

Foghíjbeépítés geológiai tanulságokkal

Paál Tamás

FŐMTERV TT Zrt. t.paal@fomterv.hu

ÖSSZEFOGLALÁS: A budapesti Királyhágó téren az 1990-es évek elején beépítették az egyetlen üres telket. A munkagödört az oligocén agyagba horgonyzott mikrocölöp-fal védte. Az építéskor súlyosan megrongálódott az egyik, már korábban is rossz állagú szomszéd ház, amit végül lebontottak. A közelben, a Németvölgyi úton is terveztek egy foghíjbeépítést 1993-94-ben, melynek megvalósítására csak 2005-ben került sor. A kinyitott munkagödörben ekkor látható volt a korábbi feltáráskor már észlelt és megvizsgált rétegződési anomália, vagyis, hogy a 14 m-es teljes feltárt mélységig áthalmozott lejtőtörmelék van, amely csak keveredett, töredékes formában tartalmazza a geológiai térképeken feltüntetett és mindenki által száiban állónak gondolt kiscelli és tardi agyagot. Nem reális feltételezni, hogy ez utóbbi hely anomáliái nem érvényesültek hasonlóképpen a 80 m távolságban lévő lebontott háznál. Ha pedig ott is áthalmozott volt a száiban állónak hitt oligocén agyag, akkor természetes, hogy a várnál kisebb volt a szilárdsága, ami közreműködött a károsodásban.

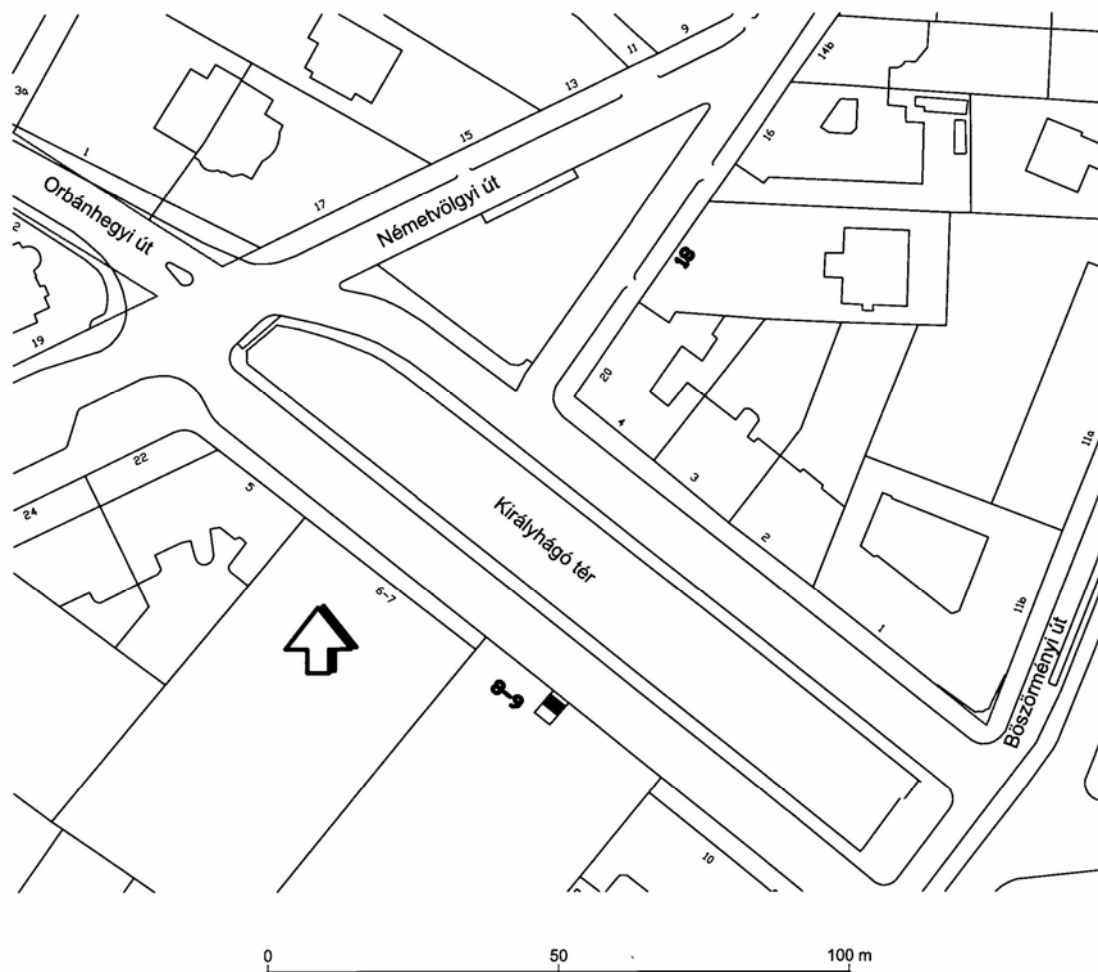
Kulcsszavak: foghíjbeépítés, tardi és kiscelli agyag, lejtőmozgás, áthalmozott lejtőtörmelék

