



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Nagy Boldizsár

Szakdolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: Építőmérnöki

Specializáció: Geotechnika

A dolgozat címe: K27 Irodaház és Hotel épület résfal tervezése

A dolgozat címe angolul: K27 Office building and Hotel building gap wall planning

A feladat részletezése: VIII. kerület Kerepesi út 27/a szám alatt lévő még meg nem épített irodaház és hotel épület résfalazatának megtervezése

Intézményi konzulens neve: Firgi Tibor

Külső konzulens neve: Petik Csaba

Munkahelye: Petik Kft

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 12. 31.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet
1446 Budapest, Thököly út 74.
1442 Budapest, 70., Pf. 117.

Kiadva: Budapest, 2023. 10. 30.

P.H

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2023. 12. 15.

[Signature]
belső konzulens

[Signature]
külső konzulens

SZAKDOLGOZAT KONZULTÁCIÓS NAPLÓ

Hallgató neve: NAGY BOLDI SZÁR

Dolgozat száma: [REDACTED]

Oktatási azonosítója: [REDACTED]

Szak, specializáció megnevezése:

Neptun azonosítója: [REDACTED]

ÉPÍTŐMÉRNÖKI

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

GEOTECHNICA

A dolgozat címe magyar nyelven: K27 kórház és Hotel épület részal tervezése

A dolgozat címe angol nyelven: K27 Office building and Hotel building gap wall planning

Belső (kari) konzulens neve: Dr. Ficsi Tibor

Külső konzulens neve: Petők Csaba

Külső konzulens munkahelye: Petők Vgt.

ALK.	DÁTUM	KONZULTÁCIÓ TÉMÁJA, TARTALMA	KONZULENS ALÁÍRÁSA
1.	<u>2023.12.06.</u>	<u>számszámolás, számítás</u>	<u>[Signature]</u>
2.	<u>2023.12.06.</u>	<u>számítás, rajz</u>	<u>[Signature]</u>
3.	<u>2023.12.11.</u>	<u>számszámolás, számítás</u>	<u>RL</u>
4.	<u>2023.12.13.</u>	<u>számítás, rajz</u>	<u>RL</u>

A Konzultációs naplót minimum négy alkalommal az egyes konzultációk alkalmával kell láttamoztatni bármelyik konzulenssel.

A részvételt a konzulens akkor igazolhatja, ha arra a hallgató felkészülten érkezik, azaz érdemi konzultáció történt.

A hallgató a Szakdolgozat/Diplomaterv/Diplomamunka tantárgy(ak) követelményét teljesítette.

Kelt: Budapest 2023.12.13.
(hely), (dátum)

[Signature]
belső (kari) konzulens

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott NAGY BOLDOZSAR hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Balassagyőr (hely), 2023.12.14. (dátum)

Nagy B
hallgató

Szakdolgozat

K27 Irodaház és Hotel épület résfal tervezése

Nagy Boldizsár



Belső konzulens: Dr. Firgi Tibor PhD

Külső konzulens: Petik Csaba Petik Kft.

Szakdolgozat száma 

Törzskönyvi száma 

Tartalom

Bevezetés.....	4
I. Támszerkezetek.....	5
I.1. Támfalak.....	5
I.1.1. Súlytámfalak.....	5
I.1.2. Szögtámfal.....	6
I.1.3. Máglya- és gabionfalak.....	7
I.1.4. Gabionfalak.....	8
I.2. Befogott falak.....	9
I.2.1. Szádfalak.....	9
I.2.2. Cölöpfal.....	10
I.2.3. Résfal.....	12
I.3. Horgonyok.....	16
I.3.1. Felhasználási módok.....	16
I.4. Támszerkezetek méretezése.....	17
I.4.1. Támszerkezetekre ható erők.....	17
I.4.2. Teherbírási határállapotok.....	17
II. Helyszíni viszonyok, tervezett épület leírása.....	19
II.1. Geotechnikai kategória.....	20
II.2. Geológiai viszonyok, törések, vetők, bányaművelés, terület értékelése csúszásveszélyesség ill. barlangtani szempontok alapján.....	22
II.3. Talaj- és talajvízviszonyok.....	23
II.3.1. Talajfeltárási jellemzők.....	23
II.3.2. Talajviszonyok.....	27
II.3.3. Talajvíz viszonyok.....	30
II.3.4. Talajok fagyérzékenysége, tömöríthetősége, fejtési osztálya.....	32
II.3.5. Szeizmikus viszonyok.....	33
II.4. Összefoglalás.....	33
II.5. Alapozás.....	34
II.6. Szigetelés.....	34
II.7. Munkatérhatárolás, víztelenítés.....	34
II.8. Tervezésnél alkalmazható talajfizikai paraméterek.....	35
III. Számítás.....	36
III.1. Résfal beépítésének az indoklása.....	36
III.2. A szerkezethez felhasznált anyagok.....	36

III.2.1.Betonminőség.....	36
III.2.2.Betonacél.....	37
III.2.3.Horgony.....	37
III.3.Felhasznált szabványok és programok.....	38
III.3.1.Szabványok:.....	38
III.3.2.Programok:.....	39
III.4.Befogási hossz meghatározása.....	39
III.5.Tervezési állapotok.....	42
III.5.1.Első tervezési állapot.....	43
III.5.2.Második tervezési állapot.....	44
III.5.3.Harmadik tervezési állapot.....	44
III.5.4.Negyedik tervezési állapot.....	45
III.5.5.Ötödik tervezési állapot.....	46
III.6.Belső stabilitás vizsgálat.....	47
III.7.Külső stabilitás vizsgálat.....	47
III.8.Résfal befogási talajellenállásának az ellenőrzése.....	48
III.9.HYD hidraulikus talajtörés ellenőrzése.....	49
III.10.Vasbeton szerkezetek.....	50
III.10.1.Résvezető gerenda.....	50
Rés oldalfalának állékonyság vizsgálata.....	52
Réstalp állékonyságának ellenőrzése.....	57
III.10.2.Fejgerenda.....	58
III.10.3.Réstábla vasalás.....	59
III.10.4.Repedéstágasság ellenőrzése.....	62
III.10.5.Résfal átszűrődés ellenőrzése.....	63
III.10.6.Horgonyszár szakadásának ellenőrzése.....	63
III.10.7.Az alakváltozás ellenőrzése.....	64
IV.Összefoglalás.....	64
V.Hivatkozások.....	65
VI. Ábra és táblázat jegyzék.....	66
Ábrák:.....	66
Táblázatok:.....	67
VII.Tervjegyzék.....	69

Bevezetés

A szakdolgozatom témájának résfal tervezést választottam. A terület Budapesten található VIII. Kerepesi út 27/A szám alatt található. Egy irodaház és egy hotel épült volna ide, de végül nem valósult meg. Azért választottam ezt a helyszínt mert így, hogy nem valósult meg jobban el lehet a különböző megoldásokban merülni és ez által a befogott falak és támfalak témakörét is ki lehet bontani. A felszín alatti munkák elvégzéséhez ki kell alakítani egy munkagödröt. Ha helyszíni adottságaiból adódóan nem tudunk kialakítani rézsűs munkagödröt a talaj szilárdsági mutatói alapján függőleges megtámasztást kell. Ehhez pedig befogott falra vagy támfalra van szükség, ami a fellépő földnyomásokat fel tudja venni. Tehát összességében a munkatérhatárolás különböző módjairól alkalmazási köreikről fogok írni. A tervezés részénél pedig a befogott falakon belül egy résfalas munkatérhatárolást fogok tervezni.

I. Támszerkezetek

Alapvetően azért létesítünk támszerkezeteket hogy a földtömeget megtudjuk támasztani. Ezekre általában akkor van szükség, ha partfalat, közműveket, alapokat, felszín alatti nagyobb létesítményeket, függőleges vagy közel függőleges falakat kell kialakítani. Meredekebb határolásoknál olyan szerkezetekre van szükség, amik képesek elviselni a keletkező földnyomásokat. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

Funkciójuk alapján lehetnek önálló szerkezetek, amik a természetes lejtőket, földműveket stabilizálják. Vannak még munkateret elhatároló szerkezetek ezek ideiglenesek szoktak lenni amíg nem töltik vissza a felszín alatti munkateret. Ezeken kívül pedig vannak még felszín alatti építmények, amik később oldalfalként funkcionálnak. Tehát ezek bent maradó szerkezetek. Az ilyen szerkezetek nagyon előnyösek abból a szempontból, hogy több funkciót is képesek ellátni nem csak oldalfalként, de akár a szélső falak alátámasztására is szolgálnak. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

Az ilyen szerkezetek egyensúlyát többféle módon lehet biztosítani a szerkezetek típusától függően. Támfalaknál a szerkezet önsúlya vagy a környezetben lévő földtömeg súlya adja meg az egyensúlyt. A szádfal, résfal, illetve cölöpfalak egyensúlya a szerkezetek alsó részénél lévő befogástól függ, ami a talajban van. Vannak olyan szerkezetek, amiknél belső megtámasztást kell alkalmazni dűcokkal ilyenek például az előregyártott dűctáblák. Egy szerkezet egyensúlyát lehet még biztosítani hátrahorgonyzással ezeket általában résfalaknál szokták használni. Szóval így, hogy egy befogott szerkezetet még hátrahorgonyzunk kombinált szerkezet tud létre jönni. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

I.1. Támfalak

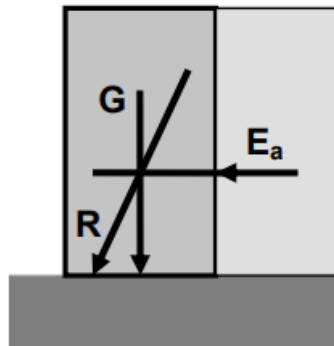
Támfalaknál két típust különböztetünk meg a súlytámfalakat és a szögtámfalakat.

I.1.1. Súlytámfalak

A súlytámfal a támfalak egy alaptípusa nagyon régóta építenek ilyen fajta szerkezeteket. Az anyaguk nagyon sok féle lehet vannak beton, vasbeton, illetve termésköből épültek. Előnyük, hogy rendkívül jól illeszthetők a környezethez. Nagy hátrányuk a víztelenítés, mivel ezeket a falakat víznyomásra nem érdemes méretezni mert nagyon megnőnének a fal méretei és az amúgy is gazdaságtalan szerkezet költségeit megnövelné. Tehát először a háttöltést kell

gondosan vízteleníteni majd miután elkészült a szerkezet, kialakítani a szivárgó rendszert. A visszatöltést nem szabad túltömöríteni mert akkor többlet tömörítési nyomás jön létre. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

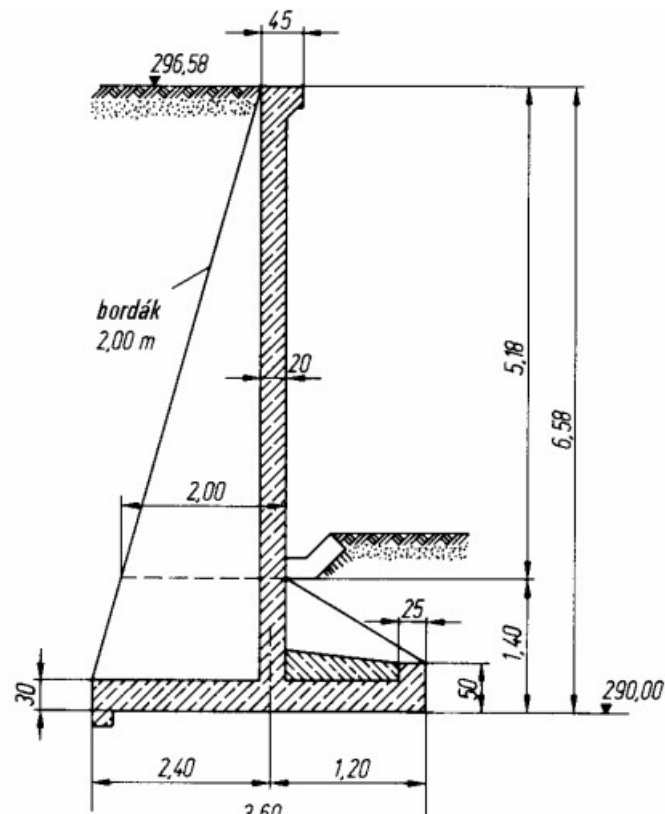
Az alapelve az, hogy a „megtámasztott föld E földnyomásához a fal a saját G súlyát adja, s így olyan R eredő keletkezik, mely nem „túlzottan” ferde, és a fal alapsíkján a sarokponttól elég távol hat. E két követelménynek kell teljesülnie ugyanis ahhoz, hogy a fal (és vele a háttöltés) állékony maradjon. „[1]



1.ábra: Súlytámfalak erőjátéka (dr. Szepesházi Róbert Geotechnika)

1.1.2. Szögtámfal

Szögtámfalakat is régóta építenek, de most már egyre ritkábban. Vasbetonból készülnek, viszonylag keskeny szerkezetek, de minimum 20cm-es falvastagsággal. Ezek a szerkezetek általában töltések megtámasztására alkalmasak, maximum 6-7m-es magasságig, ezért is használják egyre kevesebbszer. Keresztmetszeti kialakításukból adódóan a háttöltést is bevonják az erőjátékba a stabilitását részben a vízszintes lemezre visszatöltött földtömeg súlya adja meg. A háttöltést szemcsés anyagból készítik, tehát víztelenítésre elég egy perforált csövet a két falrész szegletébe fektetni, az esését kialakítani és szakaszonként a falon átvezetni. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]



2.ábra: Vasbeton szögtámfal (dr. Szepesházi Róbert Geotechnika)

„A tervezésénél a külső stabilitást úgy kell vizsgálni, hogy a falat és a ráépített földtömeget együtt egy súlytámfalnak tekintjük. A belső stabilitásvizsgálat a vasbeton falelemek vasalásának méretezéséből áll, amihez a falsíkokra ténylegesen ható nyomásokat számíthatjuk.” (1)

1.1.3. Máglya- és gabionfalak

A máglyafalakat főleg Ausztriában építik, de egy pár darabot építettek ide haza is. A földmegtámasztáson kívül zajszigetelés miatt is építik. Előnyei közé tartozik, hogy rendkívül környezetbarát, esztétikus megjelenése van és a háttöltést nem kell vízteleníteni. Ezért is szokták használni főleg hegyvidéki tájakon. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]



3.ábra: Előregyártott vasbeton elemes máglyafal (Támszerkezetek I.)

Anyaguk állhat előregyártott vasbeton elemekből vagy fából. Ezeket csapolással vagy tüskézéssel szokták összekapcsolni. A magasságtól függően akár két sorban is építhető. A térbeli rácsos szerkezetét szemcsés talajjal kell feltölteni, az elülső részébe lehet növényzetet telepíteni. Úgy kell méretezni, hogy a külső stabilitásvizsgálat szempontjából egy súlytámfalnak tekintjük. Belső stabilitásvizsgálatnál az elemeket hajlításra kell megvizsgálni és a kapcsolatokat kell ellenőrizni. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

I.1.4. Gabionfalak

Gabionfal tulajdonképpen egy acélhálóból készült kosár, amit kővel töltenek meg, fontos, hogy a kő, amivel megtöltik ne legyen mállásra érzékeny. Speciális kötés biztosítja, hogy a háló ne tágulhasson ki, nehogy a kövek kiessenek. Továbbá arra is kell figyelni, hogy az acél műanyag bevonattal vagy horganyzással kell elkészíteni, hogy a korróziótól védve legyen. A tervezése hasonló a máglyafalakéhoz csak a gabionfalnál az acélhálót kell ellenőrizni szakadásra. Nagy előnye, hogy esztétikus, lehet rá növényzetet telepíteni jól illeszthető a környezetbe. Viszont az elkészítése munkaerő igényes, mert az acélhálóba tett köveket kézzel kell eligazítani, hogy a kövek jól illeszkedjenek egymáshoz. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]



4.ábra: Gabionfal (Támszerkezetek I.)

I.2.Befogott falak

I.2.1.Szádfalak

A szádfalak általában acélanyagúak és hornyos kapcsolattal kapcsolják össze, ami azért jó mert így a szerkezet vízzáró lesz. Ezeket a szádpallókat veréssel, vibrálással vagy sajtolással juttatják le a földbe addig a mélységig, hogy a befogás biztosítva legyen. Használhatnak fa és vasbeton pallókat is de ezeket csak nagyon ritkán. Ha a földnyomás vagy más tényező indokoltta teszi akkor hátra is horgonyozzák őket vagy belülről kitámasztják. A két legismertebb típus a Hoesch és a Larssen típus, a kettő között az alakjuk a különbség, az előbbi Z alakú, míg az utóbbi U alakú. Az, hogy nem egyenesek, hanem hullámosak az inerciájuk javítása érdekében fontos, bár vannak egyenes elemek is. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]



5.ábra: Szádfal (Munkatérhatárolás tervezési kérdései-munkatér határoló szerkezetek)

Az, hogy milyen technológiával juttatják a pallókat a talajba az főleg a talajtól függ, például szemcsés talajba vibrálással a leghatékonyabb a talajba juttatni a pallókat. Ezeket már előre 4-6 elemet összekapcsolva lépcsőzetesen juttatják a talajba így nem szükséges megvezetést vagy állványt kiépíteni. Fontos, hogy a talaj épületmaradványoktól mentes legyen mert azok akadályozhatják a leverést. Általában ideiglenes szerkezetként munkatérhatárolásként használják, ahol a talajvízben mélyül a munkagödör és vízkizárás kell. Szokták használni bent maradó szerkezetként is közlekedési pálya mentén korrózióvédelemmel plusz valamilyen színezéssel ellátva. Előfordul még a vízepítésnél is ott általában móloknál vagy kikötőknél. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

1.2.2.Cölöpfal

A cölöpfal tulajdonképpen egymás mellé sűrűn lefűrt cölöpöket takar. Végtelen spirálfúróval készítik, ami egy nagyon gyors technológia röviden annyi, hogy a spirálfúróval lefűrnak a kívánt mélységig majd, amikor húzzák ki lassan a gödörből közben feltöltik betonnal és utána elhelyezik a betonban az armatúrát. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

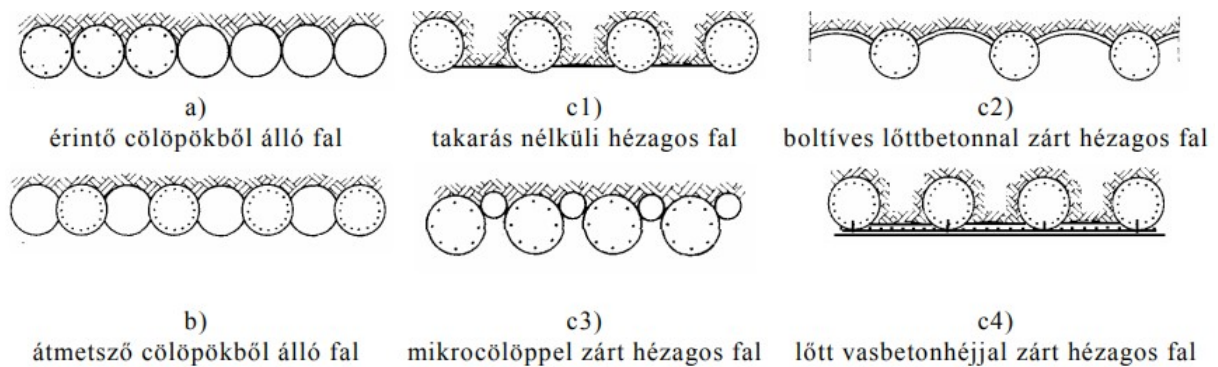
Alapvetően 3 fajta cölöpfalat különböztetünk meg egymástól. Vannak az egymást érintő cölöpök, ilyenkor szoktak alkalmazni, ha statikailag indokolt vagy hogyha a talaj nem állékony. Ilyenkor még a homokos szemcsés talajok se jönnek át a falon viszont a víz igen. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]



6.ábra: Cölöpfal (Munkatérhatárolás tervezési kérdései-munkatér határoló szerkezetek)

A második típus az egymást metsző cölöpök ezeket úgy készítik, hogy először a vasalatlan cölöpöket készítik el. Aztán nagyjából 10 cm-es beharapással a meglévő cölöpök közé elkészítik a második sort, ami már vasalt cölöpökből áll így azok már képesek felvenni a keletkező nyomtérköket. Az ilyen cölöpfalak már vízzáróak. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

A harmadik pedig a hézagos cölöpsor, amit akkor alkalmaznak, ha a talaj kellően állékony és nincs vízzárósági igény. A cölöpök közötti földre több megoldás is létezik. Valamikor nem fedik el semmivel, de ha a talaj állékonysága megkívánja, akkor lőtt betonnal betonboltívet készítenek vagy a cölöpök belső síkjába betonhéjat, amit egybe vasalnak a cölöpökkel. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]



7.ábra: Cölöptípusok (dr. Szepesházi Róbert Geotechnika)

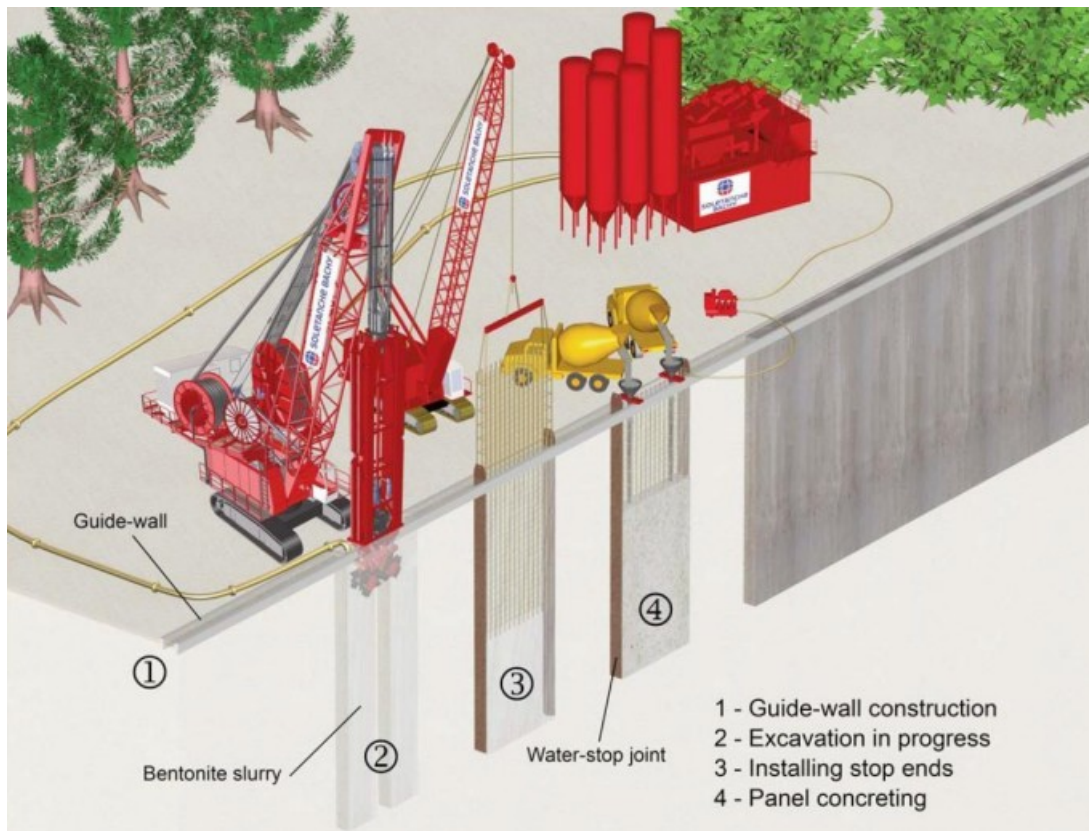
A cölöpök átmérője 50-80 cm között van és ahhoz, hogy együtt dolgozzanak szükség van egy fejgerendára, amiknek a vasalását össze kell kötni a cölöpökkel. A cölöpfalak nagyon hasonlóak a résfalakhoz pár szemszögből még jobbak is. Abból mindenképp, hogy egyszerűbb a kivitelezése, kisebb a helyigénye és foghíjbeépítésiknél nem veszélyeztetni annyira a meglévő épületet mert könnyebb a furat állékonyságát biztosítani. Viszont, ha van vízzárási igény akkor jobb választás a résfal. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

1.2.3. Résfal

A résfalak általában 40-120cm vastag vasbeton táblákból állnak, amiket nagy mélységig lehet készíteni bármilyen hosszban. A földkiemelésnél a betonitszuszpenzió biztosítja a rést a földbeomlásától. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

