



Hudacsek Péter
egyetemi tanársegéd
SZE Szerkezetépítési és
Geotechnikai Tanszék

✉ hudacsek@sze.hu
☎ (30) 340-6938



Dr. Koch Edina
egyetemi docens
SZE Szerkezetépítési és
Geotechnikai Tanszék

✉ koche@sze.hu
☎ (30) 563-6342



SzilvÁgyi Zsolt
egyetemi tanársegéd
SZE Szerkezetépítési és
Geotechnikai Tanszék

✉ szilvagyizsolt@gmail.com
☎ (30) 530-4204



Wolf Ákos
egyetemi tanársegéd
SZE Szerkezetépítési és
Geotechnikai Tanszék

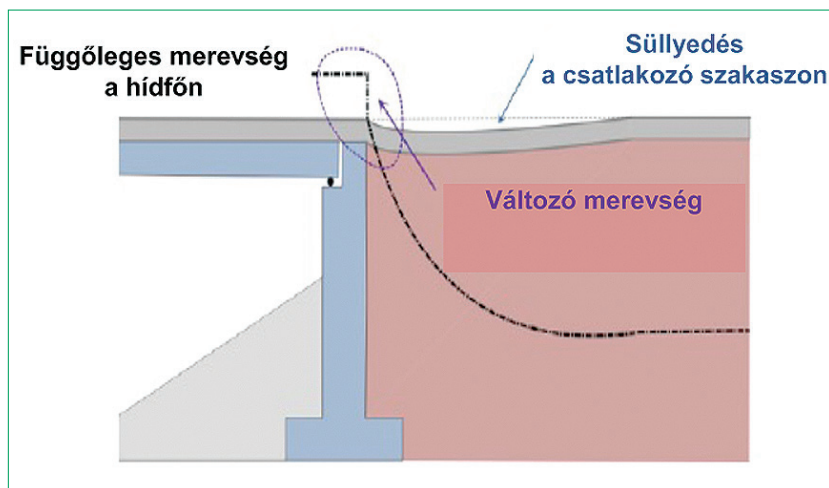
✉ wolf@sze.hu
☎ (30) 641-0431

Kis nyílású műtárgyak csatlakozó szakaszainak vizsgálata

A cikkben a szerzők az eltérő szerkezetű és rugalmasságú vasúti pályaszakasz viselkedését vizsgálták dinamikus hatásra, végeelemes programmal, PLAXIS 3D szoftverrel. A tanulmány puha agyag talajba épített, B méretkategóriás műtárgy előtti és utáni átmeneti szakasz viselkedését vizsgálja, különös tekintettel az olyan tényezőkre, mint a vonatsebesség, a töltésmagasság, illetve az átmeneti zónában kialakuló süllyedéskülönbség.

A vasúti vágány alátámasztásának merevségi viszonyai fontosak mind az alépítménykoronának, mind pedig a vágány elemeinek igénybevétele, a kialakuló elváltozások (pl. alépítményi deformációk) szempontjából. A kérdésnek különösen ott van jelentősége, ahol hirtelen, egy keresztmetszetben jelentős szerkezeti változás található a pályában. A hazai vasúthálózaton ilyen helyet jelent a folyópálya és a hídszerkezeten átvezetett vágány csatlakozása, vagy az alagút és a folyópálya találkozási pontja, de ide sorolhatók a kis takarású rövid műtárgyak és csatlakozó szakaszaik is. Számos példa igazolja, hogy a nem kellően körültekintő műszaki megoldások olyan elváltozásokat, sérüléseket eredményeznek, amelyek akár hosszabb idejű sebességkorlátozások bevezetését teszik szükségessé, vagy éppen túl gyakori beavatkozásokat (pl. FKG szabályozás) követelnek, és mindezek nagymértékben drágítják a fenntartást.

A vasúti pályákban az átmeneti zóna olyan pályaszakasz, ahol eltérő merevségű zónák között változó merevségű pályates-



1. ábra. A merevségváltozás hatása a pálya-műtárgy csatlakozásánál

tet alakítanak ki. Az 1. ábra érzékelteti a probléma lényegét, a hirtelen merevségváltozás következtében kialakuló süllyedéskülönbséget. Közismert, hogy a vasúti fenntartási költségek csökkentéséhez a pályaszerkezet egyenletes függőleges merevségű alátámasztásának biztosítása és

ennek időben és térben való fenntartása szükséges. A támaszmerevség vonal menti állandósága a hídfők, alagutak, átereszek földműre épített pályaszakaszokhoz képesti nagy merevsége miatt nyilvánvalóan nem tud teljesülni. Ezeken a helyeken a legtöbb, ami elérhető, hogy az átmenet a

merev és a kevésbé merev szakaszok között kellően kis gradiensű legyen. Az átmeneti zónák egyébként között ezt a fokozatos merevségbeli átmenetet hivatottak szolgálni, ahogy az a 2. ábrán is látható.

Az ERRI [1] rámutatott, hogy az átmeneti zónában a vasúti pálya viselkedését befolyásoló tényezők részben külső hatásból (tengelyterhelés, időjárási viszonyok, sebesség, vibráció) erednek, részben geotechnikai eredetűek (alépitmény, altalajviszonyok), részben szerkezeti (statikai rendszer, hajlítási merevség, oldalirányú mozgás, kölcsönhatás a vasút és a híd között), illetve vasútervezési okokra (merevség, síndilatációs szerkezetek elhelyezése) vezethetők vissza.