1 HELYSZÍNI VISZONYOK

Budapest XII. kerületében, a Királyhágó (korábbi nevén Joliot Curie) tér 8-9. sz. alatti üres telken irodaházat építettek 1990-91-ben, amely a pince és tetőtér beépítésével 8 szintet foglal magába. A tér felől nézve baloldali szomszéd (Királyhágó tér 10.), az épület bejárata szerint Böszörményi út 13-15. sz. lakóház pince+földszint+5 emeletes, jó állapotú, szilárd földmű, a múlt század 20-as éveiben épült. A jobboldali szomszéd, a tér 6-7. sz. lakóháza 1910 előtt épült, pince+földszint+3 emeletes volt. Az U-alakú ház utcai szárnya három főfalas szerkezetű, a hátra nyúló két udvari szárny két főfalas. Az építés előtti talajmechanikai szakvéleményt a PRAXIS GM (6) készítette.

Szemben, a tér másik oldalán lévő lakóház mögötti, Németvölgyi út 18. sz. alatti telken (1 ábra) szintén irodaházat terveztek 1993-94-ben, melynek talajvizsgálatát a FŐMTERV Fővárosi Mérnöki Tervező Rt. végezte (9).

A vizsgálat előtti adatgyűjtések egyik első fontos eredménye az volt, hogy a terület közelében található a valamikori Németvölgyi árok és az Orbánhegyi út mentén volt egykori árok, amiből hordalékos rétegekre lehetett számítani. A környéken több épületnél gyakori a pincevíz, ami összefüggésbe hozható a valamikori árkokat kitöltő üledék jó vízvezető képességével.



1. ábra. Helyszínrajz

A különböző földtani térképek **(1)**, **(2)**, **(3)** és **(5)** ugyan kissé eltérően, de alapvetően azt mutatják, hogy a terület építésföldtani alaprétege az eocén budai márga, amely az Orbán-hegyen és a Németsvölgyi út mentén több helyen a felszínen is látható. Föléje az oligocén korban agyagmárga, meszes agyagrétegek települtek, a tardi agyag, majd a kiscelli agyag. A kiscelli agyag mélyebb része a tardi agyaghoz hasonlóan sötét színű, felszín közeli rétegei sárgás, barnás színűek az atmoszférikus hatása következtében.

A csapadékvíz beszivárgása szempontjából ezek a képződmények különbözőképpen viselkednek. A hegyoldal magasabban fekvő részén az erősen töredezett budai márga található a felszíni fedőréteg alatt. Itt a csapadékvíz intenzív beszivárgásának csak a márga agyaggá málló felső kérgé jelent valamelyest akadályt, egyébként a víz könnyen jut a mélybe. A víz ezután a tardi agyagba lép át, de még csak viszonylag kis ellenállásba ütközik, mivel itt a réteglapok mentén sokkal kisebb a víz ellenállása, mint arra merőlegesen. Amikor azonban a kiscelli agyagba jut a víz, hirtelen erősen lecsökken a vízáteresztőképesség, és ezért az felduzzad, megközelíti a pincét, sőt a felszínt is. Erre már **(1)** felhívta a figyelmet 1938-ban, amikor azt írta, hogy a Bőszörményi úton, közel a Németsvölgyi úthoz a villamos vágányzónában víz szokott megjelenni, mert „a lezivárgó talajvíz útja elrekesztődik”.

