

# A Bodajk–Balinka állomásközben bekövetkezett rézsűkárosodás helyreállítása előregyártott vasbetonelemekből kialakított szivárgó földtámrendszerrel

Molnár László<sup>1</sup>, Dr. ing. Mihalik András<sup>2</sup>

Csúcs Ipari és Szolgáltató Kft. Budapest<sup>1</sup>,

Okleveles mérnök, a műszaki tudomány doktora, egyetemi tanár, Nagyvárad<sup>2</sup>

„Az elméletre egy cédulát kéne függeszteni:  
figyelemmel, óvatossággal használandó!  
Nem több, mint egy csepp egy liter tapasztalathoz.”  
K. Terzaghi

A szerzőknek e közleménye a kolozsvári vasútigazgatóság területén 1958. óta alkalmazott támasztó szerkezetek tanulmányozásának a hasznosítását írja le. Több alkalommal MÁV-szakemberek és a kivitelező Csúcs Ipari és Szolgáltató Kft. a helyszínen, a Nagyvárad–Vaskőh vasútvonalon, Nagyváradon, a Fekete- és Sebes-Körösökön elemezték az előregyártott vasbeton elemekből kivitelezett építményeket a mélyépítés, víz-építés és közlekedési gyakorlatban. Több mint negyven év pozitív eredményei, az építmények természetbarát viselkedése – különösen kohéziós talajokban – vezettek el oda előzetes tanulmányozás után, hogy a Bodajk–Balinka állomásközben bekövetkezett rézsűkárosodás helyreállítására egy MIHAND rendszerű szivárgó alapozású és felépítményű, szivárgó és támbordákból kialakított szerkezetet kivitelezzenek 2000 augusztus végén. A bevezetésben röviden bemutatásra kerülnek a 40 év folyamán észlelt károsodások tipikus formái, valamint ezeknek a helyreállítása a már említett földtám rendszerrel.

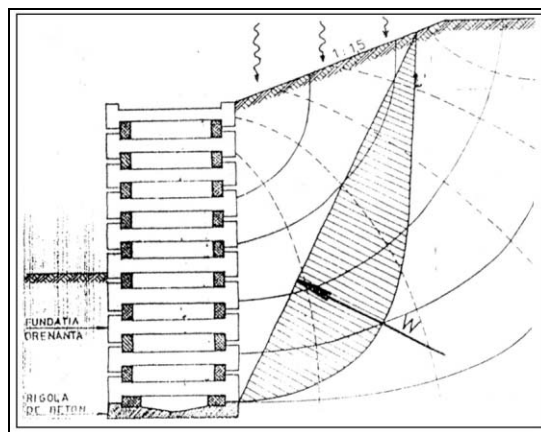
## 1. Bevezetés

Minden mérnöki létesítmény – esetünkben támasztó szivárgó szerkezetek – összefügg a környező tájjal, annak részévé válik, kitéve a légköri behatások, a felszíni és felszín alatti vizek, a felszíni mozgások stb. hatásainak. Ha nem ismerjük fel helyesen azokat az eleven természeti erőket, amelyek a táj képét formálják, ha a tervezés és az építés során nem vesszük ezeket figyelembe, akkor a mérnöki építmény rombolólag hat, gazdasági, esztétikai szempontból károkat okoz. Ezek a jelenségek azután a műszaki létesítményre is visszahatnak, azt tönkreteszhetik, vagy annak fenntartása, karbantartása csak nagy költségekkel válik lehetségessé. A táj, amelybe a mérnöki alkotás mint „idegen test” belekerül, növényvilágával együtt szerves egység, mely állandóan változik és átalakul, csak a szerves folyamatokkal együtt érthető meg teljesen. Egyes jelenségek kiszakított szemlélete teljesen hamis következtetésekre vezet.

Ezért helytelen a természetben végzett mérnöki működés során csak tisztán műszaki szempontokat venni figyelembe.

A földműveket alkotó műszaki emberek tehát a táj összhangjának és szépségének megőrzéséért is felelősek. Feltétlenül tekintetbe kell vennünk az éghajlat, a talajösszetétel, a vízháztartás, a tájolás szempontjait. Ezek mind kapcsolatban vannak a mérnökgeológiai feladatok megoldásával is, melynek ismerete nélkül nehezen képzelhetők el napjainkban az építmények kivitelezésének a problémái.

