

Tímár Attila¹

Árvízvédelmi töltések empirikus szivárgás- és mozgásvizsgálata²

Az árvízvédekezések során mindig is problémát tudtak okozni az árvízvédelmi töltéseken keletkező szivárgások, amelyek az árvízvédelmi jelenségek kialakulásához vezethetnek. Árvizes időszakban a töltés alatti altalajban és a töltés testében szivárgások jönnek létre. A töltéstartásban a szivárgás során kialakuló szivárgási vonalat számos tényező – a töltés szerkezete, anyaga, állapota – befolyásolja. A szivárgások és mozgásvizsgálatok empirikus kutatásához nagymintakísérletet terveztem, egy meglévő inhomogén árvízvédelmi töltés szivárgási és zsugorodás-duzzadási jelenségeinek meghatározása érdekében. A tanulmány az árvízvédelmi töltés empirikus vizsgálatához szükséges nagyminta kiépítését mutatja be.

Kulcsszavak: árvízvédelmi töltés, talajmechanika, geofizika, állékonyság, rézsűcsúszás, nagymintakísérlet

Empirical Analysis of Leakage and Movement of Flood Protection Embankments

During flood defenses, seepages on flood protection embankments can cause problems, which can lead to the occurrence of various flood phenomena. They develop in the subsoil under the embankment and in its body during flooding. The seepage line formed during leakage in the body of the dike is influenced by many factors: the structure, material, and stability of the embankment. For the empirical investigation of seepages and movement tests, I designed a large-scale experiment on an existing inhomogeneous flood protection dike in order to determine its leakage and shrinkage-swelling phenomena. This study the construction of the experiment site required for these empirical investigations.

Keywords: flood protection dike, soil mechanics, geophysics, stability, slope slide

¹ Kiemelt műszaki referens, Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság Árvízvédelmi és Folyószabályozási Osztály; e-mail: timar.attila@kovizig.hu; ORCID: 0000-0001-8637-4887.

² Jelen tanulmány az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj elnevezésű programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési És Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Bevezetés

A kialakult jelenségek elleni sikeres védekezéshez a probléma mértékéhez képest mindig változó, de nagy létszámú erő, illetve eszköz szükséges. Gondoljunk csak egy árvíz-védekezés során kialakult suvadás elleni védekezésre, amelyet az 1. ábra is szemléltet.

Nem véletlen az, hogy az éghajlatváltozás miatt bekövetkező és egyre gyakoribb árvizek kiemelt kockázatként szerepelnek a stratégiai dokumentumokban. Mind a *Nemzeti Biztonsági Stratégia*,³ mind a *Nemzeti Katonai Stratégia*⁴ a kockázatok között nevesíti a természeti katasztrófákat. A hadtudományi kutatók figyelmét sem kerülte el a helyzet, így ebben a tudományágban is kiemelt figyelmet kap ez a kérdés.⁵

Különösen fontos ez – a vízügy és a katasztrófavédelem mellett – a Magyar Honvédség számára is, hiszen az éghajlatváltozás okozta veszélyeztetés, az árvízi helyzetek számának és intenzitásának növekedése fokozottan nagy terhet ró a honvédségre is.⁶



1. ábra: Az endrődi szennyvíztelepnél bordás megtámasztással való védekezés, 2006

Forrás: Árvíz 2006. Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság kiadványa

³ 1393/2021. (VI. 24.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról.

⁴ 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról.

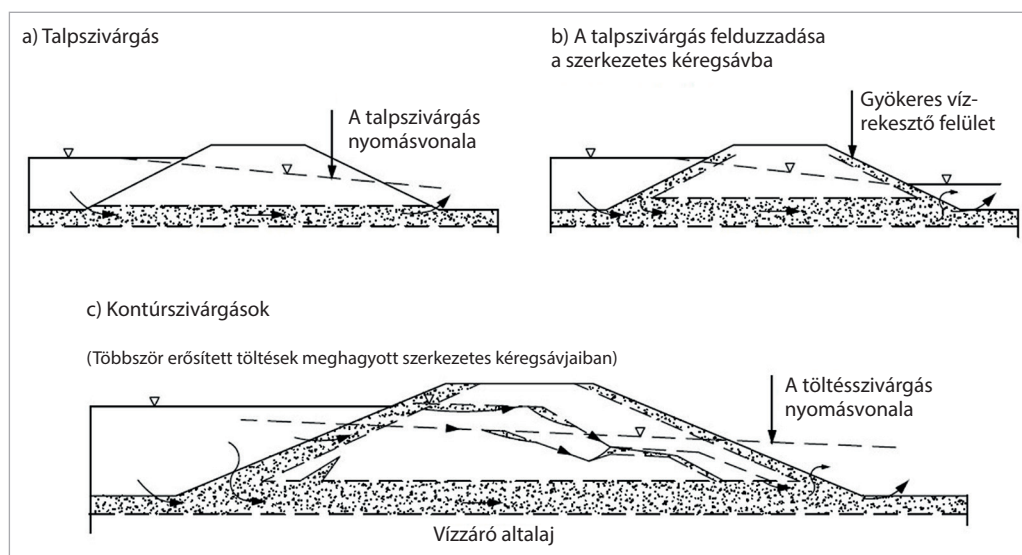
⁵ BODA et al. 2016; BLESZITY et al. 2016.

