



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar
Út és Vasútépítési Tanszék

Tézisfüzet

Aszfaltkeverékek merevsége a terhelési idő, a hőmérséklet és a köváz szemeloszlásának függvényében

című PhD értekezés
nyilvános vitájára

Tóth Csaba
okleveles építőmérnök, MBA

Tudományos vezető:

Dr. Fi István
egyetemi tanár, tanszékvezető
az MTA doktora

Budapest, 2010.

TARTALOMJEGYZÉK

I. AZ ÉRTEKEZÉS CÉLJA	3
II. A KUTATÁSI MUNKA RÖVID LEÍRÁSA.....	4
III. TÉZISEK	6
IV. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK	15

I. AZ ÉRTEKEZÉS CÉLJA

Az értekezés készítése során elsődleges célom a hőmérséklet, illetve a terhelési idő aszfaltkeverékek merevségére gyakorolt hatásának vizsgálata volt.

A hazai gyakorlat már korábban is a keverékek egyik legfontosabb jellemzőjének a merevséget tartotta, amely szemléletet a hazai nagymodulusú keverékek közelmúltbeli megjelenése, majd a fundamentális vizsgálatok preferálása a magyar műszaki szabályozásban csak megerősített. Tovább fokozza a merevséggel kapcsolatos kérdések aktualitását az analitikus pályaszerkezet méretezéssel kapcsolatos hazai kutatásoknak napjainkban tapasztalható felerősödése is.

Jelenleg azonban az aszfalt merevségének megítélésére egy kijelölt hőmérsékleten meghatározott egyetlen érték szolgál. Így vizsgálataim során arra fókuszáltam, hogy az eltérő hőmérsékleten és különböző terhelések mellett végzett merevségi vizsgálatok eredményei milyen más formában elemezhetők. A nemzetközi irodalmat áttekintve egyértelművé vált, hogy a korábbi aggályok megválaszolását követően és élve a számítástechnika fejlődése által nyújtott lehetőségekkel a reológiából ismert hőmérséklet-idő hasonlósági elv (*Time Temperature Superposition Principle*) alkalmazása egy jól használható eszközt jelent az aszfaltkeverékek viselkedésének tanulmányozása során.

A vizsgálataimat így ezen elv köré építve először a frekvenciatartományban értelmezett komplex modulus meghatározhatóságát vizsgáltam hazai keverékek esetén, majd a gyakorlat számára kényelmesebben használható merevségi adatok mestergörbe formájában történő feldolgozását, illetve ezen adatok prognosztizálhatóságát tanulmányoztam.

II. A KUTATÁSI MUNKA RÖVID LEÍRÁSA

Az értekezés felépítése kapcsán törekedtem arra, hogy az egyes fejezetek - lehetőség szerint - akár önmagukban is értelmezhetőek legyenek. A fejezetek felépítése során először - lehetőség szerint nemzetközi kitekintéssel egybekötve - ismertettem a vizsgált terület elméleti hátterét, majd a fejezetek második felében tárgyaltam a saját vizsgálati eredményeimet. A fejezeteket minden esetben egy rövid összefoglalással zártam.

Az értekezés öt fő fejezetre épül.

A bevezető 1. fejezetet követően a 2. fejezet az aszfaltkeverékek anyagi tulajdonságaival kapcsolatos azon alapvető mechanikai, elsősorban reológiai ismereteinket tekinti át, amelyeket a későbbi vizsgálataim során felhasználtam. Ezekre alapozva hazai aszfaltkeverékek vizsgálati eredményeinek felhasználásával ismertettem az ún. Huet-Sayegh modellt, amely segítségével túl azon, hogy a hagyományos reológiai modellekhez képest pontosabb becslés adható a merevségre vonatkozóan, a modell alapján a keverék viselkedése a szokásos időtartomány mellett frekvenciatartományban is leírható. Alkalmazásával a keverékek közötti különbségek finomabb vizsgálata lehetséges, túl azon, hogy lehetővé válik a különböző hőmérséklet és terhelési szinthez tartozó összes vizsgálati eredmény együttes ábrázolhatósága, ezáltal elemezhetősége; különböző, a vizsgálati tartományon kívül eső terhelési frekvenciákhoz nagy pontosságú becslés adható a komplex modulus értékére vonatkozóan.

A 3. fejezet első részében a hőmérséklet-idő hasonlósági elv elvi alapjai, az eltolási tényezők meghatározásának lehetséges variációi találhatóak. A fejezet második részében hazai keverékek vizsgálati eredményére támaszkodva mutattam be a mestergörbe-szerkesztés egy lehetséges formáját az ún. szigmoid modell segítségével. A rendelkezésemre álló adatok alapján vizsgáltam a mestergörbe segítségével a nem vizsgált hőmérsékleti tartományokban várható merevségek prognosztizálhatóságát,

az erre vonatkozó becslések megbízhatóságát. A mestergörbe meghatározás segítségével a keverék olyan egyedi azonosítója teremthető meg, amely mind az aszfaltgyártás mind a beépítés során a minőségbiztosítási rendszerek egyik alapja lehet.

Az értekezés 4. fejezete az aszfaltkeverékek merevségének számítás útján történő meghatározhatóságával kapcsolatos vizsgálataimat tartalmazza. A fejezet első felében áttekintettem az itthon is jól ismert modelleket a kezdetektől a közelmúltban kidolgozott Hirsch modellig bezárólag, majd a fejezet második részében az ún. Witczak-féle modell segítségével több keverékre vonatkozóan elvégzett merevségbecslések pontosságát hasonlítottam össze egyrészt a mért értékkel, másrészt a Shell Bands szoftver segítségével elvégzett becslésekkel.

