

A Gellért-téri metró akna külső szerkezetének tervezése, és a hozzá tartozó technológia bemutatása¹

Horváth Helga

Swietelsky Építő Kft. Munkahelyi mérnök, Horvath.helga@swietelsky.hu

ÖSSZEFOGLALÁS: A diplomamunka tárgya a Gellért-téri metró akna külső szerkezetének tervezése, és a hozzátartozó technológia bemutatása volt. Az állomás tervezésénél több különböző szempontot kellett egyidejűleg figyelemmel kísérni, melyek közül a jelentősebbek közé tartozik:

Az egyetem CH épületének (mely épület a rendkívül érzékeny kémiai labornak ad otthont, ahol az alkalmazott géppark meglehetősen mozgás érzékeny) közelsége, a rossz közetviszonyok (melyek szükségessé tették a Magyarországon még ismeretlen Hidrofrézeres technológia alkalmazását), a Duna hatása (mely hordalékkal töltötte fel a területet, s mely vízállásának ingadozása jelentős hatással van a műtárgy közvetlen talajkörnyezetének építési talajvíz szintjére).

A BME Kémiai épületének közelsége miatt elengedhetetlen volt a tervezés során a részállékonyság vizsgálat elvégzése, melyet nemcsak a magyar előírásoknak, hanem az alkalmazott technológiához tartozó külföldi szakirodalomnak megfelelően is elkészült. Ezen vizsgálat segítségével került meghatározásra az épület mellett megnyitható maximális réstábla hossz.

Diplomamunkám céljából tűztem ki, hogy bemutatom a Gellért-téri aknánál alkalmazásra kerülő újszerű hidrofrézeres technológiát. Ezen technológiához tartozó réstáblakiosztás alkalmazásával (persze a részvizsgálatot szemelőt tartva) került kialakításra a panelkiosztás. A technológiához szorosan kapcsolódó problémák, s ezek megoldása (mint például a vízzárás, az armatúra rögzítése, a zagykezelés, a zagytelep működtetés, a marótárcsa körmének cseréje, a megfelelő marótárcsa alkalmazása) szoros részét képezik az általam megírt tervezési, és korszerű kivitelezési munkáknak.

Tervezés részeként foglalkoztam a résfalak ideiglenes megtámasztásának kialakítási lehetőségeivel, szem előtt tartva, hogy a réstáblák minimális mozgása mellett kialakítható támaszrendszer segítségével olyan ideiglenes megtámasztásokat alkalmazzak, melyek legkevesbé zavarják az építési folyamatokhoz tartozó földkitermelést, s a végleges támaszok építését. Ezen feladat megoldásaira 3D-s modellt készítettem a jobb átláthatóság érdekében.

A kialakult ideiglenes megtámasztások után a PLAXIS végeselemes program segítségével történt a részpanel vizsgálat, egy jellemző keresztmetszetben. S ezen vizsgálat eredményeit felhasználva készítettem el a panel vasalási terveit. A program lehetőséget nyújtott az egyes építési folyamatokhoz tartozó vízszintes, és függőleges mozgások vizsgálatához, így figyelemmel kísérhető volt a CH épület mozgását az építési folyamatok közben.

1 FELADAT ISMERTETÉSE

A diplomám témája a napjainkban megépülő 4-es metróvonal egy állomásának tervezése, melyet az első szakasz (Kelenföldi pu.-Keleti pu.) foglal magába. A vonal 5. állomásaként elkészülő Gellért-téri akna a Duna jobbpartján, a felső rakparton, közvetlenül a Műszaki Egyetem CH épülete mellett kerül megépítésre, mégpedig úgy, hogy míg maga a 35*61,5 m-es befoglaló méretű állomás, felülről nyitott módon készül, addig az állomás peronja mivel nagyrészt a BME CH épülete alá kerül: lőttbetonos, alábányászott technológiával.

¹ Jelen cikk a szerző diplomamunkájából készült, melyet a Nemzetközi Alagútépítési Szövetség (ITA) Magyar Nemzeti Bizottsága különdíjjal tüntetett ki.

2006 tavaszán négy darab 50,00 m mély nagy ($\varnothing$ 110 mm) átmérőjű, folyamatos magmin-tavételű fúrás, és három dinamikus (DPT) szondázás készült az akna négy jellemző sarokpont-jának közvetlen környezetében. A fúrások alapján a talajmechanikai vizsgálatokat a VITUKI kft, míg a mérnökgeológiai vizsgálatokat a BME Építőanyagok Tanszékén a Laborban végezték. A négy fúrási eredményből 2 jellemző rétegszelvényt készítettem:

- az egyiket a Duna felőli G1-G2-es fúrás alapján

A talaj jellemző vezérrétegeinek figyelembevételével a jellemző rétegződéseket és a talajparamétereket a következő táblázat tartalmazza.

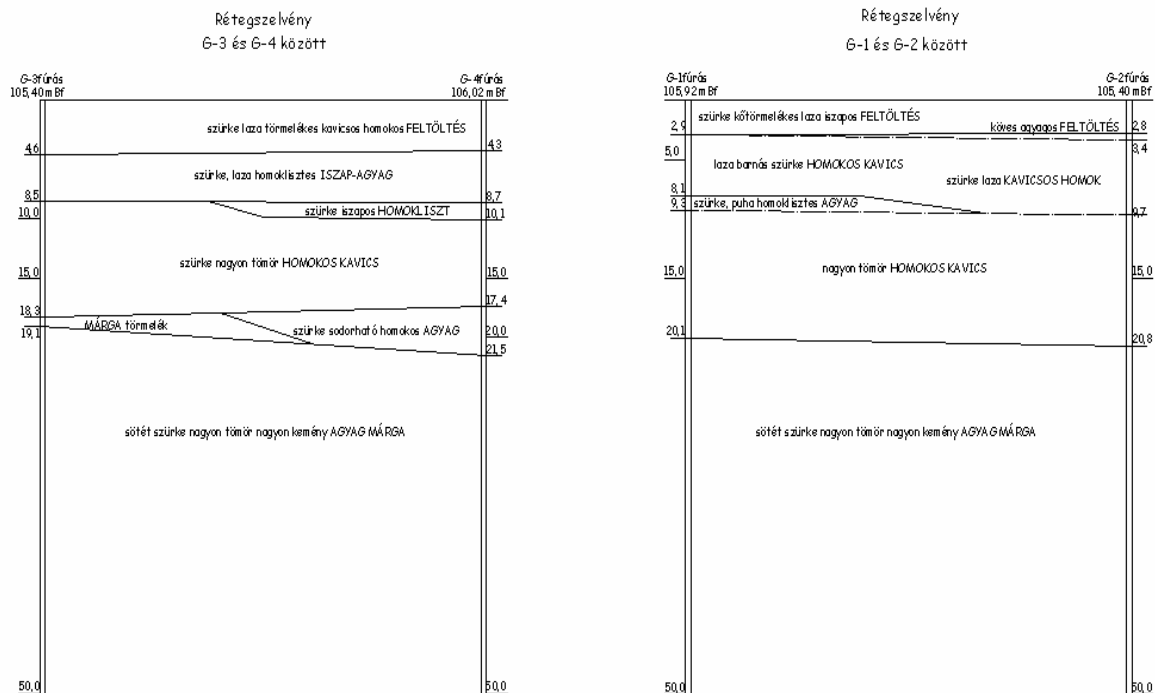
	γ_n, γ_t	Φ	c	Es	E	v	Ko
	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(Mpa)	(Mpa)	(-)	(-)
Hlisztes feltöltés	17,5 ; 18,5	24	0-5	5	-	-	0,59
Hlisztes agyag	19,5 ; 19,5	22	28	7	-	-	0,63
Homokos kavics-laza	20 ; 20	28	0	17	-	-	0,53
Homokos kavics-n. tömör	20 ; 20	38	0	70	-	-	0,38
Márga-átlagos	22,9 ; 22,9	20	290	10	140	0,35	0,54
Márga-sűrűn tagolt	22,9 ; 22,9	13	190	10	70	0,43	0,75

- a másikat a CH épület mellett elhelyezkedő G3-G4-es fúrás figyelembevételével készült
Az itt fő réteget alkotó talajrétegződést a következő táblázat tartalmazza.

