

Ütügyi Lapok » Víz az útpályaszerkezetben

Kivonat

A víz bejut az útpályaszerkezetbe, a teljes vízzáróság feltételezése megkérdőjelezhető. A probléma teljes körű feltárása érdekében a BME Út és Vasútéptérsítési Tanszék laboratóriuma beszerzett egy – az MSZ EN 12697-19 szabvány követelményeit kielégítő – vizsgálóberendezést, amely segítségével lehetséges a laboratóriumi próbatestek valamint fúrt minták mind függőleges, mind vízszintes irányú vízáteresztő képességének szabványos vizsgálata. Jelen kutatás témája ezen eszköz segítségével, különböző hézagtartalmú próbatesteken illetve fúrt mintákon végzett vizsgálati eredmények bemutatása, amelyek segítségével reményeink szerint közelebb jutunk részletesebb megértéséhez és a szükséges megelőző javaslatok kidolgozásához. Összefüggést kerestünk a hézagtartalom és a vízáteresztő képességi együttható között. Eredményeink alapján elmondható, hogy az útpályaszerkezeti rétegek sok esetben nem vízzáróak, és a hézagtartalom növekedésével az áteresztő képességi együttható exponenciálisan növekszik.

Problémafelvetés

A BME Út és Vasútéptérsítési Tanszék Pályaszerkezeti Laboratóriuma aszfalt burkolatú útpályaszerkezetek laboratóriumi és helyszíni vizsgálatainak elvégzése mellett, gyorsforgalmi útszakaszok felújítás-technológiai szakvéleményeinek kidolgozásával is foglalkozik. A közelmúltban egy gyorsforgalmi út felújításához végeztünk helyszíni vizsgálatokat, mintavételeket és a minták laboratóriumi elemzését, és már a mintavétel során, jellemzően az alap, helyenként az alap és kötőréteg drasztikus és nagy mértékű, szokatlan tönkremenetelével találkoztunk (1. ábra). A későbbiekben bemutatandó mintákat vizsgálva, a károsodott rétegek mállása (a), a rétegek teljes szétválása, a réteghatárok szétmorzsolódása (b), a mintavétel utáni hosszas víztartás, lassú, szakaszos kiszáradás (c), a szemmel látható nagy hézagtartalom (d), mind-mind a pályaszerkezetbe jutó, bennrekedt víz káros hatását és jelenlétét valószínűsítette.

Magminták a gyorsforgalmi út szakaszáról



a)



b)



c)



d)

Számos kutatás és szakirodalom áttanulmányozása és helyszíni megfigyeléseink alapján az alábbi

főbb okokat vázoltuk fel:

- földművel, altalajjal összefüggő tényezők: bevágás és töltés találkozási pontjánál, ill. alacsony töltésen (áltöltés) lévő szakaszon valószínű kapilláris vízmozgás, rossz földmű/töltésanyag,
- kialakítással összefüggő tényezők: az osztott pálya elválasztó sávjába jutó víz, mely nem jut el a vízelvezető rendszerbe, helyette beszivárog a pálya alá (ez különösen ívben fekvő szakaszokban káros, ahol a külső pályára hulló csapadék is az elválasztó sávba folyik), az elválasztó sávban vagy egyéb keresztaszvélvnyi ellenlejtések esetében a pályaszerkezeti rétegek lépcsősen kialakított széleinél a réteghatárba jutó víz,
- vonalvezetéssel összefüggő tényezők: hossz-szélvélvnyi mélypontok, hosszú emelkedők,
- pályaszerkezeti rétegekkel összefüggő tényezők: tömörítetlen rétegek (magas hézagtartalom), rosszul együttdolgozó rétegek, nagy vastagságban épített rétegek (mélység mentén egyenlőtlen tömörség), oldalsó lépcsőzés (elválasztó sávban, ill. ívben a külső oldalon), termikus és tönkremeneteli repedések, tömörítetlen, ellenlejtésű (akár forgalomtól deformálódott) padkában felgyülemelő víz.

