

Szegedi sós üledékrétegekben végzett disszipációs kísérletek

E. Imre¹, E. Rácz¹, Zs. Bakacsi², K. Rajkai², M. Juhász³, D Bishop⁴

¹Obuda University, Bp, ²MTA ATK TAKI, Bp, Hungary,
³Taupe Kft Bp, Hungary ⁴School of Engineering, University of Newcastle, Australia

Szeged Ny-i részén – ahol az ELI épült – különleges talajadottságokra derült fény. A helyenként sós talajvíz felfelé áramlik. A talajok emiatt alul-konzolidáltak, és egyes rétegek – geokémiai kísérletek eredménye szerint - sós jellegűek. A különleges talajadottságokra első felismerését, majd az e területen található talajok kompressziós és disszipációs kísérleteinek eredményének a kutatás keretében kidolgozott matematikailag pontos eljárással történő értékelését ismerteti. A sós talajok jellemzői eltérőek, pl. kúszásra hajlamosabbak. A konszolidációs tényező c lényegesen eltér sós és nem sós talajok, valamint labor és a helyszíni kísérletek esetén.

Kulcsszavak: szik, CPTu disszipációs kísérlet, kompressziós kísérlet, sótartalom, laza üledékek, alulkonzolidált talaj, posztdepozíciós hatás

1 Bevezetés

1.1 A kutatás célja

Rétháti és Ungár (1978) [1] statisztikai elemzése Szeged város nyugati oldalán vett 2600 talajminta 11000 laboratóriumi vizsgálatának eredménye alapján készült, korábbi talajmechanikai szakvélemények alapján. A következő rétegződést állapították meg: a. feltöltés, b. humuszos talaj, c. infúziós lösz, d. sárga tavi agyag, e. kékeszürke édesvízi üledék. A következő problémát vetették fel. A rétegződés lényegében azonos, de az 1(a) ábrán jelölt három területen a t sekélyföldtani adottságok eltérőek, a C jelű területen az üledékek szilárdsági jellemzői rosszabbak, mint a B és A jelű területen.

A kutatás célja e statisztikai elemzés eredményének magyarázata. E cikk röviden ismerteti Rétháti & Ungár (1978) 1 –féle elemzés megismétlését Imre (1995) [2], a geokémiai vizsgálatok eredményét, a kompressziós kísérletek és a CPTu pórúsvíznyomás disszipációs kísérletek értékelését. Bemutatja, hogy Szeged Ny-i területén – talajvíz-feláramlás miatt – posztdepozíciós hatás észlelhető

1.2 Kutatási előzmények

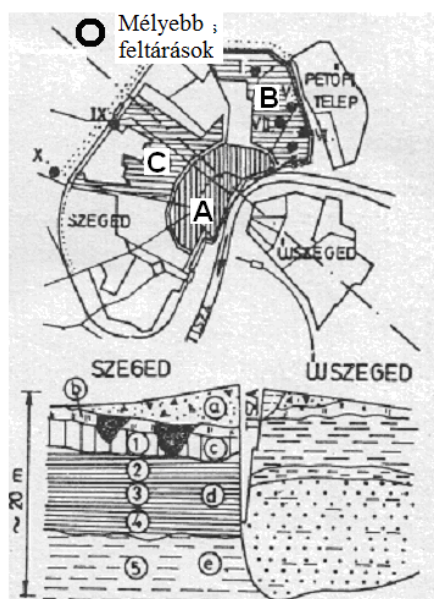
Rétháti & Ungár (1978) [1] statisztikai elemzése megismétlésre, majd tovább-fejlesztésre került a következő módon. Az 1(a) ábrán római számokkal jelölt helyen hét, 15-20 m mély fúrás, folyamatos típusú statikus szondázás illetve reológiai típusú statikus szondázás (csúcs és palást disszipációs kísérlet) készült. A fúrásokból vett talajmintákon talajazonosító, áteresztőképességi, szilárdsági és kompressziós kísérleten kívül egy új laboratóriumi kísérlet, a többszakaszos ödométeres relaxációs kísérlet is készült. Meghatározásra került a kötött talajok ásványos összetétele, valamint a geokémiai jellemzők.

Az eredmények szerint 1(b) ábra, 1. táblázat) a korábban megállapított rétegződés módosítható volt, sárga tavi agyag három szintre volt osztható. A sárga tavi agyag felső szintje korábban kiszáradt, és így kissé előterhelt; a középső szintje kevésbé kötött, az alsó szintje és az alatta lévő rétegek közel normálisan konszolidált állapotúak. Az alsó sárga tavi agyag montmorillonit+illit tartalma kisebb a C jelű területen, mint az A és B jelű területen (Imre, E. (1995) [1]). A nyírószilárdság és a statikus szonda átlagos ellenállása kisebb a C jelű területen, mint az A és B jelű területen.

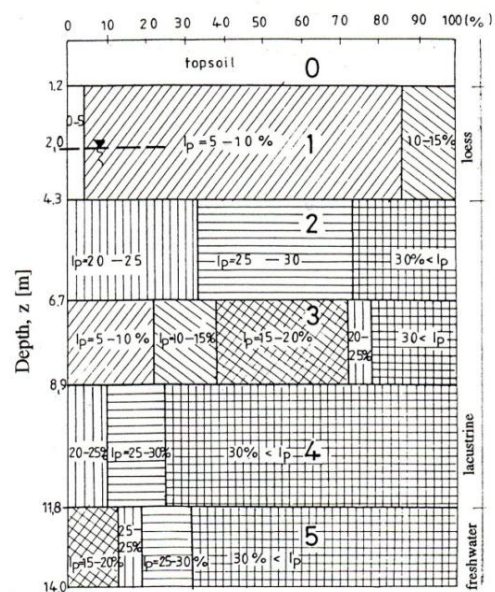
Ezt a munkát egy második OTKA (T 023119) pályázat követte. A kutatás keretben öt értékelő módszer-csoport került kialakításra (a statikus szonda csúcs és palást disszipációs kísérletéhez, az ödométeres relaxációs kísérletéhez, a kompressziós kísérletéhez és a statikus szonda pórúsvíznyomás disszipációs kísérletéhez). Az első talajkémiai vizsgálatok ekkor kerültek elvégzésre. Az eredmények szerint a C jelű területen a só %, 1:5 vizes

kivonatban mért kation koncentráció, elektromos vezetőképesség és ESP alapján sós a X jelű fúrás két mintája (lásd 2. táblázat), illetve az egyik szikesnek is tekinthető. E fúrás esetén volt „furcsa” mind a statikus szonda csúcs és palást disszipációs kísérletének eredménye, mind az ödométeres relaxációs kísérlet eredménye, mindkettő a szemcseközti kötések romlására, hiányára utalt (Imre et al. (2014a) [4], Imre et al. (2015) [5]).