	γ_n, γ_t	Φ	c	Es	v	Ko
	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(Mpa)	(-)	(-)
Hlisztes feltöltés	17,5 ; 18,5	24	5	5		0,59
Hlisztes agyag	17,0 ; 18,0	26	2	7		0,63
Homokos kavics-laza	20 ; 20	28	0	17		0,53
Homokos kavics-n. tömör	20 ; 20	38	0	70		0,38
Márga-átlagos	22,9 ; 22,9	20	290	10	0,35	0,54
Márga-sűrűn tagolt	22,9 ; 22,9	13	190	10	0,43	0,75

Ez utóbbi jellemző talajrétegződés jelentős szerepet tölt be, mivel ezen rétegződésekkel és a hozzájuk tartozó talajparaméterek kerültek felhasználásra a réstábla állékonyság, majd a későbbi PLAXIS-os réstábla méretezés során.

Mindkét rétegszelvény jól szemlélteti, hogy a talajfelszíntől 18-20 m mélységben nagyon tömör, nagyon kemény agyag márga található. Ez a későbbiek során jelentős szerepet tölt be az alkalmazható technológia kiválasztásánál.



2 MUNKATÉR-HATÁROLÁS, SZERKEZETI KIALAKÍTÁS, MEGTÁMASZTÁSOK KIVÁLASZTÁSA

A talajmechanika figyelembe vételével a nyílt módon épülő, vízzáró vasbeton akna javasolt munkatér-határolás módja: mélyen a fekübe befogott, földemekkel több sorban megtámasztott vasbeton résfal mind teherbírasi, mind alakváltozási szempontból megfelelehet, azonban a nagy ~38 m-es mélység és a műgyetem közelsége miatt fokozott óvatossággal kell eljárni a tervezésben és a kivitelezésben egyaránt.

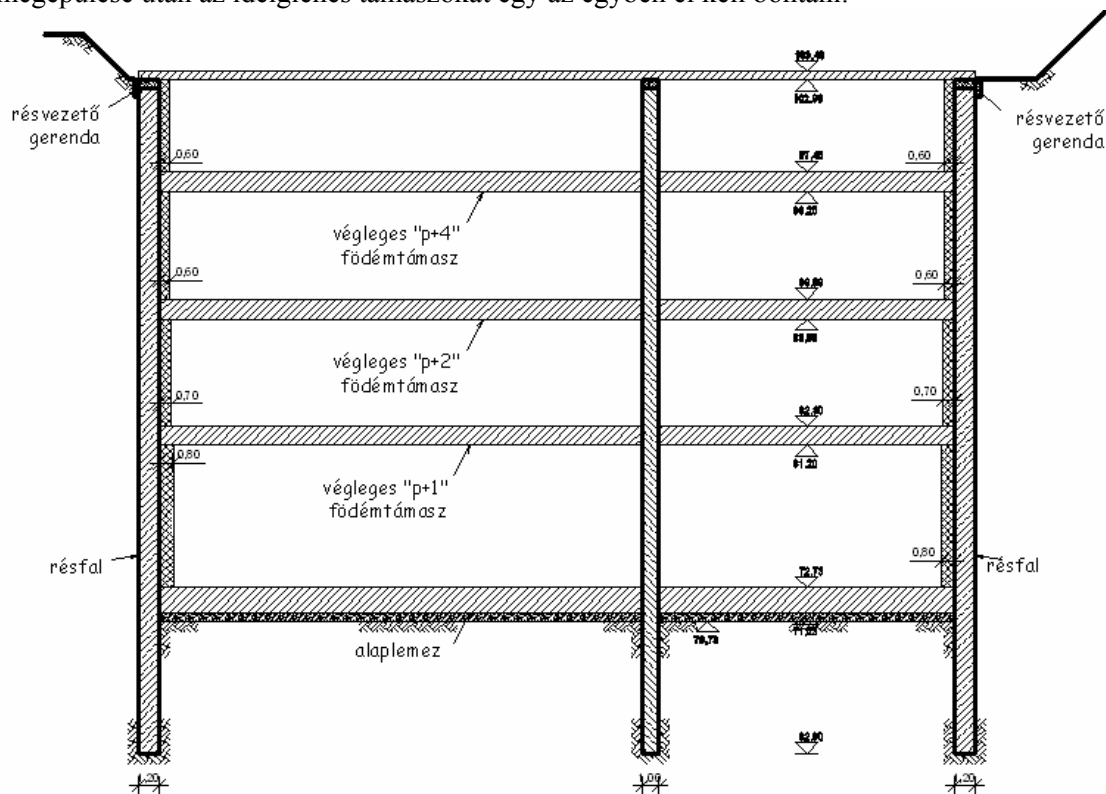
Ahogy már korábban is említésre került a metró állomás két fő részből tevődik össze: a löttbetonos technológiával készülő állomási peronból, és a felülről nyílt milánói módszerrel készülő vasbeton aknából. Ez utóbbinál a 34,7 m mély munkagödör megtámasztásának megoldása, a 102,9 mBf szintől, mint réselési lavírsíkról indított, több sorban (ideiglenes földémrendszerrel, majd végleges földemekkel) kitámasztott 120/125 cm vastag résfal, és ahhoz kapcsolódó 60-70-80 cm-es bélésfal. A bélésfalak teherbíró kapcsolattal épülnek össze a résfallal. Ez a kapcsolat biztosítja, hogy az oldalnyomásokat a beépítés után már a résfallal együttdolgozó bélésfal egy szerkezetként hordja. Az így kialakult 1,85 m, 1,95 m, 2,05 m vastag szerkezet megfelelő teherbírású a tartós oldalnyomással szemben (nyugalmi földnyomás).

A megtámasztásoknál megoldásként merülhet fel a különböző belső megtámasztások alkalmazása, illetve a szerkezet hátrahorgonyozása. Az adott talajviszonyok és az építési környezet miatt azonban nem célszerű a horgonyzás, így az ideiglenes és a végleges megtámasztásoknál is lemez és gerendák együttes kombinációja előnyös.

