



TÖLTÉSEK ALATTI, VÍZZEL TELÍTETT AGYAGOK VIZSGÁLATA

PhD értekezés
Tézisfüzet

Rémai Zsolt
okl. építőmérnök

Budapest
2012. december

1. TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA

Hazánk gazdasági terveiben központi feladat a jó közlekedési kapcsolatok létrehozása az egyes országrészek, illetve – különös tekintettel az Európai Unió bővítésére – Magyarország és a környező országok között.

A gépjárművek üzemi költségeit kedvezően befolyásolják a jól kiépített, korszerű autópályák, autótutak. Követelmény, hogy az építési idő minél rövidebb legyen, és a forgalomba helyezett út minél kisebb fenntartási költségekkel legyen biztonságosan üzemeltethető.

A korszerű közúti közlekedés egyre nagyobb igényeket támaszt az utak, autópályák földmunkáival szemben, mivel a megépítendő vonal legnagyobb tömegű, látszólag igénytelen töltésanyaga, valamint annak az altalaja előre és jelentősen befolyásolja az egész közlekedési pálya későbbi állapotát, használhatóságát.

Az autótutak használhatóságának, állékonyságának előfeltétele tehát az alattuk lévő földmű megfelelő minősége és a tervezett altalaj teherbíró, nem kompresszibilis volta.

Már a tenderdokumentáció összeállításánál nagy figyelmet kell szentelni a töltések alatti altalaj megfelelőségére, mivel csak így biztosítható a tartós, biztonságos, jó minőségű, gazdaságos és környezetbarát útépítési földművek létesítése. Figyelembe kell venni azt is, hogy elsősorban környezet- és földvédelmi szempontok miatt mind gyakrabban kell kedvezőtlen geotechnikai adottságú, másra nem használható, rossz altalajú területeken (pl. M7 autópálya Nagyberet és a Kis-Balaton nyúlványát átszelő szakasza és a Véménd környéki völgyeket keresztező autópálya szakaszok, vagy az M43 autópálya nyomvonala) földműveket építeni.

A magas töltések altalajával szemben támasztott követelmények között az állékonyság mellett a „mozdulatlanság” szerepel leggyakrabban. A földmű mozgása, pl. a ráhelyezett autópálya hullámosodása igen gyakran az altalaj összenyomódására vezethető vissza. Ez az altalaj a ráhelyezett töltés terhének mértékétől – és saját fizikai jellemzőitől – függő alakváltozást szenved ahhoz, hogy ismét létrejöjjön a stabil egyensúlyi állapot. Általában az okozza a gyakorlati nehézséget, hogy az alakváltozások (a töltés süllyedése) nagyon hosszú ideig, gyakran évekig tartanak. A számos esetben deciméteres nagyságrendű süllyedést az elkészült autópálya-szerkezet (burkolat) nem képes károsodás nélkül elviselni. Szükséges tehát, hogy még a burkolat megépítése előtt ismerjük a konszolidáció időbeli lefolyását.

A magas töltések geotechnikai tervezése tehát alapvetően tulajdonképpen két feladatot jelent: stabilitás- és süllyedésvizsgálatot. Ezek elvégzése egyszerre igényli a talaj viselkedésének részletes megismerését, valamint a valóságot minél jobban közelítő geotechnikai számítási modell használatát.

2. ÉRTEKEZÉS CÉLKITŰZÉSEI

Figyelembe véve a kutatási téma hazai és nemzetközi előzményét, eredményeit, a saját új tudományos eredményeim megalapozásához az alábbi kérdések vizsgálatát tűztem ki célul:

1. Magas töltések alatti, vízzel telített, kötött talajok szilárdságának meghatározása korszerű terepi vizsgálatok (pl. CPTu) eredményeinek felhasználásával. A nemzetközi és hazai gyakorlatban jelenleg használt módszerek megbízhatóságának vizsgálata, a hazai vizsgálatok alapján új tapasztalati összefüggés meghatározása a hazai puha agyagok esetére.
2. A töltések alatti talajok összenyomódásának számítása hagyományos módon és véges elemes modellel.
 - a. A határmélység elméleti háttérének vizsgálata, javaslat a puha telített agyagokon épített magas töltések alatti határmélység meghatározására.
 - b. Alakváltozási paraméterek meghatározása kézi és gépi számításokhoz a CPTu eredmények alapján.

A vizsgálatokhoz az elmúlt évtizedben a hazai autópálya építési projektek vonatkozó geotechnikai adatait használtam fel.

3. TÉZISEK BEMUTATÁSA

1. tézis

25 hazai helyszínen puha kötött talajrétegből származó 40 talajmintán végzett drénezetlen triaxiális illetve egyirányú nyomóvizsgálat eredményeit vettem össze a fúrások közelében készített CPTu vizsgálatok eredményeivel. A nemzetközi szakirodalomban elérhető javaslatok e két tulajdonság kapcsolatát az ún. szondatényezővel írják le. E szondatényezőknél több típusa létezik attól függően, hogy milyen CPT paraméter alapján próbálják a drénezetlen nyírószilárdság értékét becsülni.

Megvizsgáltam, hogy a hazai puha kötött talajok esetén ezek a tapasztalati szondatényezők milyen határok között változnak illetve milyen megbízhatósággal használhatóak a drénezetlen nyírószilárdság becsülésére. A laboratóriumi vizsgálatok és CPT eredmények összevetésével kapott szondatényezők átlagértékeit és néhány – a változékonyságra vonatkozó – statisztikai jellemzőt az 1. táblázatban foglaltam össze.

