

TARTALOM

Virág István – Köszöntő	1
Juhász Erika, dr. Movahedi Rad Majid, dr. habil. Fischer Szabolcs A vasúti zúzottkő ágyazati kőanyagok aprózódásának diszkrét elemes modellezése	2
Csépke Róbert – Pályatechnológiai fejlesztések a BKV közúti vasúti hálózatán (3. rész) – A sínkörülöntéses felépítmények rendszerfejlődése	11
Balogh Péter – A Mezőzombor–Sátoraljaújhely–ország- határ vasútvonal korszerűsítése	19
Karvalics László – STRAILastic_RAIL zajcsökkentő rendszerek	30
Keszmán János – Módszertani fejlesztések a Baross Gábor Oktatási Központban	32
Dr. Horváth Csaba Sándor – A XX. század legnagyobb magyar vasúti katasztrófái (4. rész) – Mende	35

INDEX

István Virág – Greeting	1
Erika Juhász, dr. Movahedi Rad Majid, dr. habil. Szabolcs Fischer Possibilities of discrete element modelling of the degradation of railway ballast	2
Róbert Csépke – Track technological developments on road-rail network of BKV (Part 3) – System development of superstructures of casting around rails	11
Péter Balogh – Modernization of Mezőzombor–Sátoralja- újhely–state border railway line	19
László Karvalics – STRAILastic_RAIL noise reducer systems	30
János Keszmán – Methodology developments in Baross Gábor Educational Centre	32
Dr. Csaba Sándor Horváth – The biggest Hungarian railway catastrophes of the XX th century (Part 4) – Mende	35

Tisztelt Munkatársaim, kedves Olvasók!

Az év vége közeledtével érdemes mérleget készíteni a lassan mögöttünk levő esztendőről, és annak alapján megfogalmazni jövő évi célkitűzéseinket. Az idei évünk markáns változást jelentett a MÁV Zrt. vezetése, szervezeti formája és az elvégzendő feladatokkal kapcsolatos irányváltásunkat illetően. Ezek szorosan kapcsolódnak egymáshoz, és az összefüggések nyilvánvalóak. Az utazóközönség elvárásai és az elvégzett beruházások eredményeként elérkeztünk egy olyan fázisba, hogy az új létesítmények mára olyan összetett és megalapozott igényszintet jelentenek, melyekre még nem vagyunk teljeskörűen felkészülve. A már említett komplex irányváltást vitán felül meg kellett kezdenünk. A jelen és a jövő megköveteli a korszerűbb utaskiszolgálást, a többi között az akadálymentes közlekedést, a peronlifteket, állomásaink kulturált megjelenését, a korszerű motorvonatokat, különös tekintettel az elővárosi közlekedésre. Mindezekhez a fejlesztéseinknek a korábbiaktól lényegesen más üteműeknek, jobban összehangoltaknak és magasabb minőségűeknek kell lenniük.

A pályalétesítményi szakterület eltérő, „mozaikos” állapotú, koros hálózatának az egyszerűsítésére és a tétele érdekében kidolgoztuk az „Infrastruktúra versenyképességjavító program”-ot, mely reményeink és terveink szerint 2020-ban elindul. A program tartalmi összefüggéseibe, céljaiba, szakma-filozófiai vonatkozásaiiba a tavaszi büki konferencián lehetett betekintést nyerni. A program részletezés nélküli fő célja a jelenlegi hálózati állapotok ütemes javítása belátható időn belül, kiemelten az elővárosi közlekedésre, ahol stabil menetrend szerinti közlekedésre van szükség.

Az üzemeltetés „mindennapi” gondjainak enyhítése érdekében számos észszerűsítési intézkedést tettünk és fogunk tenni a jövőben is. Nem ígérhetem meg felelőtlenül és demagóg módon az azonnali csodát, de az átgondolt és igényes munkát, „menetelést” a vázolt célok felé, azt igen. Mindenkinek, aki tárgyilagos önvizsgálatot tart a saját munkaterületén, látnia kell az eddigi közös, kitartó munkánk eredményeit, valamint azt, hogy miben kell a saját feladatait illetően javulnia.

Reményeim szerint a minket körülvevő világ a 2020-as években eljut egy olyan állapotba, melyen belül a vasútnak, így a MÁV Zrt.-nek is meghatározó a helye, és szerepe alkalmassá teszi arra, hogy ismét a fejlődés húzóereje legyen. A fentiekben vázolt, rendkívül komplex változási folyamathoz a megfelelő munkafeltételek mellett elkötelezett, képzett, olyan munkatársakra van szükség, akik hisznek a MÁV Zrt. jelenében és jövőjében, és mindent megtesznek ennek sikeréért.

Valamennyi munkatársamnak megköszönöm az ez évi munkáját, és áldott karácsonyt, boldog, sikereiben gazdag új évet kívánok.

*Virág István
általános és műszaki
vezérigazgató-helyettes*



A vasúti zúzottkő ágyazati kőanyagok aprózódásának diszkrét elemes modellezése

Jelen cikkben – az előző számban megjelent hasonló témájú tanulmány folytatásaként – egy új irány lehetőségeit mutatjuk be. Diszkrét elemes módszerrel hoztunk létre egy új modellt, mellyel távlati célunk, hogy párhuzamot találjunk a laboratóriumi méréseink és az újonnan létrehozott DEM modell között. A számtalan modellezési lehetőség között, a korlátozott lehetőségeink miatt, főleg a szimuláció megismerésére és az esetleges kutatási irányok felfedezésére, nem pedig a távlati célként meghatározott két teljesen különálló módszer azonosítására helyeztük a hangsúlyt.



Juhász Erika*

PhD-hallgató, okl. infrastruktúra-építőmérnök
SZE ÉÉKK Közlekedés-
építési és Vízmérnöki
Tanszék

✉ juhasz.erika@sze.hu
☎ (20) 381-8782



Dr. Movahedi Rad Majid

egyetemi docens
SZE Szerkezetépítési
és Geotechnikai
Tanszék

✉ majidmr@sze.hu
☎ (96) 503-400/3202



Dr. habil. Fischer Szabolcs**

egyetemi docens
SZE ÉÉKK Közlekedés-
építési és Vízmérnöki
Tanszék

✉ fischersz@sze.hu
☎ (30) 630-6924

A hagyományos vasúti pályák szerkezeti kialakításában fontos szerepe van a zúzottkő ágyazatnak. A zúzottkő felelős a vágány szilárd, de rugalmas alátámasztásáért. Emellett fontos teherviselési, vízvezetési és stabilitási feladatai is vannak [1].

A kutatásunk során eddig a laboratóriumi vizsgálatokra fektettük a hangsúlyt, ellenben a tudományos kutatások a műszaki tudományok területén a XXI. században már nagyon ritkán képzelhetők el, illetve valósíthatók meg számítógépes modellezések nélkül.

Cikkünkben a számítógépes modellezést és annak lehetőségeit mutatjuk be, valamint kísérletet teszünk, hogy összevessük annak eredményeit a laboratóriumi kimenetekkel. Számítógépes szimulációk közül a diszkrét elemes modellezés alkalmas a vasúti zúzottkő ágyazat degradációja hatásainak elemzésére a tudomány jelenlegi állása szerint. A halmazban a szemszerkezet és a halmazt alkotó szemcsék alakváltozásával minősíthetjük a bekövetkező változásokat, azaz vizsgálhatjuk a teljes halmazt, valamint az egyes szemcsék viselkedését is. Minden esetben lehetőség nyílik a modellek fizikai paramétereinek meghatározására. Utóbbi szempont az egyik, ha nem az egyetlen, legfontosabb része a diszkrét elemes modellezésnek, azaz pontosabban a modell mikromechanikai paramétereinek beállítása, finomítása olyan módon, hogy a modellezett vizsgálat laboratóriumban

mérhető eredményeit felhasználva a modelt validálni lehessen.

A diszkrét elemes modellezésről

A diszkrét elemes módszer szemcsés vagy szemcsékkel modellezhető anyagok és folyamatok szimulációjára szolgál. Szemcsés anyag például a homok, talaj vagy esetünkben a vasúti ágyazati zúzottkő. Emellett olyan numerikus módszer, melyben a szimulálni kívánt halmaz különálló elemekből épül fel, amelyek önálló elmozdulásokkal és elmozdulási szabadságfokokkal rendelkeznek. Az elemek közötti kapcsolatok jöhetnek létre és szűnhetnek meg. Ezekon kívül lehetőség van – természetesen – előre definiált szemcsék közötti kapcsolatok megadására is, amely kapcsolatokban (ún. „parallel bond”-okban) további szilárdsági tulajdonságokkal lehet jellemezni a „nagy” szemcséket felépítő „apró” szemcsék együtt dolgozását; valamint akár nagyobb szerkezetek modelljei is felépíthetők ilyen módon, például georácsok, (építő)mérnöki szerkezetek stb.

A számítógépes szimulációkkal a szükséges elvégzendő laboratóriumi vizsgálatok számossága jelentősen csökkenthető, amennyiben a számítógépes modell és a laboratóriumi vizsgálat paramétereit és ezáltal az eredményeinek összhangját meg lehet teremteni (ez a korábban említett „modellvalidálás”). Ilyen módon a

DEM-es szimulációban (DEM: discrete element method) az egyes paramétereket megváltoztatva szélesebb körű kutatást lehet végezni a költséges és meglehetősen időigényes laboratóriumi vizsgálatok elkerülésével, minimalizálásával.

A diszkrét elemes szimulációk nem a manapság jobban elterjedt véges elemes módszereknél (ún. FEM: finite element method) megszokott módon működnek: a különálló (diszkrét) szemcsék véletlenszerű elhelyezkedése miatt minden azonos paraméterekkel rendelkező, ellenben máskor generált mintánál nem fogjuk tökéletesen ugyanazt a végeredményt kapni, míg a véges elemes szimulációknál az ugyanolyan hálóbontású mintának mindig ugyanaz lesz az eredménye [2].

Az alkalmazott számítógépes szoftver bemutatása

A cikkünk elkészítéséhez a jelenleg elérhető diszkrét elemes szoftverek közül a PFC^{3D} (Particle Flow Code in 3 Dimensions) programot használtuk, amelyet az amerikai Itasca Consulting Group Inc. vállalat fejlesztett ki és forgalmaz (az általunk alkalmazott szoftververzió a 4.0, amelyet 2009 körül adott ki a cég, cikkünk írásakor a legfrissebb verzió a 6.0). A szoftver a szemcsés anyagból álló rendszerek háromdimenziós mikromechanikai elemzésére szolgál: főként szemcsemozgások és szemcsealak-változások (értsd:

* A szerző életrajza megtalálható a Sínek Világa 2019/1. számában, valamint a sinekvilaga.hu Mérnökportrék oldalon.

** A szerző életrajza megtalálható a Sínek Világa 2019/5. számában, valamint a sinekvilaga.hu Mérnökportrék oldalon.

törések, aprózódás stb.), valamint az ezen folyamatok közben fellépő erők-feszültségek megállapítására. Olyan elemzési és vizsgálati lehetőségeket kínál, amelyek segítségével az önálló (szemcsés) alkotók közötti kölcsönhatás sűrűdással jellemezhető, továbbá képes kohéziós kapcsolatok modellezésére, illetve mérnöki szerkezetek vizsgálatakor azok anyagi folytonosságát is figyelembe tudja venni. Ilyen módon akár például egy vasbeton gerenda háromdimenziós terhelési szimulációját is meg lehet oldani a szoftverrel úgy, hogy mind a betont, mind a betonacélokat diszkrét elemekkel helyettesítjük, közöttük együtt dolgozás definiálható.

A szoftver képes a szemcsés halmaz dinamikus viselkedésének modellezésére is, ami esetünkben az áthaladó vasúti szerelvények vibrációs hatása miatt lehet fontos a jövőben. A szemcsék alakja eltérhet az ideális gömb alaktól (ún. ball), azaz érintkező és/vagy metsző gömbökből összeállított, ún. összetett szemcsék (ún. clumpok) modellezése is megoldott. A szükséges szemcsés anyag szemeloszlásától függően vagy egyszemcsés halmazként, illetve Gauss-eloszlás szerint lehet generálni a modellezendő szemcsehalmazt, esetleg előre meghatározott, konkrét szemeloszlást is elő lehet vele állítani.

A PFC egy általános célú, különálló elemeket modellező keretrendszer, amely két- és háromdimenziós programként is elérhető [3, 4]. Változó méretű merev részecskékből álló szintetikus anyagok modellezésére szolgál, amelyek szemcsés és szilárd anyagokat alkotnak. A PFC-modellek sok olyan merev részecske független mozgását (transzláció és forgás) és kölcsönhatását szimulálják, amelyek belső erő és nyomaték alapján kölcsönhatásba léphetnek egymással. A részecskealakzatok tartalmazhatnak 2D-s lemezeket vagy 3D-s gömböket, 2D-ben mereven összekapcsolt lemezek csomópontjait, domború sokszögeket 2D-ben vagy 3D-s poliédereket. A PFC tizenkét beépített érintkezési modellt foglal magában azzal a lehetőséggel, hogy akár egyéni C++ felhasználó által definiált érintkezési modell létrehozásának lehetőségét (UDM) is biztosítsa.

Az első verzió 1994-es megjelenése óta a PFC-t számos tudományos intézmény és magánvállalat alkalmazta sikeresen különböző magas szintű kutatásokhoz, kezdve a talaj és a kőzet viselkedésének alapkutatásánál a mikroméretektől egészen a speciális alkalmazásokig, a többek között:

hidraulikus talajtörés, talajmechanikai kölcsönhatások, rézsűstabilitás, ömlesztett anyag áramlása/keverése és barlangbányászat, de számos egyéb tevékenység szimulációjára is használták.

Hőelemzés: A PFC hőmodulja lehetővé teszi a PFC-részecskékből álló anyagokban a tranziens hővezetés és tárolás szimulálását, valamint a hő által indukált deformációk és erők kifejlesztését. A PFC támogatja mind a termikus, mind a kapcsolt hőmechanikai elemzést.

C++ kontaktmodellek: Lehetővé teszi a felhasználók számára új érintkezési modellek (a részecskék közötti erő-elmozdulási kapcsolat) hozzáadását a PFC-hez, C++ szkriptek használatával. Ez a lehetőség nagyfokú alkalmazási szabadságot biztosít az egyes megoldandó kérdések szempontjából releváns fizikai tulajdonságok és működési mechanizmusok szoftverben történő egyéni programozására.

A kutatásunkban a PFC-szoftverek közül a már említett PFC^{3D} 4.0 verziójával dolgoztunk, ez a szoftver a korábban említett szemcseelemeken kívül ún. falelemekkel (wallok) is dolgozik, amelyek véges és végtelen kiterjedésű síklemek, valamint egyéb más geometriájú (pl. henger, kúp stb.), de véges kiterjedésű falak lehetnek.

A program számára általában a szemcsék mechanikai tulajdonságait és a szemcse-szemcse, illetve a szemcse-fal közötti érintkezések, kapcsolatok (contact bond) paramétereit kell megadni. A PFC-program végtelen merevnek tekinti a szemcséket, és az anyaghalmaz összes mechanikai tulajdonságát a szemcsék közötti kapcsolatba sűríti, amely kapcsolatok egyben deformálhatók is. Mivel a zúzottkő ágyazat belső kötés nélküli, ezért húzószilárdság definiálására ebben az esetben nincsen szükség a „contact bond”-okban.

Emellett igen sokrétű felhasználási lehetőségek állnak még rendelkezésünkre, például a szoftver segítségével fel lehet építeni georácsokat is (húzószilárdsági és hajlítómerevségi tulajdonságokat megadva).

A kalkulációk *Newton* mozgási törvénye és az erő-elmozdulás törvény együttes ciklikus alkalmazásán alapulnak.

Általános adhéziós érintkezési modell

Az adhéziós gördülési ellenállás lineáris modell egy teljesen új modell, amely már elérhető a PFC 6.0-s verziójában, a célja, hogy egy egyszerű kohéziós szemcsés anyagot lehessen modellezni vele.

A kohézió, mint paraméter, a programban a van der Waals-féle erő lineáris közelítése. Ezeknél az anyagoknál a vonzási erő mindig jelen van, ha az érintkezési felületek egy meghatározott vonzási erőtartományba esnek. Az ilyen szemcsés rendszerek mechanikai egyensúlyban maradhatnak kisebb mennyiségű szilárd frakciók mellett (akár 25–30%-ig), mint a kohézió nélküli szemcsés rendszerek, amelyeknél ez az arány 58–64%. A kohéziós szemcsés anyagokat sokkal ritkábban vizsgálták numerikus szimulációk segítségével, mint a kohézió nélküli anyagokat. A PFC új érintkezési modellje mindkét típusú anyagot lefedi, és felhasználható különféle kohéziós szemcsés anyagok (porok, például a xerográfiai festékek) makroszkopikus viselkedésének tanulmányozására is, valamint nedves szemcsehalmazok vizsgálatára (melynél az összekötő erő a szomszédos részecskékkal összekapcsolódó folyékony hidakból származik) [3].

Lágy kötésű érintkezési modell

A lágy kötésű modell használható mind a kötetlen, mind a kötött rendszerek szimulálására.

Kötetlen állapotban lényegében hasonlóan viselkedik, mint egy érintkezési modell, amely mind az erő, mind a nyomaték átadására képes az érintkezési ponton keresztül, sűrűdési szilárdsági paraméterekkel meghatározva a nyíróerő, a hajlító- és a csavarási nyomaték maximumát.

Kötött összetételében a viselkedés hasonló a lineáris párhuzamos érintkezési modell viselkedéséhez, sűrűdési szilárdsági paraméterével meghatározza a nyíróerő maximumát, és megadja a kötés meghibásodásának lehetőségét, ha az abban ébredő nyíróerő vagy feszültség eléri a tönkremeneteli értékeket. A lineáris párhuzamos érintkezési modellel ellentétben a kötés tönkremenetelek a kötés erő nem szűnik meg. Ehelyett „lágyulási folyamaton” esik át, amíg a kötés feszültsége el nem éri azt a küszöbértéket, amelyen a kötés valóban megszűnik, és az elem töröttnek tekinthető. A lágyulás során a szakítószilárdságot a felhasználó határozhatja meg (a lágyítási tényezőn, illetve a lágyító szakítószilárdsági tényezőn keresztül). Egy másik különbség a lineáris párhuzamos érintkezési modellhez képest az, hogy mindössze egy merevségkésletet használ mind a nem kötött, mind a kötött készítményekhez. Ennél a viselkedésnél a kötés

nyúlás, amelyet a „lágylúsnál” a normál feszültség frissítéséhez használnak, a normál elmozdulás és a hajlítás növekedését is jelenti [3].

Viselkedés összefoglalása

A lágy kötés elképzelhető elasztikus „rugókészletként”, állandó, normál és nyíró merevséggel, egyenletesen elosztva egy (négy-szögletesen 2D-ben; kör alakban 3D-ben) keresztmetszetben, az érintkezősikon fekvő és az érintkezési pont közepén. A relatív mozgás az érintkezésnél lineáris erő és nyomaték kialakulását eredményezi, amelyek a két érintkező darabon hatnak.

Ha a kötés inaktív, a súrlódási szilárdsági paraméterek magukba foglalják a nyíróerőt, hajlító és csavaró nyomatékokat. Ha a kötés aktív, az erő és a nyomaték a maximális normál és nyírófeszültségekhez viszonyítható a kötés anyagában, a kötés területén. Ha ezen maximális feszültségek valamelyike meghaladja a kötési szilárdságot, akkor a kötés „lágyluhat” egy meghatározott meghibásodási kritériumig. Hiba után a viselkedés visszatér a nem kötött viselkedéshez.

Mivel a modelleket felépítő golyók, csomópontok, tömbök és a falak (azaz darabok) merev elemek a PFC-ben, a szomszédos darabok felületei között az összes deformáció az érintkezésekben jelentkezik. Specifikus érintkezési modellek (azaz a részecske-kölcsönhatási törvények) is hozzáadhatók a modellekhez a különböző fizikai helyzetek reprezentálására. Ez a „lágylúsi folyamatok” segítségével történhet, ahol az elemek nem deformálódnak, de az átfedések megengedettek. Az erőket és a nyomatékokat az átfedés mértéke alapján számítják ki. A modellek felhasználhatják a darab tulajdonságait az eredményül kapott érintkezések meghatározására. Az alapértelmezés szerint a null modellben a felhasználónak kifejezetten meg kell határozni, hogy mely kontaktparamétereket kell használni az egyes PFC-modellekben. Mindegyikhez manuálisan vagy a Contact Model Assignment Table (CMAT) (Kapcsolati Modell Hozzárendelési Táblázat) segítségével hozzárendelnek egy kapcsolattartó modellt [3].

Beépített érintkezési modellek [4]

Null: A null érintkezési modell az alapértelmezett érintkezési modell mechanikai

kölcsönhatás nélkül. Itt nem keletkezik erő vagy nyomaték.

Lineáris: A lineáris modell egy végtelen, lineárisan rugalmas és súrlódó felület mechanikai viselkedését modellezi, amelyben koncentrált erő ébred. Az interfész nem áll ellen a relatív elfordulásnak, és a viszkozi-tás opcionálisan beállítható.

Lineáris érintkezési kötés: A lineáris érintkezési kötési modell egy végtelen méretű, lineárisan rugalmas vagy akár súrlódó (és akár kötött) felület viselkedését biztosítja, amelyben koncentrált erő ébred, és nem áll ellen a relatív elfordulásnak.

Lineáris párhuzamos kötés: A lineáris párhuzamos kötési modell egy véges méretű cementkötésű anyag darabjának az erő-elmozdulási viselkedését biztosítja, amely két elem között helyezkedik el az érintkezési hely közelében.

Lágy kötés: Hasonló a lineáris párhuzamos kötéshez azzal a kiegészítéssel, hogy egy lágylúsi paramétert lehet meghatározni a merevség és a szakítószilárdság módosítására, lehetővé téve a szakítószilárdság romlását a kötés lágylúsalának (meghosszabbodás) függvényében.

Lineáris gördülési ellenállás: A lineáris modellre épül, de magában foglal egy nyomatékot, amely az érintkező darabokra hat és ellenáll a gördülő mozgásnak szemcsés anyagok modellezésénél.

Adhéziós gördülési ellenállás: Lineáris gördülési ellenállási modellre épül, amelyhez adhéziós komponenst is hozzá lehet adni. A kohézió egy rövid hatótávolságból adódó vonzási erőből származik, amely a van der Waals-féle erő lineáris közelítése.

Szabályos illesztés: Egy szabályos illesztés szimulálja a két elméleti felület közötti felület viselkedését, amelyek mindegyik eleme mereven kapcsolódik egy másik elemhez (pl. golyóhoz vagy kavicsához). Az elméleti felületeket felületeknek nevezzük, amelyek egyenesek (PFC^{2D}) vagy korongok (PFC^{3D}).

Sima illesztés: A sima illesztésű modell egy interfész viselkedését szimulálja, függetlenül a részecske érintkezési tájolásától az interfész mentén. A súrlódó vagy kötött kapcsolat viselkedése úgy modellezhető, hogy sima illesztésű modelleket rendelünk minden olyan érintkezési ponthoz, ahol a részecskék kapcsolódásai pontosan egymással szemben vannak.

Hertz: A PFC Hertz-féle érintkezési modellje egy nemlineáris folyamatból áll, amely elméleti közelítéseken alapul.

Hiszterézis: A PFC-ben lévő hiszterézis

érintkezési modell a Hertz-féle modell rugalmas részeinek kombinációjából és egy alternatív rugócsillapító csoportból áll, amely normál irányban nemlineáris viszkoelasztikus elemekből tevődik össze.

Burger's: Szimulálja a kúszómechanizmusokat Kelvin- és Maxwell-modellek segítségével, sorba kapcsolva mind normál, mind nyírási irányban.

A témát körbejárva a számítógépes programozás (és azon belül a diszkrét elemes modellezés) már lehetővé teszi, hogy az összeállított elemek ne csak gömbből vagy több gömbből – ún. „clump”-okból – épüljenek fel, hanem poliéderekből [5]. Ezt a módszert már számos hazai kutató is alkalmazza. Ez véleményünk szerint is hűbb képet ad a szemcsealakok egymáshoz viszonyított mozgásáról és kapcsolatáról, azonban nem volt lehetőségünk ilyen rendszerben felépített szemalakkal modellezni a laboratóriumi vizsgálatunkat (ennek oka, hogy egyetemünk kizárólag a PFC^{3D} 4.0 szoftververzióval rendelkezik). A poliéderekkel való szimulációkra például a YADE nevű szoftver is alkalmas, amely nyílt forráskódú, programozható szoftver – az ezekből adódó problémákkal és nehézségekkel. A létrehozott modellünk több kisebb gömbből (golyóból) áll össze. A vizsgálati alapelvek jelentősen hasonlítanak, így a diszkrét elemes modellezés „kipróbálására” és a módszerrel való ismerkedésre első közelítésben tökéletesen alkalmasnak találtuk a PFC^{3D} 4.0 verziót. Mivel a zúzottkő szemcsehalmaz gömb alakú szemcsékként történő modellezése helytelen viselkedést (a számításokban szingularitásokat) okozhat, ezért mindenképpen összetett szemcséket kellett alkalmazni a szimulációk reális eredményei érdekében [2].

A szimulációról és az épített modellről, a modell alapjairól

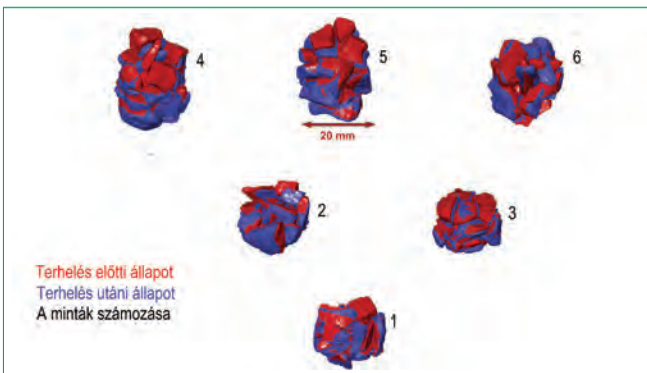
A szimuláció alapjait egy példán keresztül illusztrálva szeretnénk bemutatni: vegyünk egy szemcsét, melyen egy érintkezési kapcsolatban ébredő erő hatására elmozdulások keletkeznek (ezt akár szemcsehalmaznak is tekinthetjük). Az elmozdulások a meglévő érintkezések megszűnésével és újabb érintkezések kialakulásával járnak, de ezekben az érintkezési pontokban is ébrednek erők. Ezt nevezzük „ciklusozásnak”, amelyet az előírt határértékig végez a szoftver, és végül ez a folyamat az ún. egyensúlyi állapot kialakulásához vezet.



