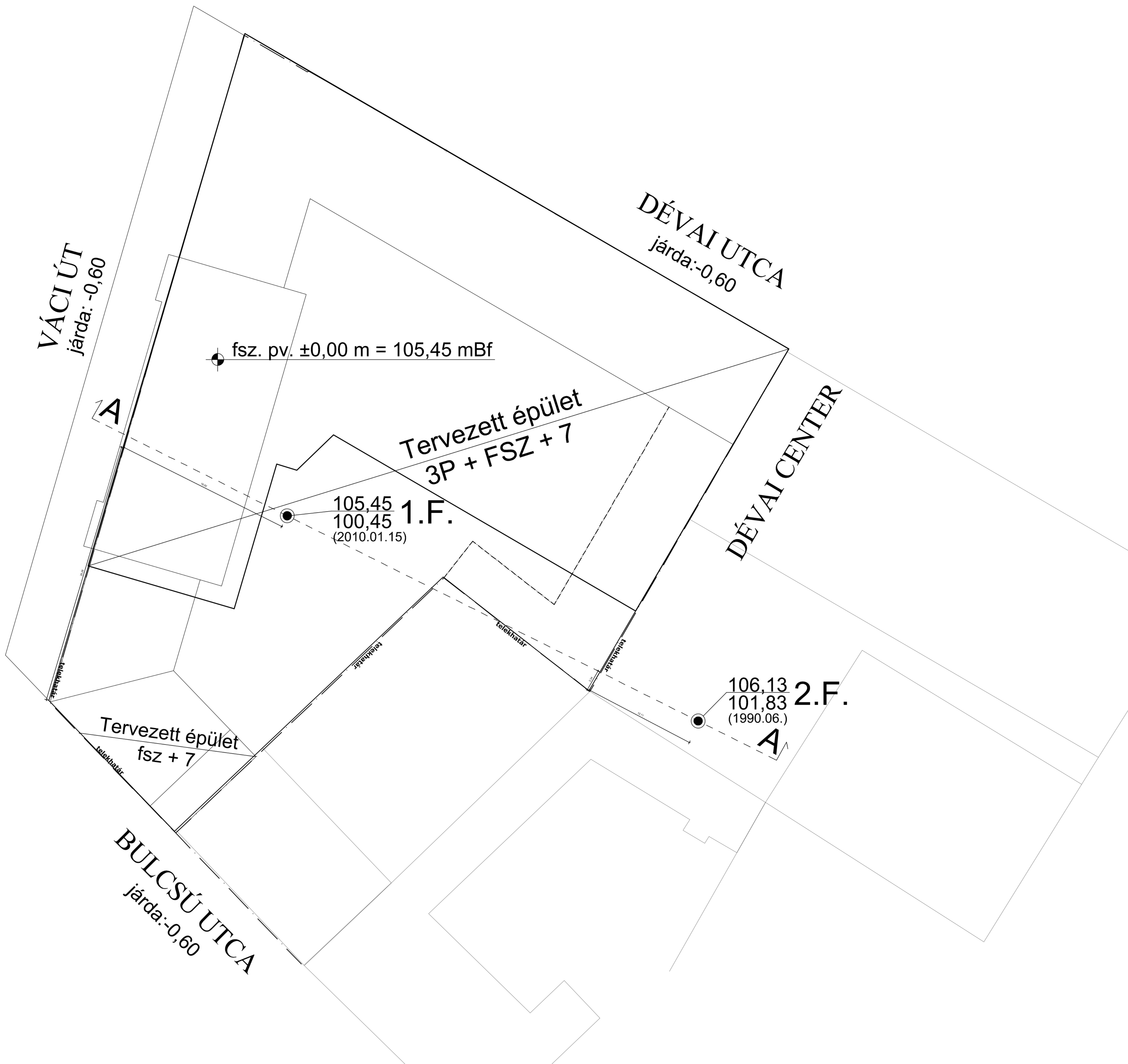
Jelmagyarázat:

