

**FELELŐS KIADÓ:**

Szabó Zoltán (ÁKMI)

**FELELŐS SZERKESZTŐ:**

Dr. habil. Koren Csaba

**SZERKESZTŐK:**

Dr. Gulyás András

Dr. Lánzos Pál

Rétháti András

Schulek János

**LEKTORI TESTÜLET:**

Apáthy Endre

Dr. Boromisza Tibor

Csordás Mihály

Dr. habil. Farkas József

Dr. habil. Fi István

Dr. habil. Gáspár László

Hórvölgyi Lajos

Huszár János

Jaczó Győző

Dr. Keleti Imre

Dr. habil. Mecsi József

Molnár László Aurél

Pallay Tibor

Dr. Pallós Imre

Regős Szilveszter

Dr. Rósa Dezső

Dr. Schváb János

Dr. Szakos Pál

Dr. habil. Szalai Kálmán

Tombor Sándor

Dr. Tóth Ernő

Varga Csaba

Veress Tibor

A cikkekben szereplő megállapítások és adatok a szerzők véleményét és ismereteit fejezik ki, amely nem feltétlenül azonos a szerkesztők véleményével és ismereteivel.

# TARTALOM

2

**Vitezlav Herle**

Poliészter georácsok talajerősítésre

6

A KTE irodalmi díjasai 2004-ben

7

**Jakab Lajos – Kegyes Csaba**

Szerkezet vízszintes irányú rezgések semlegesítésére

13

**Fonyó Krisztián**

Kritikus helyeken alkalmazható hossz-szelvényi pályaszint-törések lekerekítése – inflexiós ívekkel – grafikonok segítségével

16

Nemzetközi szemle

17

**Szabó László**

Közlekedésbiztonsági kérdések a Békéscsaba és Gyula közötti négy sávos úton

19

**Kamarás Csilla**

Közlekedésbiztonsági mutatók az országos közúthálózaton

23

**Kozák Éva – Tomascsek Tamás Attila**

A frankfurti forgalomirányító rendszer felépítése és működése

27

**Székely Zoltán**

Nagy modulusú K-20/F NM kötőréteg és mZMA-8 vékonyaszfalt kopóréteg kifejlesztése és kísérleti beépítése

35

**Dr. Boromisza Tibor**

Megjegyzések Subert István: A dinamikus tömörség- és teherbírásmérés újabb paraméterei és a modulusok átszámíthatósági kérdései c. cikkéhez

37

**Subert István**

Válasz dr. Boromisza Tibor hozzászólására

40

Diplomamunka pályadíjasok 2004-ben

**KÖZÚTI ÉS MÉLYÉPÍTÉSI SZEMLE**

Alapította a Közlekedéstudományi Egyesület.

A közlekedésépítési és mélyépítési szakterület mérnöki tudományos havi lapja.

# Poliészter georácsok talajerősítésre

Vitezlav Herle<sup>1</sup>

## Bevezetés

A talaj erősítése különböző betétekkel nem új technológia. Az ókorban a Közel-Keleten, ahol a szilárd építőanyag, a kő kevés volt, polgári és vallási célokra készült építmények anyagául gyakran használták a földet és a téglát. Az építmények növekvő magassága miatt szükségessé vált a földszerkezetek megerősítése. Ezek közül a legmagasabb, amely még ma is áll, a Mezopotámiában (a mai Irakban), Akar Kufban épült zikkurat (lépcsős templom). Eredetileg több mint 80 m magas volt, de ebből mára csak 57 m maradt (1. ábra).



1. ábra: A gyékény szőnyeggel megerősített vályogtéglából épített zikkurat (lépcsős templom) romjai Akar Kufban

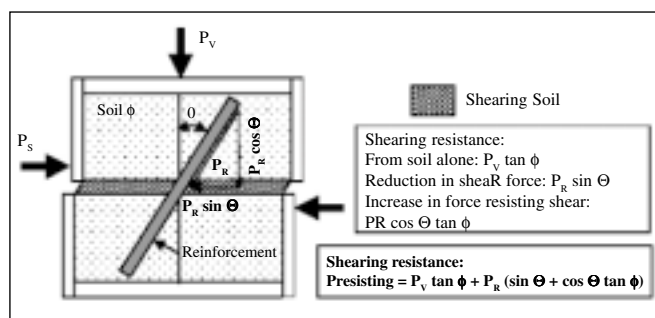
Az ókori erősítési rendszer alapja a fonott gyékény szőnyeg, amelyet 0,5-2,0 m-es távolságokban helyeztek a vályogtéglaretegek közé.

Hasonló megerősítési rendszereket használtak más (kínai, görög, római) civilizációkban is. A mai időkben, az 1960-as években Henri Vidal helyezte tudományos alapokra a talajerősítést a „vasalt talajszerkezetek” bevezetésével. Vidal a talajerősítésre acélszalagokat használt, amelyeket acél fél-ellipszis homloklapra erősített, a talaj pedig jól graduált kavicsos homok volt. Az igazi fellendülés a talajerősítésben akkor következett be, amikor az erősítés céljára polimer műanyagokat kezdtek használni szalagok, geotextíliák, georácsok, geocellák stb. formájában.

## A talajerősítés elve

A talajnak gyakorlatilag nincs húzószilárdsága. Ezért a talajerősítésnek az a célja, hogy olyan erősítő elemeket vigyen be a talajszerkezetbe, amelyek átveszik a húzófeszültségeket, amelyeket a talaj nem tud fel-

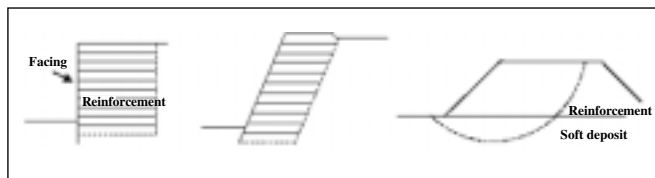
venni. Az erősítő elemeket vízszintesen helyezik el, és bennük a húzófeszültségeket a talaj és az erősítő rétegek érintkezésénél fellépő nyírófeszültségek aktivizálják. Az erősítésnek a nyírási zónában lehetséges csúszása (elmozdulása) növeli a normál feszültséget (és ezzel a belőle származó nyírási ellenállást) és csökkenti a nyírófeszültséget (2. ábra).



2. ábra: Az erők eloszlása a nyíró-zónában (Jewel és Worth, 1987)

A megerősített talajszerkezet alapvetően 2, illetve 3 elemből áll:

- talaj,
- megerősítés,
- homlokelemek (ha szükséges).



3. ábra: A talaj-megerősítés alapvető használata: erősített talajtámfal, erősített rézsű, erősített töltésalapozás

Az erősített talajtámfalak és háttöltések anyagának szemcsés, jó vízáteresztőképességű talajnak kell lennie, és az alkalmazott erősítő elem lehetőleg georács legyen, mert a rács jobban együttdolgozik a szemcsés anyaggal, mint a textília. A homlokelemeknek az a szerepe, hogy megtartsák a talajt az erősítő elemek között, ezért meglehetősen vékonyak lehetnek (betonpanelek, üreges elemek, acéllemezek, fa).

45°-nál kisebb hajlásszögű rézsűk esetében nem szükséges homlokburkolat, elegendő gyéptéglát alkalmazni. A meredekebb rézsűkön célszerű valamilyen erózióvédelem (geogyékény, acélháló, visszahajtott UV, stabilizált geotextília vagy georács).

Ha puha, összenyomódó talajon építenek töltést, a töltés alapját rendszerint meg kell erősíteni. Az alap erősítése növeli a töltés stabilitását az alámetsző csúszólapp kialakulásával szemben. Egyben megakadályozza a puha talaj töltés alóli kinyomódását úgy, hogy kölcsönhatás lép föl az erősítő elem és az altalaj között, ami mobilizálja az erősítő elem húzószilárdságát.

<sup>1</sup> SG Geotechnika Rt., Prága

Fordította: Bakó Gyula geotechnikai szakmérnök, (MBA)  
Transinvest-Budapest Kft.

A prEn 14 475. sz. európai előszabvány alapvetően kétfajta erősítő anyagot ismer el: az acélt és a geoműanyagot.

Ebben a cikkben csak a geoműanyagos talajerősítéssel foglalkozunk, ami nem talajidegen, egyben környezetbarát, és szerepét hosszú távon betölti. Ezt sokkal gyakrabban használják, mint az acél anyagú erősítést, mert nem korrodál, könnyebben telepíthető és gazdaságosabb.

A geoműanyagok többsége a következő polimerekből készül:

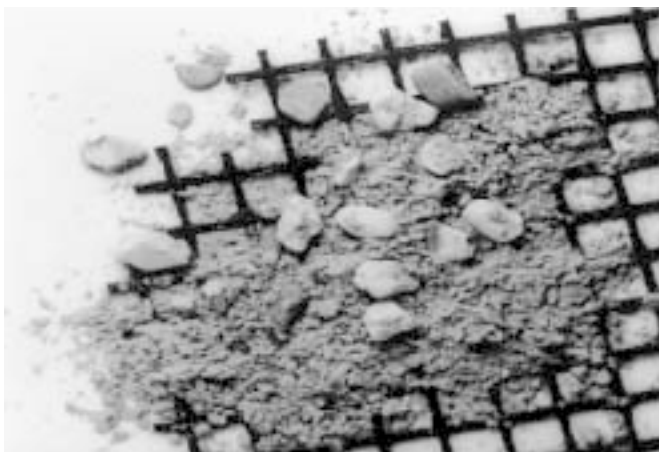
- poliészter (PET),
- polipropilén (PP),
- polietilén (PE),
- nagy sűrűségű polietilén (HDPE),
- polivinil-alkohol (PVA).

Kivételesen más anyagokat is használnak, mint például aramidot, üvegrostot, de ezek drágák, és talajbéli bonyolult viselkedésük is korlátozza alkalmazásukat.

Az erősítő elemek formája lehet: geotextília, georács, szalag, geocella, illetve egyes rostok. Mint már említettük, a georácsok akkor a leghatékonyabbak, ha azokat szemcsés, jó vízáteresztő-képességű talajban használják, a geotextíliák viszont jól használhatók kötött és átmeneti talajokban is.

A georácsokat különböző formákban, különböző technológiai eljárásokkal gyártják. A „PE”, a „HDPE” és a „PP” anyagú georácsokat rendszerint úgy állítják elő, hogy sűrűn kilyukasztanak egy polimer lemezt, és azt azután széthúzzák. Ezek a georácsok merevek, és állandó terhelés alatt folyamatosan nyúlnak (kúsznak), hozzávetőlegesen kétszer annyira, mint a „PET” anyagú georácsok.

A „PET” anyagú georácsokat általában szálakból szövésel állítják elő. Hajlékonyabbak, jobban alkalmazkodnak a különböző típusú talajokhoz, és állandó terhelés alatt kevésbé nyúlnak meg (alacsonyabb kúszási együttható), mint a „PE”, a „HDPE” vagy a „PP” anyagú georácsok. A 4. ábra érzékelteti egy „PET” georács és egy jellegzetes szemcsés talaj jó kölcsönhatását.



4. ábra: A szőtt „PET” georács és a jellegzetes szemcsés talaj kapcsolata

### 1. Az M7 autópálya Balatonszárszó és Ordacsehi közötti szakasza

Az autópálya meglehetősen kedvezőtlen geotechnikai körülmények között, az Ős-Balaton területén épül, amit az évezredek során hol teljesen, hol részlegesen víz borított. A laza finom homok és iszap, valamint a nagymennyiségű szerves anyagot tartalmazó tőzegrétegek miatt az altalaj nagyon labilis és összenyomható. A tervező Uvaterv Rt. a töltésalap erősítésére geoműanyagokat javasolt. A vállalkozó Vegyész Rt. megbízta az SG Geotechnika prágai geotechnikai tervezőirodát az Ordacsehi és Balatonkeresztúr közötti szakasz egyik legkritikusabb részének, a 160–166 km szelvények közötti szakasz erősítési terveinek az elkészítésével. A talajerősítési tervhez a 164+100 km szelvényt adták meg jellemző szelvényként, s erre számításra alapuló elemzés készült. Az altalaj geotechnikai jellemzői a Főmterv által készített talajmechanikai szakvéleményből származnak: a töltésanyag nyírószilárdságát, térfogatsűrűségét és összenyomhatóságát a minimális tervezési értékekkel ( $\varphi=30^\circ$ ,  $c=3$  kPa,  $\gamma=20$  kN/m<sup>3</sup>) vették figyelembe. Ezek alapján a 6 km hosszú szakaszon előforduló töltésmagasságokra az adódott, hogy megfelelő stabilitás 35/35 kN/m szakítószilárdságú PET georácsokkal érhető el. A Kordarna Velka nad Velickou cégben gyártott Armatex G 35/35 PET georácsot választották, mert ezt találták a legmegfelelőbb és a leg gazdaságosabbnak. Ennek számított tervezési húzószilárdsága 17 kN/m lett, a kúszási együttható  $F_{cr}=1,4$ , a beépítés okozta sérüléseket figyelembe vevő együttható becsült értéke  $F_{comp}=1,3$  volt. Ezek megfelelnek a TP 97. sz. Cseh Tervezési Előírásban (Közlekedési Minisztérium, Cseh Köztársaság, 2001) is javasolt, nemzetközileg is elfogadott értékeknek. A finomszemcsés összenyomható altalaj és a töltés határán zúzott kavicsréteget építettek be, melyet az Armatex georáccsal és nem-szőtt geotextíliával választottak el az altalajtól. A geotextíliának szűrési és elválasztási szerepe van, a georács a szilárdságot növeli.

A 2004. június 30-i helyszíni látogatásom idején a munkák kivitelezése a tervek és a numerikus méretezési modell szerint folyt. A vállalkozó a munkát jó mi-



5. ábra: Az M7 autópálya. Töltésalapozás Armatex G 35/35 georáccsal



6. ábra: Szemcsés töltésalapozó réteg tömörítése Armatex G 35/35 georácson

nőségű szemcsés anyag beépítésével végezte, és a georácsos erősítést megfelelő módon helyezték el (5. és 6. ábra).

## 2. Interspar bevásárlóközpont Karlovy Vary-ban (Cseh Köztársaság)

A bevásárlóközpont a híres gyógyfürdő nyugati oldalán épül, ahol az Ohre folyóba torkollik a Chodovsky patak. A területet a folyó – főleg a tavaszi hóolvadások és a nyári felhőszakadások idején – gyakran elárasztja. A tervező az egész bevásárlóközpontot 3 m magas töltésre helyezte, így megóvja a gyakori árvizektől, de a százéves gyakoriságú árvizek sem érik el a bevásárlóközpontot. Az altalaj összetétele a következő volt: puha agyag és tőzeg rétegek iszapos homokkal befedve. Az építési területen puha agyag és tőzegrétegek vannak, s alattuk a folyó kavics terasza fekszik. Ilyen körülmények között kellett megteremteni a töltés stabilitását és meg kellett akadályozni a túlzottan egyenlőtlen süllyedések kialakulását. A tervező a terület stabilizálására 3 m-es raszterben készített vibrált kavicscölöpöket javasolt. A stabilitás és a süllyedés részletes numerikus vizsgálata után az SG Geotechnika azt javasolta a megbízónak, hogy tekintsen el a kavicscölöpöktől (megtakarítva ezzel több mint 1 millió eurót), és az egyenlőtlen süllyedéseket úgy akadályozza meg, hogy a töltésalapot PET georácscsal erősíti. A megbízó elfogadta javaslatunkat, melyben



7. ábra: Karlovy Vary, Interspar bevásárlóközpont. Az Armatex georács fektetése



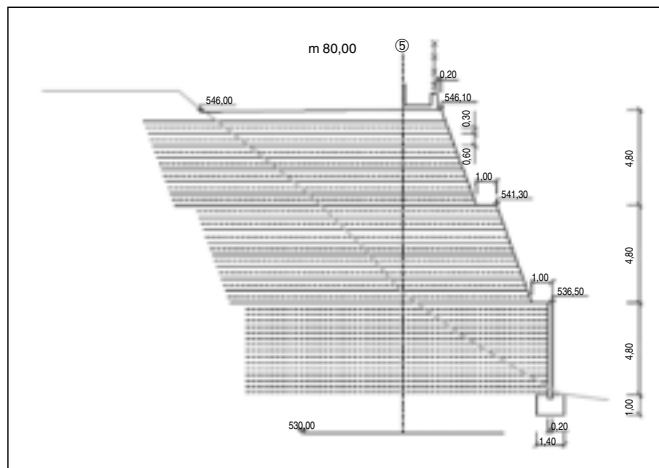
8. ábra: Karlovy Vary, Interspar. Töltésanyag terítése az Armatex georácsra

garantáltuk, hogy a maximális süllyedés nem lesz több 80 mm-nél. Ebben az esetben Armatex G 80/80-ast használtuk.

A építkezés idején figyelemmel kísértük a süllyedéseket, és bizonyítottuk, hogy az előzetes számításunk alapján becsült értékek helyesek voltak. A 7. és a 8. ábra mutatja be a helyszínt, az Armatex georács fektetését és a töltés építését.

## 3. Jablonec-Strelnice. Sportstadion rekonstrukciója

Észak-nyugat Csehországban Jablonec városa úgy döntött, hogy bővíti a város sportstadionját, hogy az megfeleljen a nemzetközi sportszabványoknak. Mivel a stadion dombon áll és körülötte lakóépületek vannak, a bővítést csak úgy lehetett megvalósítani, hogy támfalakat építenek és meredek részsíket alakítanak ki. Az eredeti tervekben monolit súlytámfalak szerepeltek. Javaslatunkra megváltoztatták a terveket, és erősített talajszerkezet mellett döntöttek. Az így épülő, 14 m-es magasságot is elérő támszerkezet Csehország legmagasabb erősített talajszerkezete lett. Az alsó 4,6 m-es rész függőleges, a homlokelemek betonblokkokból (betonszegmensekből) állnak. A felső 10 m-es töltést 65°-os hajlású részsíval alakították ki, s ezt acélháló burkolja. Az erősített talajszerkezet terveit az SG Geotechnika készítette. A erősítéshez Armatex PET georácsot javasoltunk, mert ezt tartot-



9. ábra: Jablonec-Strelnice. Az erősített talajszerkezet keresztmetszete



tuk a legalkalmasabbnak. Az erősítés húzószilárdsága a szerkezetben elfoglalt helyétől függően változott: az alsó részen 110/30 kN/m, a középső részen 80/30 kN/m, a felső részen pedig 55/30 kN/m volt. Az erősített talajszerkezet vázlatos keresztmetszete a 9. ábrán látható.

Az erősítés hosszát állékonysági vizsgálatok alapján határoztuk meg, maximuma 10 m lett. Töltésanyagként gránit kavicsos durva homokot használtak. Közvetlenül a fal homlokzata mögé a megfelelő vízvezetés elérése céljából durva kőzúzalékot építettek be.

A 10. ábra a függőleges falrész építését mutatja. A munka az építmény íves vonalvezetése és az épített fal közelében lévő lakóépületek miatt meglehetősen bonyolult volt. Egy helyen egy lakóház egy méter távolságra volt a megerősített talajszerkezettől, és az ott lakó emberek az építés idejére sem akartak elköltözni (11. ábra).



10. ábra: Üreges beton-blokkok elhelyezése Armatex erősítő elemekkel



11. ábra: Erősített talajszerkezet épül egy háztól egy méterre

A támszerkezet felső részén acélháló és kókuszgyékény burkolattal védték a kialakított rézsút, s később beszórták fűmaggal a megfelelő biológiai védelem elérésére. Az Armatex georács kb. 1 m hosszban átfedte az acélhálót, a georácsot és az acélhálót acélszegek kapcsolták egymáshoz (12. és 13. ábra).

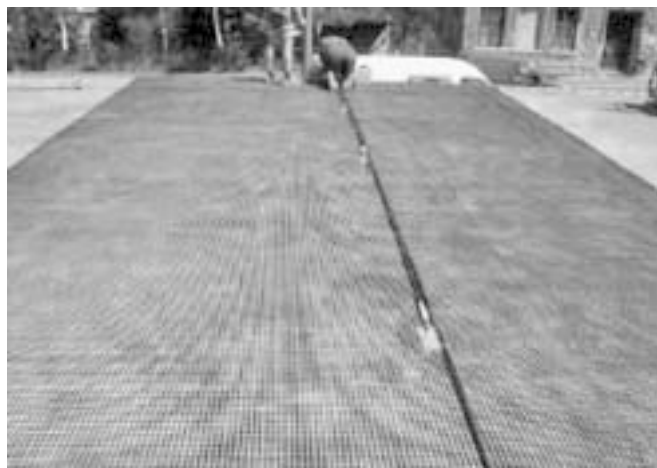


12. ábra: Az építmény felső része acélháló és kókuszgyékény burkolattal



13. ábra: Az acélháló burkolat belső oldala, melyet Armatex georács átfed

A rendkívüli magasság és a különösen takarékos erősítés miatt javasoltuk a megbízónak, hogy kísérelje figyelemmel az építmény deformációját. Az SG Geotechnika a szerkezet alsó részében két szinten nyúlásmérőket helyezett el, és időszakosan mozgásméréseket végez, hogy a georács megnyúlásából képet kapjon az erősítés igénybevételéről. A 14. ábra szem-



14. ábra: Nyúlásmérő elhelyezése Armatex georácson



15. ábra: Az elkészült erősített talajszerkezet látványa

lélteti a nyúlásmérő elhelyezését. Az eddig mért nyúlás 7 és 20 mm között volt, ami a teljes hossz 0,12, illetve 0,4%-át jelenti. Eszerint a georácsban a tervezett szilárdság 20%-ának megfelelő feszültség működik. Annak ellenére tehát, hogy az építményt rendkívül takarékosan méreteztük, biztonságos és elegendő a tartalék szilárdsága.

### Következtetés

A poliészter anyagú georács jó talajerősítő elem, amely bármely erősített talajszerkezet építésére alkalmas. Összehasonlítva a PE, a HDPE és a PP anyagú georácsokkal, a PET georács nagy előnyeként hajlíkonyságát, széles skálán választható húzószilárdságát és gyenge kúszási hajlamát lehet kiemelni.

## Summary

### Use of polyester geosynthetics for soil reinforcement

Reinforced earth structures have been built since the ancient ages. Nowadays geosynthetics are commonly used for the same purpose. The synthetic reinforcement elements are placed horizontally to provide added shear strength to the soil. Hence the friction between soil and reinforcement increases the stability and the bearing capacity of the earth structures. When embankment is constructed on soft compressible soil, the base of the embankment is usually reinforced. Different kinds of synthetic materials are applied for reinforcement elements. Their different nature should be taken into account in the design and construction practice. The technical characteristic could be important in the long-term behaviour of the structures. Due to the low creep coefficient polyester geogrid application is advantageous in many cases.

## A KTE irodalmi díjasai 2004-ben

A KTE szaklapjaiban megjelent legmagasabb színvonalú hat cikket évenként Irodalmi Díjjal jutalmazza az országos elnökség. Az Irodalmi Díj odaítélésére a szaklapok szerkesztőbizottságai, valamint a területi és tagozati elnökök tesznek javaslatot. A beérkezett javaslatokat az Irodalmi Díj állandó bizottság értékeli, rangsorolja és döntésre az országos elnökség elé terjeszti.

2004-ben a beérkezett 9 cikk értékelése és az országos elnökség döntése alapján a következő cikkek szerzői kaptak irodalmi díjat.

**Dr. Ambrus Kálmán – Dr. Karsainé Lukács Katalin – Dr. Pallós Imre – Vinczéné Görgényi Ágnes:** Lehetséges pályaszerkezeti változatok a rendkívül nehéz forgalmi terhelésű útszakaszok hosszú életciklusú pályaszerkezeteire a nemzetközi gyakorlat tükrében. Közúti és Mélyépítési Szemle, 2003. 12. sz. p. 6–16.

**Dr. Jankó Domokos:** A hazai közúti biztonság aktuális kérdései (a gyorsforgalmi úthálózat fejlesztése

kapcsán). Közúti és Mélyépítési Szemle, 2004. 4. sz. p. 2–12.

**Molnár László:** Gondolatok Budapest egységes parkolási koncepciójának kialakításához. Városi Közlekedés, 2003. 6. sz. p. 331–336.

**Pintér László:** Az „élhető város” és a közlekedési lehetőségek konfliktusai. Városi Közlekedés, 2003. 6. sz. p. 293–301.

**Dr. Ruppert László:** A magyar közlekedésfejlesztés és -fenntartás legfontosabb teendői a 2004–2006. évek között. Közlekedéstudományi Szemle, 2004. 5. sz. p. 175–184.

**Tánczos Lászlóné Dr. – Dr. Bokor Zoltán:** A társadalmi költségeken alapuló közlekedési árképzési rendszerek gyakorlati adaptációs lehetőségei. Közlekedéstudományi Szemle, 2004. 5. sz. p. 185–192.

**Dr. Prezenszki József**  
az Irodalmi Díj állandó bizottság  
elnöke

Jakab Lajos<sup>1</sup> – Kegyes Csaba<sup>2</sup>

## Bevezetés

Az ismert szigetelési rendszerek elemzése és összefoglalása, felsorolása és osztályozása az [1, 2] irodalomban megtalálható. A legtöbb rendszer az alakváltozási energia elvén működik, de létezik olyan megoldás is, amelyben a szigetelő kinetikai energia formájában, részlegesen vagy teljesen emészt fel a gerjesztést [3, 4]. Tanulmányunkban a szigetelés hatásfokát az energiamérleg alapján értelmeztük. Napjainkig a földrengések hatása elleni védekezésnek két járható útját tanulmányozták és alkalmazták.

Az egyik a **passzív védekezés**, amikor ismerjük a terület veszélyeztetettségét, a valószínűségi számítások alapján meghatározott gyorsulást és az épület tömegét, majd az ebből fellépő erőre méretezzük az építményt. A mértékadó igénybevétel meghatározásához szükséges a gyorsulás ismerete. Ezt az Euro Code 8 (EC8-ban) tervezési gyorsulás formájában fogalmazták meg, mely 475 évi visszatérési periódusra 50% valószínűséggel meghatározott érték.