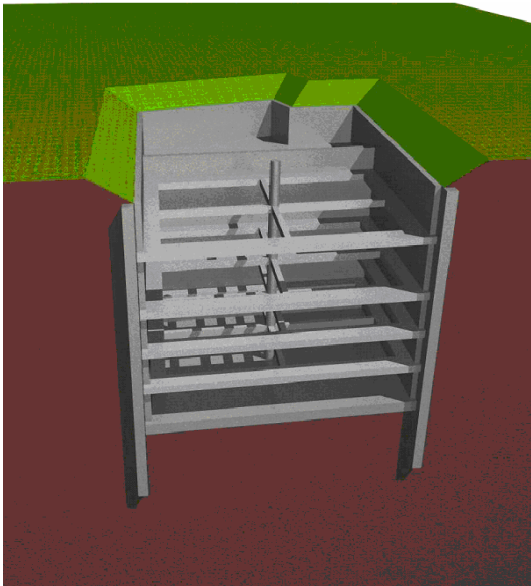
Az engedélyezési tervben szereplő megoldás szerint végleges állapotban a rés (+bélés) falat a zárófödém és az alaplemezen kívül 3 (P+1, P+2, P+4 jelű) földém támasztja meg. Az építés közben a zárófödém elkészülte után 4 ideiglenes támasszal kell megtámasztani a résfalat, s ezek az ideiglenes megtámasztások a végleges megtámasztások alatt vagy fölött kerülnek elhelyezésre. Az alaplemez elkészítése után a végleges támaszok építésével összehangoltan alulról-felfelé fokozatosan bontják el az ideiglenes támaszokat, és építik meg a bélésfalakat. Az ideiglenes megtámasztásoknak olyanoknak kell lenniük, hogy legkevésbé se hátráltassák a földemek alól történő földkitermelést és elszállítását. Az állomás szerkezeti kialakítását a következő ábra szemlélteti:

Az ideiglenes támaszok ugyan összekombinálhatóak a végleges támaszokkal is, ez azonban jelentősen megnehezítené, s bonyolultabbá tenné a folyamatos földkitermelés számára biztosítandó szabad nyílások elhelyezését, megtervezését. Ezen kívül jelentős bonyodalmat okozhatnak a kivitelezésben a bonyolult bontások és betonozások a földkitermelés végzetével. Ezen szempontok miatt döntöttem az ideiglenes és a végleges támaszok külön szintben

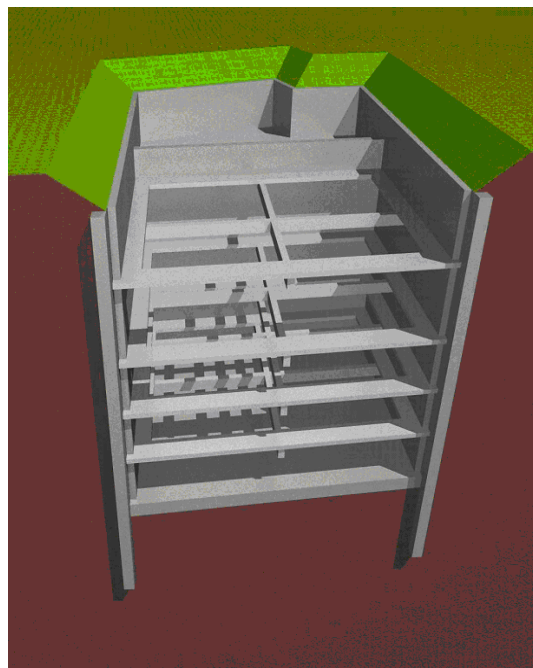
és egymástól teljesen független tervezése mellett. Így sokkal egyszerűbb biztosítani a föld-kitermelés és az esetleges pajzscsere számára a szabadnyílásokat, s a végleges támaszok megépülése után az ideiglenes támaszokat egy az egyben el kell bontani.



Az ideiglenes támaszok lehetséges elhelyezkedését a következő 3D-s modell ábrázolja.



Az akna megtámasztásának egyik lehetséges módja (oszlop+lemez+gerenda)

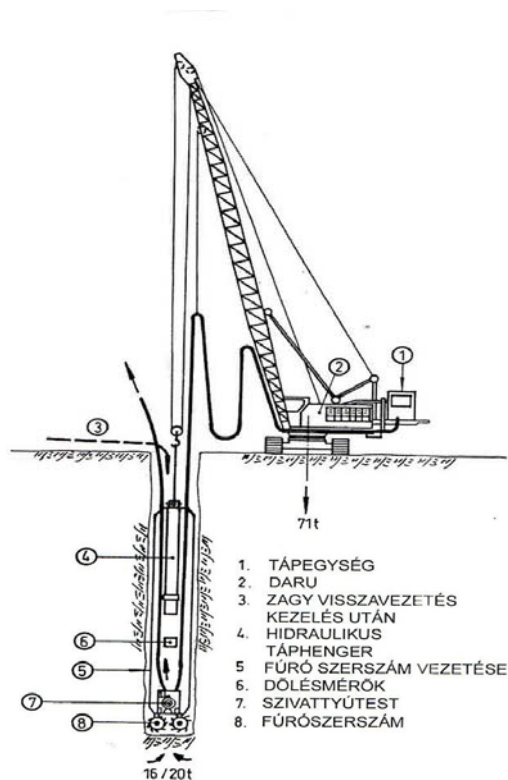


Az akna megtámasztásának másik lehetséges módja (lemez+gerenda)

3 HIDROFRÉZERES TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSÁNAK OKA ÉS BEMUTATÁSA

Ahogy már korábban a talajmechanika alapján láthattuk a felszíntől 18-20 m mélységben nagyon tömör, nagyon kemény, rendkívül jó teherbírású márgafekü található. Ebben a rétegben a Magyarországon alkalmazott, hagyományos réselőgépek önmagukban nem alkalmazhatóak, így először 12 m mélységig egy LIBHER alapgépre szerelt hidraulikus működtetésű résmarkoló kanállal kell előszedést végezni, majd ezután az agyagfelszín és a réselési talpsík közötti mélységben darura szerelt hidrofrézzerrel történik a réskiemelés.

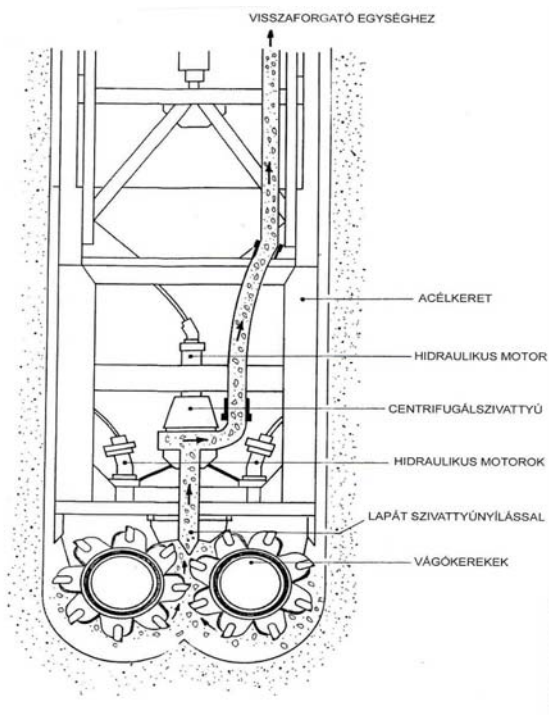
A Hidrofrézer felépítése:



A HIDROFRÉZER FÚRÓGÉP

Az ellentétes irányba mozgó marótárcsán elhelyezkedő vágókerekék összedarálják a kemény agyagmárgát. Majd ez az összedarált talaj bentonittal keveredve a centrifugálszivattyú segítségével a lapátszivattyún keresztül jut a visszaforgató (zagyregeneráló) egységhez.