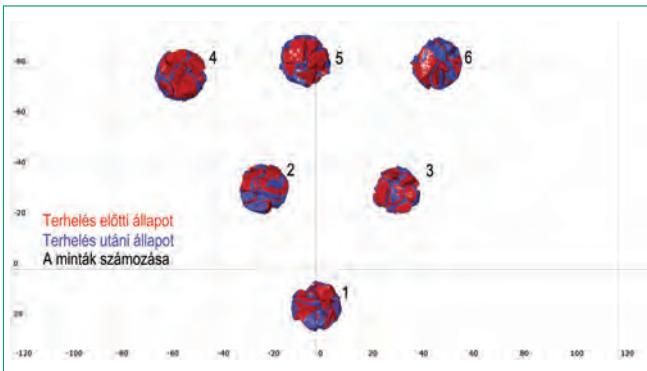
1. ábra. NZ 4/8 anyaggal végzett vizsgálatok „próbatestjei”



2. ábra. Terhelési kialakítás



3. ábra. Az NZ 4/8 zúzalékkal végzett egytengelyű nyomóvizsgálataink CT röntgenfelvételei axonometrikus ábrázolással



4. ábra. Az NZ 4/8 zúzalékkal végzett egytengelyű nyomóvizsgálataink CT röntgenfelvételei felületben

A vasúti zúzottkő ágyazati szemcsék aprózódását a laboratóriumi vizsgálatokban egy 160 mm külső átmérőjű KPE (kemény polietilén) csőben figyeltük meg. A csövet 1200 g/m²-es geotextíliával béleltük ki. A csövet nagyjából 15 cm magasságig töltöttük meg szabvány szerinti 31,5/50 mm szemcse nagyságú vasúti zúzottkővel (kétféle bányából származó andezittal). Így értük el a körülbelül egyenlő magasság-szélesség arányt, amelyet a vizsgálat során használt CT-készülék határozott meg. Egy kőanyaghalmoz nagyjából

16-20 db, egyesével lemért és lefotózott köztörményből állt [1].

Ettől kicsit eltérő modellt tudtunk megalkotni a DEM alkalmazásával. A valóságban egy hozzávetőlegesen 14 cm belső átmérőjű hengert kb. 15 cm magasságban feltöltve törött nagyjából két tucat, éles sarkokkal rendelkező és hosszúság-kubikus alakú követ. A szimulációban 2-2,5 cm oldalú téglatest alakú tartályba terhelünk három tucat gömb formájú makroszemcsét. Ennek az volt az oka, hogy a 4.0-s PFC^{3D} verzió lényegesen

kevesebb elemszámmal képes dolgozni az aprózódási számításoknál, és a futtatások időszükséglete is exponenciálisan nő az alkalmazott elemek számával akár az 5.0 vagy 6.0 verziókhöz képest.

Kísérletet tettünk apró szemcsés (zúzalékos) laboratóriumi vizsgálatra is. A kerti locsolórendszerekhez is használható alkatrészekből (KPE 25-ös cső – külső átmérője 25 mm, falvastagsága 2,3 mm –, valamint KPE 25-ös végzáró kupak) összeállítottunk több, mérésekhez szükséges befoglaló csődarabot (próbatestet), melybe csővenként kb. 25-25 db NZ 4/8 szemcséket töltöttünk andezitanyagból. A próbatestek az 1. ábrán láthatók. A zúzalék közetfizikai paraméterei 10/14-es frakción végezve: LA: 13,2%, m_{DE}: 23,4%. Az apró szemcsés DEM-szimulációk ezen laboratóriumi vizsgálatok figyelembevételével készültek.

A 2. ábrán a terhelési kialakítást mutatjuk be, a minták terhelését ZD-40 típusú törőgéppel végeztük.

Összesen 6 mintát vizsgáltunk egyirányú (függőleges) nyomással: 3 mintát max. 300 kPa (1., 2. és 4. számú minták), további 3 mintát max. 900 kPa terheléssel (3., 5. és 6. számú minták) egylépcsős terheléssel (ld. [1]).

Mindegyik zúzalék mintáról az előző cikkünkben [1] bemutatott módon CT röntgenfelvételt készítettünk. Fekete Imre tanszéki mérnök kollégánk segítségével a terhelés előtti és terhelés utáni állapotokról, ezt a 3-4. ábrák mutatják be (főleg az elmozdulások figyelhetők meg). Ennél a mérésnél nem végeztünk külön számozást, mérlegelést és egyenkénti fotózást

1. táblázat. A makroszemcsék geometriai tulajdonságai

Makroszemcsék átmérője [mm]	Makroszemcsék száma a halmazban [db]	Egy makroszemcsén belüli mikroszemcsék száma [db]
4,0	17	51
6,0	12	148
8,0	7	322

2. táblázat. A mikromechanikai tulajdonságok

Kötött kapcsolat (párhuzamos kötött kapcsolat)	
Normál és nyíró merevség [N/cm]	$4,7 \times 10^5$
Normál és nyíró szilárdság [N/cm ²]	$7,9 \times 10^3$
A „kötési sugár” és a mikroszemcse sugara közötti arány	0,5
Súrlódási tényező a szemcse-szemcse érintkezési kapcsolatban	0,55
Súrlódási tényező a szemcse-fal érintkezési kapcsolatban	0,55

a zúzalékszemcséknél, mint a 31,5/50-es zúzottkő ágyazattal végzett mérésünkkor.

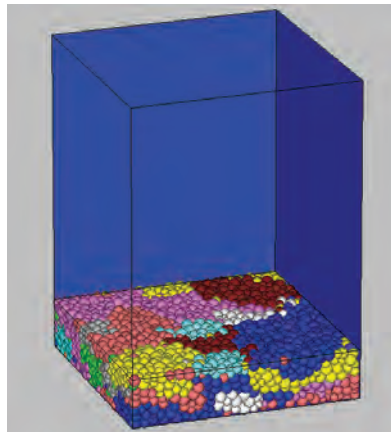
A laboratóriumi minták terhelési grafikonjait a DEM-es modellezéssel együtt közöljük az „Eredmények” fejezetben.

Az aprózódó makroszemcsés halmaz bemutatása

Célunk a DEM-vizsgálattal első körben a szimuláció megismerése és az esetleges kutatási irányok kitűzése volt.

A DEM-modell létrehozása során egy makroszemcsehalmazt generáltunk, mely a következő lépésekből állt:

- a mikroszemcséket, amelyek kitöltik a makroszemcsék átmérője által meghatározott tartományt, véletlenszerű eloszlással generáltuk;
- a mikroszemcsék véletlenszerű eloszlásánál fontos szempont volt a makroszemcsék bizonyos inhomogén mikrostruktúráinak tulajdonságai is (azaz az egyes makroszemcsék, amelyek ugyanannyi darabszámú mikroszemcséből áll-



5. ábra. A szimulációban lefuttatott túlzott összenyomódás

tak, azok sem teljesen egyeztek meg mikroszerkezetiileg).

Az elvégzett numerikus vizsgálathoz a makroszemcsék geometriai tulajdonságait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Az aprózódásra kijelölt makroszemcsés halmaz modelljében kétféle típusú érintke-

zés határozható meg. Az első típusú érintkezés nem kötött, ezt a Hertz-Mindlin érintkezési modell írja le. Ez a releváns a makroszemcsés halmaz és a mikroszemcsés repedések mentén is. A második típusú érintkezés kapcsolati (érintkezési) modell alapú, amelyet ugyanazon makroszemcse belsejében lévő mikroszemcsék határoznak meg, a mikroszemcséket párhuzamos kötések (ún. „parallel bond”-ok) normál és nyírási tulajdonságai kötik össze. A mikroszemcsék átmérőjét úgy választottuk meg, hogy a kapott makroszemcsék elegendő mikroszemcsét tartalmazzanak a fragmentációs folyamat megfelelő szimulációjának lefolytatásához. Ahogy az az 1. táblázatban is látszik, egy-egy ilyen makroszemcse (ún. „clump”) 51–322 db mikroszemcsét is tartalmaz, ami jelentősen megnövelte a futtatási időt.

A szimulációkban használt „clump”-ok mechanikai jellemzői megegyeztek a gömbszemcsék paramétereivel.

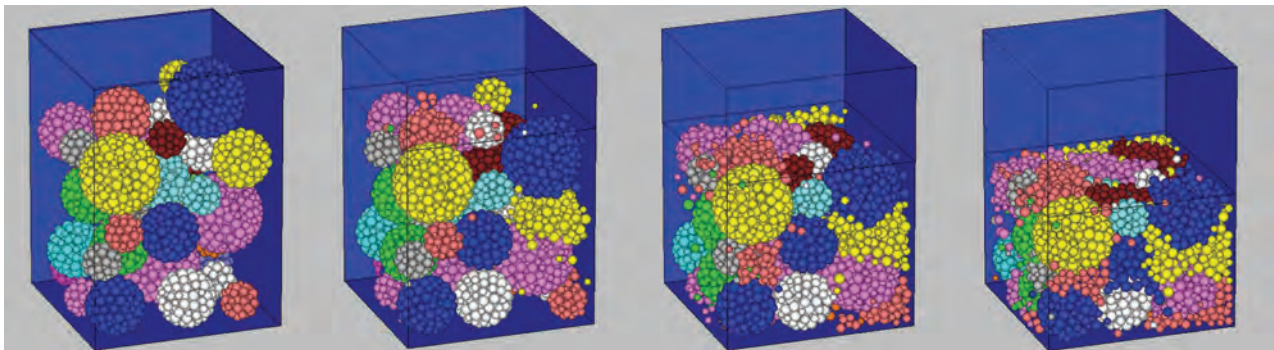
A feltételezett érintkezési tulajdonságokat a 2. táblázat foglalja össze.

A tartály (tégely) mérete: 19,0 (szélesség) × 19,0 (hosszúság) × 26,5 (magasság) [mm].

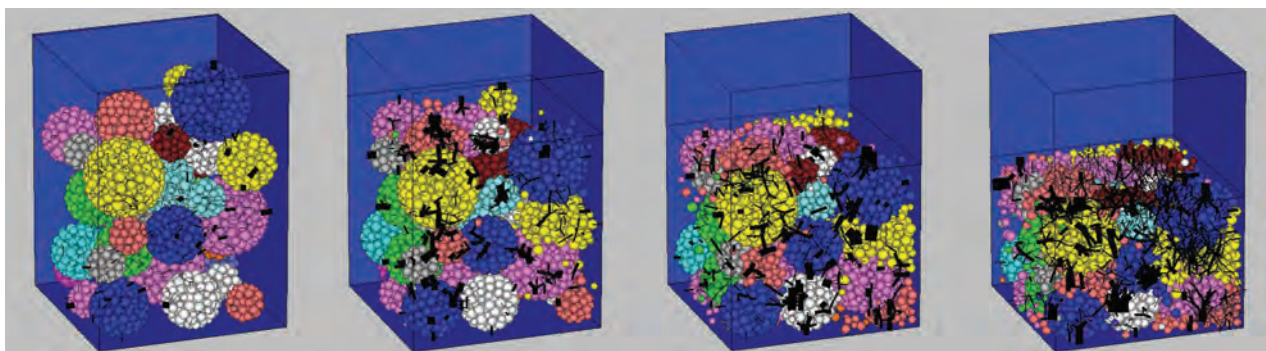
A szemcsehalmaz ödométeres vizsgálata

A mikroszemcsékből álló összes makroszemcsét véletlenszerűen helyeztük el egy pontban, majd hagytuk, hogy a gravitáció segítségével a befogadó tartályba essenek.

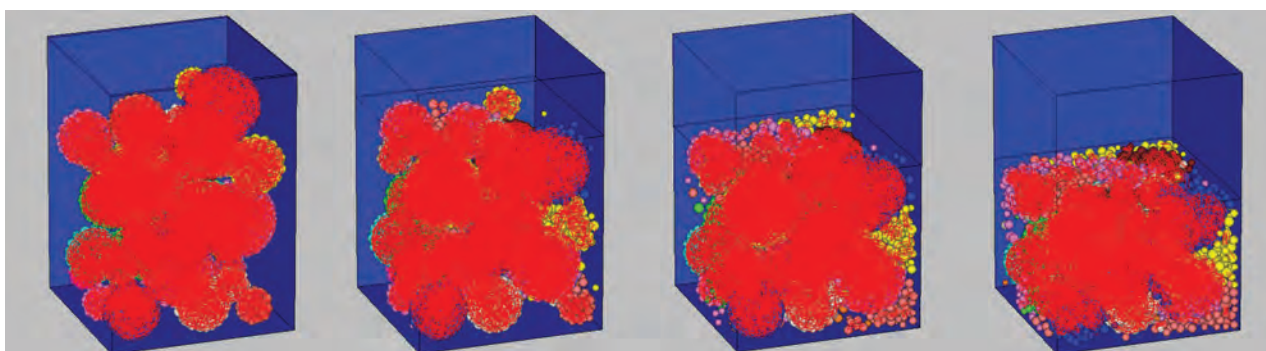
Amikor a minta elkészült (kialakult az első egyensúlyi állapot) és a felső lap is a helyére került, akkor elindult a „préselési folyamat”, amely apró lépésekből állt. A felső nyomólap 0,16 mm-es lépcsőkben mozgott lefelé, 8 mm/s állandó sebességgel (10^{-6} másodperc időtartammal). Ez minden esetben elegendő volt ahhoz,



6. ábra. A fokozatos összenyomódás, amely során a szemcsék aprózódnak



7. ábra. A szemcse-szemcse és a szemcse-fal érintkezési kapcsolatokban („contact bond”-okban) fellépő érintkezési erők



8. ábra. A mikroszemcsék közötti kapcsolatokban („parallel bond”-okban) fellépő érintkezési erők

hogy a halmaz elérje azt az állapotot, amelyben a kezdeti makroszemcsék (mint befoglaló „gömbreszemcsék”) szinte teljes egészében mikroszemcsékre esnek szét.

Itt fontos megemlíteni azt a tényt, hogy a szimuláció addig futott, amíg 100%-ig össze nem törtük az összes makroszemcsét mikroszemcsékre. Ez természetesen valós körülmények között nem lehetséges, mi-

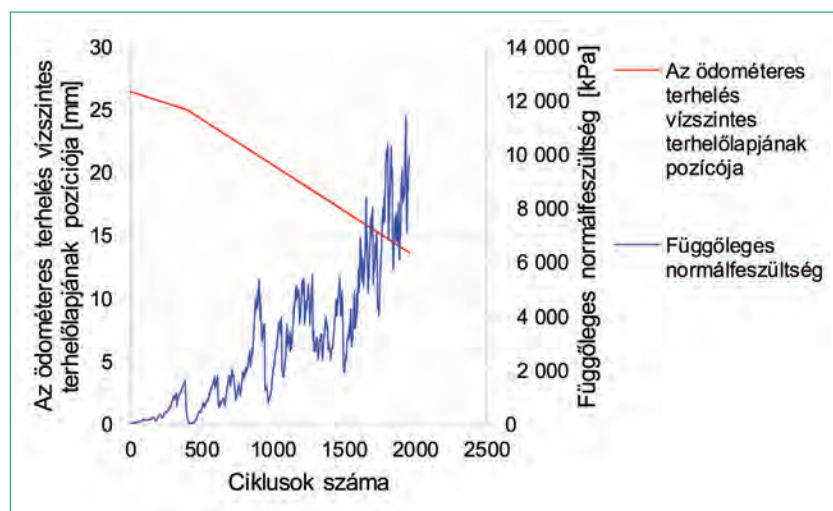
vel bármilyen terhelt anyag egy idő után összenyomhatatlanná válik, a szimuláció pedig minden részecskét képes volt újra és újra összenyomni. Így az eredményként szolgáló értékeink egy részét nem vettük figyelembe, mivel ezek nem adnának reális képet a terhelésről. Az említett „túlzott” (a 3280. ciklushoz tartozó) összenyomást az 5. ábrán mutatjuk be:

A szimulációkról készült képek a 6–8. ábrákon láthatók. A 6. ábrán balról jobbra haladva a 45., 1115., 1520. és 1960. ciklusokhoz tartozó állapotot mutatjuk a modellezett falakkal és a mikroszemcsés makroszemcsékkel. A 7–8. ábrákon az érintkezési (contact bond) és a mikroszemcsék közötti (parallel bond) kapcsolatokban fellépő erők irányát, valamint a „contact bond”-okban ébredő erők nagyságát szemléltetjük a 6. ábrán is alkalmazott ciklusokra vonatkozóan. A 7. ábrán látható vonalak vastagsága összhangban van az erő nagyságával, a vonalak iránya megegyezik az erővektorok irányával.

A 8. ábrán a felső sorban balról jobbra haladva: 45., 1115., 1520., 1960., míg az alsó sorban haladva 2180., 2290., 2400. és 2510. ciklus utáni állapot látható.

Eredmények

A 8. ábrán a feltüntetett „parallel bond”-ok (a képeken a piros vonalak jelzik) a ciklusszám növekedésével fokozatosan megszűnnek, vagyis a makroszemcsék mikroszemcsékké esnek szét, másképp megfogalmazva: a makroszemcsék aprózódnak.



9. ábra. Terhelési diagram 1.

Első közelítésként (a laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek figyelembevétele nélkül) a szimulációnk 1960. ciklusa környezetébe tehető az az állapot, ami a valóságos viselkedés határát jelentheti. Tehát eddig a pontig tudnánk a valóságban a halmazt összenyomni. Eddig a ciklusszámig készítettük el a terhelési diagramokat az alábbi paraméterekre a ciklusok száma függvényében (9–10. ábrák):

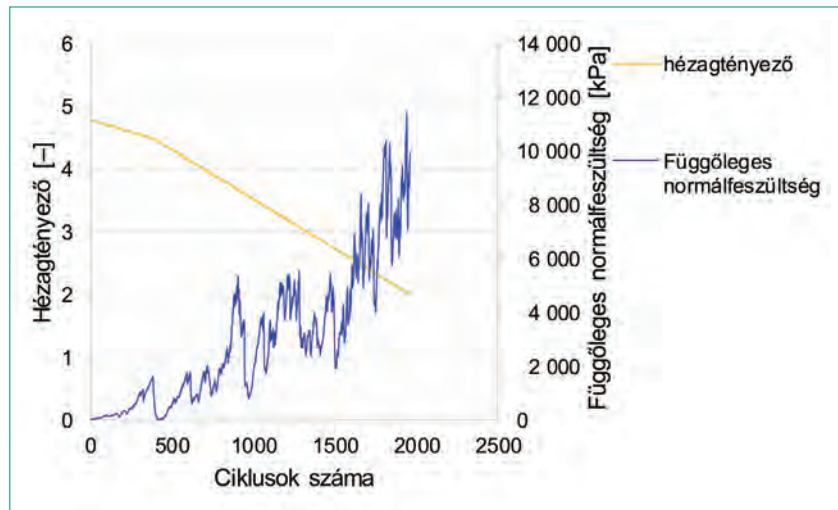
- az ödométeres terhelés vízszintes terhelőlaponak pozíciójának kezdeti értéke 26,5 mm);
- függőleges normálfeszültség (a terhelőlapon ébredő feszültség);
- hézagtényező (számítása a geotechnikában megszokott módon történik, azaz a viszonyítási térfogatra vonatkoztatva a levegő és a szemcsék térfogataránya).

A 11. ábrán a függőleges terhelőerő nagyságát ábrázoltuk a minta összenyomódásának függvényében (erre a típusú ábrázolásra a laboratóriumi mérésekkel való összhang miatt volt szükség).

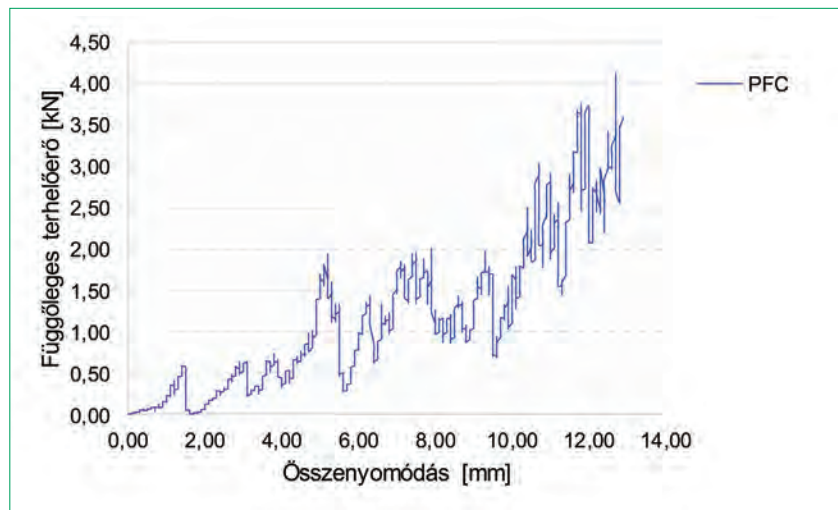
A 9–11. ábrákon bemutatott terhelési görbéket tanulmányozva érdekes megfigyelni, hogy a hézagtényező a kezdeti 4,8-as értékről az 1960. ciklusig 2,0 értékre csökken. Mind a 4,8, mind a 2,0 nagyságú hézagtényező egy valós környezetben irreális, viszont megjegyezzük, hogy ebbe a szoftver beleszámolta a mikroszemcsék közötti levegő térfogatát is, ami természetesen a valóságban nem igaz.

A 9. és 11. ábrákon az látható, hogy a szimuláció szerint az 1960. ciklusnál kb. 12,9 mm az összenyomódás, ami a valóságban egy kezdeti 25,6 mm magas, zúzalékkal teli tégely esetében még mindig irreális mértékű. Emiatt szükség van a 6 laboratóriumi mintára vonatkozó mért eredményekre is, amelyeket a 12. ábrára rajzoltunk fel. Az ábra jobb oldalán a minta számát, és zárójelben a hozzá tartozó egyirányú (függőleges) nyomás értékét tüntettük fel.

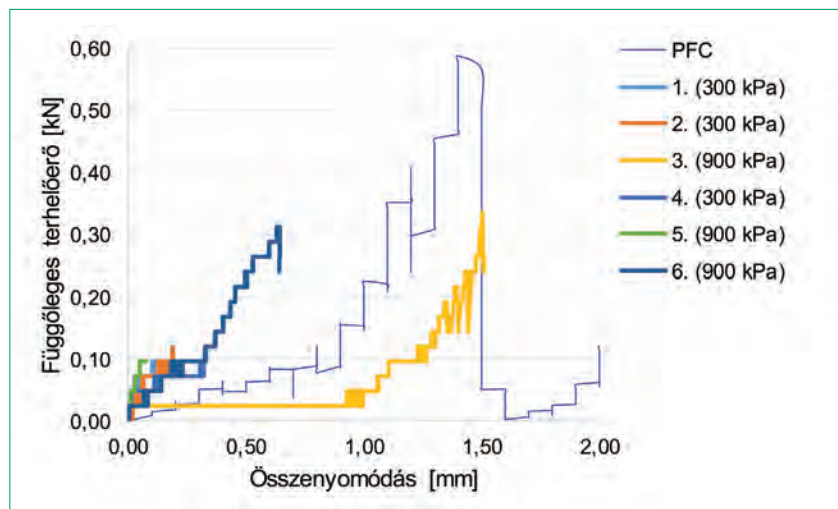
A 12. ábra egyes eredményvonalait elemezve megállapítható, hogy – bár a laboratóriumi mintáink 20,4 mm-es belső átmérőjű hengerben voltak, míg a DEM-es szimulációban 19,0 × 19,0 mm alapterületű hasámban – a szimulációval jól közelíthetők voltak a laboratóriumi mérések eredményei, és a 8. ábra alapján javasolt 1960 ciklus figyelembevétele túlzó mértékű. A 2,0 mm-es összenyomódáshoz a 12. ábra, a DEM-es modell szerint a 459. ciklushoz a 13. ábra tartozik. Megemlítjük továbbá, hogy a 12. ábrán szereplő



10. ábra. Terhelési diagram 2.



11. ábra. Terhelési diagram 3.



12. ábra. Terhelési diagram 4.

Dr. Movahedi Rad Majid 2007–2011 között a BME Tartószerkezetek Mechanikája Tanszékének doktorandusz hallgatójaként kutatási területe a rugalmas-képlékeny szerkezetek optimalása. 2011 októberében védte meg PhD-disszertációját építőmérnöki tudományok szakterületen. 2012 szeptemberétől egyetemi adjunktus, 2017-től egyetemi docens a SZE Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszéken. Jelenlegi kutatási területei: rugalmas-képlékeny szerkezetek optimalása, numerikus szimuláció, szerkezetek dinamikája, diszkrét elemes modellezés, mechanikai anyagmodellek, matematikai modellezés. A Magyar–Osztrák TÉT kutatási együttműködés témavezetője, a kutatás címe: Szemcseaprózódás javított diszkrét elemes szimulálása és konstitutív modellezése.

6 laboratóriumi mérési adatsor túlságosan lépcsős jellege az erőmérő cellánk miatt adódott. A Széchenyi István Egyetem Szerkezetvizsgáló Laboratóriumában főként többtonnás terhelések mérésére vagyunk berendezkedve, az 1 kN alatti erőtartományban a mérőcelláink produkálhatnak ehhez hasonló jelenségeket, a szemcsék mozgásától és töréseitől függetlenül. Ezt a jövőben mindenképpen figyelembe kell vennünk, azaz kisebb, de

nagyobb pontosságú mérőcellák beszerzése is szükséges lehet.

Amennyiben a 12. ábrán bemutatott grafikonokat összevetjük a 3–4. ábrákon, valamint a 13. ábrán szemléltetett képekkel, megállapíthatjuk, hogy a tapasztalt minimális mértékű aprózódás reális a modellezésben is kapott eredmények szerint – a valós aprózódás is elhanyagolható mértékű volt a laboratóriumi méréseknél a CT röntgenképek tanúsága alapján.

A DEM-es modellezésben – bár ott gömb alakú makroszemcséket alkalmazunk a valóságban amorf, éles élű és tört szemcsékhez képest – az aprózódás a figyelembe vett terhelésnél az 1000. ciklus környékén jelenik meg, ami kb. 6 mm-es összenyomódáshoz tartozik. Valószínűleg ekkora mértékű deformációhoz tartozó kb. 2 kN-os terhelést (11. ábra) a KPE-cső és a zárókupakja nem viselne el maradó alakváltozás és/vagy tönkremenetel nélkül, így ennek vizsgálatára más mérési összeállításra lenne szükségünk.