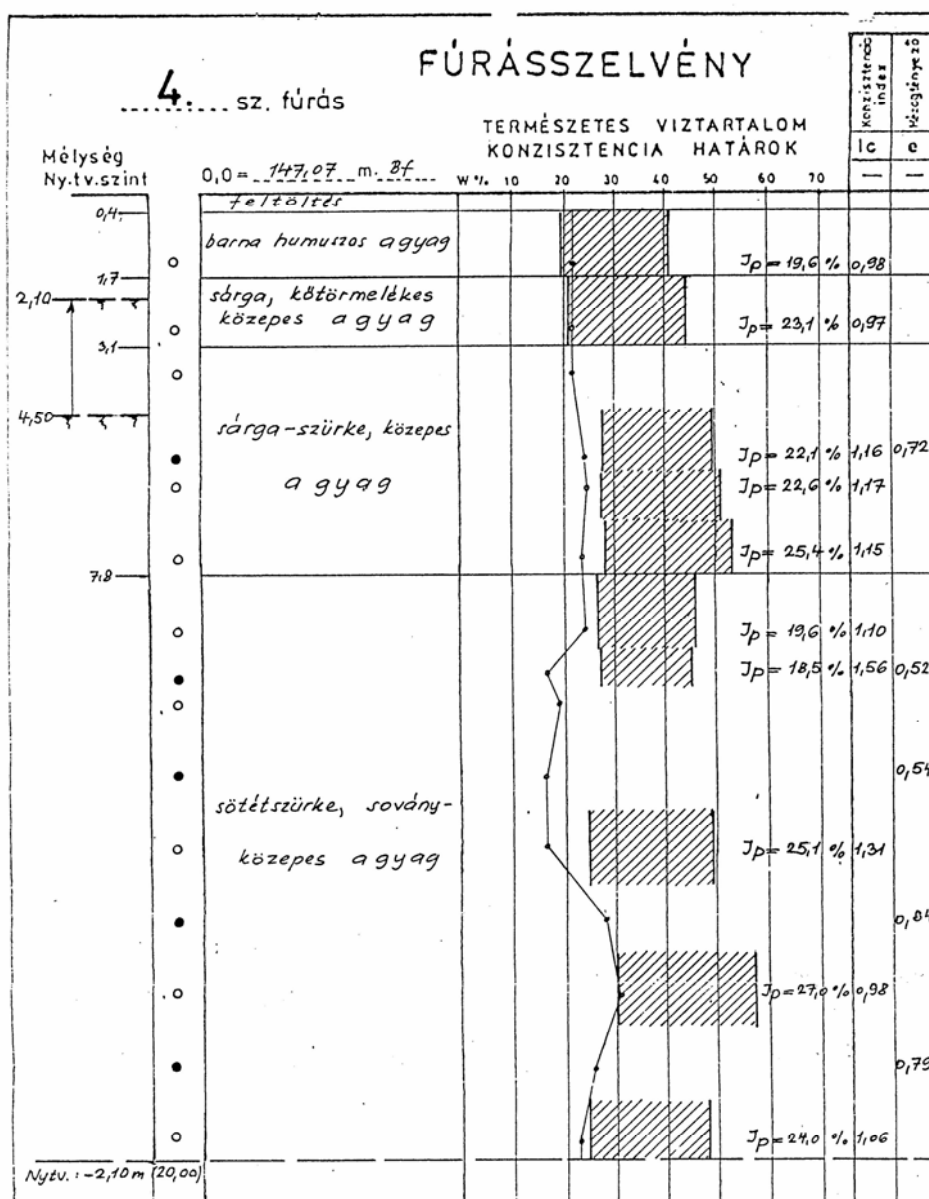
Az oligocén rétegek felett pleisztocén kori áthalmazott lejtőlössz, majd óholocén lejtőtörmelék-agyag és kőzetliszt található. A lejtőtörmelékben váltakozva követik egymást a kőzettörmelék és az agyagos környezetből szállított rétegek. A lencsés kifejlődésű, heterogén vízvezetőképességű összletben rétegvizek mozoghatnak, és a csapadék-viszonyok következtében időnként nyomás alatti vizek is lehetnek. Ez a magyarázata a környékben sok háznál tapasztalt pin-