Ezen minták alkotta szakaszokon a hiba okait keresve nem találtunk egyértelműen, minden esetben felelőssé tehető körülményt. Az autóúton tapasztalathoz hasonló vízzel kapcsolatos esetekről értesültünk más autópályákon és magyar közúthálózat több elemén is, ahol különféle módszerekkel próbálták mérni és megoldani a problémát. Tudomásunk szerint a víz mozgását vízfestést alkalmazva is vizsgálták, mely során adott furatba valamilyen indikátorral kevert vizet öntve figyelték, hogy a beöntés környezetében megjelenik-e a színezett víz, és ha igen, hol. A hazai és a nemzetközi irodalmak feldolgozása után ismertetjük a kutatásunk célját és az alkalmazott vizsgálatokat. A vízáteresztő képességet k -val jelöljük, és Darcy felszín alatti vizek szivárgására megfogalmazott törvényéből levezetve, m/sec vagy cm/sec mértékegységben értelmezzük. Próbatetek esetében, a vizsgálati módszertanból fakadóan az európai normák és különféle kutatások alapján megkülönböztetünk függőleges és vízszintes irányú áteresztőképességet.

Víz körforgása az útpályaszerkezetben keresztül

Nemzetközi kutatások

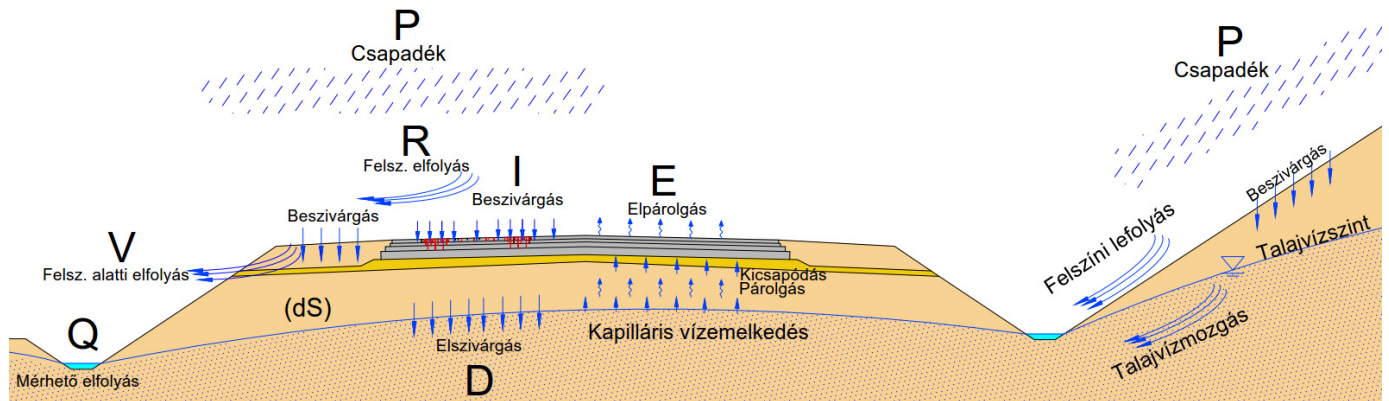
A pályaszerkezet rétegeinek vízáteresztő képességével, a víz bejutásával és a pályaszerkezetben való mozgásával (Morris & Gray, 1976), a víz pályaszerkezet jellemzőire gyakorolt hatásával (Gerke, 1979) például Ausztráliában már az 1970-es évek végén foglalkoztak.

Cedergren a kutatása során közepesen tömörített minták esetében mért 3×10^{-4} m/s vízáteresztő képesség tükrében arra a következtetésre jutott, hogy „a világ legtöbb útja annyira vízáteresztő, hogy több víz jut be a pályaszerkezetbe, mint amennyi az altalajba el tud szivárogni” (Cedergren H R, 1973).

Az alapkutatások mellett ma már a legtöbb publikáció a víz mozgásának illetve a forgalmi terhelés hatásának modellezésével foglalkozik telített és telítetlen állapotokra egyaránt (pl. (Ariza & Bjorn, 2002), (Reid, Crabb, Temporal, & Clark, 2006), (TRL, 2006)).

