

# Szivárgást gátló árvízvédelmi töltések stabilitását biztosító vasalt földtámszerkezetek

**Dr. techn. Dipl. Ing. Mihalik András**

Építmények viselkedésével és diagnosztikájával foglalkozó

Tudományos Társaság Elnöke

Nagyvárad Egyetem

*„A tapasztalat lassan tanít, hibáinknak az árán.”*

Frood

A szerző jelen előadásában egy gátkeresztmetszet szerkezeti felépítését előre gyártott vasbeton elemekkel vasalt földtámszerkezettel mutatja be. Az ilyen típusú építmények különböző alépítményi munkálatoknál több mint harminc éve sikeresen vizsgáznak. Árvízvédelmi töltéseknél még nem kerültek széles gyakorlati alkalmazásra.

A listai gátak rekonstrukciójánál, kísérleti szakaszon, a RO 90514/1986 számmal bejegyzett találmányt alkalmaztuk. Az elért eredmények igen biztatóak.

## 1. Bevezetés

Az árvizek újra meg újra ráirányították a figyelmet az árvíz elleni védekezés műszaki kérdéseire. Az árvízvédelmi munkálatok a Tisza völgyében váltakozó sikerű tendenciát mutattak az idők folyamán. A nyomtatott és elektronikus sajtó a közelmúlt árvizeit mint „az évszázad árvize”, „rendkívüli árvíz”, „katasztrofális árvíz”, „emberpróbáló árvíz” említi meg. Az észlelt jelenségek, tapasztalatok új műszaki problémákat vetnek fel, amelyek szakmailag megoldhatóak, az anyagi fedezetet pedig erre meg kell találni. A jövőben a Tisza-menti ember biztonságban kell érezze magát a gátak árnyékában!

Sok még a teendő a Tisza völgyében, amelynek megoldásába beleszólt a történelem szerencsétlen alakulása és az ország gazdasági erejének gyengesége is. Az árvízvédelmi fővédvonal hosszúsága meghaladja a 2800 kilométert. De sajnos az eddig tapasztaltak alapján az árvízvédelmi töltések állapota és biztonsági foka több száz kilométer hosszban lényegesen elmarad a feltétlenül szükséges mértéktől. A töltéseken az előírt biztonsághoz mérten magassági hiányok vannak. Elégtelen a töltések keresztmetszeti mérete és az altalajban árvízkor mutatkozó szivárgások okozta veszélyes jelenségek ellen a védvonalak nem nyújtanak kellő biztonságot. Az altalaj és a töltések a gyakori és hosszan tartó árvizek hatására lazává váltak, szivárgási teherbírásuk csökkent. A közepesnél nagyobb árvizek esetén a töltések igénybevétele általában meghaladja műszaki teherbíró-képességüket. Mindezek következtében –

mint ahogy az idei tavaszi árvízkor is kitűnt – a töltésekkel védett városok és községek veszélyeztetettsége sok helyen fokozódott. Ugyanakkor az elmúlt évtizedekben az árvizek előfordulásának gyakorisága is növekedett, az árvízszintek helyenként emelkedtek (1970, 1988, 2000).

Az árvízveszély fokozódása, a fajlagos árvízkárok emelkedése, a fejlesztések elhúzódása miatti kockázatok növekedése, a szakszerű, nagy erővel végrehajtott védekezési munka mellett szükségszerűen megkövetelik a gátkeresztmetszet szerkezetének alaposabb tanulmányozását, szilárdsági elemzését, a talajtömbtől való integritásának függőségét.

Figyelmet érdemel továbbá a gátak közé szorított hatalmas vízmennyiség hordalékmozgásának, lerakódásának a problémája. A gátkorona magassági pontjainak időben és rugalmasan kell állandóan növelniük a hullámterek szintjének magasodása következtében. A hullámterek vízvezető csökkentéséhez nagyban járul hozzá a buja növényzet a lebegtetethordalék lerakódásának az elősegítésével. Következésképpen az árvízvédelmi töltés koronamagassága az idő függvényében az illető vízfolyásszakaszra egy pozitívan változó szám, amelynek a mértékadó árvízszinthez a biztonsági magassága 0,5-1,5 között ingadozik.