A gazdaságos, de megfelelő teljesítőképességű keverékek előállítása érdekében rendkívül hasznos lenne már a keveréktervezés fázisában valamilyen előzetes információ birtokában lenni a később legyártott keverékek merevségét illetően. Tekintettel arra, hogy a Witczak-féle modell, az ismert modellek közül egyedülként a merevségbecslés során szemeloszlási paramétereket is felhasznál, az 5. fejezetben nagyszámú laboratóriumi vizsgálati eredmény felhasználásával azt vizsgáltam, hogy a modell a különböző kővázal és bitumentartalommal előállított keverékek merevségét milyen pontossággal képes előrejelezni.

A Witczak-féle merevségbecslő modell megteremtette továbbá annak lehetőségét, hogy az input adatokat valószínűségi változóként kezelve, a merevséget sztochasztikus jellemzőként vizsgáljam. A Monte-Carlo módszer segítségével szimuláltam a merevségek gyakorisági hisztogramját és igazoltam, hogy a merevség várható alakulása nemcsak determinisztikus értéként határozható meg, ezáltal a keverőtelepi gyártásingadozás hatásának elmélyültebb tanulmányozására is alkalmas.

Az értekezést egy rövid összegző fejezet zárja.

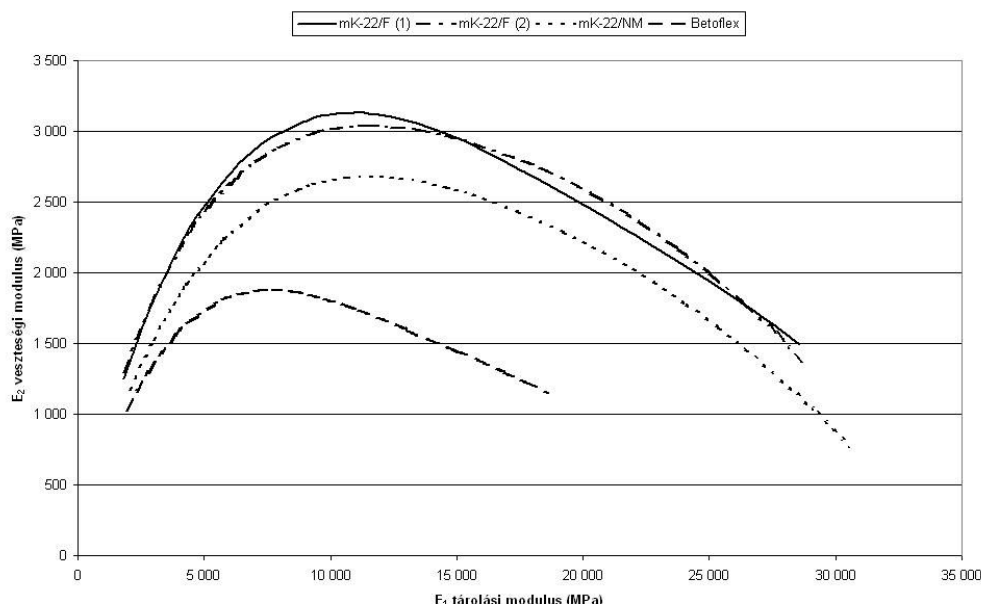
III. TÉZISEK

1. TÉZIS

Hazai aszfaltkeverékeken igazoltam, hogy a Huet-Sayegh modell segítségével az aszfaltkeverékek terhelési idő és hőmérsékletfüggő viselkedése nagy pontossággal leírható, ezáltal az aszfaltkeverékek különböző frekvencián és hőmérsékleten végzett vizsgálatait közvetlenül összehasonlíthatók, illetve olyan frekvenciatartományok tanulmányozhatók, amelyek kísérletileg nem, vagy csak nehezen valósíthatók meg.

(16)

A Huet-Sayegh modell pontosságát hazai aszfaltkeverékeken vizsgáltam, az optimalizációt az Excel program Solver moduljának segítségével elvégezve. Az eredmények (1. ábra) illeszkedése a mért értékekre megfelelő, a mért és becsült merevségek, illetve fázisszögek determinációs együtthatója (R^2) minden esetben 0,98 feletti. Ez a szoros korreláció elsősorban a fázisszögek esetén hasznos, lévén más modellek (pl. Burgers, vagy az általánosított Maxwell vagy Kelvin modell) nem képesek ilyen pontosságra.



1. ábra: A Huet-Sayegh modell számítások eredményének ábrázolása

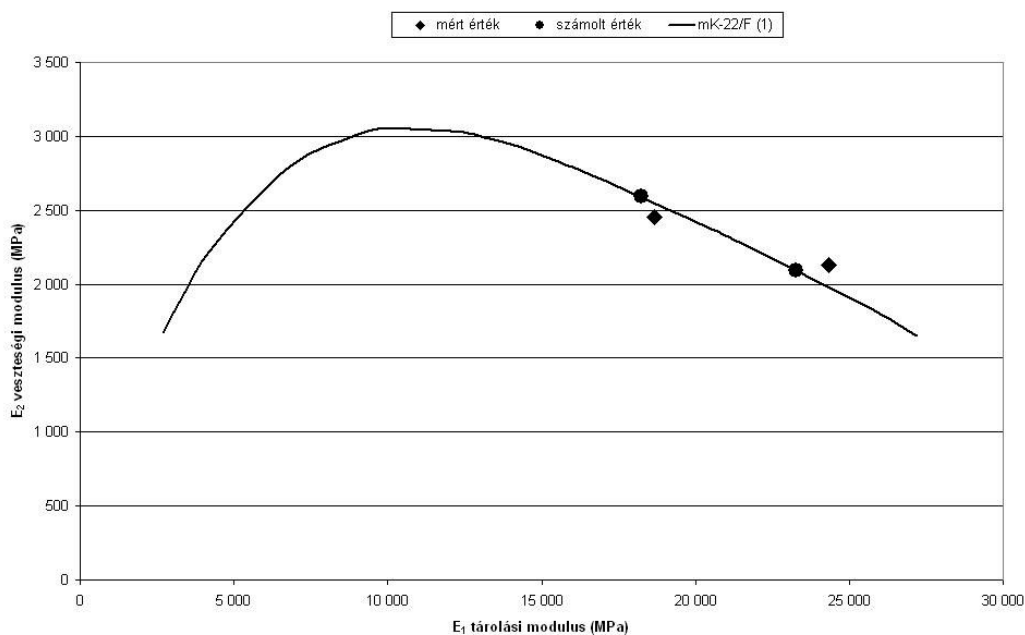
Az aszfaltkeverékek teljes hőmérsékleti skálán megfigyelt fizikai viselkedésének rögzítése alapvetően fontos például a pályaszerkezet méretező szoftverek számára, hiszen a

modellek segítségével algoritmus teremthető a terhelési frekvencia, a merevség, a fázisszög és a hőmérséklet között.

