

A budai márgában kialakított hézagos cölöpfal végeselemes modellezése

Léber Tímea

Mott MacDonalds Kft. e-mail: lebertimea@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS: Jelen tanulmány témája egy összeálló kőzetkörnyezetben létesítendő műtárgy állékonysági vizsgálata számítógépes programok alkalmazásával az érintett terület geológiai viszonyainak figyelembevételével. A Gellért-hegyi sikló példáján mutatom be, hogy a talaj- és kőzetmechanikai vizsgálatokból kiindulva számos következtetés levonható, ill. megoldás javasolható, amelyek a tervezés további fázisait, ill. a kivitelezés során alkalmazott technológiát befolyásolhatják. A helyi talajvíz, altalaj-, és kőzetviszonyok alapos feltárása elengedhetetlen az adott tervezési feladatra vonatkozó lehetséges műszaki megoldások értékeléséhez.

Kulcsszavak: Gellért-hegy, budai márga, hézagos cölöpfal, végeselemes vizsgálat

1 BEVEZETÉS

Az érintett területen elvégzett korábbi (mély)fúrások tapasztalatai alapján valószínűsíthető volt, hogy a föld- és alagútépítési munkák jelentős részét a budai márgában kell majd elvégezni. Ennek a kőzetösszletnek jellegzetessége, hogy különböző lokális hatások eredményeképpen talajszerű megjelenési formái is előfordulhatnak, ezért körültekintő feltárást, vizsgálatokat és tervezést igényel. A végeselemes vizsgálathoz szükség volt az érintett kőzetösszlet kőzetmechanikai tulajdonságainak értékelésére, rögzítésére is.

A tanulmány a sikló többi szakaszára vonatkozó részletes feltárások hiányában csak a Ráckerttől az indítóállomásig vezető folyosó és környékének vizsgálatára korlátozódik. A terület részletesebb földtani és hidrogeológiai ismertetését a jelen kötet „A Gellért-hegyi sikló mérnökgeológiája” című cikke tartalmazza.

1.1 Előzmények

Már 1891-ben felmerült az igény a Gellért-hegy lábától a Citadellaig, valamint a Tabántól a Déli-pályaudvar alatt a Sváb-hegyre vezető sikló építésére. A svábhegyi sikló építését 1897-ben, a Gellért-hegyit 1898-ban engedélyezték, azonban a beruházások egyike sem valósult meg.

A Gellért-hegyre vezető felvonó létesítésének terve azonban az utóbbi néhány évben ismét előtérbe került. A Fővárosi Közgyűlés a Rác-fürdő és környékének átalakítását 2002-ben jóváhagyta, amelynek keretében a Rác-fürdőt átépítik-bővítik, gyógyszállót és mélygarázst létesítenek, illetve a Citadellára felvezető siklót is megvalósítják. A projekt megvalósítására 2004-ben szerződést kötöttek. A kivitelezésére 2 év állt volna rendelkezésre, a beruházást azonban az elhúzódozó jogi procedúrák évek óta hátráltatják.

A tervek szerint Budapest második siklójának alsó indítóállomása a Gellért-hegy tövében lesz kialakítva, amelyet a Rác-fürdőtől a Hegyalja út alatt átvezető folyosón lehet megközelíteni. A nyomvonal egy szakasza a föld alatt halad, majd a szerelvények a pálya harmadánál felszínre bukkannak, és a hegygerincen végighúzódo, oszlopokkal alátámasztott sínpályán érik el a Citadellát.

1.2 Adatfeldolgozás

A vizsgált területet érintő szakirodalmak, illetve a kőzet- és talajvízviszonyok megismerése céljából mélyített fúrások alapján geológiai és hidrogeológiai szempontból jellemeztem a területet. A fúrásokból vett magminták laboratóriumi vizsgálatainak célja az volt, hogy a tervezés további fázisaira irányadóan, a budai márgára vonatkozó teljes közetfizikai vizsgálatok eredményei kiértékelésre kerüljenek. A számítógépes modell bemenő adatait a laboratóriumi vizsgálatok alapján (BME 2004, 2005) a kőzettest állapotának figyelembevételével határoztam meg. A számítógépes analízis során nyert információk felhasználásával a munkatér-határolás kivitelezésére javaslatokat tettem.

2 AZ INDÍTÓÁLLOMÁS TÉRSÉGÉRE VONATKOZÓ ÉPÍTÉSFÖLDTANI MEGÁLLAPÍTÁSOK

A területre vonatkozó építésföldtani adatokat Schafarzik (1920, 1926), BME (2004, 2005) alapján összegeztem. Az indítóállomás területét érintő korábbi építési munkák eredményeképp a felső rétegeket vegyes összetételű, kőzet- és téglatörmelékes, 2-4 m vastag mesterséges feltöltés alkotja. Alatta változó plaszticitású, kőzettörmelékes, magas mésztartalmú agyagos – iszapos kőzetösszlet helyezkedik el, vastagsága 0,5 – 6,8 m között változik. A térség alapkőzetét (a létesítendő szerkezet szempontjából) a felső eocénben sekélytengeri körülmények között képződött, középszürke mészmárga alkotja, amelynek felső részén a kőzet sárga színű, erősen mállott állapotú. A márga megjelenése 6,5 – 7,8 m-es mélységben várható, azonban a térséget ért erős tektonikai igénybevételek miatt tetőszintje és mállottsági állapota kis területen belül is jelentősen elérő lehet. A márgaösszlet vastagsága elérheti akár az 50-100 m-t is. A márgába közbetelepült rétegek: mészhomok, sötétszürke agyagos márga, breccsás márga (Görög 2006).