Magát a hidrofrezzer fúrószerszám működését a következő ábra segítségével követhetjük nyomon



A marótárcsák különböző menetemelkedésűek, s építési tapasztalatok alapján választják ki a megfelelő menetemelkedésű vágótárcsát. A Gellért-téri aknához a képeken látható 2 típusú vágókerek érkezett.



Gellért-téren alkalmazott marótárcsa



Gellért-térre szállított pótmárótárcsa

A vágókerekbe vágófogak kerülnek beépítésre, melyeket kopás esetén cserélnek. A fogak kialakítását és méretét az alábbi fotó szemlélteti.



Kopás esetén cserélendő vágókarmok

A hidrofrezéres géplánc elemét alkotja a zagykeverő, az érlelő-tároló tartályok és a zagyregeneráló is.

Az érlelő tároló tartályok összterfoglata 700 m^3 . A tartályokat a keverőtelepen egymáshoz és a zagy tisztító csővezeték rendszerrel összekötve csoportosan telepítik.

A zagyregeneráló a felhasznált résiszap finomszemcse tartalmának leválasztására szolgáló, a résiszap újra felhasználását biztosító tisztító berendezés, melyet két lépcsőben alkalmaznak:

- ◆ Első lépcső:
-típus: SOTRES 450: $0,2 \text{ mm} \dots 0,5 \text{ mm}$ szemnagyságú frakció leválasztása
- ◆ Második lépcső:
-típus: Centrifugese Z42: $1,10 \dots 1,40 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű finomrésszel szennyezett zagyot $1,05 \dots 1,25 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű tisztított zaggyá alakító rendszer, így biztosítva az agyagos alapkőzet miatti zagyelnehezülés elleni védelmet és a zagy visszaforgathatóságát

A keverő telep része a zagykeverő, mely egy folyadékáramlásos keverő berendezés, mellyel a résiszap keverését végzik. Megfelelő mennyiségű bentonitadagolással állítják elő a résiszapot, melyet a felhasználásig a tároló tartályokban érlelnek, illetve tárolnak.

A résiszap készítésekor ellenőrizendő, hogy az elkeveredés tökéletes-e, a csomóképződés megszűnt-e, az elkészült keveréket az érlelő tartályba kell emelni, ahol az érlelés egész ideje alatt a keringetést fenn kell tartani. A friss zagy tárolását, az érlelést és a zagyülepítést együttesen kb. 700 m^3 tárolókapacitás biztosítja, a zagy tisztítást pedig a fent említett SOTRES 450 tisztító és a Z42 centrifuga együttesen biztosítja. A panelméreteket figyelembe véve kb. $20 \text{ m}^3/\text{nap}$ elhasznált zagy elszállításával lehet számolni.

A zagyvesztés az alábbiakból tevődik össze:

- ◆ Elszívárgás a talajba
- ◆ Kiszűrődés a földfal felületén
- ◆ Elcsorgás a felszínen
- ◆ Rátapadás a kiemelt földanyagra
- ◆ Szerszám által kiemelt fűrőiszap
- ◆ Ülepítő tartályban magmaradó résiszap

A keverő, tároló, regeneráló tartályok mind a résiszap technológia miatt kerülnek alkalmazásra. A földkiemelés során a résiszap talajszemcsékkel keveredik, homoktartalma megnő, szennyeződik, ezáltal elnehezül és megtámasztó hatása romlik; ezért a frézerezés során folyamatosan ellenőrizni kell a zagysűrűséget, és a friss tiszta zagy adagolásával a mindenkoriban lévő zagysűrűségét $1,4 \text{ g/cm}^3$ érték alatt kell tartani. A betonozás előtti zagycsere befejezésekor a résben lévő csere utáni zagy maximális sűrűsége $1,15 \text{ g/cm}^3$ lehet.

Ha ezeket betartják akkor a résiszap a réselés (földkitermelés) során az alábbi feladatokat képes ellátni:

- a résbe töltött iszap a rés oldalfalainak stabilizálása, a rést körülvevő talaj pergésének megakadályozása
- a talajvíz szintje alá mélyített résnél a talajvíz beáramlásának megakadályozása
- a résiszap a talaj hézagaiba hatolva, a rés palástján kiülekszik, és néhány cm vastag, kocsonyás állagú filmet képezve megakadályozza a környező talajszemcsék résbe áramlását (bizonyos határok között)
- a megbontott talajt, a résiszap tartja lengésben, így megakadályozva a talaj a rés alá történő kiüledését a résből történő kiemeléskig
- a résiszap a réselő szerszámok kenését, hűtését is elősegíti

Néhány illusztráció a zagykeverő egyes részéről:



Zagykeverő tartály



Zagy érlelő, tároló tartályok, és a zagy tisztító berendezések

4 RÉSTÁBLA KIOSZTÁSI TERV

A technológiához tartozó hidrofrézeres réspanel kiosztásra jellemző, hogy kétféle paneltípust különböztetünk meg, a primer és a szekunder paneleket. A panelek nevei az építési sorrendre is utalnak. A primer panelek ~6-7 m hosszúak, ezek készülnek el először, majd a primer paneleket követik szekunder panelek, melyek ~2.5-3 m hosszúak.

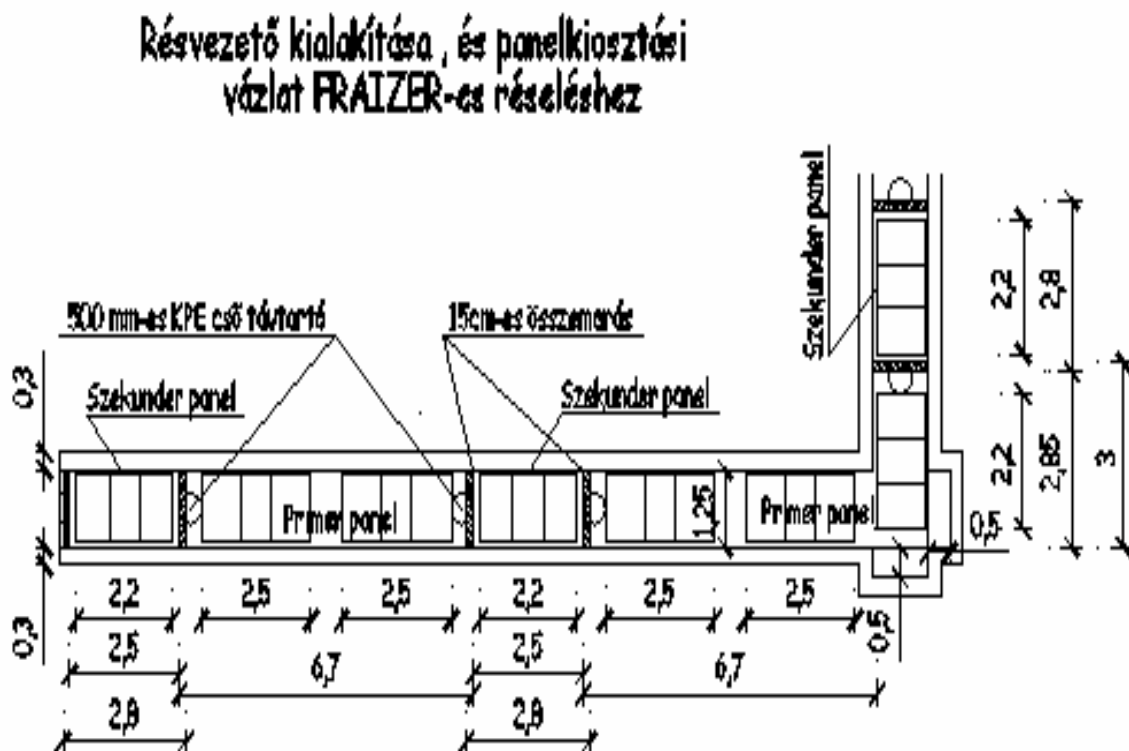
Mivel a szekunder panelek készítése 3 napos betonszilárdulás után kezdhető, legalább 4 db primer panelt előre el kell készíteni.