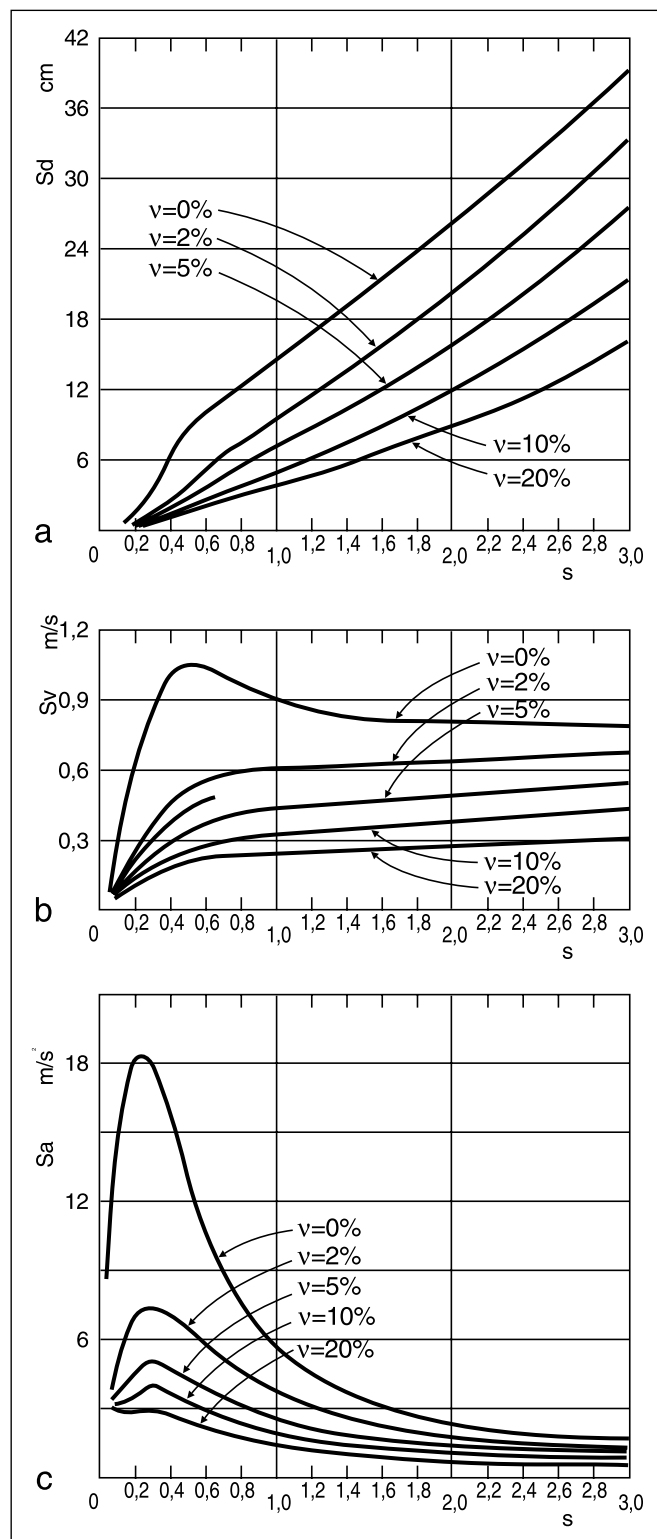
A másik az **aktív védekezés**, a gerjesztés, amellyel a földrengéskor fellépő energiának csak egy része jut az épületre, mintegy elszigetelve a szerkezetet az őt érő hatásoktól. Ezáltal a szerkezet válasza csökken, az épület könnyebben vészeli át a földrengést – kisebb igénybevételnek van kitéve.

Cikkünkben egy szabadalom [6] elve alapján szeretnénk bemutatni a szeizmikus szigetelés elvének alkalmazhatóságát, és rávilágítunk néhány gyakorlati kérdésre. A szerkezet szigetelését összefoglaló tanulmányok [1,2] felsorolják és osztályozzák a szigetelési rendszereket. A felsoroltakon kívül létezik olyan megoldás, amely a gerjesztés energiáját a szerkezet előtt, kinetikai energia formájában (részlegesen vagy teljesen) emészt fel (disszipálja), így csökkentve az építmény effektív igénybevételét. Ilyen megoldást tartalmaznak a [3, 4] dolgozatok és ez a cikk is.

## Szerkezet és szigetelés

Egy szerkezetnek a földrengésre adott válaszát az elmozdulás, a sebesség és a gyorsulás spektrumán keresztül vizsgáljuk. Az 1. ábrán a jól ismert El Centro-i 1940 évi földrengés adatai láthatók, ahol (a) az elmozdulás, (b) a sebesség, (c) a gyorsulás válaszspektruma. A 0,1 és 0,4 s zónájában maximálisak a gyorsulási értékek, 0,2 és 1,0 s között maximálisak a sebesség értékek, az elmozdulások pedig a periódus növekedésével nőnek.

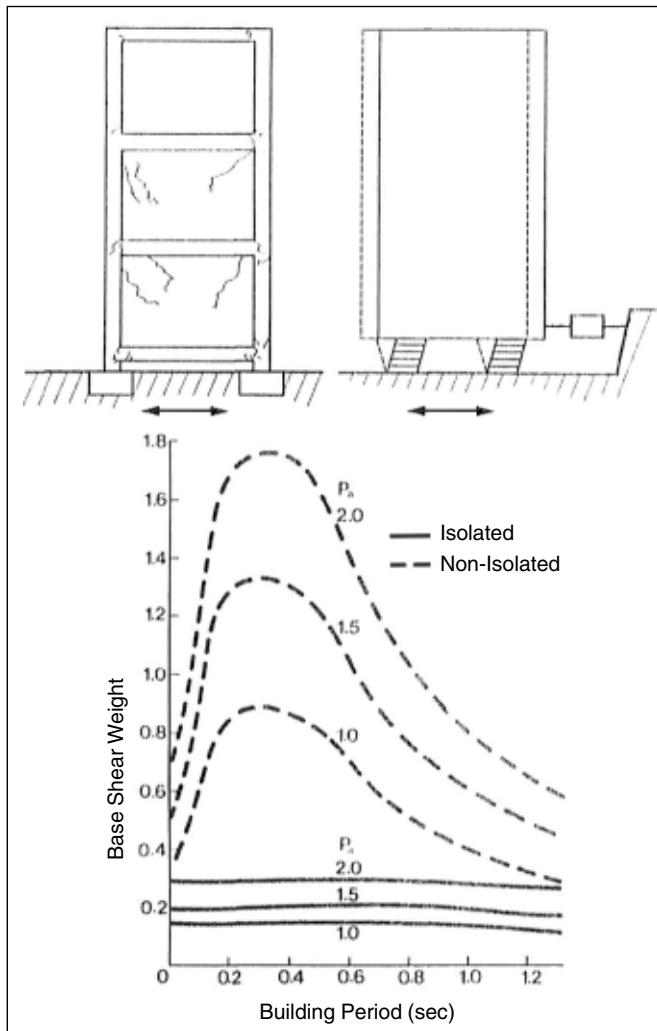
A szigetelt és a szigetelés nélküli épület közti különbség abban nyilvánul meg, hogy a szigetelés nélküli az El Centro-i földrengés hatására az épületbe bevitt energiát viszkózus csillapítással és rugalmas-képlékeny alakváltozással „emészt” fel. A szigetelt épületbe csak az energia egy kis hányada „jut” be, azt a szerkezet rugalmas állapotban képes elviselni.



1. ábra: El Centro, 1940. Elmozdulás, sebesség és gyorsulás spektrumok

<sup>1</sup> Okleveles fizikus, a fizikai tudományok kandidátusa, ljakab@mail.datanet.hu

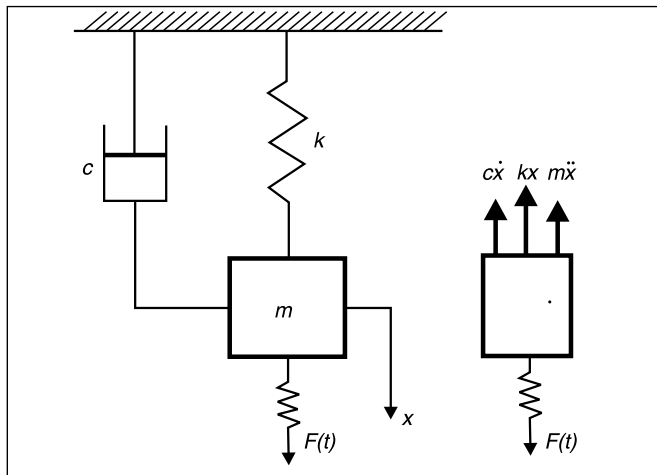
<sup>2</sup> Okleveles építőmérnök, a műszaki tudományok kandidátusa, egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem kegyescs@freemail.hu



2. ábra: Szigetelés nélküli és szigetelt szerkezetek

A szigetelés elvét a 2. ábra tartalmazza, melyet [2] szerint értelmezünk. A rugalmas képlékeny épületben megjelennek a repedések, a szigetelt épület azonban rugalmas állapotban marad. Ez az épületet igénybe vevő alap nyíróerő különbségben is jól kimutatható.

Mint tudjuk, az épület, az építmény vagy a szerkezet (a szerelvény) jellemzője a sajátrezgése ( $T$ ,  $f$ ,  $\omega$ ), mely függ a szerkezet tömegétől, rugalmas tulajdonságától ( $k$  rugóállandóval fejeztük ki), belső csillapítási képességétől ( $c$  csillapítással fejeztük ki). A továbbiakban az épület, az építmény vagy a szerelvény „szerkezet” címszóval jelenik meg. A 3. ábra a gerjesztett szerkezetre ható erők



3. ábra: Gerjesztett szerkezetre ható erők

jesztett szerkezetre ható erők mutatja, mely alapján elkészíthető az energiamérleg.

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0 \sin pt \quad E_m = E_c + E_p$$

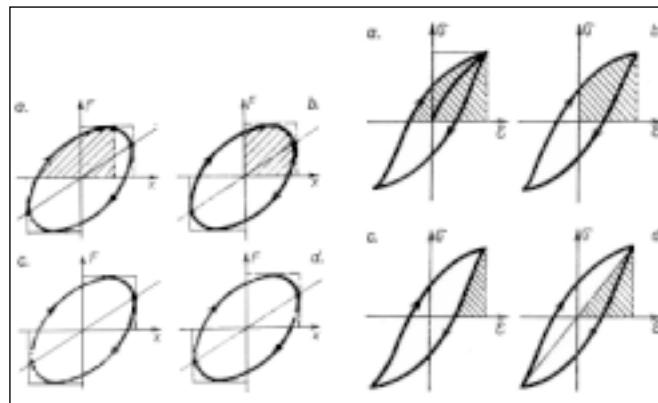
$$-c\dot{x} + F_0 \sin pt = 0 \quad x = x_0 - \frac{F_0}{cp} \cos pt = A_0$$

$$F(t) \triangleright c\dot{x}$$

Ha  $F(t) \triangleright c\dot{x}$ , akkor a rendszer külső energiát vesz fel, a mozgás-amplitúdók növekszenek, közelítve a rezonanciához.

Ha  $F(t) \triangleleft c\dot{x}$ , akkor a szigetelő több energiát használ el, mint a külső energia, a rendszerbe bekerülő energia csökken. Amikor egy épületet földrengés ellen akarunk szigetelni, akkor a talaj és az épület közé olyan szigetelőt építünk be, mely részben vagy teljesen ezen az elven alapul.

A szerkezetben rugalmas alakváltozások mellett maradó alakváltozások is vannak, melyek jellemzik a rugalmas-képlékeny fázisban [15] található szerkezeteket. A szerkezet viselkedését – válasza a 4. ábrán látható erő-elmozdulás, valamint feszültség – a fajlagos alakváltozás görbéivel jellemezhetjük.



4. ábra:  $F$ - $\delta$ ,  $\sigma$ - $\epsilon$  diagramok

Az anyagtól függő rész **egy belső viszkózus anyagcsillapítás**, a szerkezet alakváltozása által elhasznált energia **szerkezetfüggő csillapítás** is. A csillapítási energia és az alakváltozási energia a veszteségi együttható, fordítottja a minőségi együttható. A szerkezet jellemzője a minőségi együttható, az anyag pedig a veszteségi együttható. Az irodalomból [7] kivett értékeket az 1. táblázat tartalmazza.

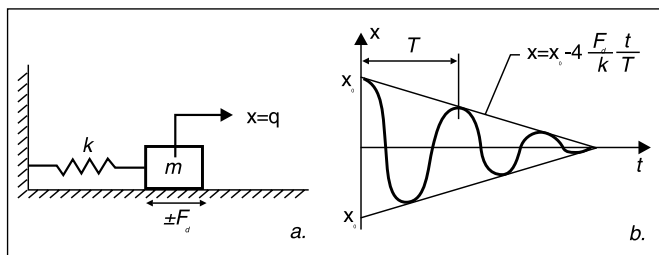
1. táblázat

Veszteségi és minőségi együtthatók

Anyag	h (veszteségi együttható)	Q (minőségi együttható)
Lágy acél	0,005 – 0,01	100 – 200
Ötvözött acél	0,001 – 0,008	125 – 1000
Öntött vas	0,02 – 0,05	20 – 50
Alumínium ötvözetek	0,003	300
Réz	0,01	100
Faszerkezetek	0,0054 – 0,003	150 – 200
Vasbeton	0,01 – 0,02	50 – 100
Feszített vasbeton	0,003 – 0,01	100 – 330
Műanyagok, neoprén	0,01 – 2	0 – 100



A szerkezet és a külvilág között, de leginkább a szerkezetben létezik olyan kapcsolat, melyben a csillapítást a súrlódó felület, a súrlódási erő fejti ki, ezt **Coulomb-féle csillapításnak** hívjuk. Ugyan minden földrengés elleni méretezési előírás tiltja e fajta csillapítás figyelembevételét, néhány szóban erre is kitérünk. (5. ábra)



5. ábra: Coulomb-féle csillapítás

A szerkezet egészét vizsgálva a  $\eta = 2 \frac{c}{c_{kr}} = 2\zeta$

kifejezéshez érünk, ahol  $\zeta$  a kritikus csillapítás hányadát jelenti, a szakirodalomból [7] ismert értékeket a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat

Szerkezetek belső csillapítása

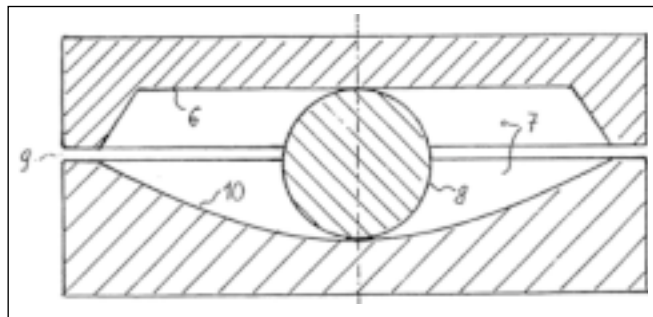
A szerkezet típusa	$\zeta$ [%]
Hegesztett acélból készült keret, hajlékony fal	2
Hegesztett vagy szegecselt acélkeret, külső merev, belső hajlékony fal	5
Hegesztett vagy szegecselt acélkeret, vasbeton fal	7
Vasbeton keret, hajlékony falak	5
Vasbeton keret, külső merev, belső hajlékony fal	7
Vasbeton keret, vasbeton vagy falazott fal	10
Vasbeton falváz, falazott tartószerkezet	10
Faszerkezetek	15

## Szigetelő [6]

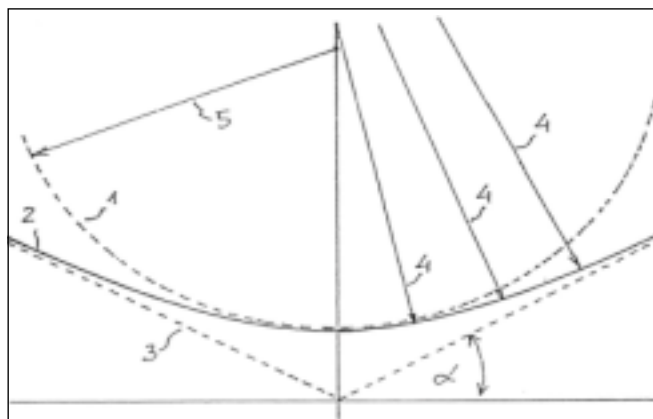
A szigetelő felső része a felépítmény alsó végfelületéhez, alsó része az alépítmény felső végfelületéhez mereven van rögzítve. Ebben az esetben az alsó és a felső rész közötti üregben golyó van, amely a tehernek a felső részből az alsó részbe közvetítését és az alsó résznek a felső részhez viszonyított vízszintes mozgását lehetővé teszi.

A kialakítás lényege, hogy a felső rész alsó felülete vízszintes sík, és az alsó rész felső felülete olyan forgásfelület, például forgáshiperboloid, amelynek forgástengelye függőleges, és amelynek a pontjaihoz tartozó görbületi sugár folyamatosan növekszik, ahogy a forgásfelület pontja távolodik a forgástengelytől, és a forgástengelytől azonos távolságra lévő pontoknak azonos nagyságú görbületi sugara van (6. és 7. ábra).

A 6. és 7. ábra egyes elemeinek magyarázata: (1) képzeletbeli gömbfüggőleges, (2) forgáshiperboloid, (3) a forgáshiperboloidhoz tartozó aszimptotakúp, (4) a forgáshiperboloidhoz tartozó görbületi sugár, (5) a gömbfüggőleges görbületi sugara, (6) a felső rész, (7) a két rész közötti üreg, (8) a golyó metszete, (10) az alsó rész felső felületének a metszete.



6. ábra: Szigetelő



7. ábra: Szigetelő geometriája

A golyó sugarát a rá ható függőleges teher és a várható legnagyobb elmozdulás függvényében kell méretezni, és a korlátozni kívánt vízszintes rezgések amplitúdójának a függvényében kell a forgáshiperboloidot meghatározni.

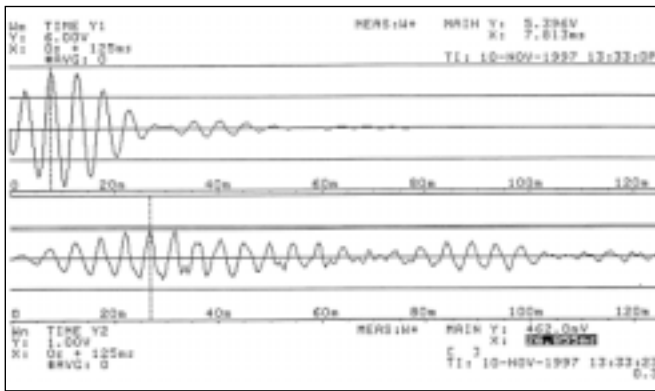
Az itt bemutatott szigetelő sajátrezgését a felső és alsó rész anyaga és felületi megmunkálása, a két rész közötti legkisebb távolság, a golyó anyaga, sugara és felületi megmunkálása határozza meg.

Előnye a leírt, szabadalmaztatott szerkezetnek, hogy a golyóra nyíróerő sohasem hat, mivel a szerkezet felső részének alsó felülete sík, görbületi sugara végtelen. Következésképpen az alsó rész vízszintes irányú elmozdulásának csak egy hányada tevődhet át a felső részbe. A kifejtett fékezőerő korlátozott, mivel a hiperboloid felületéhez húzott érintősíknak a vízszintessel bezárt szöge sohasem nagyobb, mint a hiperbola aszimptotájának a hajlásszöge, vagyis a  $tga$  mennyiség.

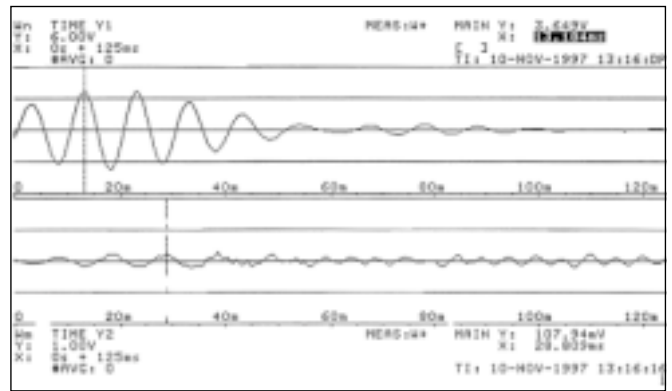
## Vizsgálatok és eredmények

Nagyszámú rezgésvizsgálati kísérletet végeztünk, amikor az itt bemutatott szigetelőt egy atomreaktor tartalmazó konténer modelljének elszigetelésére alkalmaztuk. Nem került el a figyelmünket a szigetelő és a modell sajátrezgése sem. A gerjesztés és a szigetelés értékeléséhez regisztráltuk a gerjesztő szinuszhullámot, valamint a támaszokon bevitt mozgást. A konténeren regisztrált rezgéseket ebben a cikkben nem mutatjuk be.

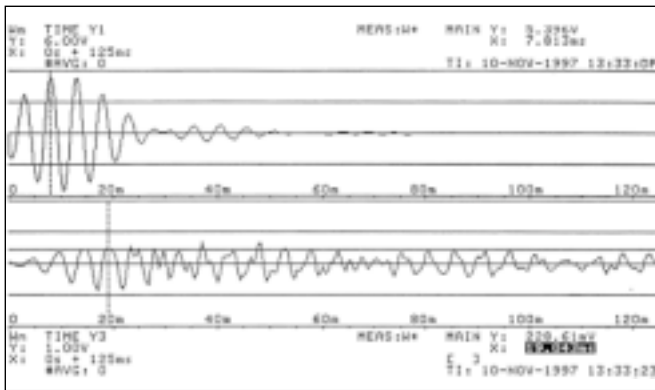
A 8. és a 9. ábra a 200 Hz-nél gerjesztett választékot tartalmazza Y2 és Y3 irányban. A felső sor a gerjesztés regisztrátuma, az alsó a válaszá. A 10. és a 11. ábra 160 Hz-nél, a 12. és a 13. ábra 100 Hz-nél



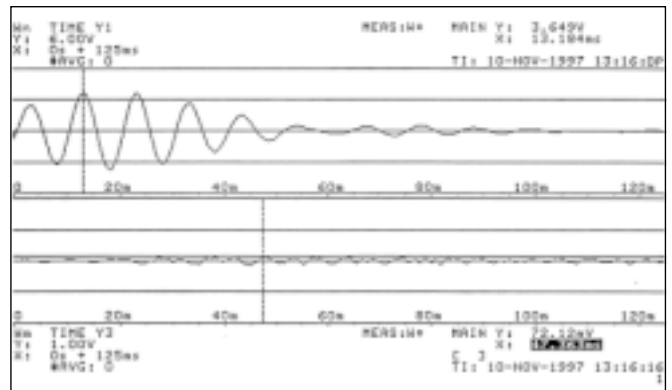
8. ábra: 200 Hz = Y2



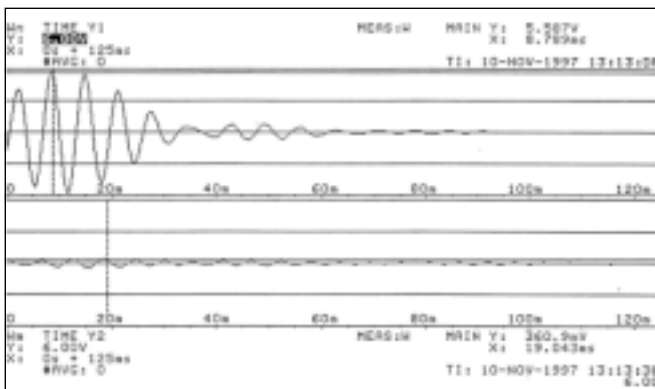
12. ábra: 100 Hz = Y2



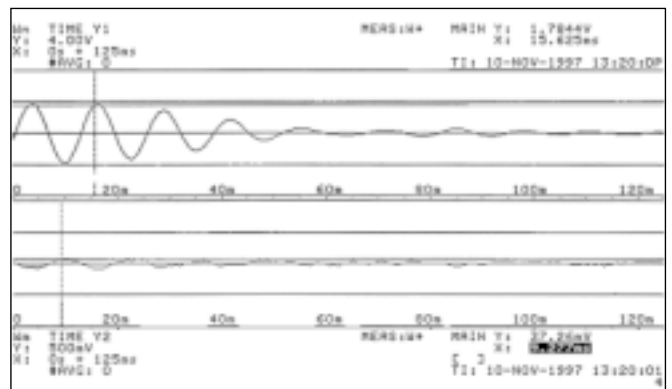
9. ábra: 200 Hz ⊥ Y3



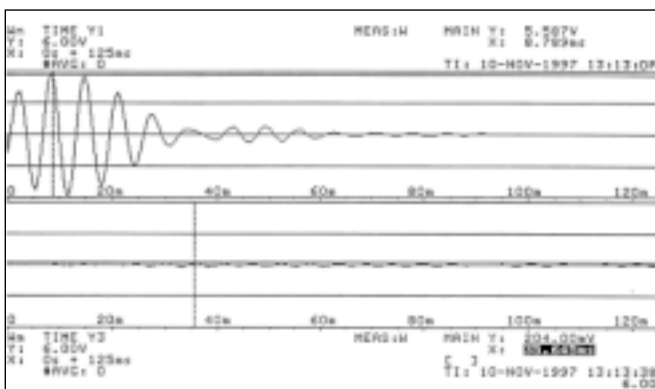
13. ábra: 100 Hz ⊥ Y3



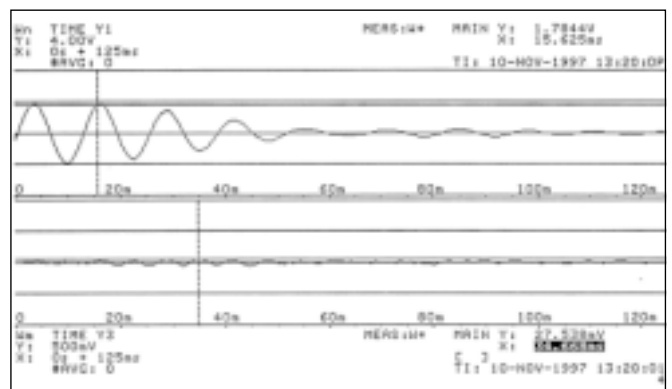
10. ábra: 160 Hz = Y2



14. ábra: 80 Hz = Y2



11. ábra: 160 Hz ⊥ Y3



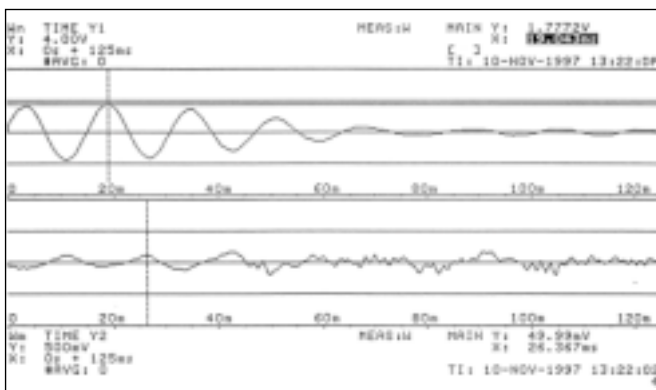
15. ábra: 80 Hz ⊥ Y3

tartalmazza a gerjesztésre adott válaszokat. A 14. és a 15. ábra 80 Hz-nél, a 16. és a 17. ábra 60 Hz-nél, végül a 18. és a 19. ábra 40 Hz-nél tartalmazza a gerjesztésre adott válaszokat.

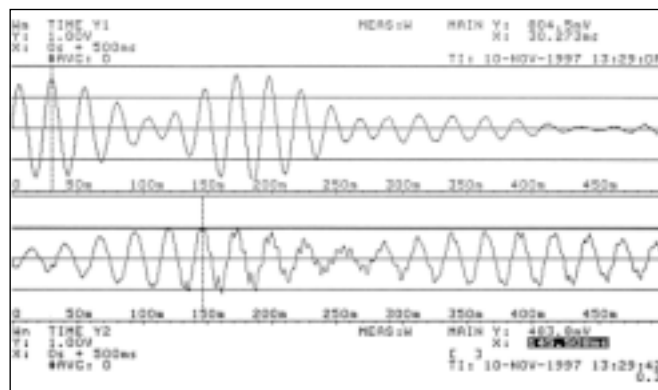
A gerjesztés vízszintes irányú Y1 jelű, az átvitt rezgés ennek megfelelő irányú és Y2 jelű, rá merőleges irányban pedig Y3 jelű. Az idő függvényt [ms] (milli-

szekundumban), a mozgást [mV] (millivoltban) mértük. A méréseket 40 Hz, 63 Hz, 80 Hz, 100 Hz, 160 Hz és 200 Hz rezgésre végeztük el.

