

Tímár Attila¹

A Kettős-Körös bal oldali 32 + 250 tkm szelvényének rézsűállékonyság-vizsgálata

Slope Stability Analysis of the Left Side Profile rkm 32 + 250 of the Kettős-Körös River

Hazánk 4200 km állami fővédvonala, mint árvízvédelmi töltés, földmű. E földművekre – kiépített védelmi rendszerre – számos tényező hat, amely befolyásolja a védmű biztonságát. A cikk bemutatja, egy a Körösök völgyében lévő árvízvédelmi töltés szelvényének állékonyságvizsgálatát, GEO5 geotechnikai szoftverrel, ezen belül is a rézsűállékonysági modullal. A modul segítségével végzett számítások nagymértékben segíthetik a védmű megítélését az árvizek elleni biztonságos védekezés érdekében.

Kulcsszavak: árvízvédelmi töltés, rézsűcsúszás, állékonyság, GEO5

Hungary's main public protection line, a flood protection dam with a length of 4,200 km, is built as an earthwork. These earthworks, as elaborated protection systems, are influenced by many factors that affect the safety of the protection structure. This paper presents the analysis of a certain profile of the flood protection dam situated in the Körös valley with the geotechnical software GEO5, and within that, the slope stability module. The computations realised by means of this module can contribute considerably to evaluate the construction for safe flood protection.

Keywords: flood protection dam, slope failure, stability, GEO5

1. Bevezetés

Magyarországon az árvizek elleni előntést az árvízvédelmi töltések biztosítják, amelyek a 19. és a 20. században épültek ki, a növekvő árvízszintek következményeként. A biztonságos levezetés

¹ Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság, kiemelt műszaki referens, e-mail: timar.attila@kovizig.hu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8637-4887>

érdekében a töltések szakaszos erősítése történt, s azok így inhomogénné, „hagymaszerkezetűvé” váltak. Az árvízvédelmi töltések, mint földművek építését, műszaki építési (MSZ EN 16907 Földművek szabványsorozat), minőségellenőrzési (MSZ 15290 Vízépítési földművek tömörségi előírásai) méretezési, ellenőrzési (MSZ 15292 Árvízvédelmi gátak biztonsága) előírások határozzák meg.²

A földművekből épített töltések rézsúfelülete nem alakítható ki tetszőleges meredek kiépítéssel, hanem csak bizonyos hajlásszöggel, amelyet a beépített földanyag belső ellenállásai határoznak meg.³

Vizsgálatom célja – összefüggésben a Katonai Műszaki Doktori Iskolában folytatott doktori kutatásommal – a Körös-völgyi árvízvédelmi töltések védőképességének minél pontosabb meghatározása. A kutatás szervesen illeszkedik azon kutatások közé, amelyek komplex módon közelítik meg hazánk biztonsági helyzetét, a felmerülő kockázatok kezelését.⁴

2. A töltések rézsúállékonysága

Az önsúly és a többletterhelések hatására a töltésekben nyírófeszültségek keletkeznek. Az árvízvédelmi töltésekben bekövetkező károsodások közül az egyik legveszélyesebb a suvadás, amely az árvízvédelmi töltés megcsúszását jelenti.



1. ábra. Töltéscsúszás a Hármaskörös jobb part 0 + 500 tkm szelvényben

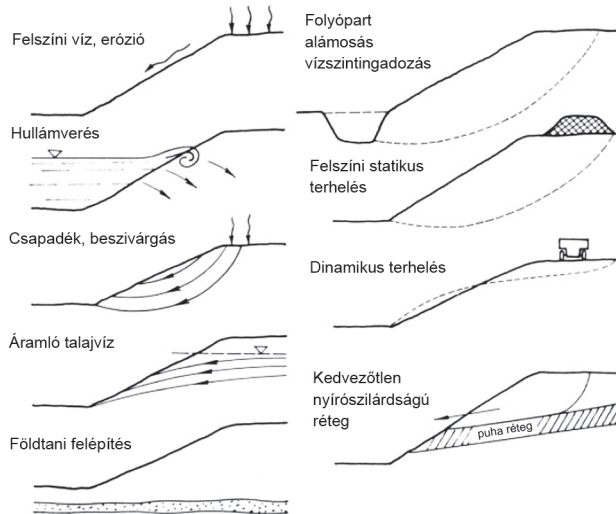
Forrás: KÖTIVIZIG 2006

² Kisházi Péter Konrád: *Új szabványok az árvízvédekezésben. Árvízvédekezés a gyakorlatban.* 2004. 132.