⁶ PADÁNYI 2006; 1994.

Szivárgások kialakulása

Az árvízvédelmi töltések állékonyságát a kialakuló árvizes jelenségek, valamint az ismert vagy becsült talajállapot alapján ítéljük meg. A jelenségeket kiváltó ok pedig nem más, mint a szivárgás. Tehát az árvízvédelmi gátak tönkremenetele szinte mindig valamilyen szivárgási folyamat következménye. Ahhoz, hogy a védvonalaink veszélyeztetettségét vagy biztonságát meg tudjuk ítélni, minél pontosabban ismernünk kell az árvízvédelmi védvonalon és annak környezetében zajló szivárgási folyamatokat.

Az árvizek alatt végzett vizsgálatok szerint a töltések heterogenitása a szivárgások szempontjából három formában jelentkezhet: szerkezetes talpréteggként, áteresztő kontúrsávok és áteresztő járatok formájában, a 2. ábrán látható módon.



2. ábra: Szivárgások heterogén anyagú töltésekben

Forrás: GALLI 1976: 50.

A növényzettel benőtt területeken a fedőréteg felső része – hasonló módon, mint a töltésrészűk szerkezetes kéregsávja – gyökérnyomos, féregjáratos és morzsalékos szerkezetű, tehát erősen áteresztő, még akkor is, ha a réteg anyaga önmagában vízáró.

A töltések építésénél és erősítésénél ez a szerkezetes áteresztő réteg kisebb-nagyobb vastagságban rendszerint a töltés alatt maradt. Ennek anyagát építették be a töltésbe az anyagárok felső részéből is, és foltokban vagy lencsékben ilyen anyagok találhatók a töltéserősítéseknél az új töltésrész alatt. Árvízkor tehát ebben a szerkezetes talpsávban jelentős mértékű talpszivárgások, a töltés belsejében megmaradt szerkezetes kontúrsávokban pedig kontúrszivárgások tudnak kialakulni, még akkor is, ha az altalaj fedőrétege és a töltés anyaga különben vízáró.

A kötött talajokból épült töltésekben változik az anyagok kötöttsége és természetesen a beépítés tömörsége is. Ezek a minőség- és tömörségváltozások pedig azt jelentik, hogy

árvízkor a töltésben az egyik anyag gyorsabban, a másik lassabban, az egyik erősebben, a másik gyengébben duzzad. Az árvíz utáni kiszáradáskor pedig az egyik anyag már zsugorodni kezd, amikor a másik még tartja megduzzadt térfogatát. A töltésben tehát már az első árvízi telítődés és az utána következő kiszáradás hatására anyagsűrűsödéseknek és -lazulásoknak kell bekövetkeznie, másodlagos hézagoknak, hajszálrepedéseknek kell kialakulnia. A következő árvizeknél természetesen a telítődés folyamatát és a duzzadások mértékét már ezek a másodlagos jelenségek is erősen befolyásolják, tovább növelik a töltés belsejének tagoltságát és ezzel a töltés (szerkezeti eredetű, rövidebben szólva: szerkezetes) áteresztőképességét is. Akkor pedig, ha a töltésben valamilyen formában már határozottabb keresztzivárgások is létrejönnek, megindulhat a kilúgozódás és ezzel az egyes részek morzsalékos szerkezetűvé alakulása is. A töltés belseje tehát járatossá válhat, elöregedhet.

A töltés- és az altalajszivárgások – leszámítva a fakadó vizek esetleges károkozásait – önmagukban még nem feltétlenül káros jelenségek. Akármilyen foltokban vagy már összefüggő felületeken megjelenő ázalás vagy szivárgás, csurgás jelentkezik is tehát a rézsűn, vagy felületi nedvesedés, szivárgás stb. a biztonsági sávon, azok csak akkor veszélyeztethetik a védvonal állékonyságát, ha a töltésben vagy az altalajban olyan talajmechanikai folyamatokat indítanak meg, amelyek a védvonal átszakadásához vezethetnek. A védvonalak állékonyságát és az árvízvédelmi beavatkozások, esetleg a védvonalak későbbi megerősítésének a szükségességét tehát nem a szivárgások, hanem minden esetben azok várható következményei alapján kell megítélni.⁷

A védvonalakon várható szivárgások törvényszerűségeinek számbavételére igen sok vizsgálati-számítási módszer ismeretes a szakirodalomban.

A vizsgálati módszerek és kutatások alapján megállapítható, hogy ezeket a szivárgásokat számos helyi tényező is befolyásolja, de leginkább a töltés homogenitása, szerkezete, anyaga és geometriája határozza meg.