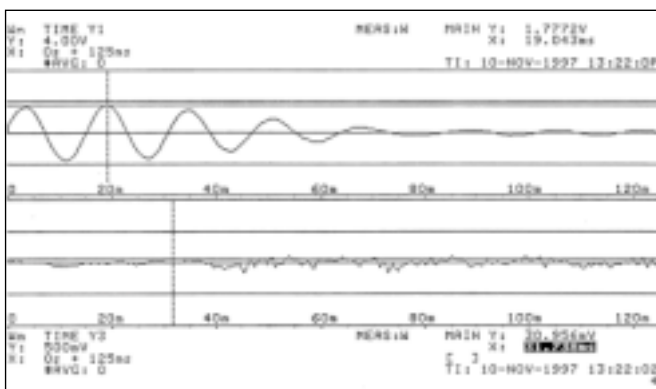
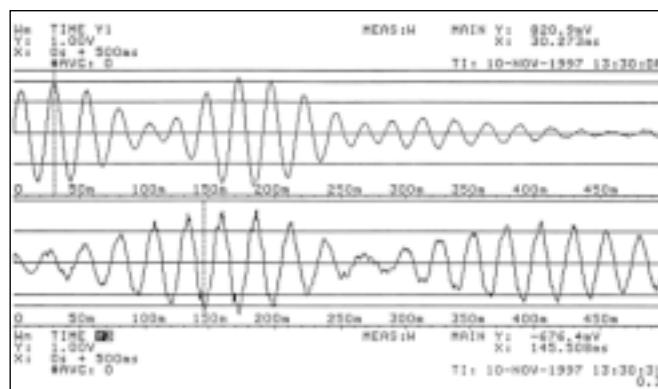
A méréshez BK3055 Analyser Multichannelt, BK 48025 rázóasztalt, a KFKI rezgésvizsgáló laboratóriuma felszerelését használtuk. Az energia elnyelésre viszonylag jó megközelítést adhat a gerjesztés és a



16. ábra: 63 Hz = Y2



18. ábra: 40 Hz = Y2

17. ábra: 63 Hz  $\perp$  Y319. ábra: 40 Hz  $\perp$  Y3

válasz mért amplitúdójának és periódusidejének az átlaga, melyet a 3. táblázat tartalmaz.

Az energiamérleg eredményét a szigetelés után a szerkezetet gerjesztő energia és a bevitt energia aránya adja meg. A bevitt és a szerkezetbe bekerülő energiát lépésenkénti integrál formájában számítottuk, összehasonlítva őket, így a szigetelés minőségére kapunk információt (4. táblázat). A szigetelő sajátfrekvenciáját számítási és mérési eredmények alapján 37 Hz körül találtuk.

### Konklúzió

Az általunk végzett kísérleti eredmények azt támasztják alá, hogy a megfelelő módon méretezett szigetelő sikeresen alkalmazható vízszintes irányú rezgések semlegesítésére, például épületek, építmények, szerkezetek, szerelvények és műszerek szigetelésére.

Köszönetet mondunk *dr. Endrőczy Gábornak* a vizsgálatok elvégzéséhez nyújtott segítségével.

3. táblázat

A vizsgálati eredmények összesítése

Frekvencia [Hz]	Y1		Y2		Y3	
	[mV]	[ms]	[mV]	[ms]	[mV]	[ms]
200	5396	7,813	462,0	26,855	228,61	19,043
160	5587,0	8,789	360,9	19,043	204,00	35,645
100	3649,0	13,184	107,94	28,809	72,12	47,363
80	1784,4	15,625	37,26	9,277	27,538	34,668
63	1777,2	19,043	49,99	26,367	30,956	31,738
40	820,9	30,273	493,8	145,508	-676,4	145,508

4. táblázat

Az energiamérleg eredménye [%]

Frekvencia [Hz]	200	160	100	80	63	40
Y2	8,56	6,46	2,96	2,09	2,81	98,0
Y3	4,24	3,65	1,98	1,54	1,74	82,4

- [1] Csák B., Hunyadi F., Vértes Gy.: Földrengések hatása az építményekre. Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1981.
- [2] Skinner, R. I.; Robinson, W. H.; McVerry, G. H.: An introduction to seismic isolation. John Wiley & Sons Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, 1993.
- [3] HU 194339 A E 02 D 27/34, E 04 H 9/02: Földrengés ellen védő alapozási szerkezet építményekhez.
- [4] DE 38 19591 A1int. C14 E 04/H 9/02, E 04B 1/36, E 04 B 1/98: Bebensichere Ausführung der Gebauten durch Pendellagerung.
- [5] prEN 1998-1. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part1: General rules, seismic actions and rules for buildings. Draft No 5. May 2002.
- [6] HU 216 259 A Int. Cl.<sup>6</sup> E 02 D 27/34: Szerkezet korlátolt erősségű vízszintes irányú rezgések hatásának semlegesítésére.
- [7] Hangan, S; Crainic, L: Concepte si metode energetice in dinamica constructiilor. Editura Academiei RSR, Bucuresti, 1980.
- [8] MSZ 15020-86. Építmények teherhordó szerkezetei erőtani tervezésének általános előírásai.
- [9] MSZ 15021/1-86. Építmények teherhordó szerkezetei erőtani tervezése. Magasépítési szerkezetek terhei.
- [10] Kelly, J. M.; Aiken, I. D.: Experimental studies of the seismic response of structures incorporating base-isolation systems. Nuclear Engineering and Design 127(1991) 329–338.
- [11] TT – TS 4 2003: Méretezés földrengésre az európai elvek figyelembevételével. Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozat.
- [12] Akiyoshi Hasebe; Hideo Kojima; Kzuo Tamora: Design experience of a base-isolation system applied to a computer center building. Nuclear Engineering and Design 127(1991) 339–347.
- [13] Kolonits F.: Az atomerőművek földrengés-biztonságáról. „Magyarország földrengés-biztonsága”. Mérnökszeizmológiai konferencia. Győr, 2002. november 5.
- [14] USP 4,651,481 Mar. 24, 1987: Progressive shock absorption system for reducing the seismic load of buildings.
- [15] Giuliani, G. C.: Design experience on seismically isolated buildings. Nuclear Engineering and Design 127(1991) 349–366.
- [16] Ifrim, M.: Analiza dinamica a structurilor si inginerie seismica. Editura Didactica si Pedagogica. Bucuresti, 1983.
- [17] Kley, A. H.: Seismic reflection interpretation. Elsevier Applied Science Publishers. London and New York. 1984.
- [18] Georisk: Magyarország Földrengési Információs Rendszere (FIR). [www.foldrenges.hu](http://www.foldrenges.hu)
- [19] Lyon, R. H.: Statistical energy analysis of dynamical systems: theory and applications. MIT Press Cambridge, Massachusetts, and London, England, 1981.
- [20] Sollogoub, P. S.: Inelastic behavior of structures on aseismic isolation pads. 10 th European Conference on Earthquake Engineering. Duma, 1995. Balkema, Rotterdam. Pp. 1925–1928.
- [21] Sollogoub, P. S.: Seismic methodology for industrial equipment. 10 th European Conference on Earthquake Engineering. Duma, 1995. Balkema, Rotterdam. Pp. 2695–2697.
- [22] MSZ 15021/2-86. Építmények teherhordó szerkezetei erőtani tervezése. Magasépítési szerkezetek merevségi követelményei.

## Summary

### A structure to reduce horizontal vibrations

Buildings can be protected against earthquake shocks by active or passive methods. The paper describes an active protecting equipment used for seismic isolation between the foundation and the structure itself. The results of full-size laboratory test are presented.



# Kritikus helyeken alkalmazható hossz-szelvényi pályaszinttörések lekerekítése – inflexiós ívekkel – grafikonok segítségével

Fonyó Krisztián<sup>1</sup>

## 1. Bevezetés

A mai korszerű szemléletű úttervezés alapvetően számítógépes programokra (pl.: MicroPiste) épül. Ezek használata nem teszi lehetővé, illetve jelentősen korlátozza a belterületi utak (utcák, lakóutak) tervezését, mivel ezekben lényegesen több kötöttség van, mint a külterületi utak esetében. Sokszor fordul elő, hogy az utcában lévő útsatlakozások, bejárók szintjei, valamint egyéb kötött magasságok miatt szükség van „hagyományos” tervezésre, esetleg a munka tulajdonságai vagy volumene miatt nem célszerű a gépi tervezés.

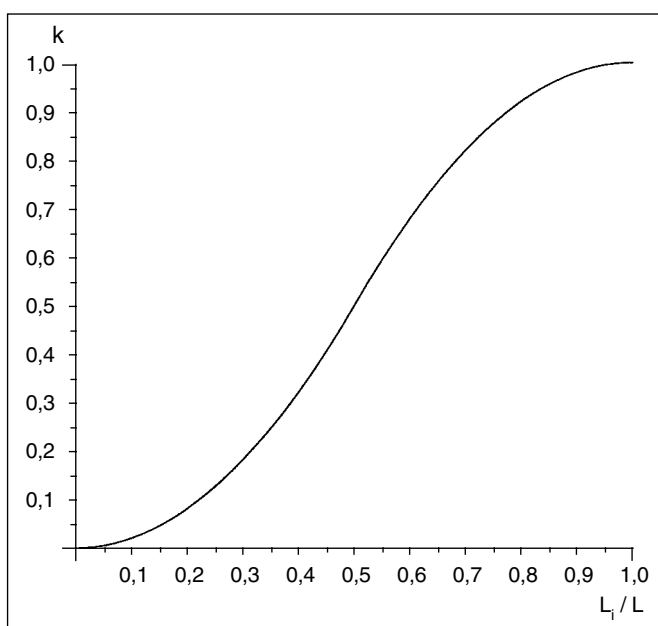
Domb-, illetve hegyvidéken (pl.: Veresegyháza, Bicske) a „kézi” tervezés esetenként „igényli” az inflexiósan csatlakozó hossz-szelvényi ívek alkalmazását, amit nemcsak számítógéppel, de szerkesztve is nehéz megtervezni.

E cikkben bemutatok egy új tervezési eljárást, mely erre a problémára nyújt megoldást más tervezési területről. Az ezzel a módszerrel tervezett hossz-szelvény beilleszthető a számítógépes programokba.

## 2. Előzmények

Az utak tervezése során találkozhatunk az útpálya-szélesítés, illetve a forgalmi sávok elhúzásának fogalmával is.

E műszaki megoldások tulajdonképpen inflexiós ívek alkalmazásával jönnek létre (az 1. ábrán látható grafikon hasonlít egy „összenyomott” inflexiós hossz-szelvényre), így célszerűnek látszik e módszer átvé-



1. ábra

tele a hossz-szelvények lekerekítésének tervezésekor, figyelembe véve a hossz-szelvény tulajdonságait, valamint a tervezési előírásokat is.

Mint ahogy az útpálya-szélesítések számítása egyszerű módszer, így jött létre az új eljárás célszerűségének a gondolata.

## 3. Az eljárás alapjai

Útjaink tervezésének legalapvetőbb paramétere a tervezési sebesség ( $v_t$  [km/h]). Ez határozza meg az új minimális tervezési adatait.

A hossz-szelvény tervezéséhez szükséges esésváltoztató módszer alkalmazásához ismernünk kell a tervezési sebességet, valamint az ehhez tartozó legkisebb lekerekítő íveket ( $R_{dmin}$ , min  $R_h$  [m]), illetve az ezekhez alkalmazni javasolt oldalhosszakat ( $a$  [m]), ami  $v_t = 30 - 60$  km/h között  $a = 10$  m.

Az

$$e_0 = (100 \times a) / R_f \quad (1)$$

$e_0$  – esésváltozás a szomszédos sokszögoldalok között [%]

$a$  – oldalhossz [m] => ( a számítási eljárásban  $a = 10$  m)

$R_f$  – a lekerekítő ív sugara [m]

összefüggésből számítható az esésváltozás, ami a gyakorlati tapasztalatok alapján  $e_0 = \max. 2,00 (2,50)$  % lehet.

A tervezési sebességekhez tartozó ( $v_t = 30 - 60$  km/h) minimális lekerekítő ívekből [1] számított  $e_0$  esésváltozásokat (  $a = 10$  m-es oldalhosszra) az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Tervezési sebesség és az esésváltozás táblázata

$v_t$ [km/h]	$R_{dmin}$ [m]	$e_0$ [%]	min $R_h$ [m]	$e_0$ [%]
30	160	> 2,00	250	> 2,00
40	350	> 2,00	500	2,00
50	700	1,43	800	1,25
60	1 200	0,83	1 100	0,91

## 4. A számítási eljárásban alkalmazandó grafikonok értelmezése és az ezekkel tervezett hossz-szelvény tulajdonságai

### 4.1. Az 1. ábra grafikonja (Számítási grafikon)

Az útpálya-szélesítés táblázatos formáját [2] feldolgozó grafikon az 1. ábrán látható, ahol

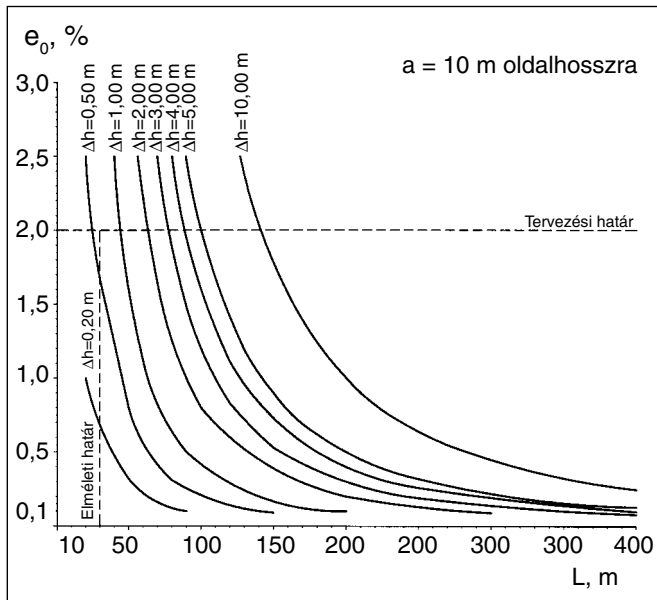
$L_i$  – az  $i$ -dik szakaszhossz [m] ( $n \times 10$  m),

$L$  – az inflexiós átmenet hossza [m] (a 2. ábrából),

$L_i / L$  – hányados [dimenzió nélkül],

$k$  – az egységnyi magasságkülönbséghez tartozó ordináta érték [dimenzió nélkül].

<sup>1</sup> Építőmérnök, építési műszaki ellenőr (út- és hídépítés), környezetgazdálkodási szakmérnök, fonyo2@freemail.hu



2. ábra

#### 4.2. A 2. ábra grafikonja (Tervezési grafikon)

Az egyes magasságkülönbségek  $\Delta h$  [m] (0,20; 0,50; 1,00 – 5,00, 10,00 m), az  $L$  [m] (10 – 400 m) hosszak, valamint az  $e_0$  [%] (0,10 – 2,50 %) esésváltozások közötti összefüggéseket a 2. ábra szemlélteti.

Ebből látható, hogy pl.  $v_t = 50$  km/h tervezési sebesség esetén a maximális  $e_0 = 1,25$  % mellett a  $\Delta h = 2,00$  m-es magasságkülönbség legyőzéséhez  $L = 80$  m-es átmeneti szakaszra van szükség.

Az ábrán szerepel az  $e_0 = 2,00$ %-os tervezési határ is, de az értékek  $e_0 = 2,50$ %-ig vannak kiszámítva.

Az  $L = 30$  m-t elméleti határnak kell tekinteni, hiszen ez alatt csak 2 szakasz van, aminél nem érvényes ez az eljárás.

#### 4.3. A hossz-szelvény tulajdonságai

Az ezzel az eljárással tervezett – 0%-os esésekhez csatlakozó – hossz-szelvény tulajdonságai – a matematikai levezetések és összefüggések felhasználása nélkül – a következők:

- az első és az utolsó „a” hosszon az esésváltozás  $\sim e_0/2$  (beírt sokszög esete);
- az esésváltozás a többi helyen  $e_0$ , kivéve az inflexiós pontnál, ahol  $e_{0\text{ infli}} < e_0$ ;
- az inflexiós pontnál – páros számú oldalhossz esetén – a pont előtti és utáni oldalak hossz-esése megegyezik;
- a teljes átmeneti hossz esései és esésváltozásai az inflexiós pont tengelyére tükrösek.

## 5. A számítási eljárás

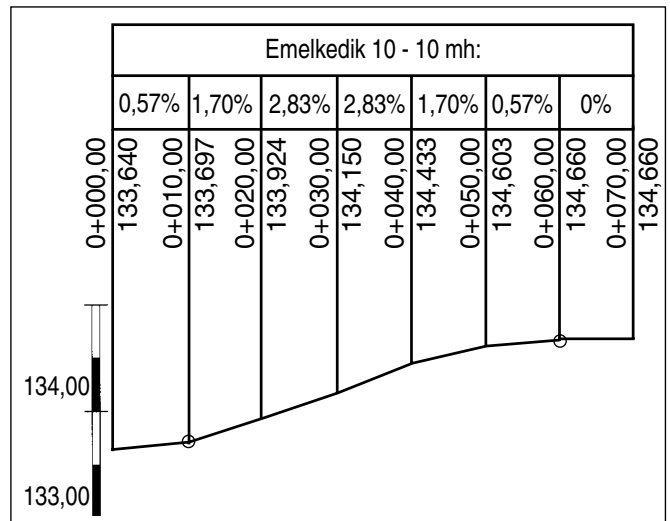
A számítási eljárás egyes lépései a következők:

- Meghatározzuk a tervezési sebességet, és ebből az alkalmazni kívánt lekerekítő íveket, majd az (1) összefüggés alapján kiszámítjuk az  $e_0$  [%]-t, vagy használjuk a 1. táblázatot.
- Kiszámítjuk a csatlakozási pontok közötti függőleges  $\Delta h$  [m] magasságkülönbséget.
- A 2. ábrából leolvassuk az  $e_0$ -tól és a  $\Delta h$ -tól függő  $L$  [m] értéket.
- Ezután kiszámítjuk az  $L_i / L$  értékeket.
- Az 1. ábrából leolvassuk az  $L_i / L$  hányadosoktól függő  $k_i$  értékeket.
- A  $h_i = k_i \times \Delta h$  összefüggésből számítjuk az egyes  $i$  hosszakhoz tartozó  $h_i$  [m] magasságokat.
- Az alapmagassághoz (a csatlakozó szelvényben lévő magasság) hozzáadjuk az egyes  $L_i$  hosszakhoz tartozó  $h_i$  értékeket, így megkapjuk a pályaszintmagasságokat.
- A végén kiszámítjuk az egyes oldalak esését.

## 6. Példa

Ez a példa azt mutatja be, hogy ezt a számítási eljárást nemcsak vízszintes ( $e \approx 0$ %) utakhoz való csatlakozásnál lehet felhasználni, hanem már meglévő hossz-szelvényekbe is „beilleszthető” az ezzel az eljárással tervezett útszakasz.

A 3. ábrán kis körrel vannak jelölve a fix (kötött) magasságok, mert ezek útcsatlakozásokat jelentenek.



3. ábra

Látható továbbá, hogy az első szakaszon 0,6% emelkedés van, a csatlakozó út hosszesése 0%.

2. táblázat

Példa-táblázat: számítási adatok

i:	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00
$L_i / L$ :	0	0,16667	0,33333	0,50000	0,66667	0,83333	1,00000
$k_i$ : (1. ábrából)	0	0,05540	0,22235	0,50000	0,77764	0,94458	1,00000
$h_i$ [m]:	0	0,057	0,227	0,510	0,793	0,963	1,020
pályasz.:	133,640	133,697	133,924	134,150	134,433	134,603	134,660

**Adott:** – a tervezési sebesség:  $v_t = 30$  km/h,  
 – a kezdő magasság: 133,70 m EOMA,  
 – a csatlakozó magasság: 134,66 m EOMA,  
 – a  $\Delta h$  magasságkülönbség: 0,96 m,  
 – az L szakasz hossza: 50 m (adottság).

**Számítandó:** –  $e_0$  [%],  
 – pályaszint-magasságok.

**Számítások:**

- A tervezési sebesség és az 1. táblázat alapján az  $e_0$  max = 2,00 (2,50)%.
- Mivel tudjuk [4.3. A hossz-szelvény tulajdonságai], hogy az első és az utolsó „a” hosszson az esésváltás  $\sim e_0/2$ , a 0,6%-ot tekintve kezdő hosszsesésnek a 2. ábrából leolvassuk az első hossz kétszeres ( $0,6\% \times 2 = 1,2\%$ ) oldalesés változásához és a  $\Delta h = 0,96$  m magasságkülönbséghez tartozó L hosszat. Ez 60 m.
- Így ezt a szakaszt 60 m-es hosszson tervezzük, de  $\Delta h = 1,02$  m-es magasságkülönbséggel és 133,64 m EOMA kezdő magassággal.
- A 2. táblázatban fel vannak tüntetve a számítási adatok, így a tervezési szakaszokhoz tartozó

- $L_i / L$  értékek is (pl.:  $L_{10} / L_{60} = 10 / 60 = 0,16667$ ), melyek segítik a számítási eljárás megértését.
- Az  $L_i / L$  értékekhez tartozó  $k_i$  értékeket az 1. ábrából olvashatjuk le (pl.:  $L_{10} / L_{60} = 0,16667 \Rightarrow k_i = 0,05540$ ).
  - A  $h_i$  értékeket a  $\Delta h \times k_i$  szorzatból nyerjük (pl.:  $k_i = 0,05540 \Rightarrow 1,02 \times 0,05540 = 0,057$  m =  $h_{10}$ ).
  - Az egyes „a” hosszakhoz tartozó pályaszinteket a kezdő magassághoz kell hozzáadni, és így alakul ki pl.: a 0+040 km sz.-ben a 133,64 + 0,793 = 134,433 m EOMA magasság.
  - Ezután számítjuk ki az egyes hosszakon az eséseket. Ennek maximuma példánkban:  $e$  max = 2,83%, ami alatta marad a  $v_t = 30$  km/h-hoz tartozó max.  $e = 15\%$  értéknek.  
 A maximális  $e_0 = 1,13\%$ , ami szintén kisebb, mint az  $e_0$  max = 2,00%, és egyezést mutat a 2. ábrán tervezett  $e_0 = 1,2\%$ -os értékkel.

**Irodalom**

- ÚT 2-1.201: 2004 Közutak tervezése; Útügyi Műszaki Előírás
- Városi Utak Tervezési Szabályzata, 1973

## Summary

### Rounding-off method of longitudinal sections with the help of inflexion curves and graphs in critical cases

This article describes an easy way how to plan longitudinal sections with graphs in critical cases without computer, when usual design software can't be used for road planning. This may be recommended when having a high number of vertically fixed conditions (e.g. connecting roads, entrance gates) or computer aided design is not expedient due to the character or volume of designing works.

## Nemzetközi szemle

### GPS adatok felhasználása közlekedéstervezési és forgalomfigyelési célokra

*The use of historic GPS data in transport and traffic monitoring*

Barry Storey, Robert Holtom

Traffic Engineering and Control 2003. 10.

p. 376-379. á5, t1.

A GPS nyomkövető adatok gyűjtése és felhasználása hatékony eszközt biztosít a részletes és pontos utazási idő és utazási sebesség adatok megállapítására. Ezeket az adatokat a közlekedéstervezésben széleskörűen alkalmazzák. A GPS nyomkövetővel felszerelt járművek száma az Egyesült Királyságban 2003-ban elérte a 70 ezret. Mintegy 50 ezer jármű adatát gyűjtötték össze 3 éven át a vizsgálathoz. A GPS rendszerek között biztonsági, flottakövető, navigációs és torlódásfigyelő egyaránt megtalálható. Az adatok jellemzően 1 percenkénti pozíciót tartalmaznak egyedi járműazonosítóval, mely a névtelenséget biztosítja. A mintában a tehergépkocsik aránya viszonylag magas. A feldolgo-

zás első lépése az adatok illesztése a digitális úthálózati térképre, ami a különböző bizonytalanságok miatt mintegy 80%-ban sikeres. Ezt követi az utazási sebesség meghatározása, mely 50 m hosszúságú részszakaszokra történik, a részszakaszok forgalmi jellemzőinek figyelembevételével. A percenkénti mintavételből adódó szükségszerű pontatlanságot a megfigyelt járművek számának növekedése ellensúlyozhatja. Az adatok elemzése megfelelő kalibrálás után hasznos eredményeket ad a tervezés számára. Az egyik leggyakoribb felhasználási lehetőség a torlódások megfigyelése, a torlódáscsökkentő forgalomtechnikai intézkedések hatásának előtte-utána vizsgálata, hálózati teljesítmény mutatók képzése, a szolgáltatási szint értékelése. Az elérhetőség modellezésének reális alapokra helyezése szintén fontos és ígéretes alkalmazási terület. Az utazási időre és sebességre vonatkozó részletes adatok lehetőséget adnak a forgalom előrebecslési modellek tényleges forgalmi helyzethez igazodó kalibrálására. A GPS nyomkövetővel felszerelt járművek arányának növekedésével az így nyerhető adatok egyre gazdagabb információt nyújtanak a közlekedéstervezés számára.

G. A.

## Az EU eSafety közlekedésbiztonsági programja – szakértői ülés 2004. 09. 27.

*The eSafety High-Level Meeting with the Public Authorities*

2003. szeptemberben az Európai Bizottság elkészített egy jelentést „Információs és kommunikációs technológiák a biztonságos és intelligens járművek számára” címmel (COM(2003)542 Final, 15.9.2003). A fő cél a közúti közlekedés biztonságának javítása, összhangban az EU közlekedéspolitikai célkitűzésével, mely szerint 10 év alatt, 2010-ig felére kellene csökkenteni a közúti balesetek áldozatainak számát. Ez a célkitűzés az EU 25 országra történő bővítése után sajnos kevésbé reális, mert az új tagországok baleseti helyzete – Málta kivételével – kedvezőtlenebb, mint a korábbi tagországoké. 2003-ban a 25 jelenlegi EU tagállamban mintegy 46700 közúti baleseti halottat regisztráltak.

### **Elektronikus közlekedésbiztonsági fórum (eSafety Forum)**

A jelentés egyik eredményeként elektronikus közlekedésbiztonsági fórum (eSafety Forum) alakult mintegy 150 résztvevővel, akik az ipari, a közigazgatási és a felhasználói oldalt egyaránt képviselik. Jelmondatuk: tegyük biztonságosabbá Európa útjait mindenki számára. A fórum az Interneten európai közúti közlekedésbiztonsági információs honlapot működtet (www.escope.info). A fórum legutóbbi közigazgatási szakértői ülését 2004. szeptember 27-én tartották Brüsszelben 21 ország és több nemzetközi szervezet részvételével.

