

Közlekedési pályák teherbíró-képessége - Az alaprétegek hatásai

Szerző(k) **Karoliny Márton**

Kivonat

Az útpályaszerkezetek „teherbíróképessége” mint a forgalmi és környezeti hatásokkal szembeni ellenállóképesség nem kis mértékben függ az alaprétegek tulajdonságaitól.

A hazai gyakorlatban az alaprétegek tervezése, megvalósítása során a tényleges szilárdságtani tulajdonságokat egyrészt kevésbé ismerik, másrészt – ezen ismerethiány miatt – nem megfelelőképpen alkalmazzák a tényleges megoldások során.

Az írás áttekinti az útpályaszerkezeti szilárdságtan eszközeivel – a tényleges anyagtulajdonságok figyelembevételével – azokat a hatásokat, amelyeket az alaprétegek viselkedése a teljes útpályaszerkezetre gyakorol és javaslatokat fogalmaz meg az alkalmazások hatékonyságának javítására.

1. Bevezetés, az alaprétegekről

1.1. Bevezetés

Korábbi publikációmban [Karoliny, 2013] a közlekedési pályák teherbíró-képességét a földmű szempontjából tárgyaltam.

A földműcentrikus az írásban néhány fogalmat definiáltam, ezen definíciókat változatlan tartalommal használni fogom.

Ebben az írásomban az alaprétegek kérdéskörét vizsgálom.

1.2. Az alaprétegek funkciói

Az alaprétegek funkcióit [Szerzői kollektíva, 2012] röviden a következőkben lehet összefoglalni:

- felső alapréteg (jellemzően aszfaltréteg)
- még megfelelő hidegtűrő és melegtűrő viselkedés
- kellő merevség
- jó hajlító-húzó feszültségekkel szembeni ellenálló-képesség
- a terhelések egyenletes továbbadása a mélyebben lévő rétegekre
- alsó alapréteg
- megfelelő deformáció ellenálló-képesség
- megfelelő merevség (teherelosztás)
- alacsony repedés érzékenység

A fentiekhez még három – lényeges - funkció csatolható:

- a felette lévő réteg megépítéséhez szükséges képesség (pl.: a kellő tömörítéshez szükséges merevség)
- bizonyos mértékű vízzárási képesség, hogy az alsó alapréteg, illetve a földmű ne nedvesedjen el
- mindezeket a funkciókat időben, mind a környezeti hatások miatti változások, mind a forgalom terhelése miatti leromlások ellenére kellő ideig legyen képes biztosítani

Látható és érzékelhető, hogy ezen a funkciók meghatározása meglehetősen általános, azaz viszonylag kevés támpontot adnak a gyakorló pályaszerkezet tervezőnek, főleg azért, mert a funkcióteljesítési képesség nincs számszerűsítve.

Ugyanakkor az is felismerhető, hogy a réteg merevségének ezek a meghatározások nagy jelentőséget tulajdonítanak.

Az elmúlt közel két évtizedben ugyanakkor a merevség fontossága bizonyos mértékben túl lett értékelve. Elterjedt egy olyan szemlélet és gyakorlat, hogy a hidraulikus réteg mindenhol egységes teherbírást biztosít, „függetlenül attól, mi van alatta”.

Az alaprétegek tervezésénél ennek megfelelően egészségtelenül nagy részarányban lényegében két típust alkalmaztak a cementstabilizációt és a soványbetont (a szemcsés rétegek visszaszorultak a javító – védőréteg tartományba).

Érvényes szabályozásunk [ÚT 2-3.207] kötőanyag nélküli alapréteget három csoportban, csoportonként három maximális szemcseátmérővel jellemez.

Ez a választék elegendőnek tűnik, bár számomra nehezen érthető, hogy az úniós szabályozáshoz képest (ami lényegesen több D_{max} értéket ismer), miért kellett szűkíteni a lehetőséget.

(Nem tartozik szorosan ide, de meg kell jegyezni, hogy a 20 mm feletti D_{max} értékű rétegek legnagyobb száraz térfogatsűrűségének meghatározásához alig van vizsgálóeszköz, ami a korrekt tervezéshez mindenképpen szükséges.)

A hidraulikus kötőanyagú keverékeknel – miközben számos kötőanyagfajta és szilárdsági osztály fel van sorolva – a szabályozás kizárólag cement kötőanyagot és funkcióhoz kötött (védőréteg, alapréteg) szilárdsági osztályt tesz kötelezővé.

Véleményem szerint ez a szűkítés indokolatlan és lényegében kizárja az energiatakarékosság szempontjából is fontos kötőanyagfajtákat (hidraulikus tulajdonságú ásványok, mész, pernye, granulált kohósalak), továbbá a helyszíni talajstabilizáció lehetőségét is erősen korlátozza.

1.3. Alaprétegek típusai

Az alaprétegek tipizálására vonatkozóan alapvetően leíró jellegű meghatározások léteznek, a gyakorlatban három alapréteg típus különböztethető meg:

- szemcsés alaprétegek
- hidraulikus kötőanyaggal készített alaprétegek
- meglévő pályaszerkezetek, mint alaprétegek

Ez a tipizálás azt sugallja, hogy a típuson belül a tulajdonságok állandóak.

A valóságban az alaprétegek a környezeti és forgalmi terhelések, valamint esetleges kémiai hatásokra tulajdonságaikat változtatják, teljesítőképességük ezért közel sem lehet azonos.

A probléma elsősorban az, hogy a valóságban folyamatok mennek végbe (tömörödés, utószilárdulás, repedezés stb.), míg a méretezési – tervezési rendszereink ezeket nagyon ritkán veszik figyelembe.

1.4. Problémamegfogalmazás

Látható, hogy az alaprétegekkel kapcsolatban a hazai szakmai körökben jórészt kissé leegyszerűsített szinten megjelenő megállapítások találhatók.

A követelmények, képességek, a képességek hosszú távú változatlan megtartása meglehetősen szerényen van számszerűsítve.

A merevség túlhangsúlyozása ugyanakkor egy költséges és egyéb hibákat indukáló gyakorlatot honosított meg. A pályaszerkezet fontos részét képező alaprétegek tényleges tulajdonságait és hatását a teljes pályaszerkezetre tehát meglehetősen felületesen ismerjük.

Ezen írás célja azon hatások számbavétele és ismertetése, amelyeket az útpályaszerkezeti alaprétegek gyakorolnak a teljes útpályaszerkezetre, illetve főleg az aszfaltrétegekre.

2. Alaprétegek merevsége

Az eddigiekből is nyilvánvaló, hogy az alaprétegek egyik legfontosabb tulajdonsága a merevség. Vizsgáljuk meg a merevség tényleges alakulását különböző feltételrendszerekben.

2.1. Az alaprétegek méretezési merevségei

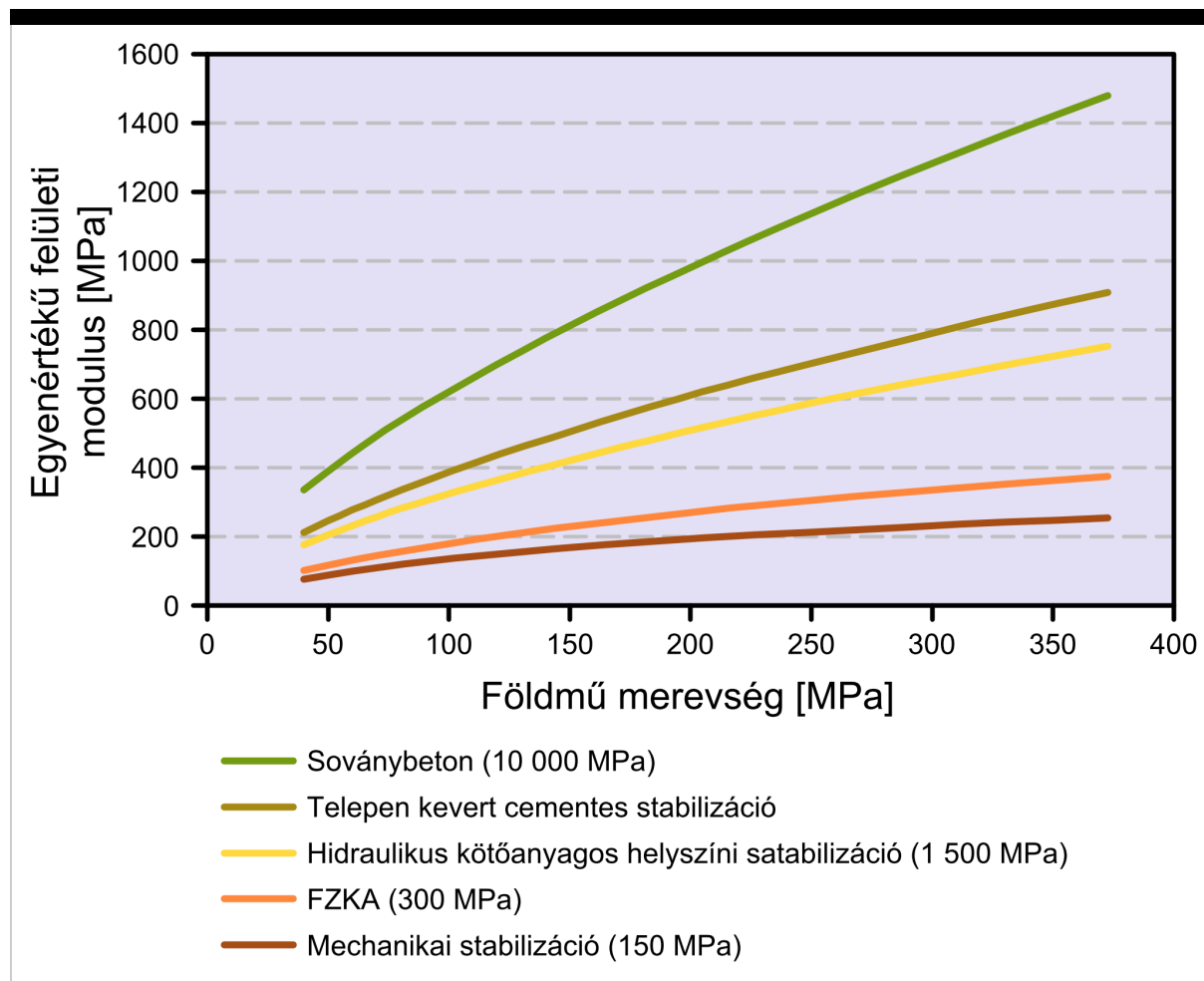
A különböző nemzetközi és hazai szabályozások jellemzően valamilyen tapasztalat, vagy modell elemzés

alapján a tipikus rétegek merevségét rögzítik, ezek alapján készült az új pályaszerkezetek tervezésére vonatkozó hazai szabályozás is. [ÚT 2-1.202:2005]

A nálunk használatos értékek alapvető forrása és magyarázata tanulmányozható a [Nemesdy, 1992] alatt.

Megjegyzendő, hogy a szabályozás [ÚT 2-1.202:2005] újabb kiadása a fent említett publikációban található [Nemesdy, 1992] kisebb mértékben eltérő merevségekkel számol, a továbbiakban én is ezeket használom.

Az érvényes merevségértékekkel egy számítássorozatot hajtottam végre egy tényleges földműmerevségi idősor alapján, amely értékeket az [Karoliny, 2013] alatt ismertettem.



1. ábra

200 mm vastagságú alaprég felületén értelmezhető egyenértékű felületi modulus a földmű különböző merevségeinek függvényében

Tanulmányozva a 1. ábrát, a hidraulikus kötésű rétegek nagyobb „teherelosztó” hatása nyilvánvaló.

Ugyanakkor azt is érdemes megfigyelni, hogy ezek a rétegek lényegesen „érzékenyebben” reagálnak a földműmerevség pozitív, vagy negatív változásaira (a vonalak meredekebben futnak).

Mindenesetre az a megállapítás, hogy a hidraulikus alaprég mindenhol képes egységes teherbírást biztosítani, legalább is megkérdőjelezhető, mert a földmű merevségek nem csak időben, hanem térben is nagyon jelentősen változnak, ezek hatására az egyenértékű felületi modulus is jelentősen változik.

