



**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar**

Tézisfüzet

Aszfalt pályaszerkezeti rácsok viselkedése

című PhD. értekezéshez

Almássy Kornél
okl. építőmérnök, MBA

Tudományos vezető:

Dr. Fi István, egyetemi tanár
tanszékvezető, az MTA doktora

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Út és Vasútépítési Tanszék
Budapest, 2010**

1. Bevezetés, a disszertáció célkitűzései

Az utóbbi években jelentős változások történtek nem csak Magyarországon, hanem világ és Európa-szerte az aszfalt pályaszerkezetek megerősítő felújításában.

Új anyagok, új technológiák jelentek meg keresve a legjobb és leginkább alkalmas megoldást az aszfaltburkolatoknál tapasztalt hibák kiküszöbölésére.

Magyarországon 1979.-ben már készültek vizsgálatok különböző műanyaghalókon és textilanyagokon, melyeket aszfaltrétegek közé építettek be, de azt követően a 90-es évek végéig, a rácsok hazai tömeges megjelenéséig nem készültek laboratóriumi kutatások a megfelelő alkalmazásuk feltérképezésére.

Az elmúlt évtizedben, hazánkban mondhatni divatossá vált az aszfaltrácsok beépítése. Ebben az időszakban több millió m²-nyi, különböző fajtájú és minőségű aszfalthálót és rácsot építettek be az ország majdnem minden útfelújításánál, anélkül, hogy bármiféle műszaki tapasztalat vagy átfogó szabályozás a beépítés körülményeire vonatkozóan rendelkezésre állt volna. A közelmúltban azonban egyfelől gyakran regisztrálhattunk károsodást több háló, rács beépítéssel készült szakaszon, másfelől pedig, laboratóriumi vizsgálatok születtek az egyes tulajdonságok feltérképezésére.

Az aszfaltrácsokat elsősorban a hidraulikus kötőanyagú alaprétegből áttükröződő repedések áthidalására kezdték el alkalmazni, hogy meggátolják a fölötté lévő aszfaltrétegben a repedések megjelenését. A tömeges beépítés megjelenésével a különböző hálókat és rácsokat forgalmazó gyártók megerősítés céljára is elkezdtek javasolni a termékeiket, azt sugallva, hogy az aszfaltszerkezet erősítésére, a megjelenő alakváltozások és feszültségek csökkentésére is alkalmas lehet ezen anyagok beépítése. A hidraulikus kötőanyagú alapréteg és bitumenes alapréteg közé beépítésre került rácsok és textíliák mellett egyre gyakrabban építik be a rácsokat a bitumenes kopó és kötőréteg közé is abból a célból, hogy erősítő hatás érijenek el.

Jelen dolgozat célja az, hogy az aszfaltrétegek közé beépített aszfalterősítő hálók és rácsok szerepéről, viselkedéséről adjon tiszta képet, amely a jövőben hozzájárul ahhoz, meg tudjuk határozni, hogy milyen körülmények között lehet, és milyen körülmények között tilos beépíteni hálót a pályaszerkezetbe. Az alábbiakban a következő kérdésekre kívánok választ adni az aszfalt pályaszerkezetekben alkalmazott rácsokkal kapcsolatban:

- A rács-erősítés alkalmazásánál az egyik legfontosabb szempont az együttlétekezés kérdésének a szerepe. Meghatároztam többféle eljárással az együttlétekezés minőségét, erejét a rács és az aszfaltrétegek között, illetve értékeltem a hordozóanyag nélküli rácsok, szövethordozós kompozitok ez irányú viselkedését.
- A gyártók egy része keréknyomvályú-képződés csökkentésére is javasolja a rács-erősítést, azonban kutatási eredmények nem támasztják alá pontosan ezt az állítást. Nagyszámú rács-típus beépítésével elemeztem az aszfalt próbatestek keréknyomvályú képződésének kialakulását.
- Igazolni fogom a rács-beépítésnek az aszfalt-pályaszerkezet élettartamára gyakorolt hatását, vizsgálatokkal kívánom bizonyítani, hogy a rácsbetétet milyen mértékben növeli meg az aszfaltszerkezet élettartamát.

- A szerkezet merevsége változásának megfigyelését is fontosnak tartottam, hiszen a rács alkalmazásának hatása függhet a szerkezet, és a rács merevségétől, illetve a terhelés nagyságától valamint az alkalmazott hőmérséklettől.
- A hidegben kialakuló termikus repedésekre adott válaszát, a termikus repedések megakadályozásában játszott szerepére is kitérek a kutatás kapcsán.
- Számítógépes vizsgálat segítségével meg kívántam határozni, hogy milyen vastagságú aszfaltot lehet megtakarítani a rácsbetétek alkalmazásával, mekkorára adódik a helyettesítő aszfaltvastagság.
- A kutatások során arra is választ kívántam kapni, hogy milyen összefüggés van a szerkezet állapota és a rács alkalmazásának hatása között, illetve, hogy milyen mechanikai és fizikai tulajdonságú rácsot érdemes alkalmazni az aszfalt-pályaszerkezetekben.

2. Az értekezés tudományos eredményei, tézisek

1. tézis

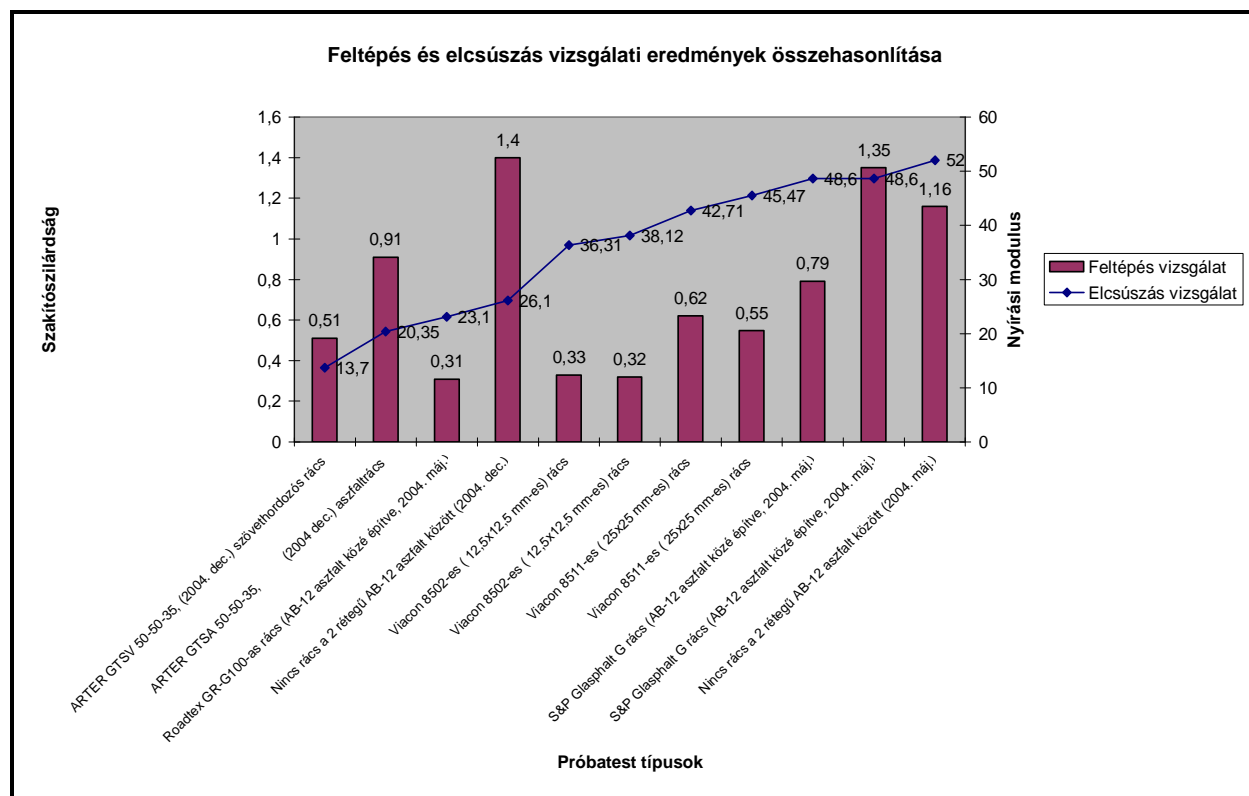
Háromféle vizsgálat alkalmazásával igazoltam, hogy az aszfaltrétegek közötti együttdolgozás hatékonyságát rontja az aszfaltrács jelenléte az aszfalt rétegek között. Az aszfaltréteg és az erősítőanyag közötti legrosszabb együttdolgozást a szövetes hordozó anyagú hálók adják, azért mert a szövet elválasztó hatást fejt ki. A hordozóanyag nélküli aszfaltrácsok is rosszabb együttdolgozást, azaz az együttdolgozást minősítő nyíró modulus, vagy nyíróerő értéket adnak, mint az erősítő háló/rács nélkül elkészített próbatestek. Az aszfaltrétegek közé beépített hordozóanyag nélküli aszfaltrácsok 60-90%-os, a szövethordozós rácsok pedig 20-40%-os együttdolgozást tudnak produkálni. [3] [4] [17]

Háromféle vizsgálat – feltépő vizsgálat, elcsúszás vizsgálat és Leutner-féle nyírásvizsgálat – elvégzésével igazoltam az első tézist.