A GEO5 szoftver állékonysági moduljával végzett modellezéshez felhasznált töltés-keresztmetszvény belső szerkezetét geofizikai mérések eredményeinek talajmechanikai fúrások eredményeivel való kalibrálása útján állapítottam meg. Így részletesebb képet lehetett kialakítani a töltés belső szerkezetéről, ami által több adat állt rendelkezésre a pontosabb állékonyságvizsgálathoz.

A Körösök árvízvédelmi töltései kivétel nélkül anyagárokból, a kötött fedőrétegek anyagának válogatás nélküli felhasználásával épültek, valamint ugyanígy történtek többszörös megerősítéseik is. Ebből az építési eljárásból következik, hogy a töltések belseje majdnem kivétel nélkül heterogén.

A vizsgálataim során a töltéstartestben kialakuló szivárgási görbét a Kozeny–Casagrande-féle feltételezés⁸ szerint szabályos keresztzivárgásként határoztam meg, amelyet a töltésben lévő rétegek hasonlósága indokolt.

⁷ GALLI 1976: 49–50.

⁸ GALLI 1976: 214.

Árvizes jelenségek kialakulása

A vegyes anyagú töltéseknél általában olyan szivárgások jelentkezhetnek, mint az áteresztő anyagú töltéseknél. A különbség az, hogy a szivárgások a töltés áteresztőbb részein, a töltés járataiban indulnak meg, és azonos típusú szivárgási vagy telítődési vonalak csak a nyomásvonalak keresztirányú kiegyenlítődése után alakulnak ki.

A vegyes anyagú töltésekben az átszivárgások hatása a mentett oldali rézsúlábnál vagy a rézsű felületén mindig szabálytalanul, kisebb-nagyobb átnedvesedő foltokban jelentkezik.

A foltok mögötti járatokban azonban áramvonal-sűrűsödés következhet be. Ezért a vegyes anyagú töltéseknél rézsúhámítások vagy – ha a járatok víze a mentett oldalon egy-egy gyökérnyomban vagy főregjában összesűrűsödik – töltéscsurgások mindig előfordulhatnak.⁹

A felszinközeli talajrétegek mindig ki vannak téve telítődésnek és kiszáradásnak, a fagy hatásának és a főregjában, gyökérnyomok lazító hatásának. Ezen hatások következtében pedig a kötött talajok egyes alkatrészei kémiai és ásványi adottságaik szerint összeesomósodhatnak, a kis szemcsék nagyobb aggregátumokká tapadhatnak össze, a talaj pedig olyan szerkezetes kötött talajjá alakul át, amelynek áteresztőképessége a tapasztalatok szerint elérheti, sőt meghaladhatja a homok vízvezető képességét is.¹⁰

Megítélésem szerint ezen a területen célszerű további vizsgálatokat végezni az árvízvédelmi töltések átázási folyamatainak megismerése érdekében.

Ezen folyamatok eredményei az árvízvédelmi jelenségek, amelyek típusából és intenzitásából tudunk következtetni a töltésszakadás veszélyeire.

Mivel az átázási folyamatok rejtettek, azok tanulmányozásához szükséges egy olyan nagymintakísérleti terv kidolgozása, amelynek keretében az átázás várható időtartamát, a szivárgási útvonalat empirikus úton tudjuk vizsgálni egy meglévő árvízvédelmi töltésen.

Az I. rendű árvízvédelmi védműveken adódó fenntartási munkák akadályozásának elkerülése érdekében a vizsgálatokhoz célszerű volt egy méretben és szerkezetben hasonló árvízvédelmi töltést keresni, amely olyan paraméterekkel rendelkezik, mint egy a Körösök vidékén lévő, a helyszínen található duzzadásra hajlamos szerves kővér agyagból épült „hagymaszelvény”.

A nagyminta kialakítása

A választásom Békés város települési körtöltésére esett, amely a keresztmetszetet, valamint az építéshez felhasznált anyagokat tekintve hasonlóságot mutat a Kettős-Körös árvízvédelmi töltésével.

⁹ IHRIG–STAROSOLSKY 1971: 215.

¹⁰ IHRIG–STAROSOLSKY 1971: 216.