Az átmeneti zónák kapcsán felmerülő hibák csökkentésére számos módszert ismernek és alkalmaznak. Az átmeneti zóna célja kivétel nélkül a „puha” töltésről a merev hídfőre, illetve egyéb szerkezetre való haladáskor várható hirtelen merevségváltás elsimítása.

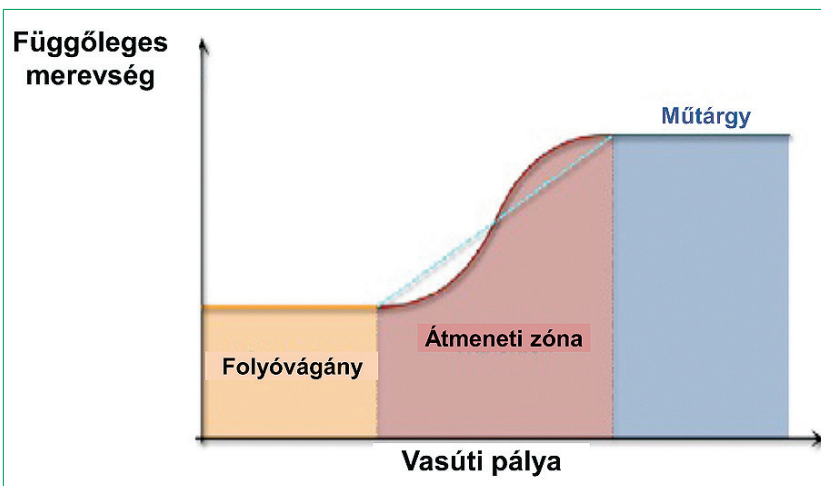
A „puha” oldalon az átmenet elsimítására használatos módszerek a nemzetközi szakirodalom alapján a többi között a hosszú keresztaljak használata, a változó keresztaljkiosztás, az aljzók meleg aszfaltos kiöntése, geotextília beépítése, talajstabilizálás, merevítő sínszalak vagy úszólemez beépítése. Míg a merev oldal puhítására alkalmas módszer a rugalmas sínalátétek, aljapapucskok, műanyag keresztaljak vagy alágazati szőnyegek használata.

Az átmeneti szakaszon használt megoldás hatékonyságának biztosításához, annak tervezésekor figyelembe kell venni a pálya diszkontinuitásaihoz kapcsolódó merevségi kérdéseket. Az átmeneti szakaszok kapcsán a hibák kialakulásának komplex elemzése megkerülhetetlen. Az átmeneti szakaszra jellemző, fokozatos állagromlással járó mechanizmusok megértéséhez a dinamikus és térbeli hatások figyelembevétele kulcsfontosságú.

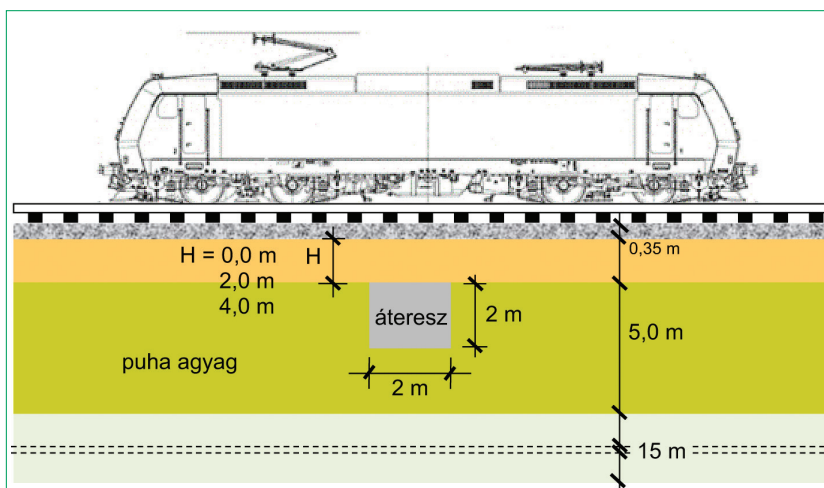
A jelenség feltárásához és elemzéséhez numerikus 3D modellt építettünk, amelyet az alábbiakban – az ezzel végzett szimulációk első eredményeivel együtt – mutatunk be.

Modellezési elvek

A tanulmányban egy 2,0 m × 2,0 m nyílású zárt vasbeton kerethíd felett áthaladó vasúti teher hatását vizsgáljuk a PLAXIS 3D végeleemes program dinamikus moduljának segítségével. A 3. ábrán látható



2. ábra. Átmenet a merevségben



3. ábra. A pálya sematikus hosszmetsete

az átereszt hosszmetsete a talajprofillal együtt. A modellben a felső 5 m vastag puha agyagréteg alatt tömör homok található 15 m vastagságban. A puha réteg felett modelljeinkben változó, $H = 0,2, -4$ m magas, 1:1,5 rézsűhajlású homoktöltés adja a vasúti pálya alátámasztását. A zúzottkő ágyazat hatékony vastagsága 0,35 m. A modellezés során 96 m hosszú és 45 m széles területet vizsgálunk. A határfelületekről való visszaverődés minimalizálása végett a modell szélein viszkózus határ-

felületi elemeket alkalmaztunk. A vasúti sín gerendaelemként modelleztük, melynek keresztmetzeti paramétereit alapján számítható hajlítási és normálmerevség megegyezik az UIC 60 rendszerűsínével. A B 70 jelű szabványos keresztalj szintén gerendaelemként szerepel, annak megfelelő inercianyomatékkal és keresztmetzeti területtel. A vasúti sín és a keresztaljak mechanikai jellemzőit az 1. táblázat foglalja össze. A modellben levő 121 db keresztalj tengelytávolsága egyenletesen