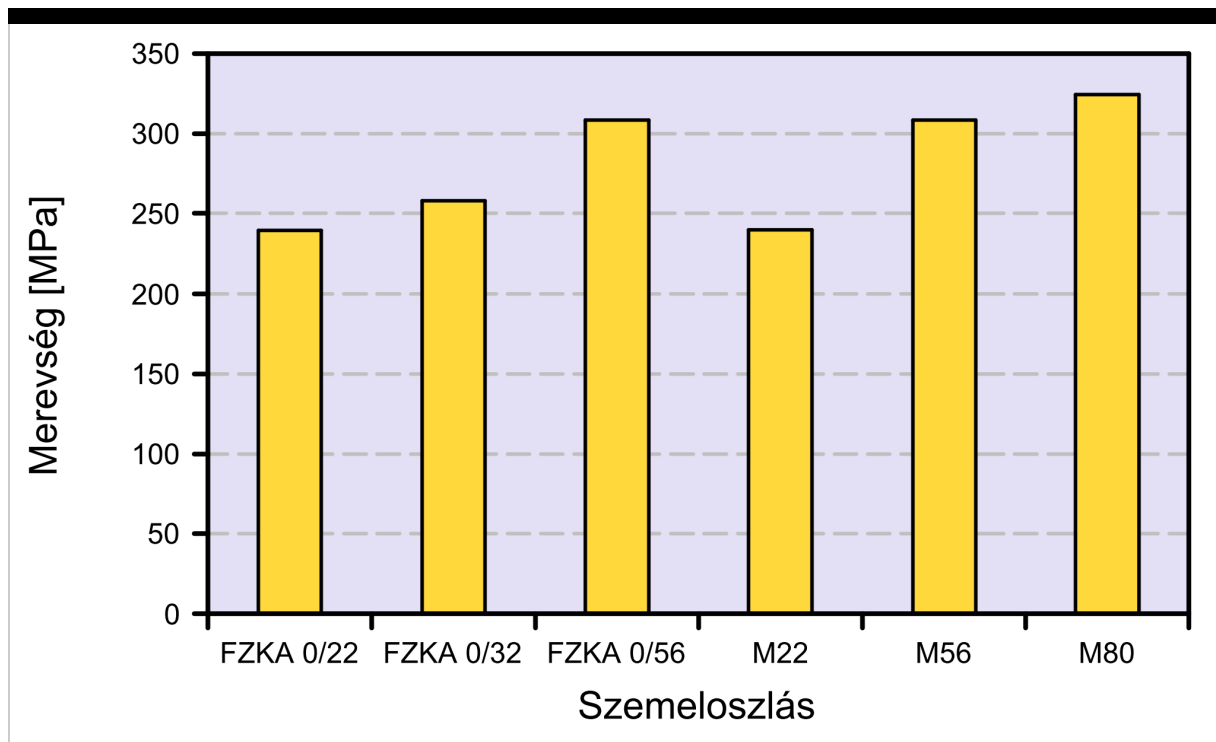
2.2. Szemcsés kötőanyagú rétegek merevsége regressziós összefüggés alapján

Hazai gyakorlatunk a réteg típusa szerint ad merevségértékeket, tehát van a mechanikai stabilizációnak és az FZKA rétegnek.

Ennek nincsenek igazán alátámasztott szilárdságtani alapjai, azaz ezek mérnöki becsléssel megállapított értékek. Az USA – ban alkalmazott eljárás [NCHRP, 2001] a szemcsés anyagok szemeloszlása alapján (a 60% - értékhez tartozó szemcseátmérő függvényében) ad számítható CBR értékeket és ebből számítható a merevség.

Az érvényes szabályozás szemeloszlásai alapján (a határgörbék középértékeivel számolva) meghatároztam a hazai szemcsés rétegek merevségértékeit.

Az eljárás kicsit leegyszerűsített (a súrlódási szöget figyelmen kívül hagyja) de véleményem szerint jobban jellemzi a valóságot, mint a tervezési értékek, nagy előnye, hogy rávilágít a nagyobb Dmax értékek használatának hasznosságára.



2. ábra

Számított alapréteg merevségek a szemeloszlás alapján

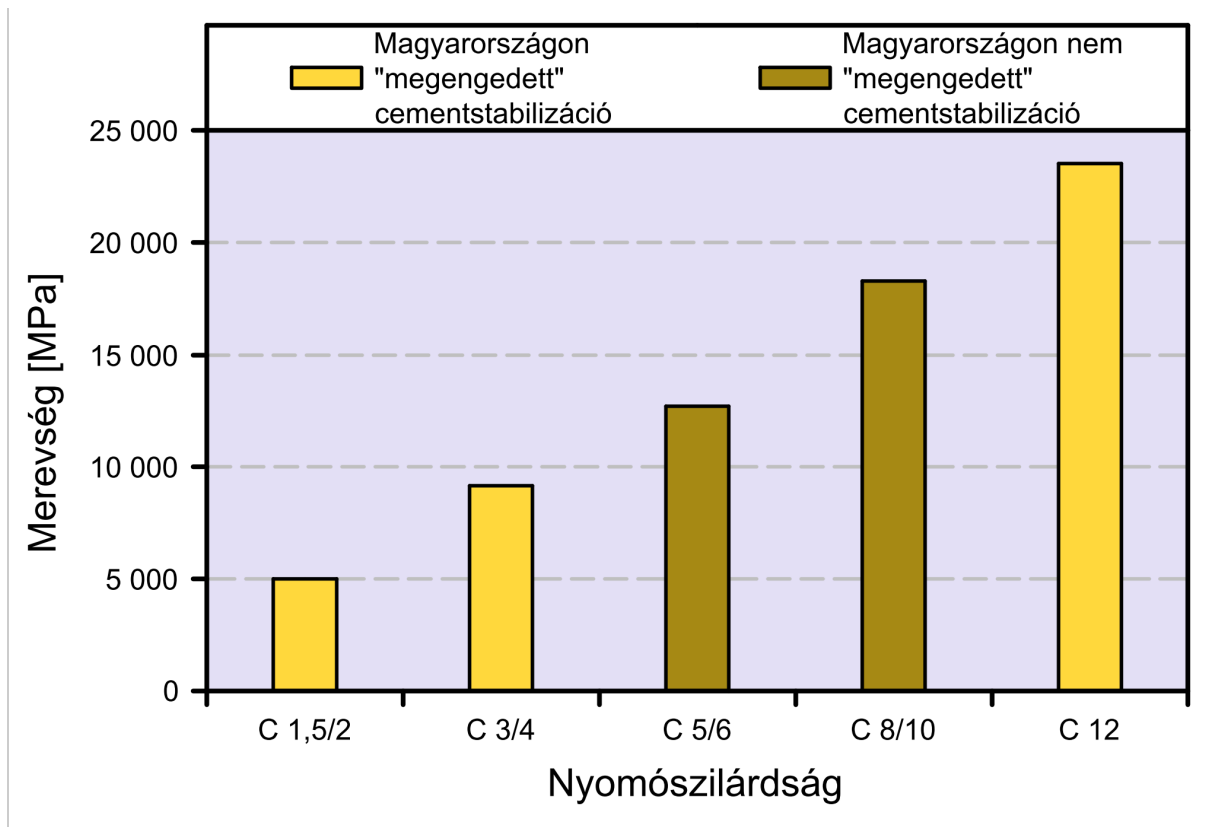
A 2. ábra alapján megállapítható, hogy hazai szabályozásunk az FZKA típusok esetében reális, a mechanikai stabilizáció esetére kissé konzervatív szemléletű.

Sajnálatosnak tartom, hogy a legutolsó 10 év jelentős építési projektjeinél a nagyon jelentős mennyiségben végrehajtott üzemi gyártásközi mérések adatait nem használták fel ezen becslések pontosítására.

2.3. Hidraulikus kötőanyagú rétegek merevsége az előírt szilárdságból számítva

Ismeretes, hogy a nyomószilárdság és a merevség között nagyon szoros kapcsolat van.

E kapcsolat alapján számítottam a különböző típusok merevségeit, piros színnel szerepelnek a „megengedett” alapréteg típusok.



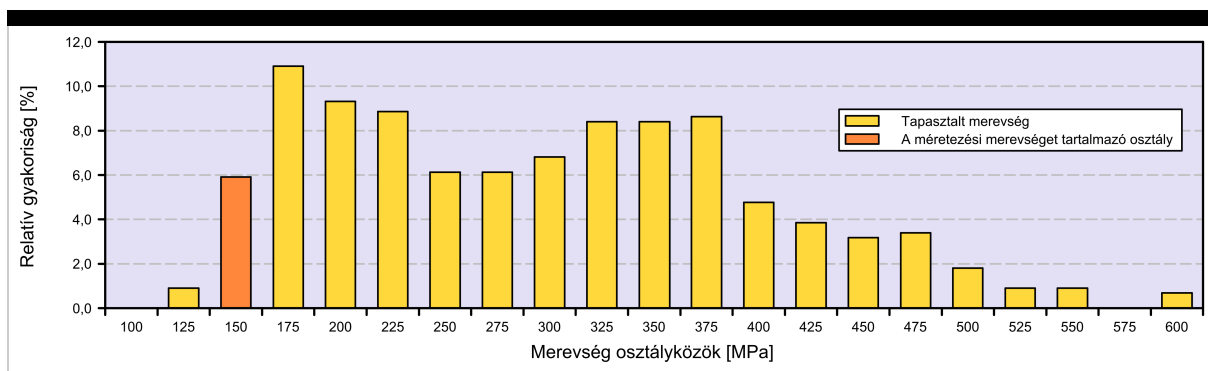
3. ábra

Cement kötőanyagú alaprétegek merevsége az előírt nyomószilárdság alapján

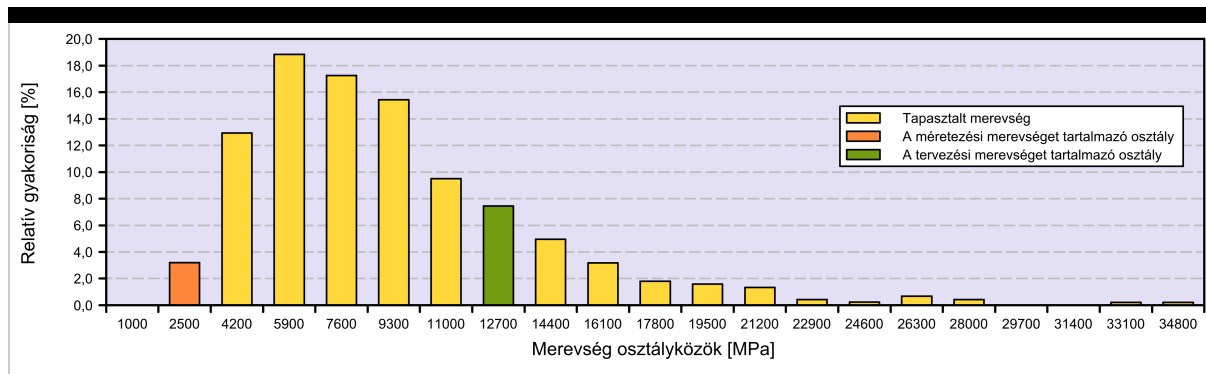
A diagramból átható, hogy a számított merevségek lényegesen meghaladják a méretezésnél használt értékeket. Itt meg kell jegyezni azt, hogy a magyarázott [Nemesdy, 1992], viszonylag alacsony méretezési merevség a stabilizációkra vonatkozó régi szabályozás alapján megvalósult esetekből vonta le a következtetést, az új szabályozás eredményeként lényegesen nagyobb minősítő szilárdságok – és merevségek – várhatók, tehát ezen előírást célszerű felülvizsgálni a magasabb tervezési merevségek alkalmazásának érdekében. Azt is meg kell jegyezni, hogy a cement kötőanyag kizárólagossá tétele számos, a diagramon szereplőknél alacsonyabb merevségű réteg alkalmazását kizárja.

2.4. Alaprétegek tényleges merevsége

Egy nagyobb autópálya építésnél az átadás előtt nehéz ejtősúlyos berendezéssel behajlásméréseket végeztek, ezek alapján – vissza – számolással – meghatároztam a szemcsés réteg illetve a cementstabilizáció merevségét. Mindenképpen meg kell jegyezni, hogy elsősorban a kötőanyagot nem tartalmazó rétegek, de kisebb mértékben a kötőanyagot tartalmazó rétegek beépített állapotban tanúsított merevsége eltér (jellemzően magasabb) mint amit a réteg felületén végrehajtott mérésekből számíthatunk, illetve a laboratóriumban mérhető értékektől. Ennek különböző okai vannak, elég itt azt megemlíteni, hogy a laboratóriumi merevségvizsgálatok egytengelyű feszültségállapottal operálnak, míg a pályaszerkezet egy két irányban teherhordó lemezrendszer. A vissza – számolás viszont, éppen ezért a tényleges viselkedésből ad merevségértékeket.



Tanulmányozva az eredményeket, tapasztalhatjuk, hogy a gömbölyűszemű, M 50 minőségű mechanikai stabilizáció a méretezési merevségértéket nagymértékben túllépi, ez egyben igazolja a 2. ábrán szereplő számítás helyességét.



5. ábra

Építés után mért cement stabilizáció merevségek relatív gyakoriságai

Hasonlót lehet tapasztalni a cementstabilizáció esetében, ahol meg kell jegyezni, hogy a szakaszon „mikrorepezítés” volt alkalmazva, ami – sikeres végrehajtás esetén – biztosan csökkenti valamennyire a merevséget.