cevizeknek. Az agyagos talajú oligocén és pleisztocén környezetbe bevágódott árkok törmelék-kes kitöltésének vízvezető szerepe van. Legfelül mesterséges feltöltéssel alakították ki a terepet, melynek lejtése a hegyoldal általános esésével megegyezően KDK irányú volt.

2 A KIRÁLYHÁGÓ TÉRI ÉPÜLET

A mintegy 40x40 m befoglaló méretű, nyolcszintes épület előzetes talajvizsgálatához 8 db fúrás készült, melyekből 6 db-t (15-20 m-ig) Ø 170 mm-es UGB-gép, 2 db-t (10 m-ig) Ø 150/100/95 mm-es BORRO-gép mélyített. Az összesen 125 fm fúrásból 27 db magmintát vettek.

A legfelső, 1,7-3,2 m vastag feltöltés és kötörmelék réteg alatt sárga-szürke közepes és kövér agyagot tártak fel 5,8-7,8 m mélységig, melyet sötétszürke közepes és kövér agyag követ a fúrások teljes hosszában. Ez utóbbi két réteget gyűjtő néven oligocén agyagnak nevezi a (6) szakvélemény – nem térve ki arra, hogy a korábban említett tardi, vagy kiscelli agyagról van szó (2. ábra).



2. ábra. A fúrásszelvény részlete (6)

Az építés során a legtöbb probléma a Királyhágó tér 6-7. sz. épületnél adódott, ezért a továbbiakban az épületnek csak ezzel az oldalával kell foglalkozni annál is inkább, mert ez 42 m hosszú tűzfalal csatlakozott, szemben a másik oldal nem egészen 20 m-ével.

A munkagödör megtámasztás kihorgonyozott mikrocölöp-fallal történt, melyet a rendelkezésre álló 56 cm széles sávban kellett telepíteni, ezért a $\varnothing 17$ cm-es cölöpök 3° -os hajlással nyúltak a tűzfal alá. A cölöpök tengely-távolsága 50 cm volt, az acél mellgerendához 2 m osztású, 7,5 m hosszú, 15° hajlású injektált horgonyok csatlakoztak. A horgonyzáshoz szükséges földkiemelés során a konzolosan befogott szádfalként dolgozó cölöpsor rugalmas deformációja révén bevágódott a talajba s ezzel megkezdődött a szomszéd ház tűzfalának süllyedése. További süllyedéseket okozott a cölöpfal kibontása és torkrétozása során a nyári meleg miatt bekövetkezett kiszáradás okozta zsugorodás, majd az új épület melléépítésének hatása.

A II. világháború során számos károsodást szenvedett a Királyhágó tér 6-7. sz. lakóház. Ennek beton sávalapján nagyméretű téglafalak álltak, a pince felett donga-boltozattal, a többi szinten acélgerendák közötti poroszüveg boltozattal, a felső földem fagerendás. Az épület több évtizede teljesen elhanyagolt állapotban volt, lakásai elavultak, mindenestül felújításra érett. Ebben az állapotban érte a házat a melléépítés okozta süllyedéskülönbség, aminek hatására a régi repedések megnyíltak, sok új keletkezett, a nyílások áthidalásai átrepedtek, a függőfolyosó is cserére szorult. Az épület tehát életveszélyessé vált, azonnal meg kellett volna erősíteni (7), de a költségkihatások miatt végül az épületet lebontották.