Több mint negyven év kutatásaira és tapasztalataira támaszkodva a bemutatott építmény a talaj, a növényzet és a vízháztartás szoros kapcsolatát csak gyengén befolyásolja, ezáltal eltűnik az „idegen test” káros hatása, csökken a természet káros visszahatása a műszaki létesítményre, amely a karbantartás szempontjából az építmények biztonságos viselkedésénél nem elhanyagolható körülmény.



1. ábra

Szivárgó alapozású és felépítményű támasztó szerkezet előregyártott vasbeton elemekből

A támasztó szerkezetek előregyártott vasbeton elemekből vannak összeszerelve, amelyek az építmények szilárdsági vázát képezik. A szilárdsági struktúra által határolt területet terméskövel gondosan ki kell tölteni. Ezáltal például egy támfal szivárgó rendszerre alakul át, ami biztosítja a levegő ál-

landó mozgását a megtámasztott föld felülete és a környező levegő között, valamint nem emel akadályt a talajvíz normális, természetes áramlása elé, mint a monolitikus támfalak esetében.

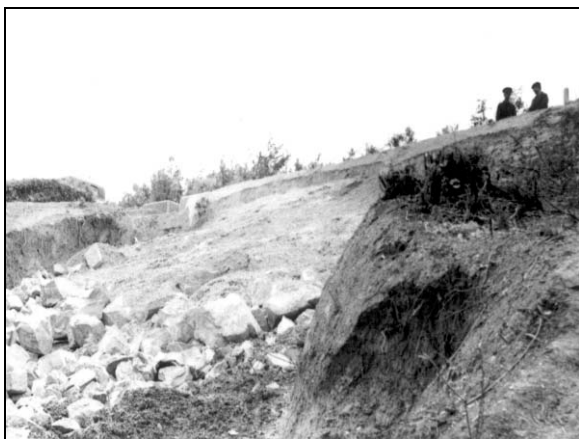


2. ábra

*Az alépítmény károsodása klasszikus mélyszivárgók környezetében, kohéziós talajban*

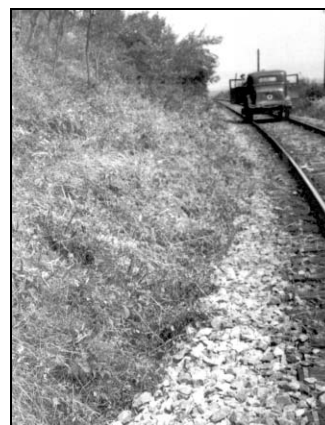
Mivel lényegében ugyanazok a jelenségek szabadon lejátszódhatnak az építkezés után is mint a természetes környezetben, nyilvánvaló, hogy a mérnöki beavatkozás nem hat rombolólag. Ugyanakkor a természet erői sem találnak ellenállásra – nincs mit legyőzniük –, ezáltal megkímélik az építményt.

Különösen fontos ezeknek a szivárgószellőztető, előregyártott vasbeton elemekből készült támszerkezeteknek a jelentősége kohéziós, agyagos talajokban, ahol a statisztikai adatok alapján az építmények károsodása maximális (2., 3., 4., 5., 6., 7. ábra). Mivel az agyagos talajokból a víz nem távozik a szokásos gravitációs törvények szerint, csupán szellőztetéssel, megváltozik a mélyszivárgókról alkotott eddigi elképzelés, ugyanis nemcsak a vizet, hanem a rugalmasan elhelyezkedő párát is szükséges ezekből a talaj-nemekből szellőztetéssel az árok határfelületén lecsapódásra készíteni és utána a szivárgó rendszeren át elvezetni.



3. ábra

*Rézsűkárosodás*



4. ábra

*A rézsű csúszó földtömegének a nyelve*



5. ábra

*Öv árok károsodása*



6. ábra

*Kavicszsák okozta károsodás*

Megjelenik a termo-ozmózis fogalma, és az ilyen rendszerű szivárgók alkalmazása emeli a vízel távolítás hatásfokát, hozzájárulva ezzel az alépítmények általános stabilitásához. A vasutak esetében a mélyszivárgók általában a károsodások kezdeti fázisában, de az esetek többségében a károsodás után kerülnek kivitelezésre. Ezek az építmények nagyon költségesek mindamelllett, hogy a kivitelezések után a karbantartásával nemigen foglalkoznak, ugyanis a karbantartás lényegében a kötőanyag eliszaposodási fokát kéne ellenőrizze, amely bonyolult probléma, szinte egy új szivárgó létesítésével ér fel.