Ugyanakkor, ha összehasonlítjuk a tapasztalt értékeket az érvényes tervezési szabályozásban szereplő, tervezési szilárdsághoz tartozó merevségértékkel, meglepő (talán nem is nagyon meglepő...) módon azt látjuk, hogy a mért értékek nagyon nagy része elmarad ettől.

Itt ugyanis két dologról van szó, egyrészt a méretezésnél alkalmazott – véleményem szerint indokolatlanul alulbecsült – merevségről, a másik pedig a szabályozásban [ÚT 2-3.207] leírt módon elrendő szilárdság (és az ebből számítható merevség) értékről.

Az előírt tervezési szilárdság értékeket laboratóriumi körülmények között (elkészített próbatesteken) vizsgáljuk, amely értékek nyilvánvalóan legfeljebb korrelációs kapcsolatban lehetnek a tényleges (a mérés időpontjában érvényes!) merevségekkel.

A méretezési előírások és a tényleges keverékelőállítás – rétegépítés előírásai, tehát nagymértékben elválnak egymástól gyakorlatunkban és ez nyilvánvalóan helytelen.

Nehéz szabadulni attól a gondolatától, hogy a méretezési merevség alacsony szinten tartása lényegében annak beismerése, hogy a szabályozás [ÚT-2.3.207] előírásai a gyakorlatban kijátszhatók, adott esetben az élettartamra gyakorolt negatív hatásokkal.

3. A merevség változásai

Egy elkészült réteg merevsége – itt hangsúlyozottan a rétegre, tehát nem a pályaszerkezetre gondolok – a forgalmi – környezeti terhelések, továbbá kémiai – fizikai folyamatok hatására változik.

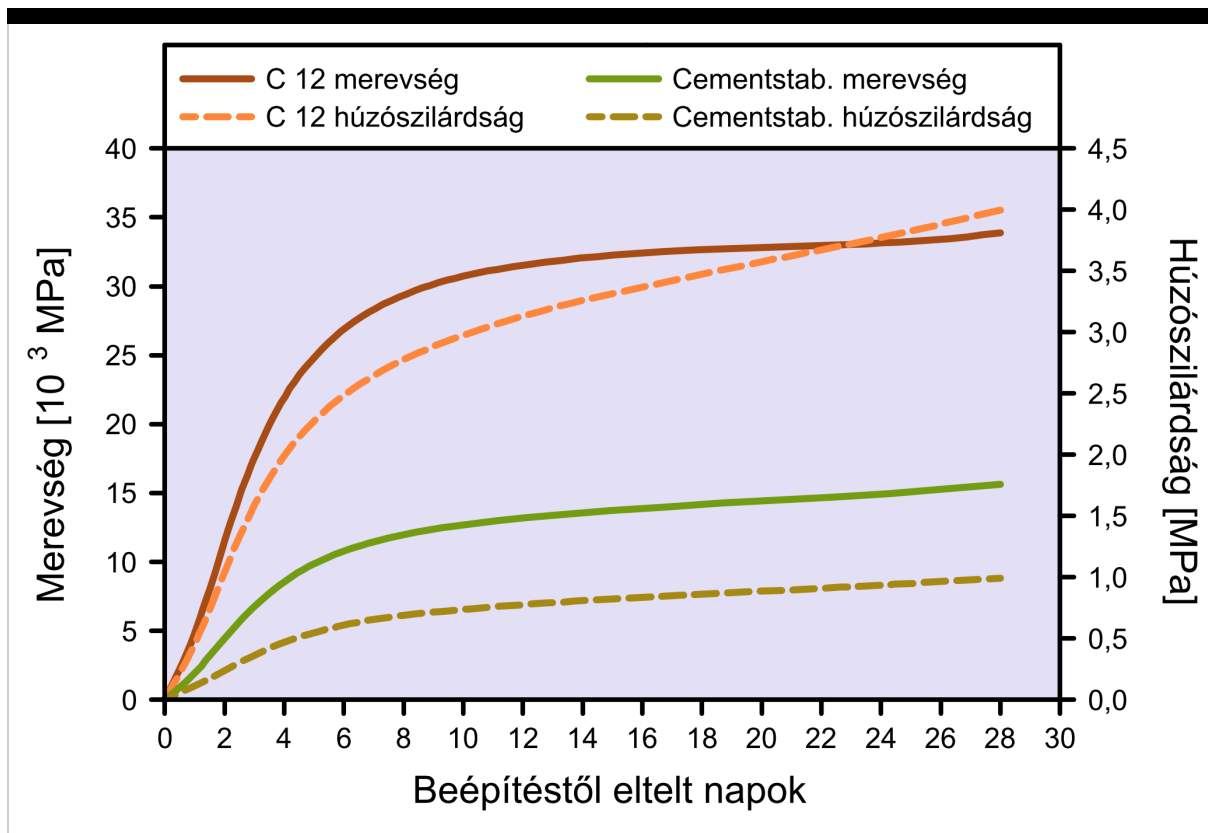
Ezen változások jellegének megismerése alapvető fontosságú kérdés, hiszen a teljes pályaszerkezet „teljesítőképesége” ezen változások egyféle eredőjeként nyilvánul meg, azaz a „leggyengébb láncszem” elv alapján egyetlen réteg hibái az egész pályaszerkezetre kihatnak.

Sajnálatos, hogy bár hazánkban az állapotfelméleti eljárások az országos közúthálózaton nemzetközi összehasonlításban is korszerűnek mondhatók, a mérési eredmények elemzése – főleg idősoros bontásokban - nem történik meg.

A továbbiakban – alapvetően figyelemfelhívó jelleggel – néhány, a merevség változásával kapcsolatos kérdést tárgyalok.

3.1. Hidraulikus kötésű rétegek szilárdulása

A hidraulikus kötésű rétegek szilárdulása során a merevségük és a húzószilárdságuk is változik. Két nagyobb projekt üzemi gyártásközi adatait dolgoztam fel a következő diagramban. Miután itt laboratóriumi próbatestek vizsgálati eredményei szerepelnek, szükséges megjegyezni, hogy a beépített réteg esetében a szilárdulási folyamat nagymértékben időjárásfüggő, azaz gyorsabb és lassabb is lehet.

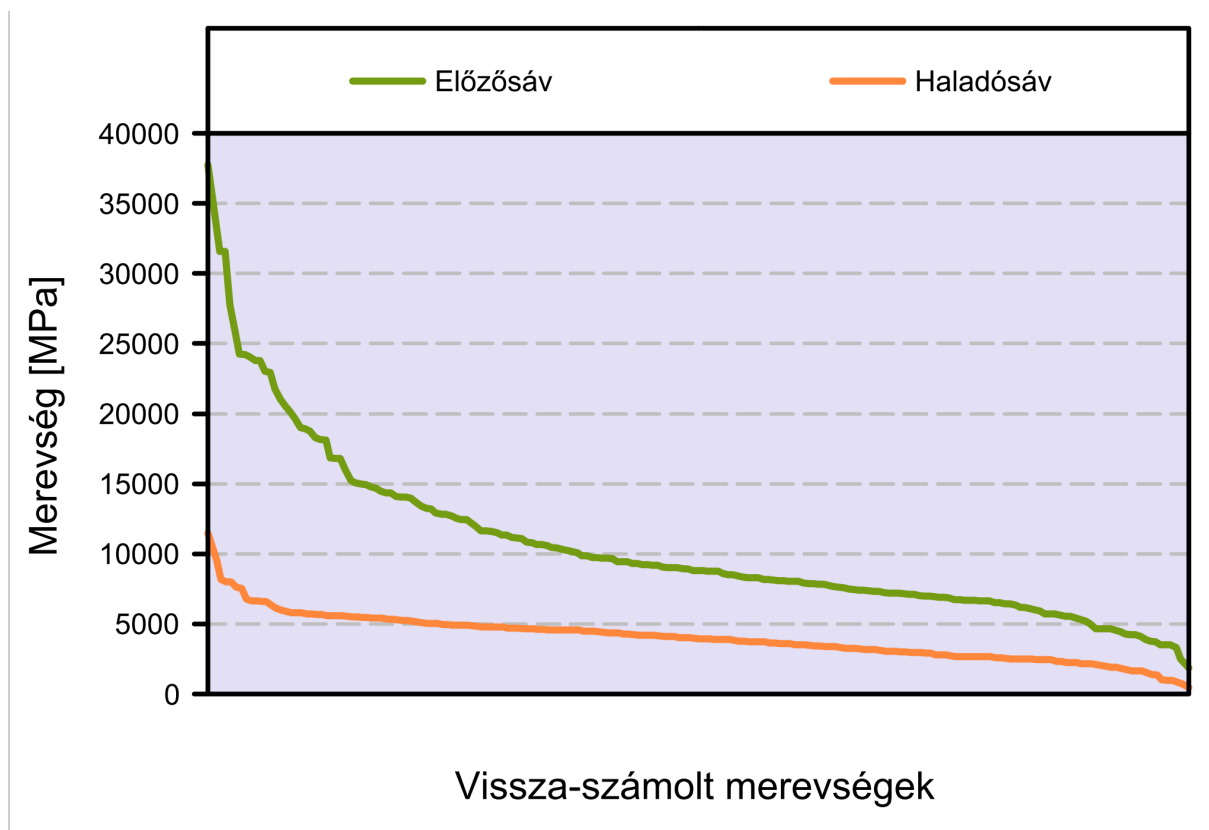


6. ábra

Hidraulikus alapréteg merevségének és húzószilárdságának alakulása a szilárdulási folyamatban

A 6. ábra tanúsága szerint mindkét hidraulikus kötésű réteg anyaga kb.: két hetes korban eléri a tervezési szilárdság értéket, ezek után azonban tovább szilárdul (nő a merevsége). Ami mindenképpen feltűnő, hogy a húzószilárdság értékek milyen hamar érnek el érdemi szilárdságot, ennek jelentősége a reflexiók repedések elleni védelemben mutatkozik meg.

3.2. Hidraulikus alapréteg merevsége hosszabb használati idő után



7. ábra

Visszaszámolt cementstabilizáció merevségek egy régóta működő autópályán

A 7. ábrán egy hosszú idő óta működő autópálya egy szakaszán végrehajtott behajlásmérésekből számított, a hidraulikus rétegre vonatkozó merevségértékek láthatók.

Az első, amit megfigyelhetünk, az a két forgalmi sáv merevségének különbsége, ami nyilvánvalóan a sokkal jobban terhelte haladósávon alacsonyabb.

Megfigyelve az abszolút értékeket, jól látható, hogy a mérési helyek döntő részén a vissza – számolt merevség nagyobb (lényegesen nagyobb) mint a tervezésnél elfogadott érték.

Azt is figyelembe kell venni, hogy a megvalósításkor még egy lényegesen kisebb szilárdsági értékeket megkövetelő előírás volt életben (praktikusan 80 kg/m³ cementadagolások voltak a jellemzők).

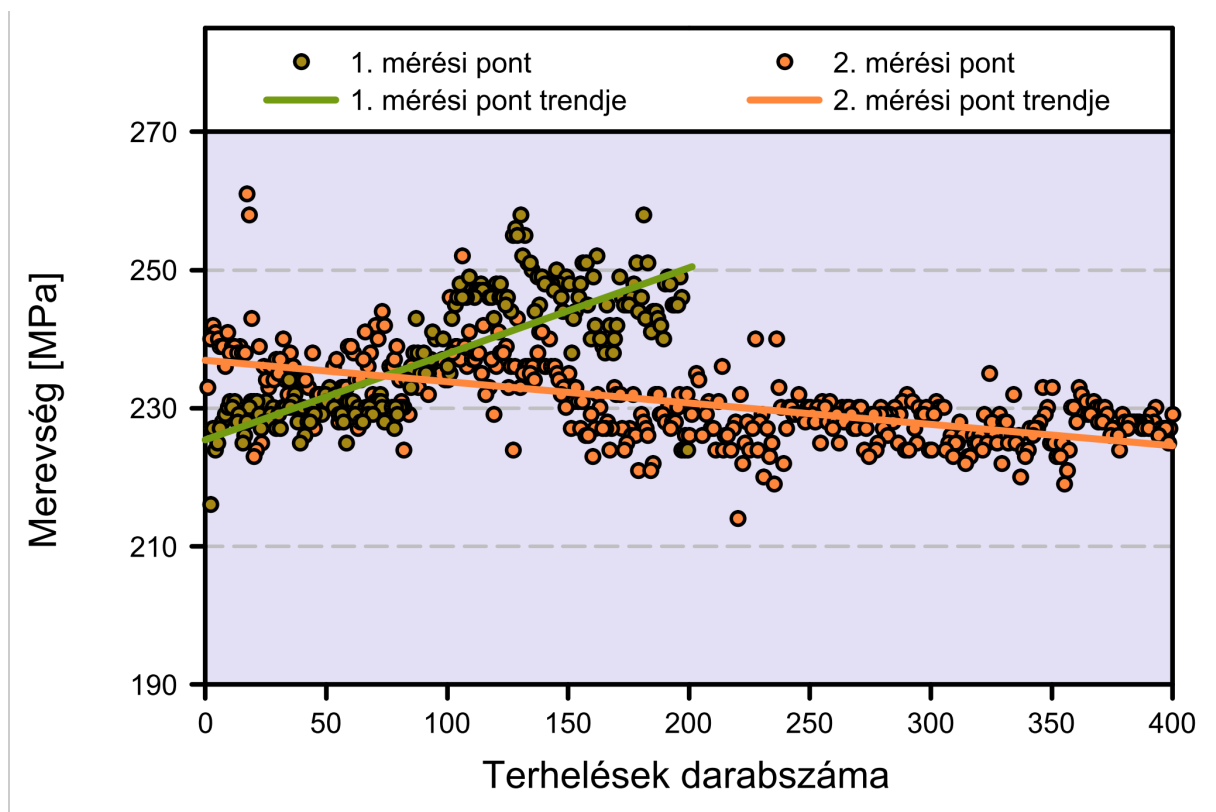
Azaz, a cementstabilizáció – igazoltan – lényegesen nagyobb „teljesítményt” mutat, mint méretezési szabályozásunk által elfogadott.