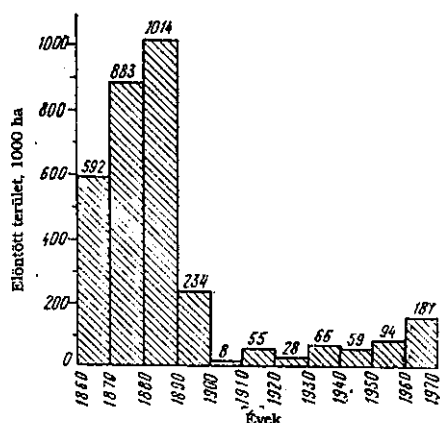
Az eddig elmondottakkal - amelyek mind általánosan ismert műszaki problémák, megfigyelések és tanulmányok eredményeit tükrözik az eltelt 154 év folyamán – még egyszer alá szerettem volna húzni azt a tényt, hogy a biztonság problémája az árvizek alkalmával nem más, mint az árvízvédelmi gátak statikai és hidraulikai stabilitása, a vízáteresztés csökkentése, a vízzálság. Ez azt jelenti – mint feljebb említettem –, hogy hozzá kell nyúlni a gátkeresztmetszet szerkezeti felépítéséhez, statikai és hidraulikai stabilitásának emeléséhez, valamint környezetbarát alapon mérsékelni kell a buzgárveszélyes rétegsorokat.

Ez képezi tárgyát a jelenlegi írásunknak.

## 2. A probléma felvetése

Az ismétlődő árvizek hatalmas anyagi károkat okoztak a településeken, a mezőgazdaságban és sajnos sokszor emberi áldozatokat is követeltek.

Ezzel magyarázható az, hogy a 19. században a folyók mentén több mint 4700 kilométer hosszúságban épültek meg a védelmi gátak. Ennek eredményeképpen az árvíz okozta károk érezhetően mérséklődtek, és maga az árvízprobléma az állami érdeklődés szintjére emelkedett.



1. ábra

*Az árvíz által elborított területek 1860-1970*

A gátak építésénél még nem használhatták a modern elgondolásokat, elveket, a talajmechanika jelenlegi módszereit. A gátak méreteit tapasztalati úton állapították meg. Ezek a gátak szolgáltak példaként az árvíz elleni védekezésnek.

Meglévő árvédelmi földgátak minden egyes szakaszának, minden egyes részének más és más a védőképessége. Úgy is fogalmazhatunk, hogy minden árvédelmi gátrészhez, amelyet valamilyen módon kialakítottak és megépítettek, tartozik egy olyan – a gátvonal anyagától, alakjától és szerkezeti állapotától függő – kritikus árvízszint és árvíz tartósság (kritikus árhullám), amely mellett a védelmi vonal állékonysága még éppen biztosított. Ez a kritikus árhullám a gát szerkezeti állapotától függ. A gát állékonysága pedig csak akkor

hullámnál kedvezőbb, tehát alacsonyabb és rövidebb ideig tart.

Az eddig elmondottak különös figyelmet követelnek a gát stabilitási problémáinál. Ezenkívül nekünk számolni kell azzal is, hogy egy földből készült építményről van szó, amelynek a kiterjedése több száz kilométerre tehető. Ez a védelmi vonal mint elrendezés és szekezet a leggazdaságosabb eszközökkel és a tudományos kutatás módszereinek az alkalmazásával képzelhető el.

A fentiek értelmében az árvédelmi gátak viselkedésének követése, diagnosztikája „in situ” elsőrendű, állandó jellegű problémaként jelentkezik. Megfontolandó lenne egy tudományos társaság létrehozása, amely a Tisza árvédelmi gátrendszerének viselkedésével és diagnosztikájával foglalkozna „in situ”. Az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság megfelelő szakosztálya örömmel kapcsolódna e társaság nemzetközi alapokon történő létrehozásához.

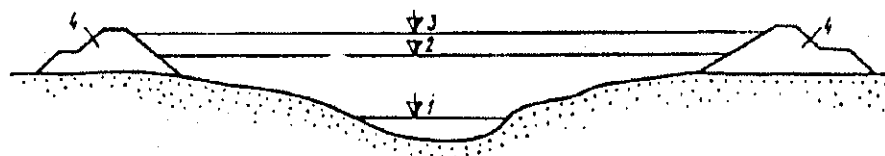
Rendszeressé kéne tenni az árvízvédelmi gátak teljes rekonstrukcióját a különösen veszélyes szakaszokon, a települések biztonságos védelme érdekében – az anyagiaktól függően a kis lépések taktikájával, de konstans intenzitással –, hogy ténylegesen nyugodtak lehessenek az állampolgárok a létező gátak árnyékában.

Az elmúlt 154 év hatalmas fizikai és szellemi munkával kiépített egy árvédelmi rendszert, amely túlhaladta az európai elképzeléseket is. Lényegében már nem kell gátakat építeni a Tiszán, csak a meglévő rendszer szorul a biztonság fokozására.