1. táblázat. A sín és keresztaljak input paramétereit

Paraméterek	Keresztalj B70	Sín UIC60
Keresztmetzeti terület A [m ²]	0,0513	0,0077
Térfogatsúly γ [kN/m ³]	25	78
Rugalmassági modulus E [MPa]	36000	200000
Inercianyomaték (3. tg) I_3 [m ⁴]	0,0253	0,00003
Inercianyomaték (2. tg) I_2 [m ⁴]	0,00024	0,00000513

60 cm. A 4. ábra a felépített PLAXIS 3D modellt mutatja. A vonatot az Eurocode-ban megadott LM 71 jelű tehernek megfelelően 8 db 125 kN-os dinamikus pontszerű kerékterheléssel vettük figyelembe.

A dinamikus erő szorzója a PLAXIS szoftverben az idő függvényeként tetszőlegesen megadható. Minden pontszerű tehernek saját szorzója van, ezek kapcsolják be- és ki a terheket, szimulálva a gördülő jármű hatását. A különböző sebesség (80 km/h és 250 km/h) szimulálásához a dinamikus időlépcsőket változtattuk, míg a pontszerű terhek közötti távolság a sebességtől függetlenül változatlan maradt. Így például egy 80 km/h sebességgel haladó vonat 1,60 m-t 0,072 sec alatt tesz meg, ezért az időintervallumot 0,072 sec-ra kell megválasztani. A teljes áthaladási idő, az első teher hatásától az utolsó megszűnéséig 4,32 sec 80 km/h sebesség esetén. Az utolsó teher kikapcsolása után az áthaladó vonat által keltett feszültség-hullámok lecsengéséhez további 2,68 s-ig folytattuk a szimulációt.

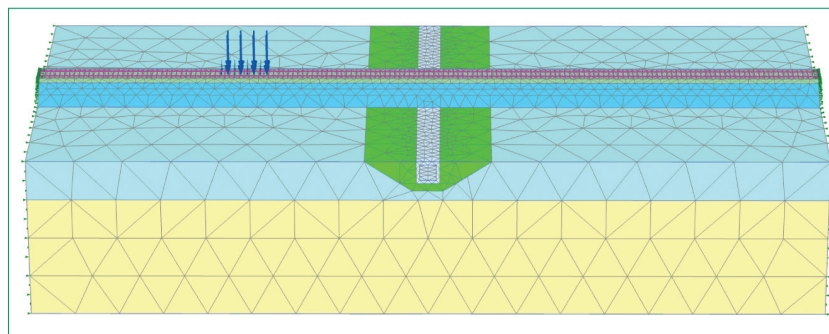
A modellezés során az alábbi fázisokat vettük figyelembe:

- 1 kezdeti állapot,
- 2 földkiemelés,
- 3 ágyazati réteg beépítése az áteresz alá,
- 4 az áteresz megépítése,
- 5 a háttöltés megépítése az áteresz mindkét oldalán,
- 6 csatlakozó töltés építése,
- 7 a 35 cm vastag zúzottkő alsó ágyazat elhelyezése,
- 8 keresztaljak fektetése,
- 9 sínek beépítése,
- 10 felső ágyazat építése,
- 11 a vonat áthaladása,

Az 1–10. modellezési lépésekben plasztikus, drénezett, míg a 11. lépésben dinamikus számítást alkalmaztunk a feszültségek és az alakváltozások meghatározására. Az utolsó fázisban a sínen valamennyi dinamikus pontszerű teher aktív volt, de dinamikus szorzóik révén valójában csak időszakosan, egy-egy pillanatra működtek.

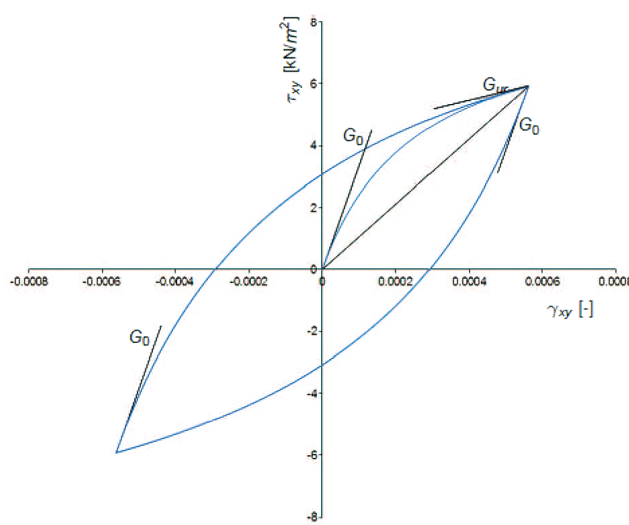
Anyagmodellek, talajparaméterek

A talajok dinamikus terhelés alatti viselkedésének leírására használt anyagmodellek igen összetettek. Ezek az anyagmodellek közvetetten figyelembe veszik, hogy a talajok fázisos összetételűek, a szilárd talajszemcsék között pórusok találhatóak, melyeket részlegesen vagy teljesen víz tölthet ki. Mechanikai szempontból a talaj