Az ismert COST kutatások „WATMOVE” projektje nem korlátozódik az aszfaltrétegekre, hanem geotechnikai, vízelvezetési, víz-áramlástan, mérés-technológiai témákkal és a vízzel bemosódó szennyezőkkel is foglalkozik. Emellett a bejutó, bennrekedt víz hatásait a pályaszerkezet teherbírása és teljesítménye oldaláról is vizsgálja, és elemzi a vizes szerkezet modellezési lehetőségeit is (COST 351, 2008). A víz pályaszerkezetbe való jutása azonban nem csak a kötött burkolati rétegeken keresztül történik. A víz körforgását a pályaszerkezeten keresztül a 2. ábra szemlélteti. Jól látható, hogy felszíni és felszín alatti vizek érkezhetnek a pályaszerkezetre, padkára és a földműre.

Vízmozgás a pályaszerkezetben



Dawson konkrét értékek nélkül megfogalmazott, de jól érthető összefoglaló leírása alapján a hidrológiából ismert vízháztartási összefüggésekhez hasonlóan felírható a pályaszerkezet „vízháztartása” is (Dawson A. , 1985). Feltételezve, hogy az alaprétegek víztartalmának változása (D) egy évre vetítve szinte zérus az egyenlet:

$$V=I-ds$$

mivel

$$P-E=R+I$$

és

$$R=Q$$

ezért

$$P-E=Q+V$$

Ahol,

P csapadék,

E párolgás a burkolatról,

R lefolyás a burkolatról,

Q mért lefolyás az út szélén ,

I beszivárgás a burkolaton keresztül,

ds	a földmű víztartalmának változása,
V	a földműből vízszintesen elszivárgó víz,
D	a függőlegesen elszivárgó víz.

A csapadékmennyiség, a lefolyás és az alaprétegből elszivárgó víz ismeretében számítható a párolgás, majd a burkolaton át beszivárgó mennyiség. Dawson leírása jól szemlélteti a vízháztartás legtöbb tényezőjét, azonban a gyakorlatban ezek precíz mérése nem lehetséges, legalábbis nem hatékony.

Ehelyett több módszert fejlesztettek ki a pályaszerkezetbe beszivárogni képes víz mennyiségének közvetlen mérésére. A laboratóriumban végzett vizsgálatokat kiegészítendő az 1970-es évek óta több olyan módszer került kifejlesztésre, amely során terepen, a burkolat lehatárolt felületén időegység alatt átszivárgó víz mennyiségének mérésén alapul (pl. (Ridgeway, 1976), (Cooley, 1999)). Ekkor nemcsak az anyag hézagain, hanem annak repedésein átszivárgó vizet is mérjük, vagyis a mérés közelebb áll a valósághoz, mint a laborvizsgálat esetén.

Egy érdekes új-mexikói MSc diplomamunka szerzője (Ahmad, 2013) az aszfaltréteg hézagait három kategóriára osztva tárgyalja, és három típusú hézagot különböztet meg a kutatásai alapján: zárt (izolált), egyik végén zárt illetve nyílt hézag. A zárt hézag értelemszerűen vízzel és levegővel nem járható. Vizsgálataira és szakirodalmakra alapozva a vízáteresztő képességet jellemezte, és arra a következtetésre jutott, hogy $k < 10^{-6}$ m/s áteresztő képesség alatt az aszfalt vízzáró, és ebben az esetben 5 % alatt van a burkolati hézag. Vízáteresztőnek akkor tekintethető, ha $k > 10^{-4}$ m/s ($v \% > 7$ %).

A nemzetközi vizsgálatok során bemutatásra kerülnek helyszíni és laborvizsgálati eredmények ill. összefüggések. Az áttekintett irodalmak alapján elmondható, hogy a helyszíni méréskor szinte minden esetben nagyobb áteresztőképességet mértek a vizsgálatok során mint laboratóriumi vizsgálatok esetében. De meg kell jegyezni, hogy a helyszíni méréskor a vízszintes és a függőleges áteresztőképességet csak együtt lehet mérni. Az amerikai aszfalttechnológiai kutatóintézet (*National Centre for Asphalt Technology NCAT*) kutatásában a burkolati hézag és a beépített réteg vízáteresztő képessége között állítottak fel összefüggést (Cooley Jr., 2014). A legmeghatározóbbnak a keverék nominális szemcsenagyságának a hatását találták a kutatók ebben a kísérletben. A kutatásban 3 féle réteget vizsgáltak, a vízáteresztő képességi együtthatók rendre a következők voltak: 100×10^{-5} , 120×10^{-5} és 150×10^{-5} m/s. Napjainkra a hazai szakemberek számára is világossá vált, hogy az aszfaltrétegek esetén a teljesen vízzáróság feltételezése nem megalapozott.