A1 jelű armatúra

H1 jelű horgony

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar,
Geotechnikai Szakcsoport

Tanfolyam:	Szakirányú diplomamunka	Tervszám:	T - 2
Cím:	Részal kiosztási terv, keresztmetszet	Méretarány:	M 1:100
Tervező:	Sipos Ákos	Konzulens:	Firgi Tibor



Megjegyzés:

- A magasságok Balti alapsíkra vonatkoznak.
- A rétegszelvényt a szaggatott A - A vonal jelöli (T - 3)
- A rétegszelvény (T - 3) tervlappal és műszaki leírással együtt kezelendő.
- A munkálatok megkezdése előtt a területen található közművek kiváltását el kell végezni.
- A közművek kitarását elkerülni.
- A munka megkezdése előtt a területet loszermentesíteni kell.
- A terv csak a műszaki leírással együtt érvényes.
- Kapcsolódó tervek: T - 2; T - 3; T - 4

Jelmagyarázat:

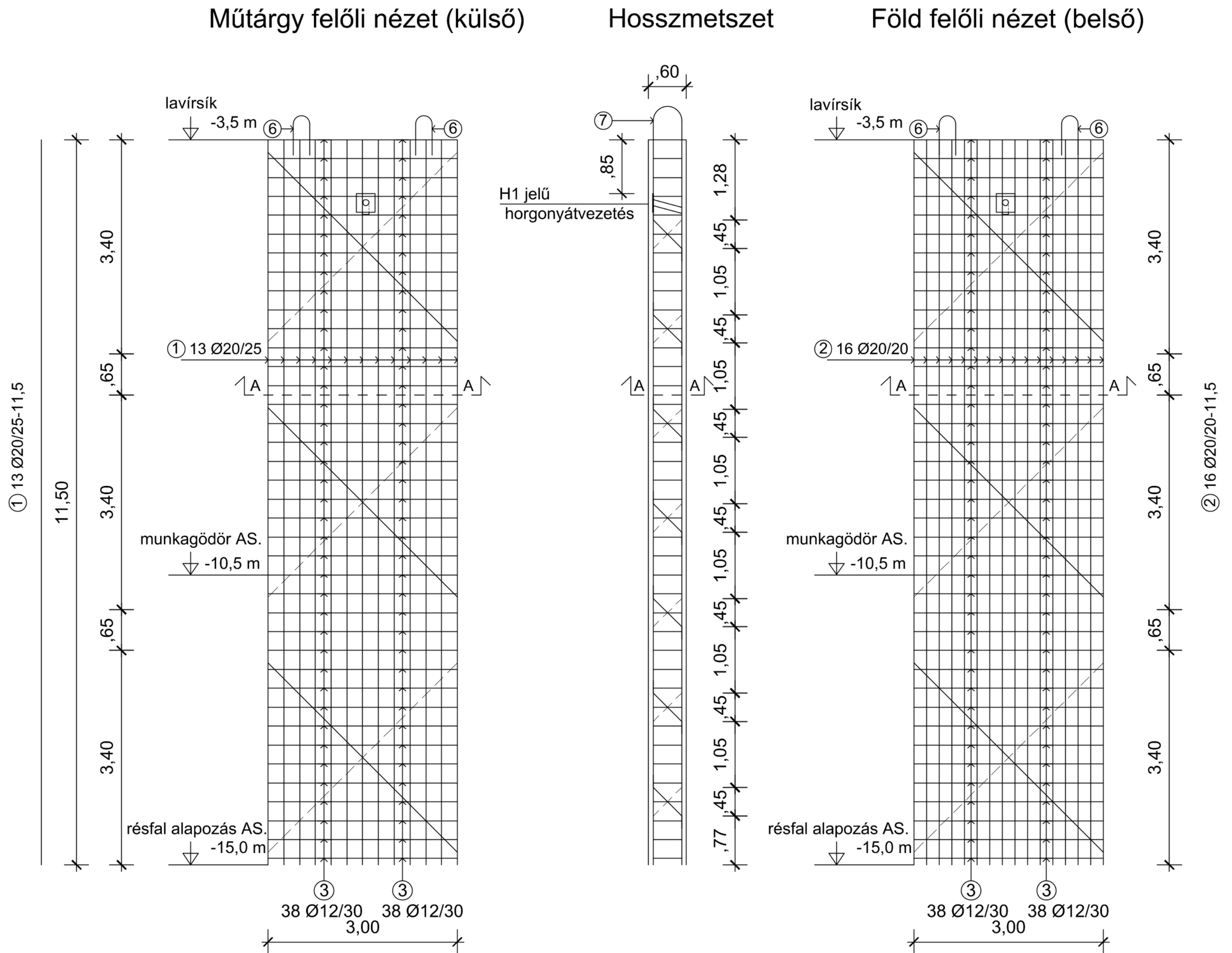
terepszint mBf
nyugalmi talajvízszint
(dátum)