7. ábra

*Mélyszivárgó folyókájának a károsodása. A törésnél összegyűlt víz sietette a csúszás folyamatát.*



8. ábra

*Az alépitmény károsodása kohéziós talajban klasszikus mélyszivárgók között.*

Bonyolódik a helyzet akkor, amikor a mélyszivárgót agyagos talajban kivitelezik. A mai napig sokan még a szakemberek közül sem értik meg, hogy az agyag gravitációnálisan nem adja le a vizet, s ha nincs szerves, állandó kapcsolat a környező levegővel, tehát ha nincs állandó légmozgás a megtámasztott agyag felületén, a szivárgónak a hatékonysága nagyon alacsony nívón mozog. Ebben az esetben előbb-utóbb bekövetkezik a károsodás (8. ábra).



9. ábra

*Az első kísérleti szakasz kohéziós talajban. 1959. Nagyvárad–Vaskoh vasútvonal*

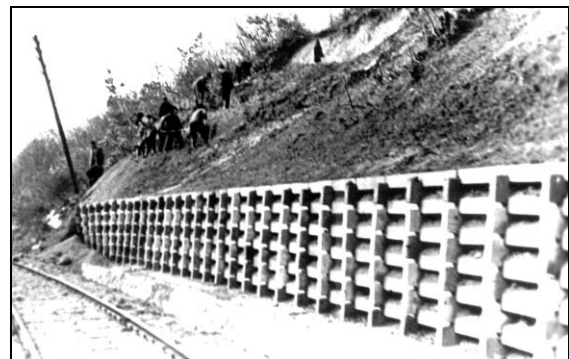


10. ábra

*Egy károsodásnak idült töltés rézsűjének a megerősítése a talppont magasságában. Ebben az esetben a támfal alapozás nélkül a természetes talajra kerül, gravitációs padkaként.*



11. ábra



11–12. ábra

*Modellkísérlet természetes nagyságban “in situ”. Egy lassan deformálódó rézsű hosszának a feléig megépült szivárgó rendszerű támszerkezet viselkedését figyeltük meg hónapokon keresztül. A tavaszi esők hatására a rézsű intenzíven csúszásznak idült. Ott ahol a támfal megépült, a rézsű stabil maradt, ott, ahol nem volt támfal, a földtömeg a pályára csúszott.*

A talajtömegek aktív nyomásának meghatározásában a nyírószilárdság kérdése jelentős szerepet játszik, márpedig agyagok nyírószilárdságának pontos meghatározása a talajmechanikának a nem teljesen megoldott kérdései közé tartozik. Az aktív nyomás előidézéséhez szükséges alakváltozás nagysága kötött talajok esetén nem egyértelműen meghatározható mennyiség: nincs módunkban

összefüggést megállapítani a kohéziós talaj elmozdulása és oldalmozgása között úgy, mint a szemcsés kohézió nélküli talajok esetében. Ha egy kohéziós földtömegben már kialakult csúszólapon a nyírófeszültség állandó marad, akkor számíthatunk arra, hogy a földnyomás értéke is állandó lesz. Ha viszont a talajtömegben fellépő nyírófeszültségek túllépik a talaj fundamentális nyírószilárságát, akkor állandó nyírófeszültségre csak abban az esetben számíthatunk, ha állandó, lassú, folyamatos alakváltozás következik be a támfallal megtámasztott földtömeg esetében, tehát a fal állandó, lassú, kifelé való mozgást végez.



13. ábra

*A fal vége súrlódás hatására deformálódik, az elemek vízszintes irányban csúsztak.*



14. ábra

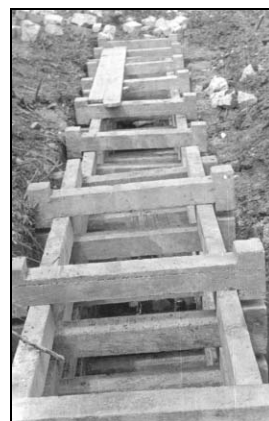
*A fal végleges hossza a vágány tengelyében*



15. ábra

*Száritó bordákkal épülő támszerkezet kohéziós talajban*

Kohéziós talajt megtámasztó falakat tehát csak akkor ajánlatos aktív földnyomás nagyságára méretezni, ha a fal lassú, folyamatos alakváltozása káros következmények nélkül beállhat, vagy pedig a fal nem olyan merev, illetve az építmény egyéb részével együttesen nem alkot olyan merev szerkezetet, hogy a kisebb aktív nyomás fenntartásához szükséges alakváltozás fellépte nem biztosítható.