3 A NÉMETVÖLGYI ÚTI ÉPÜLET

A tervezett épület telkén az 1994-ben készült négy nagyátmérőjű (210/160 mm-es), 13-14 m mély gépi fúrás alapján ismeretes a rétegsor. A talajminták részletes vizsgálata során a zavartalan állapotú mag-minták belsejében ismételtelen olyan mértékű heterogenitás mutatkozott, amely az ismertetett átfogó földtani képpel ellentétes volt. Ennek észlelése nyomán szakértői közreműködés keretében az ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszéke kapcsolódott a munkába (12). Az egyik fúrás, amelyben öt elkülönült rétegtag váltakozását lehetett felismerni, a 3. ábrán látható.

A talajmechanikai laboratóriumi vizsgálatoknak csak néhány jellemzőjét ismertetve, az egyes rétegtagokról a következő összefoglaló minősítés adható (a rétegsorban felülről lefelé haladva):

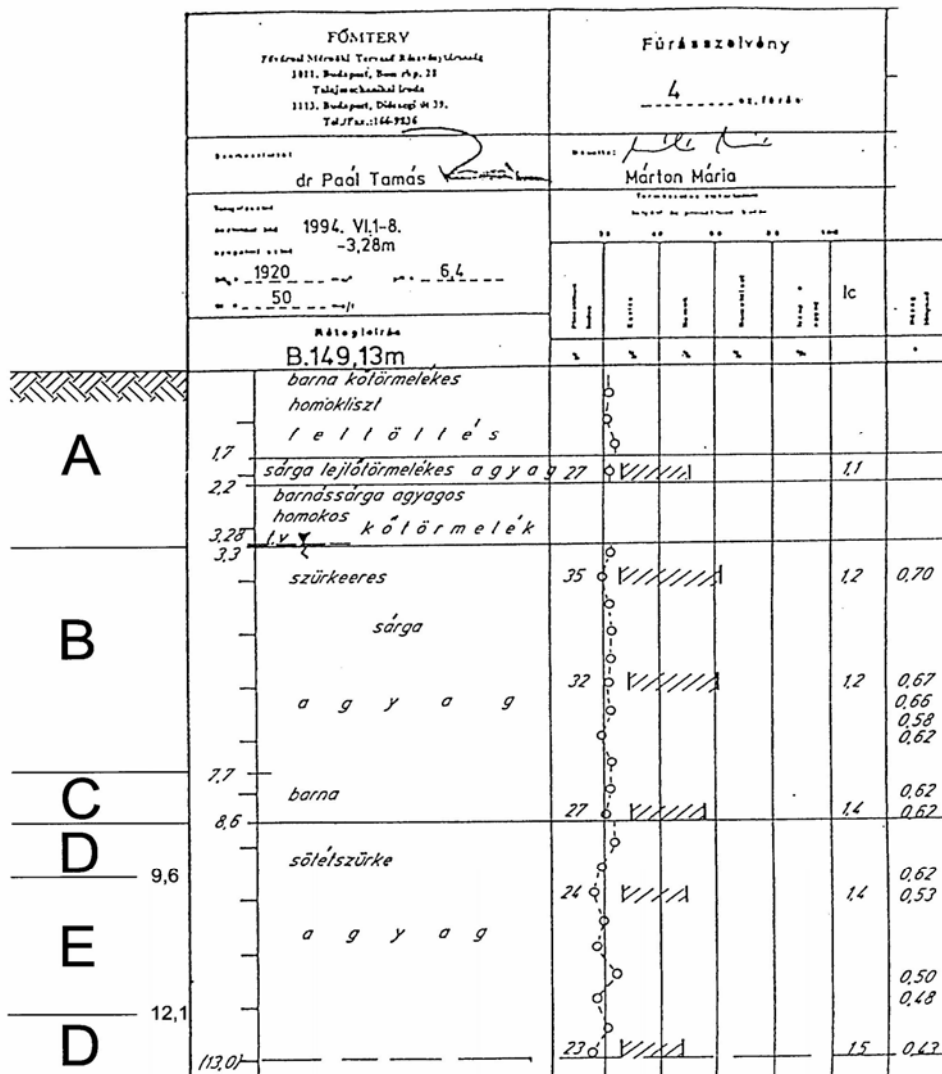
A. rétegtag A heterogén fedőréteg tömörségi viszonyairól csak négy adat áll rendelkezésünkre, eszerint a hézagteljesítő (ϵ)= 0,51-0,80, tehát változóan tömör.