A legutolsó, mélyebb feltárások anyagából (1-2. ábra, Imre et al. (1994) [2], Imre et al (1994a) [4]) döntően a 2. ábra szerinti 17,6 - 53 m közötti rétegek kerültek vizsgálatra, amely az 1. ábra szerinti kékesszürke édesvízi üledékhez tartozik. A vizsgált rétegek a következők: egy felső 7 m vastag, nagy hézagtenyezőjű agyag, egy alsó, 10 m vastag, szegedi viszonyok között „normál” hézagtenyezőjű agyag, majd ez alatt 7 m vastag homokos iszap, és egy nagy hézagtenyezőjű iszap. A felső agyagréteg plaszticitási indexe 20 és 25% közötti, hézagtenyezője pedig 0.98-1.1 közötti. Az alsó agyagréteg plaszticitási indexe 20 és 33% közötti, hézagtenyezője 0.74 és 0.87 között változik, ami a szegedi agyagok esetén normálisnak tekinthető (lásd 1. táblázat). A 2(b) ábra szerinti kissé előterhelt talaj a felső rész kiszáradt rész lehet; a kissé érzékeny talajok feltehetően a nagy hézagtenyezőjű talajok.



(a)



(b)

1. ábra. (a) Helyszínrajz és metszet. (b) Átlagos szelvény ([1,2]).

1. táblázat Az I – X fúrások statisztikai elemzése.

Réteg	Plaszticitási index	drénezetlen szilárdság	Előterhelés	áteresztőképesség	hézagtenyező	Telítettség fok
	I_p [%]	s_u [kPa]	p_c [kPa]	k [m/s]	e [-]	S [%]
1	7.4 ± 2.1	86.2 ± 16.0	136.3 ± 30.0	$6.1 \cdot 10^{-8}$	0.68 ± 0.08	$0.95 \pm .03$
2	28.9 ± 3.3	92.7 ± 37.7	131.6 ± 33.5	$3.9 \cdot 10^{-8}$	0.76 ± 0.06	$0.92 \pm .03$
3	19.1 ± 10.4	75.3 ± 21.2	124.6 ± 24.4	$3.8 \cdot 10^{-8}$	0.76 ± 0.07	$0.92 \pm .04$
4	36.3 ± 6.8	95.0 ± 30.1	154.1 ± 29.6	$2.5 \cdot 10^{-8}$	0.85 ± 0.10	$0.90 \pm .04$
5	30.0 ± 9.1	60.0 ± 18.7	148.3 ± 16.4	$6.3 \cdot 10^{-8}$	0.80 ± 0.09	$0.83 \pm .96$

2. táblázat Az I – X fúrások geokémiai eredménye.

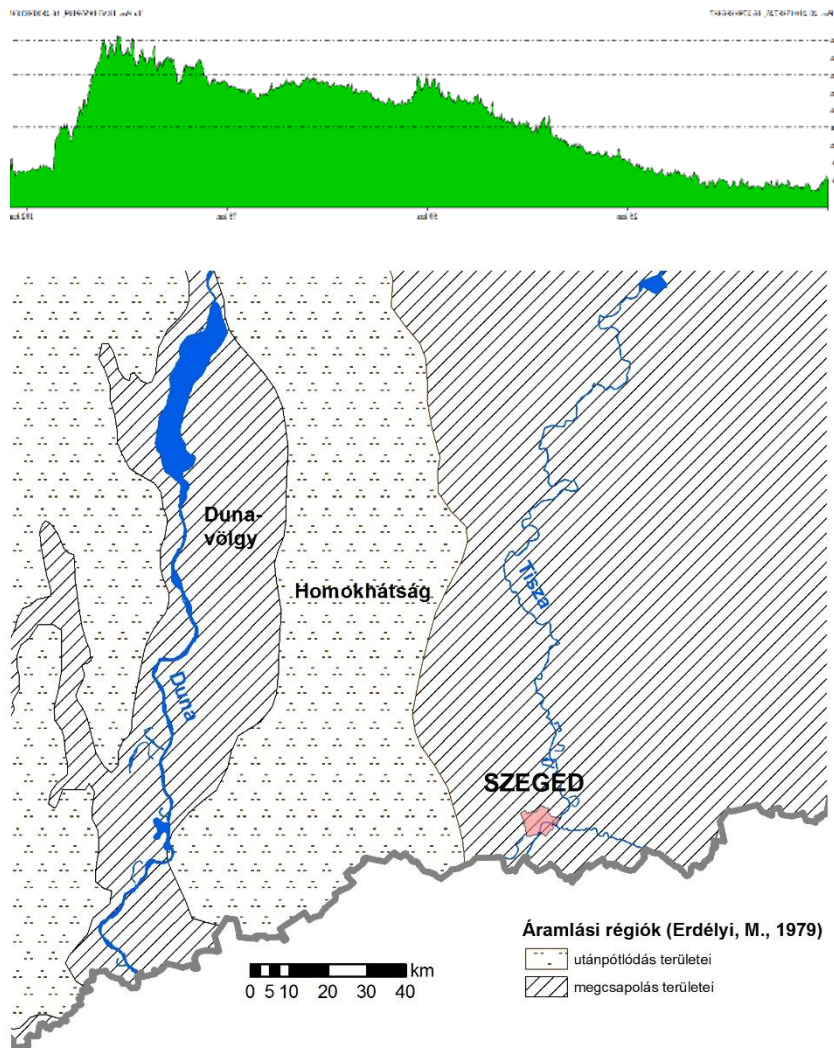
Minta jele	1:2.5 vizes szuszpenzió	CaCO ₃	Arany kötöttségi szám	Só*	EC	1:5 vizes kivonat mgee/100 g talaj				
	pH	Elektromos vezetőképesség	%		%	mS/cm	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
X 12,3m	8.02	0.66	3.71	62	0.15	1.55	0.596	0.183	0.841	0.034
VI1 2m	8.29	0.30	1.67	72	0.06	0.75	0.369	0.133	0.259	0.029
X 10,0m	7.96	0.86	6.91	50	0.17	1.55	0.641	0.247	1.089	0.03
VI 5,0m	8.46	0.36	6.07	50	0.06	0.86	2.64	0.088	0.626	0.012
VI 6,5m	8.53	0.34	4.21	46	0.05	0.82	1.193	0.067	0.546	0.013
Algyo3m	8.19	0.35	6.07	52	0.05	0.82	0.326	0.067	0.324	0.042

* Mj. A 0.15 % oldható sótartalom a hazai nomenklatúrában a határa gyengén sósnak, e felett sós.

2. táblázat (folytatás)

oldható + kicserélhető kationok mgee/100 g talaj				ESP kicserélhető. kat. Alapján*
Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	
36.8	4.216	1.696	0.335	3.94
33.31	7.075	0.637	0.459	1.536
37.8	3.681	2.261	0.233	5.142
40.92	3.743	1.446	0.284	3.117
33.68	3.784	1.293	0.292	3.34
34.93	2.344	0.74	0.333	1.93

* Mj. Ha a kicserélhető Na tartalom ha 5 alatti, talajtani értelemben nem „szikes



3. ábra Felső rész: Magassági szelvény a Duna és a Tisza között. Alsó rész: Áramlási régiók a Magyar medencében (Erdélyi (1979) [6]).