Az ép, kevésbé töredezett alapkőzet (a mészhomokos betelepülések alapján megállapítható) dőlése enyhe, 10-20°-os. Az indítóállomás közelében a márgarétegek 45-55°-os É-i irányú dőlésűek.

A 10 – 23,8 m mély talajfeltárások nem harántolták a triász kori földolomitot, korábbi hévízkutató mélyfúrások is csak 50-150 m mélység között regisztrálták megjelenését. A Gellért-hegyi sikló föld-, és alagútépítési munkálatainak mélységében tehát nem várható a megjelenése.

A sikló építése szempontjából a budai márga számít alapkőzetnek, azonban geológiailag az alapkőzetet a triász kori dolomit alkotja.

A Hadnagy utca, Krisztina körút és a Hegyalja út által határolt parkos területen intenzív hévforrás hatás érvényesül. Ezt bizonyítják a változó vastagságban és mélységben jelentkező édesvízi mészkő- és pirites agyagrétegek, a pirittel ill. kalcittal kitöltött kőzetrepedések, valamint a meleg karsztvizek által létrehozott oldási üregek jelenléte.

3 A TÉRSÉGRE VONATKOZÓ HIDROGEOLÓGIAI MEGÁLLAPÍTÁSOK

A fő karsztvíztároló kőzet a dolomit, amelyből a nyomás alatti karsztvíz a márga rétegek törései mentén felszínre áramolhat (Horusitzky 1935). A Rác-fürdő két forrása is a márga hasadérendszeréből fakad (Pávai Vajna 1932). A Gellért-hegy lábánál a márga erősen tektonizált, de ennek mértéke pár m-es körzetben is igen eltérő lehet. A Hadnagy utca, Krisztina körút és Hegyalja út által határolt területen a márgarétegek erős töredezettsége elősegíti a karsztvíz felszínközeli jutását, tehát megjelenésére a márgában történő mélyépítési munkálatok idején számítani kell.

A Gellért-hegy É-i lábánál a szivárgó víz, talajvíz, valamint hévíz kategóriába sorolható felszín alatti vizek fordulhatnak elő.

Korábbi szakvélemények nem vizsgálták a fúrásokban jelentkező vizet, így azokat (tévesen) talajvíznek minősítették, a 2004. októberében mélyített fúrásokból vett vízminták magas hőmérséklete és vízkémiai vizsgálatai alapján azonban a fúrásokban jelentkező víz mindegyike meleg karsztvíznek bizonyult (BME 2004, 2005, Hajnal et al. 2005).

2004. októbere és 2006. szeptembere között a megfigyelőkutakban jelentkező víz a Duna vízállásától függően 98,22 – 103,64 mBf szintek között mozgott. A kutak vizét a csapadékvíz nem befolyásolta (Hajnal et al. 2005).

A karsztvíz-rendszer nyomása a mindenkori Duna vízszinthez viszonyítva 1 - 1,5 m-rel magasabb, tehát normális körülmények között a karsztvíz nem keveredhet a folyó vizével.

Tekintve, hogy a források vize és a fúrásokban jelentkező víz között tektonikai kapcsolat nem áll fenn, ezért a források vízhozamát a térségben mélyített fúrások nem fogják negatívan befolyásolni.

4 A KÖZETFIZIKAI EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

A BME (2204, 2005) laborvizsgálatai szerint a szürke mészmárga *közepesen szilárd* ill. *szilárd* kőzet, vízzel telített állapotában azonban 0,4 – 0,6-szoros szilárdságvesztés következik be, ezért a kőzetet az építési munkálatok során az átázástól védeni kell!

A kőzettest tagoltsági állapota (az RQD index alapján) egy fúráson belül is igen változó. Általánosságban megállapítható, hogy a mélygarázs területén mélyített fúrások alapján a közép-szürke mészmárga *megfelelő* (töredezett) minőségű, a ferde fúrásokban a kőzetminőség *ép* ill. *kissé töredezett*. A sárga mállott mészmárga minden esetben *nagyon gyengének* bizonyult.