Itt, most arra kell, hogy utaljak, hogy a szabályozások biztonsági tényezői többletköltségeket indukálnak, a mérnök feladata pedig a társadalmilag elfogadható költségszint kialakítása, ebben még meglehetősen sok a tennivalónk.

3.3. Szemcsés alaprétegek merevségének változása

A szemcsés rétegekkel kapcsolatban elég általános vélekedés (nem alaptalan), hogy a forgalmi terhelések hatására „tömörödés” megy végbe, ezáltal a merevség (teherelosztó képesség) nő.

Inkább a figyelem felhívására bemutatok egy közelmúltban végrehajtott kísérleti eredményt.



8. ábra

Szemcsés rétegmerevségek változásai ismételt terhelések hatására

A 8. ábrán jól megfigyelhető, hogy az egymástól néhány méter távolságban lévő mérési pontokon a viselkedés teljesen eltérő.

Hazánkban a szemcsés alaprétegek lényegében teljes kizárásával megszűnt, illetve létre sem jött ezen rétegek tulajdonságainak vizsgálata (kutatása) a más országokban kifejlesztett, létrehozott új módszerek és koncepciók alapján.

A diagramon lévő viselkedéskülönbségnek van leírható fizikai magyarázata [Schofield – Wroth, 1968], [von Wolffersdorff 1995], röviden csak annyit lehet mondani, hogy az aktuális és a granulometriailag lehetséges hézag tényező, a súrlódási szög és a terhelés nagyságának ismeretében a folyamat számítással modellezhető. A kérdés azért bír nagy jelentőséggel, mert ezen ismeretek birtokában lehetséges olyan szemcsés összetétel kifejlesztése, amelynek merevsége (rétegmerevség) jelentősen meghaladja a használatos szemcsés rétegmerevségét.

Nem kevés olyan behajlómérést (FWD készülékkel végrehajtott) dolgoztam fel, ahol kiugró szemcsés réteg merevségek (500 – 1000! MPa) mutatkoztak, amelyek tudatos elérése esetén – megfelelő technológiai tervezést és ennek alapján végrehajtott beépítést figyelembevéve élettartam költségében is gazdaságos, környezetkímélő és energiatakarékos megoldások születhetnének.

4. Az alapréteg merevsége és a járulékos igénybevételek

Az eddigiekben elsősorban azt igyekeztem alátámasztani, hogy az alaprétegeink merevsége lényegesen nagyobb a méretezésnél elfogadott értékekhez képest.

A következő pontban azt próbálom bemutatni, hogy a nagyobb merevség – bizonyos körülmények között – járulékos, vagy többlet igénybevételeket okoz, azaz a merevség növekedésének negatív következményei is lehetnek.

4.1. Kopóréteg igénybevételek

A „félmerev” pályaszerkezetek esetén a jelenleg érvényes útügyi műszaki előírás a megerősítési méretezési eljárással kapcsolatban a következőket írja le:

„Főként autópályák, gyorsforgalmi utak elhasználandó félmerev pályaszerkezeteinél és nagy forgalmú városi utak beton alapréteggű szerkezeteinél fordul elő, hogy a mértékadó behajlás igen kicsi, a burkolat azonban az

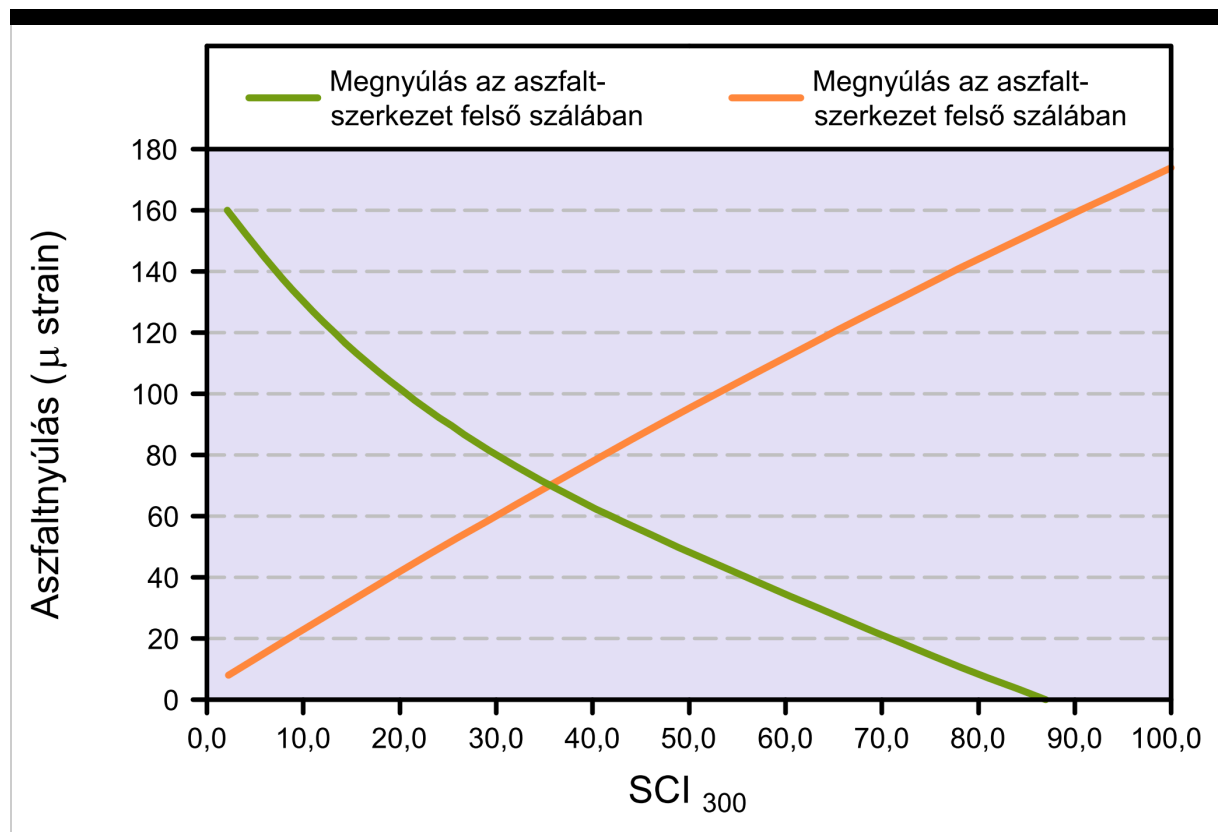
élettartam végén már fáradási repedéseket mutat.”

A jelenség a gyakorló szakember számára ismert, az alapkérdés az, hogy a repedések alulról felfelé, vagy felülről lefelé irányúak.

Kiterjedt kutatások [Van Gurp - Wennink, 1997], amelyek a méretező szoftverek felhasználásával nyert regressziós összefüggések létrehozására irányultak, számítottuk egy hazai mérőssor adataiból a következő diagramon lévő adatokat.

A 9. ábrán jól látható, hogy az aszfaltszerkezet tetején keletkező megnyúlások nagysága sok helyen eléri, illetve meghaladja az aszfaltszerkezet alsó szálában keletkező megnyúlás értékeit, a szerkezet tetején keletkező megnyúlások nagymértékben függenek az SCI300 értéktől, ami minél kisebb, annál nagyobb a pályaszerkezet merevsége.

Jól felismerhető, hogy mintegy 35 microméter SCI300 érték alatt, a kopóréteg nagyobb megnyúlás igénybevételt kap, mint az aszfalt alsó szál.



9. ábra

Aszfaltnyúlások és a mért teknőparaméterek összefüggése

A kopórétegeink nem csekély részén látható repedéseknek valószínűleg jelentős része ezen járulékos igénybevétel következménye.

4.2. Deviátorfeszültségek

Az aszfaltszerkezetek egyik tipikus tönkremenetele a keréknyomképződés.

Ez a tiszta rugalmasságtani anyagjellemzők alapján nem, vagy csak közelítően értelmezhető, mert itt az aszfalt viszkózus és plasztikus tulajdonságai is közrejátszanak.

Ugyanakkor a hagyományos rugalmasságtani megközelítés is (azaz az anyagok merevségét egy felvett hőmérsékleten értékeljük) érdekes eredményeket mutat.

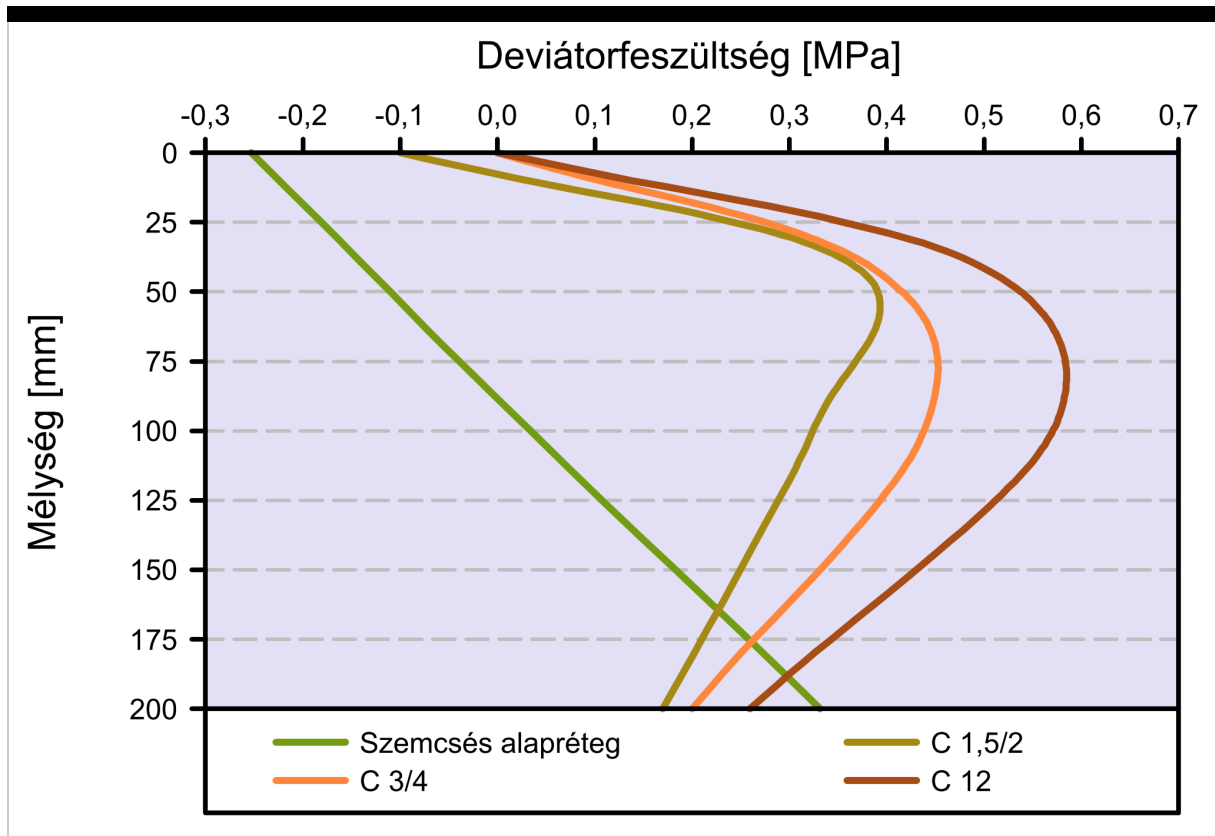
A diagramon egy próbaszámítás eredményei láthatók, 200 mm vastag aszfaltszerkezetben keletkező deviátor (nyíró) feszültségek ábrázolásával.