Földmegtámasztó szerkezetként akkor szokták használni, ha meglévő épület mellé kell építeni és van vízzárási igény. A másik opció, hogy a felszín alatti szerkezetek végleges oldalfala lesz például egy mélygaráznál. Néha lejtők stabilizálására vagy partfalaknál földmegtámasztó céllal szokták még építeni. Szokták alkalmazni utólagos vízzáráásra például gátak alatt, ahol szivárgást észlelnek vagy talajvíz szennyezés megakadályozására. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

A résfalazás egy igen költséges megoldás, ezért fontos, hogy több funkciót is ellásson. Hátránya még az is, hogy a felvonulási területe nagy helyet foglal és a hulladékként keletkezett betonitos zagy elhelyezése is problémás lehet. Ezeken kívül még hátránya, hogy megváltoztatja a felszín alatti vizek áramlását. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]



8.ábra: Résfalak építése (Munkatérhatárolás tervezési kérdései-munkatér határoló szerkezetek)

A résfal készítésekor mindig alkalmazni kell részvezető gerendát amire azért van szükség, hogy kijelölje a résfal helyét, megvezesse a résgépet, hogy függőleges maradjon és hogy a felső földréteg bizonytalan állékonyságát biztosítsa. Ezek a gerendák vasbetonból készülnek 1-2 m mélységig mennek le. Általában téglalap vagy L alakúak szoktak lenni. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

A rést speciális gépekkel készítik, aminek két alaptípusa van. Az egyik típus a markolókanalas ezek ciklikusan működnek. Merev rúdon vagy kötélén engedik bele a résbe a markolót és onnan a teherautóra a kiszedett földet. Az erőátvitel lehet mechanikus vagy hidraulikus. A másik típus a folyadékszállítású berendezés, nagy előnye a másikhoz képest, hogy folyamatos üzemmódú. Ezen belül vannak olyanok, aminél a függőleges tengelyre vannak szerelve a fogak, fűrőfejek és vannak olyanok, amiknél a vízszintes tengelyen van a marótárcsa. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

A résállékonyságot elsősorban úgy kell biztosítani, hogy egyidejűleg 5-6m-nél nagyobb tábla szakasz nem lehet nyitva. Egy ilyen táblát három fogásból szoktak kivenni, hogy a kiemelő szerkezet szimmetrikusan kapja terhelést oldalról. A zárótábla változó nagyságú szokott lenni ahhoz egy fogásból emelik ki a földet, de van, hogy a zárótáblát is háromból kell. A rézsűállékonyság másik biztosítója a résiszap, ami bentonit, vagyis montmorillonit típusú agyagféleség kb. 1,10 kg/cm³ sűrűségű a szuszpenziója. Olyan nyomással hat a földfalra, hogy ellenáll a talajnyomásnak és a talajvíz nyomásnak. Plusz egy vékony réteg keletkezik a talajon, ami megakadályozza az apró szemcsék kipergését. A résiszap, ha nincs felkeverve akkor gélszerű anyag lesz viszont, ha felkavarják akkor folyadékszerűvé válik, hogy ne akadályozza a gépek munkáját. A létrehozásához egy keverőgépet használnak, amiben a már használt rostán tisztított anyagot friss bentonittal dúsítják. Ma már környezetvédelmi okokból bentonit helyet szintetikus polimert használnak mert az utólag le tud bomlani. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

A markológépes technológiával készült réseket szakaszolni kell, hogy a táblák között megfelelő kapcsolat alakulhasson ki. Erre két megoldás létezik az általános az, amikor szakaszoló csöveket helyeznek el majd egy speciális géppel ezeket kiszakítják a betonból. Fontos, hogy ezeket a beton megkötése kezdetén kell kiszakítani. A másik megoldás egy viszonylag új technológia, ami abból áll, hogy a fal két végébe acél pallókat helyeznek el, amihez még a vízzárás növelése érdekében elhelyeznek két fűgaszalagot. A pallókat a közbenső táblák készítésekor leszedik a megszilárdult falról. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

A marótárcsás réselő gépnél nincs szükség szakaszoló csőre mert a gép le tudja fejteni a megszilárdult falról a rajta maradt talajt. Ha a fal csak vízzárásra készül akkor nincs szükség szakaszolásra, az ilyeneket zagyfálnak hívják, amik bentonit és cement keverékéből állnak. Az ilyen falak már építés közben megszilárdítják a rést később pedig kellő vízzáróságot lehet velük elérni. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

A vasszerelés egy előre megszerelt kettős háló, amit andráskereszttel merevítenek. A cölöpözéssel ellentétben itt először a armatúrát emelik be és utána betonozzák ki. A már előre megszerelt vasszerelésbe helyezik el az áttöréseket a horgonyoknak vagy éppen a falhoz csatlakozó fenéklemezt, ami a nyíróerő és a vízzáróság miatt a fontos. Ezeken kívül még a fal

felületképzését megkönnyítő lemezeket és a csatlakozási helyeken a lágy műanyagokat. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

A betonozáshoz folyós beton szükséges, hogy a vasszerelések között mindenhova eljusson a beton és hogy a résiszapban szét ne osztályozódjon. A nagyobb folyóság eléréséhez nagyobb cement adagolás szükséges. Ha hosszabb a rés akkor két betonozó tölcser kell. Betonozáskor úgy kell eljárni mintha a víz alatt betonoznánk, ami annyit takar, hogy a betonozó csőnek mindig a betonfelszín alatt kell lennie. Ez azért nagyon fontos, hogy a beton csak a felszínén érintkezzen a zaggyal és azt felfele folyamatosan szorítsa ki és ne keveredjen vele össze. A betonozás sebeségét is megfelelően kell megválasztani mert ha túl lassú akkor a zagy nem tudja biztosítani a földfal állékonyságát. Ha kellő mértékben lassú akkor a vasszerelésről a beton még le tudja tisztítani a rajta lévő zagyt. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]



9.ábra: Horgonyzott résfal (Munkatérhatárolás tervezési kérdései-munkatér határoló szerkezetek)

Ha a vízzáróság vagy a felület tekintetében különleges igények merülnek fel, akkor szoktak alkalmazni előregyártott táblákat. Ezeknek a vízzáróságát a táblák kapcsolatánál utólag injektálással érik el. A vízzáróság javítható a munkahézagokba tett gumiprofillal vagy kemény folytonos műanyagmembránnal. Ezekre főként akkor van szükség, ha valamilyen veszélyes

szennyeződést kell megállítani, mert ezek fokozzák a vízzáróságot. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

A résfal elkészülte után a fal tetején azt a részt, ahol a beton zaggyal keveredett elvésik majd ennek helyére egy fejgerenda készül, ami biztosítja a táblák együtt dolgozását. Földkiemelésnél, ha szükséges akkor a táblák felületét elvésik majd kellősitik, ezután lőtt betonnal lefedik. Amennyiben a táblák közti munkahézagoknál előfordul vízszivárgás azt a fal mögötti talajzóna injektálásával lehet megállítani. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

I.3.Horgonyok

I.3.1.Felhasználási módok

Elsősorban munkatérhatároláshoz használják, ha nincs lehetőség belső megtámasztásra. Belső megtámasztással szemben nagy előnye, hogy a belső munkatér szabad marad. Abból a szempontból is nagyon előnyös még, hogy az előfeszítésnek köszönhetően kis elmozdulásokat tesz lehetővé, így a szomszédos épületben nem keletkeznek károk. A horgonyokat szemcsés talajba a legcélszerűbb bekötni, mert ott tudják a legnagyobb horgonyerőt kifejteni. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

Lejtő stabilizáló szerkezetekhez is alkalmazzák, itt azért nagyon előnyös mert felülről lefelé könnyedén ki lehet bontani, így nem marad építés közben egyszerre nagy földfal és csökkenhető a beomlás veszélye. Továbbá nagy előnye az is, hogy ellenőrizhető a horgonyerő és a talajterhekhez, illetve a geometriához jól igazíthatóvá teszi a szerkezetet. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

Meglévő épületek megerősítésére is lehet használni, például régi aláfalazott épületeknél, de szokták még partfalaknál, támfalaknál, várfalaknál, hídfőknél, de akár jétpilléreknél is. Szóval nagyon széles körben fel lehet használni. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 15]

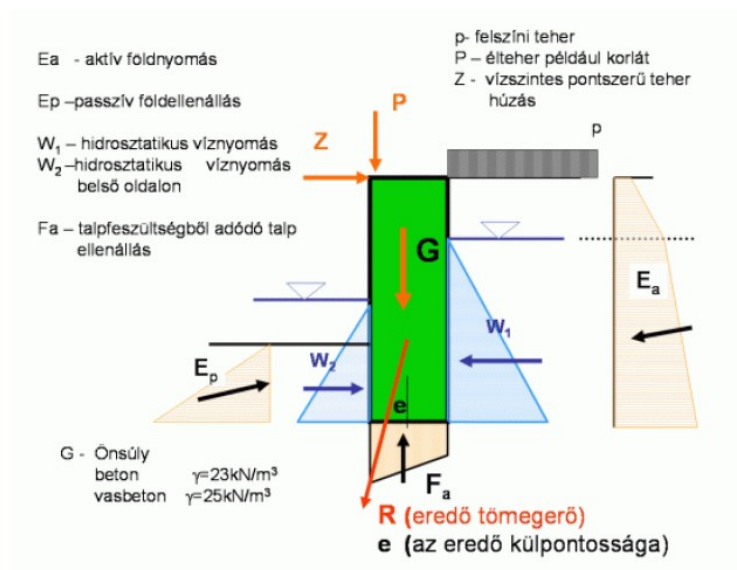
„A horgonyzott szerkezetek tervezésekor a felveendő horgonyerőből kell kiindulni, melyet a horgonyzott fal statikájából vagy a lejtőállékonyság vizsgálata alapján lehet meghatározni. A méretezés során biztosítani kell, hogy

- a horgonyszár a húzóerő felvételére képes legyen, ehhez az acélszerkezeti szabványok alapján kell meghatározni a keresztmetszetét,

- a befogási szakaszon a horgonyerő átadódhasson a talajra, ehhez ennek hosszát kell felvenni a tapasztalati fajlagos ellenállásadatok alapján,
- a teljes (fal-horgony) rendszer (külső) stabilitása meglegyen, amihez a teljes horgonyhosszat kell megfelelő hosszúságúra választani” [1]

I.4. Támszerkezetek méretezése

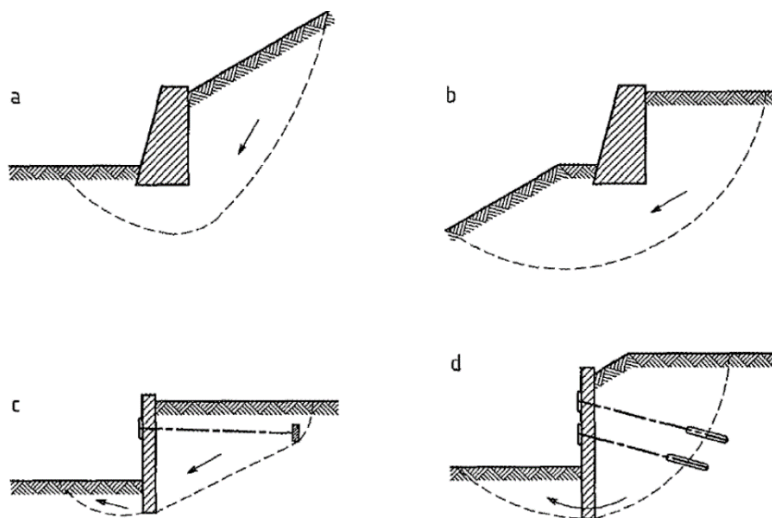
I.4.1. Támszerkezetekre ható erők



10.ábra: Támszerkezetekre ható erők

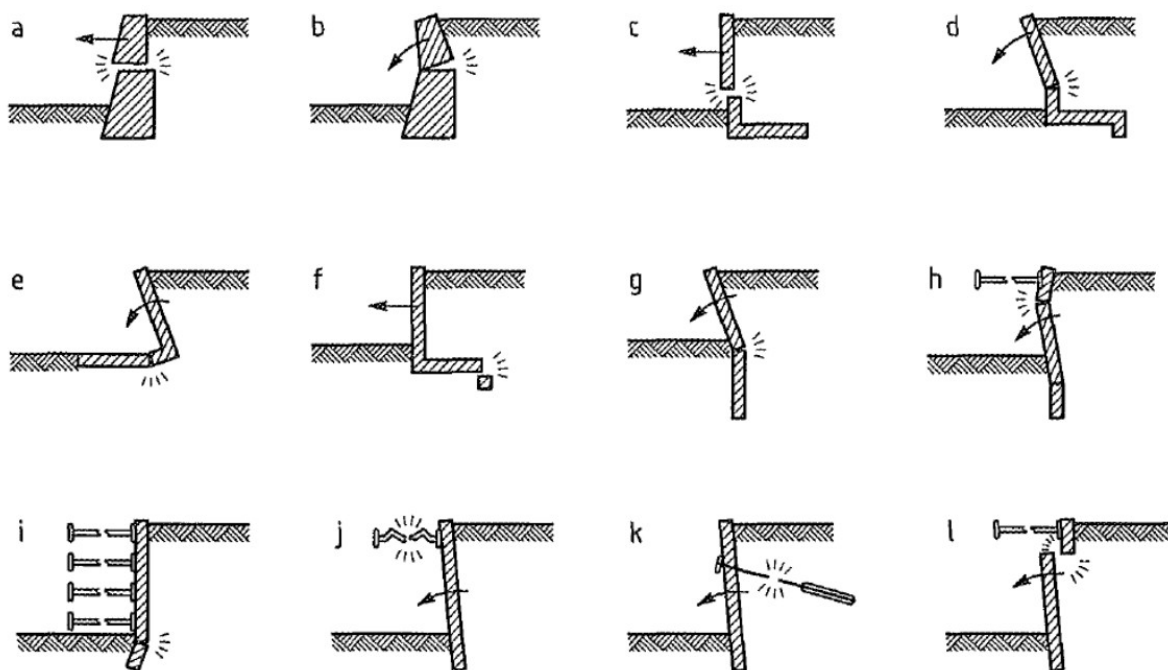
I.4.2. Teherbírési határállapotok

GEO határállapot: talajtörés, a talaj túlzott alakváltozása, általános állékonyság elvesztése. [2]



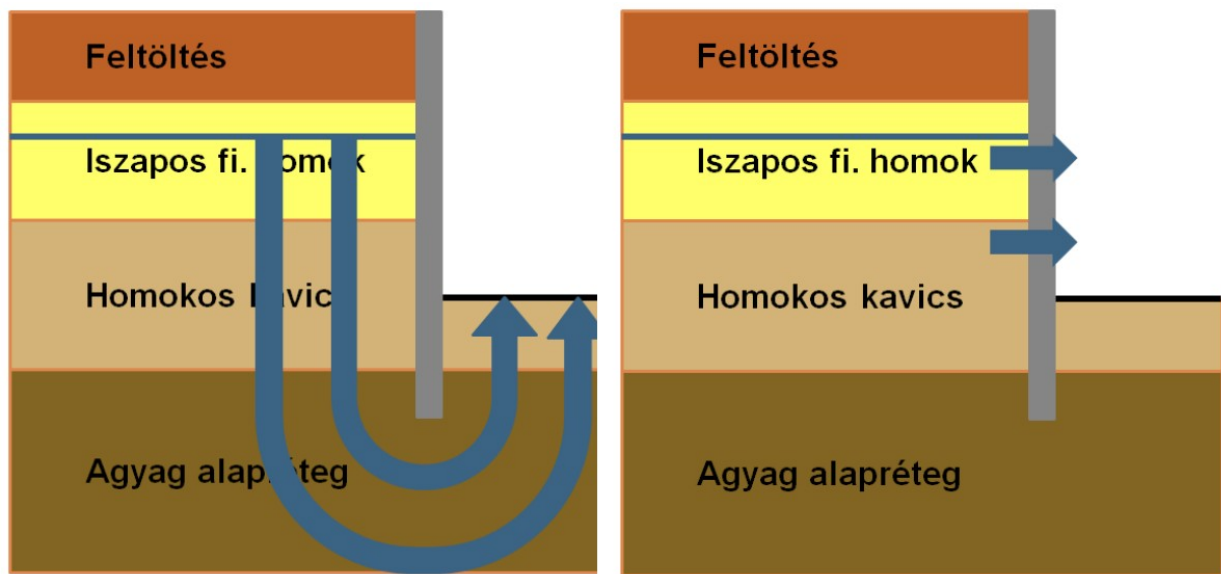
11.ábra: GEO állékonyság elvesztése (Támszerkezetek I.)

STR határállapot: Tartószerkezeti tönkremenetel vagy annak túlzott alakváltozása.



12.ábra: STR állékonyság elvesztése (Támszerkezetek I.)

„HYD határállapot: hidraulikus talajtörés nagy hidraulikus gradiens által a talajban okozott felszakadás, belső erózió vagy buzgárosodás formájában.” [2]



13.ábra: HYD teherbírási határállapot (Támszerkezetek I.)

„UPL határállapot: a tartószerkezet vagy a talaj felúszás folytán bekövetkező egyensúly vesztese a víznyomás vagy más függőleges hatás miatt” [2]

„EQU határállapot: a helyzeti állékonyság elvesztése az egyetlen merev testnek tekintett tartószerkezet vagy talajtömb helyzetének olyan lényeges és gyors megváltozása, melynek bekövetkezésekor az ellenállást a szerkezeti anyagok és a talaj szilárdsága jelentősen befolyásolja.” [2]

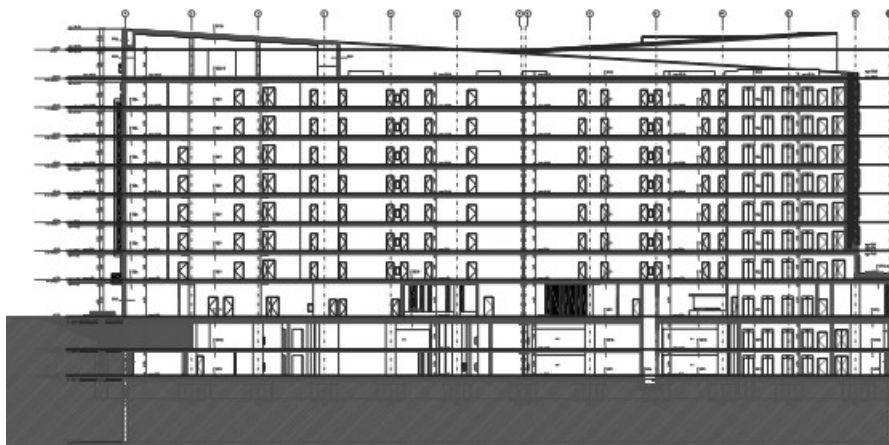
II. Helyszíni viszonyok, tervezett épület leírása

A tervezési terület Budapest 8. kerületében, a Kerepesi út és a Dózsa György út kereszteződésében, a Kerepesi út és a Stróbl Alajos utca között található. Korábban csarnokokkal és irodaházakkal volt beépítve, de ezeket mára a terepszintig lebontották. Jelenleg a terepet a lebontott épületek padlói, illetve térburkolatai fedik. A terep geomorfológiailag síknak tekinthető, átlagosan 114,80-115,80 tengerszint feletti a magassága. [20]



14.ábra: Helyszín (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

Ezen a területen egy monolit vasbeton vázas szerkezetű, kb. 32,50 m magas, 2 pinceszinttel és 8 terepszint feletti szinttel, iroda- és szállodaépületet terveznek építeni. 9800 négyzetméter lesz a pinceszint alapterülete. Az épület pillérterhelése jellemzően 4000-14000 kN között várható, a maximális pillérterhelés pedig eléri a 17000 kN-t. [20]



15.ábra: Épületről való metszett (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

II.1. Geotechnikai kategória

A Magyar Mérnöki Kamara Geotechnikai Tagozata által kiállított segédlet alapján lett meghatározva a tervezési feladatnak a geotechnikai kategóriába való besorolása. Az új EC7 alapú geotechnikai dokumentációk tartalmi követelményeit betartó munkarészekhez, a mérnöki és vizsgálati ráfordítások összeállításához, tervfázisonként c. kiadványában lévő pontozásos rendszer alapján lett elvégezve. A következő táblázatban látszik a pontszámítás bemutatása, ami alapján meghatározzuk az épületek, építmények geotechnikai tervezési feladatainak kategóriába sorolását: [20]

1. táblázat: Pontszámítás bemutatása (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

Szempont		Referencia érték			Pont
Geotechnikai adottságok	terephajlás	<10 % 0 pont	10-25 % 1 pont	>25 % 3 pont	0
	rétegződés változékonysága	homogén 0 pont	egyenletes 2 pont	változó 5 pont	2
	altalaj mechanikai tulajdonságai	jó 0 pont	átlagos 2 pont	gyenge 5 pont	0
	talaj- és rétegvíz viszonyok	>5 m 0 pont	2-5 m 2 pont	<2 m 5 pont	0
	mocsaras és bel- vagy árvízveszélyes terület 0 vagy 5 pont				0
	létesítményt befolyásoló vastagságban feltöltött terület, visszatöltött bányaterület 0 vagy 5 pont				0
Létesítmény adottságok	létesítmény alapterülete	<1000 m ² 0 pont	1000-10 000 m ² 1 pont	>10 000 m ² 3 pont	1
	fesztáv	<6 m 0 pont	6-10 m 2 pont	>10 m 5 pont	2
	épületmagasság	<6 m 0 pont	6-20 m 2 pont	>20 m 5 pont	5
	munkagödör mélysége	<2 m 0 pont	2-5 m 2 pont	>5 m 5 pont	5
	létesítmény megvalósításához kapcsolódó tereprendezés (töltés, bevágás) mértéke	<5 m 0 pont	5-10 m 1 pont	>10 m 3 pont	1
	támfalak, befogott földmegtámasztó szerkezetek magassága	<2 m 0 pont	2-5 m 2 pont	>5 m 5 pont	2
	meglévő létesítményre közvetlenül gyakorolt hatás, zárt sorú épületcsatlakozás 0 vagy 5 pont				0
	süllyedésérzékenység vagy jelentősen változó terhelési viszonyok 0 vagy 5 pont				0
	speciális ipari műtárgyak, magas súlypontú létesítmények, tornyok, silók, földalatti és vízepítési műtárgyak 0 vagy 5 pont				0
	Összes pont				18

2.táblázat: Geotechnikai kategória (Petik Kft. Talajvizsgáló jelentés)

Pontszám alapján történő besorolás	
1. geotechnikai kategória	0 – 4 pont
2. geotechnikai kategória	5 – 20 pont
3. geotechnikai kategória	21 pont felett

A besorolás összpontszáma **18** pont lett, amiből az következik, hogy a tervezési feladat az alkalmazásra kerülő geotechnikai megoldások és környezeti kölcsönhatások figyelembevételével „2.” geotechnikai kategóriába sorolható[20]

II.2. Geológiai viszonyok, törések, vetők, bányaművelés,
terület értékelése csúszásveszélyesség ill. barlangtani
szempontok alapján

A terület felszínén újholocén homok és homokos kavics található. A felszín alatti alapkőzet felsőmiocén szarmata összlet, homokos agyag és agyagmárga van jelen. Ezeket az információkat Budapest földtani térképe és a geológiai szakirodalomból tudtuk meg.

A terület geomorfológiai, geológiai és hidrogeológiai viszonyait figyelembe véve üregek, barlangok, valamint felszínmozgások előfordulása nem valószínű. [20]



16. ábra: Budapest fedetlen földtani térképe-részlet (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)



17. ábra: Budapest fedett földtani térképe-részlet (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

II.3.Talaj- és talajvízviszonyok

II.3.1.Talajfeltérési jellemzők

Ahhoz, hogy az adott terület talaj és talajvíz adottságait megismerjük, a korábbi vizsgálatok mellett még szükség volt 4 db 30 m mély CPT szondázásra és 2 db 20 m mély nagy átmérőjű fúrásra. Ezek a feltérások 2019.március 29-én és április 4.-én készültek. A két fúrás közül az egyik elérte a kívánt mélységet míg a másik 14,3 méter mélyen elakadt kemény cementált rétegben. A CPT szondák is hasonló mélységig tudtak csak lemenni 11,1-15,8 méter között azok is elakadtak. A 4 db elkészülte után készült egy ötödik is de az is ezen a mélységen nem jutott túl. [20]

A korábbi szakvélemény 2010.11.24-25.-én készült 2 db, 5-8 m hosszú, BORRO típusú kisátmérőjű, 2 db, 20-20 m hosszú nagyátmérőjű ($\Phi 180$ mm) talajmechanikai fúrást; 2 db, 6,5-15 m hosszú CPT statikus szondát és 3 db, 0,6-15,6 m hosszú dinamikus szonda volt alkalmazva. (A szondák, a tervezett mélység előtt, többségében elakadtak.) [20]

A vizsgált pontoknak a magassági szintezéssel, abszolút Balti feletti rendszerben lett meghatározva, a geodézia felmérés alapján. „A talajmechanikai laboratóriumi vizsgálatok 2019. április 1. és 5. között készültek a Farkas Geotechnikai Szakértői és Laboratóriumi Kft. laboratóriumában. A vízminták vizsgálata a Reg-Info Kft. laboratóriumában lettek elkészítve.” [20]

„A helyszíni feltérásoknál használt eszközök:

- Kis átmérőjű ($\Phi 80-50-40$ mm) fúrógép típusa: Borro - Stihl 08 (Svéd gyártmány)

- Nagy átmérőjű fúrógép típusa: UGB-IVSZU

A nagyátmérőjű (180 mm) fúrásokat MAN teherautóra szerelt UGB-IVSZU fúróberendezéssel lett elkészítve, száraz technológiával.