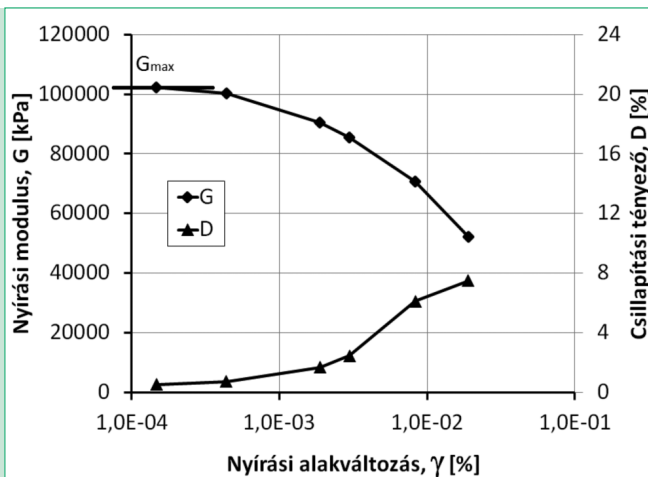


4. ábra. A pálya PLAXIS 3D modellje az átereszsel

5. ábra. Talajok jellemző feszültség-alakváltozás görbéje ciklikus terhelés esetén



6. ábra. Nyírási modulus leromlasi és csillapítási görbe



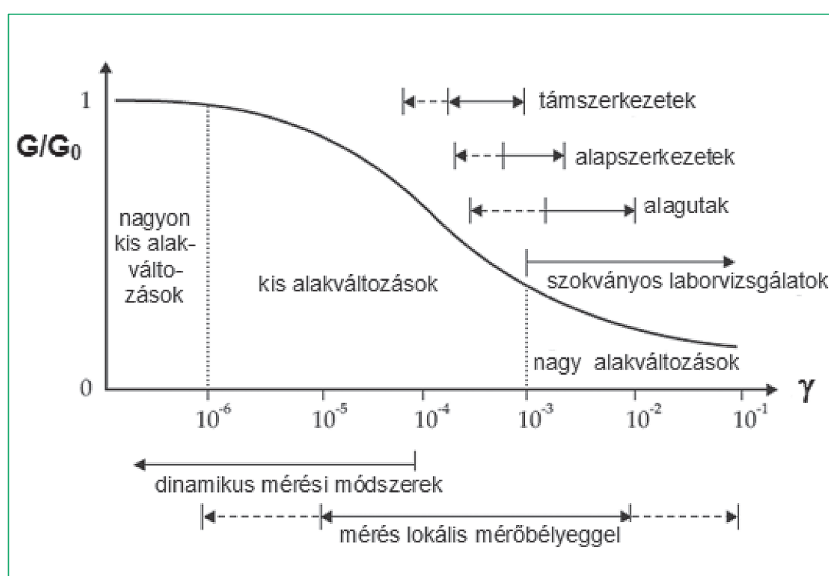
anizotróp és nemlineáris elasztoplasztikus anyagnak tekintendő. Számos kutatás igazolta, hogy például száraz szemcsés talajok esetén csak a nagyon kis alakváltozások tartományában tekinthetünk el a feszültség-alakváltozás összefüggés nemlineáris voltától (nyírási alakváltozás $\gamma < 10^{-4}\%$).

A legtöbb talaj ciklikus terhelés esetén hiszterézises viselkedést mutat. A talaj egy ciklus alatti alakulásainak számításá-

hoz a G_0 nyírási modulus használhatjuk, melyet a hiszterézis hurok végpontjait összekötő szelő meredekségeként lehet definiálni (5. ábra), míg a hiszterézis hurok területe a talaj által elnyelt energiára utal.

Megfigyelhető, hogy az alakváltozás (és ezzel összefüggésben a feszültség) növekedésével a nyírással szembeni ellenállás fokozatosan csökken, a kezdeti lineárisan rugalmas szakaszhoz tartozó nyírási mo-

Hudacsek Péter 2009 óta a győri Széchenyi István Egyetem oktatója, 2012-től egyetemi tanársegéd az SZE Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszékén, a Geotechnikai Labor vezetője ugyanott. Szűkebb szakterülete a talajmechanikai laboratóriumi vizsgálatok, fizikai modellezés, talajmodellek, talajmechanika, egyéb laboratóriumi és terepi műszaki mérések tervezése, mérőrendszerek összeállítása, mérések elvégzése és az eredmények kiértékelése, interpretálása. Beadás előtt álló doktori értekezésének témája a klímaváltozás túlkonzolidált, tömörített agyagtöltésekre gyakorolt hatásának geotechnikai centrifugában való fizikai modellezése. A Magyar Szabványügyi Testület MSZT/MB 126 munkabizottságának rendszeres meghívott szakértője.



7. ábra. Normalizált leromlási görbe eltérő geotechnikai szerkezeteknél

dulus csökken, ugyanakkor a talaj energiaelnyelő képessége nő, amit a csillapítással (D) jellemezhetünk (6. ábra).

Kísérletek szerint a G modulus a kezdeti nagy G_0 értékről a nyírási alakváltozások növekedésével a 7. ábra szerint csökken, akár a kezdeti érték 5-10%-ára is leeshet. Az ábrára bejelöltük, kb. mely tartományban van a talaj alakváltozása a különböző geotechnikai szerkezetek környezetében és az egyes talajvizsgálatok esetén, továbbá vázoltuk azt is, miként mérhető a kis alakváltozások.