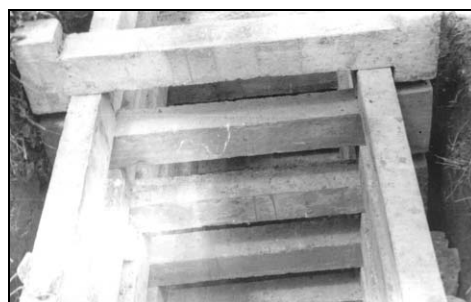
16. ábra

*Egy szivárgó alapozás terméskövel való feltöltés előtt*



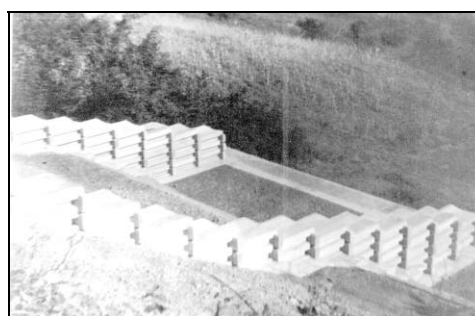
17. ábra

*Mélyszivárgó-keresztmetszet építés közben (14m mélységben)*



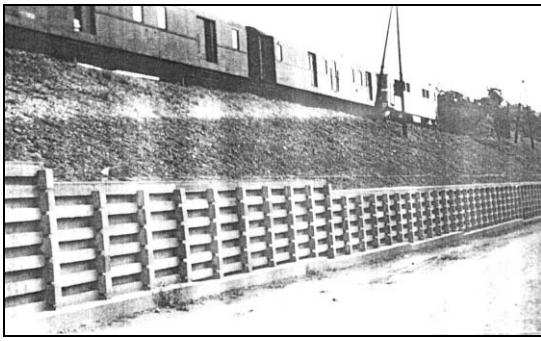
18. ábra

*A csuklósan kialakított struktúra*



19. ábra

*Szivárgó szárító támbordák*



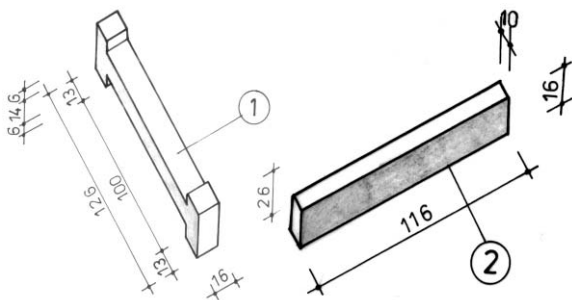
20. ábra  
 *Szivárgó alapozású és felépítményű támszerkezet  
 (MIHAND) városi környezetben,  
 Nagyváradon – 1968-ban*

Amikor figyelmünket az agyagos talajokban kivitelezett, a magas százalékban károsodott struktúrák felé irányítottuk, meggyőződhetünk arról, hogy a megtámasztás hatékonysága csak egy rugalmas, de szilárd vázú szivárgó építménnyel lehetséges. Erre a legalkalmasabb hatékony struktúra csak előregyártott vasbeton elemek segítségével lehetséges, ahol az elmozdulások nem veszélyeztetik az építmény általános stabilitását, s nedvességszökkentő, szellőztető hatásukkal a földtömeg állékonyságát növelik. A gyakorlat azt igazolja, hogy nem tévedtünk, habár kutatásaink veszélyes körülmények között, néha a kiábrándulás határát is érintették.

Az alépítmény állékonysága különböző keresztmetszetekben, sajátos hidrogeológiai környezetben általában a vízvezetés felszíni és felszín alatti függvénye.

Ha ez a feltétel nem biztosított, a földtömeg deformálódik és bekövetkezhet a csúszás jelensége.