- CPTu szonda típusa: ENVI (Svéd gyártmány) /2010/

A szondázást ENVI rudazattal, ENVI Memocone II mérőfejjel volt megcsinálva, mely biztosítja mind a csúcscellenállás, mind a köpenysúrlódás, valamint a pórusvíznyomás rögzítését.

- CPTu szonda típusa: Geomil típusú 3 tengelyes tehergépjárműre szerelt berendezés, mely biztosítja mind a csúcscellenállás, mind a köpenysúrlódás, valamint a pórusvíznyomás rögzítését.

- DPH Nehéz dinamikus verőszonda típusa: Sedidril (Német gyártmány) A nehéz dinamikus verőszondázást a szabványos 50 kg súlyú 50 cm magasságról ejtett verőkossal lett elvégezve. Az ütésszámok a 20 cm behatoláshoz lettek rögzítve.” [20]

A talajmintákat meleg, száraz időben vették, a zavart minták műanyag zacskóba csomagolták két rétegbe. Ezután a zavart mintákat pvc hengerekbe elhelyezték, amiknek a végét lezárták, amely vízzáróvá tette a hengert. A hengerek rövid időn belül a fúrás után elszállították egy gépjárművel a laboratóriumba. A laboratóriumban a vett mintákat szabványok előírása szerint kezelték, tárolták míg a vizsgálatok el nem kezdődtek rajtuk. A vizsgálatok a jelenleg érvényben lévő szabványok szerint lettek elvégezve. [20]

3.táblázat: Talajmintavételi jegyzőkönyv (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

Feltárás jele	Terepszint (mBf)	Mélység (m)	Dátum
1F	114,89	18,0	2007.11.18.
2F	115,48	18,0	2007.11.18.
3F	115,60	18,0	2007.11.18.
11UF	115,15	20,0	2010.11.24.
1KF	115,32	5,0	2010.11.24.
2KF	115,41	8,0	2010.11.24.
D1	115,24	8,0 (elakadt)	2007.11.16.
D2	115,93	15,4 (elakadt)	2007.11.16.
D3	115,70	6,0 (elakadt)	2007.11.16.
D4	115,70	6,2 (elakadt)	2007.11.16.
11UDSz	115,73	15,6 (elakadt)	2010.11.24.
1rCPT	115,76	15,0	2010.11.24.
2rCPT	115,67	6,4 (elakadt)	2010.11.24.
10 F	115,63	20,1	2019.03.29.
11 F	115,36	14,3 (elakadt)	2019.03.29.
10 CPT	114,85	14,02 (elakadt)	2019.04.04.
11 CPT	115,18	14,62 (elakadt)	2019.04.04.
12 CPT	115,99	11,16 (elakadt)	2019.04.04.
13 CPT	115,95	15,82 (elakadt)	2019.04.04.
14 CPT	115,72	15,28 (elakadt)	2019.04.04.

4.táblázat: Mintavételek (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

<i>mintavételezés kimutatása /2019/</i>	
zavart minta	34 db
zavartalan minta	0 db
vízminta	2 db

5.táblázat: Labor vizsgálatok (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

<i>laboratóriumi vizsgálatok kimutatása /2019/</i>	
vizsgálat	darabszám
Víztartalom meghatározás	19 db
Szemeloszlás vizsgálat	6 db
Atterberg határok meghatározása	11 db
Egyirányú nyomóvizsgálat	3 db
Közvetlen nyírókísérlet	3 db
Kompressziós vizsgálat	3 db

A CPTu szondadiagramot használva megtudhatjuk a fajlagos csúcsellenállást, amiből ki tudjuk következtetni, hogy a szemcsés talajoknak mekkora a tömörsége. Továbbá meg lehet állapítani kötött talajok esetén, hogy milyen a konzisztenciája és tapasztalati diagrammok alapján meg lehet tudni a vizsgált talaj fajtáját (pl. Robertson-féle talajosztályozás). „Szemcsés talaj esetén, amennyiben a q_c (csúcsellenállás) $\geq 20,0 \text{ MN/m}^2$, akkor a talaj nagyon tömör állapotú. Kötött talaj esetén, ha a $q_c \geq 2,5 \text{ MN/m}^2$, akkor a talaj nagyon kemény konzisztenciájú.” [20]

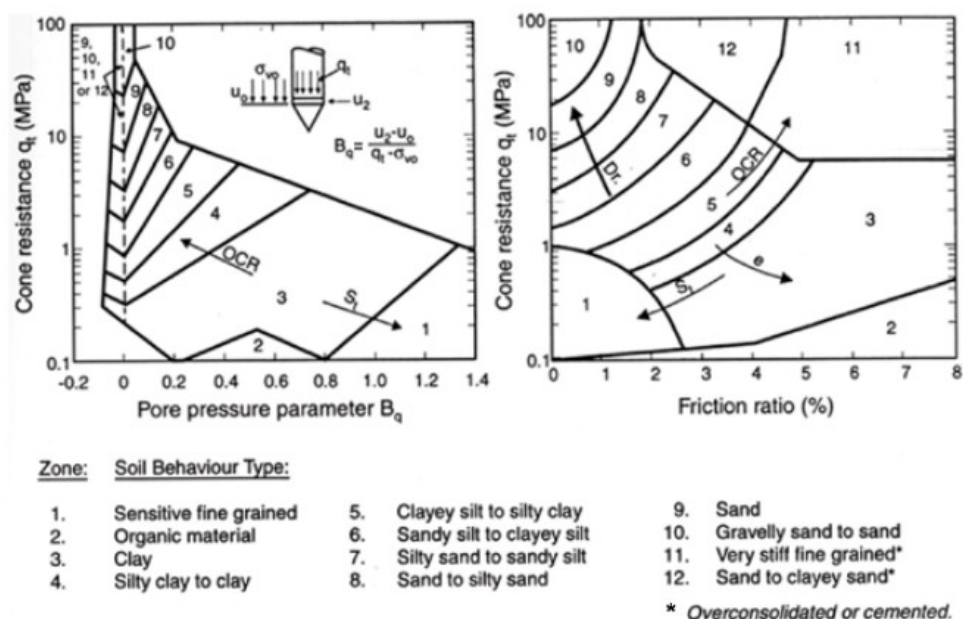


Fig. 3 – Proposed soil classification chart from piezocone data by Robertson et al. 1986.

18.ábra: Javasolt talajosztályok (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

„A dinamikus szondázások mért értékeiből számítható, illetve becsülhető talajfizikai jellemzők és levonható következtetések:” [20]

6.táblázat: Talajfizikai paraméterek dinamikus szondák alapján (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

N ₂₀	Finom homok (száraz)	Finom homok (telített)	Homok	Kavicsos homok
10	E _s =12 MPa	E _s =8 MPa	E _s =17 MPa	E _s =25 MPa
20	E _s =21 MPa	E _s =15 MPa	E _s =28 MPa	E _s =40 MPa
40	E _s =31 MPa	E _s =26 MPa	E _s =43 MPa	E _s =59 MPa
60	E _s =36 MPa	E _s =31 MPa	E _s =50 MPa	E _s =67 MPa

7.táblázat: Talajfizikai paraméterek dinamikus szondák alapján (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

	Homok	Kavicsos homok	Homokos kavics
laza	N ₂₀ =1 – 6	N ₂₀ =1 – 10	N ₂₀ =1 – 14
középtömör	N ₂₀ =7 – 40	N ₂₀ =11 – 45	N ₂₀ =15 – 50
tömör	N ₂₀ =41 – 100	N ₂₀ =46 – 100	N ₂₀ =51 – 100

8.táblázat: Talajfizikai paraméterek dinamikus szondák alapján (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

N ₂₀	Belső súrlódási szög
2	26°
10	30°
25	35°
70	40°

II.3.2.Talajviszonyok

A felszínen változó feltöltés található 0,8-1,6 m mélységig, észlelni lehet benne szürkésbarna-sötétbarna vegyes téglá-, építési törmelékes kavicsos salakos homokot. Az ez alatt lévő réteg nagyjából 5,0-8,0 mélységig változó színű, tömegszázalékos összetételét tekintve is változatos iszap és kavics tartalmú, homokot lehet felfedezni. Ezután következik 7,5-13,2 m mélységig sárgásbarna-barnásszürke homokos kavics - kavicsos homokot tartalmazó réteg, ami nagyon tömör. Végül pedig 14,3-20,0 m mélységig, a fúrások talppontjáig bezáróan, „különböző plaszticitású, helyenként homokosabb, iszaposabb részekkel rétegtelt agyag jelentkezett, melyben 14 méteres mélység környezetében egy erősen cementálódott, nagyon kemény réteg” jelentkezett, ahol a szondák el is akadtak. [20]

„A szemcsés rétegeket a dinamikus szondák alapján is lehet minősíteni, amelyek szerint a feltöltés inhomogén, laza-közepesen tömör ($N_{20} = 2-24$), az alatta lévő homok rétegek jellemzően közepesen tömörek ($N_{20} = 10-20$), míg az ez alatt lévő homokos kavics-kavicsos homok tömör; sok helyen rendkívül tömör; cementálódott állapotú ($N_{20} = 40- 300$). Ebben a rétegben a szondák egy része el is akadt.

A CPT szondák is jól mutatják a homokos kavicsrétegek tömörségét, amely alatti agyag, jól elkülöníthetően, $q_c = 5$ MPa átlagos csúcsellenállás értékeket mutat.

A feltárt talajok talajfizikai jellemzőit a laboratóriumi vizsgálatok, illetve a szondázások eredményei, továbbá a terület környezetében végzett korábbi vizsgálatok és tapasztalatok alapján, a következő táblázatokban van megadva.” [20]

9.táblázat: Homokos feltöltés talajfizikai jellemzői (Petik Kft. Talajvizsgálóati jelentés)

vegyes téglá-, építési törmelékes kavicsos salakos homokos feltöltés (Mg)	
alapozásra alkalmatlan	
nedves térfogatsűrűség	$\rho_n = 1,6-1,8 \text{ t/m}^3$
víztartalom	$w_0 = 8-10 \%$
kavics, törmelék Gr	20-25 %
homok Sa	70-80 %
iszap Si	1-5 %
agyag Cl	0 %
egyenlőtlenségi mutató	$C_u = 2-8$
súrlódási szög	$\varphi = 28-32^\circ$
kohézió	$c = 0 \text{ kPa}$
összenyomódási modulus	$E_s = 10-14 \text{ MN/m}^2$

10.táblázat: Homok talajfizikai jellemzői (Petik Kft. Talajvizsgálóati jelentés)

Homok (Sa)	
alapozásra alkalmas	
közepesen tömör	
nedves térfogatsűrűség	$\rho_n = 1,6-1,8 \text{ t/m}^3$
víztartalom	$w_0 = 5-7 \%$
kavics Gr	0-5 %
homok Sa	94-98 %

iszap Si	0-1 %
agyag Cl	0-4 %
egyenlőtlenségi mutató	$C_u = 2-3$
súrlódási szög	$\varphi = 27-30^\circ$
kohézió	$c = 0 \text{ kPa}$
összenyomódási modulus	$E_s = 14-18 \text{ MN/m}^2$

11.táblázat: Homokos kavics talajfizikai jellemzői (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

Homokos kavics – kavicsos homok (saGr - grSa)	
alapozásra alkalmas	
tömör	
nedves térfogatsűrűség	$\rho_n = 1,9 - 2,1 \text{ t/m}^3$
víztartalom	$w_0 = 4-10 \%$
kavics Gr	39-53 %
homok Sa	46-60 %
iszap Si	0-5 %
agyag Cl	0-1 %
egyenlőtlenségi mutató	$C_u = 12-23$
súrlódási szög	$\varphi = 33-36^\circ$
kohézió	$c = 0 \text{ kPa}$
összenyomódási modulus	$E_s = 45-60 \text{ MN/m}^2$

12.táblázat: Agyag talajfizikai jellemzői (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

agyag (Cl)	
alapozásra alkalmas	
gyúrható-merev – közepes-nagy plaszticitású	
nedves térfogatsűrűség	$\rho_n = 1,99-2,06 \text{ t/m}^3$
víztartalom	$w_0 = 20-25 \%$
folyási határ	$w_L = 34-63 \%$
sodrasi határ	$w_p = 20-25 \%$
plasztikus index	$I_p = 15-37 \%$
konzisztencia index	$I_c = 0,66-1,10$
súrlódási szög	$\varphi = 16-18^\circ$
kohézió	$c = 28-61 \text{ kPa}$
összenyomódási modulus	$E_s = 7,7-9,5 \text{ MN/m}^2$
egyirányú nyomószilárdság	$q_u = 76-161 \text{ kPa}$
drénezetlen nyírószilárdság	$c_u = 38-80 \text{ kPa}$

13.táblázat: Agyag részben cementálódott réteg talajfizikai jellemzői (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

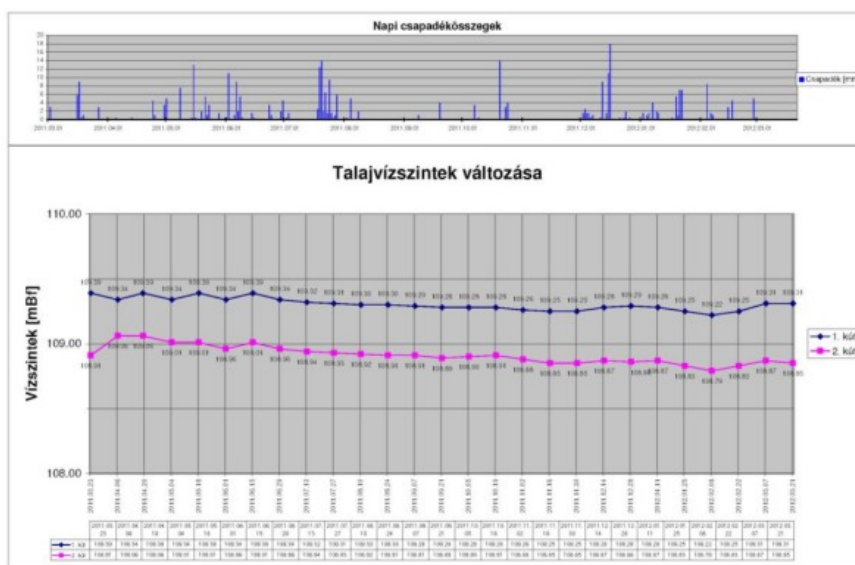
agyag (Cl)	
alapozásra alkalmas	
kemény – közepes-nagy plaszticitású – részben cementálódott réteg	
nedves térfogatsűrűség	$\rho_n = 2,10-2,15 \text{ t/m}^3$
víztartalom	$w_0 = 14-17 \%$

follyási határ	$w_L = 34-44 \%$
sodrasi határ	$w_p = 20-22 \%$
plasztikus index	$I_p = 15-22 \%$
konzisztencia index	$I_c = 1,12-1,35$
súrlódási szög	$\varphi = 26-28^\circ$
kohézió	$c = 85-105 \text{ kPa}$
összenyomódási modulus	$E_s = 18-20 \text{ MN/m}^2$
egyirányú nyomószilárdság	$q_u = 300-350 \text{ kPa}$
drénezetlen nyírószilárdság	$c_u = 150-175 \text{ kPa}$

II.3.3. Talajvíz viszonyok

A talajvíz a korábban lemélyített fúrásoknál a terepszint alatt 6,2-7,8 m (~107,8-108,8 mBf) mélységekben volt észlelhető 2007. novemberébe. Az újabb fúrásoknál 5,8-8,1 m között lehetett észlelni és 5,0-6,9 m-en (~108,5-110,7 mBf) állandósult 2010. novemberébe. [20]

„A jelenlegi (2019. március 29.) fúrásokban a talajvíz a felszín alatt 6,3-6,7 méteres mélységek között állandósult, ami 108,93 – 109,06 mBf szintnek felel meg. A területen korábban – 2011. márciusában – 2 db talajvízszint észlelő kutat telepítettek, melyeket 1 éven keresztül 2 hetes rendszerességgel volt ellenőrizve. A mérési eredmények alapján megállapítható, hogy a 2011. március és 2012. március közötti időszakban a talajvízszint és a két kút közötti vízszintkülönbség a területen gyakorlatilag állandó volt, illetve folyamatosan csökkent 2012. februárig, majd emelkedni kezdett. A maximális vízszintingadozás az 1. kútban 17 cm (109,22 – 109,39 mBf), a 2. kútban 27 cm (108,79 – 109,06 mBf) volt a megfigyelt időszakban. A Budapest XI., illetve XVIII. kerületeiben lévő I-1 automata meteorológiai állomás által mért napi csapadékösszegeinek átlaga is fel van tüntetve a táblázatban” [20]



19.ábra: Talajvízszintek változása (Petik Kft. Talajvizsgáló jelentés)

„A területen a becsült maximális talajvízszintet a jelen és korábbi vizsgálati eredmények, valamint Budapest Építéshidrológiai Atlasza alapján a 112,30 mBf, míg a mértékadó talajvízszintet a 112,80 mBf szinten lett megadva. A területen vett talajvíz mintákon végzett vegyvizsgáló eredmények alapján a talajvíz beton műtárgyakra enyhén agresszív, XA1 agresszivitási osztályba sorolható az MSZ 4798-1:2016 szerint. „[20]

A korábbi laboratóriumi vizsgálatok eredményei:

SO4 2- : 190-480 mg/l

Cl-: 47-310 mg/l

pH: 7,0-7,2 – Megjegyzés, hogy a 13 NF fúrásban erősen lúgos kémhatású volt (pH=10,96 !!!) a talajvíz.

A jelenlegi fúrásokból vett vízminta laboratóriumi vizsgálatainak eredményei:

SO4 2- : 155 mg/l

Cl: 102 mg/l

pH: 7,25



20.ábra: Budapest Építéshidrológiai Atlasza-részlet (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

II.3.4. Talajok fagyérzékenysége, tömöríthetősége, fejtési osztálya

14.táblázat: Fagyérzékenység (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

Fagyérzékenység	
talaj megnevezése	osztály
<i>Homok (Sa)</i>	Fagyveszélyes X-3
<i>Homokos kavics – kavicsos homok (saGr - grSa)</i>	Fagyálló X-1
<i>agyag (Cl)</i>	Fagyérzékeny X-2

15.táblázat: Tömöríthetőség szemeloszlás alapján (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

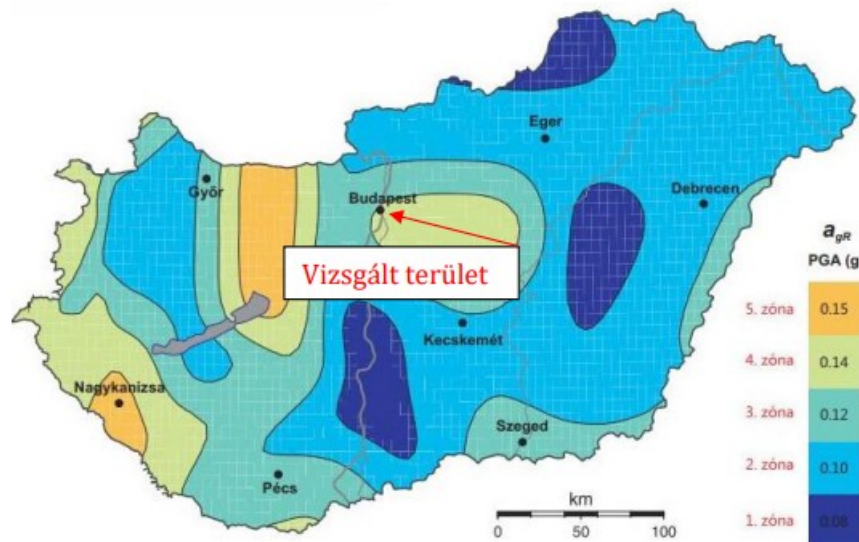
Tömöríthetőség szemeloszlás alapján	
talaj megnevezése	osztály
<i>Homok (Sa)</i>	Közepesen tömöríthető T-2
<i>Homokos kavics – kavicsos homok (saGr - grSa)</i>	Jól tömöríthető T-1
<i>agyag (Cl)</i>	Nehezen tömöríthető T-3

16.táblázat: Fejtési osztály (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

Fejtési osztály	
talaj megnevezése	osztály
<i>Homok (Sa)</i>	F-I
<i>Homokos kavics – kavicsos homok (saGr - grSa)</i>	F-II – F-III
<i>agyag (Cl)</i>	F-IV – F-V

II.3.5. Szeizmikus viszonyok

„Földrengés tekintetében, a vizsgált területen a szabvány szerint a figyelembe veendő csúcsgyorsulás értéke $a_{gR} = 0,14g = 0,14 \times 9,81 = 1,37 \text{ m/s}^2$, míg az altalaj C osztályba sorolható.” [20]



21.ábra: Magyarország szeizmikus térképe (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

„(Az a_{gR} a horizontális gyorsulás relatív értéke az A típusú alapkőzeten, g egységben, az adott területen, 50 évre, 10% meghaladási valószínűség és 1/475 év gyakoriság – 475 éves „visszatérési periódus” – mellett. Magyarországon nem tilos ezen érték 70%-ával számolni, ami 10% helyett 30% meghaladási valószínűséget jelent. a_{gR} -t még meg kell szorozni a vizsgálandó objektum γI fontossági tényezőjével is).” [20]

II.4. Összefoglalás

A talajvizsgálati jelentés legfontosabb pontjai itt láthatóak röviden összefoglalva:

- A vizsgált létesítmény „2” -es geotechnikai kategóriába lett sorolva a vizsgálat elején. Ezt az elvégzett vizsgálatok után sem kell megváltoztatni. [20]
- A tervezett épület talajmechanika alapján megépíthető. [20]

„- A felszínt borító alapozásra alkalmatlan feltöltés alatt alapozásra alkalmas homok, homokos kavics és agyag rétegek vannak.” [20]

„- A területen a becsült maximális talajvízszint a 112,30 mBf, míg a mértékadó talajvízszint a 112,80 mBf szint.” [20]

„- A talajvíz a területen enyhén agresszív (XA1), ezért a talajvízzel érintkező beton és vasbeton szerkezetek talajvíz agresszivitás elleni védelme szükséges.” [20]

- „ $agR = 1,37 \text{ m/s}^2$, altalaj: C osztály.” [20]

II.5. Alapozás

A tervezett létesítmény alapozásához szükséges kiemelési szint körülbelül -9,0 méter lesz tehát mélyalapozásként lemezzel együtt dolgozó cölöpalapot érdemes tervezni. Mivel az alaplemez alsó síkja alatt kevésbé teherbíró talaj helyezkedik el, vagyis egy jobban összenyomódó agyagréteg található ezért önmagában nem képes az alaplemez felvenni nagy pillér terhelést. Ebből következik, hogy szükség van cölöpökkel való megerősítésre. A területen lemezalapozásra alkalmas talajréteg 5-8 méter mélyen fekvő homokos kavics, aminek a teherbírása kiváló. Az alap süllyedését, illetve teherbírását a tervezésnél alkalmazható talajfizikai paraméterek, talajfizikai jellemzők alapján összeállított táblázatok szerint lehet méretezni. A cölöpök pedig a CPT diagrammok alapján tervezhetők. A közlekedési utak, parkolók alá ágyazat beépítés szükséges, amit a használati terhek alapján kell méretezni. Az ágyazathoz kiviteli terv elkészítése szükséges, amin szerepelnie kell a különböző rétegek vastagságának, anyag és a teherbírásának jellemző értékeinek. Fontos, hogy ezt úgy kell elkészíteni, hogy a kivitelezés során ellenőrizhető legyen. [20]

II.6. Szigetelés

Az létesítményt a mértékadó talajvízszintig víznyomás, felette talajnedvesség és talajpára elleni szigeteléssel el kell látni. [20]

II.7. Munkatérhatárolás, víztelenítés

Ha figyelembe vesszük a talajvízszintet, illetve az alapozás és a mélygarázs szintek munkagödrét, akkor munkatérhatárolásnak egy agyagba befogott vízzáró résfalas oldalhatárolás a legjobb választás. A résfalak a terepszinthez képest mélyebbről is indíthatók, de ügyelni kell arra, hogy a várható építési vízszint alól már ne. Ennél az esetnél a felettük lévő földtömeget részsűsen kell kialakítani vagy ha szükséges egyéb módokon megtámasztani

(pl. szögezett lött-betonnal). A kiemelésénél számítani kell a talajvíz megjelenésére, de a munkagödör kiemelésével párhuzamosan szivattyúzással eltávolítható a vízzáró oldalhatárolás mellett. Az agyagrétegben egyébként sok helyen felfedezhető homokos, kavicsos talaj. Ezért vízzárás szempontjából inhomogén a talaj. Ezt nagyobb befogási hosszal lehet orvosolni tehát erre fokozottan kell figyelni. Az eddig említett körülmények okán, az épület végleges állapotában számítani kell jelentősebb mennyiségű víz beszivárgására a résfal alatt. A létesítmény körül a csapadék vagy máshonnan érkező vizeket össze kell gyűjteni és el kell vezetni, az építés közben és az épület végleges állapotában is. Érdeemes ennek érdekében az épület körül járda és burkolt vízelvezető árkok kialakítása. [20]

II.8.Tervezésnél alkalmazható talajfizikai paraméterek

A feltárt talajrétegek esetében az alábbi karakterisztikus értékekkel érdemes tervezni. A felvett értékek az adott talajzóna átlagára vonatkoznak.