A mérési adatok pontos matematikai leírása mellett azt is vizsgáltam, hogy a modellszámítás a nem vizsgált tartományra vonatkozóan mennyire pontos becslést képes adni.

Ennek érdekében 3 és 10 Hz terhelési frekvencia mellett mért merevségi értékekre készítettem el a vizsgált keverékek Cole-Cole diagramját, és az így nyert adatok alapján prognózist készítettem 1 és 30 Hz frekvenciájú terhelési szintre vonatkozóan.

A 2. ábra a Huet-Sayegh modellel egy keverék egy hőmérsékleten meghatározott Cole-Cole görbájén az 1 és a 30 Hz terhelésen mért és ezen terhelési szintekre prognosztizált merevség értékeit ábrázolja.



2. ábra: A modellszámítás összehasonlítása a mért értékekkel

A számításokat és a méréseket -10 és 30° C közötti hőmérsékleti tartományokban elvégezve igazoltam, hogy a modell csökkentett vizsgálati darabszám esetén is megőrzi pontosságát és a vizsgálati tartományon kívül eső frekvencia tartományra vonatkozóan is megbízható prognózist képes adni.

2. TÉZIS

Hazai aszfaltkeverékeken igazoltam, hogy a szigmoid modell segítségével az aszfaltkeverékek idő és hőmérsékletfüggő viselkedése nagy pontossággal leírható, ezáltal az aszfaltkeverékek különböző frekvencián és hőmérsékleten végzett vizsgálatait közvetlenül összehasonlíthatók, illetve olyan hőmérsékleti tartományok is tanulmányozhatók, amelyek kísérletileg nem, vagy csak nehezen valósíthatók meg.

(2), (3), (18)

A hőmérséklet-modulus és az idő-modulus görbék alakjának hasonlósága arra enged következtetni, hogy mind a hőmérséklet, mind az idő azonos irányú reológiai változásokat okoz, ami megteremti a két mennyiség egymásba konvertálhatóságának lehetőségét. Ez a konvertálás az ún. mestergörbe meghatározásával valósítható meg.

A vizsgált keverékekre vonatkozóan a mestergörbék meghatározása során az Arrhenius-féle eltolási tényezőt alkalmaztam, és az így kapott pontsorra szigmoid alakú függvényt (1) illesztettem.

$$\log |E^*| = \delta + \frac{\alpha}{1 + e^{\beta - \gamma \log f_r}} \quad (1)$$

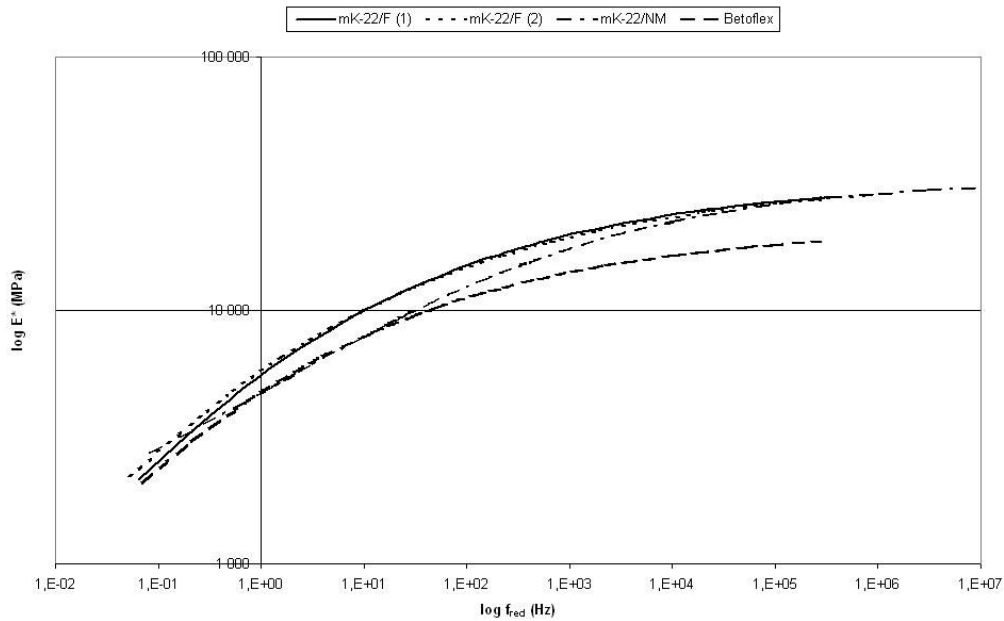
Ahol:

E^* = komplex modulus (MPa)
 $\alpha, \beta, \delta, \gamma$ = keverékre jellemző konstans paraméterek
 f_r = redukált frekvencia (Hz)