Hazai kutatások

Mind az építési hibák, mind az azt követő üzemeltetési és a fenntartási hiányosságok megteremtik a víz bejutásának lehetőségét a pályaszerkezetbe és az így bent rekedt víz a pályaszerkezet gyors tönkremeneteléhez vezet. Az alábbiakban kitérünk néhány ilyen publikációra.

Tárczy László 2011-ben tartott előadásában (*Főmterv Mesteriskola*) remekül összefoglalta a víz

előfordulását a pályaszerkezetben és a drénezés lehetőségeit ill. hatásait. A víz mindenhol jelen van a pálya környezetében, a rézsűn, a földműben, a burkolt felületen és a padkában is. A fagy és olvadási károk elkerülése érdekében a víz bejutását a pályaszerkezetbe és földműbe meg kell akadályozni, illetve a bejutó vizek kivezetését meg kell oldani. Egy jól drénezett pályaszerkezet, ha a védőréteg megfelelő oldaleséssel van kialakítva, megfelelően szilárd földművet eredményez, melynek teherbírása az élettartama alatt megfelelő, legalább $E_2 \geq 40 \text{ N/mm}^2$. Tárczy kihangsúlyozta, hogy azzal „*az illúzióval, hogy a kopóréteg és a pályaszerkezet víztaszító, vízzáró le kell számolni! A pályaszerkezet belső víztelenítése alapvetően különbözik a felszíni víztelenítéstől*”. Tapasztalatai és a kutatások alapján a hajlékony pályaszerkezetek sebezhetőbbek e tekintetben, a makadám alapúak pedig végképp. Talajok vízáteresztő képességére egyébként Tárczy az alábbi értékeket adta meg: vízszállító a talaj, ha vízáteresztő-képességei együtthatója $k > 5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$, és vízzáró a talaj, ha vízáteresztő-képességei együtthatója $k < 5 \times 10^{-11} \text{ m/s}$.

A hazai pályaszerkezetek a klíma és talajelőfordulások alapján, néhány sajátos kivételtől eltekintve, igénylik a pályaszerkezet víztelenítését. Az üzemeltetés hiányosságai, keletkező mikrorepedések, ezek elfajulása, eltérő hővezető képességű anyagok érintkezési felületei kritikusak a víz bejutása szempontjából.

Egy hazai gyorsforgalmi utak hibafeltárásait bemutató cikkben (Ambrus, és mtsai., 2009) több esetben találtak olyan korai hibákat, amelyek a víz jelenlétével, javarészt vízfeltöréssel, vízszivárgással hozhatók kapcsolatba. A szerzők itt felhívták a figyelmet az áltöltéseken vezetett útszakaszok vizesedési problémáira és a víz kapilláris úton való felfelé szivárgására.

Mint az a későbbiekben bemutatásra kerül, a vízáteresztő képesség alakulása nagymértékben függ a hézagtartalomtól, melyre nemzetközi és hazai dokumentációkban egyaránt találunk utalásokat. Ilyen az egyes aszfaltkeverékek esetén előírt maximális hézagtartalom, mely elviekben biztosítja, hogy nem alakulnak ki olyan összefüggő hézagrendszerek az aszfaltrétegben, amelyekbe a víz bejutva és megfagyva kárt okozhat (e-UT 05.02.10 (ÚT 2-3.301) „*Útépítési aszfaltkeverékek*” előírás-csoport és az e-UT 06.03.21 (ÚT 2-3.302) „*Út-pályaszerkezeti aszfaltrétegek. Építési feltételek és minőségi követelmények*”, előírás). Az SMA 11 kopó keverékek esetében például az e-UT 05.02.13 (ÚT 2-3.301-5) „*Útépítési aszfaltkeverékek. Zúzalékvázas masztixaszfalt (SMA)*” a tervezhető hézagtartalmat 2,0-4,5% között engedi meg, utalva a szemeloszlásból eredő vízáteresztő képességbeli veszélyre is. Habár az előírás nem tartalmaz vízáteresztőképesség-vizsgálatot, például egy koncessziós autópálya esetében ezt előírják, és a megrendelő határértéket is megfogalmaz rá, mely legfeljebb $0,1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ lehet, vagyis vízzárónak kell lennie.