17.táblázat: Homokos feltöltésre vonatkozó mértékadó paraméterek (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

vegyes téglá-, építési törmelékes kavicsos salakos homokos feltöltés (Mg)	
Belső súrlódási szög	$\phi_k = 27^\circ$
Kohézió	$c_k = 5 \text{ kPa}$
Összenyomódási modulus	$E_{sk} = 10 \text{ MN/m}^2$

18.táblázat: Homokra vonatkozó mértékadó paraméterek (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

Homok (Sa)	
Belső súrlódási szög	$\phi_k = 28^\circ$
Kohézió	$c_k = 0 \text{ kPa}$
Összenyomódási modulus	$E_{sk} = 15 \text{ MN/m}^2$

19.táblázat: Homokos kavicsra vonatkozó mértékadó paraméterek (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

Homokos kavics – kavicsos homok (saGr - grSa)	
Belső súrlódási szög	$\phi_k = 34^\circ$
Kohézió	$c_k = 0 \text{ kPa}$
Összenyomódási modulus	$E_{sk} = 45 \text{ MN/m}^2$

20.táblázat: Agyagra vonatkozó mértékadó paraméterek (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

Agyag (Cl)	
Belső súrlódási szög	$\phi_k = 16^\circ$
Kohézió	$c_k = 40 \text{ kPa}$
Összenyomódási modulus	$E_{sk} = 8 \text{ MN/m}^2$
drénezetlen nyírószilárdság karakterisztikus értéke	$c_{u,k} = 60 \text{ kN/m}^2$

21.táblázat: Agyag részben cementálódott rétegre vonatkozó mértékadó paraméterek (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

Agyag (Cl) – kemény, részben cementálódott	
Belső súrlódási szög	$\phi_k = 26^\circ$
Kohézió	$c_k = 60 \text{ kPa}$
Összenyomódási modulus	$E_{sk} = 17 \text{ MN/m}^2$
drénezetlen nyírószilárdság karakterisztikus értéke	$c_{u,k} = 120 \text{ kN/m}^2$

III. Számítás

III.1. Résfal beépítésének az indoklása

Azért esett a befogott falakon belül a résfalra a választás a munkatérhatárolásra mert a szádfal bár kiváló vízzáróságot biztosít, de a dinamikus hatás miatt nem lehet használni. A cölöpfal pedig azért nem alkalmas elsősorban mert a vízzárósága nem megfelelő és bár végleges szerkezetként bent maradna, nem lehetne használni a mélygarázs végleges oldalfalának. Ezekkel szemben a résfal vízzáróságot biztosít és a két szintes mélygarázs oldalfalaként is tud szolgálni. Ha pedig a felszerkezet úgy kívánja akkor akár a földszint alaplemezt is rá lehet részben terhelni a résfallyal egy síkban futó falakkal együtt.

III.2. A szerkezethez felhasznált anyagok

III.2.1. Betonminőség

A betonminőségét az MSZ EN 4798:2016 szabványa szerint határoztam meg. A résfalhoz alkalmazott nyomó szilárdsági osztály C30/37. Tervezésnél a biztonság javára C20/25-tel fogok számolni. A környezeti osztályba sorolásnál figyelembe kell venni a betonra enyhén agresszív talajvizet ezért az egyik környezeti osztály XA1. A másikonál talajvízből eredő

nyomást, ami miatt XV2-t is kell alkalmazni. Utolsó sorba pedig XC2 azért, mert ritkán száraz inkább nedves helyen lesz a szerkezet. A maximális szemnagysága 24mm lesz. A konzisztencia osztálya pedig F5, hogy mindenhova szét tudjon terülni.

Tehát az alkalmazott betonminőség: C30/37-XC2-XA1-XV2-24-F5

A számítás során alkalmazott betonminőség: C20/25

A beton szilárdsági paraméterei:

- $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

- $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$

- $f_{ctd} = 1,0 \text{ MPa}$

- $f_{ctm} = 2,2 \text{ MPa}$

- $E_{cm} = 3000 \text{ MPa}$

- $E_{c \text{ eff}} = 9900 \text{ MPa}$

III.2.2.Betonacél

Az alkalmazott betonacél minőség: B500

A betonacél szilárdsági paraméterei:

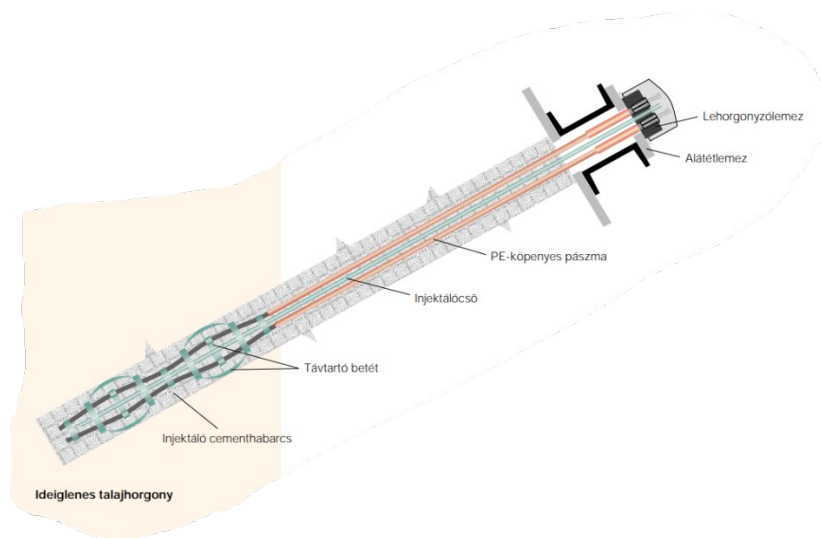
- $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

- $f_{yd} = 435 \text{ MPa}$

- $E_s = 200000 \text{ MPa}$

III.2.3.Horgony

A horgony injektált előfeszített ideiglenes megtámasztó szerkezet lesz, míg a mélygarázs födémei és alaplemeze nem kerül beépítésre.



22.ábra: Dywidag talajhorgony (Dywidag geotechnikai rendszerek)

III.3.Felhasznált szabványok és programok

III.3.1.Szabványok:

- MSZ EN 4798:2016 Betonminőség meghatározása

-MSZ EN 10080 Betonacél

-MSZ EN 1990 A tervezés alapjai

MSZ EN 1991 Terhek, hatások

-MSZ EN 1992-1 Vasbetonszerkezetek tervezése, általános szabályok

-MSZ EN 1997-1 Geotechnikai tervezés, általános szabályok

-MSZ EN 1997-2 Geotechnikai tervezés, vizsgálatok

-MSZ EN 1998 Tervezés földrengésre

-MSZ EN 1537 Talajhorgony építési előírások

-MSZ EN 1538 Részfal tervezésének speciális kérdései

III.3.2. Programok:

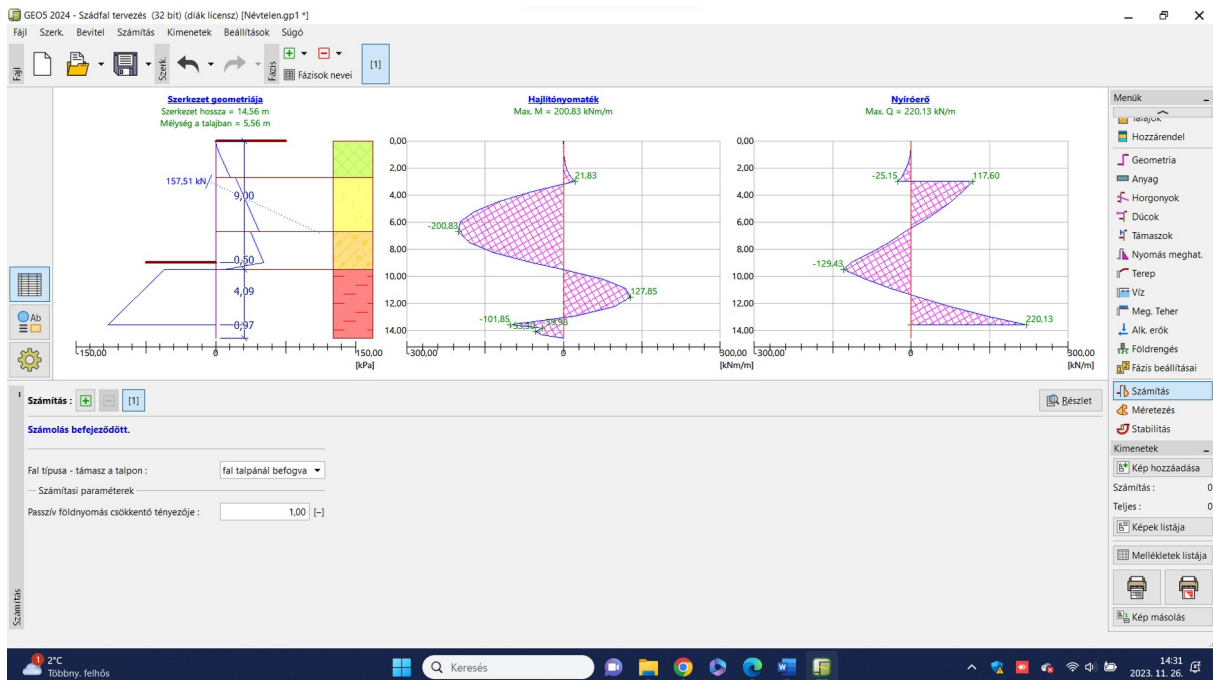
-Microsoft office Word

-GEO5

- Microsoft office Excel

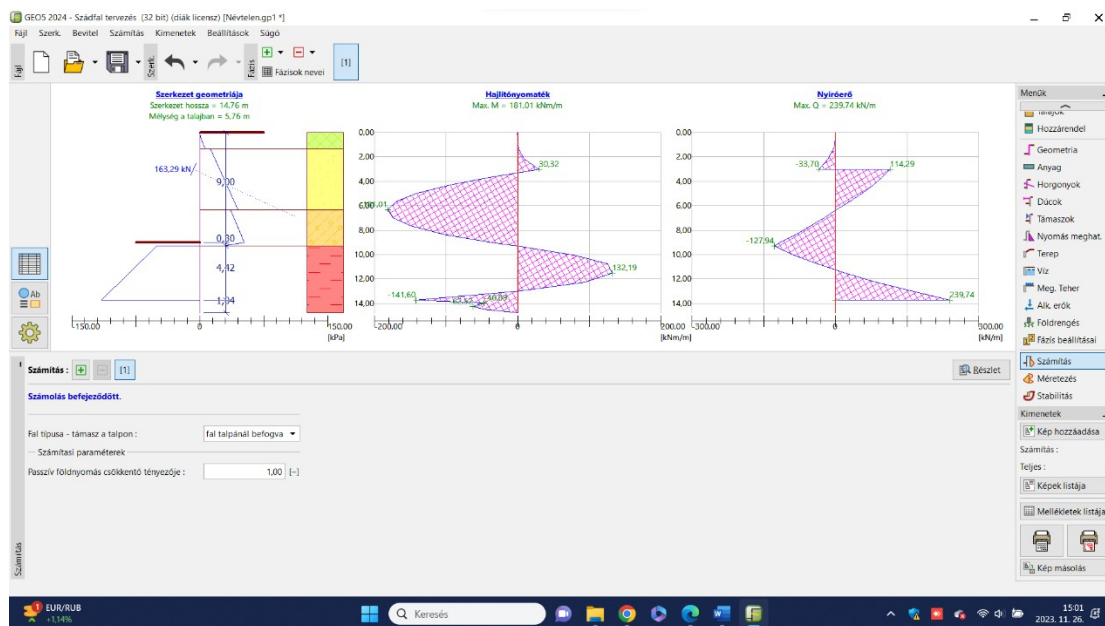
III.4. Befogási hossz meghatározása

Először a talajadatok segítségével meghatározom a befogási mélységet GEO5 szoftver szádfal tervezés moduljával. Többféle rétegszelvényben is megvizsgálom először az egyik legmélyebb fúrás közelében.



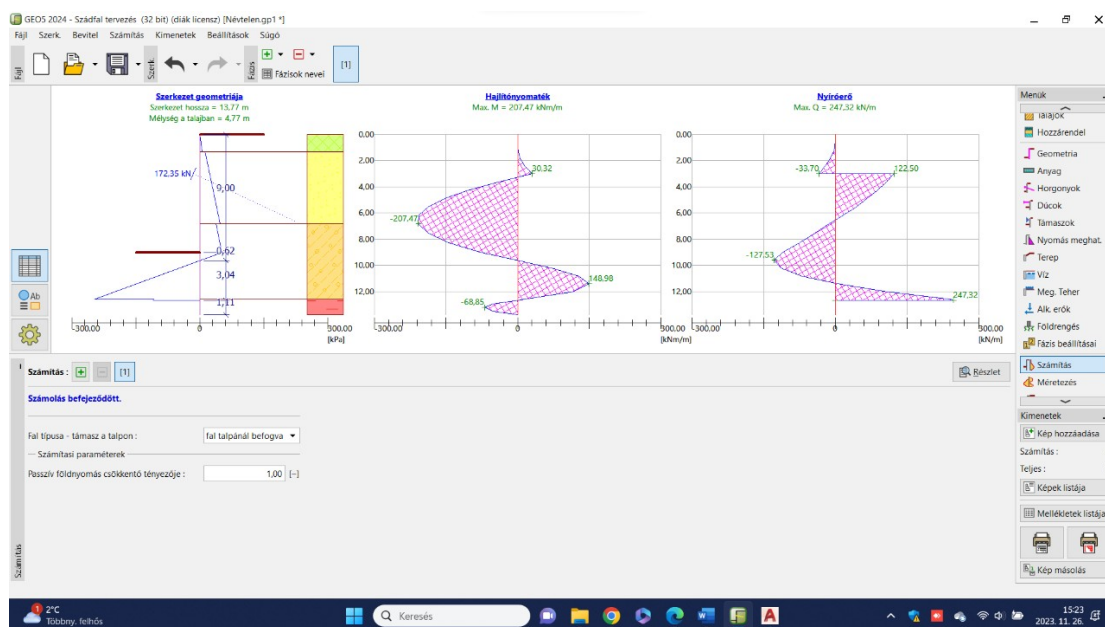
23.ábra: 10F: 21,10 m mély

A szerkezetnek ebben a talajrétegződésben a befogási mélysége 5,56 m lesz összesen pedig 14,56 m hosszú lesz.



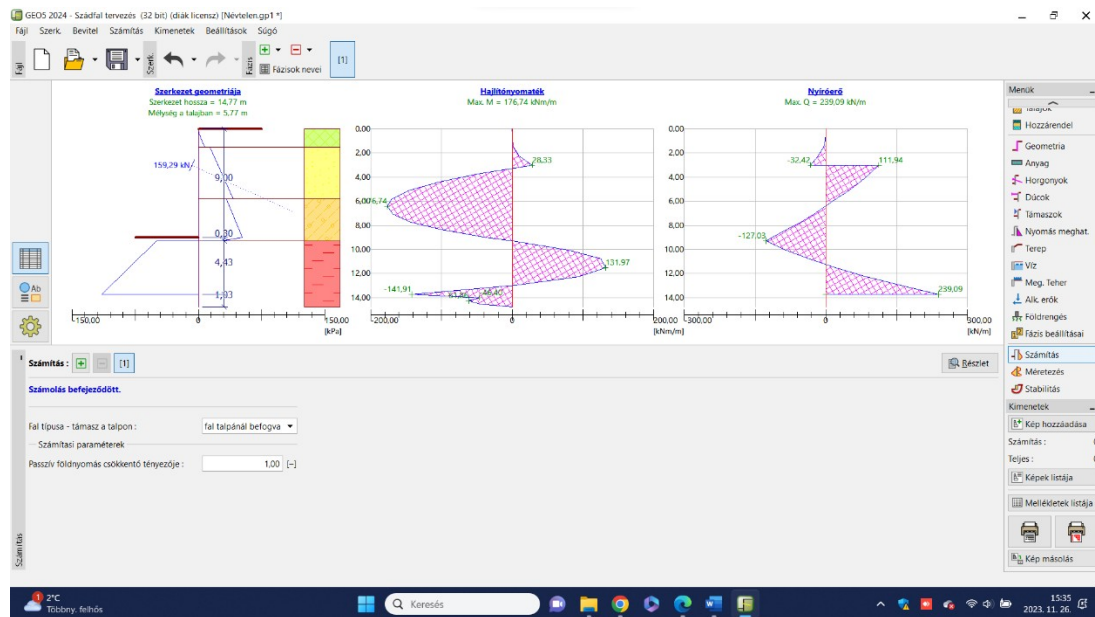
24.ábra: 3F: 18 m mély

Ennél a fűrésznál a talajrétegződés alapján a befogás hossza 5,76 m a teljes falé pedig 14,76 m szóval majdnem megegyezik.



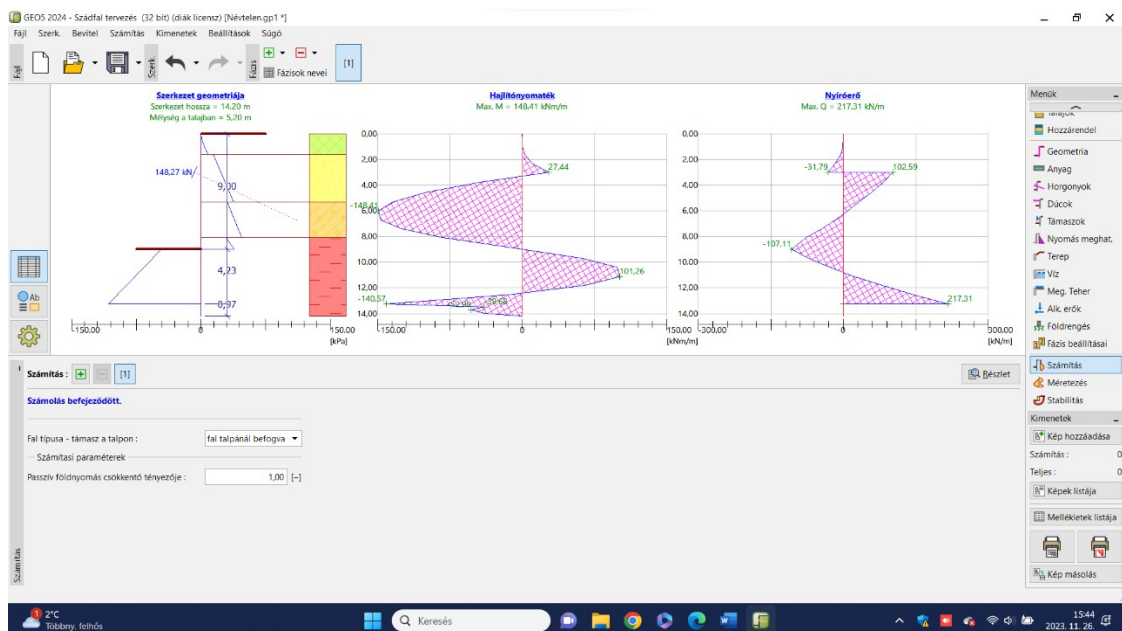
25.ábra: 1F: 18 mély

Itt már valamennyivel kevesebb befogási hosszt igényel a szerkezet a talajban 4,77 m lenne a teljes pedig 13,77 m-re jött ki.



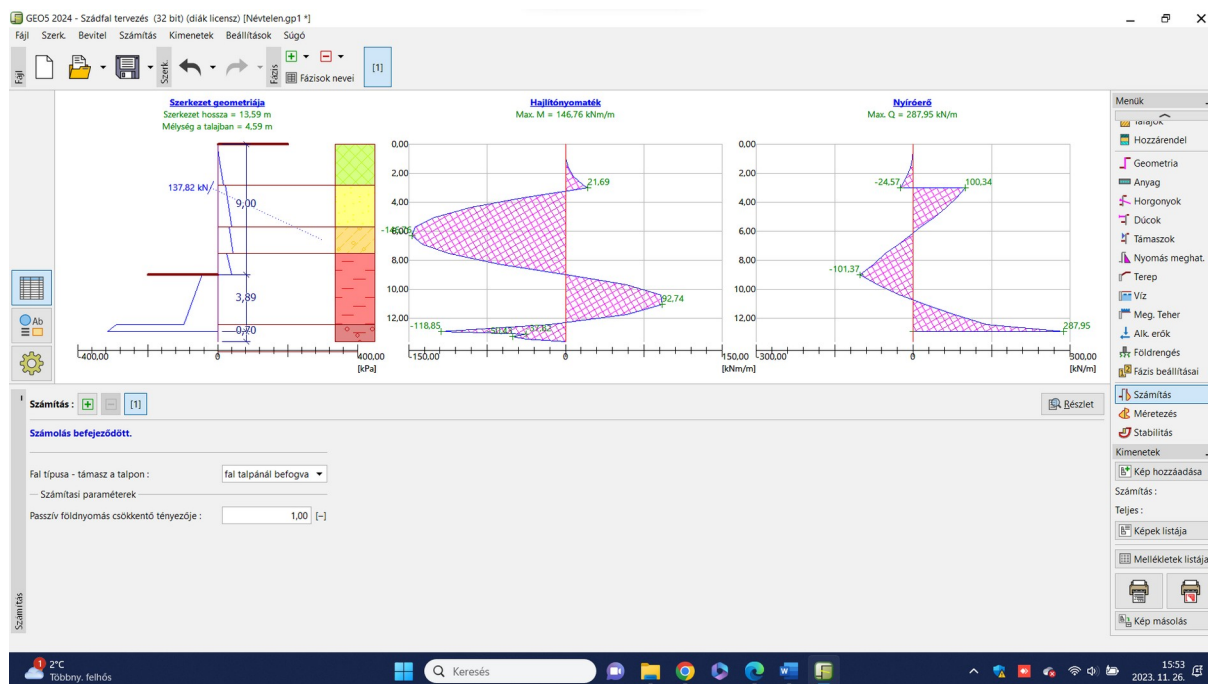
26.ábra: 2F: 18 m mély

Ez a befogási hossz szinte megegyezik 3F fúrásnál vizsgált hosszal 5,77 a teljes hossz pedig 14,77.



27.ábra: 11UF: 20 m mély

Ebben a talajrétegződésben a befogási hossz 5,20 m-re jött a teljes pedig 14,20-ra.



28.ábra: 11F: 14,3 m mélyen elakadt

Itt 4,59 m jött ki a befogási hosszra a teljesre pedig 13,59 m.