³ Faur Krisztina Beáta – Szabó Imre: *Geotechnika 7.* Miskolci Egyetem Földtudományi Kar, 2011. 1.

⁴ Boda József et alii: *A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök.* Államtudományi Műhelytanulmányok 16. Budapest, NKE, 2016. 9.

Ha a töltésben és a vele együtt dolgozó altalajban kialakulni képes – bármely folytonos felület mentén kialakuló – nyírófeszültségek elérik a felület által átmetszett talajok eredő nyírószilárdságát (nyírási ellenállását), talajtörés jön létre, és a földtömeg ezen folytonos felület(ek) (csúszólap[ok]) mentén lecsúszik.⁵



2. ábra. A rézsúk állékonyságára ható tényezők

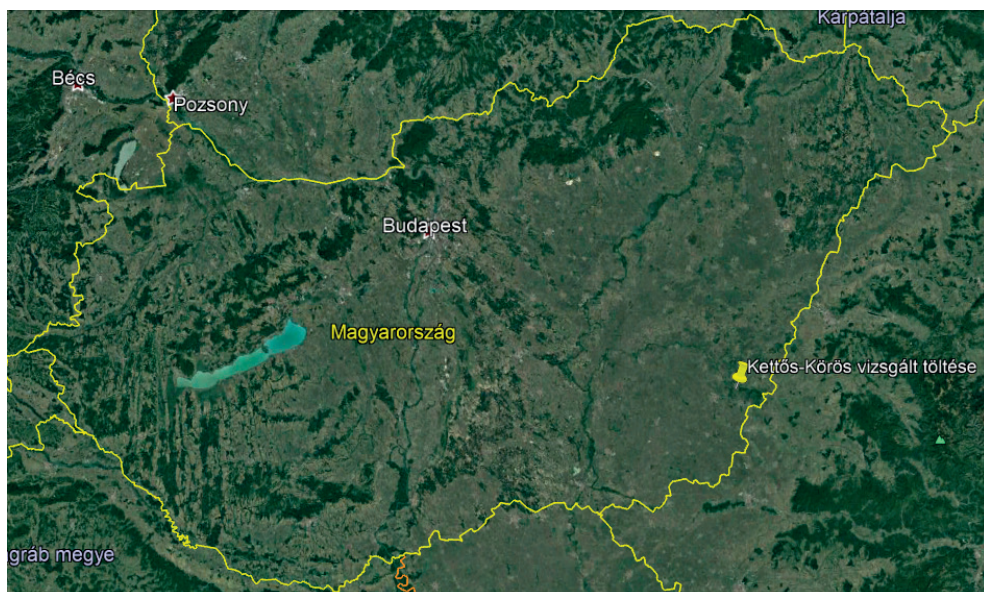
Forrás: Faur–Szabó (2011) i. m.

Az árvízvédelmi töltés állékonysági vizsgálatokor célom a csúszással mint tönkremenetellel szembeni biztonság meghatározása a Kettős-Körös töltésének egy szelvényében.

3. A Kettős-Körös jobboldali töltése

A vizsgált szelvény a Kettős-Körös bal oldali töltésének a 32 + 250 tkm szelvénye (régies nevén a Gyula-Békés Nagycsatorna), amely a Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság 12.02 Mezőberényi árvízvédelmi szakasz fővédvonalán található, és a 2.94. számú Békési ártéri öblözetet védi az árvízi elöntések ellen.

⁵ Faur–Szabó (2011) i. m. 1.