Következtetések, összefoglalás

A fent bemutatott diszkrét elemes modellezéssel igazoltuk, hogy a módszer alkalmas a kőzetsemmé aprózódásának numerikus számítására akár 3 dimenzióban, viszont a jövőben az alább ismertetett hiányokat szükséges pótolnunk, valamint finomítanunk kell az eddig használt paramétereket. A modellezésünk során végig

tudatában voltunk a számításaink és a kiadódott eredményeink korlátjainak:

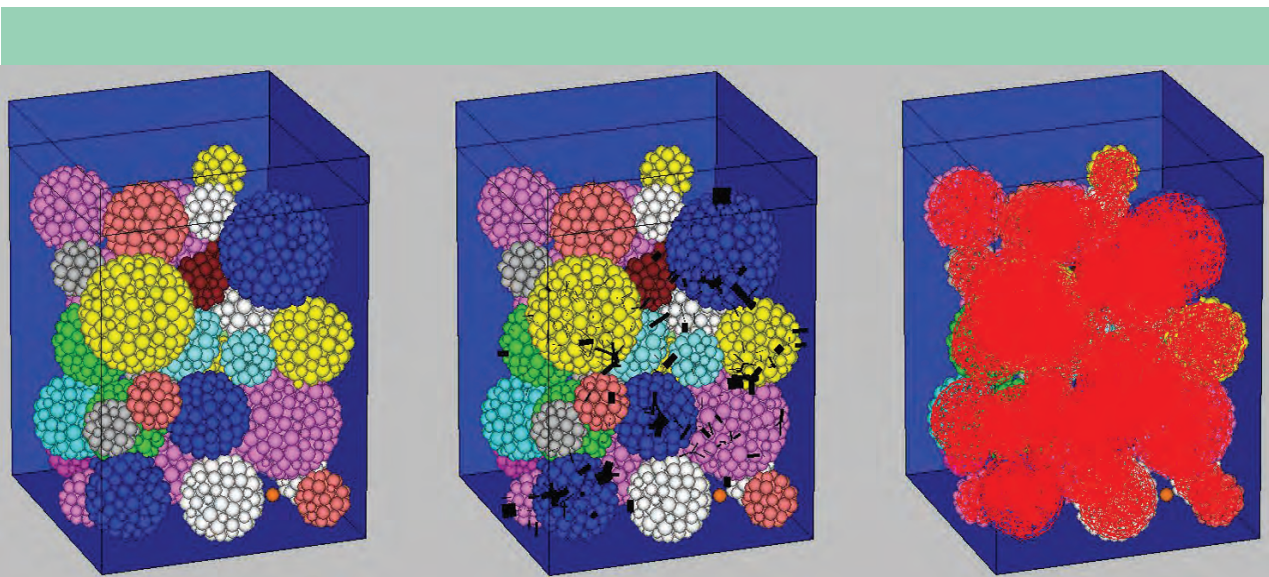
1. a szemcséket a vasúti zúzottkő ágyzatnak megfelelő szemcseméretben kell figyelembe venni, azaz a most használt 4/8 mm-es frakció helyett a 31,5/50 mm-es vagy 31,5/63 mm-es frakciókat;

2. az 1. ponthoz igazodva, a szemcsealakokat is finomítani szükséges a valóságoshoz közelebb [5, 6, 7], amihez elengedhetetlen lesz a PFC^{3D} szoftver 4.0-s verziójánál modernebb DEM-program alkalmazása;

3. a jelen cikkben modellezett kb. 20–30 db szemcse egy precízebb szimulációhoz túlságosan kevés lesz, ellenben magasabb elemszám esetén szintén a több mint 10 éves PFC^{3D} 4.0 verziójának akadályaiba ütközünk (kezelhetetlenül hosszú futtatási idők – a bemutatott eredményeink kb. 2 hónapnyi számítógépes futtatást igényeltek, ami 2019-ben elfogadhatatlanul sok);

4. a mikromechanikai paraméterek pontosítására a DEM-modell laboratóriumi mérésekkel történő validálásánál szükségünk lesz, amihez könnyen kezelhető, viszonylag gyorsan futtatható szoftver kell (az interneten elérhető ingyenes, nyílt forráskódú, programozható DEM-szoftverek, pl. a YADE vagy a költséges professzionális modern szoftverek: PFC^{3D} 6.0, EDEM stb.);

5. a PFC^{3D} 4.0 verzióban még elvégezhető finomítások-kiegészítések közül megemlíthetők a következők:



13. ábra. A 459. terhelési ciklus szerinti állapot (balról jobbra: mikroszemcsékből álló makroszemcsék, szemcse-szemcse és szemcse-fal közötti kapcsolati erők; „parallel bond”-ok)

- a laboratóriumi mérésekhez igazodva validálni kell a DEM-es modellt;
- számszerűsíteni kell a megszűnt/tönkrement parallel bondok számát, és regisztrálni kell a bennük fellépő igénybevételeket;
- a validált modell mikromechanikai és geometriai paramétereit megváltoztatva további fontos eredményeket kaphatunk a futtatásokból;

6. a jövőben a statikus terhelések helyett (megfelelően kezelhető DEM-szoftverrel) a valóságoshoz közelebbi dinamikus terheléseket kell figyelembe venni;

7. szofisztikált szoftverekkel (pl. ED-EM) a kézi/gépi alávért, valamint az ágyazatrostálást, továbbá ezek ágyazataprózó hatását is modellezni lehet;

8. a CT röntgenfelvételekkel [8, 9] kiegészítve – bár korlátozott geometriai méretekkel és az átviláthatóság szempontjából korlátozott anyagú befoglaló „tégellyel” – a módszert tökéletesíteni lehet, a laboratóriumban adott terhelés esetén mért aprózódásokat, deformációkat pontosabban lehet ellenőrizni;

9. az aprózódás figyelmen kívül hagyásával lehetőség van a szemcsés halmazok deformációinak számítására is, ebben az esetben „kizárólag” a szemcsék elmozdulására (3D-s eltolódások és 3D-s forgások), valamint a kialakuló feszültségi trajektóriák [10, 11] meghatározására van lehetőség – statikus és/vagy dinamikus terhelések hatására –, amely bizonyos modellezési keretek között elegendő lehet;

10. érdekes kutatási módszereként megemlíthendők a digitális kép- és videofeldolgozáson alapuló mérési és kiértékelési lehetőségek, amelyek egy másik egyetemi kutatásunkban (üvegszál-erősítéssű műanyag kompozit hevederes ragasztott szigetelt sínillesztések kutatása) már sikeresen alkalmazott GOM ATOS, Tritop és ARAMIS [12] eszközökkel történtek (az eszközökkel rendelkezik a Széchenyi István Egyetem Audi Hungaria Járműmérnöki Kara). Ehhez egy átlátszó plexicsőben vagy plexihasában kellene terhelni a szemcséket, miközben digitális kép/videofelvételeket készítünk a szemcsehal-mazról.

Az eszközök és a kiértékelő szoftverek képesek az elmozdulásmezők akár századmilliméter pontos meghatározására – esetünkben a szemcsék elfordulása okozhat problémát a módszer alkalmazásánál, ami befolyásolja a pontosságot és a valóságos viselkedés felvételét.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a diszkrét elemes modellezés nagyon hasznos módszer lehet arra a célra, hogy a költséges laboratóriumi és/vagy terepi vizsgálatok számát csökkenthessük, viszont tudatában kell lenni a DEM-es szimulációk korlátjainak is. Ezek között megemlíthető, hogy a szimulációk nem megfelelő beállítással akár irreális eredményeket adhatnak, például a valóságosnál „tovább terhelhető” az adott felépített szerkezet. Ehhez minden esetben szükség van a megfelelő mérnöki gondolkodásra, és tudnunk kell megítélni a kapott eredmények helyességét, szükség esetén korrigálni a felvett modell paramétereit.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-3-I-SZE-13 kód-számú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült. «

Irodalomjegyzék

- [1] Juhász E., Fischer Sz.: A vasúti ágyazati szemcsék degradációjának mérése laboratóriumi körülmények között. *Sínek Világa*, 2019/5, 2–12. o.
- [2] Fischer Sz.: A vasúti zúzottkő ágyazat alá beépített georácsok vágánygeometriát stabilizáló hatásának vizsgálata. *Doktori értekezés. Széchenyi István Egyetem, Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola, Győr, 2012.*
- [3] Software Products, PFC Contact Models [hozzáférés:] <https://www.itascacg.com/software/pfc-contact-models> (2019.10.28.).
- [4] Software Products, New Contact Models in PFC [hozzáférés:] <https://www.itascacg.com/software/new-contact-models-in-pfc>, (2019.10.28.).
- [5] Gálos M., Orosz Á.: Ágyazati kőanyagok viselkedésének vizsgálata ismételt terhelés hatására. *Sínek Világa*, 2019/1, 10–15. o.
- [6] Gerber, U., Sysyn, M., Zarour, J., Nabochenko, O.: Stiffness and strength of structural layers from cohesionless material. *Archives of Transport*, Vol. 49, Issue 1, 2019, 59–68. o.
- [7] Sysyn, M., Kovalchuk, V., Gerber, U., Nabochenko, O., Parneta, B.: Laboratory evaluation of railway ballast consolidation by the non-destructive testing. *Communications*, Vol. 21, No. 2, 2019, 81–88. o.

Summary

This paper is the continuation of the previous article published in *Sínek Világa* 2019/5, the title of this article is „Measurement of degradation of railway ballast particles in laboratory conditions” [1]. Here the authors presented their latest measurement results and a new researching line involving CT scans. Among other things, the article raised technical regulations and proven solutions that need to be considered. Contrary to the authors' previous publications, this article presents the possibilities of a new direction. A new model using discrete element method was created, with the perspective of finding parallel between our laboratory measurements and the newly created DEM model. Among the many modeling possibilities, relatively limited capabilities were enabled, so it was mainly explore the simulation to discover the goal and possible directions of research rather than to compare two completely separate methods. This article details the advantages, disadvantages, and practical benefits of DEM modeling.

- [8] Fekete I., Kozma I., Csontos, R.: CT based analysis of reworked BGA devices. 21st IMEKO TC4 International Symposium and 19th International Workshop on ADC Modelling and Testing Understanding the World through Electrical and Electronic Measurement. Budapest, Hungary, September 7-9, 2016, 288–292. o.
- [9] Kozma, I., Fekete, I., Zsoldos, I.: Failure Analysis of Aluminum – Ceramic Composites. *Materials Science Forum*, Vol. 885, 2017, 286–291. o.
- [10] Kurhan, D. M.: Determination of Load for Quasi-static Calculations of Railway Track Stress-strain State. *Acta Technica Jaurinensis*, Vol. 9, No. 1, 2016, 83–96 o.
- [11] Kurhan, M. B., Kurhan, D. M., Brazhnyk, M. Y., Kovalskyi, D. L.: Features of Stress-Strain State of the Dual Railway Gauge. *Nauka ta Progres Transportu*, Vol. 79, No. 1, 2019, 51–63. o.
- [12] GOM Metrology Systems [hozzáférés:] <https://www.gom.com/metrology-systems.html> (2019.10.28.)



Pályatechnológiai fejlesztések a BKV közúti vasúti hálózatán (3. rész)

A sínkörülöntéses felépítmények rendszerfejlődése

Csépe Róbert

műszaki főmunkatárs
BKV Zrt. Villamos Pálya- és
Műtárgyfenntartási Szolgálat

✉ csepe.robert@gmail.com

☎ (1) 461-6500/28190

A BKV Zrt. közúti vasúti pályáinak technológiai fejlesztése és korszerűsítése továbbra is töretlen lendületű. Az ezredforduló környékétől a [3] és [4] részben bemutatott burkolt és nyitott zúzottkő ágyazatú felépítményt egyre szélesebb körben felváltják a beton pályalemezes, sínkörülöntéses felépítményi rendszerek, melyeknek az üzemeltetési előnyei egyre inkább beigazolódnak. A napjainkban is zajló fejlesztési projekteknél a beton alapú technológiát igénylő vágányrendszerek tervezésével, építésével és üzemeltetésével kapcsolatban igen sokrétű, de egyben igen vegyes tapasztalat gyűlt össze és került elemzésre. Az ebből eredő megfontolások és stratégiaszerű üzemeltetési elvárások, valamint iránymutatások kivonata a következő elemzés, amely a sínkörülöntéses felépítmények létesítésének peremfeltételeként mindinkább kizárólag az előregyártott betonlemezes építési technológiák felé való elmozdulás üzemgazdaságilag jóval előnyösebb voltát világítja meg.

A BKV-nál alkalmazott közúti vasúti, beton pályalemezes felépítmények történeti áttekintése

Előzményként ide kívánkozik a BKV Zrt.-nél és jogelődjeinél eddig beépített, egyéb típusú előregyártott vagy monolit közúti vasúti beton pályalemezekkel nyert tapasztalatok rövid összefoglalása, amelyet most függetleníünk a sínleerítés módjától.

Ezek a tapasztalatok elsősorban és legkorábbi datálódóan az előregyártott, nagypaneleles, tömbsínes felépítmény üzemeltetéséből keletkeztek, amelyek így a később kifejlesztett rendszerek őseinek tekinthetők.

Kisebbrészarányúak az évtizedekkel később bevezetett, de már sínkörülöntéses, előregyártott, illetve monolit betonlemezes útátjáró rendszerekkel szerzett üzemeltetési adatok. Külön vizsgálatot érdemelnek az acélvályúban létesített sínkörülöntéses pályák.

A tömbsínes, nagypaneleles vágányrendszer

Mint köztudott, a nagypaneleles, tömbsínes vasúti pályalemez – mint korszerű felépítményi rendszert – a BKV jogelőd-



jének saját szolgálati szabadalma alapján a Budapesti Vasbetonipari Vállalatnál fejlesztették ki. Az 1971-től már nagy hosszban épített „nagypaneleles vágány” kiválóan alkalmas volt az igen érzékeny, még zúzottkő hosszgerendára épített ún. „mezítlábas” Phoenix-sínes vágányok nagyon gyors átépítésére. A kezdeti időkből csupán némi hengerelt aszfalt erősítőréteget

és erre egy laza aszfalt ágyazóréteget építettek. Csak az 1980-as évek elejétől épült betonlappal, főként az új építendő szakaszokon (pl. 1-es „gyorsvillamos”). Az 1982-ben átdolgozott technológiai utasításban (1-es RTU) már az injektálásos technológia is megtalálható a BME egyik korszerűsítő javaslataként.

Az 1980-as évek betontechnológiájából adódó gyengeségek, a ki nem javított „gyerekbetegségek” ellenére a „nagypanel” gyorsan terjedt, mert kevés fenntartást igényelt, a korábbiakhoz képest lényegesen gyorsabb építést és sínclerét tett lehetővé (1. ábra). Az 1994-től, külső finanszírozással megindult modernizálási projektek idején 100 vkm-nél is több üzemelt Budapestben, ami a burkolt vágányok ~2/3-os részarányát jelentette. Az átépítések után sok helyről eltűnt a tömbsínes, nagypaneleles vágány (Nagykörút, 1-es villamos, Alkotás út, Nagykörösi út...), de a helyére került „korszerűbb” felépítményi rendszerek nem teljesen váltották be a hozzájuk fűzött reményeket. Manapság 30-35 éves „nagypaneleles” vágányok épülnek át. Az ezekből még visszanyerhető, újra beépíthető panelek, tömbsínek másodfokúban újra vágányba kerülhetnek. Ez az „újrahasználatosság” jól érzékelteti az előregyártott betonelemek gazdaságos-

sági mutatóit, hiszen egy meglévő, de új helyen felhasznált elem életciklusköltsége (helyesebben: élettartamköltsége) töredéke például egy karbantartás, sincsere esetén teljes burkolatával együtt elbontandó egyéb rendszernek!

Külön megjegyzést érdemel az, hogy szakmai berkekben is gyakran elsiklunk afelett a tény felett, hogy Budapesten a nagypaneles, tömsínes vágányrendszer volt az első RAFS (Rugalmas Alátámasztású, Folyamatos Sínágyazású) felépítmény.

A fejlődési ív kezdeteként elevenítjük fel, hogy a BKV tömsínes, nagypaneles rendszere a KGST-országok legtöbbjébe eljutott (a teljesség igénye nélkül: akkori Csehszlovákia és Kelet-Németország, Bulgária, Lengyelország, Románia, Jugoszlávia... Eszéken, Pozsonyban 1000 mm-es nyomtávú változat is épült, a csehországi Liberec városában [2. ábra] normál nyomtávú és 1000 mm-es, fonódott kivitel is üzemben volt!) [1]. A NIKEX (Nehézipari Külkereskedelmi Vállalat) révén az akkori „Nyugatra” is elkerült. Hollandiában nagyobb hosszban is épült kísérleti pálya.

Kismértékben módosított kivitele Prágában napjainkban is alkalmazásban van, de ez csökkenő tendenciát mutat.

A sínkörülöntéses felépítmények megjelenése

A bevezetésben említett vonulat egyik visszatérő ágának tekinthető a beton síncsatornában kiöntött sínleerősítésekkel kialakított megoldás budapesti megjelenése. A holland gyártó RAFS felépítménye a sín „beragasztásával” jött létre.

Ilyen felépítmény épült 1996-ban „törpe” Ph (51R1) sínekkel a Petőfi hídon, melyet a kevés monolitikusan épült tömsínes vágány helyett terveztek. Az új beton sínvályuban a sínszalakat Edilon Corkelast VO (a VA60 kiöntőanyag elődje) poliuretán bázisú műgyanta ragasztóval rögzítették (3. ábra).

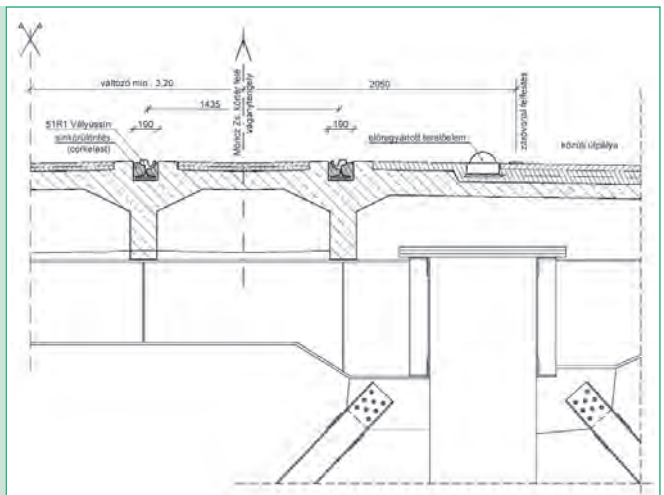
Szintén ebben az időben készült ~2 × 130 cm hosszban, kísérleti jelleggel az új, Hungária körút Mester utca keresztesződésében, az 1-es villamos vonalán a monolit, de betonfiniszerrel készített pályalemez. 2018-ban ebben került sor az 59R2 sín cseréjére (a Petőfi hídon ez a munka 2019-ben már szintén indokolt).

Az itt szerzett üzemi tapasztalatok kedvezőek. Az elmúlt több mint 20 évben a ragasztóanyag működési hiányosságára visszavezethető károsodások nem

2. ábra.
Liberec,
fonódott
nagypaneles
vágány



3. ábra.
A Petőfi híd
keresztmet-
szete sín-
körülöntéses
felépítmény-
nyel



voltak tapasztalhatók. A sínek, például a Petőfi hídon leginkább a 4-es, 6-os villamosviszonylatok igen magas közúti vasúti forgalmi terhelése (~12 millió elegendő/év/irány) miatti anyagfáradás természetes jelenségét mutatják.

Szakmai körökben felmerült a hidakon az itt alkalmazott VO anyagtól valami lágyabb sínágyazást lehetővé tévő (pl. VA40) megoldás beépítése. Ettől a kisebb mértékű „puhítástól” a sínek rezgéseinek és gerjesztéseinek az acél hídstruktúrával való nagyobb elhangolását lehet remélni, mely üzemeltetői szempontból kedvezőbb lehet (csekélyebb mértékű hullámos kopás, kevesebb sínfej-hajszálerepedés és RCF-hiba).

Nagy közúti forgalmi terhelésű útátjárók

Az előregyártott betonlemezes, de immár sínkörülöntéses pályalemez a BKV-nál először a 2000-es évek végén, elsősorban zúzottkőves vágányok nagy közúti forgal-

mi terhelésű útátjáróiban jelentek meg (pl. 1-es villamos, Gyáli úti átjáró), ahol a hagyományos, nagyvasúti, beton vagy préseltgumi burkolóelemek nem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket.

A nagy szerkezeti vastagságú vasbeton elemek (35–60 cm) legtöbb esetben ászokgerendán támaszkodnak fel. Ezeket a kiszabályozás után folyóbetonba ágyazzák, így hozva létre egy markáns, 50–80 cm vastag pályaszerkezetet (pl. 4. ábra). Léteznek részben vagy teljesen betonacél nélküli (FRC: Fiber Reinforced Concrete), szintetikus makroszál-erősítésű rendszerek is.

A síncsatorna széle gyártmánytól függően szögvas élvédelemmel ellátott vagy szögvas nélküli kialakítású is lehet.

Egyes, nem BKV-s üzemi tapasztalatok a szögvaserősítéstől várt előnyöket nem igazolták, azok korróziós hatások miatt elválhatnak a betonlemezről.

Ennél a megoldásnál a zúzottkőves és a betonlemezes vágány függőleges rugalmassági tulajdonságainak különbségei



4. ábra. Épülő sínkörülöntéses útátjáró a Nyírpalota úton



5. ábra. Újraragasztott acél élvédő elem Balatonfenyvesen, a 7-es főút és a Balatonfenyvesi GV útátjárójában



6. ábra. Az első nagykörüti sínkörülöntéses szakasz építés közben



7. ábra. A budai fonódó projekt sínkörülöntéses felépítményének beton sínvályúja, Frangepán utca

valamint a vízvezetés precíz megoldásának hiányosságai jelentenek megoldandó problémát (5. ábra). Ez utóbbira új vállalati szabvány is készült [2]. Bár elvileg erre alkalmas az ilyen betonelem újrahaználata, azonban az eddig eltelt rövid üzemidő miatt erre még nem került sor.

Monolit beton síncsatornás vágányrendszerek

Kétrétegű, monolit beton síncsatornás vágányrendszer

A Nagykörút 2010-es évekbeli felújításának előkészítésekor fogalmazódott meg az üzemeltető részéről, hogy a teljesen tönkrement Gantry-RAFS vágány helyett ezen az igen nagy közúti vasúti forgalmi ter-

helésű szakaszon szintén sínkörülöntéses felépítmény készüljön.

Az akkor is meglehetősen szorító organizációs, vágányzári kötöttségek miatt – üzemeltetői felvetésre – a korábbi vágány betonlemezének megtartásával építhető, de sínkörülöntéses vágány (6. ábra) megtervezését írták ki a pályázatban. Az üzemeltető és a beruházó ettől a vágányzári idő, a buszpótlási idő számottevő lerövidülését és az elszállítandó/odaszállítandó anyagok mennyiségének csökkenését várta.

Egyrétegű, monolit beton síncsatornás vágányrendszer

Néhány száz vágányméter hosszban épült a budai fonódó projekt keretén belül, de egy rétegben készített monolit vasbeton pályalemez, sínkörülöntéses felépítmény. Hasonló leerősítésű, de fűburkolatú és a hidakra adaptált betonvályús kivitel az 1-es, 3-as projektben is készült, amely jelentősebb, néhány kilométer hosszban létesült. Ezek elvi kialakítása lényegében megegyezik (7. ábra).

Acél síncsatornás vágányrendszerek

Acél síncsatornás, sínkörülöntéses felépítmény viszonylag kevés készült, elsősorban az acélvályú magasabb ára miatt.

Léteznek nyitott, nem járóburkolattal kialakított megoldások. Ilyen például a Rákóczi híd felépítménye (8. ábra). Ennek acél sínvályúja beton magánaljakon fekszik (9. ábra).

Hasonló a Margit híd felépítménye is, de ez burkolt kivitelű, illetve nem beton magánaljakon fekszik, hanem közvetlenül az acél hídszerkezethez csatlakozik.

A másik kivitel a (dísz)kőburkolatos, mint a Kossuth tér felépítménye, illetve a Margit híd alatti fonódóvágány (10. ábra).

A sínkörülöntéses vágányrendszerek általános üzemi tapasztalatai

A BKV közúti vasúti vágányhálózatán különböző technológiával készültek sínkörülöntéses vágányok. Ebben a fejezetben a nem előregyártott betonelemes kivitelűeket ismertetem.

A beton pályaszerkezetek elemzésénél meg kell említeni az egyéb monolit beton pályalemezek és burkolatok üzemeltetési tapasztalatait. Ilyenek a nyitott, ragasztott vágányok pályalemezei és az egyéb burkolt közúti vasúti felépítmények beton/bazalt-beton burkolatai és pályalemezei.

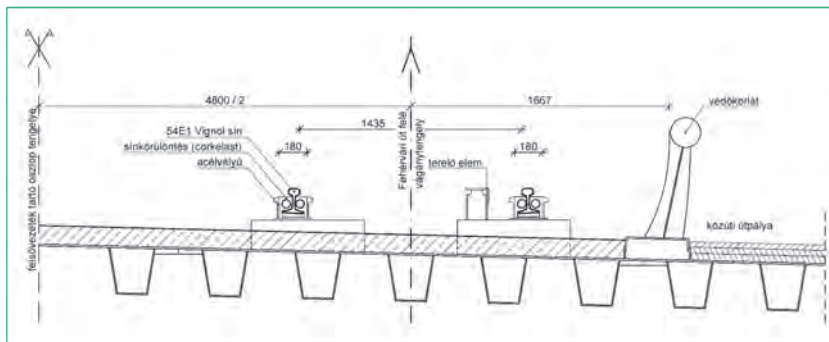
A monolitbeton-szerkezetek elvi tervezési élettartama 50 év. Ennek alapja azonban az építéskor betartandó technológiai peremfeltételek megléte.

A nyitott vágányok betonlemezeinek építéskor legtöbbször a munkának nem ideális időjárási körülmények közötti végrehajtása és a nem elégséges időablak (vágányzár) okoznak problémát. Például a nyári időszakban épült betonpályákon a zsugorodási repedések igen gyakoriak. Ez jellemző az acélerősítés nélküli bazalt-beton burkolatokra is.

A legutóbbi időkben elterjedt, kapcsolószerszám nélküli, folyamatos, gumielemezőgázású vágányok két rétegben (külön alaplemez, külön burkolati réteg) tervezett és épített megoldásainál a vasbeton lemezben az acélbetétek részleges elhagyásával és a szintetikus mikro- és makroszál-erősítés alkalmazásával az építés minősége javult.

Betonfiniserrel kialakított, monolit pályalemez

A Hungária körgyűrűn, a Mester utca megállójánál (Lurdy Ház) a betonfiniseres (11. ábra), csúszó formaszalus technológiával épült szakasz jól üzemel. A kísérleti jelleggel épült pályalemezen több felületi minta és színezési változat létesült. Negatív tapasztalat, hogy a finiser csúszószaluja vagy a terítőcsigája és a betonvas feltehetően nem kielégítő pozícionálása következtében a betonvasak néhol túl közel



8. ábra. A Rákóczi híd felépítményének terve



9. ábra. Acél sínvályú építése a Rákóczi hídon (Forrás: www.innorail.hu)



10. ábra. Acél sín-csatornás, sínkörülöntéses (fonódó) vágány, építés közben

kerülhettek a felszínhez. A nem megfelelő betontakarás a betonfelület és a betonvasak foltszerű, de jelentős károsodását okozták az elmúlt két évtizedben, melyek nemcsak esztétikai, hanem a szerkezetet is érintő hibák.