A múlt eredményei talán megerősítenek abban a tudatban, hogy a jövőben a Tiszatáji embert nem a félelem viszi majd a gátra, homokzsákokat rakva a szivaccsá ázott töltésekre, hanem a hömpölygő ár panorámája, vagy a jégzajlás szimfóniája.

### 2. 1. Az árvédelmi gátak igénybevétele

Az árhullám változó víznyomásának megfelelően a gát testének átnedvesedése a víz felőli rézsű oldaláról az árhullám tartósságától és a gát anyagának átteresztőképességtől függően fokozatosan halad előre. Az átnedvesedés mértékét



2. ábra

*A gátak tapasztalati méretei és elhelyezése*

1. – a meder vízszintje;
- 2-3. – az árvizek szintje a gátak építése előtt és után;
4. – a megépült gátak

biztosított, ha a tényleges árhullám ennél a kritikus és vízszintes, valamint függőleges kiterjedését a

földgát anyaga, annak szerkezete, valamint szerkezeti inhomogenitása határozza meg. Tekintettel arra, hogy az árvédelmi gátak még csak részben vannak a szükséges védőképességre kiépítve, a gátak fejlesztéséhez és fenntartásához is, de az árvédekezési munkák gyors és határozott végrehajtásához is ismerni kell a gátak árvíz alatti igénybevételét.

Az árhullámok részben mechanikai (ütő, elmosó) hatásai, részben a belső egyensúly bomlását előidéző (szivárgási, átázási, csurgási) hatásai rombolhatják a védőgátakat.

Ezek a hatások általában a következő formában idézhetik elő a gátak tönkremenetelét:

a mentett oldali rézsú, a gátkorona, majd az egész töltés eróziója, a töltést meghágó vizek következtében;

közvetlen víz felőli töltéserózió a hullámverés hatására;

a mentett oldali töltésrézsú megbomlása, és a töltés roskadása a töltésben átszivárgó koncentráltan mozgó víz hatására;

a töltés alatti talajtömb állékonyságának megbomlása a talaj tömbön keresztüli vízmozgások hatására.

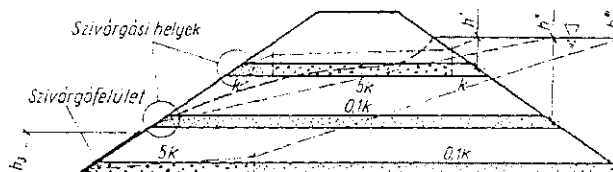
A gátak építésének természetesen jelentkezett az a hátránya. A lebegő hordalék lerakódásának következményeként emelkedett az árvizek. Ez vezetett azután oda, hogy a gátak magasságát periodikusan kellett növelni. A depressziós görbék emelkedése megkövetelte a gátak szélességének is a növelését. Ezek a munkálatok az esetek többségében gyors beavatkozással történtek, és nagyon gyakran nélkülözték a megfelelő hozzáértést.

Az árvizek hatására a gátak állapota mind inkább megrongálódik, s megjelennek a különböző kritikus pontok a gát keresztmetszetében. Az árvédelmi gátak biztonságát vizsgálva megállapítható, hogy az árvízzel borított terület olyan védvonalak védik az esetek többségében, amelyek átlagosan 60 évenként egyszer előforduló árvizek kivédésére voltak alkalmasak. Annak ellenére, hogy az árvízvédelmi töltésekbe elég nagy mennyiségű föld épült be, katasztrófák azt igazolják, hogy ez a munka nem elegendő, mert a

és az árvíz tartósságok növekedése miatt az árvízszint felett szükséges biztonsági magasságnál alacsonyabb. A töltéskeresztmetszet méretei helyenként kisebbek a szükségesnél, esetleg még ott is, ahol a töltés magassági biztonsága megvan. A töltések anyaga és altalaja több helyen nem megfelelő, mert azok átázáskor csúszásra hajlamos szikes anyagból épültek, az altalajuk pedig buzgárképződésre, talajtörésre hajlamos. De nem megfelelő esetleg azért sem, mert a gátak földanyagának szerkezetbe a fizikai, kémiai és mechanikai hatásokra az idők folyamán megváltozott, szivárgási stabilitása csökkent.