A talaj csillapítása a szemcsék közötti súrlódás során felemészthető, s végső soron hővé alakuló energiából adódik, és a hiszterézis hurok által közrezárt területtel arányos, tehát tulajdonképpen a ciklus alatt elnyelt alakváltozási energiát fejezzük ki vele. E két fő paraméter (nyírási modulus, csillapítás) értéke a hiszterézis hurok alakjától, az pedig az alakváltozások mértékétől függ. Ennek megfelelően a nyírási modulus és a csillapítás nem egy konstans érték adott talajállapot esetén, hanem a talajt érő alakváltozások függvényében kell ezeket meghatározni.

A leromlás jellegű viselkedés leírására sok kutató dolgozott már ki anyagmodelleket. Ezek a modellek ún. leromlási görbe és csillapítási görbe megadásával kezelik a talajok igen kis alakváltozási tartományban tapasztalt viselkedését, és csak akkor adhatnak reális, pontos eredményeket, ha a szükséges modellparamétereket kellően gondos laboratóriumi vagy helyszíni mérésekből határozzuk meg. Az említett anyagmodellek közül néhány már a kor-

2. táblázat. Az altalajrétegek mechanikai paraméterei

paraméter	altalaj	háttöltés/töltés	ágyazat	áteresz
	puha agyag	tömör homok	kavics	vasbeton
anyagmodell	HS-small	HS-small	MC	LE
E [kPa]			100 000	3 E+7
E_{50}^{ref} [kPa]	10 000	36 000		
E_{oed}^{ref} [kPa]	10 000	36 000		
E_{ur}^{ref} [kPa]	32 000	108 000		
G_0^{ref} [kPa]	22560	100 800		
m [–]	1,0	0,51		
$\gamma_{0,7}$ [–]	0,0001	0,00014		
c'_{ref} (kPa)	5	1,0	10,0	
f'_{ref} (deg)	22	35,5	40,0	
ψ (deg)	0	5,5		

szerű geotechnikus végeeselemes programokban is használható.

A vázolt viselkedés leírására a PLAXIS program Benz et al. [2] kis alakváltozások modellezésére kifejlesztett anyagmodelljét adaptálta a felkeményedő anyagmodellje kiegészítéseként (HS-Small anyagmodell). A felkeményedő modell paraméterein túl a kiegészítés miatt szükséges paraméterek a PLAXIS megnevezése szerint a kis alakváltozások esetén érvényes maximális nyírási modulus ($G_0 = G_{max}$) és a leromlási görbe azon pontjához tartozó alakváltozás, ahol a modulus éppen a G_{max} 70%-a ($\gamma_{0,7}$). E paramétereket helyszíni vagy laboratóriumi mérések segítségével határozhatjuk meg pontosan a Ray-Szilvágyl-Wolf szerzőhármás korábbi Sínek Világa folyóiratbeli publikációjában [3] leírtak szerint. Amennyiben vizsgálati eredmény nem áll rendelkezésre, korrelációs összefüggések alapján lehet az értéküket becsülni. E ku-

tatásban az előbb leírt HS-Small anyagmodellt használtuk az altalaj modellezésére. A zúzottkő ágyazatot Mohr–Coulomb, a vasbeton átereszt pedig lineárisan rugalmas anyagmodellel modelleztük. A számításokban alkalmazott paramétereket a 2. táblázat foglalja össze.

Eredmények

Kutatásunk egyik célja a kisműtárgyak beépítésekor szükséges átmeneti szakasz vizsgálata. Olyan kérdésekre kerestük a választ, hogy

- a két eltérő szerkezetű zóna csatlakozásánál kialakuló süllyedéskülönbség nagyságát miként befolyásolja a folyópálya töltésmagassága;
- milyen szerepe van az áthaladó szerelvény sebességének.

Kiemeljük, hogy a vonatteher hatására bekövetkező süllyedést a zúzottkő alsó

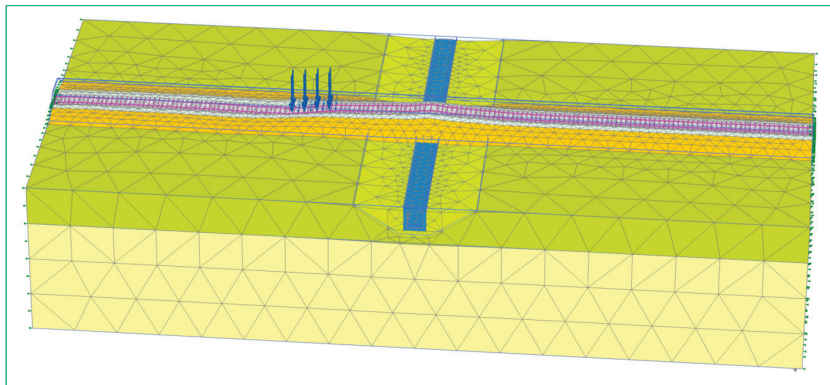
Koch Edina 2002-től a győri Széchenyi István Egyetem oktatója, 2013-tól egyetemi docens az SZE Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszéken. Geotechnikai szaktárgyakat oktat a BSc és MSc képzéseken, diplomamunkákat konzultál. 2013-ban védte meg Töltésalozási eljárások modellezése című PhD-értekezését. Fő kutatási területe a töltésalozások tervezése, modellezése, vasúti alépítményi kialakítások, talajjavítások. Az oktatás mellett szakértői-tervezői és kutatómunkákban is hasznosítja tudását. Az egyéni és közös kutatási eredményekről rendszeresen beszámol hazai és külföldi konferenciákon, magyar, illetve angol nyelven is. 2016-tól a Magyar Geotechnikai Egyesület alelnöke.