A kőzettest tagoltsági állapota és a létesítendő szerkezet közötti kapcsolatot az RMR érték fejezi ki. A márgára vonatkozólag csupán az RMR alapértékének pontos megadására volt lehetőség, amelyet a tagoltsági irány és a műtárgy közti kapcsolatnak megfelelő tényezővel csökkenteni kell. Az RMR osztályozási módszer segítségével a kőzetfizikai paraméterek becsülhetők. Fontos azonban megjegyezni, hogy mind az alagútfejtési, mind az alapozási munkák tervezéséhez szükséges kőzetfizikai jellemzők számításba vehető értékét negatívan befolyásolja, ha a tagoltságok irányának és a műtárgynak egymáshoz viszonyított helyzete kedvezőtlen.

5 MUNKATÉR-HATÁROLÁSRA VONATKOZÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, JAVASLATOK

Tekintettel arra, hogy a sikló építésével kapcsolatban pontosabb adatok nem álltak rendelkezésemre, ezért csak általános megállapításokat és javaslatokat tettem.

Az indítóállomás munkatér-határolására cölöpfalas technológiát javasoltam, amelynek előnye, hogy szilárd kőzetben is kivitelezhető, ill. a megtámasztott föld-, és kőzettömeg egy pillanatra sem marad megtámasztás nélkül. A kőzet állapota lehetővé teszi a cölöpfal hézagos kialakítását. A sikló környezetében vizsgált kőzet állapotának minősége lehetővé teszi a cölöpfal hézagos kialakítását. Ebben az esetben a megtámasztani kívánt kőzettömb szabad felületét nem folytonos szerkezettel támasztják meg, hanem hézagok szakítják meg a falat, amelynek méretét a kőzet jellege, állapota határozza meg. A hézagos megtámasztási mód a kőzettest állapotának biztosításába bevonja a kőzet szilárdságát is. A föld ill. kőzet kipergésének megakadályozására a cölöpök közötti hézagokat 3 – 5 cm löttbetonnal töltik ki. A munkatér-határolás ebben az esetben nem lesz vízzáró, ezért gondoskodni kell a munkatérbe beáramló víz összegyűjtéséről és elvezetéséről.

A méretezés során a cölöpök átmérőjét 60 cm-re, a cölöpök közti távolságot 40 cm-re vettem fel. A C20/25 betonminőségű, vasalt cölöpök együttdolgozását végigmenő monolit vasbeton fejtendera biztosítja.

A cölöpök méretezése szempontjából mértékadó állapot a teljes munkagödör kiemelésénél alakul ki, a számítások során erre az állapotra méreteztem a megtámasztó szerkezetet.

A föld-, és kőzettömeget megtámasztó szerkezet hátrahorgonyzására nincs szükség, ugyanis a kőzet állékonysága miatt az építési munkálatok következtében nem kell tartani csúszási folyamatok kialakulásától, valamint a horgony alkalmazását a fal igénybevétele és igen kis mértékű elmozdulása nem indokolja.

6 MUNKATÉR-HATÁROLÁS VIZSGÁLATA ÉS MÉRETEZÉSE

Az indítóállomás munkatér-biztosításának építéstechnológiáját a létesítmény geometriáján, valamint elhelyezkedésén kívül a geológiai és hidrogeológiai szempontok is befolyásolják. Az építésföldtani vizsgálatok alapján kizárólag a cölöpfalas munkatér-határolás jöhet szóba. Alkalmazását indokolja a mély munkagödör, a cölöpfal beépíthetősége a végleges szerkezetbe, ill.

helyes technológiai alkalmazással megelőzhetők a talajban keletkező káros deformációk, jelentős felszíni süllyedések. A cölöpfal további előnye, hogy nincs szükség zsaluzatra, dúcolatra, a szükséges földmunka mennyisége minimálisra csökken, valamint költségtakarékos és gépesíthető. A résfalas technológia is rendelkezik a fent említett előnyökkel, azonban a réselőgép nem alkalmazható a szilárd kőzetben.

6.1 A munkagödört határoló cölöpfal méretezése

A cölöpfal méretezését határelméleti feltételezésekből kiindulva végeselemes számítással (Plaxis 8.2) végeztem. A számítások célja a szükséges befogási hossz és a mértékadó igénybevételek meghatározása, amelyek akkor keletkeznek, amikor a földkiemelés eléri a munkagödör fenékszintjét. A mértékadó helyzet azonban csak rövid ideig tartó átmeneti állapotot, mert a munkagödör-határolás után azonnal elkezdődik a végleges szerkezet beépítése, amely a fal talajba befogott részét tehermentesíti. A határelméleti feltételezések hátránya, hogy csak a cölöpfal egyensúlyi állapotát vizsgálják, és figyelmen kívül hagyják a köztömeg várható alakváltozását, valamint a cölöpfal deformációjának hatását a kialakuló földellenállásra és igénybevételekre. A cölöpfal ill. a megtámasztott kőzet-, és talajtömeg együttes rendszerének pontos modellezése csak a végeselemek módszerével lehetséges.

Általánosságban elmondható, hogy a talajfizikai jellemzők valamint a talajviszonyok térben, időben változnak, ezért a talaj és kőzet modellezése során egyszerűsítéseket kell alkalmazni.