1. táblázat Szondatényezők

	$N_k = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{c_u}$	$N_{kt} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{c_u}$	$N_{ke} = \frac{q_t - u_2}{c_u}$	$N_{\Delta u} = \frac{u_2 - u_0}{c_u}$
Átlagérték	18,4	23,0	18,5	6,3
Minimum	10,5	11,9	10,9	1,8
Maximum	27,6	32,1	28,6	13,1
Szórás	4,4	5,0	4,9	2,8
Variációs tényező	23,7%	21,7%	26,4%	43,7%
80%-os konfidencia intervallum határai	12,8-23,9	16,6-29,4	12,2-24,8	2,8-9,8
	±30%	±28%	±34%	±56%

Megállapítottam, hogy a CPT csúcscellenállás értékét alapul vevő összefüggések (N_k , N_{kt} , N_{ke}), közel azonos megbízhatósággal használhatóak a drénezetlen nyírószilárdság becslésére. A 80%-os megbízhatósági konfidencia intervallum határai mindhárom esetben az átlagérték $\pm 30\%$ körüli értékeire adódtak.

Ez rámutat arra, hogy a drénezetlen nyírószilárdság meghatározása kizárólag CPT eredmények alapján csak durva becslésnek tekinthető; laboratóriumi vizsgálati eredményekkel és helyszínen specifikus szondatényezők meghatározásával ez a bizonytalanság csökkenthető. A feldolgozott adatok esetén, a hagyományos N_k értéket használó becsléshez képest a korrigált CPT csúcscellenállást (q_t) figyelembe vevő N_{kt} szondatényező kis mértékben javítja a becslés megbízhatóságát, azonban a hatékony CPT csúcscellenállás (q_{t-u_2}) használata nem eredményezett javulást. Megállapítottam továbbá, hogy az $N_{\Delta u}$ értékek az előző három szondatényezőnél tapasztaltnál számottevően tágabb tartományban változnak.

A tézishez tartozó publikációk:

Farkas J., Rémai Zs. (2009) Nyírószilárdsági jellemzők meghatározása. *Mélyépítő Tükörkép VIII:(8)* pp. 24-27.

Rémai Zs. (2012) Hazai holocén agyagok drénezetlen nyírószilárdságának becslése CPTU eredményekből. *Szlávik L (szerk.) Magyar Hidrológiai társaság XXX. Vándorgyűlése. Kaposvár, Magyarország, 2012.07.04-2012.07.06. (ISBN: 978-963-8172-29-7)*

Rémai Zs. (2013) Correlation of undrained shear strength and CPT resistance. *Periodica Polytechnica – Civil Engineering (elfogadott publikáció)*

2. tézis

A drénezetlen nyírószilárdság pontosabban becsülhető, ha a szondatényező értékét jobb megbízhatósággal tudjuk meghatározni. Ennek érdekében megvizsgáltam, hogy a szondatényezők pontosabban meghatározhatóak-e valamely talajparaméter függvényében. Megállapítottam, hogy szoros korreláció áll fenn a pórusvíznyomási arányszám és az $N_{\Delta u}$ szondatényező között (1. ábra). A pontok elhelyezkedését lefedő sáv a következő összefüggéssel írható le:

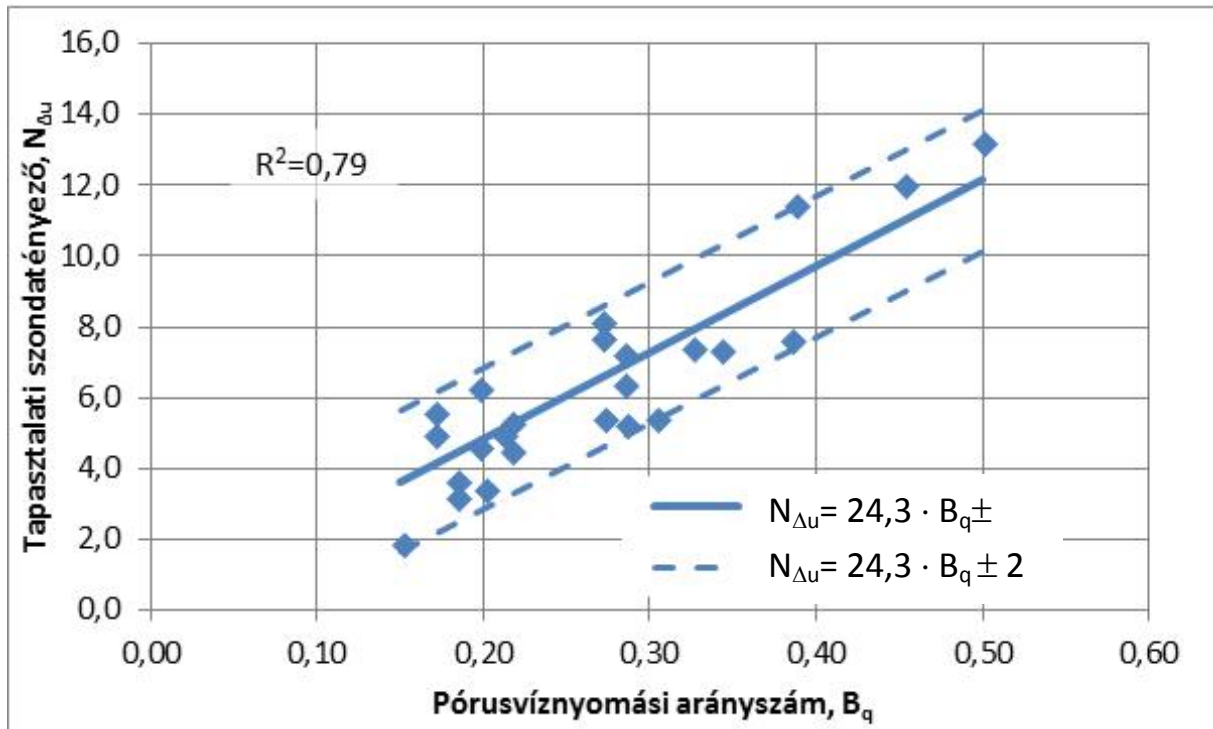
$$N_{\Delta u} = (24,3 \cdot B_q) \pm 2$$

Alacsony B_q értékek esetén a fenti képlettel meghatározható szondatényező értékek felhasználásával számítható drénezetlen nyírószilárdság még mindig igen tág értékek között változhat. A pórusvíznyomási arányszám növekedésével a képletben szereplő „ ± 2 ” tag egyre kisebb hatással bír a számított drénezetlen nyírószilárdságra, így ilyen esetekben az megbízhatóbban becsülhető. Puha agyagok esetén a pórusvíznyomási arányszám jellemzően magas, így a vizsgált talajok esetén a drénezetlen nyírószilárdság CPTu eredmények alapján a következő összefüggéssel javaslom becsülni:

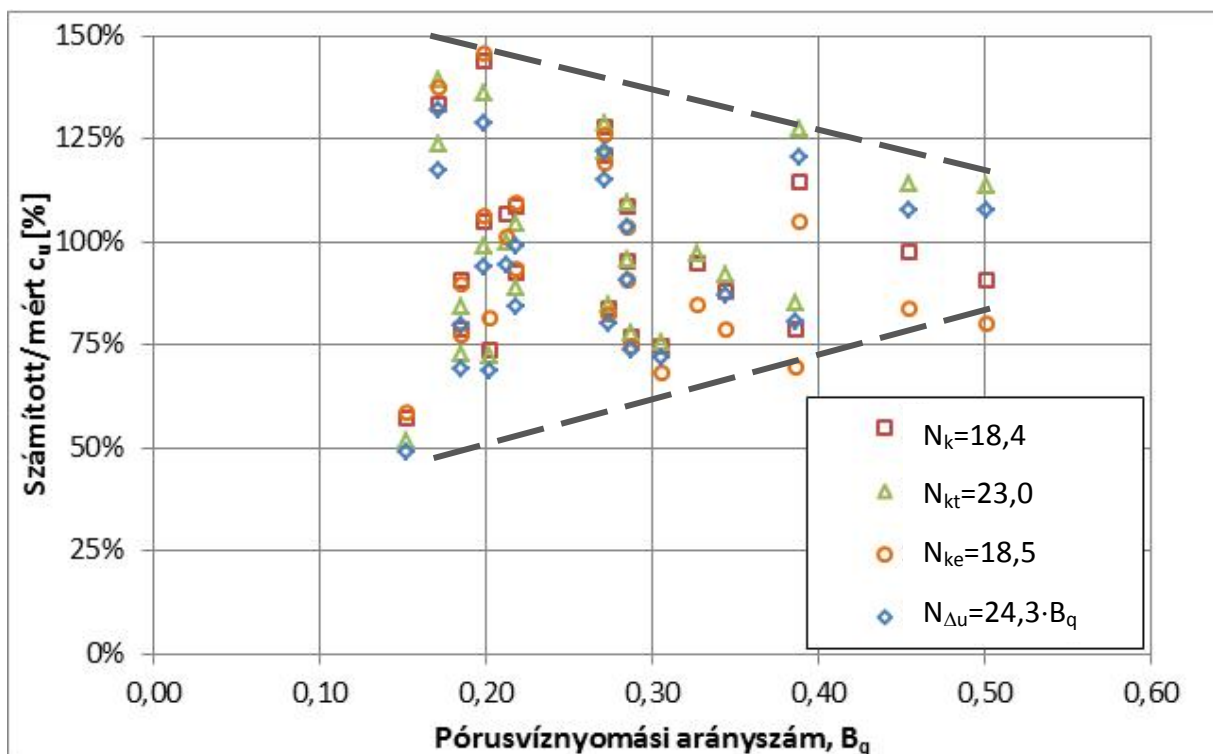
$$c_u = \frac{u_2 - u_0}{24,3 \cdot B_q}$$

Az $N_{\Delta u} = 24,3 \cdot B_q$ összefüggés, illetve az 1. táblázatban látható N_k , N_{kt} és N_{ke} átlagos szondatényezők felhasználásával számított drénezetlen nyírószilárdság értékek, és a

laboratóriumban meghatározott eredmények arányát, a pórusvíznyomási arányszám függvényében a 2. ábra szemlélteti.



1. ábra $N_{\Delta u}$ szondatényező és a pórusvíznyomási arányszám összefüggése



2. ábra A javasolt értékekkel számított illetve a laboratóriumban meghatározott drénezetlen nyírószilárdság hányadosa a pórusvíznyomási arányszám függvényében

Megállapítottam, hogy a puha agyagok drénezetlen nyírószilárdsága a CPT eredmények alapján megbízhatóbban becsülhető, ha a pórusvíznyomási arányszám magas. Azokban az esetekben ahol $B_q > 0,25$ számított és mért értékek eltérése kisebb volt, mint a laboratóriumban meghatározott érték 30%-a.

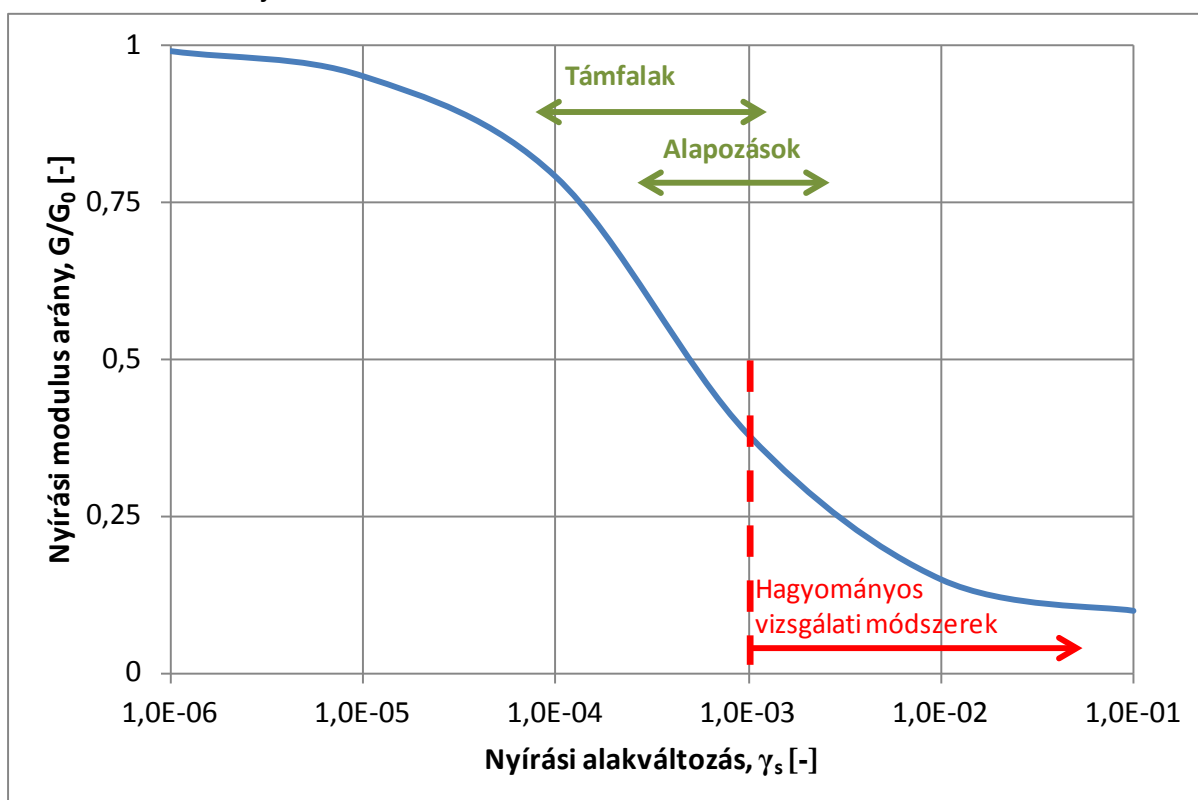
A tézishez tartozó publikációk:

Rémai Zs. (2012) *Hazai holocén agyagok drénezetlen nyírószilárdságának becslése CPTu eredményekből*. Szlávik L (szerk.) *Magyar Hidrológiai Társaság XXX. Vándorgyűlése*. Kaposvár, Magyarország, 2012.07.04-2012.07.06. (ISBN: 978-963-8172-29-7)

Rémai Zs. (2013) *Correlation of undrained shear strength and CPT resistance*. *Periodica Polytechnica – Civil Engineering* (elfogadott publikáció)

3. tézis

A megbízható töltéssüllyedés számításához a talaj alakváltozási tulajdonságainak illetve az összenyomódó talajréteg vastagságának (határmélység) ismerete szükséges. Az elmúlt évtized geotechnikai kutatásai rámutattak arra, hogy nagyon kis – hagyományos laboratóriumi eszközökkel nem mérhető – alakváltozások ($\epsilon < 10^{-3}$) esetén a talajok merevsége számottevően nagyobb (3. ábra). Ennek szerepe töltések alatti süllyedések számítása esetén is jelentős.

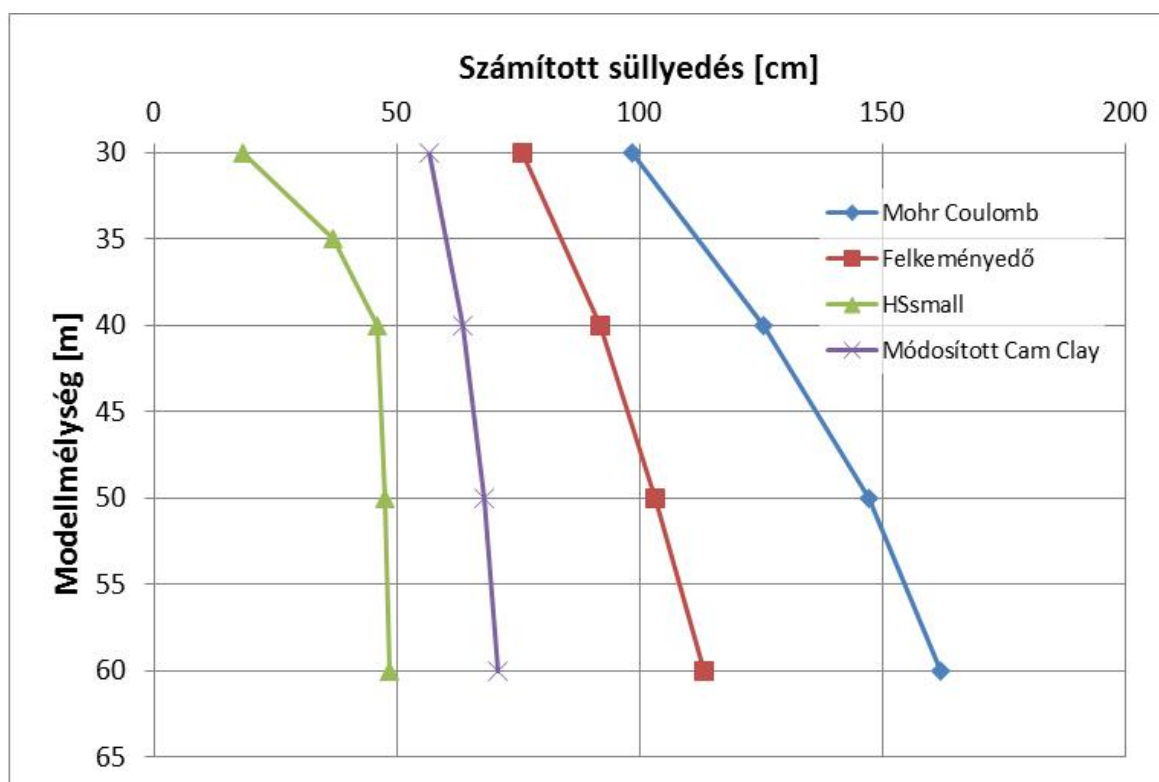


3. ábra Nyírési modulus degradációs görbéje

A korábbi tapasztalatok azt mutatták, hogy a véges elemes számítások során a felhasználó által választott modellmélység jelentősen befolyásolja a számított eredményeket. Azaz még korszerű talajmodellek (pl. „felkeményedő” vagy „módosított Cam-Clay”) esetén is a