Az elvégzett vizsgálatok mindhárom vizsgálati eljárás esetében azt mutatták, hogy kisebb vagy nagyobb mértékben az aszfalt rétegek közé beépített szövetes háló, aszfaltrács vagy acélrács rontja a rétegek közötti együttdolgozás mértékét.

Az alábbi ábrán az összehasonlítható, azaz azonos aszfaltrétegbe, azonos rács típusok beépítésével készült próbatestek feltépés- és elcsúszás-vizsgálati eredményeit hasonlítottam össze. Az ábrán jól látszik az a tendencia, hogy a rács nélküli próbatestek adják a legjobb feltépési szakítószilárdsági és elcsúszási nyíró modulus értéket, ezt követik a hordozóanyag nélküli aszfaltrácsok, és a sor végén pedig a szövetes hordozóanyagú rácsok találhatóak.

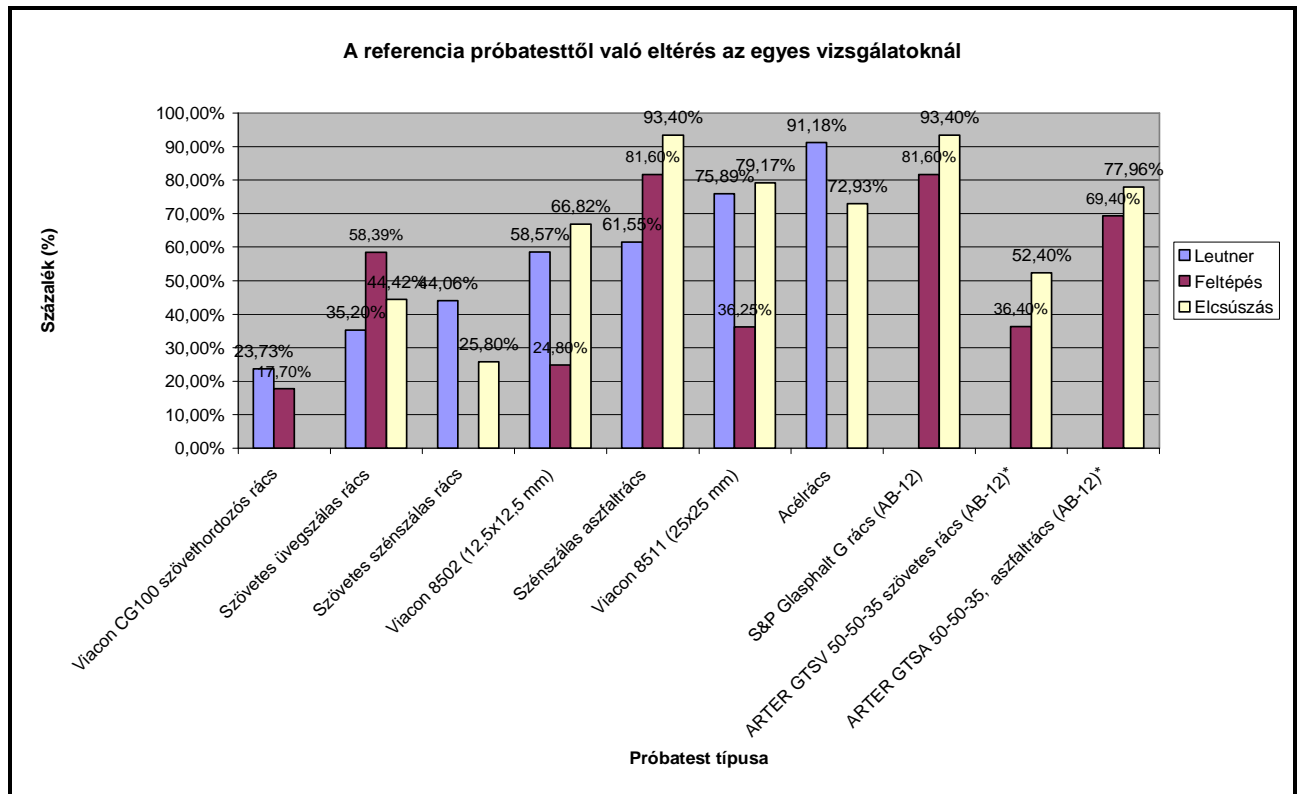
Az összesen 109 próbatest 3 fajta vizsgálati módszerrel végzett kutatás során mindösszesen egyetlen esetben (hordozóanyag nélküli szénszálas rácsnál) kaptunk jobb eredményt a referencia próbatestnél.



1. ábra: Feltépés és elcsúszás vizsgálati eredmények összehasonlítása

Elvégeztem annak elemzését is, hogy az egyes vizsgálatokon belül a különböző rácsbetétet tartalmazó próbatestek mennyiben térnek el a referencia mintától, azaz a referencia próbatest eredményének hány százalékát teszik ki. Mindhárom elemzés esetén igazolást nyert, hogy a rácsok jelenléte gyengíti a rétegek közötti együttdolgozást, az is igazolást nyert, hogy a szövet hordozós rácsok a hordozóanyag nélküli rácsokhoz képest nagyobb mértékben csökkentik az együttdolgozást.

Az alábbi **2. ábrán** látható az az összehasonlítás, amelyen a Leutner-féle nyírás, elcsúszás és feltépés vizsgálatok eredményeinek referencia értéktől történő százalékos eltérését mutatom be. (A diagramba azokat az eredményeket ábrázoltam, ahol az adott rácsbetétes próbatestnél legalább két fajta vizsgálati eredmény állt rendelkezésre.) Az eredményekből egyértelműen kiderül, hogy függetlenül a vizsgálati eljárás típusától, a referencia, azaz rács nélküli próbatestekhez képest, a szövetes hordozóanyagú próbatestek adják a legrosszabb együttdolgozást jelentő értékeket (hasító erő, nyírómodulus, szakítószilárdság).