A résvezetőre felszerelendő vezetőkeret miatt a sarkokon a gerendát minimum 50 cm-rel mindkét irányban túl kell nyújtani. A technológia miatt a betonkötést legkevesebb 8 órára késleltetni kell.

Az armatúra oldalára 50 cm-es távtartót kell felszerelni, javasolt 1 db 1-0,5 m hosszú 500-as vagy 320-es KPE cső (a tábla nagyságtól függ), 5-6 m-enként. Ezek a távtartók megakadályozzák az armatúrák elmozdulását, így az egymásba marásnál a betonacélok sem sérülhetnek.

A technológiához tartozó ezen adatok alapján kell elkészíteni a réskiosztási tervet, persze az építési környezet figyelembevételével. Ezen feltételek figyelembevételével, a CH épület közelsége és terhe miatt nem emelhető ki 3 m-nél szélesebb primer panel, hiába hogy a technológia megengedné. Így ezen a szakaszon a primer panelek hossza 3 m, míg a szekunder panelek hossza 2.5 m. Az állomás többi részén a technológiának megfelelően alakul a réstábla kiosztás, vagyis a primer panelek hossza ~ 6.5-6.7 m, míg a szekunder paneleké 2.5 m.

A technológiához tartozó általános réstábla kiosztást a következő ábra szemlélteti.



A hidrofrézeres technológiánál a résfal vízzáróságát úgy biztosítják, hogy az elsődleges (primer) panelek közé kerülő, másodlagos (szekunder) panel két szélét 15-15 cm-nyit összemarják a primer panel betonjával. (Az armatúrák megfelelő oldaltávolságát ahogy a fentiekben már ismerttettem KPE csövekkel biztosítják).

A körítő és a haránt- résfalakat nem marják össze annak érdekében, hogy a 120-as résfal előtti vízzáró bélésfalat folyamatosan, megszakítás nélkül lehessen készíteni. A haránt-résfalnak a közbülső födémekkel és az alaplemezzel való együttműködését úgy biztosítják, hogy az armatúrákba helyezett „dobozok” későbbi kinyitásával keletkező nyílásokon keresztül átvezetik a födémek vasalását.

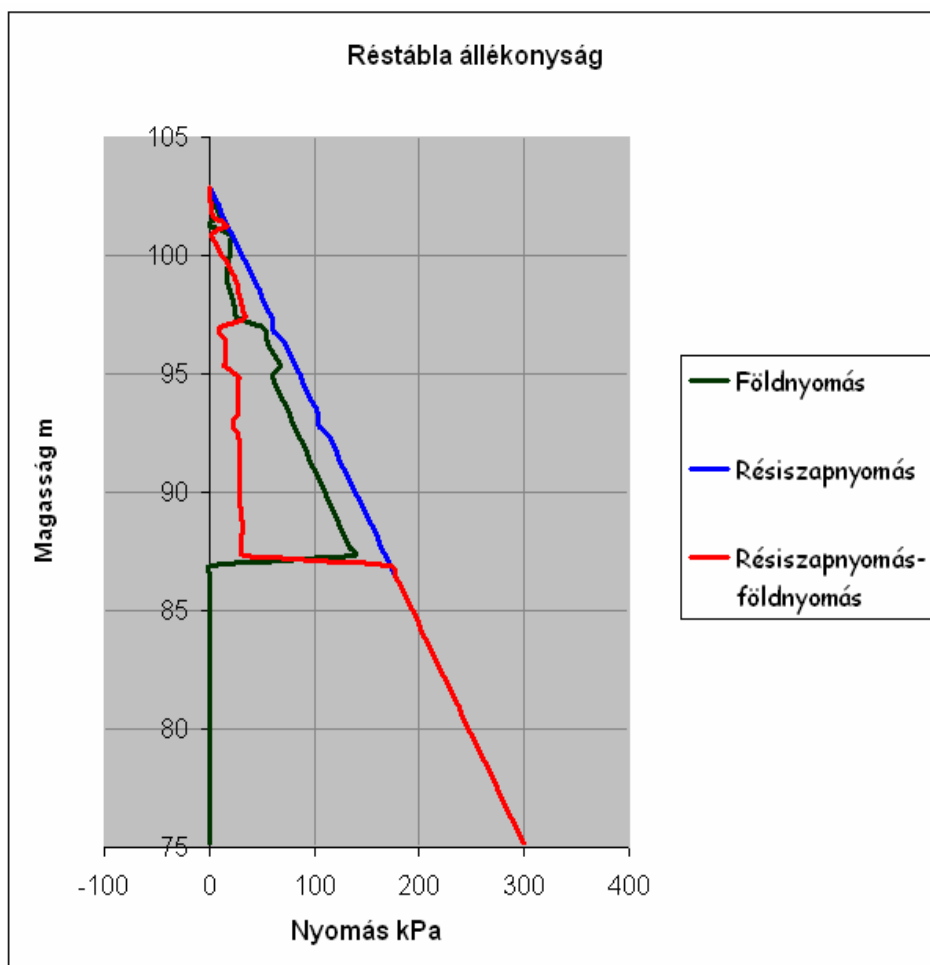
Az alaplemez és a résfal, illetve a bélésfal vízzáró kapcsolatát két injektálható, duzzadó szalaggal fogják biztosítani.

A földmunka végzése közben a résfalak által bezárt talajtömeg maradék vizét a kiemelés üteméhez igazodóan, folyamatosan kell eltávolítani. Erre 1-1 nagy átmérőjű, egyedileg szívott víztelenítő kutat kell létesíteni.

5 RÉSTÁBLA ÁLLÉKONYSÁG VIZSGÁLAT

A CH épület közelsége miatt elengedhetetlen a réstáblák állékonysági vizsgálatának elvégzése. A réstábla állékonyság vizsgálatát a KÉV-METRÓ által kiadott tervezési segédletben találtak szerint készítettem el a Matchad program alkalmazásával. A vizsgálatot elvégezve egyértelműen kiderült, hogy a résfal közvetlen környezetében elhelyezkedő CH épület terhe miatt 3m-nél szélesebb réstábla nem nyitható, mert különben a résiszapnyomás nem tud egyensúlyt tartani a résfal üregére ható nyomással szemben.