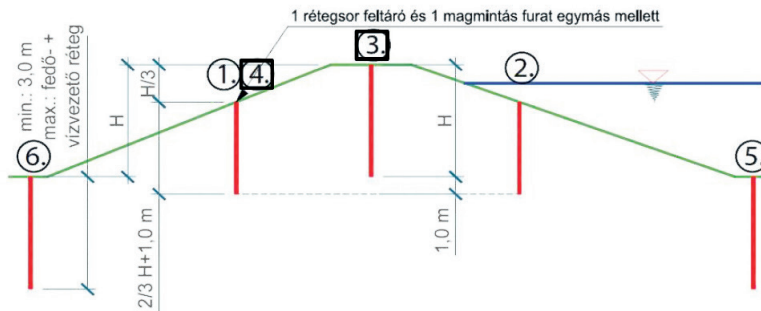
3. ábra. A Kettős-Körös vizsgált töltésszakaszának elhelyezkedése

Forrás: Google Earth

4. A védmű anyagára vonatkozó adatok

A töltés anyaga különböző konzisztenciájú és plaszticitású agyag. A védmű keresztmetszete az árvizek után többszöri magasítás és keresztmetszeti erősítés eredményeként úgynevezett „hagyma-szelvényé” alakult, amely – a korabeli kezdetleges építési technológia, a humuszle-szedés hiányosságai miatt – kedvez a különböző réteg- és kontúrszivárgásoknak. Erre a jelenségre az árvízi tapasztalatok is utalnak.

Az Árvízi veszély- és kockázati térképezés keretében (ÁKK-projekt) olyan töltésszakaszokat választottak ki, amelyek töltésszakadásra hajlamosak. A kiválasztott szelvényekben geodéziai és geotechnikai feltárás történt. A töltések belső szerkezetének minél részletesebb megismerése okán a töltés egy adott – kritikusnak vélt – keresztmetszetében több talajmechanikai feltárás készült, amelyek mintavételét a 4. ábra, a mintavétel típusát az 1. táblázat mutatja be.



4. ábra. Feltáró fúrások a szelvényben

Forrás: Bálintné Hegedűs Katalin – Németh Gyula: *Árvízi töltések geotechnikai gyengepontjainak vizsgálata és numerikus modellezése az árvízi veszély és kockázati térképezési projekt keretében*. Vízterv Environ Kft., 2014.

1. táblázat. Feltáró fúrások rendszere

Fúrás száma	Fúrás helye	Mintavétel típusa
1	mentett oldali rézsú	zavart
2	védett oldali rézsú	zavart
3	töltéskorona	zavartalan
4	mentett oldali rézsú	zavartalan
5	védett oldali töltésláb	zavart
6	mentett oldali töltésláb	zavart

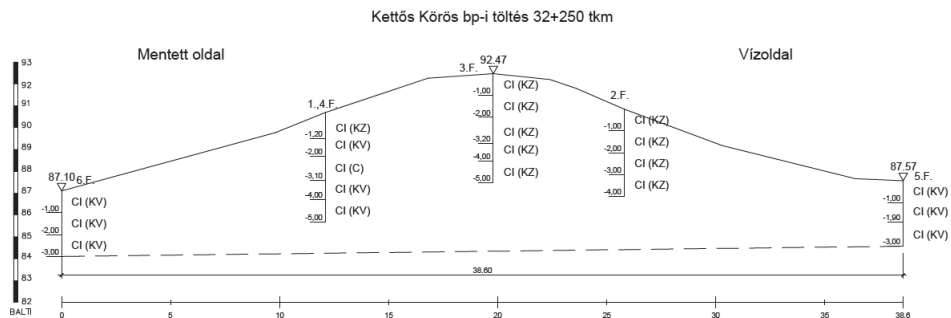
Forrás: Bálintné–Németh (2014) i. m.

A talajfeltárást Ø75 mm-es spirálfúróval rétegenként végezték el, ahol legalább 1,0 m-enként zavart talajmintavétel történt. A minták a helyszíni azonosítás után vizsgálat céljából laboratóriumba lettek beszállítva. Magmintaavétel Ø40 mm-es kiszűrőhengerrel készült, a feltáró fúrás alapján a talajrétegződés figyelembevételével. A feltárás a töltéslábnál 3 m mélységben történt, a töltéstartományban pedig 4–5 m mélységig tartott.

A laboratóriumban közvetlen vizsgálattal meghatározták az egyes minták víztartalmát, a durvaszemcsés rétegek szemeloszlásait és a finomszemcsés rétegek konzisztenciahatárait. A zavartalan mintákból ezen túl meghatározták a nedves és száraz térfogatsúlyokat, valamint a hézagtényezőket.⁶

A vizsgált szelvényben végzett feltárások helyeit az 5. ábra, a feltárások eredményeit a 2. táblázat mutatja be.