Az eredmények összegezve a lenti táblázatban láthatók:

21.táblázat: Befogási mélységek

Fúrás	Befogási hossz	Teljes hossz
10F	5,56m	14,56m
3F	5,76m	14,76m
1F	4,77m	13,77m
2F	5,77m	14,77m
11UF	5,2m	14,2m
11F	4,59m	13,59m

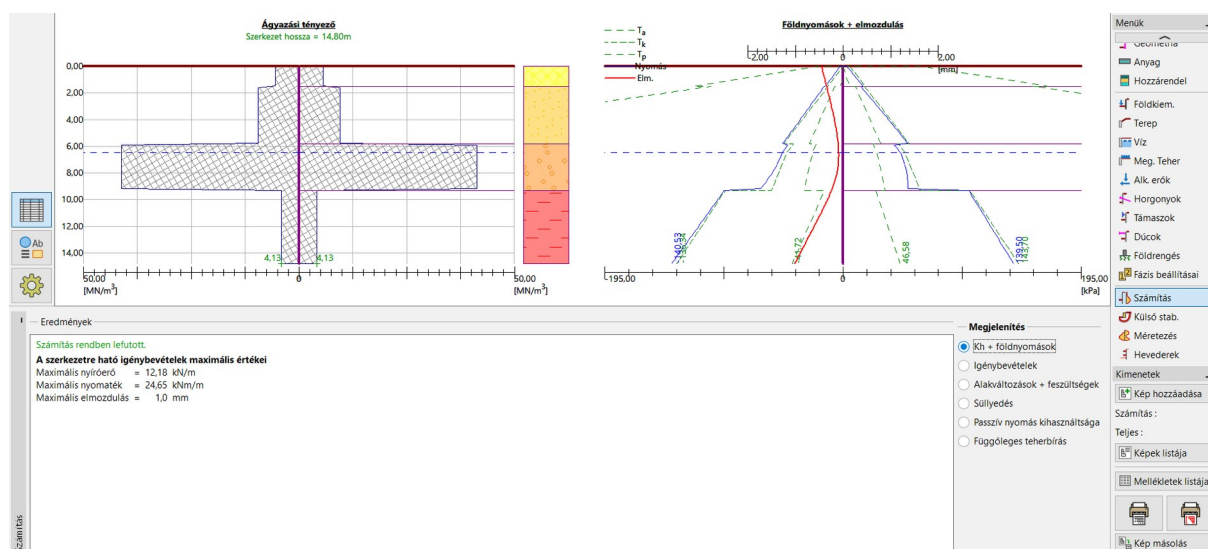
III.5.Tervezési állapotok

Miután a GEO5 szádfal tervezési moduljával megállapítottam a szükséges befogási hosszt a GEO5 szádfal ellenőrzési moduljával elvégzem a különböző tervezési állapotok vizsgálatát. A tervezési állapotok tulajdonképpen a résfal építésének a különböző szakaszainak az ellenőrzését takarja, hogy építés közben és a legvégső állapotában is a szerkezet megőrzi e az állékonyságát. Erre azért van szükség, mert ez által egy pontosabb számítást kapok. Először a

szerint a talajrétegződés szerint megyek végig, aminél a résfalra a legnagyobb befogási hossz jött ki. Utána pedig megvizsgálom a maradék öt talajrétegződés szerint is.

III.5.1. Első tervezési állapot

Az első tervezési állapotban megadom a talajrétegződését itt először azzal a rétegződéssel fogok tervezni, amelyikre kijött a legnagyobb befogási hossz. Bár a talajrétegződésben minimális eltérések vannak azért, az összes rétegszelvény alapján ellenőrizni fogom a szerkezetet. Ezután a talajra adok egy 10 KN/m²-es megoszló terhelést, ami azért szükséges. Ha mind ezzel megvagyok akkor elhelyezem a talajban a résfalat megadom a hosszát, ami 14,80 méter lesz. Utána pedig a résfal anyagát, ami jelen esetben C20/25-ös beton lesz, mint korábban említettem a biztonság javára ezzel a nyomószilárdsággal fogok számolni. Fontos még a betonacél minősége is, ami jelen esetben B500-as lesz. Ezeken kívül még a talajvizet is megadjuk a szerkezethez, ami 6,5 méteren lesz a résfal előtt és mögött.

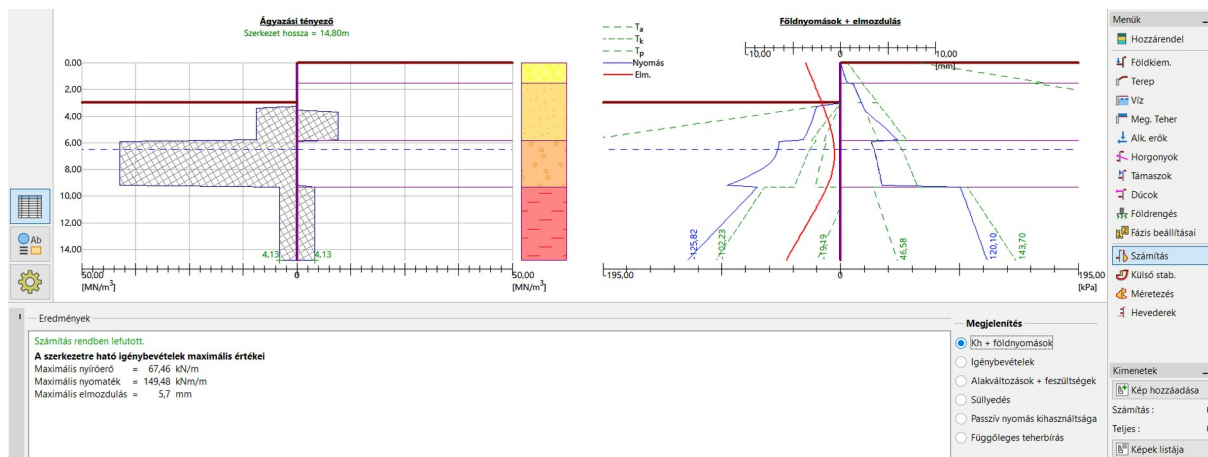


29.ábra: Első tervezési állapot

Az első fázis rendben lefutott kis nyomóteher és nyíróerő keletkezett mert ennél a fázisnál még nem történt földkiemelés. Tehát a fal mindkét oldala támasztva van még a föld által.

III.5.2. Második tervezési állapot

Az első tervezési állapothoz vittük be az alap adatokat amire azért van ilyenkor szükség azon kívül, hogy a többi fázist előkészítsük, hogy lássuk a szerkezetet hogyan viselkedik nyugalmi állapotban. Mivel itt nem történt semmi változás rátérek a második tervezési állapotra, aminél csak annyit fogunk változtatni, hogy elvégezzük a földkiemelést de csak a horgonyzás szintjéig. Ez azt jelenti itt, hogy a munkagödör magasságának az egyharmadáig végezzük el a kiemelést, ami itt 3 méter lesz. Azért fontos, hogy csak a horgonyzás szintjéig csináljuk meg mert a horgonyok fogják majd biztosítani a teljes földkiemelésnél a résfal állékonyságát.

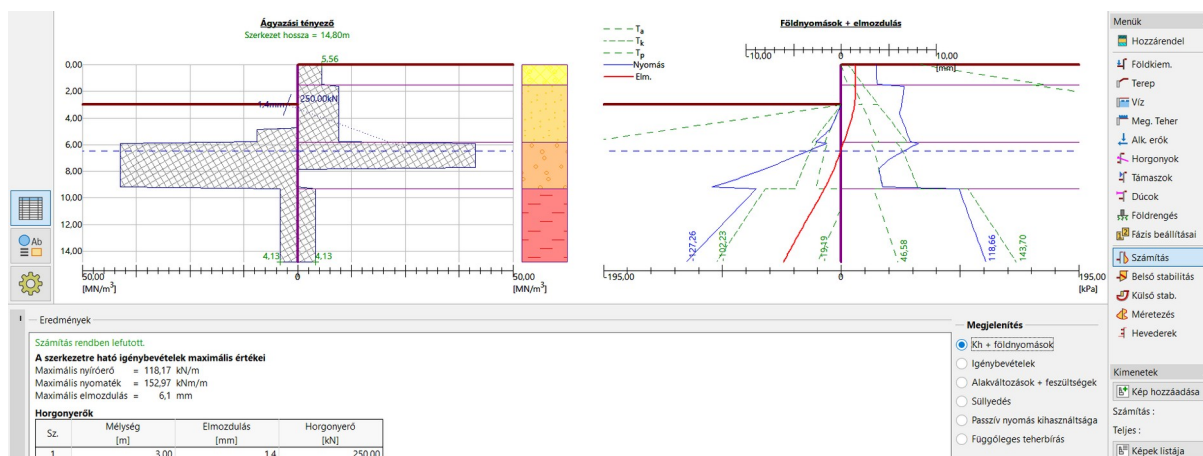


30.ábra: Második tervezési állapot

Itt már jól látszik, hogy a maximális nyomaték (149,48 kNm/m) és nyíróerő (67,46 kN/m) jóval nagyobb, mint az előbb. Van a szerkezetnek némi elmozdulása is alul 5,7 mm, ami a maximális a szerkezet tetején pedig kb 4 mm.

III.5.3. Harmadik tervezési állapot

Ennél a fázisnál miután elvégeztem a földkiemelést a horgony szintjéig elhelyezem a feszített horgonyt. Fontos, hogy a horgony szemcsés talajon keresztül menjen át a csúszó lapon mert csak így tehető ki igénybevételeknek. A horgony dőlés szögét 25 fokra akartam felvenni, de így beleesett volna az agyag rétegbe ezért 15fokra állítottam be. A horgony szára (szabad hossza) 9 méteres lesz a befogási hossza pedig 7. A horgony egyébként ahogy már említettem injektált lesz és az alaplemez és a mélygarázs födemeinek beépítése után levágják őket. Átmérőjét 100 mm-re vettem fel és előfeszítésnek 250 kN-t.

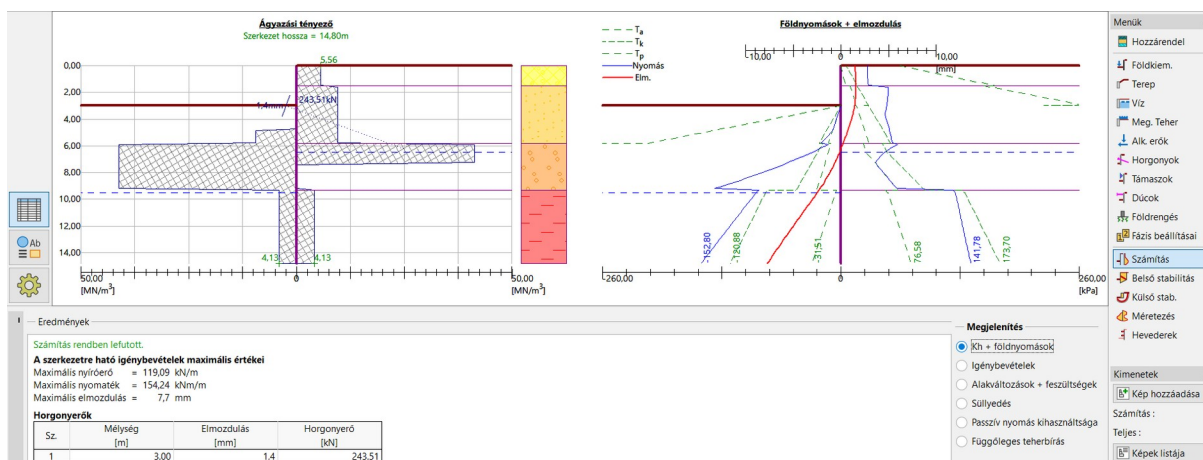


31.ábra: Harmadik tervezési állapot

Ennél az állapothoz ahogy arra számítani lehetett a horgony befogásánál keletkezett a legnagyobb nyomaték (152,97 kNm/m) és nyíróerő (118,17 kN/m) a feszítés miatt. A legnagyobb elmozdulás a szerkezet alján 6,1 mm a tetején pedig kb 1,5 mm az előző fázishoz képest a másik irányba. Vagyis a töltés fele amerre a horgony húzza a szerkezetet.

III.5.4. Negyedik tervezési állapot

Ebben a fázisban fog megtörténni a víztelenítés a gödör felőli oldalon. A munkagödör mélysége 9 méter lesz összesen. A depressziós görbe legfelső pontját úgy érdemes felvenni, hogy a munkagödör alsó síkja alá kerüljön legalább 0,5 méterrel. Tehát a talajvizet a belső oldalon -9,5 méterre viszem le.

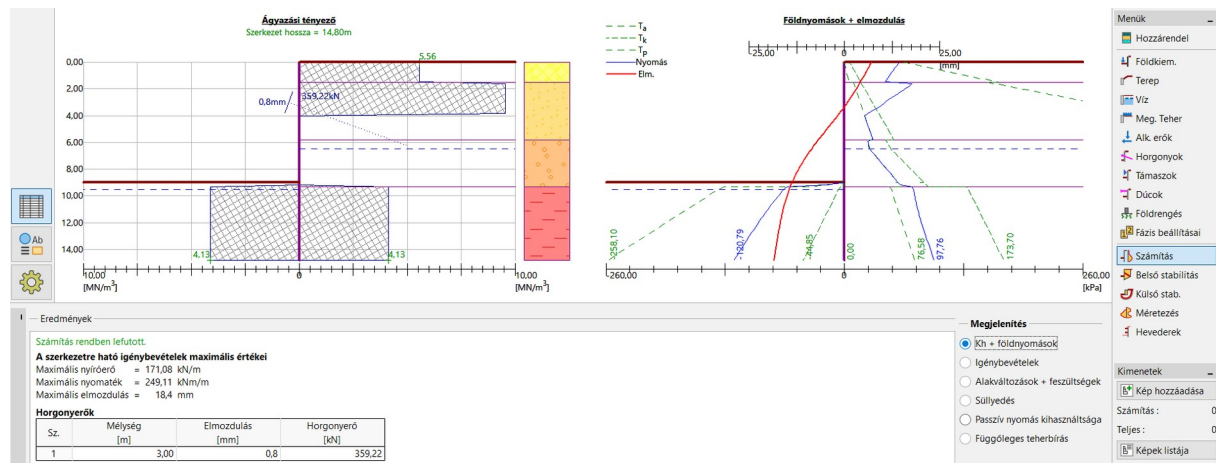


32.ábra: Negyedik tervezési állapot

Az előző állapothoz képest sokat nem változott sem a nyomaték sem a nyíróerő. Az elmozdulás növekedett meg némileg, de az se számottevően itt a maximális érték 7,7mm lesz.

III.5.5.Ötödik tervezési állapot

Várhatóan itt fogom kapni a legnagyobb igénybevételeket mivel ebben a fázisban történik a teljes földkiemelés.



33.ábra: Ötödik tervezési állapot

Az igénybevételek tehát ezt a talajrétegződést figyelembe véve úgy alakulnak, hogy a maximális nyomaték 249,11 kNm/m-re adódik. A maximális nyíróerő pedig 171,08 kN/m lesz. A maximális elmozdulás az előző állapotokhoz képest némiképp megnövekedett 18,4 mm lesz a szerkezet alján.

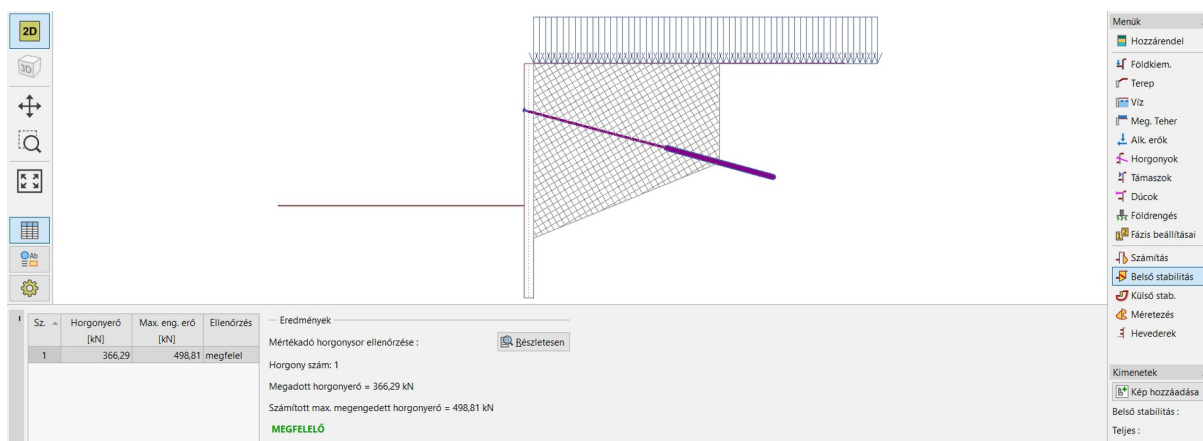
Minden fúrást megvizsgálva két helyen tapasztaltam nyomatékba és nyíróerőbe nagyobb eltérést az egyiknél pozitív a másiknál pedig negatív értelemben. A lenti táblázatban jól látszik, hogy hogyan alakultak az igénybevételek. A 11F fúráshoz közel lévő talajrétegződés adatait fogom alapul venni a további számításokhoz. Ez a fúrás ahogy több szonda is 14 méter körül elakadt egy erősen cementálódott agyag rétegben. A biztonság javára ezekkel az igénybevételekkel fogom meghatározni a résfal további paramétereit például a vasalását.

22.táblázat: Igénybevételek, elmozdulások

Fúrás	Nyomaték (KNm/m)	Nyíróerő (KN/m)	Elmozdulás(mm)
10F	246,48	180,05	18,1
3F	262,62	175,52	18,2
1F	233,15	149,02	8,4
2F	252,78	172,89	18,4
11UF	253,23	173,02	18,7
11F	432,69	207,33	12

III.6.Belső stabilitás vizsgálat

A belső stabilitás vizsgálatot a GE5 szoftver segítségével elvégzem. Ezt a vizsgálatot grafoanalitikus számítással végzi el a GEO5. A vizsgálat azért szükséges, hogy megtudjuk, hogy a horgonyzott földtömeg a résfal mögött megőrzi-e az egyensúlyát. Itt a tönkremenetel akkor jön létre, ha résfal mögötti földtömeg elkezd előre borulni és úgy veszíti el a stabilitását. A grafoanalitikus módszer abból áll, hogy a vektorsokszöveget hozunk létre a horgony befogott szakaszának a közepétől a résfal aljáig. Az ebből kijövő lehetséges horgony erőnek nagyobbnak kell lennie az igénybevételeknél. Ha nem felel meg akkor úgy lehet orvosolni a problémát, hogy növeljük a horgony hosszát. [20]

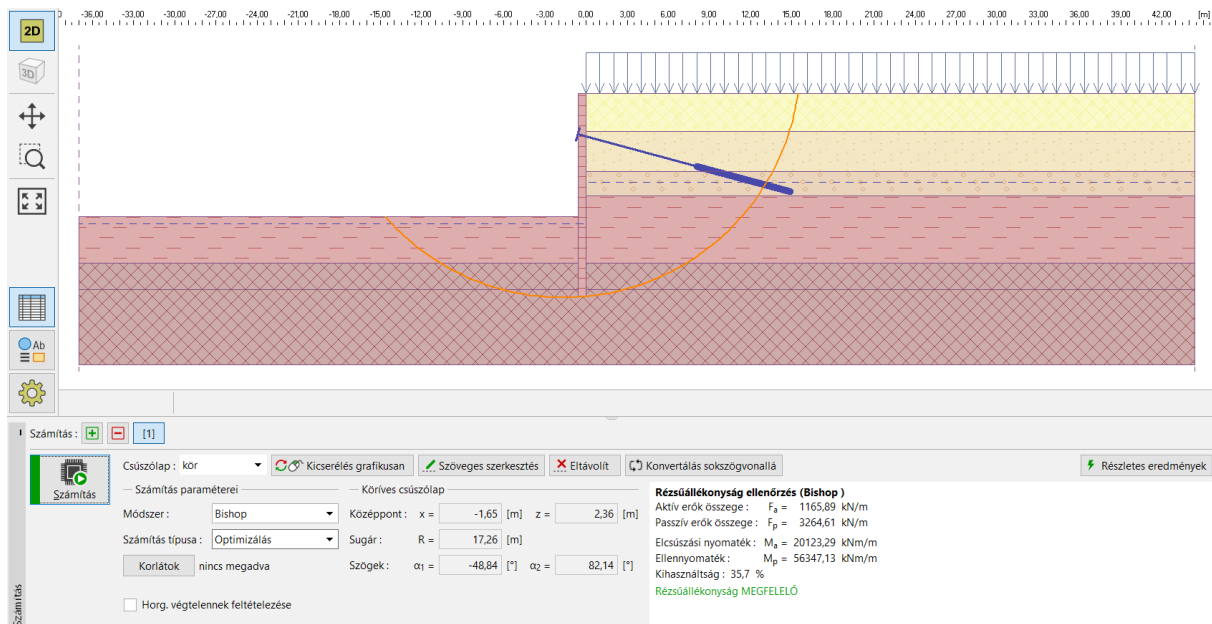


34.ábra: Belső stabilitás vizsgálat

III.7.Külső stabilitás vizsgálat

Ezt a vizsgálatot is a GEO5 szoftver segítségével végeztem el. A vizsgálat azt ellenőrzi, hogy a résfal és a résfal körül lévő földtömegnél egy esetlegesen kialakuló körcsúszólap mellett történő stabilitásvesztését vizsgálja. A szoftver a Bishop módszer alapján végzi el az

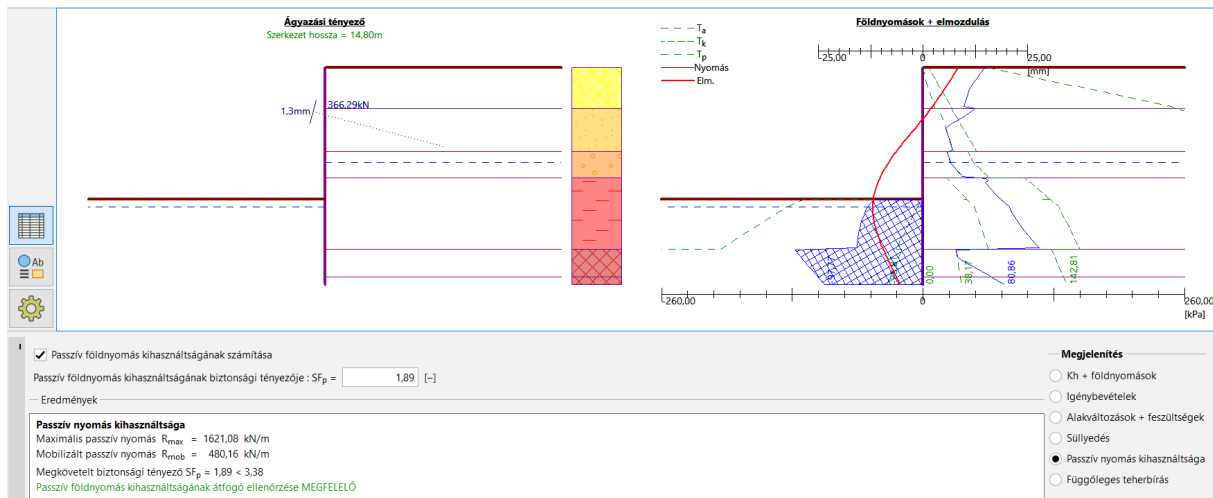
ellenőrzést. Ami annyit takar, hogy a csúszólapon belül lévő földtömeget lamellákra osztja és azoknak az alján számítja a csúszást okozó és a csúszásnak ellenálló erőkomponenseket, illetve nyomatékokat a csúszólapon felületén. A GEO5 szoftver a csúszólapon próbálgatásával végzi, hogy megtalálja a csúszólapon aminek a legkisebb a törési biztonsága. [20]



35.ábra: Külső stabilitás vizsgálat

III.8. Résfal befogási talajellenállásának az ellenőrzése

Itt azt ellenőrzöm a GEO5 szoftver segítségével, hogy a résfal belső oldalán a földellenállás megfelelő tartalékkal rendelkezik-e a talajtöréssel szemben. Alapvetően ellenőrizni kéne az összes tervezési fázisban, de gyakorlatban úgy is az lesz mértékadó, ha már megtörtént a teljes földkiemelés és bekerültek a horgonyok. Mivel ebben az állapotban lesz a legnagyobb a földmegtámasztás reakciója és ilyenkor működik a szerkezet kéttámaszú tartóként. Itt, ha az egyik tartó kiesik akkor az teljes tönkremenetelhez vezet. Ellenőrzés úgy zajlik, hogy a mobilizálódott földellenállásnak, illetve a földellenállás lehetséges maximumának, vagyis a passzív földnyomásnak egymáshoz képest minimum 1,4-es biztonsággal kell rendelkeznie. Korábban az igénybevétel számítását karakterisztikus értékekkel lett elvégezve tehát a földellenállásnak is a karakterisztikus értékei állnak a rendelkezésemre, amit növelni kell 1,35-tel. Ilyenkor az a legcélszerűbb megoldás, ha két biztonsági tényezőt összeszorozzuk így kijön az 1,89-es biztonsági tényező amire megfelel a talaj. $Sfp = 1,89 < 3,38$ [20]



36.ábra: Befogási talajellenállás

III.9.HYD hidraulikus talajtörés ellenőrzése

Ennek a vizsgálatnak az a lényege, hogy megnézzük, hogy a résfal alatt keletkező vízszivárgástól tönkre megy-e a szerkezet. Bár az ott lévő agyag réteg szinte vízzáró de azért kell nagyon elővigyázatosnak lenni, mert ha a gödörfenék alján talajtörés jön létre a szivárgás miatt, akkor az a földmegtámasztás tönkremenetelével járna. Itt is a mértékadó tervezési állapot az, amikor kéttámaszú tartóként működik a szerkezet, vagyis a horgony a felső a föld befogás pedig az alsó támasz. Ha az egyik kiesik tönkremegy a földmegtámasztás. Fontos, hogy az áramló víznyomás destabilizáló erőinél nagyobbak legyenek a stabilizáló erők vagy is a talajvíz alatti tömege. Az áramló víznyomás ott lesz maximális, ahol annak a hidraulikus gradiense is maximális vagy is a résfal felülete mellett.