fúrás száma

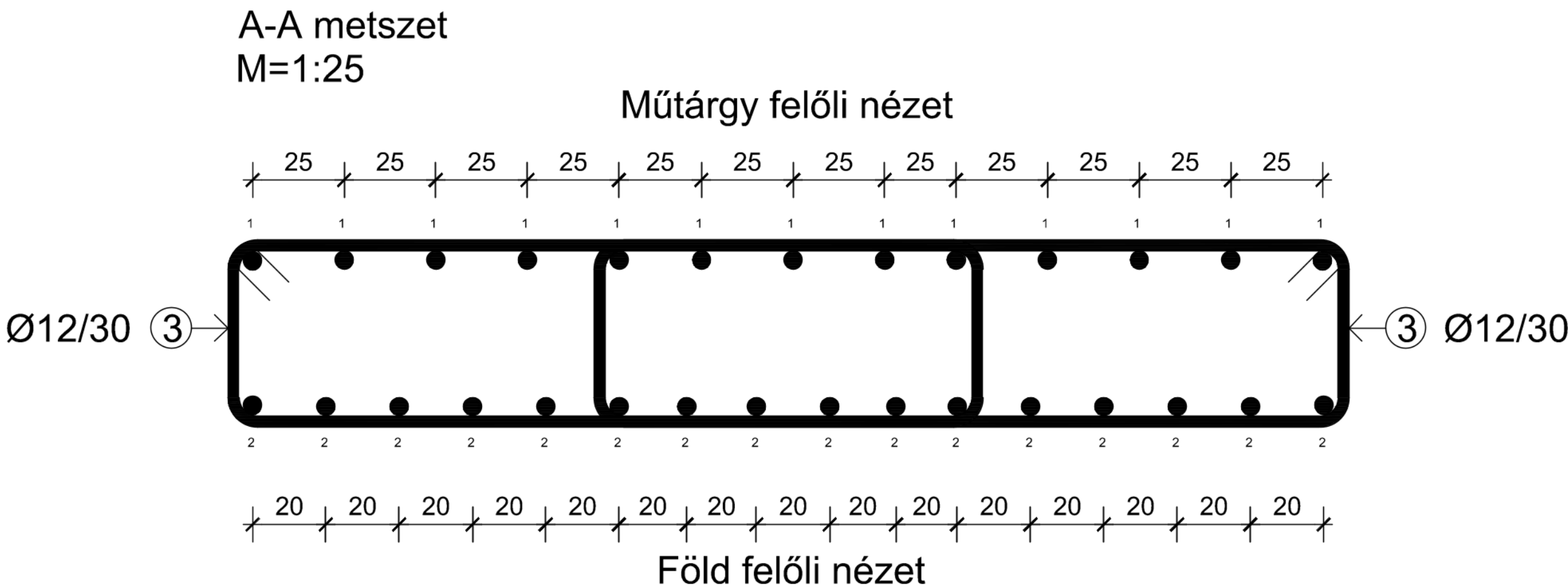
Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar,
Geotechnikai Szakcsoport