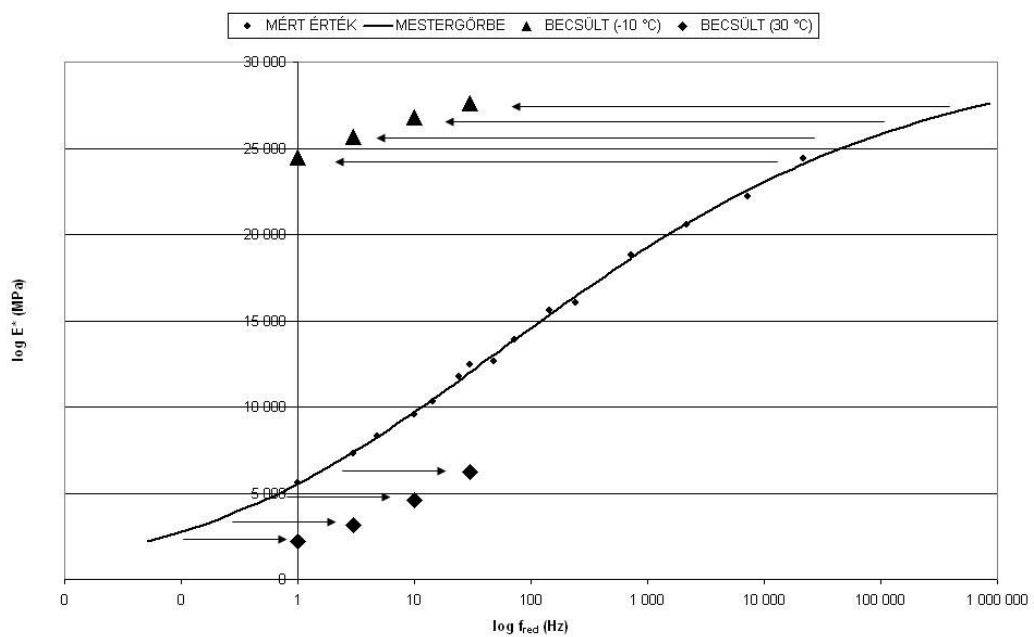
A 3. ábra a különböző keverékek esetén meghatározott mestergörbét mutatja, amelyek segítségével lehetővé válik a mért izotermák összevont kezelése és a keverékek komplex összehasonlítása.

A mestergörbék kapcsán megvizsgáltam továbbá, hogy a mestergörbék segítségével milyen megbízható becslések adhatók a nem vizsgált hőmérsékletekhez tartozó merevségértékekre. Csökkentve a mestergörbe-szerkesztéshez felhasznált izotermákat, a vizsgált keverékek esetén a mestergörbét a 0, 10, 15 és 20 °C-on mért merevségek segítségével szerkesztettem meg. Az így nyert mestergörbék azonban ettől eltérő hőmérsékleti tartományra is kiterjeszthetők a 4. ábrán ábrázoltak szerint. A mestergörbék

segítségével a -10 illetve a +30 °C-ra becsült illetve a mért merevségértékek közötti korrelációt vizsgálva igazoltam, hogy mind az alacsony, mind a közepes hőmérsékleti tartományra vonatkozóan a mestergörbe segítségével a merevségre pontos prognózis készíthető mind a négy vizsgált terhelési szinten.



3. ábra: A különböző keverékek mestergörbéinek ábrázolása



4. ábra: A nem vizsgált hőmérsékleti tartományhoz tartozó merevségek becslése mestergörbe segítségével

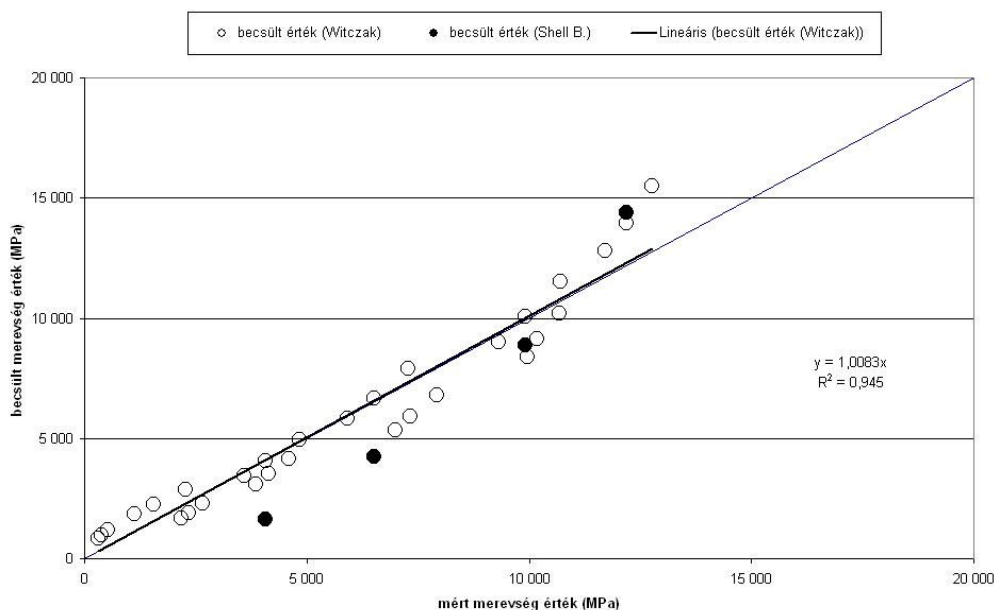
3. TÉZIS

A Witczak-féle merevség-előrejelző modellt vizsgálva igazoltam, hogy a modell pontossága egyéb, hazánkban jelenleg alkalmazott becsülő képletekkel megegyező vagy annál jobb.

(20)

A merevségek idő- és eszközigenyes laboratóriumi vizsgálatai mellett szükség van gyorsabb és egyszerűbb eljárások alkalmazására is. Ennek érdekében a hazánkban ezidáig kevésbé ismert és elterjedt Witczak modell segítségével azt vizsgáltam, hogy milyen pontos becslés adható a modell segítségével a keverékek merevségét illetően.