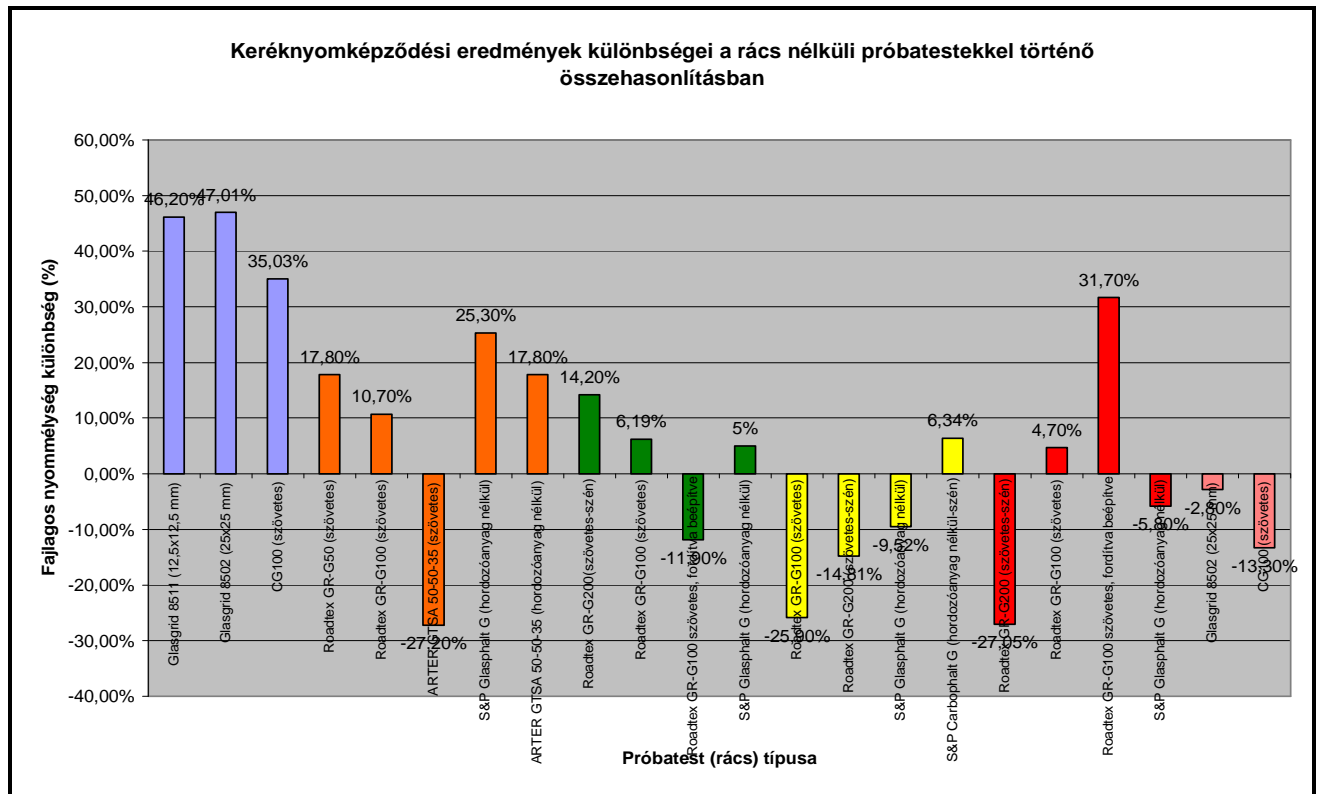


2 ábra: A referencia próbatestektől való eltérés az egyes vizsgálatoknál

2. 1. tézis

A keréknyomvályú képződési vizsgálatok elvégzésével igazoltam, hogy az aszfaltrács használat kisebb merevségű (rosszabb keverék-összetételű: gyengébb minőségű bitumennel és kővázal készült) aszfaltkeverék esetén javítja a szerkezet keréknyomvályú-képződési tulajdonságát, a rács fajtától (hordozóanyag nélküli vagy szövetes rács, különböző merevséggel) függően akár 40%-kal. Ilyen esetben értékelhetően kisebb fajlagos nyomvályú mélységet adtak ezek a vizsgálatok a rács nélküli aszfaltszerkezet eredményénél. Ugyanakkor a jobb plasztikus deformációs hajlammal rendelkező keverékek – hazánkban az F jelölésű aszfaltok - esetén a változás nem mértékadó. [3] [4] [17]

A 3. ábra segítségével kielemeztem az különböző aszfaltfajtákhoz viszonyítva, az adott vizsgálatnál a rácsbetét beépítésének hatására adódó különbségeket. Az elemzésbe az egyes rács típusok átlagértékeit illetve azok eltérését vettem figyelembe az elemzésnél.

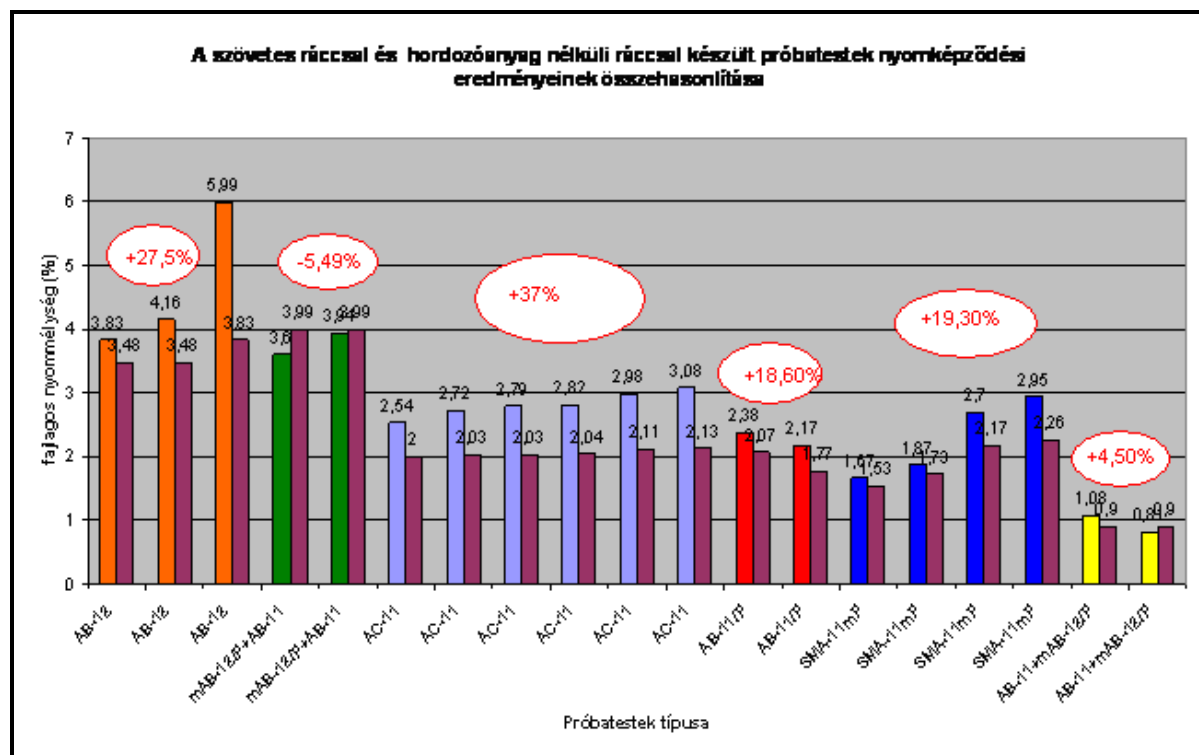


3. ábra: Keréknyomvályú-képződési eredmények különbségei a rács nélküli próbatestekkel történő összehasonlításban

Az ábrán a késsel jelölt oszlopok adják az AC-11-es próbatestek nyommélységének százalékos különbségét a rácsbetét nélküli próbatestekkel történő összehasonlításban. Az AB-12-es kopóréteg esete narancssárgával, az AB-11-es zölddel, az AB-11/F-es sárgával az mAB-12/F-es pirossal, az SMA-11/mF kopóréteg pedig, rózsaszínnel lett jelölve. Az eredmények pozitív különbségeket mutatnak az AC-11-es, AB-12-es és AB-11-es aszfaltkeverékek esetében, míg több negatív eredmény adódott a jobb minőségű keverék összetételt jelentő AB-11/F-es, mAB-12/F-es és SMA-11/mF aszfalttípusok esetében.

2.2 tézis

A vizsgálatok elemzése során kimutattam, hogy egyértelmű előny mutatható ki a nyomvályú képződés kialakulásának meggátlásában a hordozóanyag nélküli rács javára a szövetes hordozóanyagú ráccsal szemben. A hordozó anyag nélküli rács alkalmazása kisebb nyomképződést okoz, mint a szövetes hordozóanyagú aszfaltrács. [3] [4] [17]

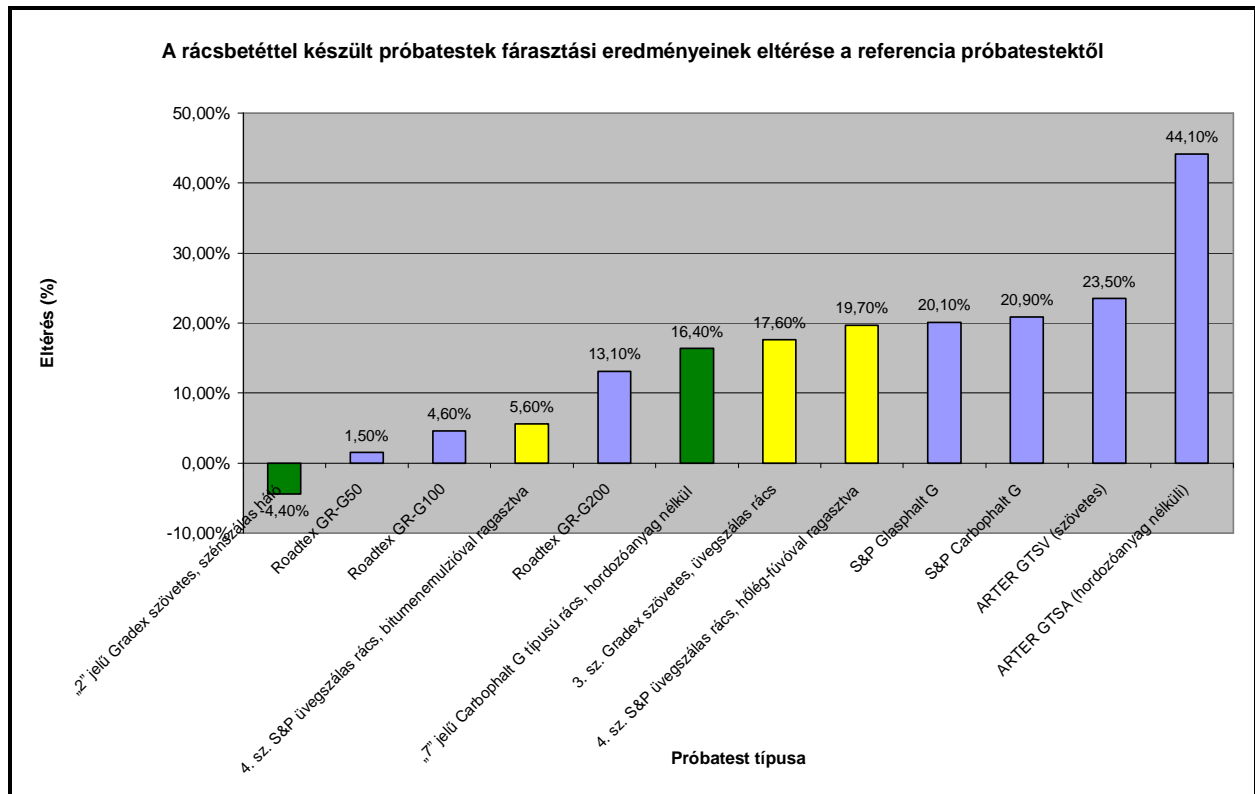


4. ábra: A szövetes ráccsal és hordozóanyag nélküli ráccsal készült próbatetek eredményeinek összehasonlítása