ágyazat tetejére vonatkozólag határoztuk meg úgy, hogy a modellben függőleges metszeteket vettünk fel (3 metszet a folyópályán, 5 a háttöltés zónájában és egy az áteresz közepénél), és megnéztük, hogy mikor halad át a vonatteher éppen e metszet fölött.

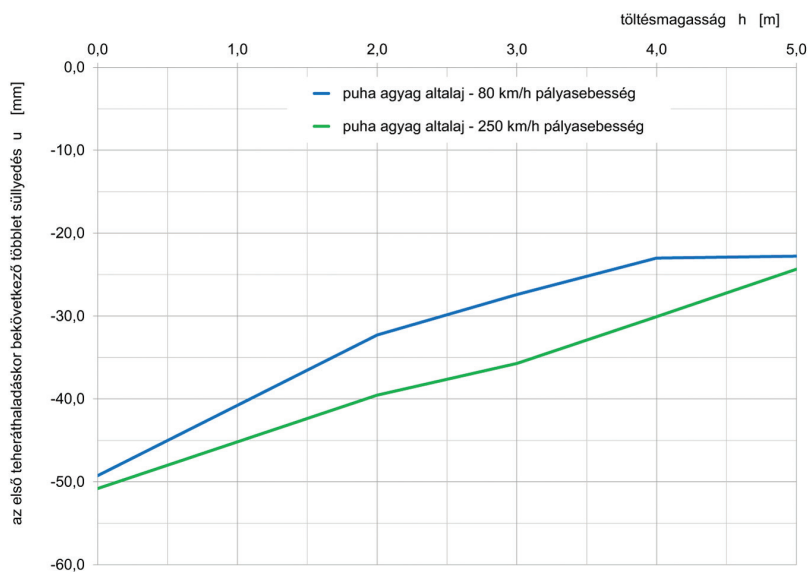
A 8. ábra a deformált hálót mutatja, puha agyagtalajban épült $2,0 \times 2,0$ m-es kisműtárgy esetére, 2 m-es töltésmagassággal és 80 km/h pályasebességgel. Érzékelhető a vonatteher hatására bekövetkező nagyobb összenyomódás a folyópályán és a kisebb alakváltozás a műtárgy melletti visszatöltés zónája fölött.

A 9. ábra a vonatteher első áthaladásakor bekövetkező többletsüllyedést, azaz csak a teher hatására bekövetkező azonnali összenyomódást mutatja a töltésmagasság függvényében. Megállapítható, hogy nagyobb sebesség nagyobb süllyedést in-

Szilvági Zsolt 2009 óta a győri Széchenyi István Egyetem oktatója, 2012-től egyetemi tanársegéd az SZE Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszéken. Főbb kutatási területei a talajdinamika és a geotechnikai numerikus modellezés. 2016-tól az SZE Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola doktorjelöltje, doktori kutatásának tárgya szemcsés talajok talajdinamikai paramétereinek laboratóriumi mérése. E tárgyban írt egyik publikációjáért 2013-ban megkapta a Kézdi-díjat. Az oktatás és kutatás mellett tervezési feladatokat is végez, a Geoplan Kft.-nél geotechnikus és statikus tervezőként tevékenykedik.



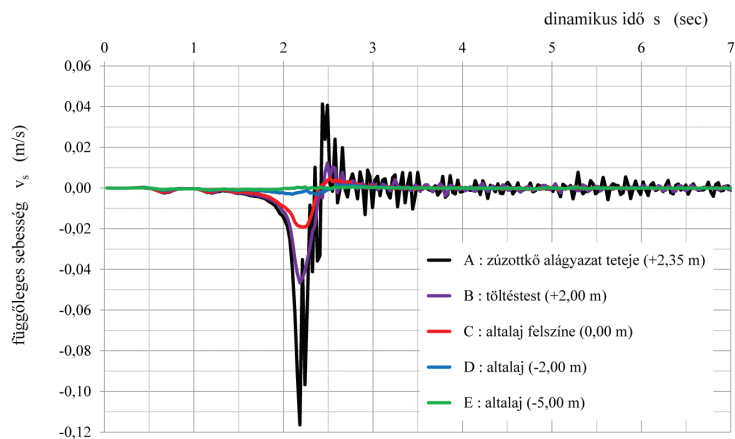
8. ábra. Deformált háló



9. ábra. Többletsüllyedés a vonatteher első áthaladásakor

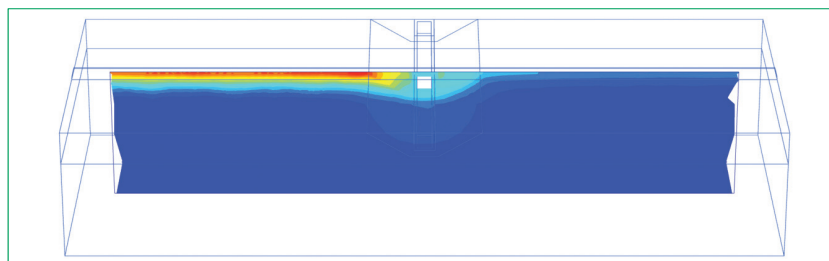
dukál, és minél magasabb a töltés, annál kisebb lesz a többletsüllyedés. Megjegyezzük, hogy 6 m magas töltés építése ilyen

altalajviszonyok mellett már egy lépcsőben nem megengedett, mert talajtörés következhet be.