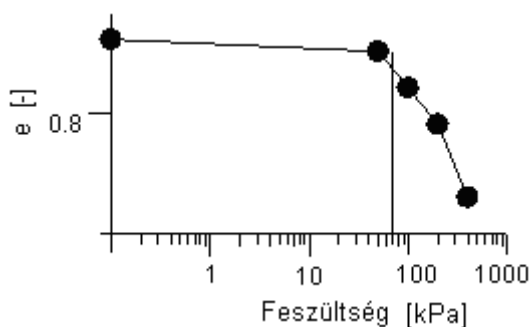
2 Mérnökgéológiai adottságok

Vízföldtani szempontból az Alföld magasabb helyzetű homokhátságai (3. ábra) a felszínalatti vizek utánpótlódási területei, míg általánosságban a vele szomszédos, mélyfekvésű területek természetes megcsapolódási területek, ahol a talajvíz felfelé áramlik. Ezeken a területeken a felszínalatti víz kettős eredetű, egy része a magas oldott anyag tartalommal jellemezhető mély és köztes áramlási régiókból tart a felszín felé, másik része a mélymedencék üledékeinek tömörödése révén szorul ki a pórusból és szivárog felfelé (Erdélyi (1979) [6]).

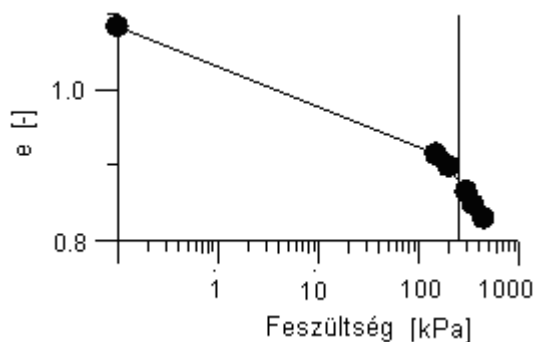
A vizsgált terület (3. ábra) a Duna-Tisza közének keleti felén lévő mélyterület, mélyföld, a 80 méteres magasság szintje. Így felmerül a szikesedési folyamatok jelenlétének lehetősége (Ballenegger & Finály (1963) [7]). Kutatások e témában eddig a Duna-Tisza közének nyugati felének szikes övezetében (Szendrei et al. (2001) [8]) folytak, amely e vizsgált terület szimmetrikus párja.

A felszín közeli só felhalmozódással jellemezhető zónák rendszerint egy hidrogeológiai csapdában jelennek meg, ahol a belépő vízhozam csak párolgás útján tud távozni a rendszerből. Nem általános, de gyakori a felszínen vagy a felszín közelében a karbonátok (mész, mészsap, konkréciók, lepedékek) jelenléte, a talajvíz nátriumos jelleg. (Ez szolonyec talajoknál feltétel, de ott az ESP 15% feletti.)

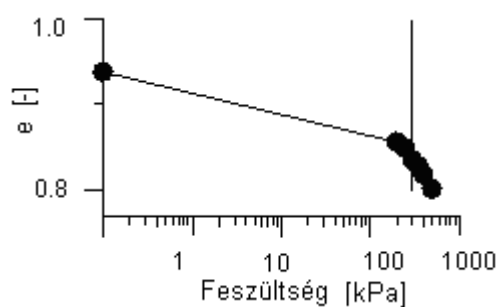
A vizsgált terület egy vízcsapda lehet, a Duna-Tisza közének 140 m vízvásztó szintjéről lefolyó víz itt felfelé áramlik és távozik a felszínről párolgás révén (a telítetlen talajok témakörében ismert, hogy a talajvíztükör felett víz- és vízgőz-áramlás lejátszódik). A mélyben sós rétegek előfordulása feltehetően a talajvíz-áramlás következménye. A kiváló só miatt mélységi sós vagy szikes talajok jöhetnek létre.



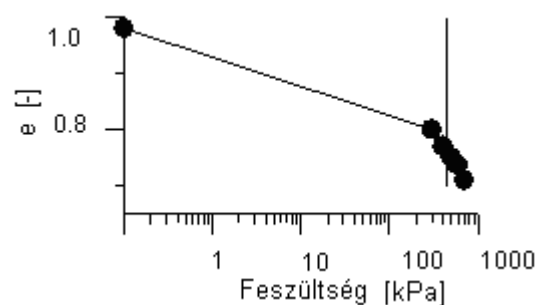
a. 4m



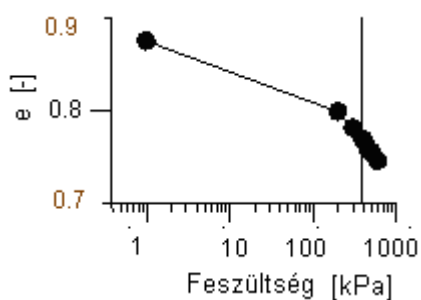
b. 23m



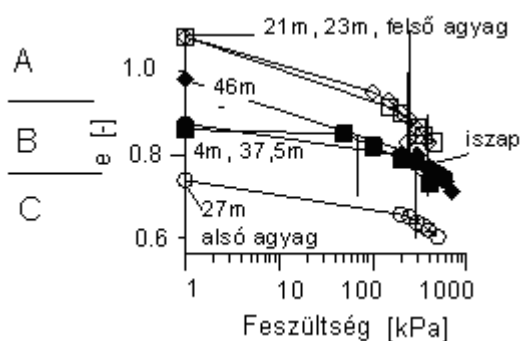
c. 27 m



d. 46 m



e. 37,5m



f. Összegezés (A, B, C jelzi a csökkenő kúszási potenciált).

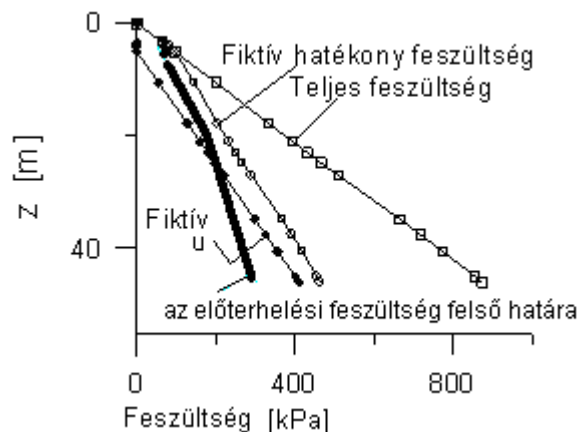
4. ábra Kompressziós görbék.

3 Kompressziós mérések

A mélyebb feltárások alapján laborvizsgálatok készültek, a kompressziós kísérletek eredménye a következőképp jellemezhető.