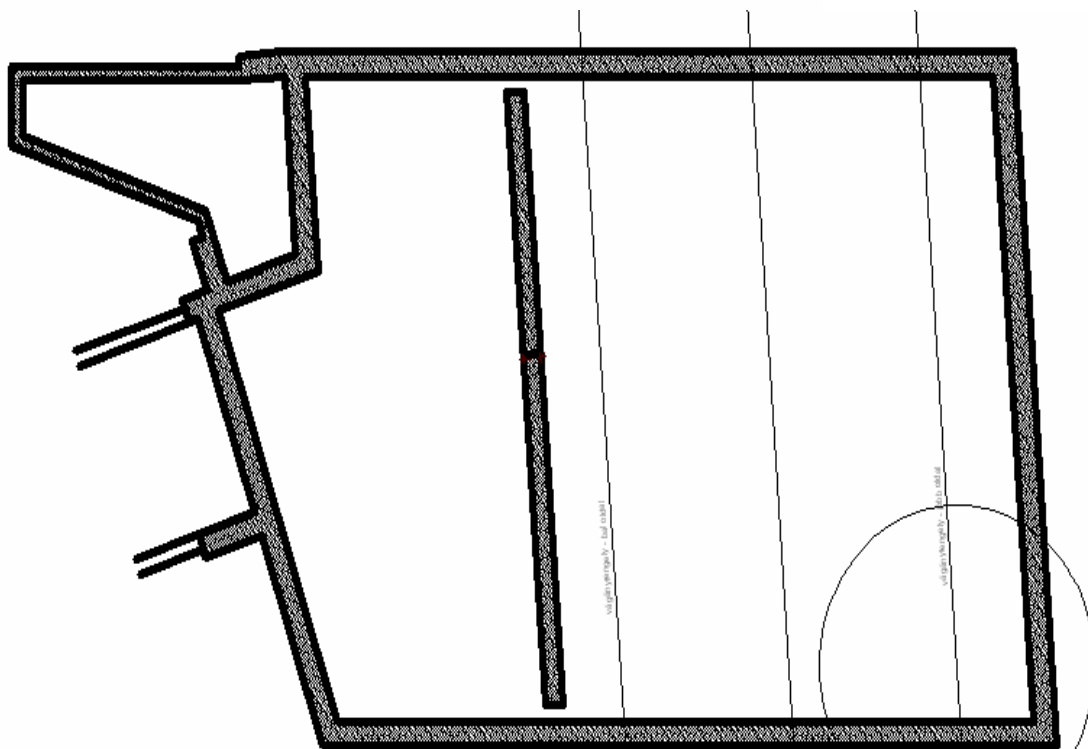
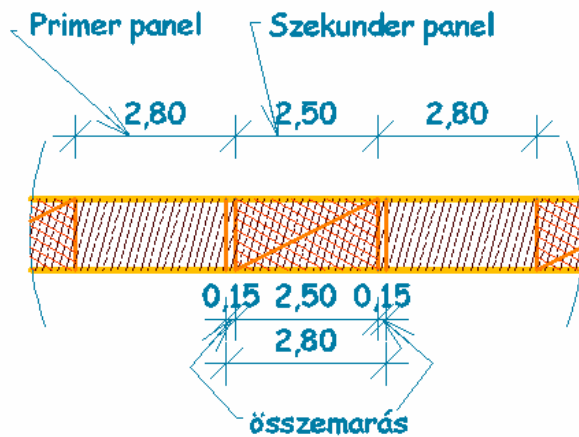
A résiszap nyomását és a kinyitott résre ható nyomást, s e két nyomás különbségét ábrázolja a következő diagramm. Jól látható, hogy az állékonysági problémák közvetlenül a felszínen elhelyezkedő feltöltésben majd a homokos kavics rétegben jeletkeznek. Így az akna CH épülettel párhuzamos oldalán a primer panelek 3m, míg a szekunder panelek 2,5m hosszon kerülnek kiemelésre.



A réstábla állékonyság vizsgálatának elvégzése után került elkészítésre a réstábla kiosztás terve. A következő képeken a réstábla kiosztáshoz tartozó jelmagyarázat, majd az állomás egy sarokrészének kiemelésével magát az elkészített réstábla kiosztást is látható.

Jelmagyarázat a harapás kiosztáshoz

M=1:150



Gellért-téri akna általános alaprajza

A kiválasztott sarokrész, melynek hosszabb oldalával párhuzamosan helyezkedik el a CH épület

Az méretezésben kiválasztott réstábla közvetlenül a CH épület mellett helyezkedik el, mivel ez a keresztmetszet a legkritikusabb és ennek a réstáblának az elkészítése gyakorol legnagyobb hatást a CH épület süllyedésére. A réstábla méretezése, valamint a CH épület várható süllyedésének megállapítása PLAXIS programmal történhet.

A két elkészített rétegszelvény alapján megfigyelhető, hogy az akna Duna felőli oldalán lévő fúrásokban található egy laza kavicsos réteg, még ez a réteg az épület melletti fúrásokban nem jelentkezik. Ha a kivitelezés során a Kivitelező mégis észleli, hogy ez a talajréteg megjelenik a CH épület mellett lévő réselés során haladéktalanul értesítenie kell a Tervezőt, mivel ezen réteg jelenléte nagyobb mozgásokat okozhat mind a CH épületnél mind a résfalnál.

A számítások során a CH épület merevségével nem számoltam. Az épületterhet 5 kN/m^3 átlagos térfogatsúly feltételezésével 125 kN/m^2 -re vettem fel.

Az építés közbeni talajvízszintet a talajmechanika alapján 99,0 mBf-en vettem számításba.

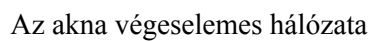
A szerkezet méretezésénél a biztonsági tényezőket a terhelésben és az anyagjellemzőkben alkalmaztam (terhelés: 1,35; anyagjellemzők esetében: 1,25)

A geotechnikai modell elkészítése után közepes sűrűségű végelemhálóbeosztást alkalmaztam (15 csomópontból álló végelemekkel) Az ideiglenes és végleges megtámasztásokat mint vízszintes megtámasztást modelleztem.