B. rétegtag Áthalmazott sárga kiscelli agyag anyagú lejtőtörmelék, amiben mállatlan kékes-szürke kiscelli agyag rögök is előfordulnak. Nyírószilárdsági jellemzői (12 adatból): $\phi=6-13-28^\circ$, $c=36-72-140$ kN/m² (az aláhúzott adat az átlagérték).

C. rétegtag Sötétbarnás-barnásfekete, oxidált, mállott agyagos törmelék, feltehetően tardi agyag eredetű: $\phi=10^\circ$, $c=171$ kN/m².

D. rétegtag Feketésszürke, lényegében áthalmazott agyag, kevésbé vagy nem mállott, de mikrorétegzettséget nem mutató tardi agyag törmelék: $\phi=14-15-16^\circ$, $c=97-134-172$ kN/m².

E. rétegtag Fekete-feketésszürke, típusos tardi agyag alig mállott törmeléke. A törmeléksebekben észlelhető a mikrorétegzettség: $\phi=10-12-14^\circ$, $c=121-155-190$ kN/m².



3. ábra. A fúrásjelvényének részlete (9), kiegészítve (12) vizsgálatai alapján

Az egyes rétegtagok eloszlásának a (12)-ben részletezett, mind a négy fúrára kiterjedő vizsgálatából kitűnik, hogy az E típusú rétegtag egyszer visszatér, magasabbik szintje kelet felé vastagodik. A D típusú rétegtag is ismétlődik, ez azonban kelet felé vékonyodik, ami arra utal, hogy az E és D típusú rétegtagok ellenkező irányból halmozódtak át. Hasonlóan ellentétes tendencia figyelhető meg az A és B típusú rétegtagok között, amelyek közül a B típusú kelet felé vastagodik, míg az A kelet felé vékonyodik. A C szint dél felé mutat mérsékelt vastagodást.

4 A FELTÁRTAK ÉRTELMEZÉSE

A talajminták részletes, nemcsak talajmechanikai, hanem geológiai vizsgálatai arra a meglepő eredményre vezettek, hogy a teljes (13-14 m mélységig) feltárt talajtömeg *nem* a földtani térképeken jelzett szában álló oligocén tardi vagy kiscelli agyag, hanem későbbi geológiai időkben áthalmazott lejtőtörmelek, amely keveredett, töredékes formában tartalmazza a tardi és kiscelli rétegek anyagát, ami *korábbi, nagykiterjedésű tömegmozgásokra utal*. Az említett árkok feltehetőleg nem nyúltak le olyan mélységig, hogy csak egyszerűen azok hatásának tekinthetnénk az áthalmazottságot. Ezért tűnik reálisnak egy, bár szokatlan méretű, de mégis valószínűbb „csúszás” jellegű lepusztulásra gondolni.

Az elvégzett geológiai vizsgálatok egy másik problémát is felvetnek: a két felső rétegtag budai márga és kiscelli agyag anyagú, az alatta lévő tardi agyagból származnak. Tipikus lehordás során alul kellene legyen a magasabban fekvő és ezért előbb lehordott kiscelli agyag anyaga, s felette a később ráhordott tardi agyag törmeléke, amelyik eredetileg alatta feküdt. Esetünkben ez nem így történt, tehát ezen a területen meglehetősen bonyolult és többirányú lejtőmozgást kell feltételeznünk. A több irányból lezajlott negyedidőszaki áthalmazás feltételezését az egyes rétegtagok kivastagodási és/vagy kiékelődési tendenciái is megerősítik.