hagyományos határmélység elméletekkel kellett meghatározni az összenyomódó talajréteg vastagságát. Azonban, ha süllyedésszámításnál figyelembe vesszük, hogy a mélység növekedésével a fajlagos összenyomódás csökkenését nem csak a függőleges feszültség csökkenése és a kompressziós görbe ellaposodása (az összenyomódási modulus növekedése) okozza; hanem fontos szerepet játszik az is, hogy a kis alakváltozások tartományában az összenyomódási modulus fokozatosan növekszik, akkor a határmélység a numerikus modellezés segítségével is meghatározhatóvá válik. Véges elemes vizsgálatsorozatot végeztem, melyben egy puha agyagra épített 10 m magas 80 m talpszélességű töltés alatti süllyedéseket határoztam meg különböző talajmodellek és modellmélységek felhasználásával. A tengelyvonalban számított süllyedések értékét és a modellmélység kapcsolatát a 4. ábra szemlélteti. A kis alakváltozási tartományban növekvő merevséget figyelembe vevő („HSsmall”) talajmodell használatával a számított süllyedések értékét nem befolyásolja jelentősen a véges elemes modell mérete (feltéve, hogy az a határmélységnél nagyobb), így a várható süllyedések a felhasználó által becsült határmélységtől szinte függetlenül számíthatók.

Megállapítottam, hogy a határmélység nem egy konkrét mélység, hanem egy mélységtartomány, és az érdemi talaj-összenyomódások megszűnését a talaj merevségének kis alakváltozások esetén tapasztalható jelentős növekedése okozza. Azaz a határmélység tartományának határát elsősorban az alakváltozások és nem a feszültségek határozzák meg. Nagy vastagságú puha agyagra épült töltések esetén a határmélység tartományban kialakuló alakváltozások számítására a kis alakváltozási tartományban jellemző eltérő merevséget figyelembe vevő talajmodell használatát javaslom.



4. ábra Különböző talajmodell illetve modellmélység feltételezésével számított süllyedések

A tézishez tartozó publikációk:

- Rémai Zs. (2012) *A határmélység meghatározásának lehetőségei: Török Ákos, Vásárhelyi Balázs (szerk.) Mérnökgeológia-Kőzetmechanika 2011. Budapest, Magyarország, 2012.01.26. Hantken Kiadó, Budapest pp. 117-124. (Mérnökgeológia-kőzetmechanika kiskönyvtár; 12.) (ISBN: 978-615-5086-04-5)*
- Rémai Zs. (2012) *On limiting depth. Central European Geology (bírálattal)*

4. tézis

A mindennapos gyakorlatban elterjedt és ma is használatos egyszerűsített süllyedésszámításhoz szükséges egy konkrét határmélység felvétele. Az előző tézisben megfogalmazottak figyelembevételével ezt a határmélység-tartomány közepénél javaslom felvenni, így a túlbecsült és az elhanyagolt alakváltozások közelítőleg kiejtik egymást. Az elvégzett számításaim eredményei alapján a határmélység kritériumaként azt a mélységet javaslom, ahol a fajlagos összenyomódások $\varepsilon < 3 \cdot 10^{-3}$ érték alá csökkennek.

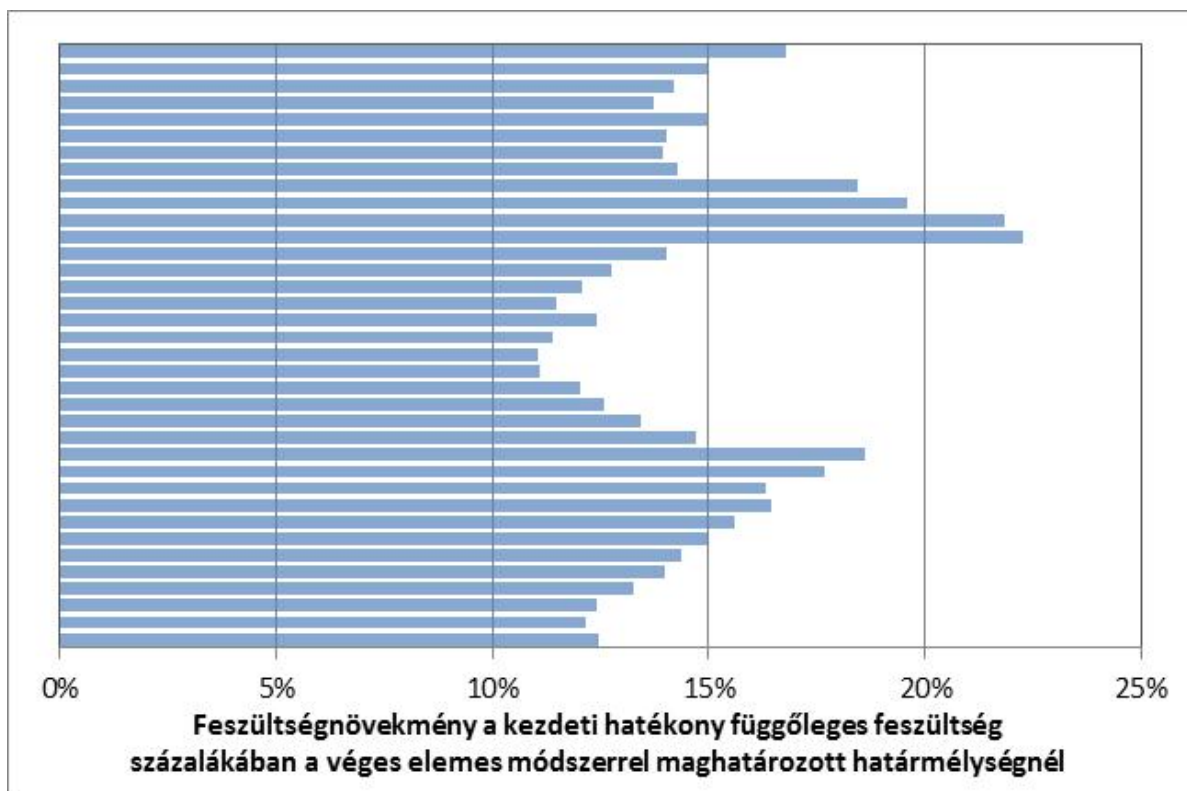
Véges elemes vizsgálatsorozatot végeztem annak megállapítására, hogy az említett módon meghatározott határmélység miként viszonyul a korábbi elméletekkel meghatározott határmélységhez. A számításokat az előbbieken ismertetetthez hasonló, 80 m talpszélességű, kötött talajon épített töltés esetére végeztem el a következők szerint:

- töltésmagasság: 5 m – 7,5 m – 10 m
- talajvízszint: terepszinten – végtelen mélységben
- altalaj: puha agyag ($E_{oed} = E_{50}^{ref} = 5\ 000$ kPa), kemény agyag ($E_{oed} = E_{50}^{ref} = 12\ 000$ kPa)

Meghatároztam, hogy a véges elemes számítással kapott határmélységeknél a Kany táblázat alapján számított terhelésnövekmény hány százaléka a hatékony a geosztatikai nyomásnak. A két számítás eredményeinek összevetése alapján megállapítottam, hogy a határmélység puha agyagok esetén 10-15%, keményebb agyagok esetén 25-35% között változott, azaz a puha agyagok esetén a határmélység mélyebben van. További számításokat végeztem annak megállapítására, hogy a puha agyagokra jellemző alakváltozási paraméterek, és a magas töltésekre jellemző geometriai méretek esetén (2. táblázat) a véges elemes módszerrel meghatározott határmélységnél a terhelés okozta feszültségtöbblet hány százaléka az eredeti hatékony függőleges feszültségnek. Az eredményeket az 5. ábra szemlélteti.

2. táblázat Véges elemes határmélység-meghatározáshoz használt bemenő paraméterek

Töltés magassága, H [m]	5 – 7,5 – 10
Töltés talpszélessége, B [m]	50 – 60 – 70 – 80
Alakváltozási jellemzők, $E_{oed}^{ref} = E_{50}^{ref}$ [kPa]	5000
Kis alakváltozási paraméterek, $G_0/\gamma_{0,7}$ értékpár [MPa/-]	$45/2 \cdot 10^{-4}$ – $60/3 \cdot 10^{-4}$
Talajvízszint	terezszinten – végtelen mélység



5. ábra Feszültségnövekmény a HSsmall talajmodellel meghatározott határmélységnél

Kimutattam, hogy a határmélységet a talaj alakváltozási tulajdonságai (elsősorban a degradációs görbe paraméterei) is befolyásolják – puha agyagok esetén a határmélység nagyobb, keményebb talajok esetén kisebb. A vizsgálati eredmények alapján hagyományos számításokhoz javaslom a magas töltések alatt fekvő puha agyagok esetén a határmélységet abban a mélységben felvenni, ahol a terhelés okozta feszültségnövekmény a hatékony geosztatikai nyomás 15%-a alá csökken.

A tézishez tartozó publikációk:

Rémai Zs. (2012) A határmélység meghatározásának lehetőségei: Török Ákos, Vásárhelyi Balázs (szerk.) Mérnökgeológia-Kőzetmechanika 2011. Budapest, Magyarország, 2012.01.26. Hantken Kiadó, Budapest pp. 117-124. (Mérnökgeológia-kőzetmechanika kiskönyvtár; 12.) (ISBN: 978-615-5086-04-5))

Rémai Zs. (2012) On limiting depth. Central European Geology (bírálat alatt)

5. tézis

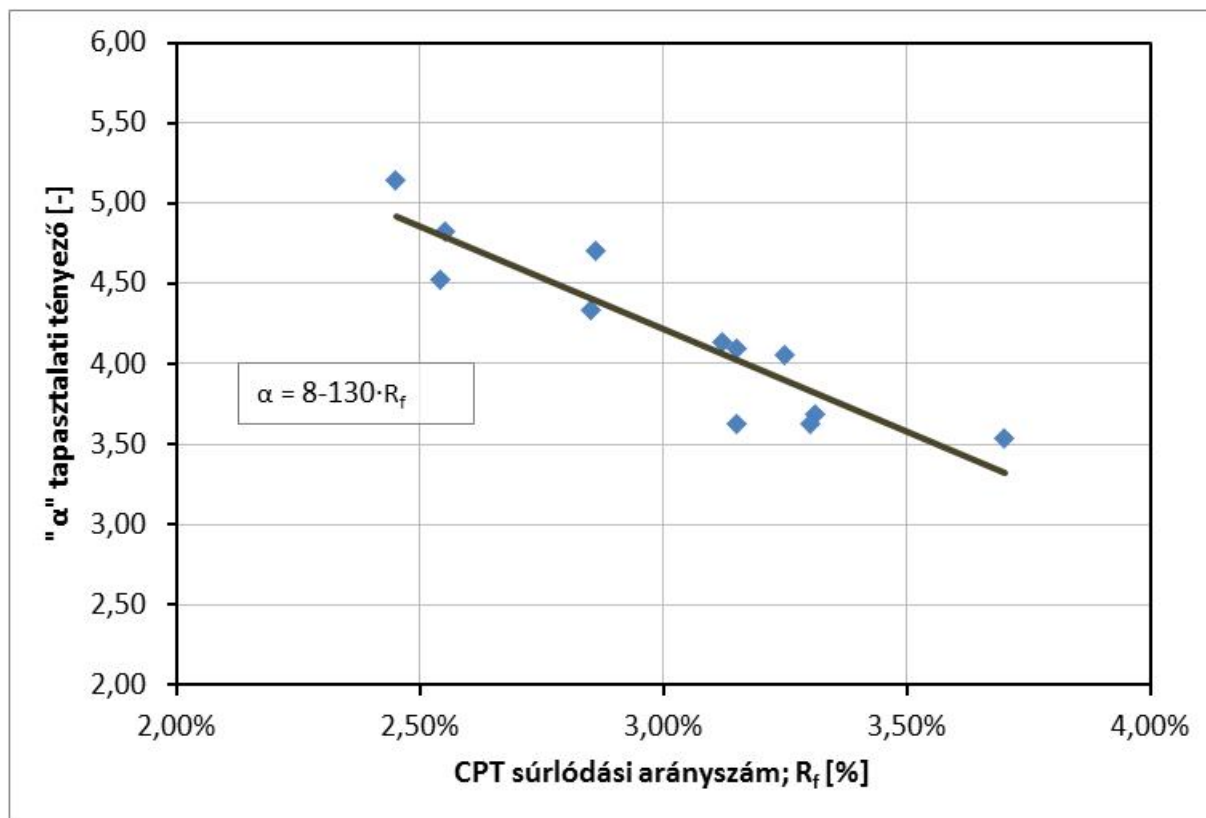
A talajok összenyomódási modulusát a CPT eredmények alapján a következő összefüggéssel becsülhetjük:

$$E_{\text{oed}} = \alpha \cdot q_c,$$

Itt α a talajtípustól függő tapasztalati tényező. A szakirodalom szerint puha agyagok és iszapok esetén értéke 2 és 8 között változik. A rendelkezésre álló süllyedésmérési eredményekből összegyűjtöttem azokat a helyszíneket, ahol az altalaj felső rétegét nagy vastagságú, puha kötött talaj alkotta, ennek köszönhetően a kialakuló süllyedések jelentős

része (70-90%-a) ebben a rétegben játszódtott le. Az M43 és M6 autópálya 12 helyszínén végzett talajmechanikai vizsgálatok és süllyedésmérések eredményei alapján visszszámítottam a felső puha kötött réteg alakváltozási jellemzőit, és a kapott értékeket összevettem a helyszínen készített CPT szondázás eredményeivel.

A hazai puha kötött talajok esetén az α tényező értéke 3,5 és 5 között változott. Megfigyelhető továbbá, hogy a CPT súrlódási arányszám növekedésével (nagyobb plaszticitású agyagok esetén) α értéke csökken, ez jól egyezik a Kopácsy (1953) képlet által leírt tendenciával.



6. ábra A tapasztalat $\alpha = E_{oed}/q_c$ arányszám a CPT súrlódási arányszám függvényében

A tapasztalatok alapján a hazai puha kötött talajok esetén az összenyomódási modulus CPT alapján történő becslésére a következő összefüggést javaslom:

$$E_{oed} = (8 - 130 \cdot R_f) \cdot q_c$$

A tézishez tartozó publikációk:

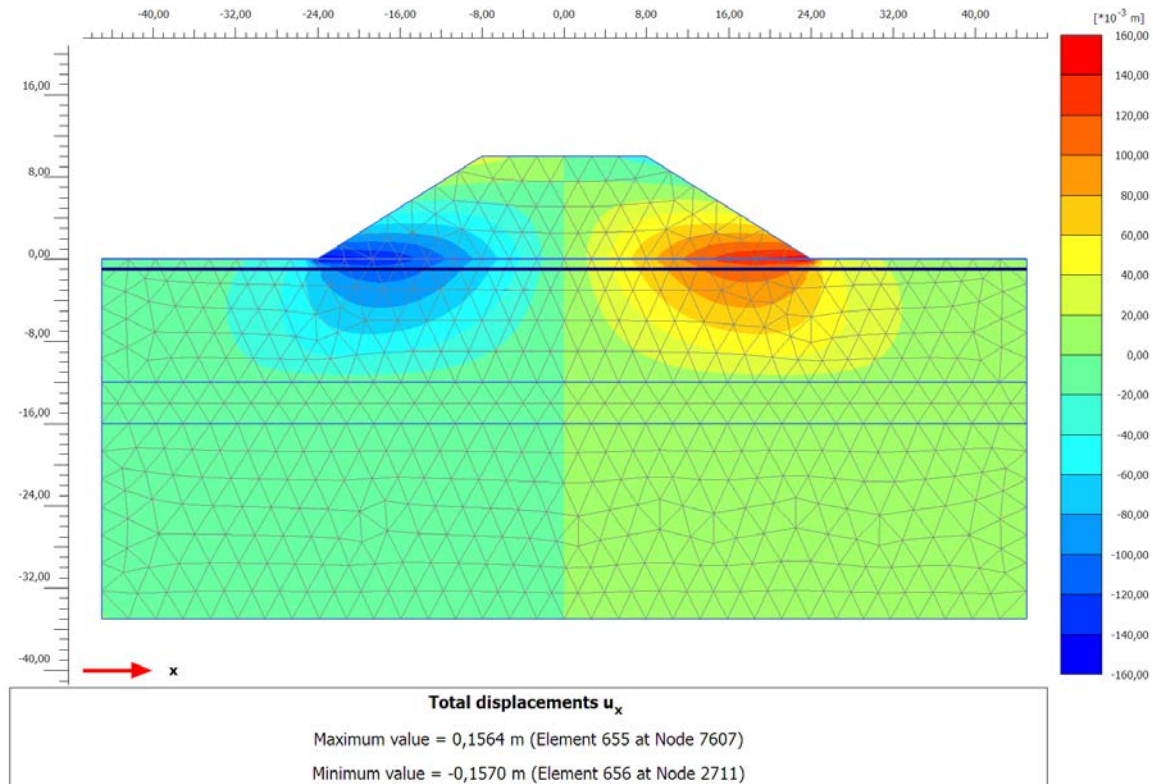
Farkas J., Rémai Zs. (2009) Alakváltozási jellemzők meghatározása.: Puha, szerves és kötött talajok vizsgálata. Mélyépítő Tükörkép VIII:(5) pp. 4-6.

Rémai Zs. (2012) Back analysis of soft clay behaviour under highway embankments. Asian Journal of Civil Engineering – Building and Housing (elfogadott publikáció)

6. tézis

A 12 helyszín esetében a töltés süllyedésszámítását elvégeztem a „hagyományos” MSZ 15004-1989 szerinti módszerrel is. Azt tapasztaltam, hogy az így meghatározott

összenyomódási modulusok jelentősen kisebbek, mint a véges elemes számítással meghatározottak. Ennek oka, hogy ez a süllyedésszámítási módszer kompressziós feszültségállapotot feltételez, azonban a vizsgált esetekben jelentős oldalkitérést tapasztalunk mind a valóságban, mind véges elemes számítások eredményeiben.