Jól felismerhető, hogy az egyre nagyobb alaprteg merevségek egyre nagyobb deviátorfeszültségeket indukálnak, ami a keréknyomképződés fő oka, főleg, a felszínhez közeli rétegekben, ahol az aszfaltrétegek hőmérséklete lényegesen magasabb.

Ezt a jelenséget [Leuthner - Wellner, 2007] „üllőhatásnak” nevezi, lényegében azt jelenti, hogy a merev alaprétegek következtében nagyobb a keréknyomképződés kockázata.

Itt hangsúlyozni kell, hogy a nagyobb igénybevétel nem jelent szükségszerűen nagyobb keréknyomosodást, mert az aszfaltkeverék deformációellenállása ezt a hatást képes ellensúlyozni, de a kockázat érdemben nagyobb.

Megjegyzendő az is, hogy a számítások a 10. ábrán feltüntetett alapréteg anyagoknál a méretezési merevségértékkel történtek, azaz – mint láttuk – a valóságban ennél lényegesen nagyobb alapréteg merevségek is lehetségesek, ami tovább növeli a kockázatot.



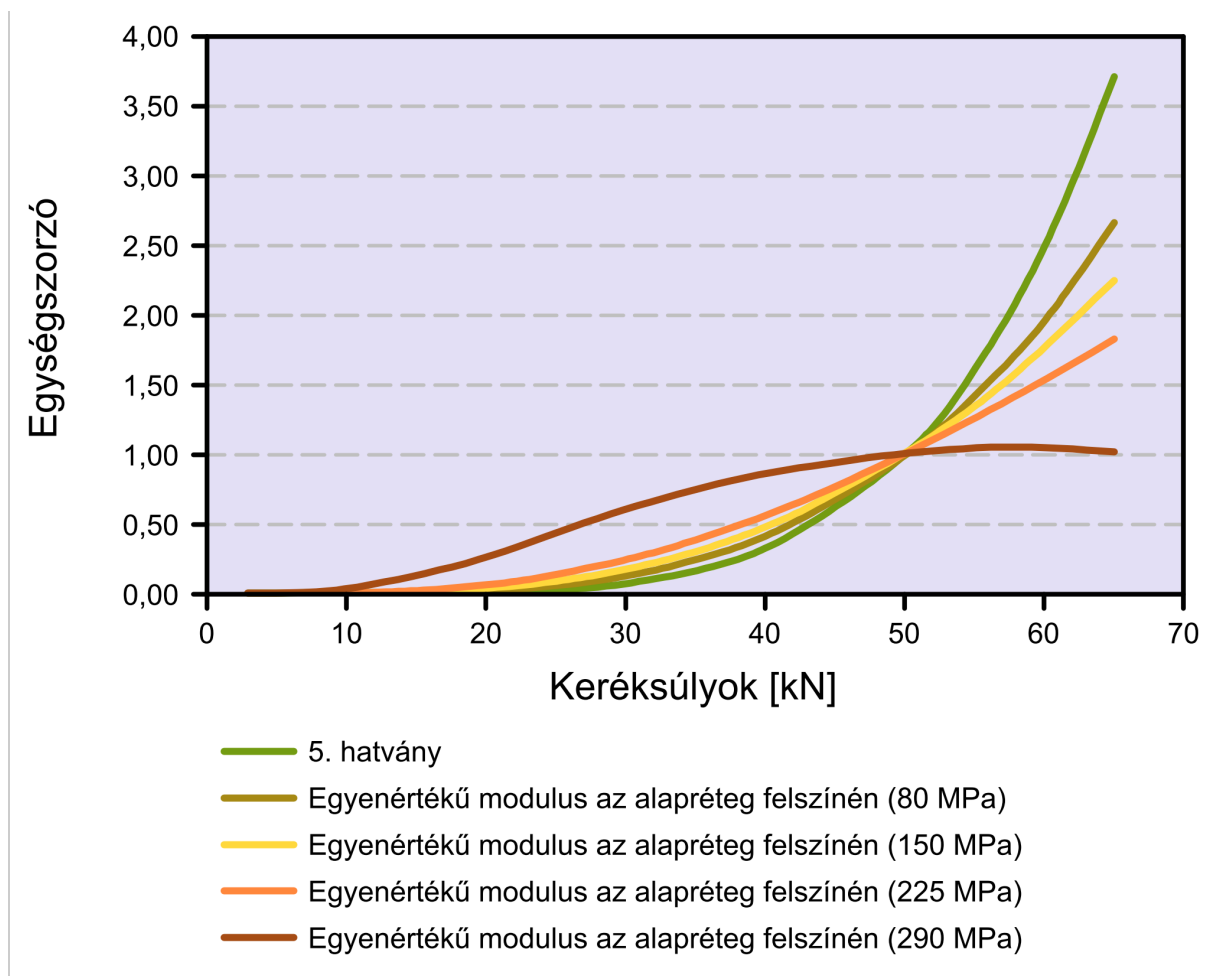
10. ábra

Deviátorfeszültségek az aszfaltszerkezetben

4.3. Tengelyterhelés szorzók

Az AASHO kísérlet óta általánosan elfogadott a pályaszerkezet méretezés területén az az akkor és ott tapasztalt tény, hogy a különböző tengelysúlyok rongáló hatása nem a tengelysúlyok arányával azonos, hanem az arány negyedik – ötödik hatványával.

Ez ma is méretezési eljárásunk egyik kiinduló „tétele”.



11. ábra
Egységkerékterhelések értékei

A kísérletet - az aszfaltburkolatok esetén – kizárólag „hajlékony” pályaszerkezeteken hajtották végre, azaz szemcsés alap és védőréteg lett alkalmazva, azaz nem vizsgáltak nagyobb merevséggel rendelkező hidraulikus kötésű alaprégeket.

Az azóta szerzett tapasztalatok illetve az analitikus méretezési eljárások alkalmazása ezt a kiinduló tételt jórészt megcáfolta.

A 10. ábra egy olyan számítás eredményét mutatja, ahol a „rongáló hatás” az aszfaltréteg alsó szálában keletkező megnyúlással van azonosítva és ez az érték került meghatározásra négy különböző pályaszerkezet esetére, különböző kerékterhelések hatását figyelembe véve.

Az egységsszorzó pedig a különböző keréksúly okozta megnyúlás és az 50 kN „egységkerék” megnyúlás hányadosa.

Jól felismerhető, hogy az egyre merevebb szerkezetek esetén egyre nagyobb az 50 kN alatti keréksúlyok hatása szemben az „5. hatványos” képletből számíthatóval, ez azt is jelenti, hogy a tényleges terhelésszámok (átszámítva) akár jelentősen is nagyobbak lehetnek.

Itt is hangsúlyozni kell, hogy a számítások az érvényes méretezési merevségértékekkel lettek végrehajtva, azaz – mint láttuk – a valós merevségek ennél lényegesen nagyobbak, tehát a többletterhelés is nagyobb.

Összefoglalva megállapítható, hogy a merevség túlhangsúlyozása érdemi többlet igénybevételeket okoz, ennek megfelelően növeli a más jellegű tönkremenetel kockázatát.

4.4. Reflexiós repedések

A reflexiós repedések témája klasszikusan mutatja hazai gyakorlatunk leíró – azaz nem analitikus – jellegét. Ennek sajnos következményei is vannak, ugyanis amikor nincsenek igazolt, előírható és főképpen mérhető értékek valamilyen tulajdonságra, az alkalmazásnál súlyos hibákat is véthetünk.

A reflexiós repedések kérdésének van egyébként „filozófiai” vetülete is, egyes országok (pl.: Franciaország) gyakorlata a reflexiós repedések „tudomásulvételét” veszi alapul azzal, hogy a hozam nagyobb, mint a kár és nem érdemes bonyolult (és drága) megoldásokkal kísérletezni, vegyük tudomásul, hogy az előnyök mellett,

többlettel fenntartással kell számolnunk, azaz viseljük el a reflexiós repedéseket.

A hazánkban mostanában megfogalmazott „zérus” fenntartás igény véleményem szerint gazdasági állapotunk mellett nem reális.

A kérdés azért is jelent meg így, ebben a formában, mert beruházásra (felújításra) jellemzően úniós (azaz költségvetésen kívüli) források állnak rendelkezésre, ugyanakkor a fenntartás a mindenkori költségvetés függvénye (praktikusan erre alig jut forrás).

Közgazdaságilag könnyen igazolható, hogy ez a szemlélet nem helyes, az már más kérdés, hogy ennek költségvetési konzekvenciáit valaki levonja – e.

4.5. A jelenség fizikai oka

Pályaszerkezeti rétegeink, a kialakuló hőmérsékletkülönbségek hatására változtatják hosszukat, dilatálnak. Ez a hőmozgás érdemi nagyságot a kohézióval rendelkező rétegekben ér el, a szemcsés rétegek esetében lényegében elhanyagolható.

A kohézióval rendelkező rétegben – amennyiben a fogadóréteg és közöttük érdemi súrlódás van (a gyakorlatban ez mindig létezik) – a gátolt alakváltozás miatt feszültségek keletkeznek, a hőmozgás irányának megfelelően és amennyiben ezek meghaladják a szilárdságértéket, tönkremenetel (repedés) keletkezik.

Szakmai köreinket leginkább a húzófeszültségek érdeklik (pályaszerkezeti kohézióval rendelkező anyagaink húzószilárdsága jellemzően alacsonyabb a nyomószilárdságnál), de egyes speciális körülmények között nem zárható ki a túl magas nyomófeszültségek miatti tönkremenetel (főleg táblatorlódás formájában).

Figyelembe kell venni azt, hogy a réteg a megszilárdulása (hidraulikus kötés, vagy lehülés) hőmérsékletéhez képest dilatál (ezt nevezhetjük referencia hőmérsékletnek), azaz a tényleges hőmérséklet különbséget ehhez kell viszonyítani.

Jellemző pályaszerkezet felépítéseink esetében az első kohézióval rendelkező réteg hidraulikusan kötött, értelmezhető és megismerhető húzószilárdsággal.

Amennyiben ezt a réteget „magára hagyjuk”, bizonyos időn belül kialakul egy „természetes” repedéstávolság.

Az erre a rétegre ráépített újabb réteg – aszfaltréteg - igénybevételei egyrészt a már leírt dilatációs mozgásból, másrészt az alátámasztó rétegben lévő repedés miatti többletfeszültségekből keletkezik.

Vegyük észre, hogy a folyamat meglehetősen bonyolult, mert új pályaszerkezet építése esetén nincs „magára hagyás”, a kötött alaprétegre viszonylag rövid időn belül ráépül a következő réteg (miközben a fogadóréteg szilárdulás még nagyon jelentős), aztán újabb rétegek épülnek (miközben pl. a szigetelő hatás miatt a lehülés – felmelegedés korlátozottabb).

Mindazonáltal lehetséges a keletkező igénybevételek számszerűsítése [de Bondt, 1999], ami alapján a következő független változók határozhatók meg:

- a réteg(ek) hőtágulási együtthatója
- a réteg(ek) merevsége
- a referenciahőmérséklethez (megszilárdulási) viszonyított hőmérsékletkülönbség
- a rétegek közötti súrlódás nagysága
- a réteg(ek) keresztmetszete
- az együttdolgozó lemez hossz (kialakult repedéstávolság)
- a réteg(ek) húzószilárdsága

Ezek ismeretében a feszültségek mind a hidraulikus rétegben, mind az aszfaltrétegben számíthatók.

Látni kell, ugyanakkor, hogy a függetlennek tekinthető változók egy része egymással van kapcsolatban, másrészt meglehetősen sztochasztikusak, azaz a számítások főleg az egyes változók szerepének érzékenységvizsgálatára és az általános tendenciák megismerésére használhatók.