⁶ Bálintné–Németh (2014) i. m. 4.



5. ábra. A Kettős-Körös bal oldali töltés 32 + 250 tkm szelvényben végzett feltárások helyei

Forrás: a szerző szerkesztése

2. táblázat. A Kettős-Körös bal oldali töltés 32 + 250 tkm szelvényben végzett talajmechanikai feltárások eredményei

Vízfolyás neve		Kettős-Körös	
Partoldal		bal part	
Gátörjárás		12.02.05.	
Szelvényszám		32 + 250	
Fúrás helye		Békés Megye, Doboz 0153 hrsz.	
1. számú FÚRÁSSZELVÉNY			
Réteg		Mintavétel mélysége	Talaj megnevezése
határ	vastagság		
1,20	1,20	0,5	Szürkésbarna közepes agyag (Cl)
2,00	0,80	1,5	Sötétszürke kövér agyag (Cl)
3,10	1,10	2,5	Szürkésbarna meszes sovány agyag (Cl)
4,00	0,90	3,5	Sötétszürke kövér agyag (Cl)
5,00	1,00	4,5	Sötétszürke kövér agyag
2. számú FÚRÁSSZELVÉNY			
1,00	1,00	0,5	Barna közepes agyag (Cl)
2,00	1,00	1,5	Barna közepes agyag (Cl)
3,00	1,00	2,5	Szürkésbarna közepes agyag (Cl)
4,00	1,00	3,5	Szürkésbarna közepes agyag (Cl)
3. számú FÚRÁSSZELVÉNY			
1,00	1,00	0,7	Szürkésbarna közepes agyag (Cl)
2,00	1,00	1,7	Szürkésbarna közepes agyag (Cl)
3,20	1,20	2,6	Szürkésbarna közepes agyag (Cl)
4,00	0,80	3,5	Barnásszürke közepes agyag (Cl)
5,00	1,00	4,5	Barnásszürke közepes agyag (Cl)
5. számú FÚRÁSSZELVÉNY			
1,00	1,00	0,5	Szürkésbarna kövér agyag (Cl)
1,90	0,90	1,5	Szürkésbarna kövér agyag (Cl)
3,00	1,10	2,5	Sötétszürke kövér agyag (Cl)
6. számú FÚRÁSSZELVÉNY			
1,00	1,00	0,6	Sötétszürke kövér agyag (Cl)
2,00	1,00	1,5	Sötétszürke kövér agyag (Cl)
3,00	1,00	2,5	Sötétszürke kövér agyag (Cl)

Forrás: Bálintné-Németh (2014) i. m.

5. Talajfizikai adatok előállítás

Vízet tartó, kötött talajokból épült földművek ellenállása, állékonysága nagyban függ víztartalmuktól. Egy földmű maximális víztartalmát az őt alkotó talajok adott tömörsége és anyagi jellemzői által együttesen meghatározott telített víztartalom jelenti. Az állékonyságot befolyásoló talajfizikai jellemzők közül a kohézió rendkívül nagymértékben függ a nedvességtartalomtól. Tömör talajok telített állapotukban akár rendkívüli kohéziójúak is lehetnek, míg extrém laza állapotban akár zérusá is válhat a telített állapothoz társuló kohézió. A talajok telítődése időfüggő folyamat, amelyet a szivárgási tényező határoz meg.⁷

A telített állapothoz tartozó talajmechanikai jellemzők (kohézió, belső súrlódási szög, térfogatsűrűség) meghatározására karakterisztikus értékeket kell képezni (csak a kohézióra és a belső súrlódási szögre). Mivel a kötött talajok esetében kötöttség növekedésével nő a kohézió és a belső súrlódás meghatározásának bizonytalansága, ezért a variációs tényezőt az alábbi módon határoztam meg.⁸

3. táblázat. Talajfizikai jellemzők variációs tényezőinek meghatározása

Talajfizikai jellemző	Variációs tényező	
kohézió	$C_v = 0,26 + (I_p - 10) / 50 * 0,42$ $C_v = 0,0084 I_p + 0,176$	Lumb (1970) $C_v = 0,26 - 0,68 I_p = 10 - 60$
belső súrlódási szög	$C_v = 0,06 + (I_p - 10) / 50 * 0,05$ $C_v = 0,001 I_p + 0,05$	Harr (1977) $C_v = 0,06 - 0,11; I_p = 10 - 60$

ahol I_p = a kötött talaj plasztikus indexe.