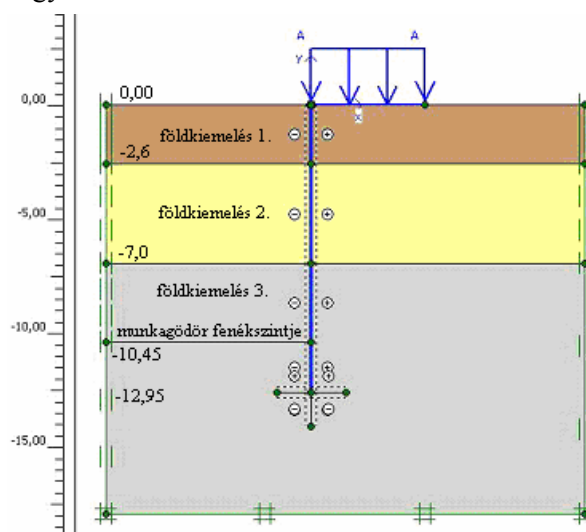
A cölöpfal méretezését az indítóállomás közvetlen közelében felvett metszet alapján a talaj- és kőzetviszonyoknak megfelelően végeztem el. A márga talajoktól eltérő viselkedésének szemléltetéséhez (mind határelméleti feltételezéssel, mind végeselemes programmal) vizsgáltam a cölöpfalra ható igénybevételek alakulását, valamint a fal elmozdulását, ha a munkagödört határoló szerkezetet iszap- és agyagtalajban kellene kialakítani.

6.2 Állékonyságvizsgálat VEM modellel

A cölöpfal a megtámasztott talaj-, és köztömeggel síkbeli alakváltozási állapotban levő rendszert alkot. Az elemek együttes vizsgálatát a végeselemek módszere teszi lehetővé (Czap 2001, 2006).

A Gellért-hegyi sikló indítóállomás munkatér-határolásának állékonyságvizsgálatát a Plaxis 8.2 elnevezésű végeselemes eljárás alapján alapuló programmal végeztem.

A létesítendő szerkezet szempontjából az alapkőzetet a szürke mészmárga alkotja, amelynek sárga színű, erősen mállott állapotú felső részét külön köztréteggként definiáltam. A sárga mészmárga felett kb. 3 m vastag feltöltés található. A felszíni teherként 20 kPa nagyságú megoszló terhelést vettem figyelembe.



1. ábra. A geometriai modell

A határeleméleti számításokból kiindulva a cölöpfal teljes hossza 12,95 m, így a fal 2,5 m hosszan köt bele a szürke mészmárgába. A talaj és cölöpfal kölcsönhatásának megfelelő modellezéséhez határfelületet (*interface*) definiáltam a fal teljes hossza mentén. A számítás geometriai modelljét mutatja az 1. ábra.

A 60 cm átmérőjű cölöpfalat sík (*plates*) elemként modelleztem. A hézagos cölöpfal vége-selemes modellezése során a cölöp rugalmassági modulusát le kell osztani a cölöpök tengelytávolságával. A cölöpök közti hézagokat 40 cm-re vettem fel, így a tengelytávolság 1 m-re adódott. A cölöpök C20/25-32/kk minőségű betonból készülnek

A felkeményedő talajmodellek (*Hardening Soil Modell* - HS) bemenő paramétereit az 1. – 2. táblázatok tartalmazzák

1. táblázat. A talajmodellek bemenő paramétereit

			MÁRGA VIZSGÁLATA			AGYAGTALAJ VIZSGÁLATA		
Réteg neve			agyag feltöltés	sárga mészmárga	szürke mészmárga	agyag feltöltés	iszap	közepes agyag
Anyagmodell			HS	HS	HS	HS	HS	HS
Nedves térfogatsúly	γ_n	[kN/m ³]	16,2	24,8	25,3	16,2	17,2	19,7
Telített térfogatsúly	γ_t	[kN/m ³]	18,7	25,5	25,9	18,7	19,4	20,6
Összenyom. modulus alapértéke	E_{oed}	[kN/m ²]	8000	$19,5 \times 10^6$	$24,6 \times 10^6$	8000	9000	15000
Húrmodulus alapértéke	E_{50}	[kN/m ²]	2700	$6,7 \times 10^6$	$8,5 \times 10^6$	2700	4000	6000
Kohézió	c	[kPa]	20	96	204	20	25	100
Belső súrlódási szög	φ	[°]	12	31	39	12	22	15
Dilatációs szög	ψ	[°]	0	1	9	0	0	0

2. táblázat. A cölöpfal bemenő paramétereit

			Cölöpfal
A viselkedés típusa			Rugalmas
Normál merevség	EA	[kN/m]	$5,5 \times 10^6$
Hajlító merevség	EI	[kN/m ² /m]	$1,26 \times 10^5$