Ezt a számítást úgy kell elvégezni, hogy először vesszük az igazolandó képletbe be helyettesítem, amit tudok $\gamma_G \times I_{max} \times \rho_v \leq \gamma_G \times \rho'$. Itt a $\gamma_G=1,35$ -tel, ami a destabilizáló erőknek a parciális tényezője. A másik oldalon pedig 0,9 lesz ugyan ez csak az a stabilizáló erőknek a parciális tényezője. Ezeken kívül még a víz térfogatsúlyát tudom beírni így a képlet a behelyettesítés után $1,35 \times I_{max} \times 10 \leq 0,9 \times \rho'$. Most már csak a talaj vízalatti térfogatsúlyát és az áramlás maximális gradiensét kell kiszámolni és behelyettesíteni. Ahhoz, hogy a maximális áramlás gradiensét megkapjuk először ki kell vonni az építési talajvízből a gödörfenékszintjét, ami 2,5 méter lesz így megkapjuk a h értéket. Utána a gödörfenékszintjéből kivonom a résfal talpszintjét, ami így $t=5,8$ m lesz. Most már ki lehet számolni a hidraulikus gradienst

$I_{max} = h / (h + 2t) = 0,177$. A talaj vízalatti térfogatsúlyánál kell kevesebbnek lennie a kapott értéknek, ami 11 kN/m³. 2,655-öt kaptam vagy is bőven megfelel. [20]

III.10. Vasbeton szerkezetek

A munkatérhatároláshoz 3 db vasbeton szerkezet szükséges az egyik a résvezető gerenda, ami csak ideiglenes és a résfalak beépítést segítik amikor megtörténik a földkiemelés akkor elbontják. A másik a fejgerenda, ami összeköti a réstáblákat, hogy megfelelően együtt tudjanak dolgozni. Az utolsó pedig a réstábla.

III.10.1. Résvezető gerenda

A résvezető gerenda megtervezéséhez először megállapítom a résiszap sűrűségét és összetételét.

A résiszap sűrűségének a meghatározásával kezdem.

$$\rho_r = 1,2 \times 0,05 \times l_g \times 1,5 \times 10^{-3} = 1,06 \text{ g/cm}^3$$

Majd meghatározom, hogy ennek a sűrűségnek az eléréséhez milyen mennyiségű bentonit szükséges.

$$m_b = \frac{1,06 - 1,00}{2,80 \times 1,00} \times 1,06 \times 1,00 = 35 \text{ kg/m}^3$$

Résvezető gerenda tervezése

Résiszap nyomásának megállapítása

$$Pr = (9 - 0,5) \times 1,06 \times 10 = 90,1 \text{ kN/m}^2$$

Itt a 0,5 méter az a résiszap felszínének feltételezhető szintje a 9 méter pedig a gödör fenékszintje.

Vízszintes feszültségek meghatározása

$$\delta_{ah} = \delta_z \times K_a - 2 \times c \times \sqrt{K_a}$$

$$K_{ahf} = tg^2 \left(45 - \frac{27}{2} \right) = 0,375$$

$$K_{ah} = tg^2 \left(45 - \frac{28}{2} \right) = 0,36$$

$$K_{ahk} = tg^2 \left(45 - \frac{34}{2} \right) = 0,28$$

$$K_{aagy} = tg^2 \left(45 - \frac{16}{2} \right) = 0,57$$

$$K_{acemagy} = tg^2 \left(45 - \frac{26}{2} \right) = 0,39$$

- a felszínen

$$\delta_{z1} = q = 10 \text{ KN/m}^2$$

- a talajvíz szintjén (-6,5m)

$$\delta_{z2} = 10 + 6,5 \times 2,0 \times 10 = 140 \text{ KN/m}^2$$

- 9 méter mélységben

$$\delta_{z3} = 140 + (9 - 6,5) \times (2,03 - 1) \times 10 = 165,75 \text{ KN/m}^2$$

Így a vízszintes feszültségek:

$$\delta_{ah1} = 10 \times 0,375 = 3,75 \text{ KN/m}^2$$

$$\delta_{ah2} = 140 \times 0,28 = 39,2 \text{ KN/m}^2$$

$$\delta_{ah3} = 165,75 \times 0,57 - 60,4 = 34,08 \text{ KN/m}^2$$

Talajvíznyomás az adott szinten

Biztonsági tényezőt elég 1,2-re felvenni mert csak ideiglenes szerkezetről van szó.

$$u_1 = 0$$

$$u_2 = 0$$

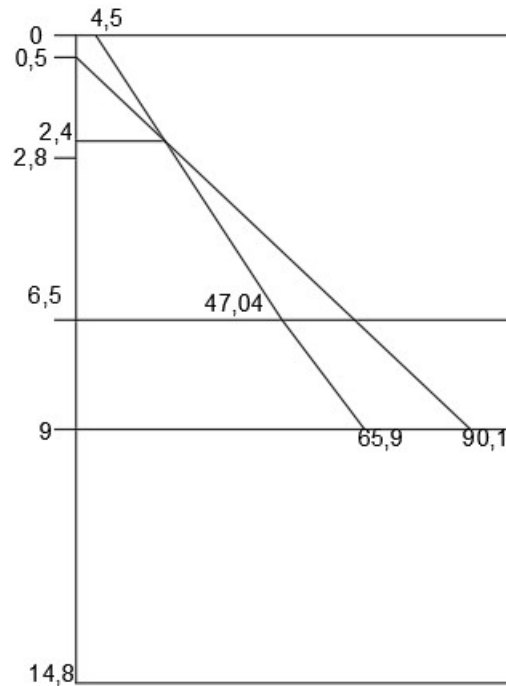
$$u_3 = (9 - 6,5) \times 1,0 \times 10 = 25 \text{ KN/m}^2$$

Tehát a résfelé ható vízszintes nyomások

$$\delta_{h1} = 1,2 \times 3,75 + 0 = 4,5 \text{ KN/m}^2$$

$$\delta_{h2} = 1,2 \times 39,2 + 0 = 47,04 \text{ kN/m}^2$$

$$\delta_{h3} = 1,2 \times 34,08 + 25 = 65,9 \text{ kN/m}^2$$



37.ábra: $p \text{ kN/m}^2$

A résvezető gerenda 2,4 m mélységre jött ki. Ennél a mélységnél teljesült a $p_r > \delta_h$ összefüggés. Tapasztalat útján elegendő lesz 1,5m mély is30

Résvezető gerenda vasalása egy két hálós 15×15-ös kiosztással rendelkező vasalás lesz. A vasak átmérőjének elegendő 8mm-es vasakat használni. Ez a szerkezet duplán készül el a résfal mindkét felén, hogy megvezesse a réselő gépet. A tetejét természetesen U kengyellel le kell zárni, amihez szintén elegendő a 8mm-es átmérőjű vas. Toldási hosszának elegendő $47 \times 8 = 37,6 \text{ cm}$.

Rés oldalfalának állékonyság vizsgálata

Aktív feszültségek

$$\delta_z = \delta_{z0} \times e^{-A \times \frac{z}{L}} + \frac{L \times \varphi \times g}{A} \times (1 - e^{-A \times \frac{z}{L}})$$

A tényező talajokban:

-Homokos feltöltés

$$A = 2 \times \frac{1 + \sin^2 27}{\cos^2 27 + 4 \times \tan^2 27} \times \tan 27 = 0,67$$

-Homok

$$A = 2 \times \frac{1 + \sin^2 28}{\cos^2 28 + 4 \times \tan^2 28} \times \tan 28 = 0,68$$

-Homokos kavics

$$A = 2 \times \frac{1 + \sin^2 34}{\cos^2 34 + 4 \times \tan^2 34} \times \tan 34 = 0,71$$

-Agyag

$$A = 2 \times \frac{1 + \sin^2 16}{\cos^2 16 + 4 \times \tan^2 16} \times \tan 16 = 0,5$$

-Részben cementálódott agyag

$$A = 2 \times \frac{1 + \sin^2 26}{\cos^2 26 + 4 \times \tan^2 26} \times \tan 26 = 0,66$$

Jellemző feszültségértékek:

-Felszínen (h=0)

z=0m

$$\delta_z = 10 \text{ KN/m}^2$$

$$\delta_{ah} = 10 \times 0,375 = 3,75 \text{ KN/m}^2$$

-h=1,4m (homokos feltöltés)

z=1,4m

$$\delta_z = 10 \times e^{-0,67 \times \frac{1,4}{5,4}} + \frac{5,4 \times 1,7 \times 10}{0,67} \times \left(1 - e^{-0,67 \times \frac{1,4}{5,4}}\right) = 30,25 \text{ KN/m}^2$$

$$\delta_{ah} = 30,25 \times 0,375 = 11,34 \text{ KN/m}^2$$

-h=2,8 m mélységben (homokos feltöltés)

z=2,8m

$$\delta_z = 10 \times e^{-0,67 \times \frac{2,8}{5,4}} + \frac{5,4 \times 1,7 \times 10}{0,67} \times \left(1 - e^{-0,67 \times \frac{2,8}{5,4}}\right) = 47,28 \text{ KN/m}^2$$

$$\delta_{ah} = 47,28 \times 0,375 = 17,73 \text{ KN/m}^2$$

-h=2,8m mélységben (homok)

z=0

$$\delta_z = 47,28 \text{ KN/m}^2$$

$$\delta_{ah} = 47,28 \times 0,36 = 17,02 \text{ KN/m}^2$$

-h=4,3m mélységben (homok)

$$z=1,5$$

$$\delta_z = 47,28 \times e^{-0,68 \times \frac{1,5}{5,4}} + \frac{5,4 \times 0,7 \times 10}{0,68} \times \left(1 - e^{\left(-0,68 \times \frac{1,5}{5,4}\right)}\right) = 62,38 \text{ KN/m}^2$$

$$\delta_{ah} = 62,38 \times 0,36 = 22,46 \text{ KN/m}^2$$

-h=5,7m mélységben (homok)

$$z=2,9\text{m}$$

$$\delta_z = 47,28 \times e^{-0,68 \times \frac{2,9}{5,4}} + \frac{5,4 \times 0,7 \times 10}{0,68} \times \left(1 - e^{\left(-0,68 \times \frac{2,9}{5,4}\right)}\right) = 49,82 \text{ KN/m}^2$$

$$\delta_{ah} = 49,82 \times 0,36 = 17,9 \text{ KN/m}^2$$

-h=5,7m mélységben (homokos kavics)

$$z=0$$

$$\delta_z = 49,82 \text{ KN/m}^2$$

$$\delta_{ah} = 49,82 \times 0,28 = 14 \text{ KN/m}^2$$

-h=7,5m mélységben (homokos kavics)

$$z=1,8\text{m}$$

$$\delta_z = 49,82 \times e^{-0,71 \times \frac{1,8}{5,4}} + \frac{5,4 \times 1 \times 10}{0,71} \times \left(1 - e^{\left(-0,71 \times \frac{1,8}{5,4}\right)}\right) = 55,35 \text{ KN/m}^2$$

$$\delta_{ah} = 55,35 \times 0,28 = 15,5 \text{ KN/m}^2$$

-h=7,5m mélységben (agyag)

$$z=0$$

$$\delta_z = 55,35 \text{ KN/m}^2$$

$$\delta_{ah} = 55,35 \times 0,57 - 60,4 = -28,85 \text{ KN/m}^2$$

-h=10m mélységben (agyag)

$$z=2,5\text{m}$$

$$\delta_z = 55,35 \times e^{-0,5 \times \frac{2,5}{5,4}} + \frac{5,4 \times 1,03 \times 10}{0,5} \times \left(1 - e^{\left(-0,5 \times \frac{2,5}{5,4}\right)}\right) = 67 \text{ KN/m}^2$$

$$\delta_{ah} = 67 \times 0,57 - 60,4 = -22,21 \text{ KN/m}^2$$

-h=12,4m mélységben (agyag)

$$z=4,9$$

$$\delta_z = 55,35 \times e^{-0,5 \times \frac{4,9}{5,4}} + \frac{5,4 \times 1,03 \times 10}{0,5} \times \left(1 - e^{-0,5 \times \frac{4,9}{5,4}}\right) = 75,73 \text{ KN/m}^2$$

$$\delta_{ah} = 75,73 \times 0,57 - 60,4 = -17,23 \text{ KN/m}^2$$

-h=12,4m mélységben (részben cementálódott agyag)

$$z=0$$

$$\delta_z = 75,73 \text{ KN/m}^2$$

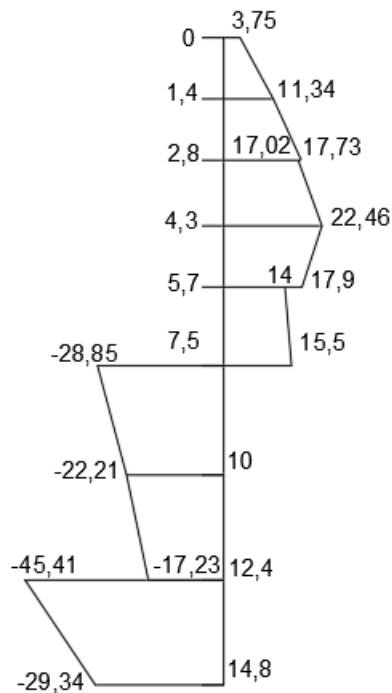
$$\delta_{ah} = 75,73 \times 0,39 - 74,94 = -45,41 \text{ KN/m}^2$$

-h=14,8m mélységben (réstalp)

$$z=2,4\text{m}$$

$$\delta_z = 75,73 \times e^{-0,66 \times \frac{2,4}{5,4}} + \frac{5,4 \times 1,13 \times 10}{0,66} \times \left(1 - e^{-0,66 \times \frac{2,4}{5,4}}\right) = 80 \text{ KN/m}^2$$

$$\delta_{ah} = 80 \times 0,57 - 74,94 = -29,34 \text{ KN/m}^2$$



38.ábra: δ_{ah} kN/m²

Víznyomás h=14,8m mélységben:

$$u = (14,8 - 6,5) \times 1,0 \times 10 = 83 \text{ KN/m}^2$$

Résiszap nyomása:

$$Pr = (14,8 - 0,5) \times 1,06 \times 10 = 151,58 \text{ KN/m}^2$$

Réteghatárokon létrejövő nyomás:

Homokos feltöltés:

felszínen

$$3,75 \times 1,2 + 0 = 4,5 \text{ KN/m}^2$$

2,8m-en

$$17,73 \times 1,2 + 0 = 21,28 \text{ KN/m}^2$$

Homok:

2,8m-en

$$17,02 \times 1,2 + 0 = 20,42 \text{ KN/m}^2$$

5,7m-en

$$17,9 \times 1,2 + 0 = 21,48 \text{ KN/m}^2$$

Homokos kavics:

5,7m-en

$$14 \times 1,2 + 0 = 16,8 \text{ KN/m}^2$$

7,5m-en

$$15,5 \times 1,2 + 25 = 43,6 \text{ KN/m}^2$$

Agyag

7,5m-en

$$-28,85 \times 1,2 + 25 = -9,62 \text{ KN/m}^2$$

12,4m-en

$$-17,23 \times 1,2 + 25 = 4,32 \text{ KN/m}^2$$

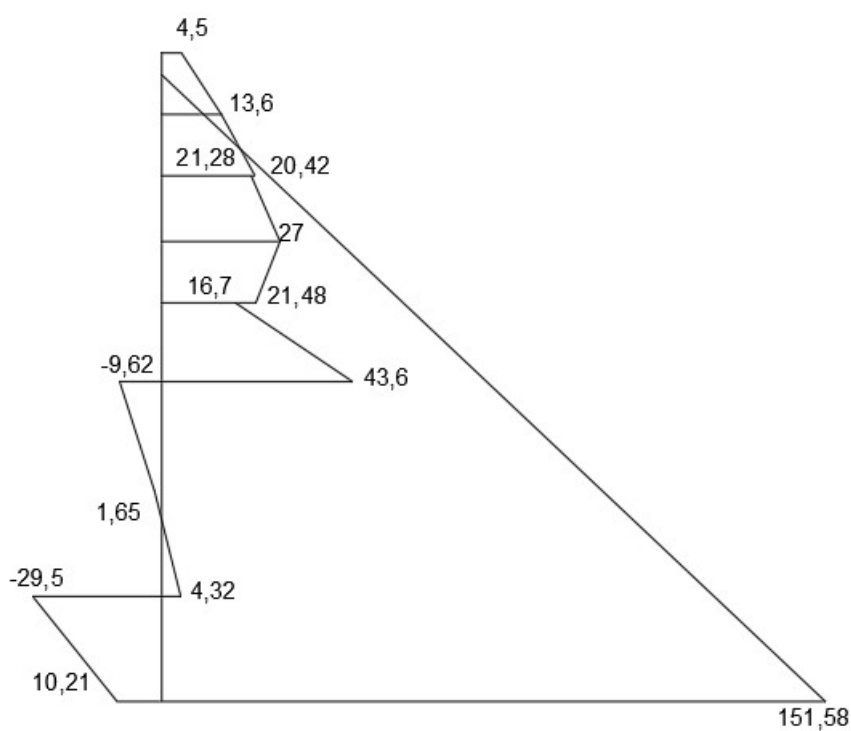
Részben cementálódott agyag

12,4m-en

$$-45,41 \times 1,2 + 25 = -29,5 \text{ KN/m}^2$$

14,8m-en

$$-29,34 \times 1,2 + 25 = -10,21 \text{ KN/m}^2$$



39.ábra: $p \text{ kN/m}^2$

Réstalp állékonyságának ellenőrzése

Földfal itt keletkező hatékony aktív nyomása:

$$\delta_{ah} = -29,34 \text{ KN/m}^2$$

Hatékony függőleges feszültség:

$$\delta_z = Pr - u = 151,58 - 83 = 93,58 \text{ KN/m}^2$$

Passzív földnyomás szorzója

$$K_p = tg^2 \left(45 + \frac{26}{2} \right) = 2,56$$

Hatékony földellenállás

$$\delta_{ph} = 93,58 \times 2,56 + 2 \times 60 \times \sqrt{2,56} = 431,56 \text{ KN/m}^2$$

$$1,5 \times (-29,34) = -44,01 < 0,5 \times 431,56 = 215,78$$

A követelmény teljesül a réstalp állékonysága nincs veszélyben.

III.10.2. Fejgerenda

A fejgerenda itt most csak egy olyan szerepet fog betölteni, hogy a réstáblákat összefogja, segítse az együtt dolgozásukat és a kisebb mozgások korrigálásába is segít. Mivel csak egy ilyen szerepet fog betölteni ezért nem szükséges egy túl bonyolult vasalás neki. Természetesen itt is be kell tartani az alapvető szerkesztési szabályokat, mint például a minimális vashányadot vagy a minimális toldási hosszt. A fejgerenda méretei megegyeznek a réstábla szélességével tehát egy 60×60cm-es fejgerenda fog készülni. A beton nyomó szilárdsága megegyezik a réstábláéval szóval C30/37-tel fog elkészülni. A betonacél minősége szintén megegyezik a réstáblákhoz használtakkal, amihez B500-as lesz beépítve. A betontakarás pedig 7,5cm lesz a szerkezeten.

Minimális vashányad:

$$A_{s,min} = 0,26 \times \frac{2,9}{500} \times 600 \times 552 = 499,45 \text{ mm}^2 < 1608 \text{ mm}^2$$

Minimális toldási hossz:

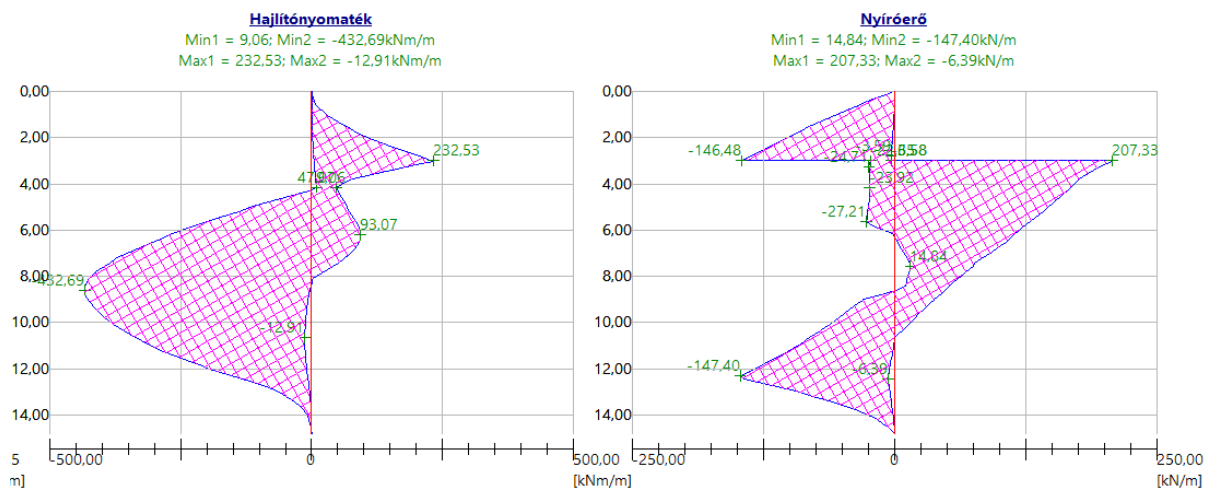
$$36 \times 16 = 576 \text{ mm} \text{ ezt fel lehet kerekíteni } 600 \text{ mm-re.}$$

Tehát a gerendába 3 különböző alakú vas lesz az egyik Ø16-os szálvás, amiből alul felül négy darab fog végig futni. Szálvásból még lesz benne két darab Ø8-as a közepénél, amik arra fognak szolgálni, hogy a kampós anker vasakat tartsák. Értelem szerűen ezek az anker vasak arra szolgálnak, hogy a vasszerkezeten belül tartsa a távolságot és adjon neki egy kis merevséget. A harmadik pedig a zárt kengyel, ami

fi10-es vasból fog készülni 300mm-ként. Az ankerek elég, ha minden harmadik kengyelnél lesznek.

III.10.3.Réstábla vasalás

A réstábla vasalását kézzel fogom kiszámolni, de utána ellenőrizni fogom GEO5-ben is. A vasalás kettős hálóból áll az állók hosszú szálvasak az osztók pedig a kengyelek lesznek. A betontakarás a kengyelen 75mm lesz. A távtartás pedig az armatúrára hegesztett vasakkal fog történni. Mivel a résfal összesen 14,8m hosszú ezért biztosan toldani kell, ez a helyszínen fog megtörténni kötélbékával (U-bolt). A toldási hosszt később fogom meghatározni. A kengyelezés átfedéssel fog készülni 2db-al. Az armatúra felső 0,5-1 méterén már nem lesz szükség kengyelre mivel azt a részt úgy is le kell majd vésni a betonba belekeveredett résiszap miatt. A hajlításra dolgozó szálvasak és a nyírásra dolgozó kengyeleknek a betonacél minősége B500-as lesz. Az armatúra tetejéhez rögzített emelő kampó vasaknak a minősége pedig B240-es lesz. Erre azért van szükség mert más a két vasnak a duktilitása ami azt jelenti hogy a B500 betonacél ridegebb mert kevesebb a szén tartalma így könnyebben megreped és eltörik. A B240-es egy lágyabb minőségű vas a több széntartalom miatt így az szakadás előtt jobban meg tud nyúlni. Továbbá kell az armatúrába andráskereszt is, hogy beemeléskor stabil maradjon. Horgony későbbi átvezetéséhez ki kell rekeszteni az armatúrában azt a részt, ahol a horgony kábelel átfutnak majd. Ezt egy csőszerű elemmel kell megoldani, amit fontos, hogy pontosan kell elhelyezni 15fokos szögben. A mértékadó igénybevételek, amik meghatározzák a fal burkoló ábráját a következő ábrán látszanak.