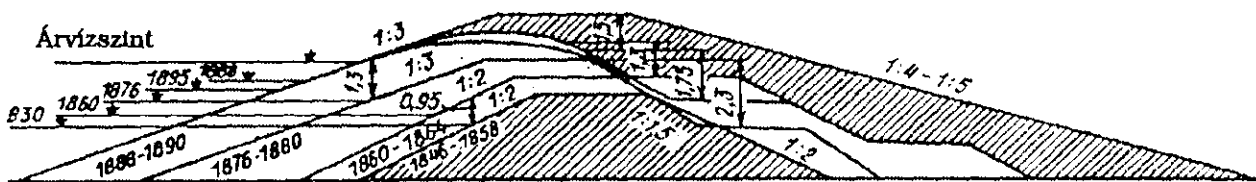
Szükségesnek tartom annak a kérdésnek a felvetését, hogy a gát stabilitása miért jelentkezik mint speciális problémaként, és miért nem használhatjuk mindig az ismert statikai módszereket vagy azoknak csak egy részét. Mint tudjuk, ezekkel a módszerekkel mindig elérhetők a megfelelő eredmények, ha az elterített föld homogén, a létező geometria körvonalai egyszerűek vagy a csúszás szilárdsága nincs kitéve különböző változásoknak. Ez a három követelmény jelen esetben sajnos nem érvényes.

A meglévő árvédelmi gátak anyaga a gyakorlatban nem homogén és nem izotrop, a benne bekövetkező vízmozgás az ismert szilárdsági képletekkel nem írható le, legfeljebb megközelíthető. Az árhullámok ideje alatt nem a permanens szivárgás jellemző, hanem a fokozatos, esetleg részenként elkülönülő, különböző intenzitású átmedvesedés.



4. ábra

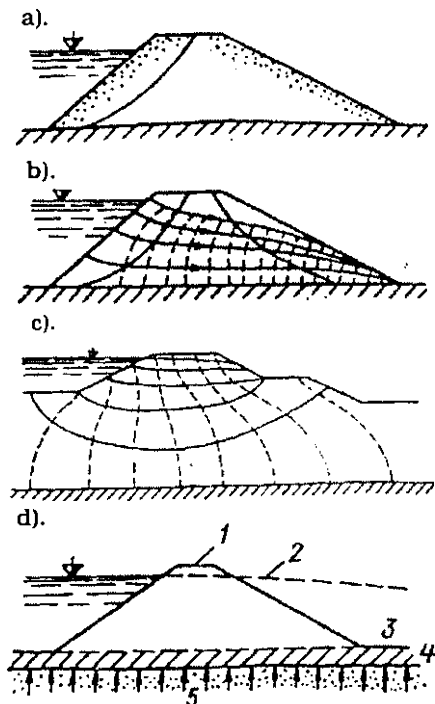
A gát különböző rétegeken keresztüli átmedvesedésének elvi mechanizmusa



3. ábra

A Széchenyi-gát magasságának a növelése az 1845-1890-es években a Tiszadob és Polgár közötti szakaszon

védőtöltéseknek igen nagy százaléka az árvízszintek



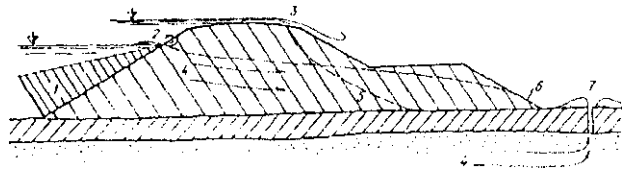
5. ábra

Árvízvédelmi gátak tönkremenetelének formái:

- a. – csúszás a gát koronájánál
- b. – csúszás a szivárgástól
- c. – átnedvesedés a gát testén és az alapon
- d. – víznyomás a kötött talajra

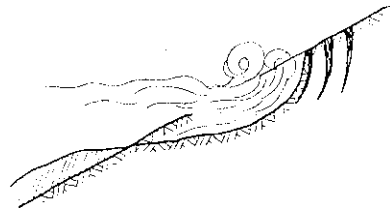
A gát hasznos magasságánál magasabb vizeknek statikai és dinamikai hatása van. Azok az árvizek tehát, melyek a gát hasznos magasságát elérik vagy meghaladják, már veszélyesek lehetnek. Ekkor a töltéskorona alatti szivacsos rétegben meginduló áramlás a mentett oldali rézsűt a felszíne alatt eláztatja, megbontja, anyagát megcsúsztatja, majd kimossa. Ha pedig a víz a gátat meghágja, az

átsurgó víz hatása a mentett oldal felől a víz felé hátráló erózióban nyilvánul meg.