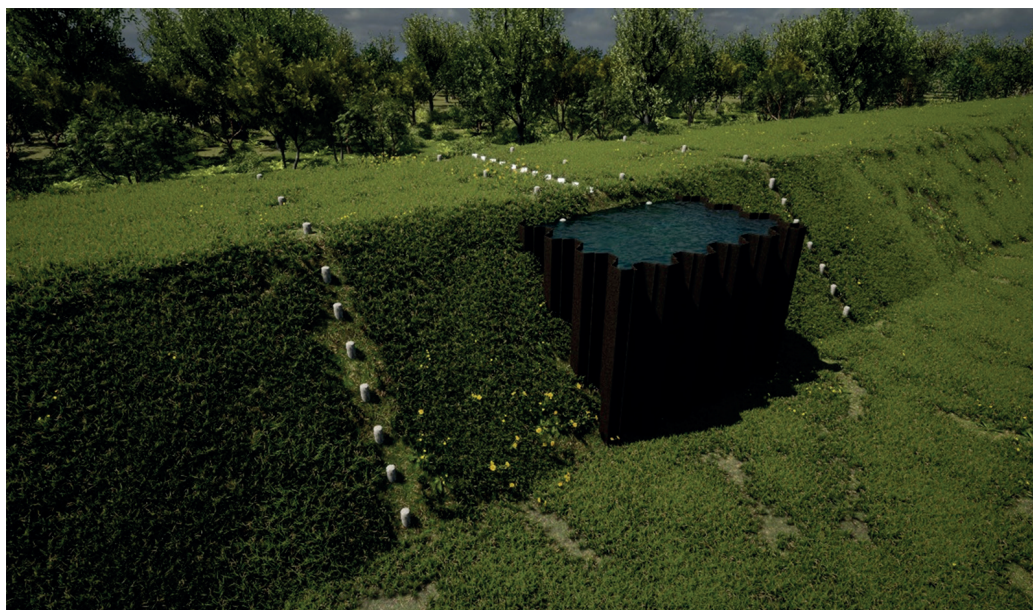
A kiválasztott töltésszakaszon a töltések szivárgási és állékonysági vizsgálatának módszertani fejlesztését kívánom megoldani egy nagyminta kialakítása során, amelynek keretében valós körülmények között biztonságos árvízi terhelést szimulálunk.

A vizsgálatok célja

Az üzemi körülmények között végzett kutatás két kísérletre összpontosul, amelyek közül az első keretén belül a gáttest duzzadási folyamatát, míg a másodikban a szivárgási folyamatok dinamikáját, térbeli eloszlását tanulmányozom.

A szimulált árvízi elöntés során a töltéstartestben bekövetkező víztartalom-változást, valamint a töltéstérfogat-változás (duzzadás-zsugorodás) dinamikája és mértéke közötti összefüggést vizsgálom.

A szimuláció keretét egy szádlemezekből kialakított medence fogja biztosítani, amelyben szabályozott körülmények között növelhető, illetve csökkenthető az elöntés (vízállás) (3. ábra).



3. ábra: A nagymintakísérlet látványterve távolnézetből

Forrás: a szerző felvétele

A nagymintakísérlet elvégzéséhez elsősorban a töltés belső szerkezetét kell megismernünk, amelyet a korábbi nyilvántartási tervek, feltérési, valamint új talajmechanikai fúrások eredményeiből kaphatunk meg. Ezek képezik a további vizsgálatunk alapját.

Talajmechanikai feltárás

A töltés talajmechanikai feltárása során öt 60 mm átmérőjű, köztük három 4,50 m és két 8,00 m mélységű fúrást végeztünk. Az ehhez alkalmazott fúrastechnológia folyadéköblítés nélküli, úgynevezett száraz geotechnikai fúrás volt. A 8,00 m mélységűek gépi fúróval, a 4,50 m mélységűek kézi fúróval valósultak meg. A gépi fúrásoknál fúróspirálról, a kézieknél 20 cm-enként, illetve talajrétegződésenként mindnél vettünk mintát későbbi laborvizsgálat céljából. A helyszíni mintavételezés után a talajmintákat az MSZ EN ISO 22475-1 szerint kezelve, megjelölve és hermetikusan lezárva laboratóriumba szállították.

A vizsgálati eredmények közül a talajrétegzettség az alábbiak szerint alakult az általam kiválasztott fúrási szelvényekben (a talajfizikai jellemzők bemutatása nélkül) (1. táblázat).

1. táblázat: Talajmechanikai fúrások eredményei

Talajmechanikai fúrások			
Réteg száma	Relatív magasság szintjei (m)	Minta száma	Talaj típusa
1. fúrás (árvízvédelmi töltés vízoldali töltéslábjánál kapott fúrási eredmények)			
1.	terepszint–0,90	1/1	Sötétbarna rozsdafoltos, közepesen szerves, enyhén meszes kövér agyag
2.	0,90–2,00	1/2	Barna rozsdafoltos, közepesen meszes, iszapos finom homok
3.	2,00–2,60	1/3	Szürke rozsdafoltos, közepesen meszes, iszapos finom homok
4.	2,60–4,50	1/4	Szürke rozsdafoltos, közepesen meszes kövér agyag
2. fúrás (árvízvédelmi töltés vízoldali rézsűjében kapott fúrási eredmények)			
1.	terepszint–3,20	2/1	Sötétbarna rozsdafoltos, közepesen szerves, enyhén meszes kövér agyag
2.	3,20–4,50	2/2	Barna rozsdafoltos, közepesen meszes kövér agyag
3. fúrás (árvízvédelmi töltés koronájában kapott fúrási eredmények)			
1.	terepszint–6,00	3/1	Sötétbarna rozsdafoltos, közepesen szerves, enyhén meszes kövér agyag
2.	6,00–7,10	3/2	Barna rozsdafoltos, közepesen szerves, közepesen meszes kövér agyag
5. fúrás (árvízvédelmi töltés vízoldali töltéslábjánál kapott fúrási eredmények)			
1.	terepszint–0,90	5/1	Sötétbarna rozsdafoltos, közepesen szerves, enyhén meszes kövér agyag
2.	0,90–2,00	5/2	Barna rozsdafoltos, közepesen szerves, közepesen meszes kövér agyag
3.	2,00–2,60	5/3	Szürke rozsdafoltos, közepesen meszes, homoklisztes iszapos finom homok
4.	2,60–4,50	5/4	Szürke rozsdafoltos, közepesen meszes kövér agyag

Megjegyzés: A 4. fúrás közzétételére nem volt szükség, mert az 5. fúrás eredményei jobbakk lettek.