Mindezek ellenére az itt szerzett üzemi tapasztalatok kedvezőek. Az elmúlt több mint 20 évben a sínt körülöntő anyag működési hiányosságára visszavezethető károsodások nem voltak tapasztalhatóak.



11. ábra. Vasúti pályalemez betonfiniseres kialakítása egy külföldi példán



12. ábra. Burkolathiba a Nagykörúton, a Podmaniczky utcánál



13. ábra. Irányhiba a monolit sín-csatornában – Nagykörút, 2018



14. ábra. Acélzsaluzattal készült sín-csatornában maradt csavar

Monolit beton sín-csatornás vágányrendszerek

Kétrétegű, monolit beton sín-csatornás vágányrendszer (nagykörúti)

Habár bizonyos megtakarítás keletkezett a bontott anyagok mennyiségében és ezek elszállításában, a munkához biztosított terület szűkösége (csupán egy forgalmi sáv lezárhatósága) és az így kialakult nehezítő körülmények miatt megnövekedett időszükséglet következtében a forgalomtechnikai költségekben mégis jelentős többletet okoztak.

További negatív befolyásoló tényező a közösségi közlekedést irányító szervezet nyári vágányzári kötelme. A nyári betonozási munka és a hézag nélküli vágány kialakításának fizikai törvényszerűségeit elhanyagoló (nem építőmérnöki szemléletű) projektervezés szintén hozzájárult a sok kivitelezési minőségi anomáliához. Az elkészült vágányok építése és néhány éves üzemeltetése során számos, az elvárt élettartamot befolyásoló (csökkentő) hiba került felszínre.

Ezek közül néhány:

- A megmaradó és az új betonlemez összekötésére szolgáló sok tízezer betonvas túske elhelyezéséhez szükséges kézi fúrás kapacitás nemritkán szűk keresztmetszetnek bizonyult. (A -1 vkm-nél nagyobb hosszban munkába vett szakaszokon a betonozási munkák gyakran utóérték a furatolási munkaterületet,

és ezt a lemaradást általában csak eseti/hajnali munkatöbblettel lehetséges behozni, ami tömeges lakossági panaszokhoz vezethet.

- A sín-csatorna fazsaluzatai a betonozáskor könnyen felúsztak, pozíciójukat veszítették.
- Az alaplemez felületének jelentős magassági hibái miatt az alöntések vastagsága és a betonlemez vastagsága nagy szórást mutatott. Ez sokszor a sínkoronaszint és a burkolatszint tervtől való eltérését eredményezte. (Néhol kiállt, néhol mélyen marad a sín [+5; -2 cm] intervallum között, átlagosan 1,5 cm tervezettől való eltéréssel).
- A bazaltbeton burkolat nyári építése kritikus. A zsugorodási repedések tömegesen alakulnak ki. Különösen út-átjárókban rossz a helyzet (12. ábra). Ha a felső, új burkolat – amely egyben a sánt tartó sínvályú is – tönkremegy, akkor kritikussá válik a beragasztott sín állékonysága is. Ez már középtávon lassújelek bevezetését, rosszabb esetben a betonlemez és a körülöntés javításának kényszerét hozhatja magával.
- Az irányra és magasságilag rosszul kivitelezett sín-csatornákban (13. ábra) a betonvasak betontakarása és a sínek szigetelő ragasztóanyaggal való körbeölelése (min. 20 mm vastagságban) sem valósul meg. Ezek a helyek, a fent leírtakhoz hasonlóan, lokális pályaromlási helyekké (sántörés, függőleges kivetődés...) válhatnak.

Egyrétegű, monolit beton sín-csatornás vágányrendszer

Nagy jelentősége van itt is a sín-csatorna zsaluzatának, illetve a zsaluzat anyagának. Általános tapasztalat, hogy építéskor a fazsaluzat könnyen felúszik, ennek méretpontossága, így a beton sín-csatorna építési méreteltérése gyakran kritikus. A szűk vagy irányhibás csatornában a sín mellett nem létesülhet megfelelő vastagságú, elektromosan szigetelő kiöntőanyag (min. 20 mm itt is az elvárás), ezért az elektrokorrózió és a kóboráram-kiszóródás lokálisan hibákhoz vezethet. Az acélzsaluzattal készült sín-csatornában sokszor a felúszás ellen alkalmazott rögzítőcsavar (14. ábra) nem megfelelő eltávolítása miatt a sántalp alatt szintén lokális hibahely keletkezik. Ez az üzemeltetés során akár rejtett sántörési ok és hely lehet.

Amiért a betonburkolatként is üzemelő kialakítást közelebbről kell vizsgálni, az az, hogy ezek a projektek sajnálatosan a megvalósítandó létesítmény időtállósága, technológiai igényei szerint sem az ideálisnak tartott tavaszi-őszi időszakokban készülnek az utóbbi idők gyakorlata szerint. Ezek a betonok, mivel közúti forgalom is halad rajtuk, mindig bazaltváz anyagúak, amelyek különösen érzékenyek a kivitelezés körülményeire. A nyáron vagy télen megépült ilyen vágányok betonminőségével már jelentkeztek problémák. Az egyik ilyen felmerülő kérdés a bazaltburkolat betontechnológiájából adódó korlátozó

tényező, hogy a bazaltbetont megépítése után kb. 6 hónapig, elviekben, nem érheti sóterhelés. Belátható, hogy egy nyáron épített ilyen városi környezetben lévő burkolat a hazai időjárási körülmények között akár már októberben megkaphatja az első útszórósóadagot...

Az egyéb hámlások, nem az irányított hézagképződés helyeinél jelentkező tömeges repedések a városi agresszív környezetben a beton/bazaltbeton elvileg elvárt 50 éves élettartamát kérdésessé teszik, és ez üzemgazdasági szempontból hátrányt jelent.

Acél síncsatornás vágányrendszer

A Rákóczi híd felépítménye (8., 9. ábra), amely beton magánaljakon fekszik, átadása óta lényegében hibamentesen üzemel.

Az acél sínvályús rendszerek üzemeltetése során egyedüli probléma csak abból adódik (pl. Kossuth tér), hogy feltehetően az acélvályúk és az alap vasbeton lemez dilatációs hézagai (vagy egyéb helyen elrepedt betonlemez mozgó hézagai) feltehetően sokszor nem esnek egy keresztmetszetbe (egymás fölé), ezért a többlet dilatációs erők miatt a ragasztóanyag sín-től és vályútól való bizonyos fokú elválása figyelhető meg (15. ábra).

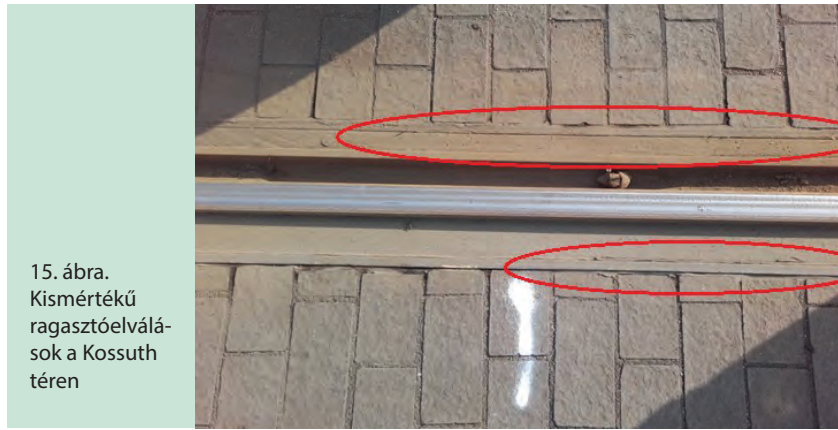
A Margit híd acél síncsatornás felépítményében ilyen jelenség leginkább a síndilatációs szerkezetek környezetében figyelhető meg.

Korszerű, előregyártott betonlemezes, sínkörülöntéses vágányok üzemi tapasztalatai

Phoenix-sínes változat

Külföldi példák

Az előregyártott betonlemezes vágányok építésére igen széles körű külföldi tapasztalat áll rendelkezésre. Ezek többnyire vályús sínekkel készülnek, és 30–50 cm vastagságúak (16. ábra). Gyorsan építhetők, vízzáró burkolatúak, a fagykár, elektrokorrozio nem jellemző. Igen változatos és tartós burkolati megjelenés és felületi mintázat alakítható ki rajtuk. Belvárosi környezetben a vágányhoz közel lévő épületek rezgésvédelmi határértékeinek betartása céljából könnyen és széles rezgésvédelmi spektrummal létesíthetők rugalmasan ágyazott tömeg-rugó rendszerek



15. ábra. Kismértékű ragasztóelválások a Kossuth téren



16. ábra. Rotterdam, úsztatott Edilon pályalemez

(úsztatott pályaszerkezetek; alacsony ágyazási tényezőjű, de tartósan rugalmas elasztomer paplanra fektetett vágányrendszer) is. Élettartamuk elvben legalább 50 évre tehető.

Hazai tapasztalatok

Budapesten acél élvédős, előregyártott elemekkel, Ph 59R2 sínnel épült például az 1-es, 3-as Villamos Projekt több, nagyobb terhelésű útátjárója.

Az ilyen, acélperemes betonlemezek jelenleg az előzőekben bemutatott tönkremeneteli folyamat kezdeti fázisában vannak. A beton és az acél találkozásánál kialakult hézagokat a további vízbejutások és a jelentősebb korróziós károk megelőzése érdekében vízzáróvá kell tenni. Ennek technológiai kidolgozása a közeljövő feladata. Az acél élvédő nélküli síncsatornákra ez a folyamat nem jellemző.

Egyebek mellett a Sika SBST felépítményrendszerben szintén elérhetők ilyen, 35–50 cm vastag elemek is.

Az előregyártás betonminőségére gyakorolt általános pozitívumai az üzemeltetőnek jelentős előnnyel járnak, mivel az évtizedes (külföldi és hazai) tapasztalatok ezek anyagszerkezeti állékonyságának egyértelmű előnyét mutatják. A síncsere egy-



17. ábra. Épülő Sika SBST 35 felépítmény a Nagykörúton, 2019

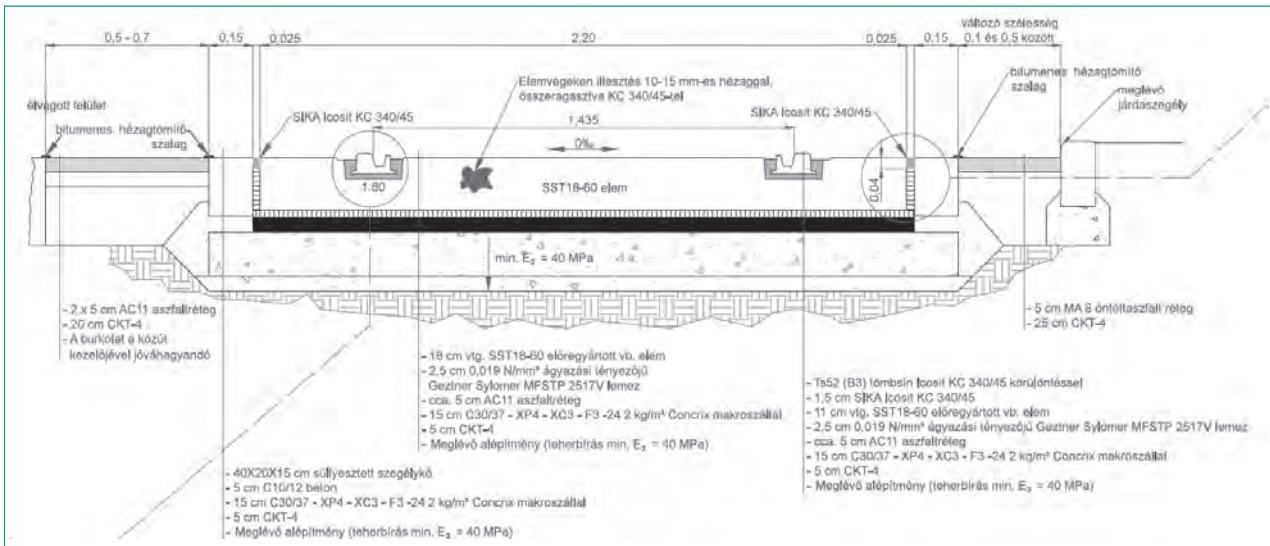
szerű és gyors eljárás. Nem igényel burkolatbontást. Számos szerkezeti kialakítás hozható létre a gumipaplanos, úsztatott megoldásoktól a nagy teherbírású útátjáróig. Az építésük igen gyors, hosszú kötési idővel nem kell számolni. A téli útszórósóknak ellenállnak, nem kell szigorúan elrendelni a sószórás tilalmát a fél-éves bazaltbeton-kötési időre, mint a monolit szerkezeteknél.

Tömszínes változat

Beton síncsatornás, tömszínes elemrendszer

Egy érdekes példa az érzékeltetni kívánt fejlődési vonulat egy másik ágára, a lengyelországi Sika által Krakónak kifejlesztett, a BKV nagypaneles vágányának továbbfejlesztéseként tekinthető, szintén 18 cm vastagságú és tömszín befogadására alkalmas betonelemrendszer.

Ebből az úsztatott (könnyű tömeg-rugó rendszerű) szerkezetből a BKV há-



18. ábra. A Sika SBST-18 rendszer elvi felépítése



19. ábra. Sika SBST-18 „Diamond” felületi mintával



20. ábra. Mintás felületű nagypanel a Népliget megállóban (1-es viszonylat)

lőzatán is épült 2 kísérleti vágányszakas a XX. kerületi Vörösmarty utcában (18. ábra), ahol az útburkolatként működő felületek érdességi viszonyainak javítása érdekében (pl. a Kolozsvar utcában) a betonelemek domború mintázattal készültek (19. ábra).

A Vörösmarty utcában létesült kísérleti szakasznál zaj- és rezgőméréseket is végeztek. Az átépítés előtti állapothoz képest nagyon jelentős, mintegy 90%-os rezgősterjedési javulást (egyes frekvenciákon mintegy 23 dBV csökkenést) mértek a szakemberek. A Vörösmarty utca 150. sz.



21. ábra. Tömbsínes vágány acél síncsatornában, sínkörülöntéssel

ház lakói igen elégedettek, és érthető módon a felújítás folytatását szorgalmazzák.

Hagyományos, acél síncsatornás, tömbsínes nagypanel

A fejlődési ív harmadik ágaként magának a BKV nagypanelnek a fejlesztése érdemel említést. A felületi mintázat kialakítása a hagyományos nagypanelen is lehetséges (20. ábra). A korszerűsítés a panelrendszer minden részét érinti. A jelenleg tervezés alatt álló új, kedvezőbb geometriájú acélvályú már tűzhorganyzott, és 1 : 80 síndőlést biztosít.

Könnyű tömeg-rugó rendszerként nagy hosszban (-1400 vm) először a Krisztina körút egy vasúti szakaszának átépítésekor került pályába. Az itt elvégzett mérések azt mutatták, hogy ezzel a rendszerrel akár egy merevebb alágazati szőnyeggel is elérhető számottevő (12–15 dBV) rezgécillapítás.

Amiért ebben a felsorolásban helye

van, azt az a tény erősíti, hogy a hagyományos nagypanel acél síncsatornájába a tömbsín szintén beragasztható. A Mester utca–Dandár utca kereszteződésében a bal vágányban 2015 óta problémamentesen üzemel egy beragasztott tömbsínes szakasz. Itt egy hazai gyártó termékét (Granuflex RailPur 630) építették be (21. ábra).

Vignol-sínes változat

A Vignol-sínnel épített, sínkörülöntéses, előregyártott beton pályalemezek első sorban zúzottkőves vágányok nagy közúti forgalmi terhelésű útátjáróiban üzemelnek.

Általánosan megállapítható, hogy ezek az egyes helyeken mind közúti, mind közúti vasúti szempontból is jelentős forgalmi terhelést elviselő szerkezetek mutatják a legkedvezőbb üzem közbeni tulajdonságokat.

Csépke Róbert infrastruktúra-építő-mérnöki (MSc) oklevelét a Széchenyi István Egyetemen szerezte. Kivitelezési és mérnöki kereskedelmi és fejlesztési területeken szerzett hazai és külföldi tapasztalatokat. 2011 óta a BKV Zrt. Pályafenntartási Szakszolgálatának, majd a Villamos Pálya- és Műtárgyfenntartási Szolgálatának komplex pályavasúti technológiai fejlesztésért felelős munkatársa. Jelenleg a Széchenyi István Egyetem Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskolájának doktorandusz hallgatója.

A korábban épült, acél élvédős, előregyártott elemek is (pl.: 50-es villamos, Üllői út átjárói...) jelenleg az előzőekben vázolt tönkremeneteli folyamat kezdeti fázisában vannak.

Az acélperem nélküli pályalemezek gyakorlatilag hiba nélkül üzemelnek, karbantartást nem igényelnek. Fenntartási munkaként egyedül néhány íves, jelentős oldalkopással terhelt szakaszon került sor síncserére.

Nem a felépítménytípus hibájaként róható fel a csatlakozó zúzottköves vágányok visszatérő fekszinhibájának kezelési kényszere. Néhol a vízvezetés hiányosságaira, máshol a függőleges rugalmassági átmenet nem kielégítő voltára vezethető vissza a jelenség. A vízvezetés problémáira az új tervezésű pályákban részlegesen a BKVSZ 3.642.7:2015 szabvány [2] ad megoldási javaslatot. A rugalmassági átmenetek kialakítására a szerkesztés alatt álló új Közúti Vasúti Infrastruktúra Tervezési Irányelvekben készül elemzés.

A hazai karbantartási gyakorlat mellett ezeknek a rendszereknek a működése mutatkozik a legkiegyensúlyozottabbnak.

Összegzés

A nagykerületi felépítményváltás tervezése, kivitelezése és immár üzemeltetése alapján is kijelenthető, hogy a tárgyalt sínkörülöntéses, monolit beton pályaszerkezetek eddigi építési körülményekre való tekintettel az előregyártott kivitelűhöz képest csak magasabb minőséget, így élettartam-költséget érintő kockázattal létesíthetők. Ekkor az elérhető építéskori megtakarítások (pl. megmaradó, korábbi felépítmény pályalemeze) bizonyíthatóan nem kompenzálják a vágány élettartama alatt az üzemeltetés során felmerülő, az építéskori

hiányosságokra visszavezethető magasabb karbantartási költségeket.

Az előzetes kalkulációk és a viszonylag rövid, megépült szakaszok vállalási árai alapján a hasonló kivitelű, de előregyártott betonlemez felépítmények relatíve magasabb áron történő megépítése prognosztizálható. Mindezt úgy, hogy az ár a teljes pályaszerkezet elbontását és az újraépítést is magában foglalja (forgalomtechnika, áramellátás stb. nélkül). A különbség ~15–20%-os, de a megvalósult minőség szempontjából előnyösebb lehet, a fenntartási költségek csökkenése és az üzemi élettartam megnövekedése következtében ezek kiegyenlíthetnek. Különösen igaz ez akkor, ha az elemeket egy, az eredeti létesítési helyüktől különböző, másik fekvési helyen majd újra felhasználják.

Természetesen, amennyiben előregyártott szerkezetek épülnek be nagyobb mennyiségben, az ezek által mutatott üzemi tapasztalatok gyűjtése és ezek további elemzése ezután sem maradhat el.

A hazai és a külföldi tapasztalatokat figyelembe véve jelenleg az a következtetés vonható le, hogy a sínkörülöntéses, de előregyártott beton pályarendszerek mind az építés, mind az üzemeltetés során számos előnnyel kecsegtetnek, műszaki hátrányuk nincs vagy nem számottevő.

Ezek az előnyök:

- gyors építhetőség;
- kitűnő méretpontosság;
- kitűnő és állandó, építési időjárási körülményektől független anyagminőség;
- így legalább 35 éves élettartam;
- csekély karbantartási időráfordítás (vágányzár);
- igen sokféle rezgéscsillapított kivitel tervezhető;
- környezetbarát;
- vízázó, fagyálló, kopásálló burkolat;
- az elemek újrahaználhatók (alacsony LCC);
- agresszív városi környezetnek jól ellenáll.

A BKV Villamos Infrastruktúra Főmérnökségének kialakítandó karbantartási stratégiájába, mely a forgalmi terheléstől (közúti és közúti vasúti) teszi majd függővé a beépítendő felépítményi rendszert, kitűnően illeszkednek ezek a megoldások.

A tapasztalatok alapján lényegében három fő kategória alkalmazásának bevezetése fogalmazódik meg a burkolt vágányok kiválasztásának rendszerében:

1. A nagy közúti vasúti forgalmi terhelésre (>7,5 millió eleytonna/év/irány) a legalább 30 cm vastagságú, körülöntés-

sel rögzített, Phoenix-síneket befogadó, előregyártott betonelemek javasolhatók.

2. A közepes forgalmi terhelésre (-4–8 M et/év/irány) a 18 cm vastagságú, tömörsínes, sínkörülöntéses rendszer alkalmazandó.

3. A kis forgalmi terhelésű (<-4 M et/év/irány) szakaszokon a hagyományos, de továbbfejlesztett, tömörsínes, nagypaneles vágányrendszer alkalmazása jó és gazdaságos választás a továbbiakban is.

Ennek elvét a készülő új Közúti Vasúti Infrastruktúra Tervezési Irányelvekben és társuló karbantartási szabályzati rendszerében a szakemberek már megfogalmazták. (A fotók a 9. ábra kivételével a szerző felvételei) ◀

Irodalomjegyzék

[1] https://www.librec.cz/files/zastupitelstvo/dokumenty/podklady/2015/2015_1029-verejnost/iii-informace-modernizace-tramvajove-trate-rumunska-palachova-s.pdf

[2] BKVSZ 3.642.7:2015 Vágányvíztelenítés burkolt és nyitott vágányok csatlakozásánál.

[3] Pályatechnológiai fejlesztések a BKV közúti vasúti hálózatán (1. rész) – Burkolt vágányrendszerek. *Sínek Világa*, 2015/1. szám.

[4] Pályatechnológiai fejlesztések a BKV közúti vasúti hálózatán (2. rész) – Nyitott, zúzottkő ágyazású közúti vasúti vágányrendszerek, *Sínek Világa* 2015/2. szám.

Summary

Technological development and modernization of BKV PLC's street railway tracks has an unbroken dynamism even furthermore. From around the turn of the Millenium the paved and open superstructure with crushed stone ballast, presented in part [3] and [4] are changed by superstructural systems of track panels and casting around rails in wider and wider area, whose operational advantages prove true more and more. In development projects taking place even today, very complex and at the same time very mixed experiences were collected and analysed in connection with the planning, construction and operation of track systems claiming the technology on the base of concrete.



A Mezőzombor–Sátoraljaújhely–országhatár vasútvonal korszerűsítése

Balogh Péter

híd- és alépítményi szakértő

MÁV Zrt. PTIG TPLO

Miskolc

✉ balogh.peter@mav.hu

☎ (30) 235-5425

A Mezőzombor–Sátoraljaújhely–országhatár (80c számú) vasútvonal korszerűsítése a vonal villamosításával egyetemben (Magyarország vasúti hálózatában betöltött szerepe, a pálya rohamosan romló állapota és a végesen csökkenő szolgáltatási színvonal miatt), a 2000-es évek elejétől folyamatosan napirenden volt, és végül hosszú előkészítés után 2012 nyarán kezdődhetett meg. A több mint hét éve megkezdett korszerűsítés műszaki átadása 2019. június 28-án zárult le. Az utolsó állomásköz pályaépítési munkái is befejeződtek, kiépült a teljes vonal villamos felsővezetési, valamint a korszerűsített biztosítóberendezési és távközlési rendszere.

A vasútvonal bemutatása

A Mezőzombor–Sátoraljaújhely–országhatár (80c) vasútvonal a Zempléni-hegység lábánál, Tokaj-Hegyalja és a Bodrogköz között, a Bodrog jobb partján helyezkedik el, és a Budapest-Keleti pu.–Hatvan–Miskolc–Mezőzombor–Nyíregyháza (80) vasútvonalból ágazik ki Szerencs állomáson. A nemzeti vagyonról szóló 2011. évi CXCVI. törvény 1. melléklete szerint a nem transzeurópai vasúti áru-

fuvározási hálózat részét képező országos törzshálózati vasúti pályák közé tartozik. A vasútvonal állomásai és megállóhelyei: Mezőzombor állomás, Bodrogkeresztúr állomás, Szegi megállóhely, Erdőbénye megállóhely, Olaszliszka-Tolcsva állomás, Bodrogolasi megállóhely, Sárospatak állomás és Sátoraljaújhely állomás (1. ábra).

A 80c vasútvonal egyvágányú, jelenleg a Sátoraljaújhely állomás kezdőpont felőli bejárati jelzője és az országhatár közötti vonalszakasz kivételével teljes hosszon

hézagnélküli kialakítású. A vonalon immár villamos vontatással közlekednek a szerelvények, és a vonalkorszerűsítésnek köszönhetően Mezőzombor és Sárospatak állomások között 100 km/h sebességgel járható a pálya a korábbi 80 km/h helyett.

Bár a vonalon ütemes menetrend szerint jellemzően személy- és sebesvonatok járnak, a térségből a fővárosba utazó diákok kényelme érdekében bevezették az IC-vonatok hétfévi közlekedését Sátoraljaújhely és Budapest között. A személyszállítás mellett természetesen mérsékelt teherforgalmat is lebonyolítanak a vonalon.

A vasútvonal története

1868-ban létrejött a Magyar Északkeleti Vasút (MÉKV) magán-vasúttársaság. A társaság tulajdonosainak elsődleges célja az volt, hogy a gabonatermelő alföldi tájakat és az ásványi kincsekben, sóban, fában gazdag hegyvidékeket vasúttal összekössék, ezért építették meg a többi között a Szerencs–Sátoraljaújhely–Csap vonalat is. Annak érdekében, hogy a hegyaljai jómódú bortermelő településeket vasúti kapcsolattal lássák el, az új vasútvonalat a Zempléni-hegység lábánál, a Bodrog jobb partján, lehetőség szerint a folyó árterületén kívül vezették. A vonal átadása két részletben történt: a Mezőzombortól Sátoraljaújhelyig terjedő 41,3 km-es szakaszt 1871. október 24-én, a Sátoraljaújhelytől Csapig terjedő 42 km-es szakaszt 1872. augusztus 25-én adták át a forgalomnak. A Tiszavidéki Vasút 1859. május 24-én adta át a Debrecen–Tokaj–Miskolc közötti vasútvonalat, így Szerencs és Mezőzombor között a már meglévő tokaj–szerencsi vágány mellé egy másik vágányt kellett építeni. Ezzel együtt el kellett végezni Szerencs állomás átépítését, bővítését is.