6. ábra. A töltésre kifejett káros hatások:

- 1. – hidrosztatikus nyomás
- 2. – hullámverés
- 3. – a töltés meghágása
- 4. – hidrodinamikai nyomás
- 5. – csúszás
- 6. – kimosás
- 7. – feltörő víz (buzgár)

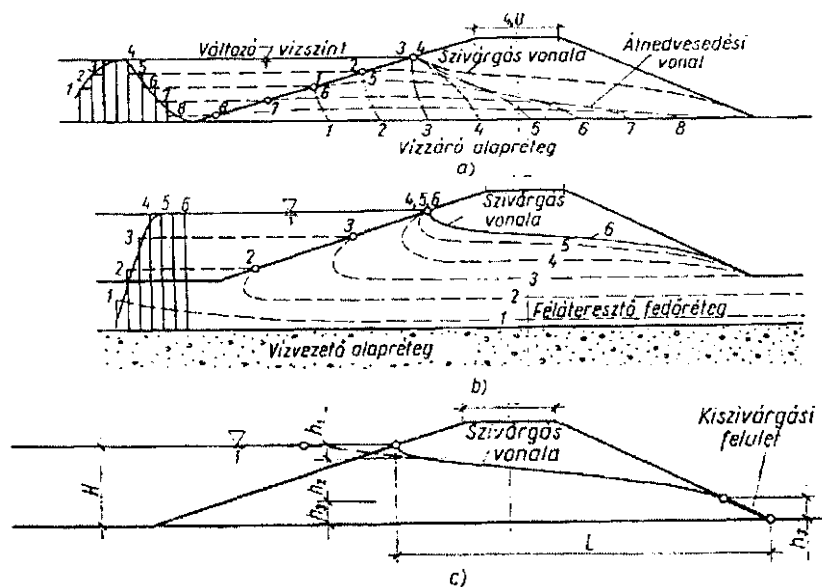


7. ábra

A rézsű elhabolása

Az inhomogén anyagú töltésbe annál hamarabb hatol be a víz és hatol előre az átnedvesedés, minél áteresztőbb rétegek vannak benne, minél mélyebb a gáttestnek a szivacsos, laza része, minél inkább bontják azt meg üregek, repedések, szerkezeti lazulások. De az átnedvesedés a gát alatt megindult szivárgás és vízszintemelkedés következtében alulról is előállhat – esetleg hamarabb, mint a töltésen keresztül.

A töltés testében az áramlási tartománynak olyan helyei is lehetnek, ahol a vízáramlás

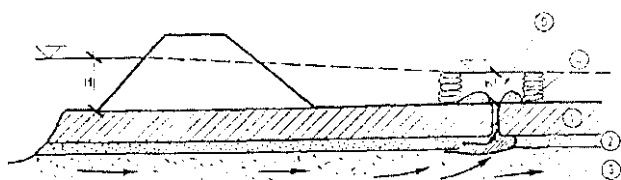


8. ábra. A töltésekben keletkező vízmozgás

- a.) és b.) fokozatos átnedvesedés, a töltés átnemeresztő és áteresztő talajon áll
- c.) állandó szivárgás, ha a töltés átnemeresztő talajon áll

csékélyebb ellenállásokba ütköznek, és így helyi vízerek keletkezhetnek. Az ilyen vízerekből kifejlődött koncentrált kimosásokon át csurgások keletkeznek. Ilyenek képződésére alkalmas helyek lehetnek a töltésekben a gyengébben tömörített vagy átteresztő rétegek, illetőleg a töltés és az alaptömb, illetve a töltést keresztező építmények érintkezési felületei.

Árvíz esetén a töltés alapi és mögötti talajban meginduló szivárgás a talajvíz eredeti, szabad felszínét megemeli vagy nyomás alá helyezi. Ezért a töltés alatti talaj egyes pontjaiban az áramlási nyomások hely szerint, de idő szerint is változnak. A fedőrétegen felfelé irányuló vízáramlást tehát a töltés mögötti talajban előálló nyomásesés idézi elő. Ez a víz a kilépés után mint fakadó víz jelenik meg. A hidraulikus gradiens kritikus értékénél nagyobb átlagos gradiens mellett pedig már a töltés mögötti talaj megbomlása valószínű, a fedőréteg felszakadhat vagy a járatain buzgárok törhetnek fel.