Kutatási terv

A probléma felderítése érdekében a BME Út és Vasútépítési Tanszék egy, az MSZ EN 12697-19 „*Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverék vizsgálati módszerei. 19. rész: A próbatest vízáteresztő képessége*” követelményeit kielégítő berendezés beszerzése mellett döntött. A berendezéssel, melyet a 3.1 alfejezetben részletesen bemutatunk, pályaszerkezetből fúrt minták és laboratóriumban előállított 100 és 150 mm átmérőjű próbatestek függőleges és vízszintes vízáteresztő képességének

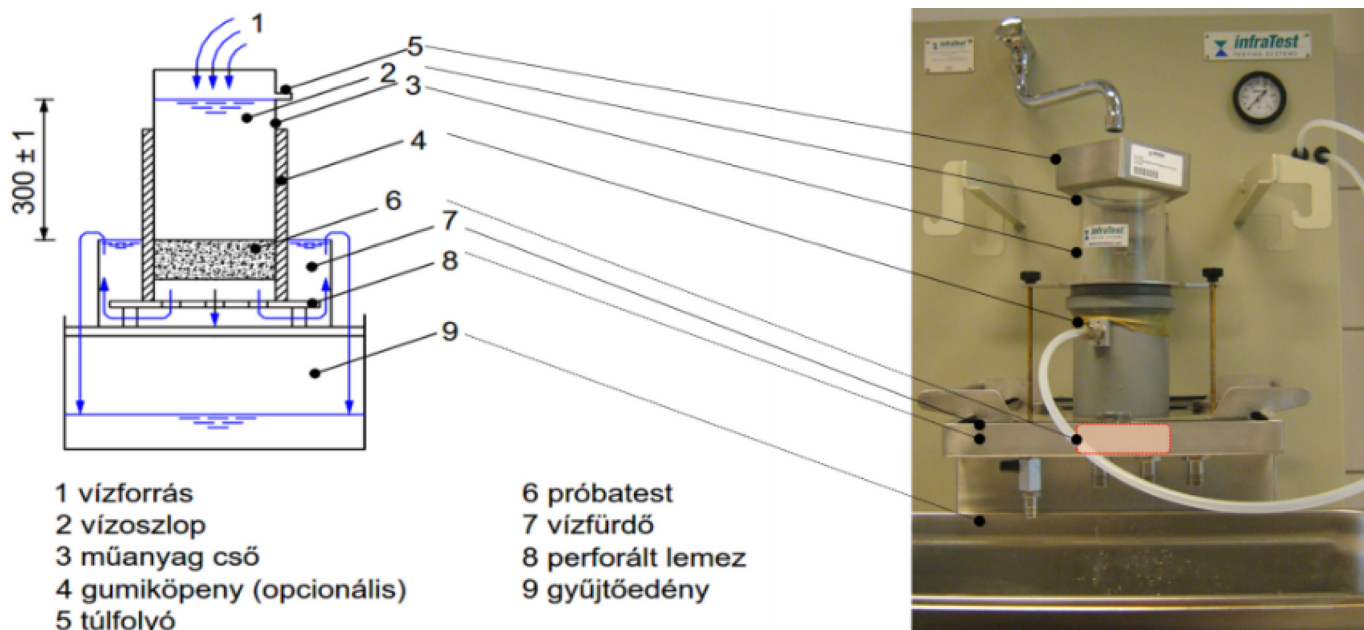
vizsgálata végezhető el.

A berendezéssel vizsgáltuk az említett fűrt mintákat, ám a legtöbb esetben a minták már az előkészítés közben szétestek, szétmorzsolódtak, vizsgálhatatlanná váltak. Így a minták mellett nagyszámú, különböző hézagtartalomra gyártott Marshall és Gyrator próbatesteket vizsgáltunk, a kapott összefüggéseket tekintve pedig itthon is járatos aszfaltkeverékek esetében a nemzetközi kutatásokhoz hasonló eredményekre jutottunk. Jelen cikkben a fűrt minták és az SMA 11 kopó (mF) aszfaltkeverékből készült Marshall próbatestek vízáteresztő képességét mutatjuk be.