A számításokat több hazai keverék esetén elvégeztem és az eredményeket összevetettem egyrészt a mért értékekkel, másrészt a Shell Bands eljárással becsült értékekkel (5. ábra).



5. ábra: A modellszámítás összehasonlítása a mért értékekkel

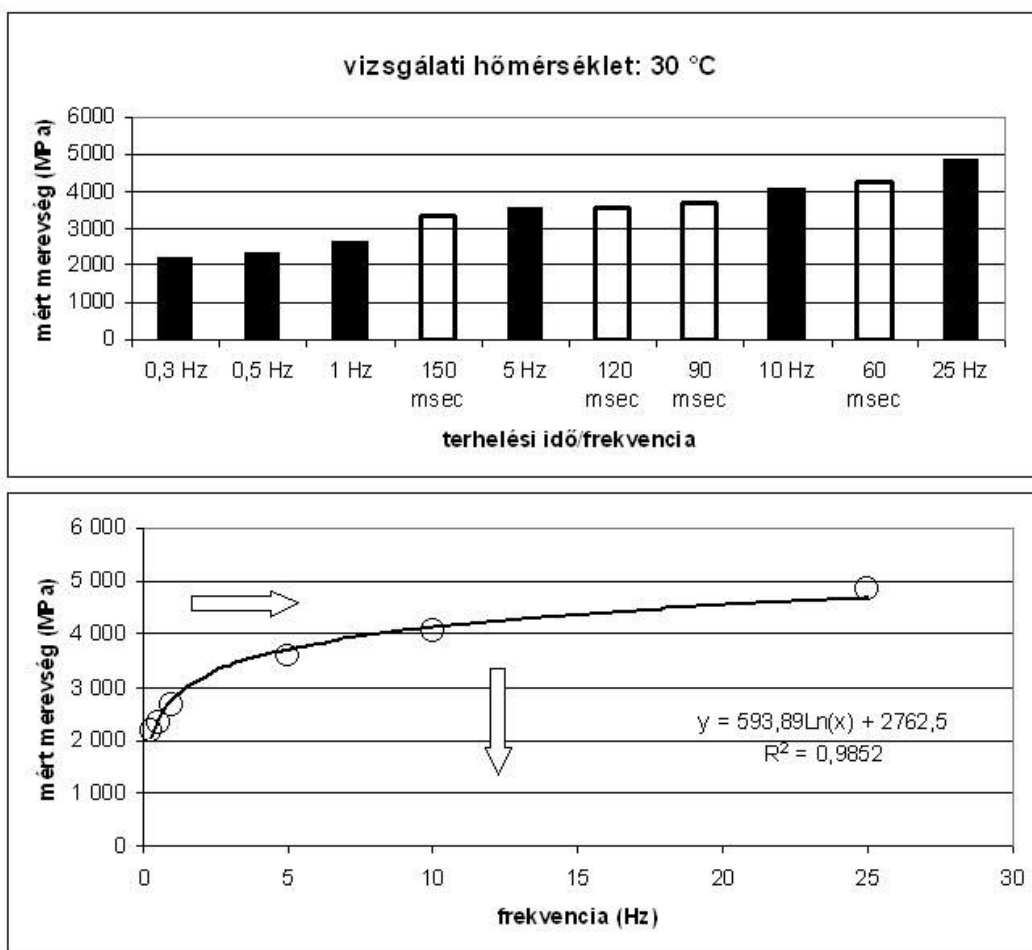
A vizsgált négy keverék esetén a mért és becsült értékek között meghatározott determinációs együtthatók (R^2) 0,89 – 0,96 között voltak. Az eredmények alátámasztották, hogy a Witczak modell pontossága az általam vizsgált keverékek esetén a hazánkban jelenleg elterjedten alkalmazott Shell Bands becsülő képlettel megegyező vagy annál jobb.

4. TÉZIS

Nagyszámú vizsgátsorozattal igazoltam, hogy az IT-CY vizsgálat során a felfutási célidő változtatással frekvenciaterhelés szimulálható és az így nyert adatok szoros korrelációban vannak a Witczak merevségelőrejelző modell prognosztizált értékeivel.

(2), (20)

Különböző hőmérsékleteken IT-CY (indirekt húzó) és 2PB-TR (kétpontos trapézhajlító) módszerrel meghatározva az aszfaltkeverék merevségét igazoltam, hogy rendkívül szoros kapcsolat figyelhető meg a felfutási idők és a vizsgálati frekvenciaértékek között (6. ábra).



6. ábra: A felfutási idő és terhelési frekvencia közötti kapcsolat meghatározása

Ennek segítségével minden vizsgálati hőmérsékletre egy átszámítási szorzót határoztam meg, amelynek segítségével az IT-CY vizsgálatok különböző felfutási célidőit meg tudtam feleltetni egy-egy terhelési frekvenciának.

Az eljárásnak köszönhetően lehetőségem volt a Witczak modell pontosságát három keverék esetén nagyszámú merevségvizsgálati adatsoron vizsgálni. A vizsgálatokat négy hőmérsékleten és négy terhelési szinten elvégezve, azok száma keverékenként 144 volt, azaz a modellt 432 db IT-CY merevség vizsgálati eredményen teszteltem.

A merevség becslést a referenciaként használt Shell Bands eljárással is összevetettem. Az 1. táblázat adatai alapján látható, hogy a modell mind a három keverék esetén pontosabb volt, mint a hazánkban elterjedten alkalmazott Shell Bands eljárás.

MODELL	AC 22 KÖTŐ (F) 50/70	AC 22 KÖTŐ (F) 10/40-65	SMA 11 KOPÓ (F) 25/55-65
Shell Bands	28,16%	19,14%	32,24%
Witczak	12,56%	11,11%	19,12%

1. táblázat: A különböző becslő módszerek átlagos hibaszázaléka keverékenként

5. TÉZIS

Nagyszámú vizsgálatssorozattal igazoltam, hogy a felfutási célidő változtatásával végzett IT-CY vizsgálatok merevségértékei alapján megszerkeszthetők a keverékek mestergörbéi, ezáltal az aszfaltkeverékek különböző terhelésen és hőmérsékleten végzett vizsgálatait közvetlenül összehasonlíthatók, elemezhetők.