3.1 Kompressziós görbék

A kompressziós görbék a 4. ábrán láthatók szemi-logaritmikus léptékben, a töréspont az előterhelési feszültséget jelzi. Az előterhelési feszültség megfelelő számú terhelési lépcső hiányában pontosan nem állapítható meg. Lényegesen eltérő a hézagtenyező kezdeti értéke az agyag felső és alsó részén.



5. ábra Függőleges feszültségek.

3. táblázat Függőleges feszültségek.

z [m]	Függőleges önsúlyfeszültségek [kPa]				
	teljes feszültség	fiktív* pórusvíznyom- ás	fiktív* hatékony- fesz.	pórusvíz túlnyomás	előterhelési feszültség pc
4	80			20	60
21	382	140	242	112	130
23	418	160	258	88	170
46	790	390	400	100	300

(*a felfelé áramlás hatása nélkül)

4. táblázat Az identifikált paraméterek. (Identified parameters.)

h_0	azonnali süllyedés
E_s	összenyomódási modulus.
c_v	konszolidációs tényező
C_α	kúszási tényező

Függőleges vonal jelzi azt a hatékony önsúly-feszültséget, amely az önsúly alapján számolható, az áramlás elhanyagolásával, ez a szűz kompressziós görbe ágra esik mindenhol (fiktív hatékony önsúly-feszültség). Az előterhelési feszültség minden esetben kisebb, mint az áramlás elhanyagolásával számolt, fiktív hatékony feszültség.

A 3. táblázatban és az 5. ábrán a függőleges önsúly feszültségi értékek összegezve találhatók. Ezek a teljes feszültség, fiktív pórusvíznyomás és a fiktív hatékony feszültség (mely akkor lenne érvényes, ha nem lenne felfelé áramlás), az előterhelési feszültség felső határa. A 3. táblázatban az eredmények számszerűen is láthatók, a kompressziós görbéből megállapított közelítő előterhelési feszültségnek és a hatékony önsúlyfeszültségnek a különbsége a közelítő pórusvíz túlnyomás, amely kb 10 m vízszlop nyomásnak tűnik kb 20 m mélységben, alatta nő a mélységgel.

3.2 A konszolidációs kísérletek értékelő módszere

A kompressziós kísérlet értékeléséhez jelenleg a legegyszerűbb Terzaghi-féle modellt használják. A mért adatokra a modellt közelítő módszerrel illesztik, az időváltozó egyetlen értékénél. E munka során két új modell és egy matematikailag pontos inverzprobléma-megoldó eljárás került alkalmazásra. A két modell - a módosított Terzaghi (A) és a módosított Bjerrum (AC) - abban különbözik a két eredetitől, hogy figyelembe veszi az azonnali összenyomódást, azaz a minta drénezetlen összenyomódását. A minta tetejének v elmozdulása:

$$v(t) = h_0 + v_c(t) + v_{kúszás}(t) \quad (1)$$

Az elsődleges konszolidációs süllyedés a Terzaghi-féle modell alapján számolható:

$$v_c(t) = 2H\sigma / E_s - \left(\int_0^t u(u_0, c_v, t, x) dx \right) / E_s \quad (2)$$

ahol $2H$ a minta magassága, σ teljes feszültség növekménye, E_s az összenyomódási modulus, u a pórusvíznyomási megoldás, amely az u_0 kezdeti feltétel és a c_v konszolidációs tényező függvénye. A Terzaghi-féle kezdeti feltétel került figyelembe vételre mindkét modellnél. A kúszási egyenlet, amely az AC modellnél került alkalmazásra:

$$\Delta e(t) = C_\alpha \log \frac{t + t_0}{t_0} \quad (3)$$

ahol C_α is a kúszási tényező (az 1 index esetén a logaritmus alapja 10, a 2 index esetén a logaritmus alapja természetes), e_0 a kezdeti hézag-tényező, t_0 pedig időparaméter. A kúszást az A modell elhanyagolja.

3.3 A konszolidációs kísérletek értékelése – egy-egy szakasz elemzése

A (4 m, 21 m, 27 m, 37,5 m, 46 m mélységben vett talajminták) kompressziós kísérleteinek egyes szakaszait értékelve a módosított Terzaghi modellel és a módosított Bjerrum modellel, a következő látható.

A másodlagos konszolidációs tényezők C_α 0,0015: 0,003: 0,0015 a következő sorrendben: iszap: felső agyag: alsó agyag. Megjegyezzük, hogy a legalsó iszap (46 m) esetén a felső agyagra érvényes nagy érték jelentkezik, feltehetően diszpergált állapot miatt, amelyet a nagy hézag-tényező jelez. A kúszás szerepe megnő, ha a talaj terhelése az előterhelés közelben van. A kúszás a felső agyagban és az alsó iszapban a legnagyobb (5. táblázat), a paraméter hibája relatíve kicsi.

A meghatározott konszolidációs tényező c a két modell esetén közel azonos, a Bjerrum modell esetén kicsit nagyobb. Értéke kb feleződik ha az iszapot, felső agyagot és alsó agyagot tekintjük. Az identifikált konszolidációs tényezők értéke átlagosan $1E-7$ m²/s az iszapra, ennek fele, $5E-8$ m²/s a felső és negyede $2.5E-8$ m²/s az alsó agyagra. Megjegyezzük, hogy a legalsó iszap (46 m) esetén az agyagokra érvényes köztes érték jelentkezik, feltehetően diszpergált állapot miatt, amelyet a nagy hézag-tényező jelez. A paraméter meghatározási hiba általában nagyobb a módosított Terzaghi modell esetén, mint a módosított Bjerrum model esetén.

Az A és AC modell mérési adatokra való illesztésével lehetségessé vált a konszolidációs szakaszok alatt mért süllyedések felbontása a különböző süllyedési komponensekre. Az eredmények szerint (6. táblázat). A süllyedés a feltehetően sós rétegben legalább másfélszer akkora, mint a feltehetően nem sósban. A feltehetően sós talajban nagyobb a kúszási és kisebb az elsődleges konszolidációs süllyedés nagysága.

Részletesebben, az azonnali süllyedés: kúszási süllyedés: elsődleges konszolidációs süllyedés arány a feltehetően sós agyagban 0,08 : 0,724 : 0,200, a feltehetően nem sós agyagban 0,12 : 0,651 : 0,234. Az azonnali

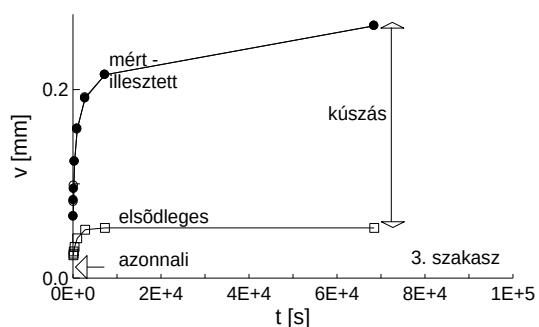
süllyedés: kúszási süllyedés: elsődleges konszolidációs süllyedés arány feltehetően sós iszapban 0,01 : 0,826 : 0,161, a feltehetően nem sós iszapban 0,00 : 0,512 : 0,488. Az azonnali süllyedés aránya közel nulla az iszap esetén, ugyanakkor 10 % körüli az agyagoknál, a paraméter hibája relatíve kicsi. E paraméter a talaj drénezetlen kompresszibilitását tükrözi, amelyet a szemcsék és a pórusvíz kompresszibilitása határoz meg.