„1871-től a Magyar Északkeleti Vasút (MÉKV) 30 kg/fm tömegű, d rendszerű, 7,5 m hosszú acélsínjét fektették le a vonalon. Az építéshez a síneket Belgiumból, a sínek-



1. ábra. A Mezőzombor–Sátoraljaújhely vasútvonal elhelyezkedése az országos vasúthálózatban



2. ábra.
Eltérő nyílású,
folytatólagos
műtárgyak a
külön ütem-
ben épült
vágányok alatt
(Fotó:
Balogh Péter)

hez való kapcsolószereket Angliából, kisebb részben Belgiumból, a váltókat Angliából, a keresztezéseket, szíveket, csúcssíneket a budapesti Ganz-gyárból szerezték be.” [1]

A MÉKV vasúttársaságot 1890-ben államosították. Az államosítás után a 30 kg/fm tömegű síneket C rendszerű, 34,5 kg/fm sínekre cserélték.

A balkáni válság időszakában, az osztrák–orosz ellentétek elmérgesedése és egy lehetséges háború miatt a vasút a gyors és gazdaságos szállítás érdekében kitüntetett szerephez juthatott volna. Az Osztrák–Magyar Monarchia célja az volt, hogy Galícia és az Orosz Birodalom felé minél nagyobb mennyiségű katonai szállítást lehessen lebonyolítani, a lehető legrövidebb időn belül. Emiatt a vasútvonal stratégiai jelentősége megnövekedett, és 1888-ban Aszód–Miskolc–Szerencs és Szerencs–Sátorlajújhely–Mezőlaborc között a már meglévő vágány mellett kiépült a második (későbbi bal) vágány is. A 17 év időkülönbséggel, külön ütemben épült vágányok főként a hidak, átereszek toldásánál láthatók (2. ábra).

A II. világháborút követő nyersanyaghiány miatt 1944–45-ben a második vágányt felszedték, és csak az 1950-es évek elején építették vissza. Az alacsony tengelyterhelést lehetővé tevő C rendszerű sínek cseréje nem történt meg.

A vonalon a mostanit megelőző átépítésre 1975–1979 között került sor a 80-as fővonal akkori átépítéséből kikerült felépítményi anyagokból. Használt 48-as rendszerű sínből, talpfás kivitelben, 71–77 cm-es aljtávolságokkal, hagyományos vágányként valósult meg a korszerűsítés. Ekkor bontották el véglegesen a bal

vágány egy részét is, ezért 1980. január 3-ától csak egyvágányú a pálya. Az 1975–1979 között beépített síneket és talpfákat a későbbiekben szükség szerint cserélték új, 48-as sínekre, illetve LX, majd LM jelű vasbeton aljakra. A bal vágányt 1996-ban bontották el teljesen, azonban az út-átjáróknál továbbra is megmaradt egy-egy mező a vágányból [2].

A biztosítóberendezések is jelentős fejlődésen mentek át a vonal története során, a minden szerkezeti függés nélküli jelzőberendezésektől és helyszíni állítású váltóktól és sorompóktól a biztosított fényjelzőkig, a központi állítású váltókig, valamint az automata vonatérkezelésű vonali és állomási fény- és felsorompó berendezésekig.

A távközlés fejlődésének köszönhetően elsőként megjelentek a vonali távíró-összeköttetések, a helyi, majd állomásközi távbeszélők. Később üzembe léptek a kézi kapcsolású távbeszélőközpontok, azután a kezelő nélküli távhívásra alkalmas távbeszélőközpontok, végül a mai modern távközlési berendezések.

A vasútvonal műszaki állapota az átépítés előtt

Mivel az előző átépítés 40 éve történt a vonalon, érthető, hogy – a folyamatos karbantartási munkák ellenére – a vonal műszaki állapota nagyon leromlott. A műszaki állapot folyamatos romlásával a vonalon a szolgáltatási színvonal is nagymértékben csökkent. A bevezetett sebességkorlátozások menetidő-növekedést okoztak, csökkent az utasok komfortérzete.

A vasúti pálya üzem közbeni avulása, romlása egy természetes, megfelelő fenntartási munkákkal lassítható, de meg nem állítható folyamat.

A vasúti pálya műszaki állapota az utolsó átépítés óta eltelt 40 év alatt olyannyira leromlott, hogy a fenntartási munkák is csak rövid időre oldották meg a problémákat. Az 1. táblázat a vonalon 2012-ben, a nyíltvonali és átmenő fővágányokra bevezetett ideiglenes sebességkorlátozásokat foglalja össze. A rövid időtartammal jelzett korlátozásokat sikerült egy hónapnál rövidebb időtartam alatt felszámolni, míg a hosszú időtartam ettől hosszabb korlátozást jelentett.

1. táblázat. Ideiglenes sebességkorlátozások

Helye	Mértéke [km/h]	Időtartama
54+00–57+00	60	hosszú
64+00–65+00	40	rövid
120+00–149+00	60	rövid
140+00–143+00	60	hosszú
160+00–169+00	60	hosszú
176+00–195+00	50	rövid
182+00–187+00	50	hosszú
236+00–253+00	60	hosszú
298+00–309+00	40	rövid
304+00–304+20	40	hosszú
322+00–327+00	40	rövid
322+00–348+00	60	hosszú
343+00–348+00	60	hosszú
351+25–367+20	60	hosszú
381+00–382+00	10	hosszú
383+40–383+60	10	rövid
413+00–417+00	60	hosszú
449+00–452+00	40	hosszú

Látható, hogy az átépítés előtti időszakban egy év alatt több mint 16 km hosszszon volt szükség hosszabb vagy rövidebb időre sebességkorlátozás bevezetésére. Ez azt jelenti, hogy a közel 42 km hosszúságú vasútvonal 38%-án volt valamilyen mértékű sebességkorlátozás, ami jelentős menetidőnövekedést okozott. A sebességkorlátozások bevezetésének fő oka általában a sáros ágyazat, fekszint- és irányhiba volt. Két esetben a sínvégeken felfedezett repedés miatt kellett 10 km/h mértékű korlátozást bevezetni. A fentiekben kívül hat esetben volt szükség állomásokon sebességkorlátozás bevezetésére.



3. ábra.
A megcsúszott töltésrészű a 336/337 szelvényközben [4]

Alépitmény

A szakaszon a vasúti alépitmény állapota leromlott, számtalan alépitményi hibára visszavezethető süppedés, felsárosodás, vízsák volt a pályában.

2012-ben a 324+00–330+00, valamint a 342+00–348+00 szelvények közötti szakaszon talajmechanikai vizsgálatokat végeztek, ekkor megállapították, hogy a mért tömörségi és teherbírási értékek csupán 40 km/h sebességet tesznek lehetővé a vizsgált szakaszon [3].

A tapasztalt hibák egyik fő oka – a tartós árvizeken kívül – a töltésépítésre nem alkalmas anyagok jelenléte az alépitményben. Ilyen anyag a salak, amely igen laza szerkezetű, rosszul tömöríthető, szilárdsága igen kicsi, ráadásul hajlamos a roskadásra is.

Az elmúlt évtizedekben több alkalommal (1999, 2000, 2006, 2010) volt a vonallal párhuzamosan haladó Bodrogon elhúzóó árvíz, amely a vasúti töltést hosszan áztatta a Sárospatak–Sátoraljaújhely állomásközben, ahol a pálya nagy részét a folyó árterületén halad. Az árvizes időszakokban csak jelentős sebességkorlátozások bevezetése és fokozott felügyelet elrendelése mellett volt fenntartható a forgalom. A 2006. évi árvíz idején az átázott alépitmény miatt ideiglenesen fel is kellett függeszteni a tehervonatok közlekedését. A több napig tartó, rendkívüli mennyiségű csapadékkal járó esőzések miatt 2010. május 17-én a 336/337 szelvényközben a 15 m magas töltésben fekvő pályarész jobb oldali, átázott töltésrészűje 51 m hosszban az ágyazatszélől induló csúszólapon mentén a töltéslábig megcsúszott (3. ábra). Mivel a csúszólapon a vasúti terhelési zónán belül alakult ki, a pályát le kellett zárni.

A töltés eredeti anyagának részbeni ki-termelését és a töltésalap lépcsőzését kö-



4. ábra.
Nagy mélységű kőhiány és megnyílt repedés a 253+52 szelvényben lévő boltozatban (Fotó: Balogh Péter)

vetően, georáccsal erősített töltés épült durvaszemcsés anyagból. A jobb oldali töltéslábnál az eredeti töltésanyagból nyomópadka készült. A vasúti forgalom 2010. július 6-án indult újra a helyreállított pályán [4].

Műtárgyak

A vonal létesítésekor kőboltozatok, illetve a nagyobb nyílások áthidalására fahidak épültek. Az eltelt közel másfél évszázad alatt a legtöbb műtárgyat átalakították (szélesítés, toldás, megerősítés stb.) vagy teljesen átépítették. Előzőek miatt a vonalon számos híd típus van, ezeket a 2. táblázat foglalja össze.

A rossz állapotú boltozatok egy részét az elmúlt évtizedekben átépítették, vasbeton szerkezettel bélelték, vagy löttbeton technológiával köpenyezték. 2001-ben a Sárospatak–Sátoraljaújhely vonalszakaszon öt kis nyílású, rossz állapotú boltozatot hullámosított acélcsöves (Tubosider) műtárggyá építettek át. Még 2010-ben, a 2012-ben megkezdett vonalkorszerűsítés előtt elvégezték egy-egy boltozott híd teljes rehabilitációját injekciós megerősítési technológiával és ernyőszigeteléssel.

A műtárgyakon végzett felújítási és karbantartási munkák ellenére a vonalkorszerűsítés megkezdése előtt számos híd és átérés volt rossz állapotban. A 253+52 szelvényben lévő, 2,0 m nyílású boltoza-

2. táblázat. A vonalon előforduló híd típusok bemutatása

Műtárgy típusa	Szerkezetek száma	Jellemző nyílás [m]	Építés ideje
boltozat	20	2,00–8,00	1871–1932
csőáteresz	3	1,00–2,00	1950–1980
teknőhíd	23	1,00–10,00	1930–2006
kerethíd	7	1,00–3,00	1970–2015
gerinclemezes acélhíd	3	15,00–25,00	1951–1971
hullámosított acélcső	5	2,00–3,00	2001

ton tapasztalt kifagyások, nagy mélységű kőhiányok és megnyílt repedések miatt 2015 augusztusától, a műtárgy felújításáig (több mint egy évig), 40 km/h-s sebességkorlátozás és fokozott felügyelet volt érvényben (4. ábra).

Felépítmény

Az átépítés előtt az egész vonalon 48-as rendszerű, 24 m hosszúságú sínekből álló, hevederes kialakítású volt a vágány. A sínek avultak, kopottak voltak, gyakori hiba volt a sínvéglehajlás és a fellazult hevederkötés.

A vonalon az átépítés előtt erősen inhomogén volt a pálya. Ennek az volt az oka, hogy az 1979-ben befejezett átépítés után a 20-30 éves talpfákat – szükség szerint – szórványosan cserélték vasbeton aljakra. A talpfák jellemzően korhadtak, hosszirányban hasadtak, a kapcsolószerkezetek pedig hiányosak, töröttek (csavarbiztosító gyűrűk), lazák, erősen korrodáltak voltak. A korábban becserélt LX jelű vasbeton aljakban a fabetétek elkorhadtak, a sínsvarovok ezeken az aljakon jellemzően nem fogtak.

A vonal átépítése előtt az ágyazat igen rossz műszaki állapotban volt, számos helyen szennyezett, sáros volt, illetve szinte az egész vonalon megfigyelhető volt az ágyazat aprózódása és az ágyazathiány (5. ábra).

A leírt műszaki hiányosságok miatt az átépítés előtt az egész vonalon jellemzőek voltak a pályageometriai hibák.

A vonal korszerűsítésének előzményei

A 2012 előtti időszakra a pálya minden alkotóelemének állapota rohamosan romlott, már a rendszeres karbantartási munkákkal sem lehetett a bevezetett nagyszámú sebességkorlátozást felszámolni, hogy az elvárt szolgáltatási színvonalat biztosítani lehessen.

A pálya korszerűsítése mellett a vasútvonal villamosítása is indokolt volt, hiszen mindaddig, amíg az nem valósult meg, a vonal „dízelzigetként” működött. A egyes vontatási üzem miatt a dízel-villamos vontatás határán kényeszerű, úgynevezett trakciótörések jelentkeztek. Ebből a következő hátrányok adódtak:

- 15-30 perccel hosszabb menetidő;
- több vontatójármű-igény;
- nagyobb állomásizemélyzet-költség;

5. ábra. Jelentős ágyazathiány a Sárospatak–Sátoraljaújhely állomásközben (Fotó: Balogh Péter)



6. ábra. A vonal átépítésének ütemei [6]

- nagyobb állomási infrastruktúra-igénybevétel (kapacitáscsökkenés, állomási kiterők fokozottabb igénybevétele stb.);
- költségesebb vontatás (magasabb pályahasználati díj);
- többlet vontatójármű üres futás.

A villamos vontatási üzem bármely vonal esetében gazdaságosabb a dízelüzemhez képest. A villamos vontatás költség-hatékonysága a hazai árviszonyok mellett jelenleg mintegy ötször nagyobb, mint a dízelvontatásé. A Mezőzombor–Sátoraljaújhely vasútvonal villamosítására vonatkozó, 2006-ban elvégzett elemzés szerint a beruházás becsült megtérülési ideje 8 év [5], ami infrastrukturális beruházásnál rendkívül jó érték.

Az átépítés előtt a menetidő Sátoralja-

újhely és Budapest között több mint négy óra volt. Ez a villamosításnak és a 100 km/h-ra emelt sebességnek, valamint a jó pályaállapotnak köszönhetően (a menetrendi struktúra átalakítása után) akár három órára is csökkenthető.

Az elérhető menetidő-megtakarítás rendkívül fontos a szolgáltatási színvonal emelése szempontjából. Versenyképessé teszi a vasúti közlekedést a térségből Budapestre ingázók, illetve a térség látványosságai (Sárospataki vár, Sátoraljaújhelyi kalandpark, virágzó borkultúra) okán érkező turisták számára a közúti közlekedéssel szemben.

A térségi összefogásnak és a MÁV Zrt. Pályavasúti Területi Igazgatóság Miskolc előkészítő munkájának eredménye-

ként megtörtént a fejlesztés első lépése; a MÁVTI Kft. 2009-re elkészítette a vonal korszerűsítésére vonatkozó engedélyezési terveket.

A MÁV Zrt. Vezérigazgatóságának döntésére, a MÁVTI Kft. tervei alapján, 2012-ben megkezdődött a vonal első állomásközének átépítése. A kivitelezés 5 ütemben valósult meg (6. ábra):

1. ütem: Mezőzombor–Bodrogkeresztúr, 2012

2. ütem: Bodrogkeresztúr–Erdőbénye mh., 2014

3. ütem: Erdőbénye mh.–Olaszliszka-Tolcsva, 2015

4. ütem: Olaszliszka-Tolcsva–Sárospatak, 2016

5. ütem: Sárospatak–Sátoraljaújhely állomásköz átépítése, a vonal állomásainak részleges átépítése, a vonal villamosítása, biztosítóberendezési és távközlési fejlesztések, 2017–19.

Az első négy ütemet a MÁV FKG Kft. végezte el. A forrást a MÁV Zrt. biztosította az úgynevezett outsourcing felújítási keretből erre a munkára elkülönített összegekből.

Az ötödik ütem két szakaszban valósult meg. Sárospatak állomástól a 397+00 szelvényig a nyílt vonal átépítését itt is a MÁV FKG Kft. végezte, azonban a 397+00–443+00 szelvények közötti nyíltvonali szakasz és az állomási vágányok átépítésére, valamint a villamosításra és biztosítóberendezési fejlesztésekre vonatkozóan a Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. nyílt közbeszerzési pályázatot írt ki. A pályázat nyertes ajánlattevője az M-S Konzorcium lett, mellyel a NIF Zrt. 2017. június 2-án szerződést kötött. A Konzorcium vezetője a Vasútépítők Kft., konzorciumi tagja a Vasútvill Kft. volt. A Konzorcium a tervezési feladatok elvégzésével a Speciálterv Kft.-t bízta meg.

A vasútvonal korszerűsítése

A Mezőzombor–Bodrogkeresztúr nyíltvonali szakasz átépítése, 2012

A hagyományos 48 rendszerű vágányt UIC 54 rendszerű hézag nélküli vágánnyá építették át. A 100-as számú fővonal Püspökladány–Törökszentmiklós közötti szakaszának átépítéséből visszanyert használt, felújított 120 m-es síneket és aljakat, valamint új zúzottkővet építettek be. A hosszúsínek felújítását a gyöngyösi VAMAV Vasúti Berendezések Kft. vé-



7. ábra.
A vágány
bontása Platov
daruval
(Fotó:
Kacsándi Péter)

gezte, innen szállították a munkaterületre. A felszerkezet átépítésében a lépcsős anyaggyártáskor a legköltséghatékonyabb megoldás. A vágány helyben épült át, a vonalvezetés változatlan maradt. A régi vágány bontását ~24 m-es vágánymezőkben, Platov daru igénybevételével végezték (7. ábra).

Az új vágány fektetését Kicse (kiterő-cserélő géplánc) vagy másik nevén UKVG (univerzális kiterő és vágányfektető géplánc) segítségével végezték.

A vágányépítés során a Kicsével 120 m hosszúságú vágánymezőket fektettek le, melyeket előzőleg az egyik állomási mellékvágányon kötöttek le a felújított vasbeton aljakat, síneket és új kapcsolószerkezetet felhasználva.

A hézag nélküli vágány kialakításakor a közbenső ET hegesztéseket mobil ellenállás-hegesztő géppel készítették, a záróhegesztéseket alumínotermitikus (AT) módszerrel alakították ki.

Az alépítmény átépítése a teljes állomásközben földmunkás technológiával történt. Korszerű alépítmény-javító géplánc (pl.: Plasser & Theurer PM 1000 URM) alkalmazása az alábbi okok miatt nem lett volna gazdaságos a vonalon:

- rövid átépítendő szakaszok egy-egy ütemben;
- sűrűn elhelyezkedő szolgálati helyek (állomások, megállóhelyek) és útátjárók;
- kis sugarú, szűk ívek;
- műtárgyak nagy száma;
- nagy mélységben lévő, javítandó alépítményi hibák;
- magas bérleti költségek.

Az alépítmény teherbírásának növelése céljából talajstabilizációt hajtottak végre. Ennek lényege, hogy a megmaradó töltés teherbírási tulajdonságát oly módon javítják, hogy kötőanyagot kevernek hozzá.

Izapos talajt cementtel, agyagtalajt mészszel, a vegyes összetételű talajt pedig cement és mészszel keverésével stabilizálták.

Az állomásköz átépítése során megtörtént egy csoport útátjáró átépítése, négy teknőhid szigetelésének felújítása a villamosítás előkészítése érdekében, egy használaton kívüli földutat átvezető felüljáró elbontása.

Az átépítés 6,2 km hosszban történt meg.

A Bodrogkeresztúr–Erdőbénye mh. nyíltvonali szakasz átépítése, 2014

A felépítmény átépítése itt is az előző szakaszban bemutatott módon történt, a hagyományos 48 rendszerű vágányt átépítették UIC 54 rendszerű hézag nélküli vágánnyá, a 100-as számú fővonal átépítéséből származó használt aljak és sínek felhasználásával.

Az alépítmény teljes hosszban cementes-meszes talajstabilizációt kapott, és M22 típusú védőréteget építettek be.

A korábbi két vágányhoz épült alépítmény lehetővé tette, hogy az átépített vágány tengelyét a pályatengely felé, balra tolják, így megfelelő alépítményi padka volt kialakítható, nem volt szükség a földmű szélesítésére, a műtárgyak toldására.

A szakasz átépítésével megújult az ide-és ott két megállóhely is. Szegi és Erdőbénye megállóhelyen sk +55 cm magasságú peron épült, akadálymentes megközelítéssel. Kiépült a megállóhelyek automatikus térvilágítása és megtörtént az energiaellátási rendszer felújítása.

A szakasz átépítésekor hét csoport útátjárót építettek a hozzájuk kapcsolódó kábelalépítménnyel és biztosítóberendezéssel együtt, három műtárgy szigetelésének felújítása és további öt műtárgy

karbantartása (falazatjavítás, betonfelületjavítás, medertakarítás stb.) is megtörtént.

Az átépítés hossza: 5,6 km.

Az Erdőbénye mh.–Olaszliszka-Tolcsva nyíltvonal szakasz átépítése, 2015

A felépítmény átépítése itt is az előző szakaszoknak megfelelően történt, a hagyományos 48 rendszerű vágányt átépítették UIC 54 rendszerű hézagnélküli vágánnyá, a 100-as számú fővonal átépítéséből származó használt aljak és sínek felhasználásával.

Az alépítmény teljes hosszban cementes-meszes talajstabilizációt kapott, és M22 típusú védőréteget építettek be, valamint a vágány tengelyét itt is balra tolták el.

A szakasz átépítése során megtörtént négy csoport útátjáró átépítése, egy műtárgy szigetelésének felújítása, egy kerethíd toldása és további két műtárgy karbantartása (falazatjavítás, betonfelületjavítás stb.).

Befejeződött a Mezőzombor–Olaszliszka-Tolcsva állomások közötti távközlési rendszer átépítése, valamint az ellenmenet- és vonatutólérést kizáró berendezés telepítése.

Az átépítés 4,8 km hosszban történt meg.

Az Olaszliszka-Tolcsva–Sárospatak nyíltvonal szakasz átépítése, 2016

Ezen a szakaszon is UIC 54 rendszerű hézagnélküli vágány épült, itt azonban már a 80-as számú fővonal Nagyút–Mezőkeresztes–Mezőnyárad vonalszakasz jobb vágányának átépítéséből visszanyert használt aljakat és síneket használták fel.

Olaszliszka-Tolcsva állomás végponti kijáratánál, a 236+00–256+00 szelvények között 400 m sugarú ellenívek vannak. Ezen a 2 km-es szakaszon a megengedett sebesség az átépítés után is 80 km/h maradt, mivel az ívkorrekció aránytalanul nagy költségekkel járt volna. Az elleníves szakaszon az új pálya az eredeti helyétől átlagosan 1,60 m-rel balra került, a legnagyobb eltolás 3,60 m volt. Ennél nagyobb korrekció csak költséges kisajátításokkal, töltésszélesítéssel, illetve az ívben lévő, acélszerkezetű Tolcsva-híd új alépítményeken történő teljes átépítésével lett volna lehetséges.

A pályaépítési anyagokat Olaszliszka-Tolcsva és Sárospatak állomáson deponál-

8. ábra.
Az alépítményben feltárt nagy mennyiségű salak a 346+00 szelvény környezetében (Fotó: Balogh Péter)



9. ábra.
A Tolcsva-híd kiemelés utáni elhelyezése Olaszliszka-Tolcsva állomáson (Fotó: Balogh Péter)



ták. Az átépítést Sárospataktól kezdték, az állomásközben lévő Bodrogolasi megállóhelyig, majd Olaszliszka-Tolcsvától haladtak Bodrogolasiig. Erre az ütemtervre azért volt szükség, hogy a Tolcsva-patak hídján elvégzett időigényes felújítási munkák elkészülhessenek, amíg a pályát Sárospatak és Bodrogolasi között átépítették.

Platov daruval bontották a vágányt, majd a töltésépítés után az állomásokon lekötött 120 m hosszúságú vágánymezőket Kicse segítségével fektették. Nappal történt a mezők fektetése, éjszaka pedig „köveltek” és szabályoztak.

Az alépítmény teljes hosszban cementes-meszes talajstabilizációt kapott, és M22 típusú védőréteget építettek be. A kivitelezés közben derült ki, hogy a 320+70–332+60 szelvények között az ágyazat alatt összefüggő sziklaréteg helyezkedik el. A tervezett és megépült rétegrend miatt ezen a szakaszon a pályaszintet 27 cm-rel meg kellett emelni.

A 342+00–348+00 szelvények között a felépítmény elbontása után több helyen nagy mennyiségű salakanyagot találtak az alépítményben (8. ábra). Ezeket a helyeken a salak teljes eltávolításával, talajcserével építették meg az alépítményt.

Műtárgy szempontból igen jelentős

munkákat foglalt magában az állomásköz átépítése. Megtörtént hat műtárgy szigetelésének felújítása, egy használaton kívüli közúti felüljáró elbontása, továbbá egy acélszerkezetű híd átépítése és öt egyéb hídkarbantartási munka is.

A 304+40 és a 338+40 szelvényekben lévő 6,0 m, illetve 2 × 4,0 m nyílású kőboltozatok fölött közel 10 m-es a töltés magassága, emiatt nem lehetett a műtárgyak szigetelésének felújítását a hagyományos módon, a töltés bontásával megoldani. A töltés bontása komolyan hátráltatta volna a pályaépítést, és jelentős többletköltségek merültek volna fel. Ezenkívül a legnagyobb technológiai fejelem mellett, megfelelő tömörítéssel visszaépített töltés esetén is jelentős süppedésekkel kellett volna számolni a későbbiekben a műtárgyak fölött.

A fentieket figyelembe véve, üzemeltetői javaslatra vízszigetelés célú injektálást kellett végezni ezeken a boltozatokon. Az injektálás előtti próbafuratok készítésekor azonban kiderült, hogy jelentős kiüregelődések találhatók a falazatban, és ezt az endoszkópos vizsgálat is megerősítette. Emiatt két lépésben történt az injektálás. Első lépésben a terméskő falazat szilárdságának, teherbírásának növelése,

azaz a homogén falazat kialakítása céljából történt az injektálás, majd az injektáló furatok újrafúrása után, a megfelelő injektáló anyag használatával kialakították a terméskő boltozat mögött a „köpenyszigetelést”.

Olaszliszka-Tolcsva állomás végponti kijáratától mintegy 600 m-re, a 242+74 szelvényben, 400 m sugarú jobbos ívben helyezkedik el a Tolcsva-patak fölött lévő, 15,0 m nyílású, felsőpályás, gerinclemezes acélhíd. Ez a híd eredetileg két egyvágányos szerkezetből állt, azonban a vonalkorszerűsítés során, a nyomvonal-korrektió miatt átépült. Mivel a vonal villamosítására (és a pálya átépítésére) vonatkozó építési engedély a hídszerkezet átépítésére nem vonatkozott, ez külön hatósági engedély alapján, külön eljárás keretében valósult meg.

Mindkét szerkezetet Kirow daruval emelték ki a sarukról, majd beszállították Olaszliszka-Tolcsva állomásra (9. ábra). A bal oldali szerkezetet selejtezés után elszállították. A jobb oldali szerkezetet az állomáson kialakított munkatéren helyezték el, és elvégezték a korrózióvédelmi bevonatának felújítását. Az acélszerkezet felületének előkészítését homokszórással, zárt sátor védelme alatt végezték (10. ábra).