A fórum célja az új technológiák alkalmazásának elősegítése a biztonságosabb közúti közlekedés érdekében. Pozitív példaként a blokkolásgátló fékrendszer (ABS) széles körű elterjedését említik. Számos résztvevő segítheti elő a cél teljesülését: az Európai Bizottság, a tagállamok, a közúti közlekedési hatóságok, az autópálya, a telekommunikációs ipar, a szolgáltatók, az úthasználók szervezetei, a biztosítók, az üzemeltetők, a kutatók és mások. A fórum rendszeresen tájékoztatja az Európai Bizottságot és a tagállamokat a technológiai fejlesztések állásáról, és javaslatot tesz azok bevezetésére.

### **Elektronikus segélyhívás (eCall)**

Az elektronikus segélyhívás, melyet közúti baleset bekövetkezése esetén a gépkocsi vezetője, utasa, vagy eszméletlenség esetén az automatika kezdeményez, információt küld a jármű helyzetéről és állapotáról a segélyközpont számára. A műszaki alapot a már hazánkban is elfogadott E112 rendszer biztosítja, amely szerint a mobil telefon szolgáltatók kiemelt prioritással továbbítják a segélyhívásokat. Az eCall infor-

máció minimális tartalma: az esemény ideje, az esemény helye és az esemény előtti haladás iránya, a jármű azonosítója, a baleset súlyosságának jellemzője, a szolgáltató azonosítója.

Az elektronikus segélyhívás bevezetésének várható eredménye:

- a balesethez érkezés idejének csökkentése vidéken átlag 50%-kal, városban 40%-kal,
- évente több mint 2000 emberélet megmentése (a 15 régi EU tagországra számítva),
- a súlyos sérülések 15%-a a könnyű sérülés kategóriába kerül át,
- segélyhívóval felszerelt járművenként évente átlag 600 Euró költségmentesítés.

A veszélyhelyzet esetén a járművekben működő európai interoperábilis elektronikus segélyhívás megvalósítása érdekében 2004. szeptember 16-án Együttműködési Megállapodást (MoU) írtak alá az ACEA (Európai Autógyártók Szövetsége), az ERTICO (Európai Intelligens Közlekedési Szervezet) és az Európai Bizottság Információs társadalom Főigazgatóságának vezetői. A tagállamoktól azt várják, hogy szintén aláírják ezt az Együttműködési Megállapodást.

### **Valós idejű közlekedési és utazási információk (RTTI)**

A friss közlekedési információ segíti a hatékonyabb forgalom lebonyolódást, lehetővé teszi a balesetek elkerülését. A valós helyzet ismeretében a navigáció hatékonyan segítheti a segélyjármű balesethez érkezését a kialakuló forgalmi dugó elkerülésével. A rádióadással együtt sugárzott közlekedési információt már 3 millióan veszik igénybe Európában. Ez az RDS-TMC (Radio Data System – Traffic Message Channel) szabványosított adatkapcsolat, melyet a tapasztalatok szerint legkedvezőbben az állami és a magán szektor együttműködésével (PPP) lehet üzemeltetni. A közútközlekedés feladata az információ összegyűjtése, ellenőrzése és rendelkezésre bocsátása. A navigációs rendszerek széles körű elterjedésével azok dinamikussá válása szintén igényli ezt a fajta információt. Cél, hogy 2010-re az európai utazások 80%-át segítse a valós idejű közlekedési információ szolgáltatása.

### **Vezető-jármű interakció (HMI)**

A járművekben egyre több elektronikus szerkezet jelenik meg, melyek kezelése elvonhatja a vezető figyelmét. Fontos tehát az egyensúly biztosítása az innováció és a biztonság között. A különböző után-gyártott, nem eredeti és kézi eszközök használata veszélyes lehet, ezért ezt a területet szabályozni szükséges. A korábban kiadott európai alapelvek felülvizsgálata folyik, az új szabályozás 2005-ben várható. A helyzet figyelemmel kísérése és a szabályok betartatása minden tagállam saját feladata.

G. A.



# Közlekedésbiztonsági kérdések a Békéscsaba és Gyula közötti négysávos úton<sup>1</sup>

Szabó László<sup>2</sup>

## 1. Bevezetés

A 2015-re javasolt gyorsforgalmi úthálózat egyik eleme az M44 számú, Kecskemét–Békéscsaba–Gyula (Románia felé az országhatár) között létesítendő autópút.

Ennek Békés megyei részei szakaszosan a következők szerint épültek, épülnek, illetve fognak épülni:

- Gyulát elkerülő I. (1997)
- Gyulát elkerülő II. (2000)
- Békéscsaba–Gyula, négysávos kiépítés I. (2003)
- Békéscsaba–Gyula, négysávos kiépítés II. (2004)
- Békéscsabát elkerülő I. (2004)
- Békéscsabát elkerülő II. (2006)

Maga a 44. sz. Kecskemét–Békéscsaba–Gyula közötti I. rendű főút főleg az M5 autópálya és az 5. sz. főút felől Románia felé tartó tranzitforgalom jelentős részét vezeti le a gyulai határátkelőhelyhez. Emellett Békés megye kapcsolatát tartja Budapest, illetve a dunaföldvári Duna-híd irányába is.

## 2. Kétsávos út, egysávos körforgalom

Mind Békéscsaba, mind Gyula város határában a négysávos út és az elkerülő szakaszok kapcsolatát körforgalmú csomóponttal oldották, illetve oldják meg.

A körforgalomból való kijövetelnél, ahol kezd megnyílni a folyópálya második sávja, nyomatékositani kell a gépkocsivezetőkben, hogy a kiváló paraméterű (tervezési sebesség 100 km/ó) útvonalon is „csak” 90 km/ó az engedélyezett sebesség. (1. ábra)



1. ábra

A körforgalomba behajtás előtt a belső forgalmi sávot kellett megszüntetni. (2. ábra)



2. ábra

A gyulai körforgalomba csatlakozásnál a szélső forgalmi sáv „direkt ág”-ként közvetlenül a határátkelőhelyhez tart, a belső sáv pedig a körforgalmú csomópontba köt bele.

## 3. A leállósáv megszüntetése

A két forgalmi sáv mellett megépített leállósáv megszüntetésének forgalomtechnikai kialakítására a meglévő tervek nem adtak megoldást. Több lehetséges gyakorlati változat közül a képen látható variációt valósították meg. (3. ábra)



3. ábra

## 4. Befogadó sáv avagy önálló balra kanyarodó sáv

Az útszakasz egy része gondot okozott. Ugyanis az egyik oldalon viszonylag nagyforgalmú, jelentős méretű kiépített parkolós vendéglátó-ipari létesítmény

<sup>1</sup> A 2004. évi útügyi napokon Békéscsabán elhangzott előadás alapján

<sup>2</sup> Okl. üzemmérnök, a Békés Megyei Állami Közútkezelő Kht. forgalomszabályozási és hálózatkezelői osztály vezetője

behajtó ága található, ezzel szemben pedig egy Békéscsabához tartozó külső városrész kétirányú forgalmát lebonyolító bekötőút van.

Az eldöntendő kérdés az volt, hogy a városrész felől érkező, és balra nagyívben a négysávos útra kanyarodó járművek részére épüljön „befogadó sáv”, vagy pedig a nagykapacitású kiépített parkolós vendéglátó-ipari létesítmény kapjon önálló balra kanyarodó sávot. A terv mindkét változata elkészült.

Az érintettek közötti többszöri egyeztetés után végül is az önálló balra kanyarodó sávot változatot építettük ki. (4. ábra)



4. ábra

### 5. Gyalogos felüljáró vagy aluljáró

Mintegy 15 évvel ezelőtt a Békéscsaba és Gyula közötti útvonal legveszélyesebb 1 km-es részén (Veszei térségében) ívkorrekcióra és részbeni négynyomúsításra került sor. E korszerűsítés keretében gyalogos felüljáró is épült.

Az eltelt másfél évtized egyértelműen bebizonyította, hogy a gyalogosok nem fognak felmenni a 7 m magas felüljáróra, ha nem kizárt az úttesten az átkelési lehetőségük (nincs kiépítve „áthághatatlan” fizikai akadály, vagy nem oly nagy a gépjárműfogalom, hogy az átkelés kilátástalan). (5. ábra)



5. ábra

Ezért Gyula felé a négynyomúsítás továbbépítésekor három helyszínen is aluljárót építettek a keresztező gyalogosforgalomnak. (A rámpával is ellátott aluljáró igénybevételekor a gyalogos csupán kevesebb, mint 3 m szintkülönbség „leküzdésére” kényszerül.)

### 6. „Rejtett csomópont” és autóbusz-megállóhely

A Békéscsaba és Gyula városok közötti menetrendszerű autóbuszforgalom esetében az átépítést követően is szükség volt a régi helyszíneken a megállóhelyekre. Két ilyen helyszínen folyik jelenleg az építés. Itt „rejtett csomópontok” is létesülnek a szervizutak kapcsolata érdekében. Itt épülnek a már említett gyalogos aluljárók is.

## Summaries

### Traffic safety issues on a 4-lane road between Békéscsaba and Gyula

A section of the main Road No. 44 was widened to 4 lanes recently. The paper describes some traffic safety considerations used at the design of the projects. Transition from the two-lane carriageway to the one-lane roundabout. How to end the hard shoulder? Turning lanes at junctions. Flyover or underpass for pedestrians? Design of a hidden junction and bus stops.

### Éva Kozák, Tamás Attila Tomaschek: Structure and operation of the Frankfurt Traffic Management Centre (page 23)

The goals of the application of traffic influencing systems include the increasing of traffic safety, traffic flow and capacity, decreasing of the accident and operation costs, noise load and noxious particles emission, further the optimal capacity exploitation. The Frankfurt Traffic Management Centre, opened in 2001, is equipped with all modern types of dynamic traffic management schemes. These encompass route management, network management, ramp metering, dynamic road marking, emergency hard shoulder lane utilization and the so called WAYflow system. The elements of the scheme are also compared with the current practice on Hungarian motorways and recommendations are made regarding their application.

# Közlekedésbiztonsági mutatók az országos közúthálózaton (elemzések közútkezelő, forgalomszabályozó szempontból)<sup>1</sup>

Kamarás Csilla<sup>2</sup>

Közútjaink közlekedésbiztonsági helyzetére a személy-sérüléssel járó baleseti adatokból következtethetünk. A következőkben bemutatok néhány általános elemzést, amelynek két fontos szempontot tartottam szem előtt:

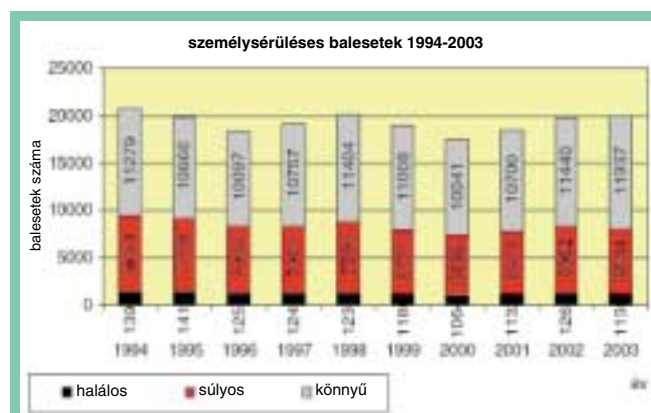
- Minden esetben a személy-sérüléssel járó balesetek tendenciáit vizsgáltam, hiszen sokat hallhatunk, olvashatunk arról, hogy a közlekedésbiztonsági helyzet évről évre rosszabbodik, a balesetek száma növekszik, súlyossága romlik. Elemzéseimben minden lekérdézésnél az utolsó öt teljes évet (1999–2003) vizsgáltam, és grafikonon ábrázoltam.
- Az elemzéseknél elsősorban azokat az adatokat dolgoztam fel, amelyekről azt gondolom, hogy a közútkezelőket, a forgalomszabályozással foglalkozó munkatársakat a leginkább érdekelheti, amelyek összefüggésben lehetnek az üzemeltetés, -fenntartás mai helyzetével, a mindannyiunk által jól ismert kényszerű takarékoskodással. A szakembereknek érdekes lehet, hogy a megtörtént balesetek statisztikai lapján hányszor jelöli be a helyszínelő rendőr például azt, hogy a burkolati jelek kopottak, rosszul láthatók voltak, illetve hányszor nem megfelelő a burkolat állapota.

Szeretném felhívni a figyelmet ezekre a tendenciákra, hiszen a közút kezelőinek szerepük lehet a balesetek megelőzésében, megakadályozásában. Sajnos nagyon sok olyan eset van, ahol nem tudunk segíteni a biztonsági helyzet javulásában (hiszen az ittas vezetést, a biztonsági öv, a biztonsági gyermekülés használatát közútkezelőként közvetlenül nem tudjuk befolyásolni), de ebben a szűkös anyagi helyzetben igen fontos felhívni a figyelmet az üzemeltetés, a forgalomtechnika fontosságára a közlekedésbiztonsági szempontokat szem előtt tartva.

## 1. A személy-sérüléssel járó balesetek számának alakulása (1994–2003)

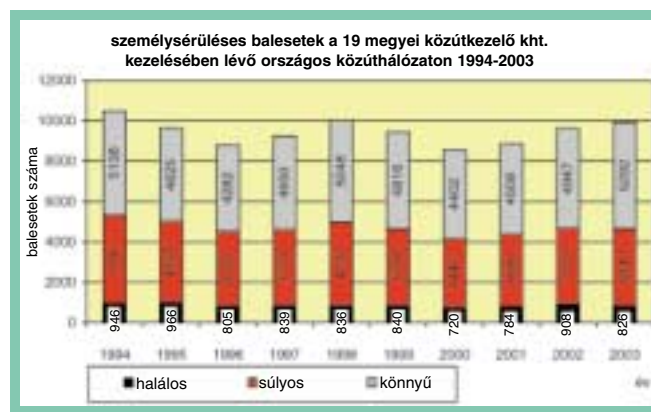
Az 1. ábrán a hazánkban történt összes személy-sérüléssel járó közlekedési balesetet ábrázoltam.

Az ábrán jól látható, hogy az utóbbi tíz év tendenciáját vizsgálva 1994-ben, később 1998-ban volt a csúcspont, majd a 2003-as év hasonlóan nagy számokat hozott, és sajnálatos előrejelzés, hogy a 2004-es év eddig ismert adatai további romlást mutatnak.



1. ábra

A 2. ábra az előző ábrán szereplő adatok közül a tizenkilenc megyei közútkezelő kht. kezelésében lévő országos közúthálózaton történt személy-sérüléssel járó baleseteket mutatja.



2. ábra

A tendencia hasonló az országos összes baleset tendenciájával, a csúcspontok helye és az emelkedés is hasonló.

A továbbiakban az elemzéseket a 2. ábrán szereplő adatbázis adataira készítettem (tehát a gyorsforgalmi, az önkormányzati, a magán és egyéb utakat leszámítva), csak az országos közúthálózat személy-sérüléssel járó baleseteit elemeztem.

## 2. Részletes elemzések

### 2.1. Útkategóriák szerinti vizsgálat

Első lépésként a balesetek útkategóriánkénti, úttípusonkénti megoszlására végeztem vizsgálatokat. Az 1. táblázatban az Országos Közúti Adatbank (OKA) szerinti útkategóriákon történt baleseteket mutatom be. Látható, hogy a balesetek 40%-a történt az összekötő utakon, 32%-a a másodrendű és 22%-a az elsőrendű utakon.

<sup>1</sup> A 2004. november 2-án Balatonföldváron, a Forgalomtechnikai és közútkezelői napokon elhangzott előadás írásos változata

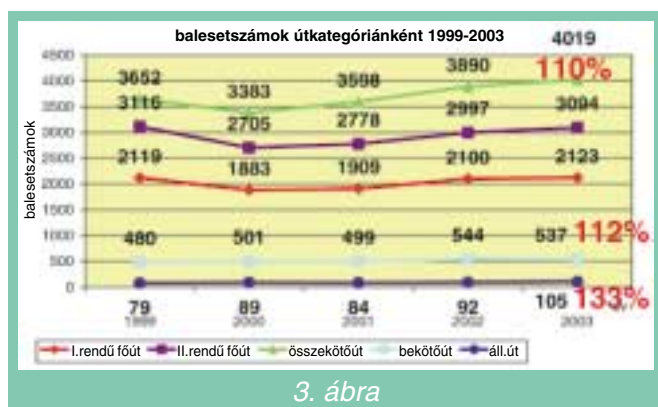
<sup>2</sup> Okl. építőmérnök, Közlekedési Főfelügyelet, Közúti, Vasúti és Hajózási Főosztály, PhD-hallgató, BME Út- és Vasútépítési Tanszék



Az Országos Közúti Adatbank szerinti útkategóriákon történt balesetek

útkategória	autóút	I. r. főút	II. r. főút	összekötőtűt	bekötőtűt	áll. v. út	egyéb út	összesen
1999	3	2119	3116	3652	480	79	1	9450
2000	1	1883	2705	3383	501	89	2	8564
2001	2	1909	2778	3598	499	84	2	8872
2002	2	2100	2997	3890	544	92	3	9628
2003	49	2123	3094	4019	537	105	3	9930
összes baleset	70	20748	30436	37612	4932	832	29	94659
%	0%	22%	32%	40%	5%	1%	9%	100%

Ezeket az adatokat grafikonon ábrázolva, a 3. ábrán láthatjuk, hogy a balesetek számának emelkedése is az összekötő utakon a legerőteljesebb, a 2000. évi balesetekhez képest a 2003. évi 19%-os emelkedést mutat, a másodrendű főutakon ugyanekkor az emelkedés 14%-os, az elsőrendű főutakon kevesebb, 13%-os.



3. ábra

A 3. ábrán az 1999. évhez viszonyítottam a balesetszámok változásait. Látható, hogy az összekötő utakon 10%-os, a bekötőutakon 12%-os emelkedés történt 2003-ra, a legjelentősebb romlás pedig az állomási utakon tapasztalható, 33%.

Természetesen figyelembe kell venni az adott útkategórián haladó forgalom nagyságát. A 2. táblázat mutatja az útkategóriánkénti forgalmi teljesítményeket (2002-es adatok) az öt év alatt történt balesetek számához hasonlítva.

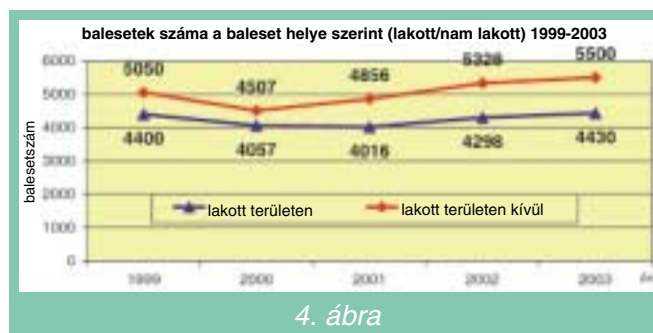
Az adatokból látható, hogy a balesetek 40%-a történt összekötő utakon, azonban a forgalmi teljesít-

ménynek a 35%-a bonyolódott le ezeken az utakon. Az úthosszak ismeretében az is jól látható, hogy ezen az útkategóriájú utakon a legnehezebb beavatkozni, hiszen az úthálózatnak a 60%-át, 17 650 km-t tesz ki ez az úttípus.

Mindenképpen szeretném felhívni a figyelmet az alsóbbrendű útkategóriákra, elsősorban az összekötő utakra, hiszen a pénz sajnos „úgy szokott elfogyni”, hogy a szűkös anyagi helyzetben az elsőrendű úthálózatot ésszerűen takarékoskodva, a másodrendű úthálózatot takarékosabban (pl. az optikát már elhagyva), az alsóbbrendű utakat pedig még takarékosabban (pl. csak a legkopottabb, legfontosabb burkolati jeleket felújítva) kezeljük, egyre kevésbé jut forrás a forgalomtechnikai jelekre.

## 2.2. Elemzés a baleset helye szerint

A KRESZ szerint megkülönböztetett lakott területen belüli vagy lakott területen kívüli balesetek tendenciája a 4. ábra szerint alakult az utóbbi években.



4. ábra

2. táblázat

Az útkategóriánkénti forgalmi teljesítmények (2002) és az öt év alatt történt balesetek száma

útkategória	I. r. főút	II. r. főút	összekötőtűt	bekötőtűt	áll. v. út	összesen
baleset/5év	20748	30436	37612	4963	832	94591
%	22%	32%	40%	5%	1%	100%
forgalmi teljesítmény (E km/nap)*	22579290	26888284	29498978	5264619	703379	84934550
%	27%	32%	35%	6%	1%	100%
hossz (km)	2173,1	4331,1	17650,0	4592,7	492,0	29238,9
%	7%	15%	60%	16%	2%	100%

\*forrás: Közutak főbb adatai, Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium, 2002.



Az ábráról jól látszik, hogy amíg a lakott területen belüli balesetek száma a 2000. évről a 2003. évre 9%-kal nőtt, a lakott területen kívüli balesetknél pedig ez az arány sokkal rosszabb, 22%-os. Külterületen alapvetően a sebesség-megválasztási szokások okozhatják ezt a helyzetet.

### 2.3. A balesetek alakulása az út alakzatát (egyenes útvonal, útkanyarulat, útkereszteződés) vizsgálva

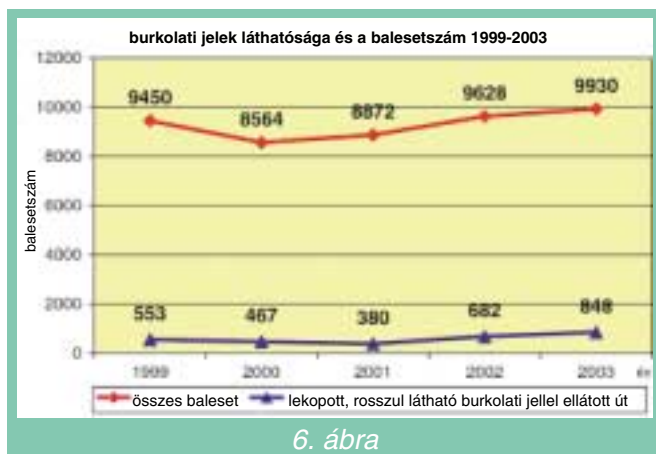


5. ábra

Az 5. ábra mutatja az elmúlt öt évben a balesetek alakulását az út alakzata függvényében. Jól látható, hogy az útkanyarulatokban a balesetek száma a 2000. év óta folyamatosan emelkedik, a 2003. évi adat több mint 30%-kal nagyobb, mint a három évvel korábbi. Figyelmet érdemel az egyenes útvonalon történt balesetek száma is, itt a 2000. évi balesetszámhoz képest 14%-os a növekedés. Az útkereszteződésekben a balesetek számának a növekedése meglepő módon 10% alatti, miközben az összes balesetszám emelkedése (a 2. ábra szerint) ebben az intervallumban magasabb, 15%-os.

### 2.4. A burkolati jelek láthatósága és a balesetek közötti összefüggések

A 6. ábrával szeretném felhívni a figyelmet arra, hogy a jól látható burkolati jelek mennyire fontosak, hiszen az ábra szerint rohamosan növekedik azoknak a baleseteknek a száma, ahol a helyszínelő rendőr a statisztikai lapon a burkolati jeleket kopottnak, rosszul láthatónak ítéli meg. Ez a balesetszám-növekedés a 2000. évhez viszonyítva 2003-ra 82%-os (majdnem

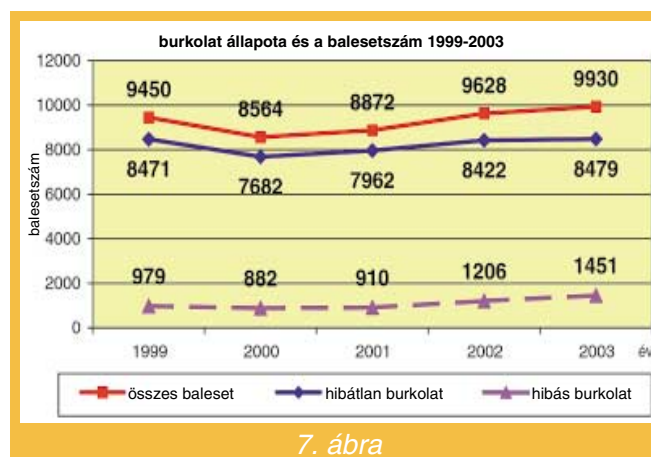


6. ábra

kétszeres!) volt. Ezek az adatok egyértelműen mutatják, hogy ha a forgalomtechnikai jelek láthatóságával takarékoskodunk, annak közlekedésbiztonsági következményei lehetnek.

### 2.5. A burkolat állapota szerinti elemzés

Az előző ponthoz hasonlóan érdekes adatot kaptam a burkolat állapotának a vizsgálatkor is, a 7. ábrán szereplő görbék szerint. A rossz minőségű burkolatot különbözőképpen fogalmazták meg a baleseti lapon, mert külön szerepel a gödrös, kátyús, külön a töredezett, egyenetlen, hullámos, külön a nyomvályús útburkolat. Ezekből egy összeget képeztem és ezt a görbét (979, 882, 910, 1206, 1451 számsor) hasonlítva az összes balesetszámhoz megállapíthatjuk, hogy a növekedés mértéke a hibás burkolaton sokkal nagyobb, 65%-os (az összes baleset növekedése „csak” 16%-os) a 2000. és a 2003. évek közötti időben.

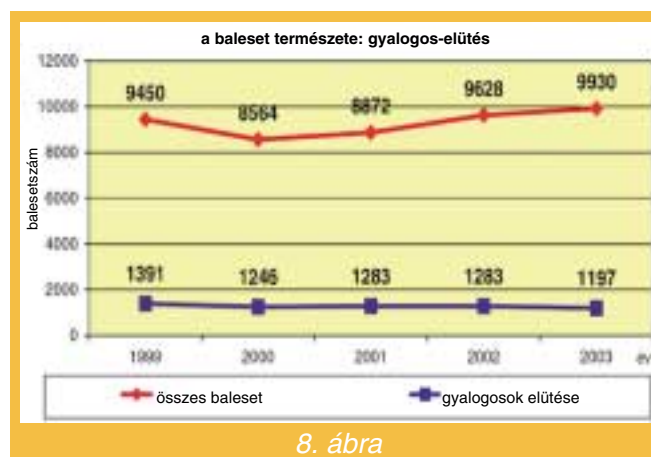


7. ábra

### 2.6. Néhány vizsgálat a balesetek természetéről

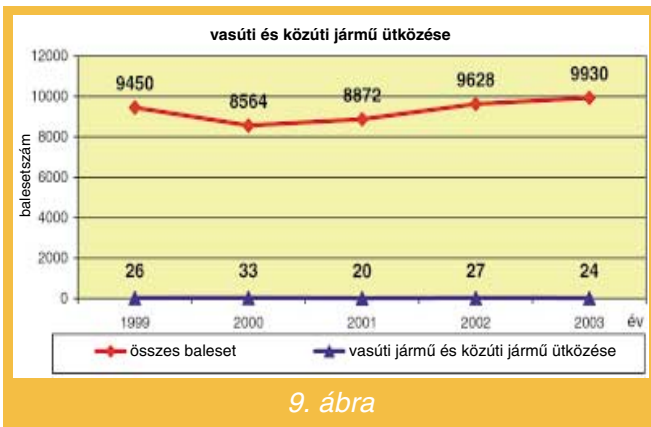
A következőkben az utóbbi öt évben történt balesetek természetét elemeztem.