A közzétömeg modellezésére 15 csomópontú háromszögelemeket alkalmaztam. A geometriai modell megalkotása és a közzetfizikai jellemzők megadása után a program előállította a vége-selemes hálózatot, amelyet globálisan és a cölöpfal körül finomítottam. (2. ábra)

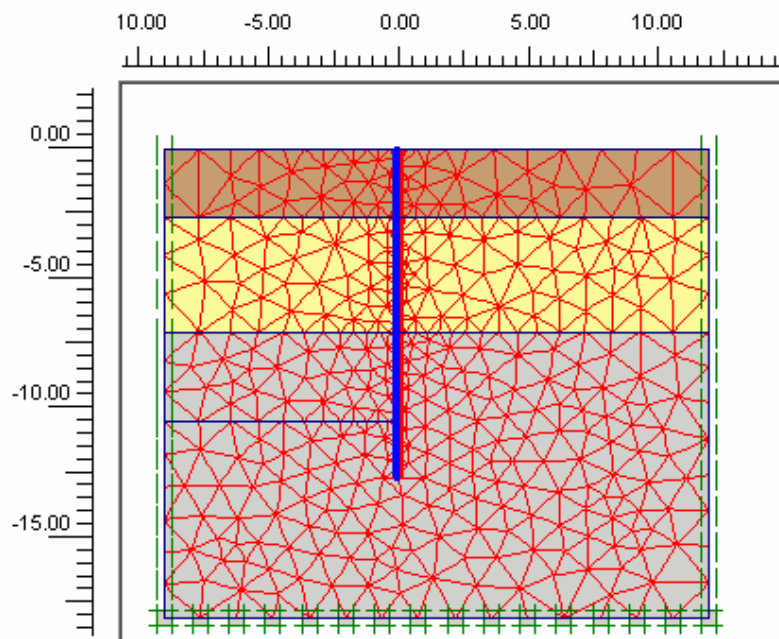
A programmal először meghatároztam a cölöpfal környezetében a kialakuló kezdeti feszültségeket, amelyek a további számítás kiindulási adatait alkották.

A vége-selemes számítás célja a mértékadó igénybevételek meghatározása, amelyek akkor keletkeznek, amikor a földkiemelés eléri a munkagödör fenékszintjét. A mértékadó állapot azonban csak rövid ideig tartó átmeneti állapot, mert a munkagödör-határolás után azonnal elkezdődik a végleges szerkezet beépítése, amely a fal talajba befogott részét tehermentesíti.

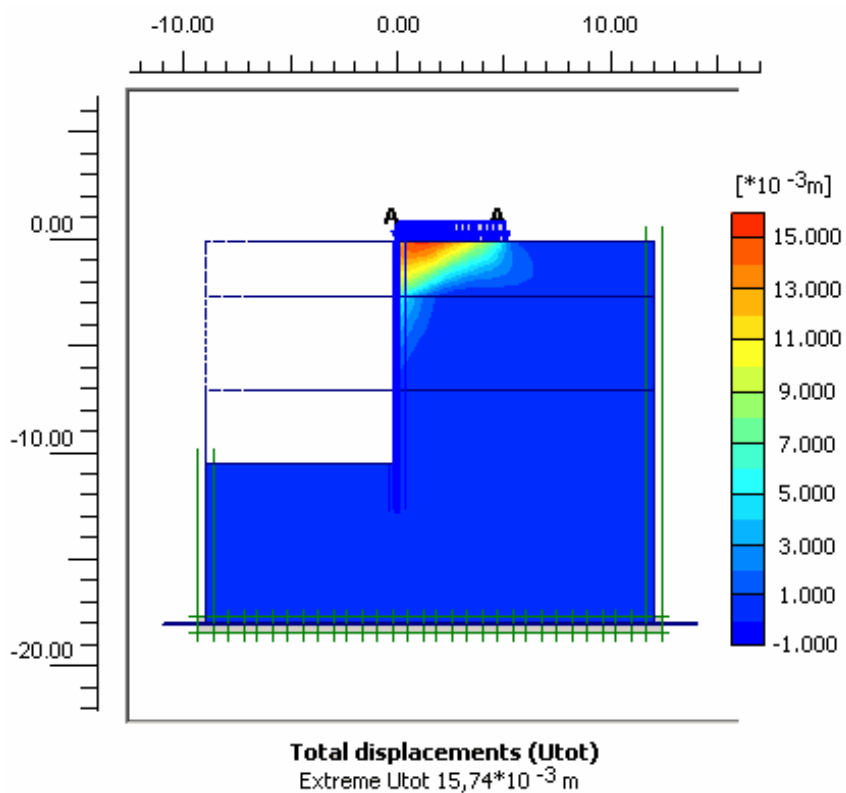
A képlékeny számítás során a különböző építési ütemeknek megfelelően az alábbi számításai fázisokat határoztam meg:

1. kezdeti (kiindulási) állapot
2. felszíni teher aktivizálása, cölöpfal elkészítése
3. a feltöltés eltávolítása (-2,6 m)
4. földkiemelés a sárga mészmárgáig (-7,00 m)
5. földkiemelés a munkagödör aljáig (-10,45 m)
6. állékonysági biztonság számítása φ -c redukcióval