5. táblázat Az identifikált kúszási tényezők C_{α}

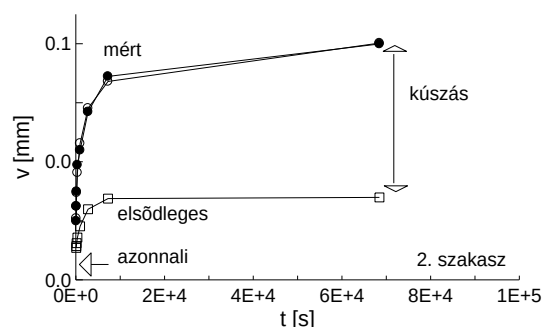
	e	$C_{\alpha 1}$	$C_{\alpha 2}$
Felső sós-gyanús agyag	0,99	0,003	0,0069
alsó agyag	0,70	0,0015	0,0035
felső iszap	0,90	0,0015	0,0035
alsó sós-gyanús iszap	0,99	0,003	0,0069

6. táblázat A kompressziós kísérletek süllyedési arányai

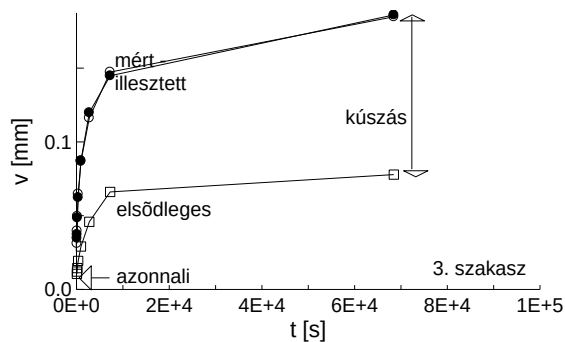
Mélység (m)/szakasz	c m2/s	Süllyedési arány (teljes süllyedésben megadva)		
		Azonnali [-]	Kúszás [-]	Elsődleges konsz. [-]
21 m/3	4E-8	0,08	0,724	0,200
27 m/2	2E-8	0,12	0,651	0,234
27 m/3	9E-9	0,03	0,580	0,386
37.5 m/3	1E-7	0,00	0,512	0,488
46 m/2	2E-8	0,01	0,826	0,161



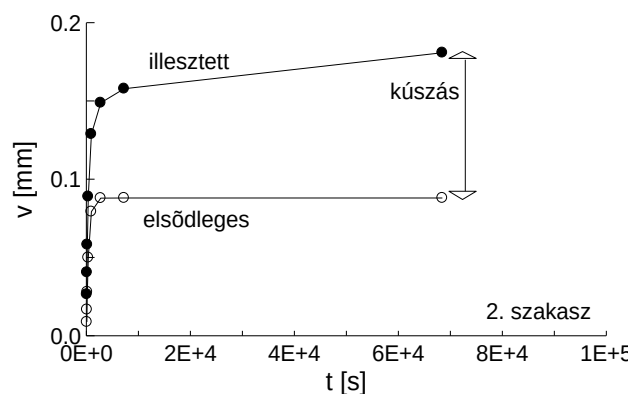
6. ábra A 21m 3. szakasz alatt mért adatok értékelésének eredménye.



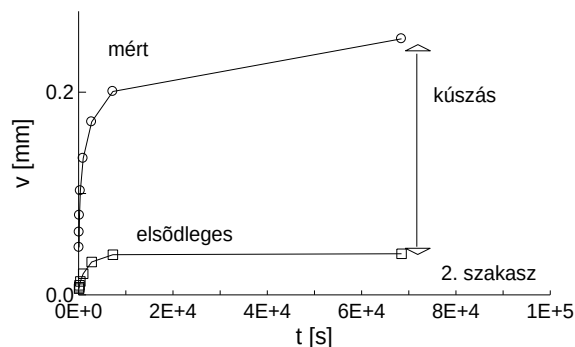
7. ábra A 27m 2.szakasz alatt mért adatok értékelésének eredménye.



8. ábra A 27m 3. szakasz alatt mért adatok értékelésének eredménye.



9. ábra A 37,5m 2. szakasz alatt mért adatok értékelésének eredménye.



10. ábra A 46m 2. szakasz alatt mért adatok értékelésének eredménye.

4 Disszipációs mérések

4.1 Mérések

Három mélységben u2 disszipációs kísérleteket végeztek: a felső agyagrétegben (17 és 25 m között, szürke közepes agyag, $e=1.08$) az alsó agyagrétegben (25 és 35 m között, szürke merev közepes agyag $e=0.74$), és alatta az iszapban-homokban. A pórusvíznyomás-disszipációs kísérletre vonatkozó eredmények a 11-16. ábrán láthatók.

A görbék alakja Sully et al (1999) [9] szerint osztályozva nem monoton volt a NC agyagban (III és IV típusú), negatív és monoton volt az iszapos homokban (V. típusú). A disszipáció gyorsabb volt a sós, mint a nem-sós agyagokban.

A disszipációs görbe alakja (11. ábra) iszapban és homokban végig negatív. Ez a csúcs alatti összenyomódás drénezett jellegével, a palást körül emiatt (a tömörödés miatt) fellépő dilatációval és a talajt alkotó szemcsék kis kompresszibilitásával magyarázható, amit a kompressziós kísérlet értékelése igazolt, az azonnali összenyomódás ugyanis e talajokban elhanyagolható.

A disszipációs görbe alakja agyagban általában pozitív és nem monoton, ami túlkonzolidált vagy megváltozott szerkezetű NC agyagok esetén szokott előfordulni. (A nem monoton eredmény a szűrőkő telítetlen állapota esetén is előfordulhat.)