Az eredményekből jól látszik (4. ábra), hogy a szövet hordozós rácsok az esetek nagy részében nagyobb nyomképződést mutatnak, mint a hordozóanyag nélküli rácsok. Azokban az esetekben, ahol fordított a helyzet, ott viszont nem szignifikáns a különbség a nyomképződési értékek között. Különböző színnel jelöltem az egyes aszfaltkeverék fajtákhöz tartozó szövetes rácsok nyomképződési eredményeit. (Narancssárga: AB-12, Zöld: mAB-12/F+AB-11, Világoskék: AC-11, Piros: AB-11/F, Sötétkék: SMA-11mF Sárga: AB-11+mAB-12/F). A hordozóanyag nélküli rácsok esetében nem használtam külön színt.

3. tézis

Hajlító-fárasztó vizsgálatok elvégzésével igazoltam, hogy az áttört rácsos beépítéssel készült aszfaltszerkezetek nagyobb feszültségeket és alakváltozást képesek elviselni, mint a rácsbetét nélkül készült szerkezetek, tehát a rácsos erősítésű aszfaltok élettartama megnő. Az aszfaltszerkezetek élettartalmát 5-25%-kal növelheti meg a rácsbetét jelenléte. A hordozóanyag nélküli aszfaltrácsok – a jobb rétegek közötti együttműködés, adhéziós-kohéziós tulajdonság miatt - viselik el a legnagyobb feszültségeket és alakváltozásokat, ezek az anyagok növelik meg leginkább az élettartalmát az aszfaltszerkezeteknek. [3] [4] [17]

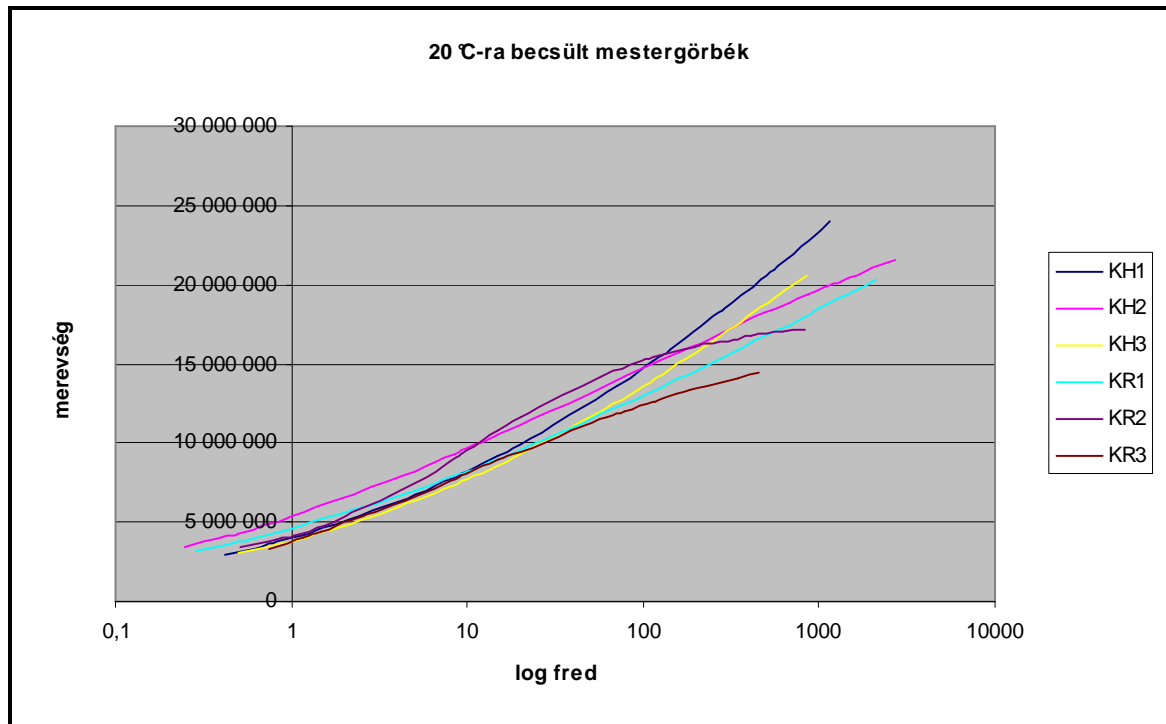


5. ábra: A rácsbetéttel készült próbatestek fázisrási eredményeinek eltérése a referencia próbatesttől

A fenti **5. ábra** eredményeiből egyértelműen látszik, hogy a rács nélküli esetekben kisebb feszültségeket és alakváltozást képesek elviselni a próbatestek, és az értekezésben bemutatott fáradási egyenesek is alátámasztják, hogy a rácsbetéttel készült próbatestek élettartama megnő. (Az ábrán zöld színnel vannak jelölve az AC-11-es keveréken készült próbatestek eredményei, sárgával az elmozdulás vezérelt AB-8-as keverék eredményei, és késsel pedig az AB-12-es mintákon végzett erővezérelt vizsgálatok eredményét láthatjuk.)

4. tézis

Mestergörbék megrajzolásával bebizonyítottam, hogy az aszfaltszerkezet merevsége magasabb frekvencia tartományban megnő a rácsbetéttel készült próbatest javára. Közepes frekvencia tartományban a rácsbetéttel készült szerkezet azonos merevségi értékkel rendelkezik, mint a rácsbetét nélküli aszfaltszerkezet. [4] [5] [17]



6. ábra: A rács erősítésű és rács nélküli próbatetek mestergörbéi (KH jelű: rács, KR jelű referencia)

Szigmoid modellt alkalmazva határoztam meg a mestergörbék eltolási tényezőjét. A referencia és rács erősítéssel készült próbatetek mestergörbéinek értékelésénél a következőt állapítottam meg:

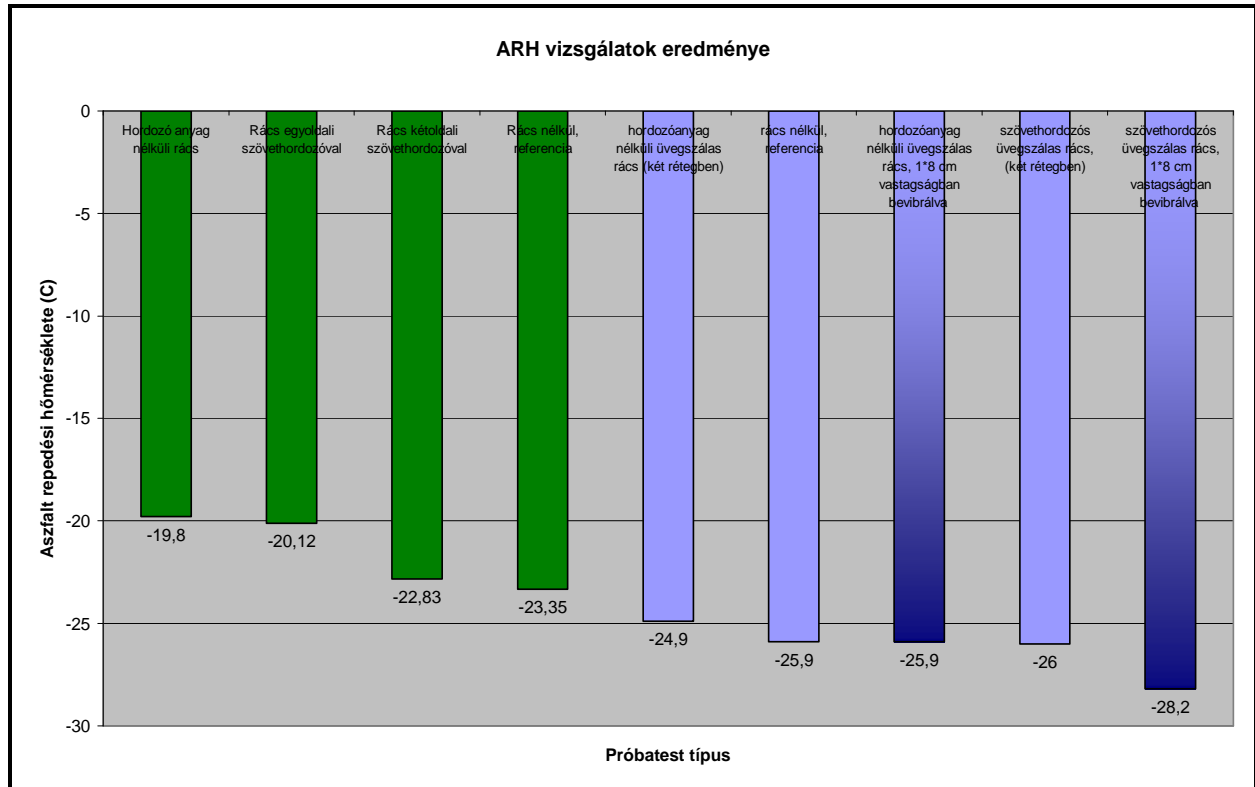
- A mestergörbék mindegyike – referencia és a ráccsal készült is – a közepes frekvencia tartományban (1 és 50 Hz között) hozzávetőlegesen azonos merevségi értéket vesz fel.
- Alacsony frekvencia tartományban megfigyelhető, hogy gyorsabban csökken az aszfalt saját merevsége, mint a ráccsal erősített próbateté.
- A magasabb frekvencia tartomány esetén az egyébként viszkózus tulajdonságú aszfalt, terhelésre adott válaszreakciója nem tud olyan merevség növekményt mutatni, mint az elasztikus rácsbetéttel ellátott anyag. Ennek következtében ezekben a frekvencia tartományokban az aszfalt és a rács merevségi viszonyozása eltolódik a rács javára.
- A mestergörbék elemzése igazolja azt a más vizsgálatoknál – keréknyomvályú-képződés, hajlítás - tapasztalatot, hogy minél gyengébb az aszfalt merevsége annál jobban érvényesül a merevebb háló hatása, azaz a nagyobb igénybevétel mellett fejt ki erősítő hatását a beépített rács.

5. tézis

Igazoltam, hogy az aszfalt repedési hőmérsékletének meghatározásához használt gátolt alakváltozási vizsgálat elvégzése során nem jelentkezik szignifikáns eltérés az aszfalt repedési hőmérsékletében attól függően, hogy a szerkezetbe sor került aszfalterősítő háló, vagy rács beépítésére. A gátolt alakváltozási vizsgálat elve nem alkalmas a rács erősítés vizsgálatára, mert a rács hossza változatlan marad, így a hőmérséklet hatására létrejövő alakváltozás során az aszfaltban bekövetkező deformációból feszültséget nem tud átvinni. Ezzel szemben a -10 °C elvégzett tiszta húzó szilárdság vizsgálat alapján kijelenthető, hogy az aszfaltrétegek közé beépített, hordozóanyag

nélküli (áttört) aszfaltrács, a mérési bizonytalanságot meghaladó mértékben, 11-19%-kal javítja a húzószilárdság értékét. [4] [18]

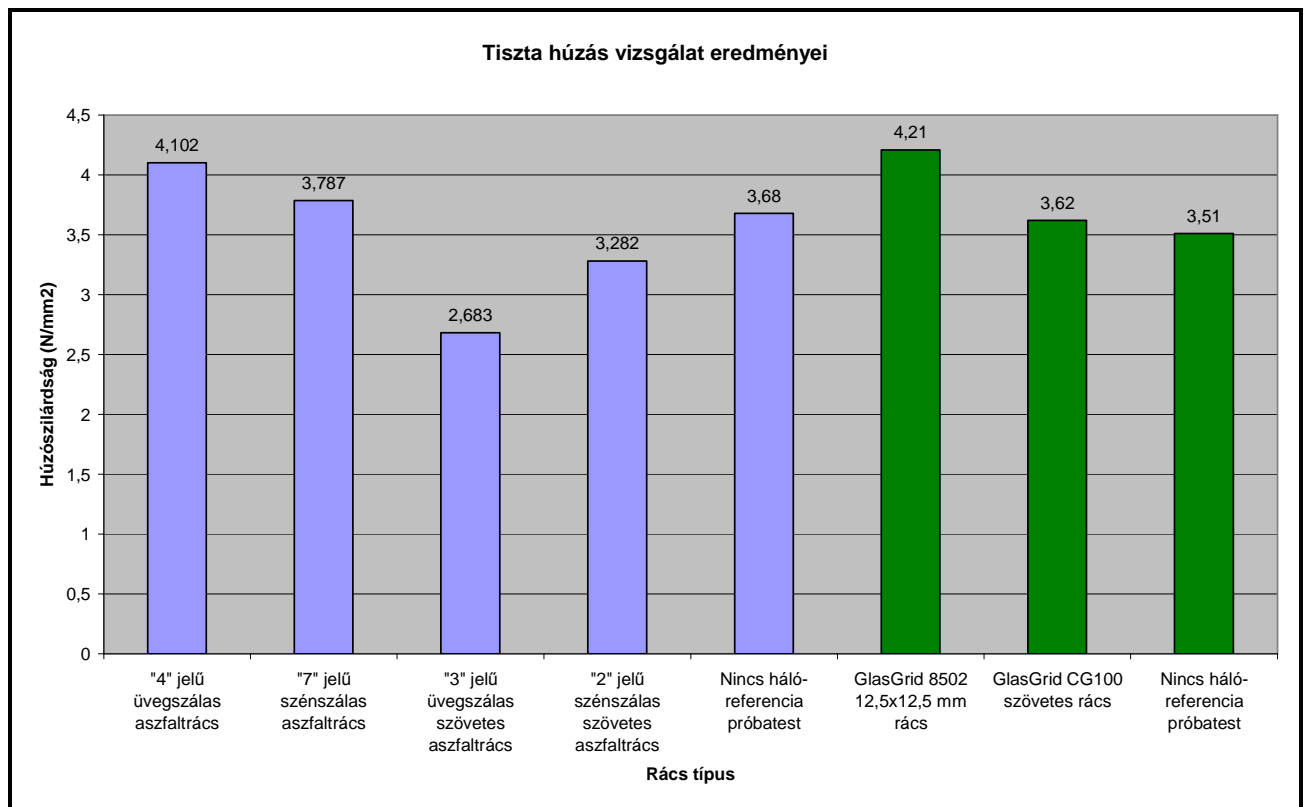
Az aszfalt repedési hőmérsékletét folyamatos, egyenletes hűtéssel, gátolt alakváltozással 5 féle rács típuson AB-11/F és mAB-11/F aszfalt rétegek alkalmazásával vizsgáltuk meg. Az AB-11/F-es próbatesteket zölddel jelöltem, az mAB-11/F-es mintákat késsel és ezen belül sötétkékre átmenő árnyalattal jelöltem az 1x8 cm vastagságban bevibrált próbatestek átlag eredményét. A vizsgálatok során összesen 60 db próbatesten végeztünk vizsgálatokat, ezek közül mindösszesen 4 db-ot nem tudtunk felhasználni az értékeléskor, a próbatestek hibás készítése miatt.



7 ábra: Az ARH vizsgálatok eredményének összefoglalása

A fenti, **7. ábrából** jól látszik, hogy az aszfaltrepedési hőmérsékletének meghatározásánál nem jelentek meg számottevő különbségek a rácsbetéttel és anélkül készült próbatestek között. A gátolt alakváltozás elve szerint működő vizsgálat során ugyanis a rácsszerkezet nem tudja lekövetni az aszfaltban végbemenő összehúzódást, ezért nem is játszik szerepet a szerkezet hőmérséklet hatására bekövetkező alakváltozásában.

A $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on végrehajtott ún. tiszta húzás vizsgálat esetében azonban, szemben az ARH vizsgálat eredményével, a mérési bizonytalanságot meghaladó különbséggel javítja a húzószilárdsági értékét az aszfaltszerkezetnek a hordozóanyag nélküli aszfaltrács.