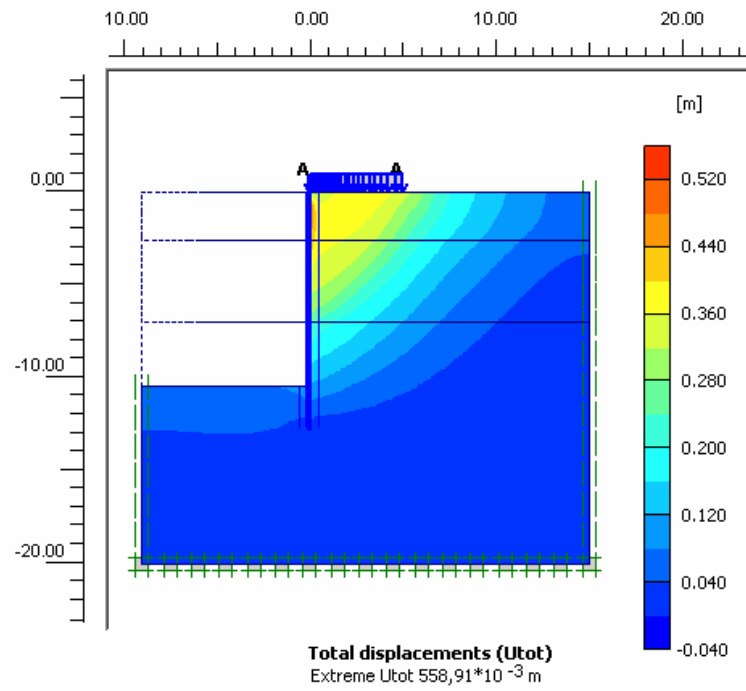
Ezután következett a felvett felszíni terhekből származó feszültség- és elmozdulásmezők meghatározása. A 3. és 4. ábrák a számított elmozdulások eredményeit szemléltetik márga ill. agyag talaj esetén, míg az 5. ábra a cölöpfal maximális nyomatékát ábrázolja.