4.2 Értékelés

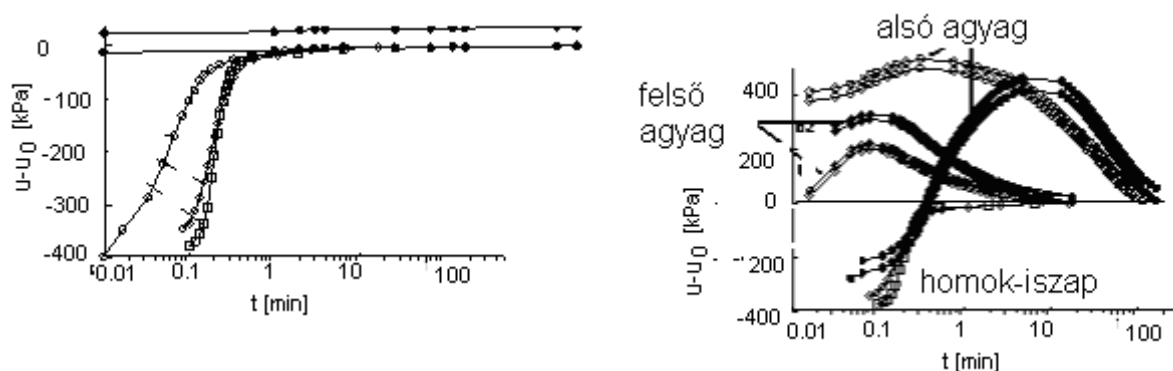
A pórusvíznyomás-disszipációs kísérleteket három modellel kerültek értékelésre. Az első kettő egydimenziós, kapcsolt konszolidációs modellen alapul, amely a korábbi OTKA kutatásban készült, a kezdeti feltétel különböző a két módszer esetén, az illesztés matematikailag pontos. A harmadik módszer egy kereskedelmi értékelő program része, kétdimenziós nem kapcsolt modell és egy közelítő, t_{50} alapú egyponthas-illesztés (Teh & Houlsby (1988) [10]) kombinációja.

A disszipációs kísérlet során mért adatok szerint minden vizsgálatához más-más nyugalmi talajvíz-tükör tartozott. Ennek oka a felfelé áramlás, egyezően a kompressziós kísérlet eredményének értékelésénél tapasztaltakkal. Minden agyagban végzett mérés két nyugalmi víztükör alapján került értékelésre az 1-2. módszer esetén (11. ábra), vagy a saját szinthez tartozó, vagy a legelső vizsgálat szinthez tartozó nyugalmi víznyomás alapján.

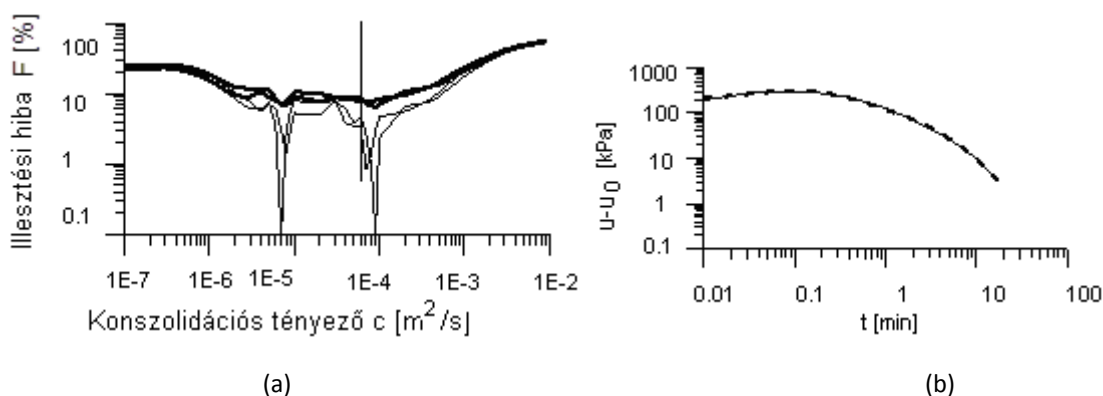
Hibafüggvény c paraméter szerinti metszete a két adatsorhoz az első, a nem monoton. értékelő módszer esetén (12-14. ábra) két különböző megoldást (minimumot) adott a vízszintes konszolidációs tényezőre. A 12-13. ábrán függőleges jelzi a közelítő módszerrel meghatározott értéket, ez közel esett a pontos adatokkal adódó, jónak tekintett megoldáshoz.

A disszipációs kísérlet esetén alkalmazott három értékelő módszer eredménye kötött talajban jól egyezett. Szemcsés talajban azonban kissé eltérő volt (15. ábra), feltehetően a t_{50} közelítő megállapítása miatt.

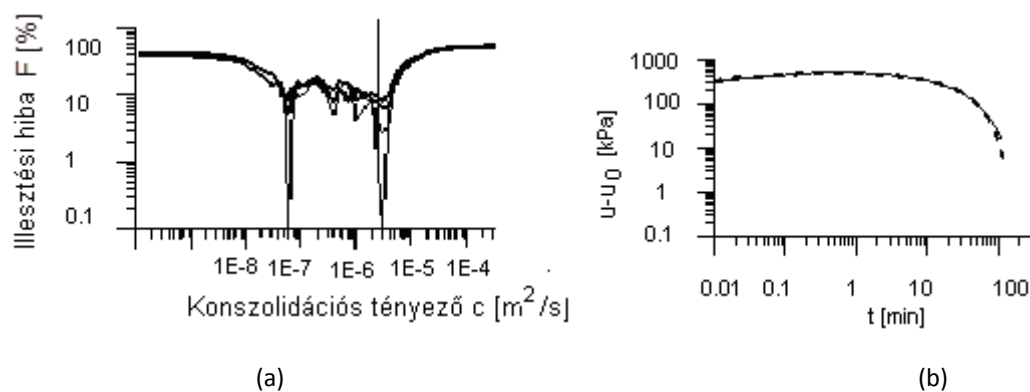
A t_{50} és t_{90} disszipációs idők és a c kapcsolata az CPTu disszipációs kísérletek értékelésének eredménye szerint a sósak vélt nagy hézag tényezőjű agyag (szürke közepes agyag $e=1.08$) és a nem sós agyag (szürke merev közepes agyag $e=0.74$) lényegesen eltért (16. ábra). Az összefüggés sós és nem sós jellegű talajokra különbözik.