Forrás: a szerző szerkesztése

Az F1 és F5 fúrási pontokat a töltés két oldalán a töltéslábjánál tettük fel. A terepszinttől számított 0,90 m-ig sötétbarna rozsdafoltos, közepesen szerves, enyhén meszes (2–5%) kövéragyag-réteget tártunk fel, amely részben tömör, részben morzsalékos állagú. Alatta 2,00 m-ig tömör állapotú, barna színű, rozsdafoltos, közepesen szerves, közepesen meszes

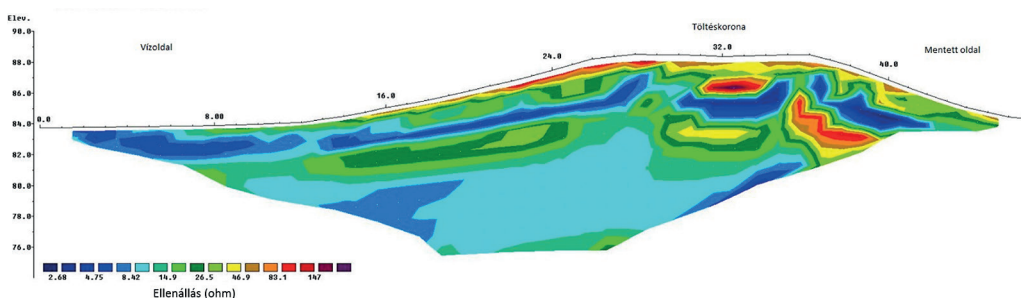
(5% feletti mésztartalom) kövéragyag-réteg található. 2,00 m-től 2,60 m-ig szürke rozsdafoltos, közepesen meszes (5% feletti mésztartalom), iszapos finomhomok-réteg található, amely merev állapotú. 2,60 m-től 4,50 m-ig szürke rozsdafoltos, közepesen meszes (5% feletti mésztartalom), tömör állagú kövéragyag-réteget tárt fel a fűrómester.

Az F2 fűrást a gát részsűjében létesítettük, amelynek legfelső rétege 3,20 m-ig tart. Az eddig a mélységig megtalálható, sötétbarna rozsdafoltos, közepesen szerves, enyhén meszes (2–5%) kövéragyag-réteg morzsalékos állapotú. 3,20 m-től 4,50 m-ig barna rozsdafoltos, közepesen szerves, közepesen meszes (5% feletti mésztartalom) kövér agyag jellemző, amely tömör állapotú.

Az F3 fűrási pontban a talajfűrást a gáton végezte el a fűrómester. 6,00 m-ig tart a sötétbarna rozsdafoltos, közepesen szerves, enyhén meszes (2–5%) kövéragyag-réteg, amelyben körülbelül 3,00 m-ig morzsalékos állapotú a talaj, majd tömörre vált. 6,00 m-től 7,10 m-ig tártuk fel a barna színű rozsdafoltos, közepesen szerves, közepesen meszes (5% feletti mésztartalom) kövéragyag-réteget, amely tömör állapotú. Alatta szintén tömör, szürke színű rozsdafoltos, közepesen meszes (5% feletti mésztartalom), homoklisztes sovány agyag található 8,00 m-ig.

Geofizika

A töltés belső szerkezetének részletesebb tanulmányozása érdekében elektromos ellenállás tomográfiával (*electrical resistivity tomography*, ERT) roncsolásmentes mérések (geofizikai vizsgálatok) történtek a töltésen, amelyek a belső szerkezet alapállapotát szolgáltatották a további elemzésekhez. A méréseket a töltés 11 szelvényében hajtottuk végre, amelyek között a távolság egy méter volt. Minden szelvényt a töltés tengelyére merőlegesen jelöltünk ki, a töltés teljes keresztmetszetét lefedve, a töltéslábtól 2–10 m távolságig kifutva.



4. ábra: A fajlagos elektromos ellenállás szelvénye a kialakítandó medence tengelyénél

Forrás: a szerző szerkesztése

A 2D-modellképen jól azonosíthatók a különböző elektromos ellenállású rétegek a felszín alatt (4. ábra). A fajlagos ellenállás szelvényeinek kiértékeléséhez fontos tudni, hogy az egyes anyagokhoz rendelhető egy általános karakterisztikus ellenállás-tartomány,

ám ezt több effektus befolyásolhatja (például: víztelítettség, kompaktság, fém tartalom). Ezáltal nincs uniformizálható kiértékelése a szelvényeknek, mindegyik külön-külön megfontolást igényel.