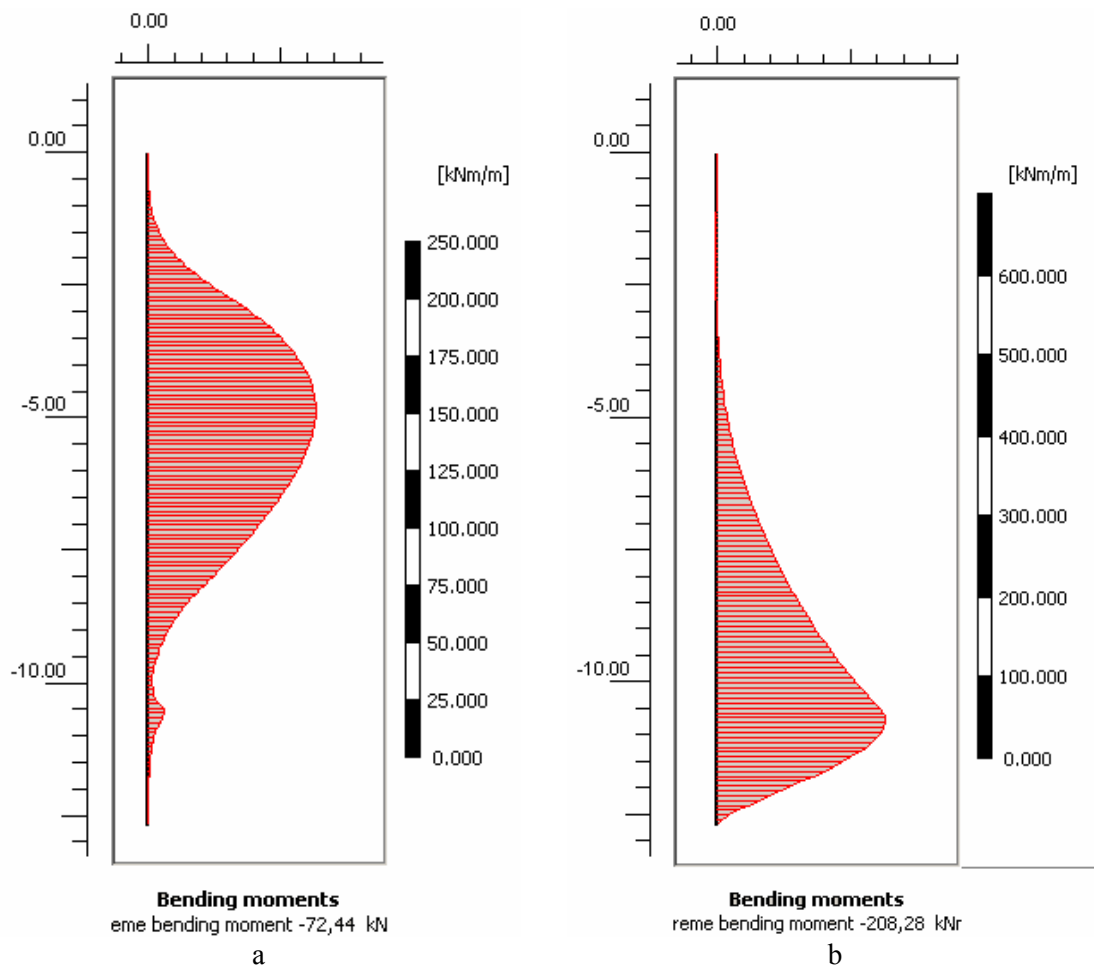
2. ábra. A modell végeselemes hálózata



3. ábra. Elmozdulások márga esetén



4. ábra. Elmozdulások agyagtalaj esetén



5. ábra. A cölöpfal maximális nyomatéka: a: márga, b: agyagtalaj esetén

7 A SZÁMÍTÁSI EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

A végeselemes és a határelméleti feltételezések alkalmazásával elvégzett számítások eredményeit a 3. táblázat foglalja össze.

3. táblázat. A cölöpfal maximális nyomatéka és elmozdulása különböző talajokban

		befogási hossz	nyomaték	elmozdu- lás
		[m]	[kNm/m]	[cm]
MÁRGA ESETÉN	határelméleti felté- telezés	2,2	1037,6	
	végeselemes szá- mítás	2,5	72,44	1,6
AGYAG- TALAJ ESE- TÉN	határelméleti felté- telezés	5,5	1072,9	
	végeselemes szá- mítás	2,5	208,28	55,9
		5,5	463,23	53,3

A cölöpfal befogási hosszának nagyságát határelméleti feltételezésekkel (*Krey*-eljárás) határoztam meg. Az eljárás hátránya, hogy kizárólag a cölöpfal egyensúlyi állapotát vizsgálja, és figyelmen kívül hagyja a környező közzetömeg várható alakváltozásait, ill. a fal deformációjának hatását a kialakuló földellenállásra és igénybevételekre. 10,45 m mély munkagödör kialakításánál agyagtalaj esetén a befogási hossz 5,5 m-re adódott, mindez a márgában csupán 2,2 m.

A határelméleti feltételezések és a végeselemes számítás nyomatéka között a márga és az agyagtalaj esetén igen nagy eltérés adódott, ennek oka a két eljárás közötti eltérés. A *Krey*-eljárás közelítései nagy munkagödör esetén túlméretezéshez vezetnek, valamint minél merevebb a talaj, annál nagyobb talajfeszültségek, igénybevételek keletkeznek.

A végeselemes programmal elvégzett számítások alapján megállapítható, hogy az agyagtalajban kialakítandó cölöpfal esetében a 2,5 m-es befogási hossz nem elegendő a megtámasztott talaj biztosítására. A 6. ábrán látható, hogy a cölöpfal alja a csúszólapon belülrre esik, azonban a márga esetében a csúszólap gyakorlatilag csak a feltöltésben alakul ki.

Az agyagtalaj esetében kapott több dm-es elmozdulás (55,6 cm) természetesen a valóságban nem engedhető meg. Az agyagtalajban a kedvezőbb egyensúlyi állapot létrehozása horgony alkalmazásával lehetséges, a márga esetében horgony alkalmazását a kialakuló csekély mértékű elmozdulás (1,6 cm) és nyomaték nem indokolja.

Az állékonysági biztonság értéke az agyagtalajnál 1,3, a márga esetében 2,8. A keletkező feszültségek minden esetben jóval kisebbre adódtak, mint a közzettest szilárdsága.

8 KÖVETKEZTETÉSEK

A közzetkörnyezet megfelelő modellezéséhez elengedhetetlen a vizsgált területen érvényesülő földtani, geológiai, vízföldtani hatások, valamint a közzetömb mállottságának, tagoltsági állapotának figyelembevétele is. A geológiai vizsgálatok alapján megállapítható, hogy mind az alagút-fejtési, mind az alapozási munkák tervezéséhez szükséges közzetfizikai jellemzők számításba vehető értékét negatívan befolyásolja, ha a tagoltságok irányának és a műtárgynak egymáshoz viszonyított helyzete kedvezőtlen.

Az indítóállomás munkaterének határolására hézagos cölöpfalas megoldást javasoltam, amely előnyös a szilárd közzetben kialakított munkagödör oldalfalainak biztosítására. A méretezés során a cölöpök átmérőjét 60 cm-re, a cölöpök közti távolságot 40 cm-re vettem fel.

A cölöpfal közelítő méretezése során meghatároztam a vizsgált szilárd közzetben (budai márga) szabadon álló fal esetében az állékonyság szempontjából szükséges befogási hossz nagyságát. A márga talajoktól eltérő viselkedésének szemléltetéséhez vizsgáltam a cölöpfalra

ható igénybevételek alakulását, a fal elmozdulását, ha a munkagödört határoló szerkezetet iszap-, és agyagtalajban kellene kialakítani.