Elsőként a legvédtelenebb résztvevőt, a gyalogost vizsgáltam. A 8. ábráról megállapítható, hogy a gyalogosok elütése szerencsére nem követte az összes baleset tendenciáját, az egyébként kedvezőtlenül nagy gyalogos baleseti szám valamelyest (4%-kal) csökkent.



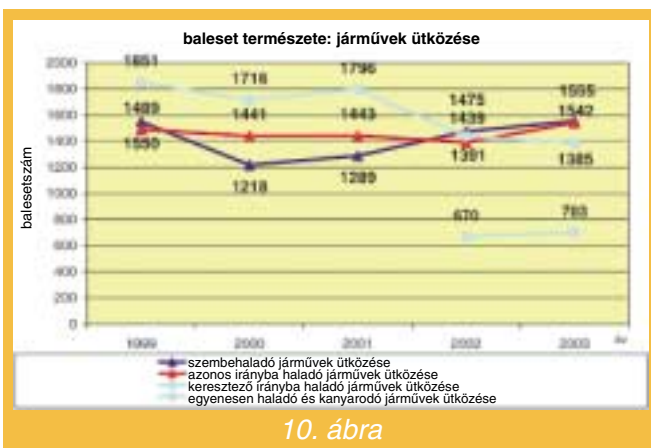
8. ábra

A 9. ábrán látható, hogy a vasúti és a közúti jármű ütközéses baleseténél is kedvező a helyzet, némi csökkenés mutatkozik.



9. ábra

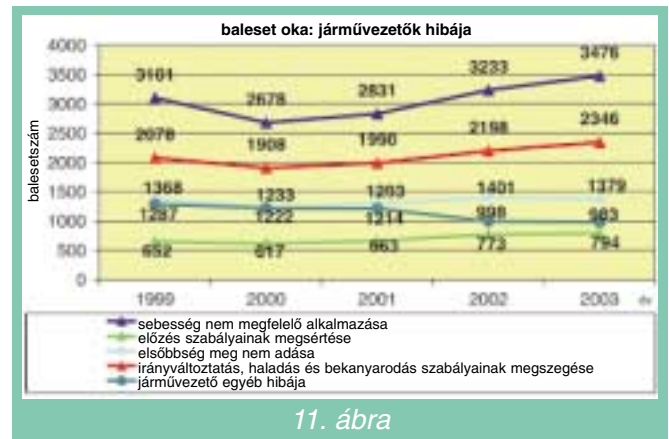
A 10. ábra mutatja a különböző irányban haladó járművek ütközését. A kiértékelést megnehezíti, hogy a 2002. évtől új kategóriát is bevezettek; szétválasztották a keresztező irányban haladók és a kanyarodók meghatározását. Ezt a két pontost összegezve azonban összehasonlíthatók az adatok a korábbi évek adataival, és megállapítható a balesetek számának a növekedése. Emelkedő balesetszámot mutat a szembe haladók ütközése is, a 2000. évhez képest a 2003. évre 28%-os növekedés látható.



10. ábra

## 2.7. A baleseti okok alapján végzett elemzés

A baleset okait vizsgálva a járművezetők hibájára visszavezethető okok tendenciájára hívom fel a figyelmet a 11. ábrán (az ábrán nem szerepel a megállási kötelezettségek elmulasztása és a világítási szabályok megszegése – ezekkel az ábra már értelmezhetetlenül zsúfolt lett volna). A legmeredekebb az emelkedés a sebesség nem megfelelő megválasztása baleseti oknál. Ez a növekedés a 2000. évről a 2003. évre 30%-os volt. Ez egyértelműen visszavezethető a lakott területen kívüli sebességhatárok felemelésére.



11. ábra

## Összefoglalás

Az elemzésekből, vizsgálatokból megállapíthatjuk, hogy a közlekedésbiztonsági helyzet általános romlásához képest különös figyelmet érdemelnek az útkategóriák közül az *összekötő utak*, a baleset helye szerint a *lakott területen kívüli útszakaszok*, az út alakzata szerint az *egyenes útszakaszok*. Sajnálatosan egyre több baleset oka a *rosszul látható, kopott burkolati jel*, illetve a nem megfelelő minőségű *burkolat*. A baleset kiváltójaként egyre növekvő arányban szerepel – mint baleseti ok – a *sebesség nem megfelelő megválasztása*.

## Summary

### Traffic safety indicators on the national road network (road maintenance and traffic management assessment)

The article analyses the tendencies of the accident data of the last 5 years with personal injury on the Hungarian road network. The particulars of the assessment are focusing on the details which may be connected to the current situation regarding periodic and routine road maintenance and thus important for the concerned group of professionals. As a summary it can be stated that within the generally deteriorating traffic safety situation special attention shall be paid to the connecting roads (as regarding road categories), rural areas (as regarding accident spots), and straight sections (as regarding road alignment). Unfortunately more and more accidents can be attributed to poor visibility of road marking or inadequate quality of pavement. The accident cause classification shows the increasing proportion of the "inadequate selection of travel speed".

# A frankfurti forgalomirányító rendszer felépítése és működése<sup>1</sup>

Kozák Éva<sup>2</sup> – Tomaschek Tamás Attila<sup>2</sup>

## 1. Bevezetés

Minden közlekedési gond a motorizáció fejlődésére vezethető vissza. A megnövekedett személygépkocsi-használat, a mobilitás erősödése vezetett a mai állapotokhoz, amikor is a világ nagyvárosai kivétel nélkül szenvednek a torlódások okozta gazdasági, társadalmi és környezeti problémáktól. A közlekedési szakemberek nagy feladat előtt állnak, amikor egy jól működő közlekedési rendszer kiépítését célozzák meg. A mobilitás ugyanis, „a személyek, áruk és információk »mozgása« a modern társadalom létezésének alapfeltétele és egyben megjelenési módja is. Fenntartása mind a társadalom, mind pedig a gazdaság fejlődése szempontjából döntő jelentőségű.”<sup>3</sup> A mobilitás, és ezen keresztül a megnövekedett motorizációból eredő káros hatások orvoslása szintén fontos mind a társadalom, mind a gazdaság fejlődése szempontjából.

A megoldás tehát olyan közlekedési rendszer kidolgozása, amely kielégíti a mobilitáshoz kapcsolódó igényeket, ugyanakkor orvosolja az általa okozott gazdasági, társadalmi és környezeti károkat. Ezen belül is a forgalombefolyásolás legfőbb céljai a következők:

- A forgalombiztonság javítása
- A forgalomleflyás javítása
- A kapacitás növelése
- A baleseti és az üzemeltetési költségek csökkentése
- A zajterhelés és a károsanyag-kibocsátás csökkentése
- Optimális kapacitáskihasználás

## 2. Forgalm szabályozó rendszerek

A megnövekedett mobilitási igények kielégítése a frankfurti autópálya-hálózaton is komoly nehézségekkel jár, éppen ezért már a **hetvenes évektől** alkalmaztak dinamikus forgalombefolyásoló eszközöket a tartomány területén.

Mára a frankfurti gyakorlatban a dinamikus forgalm szabályozó rendszerek összes megjelenési formájával találkozhatunk, a **2001-ben** megnyitott Frankfurter Forgalomirányító Központ (*Verkehrszentrale Hessen*) pedig egyike a legmodernebb ilyen jellegű létesítményeknek Európában.

### a) Vonali szabályozás

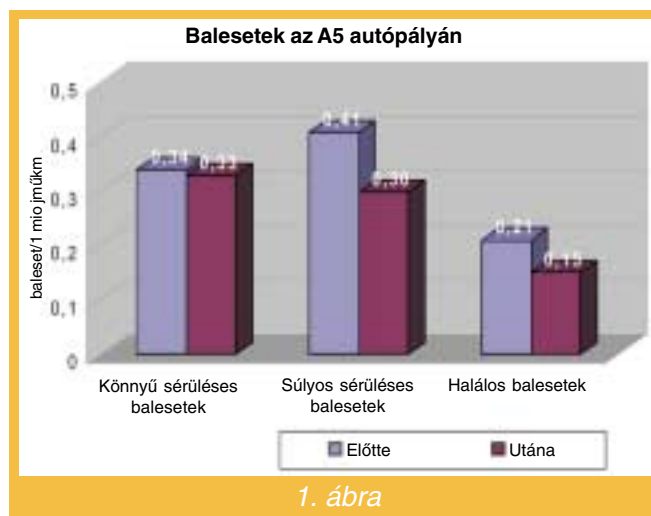
Az **első** németországi vonali szabályozó rendszer az **A5 Frankfurt és Bad Homburg** közötti szakaszán épült ki **1989-ben**. Az azóta Friedbergig meghosszab-

bított szakaszon 303 változtatható jelzéseképű táblát helyeztek ki 58 portálon. (DAMBACH, 1996)

A rendszer a következő feladatoknak képes eleget tenni:

- Az aktuális forgalmi helyzethez igazítja a sebességkorlátozásokat.
- Idejében figyelmeztet a torlódásokra.
- Figyelmeztet veszélyes időjárási helyzetekre, mint például ködre, csúszós útfelületre, jegesedésre.
- Segíti a fel- és lehajtást a csomópontokban az egyes sávokra érvényes sebességkorlátozásokkal nagy forgalmak esetén.
- Előre jelzi az úton folyó munkavégzések helyét.
- Forgalomtól függően megtilthatja a tehergépjárművek előzését.

A vonali szabályozás legfontosabb hatása az, hogy jelentősen képes a balesetek számát csökkenteni. Ahogy az **1. ábra** is mutatja, az **A5 autópálya Frankfurt környéki szakaszán** az 1 millió járműkilométerre eső **könnyű sérüléssel** balesetek száma **3%-kal**, a **súlyos sérüléssel** balesetek száma **27%-kal**, a **halálos balesetek** száma pedig **29%-kal** csökkent.



A Magyarországon az M3 autópályán 1996–98 között kiépült **MAESTRO** rendszer a főbb műszaki jellemzőiben hasonlít az előbb említett példára. A forgalombiztonságra gyakorolt hatás kimutatására megpróbáltam összehasonlítani az M3 autópályát hasonló forgalmú (forgalom nagyság és összetétel) autópálya szakaszokkal. A legjobb összevetést talán az M1 Budapesthez közeli szakasza kínálja. A két szakaszon az **elmúlt öt évben** gyakorlatilag **ugyanannyi halálos baleset** történt, a **súlyos** és a **könnyű sérüléssel balesetek** számában **minimális az eltérés** (*1. táblázat*). A legszembetűnőbb különbség az anyagi káros balesetek számában látszódik: az M3-on az anyagi káros balesetek száma csupán az M1-en tapasztalt érték 60%-a. Ez a jelentős különbség minden bizonnyal a MAESTRO rendszer működésének köszönhető.

<sup>1</sup> A Közúti Szakemberekért Alapítvány fiatal szakemberek számára kiírt pályázatán 2004-ben I. díjat nyert tanulmány alapján

<sup>2</sup> Mindketten a BME építőmérnök hallgatói

<sup>3</sup> Dr. Detrekői Ákos, dr. Lindenbach Ágnes, dr. Kazinczy László: Intelligens közlekedési rendszerek



Forgalomnagyságok az M1 és az M3 autópályán (forrás: ÁAK)

ÁNF [j/nap]							
Pálya	km szelvény		Évek				
			1998	1999	2000	2001	2002
M3	10+120	69+900	24598	21978	23194	25194	27115
M1	12+200	66+900	19808	21789	21856	23290	25092

1/b táblázat

Balesetek az M1 és az M3 autópályán, 1998–2002 (forrás: ÁAK)

Balesetszámok									
Pálya	km szelvények		Hossz [km]	Halálos	Súlyos sérülések	Könnyű sérülések	Személyi sérülések	Anyagi káros	Összes baleset
M3	10+120	69+900	59,78	25	109	156	290	615	905
M1	12+200	66+900	54,70	24	94	130	248	1025	1273

### b) Hálózati szabályozás

A hálózati szabályozás lényege, a forgalmi terhelés egyenletes elosztása a hálózat elemein. **1969** óta néhány *csomópontban* (Nordwestkreuz és Westkreuz Frankfurt) már kihelyeztek kerülőutat ajánló dinamikus útirányjelző táblákat (*Wechselwegweiser, WWW*). Ezek azonban sokáig **csak** az egyes **csomópontokban, egymástól függetlenül** fordultak elő. Ez volt az oka annak, hogy azelőtt nem lehetett több csomóponton is keresztülvezető, variálható párhuzamos útvonalakra terelni a forgalmat a hálózaton belül.

A dinamikus forgalommenedzsment legfőbb jellemzője, hogy **bármilyen felmerülő forgalmi helyzetre képes rugalmasan reagálni**. Ennek érdekében a vonali és a hálózati szabályozás elemeinek a kiépítésére és integrálására van szükség. Első lépésben Frank-

furt környékén 10 „dinamikus útirányjelző-lánc” (2. ábra) kiépítése kezdődött meg öt csomóponton keresztül és három kiemelten fontos csomópont körzetében – hogy minél többen kövessék az ajánlott alternatív útvonalat – szöveges tájékoztató táblákat (*Additive Wechselwegweiser mit Wechseltextanzeigen, AWW*) helyeztek ki (DAMBACH, 1997). Szöveges táblákon szigorúan csak a forgalmi helyzethez kapcsolódó információkat írnak ki (2. ábra) – a magyar gyakorlattal ellentétben. Az a filozófiájuk, hogy „*ha nincs hír, az jó hír*”. Tehát csak akkor kell a vezetőknek valamilyen forgalmi eseménnyel számolniuk, ha szöveget látnak a táblán. Úgy gondolják, hogy ha a táblán folyamatosan van szöveg, és többnyire a vezetők számára közbömbös (fölsleges) információkat írnak ki, akkor előfordulhat, hogy egy idő után meg se nézik a táblát.

### c) Jelzőlámpás irányítás a rámpákon (Ramp metering)

Az autópályák forgalmi folyamatában a csomópontok rámpái zavart keltenek. A zavar oka a felhajtó ágak esetén, hogy a rámpán és a gyorsforgalmi úton érkező járművek között **verseny alakul ki a helyért**. A német viszonyokat alapul véve, a felhajtó ág járműveinek tehergépkocsik tömött során kell keresztülfonódnuk. Amennyiben a gyorsforgalmi út forgalma nagy és a rámpáról is sokan szeretnének besorolni, akkor a járművek feltorlódnak, megnő a menetidő és a konfliktushelyzetek száma.

Ezekre a problémákra jelent megoldást a jelzőlámpás forgalomirányítás. A felhajtó ágra kihelyezett jelzőlámpa akkor lép működésbe, ha a nagy forgalom miatt már nem zavartalan a forgalomlefolrás a meglévő eszközökkel (HLSV, 2003).

A rendszer működési elvét könnyű megérteni: ha a járművek a nagy forgalmú autópályára szeretnének felhajtani, fonódnuk kell a nagy sebességgel haladó járműfolyammal. Minél nagyobb az a járműcsoport, amelyik szeretne egyszerre felhajtani, annál kisebb a valószínűsége, hogy mindenki fékezés nélkül be tud sorolni. Éppen ezért a jelzőlámpás rendszer egyszerre csupán néhány járművet enged a rámpáról a gyorsításá-  
ra. A zöld jelzés csupán addig tart, amíg ez a néhány



2. ábra



3. ábra

autó áthalad a detektorokon, majd a lámpa pirosra vált. A soron következő járműnek azonban többnyire csak néhány másodpercet kell várnia a szabad jelzésre.

A rendszer **egyszerűsége** mellett rendkívül **hatékony**. Mivel egy egybefüggő járműoszlop helyett csak néhány járműnek kell a gyorsítószávról besorolnia, kisebb a rámpa zavaró hatása, az idővesztés pedig minimális.

A vezetőt több tábla is figyelmezteti, hogy jelzőlámpával fog a rámpán találkozni (3. ábra). Ezek a figyelmeztető táblák szintén elfordíthatók. A rendszer működését a forgalomirányító központ munkatársa videokamerán ellenőrzi.

A rendszer **2003. április 30** óta működik kísérleti jelleggel az A5-ön a friedbergi csomópont egyik ágában, és az első félév üzemeltetési tapasztalatai rendkívül pozitívak.

#### d) Dinamikus burkolati jelek

A rendszer alapja egy új, a burkolatba süllyesztett, nagy fényerejű világítótest (4. ábra), amely sokkal jobban és biztonságosabban képes a forgalmat megvezetni (SIEMENS, 1999), mint a korábbi megoldások. A világítótest sárga fénye a főirányban, napsütésben, ellenfényben is már **125 m** távolságról látható (fényerő: 70 cd), ezért még a nagy sebességek tartományában is biztosan észreveszik a vezetők.

A berendezés műszaki paraméterei összhangban vannak a közúti közlekedés biztonsági igényeivel és a fénytechnikai elvárásokkal. A statikus és dinamikus igénybevételek felvételekor azt feltételezték, hogy a lámpatesten tartósan nehézgépjárművek haladnak majd keresztül, ezért a ház nagy szilárdságú alumíniumból, nyílásai pedig nyomás- és karcálló üvegből készültek.



4. ábra

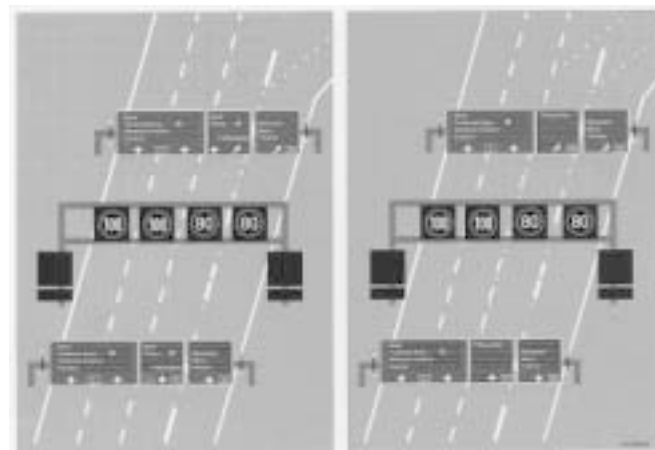
A berendezést először az A5 autópályán, *Frankfurt észak-nyugati* csomópontjában (Nordwestkreuz–Frankfurt) építették be, hogy az ott működő dinamikus útirányjelzőket segítse.

A csomópontban megközelítőleg 800 m hosszú járműosztályozó szakaszon tudnak az A5-ön Kassel felől érkezők az A66-ra Wiesbaden, illetve Frankfurt-belváros irányába letérni. A csúcsórákban azonban egyetlen sáv már nem elegendő, hogy mindkét irányt kiszolgálja, épp ezért változtatható útirányjelző portálokkal – forgalomtól függően – második sávon is megengedik a lehajtást.

(Ilyenkor két sáv marad meg a Darmstadt felé egyenesen továbbhaladó járműveknek.)

Viszont a felfestett burkolati jelek továbbra is csak egy kanyarodó sávot jeleztek, és ez nagyon zavarta azokat a vezetőket, akik inkább a burkolati jelek alapján soroltak be, és nem figyelték a portál táblákat.

A cél az volt, hogy a burkolati jelek dinamikusan igazodjanak a portál táblákhoz, a táblák jelzéseit kiegészítve, és növelve azok számát, akik követik a dinamikus útirányjelzők utasításait (5. ábra).



5. ábra

Hogy ne legyen félreérthető a forgalomtól függő burkolati jelzés, ezért két 700 m hosszú sorban helyezték ki a világítótesteket. Így az már a járműosztályozó előjelzőjénél elkezdődik, és pontosan úgy fogja közre a sávokat, mint a terelővonalak. A szakasz elején a világítótestek távolsága 18 m, ami látszólag szaggatott burkolati jelzést eredményez. Viszont a kijárat közelében a fények távolsága 4 méterre csökken, egybefüggő vonal látszatát keltve. A kialakításnak megfelelően a két lámpasorban összesen 216 db világítótestet építettek a burkolatba.

A fényeket vonalanként sorba kapcsolták, összesen nyolc független kapcsolóáramkört építettek ki. A biztonság növelése céljából a világítótestek működését az adatkábelen keresztül folyamatosan ellenőrzik.

#### e) A leállósáv használata

A legforgalmasabb autópályákon, csúcsforgalom idején a leállósávra is ráengedik a forgalmat. Az autópályák budapesti bevezető szakaszán – teljesen spontán módon – már nálunk is megtörténik, de Németországban megvannak ennek a szabályos keretei. A portálokon a leálló sáv felett is van változtatható jel-



zésképű tábla, és külön dinamikus táblákkal jelzik azt, ha igénybe vehetik a járművezetők a leállósávot. A leállósáv használatának indokai:

- megnövelhető a kapacitás,
- a torlódás okozta balesetek (pl. ráfutásos balesetek) száma csökkenthető például azzal, hogy a „stop and go” forgalom helyett folyamatosan haladhat a kocsisor.

A leállósáv használata azonban komoly kockázatot rejt magában, ezért a szakaszt folyamatosan kamerák pásztázzák, és ha a diszpécser meglát egy elakadt járművet, azonnal lezárja a sávot.

A leállósáv igénybevétele pillanatnyilag két szakaszon engedélyezett: az **A3-on** (*Obertshausen és Offenbach között*) körülbelül másfél éve és az **A5-ön** (*Friedberg és Bad Homburg között*) körülbelül 1 éve. A tapasztalatok szerint a **ráfutásos balesetek száma csökkent** a rendszer bevezetése óta, de komolyabb következtetéseket csak három év után lehet levonni. Eddig nem történt a leállósávon elakadt gépjármű miatt baleset; ha a forgalomirányítók műszaki hibás járművet észlelnek, azonnal gondoskodnak az elvontatásáról.

#### f) WAYflow

A WAYflow egy marketingorientált, utasbarát kísérleti tájékoztató rendszer. Intermodális szolgáltatások egyesítése érdekében állami és magán partnerekkel dolgozik együtt PPP rendszerben. A WAYflow termékei közé tartozik az információs platform, a **WAYflow-Card** (amellyel a felhasználók hozzájuthatnak az individuális információs szolgáltatásokhoz) és a járműbe épített forgalmi helyzetet felmérő és továbbító **információs rendszer** (FCD, Floating Car Data). A WAYflow-Carddal – az utazásra és a szabadidőre vonatkozó tájékoztatáson kívül – a felhasználó az utazási és egyéb szolgáltatások előjegyzését és kifizetését is végezheti.

A rendszer célja:

- **A forgalmi helyzet javítása és a forgalombiztonság növelése.**
- **Telematikai megoldások alkalmazása.**
- **Valós idejű információk nyújtása** (Utazás előtt beszerezhetőek legyenek azok a valós idejű információk, amelyekkel felvilágosítást kaphatunk az aktuális közlekedési helyzetről, az ajánlott közlekedési eszközről, az optimális útvonalról).
- **Aktuális irányítórendszer létrehozása.** (Az aktuális irányítórendszerek a gépjárművezetőnek felvilágosítást adnak a szabad parkolóhelyekről, a torlódási helyek elkerülési lehetőségeiről. Adatokat szolgáltatnak továbbá a tömegközlekedésről és a P+R parkolóhelyekről.)

### 3. Összegzés, ajánlások

#### Vonali szabályozás

A meglévő **autópályák mindegyikén, de legalább a Budapest-közeli, nagy forgalmú szakaszokon** – és különösen az **M0-on** – vonali szabályozó rendszereket kellene létesíteni.

A baleseti adatok vizsgálata ugyan nem mutatott olyan mérvű javulást a személyi sérüléssel balesetek terén, mint a frankfurti példa, mégis lényeges csökkenés várható az össz-balesetszám és az anyagi káros balesetek tekintetében. Az, hogy nálunk látszólag miért nincsenek hatással a személyi sérüléssel balesetek alakulására ezek az eszközök, magyarázható a befolyásolási pontok nagy távolságával – a **német rendszernél két portál között a távolság átlagosan 1 km** (egyes kritikus helyeken 600-800 m), a MAESTRO esetében a távolság lényegesen nagyobb –, illetve a közlekedési morállal egyaránt. Véleményünk szerint az sem tesz jót, hogy a szöveges kijelzőkön gyakran a vezetők szempontjából közömbös üzeneteket íratnak ki.

#### Hálózati szabályozás

Ha elkészül az M0 keleti szektora, akkor már lesz értelme dinamikus útirányjelzők kihelyezésének. Alternatív útvonal ajánlásakor a **forgalmi helyzet alapos ismerete szükséges**, ezért komoly technikai fejlesztésekre lesz szükség a lehetséges alternatív útvonalakon.

#### Leállósáv használat

Magyarországon „megszokott gyakorlat” a status quo legalizálása, és ez több szempontból érthető is, de nem biztos, hogy mindig engedni kell a közakaratra. A leállósáv használatával kapcsolatban azonban mégis az a véleményünk, hogy be kéne vezetni a német gyakorlatot. Az M3 esetén mindennapos dolognak számít és már sokaknak kézenfekvő, hogy csúcsforgalomban új sávval célszerű az út kapacitását növelni, és önhatalmúlag kijelölik a „harmadik” forgalmi sávot maguknak. Mivel ez a tapasztalatok alapján mindenképpen megtörténik, legalább meg kéne teremteni a **szabályozott kereteit**, és ki kéne dolgozni, **hogyan működhet a rendszer biztonságosan.**

#### Irodalom

1. ÁAK Forgalmiszabályozási és Hálózatkezelési Osztály (2003): Az Állami Autópálya Kezelő Rt. úthálózatának forgalombiztonsági helyzete, 1998–2002.
2. Bundesministerium für Bildung und Forschung: Mobilität in Ballungsraeumen
3. Dambach-Werke GMBH (1996): Verkehrsbeeinflussungsanlage A5 Frankfurt-Friedberg
4. Dambach-Werke GMBH (1997): Netzbeeinflussungssystem auf Autobahnen im Rhein-Main-Gebiet
5. Fi I. (2000): Forgalmi tervezés, technika, menedzsment
6. Hessisches Landesamt für Strassen und Verkehrswesen (2003): Zuflussregelung in Hessen
7. Lindenbach Á. (2003): Intelligens közlekedési rendszerek, Kollektív forgalmiszabályozó és információs rendszerek
8. Siemens (1999): Unterfurleitsystem am Nordwestkreuz Frankfurt/Main

# Nagy modulusú K-20/F NM kötőréteg és mZMA-8 vékonyaszfalt kopóréteg kifejlesztése és kísérleti beépítése<sup>1</sup>

Székely Zoltán<sup>2</sup>

## 1. Bevezetés

Azokban az országokban, ahol fejlett az aszfalt-technológia, az utolsó 15–20 év technológiai fejlesztéseiben és gyakorlatában jelentős helyet foglalnak el a nagy modulusú aszfaltok.

A fejlesztések fő célja egyrészt a plasztikus deformációk – vagyis a keréknyomok kialakulása elleni „küzdélem” volt, másrészt a nehéz gépjárművek áthaladása és a termikus igénybevételek okozta kifáradással szembeni ellenállás, tehát a magas élettartam mint követelmény szerepelt. Ezek egymásnak ellentmondó feltételek, **egyidejű** teljesítésük okozta a legnagyobb problémát. Míg a plasztikus deformálódással szemben a nagy belső súrlódású kőváz és az alacsony bitumentartalom a kedvező megoldás és a magas hézagtartalom előnyös, a jó fáradási tulajdonságok kifejezetten az alacsony hézagtartalomhoz kötődnek, a szemcsék felületén lévő viszonylag vastagabb bitumen filmmel érhetőek el. Ezek a tulajdonságok elősegítik az aszfalt önjavító képességét a nyári időszakban.