A 2D-modellképen jól látható, hogy a töltés igen vegyes képet mutat a mérés alapján. A felső, valamint a mentett oldali töltéslábhoz közeli talajrétegekben 50,0–90,0 ohm ellenállású, lencseszerű területek a jellemzőek. Ez igen kemény talajállapotú agyagos területre utalhat, amit a talajmechanikai fúrásszelvények talajfizikai jellemzői is igazoltak.

A szádlemez medence

A szimulált árvízi elöntést egy szádlemezekből kialakított medencében bonyolítjuk le, amelyben szabályozott körülmények között növelhető, ill. csökkenthető az elöntés (vízállás) (5. ábra).

A szivárgásvizsgálatok elvégzéséhez a szimulált árvízes elöntés vízszintjét egy erre a célra kialakítandó szádlemez medence fogja biztosítani, amelyet LARSEN típusú lemezek leverésével és megfelelő vízzárósággal alakítunk ki. A felhasználni kívánt lemezek hossza 10–4 m között változik. A medence töltéssel párhuzamos hossza 6,0 m, a töltés tengelyére merőleges pedig 12,5 m. A medencében a maximális vízmélység 4,0 m.



5. ábra: A kialakítandó szádlemez medence látványterve

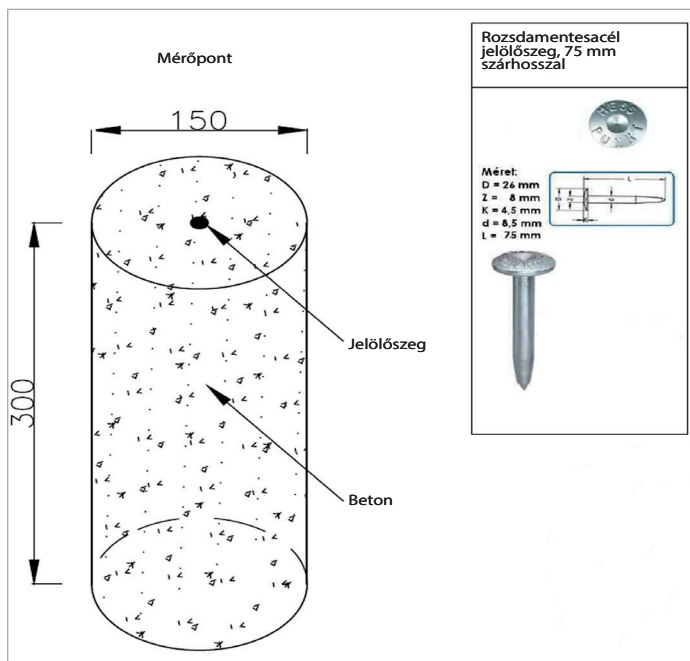
Forrás: a szerző felvétele

A töltés mozgásvizsgálata

A töltés mozgásvizsgálata (duzzadás-zsugorodás) során geodéziai módszerek segítségével tanulmányoztam a térfogatváltozást. A vizsgálatnál az adott töltésszakasz négy keresztaszelvényében szelvényenként 15 geodéziai mérőpontot helyeztem ki, amelyek mozgásának mérését 4 őrponttal ellenőriztem, esetenkénti geodéziai mérésekkel.

Geodéziai mérőpontok

A töltézsugorodás és -duzzadás mint alakváltozás vizsgálatának elvégzésére 15 darab $\varnothing 150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ betonhengert gyártattunk, amelynek felső felületében 1 darab 75 mm hosszúságú rozsdamentesacél jelölőszeg helyeztünk el (6., 7. ábrák).



6. ábra: A geodéziai mérőpont terve

Forrás: a szerző szerkesztése



7. ábra: A geodéziai mérőpont beépítés közben

Forrás: a szerző felvétele

A négy szelvényből kettő a medence szakaszán belül, míg a másik kettő a medencén kívül helyezkedik el (8. ábra).