A vizsgálóberendezés

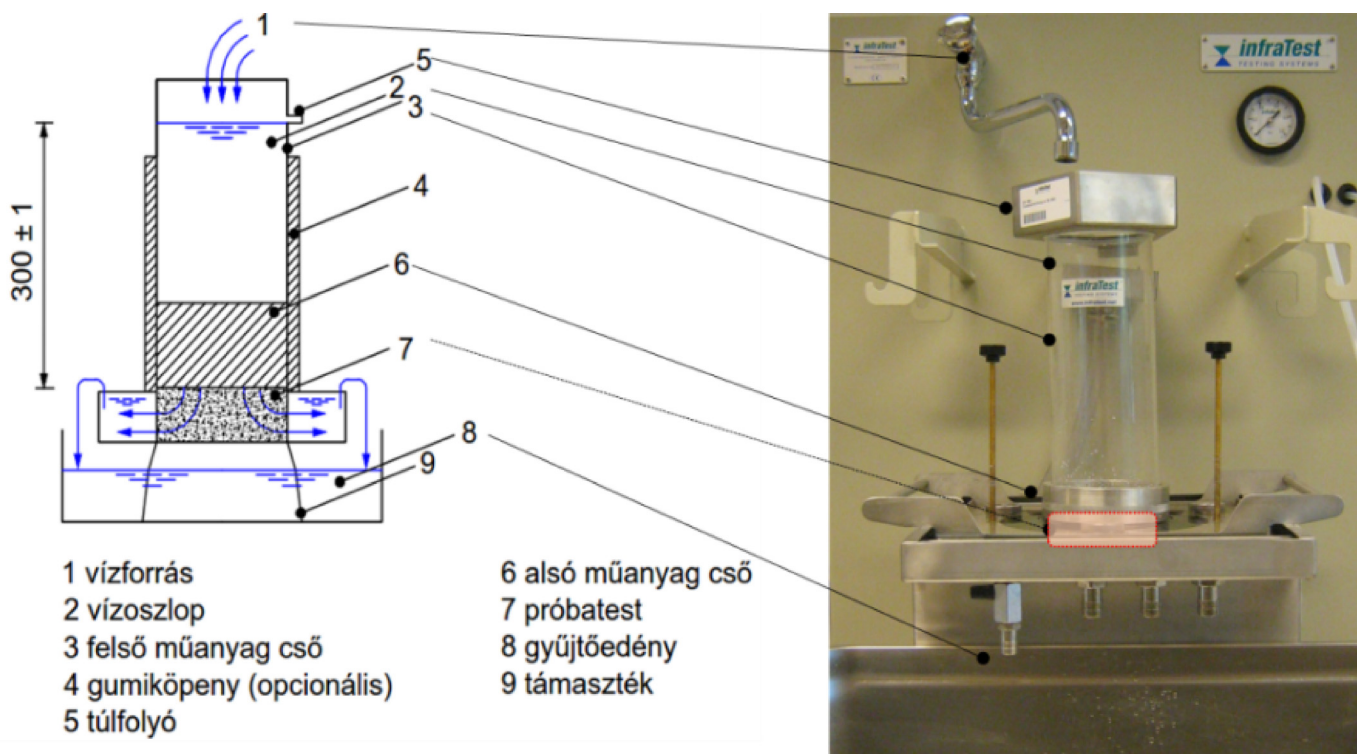
A berendezés az MSZ EN 1269-19:2012 szabvány szerinti állandó magasságú vízoszloppal terhelt próbatest vizsgálatára alkalmas. A készülékben egy hengeres próbatesten 10 perc légtelenítés után a legalább egy perc időtartam alatt átfolyó vizet mérjük. Az átfolyt víz tömegéből és a minta méreteiből a K_v és K_h (vertikális/függőleges és horizontális/vízszintes) áteresztő képességi értéket határozzuk meg (3. ábra és 4. ábra). A mérés előtt a mintát légteleníteni kell, mert a hézagok vízzel való telítődése során az áteresztő képesség változik, és csak a telítés után áll be állandó szintre. Jelen kutatásban lehetőségünk volt mindegyik típusú mintából vizsgálatokat végrehajtani.