4.6. A hidraulikus rétegek viselkedése

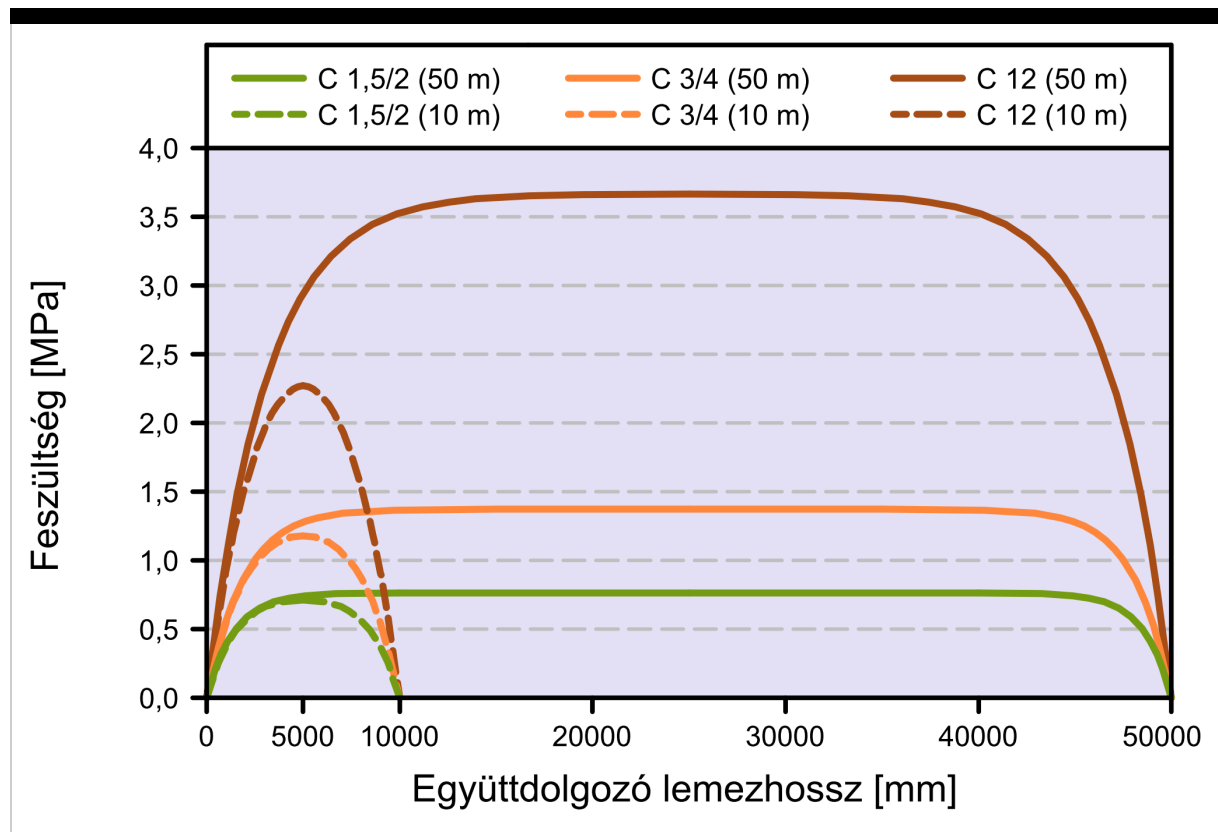
A megépített és megszilárdult hidraulikus réteg hőmozgását az alatta lévő réteg (szemcsés védőréteg, vagy földmű) korlátozza.

A megszilárdulási hőmérséklethez képest 20 °C hőmérsékletkülönbség hatására (azonos hőtágulási együtthatót feltételezve) a következő diagramon látható feszültségek keletkeznek a járatos alaprétegeinkben.

Jól látható, hogy a keletkező feszültség nagymértékben függ a réteg merevségétől és az együttdolgozó lemezhossztól.

A repedezési folyamat elvileg úgy megy végbe, hogy amikor a maximális húzófeszültség meghaladja az

aktuális húzószilárdságot, a lemez két részre szakad, ezután újra létrejön a húzófeszültség (alacsonyabb értékkel), ha ez még mindig nagyobb, mint a húzószilárdság, a lemez tovább feleződik. Ez a repedezési folyamat, ami csökkenti az együttdolgozó lemez hosszát az aszfaltrétegben potenciálisan keletkező feszültségek szempontjából kedvező, mert a lemez hossz csökkenése, a feszültséget is csökkenti.



12. ábra

Hidraulikus rétegekben keletkező húzófeszültség

Megvizsgálva a keletkező feszültségek nagyságát és ezeket összevetve a 6. ábrán látható alapréteg húzószilárdságokkal, megállapítható, hogy különösen a C 12 esetében kérdéses, hogy létrejön – e a repedés. A reflexiós repedések elleni védekezés egyik lehetősége az együttdolgozó lemez hossz csökkentése, provokált repedések kialakításával.

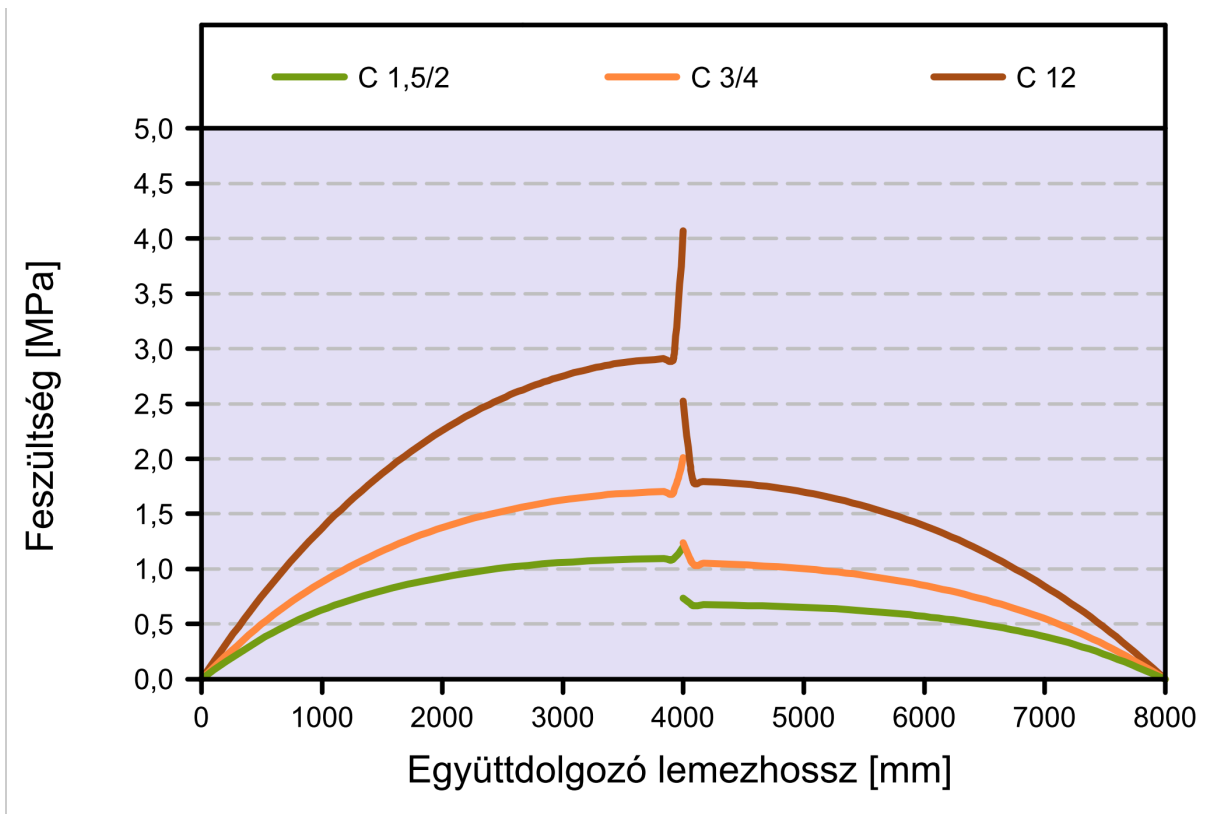
Ezek lehetnek befűrészelt hézagok, illetve friss állapotban (a beépítés során) kialakított dilatációs hézagok. Ezek a hazai gyakorlatban meglehetősen elterjedtek, célszerű megvizsgálni hatékonyságukat, ennek megfelelően számítottam a keletkező feszültségeket és ezt ábrázoltam a 13. ábrán.

Tanulmányozva az eredményeket a következő megállapítások tehetők:

- jelentős különbség van az adalékanyag függvényében (a hőtágulási együtthatók miatt)
- a viszonylag sűrűen (az ábrán 4000 mm távolság van számítva) provokált repedések esetén – a viszonylag rövid együttdolgozó lemez hossz miatt – a keletkező feszültségek gyakran alulmaradnak a lehetséges húzószilárdság értékektől, azaz lehetséges, hogy nem jön létre a viszonylag rövid lemez hossz.

Ez a jelenség korántsem ritkaság egy kiterjedt vizsgálat [M6 MAÚT kézirata] számos helyen tapasztalta azt, hogy a „provokáció” után sem jött létre a hidraulikus rétegben teljes keresztmetszetű repedés.

- a diagram az előzőhöz hasonlóan 20 °C, a megszilárdulási hőmérsékletéhez viszonyított hőmérsékletkülönbséggel számol, ennél kisebb hőmérsékletkülönbség esetén a feszültségek értelemeszerűen kisebbek, tehát az „automatikus” lemez hossz csökkenéshez az építési időszak időjárása is szükséges.



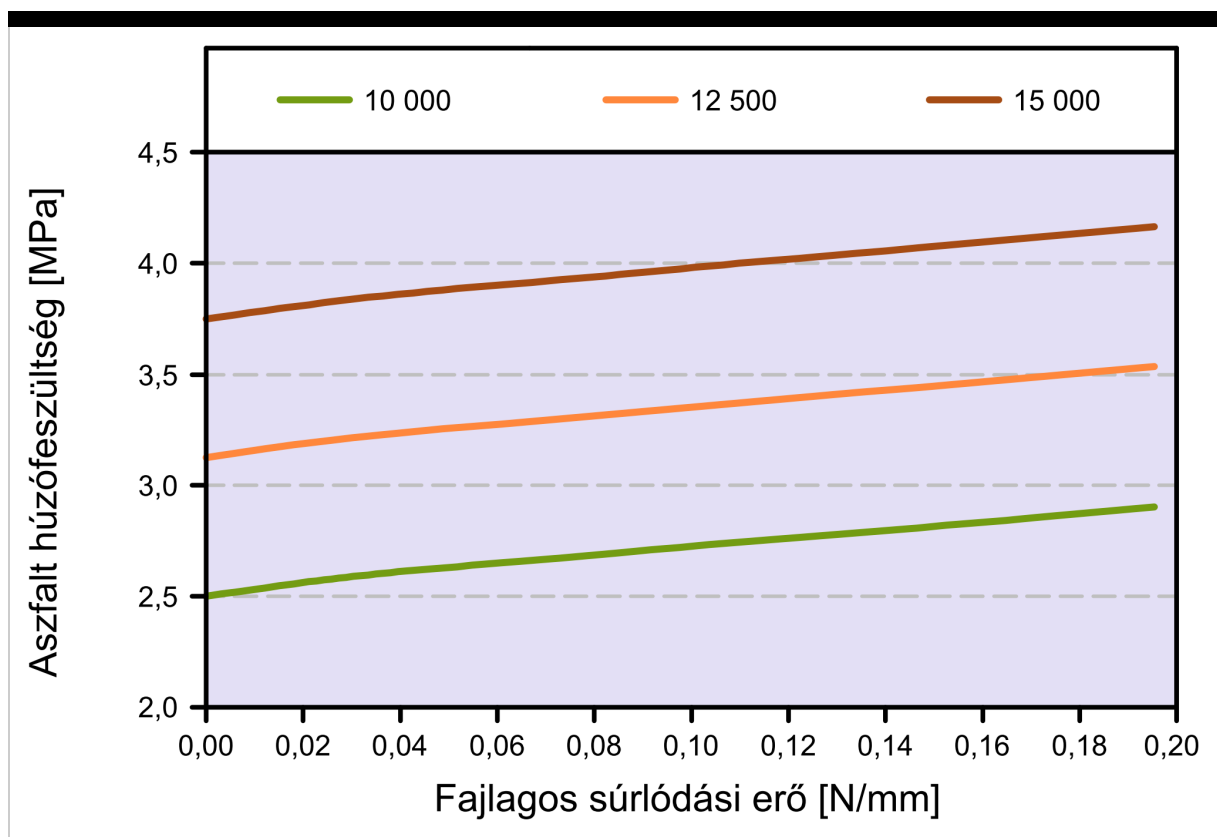
13. ábra

Hidraulikus rétegben keletkező húzófeszültség 50%-os keresztmetszet gyengítéssel bal oldal kvarc, jobb oldal mészkő

4.7. Az aszfaltréteg viselkedése

Vizsgáljuk meg, az aszfaltréteg igénybevételeit, az egyes változók függvényében, egyfajta érzékenységvizsgálat formájában.