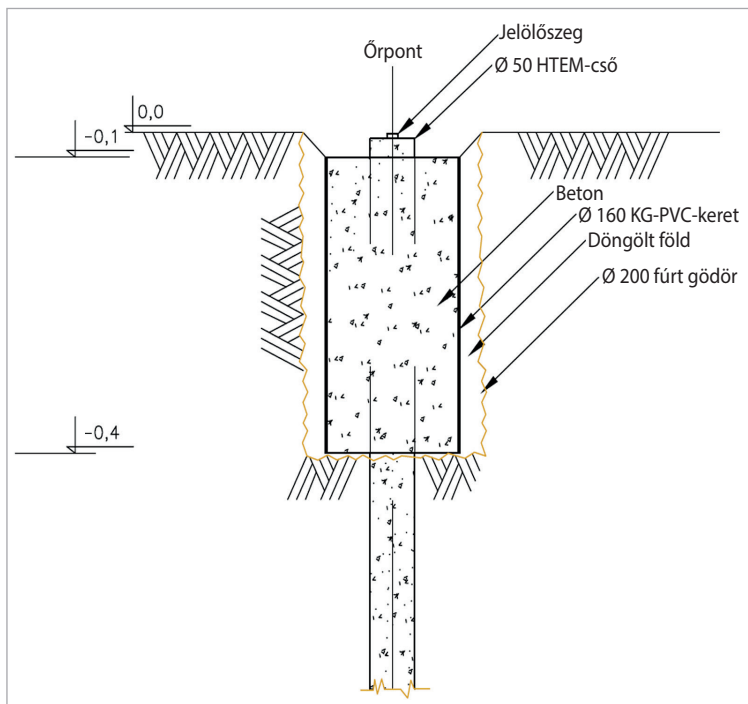


8. ábra: Nagymintakísérlet metszetének látványterve távolnézetből

Forrás: a szerző felvétele

Geodéziai őrpontok

A mérőpontok pontos működése érdekében négy darab geodéziai őrpontot helyeztünk el a vizsgált töltésszakasz környezetében, amelyekkel a mérőpontok mozgását kívántam ellenőrizni, esetenkénti geodéziai mérésekkel. A geodéziai őrpont egy $\varnothing 53 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm}$ betonnal kiöntött műanyag cső, amelynek felső középső részében egy darab 75 mm hosszúságú rozsdamentesacél jelölőszeget helyeztünk el. Az őrpont egy 2 m mélységű furatban volt, amelynek a felső terepszinthez közeli részét egy $\varnothing 150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ betonheger támasztja meg, ezzel stabilizálva azt (9. ábra).



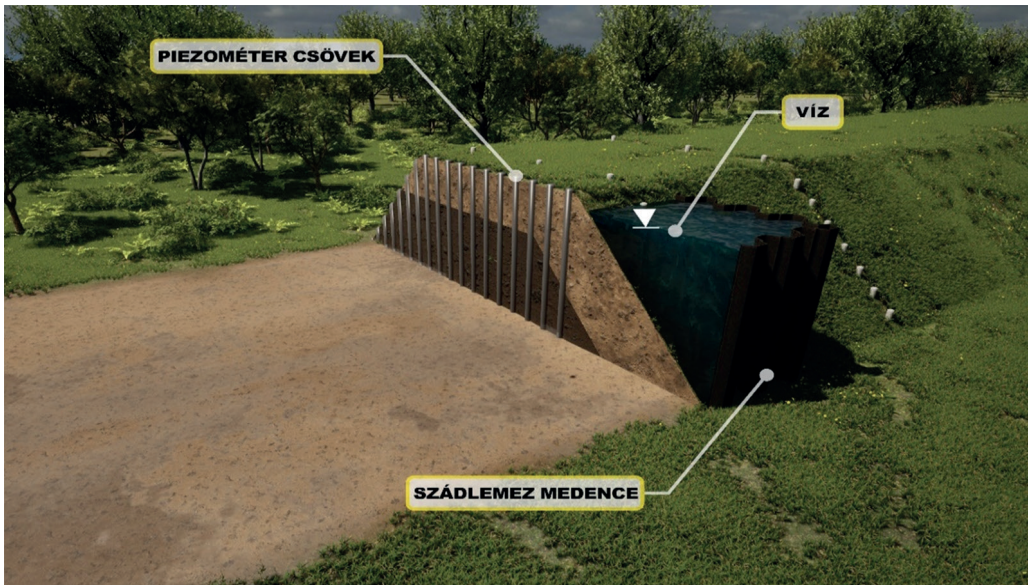
9. ábra: A geodéziai őrpont „fej” részének terve

Forrás: a szerző szerkesztése

A töltéstestben elhelyezett 60 darab mérőpont segítségével megfelelő adatmennyiséget kaphatok annak érdekében, hogy kellő részletességgel vizsgáljam a töltések térfogatváltozását (zsugorodás-duzzadás) a szimulált árvízi elöntés időszakában.

Szivárgási vizsgálatok

A szivárgási vizsgálatok elvégzéséhez a töltés vízdali koronaélétől a mentett oldali töltéslábig piezométer csöveket helyeztem el a megfigyelt töltésszakasz középső kereszt-szelvényében (10. ábra).



10. ábra: Nagymintakísérlet metszetének látványterve távolnétből

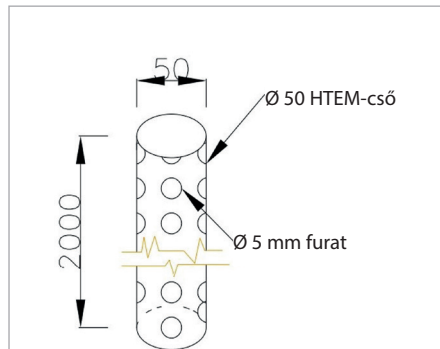
Forrás: a szerző felvétele

A piezométer csövek

A töltésen keresztüli szivárgás meghatározásához 20 darab piezométer csövet helyeztünk el a töltés vízdali koronaélétől 1 méteres távolsággal a mentett oldali töltéslábig.