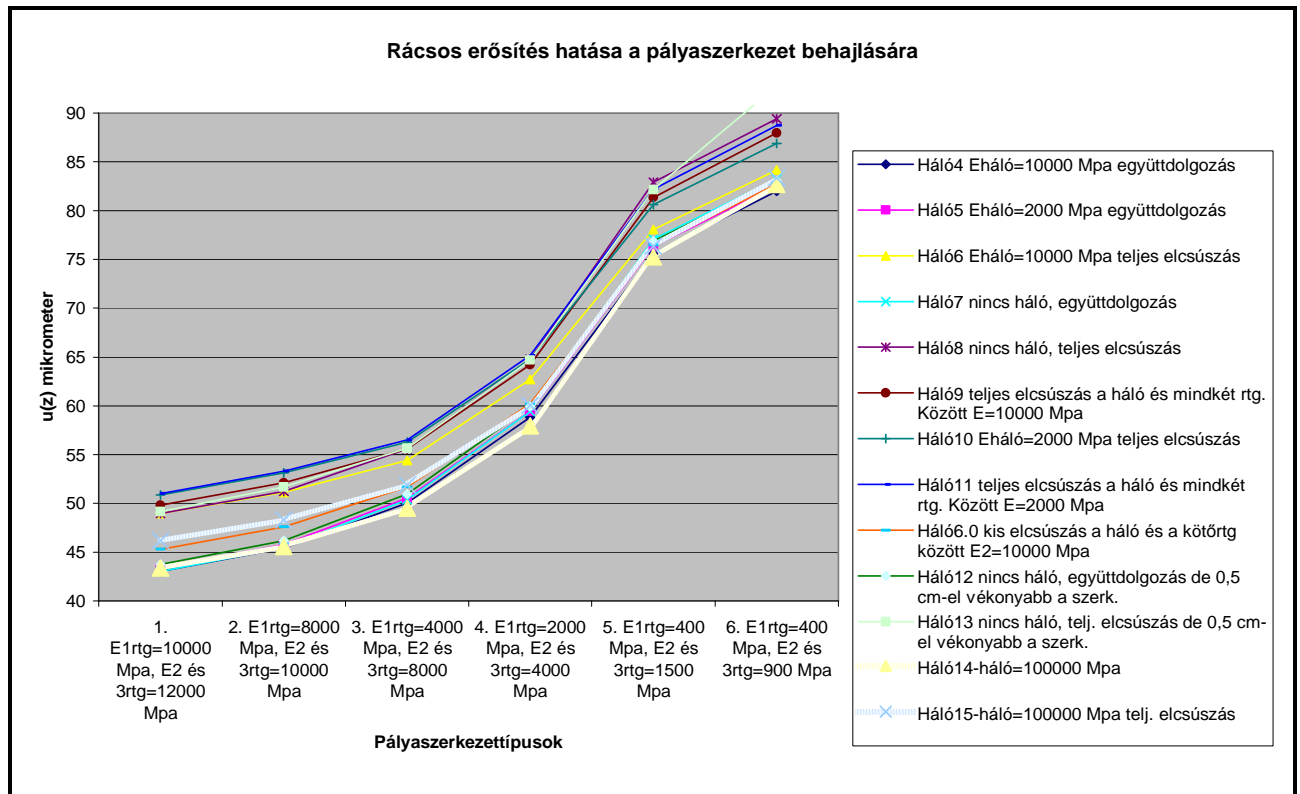


8. ábra: A tiszta húzás vizsgálat eredményei

6.1. tézis

A BISAR futtatásokkal igazoltam, hogy az aszfaltrács csak akkor kezd el dolgozni, amikor a felette lévő aszfalt merevsége lecsökken, teherbírési hiba, repedés okán. Ebben az esetben egyfelől igazolható, hogy a repedés áthidalásra alkalmas a rács, mert ha mégis megindulna felfelé a repedés, akkor az elkezd dolgozni, másfelől pedig a nem nagy merevséggel rendelkező aszfalt esetén, már a kezdetektől átvesz terhelést az aszfalttól. Ilyen esetben minél nagyobb merevséggel, kisebb fajlagos nyúlással rendelkező aszfaltrácsot (kompozitot) szükséges alkalmazni. [4] [18]

Az alábbi ábrán jól átható, hogy milyen óriási szerepe van a rács merevségi modulusának, hiszen a legkisebb behajlási értéket a 100.000 MPa-s merevségi modulusú rácsok adják, és még teljes elcsúszás mellett is jelentkezik a rács, erősítő szerepe.

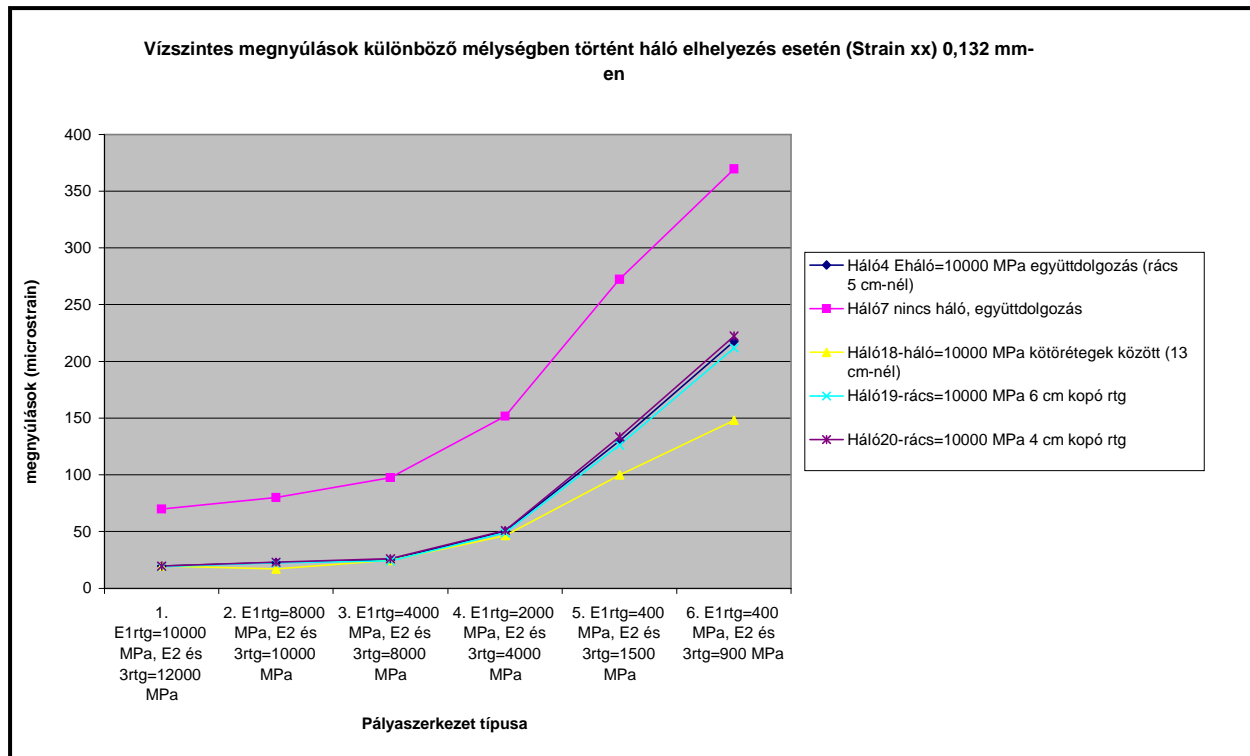


9. ábra: Rácsos erősítés hatása a pályaszerkezet behajlására

6.2. tézis

Igazoltam, hogy a kötőréteg alatt 13 cm-es mélységben elhelyezett aszfaltrácsok esetén lesz a legkisebb a 2. illetve 3. aszfaltréteg alján mért megnyúlás értéke, szemben a rácsokat 4-5-6 cm-en elhelyezett modellel. A megnyúlások a szerkezet leromlásától függően 26-43%-kal lehetnek kisebbek abban az esetben, ha a kötőréteg alá építjük be a rácsot. [4] [18]

A különböző mélységben alkalmazott rácsok modelljei közül, a legkisebb megnyúlást a kötőréteg alatt, a kötőréteg alá, 13 cm-es mélységben elhelyezett rácsok modelljei adták, szemben a 4-5-6 cm mélységben elhelyezett rácsok beépítésével készült modellektől. A 10. ábrán az is látszik, hogy szignifikáns különbség a modellek között a szerkezet leromlása környékén adódik, és ezekben az esetekben, a kötőréteg alatt 13,4 cm-es mélységben akár 26-43%-kal kisebb megnyúlások is adódhatnak.