A fenti kettős követelménynek a rugalmassági modulusukat magas hőmérsékleten is megtartó aszfaltok felelnek meg. Mivel az aszfalt rugalmassági modulusa – minden más változatlansága esetében – az alkalmazott kötőanyag rugalmassági modulusától (gyakorlatilag a penetrációtól) függ, a nagy modulusú aszfaltok kötőanyagául a szokásosnál jóval keményebb bitument használnak fel. A felhasználható kötőanyag B 10/20, 15/25, vagy 20/30, esetleg kis penetrációjú modifikált bitumen.

Az első nagy modulusú aszfaltokat Franciaországban kezdték alkalmazni, 1980 környékén. (Francia megnevezésük rövidítése EME, a magyar nevükben az aszfalt típusa és utána az NM rövidítés használatos.) Bitumentartalmuk kezdetben viszonylag magas, 6% feletti volt, később fokozatosan csökkentették kb. 5,5%-ra, ma használt csoportosításuk szerint ez az EME-2 osztály. Egy második, alacsonyabb kötőanyag-tartalmú (5%-nál kisebb) nagy modulusú aszfalttípus később jelent meg, kedvezőtlenebb fáradási tulajdonságokkal, de jobb plasztikus deformációs hajlammal, ez lett az EME-1 osztály. Tehát a francia előírásokban a nagy modulusú aszfaltok csoportosítása a bitumentartalmuk szerint történik. Lényeges, hogy a szokásos alkalmassági feltételeken kívül (kötőanyag- és hézag-tartalom, vízerzékenység, keréknyomvályú-képződés) követelményeket adnak meg a rugalmassági modulus és a fárasztásos vizsgálattal meghatározható, a 10<sup>9</sup> ismétlésszámhoz tartozó relatív megnyúlás értékére is.

Az IMI Kft-nél<sup>3</sup> a nagy modulusú aszfaltok tervezéséről és viselkedéséről már jelentős tapasztalat halmozódott fel. Karoliny Márton irányításával 2002 és 2003 folyamán nagy számban készítettünk és vizsgáltunk nagy modulusú aszfaltkeverékeket, többre teljes alkalmassági vizsgálatot készítettünk és egy keverékből megvalósított kísérleti beépítés készült.

Először 2002-ben az M30-as autópálya tervezett kísérleti szakaszaihoz állítottunk össze a francia előírásoknak (NF P 98-140, 1999. november) megfelelő EME-1 és EME-2 nagy modulusú aszfaltkeverékeket. Ekkor tályai alapanyagokból,  $D_{max}=12,5$  és 20 mm legnagyobb szemcseátmérőkkel terveztünk egy-egy EME-1 és EME-2 keveréket. Mindegyik receptúrát 4-4 különböző bitumen tartalommal vizsgáltuk, ebből megállapítható volt a kötőanyag-tartalom és a hézagviszonyok változásának hatása a rugalmassági modulusokra.

A kísérleti szakasz kopórétegeként egy ún. BBTM, vagyis nagyon vékony aszfaltbeton kopóréteget terveztünk. A jövőben várhatóan egyre jobban elterjednek az olyan pályaszerkezetek, amelyeknél a teherviselő-elosztó feladatot a nagy modulusú aszfaltok látják el, amelyekre vékony vagy különösen vékony kopóréteg kerül. Itt a kopórétegnek jóformán nincsen teherelosztó szerepe, a tapadási képessége, a felület egyenletessége a döntő, valamint az, hogy a vékony aszfalt réteg felújítása helyszíni újakeveréssel gyorsan és gazdaságosan oldható meg. Kötőanyagként a szokványos normál, vagy modifikált bitumenek használatosak, az alacsony penetrációs értékű, kemény bitumenek alkalmazása szinte biztosan a felület repedezéséhez vezet. Kopórétegeként tehát nem ajánlottak a nagy modulusú aszfaltok. Mivel a kötő illetve az alaprétegben levő nagy modulusú rétegek nagyon tartósak, beavatkozást nem igényelnek, az ilyen pályaszerkezet hosszú távú fenntartási költségei alacsonyak.

Később Gärtner László közreműködésével és javaslatai alapján az első tapasztalatok felhasználásával már a MASZ Kft. Illatos úti telepén rendelkezésre álló komlói, uzsai és iszkaszentgyörgyi alapanyagokból a Strabag 2002-es Innovációs programjának keretében kilenc különböző ásványi anyag összetételű vizsgáltunk, mindegyiket 4-4 különböző kötőanyag-tartalommal. A szemeloszlások megtervezésénél nem ragaszkodtunk ahhoz, hogy szabványosak legyenek. Kísérleteztünk folytonos szemeloszlású, szinte hézagmentes ásványi vázról kezdve, a drénaszfalton át, a mészkölszetet nem tartalmazó összetételekkel is.

A kötőanyag minden esetben százalékban B 20/30 normál útépítési bitumen volt. A 36 aszfaltminta zsrátoros tömörítése és modulus-vizsgálata után a leg-

<sup>1</sup> A Közúti Szakemberekért Alapítvány által fiatal szakemberek számára kiírt pályázaton II. díjat nyert tanulmány alapján

<sup>2</sup> IMI Innovációs és Minőségvizsgáló Kft.

<sup>3</sup> Névváltoztatás után most H-TPA Kft.

jobbnak egy, a K-20/F követelményeinek is megfelelő, de B20/30 bitumennel készített nagy modulusú aszfaltot találtunk. Ez utóbbi olyan kedvező jellemzőkkel rendelkezett, hogy a csepeli kísérleti beépítéshez 2003-ban ennek a keveréktervnek az adaptálását végeztük el.

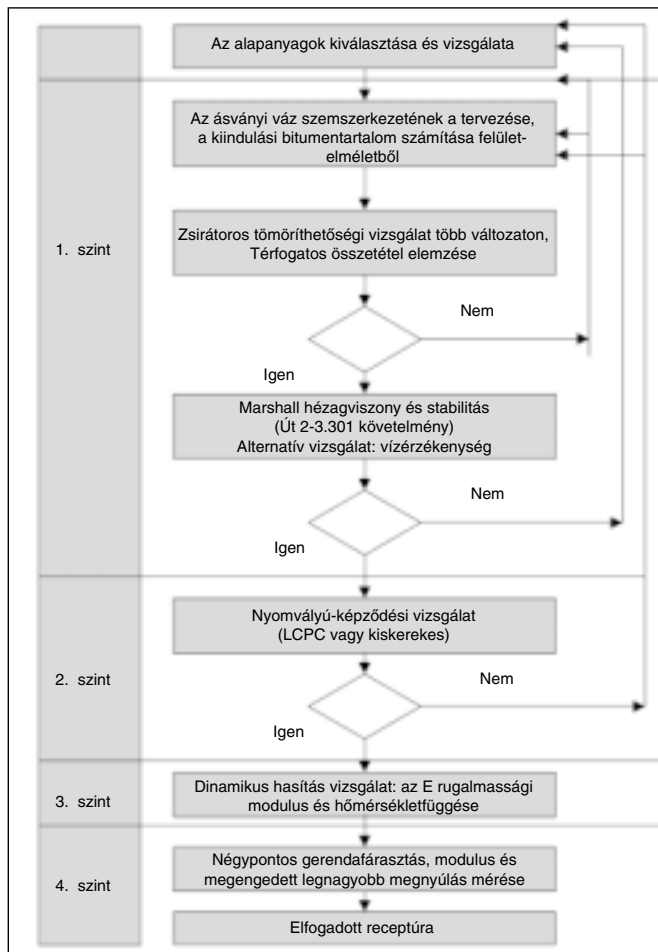
Ebben a tanulmányban az aszfaltkeverékek tervezésében szerzett tapasztalatainkat foglalom össze, és a laboratóriumi eredményeken kívül egy elkészült, megépített pályaszerkezet példájával bemutatom azt. Ennek a kísérleti szakasznak az építése nemcsak a nagy modulusú kötő- és vékonyaszfalt kopóréteg alkalmazása miatt érdekes, hanem a beépítés technológiájában, az ún. forró- és melegre eljárásban is innovatív.

## 2. A keveréktervezés módszere

Az elmúlt évek során az IMI Kft.-nél az aszfaltkeverékek tervezésére kialakítottunk egy módszert, amely bővebb az Útügyi Műszaki Előírásban foglaltnál és a valós igénybevételeket jobban megközelítő méréseket tartalmaz, ezáltal megbízhatóbb tervezést tesz lehetővé.

Az eljárást az 1. ábra szemlélteti. A folyamat a francia termékszabványoknak az aszfaltkeverékek tervezésére vonatkozó előírásán alapul, amelyek logikáját megtartottuk, ám a vizsgálati módszerek tekintetében a rendelkezésünkre álló berendezésekkel elvégezhető mérésekre adaptáltuk.

A tervezési módszer többszintű. A várható forgalmi igénybevételnek és az építmény jelentőségének megfelelően kisebb forgalmú utaknál elegendő az 1. szint elvégezni a méréseket, az F forgalmi kategóriánál



1. ábra: Az aszfaltkeverékek tervezésének a folyamata

már az Útügyi Műszaki Előírások szerint is kötelező a keréknyom-képződési vizsgálat; a nagyobb jelentőségű munkákhoz, pl. az autópályák aszfaltjainak a tervezéséhez szükségesnek látjuk a 3. és 4. szintű vizsgálatok elvégzését is.

Lényegesebb eltérések a zsirátoros tömörítő berendezésnél, a vízzérkenység vizsgálatánál, valamint a rugalmassági modulus és a méretezéshez szükséges fáradási jellemzők meghatározására alkalmazott hajlító-fárasztó vizsgálatoknál vannak. Ezeknél az általunk végzett vizsgálatok elve megegyezik a francia mérésekével, a különbségek csak a berendezések eltéréseiben vannak, vagyis a mérési eredmények nem feleltethetők meg egy az egyben egymásnak. Az EN vizsgálati szabványok is egyaránt megengedik az amerikai, illetve az európai zsirátor-típusok használatát és a modulus mérésére a kétpontos hajlítást prizma alakú próbatesten, vagy az általunk is használt négyponos gerendahajlítást hasáb alakú próbatesteken.

A következő példákon keresztül a módszer alkalmazását szemléltetem.

### 2.1. Alapanyagok

Bitumen: A nagy modulusú aszfaltok kötőanyaga keményebb, kisebb penetrációjú normál, vagy modifikált útépítési bitumen. Mi eddig az összes keveréket százalombattai B 20/30-as bitumennel készítettük, amelyet főként az öntött aszfaltokhoz használnak; modifikált bitumenekről nincsenek tapasztalataink. A hagyományos bitumen-vizsgálatokon kívül (penetráció, lágyuláspont, töréspont és a duktilitás) a bitumenek hidegviselkedésének jellemzésére az ÁKMI MVO Veszprémtől kértünk vizsgálatokat. Szakvéleményük alapján az alábbi bitumen a SHRP (amerikai szabvány) szerint a  $-18^{\circ}\text{C}$ -nak megfelelő kategóriába éppen nem fér bele, de a következő, a  $-12^{\circ}\text{C}$ -os előírásnak mindenben megfelel.

A keményebb bitumenek alkalmazása felveti a hidegviselkedéssel kapcsolatos kérdéseket.

Jelenleg a magyar előírásokban nincsen (bár a franciákban sincs ilyen) régebb óta alkalmazott, tapasztalatokkal igazolt, az aszfaltok hidegviselkedését jellemző vizsgálat, ezért nem állt módunkban a keverékeket pl. fagyasztásos vizsgálatnak alávetni. (Azóta az újabb autópálya tenderekben a nagy modulusú aszfaltok hidegviselkedésének vizsgálati már szerepelnek.)

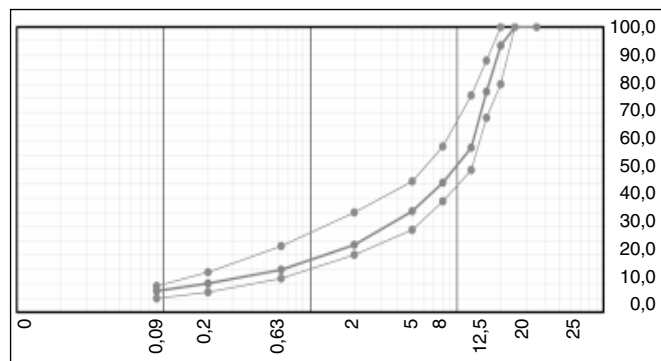
Az ásványi anyagoknál a szemeloszlás, és a hézagmentes testsűrűség vizsgálatait végezzük el minden esetben. Nagyobb jelentőségű munkáknál a közzefizikai jellemzők és a kopásállósági vizsgálat elvégzése kötelező. Fontos a mészkőlisztek kötőanyag-megkötő képességének és merevítő képességének ellenőrzése. Ez utóbbi a B 60/70 bitumen, valamint a 60% B 60/70 bitumenből (francia előírás) és 40% töltőanyagból kevert habarcs gyűrűs-golyós lágyuláspontjának a különbsége.

### 2.2 Szemeloszlások, az ásványi váz összetételének és a bitumentartalomnak tervezése

A nagy modulusú kötőrétegek tervezésekor egy már bevált K-20/F aszfaltkeverék szemeloszlásából indultunk ki. A K-20/F aszfaltokon igen nagy számban vé-

geztünk az elmúlt években keréknyom-képződési vizsgálatokat. Ezekből az derült ki, hogy az összetétel változásaira kevésbé érzékeny és nagyon jó nyomvályúsodási ellenállású keverékek. Jóval megbízhatóbban állíthatóak elő, mint a  $D_{max} = 12$  mm kötőrétegek, vagy akár a JU-35/F.

A későbbiekben azt tapasztaltuk, hogy különböző-akár nem szabványos- összetételekhez képest a K-20/F messze a legjobb eredményeket biztosította. (2. ábra).



2. ábra: K-20/F NM keverék tályai anyagokból

A francia tervezési eljárásnál minden ásványiváz-összetételhez számítással határoznak meg egy kiindulási bitumentartalmat. A számításnál figyelembe veszik a szemcsék felületének nagyságát és a közetek hézagmentes sűrűségét. A szemcséket bevonó bitumenfilm vastagságát egy bitumen telítettség tényezővel a „K”-val állítjuk be. A különböző aszfalt típusokra a szabványok megadják a megengedett legnagyobb és legkisebb „K” értéket. A nagyobb bitumen telítettség tényező magasabb bitumentartalmat eredményez.

A leírt keveréket készítettük el B 20/30 bitumennel és 4 kötőanyag-tartalommal. A belőlük készített zsirátoros próbatesteket dinamikus hasítási vizsgálatnak vetettük alá.

A keveréket az alacsonyabb bitumentartalmat megengedő EME-1 előírás szerint terveztük. Ebben az esetben a „K” bitumen telítettség tényező értéke 2,4, amelyből felületelmélet alapján számolva 4,5 m% bitumentartalom adódott. A kísérlet teljessége érdekében a számított bitumentartalomhoz képest még  $\pm 0,4$  m% és  $-0,8$  m% eltéréssel is elkészítettük a keveréket, majd néhány alapvető vizsgálatot ezeken is elvégeztünk. A keverékek megfelelőségét tömöríthetőség szempontjából a francia NF P 98-252 szabvány előírásai szerint zsirátor tömörítő berendezéssel ellenőriztük.

### 2.3. Zsirátoros tömöríthetőségi vizsgálat

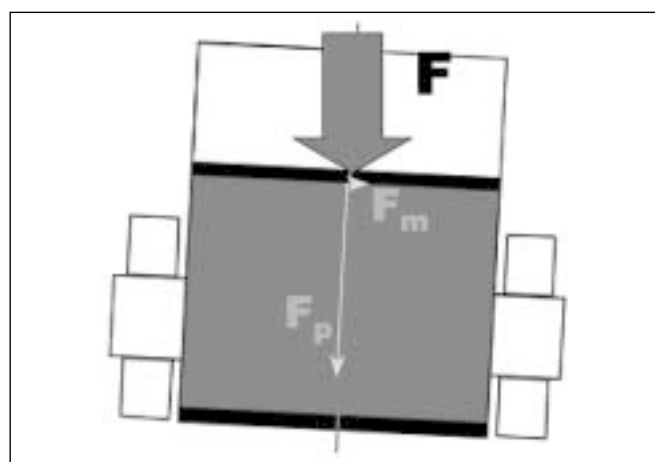
A vizsgálat elve: a zsirátor tömörítőgéppel a hengerléshez nagyon hasonló, nyomásból és gyúró tömörítésből összetett munkával készítünk hengeres próbatesteket. A tömörítő munka nagyságát a függőlegesen alkalmazott nyomóerő és a fordulatok számának beállításával szabályozzuk. Adott vastagságú réteg beépítése esetén szoros összefüggés van a tömörítéshez szükséges hengerjáratok száma és a zsirátoros tömörítés fordulatszáma között. Az aszfalt szabványok megadják az adott keverékre a tömörítő munkát és a minimális hézagtartalmat.



3. ábra: A PINE zsirátor

A vizsgálat leírása: A tömörítést Pine AFGC125XE zsirátoros tömörítővel végezzük. Ebből a gyártmányból Magyarországon jelenleg négy üzemel. A tömörítést 12 mm legnagyobb szemcseátmérőjű keverékek-nél 100 mm belső átmérőjű formával végezzük, e felett 150 mm-essel. A bemérendő anyagmennyiséget úgy határoztuk meg, hogy a próbatest magasság-átmérő aránya a legtömörebb állapotában (hézagmentes testsűrűség) 1:1 legyen. A vizsgálati hőmérséklet a tömörítés kezdetekor a Marshall tömörítésnél alkalmazott hőmérséklet, a bitumen viszkozitásának függvényében határozandó meg. A zsirátor a tömörítés során a próbatest magasságát minden fordulat után számítógépben tárolja.

Az európai szabvány szerint a 1-5-10-15-20-25-30-40-60-80-100-120-(150-200) fordulathoz tartozó magasságot a vizsgálati jegyzőkönyvön is feltüntetjük. A három próbatest n. fordulathoz tartozó magasságai-



4. ábra: A próbatest-készítés elve



ból átlagot és szórási együtthatót számítunk. (1,5%-nál nagyobb szórási együttható esetén egy negyedik próbatestet kell készíteni.)

Az egyes fordulatokhoz tartozó hézagtartalmat a  $H_{tn} = H_n - H_{n\min} / H_n$  képletből számítjuk. Az átlagos  $H_{n\min}$  értéket a próbatestek valós tömegéből és a hézagmentes testsűrűségből számítjuk ki. A hézagtartalmakat a fordulatszám függvényében szemi-logaritmikusan diagrammon ábrázoljuk. Az EME keverékekre vonatkozó szabvány írja elő, hogy a zsirátorral való tömörítést 120 fordulattal kell végezni. A vizsgálat eredménye a 120 fordulathoz tartozó magasságból számított hézagtartalom, illetve a görbére fektetett  $a \cdot \ln x + b$  egyenes egyenlete. A kapott görbe jellege az aszfalt tömörítési viselkedését igen jól jellemzi.

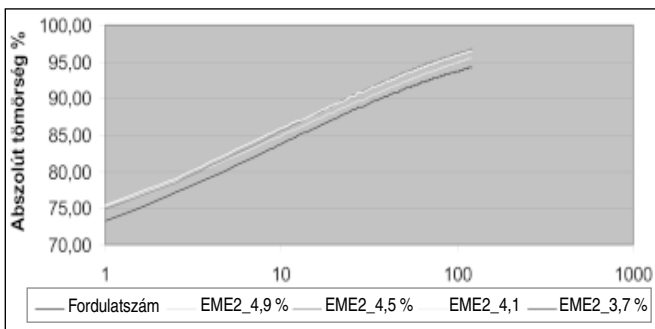
Az elvégzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a laboratóriumban összeállított keverék az összes, a francia szabványban szereplő követelménynek teljes mértékben megfelel.

Számított hézagtartalom-értékek

Bitumentartalom	[m%]	3,7	4,1	4,5	4,9
Girátor testsűrűség SaG	[g/cm <sup>3</sup> ]	2,414	2,400	2,414	2,390
Hézagmentes testsűrűség Sa0	[g/cm <sup>3</sup> ]	2,491	2,481	2,462	2,440
Hézagtartalom magasságból számítva 120 ford. után	v%	6,6	6,0	5,0	5,4
Hézagtartalom 120 ford. után tömegmérésből	v%	5,4	4,7	3,7	4,1
E <sub>HASÍTÁS</sub> 150 mm-es próbatesten	[MPa]	28 744	25 602	25 104	24 479

A számított hézagtartalom-értékeket az 1. táblázat tartalmazza.

Az általunk választott 4,5 m% bitumentartalmú keverék hézagtartalma 120 fordulat után 5,0 v%, az előírás maximum 10%-ot enged meg, tehát a keverék megfelelő (5. ábra). A keverék a beépítés során megfelelően tömöríthetőnek bizonyul.



5. ábra: Zsirátoros tömörítés

## 2.4. Marshall vizsgálat

Ellenőrzésként elvégeztük az aszfaltkeverékek magyar szabványának megfelelő, a Marshall eljárás alapján vizsgálatait is. Ez azt jelenti, hogy a fent említett bitumentartalmú keverékeket Marshall döngölővel (2 x 75 ütéssel) tömörítettük, megvizsgáltuk a hézagviszonyokat és a próbatesteken elvégeztük a dinamikus hasítás vizsgálatot (rugalmassági modulus meghatározása céljából). Az eredményeket a 2. táblázat tartalmazza.

A Marshall-próbatetek eredményei

Bitumentartalom	[m%]	3,7	4,1	4,5	4,9
Marshall test-sűrűség S <sub>am</sub>	[g/cm <sup>3</sup> ]	2,236	2,269	2,297	2,320
Marshall hézag MH%	%	10,2	8,5	6,7	4,9
E <sub>HASÍTÁS</sub>	[MPa]	15 272	16974	19 348	17 368
Kőváz bef. hézagtart.	%	18,3	17,7	16,8	16,1

A zsirátorral történő tömörítés a Marshall próbatetekhez jóval nagyobb tömörséget, alacsonyabb szabadhézagot eredményezett. Ennek oka, hogy a keverékek bitumentartalma a járatos magyar aszfaltokhoz képest alacsonyabb, ezért tömörítésük nagyobb munkát igényel, amit csak a zsirátor képes teljesíteni. Megfigyelésünk szerint a keverékek nehezen tömörödő, beépítésük során különleges tömörítést, és technológiai pontosságot igényelnek. Nagyon kell figyelni az előkészítő és szervező munkák megfelelő teljesítésére, valamint a beépítendő keverék hőmérsékleti értékeire.

1. táblázat

## 2.5. Rugalmassági modulus meghatározása dinamikus hasítás vizsgálat

Az ELE gyártmányú univerzális aszfaltvizsgáló berendezéssel végezhető dinamikus hasítás vizsgálat segítségével Marshall, vagy

zsirátoros tömörítéssel készített próbatetekeken, illetve burkolatból kifúrt magmintákon határozható meg a tömörített aszfalt rugalmassági modulusa. A hengeres minták lehetnek 100, vagy 150 mm névleges átmérőjűek és 50-70 mm magasságúak. A mérést 0-60°C hőmérséklet-tartományban tudjuk végezni.



6. ábra: Az ELE Univerzális aszfaltvizsgáló berendezés



A berendezés sűrített levegővel állítja elő az adott vizsgálathoz szükséges függőleges nyomóerőt. A terhelő erőt, annak fel- ill. lefutását, az impulzusok számát, a terhelési időtartamot számítógépen állítjuk be. A beállított értékeknek megfelelő sűrített levegő adagolást a terhelő berendezés szabályozza.

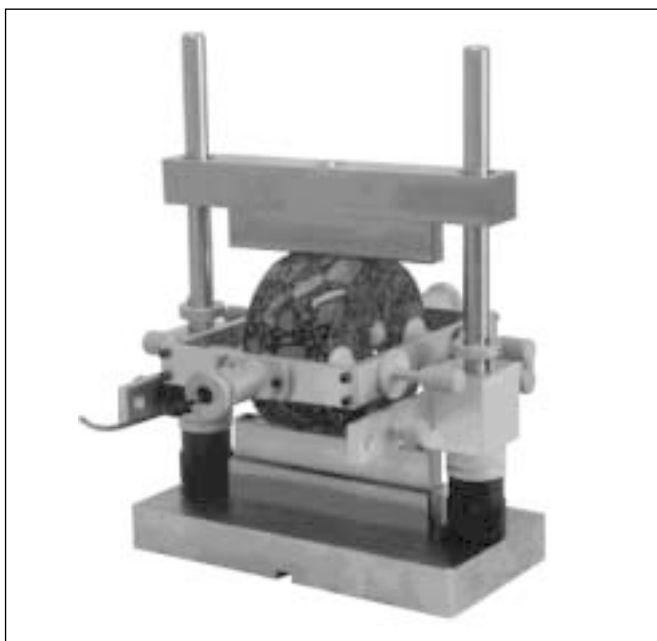
A berendezés fő részei:

- Terhelő berendezés
- Hasító feltét
- Vezérlő egység, digitális-analóg átalakító
- számítógép
- Klíma szekrény (0-60 °C)
- Kompresszor

#### A mérés menete:

A vizsgálat megkezdése előtt a próbatesteket minimum 6 órán át a megadott hőmérsékleten temperáljuk. A számítógépen beállítjuk a megfelelő, az azonosításra szolgáló adatokat (a vizsgálat időpontja; a vizsgált minta iktatószáma, sorszám; aszfalt megnevezése; a megrendelő; megjegyzés, a 90°-os elforgatás; a minta magassága) és a terhelési jellemzőket (terhelő erő, a terhelési görbe adatai, ismételt terhelések közti idő).

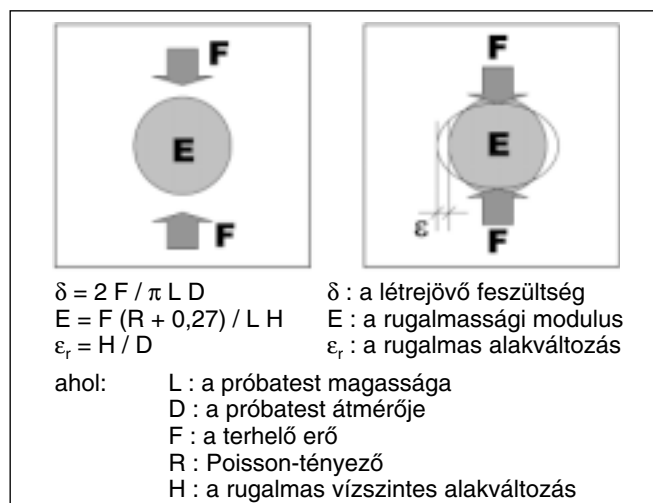
A próbatestet elhelyezzük a mintatartó keretben, a nyomófejet ráhelyezzük, és beállítjuk az érzékelőket egy 0 közeli értékre. Elindítjuk a programot. A gép előterhelésként 5 impulzus terhelést fejt ki a mintára, majd megjelenik a monitoron az érzékelők ábrája, ahol, ha eltérés mutatkozik, ismét be kell állítani 0 közelire az értékeket. Ez után történik a tényleges vizsgálat, szintén 5-szöri impulzusterheléssel. Az egyes terhelések után a számítógép folyamatosan kirajzolja a terhelési és alakváltozási görbéket, valamint megadja a teljes rugalmas alakváltozást, a húzófeszültséget és a rugalmassági moduluszt. A vizsgálatot a próbatest 90°-os elfordítása után megismételjük. Mivel egy keverékből három próbatest készül és mindegyiket – az elforgatásból adódóan – kétszer öt impulzusú terhelésnek vetjük alá, így az adott aszfaltra jellemző, dinamikus hasítási vizsgálattal meghatározott rugalmassági moduluszt 30 db eredmény átlaga adja.