Az eddig említett sajátosságok figyelembevételével alkalmazták Erdélyben a Román Államvasutaknál (CFR) először 1958-ban az ilyen típusú támszerkezeteket, támasztó szerkezeteket (MIHAND) (9., 10., 11., 12., 13., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20. és 21. ábrák).



21. ábra  
 *A két típusú előregyártott vasbeton elem (1-EA, 2-EL): alkotói a szilárd struktúrának és a rugalmas kivitelezett építményeknek*

A megépült támfal végén a földtömeg és az előregyártott vasbeton elemek közötti súrlódás hatására egy „csavarásnak” tekinthető jelenség lépett fel, és az utolsó négy sor magasságában az elemek vízszintes irányban megcsúsztak, de nem károsodtak. A szivárgó támszerkezet tehát nem egy sarokpont körül deformálódik, veszti el stabilitását, hanem a vasalt földhöz hasonlóan vízszintes csúszás lép fel. Az így végrehajtott modellkísérlet is aláhúzza ennek a szivárgó támrendszernek a rugalmasságát. A károsodás helyreállítása a megépült kísérleti támszerkezet hosszának a megduplázását vont maga után.

A bemutatott károsodások helyreállításánál aláhúzható a gyors és egyszerű kivitelezés a forgalom lezárása nélkül. Eltűnik a kivitelezés szezonjellege, a fal a kivitelezés befejeztével azonnal átveheti a nyomóterhelést, ellentétben a klasszikus, monolitikus építményekkel. Abban az esetben, ha egy ilyen támszerkezet elvesztené stabilitását, a vasbeton elemek visszanyerhetők, s a csúszott földtömeg eltávolítása után megépíthető az új támszerkezet.

Esztetikailag szervesen illeszkedik a környezethez, amely urbanisztikai kivitelezésben különösen szembeötlő!

## 2. A Bodajk–Balinka 35/36 szelvény rézsúcsúszás talajmechanikai elemzése, az építmény méretezése

A vonal az 1950-es években épült a helyi közforgalom és teherszállítás lebonyolítására. Időközben a személyforgalom átterelődött a közútra, a vasúti forgalom jelentős része a szénbányászat kiszolgálására irányult.

A vonal építése során a bevágás fejítése közben több helyütt tört fel forrásszerű, fakadó víz, ezért a kivitelezés elősegítésére, valamint a majdani forgalom biztosítására megszakító talpszivárgó létesült, valamint a 35/42 szelvények közötti szakaszon a bevágás jobb oldalán övások készültek. Körülbelül 10 évvel ezelőtt a 35/36 szelvényben, de a bal oldalon már történt egy rézsúcsúszás, amelynek okáról és a helyreállítás mikéntjéről nincs adat.

Az elkészült bevágási felületen több szelvényben vált szükségessé szárítóborda készítése, mivel erős nedvedésnyomokat észleltek. Ezek nem mindegyike működik, mivel az eltelt idő alatt a bordatest betömődött. Ilyen szárítóborda készült a 35/90 szelvényben is, a szárító hatása jól érzékelhetően csak korlátos. A rézsűfelületre szivárgó víz nem a bordatestbe jut, hanem gravitációs úton, valamint párolgás útján távozik.

## 2.1. Talajfeltárás, altalaj és talajvízviszonyok

Az elmozdulás okainak kiderítésére 4. db kis átmérőjű, 1 db. nagy átmérőjű feltáró fúrást mélyítették le, továbbá a tagolt terep miatt szeizmikus geofizikai szondázást és geoelektromos méréseket végeztek.

A kis átmérőjű fúrások összes hossza 26 m, míg a nagy átmérőjű 12 m mélyre hatolt le. A kis átmérőjű fúrásokból azonosító vizsgálatra 18 db. zavart állapotú, míg a nagy átmérőjű fúrásokból 3 db. zavartalan és 10 db. zavart állapotú minta került laboratóriumba, beszállításra.

Az elmozdult rézsűfelületen elkészített fúrások világosbarna homok, világosbarna iszapos homok és szürke agyag rétegeket harántoltak. Az elmozdult talajrétegekről indított fúrásokkal feltárt agyagréteg mintegy 10 százalékos eséssel lejt a vasúti pálya bal oldala felé, amely megegyezik a csúszás helyén lévő terepalakulat hajlásszögével. Az agyagréteg fölötti talajok száraz állapotúak, míg a kb. 10 cm-nyire lévők erősen nedvesek, telítettek.