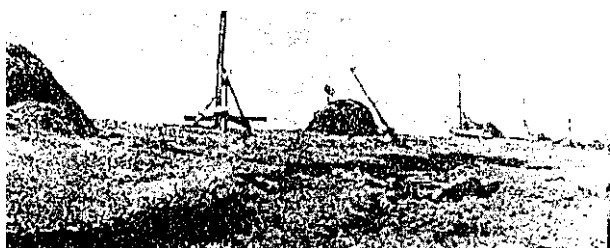


9. ábra

*Buzgárveszélyes rétegsor*

1. – vízzáró fedőréteg; 2. – durvább szemű réteg;
3. – vízáteresztő altalaj; 4. – gyökérjárat;
5. – ellennyomó-medence

Ezek a buzgárok a fedőréteg alapi vízvezető réteget lazítják, kiüregelik, járatossá teszik és fokozatos visszavágódással megindul a töltés alapi talajtömb eróziója, ami a talaj kimosásához és a gát beszakadásához vezet.



10. ábra

*Egy klasszikus példa a gát beszakadására*

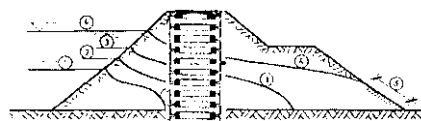
Lényegében az eddig felsorolt gátigény-bevételekhez igazodik a mindenkorri árvédekezés szervezése és végrehajtása.

Úgy a bevezetésben, mint a probléma felvetésében a műszakiak számára általában ismert jelenségekről, károsodásokról vagy adatokról számoltunk be. Egyedüli célunk ezzel az ismertetéssel arra irányult, hogy a bemutatandó, ajánlott szerkezeti védgátkeresztmetszet hogyan oldja meg és küszöböli ki azokat a műszaki

hátrányokat, amelyekkel – sajnos – a jelen védgátak keresztmetszetei, szerkezetei rendelkeznek és végső soron az árvízi katasztrófák szinte egyedüli okozói.

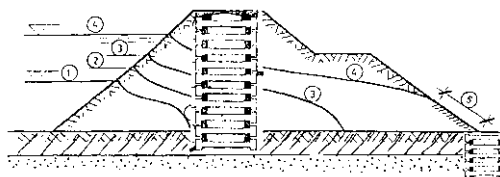
### 3. Helyszíni, üzemi kísérletekre ajánlott vasalt földtámszerkezet mint védgát keresztmetszeti struktúra.

Nem bocsátkozva részletes ismertetésbe, vázlatosan mutatjuk be az érthetőség kedvéért az ajánlott gátszerkezet keresztmetszetét.



11. ábra

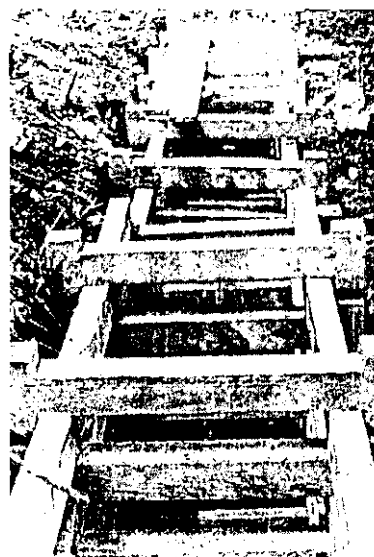
*A töltésbe beépített földtámszerkezet előre gyártott vasbeton elemekkel*



12. ábra

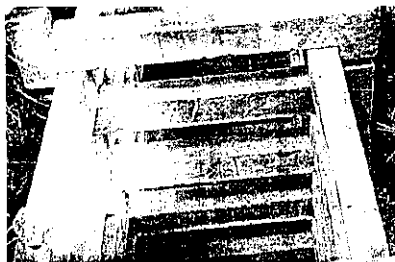
*A védett oldalon a töltés talpvonalánál beépített buzgár jelenlétét ellenőrző szerkezet*

- 1., 2., 3., 4. - szivárgási vonalváltozás az emelkedő vízszint függvényében;
5. - átázott töltésrészúhossz a beépített földtámszerkezet előtt



13. ábra

*A védgát koronája előre gyártott vasbeton elemekből a vasalt földtámszerkezet beépítésénél*



14. ábra  
Az elemek szerelése csuklós szerkezetként



15. ábra  
A gát magasságának növelése homokzsákokkal a védekezés „hevében”. A földtámszerkezetnél ez a munkafolyamat a vasbeton elemek magassági „hozzáadásával” történik mint egyszerű szerelés



16. ábra  
Az átmedvesedés utáni csurgás a védett oldal rézsűjének talppontján, a homokzsákokkal kivitelezett támbordák között. A vasalt földtámszerkezet ezt kiküszöböli