10. ábra. Függőleges sebesség az idő függvényében (80 km/h)

Wolf Ákos 2009-től a győri Széchenyi István Egyetem oktatója, 2012-től egyetemi tanársegéd az SZE Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszékén. 2010-ben kezdte PhD-tanulmányait az SZE Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskolában. Fő kutatási területe a cölöpök ciklikus és dinamikus teher alatti viselkedése. Oktatói-kutatói munkája mellett tervezőként-szakértőként is tevékenykedik. 2014-től a Magyar Mérnöki Kamara Geotechnikai Társaságának elnökségi tagja.



11. ábra. A modell hosszszelvénye a pálya tengelyében

A 10. ábra 5 különböző mélységben felvett pont mozgásának sebességét mutatja az idő függvényében (A: zúzottkő alágazat teteje; B: +2 m a töltéstestben; C: az altalaj felszíne; D: -2 m az altalajban; E: -5 m az altalajban). A vizsgált modellben a töltés magassága 2 m. Az ábra alapján az állapítható meg, hogy

- a vonat áthaladásakor a zúzottkő alágazat tetején lévő pont süllyedési sebessége hirtelen megnő, majd viszonylag gyorsan, néhány tized másodperc alatt visszaesik;
- az anyagi pontok mozgásának sebessége a mélység növekedésével csökken;
- a felszín alatt ~3,0 m mélységben már alig érzékelhető a teher hatása.

A 11. ábra a teljes süllyedést mutatja a modell közepén felvett hosszszelvényben, amikor a vonat a visszatöltés zónájához közelít. A mozgó teher hatása világosan látszik. A mozgások a mélységgel csökkennek, a maradó alakváltozás a folyópályán kisebb, mint az azonnali összenyomódás.

A 12. ábra célszerűen megválasztott pontokban mutatja az elmozdulást az idő függvényeként.

A: zúzottkő alágazat teteje;

B: altalaj felszíne felett +0,5 m;

C: -3,5 m az altalajban;

D: -5 m az altalajban; visszatöltés zónája;

E: zúzottkő teteje;

F: visszatöltés felszíne felett +0,5 m;

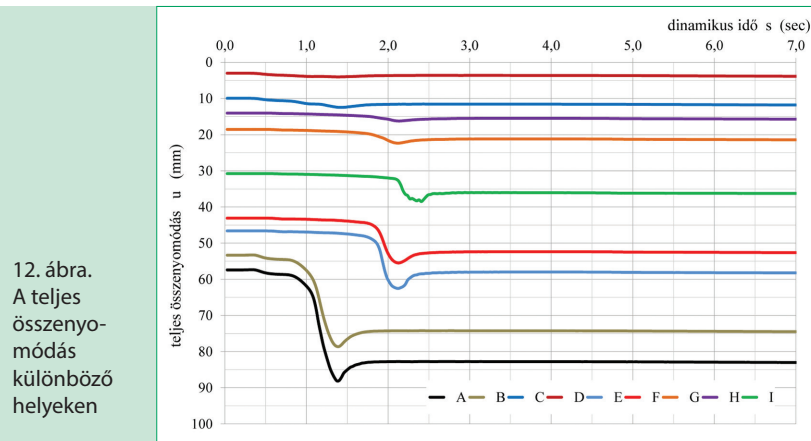
G: -3 m a visszatöltés zónájában;

H: -4 m a visszatöltés zónájában;

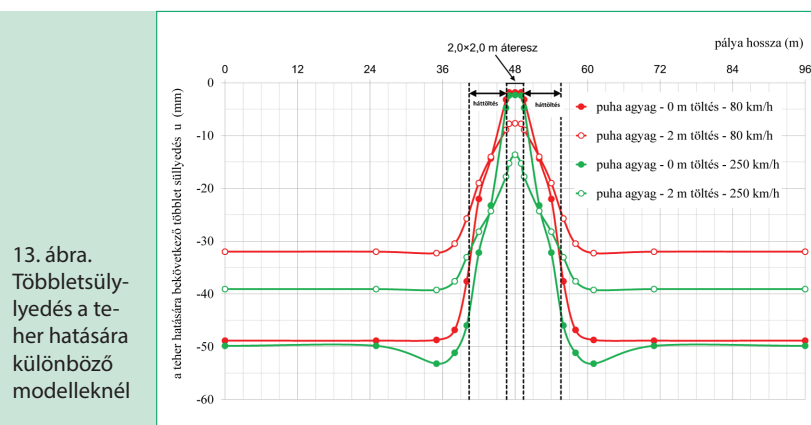
I: zúzottkő teteje az áteresz fölött).

A vizsgált esetben a töltés magassága 2,0 m, a járműsebesség 80 km/h. Megjegyezzük, hogy más peremfeltételek esetén is hasonló tendenciákat mutattunk ki. Az ábra alapján az alábbiakat állapíthatjuk meg:

- a folyópályán a legnagyobb süllyedés a zúzottkő alágazat tetején van (A);
- a háttöltés zónájában a süllyedés markánsan csökken (E);



12. ábra. A teljes összenyomódás különböző helyeken



13. ábra. Többletsüllyedés a teher hatására különböző modelleknél

- a süllyedés a mélységgel jól látható mértékben csökken;
- -5 m mélyen az altalajban a vonatteher hatása már elenyésző;
- kb. 25 mm süllyedéskülönbség alakul ki az átmeneti zónában.