A szeizmikus mérések alapján a fúrással közel azonos mélységben érezhető az agyaghatár, amelynek a felülete igen változékony. A csúszás környezetében jelentős szintmélyülés tapasztalható. Ezek alapján az agyagrétegnek nemcsak pályatengelyre merőleges, hanem jelentős mértékű pályatengely irányú dőlése is van.

Az ellenállásmérések alapján sem a felszínen, sem a rézsűoldalon vezetett mérési vonalon kiugróan nagyobb nedvességtartalomra utaló zónát nem lehet kimutatni.

Az elvégzett szilárdsági vizsgálatok alapján a szakadólap felső tartományában lévő talaj jellemzői  $\bar{R}_u = 28,8^\circ$ ;  $C_u = 47,6 \text{ KN/m}^2$ , a csúszólap alsó tartományában lévő talaj jellemzői pedig  $\bar{R}_u = 20,61^\circ$ ;  $C_u = 56,88 \text{ KN/m}^2$ .

## 2.2. A rézsűállékonyság vizsgálata, a szivárgó rendszerű támasztó szerkezet méretezése

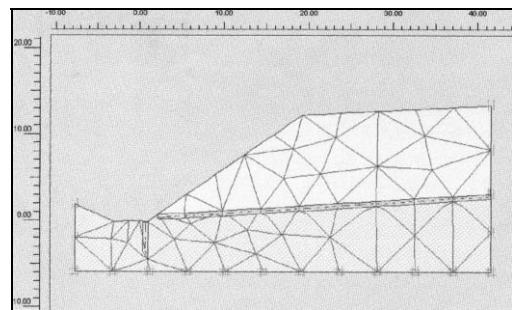
A rézsűcsúszás káros következményeinek megelőzése érdekében a talajmechanikai feltárással egyidejűleg készült el a rézsűállékonyság ellenőrzése, valamint egy ideiglenes megtámasztás tervezése. Az állékonyság-vizsgálat a Budapesti Műszaki Egyetem Geotechnikai Tanszékén működő PLAXIS végelemes program segítségével készült el. A felvett szilárdsági paraméterekkel a rézsűcsúszás előtti állapot biztonsági tényezője  $n = 1,22$ , a csúszás megtörténtekor az esőzések hatására a talaj telített állapotba került és a talajvíz a bevágás felé áramlott. E modellben a biztonsági állapot  $n = 0,96$ .

A csúszás nyomán kialakult, deformálódott rézsűfelületre a biztonsági tényező  $n = 1,21$ , amennyiben a rézsű száraz állapotban tartható. Ha a vízutánpótlás nem zárható ki, a biztonsági tényező  $n = 0,93$ . Ez azt jelenti, hogy a rézsűfelület állapota nem stabilizálódik, hanem másodlagos csúszásokkal további szakadó szakaszok mobilizálódnak.

A végleges helyreállításig megfogalmazódott egy közbelső ideiglenes megtámasztás kialakítása vízepítési terméskőből gravitációs padka formájában (1,0 x 2,0 x 50 m), amely a kivitelezés után nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket.

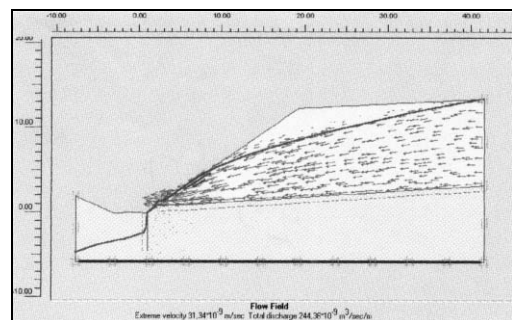
A számítás során a talaj modellezésére rugalmas-képlékeny, a szivárgótámasztó szerkezet modellezésére rugalmas anyagmodellt használtak.

A PLAXIS véges elemes program néhány eredményét a 22., 23., 24., 25., 26., 27 és a 28-as ábrák szemléltetik.