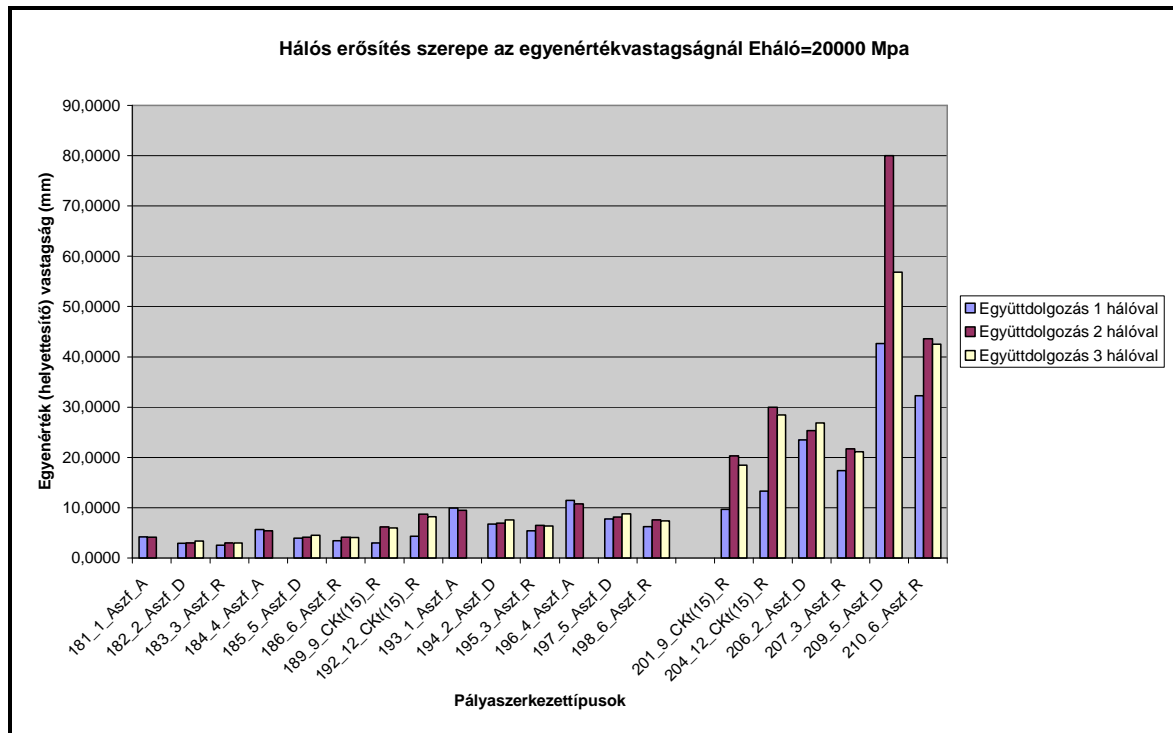


10. ábra: Pályaszerkezeti megnyúlások a kötőréteg alatt, a rács különböző mélységben történő elhelyezésénél

Tézis7

A végeelem modellezés segítségével megállapítottam, hogy az aszfaltrácsok alkalmazása függetlenül attól, hogy hány réteghatáron alkalmazunk rácsot a szerkezetben, jelenthet helyettesítő aszfaltvastagságot. A helyettesítő vastagság nagysága előnyösen nőhet gyengébb szerkezetek esetében a háló alkalmazása esetén. Igazán komoly (centiméter nagyságrendű erősítést), azaz helyettesítő vastagságot akkor lehet elérni, ha a beépítésre került aszfaltrács nagy merevségi modulussal bír (10000-20000 MPa). Második, a kötőréteg alatti háló alkalmazása tovább növeli az egyenérték-vastagságot, a harmadik háló alkalmazása viszont már nem eredményezi a szerkezet erősítését. [3] [4] [17]

A végeelem vizsgálat futtatásai alapján megállapítottam, hogy a rács jelenléte a szerkezetben minden esetben jelent bizonyos, milliméter nagyságrendű erősítést, ugyanakkor centiméteres nagyságrendű erősítést, azaz helyettesítő (vagy egyenérték vastagságot) csak nagy merevségű 10.000 és 20.000 MPa merevségi modulussal rendelkező rácsok esetében kaptam. Az eredményekből az is kiderül, hogy az igazi erősítést, azaz helyettesítő vastagság növekedést magasabb hőmérsékleten (30 és 50 C°-on) lehet elérni a rács erősítés alkalmazásával.



11. ábra: Egyenérték vastagság 20000 MPa-os rács alkalmazásnál

A végeelem futtatásokból az is kiderül, hogy a 2. rács, alkalmazása újabb erősítés jelent a szerkezetnek, hiszen ezekben az esetekben az egyenérték-vastagság szinte minden esetben – az „A” osztályú teljes aszfaltszerkezet kivételével (de itt is elhanyagolható a különbség) - megnőtt. A harmadik rács alkalmazása viszont már nem minden esetben jelent plusz erősítést, a két ráccsal készült szerkezethez képest. Azokban az esetekben, ahol a harmadik rács a kopóréteg alatt helyezkedik el, ott minimális növekedést olvashatunk le az egyenérték-vastagságban, abban az esetben viszont, amikor CKt-alapréteg vagy 4 rétegű aszfaltszerkezet modelleztünk, ott kis mértékben csökken az egyenérték-vastagság a harmadik rács alkalmazása esetén.

3. Összefoglaló megállapítások

Az erősítő aszfaltrácsokkal elvégzett kutatás során arra voltam kíváncsi, hogy valójában – a korábbi gyártói kijelentések, és optimista vélemények után – milyen segítséget tudnak nyújtani ezek az anyagok az aszfalt pályaszerkezetbe történő beépítéssel. A kutatás során megvizsgáltam, hogy az aszfaltrácsok milyen erősítő hatást jelentenek a szerkezet keréknyomvályú-képződésében, élettartamában, fáradási ellenállásában. Végeselem és Shell-BISAR számítógépes modellt alkalmazva megvizsgáltam azt is, hogy a rácsok alkalmazása mennyiben növeli az élettartamot, és jelent helyettesítő egyenérték-vastagságot. A vizsgálatok során kiemelten figyeltem és elemeztem a rétegek közötti együttdolgozás kérdését, hiszen ennek komoly szerepe van abban, hogy működőképes az erősítő anyag, vagy sem.

Összességében kijelenthető, hogy az aszfaltrácsok javíthatják az aszfalt pályaszerkezetek tulajdonságait, de komoly, mértékadóan pozitív hatást a gyengébb szerkezetek esetén lehet elérni, vagy akkor, amikor a szerkezet már a terhelés hatására közel van a tönkremeneteli állapothoz.

Kimondhatjuk azt is, hogy az erősítés sikere az aszfaltrácsok, kompozitok megfelelő beépítésétől, a rétegek közötti együttdolgozástól nagyban függ. A kutatás során arra is választ adtam, hogy milyen mélységben, mely aszfaltréteg alatt optimális a rácsok elhelyezése.

A doktori értekezésemben alapvetően három fajta rács típust alkalmaztam; hordozóanyag nélküli rácsot, szövetes hordozóanyagú rácsot és néhány vizsgálat során acélrácsot. A vizsgálatok során egyértelműen kiderült, hogy az aszfaltrétegek között a jobb együttdolgozás miatt ajánlott hordozóanyag nélküli rácsot alkalmazni, ugyanakkor az erősítő hatást jellemző keréknyomvályú és fárasztó vizsgálatok során a szövethordozós rácsok esetében is kimutatható volt szignifikánsan a rácserősítés pozitív hatása.

Az értekezés során sikerült azt is kimutatni, hogy milyen óriási szerepe van a rács – elméleti – merevségi modulusának, hiszen valódi erősítést csak a nagy rugalmassági modulusú, kis megnyúlású rácsok adnak.

4. További kutatási lehetőségek, gyakorlati javaslatok

Az elvégzett kutatások alapján mindenképpen szükségesnek érzem javasolni, hogy készüljön végre átfogó szabályozás, ütügyi műszaki előírás, amelyben a fogalmak, beépítési feltételek, műszaki jellemzők (kiemelten javaslom a rugalmassági modulussal történő jellemzést is) tisztázásra kerülnének.

A fenti kutatási eredmények kisméretű modellek laborvizsgálatain alapulnak, amelyeken nem feltétlenül adják vissza a valóságos viselkedést. Az értekezésemben bemutattam néhány helyszíni szemrevételezés alapján készült állapot felvételi eredményt, de továbbra is javaslom, hogy átfogó, az egész országra kiterjedő helyszíni vizsgálatok – szemrevételezés, repedéskép felvétel, behajlás mérés – történjenek olyan útszakaszokon, ahol rácserősítésű aszfaltrétegek épültek, természetesen úgy, hogy legyen olyan összehasonlítható, referencia szakaszunk, ahol nem került sor rács beépítésre.