A vizsgált alternatívák értékelésre kerültek az altalaj-, és kőzetviszonyok függvényében. A közettömeg ill. cölöpfal együttes modellezésére alkalmas végeselemes számítások során az agyagtalajban kialakított cölöpfalban nagyságrendekkel nagyobb elmozdulás és igénybevétel keletkezett, mint a kőzetben kialakított esetben. A számítások igazolták, hogy a szabadon álló, befogott cölöpfal alkalmazása az adott kőzetviszonyok közt a legkedvezőbb, kihorgonyzásra a kőzet állékonysága miatt nincs szükség.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm Török Ákosnak és Görög Péternek a tanulmány készítése során nyújtott útmutatásait, tanácsait, valamint Petik Csabának, hogy a Gellért-hegyi sikló építésével kapcsolatban számos információval segítette a munkámat, ill. a cölöpfal méretezésével és kivitelezésével kapcsolatos segítő munkáját, tanácsait, észrevételeit. Köszönöm továbbá Czap Zoltánnak és Bakó Gyulának a számításokban nyújtott segítségét, építő kritikáját.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- BME Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tsz. 2005: *A Rác-fürdő mellett létesítendő sikló területének mérnökgeológiai és kőzetmechanikai értékelése*
- BME Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tsz. 2004: *A Rác-fürdő mellett létesítendő mélygarázs területének mérnökgeológiai, hidrogeológiai és kőzetfizikai értékelése a leemlyített fűrészek alapján.* Tsz.: 003-MG-037/2004
- Bojtár I., Gáspár Zs. 2003: *Végeselem módszer építőmérnököknek.* p. 339., Terc Kft., Budapest
- Czap Z. 2001: *Geotechnikai feladatok végeselemes programokkal való megoldásának különleges kérdései.* Kézirat
- Czap Z. 2006: *Alagutak végeselemes vizsgálata.* Kézirat
- Farkas J. Czap Z. 1996: *Alapozás - Gyakorlati útmutató.* Műegyetemi Kiadó, Budapest
- Gálos M., Vásárhelyi B. 2006: *Közzettestek osztályozása az építőmérnöki gyakorlatban.* Mérnökgeológiai Kiskönyvtár 1., p. 144, Műegyetemi Kiadó, Budapest
- Görög P. 2006: *A „puha” kőzet és „kemény” talaj problematikájának bemutatása a budai márga vizsgálata alapján.* Mérnökgeológia-Kőzetmechanika 2006 (szerk: Török Á., Vásárhelyi B.), Mérnökgeológia – Kőzetmechanika Kiskönyvtár 2. pp. 59-72., Műegyetemi Kiadó, Bp.
- Hajnal G., Görög P., Kleb B., Török Á., 2005. A Rác fürdő térségének mérnökgeológiai és hidrogeológiai értékelése. *Hidrologiai Közöny*, 85.5, 63-67.
- Horváth J. 1953: Hidrogeológiai megfigyelések az Erzsébet-híd alapozásával kapcsolatos talajfeltárás alkalmával. *Hidrologiai Közöny*, 35(1-2): 55-59.
- Karafiáth L. 1953: Az Erzsébet-híd pesti és budai hídfőjének talajmechanikai vizsgálata. *Hidrologiai Közöny*, 33(1-2): 49-54.
- Koncz A., Ruzicska B. 1972: *Táblázatok tartószerkezetek méretezéséhez.* p. 511., Műszaki Tankönyvkiadó, Budapest
- Kovács házy F., Balázsy B., Kovács házy P. 1985: *Támfalak és partfalak.* p. 501., Akadémiai Kiadó, Budapest
- Pávai Vajna F. 1932: Új gyógyforrások Budán. *Hidrologiai Közöny*, XII: 98-109.
- Pávai Vajna F. 1937: A Tabán új termális gyógyforrásai. *Hidrologiai Közöny*, XXI: 139-145.
- Plaxis Version 8. Manuals
- Schafarzik F. 1920: A Szent-Gellért hegy geológiai viszonyairól. *Földtani Közöny*.
- Schafarzik F. 1926: A Szent-Gellért hegy geológiai múltja és jelene. *Természettudományi Közöny*, LVIII. 460-472.
- Schafarzik F., Vendl A. 1929: *Geológiai kirándulások Budapest környékén.* pp. 20-30., Stádium Sajtóvállalat Rt., Budapest
- Széchy K. 1977: *Alapozás.* p. 459., Tankönyvkiadó, Budapest

Vida T. 2006: *A Rác-fürdő térségének hidrogeológiai vizsgálata*. Mérnökgeológia-Kőzetmechanika 2006 (szerk: Török Á., Vásárhelyi B.), Mérnökgeológia – Kőzetmechanika Kiskönyvtár 2. pp. 253-264., Műegyetemi Kiadó, Budapest