Az eredeti fekvésű tardi, vagy kiscelli agyag a keletkezése óta eltelt kb. 32-37 millió év alatt jelentősen összenyomódott, úgynevezett tipikus túlkonzolidált agyag, ennek megfelelő szilárdsági jellemzőkkel. A negyedidőszakban áthalmazott lejtőtörmelék, ha anyagában őrzi is az eredeti tardi, vagy kiscelli agyag részeket, de egyrészt nyilván soha nem volt nagy mélységben, hogy túlkonzolidálttá vált volna, másrészt mindössze kb. 1-2 millió éve, vagy még rövidebb ideje van jelenlegi helyén, tehát szilárdsági jellemzői jóval kedvezőtlenebbek.

5 KÖVETKEZTETÉSEK

Mindez nem csak alapozási vonatkozású, hanem az önmagában - nem kisebb jelentőségű - munkagödör megtámasztást is alapvetően befolyásolja. Az áthalmazott agyag szilárdsági jellemzői lényegesen gyengébbek és változékonyabbak, mint amit e jól ismert rétegektől műszaki tapasztalatunk alapján elvárnánk. Nagy valószínűséggel reális a feltételezés: a Királyhágó téri cölöpfal horgonyainak mozgásában szerepe volt annak is, hogy a horgonyoktól többet vártak, mint amit azok teljesíteni tudtak, ugyanis nem az eredeti, hanem az áthalmazott oligocén agyagba nyúltak bele, mert eredeti fekvésű anyag csak jóval nagyobb mélységben található.

Érdekes ilyen szempontból összehasonlítani a rendelkezésünkre álló adatokat. (6) szakvéleményében az épület alapsíkja alatti rétegekből meghatározott nyírószilárdsági paraméterek, valamint [zárójelben] a szerkezetek méretezéséhez megadott érték:

	Súrlódási szög (°)		Kohézió (kN/m ²)	
	mért	megadott	mért	megadott
<i>sárga-szürke agyag</i>	12-17	[12]	75-133	[80]
<i>sötétszürke agyag</i>	10-20	[10]	101-120	[100]

Figyelemre méltó ezzel szemben, hogy a kivitelezés ismertetésekor (8) a sárga-szürke agyag rétegről azt írja, hogy a súrlódási szög 14°, a kohézió pedig 100 kN/m². Ez a két érték pontosan megegyezik az épülethez készített szakvélemény 6 db nyírószilárdsági vizsgálatának átlagértékeivel, vagyis a kivitel során feltételezték, hogy az átlag-érték mindenütt érvényesül a talajban, holott természetes, hogy az átlagnál kisebb értékek előfordulására is reálisan számítani kell. Tipikus példája ez annak az elég általános tévhiedelemnek, hogy a talaj úgyis többet bír, mint amit a talajmechanikai laboratóriumi vizsgálatok kimutatnak. Az itt felderített áthalmazottság ismeretében egyértelmű, hogy nem szabad "felfelé kerekíteni" a szilárdsági jellemzőket, ha kellő gondossággal kívánunk eljárni.

Az ilyen szokatlan jelenségek felismerésénél komoly probléma, hogy kisméretű feltárásokban, kézi fúrásokban nagyon nehéz – netán lehetetlen – megkülönböztetni a szálaban álló kiscelli agyagot az áthalmazott változattól. Még nagyfúrások magmintáit is rendkívül tüzetesen kellett szemrevételezni, hogy ezekre az apró részletekre fény derüljön. Jól mutatja ezt a 3. ábra, melynek jobb oldalán a hagyományos talajmechanikai vizsgálatok fúrásszelvény-részlete, bal felén pedig az egyáltalán nem rendszeres, de itt elvégzett, és a probléma megoldását adó geológiai vizsgálat (12) után megismert réteg-beosztás látható.