7. ábra: Hasító feltét. Jól láthatók az elmozdulás-érzékelők

#### A rugalmassági modulus meghatározása

A dinamikus hasítás (indirekt húzó) vizsgálattal a függőleges terhelés hatására létrejövő vízszintes alakváltozást mérjük. A Poisson tényező és a próbatest magasságából a rugalmassági modulus (E) számolható. A folyamatot a 8. ábra mutatja be.



8. ábra: Indirekt húzóvizsgálat

#### Hasítási eredmények értelmezése:

Miután a kiválasztott összetételek tömöríthetősége megfelelőnek bizonyult, az elkészített próbatesteket dinamikus hasítási vizsgálatnak vetettük alá. A 150 mm-es átmérőjű próbatestekkel 15°C-on igen magas, 24 000 – 28 000 MPa rugalmassági modulus értéket mértünk. A francia előírások rugalmassági modulus meghatározásánál prizma alakú próbatesten végzett fásasztó vizsgálatokat szabnak meg.

Az általunk elvégzett dinamikus hasítás vizsgálatok előnye a fásasztó vizsgálatokhoz képest a gyorsaságuk és az, hogy nagyobb számú mérési eredményt átlagolunk.

Ebben az esetben az alacsonyabb bitumentartalmú és nagyobb szabadhézagú aszfaltok dinamikus hasítási modulusa a magasabb. Kijelenthetjük tehát, hogy a választott keverék egy nagy modulusú aszfalt.

#### 2.6. Négy pontos gerendafásasztás vizsgálat

A fásasztási vizsgálatot ELE gyártmányú négy pontos gerendafásasztó berendezéssel végezzük. Tartozékai: fásasztó berendezés, vezérlő egység, számítógép, klímaszekrény. (9. ábra)

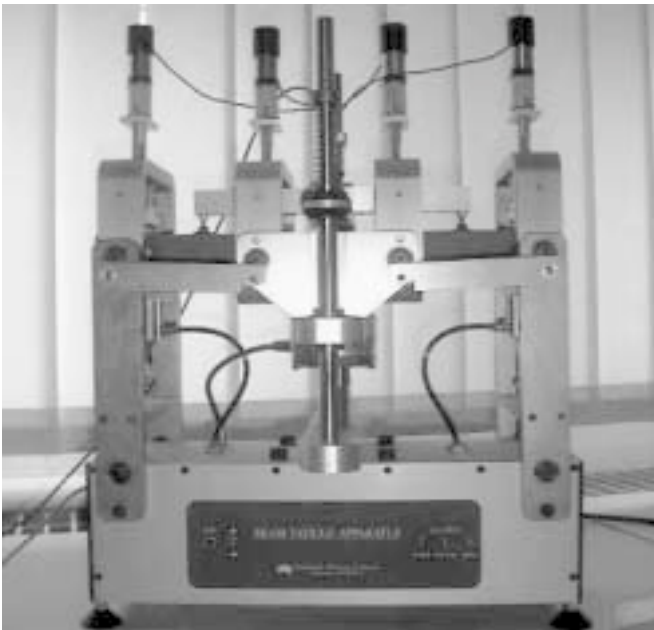


9. ábra: Négy pontos gerendafásasztó vizsgálati összeállítás

### A vizsgálat végrehajtása:

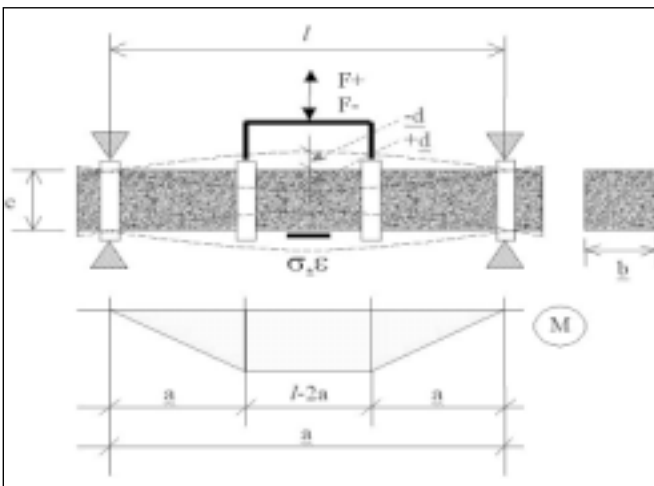
A vizsgálati próbatesteket laboratóriumban, vibrációs tömörítővel készítjük.

Névleges méret: 381 mm x 50,8 mm x 63,5 mm (hosszúság, magasság, szélesség). A próbatestek testsűrűségét a hézagmentes testsűrűség és a kívánt hézagtartalom szerint határoztuk meg. (10. ábra)



10. ábra: Négypontos gerendafárasztó berendezés befogott próbatesttel

A négy ponton befogott gerendát a középső két befogási pont elmozdításával hajlítja a gép. A befogási pontok csuklósan elfordulnak, így a középső szakaszon az igénybevétel tiszta hajlítás, a nyíróerő 0, a nyomtérk állandó. A vizsgálat elvi sémáját a 11. ábra mutatja.



11. ábra: A gerendafárasztás elvi sémája

A vizsgálatokat a SHRP SUPERPAVE M-009 előírásnak megfelelően végezzük:

Erővezérlés: ugyanakkora erő – változó (egyre nagyobb) lehajlás, a gerendákat az anyag tönkremenetelig vizsgáljuk, amely megállapodás szerint akkor következik be, mikor a kezdeti feszültség a felére csökken.

A vizsgálat megkezdése előtt a próbatesteket min. 6 órán keresztül temperáljuk. A vizsgálat hőmérséklete 20°C.

### A rugalmassági modulus meghatározása:

$$E = Pa / \delta wh * [23a^2 / 4h^2 + k * (1 + \nu)]$$

P = terhelő erő (N)

$\delta$  = lehajlás a gerenda közepén (mm)

a = távolság a terhelés és alátámasztás között (118,5mm)

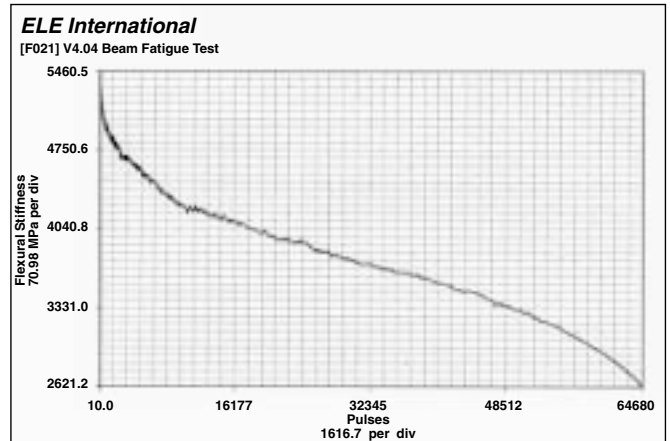
w = gerenda szélesség (mm)

h = gerenda magasság (mm)

k = jelenlegi feszültség osztva az átlag feszültséggel (1,5)

$\nu$  = Poisson tényező

A vizsgálat során kapott mérési eredményt a 12. ábra és a 3. táblázat szemlélteti.



12. ábra: A gerendafárasztási vizsgálat eredménye

### 3. táblázat

Négypontos gerendafárasztás vizsgálati eredmények

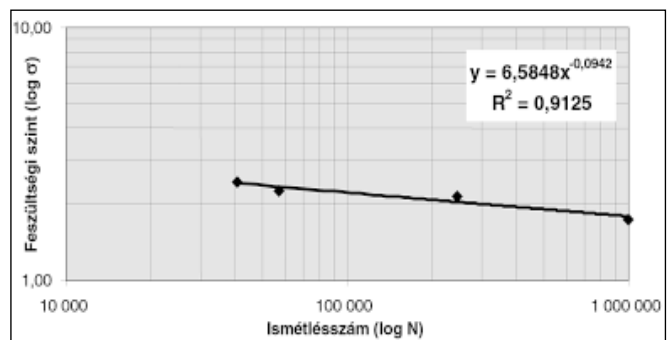
Vizsgáló berendezés: ELE BEAM Fatigue Apparatus,  
Hőmérséklet: 20°C, Frekvencia: 10 Hz

Próbatest jele: A B C D

$\sigma_{\text{terhelés}}$ (MPa)	A	B	C	D
$N_{\text{terhelés}}$ (db)	2,46	2,25	2,16	1,75
$E_k$ (MPa)	40 510	57 100	246 850	1 000 000
	8 602	6 296	8 484	6 803

### A Wöhler fáradási egyenes felvétele:

Több terhelési, vagy alakváltozási szinten elvégzett mérések eredményéből meghatározható a fáradási egyenes. Az egyes ismétlésszámokhoz tartozó feszültség, vagy elmozdulás értékeket dupla logaritmusos lépésben ábrázolva megközelítőleg egyenest kapunk. (13. ábra)



13. ábra: A nagy modulusú aszfalt gerenda fárasztás eredményei

## 2.7. Keréknyom-képződési vizsgálat

A keréknyom-képződési vizsgálatok segítségével a tömörített aszfaltkeverékek plasztikus-deformációra való hajlamát vizsgáljuk. Két vizsgálóberendezést használunk, aszfalt alkalmassági vizsgálatokhoz egy ún. Kis-kerekes és az egyéb nyomvályú vizsgálati megrendelésekre az LCPC típusú nagykerekes berendezést.

A **kiskerekes** keréknyom-képződési vizsgálatokhoz a próbatesteket vibrációs tömörítéssel készítjük. A próbatestek mérete  $200 \times 305 \times 40$  mm a  $d_{\max} \leq 16$  mm és  $200 \times 305 \times 80$  mm a  $d_{\max} > 16$  mm aszfaltok esetén. A próbatest készítéséhez bemért aszfalt tömegét úgy határozzuk meg, hogy a 40 ill. 80 mm névleges magassággal a testsűrűség a Marshall testsűrűséghez közeli legyen (98-102%).

A mérés során a  $60^\circ\text{C}$  hőmérsékletre temperált próbatesteket egy 200 mm átmérőjű 5 cm széles 80 Shore keménységű tömör gumikerékkel 700 N erővel terheljük. A terhelő kerék 200 mm-es hosszon 0,43 Hz frekvenciával a próbatesten oda-vissza gördülő mozgást végez. A műszer a kerék aszfaltba való benyomódását méri 0,1 mm pontossággal, az adatokat számítógép rögzíti. Az adott áthaladási számhoz tartozó benyomódás a próbatest középső tíz centiméteres szakaszán mért 41 mérési pont benyomódásainak az átlaga. Kiindulási magasság a 10. áthaladáshoz tartozó referencia magasság. Az előre meghatározott áthaladási számoknál mért benyomódásokból készül a keréknyom-képződési grafikon. A mérés eredménye a 8340 áthaladás utáni benyomódás és a próbatest vastagságához viszonyított fajlagos alakváltozás. A használt műszert a 14. ábra mutatja.



14. ábra: AKV-típusú keréknyom-képződést vizsgáló gép

Az **LCPC berendezést** (15. ábra) a 60-as évek végén fejlesztették ki Franciaországban, Európában azóta ez az egyik legelterjedtebb nyomvályú vizsgálati módszer.

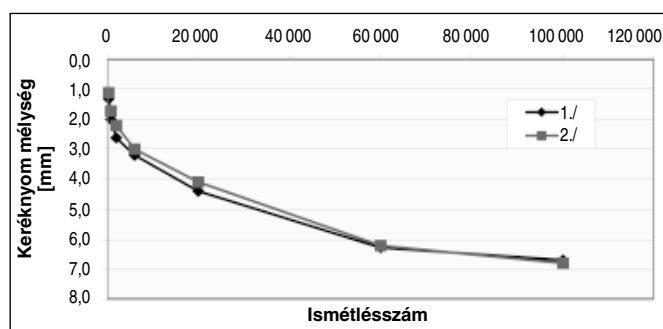
A berendezés sima felületű 0,6 Mpa nyomásra felfújt gumiabroncsokkal 5000 N terhelő erővel 1 Hz frekvenciával terheli az 49 cm hosszú, 17 cm széles és 10 cm magas próbatesteket. A benyomódás mérése a próbatestek kijelölt



15. ábra: LCPC típusú keréknyomképződés vizsgáló gép

pontjain meghatározott ciklusszámok után manuálisan történik. A vizsgálat hőmérséklet itt is  $60^\circ\text{C}$ .

A keréknyom-képződési vizsgálat eredményét LCPC típusú nagykerekes vizsgálóberendezéssel  $60^\circ\text{C}$  hőmérsékleten, 10 cm magas próbatesteken a 4. táblázat és a 16. ábra mutatja



16. ábra: A keréknyom-képződési diagram

## 3. Beépítés

A STRABAG RT Budai Főépítésvezetőség 2003. október elején fordult azzal az igénnyel az IMI Kft.-hez, hogy a Budapesten a XXI. kerületben a Szent Imre teret övező utcákban a nagy nehézgépjármű és autóbussz forgalom hatására jelentős a buszmegálló burkolatában a keréknyomosódás. Ennek kijavítására kért megfelelő műszaki megoldást és lehetőség szerint a megvalósításhoz támogatást a Strabag. A tervezéshez és a megvalósításhoz rövid idő állt rendelkezésre, október 22-én át kellett adni a kijavított szakaszokat.

Elsőként a keréknyomvályúk kialakulásának az okait kellett megtalálnunk és ezek alapján lehetett javaslatot tenni a javítás lehetséges módjára. A meglévő pályaszerkezet soványbeton (CKT) alapra épített 6-7 cm vastagságú Ju-35/F illetve K-20/F és felette 4 cm vastag ZMA-12 aszfaltrétegből állt. A négy, eltérő mértékben keréknyomosodott szakaszból a BAU-TEST Kft. fúrt magmintákat és vizsgálta azokat. Az aszfaltkeverékek összetétele megfelelt az ÚT 2-3. 301: 2002 Út-

### 4. táblázat

A mért fajlagos alakváltozás az áthaladási szám függvényében

Áthaladási szám	200	600	2 000	6 000	20 000	60 000	100 000
ε %	1./	1,3	2,0	2,6	3,2	4,4	6,7
	2./	1,1	1,7	2,2	3,0	4,1	6,8





17. ábra: A keverék beépítése

ügyi Műszaki Előírásban szereplő követelményeknek. A keréknyom elsősorban a felső réteg deformációja miatt alakulhatott ki, de az IMI Kft a teljes aszfaltszerkezet cseréjét javasolta, még hozzá egy Magyarországon még csak kísérleti jelleggel alkalmazott nagy modulusú kötőréteg és a rákerülő vékonyaszfalt réteggel.

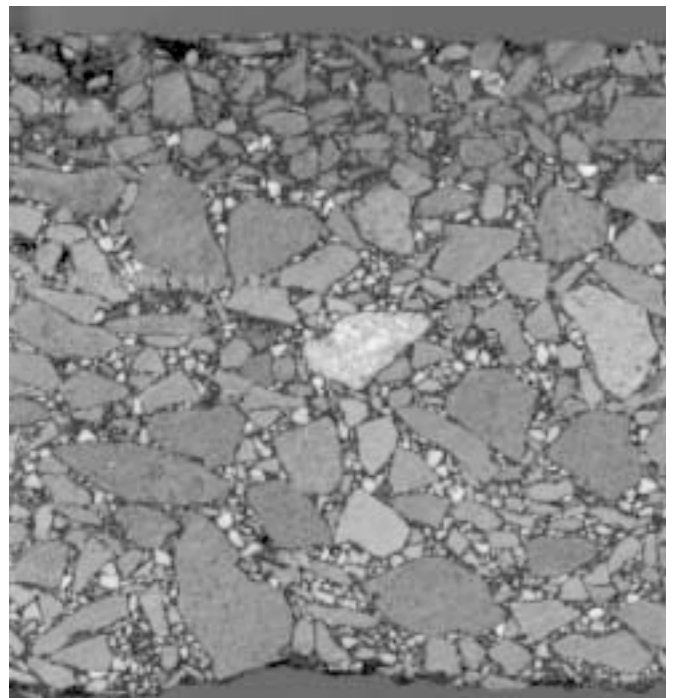
A nagy modulusú aszfaltot a fentebb bemutatott K-20/F NM alkalmassági vizsgálata szerint készítettük, míg kopóréteggént mZMA-8 aszfaltot választottunk. Ennek a receptúráját Illatos úti anyagokból Kaló Judit tervezte és készítette el az alkalmassági vizsgálatokat. A 8 mm-es legnagyobb szemcseátmérő miatt az anyag ideálisan beépíthető 20-25 mm vastagságban és igen szép makrotextúrájú. Ellenőrzésként zsirátoros tömörítést, dinamikus hasítási vizsgálatot és megnövelt áthaladás számmal nyomvályú képződési vizsgálatot végeztünk.

A megoldás előnye abban áll, hogy a nagy modulusú aszfalt, amely kemény normál, vagy modifikált bitumenel készül, magas hőmérsékleten is megőrzi a rugalmasságát, tehát kevésbé hajlamos a plasztikus deformációra. A vékony felső réteg szerepe a megfelelő érdességű felület tartós biztosítása és a szerkezet zárása. A két réteget „forró a melegre” technológiával, emulziós ragasztóréteg alkalmazása nélkül építik, amely sikeres kivitelezés esetén – ha mindkét réteget az előírt hőmérsékleten tömörítik, a felső réteg beépítésekor az alsó hőmérséklete nem esik 80°C alá és a határfelület szennyeződésektől tiszta marad – a két réteg tökéletes együttműködését eredményezi, az eltérő szemcseméretű aszfaltok szeméi, mint a fogaskerek fogai illeszkednek egymáshoz. A marás után rendelkezésre álló 10-11,5 cm vastagságban 7-9 cm K-20/F NM és 2,5 cm mZMA-8 aszfalt rétegek beépítésére volt lehetőség.

A kivitelezés a meglévő aszfalt rétegek felmarásával kezdődött, a marás egy nappal a beépítés előtt készült el. A fogadó felület Ckt ill. régi beton szerkezet volt, tiszta, száraz, lemart felülettel. Az K-20/F NM terítése előtt a fogadó réteg gyorsan törő emulziós permetezést kapott 0,7 kg/m<sup>2</sup> adagolással. Az aszfaltkeverék a MASZ Illatos úti telepén készült, a szállítási idő a beépítés helyéig kevesebb volt, mint egy óra volt. A keverék szállítása folyamatos volt, az alsó rétegek elkészülte és tömörítése után a kopóréteget egyből lehetett építeni, megvalósult a „forró a melegre” technológia.

Keverék hőmérsékletek: K-20/F NM: finisher technóban 180°C, a palló mögött: 140°C.

Az mZMA-8 kopóréteg finisher technóban 155°C, a palló mögött 105°C. Léghőmérséklet: 10-14°C a beépítés ideje alatt.



18. ábra: A kifűrt minta szerkezete

Géplánc: Finisher: Vögele Super 1800, automata szintbeállítóval. Beépítési sebesség: 2 m/perc, szélesség: 3 m. Hengerek: 1 db Bomag, 2 tonnás, 1 db Bomag, 10 tonnás, mindkettő vibrációs. A hengerjárat számok megállapítása az első szakaszon történő izotópos mérésekkel történt. Összességében a beépítés renben zajlott le, bár az utolsó szakasz építésekor már esett az eső. Az igen meleg K-20/F NM aszfalt az eső ellenére is tömöríthető maradt. A kész szerkezetből kifűrt minta metszetét a 18. ábra mutatja.

## Summary

### Design and construction of a high modulus asphalt concrete base course and of a thin wearing course

The use of high modulus asphalt concrete (HMAC) has steadily increased in the last 15-20 years. The objectives to use HMAC are to limit plastic deformations and to provide long life-time of pavements. The paper describes a case study the process of design: the choice of materials, mix design, gyratory compaction tests, Marshall tests, four-point fatigue tests, dynamic modulus calculation, rutting tests. Finally the construction process of an urban road is described.

## Megjegyzések

### Subert István: A dinamikus tömörség- és teherbírásmérés újabb paramétereit és a modulusok átszámíthatósági kérdései c. cikkéhez<sup>1</sup>

Dr. Boromisza Tibor<sup>2</sup>

Subert István követ dobott az állóvízbe. Az állóvíz a talajtömörség vizsgálata, nem is mellékesen a vizsgálati módszer és a tömörségi követelmény. Nézzük meg közelebbről, hogy miről is van szó.

A szerző által kidolgozott dinamikus tömörségmérés azon alapul, hogy a helyszínen a Proctor-vizsgálattal azonos dinamikus munkával méri a tömörödést. A 163 mm átmérőjű merev tárcsára mintegy 75 cm magasságból 18-szor 11 kg-os tömeget ejteget. Az utolsó három ütés hatására bekövetkező tárcsasüllyedések átlagát viszonyítja az első három ütés tárcsasüllyedéseinek átlagához. Az így megkapott „relatív tömörséget” nedvességkorrekciós tényezővel megszorozva kapja a végső tömörségi fokot.

Tekintsünk most el attól, hogy a helyszínen elméletileg alkalmazott tömörítési energia hatására előállt tömörség nem azonos a laboratóriumi Proctor-vizsgálat tömörítési energiájával előállt tömörséggel. A laboratóriumban ugyanis merev oldalfalakkal határolt zárt térben, a helyszínen viszont a „végtelen féltérben” tömörítünk. A helyszínen a Proctor-energiával betömörített talaj nem lehet 100%-os azonos víztartalom esetében sem.

A szerzőnek igaza van, amikor hangsúlyozza a víztartalom szerepét. Ennek természetesen más a hatása szemcsés, mint kötött talajoknál.

Elmélkedésünket kezdjük a laboratóriumi tömörítéssel. Jelenleg a „laboratóriumi viszonyítási sűrűség” (laboratory reference density) meghatározására négy MSZ EN szabvány van érvényben (az MSZ EN 13286 számú sorozat): a „hagyományos” döngöléses egyszerű és módosított Proctor-vizsgálat, (2,5, 4,5, 15,0 kg-os döngölővel) a vibrokompresszoros, a vibroasztalos és a vibrokalapácsos tömörítés. Az anyag legnagyobb szemnagysága szerint lehet a tömörítési módszert megválasztani. A vibrátoros eljárások a durva szemcsés anyagokhoz ajánlottak.

Tehát mindjárt az első kérdésünk: a „viszonyítási sűrűség” meghatározására többféle lehetőségünk van. Ha ugyanazt az anyagot a négyféle eljárással tömörítjük, ugyanazt az eredményt kapjuk?

A tömörség helyszíni meghatározására még több eljárást használnak. Ilyenek a:

#### Közvetlen vizsgálatok:

- Kiszúróhengeres zavartalan (?) mintavétel.
- Helyettesítéssel módszerek, mint a homokszórásos és a gumiballonos módszer.

A közvetlen módszer minden esetben laboratóriumi vizsgálatokat igényel. A közvetett módszerek kifejlesztésének a célja az volt, hogy a helyszínen azonnal megkapjuk a tömörségi eredményt. Amint látni fogjuk, ezek sem nélkülözhetik a laboratóriumi vizsgálatot.

#### Közvetett módszerek, amelyek előzetes kalibrálást igényelnek:

- Radiometriás mérés.
- Egyéb módszerek;
  - statikus tárcsás vizsgálat a tömörségi tényező meghatározására,
  - dinamikus tárcsás vizsgálatok,
  - különféle szondák,
  - a tömörítő hengerre szerelt gyorsulásmérő rendszer (RICCC: Roller Integrated Continuous Compaction Control),
  - hullámterjedési sebesség mérésén alapuló módszerek.

A második kérdés: mennyire megbízhatók a „közvetlen” mérési módszerek? A kiszúróhenger átmérője? Nyomjuk? Ütögessük? Mindegyik kérdés befolyásolja az eredményt.

Az Útügyi Kutató Intézetben vizsgálták azt, hogy a gumimembrános és a homokszórásos módszerrel kapott eredmény mennyiben egyezik a kiszúróhengeres eredménnyel. Semennyire, illetve szórással, jóindulatúan mondva  $\pm 3\%$ -os eltéréssel [1].

A népszerű *izotópos tömörségvizsgálat* (ÚT 2-3.103) előnye, hogy a tömörségi fokot azonnal megkapjuk. Ehhez – az előzetes kalibrálásokon kívül – a *nedves sűrűséget* és a víztartalmat kell mérni. A sűrűséggel sok probléma nincs, azonban a víztartalom mérése pontatlan. Ebben igaza van a szerzőnek. Az ÚT 2-3.103 előírja a víztartalom korrekciós tényezőjének a meghatározását – laboratóriumi víztartalmi vizsgálattal.

A *statikus tárcsás vizsgálattal* (MSZ 2509-2) meghatározható tömörségi tényező ( $T_v$ ) a durva szemcsés anyagok tömörségéről nyújt információt [2]. Kényszerű megoldás, mivel csak körülményes módon lehetne más módszert alkalmazni. Nem a kívánt tömörségi fokot szolgáltatja, hanem a tömörséggel arányos tényezőt. Óvatosan kell kezelni, és figyelembe kell venni a megkapott E-modulus nagyságát is.

A *dinamikus tárcsás vizsgálat* ismert, bár nem elterjedt módszer. A Subert István által kidolgozott eljárás (ÚT 2-2.124) is ebbe a kategóriába sorolható. Annnyiban hasonló az előző statikus módszerhez, hogy a mérés kezdeti és végső állapotának a viszonyát adja meg. Ez a megoldás is laboratóriumi víztartalom-vizsgálatot igényel.

<sup>1</sup> Megjelent az 55. évfolyam 1. számában

<sup>2</sup> Okl. mérnök, nyugalmazott főosztályvezető



A különféle szondák az adott átmérőjű rúd, tárcsa benyomásával vagy ütogetésével elért behatolás nagyságát mérik, és ebből lehet következtetni a tömörségre – ha ismert a víztartalom.

A tömörítő hengerre szerelt mérőrendszer a tömörödés folyamatát méri, a tényleges tömörségi fok meghatározása más módszert igényel.

A hullámterjedési sebesség mérése annyira egyedi, hogy jelen esetben nem érdemes ezzel foglalkozni.

Ha eldöntöttük a viszonyítási sűrűség meghatározásának és a helyszíni mérésnek a módszerét, hátra van a tömörségi követelmény meghatározása. Mondhatjuk azt, hogy az évek során kialakultak a talajfajtától és a jelentőségtől függő tapasztalati értékek. A felsorolt bizonytalanságok miatt azonban kérdéses lehet ezek realitása. Ha pedig előírjuk a statisztikai értékelést, nem mindegy ennek számítása. Student-eloszlás? (kis mintaszámnál). Gauss-eloszlás (nagy mintaszámnál). Netán gamma eloszlás? Vagy maradjunk meg az egyedi értékek túrésai előírásánál? Az kétségtelen, hogy ha a cikkben említett 97%-os tömörségi fok van előírva, akkor statisztikai értékelés esetében a minták jelentős részénél ennél nagyobb értékeket kell produkálni.