7. ábra A töltéssüllyedés során kialakuló vízszintes elmozdulások

Emiatt a puha kötött talajokon épülő magas töltések esetén az MSZ szerinti süllyedésszámításnál az összenyomódási modulusot csökkentett értékkel javaslom figyelembe venni. A csökkentés mértéke az altalaj teherbírásának kihasználtságától függ, általánosságban 20-30%-os csökkentés javasolt.

Az előző tézisnél bemutatott módon – a súrlódási arányszám figyelembevételével - meghatároztam a csökkentett összenyomódási modulus és a CPT ellenállás kapcsolatát.

A csökkentett összenyomódási modulus értékének számítására a következő összefüggést javaslom:

$$E_{\text{oed}}^{(\text{red})} = (6-110 \cdot R_f) \cdot q_c$$

A tézishez tartozó publikációk:

Farkas J., Rémai Zs. (2009) Alakváltozási jellemzők meghatározása.: Puha, szerves és kötött talajok vizsgálata. Mélyépítő Tükörkép VIII:(5) pp. 4-6.

Rémai Zs. (2012) Back analysis of soft clay behaviour under highway embankments. Asian Journal of Civil Engineering – Building and Housing (elfogadott publikáció)

4. TOVÁBBI VIZSGÁLATOK

A disszertációban az elmúlt évtized töltésépítésekkel és töltéssüllyedésekkel kapcsolatos tapasztalatait foglaltam össze. A megállapítások számos új kutatási területre is rávilágítottak. Nem egyértelmű például, hogy mit tekinthetünk határmélység fogalmának; a dolgozatban említett, kis alakváltozási tartományban tapasztalható merevségnövekedés nem ad választ minden kérdésre. Vélhetően létezik egy valós küszöbérték, amelynél kisebb terhelés esetén a talaj egyáltalán nem nyomódik össze (nincs szemcseátrendeződés), azonban ennek elméleti és gyakorlati háttere még nem teljesen tisztázott.

A disszertáció témája a puha, telített agyagok vizsgálata. Láthattuk azonban, hogy a határmélység meghatározásának problémája más talajtípus esetén is jelentkezik. A dolgozatban bemutatott módszerrel a határmélység kérdésköre más talajtípusok esetén is vizsgálható. Célszerűnek látszik, hogy más talajtípusok esetében hasonló vizsgálatok elvégzésére kerüljön sor, amelyek alapján a határmélységre vonatkozóan általánosabb javaslatot lehet adni.

A véges elemes számításokkal meghatározott határmélységre vonatkozó megállapítások alátámasztására, ellenőrzésére javaslok nagyobb mélységben is süllyedésméréseket végezni. A különböző mélységekben kialakuló elmozdulások mérése pontosabb képet adhatna a kialakuló talaj alakváltozásokról, ezáltal mind az alakváltozási paraméterek mind a határmélység meghatározásához hasznos adatokat szolgáltatna. A mérés technika fejlődésével elérhetővé válnak olyan eszközök, amelyek az eddigieknél kisebb alakváltozások mérésére is alkalmasak, így a kis alakváltozási merevséget statikus esetben is vizsgálhatóvá teszik. Javaslok összehasonlító vizsgálatok végzését arra vonatkozóan, hogy a dinamikus és statikus vizsgálattal meghatározott kis alakváltozási paraméterek hogyan viszonyulnak egymáshoz.

Számos tapasztalati összefüggés található a nemzetközi szakirodalomban a talaj nyírási modulusának illetve a degradációs görbe alakjának meghatározásához. Javaslom az erre vonatkozó hazai adatok összegyűjtését, és a rendelkezésre álló tapasztalati összefüggések megbízhatóságának vizsgálatát.

A javasolt vizsgálatok mind a jelen dolgozatban vizsgált puha agyagok, mind a keményebb állapotú talajok esetén hasznos és alapvető fontosságú információkat adhatnának a töltéssüllyedések pontosabb becsléséhez.

PUBLIKÁCIÓS LISTA

Folyóiratcikk

1. Rémai Zs., 2013. Correlation of undrained shear strength and CPT resistance. Periodica Polytechnica – Civil Engineering (elfogadott)
2. Rémai Zs., 2012. On limiting depth. Central European Geology (elküldött)
3. Rémai Zs., 2012. Monitoring és megfigyeléses módszer a geotechnikában. Műszaki Ellenőr I:(9) pp. 36-38.
4. Rémai Zs., 2012. Back analysis of soft clay behavior under highway embankments. Asian Journal of Civil Engineering – Building and Housing (elfogadott)
5. Pusztai J, Rémai Zs, Thomázy Cs., 2009. Megfigyeléses módszer alkalmazása a geotechnikai tervezésben. Mélyépítő Tükörcső VIII:(4) pp. 22-25.
6. Farkas J., Rémai Zs., 2009. Nyírószilárdsági jellemzők meghatározása. Mélyépítő Tükörcső VIII:(8) pp. 24-27.
7. Farkas J., Rémai Zs., 2009. Alakváltozási jellemzők meghatározása.: Puha, szerves és kötött talajok vizsgálata. Mélyépítő Tükörcső VIII:(5) pp. 4-6.
8. Thomázy Cs., Rémai Zs., 2008. Kis kár – nagy bosszúság.: Engedély nélkül végzett tevékenység nehezen szabályozható. Mélyépítő Tükörcső VII:(1) pp. 8-10.

Konferenciaközlemény

9. Hazai holocén agyagok drénezetlen nyírószilárdságának becslése CPTu eredményekből. Magyar Hidrológiai társaság XXX. Vándorgyűlése. 1. szekció vízkárelhárítás szakterület időszerű feladatai. (ISBN: 978-963-8172-29-7)
10. Rémai Zs., 2011. A határmélység meghatározásának lehetőségei. Mérnökgeológia-Kőzetmechanika 2011 (szerk.: Török Ákos, Vásárhelyi Balázs) Budapest, Hantken Kiadó, (Mérnökgeológia-kőzetmechanika kiskönyvtár; 12.)(ISBN: 978-615-5086-04-5) pp. 117-124.