40.ábra: Burkoló ábrák

A fal kéttámaszú tartóként működik alsó támasz a föld által befogott rész a felső pedig a horgony. A maximális igénybevételekre fogom megtervezni a résfal szükséges vasmenyiségét. A fal végleges betonminőségének a nyomó szilárdsága C30/37 lesz, de a biztonság javára C20/25-tel fogom tervezni. A réstáblák 5,4m szélesek lesznek, de az armatúrák csak 2,7m-esek tehát egy részbe két armatúra fog kerülni.

Hajlítás

Alapháló vasalása

A maximális nyomaték kívül:

$$M_{ek} = 0,9 \times 232,53 = 209,28 \text{ KNm/m}$$

$$M_{ed} = 1,35 \times 209,28 = 282,52 \text{ KNm/m}$$

b=2,7m-en:

$$M_{ed} = 2,7 \times 282,52 = 762,8 \text{ KNm}$$

Kengyeleken a betonfedés: 75mm

Hasznos magasság: 525mm

Nyomott betonzóna magasságának a meghatározása:

$$762,52 \times 10^6 = 2700 \times x_c \times 13,3 \times \left(525 - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$x_c = 42,14 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = 0,49 \times 525 = 257,25 \text{ mm}$$

Mivel az x_c nagyobb, mint az x_{c0} a vasak képlékenyen fognak működni.

Szükséges vasmenyiség meghatározása:

$$A_{s,req} = \frac{2700 \times 42,14 \times 13,3}{435} = 3478,73 \text{ mm}^2$$

Minimális vashányad:

$$A_{s,min} = 0,0015 \times 2700 \times 525 = 2126,25 \text{ mm}^2$$

Tehát Ø22-es betonacélból fog készülni armatúra 10db 25cm-es kiosztással. Így az $A_{sprov} = 3801 \text{ mm}^2$.

Ellenőrzés:

$$2700 \times x_c \times 13,3 = 3801 \times 435$$

$$x_c = 46,04 \text{ mm}$$

Tehát így is megfelel.

$$M_{rd} = 2700 \times 46,04 \times 13,3 \times \left(525 - \frac{46,04}{2} \right) = 829,9 \text{ KNm}$$

Kihasználtság: 87,6%

Minimális toldási hossz:

$$47 \times 22 = 1034 \text{ mm}$$

ezt fel lehet kerekíteni 1,1m toldási hosszra.

Pótvasak belül

A pótvasakkal azt a többlet nyomatékot fogom ellensúlyozni, ami a belső oldalon keletkezett. Ehhez először a már tervezett alapháló vasalásának a nyomatékát ki fogom belőle vonni.

$$M_{ek} = 432,69 - 209,28 = 223,41 \text{ KNm}$$

$$M_{ed} = 1,35 \times 223,41 = 301,6 \text{ KNm}$$

$$b = 2,7 \text{ m-en}$$

$$M_{ed} = 2,7 \times 301,6 = 814,32 \text{ KNm}$$

Nyomott betonzóna magasságának meghatározása

$$814,32 \times 10^6 = 2700 \times x_c \times 13,3 \times \left(525 - \frac{x_c}{2} \right)$$

$$x_c = 45,07 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = 0,49 \times 525 = 257,25 \text{ mm}$$

Mivel az x_c nagyobb, mint az x_{c0} a vasak képlékenyen fognak működni.

Szükséges vasmenyiség meghatározása:

$$A_{s,req} = \frac{2700 \times 45,07 \times 13,3}{435} = 3720,6 \text{ mm}^2$$

Minimális vashányad:

$$A_{s,min} = 0,0015 \times 2700 \times 525 = 2126,25 \text{ mm}^2$$

Tehát Ø28-as betonacélból fog készülni armatúra 8db fog kellene 25cm-es kiosztással.

Így az $A_{sprov} = 4310 \text{ mm}^2$.

Ellenőrzés:

$$2700 \times x_c \times 13,3 = 4310 \times 435$$

$$x_c = 52,21 \text{ mm}$$

Tehát így is megfelel.

$$M_{rd} = 2700 \times 52,21 \times 13,3 \times \left(525 - \frac{52,21}{2} \right) = 935,36 \text{ KNm}$$

Kihasználtság: 87,1%

Minimális toldási hossz:

$47 \times 28 = 1316 \text{ mm}$ ezt fel lehet kerekíteni 1,35m toldási hosszra, ami egyben a lehorgonyzási hossz is.

III.10.4. Repedéstágasság ellenőrzése

A repedéstágasságot GEO5 szoftverbe ellenőriztem mivel nem tudtam két különböző vasalást felvinni ezért a vashányadot vettem figyelembe. Úgy felelt meg hogy 1 méterben 7db Ø32-es vas került, ami $A_s = 5630 \text{ mm}^2$. A résfal vasalását ez miatt úgy változtattam meg hogy Ø22-es vasból 1 méterbe 4db kerül ($A_s = 1521 \text{ mm}^2$). Ø28-as vasból 1 méterben pedig szintén 7db kerül ($A_s = 4310 \text{ mm}^2$).

$$4310 + 1521 = 5831 \text{ mm}^2 > 5630 \text{ mm}^2$$

Nyírás

Maximális nyíróerő: 207,33 KN/m

$$V_{ek} = 0,8 \times 207,33 = 165,86 \text{ KN/m}$$

$$V_{ed} = 1,35 \times 165,86 = 223,9 \text{ KN/m}$$

Kengyel átmérője: Ø14

$$c = \left(1,2 - \frac{20}{150}\right) \times \left(0,15 \times \frac{0}{100} + \frac{0,45}{1 + \frac{525}{1000}}\right) = 0,315$$

Beton nyírási teherbírása:

$$V_{rdc} = 0,315 \times 2700 \times 525 \times 1 = 446,5 \text{ KN}$$

Kengyelek teherbírása:

$$V_{rdmax} = 0,5 \times 2700 \times 0,9 \times 525 \times 0,552 \times 13,3 = 468 \text{ KN}$$

Kengyel távolság:

$$S_s = \frac{0,9 \times 525 \times 804 \times 435}{223,9 \times 10^3} = 565,48 \text{ mm}$$

De a minimális kengyel távolság 300 mm így $\varnothing 14/30$ lesz.

III.10.5. Résfal átszúródás ellenőrzése

Átszúródási vonal kerülete

$$U_1 = 2 \times (30 + 40) + 4 \times 52,5 \times \pi = 799,73 \text{ cm}$$

Átszúródó kúp talpfelülete

$$A_1 = \textcolor{red}{i}$$

Talpreakció a kúpon

$$q = 100 \text{ KN/m}^2$$

Átszúróerő tervezési értéke

$$V_{ed} = (1,15 \times 1175 \times \cos 15) - 4,7 \times 100 = 835,2 \text{ KN}$$

Fajl. átszúr. teherbír. min.

$$V_{rdc, \min} = 0,03 \text{ KN/cm}^2$$

Átszúródási teherbírás

$$V_{rd} = 799,73 \times 52,5 \times 0,03 = 1259,6 \text{ KN} > 835,2 \text{ Megfelel !}$$

III.10.6. Horgonyszár szakadásának ellenőrzése

Horgonyerő

$$P_{ek} = 366,29 \text{ KN/m}$$

$$P_{ed} = 1,35 \times 366,29 = 494,5 \text{ KN/m}$$

$$B = 2,7 \text{ m}$$

$$P_{ed}=2,7 \times 494,5=1335,15 \text{ KN}$$

Maximális próbaerő

$$P_p=1,15 \times 1335,15=1535,4 \text{ KN}$$

Acéltest teherbírása

$$N_{Rd}=12 \times 1,39 \times 137=2285,16 \text{ KN} > 1535,4 \text{ Megfelel!}$$

Biztonság szakadásra

$$FS=\frac{\frac{2285,16}{1,35}}{12 \times 1,39 \times 177}=0,57 < 0,6 \text{ Megfelel!}$$

III.10.7. Az alakváltozás ellenőrzése van még hátra

Maximális elmozdulás: 1,87 cm

Résfal teljes hossza: 14,8 m

Kéttámaszúnak tekinthető hossz: 11,8 m kb

Relatív elmozdulás: $1180/1,87=631,02 \text{ } \approx 200$

Megfelel!

IV. Összefoglalás

A diplomamunkám fő témái a támszerkezetek és egy résfalas munkatérhatárolás megtervezése volt. A szakdolgozat elején a támszerkezetek különböző módjairól írtam. Ez azért volt fontos, hogy világos kép alakuljon ki, hogy melyik támszerkezet típus milyen feladatokra alkalmas. Meg persze azért is volt szükség irodalomkutatásra, hogy megbizonyosodjak róla, hogy az én területemhez melyik támszerkezet típus a megfelelő.

A szakdolgozat második fele egy műszaki leírást ad az adott épülethez, illetve talajvizsgálati jelentést, ami a munkatérhatárolás megtervezéséhez elengedhetetlen. Itt fognak látszódni a különböző talajok talajfizikai paraméterei. Továbbá a talajvízzel kapcsolatos információk.

A diplomamunka utolsó felében pedig a résfal megtervezése látható. A számítási mellékletet a beépítésre került anyagok megnevezésével és paramétereivel kezdtem.

Utána a GEO5 szádfal tervezési moduljának segítségével meghatároztam a résfal befogási hosszát. Ehhez a 6 féle talajrétegződést vettem alapul. A területen egyébként nagyjából egységes a talajrétegződés tehát nincsenek nagy eltérések. Ez után pedig a GEO5 szádfal ellenőrzési moduljának segítségével végig mentem az építés különböző tervezési állapotain, hogy megtudjam az igénybevételeket és az elmozdulásokat. Utána pedig elvégeztem a külső belső stabilitás vizsgálatot. Illetve még a befogási talajellenállást ellenőriztem, valamint a hidraulikus talajtörést. mindegyiknél megfelelő eredményeket kaptam. A tervezés utolsó szakaszában a mértékadó igénybevételek tudatában megterveztem a résfal, fejgerenda, illetve a résvezető gerenda vasalását. Ezeket a számításokat kézzel végeztem el. A résfal vasalását is kézzel csináltam, de le ellenőriztem GEO5 szoftverbe is a repedéstágassággal együtt. Minden összevetve nagyon fontos, hogy az adott területen a talajokat és azok rétegződését behatóan ismerjük. Itt például még úgy is, hogy nagy változások nincsenek a rétegződésben többször is állítani kellett a horgony befogási szögén mert pár ponton agyag rétegbe ment. Ezért fontos a lehető legtöbb fúrásnál ellenőrizni a szerkezetet, hogy mindenhova megfeleljen.

V.Hivatkozások

- [1] Szepesházi Róbert: Geotechnika, Egyetemi jegyzet, 2008 Győr
- [2] Szepesházi Róbert: Geotechnikai tervezés (Tervezés az Eurocode 7 és kapcsolódó európai geotechnikai szabványok alapján)
- [3] Szepesházi Róbert: Támszerkezetek I.-II.-III. előadás
- [4] Dr. Takács Attila – BME Geotechnikai Tanszék
- [5] DYWIDAG geotechnikai rendszerek
- [6] Szepesházi Attila: Munkatérhatárolások tervezési kérdései
- [7] FAP-2019/103-GT kiadvány - Munkatérhatároló szerkezetek
- [8] Szilvágyi Zsolt: Munkagödör tervezése
- [9] CemBeton az építés alapja: Az MSZ 4798:2016 SZERINTI BETON 2020
- [10] Dr. Takács Attila: Geotechnika-Gyakorlati segédlet a BME Építőmérnöki Kar nappali tagozatos BSc hallgatói részére
- [11] Dr. Mihalik András: Támfalak alapozási szélességének optimális számítása

- [12] Deák György-Draskóczy András-Dulácska-Kollár László-Visnovitz György:
Vasbeton szerkezetek (Tervezés az Eurocode alapján-4. bővített kiadás)
 - [13] Dr. Bartos Sándor-Králik Béla: Mélyépítés I. Budapest 1983
 - [14] Dr. Bartos Sándor-Králik Béla: Mélyépítés II. Budapest 1983
 - [15] Dr. Bartos Sándor-Králik Béla: Mélyépítés III. Budapest 1983
 - [16] Manninger Marcell-Wolf Ákos: Alapozások és földmegtámasztó szerkezetek
tervezése az Eurocode7 (MSZ EN 1997) szerint
 - [17] Bak Edina-Meszlényi Zsolt: Horgonyzott Részfalszerkezetek 4. fejezet
(Alapozások és földmegtámasztó szerkezetek tervezése az Eurocode7 (MSZ EN 1997)
szerint)
 - [18] Dr. Mecsi József: Jegyzet alapozás
 - [19] Móczár Balázs: Munkatérhatárolás statikai tervezése
 - [20] Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés
- [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]

VI. Ábra és táblázat jegyzék

Ábrák:

- 1.ábra: Súlytámfalak erőjátéka (dr. Szepesházi Róbert Geotechnika)
- 2.ábra: Vasbeton szögtámfal (dr. Szepesházi Róbert Geotechnika)
- 3.ábra: Előregyártott vasbeton elemes máglyafal (Támszerkezetek I.)
- 4.ábra: Gabionfal (Támszerkezetek I.)
- 5.ábra: Szádfal (Munkatérhatárolás tervezési kérdései-munkatér határoló szerkezetek)
- 6.ábra: Cölöpfal (Munkatérhatárolás tervezési kérdései-munkatér határoló szerkezetek)
- 7.ábra: Cölöptípusok (dr. Szepesházi Róbert Geotechnika)
- 8.ábra: Részfalak építése (Munkatérhatárolás tervezési kérdései-munkatér határoló szerkezetek)
- 9.ábra: Horgonyzott részfal (Munkatérhatárolás tervezési kérdései-munkatér határoló szerkezetek)
- 10.ábra: Támszerkezetekre ható erők

- 11.ábra: GEO állékonyság elvesztése (Támszerkezetek I.)
- 12.ábra: STR állékonyság elvesztése (Támszerkezetek I.)
- 13.ábra: HYD teherbírási határállapot (Támszerkezetek I.)
- 14.ábra: Helyszín (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 15.ábra: Épületről való metszett (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 16.ábra: Budapest fedetlen földtani térképe-részlet (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 17.ábra: Budapest fedett földtani térképe-részlet (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 18.ábra: Javasolt talajosztályok (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 19.ábra: Talajvízszintek változása (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 20.ábra: Budapest Építéshidrológiai Atlasza-részlet (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 21.ábra: Magyarország szeizmikus térképe (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 22.ábra: Dywidag talajhorgony (Dywidag geotechnikai rendszerek)
- 23.ábra: 10F: 21,10 m mély
- 24.ábra: 3F: 18 m mély
- 25.ábra: 1F: 18 mély
- 26.ábra: 2F: 18 m mély
- 27.ábra: 11UF: 20 m mély
- 28.ábra: 11F: 14,3 m mélyen elakadt
- 29.ábra: Első tervezési állapot
- 30.ábra: Második tervezési állapot
- 31.ábra: Harmadik tervezési állapot
- 32.ábra: Negyedik tervezési állapot
- 33.ábra: Ötödik tervezési állapot
- 34.ábra: Belső stabilitás vizsgálat
- 35.ábra: Külső stabilitás vizsgálat
- 36.ábra: Befogási talajjellenállás
- 37.ábra: $\rho \frac{kN}{m^2}$

38.ábra: $\delta_{ah} \frac{kN}{m^2}$

39.ábra: $\rho \frac{kN}{m^2}$

40.ábra: Burkoló ábrák

Táblázatok:

- 1.táblázat: Pontszámítás bemutatása (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 2.táblázat: Geotechnikai kategória (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 3.táblázat: Talajmintavételi jegyzőkönyv (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 4.táblázat: Mintavételek (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 5.táblázat: Labor vizsgálatok (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 6.táblázat: Talajfizikai paraméterek dinamikus szondák alapján (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 7.táblázat: Talajfizikai paraméterek dinamikus szondák alapján (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 8.táblázat: Talajfizikai paraméterek dinamikus szondák alapján (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 9.táblázat: Homokos feltöltés talajfizikai jellemzői (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 10.táblázat: Homok talajfizikai jellemzői (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 11.táblázat: Homokos kavics talajfizikai jellemzői (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 12.táblázat: Agyag talajfizikai jellemzői (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 13.táblázat: Agyag részben cementálódott réteg talajfizikai jellemzői (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 14.táblázat: Fagyérzékenység (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 15.táblázat: Tömöríthetőség szemeloszlás alapján (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 16.táblázat: Fejtési osztály (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)
- 17.táblázat: Homokos feltöltésre vonatkozó mértékadó paraméterek (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

18.táblázat: Homokra vonatkozó mértékadó paraméterek (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

19.táblázat: Homokos kavicsra vonatkozó mértékadó paraméterek (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

20.táblázat: Agyagra vonatkozó mértékadó paraméterek (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

21.táblázat: Agyag részben cementálódott rétegre vonatkozó mértékadó paraméterek (Petik Kft. Talajvizsgálati jelentés)

21.táblázat: Befogási mélységek

22.táblázat: Igénybevételek, elmozdulások

VII.Tervjegyzék

-G-1: Átnézeti helyszínrajz

-G-2: Geotechnikai helyszínrajz

-G-3: Rétegszelvény-1

-G-4: Rétegszelvény-2

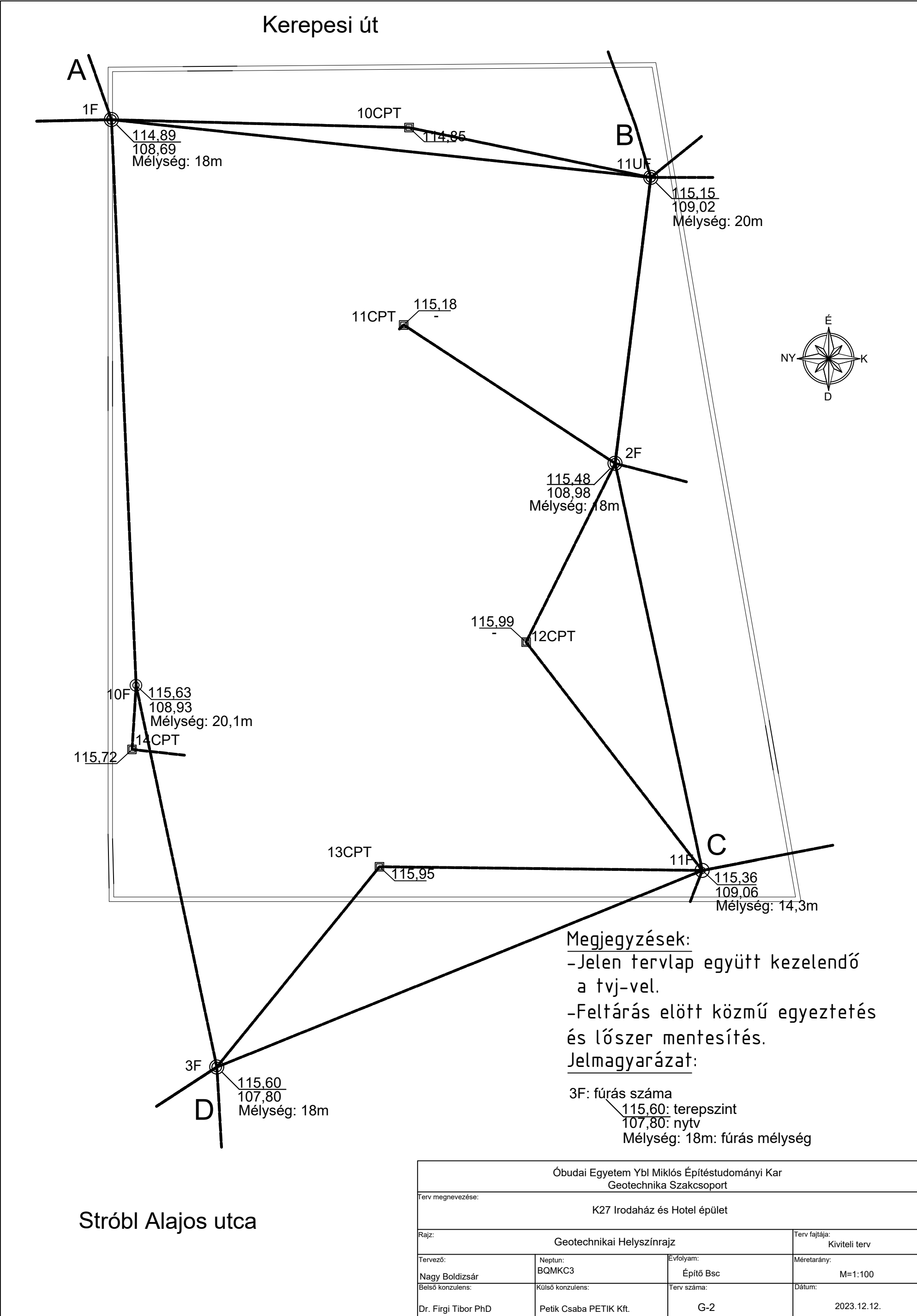
-G-5: Rétegszelvény-3

-G-6: Rétegszelvény-4

-G-7: Mintakereszt-szelvény

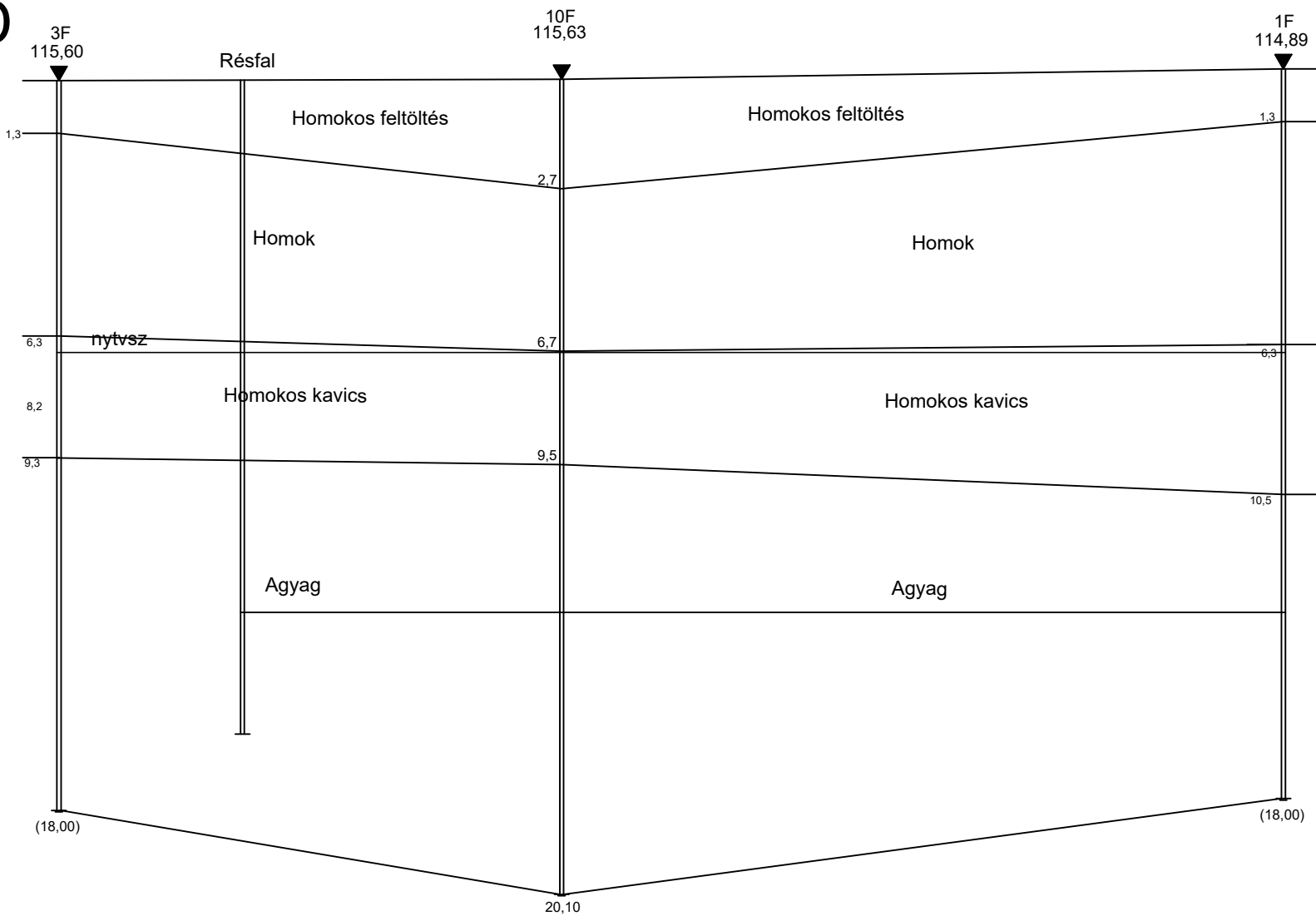
-G-8: Tábla és horgony kiosztás

-G-9: Vasalási terv



D

116.00
115.00
114.00
113.00
112.00
111.00
110.00
109.00
108.00
107.00
106.00
105.00
104.00
103.00
102.00
101.00
100.00
99.00
98.00
97.00
96.00
95.00



A

Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Geotechnika Szakcsoport

Terv megnevezése:

K27 Irodaház és Hotel épület

Rajz:

Rétegszelvény-1

Terv fajtája:

Kiviteli terv

Tervező:

Nagy Boldizsár

Neptun:

BQMKC3

Évfolyam:

Építő Bsc

Belső konzulens:

Dr. Firgi Tibor PhD

Külső konzulens:

Petik Csaba PETIK Kft.