Ezenkívül eltávolították a szerkezet bal oldaláról a rövidkonzolt, és a bal oldali szerkezetéről átszerelték a helyére a hosszúkonzolt, így – szimmetrikus szerkezetet kialakítva – biztosították mindkét oldalon az üzemi járdát. Eközben a hídfőkön a tervekben szereplő szintig visszabontották a szerkezeti gerendákat, és új sarufészeket alakítottak ki az új pályatengelynek megfelelően. Végül Kirow daruval visszahelyezték a felújított hídszerkezetet az átépített hídfőkre, most már a tervek szerinti új tengelybe. A híd 400 m sugarú ívben fekszik, ezért a vágány jelentős túlemeléssel halad át a hídon, speciális hídgerendasarukat kellett beépíteni a műtárgyon, mert csupán a hídgerendák megmunkálásával nem lehetett volna elérni a szükséges túlemelési értéket (nem maradt volna meg a hídgerenda vastagságának a 2/3-a).

A szakasz átépítése során megújult Bodrogolasi megállóhely, itt is sk +55 cm magasságú peron épült, akadálymentes megközelítéssel, és megtörtént hét csoport útátjáró átépítése, a hozzájuk kapcsolódó kábelaléptítménnyel és biztosítóberendezéssel együtt.

A 253+00–276+00 szelvények között már ekkor, előre kiépítették 42 db töcsava-

10. ábra.
A Tolcsva-híd korrózióvédelmi munkái (Fotó: Balogh Péter)



11. ábra.
A sovány agyagból épülő töltésmagasítás tömörítése juhlábhengerrel (Fotó: Balogh Péter)



ros felsővezeték-tartó oszlop alapját. Erre azért volt szükség, mert ezen a szakaszon, több mint 2 km hosszban, 9-10 m-es bevágásban halad a pálya, emiatt a terület megközelíthetősége erősen korlátozott, illetve az itt tervezett szivárgó és összetett rétegrend miatt az utólagos alapozás nehézségekbe ütközött volna.

Befejeződött az Olaszliszka-Tolcsva és Sárospatak állomások közötti távközlési rendszer átépítése, valamint az ellenmenet- és vonatutolérést kizáró berendezés telepítése.

Az átépítés 11,7 km hosszban történt meg.

A Sárospatak–Sátoraljújhely nyíltvonal szakasz átépítése, 2018

A Sárospatak–Sátoraljújhely közötti nyíltvonal átépítése 2018. május és december 5. között történt meg. Az állomásközt két részre osztották, a kivitelezés a két szakaszon egyszerre folyt.

Sárospatak állomás és a 397+00 szelvény közötti szakasz átépítését – a MÁV Zrt. beruházásában – a MÁV FKG Kft. végezte.

A 397+00–443+00 szelvények közötti nyíltvonal szakasz és az állomási vágá-

nyok átépítését, valamint a villamosítás és biztosítóberendezési, távközlési fejlesztéseket a NIF Zrt. beruházásában az M-S Konzorcium (Vasútépítők Kft., Vasútvill Kft.) végezte.

A kétvágányú aléptítményen a meglévő jobb vágányt a nagytengely felé tolták el változó mértékben, hogy a 397+00–443+00 szelvények közötti pályaszintemelés könnyebben megvalósítható legyen. A legnagyobb tengelytolási érték 4,2 m volt.

A viszonylag gyakran jelentkező, elhúzó árvek és a mértékadó árvízszint miatt helyenként több mint 1,0 m mértékű töltésmagasításra volt szükség a 397+00–443+00 szelvények közötti szakaszon. Ezen a szakaszon a pálya átépítésének a fő célja a vasúti pálya árvizektől való megóvása volt.

Aléptítmény

A meglévő aléptítmény a legtöbb helyen elnedvesedett, elégtelen teherbírású, a vízvezetés megoldatlan volt, ezenkívül a talajvíz magas, a töltéslábhöz közel található, és az árvek is folyamatosan elérik a töltéslábat és a töltés oldalát.

A vágány alatt jellemzően kemény közepes agyag és közepes-kövért agyag, egyes

szakaszokon kövér agyag volt. A 404+80–405+40 szelvények között 0,40–0,80 m közötti mélységben, a 414+40–415+30 szelvények között pedig 0,40–1,10 m közötti mélységben salak fordult elő, melyet a kitermelés során teljes vastagságban el kellett távolítani.

A visszabontás után a töltésmagasítás anyagaként sovány agyagot építettek be. A sovány agyagot megfelelő tömörítőberendezéssel, juhlábhengerrel, csapadégmentes időben, megfelelő víztartalom mellett ($w_{opt} = 11–15\%$) kellett beépíteni (11. ábra). Ezután az agyagtöltés felső 40 cm-es vastagságú részét meszes stabilizációval erősítették meg. A stabilizáció tetején záróréteggént 40 cm vastagságú SZK1 kiegészítő réteget építettek be.

A nem árvízveszélyes szakaszon kizárólag durvaszemcsés anyagú talajcsere, illetve töltéspítés történt, melyre a 40 cm vastagságú SZK1 réteg került. Meszes stabilizáció ezen a szakaszon nem készült.

Az átépített szakasz végén, a 443+00–443+15 szelvények között 15 m hosszban átmeneti szakaszt alakítottak ki, hogy az át nem építendő szakaszhoz való csatlakozásnál ne alakuljon ki a pálya alátámasztásában nagymértékű merevségkülönbség.

Az új töltésrészű jobb oldalán 0,20 m kőszórást kellett létesíteni az SZK1 védőréteg alsó síkjától kezdődően a teljes árvízveszélyes szakaszon. Erre a Bodrog áradása esetén fennálló kimosódásveszély miatt volt szükség. A 12. ábrán az egyik Tubosider műtárgy előfejeének környezetében láthatjuk a kőszórást.

A megfelelő vízelvezetés érdekében el-

12. ábra.
Kimosás elleni kőszórás az árvízveszélyes vonalszakaszon
(Fotó: Balogh Péter)



végezték a meglévő földárkok tisztítását, újraprofilozását, illetve egyes szakaszokon „barcsi” árokelemekből készült burkolt árkot készítettek.

A szakasz átépítésekor megtörtént az állomásközben lévő útátjárók hét-, illetve hatmezős premiumSTRAIL burkolattal való átépítése.

Felépítmény

Az átépülő vonalszakaszon a tervek szerint az eredetileg a pályában lévő 48 rendszerű használt sínek kerültek volna vissza, azonban a MÁV Zrt. az FKG Kft. által átépített szakaszra új, UIC 54 rendszerű, az M-S Konzorcium által átépített szakaszra pedig használt, vissznyereményi UIC 54 rendszerű síneket biztosított. A teljes állomásközben új, Skl 3 leerősítést alkalmaztak.

A tervezési szakasz végén, Sátoraljaújhely állomásnál 48 rendszerű felépítményhez kellett csatlakozni, itt 12+12 m

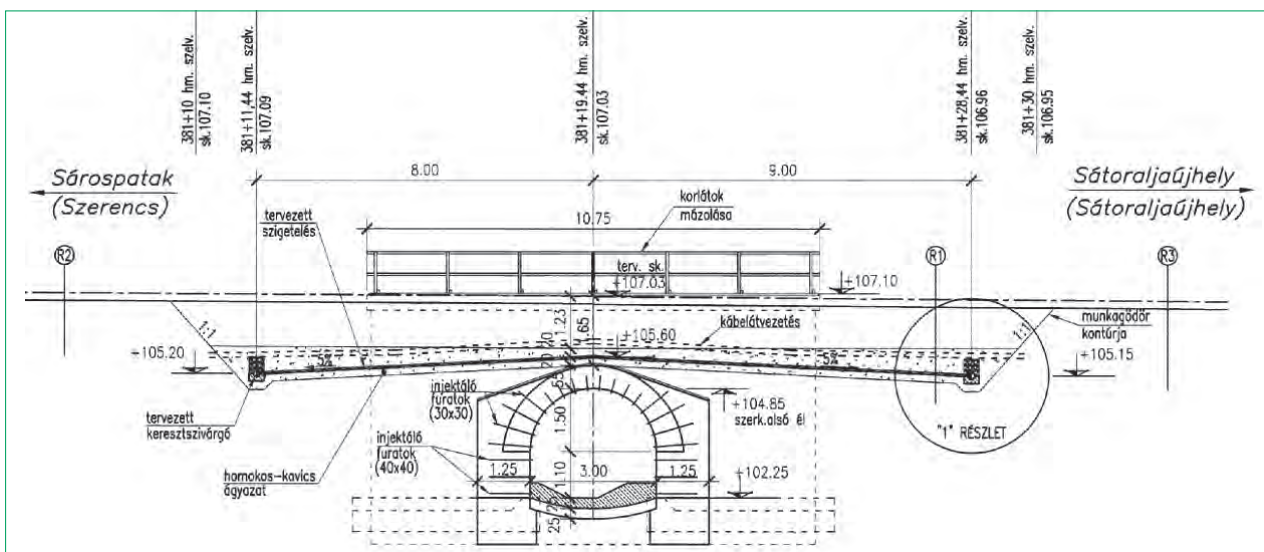
hosszú, 54/48 rendszerű gyári átmeneti síneket építettek be.

A tenderkiírásban foglaltak alapján $V = 100$ km/h sebességre és 225 kN tengelyterhelésre alkalmazási (megfelelőségi) engedéllyel rendelkező felújított, szigetelt, előfeszített LM és LX jelű vasbeton aljakat építettek be, 60 cm aljtávolsággal. A tervezett tengelyterhelés az építési engedélyben foglaltak szerint 210 kN volt, az átépített vágányok azonban műszakilag alkalmasak lettek a 225 kN tengelyterhelésre is.

A felépítmény átépítése a MÁV FKG Kft. által kivitelezett szakaszon a korábban bemutatott módon, Platov daru és Kisce alkalmazásával történt. Az M-S Konzorcium a régi vágány bontásánál és az új vágány építésénél is Donelli PTH 350 típusú portáldarut alkalmazott.

Műtárgyak

Az átépítés során a MÁV FKG Kft. által kivitelezett szakaszon megtörtént



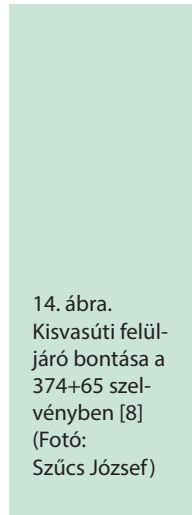
13. ábra. A 381+20 szelvényben lévő boltozat rehabilitációjának tervrészlete [7]

a 385+85 szelvényben lévő 1,5 m nyílású boltozat és a 391+76 szelvényben lévő 1,0 m nyílású teknőhíd-szigetelés felújítása. Ezeken kívül elvégezték a 381+20 szelvényben lévő 3,0 m nyílású boltozat rehabilitációját is, injekcióval megerősítették a teljes szerkezetet, és műanyag (geomembrán) ernyőszigetelést is kapott a műtárgy (13. ábra).

Jelentősebb híd munka volt még az álmásközben a 374+65 szelvényben lévő használaton kívüli kisvasúti felüljáró bontása (14. ábra). A monolit vasbeton gerendahíd elbontása a villamos felsővezeték kiépítése miatt vált szükségessé.

A hidat 1927. október 10-én adták át a forgalomnak, és több mint fél évszázadon át, 1980-ig üzemelt a kisvasút hídjaként. „A híd bontása a születésének 90. évfordulóját követő pár nap múlva, 2017. október 13-án kezdődött. Az építéskor gondosan előkészített munkafolyamatok alapján körülbelül fél évig tartott a híd megépítése. Az elbontásához néhány nap is elég volt... Hogy a nagyvasúti pályát megvédjék, gondosan letakarták. A bontást kotrógépre szerelt harapó olló adapterrel végezték, aprózó bontással. A híd lábait a terepszint alá bontották, az alaptestek a föld alatt maradtak. A szállítható darabokra aprított betondarabokat és a kibontott vasbetéteket hulladéklerakóban helyezték el. A hídból ma már semmi nem látható.” [8]

2018. szeptember 19-én a Vasúti Hidak Alapítvány emléktáblát avatott a híd és



14. ábra. Kisvasúti felüljáró bontása a 374+65 szelvényben [8] (Fotó: Szűcs József)

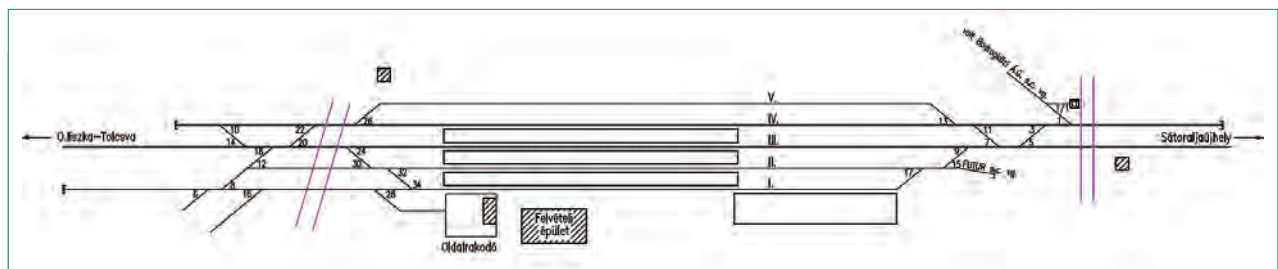


tervezője, Jemnitz E. Zsigmond emlékére. A NIF Zrt. beruházásában átépített vonalszakaszon öt Tubosider műtárgy helyezkedik el, amelyek közül az eredeti tervek szerint kettőnél kellett munkát végezni. A 406+86 szelvényben lévő műtárgynál szegélymagasítást végeztek, a 414+04 szelvényben lévőnél pedig jobb oldalon, mintegy 3,0 m-es toldást kellett volna megvalósítani, de a kivitelezés közben a terveket úgy módosították, hogy ennél a műtárgynál is elegendő volt a szegélyek magasítása.

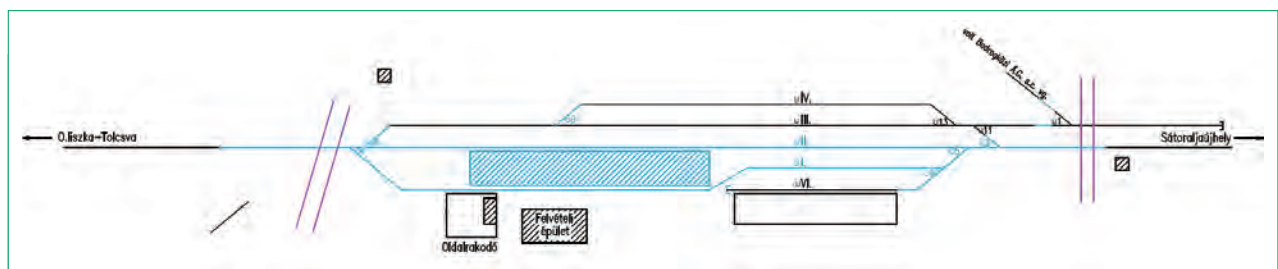
A kivitelezés közben korábban nem ismert problémára derült fény a Tubosider műtárgyakkal kapcsolatban. Ezekben a kiegészítő műtárgyakban általában egész évben pangó víz található az egyébként is

mocsaras Natura 2000 természetvédelmi területen. Az utóbbi időben szokatlanul száraz nyár és ősz során a műtárgyak kiszáradtak, és kiderült, hogy a korrózióvédelmi horganybevonatuk károsodott, három műtárgynál (401+85, 406+86 és 414+04 szelvények) előrehaladott korróziós károkat tapasztaltak.

Mivel a pályázati kiírásban nem szerepelt, vasút-üzemeltetői kérés és állásfoglalás ellenére sem lehetett az érintett átvezeték teljes felújítását (bélelés vagy teljes korrózióvédelmi bevonat felújítása és körbeinjektálás) elvégezni. Az érintett szerkezetek (beruházó, kivitelező, üzemeltető) közötti megállapodás értelmében a kivitelező statikai számítással igazolta a kiírásban szereplő két műtárgy (406+86



15. ábra. Torzított helyszínrajz Sáropatak állomás vágányhálózatáról az átépítés előtt [10]



16. ábra. Torzított helyszínrajz Sáropatak állomás vágányhálózatáról az átépítés után [10]

és 414+04 szelvények) megfelelő teherbírását a jelenlegi állapotukat figyelembe véve, illetve elvégezte azok alsó szegmensének korrózióvédelmét. A 401+85 szelvényben lévő műtárgynál az üzemeltetőre hárul a hasonló feladat.

Állomások átépítése

Az állomások átépítése a NIF Zrt. lebonyolításában, az M-S Konzorcium (Vasútépítők Kft., Vasútvill Kft.) kivitelezésében valósult meg. 2017. augusztus 7-étől kezdődően megtörtént Bodrogheresztúr, Olaszliszka-Tolcsva és Sárospatak állomások részleges átépítése.

Átépítették az átmenő fővágányokat, a megelőző vágányokat és a hozzájuk kapcsolódó kitérőket, illetve elbontották a kihasználatlan vágányokat, oldal- és homlokrakodókat, járműmérlegeket és egyéb építményeket. A 15. ábra Sárospatak állomás vágányhálózatát mutatja be az átépítés előtt, a 16. ábra pedig az átépítés után. Látható, hogy az igényeknek megfelelő, de sokkal egyszerűbb vágányhálózat épült.

Az állomási átmenő fővágányok UIC 54 rendszerű használt, minősített felépítménnyel épültek át, a felújításra kijelölt megelőző vágányok pedig 48 rendszerű használt, minősített felépítménnyel. A használt anyagokat a MÁV Zrt. biztosította.

Mindhárom állomáson sk +55 cm magasságú szélesperon épült (17. ábra). A peronok megközelítése szintbeni, akadálymentesített. A peronok hosszát a leg hosszabb személyszállító vonat, a szélességét pedig az utasforgalom nagysága, a peron mellett áthaladó vonat sebessége és a peronon elhelyezett létesítmények méretei függvényében határozták meg. A burkolat színe és felülete, az előírásoknak megfelelően, eltérő az elsodrési határon belül, illetve beépültek az előírt vezetősávok is a vakok és gyengénlátók számára.

Villamosítás

A vasútvonal villamosítása az elmúlt évtizedekben folyamatosan napirenden volt, viszont ahhoz, hogy a vonalat villamosítani lehessen, előbb a pálya leromlott állapotának javítására volt szükség.

A Mezőzombor–Sátoraljaújhely vasútvonal Mezőzombor állomásnál csatlakozik a Budapest–Miskolc–Nyíregyháza 25 000 V – 50 Hz váltakozó áramú rendszerben villamosított vasúti fővonalhoz.

Illetve a másik végpontján a Sátoraljaújhely–országhatár vonalszakasszal csatlakozik a Szlovák Vasutak vonalhálózatához. A Szlovák Vasutak érintett szakasza jelenleg 3000 V egyenáramú rendszerben villamosított. A későbbiekben a felsővezeték-hálózat rekonstrukcióját már 25 kV 50 Hz rendszerben tervezik. Jelenleg, a nemzetközi megállapodásoknak megfelelően, dízelüzemmel történik a közlekedés az érintett határátmeneten.

Az esetleges további fejlesztések során, a határátmenet villamos forgalmának biztosítására – a szlovák féllél történő megegyezéstől függően –, több alternatív megoldás is lehetséges a két rendszer közötti csatlakozásra. Kialakítható például egyszerű rendszer-fázishatáros csatlakozás kétáramnemű mozdonyok biztosításával, vagy átkapcsolható áramnemű átdadó vágánycsoport létesítésével a szlovák oldalon [5].

2017. októbertől megkezdődött a felsővezeték-tartó oszlopok állítása. A munkát éjszakánként, vágányzárban végezték. Az alapgyödrök kiasása után betonozó szerelvény alkalmazásával készítették el az oszlopalapokat (18. ábra). Az alapok megszilárdulása után, szintén éjszakai vágányzárban, felállították az oszlopokat, és felszerelték a szükséges elektromos szerelvényeket.

2018. márciustól megkezdtek a felsővezeték felszerelését, illetve a villamos vontatási üzemhez szükséges egyéb létesítmények telepítését.

„A felsővezeték energiaellátását a szerencsi alállomásról tervezték. A villamosítás megkövetelte az alállomás korszerűsítését is. Ezt új transzformátor és új tápvezeték kiépítésével oldották meg. A villamosítás a középállomásokon általában csak a fővágányokat érintette. [...] A Sátoraljaújhely állomáson történő villamosítás a fővágányokon kívül a tároló, gépkörüljáró, volt fűtőházi vágányokra is kiterjedt.” [11]

Sátoraljaújhely állomáson villamos előfűtő berendezés épült, a közbenső állomások központi állítású kitérőin pedig villamos váltófűtő berendezések létesültek. Valamennyi szolgálati helyen megvalósult a térvilágítás korszerűsítése is.

A vonal villamosítása 2019 májusára készült el, május 21-én, reggel 8:00 órakor helyezték üzembe a teljes kiépített villamos felsővezeteki rendszert. Az első villamos mozdony május 21-én közlekedett a vonalon, úgynevezett melegáramszedős menetben. A dízelmozdonyokat július

2-án végleg felváltották a vonalon a villamos mozdonyok.

Távközlési és biztosítóberendezési fejlesztések

A távközlési optikai kábeleket a felsővezeteki oszlopokra helyezték el, a további technológiai célú kábeleket pedig földkábelként, LPE védőcsőben fektették. A közbenső állomásokra és megállóhelyekre Sátoraljaújhelyről vezérelt táv-utastájékoztató rendszer épült ki. Az utasperonokra információs oszlopot, segélykérő berendezést és perontávbeszélőt telepítettek. Elkészült a vagyonvédelmi és forgalmi célú kamerarendszer, valamint a 450 MHz-es vonali rádiórendszer is [11].

A közbenső állomásokon felülvezérelt D55 típusú biztosítóberendezéseket létesítettek, melyek vezérlése Sátoraljaújhely állomásról történik. A fejlesztésnek köszönhetően a közbenső állomások biztosítottak, a fővágányokra vezető váltók központi állításúak lettek. A vágányfoglaltság érzékelésére tengelyszámológók létesültek. Valamennyi fővágány egyéni kijáratit jelzőt kapott. A teljes vonalon megtörtént az ellenmenet- és vonatutolérést kizáró berendezés telepítése [11].

Összefoglalás

A 80c vasútvonal korszerűsítése egyértelmű siker, hiszen az elvégzett fejlesztésekkel, felújításokkal a pálya állapota miatt

Summary

Updating of Mezőzombor–Sátoraljaújhely–state border railway line (of No. 80.c) along with the electrification of the line (due to its role in Hungary's railway network, speedy deteriorating state and due to the alarmingly decreasing service level) was continuously on the agenda from the beginning of 2000s and finally after a long preparation it could start in summer of 2012. The technical handing over of the modernization which was started more than 7 years ago was finished on 28th June 2019. The track construction works of the final station spacing were also terminated, the system of catenary and the updated signalling and telecommunication systems of the whole line were constructed.

Balogh Péter a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán szerzett építőmérnöki oklevelet 2009-ben. A MÁV Zrt.-nél 2010-től dolgozik, kezdetben mérnökgyakornokként, majd rövid ideig hidász szakaszmérnöként, 2013-tól pedig híd-és alépítményi szakértőként. 2014-ben infrastruktúra-építőmérnöki diplomát szerzett a Széchenyi István Egyetem Műszaki Tudományi Karán. 2019-ben elvégezte a Debreceni Egyetem Műszaki Karán a vasúti pályáépítési és fenntartási szakmérnök képzést.

bevezetett sebességkorlátozások felszámolása, valamint a 80 km/h pályasebesség 100 km/h-ra emelése vált lehetővé. A beavatkozásoknak köszönhetően nőtt a vonal kapacitása, csökkent az utazási idő, emelkedett a közlekedés szolgáltatási színvonala, csökkent a közlekedésből származó zajártalom, valamint környezetterhelés. Emellett javult a vonalon a közlekedés biztonsága, illetve a pályafenntartási költségek jelentős csökkenése is biztosra vehető.

Ez a vonalkorszerűsítés jó példája a gazdaságos, zömében bontott anyagot is felhasználó „kis lépések politikája” módszernek, hiszen minden évben csak egy rövid szakasz átépítése volt a cél a rendelkezésre álló forrásból, azonban nyolc év alatt a teljes vonal átépült, és megvalósult a vonal villamosítása is, mellyel egy „díszszigetet” szüntettünk meg a 80-as fővonalon. ◀◀

Irodalomjegyzék

[1] Dikházi Tibor: A Szerencs–Sátoraljaújhely vasútvonal. In: Vasúti hidak a Miskolci Igazgatóság területén. Felelős kiadó: Vasúti Hidak Alapítvány, Miskolc, 2015.

[2] Bánkuti Gyula: Mezőzombor–Sátoraljaújhely vasútvonal pályafelújítása. *Előadás. Sáropatak, 2018. május 17.*

[3] Talajmechanikai jelentés: 80. sz. Mezőzombor–Sátoraljaújhely 324+00–330+00 és 342+00–348+00 sz. közötti pályaszakasz. *Belső anyag. MÁV Zrt.*

[4] Bánkuti Gyula, Dobos Attila, Karácsony Tamás: Árvíz és esőzés a Miskolci Területi Központ vonalhálózatán. *Sínek Világa, 2010/4.*

[5] Csoma András: Mezőzombor–Sátor-



17. ábra. Új, sk +55 cm magasságú szélesperon Sáropatak állomáson (Fotó: Balogh Péter)



18. ábra. A betonozó szerelvény Sáropatak állomáson (Fotó: Balogh Péter)

aljaújhely vasútvonal villamosítása. *Előadás. Sátoraljaújhely, 2006. december 6.*

[6] Balogh Péter: Mezőzombor–Sátoraljaújhely–oh. vasútvonal korszerűsítése. Vasúti hidász szakmai nap, előadás. Budapest, 2017. november 14.

[7] Kiviteli terv: Sáropatak (kiz.)–Sátoraljaújhely (kiz.) vonalszakasz felújítása 381+19,44 hm tervezett szelvényben (381+05 hm nyilvántartási szelvény) lévő 3,0 m ny. boltozott híd rehabilitációja, tervszám: 526/2018/3.2, tervező: MÁV Zrt. Beruházás lebonyolító igazgatóság, Műszaki tervezési főosztály, 2018.04.27.

[8] Vörös József: 90 éves vasúti vasbeton

híd bontása a Mezőzombor–Sátoraljaújhely vasúti vonalszakaszon. *Sínek Világa, 2018/3.*

[9] Kiviteli terv: Olaszliszka-Tolcsva–Sáropatak vonal felújítása, tervszám: 265/2014/1, tervező: MÁV Zrt. Fejlesztési és beruházási főigazgatóság, Műszaki tervezés, 2015.08.15.

[10] Kiviteli terv: Sáropatak–Sátoraljaújhely (397+00–443+00), generáltervszám: 4500011611, generáltervező: Speciálterv Kft., 2018. augusztus.

[11] Kallus Tihamér: Mezőzombor–Sátoraljaújhely vasútvonal korszerűsítése. *Forgalom, 2018/4.*



STRAILastic_RAIL zajcsökkentő rendszerek

Karvalics László

magyarországi képviselő

KRAIBURG STRAIL

GmbH & Co. KG.