Forrás: Kisházi (2010) i. m.

Mivel a variációs tényező nem más, mint a valószínűségi változó relatív szórása, azaz $C_v = \frac{S_w}{w}$, vagyis a tapasztalati szórás és a várható érték hányadosa, valamint a karakterisztikus érték MSZ 15292 szerinti értéke:

$w_k = w \pm \frac{S_w}{2}$, ahol w_k = az adott paraméter karakterisztikus értéke, a w ugyanezen paraméter várható (átlag) értéke, az S_w pedig a tapasztalati szórása, ezért a karakterisztikus érték kifejezhető így is:

$$w_k = w \pm \frac{C_v w}{2} = w \left(1 \pm \frac{C_v}{2} \right) = w \mu$$

⁷ Kisházi Péter Konrád: *Árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázati terv készítése*. 2010. 7.

⁸ Kisházi (2010) i. m. 8.

6. A telített víztartalom meghatározása

A szükséges adatok:

- talaj ásványi szemcséjének fajsúlya (s)
 - laboratóriumi vizsgálatból
 - laboratóriumi vizsgálat hiányában:

4. táblázat. A talajok ásványi szemcséinek fajsúlyai (s)

iszap	soványagyag	közepesagyag kővéragyag
s [gr/cm ³]		
2,7	2,75	2,8

Forrás: Kisházi (2010) i. m.

- talaj száraz térfogatsúlya (rd)

A telített víztartalom számítása

$$w_t = \frac{s - \rho_d}{s\rho_d} 100 [\%], \text{ ahol } r_d = \text{a száraz térfogatsúly}$$

A telített víztartalom ismeretében:

- a telített térfogatsúly: $\rho_t = \rho_d \left(1 + \frac{w_t}{100} \right)$ [gr/cm³, t/m³]
- a telített konzisztencia index: $I_{ct} = \frac{w_t - w_l}{I_p}$, ahol w_l = a folyási határ, I_p = a plasztikus index

A kötött talajok belső súrlódási szögének az osztályozó jellemzőkből becsülhető várható értéke Kopácsy szerint:

$$\varphi = 30 - 0,46 I_p [\circ]$$

A fentiek ismeretében az osztályozó jellemzőkből telített állapotra vonatkozóan becsülhető kohézió várható értéke Jáky szerint:

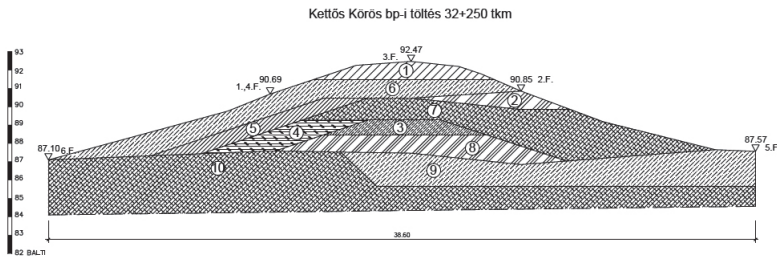
$$c = \frac{10^{I_{ct}(1+0,03I_p)-0,7}}{2} \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) [\text{t/m}^2]$$

ahol I_c = a kötött talaj relatív konzisztencia indexe

7. Rétegszelvények létrehozása

A vizsgált szelvényben vett furatminták laboratóriumi vizsgálatát követően meghatároztam a karakterisztikus értékeket (telített kohézió, súrlódási szög). A furatok helyeit és a karakte-

risztikus értékeket, valamint az árvízvédelmi töltés korábbi építését és fejlesztését figyelembe véve az alábbi rétegszelvényeket határoztam meg:



6. ábra. A töltés rétegszelvénye

Forrás: a szerző szerkesztése

5. táblázat. A rétegek karakterisztikus értékei

Réteg	Telített kohézió (kPa)	Súrlódási szög (fok)	Térfogatsúly (telített) (kN/m ³)
Sorszám	c	ϕ	γ_t
1.	1,01	15	18,72
2.	22,93	14	20,5
3.	22,93	14	20,5
4.	6,86	17	20,2
5.	3,498	12	18,16
6.	9,03	16	20,44
7.	17,09	16	21,07
8.	11,4	12	20,45
9.	13,99	12	19,32
10.	23,28	11	18,61

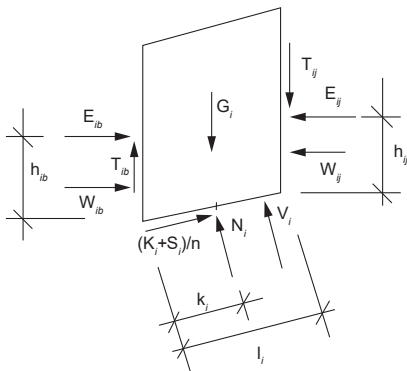
Forrás: a szerző szerkesztése

8. Állékonyságszámítás Geo5 modellel

A töltés állékonysági vizsgálatát Geo5 rézsúállékonysági modullal, azon belül is a hatályos EN 1997 szabvány szerinti biztonsági tényezőszámítással vizsgáltam. A Geo5 rézsúállékonysági modullal a vizsgálatot Bishop-féle számítási eljárással végeztem el, amely az egyik legpontosabb vizsgálati módszer. A Bishop-módszer lényege, hogy a rézsú síkja és a körhenger csúszólappal határolt területét lamellákra osztjuk, majd minden lamellára felírt egyenlet alapján, iterációs számítási eljárással vizsgáljuk a lamellák között ébredő erők egyensúlyát.

Ekkor azzal a közelítéssel élünk, hogy egy lamella két oldalán a földnyomás vertikális komponensei megegyeznek és zérusértékűek, az eredő erők a lamella két oldalán vízszintesek, azaz:⁹

⁹ Faur-Szabó (2011) i. m. 17.



7. ábra. A lamellára ható erők

Forrás: Faur-Szabó (2011) i. m.

$$T_{i,b} = T_{ij} = 0 \text{ de } E_{ib} \neq E_{ij}$$

A biztonsági tényezőt a következő összefüggés alapján, iterációval tudjuk meghatározni:

$$v = \frac{1}{\sum_i G_i \cdot \sin \alpha_i} \cdot \sum_i \frac{c_i \cdot l_i + (G_i - u_i \cdot b_i) \cdot \tan \varphi_i}{\cos \alpha_i + \frac{\tan \varphi_i \cdot \sin \alpha_i}{v}}$$

$$v = \frac{1}{\sum_i G_i \cdot \sin \alpha_i} \cdot \sum_i \frac{c_i \cdot l_i + (G_i - u_i \cdot b_i) \cdot \tan \varphi_i}{\cos \alpha_i + \frac{\tan \varphi_i \cdot \sin \alpha_i}{v}}$$

α_i : a csúszólap érintőjének hajtása az adott lamellánál

u_i : a pórusvíznyomás értéke a lamella alján

b_i : a lamella szélessége

8. ábra. A biztonsági tényező meghatározása

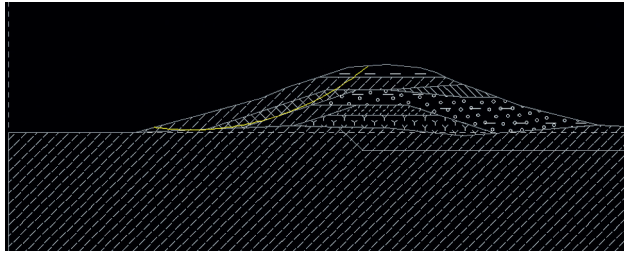
Forrás: Faur-Szabó (2011) i. m.

A rézsúállékonysági számítások során az állékonyságvizsgálatot minden esetben a töltés telített állapotára vonatkozó talajmechanikai paraméterek alkalmazásával végeztem el az alábbiak szerint:

- terheletlen töltésnél,
- vízdali töltéskoronaélt elért vízszint esetén kialakult terhelésnél,
- legnagyobb vízszint (LNV) esetén kialakult terhelésnél.