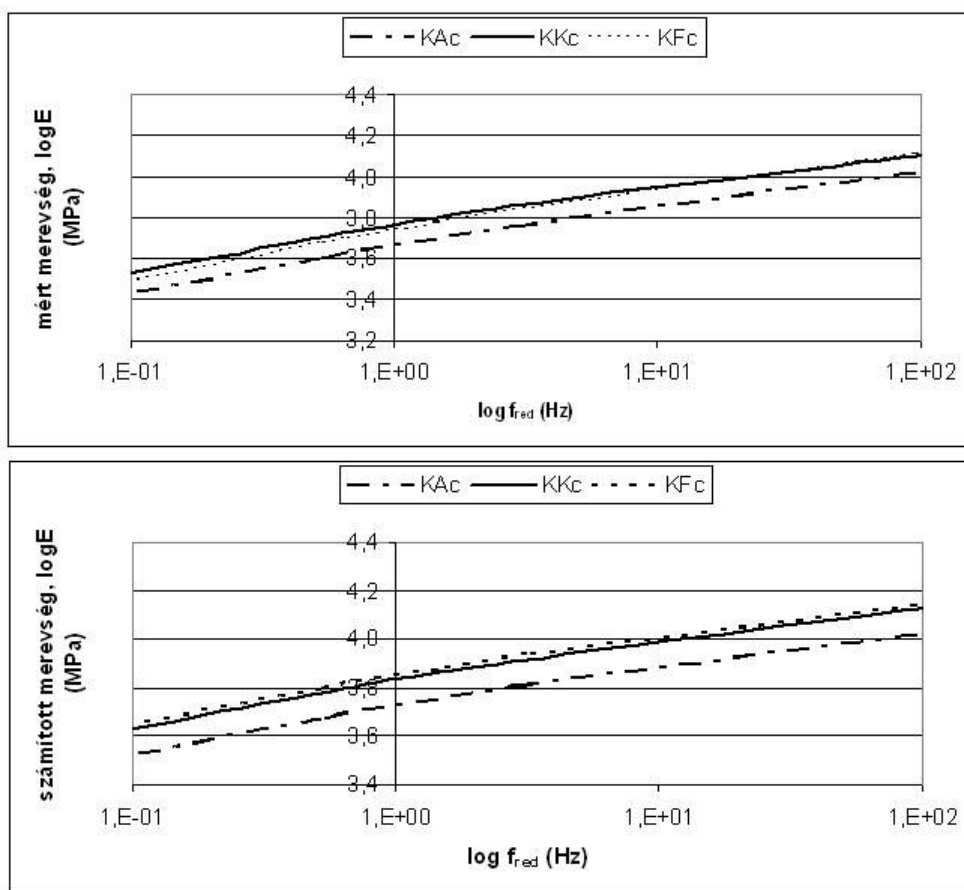
(2), (20)

A négy hőmérsékleten és négy terhelési szinten elvégzett 432 db IT-CY merevség adatok lehetővé tették, hogy megszerkesztve azok mestergörbéit, vizsgáljam a különböző kővázak, illetve kötőanyagtartalmak merevségre gyakorolt hatását.

A vizsgálat megtervezése során ennek érdekében a kővázak megtervezése mindhárom keverék esetén úgy történt, hogy a 3-3 db szemeloszlás megegyezzen a keverékre korábban előírt hazai alsó- és felső határgörbékkel, illetve a két határgörbe középértékével. A kiértékelés azt a nem várt eredményt hozta mindhárom keverék esetén, hogy az alsó határgörbére tervezett keverékek merevsége minden esetben szignifikánsan alacsonyabb a másik két kővázhoz tartozó

keverék merevségénél, továbbá a középértékhez és a felső határgörbéhez rendelt keverékek merevségei között nem volt érdemi merevség különbség kimutatható.

A különböző szemeloszlású keverékek mért merevség adatsora megteremtette annak a lehetőségét is, hogy a Witczak modellt tovább vizsgáljam abból a szempontból, hogy mennyire képes a szemeloszlás változásának merevségre gyakorolt hatását előrejelezni. A vizsgálatok igazolták, hogy a modell meglepően pontosan reagál a szemeloszlás-változásokra, és a 7. ábrán láthatóak szerint a becsült merevségek alapján megszerkesztett mestergörbék alakja megegyezik a mért értékek alapján meghatározott mestergörbékkel.



7. ábra: A különböző kővázú keverékek mért illetve a Witczak modell alapján becsült merevségek mestergörbéinek összehasonlítása

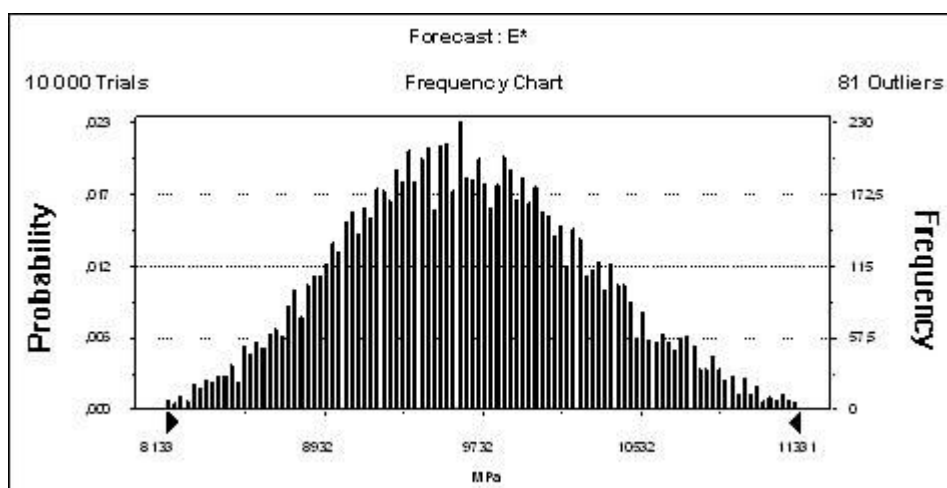
6. TÉZIS

A Monte-Carlo szimulációt alkalmazva igazoltam, hogy a Witczak-féle modell segítségével az aszfaltkeverékek merevsége sztochasztikus változóként is megadható, ezáltal a modell az aszfaltkeverék gyártásingadozásának elemzése során is alkalmazható.