5. Publikációs Jegyzék

Lektorált Magyarországon megjelent idegen nyelvű folyóiratcikk:

1. Almássy Kornél: Examination of Mechanical Properties in Unbound Road Bases, Periodica Polytechnica, Budapest University of Technology and Economics, 2002, 46/1, 53.-71. oldal
2. Kornél Almássy – András Geiger – Péter Gergó: Using Possibilities of Rubber Bitumen in Road Building, Pollack Periodica, DOI: 10.1556/Pollack.5.2010.1.3., Akadémia Kiadó, 2010 április, pp. 53.-63.
3. Kornél Almássy – Attila Joó: Special materials in road building – Grids and nets application terms for improving the pavement structures, Building Material – Építőanyag, ISSN 00 13-970x, 2009/2, pp. 55-59.
4. Almássy Kornél: The behaviour of grids and nets in asphalt pavement, Periodica Polytechnica, 2011/1, 55. szám, (under review, lektorálás alatt)
5. Almássy Kornél – Tóth Csaba: Applying master curves at the grids strengthened asphalt structures, Building Materials- Építőanyag, 2010/4 (megjelenés alatt, közlésre elfogadva, 2010. augusztus 26.)

Lektorált külföldön megjelent idegen nyelvű folyóiratcikk:

6. Kornél Almássy: Good processes for building permanent agricultural roads, Annals of Agrarian Science, Tbilisi, Georgia, megjelenés alatt

Lektorált magyar nyelvű folyóiratcikk:

7. Dr. Fi István - Almássy Kornél: A PIARC C15 „Fenntartható Fejlődés és Közúti Közlekedés Műszaki Bizottsága”- Közúti és Mélyépítési Szemle, 2003. október 2003. (53. évf.), 10. sz., pp. 30-32.
8. Almássy Kornél – Subert István: Dinamikus teherbírási és tömörségmérések az M7-esen, Mélyépítés Magazin, 2006. április-június, ISSN 1589-4355, pp. 10.-14.
9. Almássy Kornél - Ambrus Kálmán - Bocz Péter - Fi István: Aszfalthálók útépítési alkalmazásai, Közúti és mélyépítési szemle, ISSN 1419-0702, 2005. (55. évf.), 4. sz., pp. 30-36.
10. Almássy Kornél - Ambrus Kálmán - Bocz Péter - Fi István: A fővárosi útburkolatok javítási, átépítési munkáinak minősége, Városi közlekedés, ISSN 0133-0314, 2005. (45. évf.), 3. sz., pp.148-152.
11. Almássy Kornél- Bocz Péter- Dr. Fi István- Tompai Zoltán: 2005-ös fővárosi útfelújítások kivitelezési munkáinak minőségvizsgálata, Városi Közlekedés, Budapest, 2006. (46. évf.), 3. sz., pp. 137-138.
12. Almássy Kornél – Dr. Kovács András: Közúti közlekedési rendszer – 2013 – 2020 közötti EU költségvetési időszakra történő felkészülés tükrében, Forum Politicum Intézet kiadványa, Közlekedéspolitikai kihívások a XXI. Századi Magyarországon, ISSN 2061 4306, 2010. április, pp. 7-21.

Nem lektorált Magyarországon megjelent magyar nyelvű folyóiratcikk:

13. Almássy Kornél: Az Európai Unió és Magyarország közlekedéspolitikája, Politikai Elemzések, Iró Gergely Alapítvány, Budapest, 2003. március, ISSN 963-2065824, pp. 57-67.
14. Almássy Kornél – Dr. Ambrus Kálmán – Dr. Fi István – Kovácsházy Frigyes: Pozitív hatások – Aszfalthálók viselkedésének vizsgálata, Mélyépítő Tükörkép Magazin, 2004. augusztus, pp. 22-25
15. Almássy Kornél- Bocz Péter- Dr. Fi István- Tompai Zoltán: A kátyúzásról, Mélyépítő Tükörkép Magazin, 2005. december, pp. 20-22.
16. Almássy Kornél- Bocz Péter- Dr. Fi István: Új utak – Városi útpályaszerkezetek laboratóriuma, Mélyépítő Tükörkép Magazin, 2004. október, pp.24-25.
17. Almássy Kornél – Joó Attila: Aszfalterősítő hálók: Előnyök és hátrányok, Mélyépítő Tükörkép Magazin, 2009. december, pp.22-25.
18. Almássy Kornél: Tisztul a kép: Újabb vizsgálati eredmények az aszfalerősítő rácsoknál, Mélyépítő Tükörkép Magazin, 2010/6, pp.52-54.

Nemzetközi részvételű konferencia kiadványban megjelent idegen nyelvű előadás (lektorált):

19. Almássy Kornél – Christ van Gorp: Prediction of Resistance to Permanent Deformation of Granular Road Bases by Deflection Testing, Nemzetközi Út és Hídügyi Konferencia, Budapest, 2001. május –Konferencia kiadvány CD, 21. előadás, 11. oldal hosszú
20. Almássy Kornél: Mechanical and Structural Behaviour of the Unbound Granular Road Bases, I. Ph.D. Civilexpo, Budapest, 2002. november, pp. 14-22.

Nemzetközi részvételű konferencia kiadványban megjelent idegen nyelvű előadás (nem lektorált):

21. Almássy Kornél - Christ van Gorp: Modelling permanent deformation of granular road bases by deflection testing via computer simulation, Euro-FWD Conference, 2001. február, Delft-Hollandia, Konferencia kiadvány 3. előadása (nem volt oldalszámozva), 32 oldal hosszú

Magyar nyelvű, kiadványban megjelent konferencia előadás:

22. Almássy Kornél: Szemcsés burkolatalapok mechanikai tulajdonságainak vizsgálata komputer szimuláció és behajlásmérés alapján, Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, Csíksomlyó, 2001. június, pp. 7.-19.
23. Almássy Kornél: Teherbírás mérés 1:1 méretű aszfalt próbatesteken, Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, Csíksomlyó, 2002. június, pp. 7.-20.
24. Almássy Kornél: Kötéanyag nélküli útalapok tulajdonságainak vizsgálati módszerei, Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, Csíksomlyó, 2003. május

Nyomtatott (vagy elektronikus formában közzétett) egyetemi jegyzet:

25. Almássy Kornél – Dr. Szakos Pál – Dr. Pallós Imre – Pethő László: Útépités, útfenntartás, Egyetemi jegyzet, BME Építőmérnöki Kar, Budapest, 2007, 214 oldal hosszú

Egyéb publikációk:

26. Az Intelligens Közlekedési Rendszerek Alkalmazásának Lehetőségei Magyarországon, 1999. szeptember, Budapest, BME Építőmérnöki TDK konferencia kiadvány, ISBN 963 420 625 5
27. Almássy Kornél – Dr. Fi István – Kerényi László – Somogyvári Zsolt: A magyar közúti adminisztráció helyzetértékelése és EU konformmá alakításával kapcsolatos feladatok, 1999. november, Minisztériumi Kutatási Jelentés
28. Almássy Kornél – Dr. Fi István – Karoliny Márton – Dr. Lovas Antal: Feszültségek és eloszlások vizsgálata 1 : 1 méretű aszfaltszerkezetben, 2002. április, ÁKMI Kutatási Szimpózium, Budapest
29. Almássy Kornél: Aszfalterősítő hálók szerepe – Valóban segítség? HAPA Fialtal mérnökök fóruma, Ráckeve, 2008. október
30. Almássy Kornél – Dr. Ambrus Kálmán – Kárpáti László: ÉME – Új technológiák, termékrendszerek bemutatása: Aszfaltrácsok alkalmazási tapasztalatai, Magyar Közút Kht. Oktatási Osztály Út és hídépítési műszaki előírások és alkalmazási tapasztalataik (MEP5-8) tanfolyama 2009. január – április, Balatonföldvár – Bükkszentlélek Budapest
31. Almássy Kornél: PPP finanszírozási lehetőségek a közlekedésfejlesztésben, MBA diplomamunka, BME Gazdaság és Társadalomtudományi Kar, MBA képzés, 2004. április.

Egyéb, nem szakmai publikációk:

32. Almássy Kornél: A hallgató civil szervezetek szerepe a képzés minőségbiztosítása területén, A felsőoktatás és a civil szervezetek kapcsolata című szakmai konferencia, Budapest, 2000 december
33. Almássy Kornél – Szabó László – Szabó Tibor: A magyarországi felsőoktatási hallgatók munkavállalói érdekképviselőinek alternatívái külföldi példák vizsgálatával, OFA kutatás, Budapest, 2001-2002
34. Almássy Kornél: A bolognai folyamat a hallgatók szemszögéből, MAB – Bologna Nap, Budapest, 2001. május
35. Almássy Kornél: Kétciklusú Képzés – Akadémiai Reform, Elképzeléseink és Tennivalóitok, Balatonberény, HÖOK vezetőképző, 2002. március.
36. Almássy Kornél: Kutatás – fejlesztés – innováció: gazdasági növekedés, munkahelyteremtés, növekvő életszínvonal, Forum Politicum Intézet kiadványa, Kutatás-fejlesztés helyzete és lehetőségei Magyarországon, ISSN 2061 4306, 2010. január, pp. 7-29.