A Kettős-Körös bo. 32 + 250 tkm szelvényben az eddig valaha mért legnagyobb vízszint (LNV) értéke 91,76 mBf., amely a töltéskorona vízdali éléhez képest (92,20 mBf.) 0,44 cm-rel alacsonyabban helyezkedett el, ami igazolja, hogy a Körösökön jelentős árvízszintek alakulnak ki, amelyek következtében a töltések igen terheltekké válhatnak.

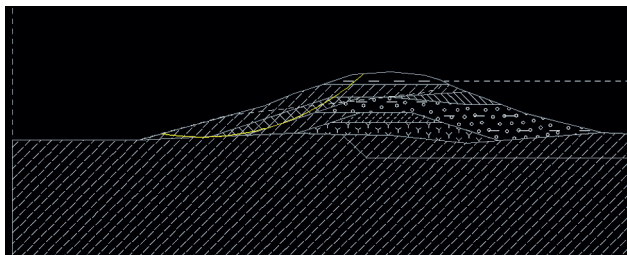
A töltéstartestben kialakuló szivárgási görbét a Kozeny–Casagrande-féle feltételezés szerint, szabályos keresztzivárgásként határoztam meg, amit a töltésben lévő rétegek hasonlósága indokolt.¹⁰



9. ábra. Terheletlen töltés vizsgálata

Forrás: a szerző szerkesztése

Aktív erők összessége:	$F_a = 124,01 \text{ kN/m}$
Passzív erők összessége:	$F_p = 192,86 \text{ kN/m}$
Elcsúszási nyomaték:	$M_a = 2692,35 \text{ kNm/m}$
Ellennyomaték:	$M_p = 4187,06 \text{ kNm/m}$
Biztonsági tényező:	$1,56 > 1,50$
A rézsúállékonyág:	MEGFELELŐ

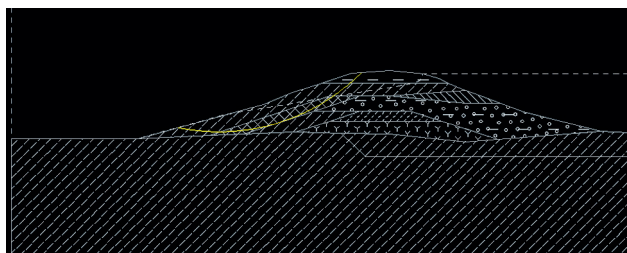


10. ábra. Vízoldali töltéskoronaélt elért vízszint esetén kialakult terhelés

Forrás: a szerző szerkesztése

Aktív erők összessége:	$F_a = 116,70 \text{ kN/m}$
Passzív erők összessége:	$F_p = 152,09 \text{ kN/m}$
Elcsúszási nyomaték:	$M_a = 2189,23 \text{ kNm/m}$
Ellennyomaték:	$M_p = 2853,21 \text{ kNm/m}$
Biztonsági tényező:	$1,30 > 1,50$
A rézsúállékonyág:	NEM MEGFELELŐ

¹⁰ Galli László: Az árvízvédelmi földművek állékonyági vizsgálata. Országos Vízügyi Hivatal, 1976. 214.



11. ábra. LNV-terhelés alatti telített állapotú töltés esetén kialakult terhelés

Forrás: a szerző szerkesztése

Aktív erők összessége:	$F_a = 105,91 \text{ kN/m}$
Passzív erők összessége:	$F_p = 136,90 \text{ kN/m}$
Elcsúszási nyomaték:	$M_a = 1677,57 \text{ kNm/m}$
Ellennyomaték:	$M_p = 2168,42 \text{ kNm/m}$
Biztonsági tényező:	$1,29 > 1,50$
A rézsúállékonyság:	NEM MEGFELELŐ

9. Eredmények összefoglalása

A vizsgálat során a Kettős-Körös jobb oldali töltésének 32 + 250 töltéskilométer szelvényének állékonyságával foglalkoztam, Geo5 modellező programmal, azon belül a Bishop-módszerrel. A töltés geometriáját ismerve, valamint hat furatminta laboratóriumi vizsgálatából meghatároztam a karakterisztikus értékeket, amelyek ismeretében felépítettem a töltésmodellt. Az állékonyságvizsgálat során a töltésszelvényt telített állapotban, árvíz nélküli terheléssel, LNV-szinthez, valamint a töltés vízdoldali koronaéletről elérő árvízszintű terheléssel vizsgáltam meg. Ez az eljárás segítséget jelenthet az árvízvédelmi töltések állékonyságának meghatározásához az árvízvédelmi biztonság növelése érdekében.