(1), (20), (21)

Az aszfaltgyártás során a gyártott összetétel az előírt követelményekhez képest eltér, akörül különböző mértékben szór, így a gyártásban szükségszerűen meglévő ingadozásnak magára a kész aszfaltkeverék merevségére gyakorolt hatását is elemeztem.

A Witczak-féle merevség becslő modell alkalmazása során, az input adatokat valószínűségi változóként kezelve, a merevséget sztochasztikus jellemzőként vizsgáltam. A szimuláció során 12 keverék merevségének sűrűségfüggvényét határoztam meg a 8. ábrán látható szimulált gyakorisági hisztogramok alapján, az input adatok várható értékét és szórását a hazai szemeloszlási és keverék összetételi követelmények alapján megadva.



8. ábra: AC 22 kötő (F) keverék merevség szimulált gyakorisági hisztogramja

A Monte-Carlo szimuláció segítségével elvégzett vizsgálatok alátámasztják azon elméleti várakozást, miszerint a modell segítségével a merevség várható alakulása nem csak determinisztikus értéként határozható meg, így a keverőtelepi gyártásingadozás hatásának elmélyültebb tanulmányozására is alkalmas.

IV. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

Magyarországon megjelent idegen nyelvű lektorált folyóiratcikkek

- 1. Tóth, Cs.: „Analysis of the Quality Variances of Asphalt Production by Monte Carlo Simulation. Periodica Polytechnica”, Ser. Civ. Eng., 54/1 (2010) 67-72**
- 2. Tóth, Cs. – Ureczky J.: „Determination of Master Curves for Asphalt Mixtures by means of IT-CY Tests”, Periodica Polytechnica Ser. Civ. Eng., (közlésre elfogadva 2009.12.10.)**
- 3. Almássy, K.-Tóth, Cs.: „Applying master curve at the grids strengthenend asphalt structures” építőanyag (közlésre elfogadva 2010 08. 26.)**

Magyar nyelvű lektorált folyóiratcikkek

- 4. Fi I. - Balogh I. - Styevola I. - Tóth Cs.: „Az intelligens forgalomszabályozás lehetőségei és távlatai a magyar közúthálózaton”, Közúti Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle XLVII. évf. 11. szám. 1997/11. pp 408 – 414.**
- 5. Fi I. - Tóth Cs.: „A regionális közlekedéstervezés aktuális kérdései”, Közúti Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle XLVIII. évf. 12. szám. 1998/12. pp 464 – 469.**
- 6. Tóth Cs.: „Módszertani újdonságok a jelzőtáblával szabályozott csomópontok kapacitásszámításának területén”, Közúti Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle L. évf. 2000/2. pp 47-55.**
- 7. Pallós I. – Tóth Cs. – Pethő L.: „Az ISPA projekt II. üteme során javasolt felújítási technológiák a méretezési előírások és a meglévő burkolat deformáció-ellenállásának együttes figyelembevételével”, Közúti és Mélyépítési Szemle, 54. évf. 2004/6 pp 7-10.**
- 8. Tóth Cs.: „Néhány gondolat az állami útügyi minőség-ellenőrzésről”, Közúti és Mélyépítési Szemle, 55. évf. 2005/3. pp 22-24.**
- 9. Tóth Cs. – Pethő L.: „Hozzászólás Pej Kálmán: Főútvonalak burkolat-megerősítésének tervezői tapasztalatai c. cikkéhez”, Közúti és Mélyépítési Szemle, 56. évf. 2006/2. pp 35-36.**
- 10. Tóth Cs.: „A teherbíró-képesség meghatározásának ellentmondásai és lehetőségei”, Közúti és Mélyépítési szemle, 57. évf. 2007/8. pp 14-20.**
- 11. Ureczky J. - Tóth Cs.: „A hőmérséklet teherbírásra gyakorolt hatásának vizsgálata”, Közúti és Mélyépítési Szemle, 58. évf. 2008/3-4. pp 9-14.**
- 12. Tóth Cs. - Tóth J.: „Útpályaszerkezetek roncsolásmentes**

- diagnosztikai lehetőségei”, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, 58. évf. 2008/5-6. pp 10-15.
13. Tóth Cs.: „Milyen felújítási költségekkel számoljunk? Hozzászólás „dr. Ambrus K. – dr. habil Gáspár L. – dr. Keleti I. – dr. Pallós I.: A pályaszerkezet-rehabilitáció lehetséges megoldásai az M0-s útgűrű déli szektorában az autópályává fejlesztés keretében” című cikkéhez”, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, 58. évf. 2008/7. pp 38-39.
14. Dr. Pethő L. - Tóth Cs.: „A felületi egyenetlenség alakulása a nehézforgalom függvényében”, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, 58. évf. 2008/9. pp 31-33.
15. Tóth Cs.: „A minőségcsökkenés meghatározásának teljesítményelvű megközelítése”, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, 58. évf. 2008/12. pp 1-5.
- 16. Tóth Cs.: „Aszfaltkeverékek viszkoelasztikus viselkedésének jellemzése Huet-Sayegh modellel”, *Közlekedésépítési Szemle*, 59. évf. 2007/8. pp 6-12.**
17. Primusz P.- Tóth Cs.: „A behajlási teknő geometriája”, *Közlekedésépítési Szemle*, 59. évf. 2009/12. pp 18 – 25.
- 18. Tóth Cs.: „Aszfaltkeverékek mestergörbájének meghatározása”, *Közlekedésépítési Szemle*, 60. évf. 2010/2. pp 14 – 20.**
19. Dr. Pethő L. - Tóth Cs.: „Beépített aszfaltrétegek vastagságának roncsolásmentes meghatározása” *Közlekedésépítési Szemle*, 60. évf. 2010/8. pp 15 – 20.
- 20. Dr. Fi I. - Tóth Cs.: A szemeloszlás-változás aszfaltkeverék merevségre gyakorolt hatásának prognosztizálhatósága. *Közlekedésépítési Szemle* (közlésre elfogadva 2010.10.01.)**