Az ÚT 2-1.222 részletes irányelveket ad mind a követelményekre, mind a minősítésre. A végső előírást a tervezőre bizza. Ez az előírás az utak geotechnikai tervezésének általános szabályait tartalmazza, összhangban a vonatkozó Eurocode irányelveivel. A tömörségmérési módszerekkel nem foglalkozik, de lehetőséget ad ennek megválasztására. Az említett bizonytalanságok miatt azonban hiányzik a részletes „végrehajtási utasítás”, azaz olyan műszaki előírás (vagy előírások) kiadása amely(ek) az útépitési földművek építésére, ezen belül a minősítésre követelményeket határoz(nak) meg. A viszonyítási sűrűség > vizsgálati eljárás > követelmény folyamatot a szerződésben kell rögzíteni. Egyik módszer sem lehet kizárólagos a többivel szemben.

A cikk második részében a szerző a teherbírási modulus számítását vitatja. Az egyik vitapontja a tárcsa merevség és a Poisson-tényező figyelembe vétele.

Az ismert  $E = c \times (1 - \mu^2) \times p \times r/s$  képletben a bizonytalanságok a  $c$  ( $1 - \mu^2$ ) jelenté, ahol  $c$  a tárcsa merevsé-

gének a tényezője (merev:  $c = \pi/2$ , hajlékony:  $c = 2$ ). A tárcsa alatti feszültségeloszlás azonban más a kötött, és más a szemcsés talajoknál. Az előbbi esetben a csúcspont a tárcsa pereménél, az utóbbinál középen alakul ki. Ullidtz szerint [3] szélső esetben a  $c$  ( $1 - \mu^2$ ) szorzat 1...2,67 között lehet, ha nem ismerjük sem a Poisson-tényezőt, sem a tárcsa alatti feszültségeloszlást. (Márpedig nem ismerjük, csak feltételezzük.) Elméletileg helyes a szerző fejtegetése, de gyakorlatilag azt a koncepciót kell követni, amit a tömörségvizsgálatoknál követtünk: a követelményt a mérési módszerhez kell igazítani. Az egyik módszerekből a másikba csak kompromisszumokkal lehet átlépni.

Nem világos a szerző bizonygatása, miszerint a teherbírási modulus annál nagyobb, minél nagyobb a „végterhelés”. A teherbírási modulus ugyanis voltaképpen a terhelés–süllyedés görbe hajlásával arányos. Linearitás esetében közömbös a végterhelés nagysága. A szerzőnek akkor lenne igaza, ha a terhelés hatására nem süllyedés, hanem emelkedés állna elő. Plasztikus deformáció esetében a nagyobb terhelésnél előállhat kisebb modulus. Az esetek nagy többségében a második terhelési ágnál a megadott végterheléseknél az összefüggés lineáris. Így a szerzőnek az egyenértékű alakváltozási modulusra (?) vonatkozó végkövetkeztetése is téves. A földműveknél előírt 0,3 MPa végterhelés azért ennyi, mert 0,5 MPa terhelésnél már keletkezhet plasztikus deformáció. A pályaszerkezeti rétegeknél előírt 0,5 MPa azért ennyi, mert egyrészt ezt „ki kell bírnia”, másrészt szélesebb spektrumban vizsgálható a terhelés–süllyedés összefüggés.

## Irodalom

- [1] Útépitési geotechnikai vizsgálatok. Útügyi Kutató Intézet 36 sz. kiadványa, Budapest, 1965
- [2] Boromisza T.: Vasúti zúzottkőagyazatok tömörsége. Mélyépítéstudományi Szemle, 1960/8 pp. 375–380
- [3] Ullidtz: Pavement Analysis Developments in Civil Engineering. Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam, 1987

## HIRDETÉSEK ELHELYEZÉSE, DÍJAI

A felelős szerkesztő jóváhagyásával szakmai hirdetés jelentethető meg a lapban.

A hirdetési díjak a következők:

Borító II. oldal	1/1 színes	250.000,- Ft + ÁFA
	1/1 fekete-fehér	220.000,- Ft + ÁFA
Borító III. oldal	1/1 színes	250.000,- Ft + ÁFA
	1/1 fekete-fehér	220.000,- Ft + ÁFA

További információ: Ciceró Kft. • Tel./fax: 301-0594, 311-6040

# Válasz dr. Boromisza Tibor hozzászólására

## („A dinamikus tömörség- és teherbírásmérés újabb paraméterei és a modulusok átszámíthatósági kérdései” c. cikkhez)

Subert István<sup>1</sup>

Köszönettel veszem dr. Boromisza Tibor megtisztelő hozzászólását cikkemhez, annál is inkább, mivel egy évtizedes, közösen eltöltött kutatóintézeti kapcsolatunk miatt egyik mesteremet és tanítómát tisztelhetem benne. Hozzászólásában azonban több olyan részlet van, melyben más a véleményünk, vagy éppen az újabb fejlemények még előtte sem ismeretesek, ezért – úgy gondolom – ezekben a kérdésekben további indoklás szükséges.

A dinamikus tömörségmérés új, *alternatív módszerét* ismerteti a cikk (mely nem volt az ÁKMI K+F téma része), amely már az egyszerűsített tömörségmérés lehetőségét is megteremti. A 163 mm átmérőjű terhelő tárcsára 10 kg tömeget ejtünk 67-75 cm magasságból, legfőljebb 18 alkalommal, a tömörítési görbe alakját ez alatt meghatározva. Az *alternatív módszerrel* a görbe végső meredekségét figyeli a mérőprogram, és ezért a kellő tömörödés létrejötté esetén, egy küszöbérték után nem kér további ejtéseket (természetesen a teljes sorozatot is lehet választani). A relatív tömörséget e módszer úgy számítja a teljes tömörödési görbe adataiból, hogy a süllyedési amplitúdók különbségét az ejtések számával súlyozva egy  $D_m$  deformációs mutatót képez, ezt a Proctor-vizsgálatból meghatározott  $\Phi$  paraméterrel (mely általában 0,365-nek vehető) szorozva számítjuk a relatív tömörségi fokot a  $TrE\% = 100 \cdot \Phi \cdot D_m$  kifejezéssel.

A  $\Phi$  paraméter mint meredekség pontosan is meghatározható a  $G_{sz} = \text{constans}$  modellben az egyes víztartalmakhoz tartozó térfogatkülönbségek és a Proctor tömörségi fok ( $100 \cdot \rho_{df} / \rho_{dmax}$ ) lineáris összefüggéséből. A publikált cikk 2. ábrájában példaképpen bemutatott öt *különböző anyagra*, 150 mérési pontra egy fontos összefüggést, ahol a lényeges anyagi és sűrűségi különbségek ellenére a térfogatváltozás  $\Phi$  együtthatója 0,3642-nek adódott  $R^2 = 0,9967$  mellett. Ez a dinamikus tömörségmérés mint vizsgálati módszer jó megbízhatóságát jelzi, ami más tömörség-mérési módszerekre egyáltalán nem jellemző.

Vitatom, hogy a helyszínen alkalmazott tömörítési energia hatására előállt tömörségi állapot nem lenne azonos a laboratóriumi Proctor-vizsgálattal, egyrészt mert ezek azonossága mérésrel alátámasztható, másrészt pedig azért, mert akkor egyetlen más tömörségmérési módszert sem alkalmazhatnánk csökkentő tényező nélkül. Vagy milyen alapon feltételeztük eddig, hogy a hengerlés (teljesen eltérő modellhatással) egyező tömörítést végez a rétegen a laboratóriumi Proctor-vizsgálattal (a helyszíni 100%-os tömörítés térfogatsűrűsége a  $\rho_{dmax}$  értékével egyező)?

A víztartalom óriási szerepét a tömörítésben igazából csak most kezdjük felismerni. A cikk erre szeretné nyomatékosan felhívni a szakma figyelmét, mert a víztartalom pontos helyszíni mérésére fel kell készülni műszerrel, technológiával a *kivitelezőknek is*. A nagy tömörségi követelményeknek csak akkor lehet megfelelni, ha a beépítési víztartalmat a határok alkalmassági vizsgálatával előzetesen meghatározzák, és az építés során figyelemmel kísérik ezek tényleges és homogén meglétét! Szeretném jelezni, hogy meglepően jó a jelenlegi gépi tömörítés hatékonysága és igen nagy a megfelelő víztartalom szerepe. A mérnök hibázik akkor, amikor a víztartalom ismerete nélkül feleslegesen járátja a hengert, és nem érti, miért nincs további tömörödés!

Az új MSZ EN európai szabványok megjelenésével a  $\rho_{dmax}$  fogalma *viszonyítási térfogatsűrűsége* változott, és a Proctor-vizsgálat (MSZ EN13286-2) mellett lehetséges a vibrosajtolásos (MSZ EN13286-3), vibrokalapácsos (MSZ EN13286-4), vagy vibroasztalos (MSZ EN13286-5) viszonyítási térfogatsűrűség meghatározása is. Ezeket újdonságuk miatt eddig még senki nem tudta összehasonlítani, de ez valóban elkerülhetetlen lesz.

Megjegyzem, hogy a B&C dinamikus tömörségmérés a vibrokalapácsos módszerhez hasonló, de a helyszínen elvégezhető gyorsvizsgálatot is kifejlesztett, sőt már tesztelés alatt áll a viszonyítási térfogatsűrűség meghatározására. Nyilvánvaló, hogy a rendelkezésre álló laboratóriumi mérési módszerekből a valós tömörítéshez legközelebb állókat kell majd alkalmaznunk, legalábbis a modellhatás kellene közel azonos legyen a valós hengerléssel. A B&C dinamikus tömörségmérés e vizsgálati módszerekkel meghatározott  $Tr_w$  nedvességkorrekciós görbe meghatározására korlátozódik csak, és érdektelen (!) a térfogatsűrűség abszolút értéke.

A dinamikus tömörségmérés megjelenésével már nem tekinthető közvetlen módszernek a korábbi kiszúróhengeres, homokkitöltéses, gumiballonos módszerek egyike sem, mert mindegyikük a térfogatsűrűség – mint a tömörség számításához szükséges közvetett érték – meghatározására törekszik. Továbbá a tömörségi fok számítása ezeknél tartalmazza a viszonyítási térfogatsűrűség ( $\rho_{dmax}$ ) hibáját is, melyről egyszerűen nem veszünk tudomást.

Az ÚT 2-3.103 izotópos mérés nem népszerű, legfőljebb elterjedtnek nevezhető hazánkban, összes hibájával és közismert pontatlanságával együtt. Az *izotópporrás alkalmazása és az egészségügyi kockázat miatt a mérésnek Európában nincs jövője*. Emlékezzünk dr. Szepesházi Róbert hozzászólására [1], amely a MAÚT útügyi konferencián 2004. április 27-én hang-

<sup>1</sup> Okl. építőmérnök, okl. közlekedés-gazdasági mérnök, ügyvezető, AndreaS Építőipari Fejlesztő és Szolgáltató Kft.

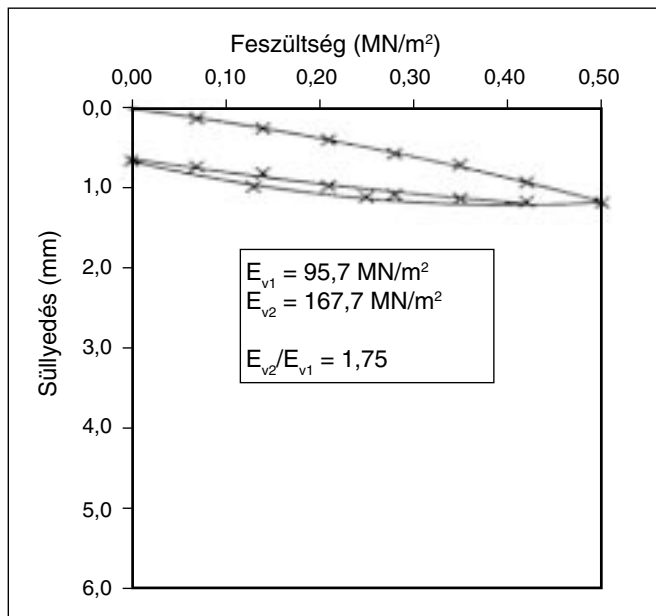
zott el. Ebben jelezte, hogy az FGSV516 ajánlásában (Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau) [2] már nincs benne az izotópos tömörségmérési módszer.

A tömörségi követelmény „anyagfüggőségét” az eddigi mérési módszerek pontatlanságának és össze nem hasonlíthatóságának takarására találtuk ki. A cikkemben közölt 2. ábra pont azt mutatja be, hogy eddig rossz úton jártunk. A térfogatváltozáson alapuló mérés ugyanis igazoltan *független az anyag típusától*, amellet jóval pontosabb módszer is.

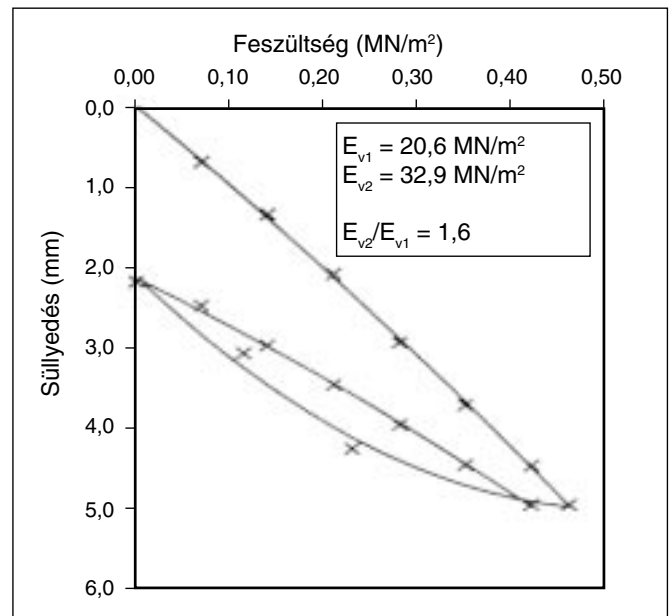
Vitatom a Poisson-tényező fontosságának lebecsülését, sőt az MSZ 2509-3 „közelítő” képletének alkalmazását is ellenzem. Miért várjuk el a laboratóriumtól a tizedesre megadott eredményeket, ha az „egyszerűsítés” eredményeképpen eleve több tíz százalékot tévedünk?

Fenntartom az alakváltozási modulusokra tett megjegyzésemet, mely szerint nem mindegy, hogy az előírt E2 határérték  $p=0,3$  vagy  $0,5$  MPa végterhelésű

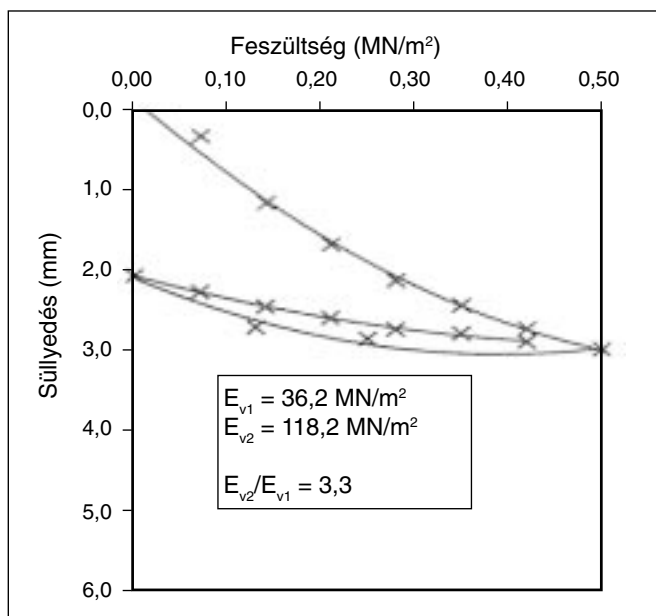
mérésre vonatkozik-e. A dinamikus modulus felterhelési görbéje *lehet egyenes, de általában nem az*. Ha egy kiválóan nagy teherbírású altalajon lévő laza rétegen mérünk, akkor a mérési görbe tömörödést mutat (a hagyományos  $\sigma$ - $\varepsilon$ , illetve P-s görbén az alakváltozás csökkenő). Tömör felső rétegen, igen rossz altalaj teherbírásnál a terhelés egy pontján megjelenik a folyás. Ideális, ha az alsó-felső réteg teherbírásában olyan arány áll elő (véletlenszerűen), hogy a terhelési görbék lineárisak. A DIN 18134 „Baugrund; Versuche und Versuchsgerate – Plattendruckversuch” [3] szabvány például olyannyira nem ismeri el, hogy lineáris lenne a felterhelési görbe, hogy annak csak  $0,3 \sigma_{\max}$  és  $0,7 \delta_{\max}$  közötti szakaszát engedi meg figyelembe venni a dinamikus modulus számításában. Az FGSV 516 mint tömörségi jellemzőket értelmezi az alakváltozási modulus terhelési görbéinek nem lineáris jellegzetességeit, melyeket az 1., a 2., a 3. és a 4. ábrán mutatok be.



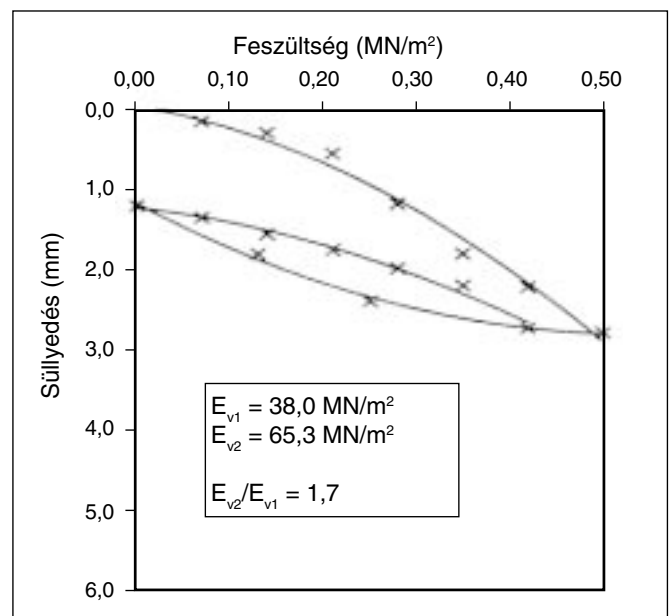
1. ábra



3. ábra



2. ábra



4. ábra

A szerb (jugoszláv) előírás [4] kimondottan megköveteli a második felterhelés lineáris közeli viselkedését, mert annak határgörbék között kell maradnia.

Meggyőződésem, hogy szabványaink és vizsgálati módszereink a jövőben nagyobb kritikát kell elviseljenek, kiálljanak, mint eddig. *Nem tarthatók meg olyan előírások és vizsgálati módszerek, melyeknek gazdasági vagy egészségügyi, környezetterhelési kockázata van, sőt esetenként már akár kimutatható károkozással járnak a kivitelezésben.* Az ISO szerint minősített – és valóban jó minőségű munkára törekvő – kivitelezők, az igen szűkre szabott határidő miatti feszes organizáció, valamint a késésre-hibákra érzékeny politikai környezet nem tűri meg a bizonytalanságot.

## Irodalom

- [1] „Utak 2004 után” 10 éves MAÚT útügyi konferencia, Budapest, 2004. április 26–27.
- [2] FGSV 516 (Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau)
- [3] DIN 18134 2001 „Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte – Plattendruckversuch”
- [4] JUS U. B1.047 JUGOSLOVENSKY STANDARD: Testing of soil – Determination of deformation modulus by circular plate load test

## Nemzetközi szemle

### Kötőanyaggal stabilizált útalaprétegek Építési tapasztalatok az afganisztáni Herat-dogharoni útépitésnél

*Mit Bindemittel stabilisierte Tragschichten im Strassenbau  
Baupraktische Erfahrungen beim  
Strassenneubauprojekt Herat-Dogharon in Afghanistan  
Hans Josef Kloubert, Helmut Nievelt und Mohsen Zarrabi  
Bitumen, 4/03 p. 170*

Az Afganisztán – iráni határtól az ország belsejébe vezető 130 km hosszú út fontos szállítási útvonal, ezért ennek kiépítését határozták el. A kivitelező iráni vállalat volt, a technológiát osztrák tanácsadó cég dolgozta ki. Az eredeti terv szerint a burkolatalap kötőanyag nélkül készült volna, az osztrák tanácsadó cementtel és habosított bitumennel stabilizált réteget javasolt és ez a terv valósult meg.

A pályaszerkezet felépítése a következő volt:

	Tervezett	Megvalósult
Aszfaltburkolat	5 cm	5 cm
Kötőréteg	5 cm	–
Aszfalt alapréteg	6 cm	–
Szemcsés alapréteg	20 cm	–
Stabilizált alapréteg	–	25 cm
Összes vastagság	36 cm	30 cm
Szemcsés feltöltés	>30 cm	>30 cm

A stabilizálás anyagát a közelben nyerték, szemeloszlása kielégítette a 0/45-ös folytonos szemeloszlású anyag határgörbéit. (Ez a mi FZKA 0/35 és 0/55-ös határgörbéink közé esik). A talaj kavics és homok. A stabilizált keverék összetétele a szemcsés anyaghoz viszonyított százalékban: cement 3,0-4,0%, habosított bitumen 3,0-2,5%, víz 5,7-6,2%.

A technológiai előírások – az osztrák szabványoknak megfelelően:

- Szemeloszlás
  - >32 mm 0-10%
  - <2 mm 18-40%
  - <0,063 mm 0-7%
- 7 napos hasító-húzó szilárdság 0,2 N/mm<sup>2</sup>
- 7 napos nyomószilárdság 1,5 N/mm<sup>2</sup>
- Tömörség (egyszerű Proctor) 97%
- Egyenletesség max. 15 mm 4 m-es léccel

A beépítési folyamat a következő volt:

- Az adalékanyag beszállítása, elterítése gréderrel
- Az adalékanyag tömörítése 95%-ra az egyszerű Proctor szerint
- Az előtömörített réteg nedvesítése a porképződés megelőzése érdekében
- A cement kiszórása
- Az anyag átkeverése BOMAG MPH 121 típusú maróval. A gép előtt halad a bitumenszállító, utána a vízszállító jármű. A marógép elején van az egyik vízbevezető nyílás, ezen keresztül történik a szemcsés anyag nedvesítése. A gép hátsó oldalán történik a forró bitumen habosítása a másik vízbevezető és a bitumen bevezető nyílásokon keresztül adagolt vízzel és bitumennel.
- Tömörítés két BOMAG BW 219 DH-3 19 t-ás géppel. Az első gép után gréderes finom egyengetés, utána tömörítés a másik géppel.
- Nedvesítés
- Zárás fluxbitumennel

Amennyiben néhány nap múlva szállításra kellett igénybe venni a stabilizált alapréteget, a felületét finom zúzalékkal szórták be. A vizsgálatok szerint a felsorolt követelményeket mindenütt teljesítették. **B.T.**

A KTE diplomamunka pályázati bizottsága 2004-ben is meghirdette a diplomamunka pályázatot az egyesület szakmai területeihez kapcsolódó felsőoktatási intézményekben. A pályázati felhívást a bizottság a KTE Hírlevelében is közzétette, így feltehetően minden érdeklődőhöz eljutott.

A pályázati felhívásra összesen 26 diplomamunka érkezett a következő intézményekből:

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem	16 db
Széchenyi István Egyetem	5 db
Nyugat-Magyarországi Egyetem	1 db
Szent István Egyetem Ybl Miklós Főiskolai Kar	4 db

A diplomamunka pályázati bizottság – az ifjúsági bizottsággal együttműködve – a pályázatokat értékelte, rangsorolta és javaslatát az országos elnökség elé terjesztette.

Az országos elnökség döntése alapján a következő pályázók, illetve diplomamunkák részesültek díjazásban.

### I. díj (30 000 Ft)

**Ercsényi Balázs:** A Budapest, V. kerületi Kossuth Lajos tér fejlesztési terve. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar)

**Fábián Zoltán:** A Budapesti Intermodális Logisztikai Központ hatékonyságvizsgálata. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar)

**Fehér Tamás:** Közforgalmú függőszékes kötelpálya tervezése Bánkút sícentrumában. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar)

**Gémesi János:** A közforgalmú közlekedés minőségét javító intézkedések, különös tekintettel a BKV Rt. márka-védjegyes szolgáltatására vonatkozóan. (Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar)

**Hartal István:** Városföld vasútállomás átépítésének tanulmánytervi előkészítése. (Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar)

**Karsa András:** Az információ szerepe a felszíni közösségi közlekedés forgalomirányításában. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar)

**Kellő Balázs:** Városi közúti hálózatfejlesztési lehetőségek vizsgálata számítógépes szimulációs szoftverrel, konkrét példán bemutatva. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar)

**Kolosszár Lilla Edit:** Inverz két-dimenziós tervezés. Nagyterhelésű turbinalapátok inverz tervezése. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar)

**Parkánszki László:** A NETLINE rendszer vizsgálata a MALÉV Rt. Repüléstervező és Előkészítő Osztályán. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar)

**Pál Zoltán József:** Egyensúlyi és nem-egyensúlyi borid és karbamid fázisok keménységének összehason-

lító vizsgálata. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar)

**Somogyi Rita:** Légiközlekedési zajmennyiségek mérése, értékelése és számítása. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar)

**Török Ádám:** Gépjárművek környezetvédelmi felülvizsgálatának tematikai rendszere és hazai fejlesztésének gazdasági vizsgálata. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar)

**Vas Péter:** Aszfaltok vízzérkenységi vizsgálatai. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar)

**Zádor István:** Magyarország és világ mágnesvasútjai. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem)

**Zöldi Máté:** Kopogásos égés vizsgálata feltöltött, közvetlen befecskendezésű benzinmotorokon teljes terhelés esetében. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar)

### II. díj (25 000 Ft)

**Bényi Balázs:** Aprófalvak igényvezérelt közlekedéssel való ellátása a Zemplén térségben. (Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar)

**Devecseri Gabriella:** Nagysebességű vasútvonal nyomvonal javaslat az V. páneurópai korridor (Budapest–Gyékényes/Murakeresztúr térsége – Zágráb) mentén. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar)

**Ivanics Endre:** A budapesti kelet–nyugati metróvonal vágányainak felújításával kapcsolatos egyes műszaki problémák vizsgálata. (Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar)

**Salánki Orsolya:** Környezeti irányítási rendszerek alkalmazása a MÁV Rt. Záhony–Portnál. (Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar)

**Vantara Gyula Gábor:** Pályázatkészítés Magyarországon a közösségi támogatások elnyerésére az Európai Unióhoz való csatlakozás előtt és után. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar)

### III. díj (20 000 Ft)

**Král Noémi:** A Datalink ember-gép felületek fejlődése a különböző ATM rendszerekben. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar)

**Török Péter:** Tatabánya város helyi autóbusz közlekedésének átszervezése az autóbusz-állomás áthelyezésének hatására (Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar)

A pályadíjakon kívül minden pályázó egy évig díjmentesen kapja a Közlekedéstudományi Szemle c. szaklapot, továbbá egy évre szóló ingyenes KTE-tagsági igazolványt kap.

**Dr. Prezenszki József**

a diplomaunka pályázati bizottság alelnöke