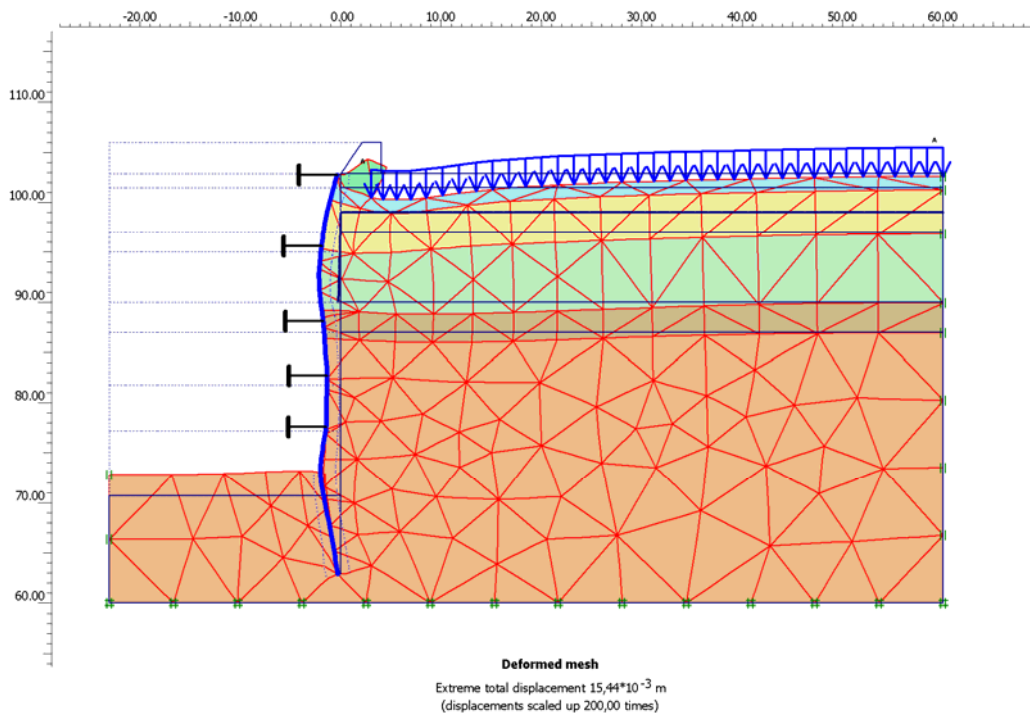
A következő képek az akna geotechnikai modelljét és a hozzá generált végeelem hálózatot szemléltetik.

A számítások során végigkövettem az építési fázisokat, a munkagödör végső síkjának eléréséig, illetve a fenékleméz betonozásig, majd a végleges megtámasztások elkészüléséig, és az ideiglenes megtámasztások elbontásáig.

A réselés utáni egy-egy építési fázis egy földem beépítését és a következő földemhez a föld-kiemelést jelenti. A munkagödör belsejében a talajvízszint a mindenkori fenékszinten van.