Húzófeszültség függése a súrlódástól



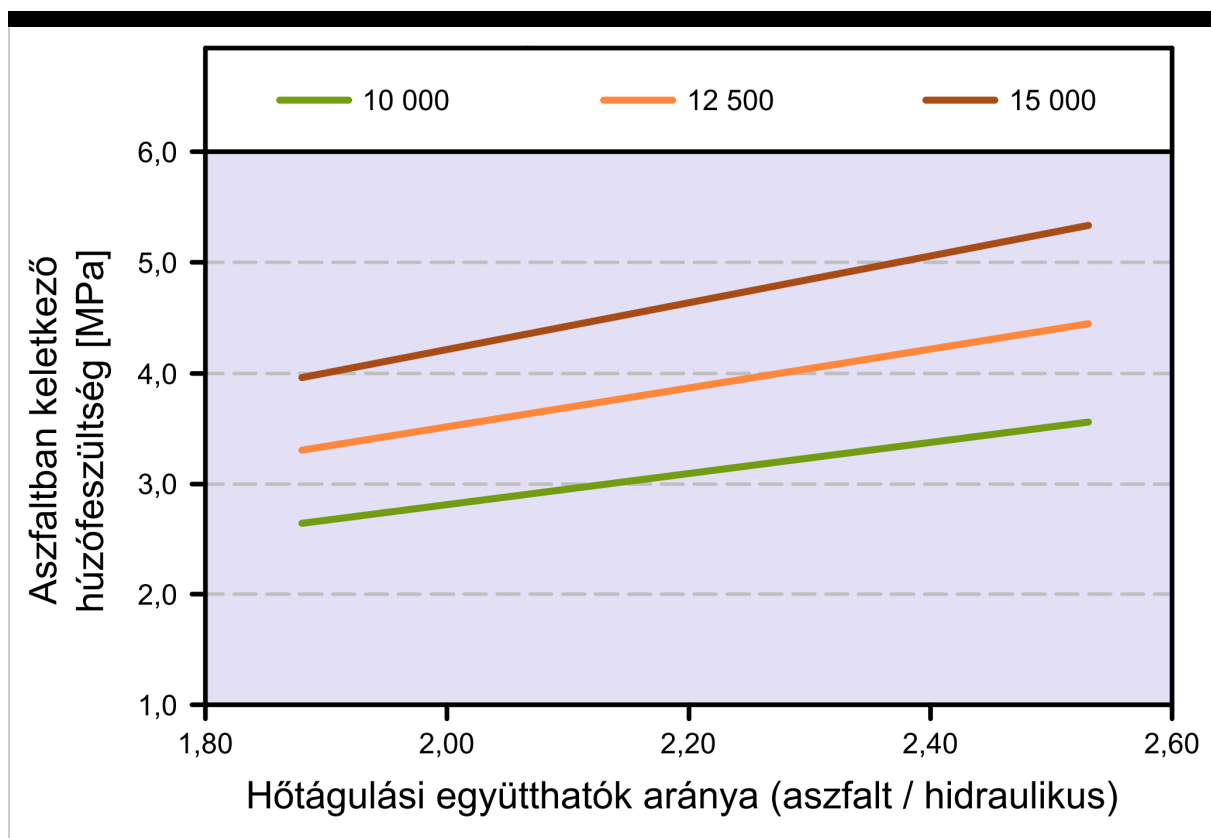
Az aszfaltrétegben keletkező húzófeszültség meglehetősen korlátozottan függ a súrlódási erőtől (praktikusan a súrlódási tényezőtől).

A 14. ábrán szereplő a 0,1 N/mm súrlódási erő értékek alatt, a valóságban irreálisak (körülbelül a jégen sikló korcsolya esetében léteznek hasonló erők), megállapítható tehát, hogy az aszfaltréteg „független” dilatációs mozgását a megszokott súrlódás befolyásolja de nem igazán lényeges mértékben.

Ezek alapján azok az elképzelések, hogy az aszfaltréteg és a hidraulikus kötőanyagú réteg közötti „elválasztó” hatású réteg képes csökkenteni az aszfaltrétegben keletkező feszültségeket, legalább is megkérdőjelezhetők. Ugyanakkor jól felismerhető, hogy az aszfalt merevségének nagyon lényeges hatása van a keletkező feszültségre.

Húzófeszültség függése a hőtágulási együtthatóktól

A 15. ábrán számítottam az aszfaltfeszültségeket a hőtágulási együtthatók arányának függvényében.



15. ábra

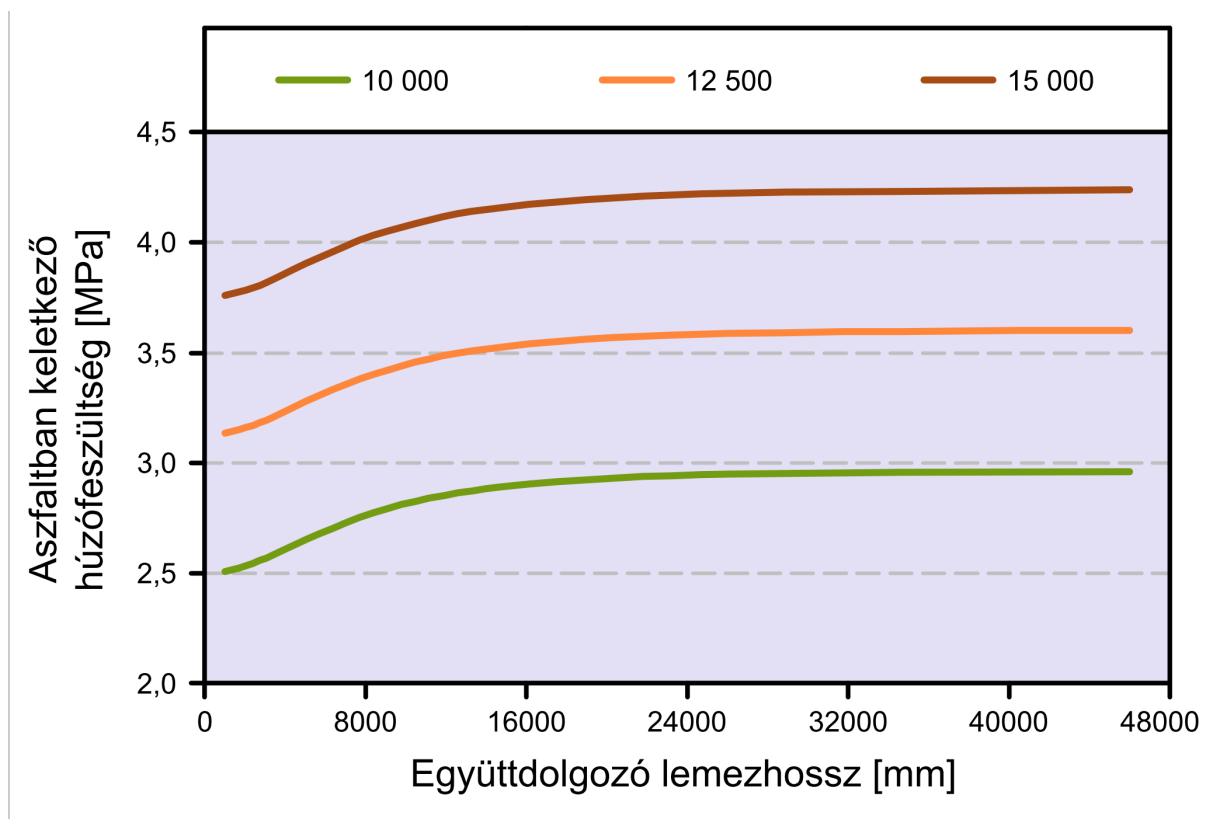
Aszfaltfeszültség függése a hőtágulási együtthatók arányától

Látható, hogy a hatás viszonylag jelentős, azaz minél nagyobb az együtthatók aránya, annál nagyobbak a feszültségek.

Ezen a területen vannak lehetőségek, bár szükségképpen korlátosak, mert az adalékanyag megválasztását egyéb – gazdaságossági, technológiai - kérdések - is befolyásolják.

Itt is észre kell venni, hogy az aszfaltmerevség hatása meglehetősen nagy.

Húzófeszültség függése az együttdolgozó lemezheztől



16. ábra

Aszfalt húzófeszültségek különböző együttdolgozási lemez hossz esetén

Az elvégzett számítások alapján jól látható, hogy az együttdolgozó lemez hosszának – a kialakított, vagy létrejött repedéshálózat egy viszonylag alacsony távolságtartományban érzékelhető hatása van. Ugyanakkor itt is megállapítható, hogy az aszfaltmerektség hatása lényegesen nagyobb.

4.8. Hazai előírások

A reflexiós repedések (az aszfaltrétegben jelentkező) teljes kizárását hazai előírásaink [ÚT 2-3.207] nem feltételezik, jellemzően a „késleltetés” szerepel, mint cél a különböző javasolt módszerekben.

Ez felvet egy, a szerződések teljesítésével kapcsolatos problémát, nevezetesen a szavatosság – jótállás kérdését, mert a megrendelői oldal joggal vár el valamilyen belátható időn belüli hibátlanítást, ugyanakkor a javasolt módszerek (a szabályozás szerint is) ezt nem garantálják kellő hatékonysággal.

Elvárható lenne, hogy az összegyűlt tapasztalatok alapján (ez meglehetősen sok, főleg gyorsforgalmi úton elvileg rendelkezésre áll) az előírásokat átdolgozzák és a szükségesnek tartott megoldások számonkérhető (tehát mérhető) paramétereit meghatározzák.

A jelenlegi előírások alapvetően a következő elvi megoldásokat javasolják:

- a különböző rétegek „elválasztását” (ez gyakorlatilag a közöttük lévő súrlódás csökkentését jelenti)
- a hézagok megnyílásának „csökkentésével” (ez gyakorlatilag a hidraulikus alapréteg együttdolgozó lemez hosszának csökkentését jelenti provokált repedések kialakításával)
- a hidraulikus réteg „mikrorepszése”
- a kialakított repedések térségében a függőleges mozgás (az aszfaltréteg nyíróigénybevételét okozza) mértékének csökkentését
- „feszültségelnyelő” réteg készítését
- az aszfaltrétegek(ek) „tulajdonságainak” javításával

Megállapítható, hogy a javaslatok tendenciái alapvetően megfelelnek a szilárdságtani apparátussal bemutatott tendenciáknak, talán azzal a kivétellel, hogy a láthatóan nagyon nagy hatást gyakorló aszfaltmerektség kérdése nincs hangsúlyozva.

Ugyanakkor az is felfedezhető, hogy a javaslatok nem igazán felelnek meg a szilárdságtan terminusainak (talán nem véletlenül, hiszen ha azokat használnánk, akkor értékeket is kellene hozzájuk rendelni).

Meg kell említeni, hogy a kérdéssel foglalkozó nemzetközi szakirodalom sem tartalmaz átütő, minden

körülmények között működő megoldásokat.

Csak egy publikációt idézve [Danish Road Institute Report 138, 2004] megállapítható, hogy az alapvető eltérés a hazai gyakorlatunkhoz képest a rendszeres megfigyelésen alapuló, főleg a keveréktechnológiai kérdéseket vizsgáló szemlélet.

A hazai előírások alkalmazásának eredményeire vonatkozó személyes tapasztalataim szükségképpen korlátozottak, de megállapítható, hogy az általam bizonyos mértékig kárhozott hazai előírások alkalmazásával nem jelentéktelen mennyiségben sikerült azt a célt elérni, hogy a repedések aszfaltban való megjelenése késleltetett legyen, ugyanakkor vannak olyan szakaszok is, ahol ez nagymértékben nem teljesült. Azaz, érdemes lenne a kérdést részletesebben is vizsgálni és az előírásainkat ezek alapján módosítani.

A továbbiakban a hazai gyakorlat egyes kérdéseit röviden taglalom.

Mikrorepszítés

A mikrorepszítés közel 20 éve jelen van a hazai gyakorlatban, de hatását igazából nem lehetett egyértelműen megtapasztalni.

Az eljárás, ismereteim szerint Ausztriából került át hozzánk, ahonnan egyértelműen pozitív véleményeket hallottam, ezért – osztrák kollégáim hathatós segítségével – egy rövid tanulmányutat tartottam 2008-ban. A tanulmányút során vagy 200 km hosszúságú, újonnan épült pályaszerkezetet vizsgáltam meg vizuálisan, amelyek akkor 8 – 15 éves korúak voltak (Steierlandban), tapasztalataim szerint elvétele lehetett reflexiónak nevezhető repedést találni (miközben tapasztalni lehetett a viszonylag nagy alapréteg merevség miatti többletigénybevételek hatását is).

Az előkészítés során az volt a kérésem, hogy kifejezetten mikrorepszített szakaszokat válogassanak ki számomra.

A tapasztalat szerint tehát az eljárás sikeresnek mondható, ott, ahol „felalálták”.

A szilárdságtani modellezések tendenciái is alátámasztják a sikerességet, hiszen a mikrorepszítéssel elvileg kialakuló dezintegrált réteg merevsége (nyomásra) kellően magas marad, de az együtműködő lemez hossz valószínűleg minimális, emiatt a hőtágulási együttható hatása (a hidraulikusan kötött alapréteg esetében) alig érvényesül.

Öt fontos kérdést sikerült még tisztáznom:

- az egyik a cementstabilizáció (lényegében nem használnak alacsony szilárdsági osztályú „soványbetont”) tömörségi előírása, ami lényegesen nagyobb, mint nálunk (95% az egyszerű Proctor vizsgálathoz viszonyítva, de jellemzően 102 – 105% a teljesítés. (ez hazánkban lényegesen alacsonyabb)
- a cementadagolások jellemzően alacsonyabbak voltak, mint a nálunk használatosak (nem volt 100 kg/m³ értéknél nagyobb)
- az alkalmazott adalékanyagok döntő része nem kvarc, hanem főleg kristályos kőzetek görgetegei (nálunk a kvarc elég jellemző adalékanyag), viszont jellemző a zúzott adalékanyag
- a „mikrorepszítést” a lehető legnagyobb tömegű vibrációs hengerrel végzik
- a hőingás (minimális, illetve maximális hőmérséklet közötti különbség) 10 – 15 °C- kal kisebb, mint nálunk

Azaz, részben a kialakult eljárások, részben a környezeti hatások eltérnek a nálunk megszokottaktól.