6 ZÁRÓ GONDOLATOK

Érdeemes megismételni **(11)** utolsó mondatát: „...elferdítve a régi római mondást 'geologia necesse est', a geológiára szükség van!”

A geológia és geotechnika határán tevékenykedő mérnökgeológiát pedig gyakran úgy említik, mint *interdiszciplináris* tudomány-ágot. Helyesebb azonban nem a *kettő között* tevékenykedni, hanem mindkét oldalt egyszerre képviselve – új kifejezéssel – „*kon*”-*diszciplinárisan*: a műszaki problémát megfelelő geológiai környezetbe helyezve, a geológiai adottságokban a technikai megoldás lehetőségét is meglátva. Mérnöknek nem lehet más a célja, mint a geológiai adottságok minél mélyebb megismerésén keresztül kiválasztani az adott helyzetben optimális (geo)technikai megoldást. **(10)**

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szerző köszöni több mint ötvenegy éve munkahelyének, mai nevén a FŐMTERV'TT Fővárosi Mérnöki Tervező és Tanácsadó Zrt.-nek, hogy ez idő alatt sok-sok olyan szakmai feladatokat biztosított számára, melyek lehetővé és szükségessé tették a továbbfejlődést, a szorosan vett műszaki feladatok mélyebb, földtani-geotechnikai háttérének megismerését, az egymásra épülő tudományágak összefüggéseinek felderítését, s ezen keresztül a megalapozottabb tudást, ami a konkrét műszaki feladatok optimális megoldásához, végső soron, az egész együtt dolgozó kollegiális körben szükséges.

IRODALOM

- (1) Horusitzky H. 1938: Budapest dunajobbparti részének (Budának) hidrogeológiája, *Hidrologiai Közlöny*, **18**: 299-301.
- (2) Szentés F. /szerk./ 1956: *Budapest és környékének földtani térképe*, Magyar Állami Földtani Intézet /MÁFI/ kiadványa
- (3) Kisdiné Bulla J. – Raincsákné Kosáry Zs. – Szabóné Drubina M. /szerk./ 1984: Budapest területének fedett és fedetlen földtani térképei, MÁFI kiadványa
- (4) Paál T. 1976: A budai agyagok mérnökgeológiai összehasonlítása matematikai statisztikai alapon, *Földtani Közlöny*, **106**(2): 229-256.
- (5) Wein Gy. 1977: *A Budai-hegység tektonikája*, MÁFI alkalmi kiadványa, p. 76.
- (6) Szitnyai Gy. 1990: Talajmechanikai szakvélemény a Joliot Curie tér 8-9. sz. Alatti teleken felépítendő irodaház tervezéséhez — PRAXIS Építőipari Tervező és Szaktanácsadó GM, kézirat
- (7) Matuscsák T. – Petrich Gné 1991: Szakértői vélemény a Bp. XII. Joliot Curie tér 6-7. sz. alatti lakóház statikai vizsgálatáról — Budapesti Műszaki Egyetem, Építészmérnöki Kar, Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék, kézirat
- (8) Bányai M. 1992: A Királyhágó téri irodaépület alapozási munkáinak tervezése és kivitelezése — *Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle* **42**(9) 331-335.
- (9) Paál T. 1994: Részletes talajmechanikai szakvélemény a Bp. XII. Németvölgyi út 18. sz. alatt tervezett irodaépülettel kapcsolatban — FŐMTERV Fővárosi Mérnöki Tervező Rt., kézirat
- (10) Paál T. 2003: „Geo – lógia” és „Geo – technika” mezsgyéjén Mérnökgeológiai Jubileumi Konferencia (szerk.: Török Á.), Műegyetemi Kiadó, pp.187-198.
- (11) Török Á. 2006: A geológia szerepe a mérnöki gyakorlatban — amit a hibákból tanulhatunk - *Mérnök Újság*, **13**(12): 23-25.
- (12) Nagymarosy A. – Paál T. 2007: Felszínközeli rétegsorok anomáliái a budai Királyhágó térenél - *Földtani Közlöny*, **137**(2): 129-136.