✉ laszlo.karvalics@strail.hu

☎ (70) 222-2312

A KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG 1976 óta gyárt újrahasznosított gumiörleményből és újgumiból kis-elemes útátjáró rendszereket. A folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően a cég termékeit mostanáig a világ több mint 50 országában építették be. A cég termékeinek fejlődését folyóiratunk folyamatosan nyomon követte. Most a leg-újabb fejlesztésű új termékeket mutatjuk be, amelyek a környezetvédelem zajcsökkentés területén alkalmazhatók.

A korábban is gyártott különböző útátjáró típusok:

- premiumSTRAIL
- innoSTRAIL
- pedeSTRAIL
- pontiSTRAIL
- veloSTRAIL
- profilSTRAIL

A felsorolt típusok rugalmasan alkalmazkodnak a világ vasútjaink igényeihez, és széles körben alkalmazzák őket.

STRAILastic_RAIL rendszerek

Felismerve az ügyfelek új igényeit a vasúti zaj- és rezgéscsökkentés területén, a KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG gumigyártásban szerzett tapasztalatait felhasználva új termékek fejlesztésébe fogott (1. kép).

- STRAILastic_A sínkamraelem,
- STRAILastic_IP korlátra szerelhető zajvédő panel,
- STRAILastic_mSW mini zajvédő fal.

Az új termékek közös jellemzője, hogy a zajok keletkezési helyéhez legközelebb tudnak hatékony zajcsökkentést elérni. Emiatt olyan közel épülnek be ezek a termékek a sínhez és az úrszelvényhez, amennyire csak lehetséges. A kis távolság miatt nincs szükség magas zajárnyékoló falakra, a beépített termékek nem törik meg a táj egységét.

A KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG nagy hangsúlyt fektet a környezettudatos alapanyag-felhasználásra és termelésre is, ezért mindegyik termék

újrahasznosított gumiörleményből, újgumi-bevonattal készül.

A STRAILastic_A sínkamraelem a sínkerék kapcsolatból származó rezgéseket és az ezzel összefüggő zajkibocsátást csökkenti a sínben (2. kép). A rendszer előnyei:

- gyors és egyszerű beépítés;
- karbantartásmentes;
- a vágánykarbantartási munkákat nem akadályozza (síncsere esetén leszerelhető és az új sínre visszahelyezhető);
- tartós felerősítés;
- vonalkábelekekhez történő illesztés megoldható.

A STRAILastic_mSW mini zajvédő falat (3. kép) az úrszelvényhez lehető legközelebb lehet felszerelni, szinte az úrszelvény vonalát követi. A rendszer egy a sínre és betonra rögzíthető fémkeretből, valamint gumi zajvédő elemből áll. A gumi-elemet csak néhány csavar rögzíti a fémkerethez, így az gyorsan fel- és leszerelhető. Az egy óra alatt felszerelhető fal hossza mintegy 30-40 m. Vágányszabályozási és zúzottkőrendezési munkák idején elegendő a gumi-elemet eltávolítani. A fémkeret a szabályozógépet és a rendezőgépet nem akadályozza. Előnyei:

- betonalapozás nélkül beépíthető;
- így a német vasutaknál nem szükséges tervjóváhagyás;
- minden más zajvédő falnál közelebb szerelhető fel a zajkibocsátás helyéhez;
- törésálló a szálerősítéses gumikeverékek köszönhetően, az újgumi-bevonat jóvoltából pedig UV- és ózonálló;

- vibráció, nyomó- és húzóerő hatásaira sem jelentkezik anyagfáradás.

A STRAILastic_IP korlátra szerelhető zajvédő panel (4. kép) elsősorban műtárgyakon és támfalakon alkalmazható. Az egyszerű és gyors felszerelését a gumiba vulkanizált rögzítőszínek biztosítják. Előnyei:

- tartószerkezetként használható a már meglévő korlát;
- hornyos (nút/féder) kapcsolat az elemek között, növeli az állékonyságot;
- egyszerű és gyors beépítés;
- zajvisszaverés a zajforrásra;
- alapozás nélkül építhető, így német vasutaknál nem szükséges tervjóváhagyás;
- törésálló a szálerősítéses gumikeverékek köszönhetően, az újgumi-bevonat jóvoltából pedig UV- és ózonálló;
- vibráció, nyomó- és húzóerő hatásaira sem jelentkezik anyagfáradás.

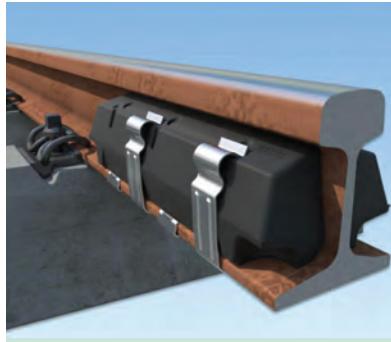
A STRAILastic_RAIL termékek egymást kiegészítve is alkalmazhatók. Erre jó példa az Észak-németországi Nordhornban megvalósult projekt, ahol egy vonalszakaszon mindhárom terméket használták. A sín rezgésétől keletkező zajok ellen a STRAILastic_A inox 2.0 sínkamraelem épült be. A töltésen haladó vasút esetében a töltés kiszélesítése és a töltéstestbe történő beavatkozás nélkül az Y keresztaljas vágányhoz rögzítették a STRAILastic_mSW mini zajvédő falat. A vasút keresztelte a Nordhorn–Almelocsatornát, ahol a csatorna feletti híd korlátjára STRAILastic_IP korlátra szerelhető zajvédő panel épült, így biztosították a zajvédelem folytonosságát (5. kép).

STRAILway műanyag alj

A nagyvasút, a városi vasút és a földalatti vasút tradicionálisan fa, beton vagy acél keresztaljakat használ. Mindegyik alapanyagának megvan az előnye és a hátránya. Az aljak élettartama különböző, de behatárolt. Az Európai Unió 528/2012/EU rendelete a faaljak telíté-



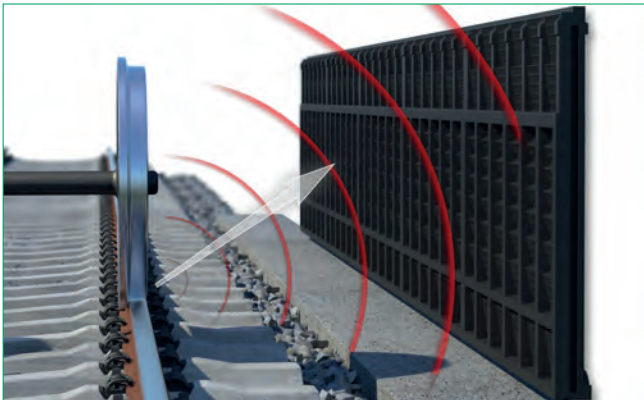
1. kép. STRAILastic_RAIL termékek



2. kép. STRAILastic_A



3. kép. STRAILastic_mSW



4. kép. STRAILastic_IP



5. kép. Nordhorni projekt



6. kép. STRAILway műanyag alj Hódmezővásárhelyen

sére használt kreozot vegyi anyagnak a betiltásáról rendelkezett. Előreláthatólag 2020 októbere után tilos lesz az ilyen vagy azonos hatású anyagokkal telített faaljak beépítése. Ezáltal a faaljak élettartama jelentősen csökken. A **STRAILway**

műanyag alj (6. kép) a faaljak kiváltására tervezett üvegszál-erősítésű műanyag keresztalj. Mechanikai tulajdonságai és megmunkálhatósága hasonló a faaljhoz, és zajvédelmi szempontból is kedvező. Ugyanazokkal a kézi és gépi szer-

Karvalics László 2004-ben végzett a Veszprémi Egyetem (2006-tól Pannon Egyetem) Műszaki Karán műszaki menedzser szakon. 2005-től a győri székhelyű Vasútépítők Kft.-nél dolgozott műszaki előkészítőként, majd később vállalkozásvezetőként. 2013-tól a Swietelsky Vasúttechnika Kft. központi beszerzését vezette. 2016-tól a német KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG magyarországi képviselője lett. Ebben a beosztásában foglalkozik a STRAIL hagyományos és a környezetvédelem szempontjából fontos új zaj- és rezgéscsillapító gyártmányainak forgalmazásával.

számokkal megmunkálható, így nem szükséges a meglévő eszközpark cseréje. Az extrudálási gyártástechnológiának köszönhetően „tetszőleges” hosszban gyártható hagyományos vágányalj (160 × 260 mm) és hídgerenda (260 × 240 mm és 220 × 240 mm) keresztmetszetekben.

A MÁV Zrt. vágányhálózatán először 2016 júniusában Hódmezővásárhelyen, az 1542 szelvényben található útátjáró alá épült be a **STRAILway** műanyag alj. Az elmúlt két évben történt folyamatok ellenőrzései során az aljakon semmilyen káros elváltozás nem volt tapasztalható.

Napjainkban a környezetvédelem és ezen belül is a zajvédelem egyre nagyobb hangsúlyt kap. A KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG fejlesztései új megoldási lehetőségeket kínálnak a vasutak számára olyan területeken is, ahol korábban nehezen vagy egyáltalán nem volt megoldható a zajvédelem, mindezt úgy, hogy a meglévő infrastruktúrát felhasználva rugalmasan és gyorsan beépíthetők. «

Summary

KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG manufactures railway level crossing systems of small elements from recycled rubber grinds and new rubber since 1976. Thanks to the continuous developments the products of the firm are installed in more than 50 countries of the world till now. Our journal continuously traced the development of the firm's products. Now we present the new products of the newest development, which can be applied on the area of noise reduction of environment protection.



Módszertani fejlesztések a Baross Gábor Oktatási Központban

Keszmann János

képzésfejlesztés és szabályozásvezető;
MÁV Szolgáltató Központ Zrt.
Baross Gábor Oktatási Központ

✉ keszmann.janos@bgok.hu

☎ (1) 511- 9218

A Baross Gábor Oktatási Központ (BGOK) a MÁV Tiszt-képző jogutódjaként folytatja a vasúti szakképzés 132 éves hagyományát. A „Hivatás – Haladás – Hagyomány” hármas jelszava napjainkban azonban kiegészül a „Modernizáció – Megújulás – Megbízhatóság” követelményeivel is. A vasútvállalatok új munkavállalói között megjelentek a Z generáció képviselői, akik már új tanulási módszereket igényelnek. Elődjeikhez képest másként viszonyulnak a papíralapú dokumentumok olvasásához, mivel informatikai eszközök, az internet használatával együtt nőttek fel. Ezzel párhuzamosan fokozott igény jelentkezik az új munkaerő iránt, a kiképzések száma ennek megfelelően megnövekedett.

A 19/2011. NFM rendelet („képzési rendelet”) hatálybalépésével megváltozott a forgalmi alapképzések rendje, az alapvizsgák és az időszakos vizsgák megszervezése a Vasúti Vizsgaközpont hatáskörébe került. Napjainkban nem kis kihívást jelent az írásbeli és a szóbeli vizsga teljesítése a kiképzés alatt álló új munkatársainak. Ezért egyre több tanfolyamunkon növeljük a gyakorlati képzés arányát, 2016-ban a forgalmi szolgáltatók számára elkészült a gyakorlatorientált általános forgalmi képzési program, melyben tananyagegységként pályavasúti forgalmi szakmai mentorok tartanak mentori napot, és a képzés szerves része lett a forgalmi szimulátor. Beépült egy gyer-

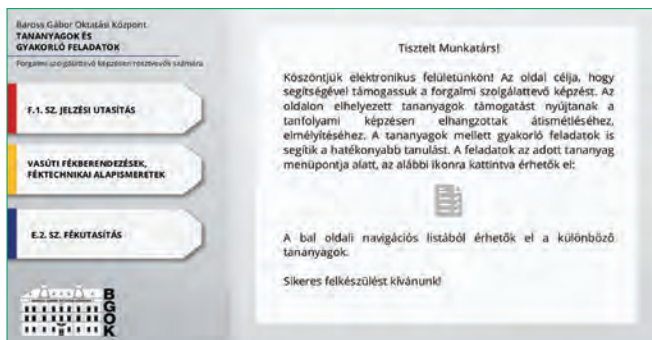
mekvasúti gyakorlat is, melynek keretében üzemi környezetben próbálhatják ki az elméletben megtanultakat a forgalmi szolgáltatók gyakorlók. Az új módszertanhoz kapcsolódóan megváltozott az alapvizsga is. A hétórás, kizárólag esszé-kérdéseket tartalmazó írásbeli vizsga helyett 3,5 órás párosító, szövegkiegészítő feladatokkal gazdagított feladatsort kell már megoldani.

2019-ben új pilotprogramot indítottunk, egy általános forgalmi tanfolyam résztvevőit tablettel szereltünk fel, és elérhetővé tettük az F.1. számú Jelzési Utasítás és az E.2. számú Fékutasítás elektronikus tananyagát. A hallgatók hálózatra kapcsolódva és offline is meg tudják tekin-

teni a tantermi foglalkozásokat támogató fejezeteket és a gyakorlatias, új szellemű gyakorlófeladatokat (1. ábra). Emellett a tableten megtalálhatók a vasúti utasítások, segédanyagok PDF formátumban, melyek könnyebben kezelhetők, mint a kiosztott írásos anyagok. A vasútszakmai anyagok digitalizációja nem ért véget, újabb témakörök feldolgozása várható.

Más szakterületek képzési programjait is állandóan felülvizsgáljuk és – a témagazdákkal közösen – szükség szerint átdolgozzuk. Komoly kihívást jelentenek a karbantartó járművek vezetőinek a nagy számban átépített pályák miatti a vonalismereti képzések. A vasúti pályaépítés és -fenntartás területén örvendetes változás, hogy a VAMAV Kft.-vel együttműködve egyes alapképzések szerves része lett a gyöngyösi gyárba szervezett gyakorlati foglalkozás. Új feladat a MÁV FKG Kft. munkatársainak felkészítése a MÁV-HÉV infrastruktúra alapvizsgáira, hiszen az ott végzendő munka alapfeltétele a megfelelő helyi forgalmi utasításokból le-tett forgalmi vizsga. Szeged térségében a Tram-train projekt miatt a közúti vasúti (villamos) forgalmi vizsgák megszerzése válik szükségessé, amelyhez az oktatási ke-reteket szintén mi biztosítjuk.

A hagyományos jegyzetkiadás területén is komoly előrelépés történt, szinte valamennyi szakterületen jelent meg az elmúlt években korszerű oktatási segédlet (2. ábra). Az F.1. Jelzési Utasítás és az E.2. Forgalmi Utasítás teljes anyagát feldolgozó képekkel, rajzokkal, magyarázó szövegekkel gazdagon illusztrált kiadványok célcsoportonkénti lebontása is megkezdődött. Ki kell emelni a pályaépítési és -fenntartási területéről a Vasúti felépítményi kisgépek című jegyzetet, mely 2017-ben *Bajnógel Katalin* és *Bertók József* közös munkájaként született meg. *Daczi László* pedig a felsőfokú pályaépítési és fenntartási tagozat részére készített oktatási segédletet Felépítménydiagnosztika címmel. Hosszú felsorolásnak kellene következnie



1. ábra.
Tableten elérhető e-learning vasútszakmai tananyag



2. ábra.
Az elmúlt
években meg-
jelent jegyze-
teink, oktatási
segédleteink



3. ábra.
„Pft-s” bemu-
tató a 2019-es
nyílt napon
(Fotó:
Molnár Zsolt)

itt, hogy a többi jegyzetünket is bemutat-
suk, erre azonban nincs szükség, hiszen
az egyre bővülő lista a BGOK weblapján
(www.bgok.hu) megtekinthető.

A BGOK szeretne megfelelni annak
az elvárásnak is, hogy – mint a MÁV-
csoport tudásközpontja – folyamatos
erőfeszítéseket tegyen annak érdekében,
hogy a szakmai műveltség növekedjen a
dolgozók körében is. 2017-ben megren-
deztük a Vasutas Szakmai és Műveltségi
Vetélkedőt, amely izgalmas döntővel zá-
rult a Luther utcában. Munkatársaink az
utánpótlás biztosítása érdekében minden
orientációs rendezvényen részt vesznek,
s ezeken az egyik legnagyobb attrakció a
mozdonyszimulátorunk.

Szeretnénk már az általános iskolások-
nak is bemutatni a vasúti szakmákat és a

továbbtanulási lehetőségeket, ezért 2018
óta minden évben nyílt napot rendezünk
a 7–8. osztályosoknak (3. ábra). 2019-ben
már 180 tanuló próbálhatta ki többek kö-
zött a különböző felépítményi rendszerek
összeszerelését a Pályalétesítményi Igaz-
gatóság jóvoltából.

Mivel egyre több a tanfolyam, bővíte-
nünk kellett az oktatótermi kapacitásun-
kat, ezért bérelt helyszínek jelentek meg
Budapesten, és külsős szálláshelyeket is
igénybe veszünk. A MÁV FKG Kft. eb-
ben partnernek jelentkezett, és 2018-ban
megállapodás született, hogy a használa-
ton kívüli szociális épület 1. emeletét ok-
tatási célra rendelkezésre bocsátják. Még
ugyanabban az évben meg is kezdődött a
felújítás, és 2019 szeptemberében birtok-
ba vehettük az új bázist (4., 5. ábra).



4. ábra.
A MÁV FKG
Kft. telephe-
lyén található
oktatási bázis
– felújítás előtt
és után

Keszmann János 1990-ben szerzett
vasúti járműgépész oklevelet a Buda-
pesti Műszaki Egyetem Közlekedés-
mérnöki Karán. 1990–1993 között
a MÁV Keleti Vontatási Főnökségén
mérnökgyakornokként, majd műsza-
ki ügyintézőként (oktatóként) dolgo-
zott. 1993–94-ben a MÁV Széchenyi-
hegyi Gyermeavasút vezetője volt,
ahol korábban úttörővasutasként is
szolgált. 1994-től a MÁV Zrt. Baross
Gábor Oktatási Központ munkatár-
sa, 1998–2006 között felnőttképzési
osztályvezetője, 2006-tól képzésfej-
lesztési, később képzésfejlesztés és
időszakos oktatás vezetője. Jelenleg
az intézmény képzésfejlesztés és
szabályozás nevű szervezetének ve-
zetője. Egyes vasútüzemi és vezetési
témájú tantárgyak oktatója a felső-
fokú tanfolyamokon, több jegyzet,
oktatási segédlet szerzője. Irányí-
tása alá tartozik valamennyi vasúti
és szakterületi képzés program- és
tananyagfejlesztése, koordinációja,
az e-learning képzések fejlesztése és
szervezése, az időszakos oktatások
dokumentálásának irányítása.

A felújítás során 6 tantermet alakítottak
ki összesen 190 fő befogadóképességgel,
melyből két terem 24 fős számítógépes
kabinet. Két tanterem közé félautomata
mobil tételválasztó épült, így összenyit-
hatók. A XXI. századi színvonalú épület-
be energiahatékony hűtő-fűtő rendszert,
tűzvédelmi és vagyonbiztonsági rendszert
is telepítettek. A megújult épület hosszú
távon, stabilan és innovatívan szolgálja a
jövőben az oktatást, és a vasúti képzések
mellett alkalmas a fiatalok pályaorientá-
ciós rendezvényeinek, illetve a MÁV kü-
lönböző nagyobb létszámú eseményeinek
saját, megújult helyszínén történő lebo-
nyolítására is. Az Oktatási Centrumban
évente 500-700 fő oktatását, kiképzését
tervezzük.

Számítástechnikai termeink kihaz-
snáltsága országszerte igen magas, egyebek
között az INKA projektnek köszönhető-
en. Mind az 1., mind pedig a 2. fázisban
komoly szerep jut az e-learning tanfolya-
moknak is.

Oktatástechnikai eszközeink fejlesztése
is folyamatos. 2017–18-ban a meglévő
forgalmi szimulátor szoftverfejlesztése és
részleges cseréje történt meg. Az új rend-
szerek számítógéppel egybeépített moni-
torjai könnyebb szállítást tesznek lehetővé
az időszakos oktatási helyszínekre. 2018–



5. ábra.
Az oktatási
bázis a felújítás előtt és után

19-ben a mozdony-szimulátor is „ránccfelvarráson” esett át: a teljes programcserehez hardvermódosítások is párosultak. Az új nanoszimulátorok már nem igénylik a teherautós vagy utánfutós szállítást, akár egy nagyobb személygépkocsival is az oktatási helyszínre szállíthatók az eszközök. A megújult vizuális megjelenítés pedig nagyobb élményt, realisztikusabb látványt nyújt az oktatási funkciók maximális megtartása mellett. Szükség is volt erre a beruházásra, mert a mozdony-szimulátorokra komoly feladat vár az egységes európai vonatbefolyásoló rendszer, az ETCS gyakorlati oktatása során. Befejezésül essen néhány szó Oktatási Központunk mindennapjairól is. A BGOK három fő területen szolgáltat elsősorban a MÁV-csoport vasútvállalatainak, melyek egyben szervezeti egységei is:

- tanfolyami képzés,
- időszakos oktatás,
- iskolarendszerű gyakorlati képzés.

2016-tól szinte önálló üzletágként és szolgáltatásként jelent meg az e-learning kurzusok fejlesztése és alkalmazása, melyek egyaránt lehetnek alapképzések és időszakos oktatások.

Megrendeléseink volumene az évek során egyre növekszik, álljon itt néhány 2018-as adat:

- 1913 tanfolyam 22 254 résztvevővel;
- 144 e-learning kurzus 107 219 résztvevővel;
- 10 675 időszakos oktatás, illetve eseti képzési esemény 102 735 résztvevővel;
- 211 tanuló az iskolarendszerű képzés 14 szakmájában.

A kihívások tehát mindig bővülnek, pa-

Summary

Baross Gábor Educational Centre (BGOK) as the successor of MÁV Officer Training continues the 132 year long tradition of railway vocational training. The tree way password of „Profession – Improvement – Tradition” is completed nowadays with the requirements of „Modernization – Reform – Reliability”. Among the new employees of railway companies the representatives of Z generation appeared, who already claim new learning methods. Compared to their ancestors they approach in another way to the reading of paper based documents, since they grew up together with using informatical devices, and usage of the internet. Parallel with this there is an increased demand for the new labour, the number of trainings accordingly increased.

tinás intézményünk 185 munkatársa ezeknek az elvárásoknak pedig magas szinten kíván megfelelni a jövőben is! «

Tokaji Róbert 1970–2019

Tokaji Róbert okleveles gépészmérnök, okleveles közgazdász szakmérnök, okleveles vasúti balesetvizsgáló szakmérnök, a MAÚT egykori vasúti alelnöke, MÁV-vezető 49 éves korában elhunyt.

Tokaji Róbert a Debreceni Egyetemen szerzett okl. gépészmérnöki, a Budapesti Gazdasági Főiskolán okl. közgazdász szakmérnöki, majd a Széchenyi István Egyetemen okl. vasúti balesetvizsgáló szakmérnöki diplomát. 1990-ben lett MÁV-dolgozó. Munkaviszonya mellett középiskolai angol nyelvvizsgát is tett.

A debreceni Gépészeti Főnökségen kezdte pályafutását, ahol 10 éven keresztül mozdonyvezetőként, majd fenntartási és üzemeltetési mozdonyreszortosként dolgozott. 2003-tól a Személyszállítási Üzletágnál műszaki szakelődői munkakört töltötte be, 2007-ben a Biztonsági Igazgatóság állományába került, ahol kezdetben balesetvizsgálóként, majd 2009-től a területi vasútbiztonsági szervezet vezetőjeként dolgozott.

2014. június 16-ától a szegedi Pályavasúti Területi



Igazgatóság élére nevezték ki területi igazgatónak.

A területi igazgatói beosztása után 2016-ban a MÁV Zrt. központjában kapott új feladatot. Az általános vezérigazgató-helyettesi szervezetbe tartozó Műszaki felügyeleti és technológiai igazgatóság vezetője lett. Ebben az igazgatói beosztásában egyebek között felügyelte, irányította a Pályalétesítményi főosztály munkáját is. Ebben az időszakban, 2016–2017-ben töltötte be a MAÚT vasúti alelnöki pozícióját. A MAÚT-nál nagy

munkabírási, mindig és minden körülmények között segítőkész kollégaként emlékeznek rá.

Szakmája mellett elismerést szerzett a salakmotoros sportban is, ahol szintén nagyszerű emberként ismerték az egykori szerelőt, szakági tanácstagot, csapatvezetőt, sportbíró.

MÁV-os karrierjét a debreceni Pályavasúti Területi Igazgatóság vezetőjeként fejezte be 2017-ben.

Tokaji Róbert hosszan tartó, méltósággal viselt súlyos betegsége után hunyt el október 13-án.

Szőke Ferenc



A XX. század legnagyobb magyar vasúti katasztrófái (4. rész)

Mende

Dr. Horváth Csaba Sándor*

történész, adjunktus

Széchenyi István Egyetem

Apáczai Csere János Kar

✉ horvath.csaba@sze.hu

☎ (20) 851-1885

A XX. század legnagyobb magyar vasúti katasztrófái cikksorozat előző részeiben a herceghalmi, a torbágyi és a paládicspusztai balesetekről volt szó. Ennek folytatásaként e tanulmány a XX. század második felének egy tragikus vonat-összeütközéses vasúti szerencsétlenségét mutatja be. A mendei baleset is sajnálatosan sok emberéletet követelt, és megrendítette az egész országot. Az eseményt primer források és szakirodalom alapján dolgoztam fel.

A mendei katasztrófa

Szinte napra pontosan 5 évvel a paládicspusztai szerencsétlenség után, 1968. december 22-én vasárnap, két nappal szenteste előtt Mende és Tápiósüly (1970-től egyesült végérvényesen Tápiósáppal Sülysáp néven) között, a pusztaszentistváni őrháztól kb. 150 m-re a 254/5. szelvényben több emberéletet követelő vasúti összeütközéses baleset történt. A karácsonyi csúcsgorgalomban a Budapest-Keleti pályaudvarról 16 óra 15 perckor Békéscsabára induló 6616/a számú, 8 zsúfolt kocsival közlekedő ünnepi mentesítő személyvonat

17 óra 5 perckor nem tudta már elkerülni az összeütközést az 5565. számú, Budapest felé 53 kocsival haladó, 1227 tonnás tehervonattal [1]. Az összeütközés következtében a személyvonat 424 142 számú gőzmozdonya és az első két személykocsija kisiklott, súlyosan megrongálódott, az ott utazók közül többen meghaltak, illetve megsérültek. A teherszelvény M62 056 pályaszámú dízelmozdonya [2] és 11 teherkocsija darabokra tört, további kettő roncsolódott (1. kép). A legelső hírek még csak 6 elhunytól és 30 sebesültről szóltak.