Terv száma:

G-3

Méretarány:

M=1:100

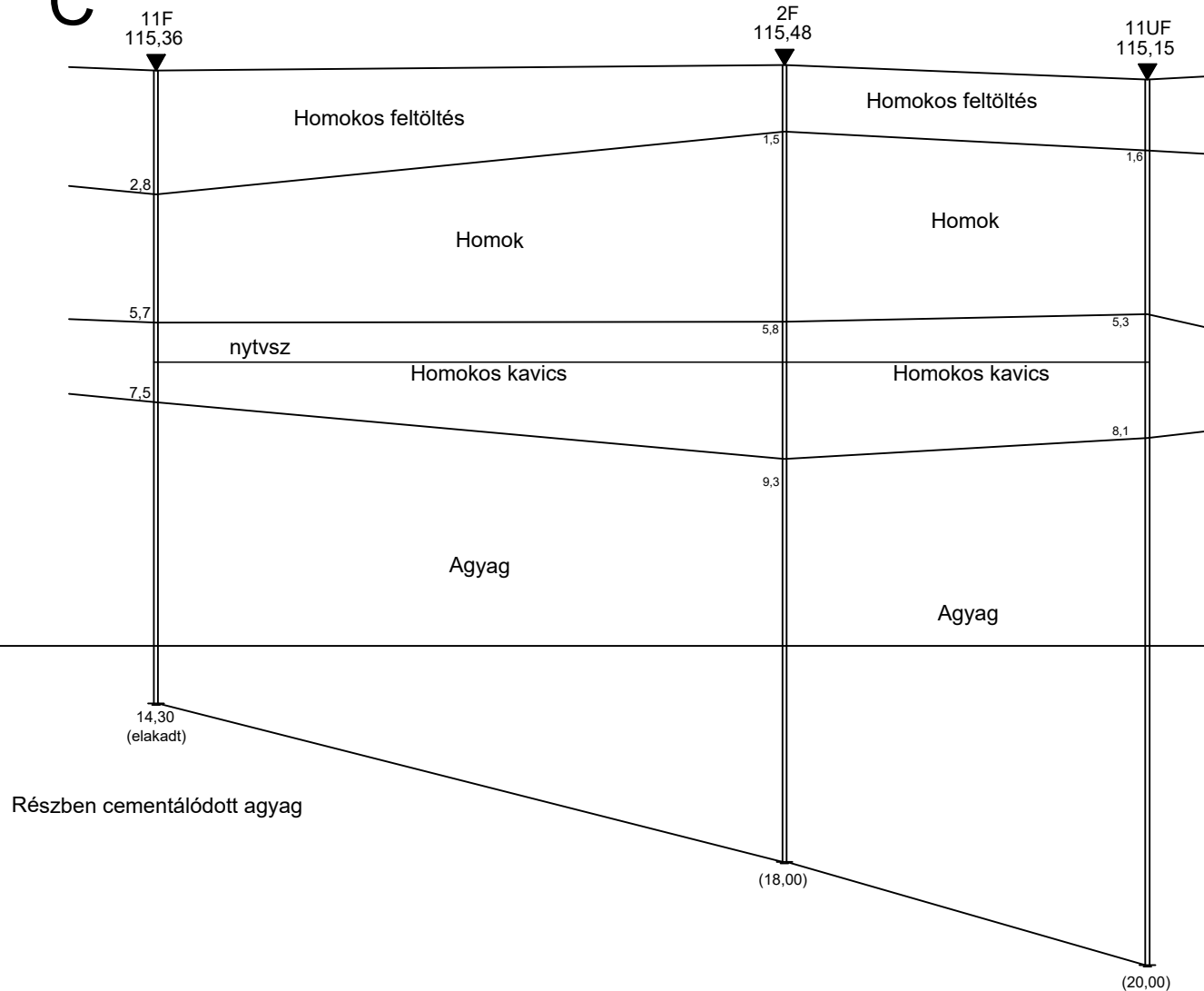
Dátum:

2023.12.12.

C

B

116.00
115.00
114.00
113.00
112.00
111.00
110.00
109.00
108.00
107.00
106.00
105.00
104.00
103.00
102.00
101.00
100.00
99.00
98.00
97.00
96.00
95.00

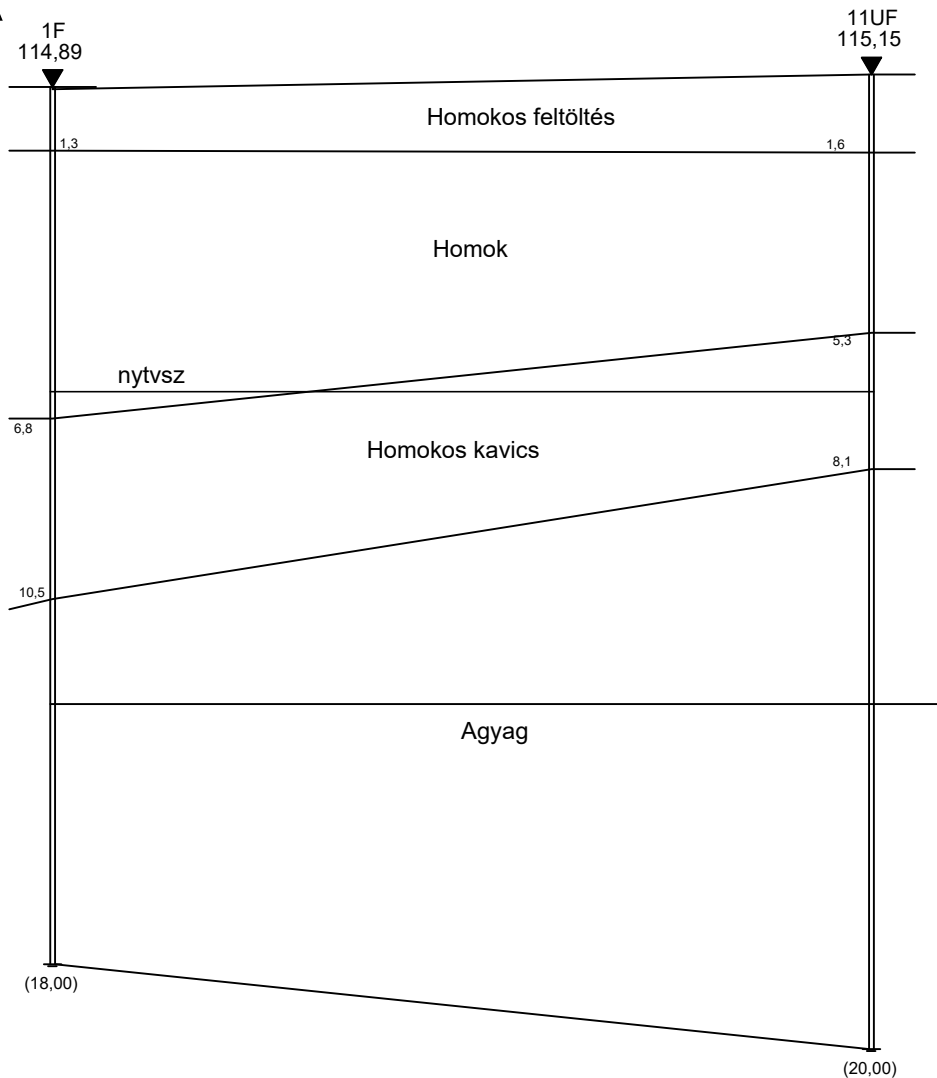


Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar Geotechnika Szakcsoport			
Terv megnevezése: K27 Irodaház és Hotel épület			
Rajz: Rétegszelvény-2			Terv fajtája: Kiviteli terv
Tervező: Nagy Boldizsár	Neptun: BQMKC3	Évfolyam: Építő Bsc	Méretarány: M=1:100
Belső konzulens: Dr. Firgi Tibor PhD	Külső konzulens: Petik Csaba PETIK Kft.	Terv száma: G-4	Dátum: 2023.12.12.

A

B

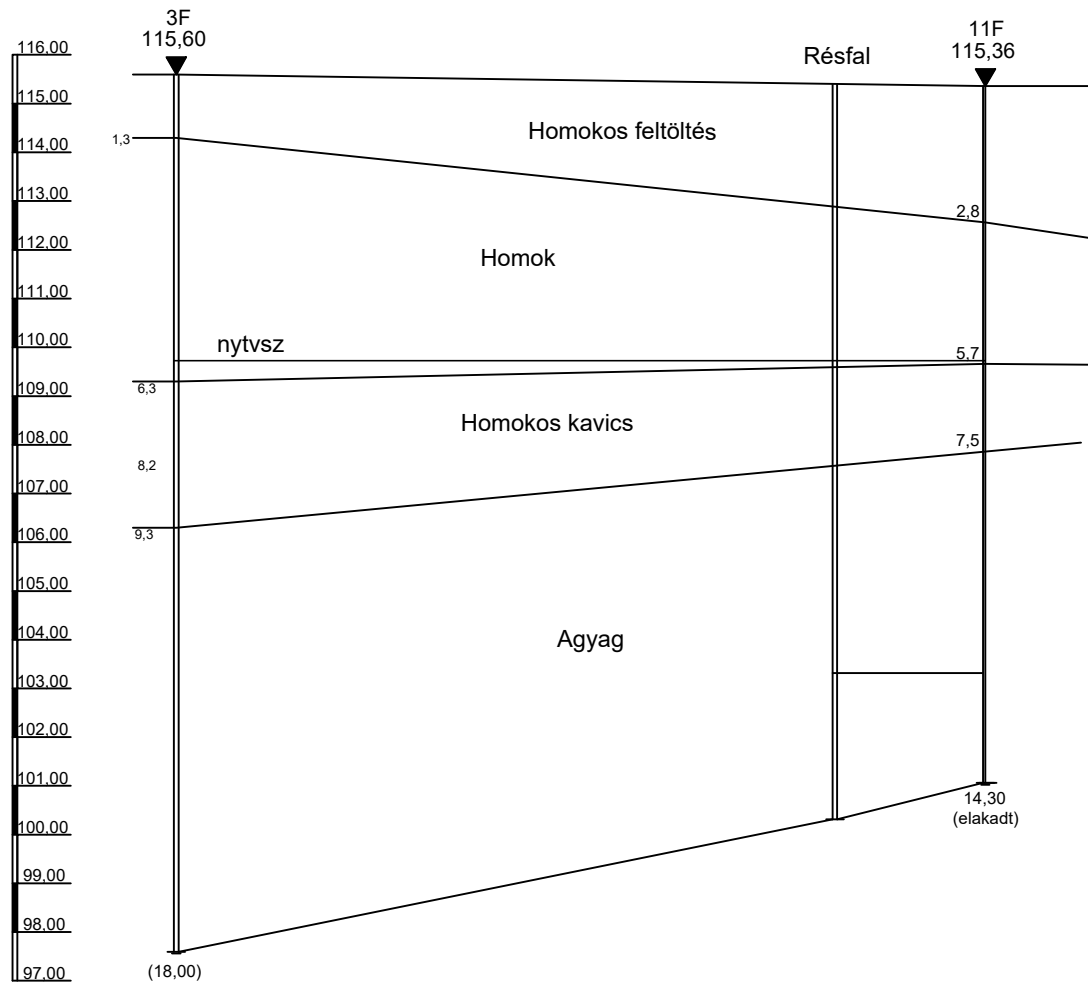
116.00
115.00
114.00
113.00
112.00
111.00
110.00
109.00
108.00
107.00
106.00
105.00
104.00
103.00
102.00
101.00
100.00
99.00
98.00
97.00
96.00
95.00
94.00
93.00
92.00
91.00



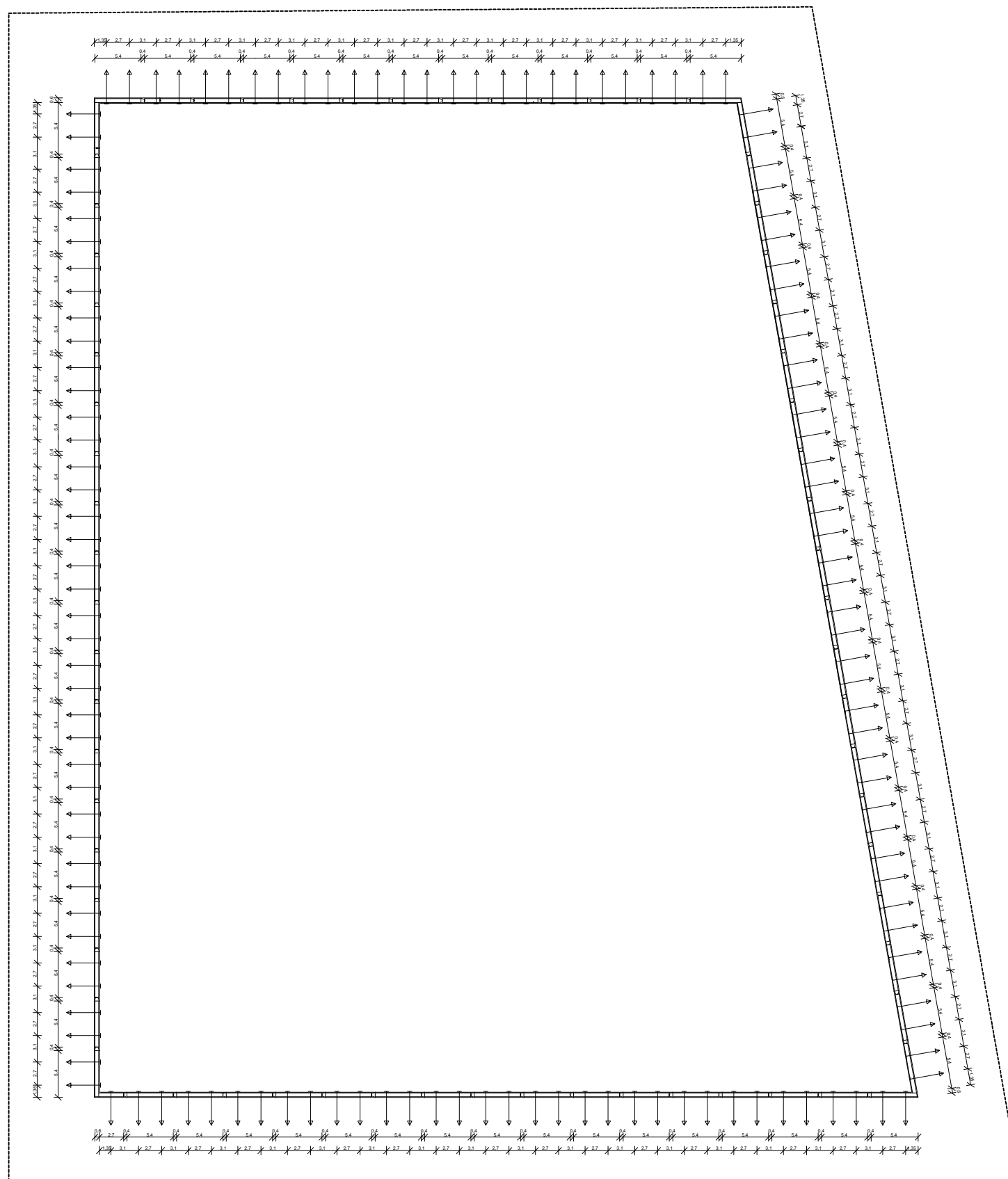
Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar Geotechnika Szakcsoport			
Terv megnevezése: K27 Irodaház és Hotel épület			
Rajz: Rétegszelvény-3			Terv fajtája: Kiviteli terv
Tervező: Nagy Boldizsár	Neptun: BQMKC3	Évfolyam: Építő Bsc	Méretarány: M=1:100
Belső konzulens: Dr. Firgi Tibor PhD	Külső konzulens: Petik Csaba PETIK Kft.	Terv száma: G-5	Dátum: 2023.12.12.

D

C



Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar Geotechnika Szakcsoport			
Terv megnevezése: K27 Irodaház és Hotel épület			
Rajz: Rétegszelvény-4			Terv fajtája: Kiviteli terv
Tervező: Nagy Boldizsár	Neptun: BQMKC3	Évfolyam: Építő Bsc	Méretarány: M=1:100
Belső konzulens: Dr. Firgi Tibor PhD	Külső konzulens: Petik Csaba PETIK Kft.	Terv száma: G-6	Dátum: 2023.12.12.



Megjegyzések:

A geodéziai méréseket a munkavégzés előtt elkell végezni!

Talajvizsgálat előtt közmű-egyeztetés szükséges.

Résfal vastagsága: 0,60 m

Réstáblák közötti távolság szakaszoló pallókkal a terveknek megfelelően. Szakaszoló pallók=40 cm

5,4 m-es réstáblából 69db lesz.

2,7 m-es zárótáblából 1db fog készülni

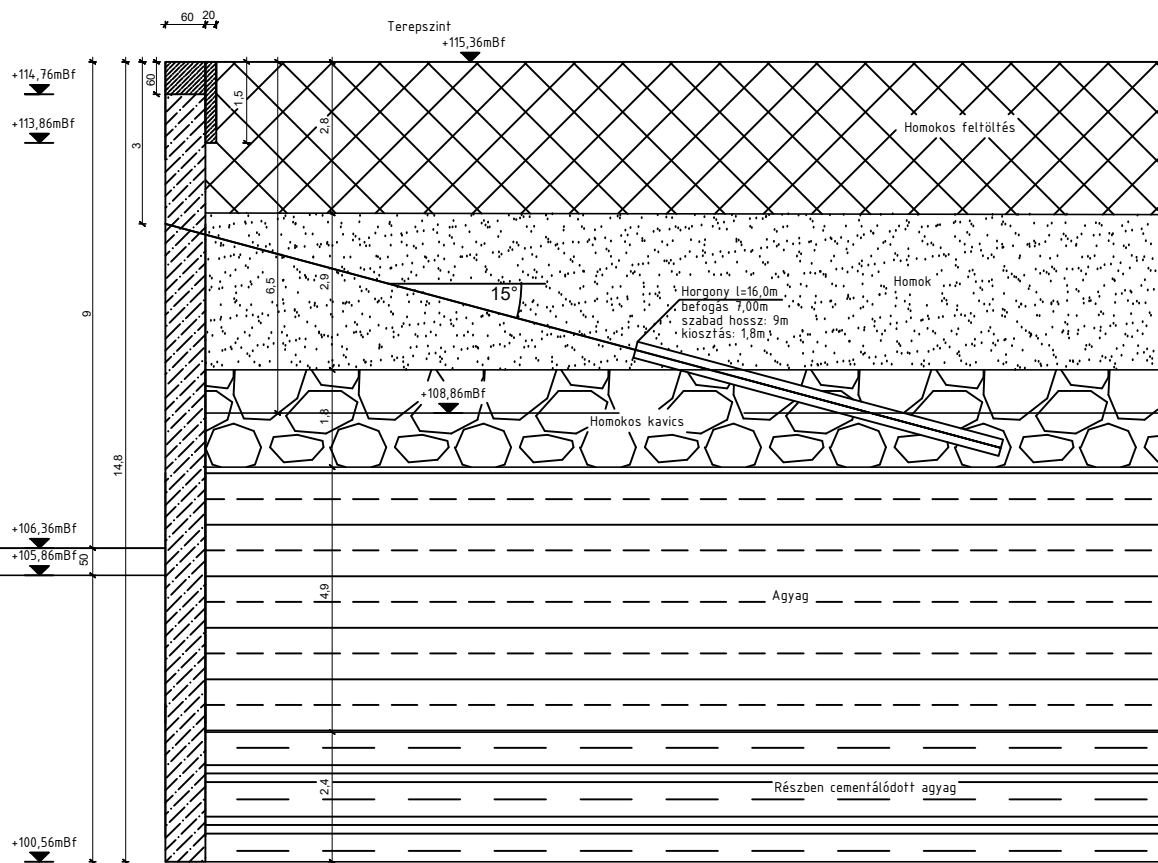
Horgonyból minden 5,4m-es táblába két db-nak kell lennie.

A zárótáblába 1 db fog kellene.

Horgony darabszáma összesen: 139 db



Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar Geotechnika Szakcsoport			
Terv megnevezése: K27 Irodaház és Hotel épület			
Rajz: Tábla és horgony kiosztás		Terv fajtája: Kiviteli terv	
Tervező: Nagy Boldizsár	Neptun: BQMKC3	Évfolyam: Építő Bsc	Méretarány: M=1:500
Belső konzulens: Dr. Firgi Tibor PhD	Külső konzulens: Petik Csaba PETIK Kft.	Terv száma: G-7	Dátum: 2023.12.12.



Megjegyzések:

A geodéziai méréseket a munkavégzés előtt kell végezni!

Talajvizsgálat előtt közmű-egyeztetés szükséges.

Résfal vastagsága: 0,60 m

Réstáblák közötti távolság szakaszoló pallókkal a terveknek megfelelően. Szakaszoló pallók=40 cm

Szintek:

- 114,76 mBf: fejgerenda alja
- 113,86 mBf: részvezető gerenda alja
- 106,36 mBf: munkagödör síkja
- 105,86 mBf: talajvíz
- 115,36 mBf: terepszint
- 100,56 mBf: réstalp

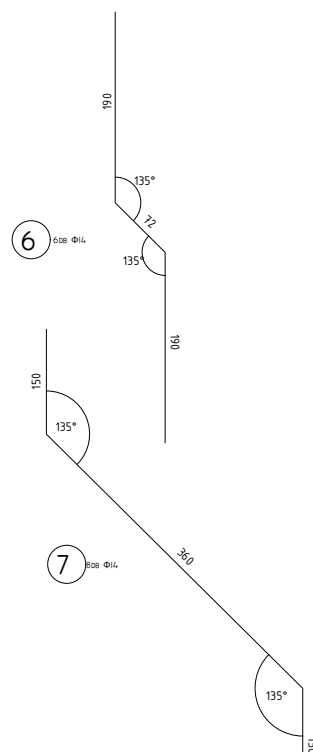
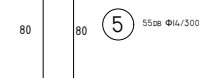
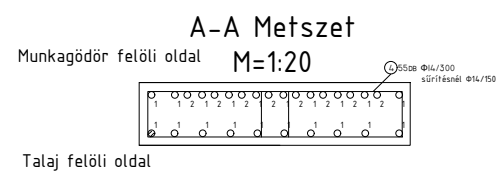
Anyagok:

Horgony: Fp 139/1770

Beton:

C30/37-XC2-XA1-XV2-24-F5

Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar Geotechnika Szakcsoport			
Terv megnevezése: K27 Irodaház és Hotel épület			
Rajz: Mintakeresztszelvény			Terv fajtája: Kiviteli terv
Tervező: Nagy Boldizsár	Napló: BQMKC3	Évfolyam: Építő Bsc	Méretarány: M=1:50
Belső konzulens: Dr. Firgi Tibor PhD	Külső konzulens: Petik Csaba PETIK Kft.	Terv száma: G-8	Dátum: 2023.12.12.



Fejgerenda: 40mm

Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar Geotechnika Szakcsoport			
Terv megnevezése: K27 Irodaház és Hotel épület			
Rajz: Vasalási terv			Terv fajtája: Kiviteli terv
Tervező: Nagy Boldizsár	Neptun: BQMKC3	Evfolyam: Építő Bsc	Méretarány: M=1:50
Belső konzulens: Dr. Firgi Tibor PhD	Külső konzulens: Petik Csaba PETIK Kft.	Terv száma: G-9	Dátum: 2023.12.12.