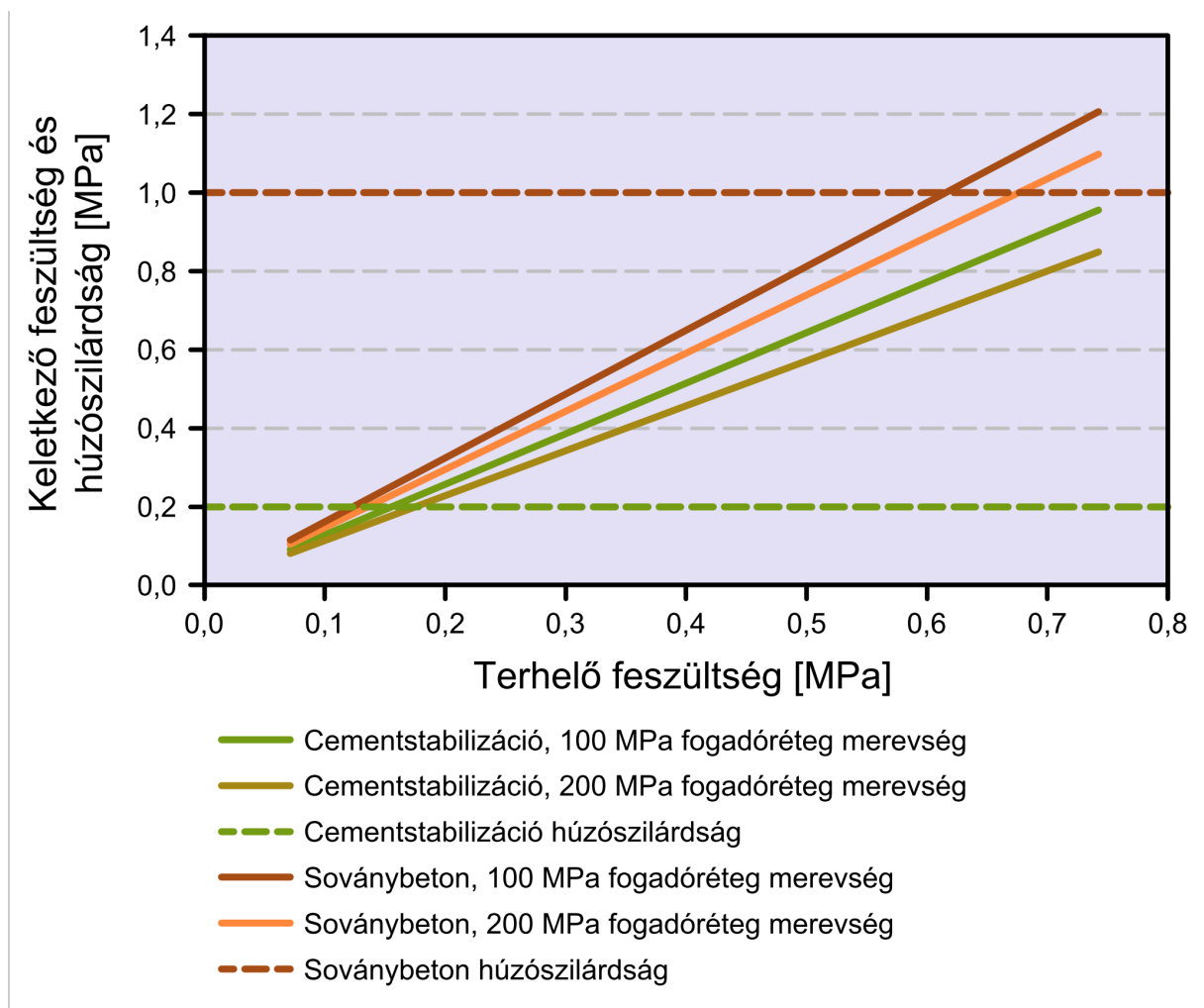
Az eredményességet és az egyszerű eljárást végiggondolva egy számítást végeztem arra az esetre, ahol mikrorepszítést kívánunk alkalmazni.

A következő diagramon jól megfigyelhető, hogy a szilárdulási folyamat során, ha hatékony repszítést akarunk végrehajtani, egyrészt figyelembe kell venni a „repszítendő” réteg alatti merevséget, másrészt, ha valóban „repszíteni” akarunk, meglehetősen nagy terhelő feszültséget kell alkalmazni.

A diagramon feltüntettem a szilárdulási folyamat korai szakaszában várható húzószilárdsági értékeket.

Azok a feszültségértékek, ahol a repedés ténylegesen létrejön nagyon magasak (gondoljunk bele, hogy a tárcsás mérésnél a terhelő feszültség 0,3 – 0,5 MPa), ezeket a vibrációval növelt súlyerők esetében sem egyszerű elérni a hengerek terhelést átadó felületeinél, azaz valóban nagy tömegű hengereket kell alkalmazni és ezek alkalmazása a C 12 rétegtípus esetében valószínűleg irreleváns (azaz nem hatékony).

A (korlátozott) tapasztalatok alapján hatékonynak minősíthető eljárás alkalmazása tehát szintén átgondolt, a szilárdság és anyagtan ismeretében specifikált módon lehetséges.



17. ábra

200 mm vastag hidraulikus réteg húzófeszültségei "mikrorepezítés" esetén

Elválasztás, feszültségelnyelés, aszfalterősítés

Szabályozásaink és az azokat az egyes projektekre alkalmazó „tenderspecifikációk” a fenti szavakat szilárdságtani fogalomként használják.

A reflexiós repedések - az aszfaltrétegekben keletkező repedések – azért jönnek létre, mert a különböző hatások eredőjeként létrejövő húzófeszültség meghaladja az aszfalt húzószilárdságát.

Az „elválasztás” (a hidraulikus kötésű alapréteg és az aszfaltrétegek között értelmezve) nyilvánvalóan azt jelenti, hogy a két réteg különböző hőmozgása nincs korlátozva.

Ez két módon valósulhat meg:

1. a két réteg közötti súrlódás csökkentésével
2. egy olyan közbenső réteg elkészítésével, ami nagymértékű vízszintes alakváltozásokat képes elviselni

Az 1.) alatti megoldásra lényegében nincs esély, anyagaink minimális súrlódási ellenállása is (a ráépített réteg tömegéből eredő súlyerő miatt) is nagyon jelentős súrlódó erőt ad.

A 2.) alatti megoldásnak megfelelő réteg szilárdságtani tulajdonságairól ad becslést Molenaar [CT4860, 2006], ezek szerint az adott alacsony hőmérsékleteken mintegy 50 MPa merevség lenne kívánatos, ami meglehetősen alacsony érték.

A vízszintes alakváltozások (a közbenső rétegben létrejövő „elcsúszás”) bizonyos vastagságot is megkövetel. Megvalósítása tehát nem könnyű, de nem is lehetetlen, véleményem szerint erre a felületi bevonatokhoz hasonlóan elkészített rétegek lehetnek a legalkalmasabbak.

Egy ilyen rétegnek van még egy másik hatása, a hidraulikus rétegben keletkező repedések továbbterjedését az aszfaltrétegekre megakadályozhatja.

A kérdés a hagyományos szilárdságtan kereteit meghaladja, a hazánkban (szakmánkban) lényegében ismeretlen törésmechanika eszközeit kell (kellene) alkalmazni.

Autóink szélvédője jellemzően többrétegű (leginkább háromrétegű) ahol a két szélső, „merev” és „rideg” üveg

között egy azonos optikai tulajdonságokkal rendelkező „lány” ragasztóréteg helyezkedik el. A funkciója egyértelműen a – nagyon helytelen szóhasználattal – „feszültségelnyelés” ami a szimpla szilárdságtanban azt jelenti, hogy jelentős az alakváltozó képessége. Ezáltal az esetleges repedés végpontjában, ahol a teherviselő felület minimális (elvileg akár zérus is lehet) nagyon kis erő hatására is nagyon nagy (elvileg végtelen nagy) feszültség is keletkezhet (ez a repedés „továbbterjedését” jelenti). Egy nagy alakváltozó képességű (de integritását megőrző, „lány” réteg) ezt a „repedésterjedést” képes megakadályozni, mert képes „nagy” teherviselő felületet kialakítani. A jelenlegi gyakorlatunkban elterjedten alkalmazott geoműanyagok valószínűleg nem képesek ezt a repedés továbbterjedést megakadályozni, legalább is nem kevés esetben tapasztaltam, hogy az ép (geoműanyaggal készült réteg) alatt és felett is létrejöttek a repedések. A geoműanyagok használatát egyébként az a vélekedés is segíti, hogy képesek az „aszfalt erősítésére”. Erre vonatkozóan javasolható elolvasni a hivatkozott szakirodalmat. [Almássy, 2010]

5. Összefoglalás

Cikkemben áttekintettem a hazai útalapok tulajdonságai közül azokat, amelyek a közlekedési pályák teherbíró-képességét érdemben befolyásolják. Az áttekintés eredményeként megállapítható, hogy a hazai szabályozás és a gyakorlat kevésbé támaszkodik a szilárdságtan hazánkban is ismert eredményeire, ennek megfelelően pályaszerkezeteink gazdaságossága és viselkedése nincs azon a színvonalon, amelyre gazdasági állapotaink alapján szükség lenne. A szinte teljesen hiányzó kutatási tevékenység pedig a jövő kilátásait is megkérdőjelezi. Cikkemben ezekre a problémákra kívántam jobbító szándékkal a figyelmet felhívni.

6. Irodalomjegyzék

Almássy Kornél Aszfalt pályaszerkezeti rácsok viselkedése PhD. értekezés Budapest, 2010

CT4860 Structural Design of Pavements; Molenaar 2006

de Bondt A. H. Anti – reflective cracking design of (reinforced) asphaltic overlays PhD dissertation; Delft University of Technology, Delft – 1999.

Dr. Nemesdy Ervin: Az új magyar típus – útpályaszerkezetek mechanikai méretezésének háttere Közlekedés és Mélyépítéstudományi szemle 1992/8

Guide for Mechanistic – Empirical Design of new and rehabilitated pavement structures, NCHRP; Illinois 2001

Karoliny Márton: Közlekedési pályák teherbíróképessége. A földmű hatásai. Útügyi Lapok; 2013.

Leutner, Rolf; Wellner, Frohmut; Prognose der Lebensdauer von Asphaltbefestigungen auf der Grundlage struktureller Eigenschaften, Straße + Autobahn 5/2007

M6 autópálya Érd-Dunaújváros, Vizsgálat, kiértékelés és szakvélemény az aszfaltrepedések okainak feltárásához (MAUT munkabizottság, kézirat)

Mechanistic Design of Semi-Rigid Pavements An Incremental Approach Danish Road Institute Report 138/2004

P.-A. von Wolffersdorff: Hypoplastisches Stoffgesetz für granulare Materialien mit einer plastischen Fließbedingung für kritische Zustände, 5. Oktober 1995, Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Fridericiana in Karlsruhe.

Schofield – Wroth, Critical state soil mechanics 1968. McGraw-Hill Publishing Company Limited

Szerzői kollektíva: Útpályaszerkezetek anyagai és építéstechnológiája. Id. Dr. Gáspár László útügyi technológiai továbbképzés jegyzet. Magyar Közút Nonprofit Zrt. Budapest, 2012.

ÚT 2-1.202:2005 Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése

ÚT 2 – 3.207, Útpályaszerkezetek kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú alaprétegei

Adatok

Megjelent itt

2. szám

2013. ősz



Szerző

Karoliny Márton

Okleveles építőmérnök, szakmérnök, mérnök-közgazdász. A MAUT Útpályaszerkezetek szakbizottság elnöke, jelenleg aktív, szakmai tanácsadással foglalkozó nyugdíjas.

Témakörök

Kiemelt • Útépités

Kulcsszavak

hidraulikus réteg húzószilárdsága • hidraulikusan kötött alapréteg • merevség • szemcsés alapréteg

Befogadva

2013. november 26.

Abstract

The loadbearing-capacity of pavement structures as the resistance against the traffic and environmental impacts depends a large extent on the properties of the base layers. In Hungarian practice the actual strength of materials properties are known limited during the design and construction of base layers and other hand because of this lack of knowledge it is not applied properly in real solutions. This paper reviews the effects, which is exercised on the whole pavement structure by the behaviour of base layers, with tools of pavement strength of materials and the actual material properties are taken into account. This article makes proposals to improve the efficiency of applications.