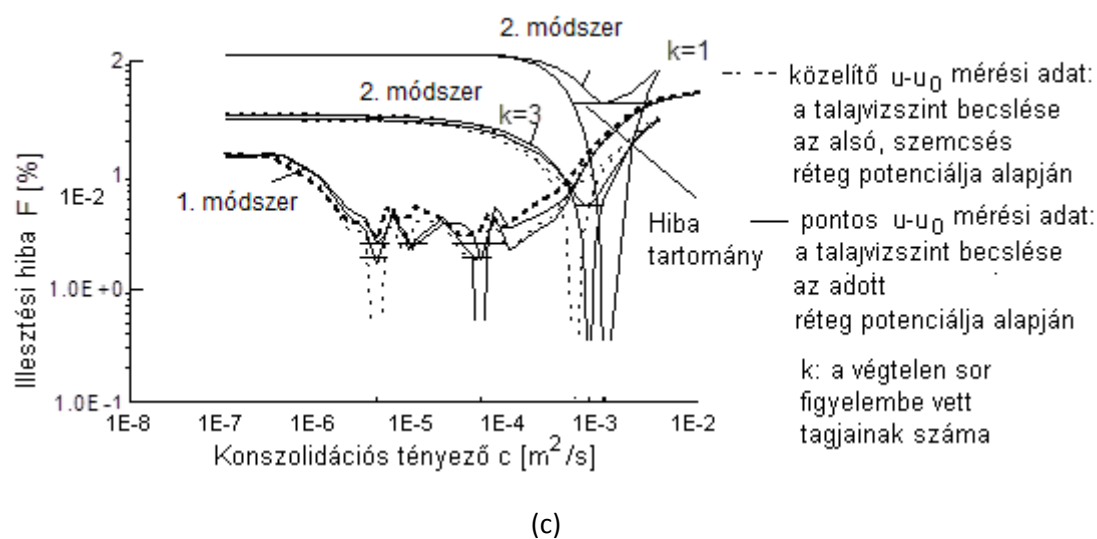
11. ábra Helyszíni (disszipációs) kísérlet. Disszipációs görbék szemcsés (a) és minden (b) talajban.



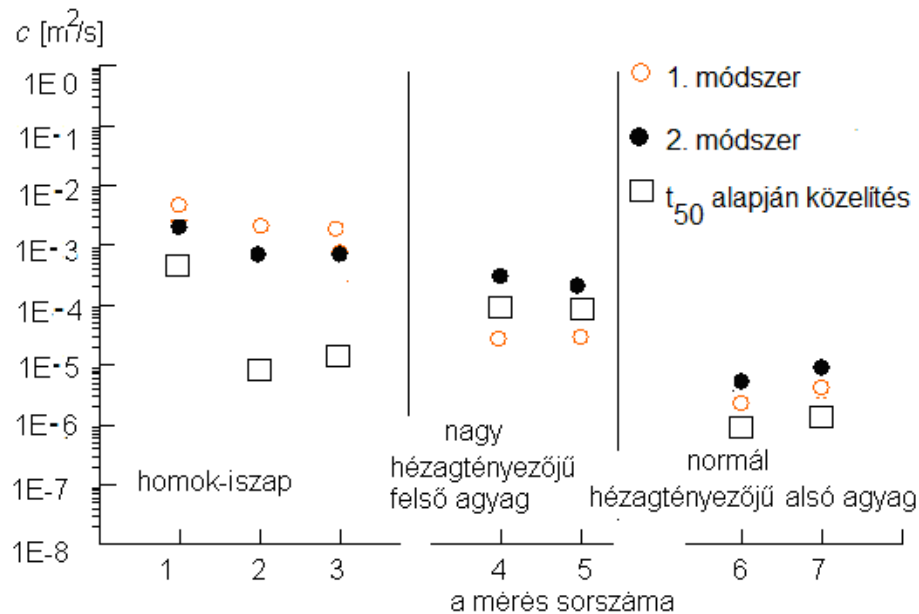
12. ábra. Helyszíni (disszipációs) kísérlet. Felső agyag. (a) Hibafüggvény c paraméter szerinti, mértékadó paraméter érzékenységi metszete a két adatsorhoz. (b) A mért és illesztett adatok, felső agyag.



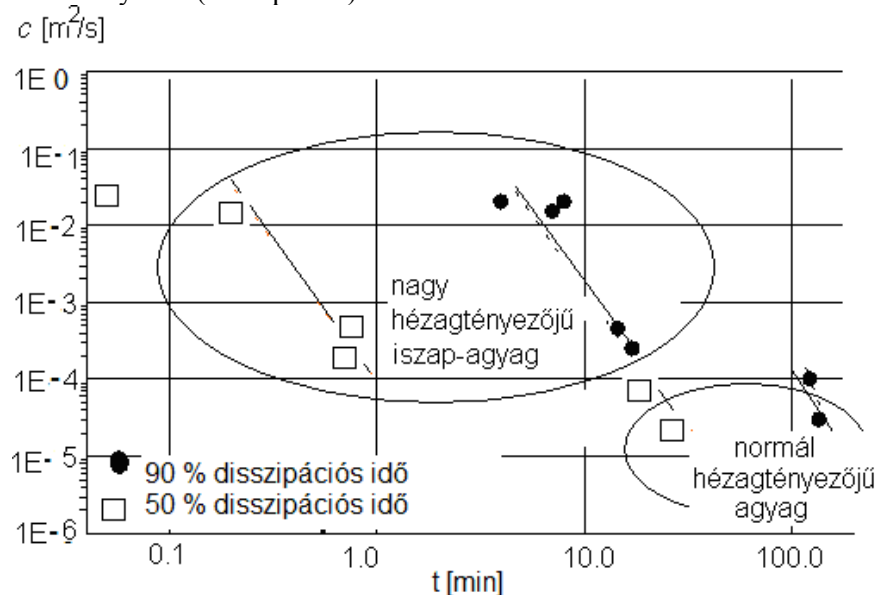
13. ábra Helyszíni (disszipációs) kísérlet. Felső agyag. (a) Hibafüggvény c paraméter szerinti, mértékadó paraméter érzékenységi metszete a két adatsorhoz. (b) A mért és illesztett adatok, alsó agyag.



14. ábra. Helyszíni (disszipációs) kísérlet. A hibafüggvény c paraméter szerinti metszete – összesítés



15. ábra. Helyszíni (disszipációs) kísérlet. A három módszerrel azonosított c érték.



16. ábra. Helyszíni (disszipációs) kísérlet. A mért t_{50} és t_{90} disszipációs idők és a c (1. módszer) kapcsolata.

5 Tárgyalás

Szeged Ny-i részén két statisztikai vizsgálat készült, az egyik laboreredmények elemzése alapján, a másik folyamatos és a disszipációs CPT kísérletek alapján, kb. 25 m mélységig. Az eredmény szerint a három részre osztott területen a rétegződés lényegében azonos, a talajadottságok azonban lényegesen eltérőek.

A C jelű területen a talajok szilárdsági jellemzői rosszabbak, mint a B és A jelű területeken. A rétegződés az első elemzés szerint (1(a) ábra): a. feltöltés, b. humuszos talaj, c. infúziós lösz, d. sárga tavi agyag, e. kékeszürke édesvízi üledék.

A CPT disszipációs kísérletek alapján a korábbi rétegbeosztást a felső 15 m-en finomítani lehetett (1. infúziós lösz, 2. felső sárga tavi agyag, 3. iszapos réteg, 4. alsó sárga tavi agyag, 5. kékeszürke édesvízi üledék, 1(a) ábra). A rossz tulajdonságok posztdepozíciós hatásra utalnak, de magyarázat nélkül szerepelnek e munkákban.

A statisztikai vizsgálatot kiegészítő geokémiai vizsgálatok eredménye a következő. Az itt közölt első talajkémiai vizsgálati eredmények C jelű területen mélységi sós és szikes rétegek jelenlétét igazolják. A sótartalom eltérő a különböző rétegekben.