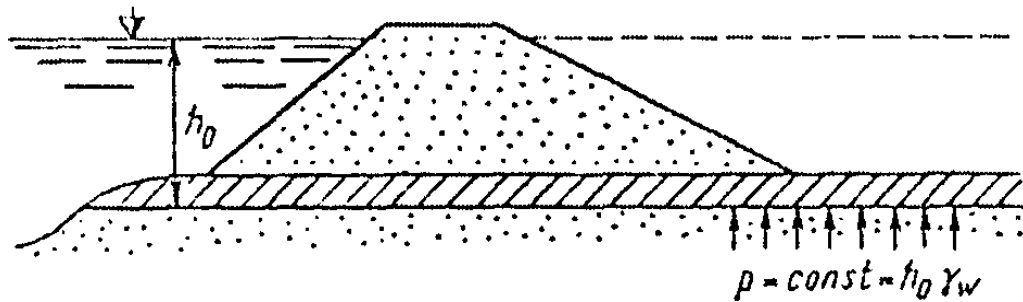


17. ábra  
A védett oldal támbordái homokzsákokkal. A csúszás megelőzése. A vasalt földtámszerkezeteknél nincs szükség az ilyen jellegű megtámasztásokra

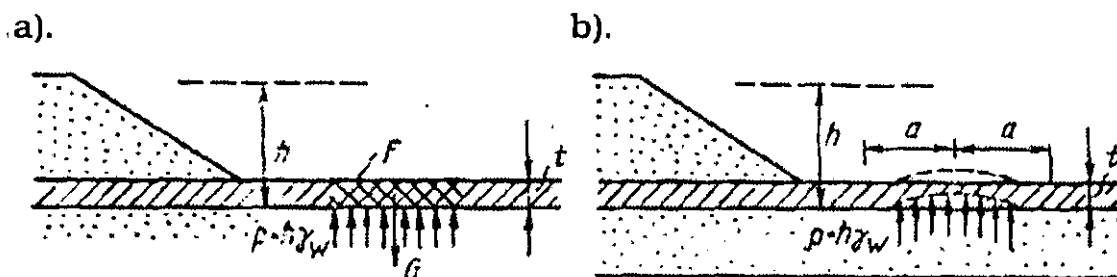
Az előre gyártott vasbeton elemekkel vasalt földtámszerkezet érezhetően növeli a gátszerkezet merevségét, és mivel a vasalt föld lényegében plasztikus, homokos agyag (50-60% homok) gyakorlatilag megszünteti a védett oldali töltés átmedvesedését, átázott rézsűhosszról már nem lehet beszélni. A homokos agyag nem duzzad és nem repedezik meg. A merev vasbeton szerkezet egy tixotropikus közegbe van beágyazva, csuklós építményként van kiképezve a töltés teljes magasságában és hosszában, ezért rugalmasan követi az esetleges mozgásokat, süllyedéseket, az esetleges gátmagasságok növelésénél szintén rugalmasan követhető az árvízszint által követelt biztonsági magasság az előre gyártott elemek tetszés szerinti beépítésével. Az ilyen jellegű környezetbarát építmény – a résfalakkal ellenlétben – nem befolyásolja a talajvíz természetes mozgását, a közeli települések kútjainak vízszintje nem csökken 3-5 méterre, mint ez a nagyváradi töltéseknél történt.

A földtámszerkezet stabilitása – ha esetleg felmerülne – a struktúra vízszintes növelésével megoldható, habár a tiszai töltések magassága nem szolgáltat erre okot. A fentiek alapján a védett oldalon nem merülhetnek fel csúszási, alakváltozási problémák.

A víz felőli oldal tipikus mérnök-biológiai technológiákkal, humuszos fűmagbelövással az elhabolás ma kevés problémát vethet fel. Természetesen ezeket a technológiákat az árvizek közötti periódusban kell alkalmazni, és nem akkor, amikor a veszély a „kapukat döngeti”, mert ilyen esetekben az „improvizáció” dominál, a tanácstalanság, kapkodás eredményeképpen. A részlegesen megoldott, az „empirizmus”, a rutin kategóriájába tartozik a talajtömb problémája. Különösen a buzgárok „anatómiájára” szeretnék kitérni. Nem mindig lehet tudni – különösen, ha a talajmechanikai problémák egyes szakaszokon nincsenek tisztázva –, hol és mikor veszélyeztetni a töltés megrogyását ez a jelenség. Rövidesen elérkezik majd az az idő – ha „in situ” a töltések viselkedésének követése rendszeresítve lesz –, amikor ez a probléma nem okoz majd annyi gondot, mint a jelenkori védekezéseknél.