Összegzésként megállapítható, hogy a vizsgálat során a telített állapotú vízterhelés nélküli árvízvédelmi töltés rézsúállékonysága megfelelő, de az eddig elért legnagyobb vízszint (LNV) és a koronaéletről elérő vízszint terhelési hatására nagymértékben csökken. A rézsúállékonyság biztonsága az LNV-szinthez tartó terhelés hatása 1,56-ról 1,3-as értékre csökkent, amely 0,26-os biztonságítényező-csökkenést produkált.

A vízszint további emelkedésével (+0,44 cm-es emelkedés), amikor az árvízszint eléri az árvízvédelmi töltés vízdoldali koronáját (ezzel a töltés nyúlgátépítés nélkül eléri a maximális terhelhetőségét árvízvédekezés során), a biztonsági tényező tovább csökkent 1,29-es értékre.

A vizsgálat megfelelési határértéke 1,5 volt, ami az 1,0 tényleges határértéknél jelentősen nagyobb. Ez a differencia a peremfeltételek (rétegek tényleges ismerete és térbeli eloszlása) pontatlansága miatt lett nagyobb értékre meghatározva a biztonságot javára.

Számításaim peremfeltételeit, mint a telített állapotra vonatkozó talajfizikai paramétereket, valamint a teljes szelvényre vett telített állapotot a biztonság javára történő közelítésként határozta meg. E kedvezőtlen – de a gyakorlatban ki nem zárható, bármikor előfordulható – felté-

telek mellett határoztam meg a rézsúállékonyságot, a valaha mért legnagyobb és a maximális vízsztintből keletkező terhelhetőség mellett.

Az ilyen – szélsőséges – peremfeltételek mellett kapott eredmények még mindig jóval magasabbak a fizikai tönkremenetel határát jelentő $n=1,0$ biztonsági mérőszámnál. Az állékonyság ugyan nem elégíti ki a szabvány előírását, de elmondható, hogy a szélsőséges terhelés ellenére a szelvény még mindig számottevő biztonsági tartalékokkal rendelkezik, vagyis a töltés a védelmi biztonság szempontjából állékony.

A fentiek ismeretében kijelenthető, hogy a töltéstest rézsúcsúszásra nem hajlamos, s így a töltés védekezés szempontjából biztonságosnak mondható, de mivel állékonysága nem elégíti ki a szabványban előírt értéket, indokolt a töltés fejlesztése.

Az általam elvégzett vizsgálati módszer a Geo5 szoftverrel együttesen alkalmazva nagy segítséget nyújt az árvízvédelmi töltések rézsúállékonyságának gyors számításához, a biztonsági tényező meghatározásához. A vizsgálati módszerrel kimutathatóvá válhatnak azok a szakaszok, amelyeken a közeljövőben beavatkozásokat, valamint fejlesztéseket kell elvégezni az árvízvédelmi biztonság érdekében.

A cikk az „Az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.”

Felhasznált irodalom

- Bálintné Hegedűs Katalin – Németh Gyula: *Árvi töltések geotechnikai gyengepontjainak vizsgálata és numerikus modellezése az árvi veszély és kockázati térképezési projekt keretében*. Vízterv Environ Kft., 2014.
- Boda József – Boldizsár Gábor – Kovács László – Orosz Zoltán – Padányi József – Resperger István – Szenes Zoltán: *A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök*. Államtudományi Műhelytanulmányok 16. Budapest, NKE, 2016.
- Faur Krisztina Beáta – Szabó Imre: *Geotechnika 7*. Miskolci Egyetem Földtudományi Kar, 2011.
- Galli László: *Az árvízvédelmi földművek állékonysági vizsgálata*. Országos Vízügyi Hivatal, 1976.
- Kisházi Péter Konrád: *Új szabványok az árvízvédekezésben. Árvízvédekezés a gyakorlatban*. 2004.
- Kisházi Péter Konrád: *Árvi kockázati térképezés és stratégiai kockázati terv készítése*. 2010.