Tantárgy:	Szakirányú diplomamunka	Tervszám:	T - 1
Cím:	Helyszínrajz	Méretarány:	M 1:200
Tervező:	Sipos Ákos	Neptun kód:	
		Konzulens:	Firgi Tibor

A1 jelű armatúra metszetei



A1 armatúra
Készül: 18 db



③ 152 Ø12/30-5,15

⑤ 28 Ø16-1,05

⑥ 4 Ø20-1,40

⑦ 2 Ø20-1,70

1 db horgonyátvezető elem

⑥ ⑦ A szárazakat a hosszvasakhoz kell hegeszteni.
Anyagminőség: B38.24

④ 12 Ø16-4,65

A szárazakat teljes hosszban a hosszvasakhoz kell hegeszteni.

Betonacél kimutatás						
A1 armatúra						
jel	db	φ (mm)	hossz (m)	B400		
				φ 12	φ 16	φ 20
1	13	20	11,5			149,5
2	16	20	11,5			184
3	152	12	5,15	782,8		
4	12	16	4,65		55,8	
5	28	16	1,05		29,4	
6	4	20	1,4			5,6
7	2	20	1,7			3,4
φ - kénti hossz (m)				782,80	85,20	342,50
kg/fm				0,888	1,58	2,47
φ - kénti súly (kg)				695,13	134,62	845,98
vasszükséglet (kg)				1675,72		
vasszükséglet (t)				1,68		

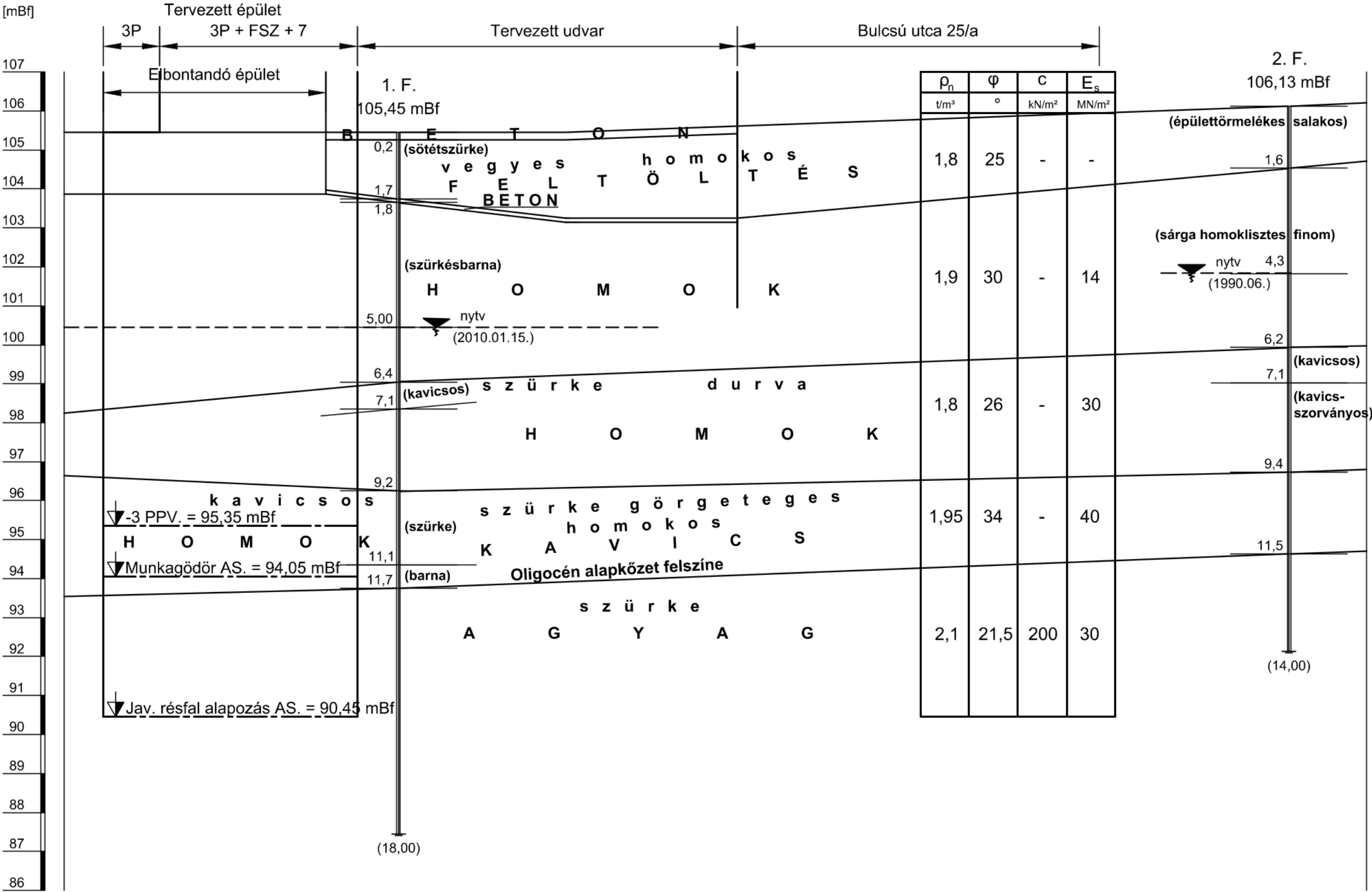
Megjegyzés:

- Anyagminőségek: Ré beton: C20/25-XC1-32-F5
Betonacél: B500 (B 60.50)
Betonfedés kengyelen: 7,0 cm
- A vasak kül méreteikkel adottak.
- Az emelőkampók acél minősége: B38.24
- A horgonyzott armatúrák középvonalába kell szerelni a horgonyátvezető elemeket.
- Az armatúrák elhelyezési pontossága alaprajzilag és magasságilag is ± 5,0 cm kell legyen.
- Az emelési próba után kell dönteni a többletmerevítés szükségességéről.
- A kibetonozási szint a feiglerenda felső síkja. A zaggal szennyezett felső 60 cm rész később levésendő.
- A betonfedést beton anyagú görgős távtartókkal kell biztosítani.
- A magasságok Balti alapsíkra vonatkoznak.
- A kivitelezés során a belső méreteket tartani kell.
- Kivitelezés a rajzon mért adatok alapján nem megengedett.
- A terv csak a műszaki leírással együtt érvényes.
- A betonacél kimutatás 1 db armatúrára vonatkozik.
- Kapcsolódó tervek: T - 1; T - 2; T - 3

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar,
Geotechnikai Szakcsoport

Tantárgy:	Szakirányú diplomamunka	Tervszám:	T - 4
Cím:	Részfal vasalási terv	Méretarány:	M 1:50
Tervező:	Sipos Ákos	Konzulens:	Firgi Tibor

A - A RÉTEGSZELVÉNY H=1:250 M=1:100



Megjegyzés:

- A magasságok Balti alapsíkra vonatkoznak.
- A terv csak a műszaki leírással együtt érvényes.
- A terv csak a teljes tervdokumentációval együtt kezelhető.
- Kapcsolódó tervek: T - 1; T - 2; T - 4

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar,
Geotechnikai Szakcsoport

Tantárgy:	Szakirányú diplomamunka	Tervszám:	T - 3
Cím:	Rétegszelvény	Méretarány:	M 1:100 H 1:250
Tervező:	Sipos Ákos	Konzulens:	Firgi Tibor