A C jelű területen 60 m mély fúrások és CPTu disszipációs kísérletek alapján további fény derült a terület különleges geotechnikai, mérnök-geológiai, talajtani sajátosságaira, pl. a talajvíz felfelé való áramlására, amely lényegesen befolyásolja az újabb talajmechanikai vizsgálatok eredményét is, a következők szerint.

Az ödométeres kompressziós kísérletek eredménye szerint a talajok látszólag alulkonzolidáltak a talajvíz felfelé áramlása miatt, az előterhelési feszültség 100 kPa –al kisebb a geosztatikus nyomás alapján várt értéknél. A talajok alulkonzolidáltak lennének, ha a talajvíz nem áramlana felfelé, az ödométeres kísérletek eredménye szerint. Az áramlás megszűnése esetén konszolidáció és süllyedés történne.

A CPTu pórusvíznyomás-disszipációs kísérletek végső pórusvíznyomás értékeinek elemzése szintén eltérő a várttól az áramlás miatt, de értéke csak 30-40 kPa eltérésre utal. Ennek oka feltehetően a szonda elernyedése a folyamatos előretolás megállításkor. A szondaszár átmérőjének csökkenése a szonda megállításkor fellépő feszültség-csökkenés miatt lép fel.

Az ödométeres kompressziós kísérlet részletes értékelésének eredménye szerint az iszapokban szinte nincs azonnali összenyomódás, az agyagokban van. A legkisebb a kúszás az alsó agyagban (a szegedi viszonyok között „normál” hézagtenyezőjű agyag), és az alatta lévő iszapban. Nagy a kúszási hajlam a felső agyagban (nagy hézagtenyezőjű agyag) és a legalsó iszapban (nagy hézagtenyezőjű iszap). Az abszolút süllyedés e rétegekben legalább másfélszer akkora, mint az alsó agyagban és az alatta lévő iszapban. A konszolidációs tényező kisebb az alsó agyagban, mint a felső, nagy hézagtenyezőjű agyagban, iszapok esetén fordított a helyzet.

A disszipációs kísérlettel meghatározott konszolidációs tényező kisebb az alsó agyagban, mint a felső sós jellegű agyagban. Iszapok-homokok esetén kevés mérés volt, és ez nem volt jól értékelhető a közelítő módszerrel. A kompressziós és disszipációs kísérlettel meghatározott függőleges illetve vízszintes konszolidációs tényezők lényegesen eltértek, ennek oka az anizotrópián kívül a talaj másodlagos szerkezete, amely eltérő az egyes rétegekben is.

Valószínűsíthető tehát egyes rétegek esetleges sós jellege a nagy hézagtenyező miatt, e feltevés helyessége ellenőrizendő, azaz geokémiai kísérlettel tisztázandó, hogy mennyiben határozza meg a hézagtenyező nagy értéke a talajréteg esetleges sós jellegét.

6 Konklúzió

Rétháti és Ungár ([1]) statisztikai elemzése Szeged város nyugati oldalán vett talajminták laboratóriumi vizsgálatának eredménye alapján készült, korábbi talajmechanikai szakvélemények alapján. Eredménye szerint a rétegződés lényegében azonos, de az általuk kijelölt három területen a sekélyföldtani adottságok eltérőek, a C jelű területen az üledékek szilárdsági jellemzői rosszabbak, mint a B és A jelű területen.

A vizsgált területet korábban nem hozták kapcsolatba a só-felhalmozódással, illetve a szikesedéssel, jóllehet ez is mélyterület, a többi hazai szikes területhez hasonlóan. A későbbi OTKA kutatások során végzett talajkémiai vizsgálati eredmények C jelű területen mélységi sós és mélységi szikes rétegek jelenlétét igazolják. A sótartalom eltérő a különböző rétegekben.

Egy további tervezési projekt (ELI) a C terület egy tervezési feladata kapcsán kompressziós kísérletek és a CPTu pórusvíznyomás disszipációs kísérletek értékelését tette lehetővé nagy (60m) mélységig. Bizonyítást nyert, hogy a C jelű területen (lokálisan sós) talajvíz áramlik felfelé, a sótartalom a nagy mélységben található tengeri agyagokból származik. Ez lényegesen befolyásolja egyes talajrétegek jellemzőit.

Megállapítható tehát, hogy Szeged Ny-i, C jelű területén – a talajvíz-feláramlás miatt – lokális posztdepozíciós hatás észlelhető, amely nagy mélységben is szikes talajokat eredményez ott, ahol a talajvíz sós. Ez a talajvíz átmosási hatás fordított irányú, mint a quick clay jelenség, ahol só-mentes édesvíz hatására só kimosódás történik, de hasonlóan romboló hatású a talajszerkezetre nézve ([11, 12]).

IRODALOM

1. Rétháti, L.; Ungár, T. (1978). Large settlement's soil physical data Építés-Építészettud, X. (1-2) In Hungarian.
2. Imre, E. (1995). Statistical evaluation of simple rheological CPT data. Proc. of XI. ECSMFE, Copenhagen, 1: 155-161.
 - a. Robertson P.K Campanella R G, Gillespie D.G. 1988. Excess pore pressures and the DMT. ISPT-1, vol 1, 567-577.
3. Imre E., Juhász M., Józsa V., Hegedűs M., Bíró B., Singh V. G. (2014). CPTu tests and CPT simple dissipation tests in saline environment. CPT14, online publication.
4. Imre E., Schanz T., Hortobágyi Zs., Singh V.P., Fityus S. (2015) Oedometer relaxation test XVI ECSMGE Edinburgh 3374-3351.
5. Erdélyi M. 1979. A Magyar Medence hidrodinamikája — Hydrodynamics of the Hungarian Basin. VITUKI Közlemények 18. pp. 1-82.
6. Ballenegger R.; Finály I., 1963. A magyar talajtani kutatás története 1944-ig. Akadémiai Kiadó. Budapest.
7. Szendrei G. et al., 2001. Sókiválások hazai elterjedése. In: Földrajzi kutatások, Magyar Földrajzi Konferencia, Szeged, 2001. okt. 25–27. Absztrakt. 177–178.
8. Sully J P, Robertson P K, Campanella R G, Woeller D J (1999) An approach to evaluation of field CPTU dissipation data in overconsolidated fine-grained soils. Can. Geotech. J. 36: 369–381.
9. Teh, C.I. and Houlsby, G.T. (1988). Analysis of the cone penetration test by the strain path method. Proc. 6th Int.
10. Sz. Mádl-Szőny, I Müller, Gy Pogácsás,. Conceptual model for surface salinization in an overpressured and a superimposed gravity-flow field, Lake Kelemenszék area, Hungary Hydrogeology Journal (2011) 19: 701–717.
11. E W Brand, . R P Brenner,; Soft Clay Engineering. Elsevier (1981)