A 13. ábra 4 különböző modell esetén mutatja a teher hatására bekövetkező többlet-összenyomódást hosszszelvényben. Az ábrán az alábbiak láthatók:

- a teher áthaladásakor bekövetkező legnagyobb többlet-összenyomódás a folyópályán következik be, a töltés nélküli, 250 km/h járműsebességűes modelleknél;
- a legkisebb többletsüllyedés a folyópályán alakul ki 2 m töltésmagasság és 80 km/h járműsebesség esetén;

- a legnagyobb süllyedéskülönbség a folyópálya és az áteresz között a töltés nélküli esetben és 250 km/h járműsebességnél alakul ki;
- a töltés nélküli, 250 km/h járműsebesség igényli a leghosszabb átmenetet;
- jól kirajzolódik a süllyedéskülönbség az átmeneti szakaszon.

Összefoglalás

A vasúti pályáknál az átmeneti zónák hivatottak biztosítani a szükségszerűen jelen levő, különböző alátámasztási mérvűségű alépítmények közötti fokozatos átmenetet, az elvárt futásjóság elérésének pályaoldalról felmerülő szükséges

Summary

The substructure stiffness of the railway lines have great importance regarding the internal forces in the rails and sleepers and the stresses induced in the crest zone of the embankment as excessive stresses in either of these components can result in permanent deformations of the track. The problem especially pronounced in locations with abrupt changes in support stiffness, due to structural differences of the track. In Hungary the typical problem zones are the points where the open lines run onto bridges or into tunnels, and also include the transition zones connecting the open tract and the track above small, shallow coverage depth structures. Examples prove that inadequate technical solutions can yield to damages that may require long term speed restrictions or lead to short maintenance intervals hence increasing significantly the total cost of ownership of these assets. The authors report the first results obtained by the investigation of a 3D numerical model of a transition zone subject to dynamic loads of a structure embedded in soil environments with different strength stiffness properties. The mechanical behaviour of the "B" size category structure and its soil environment is presented in the study with special regards to factors like train speed, embankment height and the settlement differences apparently developing in the transition zone.

feltételeként. Ahol a vonat a földművön vezetett pályáról egy merev szerkezetre, pl.: hídra, alagútba vagy átérész fölé ér, a támaszmerevség hirtelen változása miatt süllyedéskülönbségek alakulhatnak ki. Ez hosszú távon az alépitmény és a pálya állapotának leromlásához vezethet. A süllyedéskülönbségek kialakulása különösen aggályos nagysebességű vasutak esetén, ahol az átmenetben jelen lévő nagy

gradiensű szint- és/vagy merevségváltozás nagyobb függőleges gyorsulásokat, és ezáltal nagyobb dinamikus erőhatásokat eredményez, mint az a kis sebességű forgalom esetén lenne várható. Az átmenet fokozatosságának biztosítására különböző műszaki megoldások állnak rendelkezésre. Az átmeneti zónákban fellépő mechanikai hatások és következményeik feltárása, a folyamatok megértése és mindezek értéke-

lése komplex modellezéssel megvalósítható elemzést tesz szükségessé. Az átmeneti zónák mechanikai viselkedésének célravezető modellezéséhez elengedhetetlen e szakaszok környezetében fellépő térbeli és dinamikus hatások kezelése a modellezés során. A szerzők ebben a tanulmányban a probléma megértéséhez szükségesnek ítélt, térbeli végeelemes modell felépítését mutatták be, és annak egy idealizált vonat-terhet szimuláló dinamikus terhelésre adott mechanikai választ elemezték különböző magasságú töltések esetén. «

Irodalomjegyzék

- [1] European Rail Research Institute. *Utrecht. ERRI D 230.1/RP 3. Bridge ends. Embankment Structure Transition. State of the Art Report, Nov. 1999.*
- [2] Benz, T., Vermeer, P.A., Schwab, R. (2009): *A small-strain overlay model. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol. 33, pp. 25–44.*
- [3] Ray, R.P., Szilvággyi, Zs., Wolf Á. (2014): *Talajdinamikai paraméterek meghatározása és alkalmazása. Sínek Világa, 56, pp. 32–36.*



A VAMAV Vasúti Berendezések Kft. a kötőpályás felépítményi szerkezetek hazai piacvezető gyártója.

Fő termékeink:

- kitérők
- vágányátszelések
- vágánykapcsolatok
- dilatációs szerkezetek
- vágánylezáró szerkezetek
- átmeneti sínek
- ragasztott szigetelt kötések
- kapcsoló- és kötőszerek

Legfontosabb szolgáltatásaink:

- kitérők első karbantartása
- előszerelt kitérők szállítása
- jármű- és kitérő diagnosztikai berendezések telepítése
- sínmarás és csiszolás

Célunk, hogy termékeink és szolgáltatásaink versenyképes, folyamatosan bővülő kínálatával segítsük a vasút modernizációját és folyamatos fejlődését a vevői igények mind teljesebb kielégítése mellett.

3200 GYÖNGYÖS, Gyártelep utca 1.

Tel.: +36 37/312-270, +36 37/311-077

Fax: 37/316-179, +36 37/316-226

web: www.vamav.hu