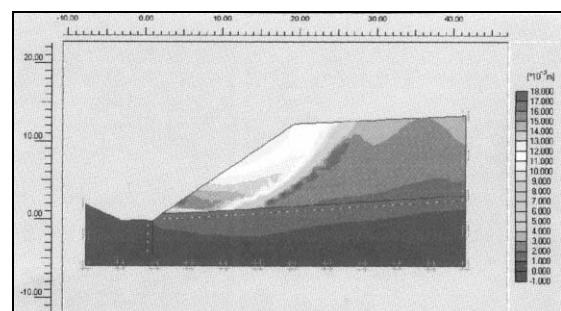
22. ábra

*A rézsűcsúszás előtti állapot modellje*



23. ábra

*A talajvízáramlás eső után*



24. ábra

*Rézsűmozgások a tönkremenetelkor*





31. ábra  
*A rétegvíz „befogásának” előkészítése  
a támszerkezet baloldali részén*



34. ábra  
*A szárítóborda csatlakozása  
a támasztó szerkezethez, szerelés közben*



32. ábra  
*Az előregyártott vasbeton elemek szerelése  
az alapozásnál*



35. ábra  
*A szárítóborda terméskővel történő kitöltése  
a föld felületéig*



33. ábra  
*A terméskő elhelyezése a föld felületéig  
és az elemek között*



36. ábra  
*A támszerkezet a rézsűkárosodás hosszában,  
szerelés közben*



37. ábra

*Az építkezés alatt a vasútforgalom nem szorul korlátozásra*



38. ábra

*A támszerkezet végleges magassága és kialakítása*

Megemlítendő, hogy a Bodajk-Balinka támszerkezet (50 x 3,0 m x 3,60 m) kivitelezése 5 napot vett igénybe 10 órás napi munkaidővel, 12 napszámossal részvételével, egy műszaki felügyelő állandó biztosításával.

#### 4. Befejezés, következtetések

A földművek építése egyike a legrégebb emberi tevékenységeknek. Alig van műszaki alkotás, amely a természettel oly szoros kapcsolatban lenne, mint a földművek.

A fejlődés, technológia és méretezési módszer mindig sokat köszönhetett az építmények viselkedésének megfigyeléséből fakadó ismereteknek. Így lesz ez a Bodajk-Balinka állomásközben bekövetkezett rézsúkkárosodás helyreállításának a támszerkezeténél is, amely a MÁV-nál az első ilyen kivitelezett földtámasztó rendszer.

Jelen tanulmányból is kitűnik, hogy olyan támasztó szerkezetet terveztek és kiviteleztek, amelyek konkrétan megoldották azokat az elméleti problémákat, amelyeket a kohéziós talajok viselkedése a megfelelő esetekben a vasút alépítményénél felvetett. Az előregyártott vasbeton elemekből kivitelezett szerkezetek a tervezés és különösen az építés fázisában szigorú elemzésnek voltak alávetve üzembiztonsági szempontból az illető vasúti műszaki szerveknél.

A kísérleti szakaszok engedélyezése, az elért eredmények vizsgálata után hosszú idő telt el, míg a minisztérium vasúti műszaki főigazgatósága, a kutató és tervező intézetek ajánlása alapján bevezette a CFR minden pályamesteri szakaszán.

A kutatások kimutatták ezeknek a rendszereknek a hatékonyságát kohéziós talajokban, a földfelületek állandó szellőzése következtében. Ennek a jelenségnek a hatására növekedtek a belső ellenállás paraméterei, a földtömeg statikai biztonsága.

#### Szakirodalom

- [1.] Terzaghi K.: Teoria mehaniki gruntov, Moszkva 1961
- [2.] Mihalik A.: Ziduri de sprijin din rame de elemente prefabricate din beton armat. Revista Căilor Ferate nr. 3, București 1969
- [3.] Mihalik A.: Tiefensänen aus vorgefertigten Eisenbetonbestandteilen. Vofertigung ingenieurbau symposium. Budapest 11–14 September 1973
- [4.] Mihalik A.: Comportarea in situ a construcțiilor de sprijiniri din elemente prefabricate de beton armat la consolidarea terasamentelor de cale ferată. Buletinul Științific nr. 1–2. Institutul de Construcții București 1977.
- [5.] Mihalik A.: Podpornie sztenki iz zbornih zselezobetonnih ram. Danube European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Varna 1980
- [6.] Mihalik A.: Podpornie sztenki szpecialnik konztrukcij na drenirujuscsik osznovanijak. 10 Kongresz Osznovanijj. Brno 1982
- [7.] Mihalik A.: The causes and results of failure in railway embankments. Danube – European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Budapest october 2–5 1990.