Egy helyszíni tudósító így írt az esetről: „Ezt a kis katlant most az esti órákban sűrű

köd tölti meg. És zaj, gőz, süvöltés, motorok dübörgése, emberek furcsa, szaggatott kiáltozása, valami zürzavaros, pokoli láрма. A sín pár bal oldalán jeges, csúszós sárban, ködben és sötétben emberek – vasutasok, katonák, rendőrök, tűzoltók, magas rangú tisztek és egyszerű mendei parasztok – börtorkálnak. Velük lépegetek, csúszkálók. Elöttem néhány lépésnyire dr. Rödönyi Károly miniszterhelyettes, a MÁV vezérigazgatója. Mögöttem magas rangú rendőrtisztek és 18-19 évnél nem idősebb szovjet kiskatonák. A ködben és a sötétben szinte lehetetlen megállapítani: mi ez az alaktalan, hatalmas törmelékhalom a vasúti sínen. A személyvonat 424-es mozdonya összezúzódva, a sínnek fölé emelkedve, valósággal belefűrődött a vele szembejövő tehervonat Diesel-mozdonyába. A személyvonat első két kocsija összeroppant. A legelső koci teljesen becsúszott a mozdony alá. A tehervonat rakománya – ócskavas, gépalkatrészek, sörösüvegek, tojástartók – elborítja a vágány környékét. A teherkocsik égnek ágaskodó kerekekkel egymás hegyénhátán...” [2]

A mentők, tűzoltók, katonák, rendőrök, önkéntesek és a helyi lakosok azonnal hozzáláttak a műszaki mentéshez, amit a sűrű köd, később az ónos eső nehezített [3] (2. kép). Legalább 300 vasutas is dolgozott a helyszínen három 120 t-s daruval (3. kép). Óriási roncsalmazt állt a síneken és a töltésen. Csanádi György közlekedés- és postaügyi miniszter is a helyszínre sietett. Az érintettek azonosítása is elkezdődött, a sebesülteket budapesti kórházakba szállították mielőbbi szakszerű ellátás céljából.

A Budapest és Újszász közötti forgalmat időlegesen vonatpótló autóbuszokkal oldotta meg a MÁV, illetve a távolsági vonatok kerülő útirányon, Cegléden át közlekedtek [3]. A szerencsétlenség okainak vizsgálatát a hatóságok azonnal megkezdték. Pirkadatra rajzolódott ki igazán a baleset súlyossága, a halottak száma 35-re,



1. kép. A két mozdony a baleset után [16]

*A szerző életrajza megtalálható a Sínek Világa 2019/3. számában, valamint a sinekvilaga.hu Mérnökportrék oldalon.

a sebesülteké 55-re emelkedett. A személyvonat gyermekkocsiját érte a legnagyobb kár, szinte teljesen összeroncsolódott [4]. E szerelvény mozdonyvezetője, az 54 éves *Papp László* és a figyelőfűtő, *Csüllög Endre*, mivel leugrottak a szerelvényről, túléltek az ütközést, de súlyos sérüléseket szenvedtek. *Patai I. Ferenc* tüzelőfűtő a rázuhant szén miatt elhunyt. A jobb vágányon csak 22 óra, míg a balon 27 és fél óra után indulhatott újra a forgalom [5].

Ami hamar kiderült: a két szerelvény nyílt pályán, de két kis sugarú ív után ütközött össze. A pontos sebesség egyelőre nem volt megállapítható, ugyanis a mozdonyokon a sebességmérő szalagok összeroncsolódtak. A szemtanúk és a felvételek szerint 50–60 km/h-val haladhatott mindkét vonat, ami összeadódva 100–120 km/h és 1400 t. Emiatt a MÁV a kezdeti hatósági helyszíni szemléje után a forgalmi előírások megsértését gyanította a katasztrófa okaként. Még akkor este Mende állomáson a rendőrség őrizetbe vette a forgalomirányítót. A MÁV vezetősége az elhunytakat saját halottjainak tekintette, gondoskodott a temetésükről. A hozzátartozóknak és a sebesülteknek azonnali anyagi segítséget ajánlott fel. A kormány az áldozatok hozzátartozóinak együttérzését és részvételét fejezte ki.

A vizsgálat

A baleset után két nappal, december 24-én megszületett az első hivatalos jelentés. A szerencsétlenség következtében 43 személy (31 férfi, 6 nő és 6 gyermek) elhunyt, 74 megsérült. A paládicspusztai katasztrófához hasonló tömegszerencsétlenség kezdett körvonalazódni. Az összeütközésben a személyvonat mozdonya mögötti első személykocsi a mozdony szerkocsijába fűródött, a második kocsi az elsőbe torlódott. A tehervonat kocsijai közül több kisiklott [6]. Az addigi vizsgálatok alapján felelősség terheli *Szántai Ferencet*, a mendei állomás forgalmi szolgálattevőjét és *Papp Lászlót*, a személyvonat mozdonyvezetőjét. Előbbi másfél évtizede dolgozott már a vasút szolgálatában, de két fegyelmi eljárás is indult ellene forgalomirányítási vétség miatt. Ezután maga kérte, hogy egyszerűbb munkára osszák be, amire vélhetően 1969 januárjában került volna sor. Nehezen tudott alkalmazkodni a korszerű közlekedési viszonyokhoz. Most is súlyos mulasztást követett el, mert az állomási biztosítóberendezést



2. kép. A sebesültek mentése [17]



3. kép. A roncsok eltakarítása [18]

szabálytalanul kezelte, és a vonatot helytelen vágányra irányította. A mozdonyvezető azzal követett el szabálytalanságot, hogy a még Budapesten kapott írásbeli rendelkezést figyelmen kívül hagyva, szabálytalanul haladt át Mende állomáson, és nem figyelt arra, hogy helytelen vágányon közlekedik. A pontos rekonstrukció és a kihallgatások után még nyilvánvalóbbá váltak a mulasztások.

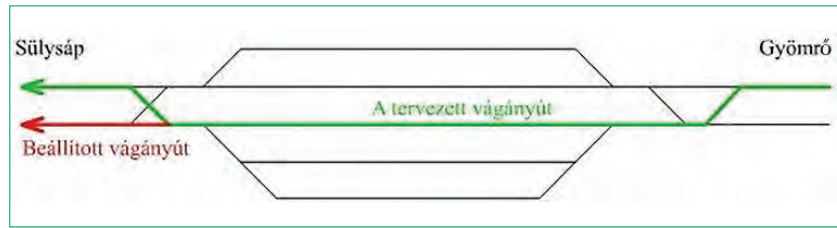
A mendei állomásnak öt vágánya volt.

Az elsőn egy mozdony, a negyediken a nagykátai személy, az ötödiken pedig az érintett tehervonat állt 17 órakor. A budapesti, majd a gyömrői menetirányító utasította a mendei forgalmi szolgálattevőt, hogy a 6616/a számú, 5-6 perces késéssel érkező békéscsabai személyvonatot engedje el a nagykátai szerelvény előtt. Az 52 éves Szántai azonban nem a szabad jobb, hanem a bal oldali nyílt sín párra vezényelte a vonatot egy rossz gomb

megnyomásával (a V3 jelű gombbal egy időben nem a D, hanem az alatta 3 cm-rel lévő C gombot nyomta meg). A békéscsabai vonat közeledett Mende felé, eközben a sülysápi forgalmista – tehát ellenirányból – engedélyt kért, hogy elindíthassa az 5565. számú tehervonatot a páratlan, bal vágányon Budapest irányába (4. kép). A mendei forgalmista az engedélyt megadta, s hozzátájtotta, hogy a biztosítóberendezésekkel kiadja az utasítást. Észrevette, hogy a jelzők a személyvonatnak nem állnak át, a kijáratit jelző tilosra állt, hiszen ellenirányból, a bal vágányon jött a tehervonat. A berendezés tehát egyértelműen jelezte a tévedést, ám ő azt műszaki hibának vélte. Mivel a forgalmista a jelzőt nem tudta átállítani, egy nyomógomb segítségével a vörös fény mellett fehér hívójelzést is leadott. Ez azt jelenti, hogy a szerelvény legfeljebb 15 km-es sebességgel haladhat tovább. A személyvonat mozdonyvezetője azonban nem lassított, hanem 45 km/h-val közlekedett. Pedig már Budapesten, az indulás előtt írásos rendelkezést kaptak arra vonatkozóan, hogy Mende és Tápiószűly között fokozottan figyeljenek arra, hogy helyes vágányon haladnak-e, mivel a második sínpart néhány napja adták át a forgalomnak.

Az időjárási viszonyok megfelelőek voltak (fagypont körüli hőmérséklet, csendes, párás idő, esti sötétség), csak később lepte el köd a térséget. Amikor a személyvonat elhagyta már az állomást, Szántai érzékelte a hibát, és a telefonhoz rohant. Értesíteni akarta a legközelebbi őrházat, a pusztaszentistvánit, hogy állítsák meg a vonatot, amire két-két és fél perce lett volna, ám zavarában az ellenkező irányban lévő gyömrőit hívta. Ezzel már elkerülhetlenné vált a katasztrófa.

A 8. számú őrház személyzete észrevette, hogy mi történik, s jelezni akart a személyvonatnak, de azt már nem lehetett megállítani. A személyvonat Pusztaszentistván megállóhelyénél haladt át éppen, amikor a szemből, 46,6 km/h-val érkező tehervonat mozdonyvezetője, Szádvári Béla és a vonatvezető Kása Gábor 250 m-ről észrevette a veszélyt. Vészjelzéseket adott le, megszüntette a vonóerőt, és az önműködő fékekkel gyorsfékezést alkalmazott. Mivel a tragédia elkerülhetetlen volt már, leugrottak gépjárműről, és így menekültek meg. Szántai, amikor megtudta, hogy mit csinált, nekidőlt a szekrénynek és ennyit mondott: „egymásnak engedtem két vonatot...” [7].



4. kép. A baleset helyszínrajza [19]

A 74 sérült állapota az év végére gyorsan javult. A kórházba szállítottak közül senki sem halt meg. A legsúlyosabbak is túl voltak már az életveszélyen. A temetések karácsony után, december 28-ától kezdődtek.

Közben a Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium is kiadta az első gyorsjelentését a balesettel kapcsolatban. A mendei állomáson december 10-én helyezték üzembe a legkorszerűbb, úgynevezett Integra-Domino biztosítóberendezést. Két nappal a szerencsétlenség előtt adták át a forgalomnak a Mende–Sülysáp közötti második vágányt. Ezt megelőzően 1945 óta ezen a vonalszakaszon egy vágányon zajlott a forgalom. Szántai szolgálattevő a szakmai szabályok teljes semmibevevél végezte a baleset megelőző időpontban munkáját. Bár a berendezés kétszer is jelezte, hogy helytelen intézkedést adott ki, azt figyelmen kívül hagyta [8]. Ezzel idézhette elő az ütközést és az ezzel járó kb. 3,5 M Ft-os kárt.

A vasúti katasztrófa híre a Szovjetunióba is eljutott, *Leonyid Brezsnyev* a Szovjetunió Kommunista Pártjának főtitkára az alábbi részvétnyilvánítást küldte az államvezetésnek: „Mély fájdalommal értesültünk az önök országában történt vasúti szerencsétlenségről, amely emberéleteket követelt. Osztyuk gyászukat e súlyos katasztrófával kapcsolatban, és kérjük, tolmácsolják őszinte részvétünket az áldozatok hozzátartozóinak.” [9]. A balesetnek híre kelt a világ magyarjai között is. Kanadában is megemlézték a kivándorlók sajtójában [10].

A pontos okok feltárása után, 1969 februárjában a Pest Megyei Főügyészség a Pest Megyei Bírósághoz foglalkozás körében elkövetett, halált okozó gondatlan veszélyeztetés, valamint a társadalmi tulajdonban különösen nagy kárt okozó gondatlan rongálás büntette miatt vádiratot nyújtott be az előzetes letartóztatásban levő – kétgyermekes – Szántai Ferenc MÁV-főellenőr, forgalmi szolgálattevő, mendei lakos ellen. A nyomozás azt is

megállapította, hogy felelőség terheli Papp László mozdonyvezetőt és Csüllög Endre figyelőfűtőt is, akik azonban olyan súlyos sérüléseket szenvedtek, hogy ellenük a felépülésük után lehetett lefolytatni a bírósági pert [11]. Csak fél évvel a baleset után kerülhetett sor a mozdonyvezető kihallgatására [12].

A Pest Megyei Bíróságon 1969 márciusában kezdődött a per. Az egy hétig tartó meghallgatások után meg is született az ítélet. Szántai Ferencet foglalkozás közben elkövetett, halált okozó gondatlan veszélyeztetésért és a társadalmi tulajdonban különösen nagy kárt okozó rongálásért halmazati büntetésként kilencévi szabadságvesztésre ítélte, ezenkívül nyolc évre eltiltotta a forgalmi szolgálatról. Büntetését szigorított büntetés-végrehajtási helyen kell letöltenie. Az 1968. december 22-e, a szerencsétlenség napja óta március 31-éig letartóztatásban eltöltött időt a büntetésbe beszámították [13]. A bíróság a büntetés kiszabásakor súlyosbító körülményként értékelte a bűncselekmény súlyosságát, hogy sok ember életét veszítette, a sérültek nagy számát és azt, hogy a vonat mintegy 800 utasa közvetlen életveszélyben volt. Ugyancsak súlyosbító körülményként értékelte, hogy Szántai többszörösen és durván megsértette munkaköri kötelességét. Enyhítő körülményként vette figyelembe büntetlen előéletét, beismerő, megbánást tanúsító magatartását s azt, hogy a baleset bekövetkezéséhez mások mulasztása is hozzájárult. Szántai és védője enyhítésért fellebbeztek. Nagy figyelemmel követték a határon túli magyarok is az ítélethirdetést, még New York-i lapjukban [14] is részletesen írtak róla.

1969. június 17-én a Legfelsőbb Bíróság tárgyalta már az ügyet, és helyben hagyta az elsőfokú ítéletet, egyúttal korigálta a Pest Megyei Bíróság indoklását: „helytelen volt az elsőfokú bíróságnak az a megállapítása, hogy a vasúti dolgozók munkafegyelmé az utóbbi időben megromlott. A vasúti dolgozók lényegesen fegyelmezett-

tebbek, mint más közlekedési vállalatok dolgozói. A mendei eset nem általánosítható a vasutasok összességére.” [15]

A figyelőfűtőt szintén szabadságvesztésre ítélték. A mozdonyvezető, mivel nem volt perképes állapotban, másfél év múlva elnöki kegyelmet kapott. A két elítélt is így szabadult néhány év múlva [13]. Ezzel végleg pont került az ügy végére, amellyel a balesetben elhunytak hozzátartozói és a sérültek csupán csekély mértékben „vigasztalódhattak”.

A mendei katasztrófának következményei is lettek. A MÁV a szembemenesztés kizárására a szomszéd állomások között ellenmenet-biztosítással egészítette ki az állomások biztosítóberendezéseit. Elrendelték továbbá, hogy új vagy korszerűsített létesítményeket üzembe helyezni csak jóval a nagyobb ünnepi forgalmak előtt szabad, hogy az állomási személyzetnek legyen elég ideje azok működésének el-sajátítására. Emellett nem szabad 50 év feletti segédtsízt képzettségű személyzetet nagy forgalmú állomásokra szolgálattevőknek beosztani [13].

Összegzés

A mendei baleset is rávilágított arra, hogy a vasút veszélyes üzem. A XX. század második felének egy tragikus és egyik legtöbb emberéletet követelő vonatütközéses balesete nemcsak a szakmát, hanem az egész magyar társadalmat megrázta. Az emberi mulasztás következménye 43 halálos áldozat és megannyi sérült volt (5. kép). «

Irodalomjegyzék

- [1] Lánzos Péter – Botlik László: Mende. Vasútgépészet, 1994. 1. szám., 41–48. o.
 [2] A mendei vasúti tömegszerencsétlenség oka: A helytelen vágányra irányították a személyvonatot. Magyar Hírlap, 1968. december 24., 223. szám, 7. o.
 [3] Súlyos vasúti szerencsétlenség Mende és Süllyap között. Népszabadság, 1968. december 23., 301. szám, 5. o.
 [4] Súlyos vasúti szerencsétlenség Mende és Tápiósüly között. Magyar Nemzet, 1968. december 23., 301. szám, 3. o.
 [5] Percek alatt minden orvos a műtőben volt. Esti Hírlap, 1968. december 23., 302. szám, 5. o.
 [6] Hivatalos jelentés a mendei vasúti szerencsétlenségről. Magyar Nemzet, 1968. december 24., 302. szám, 5. o.
 [7] Sorozatos szabálytalanságok okozták



5. kép.
A baleset
helyszíne
a következő év
tavaszán [20]

a mende–süllyapi vasúti katasztrófát. Népszabadság, 1969. február 14., 37. szám, 9. o.

[8] Újabb jelentések a vasúti tömegszerencsétlenségről. Népszabadság, 1968. december 24., 7. o.

[9] Már nincsenek életveszélyben a vasúti szerencsétlenség sérültjei. Népszabadság, 1968. december 28., 303. szám, 4. o.

[10] Vasúti és üzemi szerencsétlenség. Kanadai Magyar Munkás – Új Szó, 1969. február 1., 26. szám, 4. o.

[11] A Pest Megyei Főügyészség vádirata a mendei vasúti katasztrófa ügyében. Magyar Hírlap, 1969. február 26., 56. szám, 8. o.

[12] Gergely László: Egy tragikus évforduló. Vasút: A Vasutas Dolgozók Gazdasági és Műszaki Lapja, 1969, 12. szám, 12–14. o.

[13] Ítélezett a bíróság a mendei vasúti szerencsétlenség ügyében. Magyar Nemzet, 1969. április 1., 75. szám, 5. o.

[14] Ítélet a mendei vasúti szerencsétlenség ügyében. New Yorki Magyar Élet, 1969. április 19., 16. szám, 5. o.

[15] Jogerős a mendei vasúti forgalmista büntetése. Magyar Nemzet, 1969. június 18., 139. szám, 9. o.

[16] [http://iho.hu/hir/otven-eve-mar-](http://iho.hu/hir/otven-eve-mar)

tehvonat-rohant-egy-szemelybe-mende-es-sullyap-kozott-181222 2019.08.28. 9:05

[17] <https://www.origo.hu/tudomany/20181216-mendei-vasuti-katasztrofa-1968-december-22.html> 2019.08.28. 9:01

[18] Képriport a mendei vasúti balesetről. Tükör, 1968. december 31., 53. szám, 3. o.

[19] <http://www.lococlub.hu/baleset.php?id=99> 2019.08.27. 9:53

[20] Képriport a mendei vasúti balesetről. Tükör, 1969. március 25. 12. szám, 9. o.

Summary

The first three parts of “The biggest Hungarian railway catastrophes of XXth century” article series dealt with the accidents at Herceghalom, Torbágy and Paládicpuszta. As a continuation, this study presents the railway disaster of tragic train collision of the second half of the XXth century. The accident at Mende unfortunately also demanded a lot of casualties and shocked the whole country.

Emléktábla az 50 évvel ezelőtti sümegi vonatbaleset mementójaként

Sümege Bazaltbánya és Sümege állomás között 1969. október 17-én súlyos baleset történt. 11 óra 06 perckor a 273+20 számú szelvényben lévő sorompó nélküli átjáróban a 7522-es számú személyvonat 328.646 pályaszámú mozdonya ütközött a Dunántúli Kőolaj- és Földgáztermelő vállalat FD-96-63 forgalmi rendszámú, kb. 12 t zúzott-követ szállító Tatra tehergépkocsijával.

Az ütközésben a mozdony, annak szerkocsija és a közvetlenül utána sorozott Dn 65 839 pályaszámú kalauzkocsi kisiklott, és a pálya bal oldalára borult a 328-as sorozatú 328.646 pályaszámú gőzmozdony. A kalauzkocsi mögött futó Ba 5718 pályaszámú, 2. osztályú személykocsi 2 tengellyel kisiklott (1. kép). A tehergépkocsi a felismerhetetlenségig összeroncsolódva a mozdony alá szorult, a pálya 50 m hosszban megrongálódott, mellette a Magyar Posta tulajdonában lévő távközlő vezeték megsérült. November 6-án 6.00 óráig – az elzáródott pálya felszabadításáig és helyreállításáig – a közlekedés átszállással történt.

A teljesen összetört tehergépkocsi vezetőfülkéjébe szorult sofőr néhány karcolást szenvedett. A mozdonyvezető, a fűtő, a vonatvezető és a kezelő is könnyű sérülésekkel úszta meg a balesetet.

A balesetet a vasúttal párhuzamosan futó közúton a bazaltbánya felől érkező tehergépkocsi vezetőjének figyelmetlensége okozta. Ügyében bírósági eljárás indult, de az időközben a közkegyelem gyakorlásáról szóló 1970. évi 7. számú törvényerejű rendelet értelmében – mivel ellene a bíróság valószínűsíthetően 1 évnél rövidebb idejű szabadságvesztést szabott volna ki – az eljárást büntetethetőséget kizáró ok miatt megszüntették.

A balesetet szenvedett mozdonyvezető, Csizmazia László a trauma miatt több hónapig táppénzen volt. Miután ismét munkába állhatott, először műhelyben dolgozott, később dízelmozdony-vezető lett.

Ez év elején Csizmazia Lászlóban megérelődött a gondolat, hogy az 50. évfordulóra egy emlékoszlopot kellene állítani a baleset helyszínén, örök mementónak. Barátai, egykori kollégái biztatták, segítettek elképzelésének megvalósításában. Sümege polgármesterét, Végh Lászlót is sikerült az ügy mellé állítani.

Az emlékoszlop felállítására érdekében példás együttműködés alakult ki a MÁV és a polgármesteri hivatal, továbbá a baleset egykori elszenvetői között.

Az emléktábla avatására 2019. október 17-én került sor. Az ünnepséget Magyar Péter, a MÁV-Start Zrt. TSZVI tapolcai telephelyvezetője nyitotta meg, miután Dominek Ilona elszavolta Böröczki Mihály „A vonat” című versét. Végh László polgármester beszédében elmondta, hogyan is jöhetett létre az emlékmű, amelyet személy szerint azért



1. kép.
A kisiklott vasúti járművek (Fotó: Csizmazia László archívumából)



2. kép. Csizmazia László nyugdíjas mozdonyvezető



3. kép. Szabó József nyugdíjas főnökségvezető



4. kép. A felavatott emléktábla (Fotók: Szőke Ferenc)

támogatott, mert meggyőződése, hogy a járművezetők biztonságos közlekedését segítik azzal, ha örök mementóként ez a tábla figyelmeztet a közlekedési szabályok betartásának fontosságára.

A polgármester beszéde után Csizmazia László (2. kép) részletesen beszámolt a bal-

esetről, melyre azóta mint második születésnapjára tekint. Az emléktábla állításával az utókorak akart figyelmeztető jelet hagyni.

Az emlékmű leleplezése előtt Szabó József, a MÁV Tapolcai Pft. nyugalmazott pályafenntartási főnökségvezetője elevenítette fel a helyreállítás nehézségeit (3. kép). Elmondta, hogy a balesetet követő napon a helyszínelést a sűrű köd nehezítette, de az igazi nehézséget az okozta, hogy a baleset az akkor még az ellenforradalomként nyilvántartott október 23-i évforduló előtt hat nappal történt. Minden vezető tartott attól, hogy a politikai hatalom szabotázsaként kezeli, ha jelentős vagyonszétessel tudják csak a pályát felszabadítani. A sérült járműveket nem merték azonnal eltávolítani, nem akarták, hogy azok olyan sérüléseket szenvedjenek, melyek miatt le kell őket selejtezni (pedig hosszú huzavona után végül 1971-ben ez lett a sorsuk). A félelemmel terhelt napokban nehezen születtek meg a döntések, emiatt a pálya felszabadítása igen hosszú ideig, 20 napig tartott. Ezalatt az utasok csak átszállással tudtak közlekedni.

Az emléktáblát (4. kép) az ünnepség végén Végh László polgármester és Csizmazia László nyugdíjas mozdonyvezető leplezte le.

Szőke Ferenc



SÍNEK VILÁGA

A MAGYAR ÁLLAMVASUTAK ZRT. PÁLYA ÉS HÍD SZAKMAI FOLYÓIRATA

MEGREDELŐLAP

Megrendelem a kéthavonta megjelenő Sínek Világa szakmai folyóiratot

..... példányban

Név

Cím

Telefon

Fax

E-mail

Adószám

Bankszámlaszám

A folyóirat éves előfizetési díja 7200 Ft + 5% áfa

Fizetési mód: átutalás (az igazolószelvény másolata a megrendelőlaphoz mellékelve).

Bankszámlaszám: 10200971-21522347-00000000

Jelen megrendelésem visszavonásig érvényes.

A számlát kérem a fenti címre eljuttatni.

Bélyegző

Alírás

A megrendelőlapot kitöltés után kérjük visszaküldeni az alábbi címre: MÁV Zrt. Infokommunikációs és technológiai rendszerek főigazgatóság, Működéstámogatás, 1063 Budapest, Kmety György utca 3.

Kapcsolattartó: Gyalay György

Telefon: (30) 479-7159 • gyalay.gyorgy@mav.hu

(Amennyiben lehetősége van, kérjük, a www.sinekvilaga.hu honlapon keresztül küldje el megrendelését.)

ISSN 0139-3618

Címlapkép: Hódmezővásárhely, 1542 sz. útátjáró (Fotó: Karvalics László)

www.sinekvilaga.hu

Sínek Világa
A Magyar Államvasutak Zrt. pálya és híd szakmai folyóirata
A Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT)
által akkreditált folyóirat
Kiadja az Üzemeltetési főigazgatóság,
Pályalétesítmenyi igazgatóság
1087 Budapest, Könyves Kálmán krt. 54–60.
www.sinekvilaga.hu



Felelős kiadó Virág István általános és műszaki vezérigazgató-helyettes
Szerkeszti a szerkesztőbizottság
Főszerkesztő Vörös József
Főszerkesztő-helyettes Szóke Ferenc
A szerkesztőbizottság tagjai
Both Tamás, Eller Balázs, dr. Horvát Ferenc, Virág István
Korrektor Szabó Márta
Tördelő Kertes Balázs
Grafika Biró Sándor
Nyomdai előkészítés a PREFLEX' 2008 Kft.
Nyomdai munkák PrintPix Kft.
Hirdetés 200 000 Ft + áfa (A/4), 100 000 Ft + áfa (A/5)
Készül 1000 példányban

World of Rails
Track and bridge professional journal of Hungarian State
Railways Co.
Journal accredited by Repertory of Hungarian Scientific Works
(MTMT)
Published by Operational chief directorate,
Track establishment directorate
54–60 Könyves Kálmán boulevard Budapest, Post code 1087
www.sinekvilaga.hu

Responsible publisher István Virág General and Technical Assistant Managing Director
Edited by the Editorial Committee
General Editor József Vörös
Assistant general editor Ferenc Szóke
Members of the Editorial Committee
Tamás Both, Balázs Eller, Dr. Ferenc Horvát, István Virág
Korrektor Márta Szabó
DTP Balázs Kertes
Graphics Sándor Biró
Typographical preparation Preflex 2008 Ltd
Typographical work PrintPix Ltd.
Advertisement 200 000 HUF + VAT (A/4), 100 000 HUF + VAT (A/5)
Made in 1000 copies