A piezométer csövek 2 m hosszú ($\text{Ø } 53 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm}$) műanyag perforált csövek, amelyeken teljes hosszukban 5 mm-es átmérőjű furatok vannak. Közülük kettőt 4 méter mélységig helyeztünk el a töltés felszínétől mérve (11. ábra).

A csövek segítségével tudtuk mérni a töltétestben kialakult szivárgást és meghatározni a szivárgási útvonalat, ami az elsődleges célom volt.



11. ábra: A piezométer cső terve

Forrás: a szerző szerkesztése

Az előntési szimulációs kísérlet során a töltéstartban végbemenő szivárgási folyamatok pontosabb dinamikai folyamatát geofizikai módszerekkel is kívántam vizsgálni.

Geofizikai mérések

Az előntési szimulációs kísérlet során a – *továbbiakban, illetve későbbiekben* – töltéstartban végbemenő szivárgási folyamatok dinamikájának tanulmányozását geofizikai, elektromos ellenállás tomográfiával, azaz ERT-vel végeztem el.

A piezométeres és az ERT-vizsgálatok a szivárgási folyamatok dinamikáját és a szivárgási útvonal pontosabb meghatározását segítik, amit a későbbiekben felhasználok az állékonyság modellezéséhez is. A vizsgálatokat a piezométer csövekhez közeli szelvényekben végzem el, amelyeket a szádlemez medence tengelyébe helyeztünk el. A mérésekkel az alapállapot és a szivárgás során mért állapot közötti fajlagosellenállás-változást határozom meg elsősorban, amely képet adhat a szivárgási útvonalról.

Kutatási célok és várható tudományos eredmények

A bemutatott nagymintakísérlet az alábbi kutatási célokat és új várható eredmények elérését tűzi ki.

Célok:

- az árvízvédelmi töltések tönkremenetelének feltárása és elemzése a Körösök vidékén;
- korszerű vizsgálatok és térinformatikai módszerek alkalmazása és bevezetése a töltések tönkremenetelének vizsgálati folyamatába;
- a szivárgási jelenségek folyamatainak elemzése, értékelése a töltések tönkremenetele szempontjából;
- a szivárgáshidraulikai modell felépítéséhez szükséges adatigény meghatározása;
- a modellezés során kapott eredmények elemzése, kiértékelése;
- a modellezési eredmények alapján javaslatok készítése az árvízvédelmi védvonal állékonyságszámítási módszertanához.

Várható új tudományos eredmények:

- a gáttest duzzadási folyamatának mértéke, dinamikája (empirikus úton);
- a szivárgási folyamatok dinamikája (empirikus úton);
- az árvízvédelmi töltések szivárgási vizsgálata során új módszertani javaslatok előállítása, kidolgozása;
- a töltések szivárgáshidraulikai vizsgálata során az árvizes jelenségek és a töltések tönkremenetele közötti összefüggések vizsgálata, elemzése, kiértékelése;
- a kapott eredmények alapján javaslatok kidolgozása a szivárgások realisabb megítélésére.

A tervezett nagymintakísérlet jelenleg megvalósítás alatt áll. A vizsgálatok a tervek szerint a 2023. március–május közötti időszakban kezdődnek. A nagymintakísérlet a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen végzett doktori tanulmányom részét képezi, amely a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal Kooperatív Doktori Programja alapján valósulhat meg, a Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság (KÖVIZIG) támogatásával együtt. Az eredmények felhasználhatóak lesznek az árvízi védekezés tervezése és szervezése során, hatékonyabbá téve a munkát.

Felhasznált irodalom

- 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról.
 1393/2021 (VI. 24) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról.
 BLESZITY János et al. (2016): Műszaki kutatások és hatékony kormányzás. *Hadmérnök*, 11(3), (2016), 3. 221–242. Online: http://hadmernok.hu/163_18_bleszity.pdf
 BODA József et al. (2016): A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, 16, 1–23. Online: <http://hdl.handle.net/20.500.12944/7247>
 GALLI László (1976): *Az árvízvédelem földműveinek állékonysági vizsgálata*. Budapest: Országos Vízügyi Hivatal.
 IHRIG Dénes – STAROSOLSZKY Ödön (1971): Tiszavölgyi árvíz 1970. *Vízügyi Közlemények*, 53(3).
 Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság (2006): *Árvíz 2006*. Gyula: Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság
 PADÁNYI József (1994): *A Magyar Honvédség műszaki csapatainak lehetőségei és feladatai békeidőben a természeti- és civilizációs katasztrófák megelőzésében és a következmények felszámolásában*. PhD-disszertáció. Magyar Tudományos Akadémia.
 PADÁNYI József (2006): *A NATO-tagság hatása a Magyar Honvédség szárazföldi csapatai műszaki támogatásának elméletére és gyakorlatára*. PhD-disszertáció. Magyar Tudományos Akadémia.