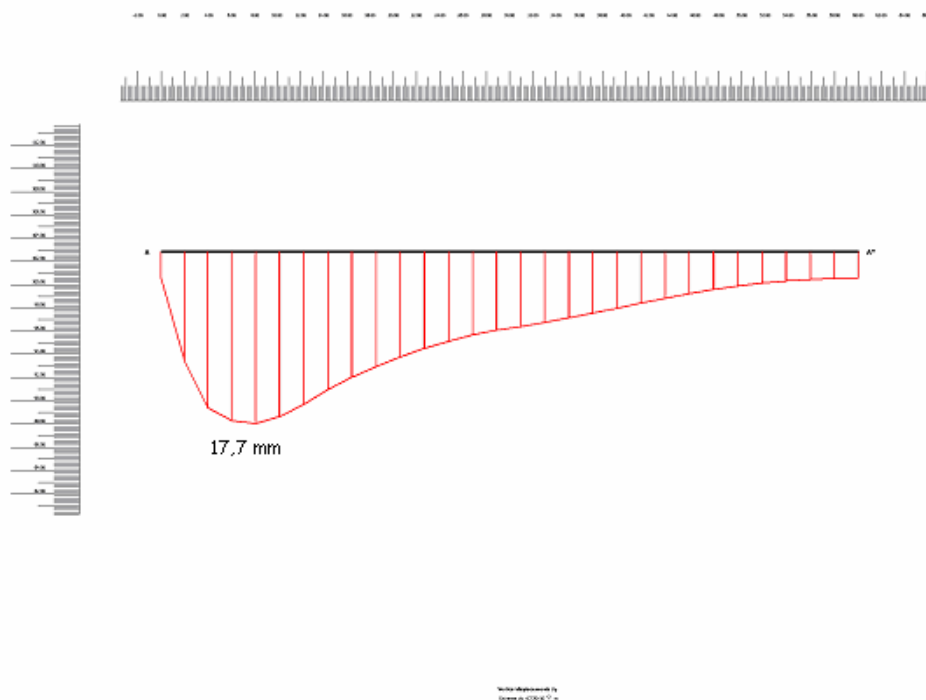


87

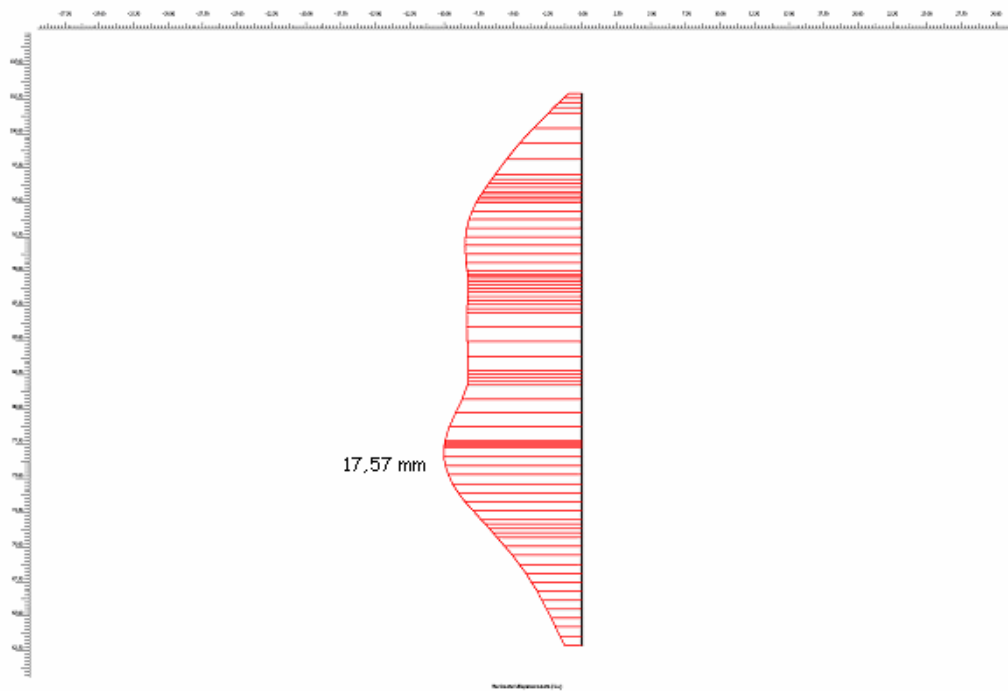


A teljes földkiemelés hatására létrejövő mozgások

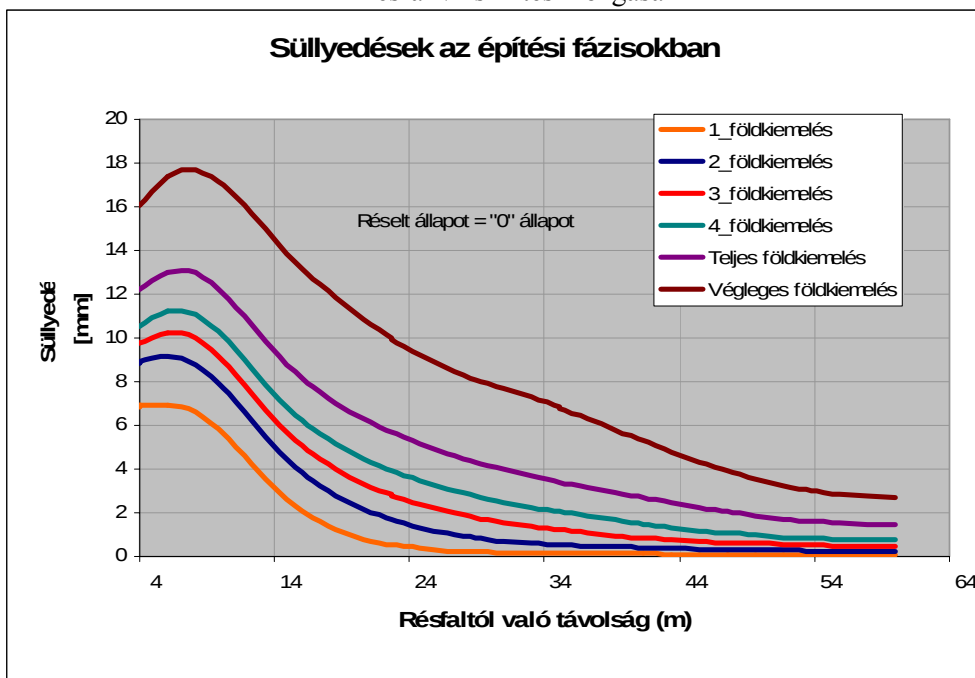
Ezt jól szemlélteti a következő ábrán látható elmozdulás diagram, mely a CH épület mozgásait ábrázolja amikor a végleges szerkezet elkészül, vagyis a végleges földemék is beépítésre kerülnek.



A vizsgálat során az egyes építési fázisokhoz tartozó süllyedéseket külön függvényekkel ábrázoltam, így áttekinthető milyen építési fázis milyen süllyedéseket okozhat az építési környezet közvetlen közelében.



A résfal vízszintes mozgása

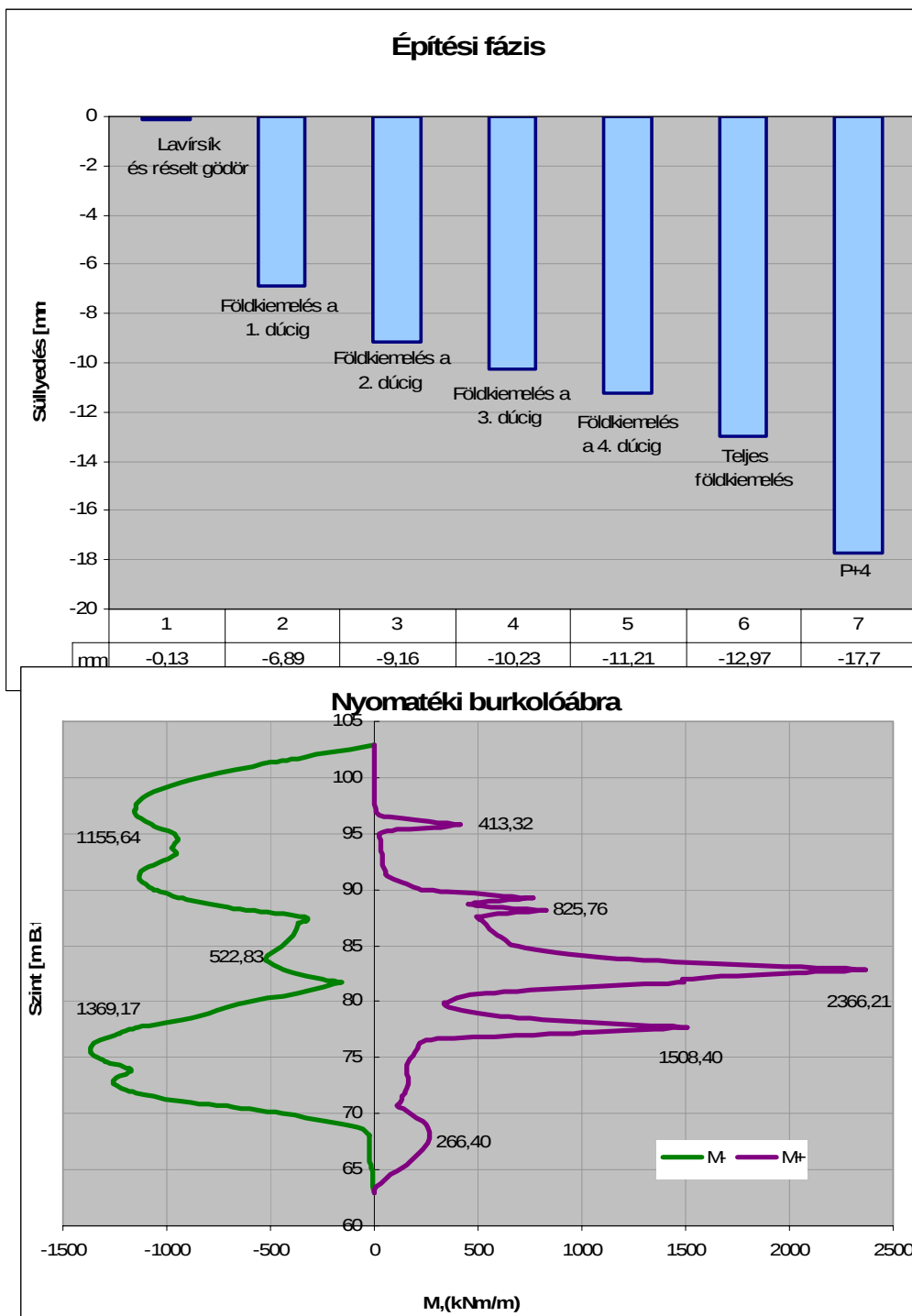


Mind a függvényes, mind az oszlopdiagramos ábrázolásnál megfigyelhető, hogy a végleges és ideiglenes támaszok építésénél bontásánál jelentős vízszintes mozgások lépnek fel, ezért ezeket az építési fázisokat fokozott figyelemmel kell kísérni.

A program segítségével elkészített a vizsgált réstáblára vonatkozó nyomatéki burkoló ábra.

Majd a számítás befejezésével a nyomatéki burkolóábra alapján készült el a szerkezet vasalása, az armatúra mely 3 részből (egy 14,5m-es, egy 18m-es és egy 13m-es) áll, s a toldásokat a helyszínen bilincsek és hegesztések segítségével készítik el. Maga a vasalás Ø32-es hosszvasakból Ø14-es duplakengyelekből, valamint a munkagödör felőli oldalon beépített zipzárból áll. A vasalás merevítését a munkagödör és a föld felőli oldalon 2db 14mm-es andráskeresztek-

kel biztosítják. Az armatúrák szélére 1m-es KPE csöveket rögzítenek kb. 5m távolságra, hogy biztosítsák a vasarmatúra épségét a marásos technológiának alkalmazása közben.



A Plaxisos méretezés segítségével megállapított várható épületsüllyedés 17,7 mm, amely tehát nem okoz jelenős épületkárokat. Azonban figyelembe kell vennünk, hogy ezek a süllyedési értékek nem a valódi épületsüllyedések, hiszen a szerkezet önsúlyából és a tartós terhéből következő mozgások már lezajlottak, és ezek összegződnek a munkagödör kiemeléséből bekövetkezőkkel. Másrészt pedig a felszínről történő építést további zárt módszerrel történő alagútépítés követi. Az ezekből adódó mozgások szintén szuperponálódnak az addig lezajlottakkal.