Magyar nyelvű nem lektorált folyóiratcikkek

- 21. Tóth Cs.: „Az aszfaltgyártás minőségingadozásának konzekvenciái”, *Az Aszfalt*, XIV. évfolyam 2008/1. szám. pp 21-27.**

Nemzetközi konferencia kiadványban megjelent idegen nyelvű előadások

22. Tóth Cs.: „A teljesítményi szabályozás nyújtotta többlet lehetőségek az útépitésben”, X. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, Csíksomlyó, 2006. június. Kiadó: Erdélyi magyar Műszaki Tudományos társaság. Szerkesztő: Köllő Gábor. ISBN (10) 973 – 7840 – 13 – 5, pp 331 – 336.
23. Kosztka M. - Markó G. - Péterfalvi J. - Primusz P. - Tóth Cs.: „Erdészeti utak teherbírásának mérése”, MTA AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő 2008. 32/3. pp 75-79. CD Rom

24. Kosztka M. - Markó G. - Péterfalvi J. - Primusz P. - Tóth Cs.: „Erdészeti utak teherbírásának mérése”, MTA AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő 2008. 32/3. pp 75-79. CD Rom
25. Ureczky J. – Tóth Cs.: Determination of Master Curves for Asphalt Mixtures by means of IT-CY Tests. Environmentally Friendly Roads – ENVIROAD 2009. II International Conference. Warsaw, October 15-16, 2009
26. Pethő, L. – Tóth, Cs.: Variation of the International Roughness Index Values in Function of the Heavy Traffic. 3rd European Conference on Pavement and Asset Management. Coimbra, Portugal, July 7-9. 2008.

NEM PUBLIKÁCIÓÉRTÉKŰ MUNKÁK

Könyvtárakban el nem helyezett kutatási jelentés

27. Bényei A. - Fi I. - Tóth Cs.: „Közúthálózati elemek kapacitása”. Magyar Útügyi Társaság (MAÚT) tervezési útmutató 1998.
28. Dr. Orosz Cs. - Tóth Cs. - Zsolnay T. - Kerényi L.: „Uniós követelmények a közúti közlekedésben”. MTA Stratégiai kutatások, „Zöld belépő sorozat” 1999.
29. „Erőművi pernyék gyorsforgalmi utak építésekor történő hasznosítása” (OMFB-00465/2003 Kutatás, résztvevők: KTI Rt. – IMI Kft.) 2002-2003
30. „Egyszemcsés adalékanyagok és bányameddők anyagának felhasználása az útépítésben” (GVOP-3.3.3-2004-04-0004/3.0 Kutatás, kidolgozó: H-TPA Kft.) 2005-2006
31. „Autópálya beruházási költségek csökkentési lehetőségeinek meghatározáshoz szükséges háttérszámítások elvégzése a pályaszerkezeti rétegekre vonatkozóan” (GKM „Útpályaszerkezetek technológiai fejlesztése” munkabizottsági jelentés) 2006
32. „Dinamikus teherbírásmérésen alapuló burkolaterősítési eljárás kidolgozása” (GVOP-3.3.3-2004-05-0157/3.0 Kutatás, résztvevők: BME-ÁKMI Kht.-H-TPA Kft.) 2005-2007

Tudományos Diákköri dolgozat

33. Tóth Cs.: „A közúti közlekedés okozta környezetterhelés”. TDK dolgozat 1997.

Csak kivonatban megjelent konferencia-előadás

34. Kosztka, M. - Markó, G. - Péterfalvi, J. - Primusz, P. – Tóth, Cs.: „Measuring Bearing Capacity on Forest Roads in Hungary”. Landscape Management – Present and Future. International Scientific Conference, Bruno-Krtiny, Czech republic, Conference

abstracts proceeding. ISBN 978-80-7375-084-8, 2007. IX. 13-14.

Csak szóban elhangzott előadás

35. Tóth Cs.: „Az aszfaltkeverék, mint építési termék megfelelésség-igazolásának követelményrendszere”. 34. Ütügyi Napok, 2006. szeptember 14-16. Eger
36. Tóth Cs.: „Aszfaltkeverékek fáradási tulajdonságainak modellezése és érzékenység-vizsgálata”. 35. Ütügyi Napok, 2007. szeptember 12-14., Debrecen
37. Tóth Cs.: „Aszfaltkeverékek fáradási tulajdonságainak modellezése Monte-Carlo szimulációval”. I. HAPA Fiatal Mérnökök Fóruma, 2007 november 8-9., Ráckeve
38. Tóth Cs.: „Aszfaltszerkezetek összehasonlítása sztochasztikus módszerekkel”. X. HAPA Konferencia, 2008. február 25-26., Visegrád
39. Tóth Cs.: „A minőségcsökkenés meghatározásának teljesítményelvű megközelítése”. II. HAPA Fiatal Mérnökök Fóruma, 2008. október 2-3., Ráckeve