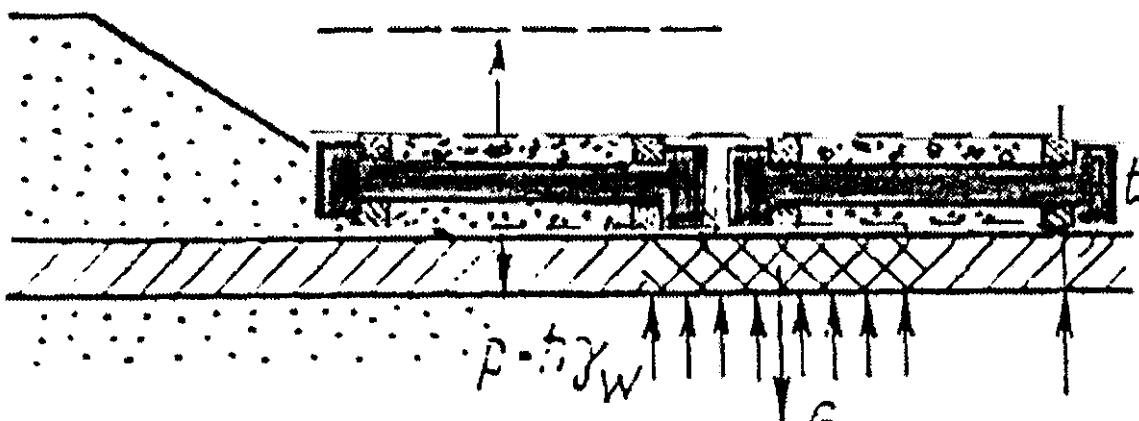


18. ábra  
A stabilitás meghatározásánál alkalmazott feszültségek



19. ábra  
A felső, kötött talaj felszakadása

- a.) - a gyenge pont
- b.) - a meghajlás nyílmagassága



20. ábra

A buzgárképződés megakadályozása előre gyártott vasbeton elemekkel kialakított szűrőpaplannal, a védett rézsű talppontjából kiindulva. A szűrőpaplan szemszerkezete a talajtól kezdődően változó (3-7, 7-15, 50-60) és a kötött talajt lefedő geotextiliára támaszkodik. Környezetbarát szerkezet nem készíti ellenállásra e természeti erőt, kiküszöbölő- szerintünk – véglegesen a buzgárképződés fogalmát mint veszélyes stabilitási jelenséget

A töltés geometriáján történt elemzések eredményeképpen – úgy tűnik –, hogy a földtámrendszer mint előre gyártott vasbeton elemekkel vasalt talaj, megfelelő feleletet ad a rézsűkön, gátkoronán és a földtömbön adódó problémákra, de a végső szót a szerkezet kipróbálása, viselkedése és az elért pozitív vagy negatív eredmények fogják majd szolgáltatni.

#### 4. Következtetés.

A földlámrendszer szilárd váza, de ugyanakkor mint rugalmas építmény, megérdemli a megfelelő figyelmet mind tudományos, mind műszaki szempontból. Mint általában ismeretes, a földből készült építményeknél az odafigyelés az építkezés alatt, és különösen a tapasztalat az, amely döntően befolyásolhatja az építmény biztonságát. Találónan jegyezte meg K. Teszaghi a talajmechanika kiemelkedő egyénisége, hogy egy liter tapasztalathoz csak egy csepp elmélet szükségeseltetik.

És még valami. Szükségesnek tartom ez alkommel is aláhúzni a mérnöki biológia fontosságát. Már nem lehet alábecsülni a mérnöki biológiát sem romantikus, sem esztétikai szempontból, mint ahogy a múltban történt. Ez az új tudományosan megalapozott aktivitás az általános mérnöki munka szerves részét kell hogy képezze, különösen a földépítmények kivitelezésénél.

Sajnos a mérnöki biológia az egyetemi műszaki oktatásban még nem jelent meg önálló oktatási tantárgyként. Éppen ezért itt szeretném megjegyezni, mint egy pozitív lépést, hogy a Nagyváradi Egyetemen, a Környezetvédelmi Fakultáson a mérnöki biológia önálló műszaki tantárgyként jelenik meg a következő tanév tanulmányi tervében.

#### Irodalom.

17. R. A. Javel, G. W. Milligan: Deformation calculations for reinforced soil walls. Proc. of sym. On reinforced embankments - theory and practice, Cambridge. Thomas Telford, 1990.
18. Mihalik, A. : Pământ armat cu elemente de beton armat prefabricate, la impermeabilizarea digurilor de apărare la inundații catastrofale. Sesiunea Anuală de Comunicări Științifice , Universitatea Oradea.
19. Mihalik, A.: Brevet de Inventie „RO” 99469 OSIM București, 1988.