A vizsgáló berendezés – függőleges vízáteresztő képesség mérése



A berendezés részletes felépítését jelen cikkben nem részletezzük, viszont a mérés szempontjából fontos lépéseket a két vizsgálati típusnál bemutatjuk. A vizsgálati eredmény három mérés átlagaként adódik. A vízhozam és a vízáteresztő képesség képleteit és elemeit jelen cikkben a terjedelemből való tekintettel nem közöljük, az alkalmazott képletek és rövidítések a szabványban használtakkal megegyeznek.

A vizsgáló berendezés – vízszintes vízáteresztő képesség mérése



Az átfolyó víz tömege és mérés időtartama adja a vízhozamot. Jelen kutatásban a víz hőmérsékletével korrigáltuk a víz tömegéből származtatott térfogatot, amelyet a szabvány nem ír elő, viszont a 4.3.3. bekezdésben kiemeli, hogy a méréseket 15°C és 25°C közötti tartományban, környezeti hőmérsékleten kell végrehajtani. A hőmérséklet adatait folyamatosan rögzítettük: a levegő hőmérséklete 23-24°C, a készülékbe befolyó új víz hőmérséklete 24-25°C, míg a túlfolyó tartályban 23-24°C-os hőmérsékletet mértünk.

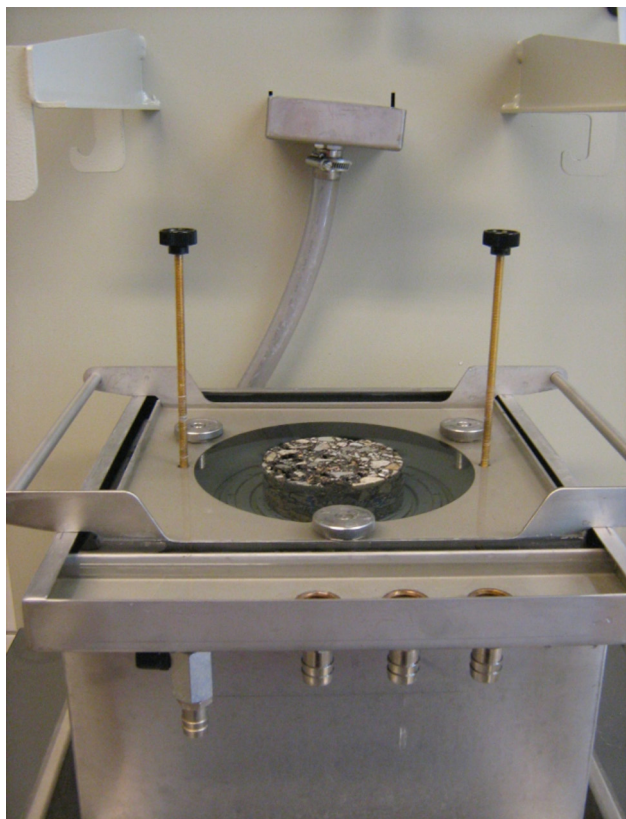
A lemért vízhozam segítségével a hidraulikából ismert *Darcy-törvény* segítségével az áteresztő képességi együttható (m/s) meghatározható. A minta minimális magasságát mindkét esetben szabvány írja elő (összefüggő hézagok kialakulásának a valószínűsége miatt). A próbatest vastagsága az átmérő 25%-ánál és a keverék névleges legnagyobb szemnagyságának kétszeresénél legyen nagyobb, pl. D=150mm átmérő esetén $h_{\min}=38\text{mm}$, vagy AC22 anyagnál $h_{\min}=44\text{mm}$, ahol h a próbatest vastagsága. Mindkét mérésnél a szabvány előírja a 300 mm magas állandó vízoszlop tartását, amelyet a feltét felső részén található lemezből kialakított acél túlfolyó biztosít.

Függőleges vízáteresztő képesség mérés és tapasztalatok

A függőleges vízáteresztő képesség menete a próbatest speciális előkészítését nem igényli. A mintát egy perforált lemezre vízszintben el kell helyezni, és egy gumiköpennyel bevont műanyag csövet rá kell helyezni. Ebbe kell elhelyezni 300 mm magas feltétet, melyet a gumiköpeny szabvány szerinti 50 kPa nyomás alá helyezésével szorítunk rá a palástra. Erre azért van szükség, hogy a víz ne a próbatest palástja mellett, hanem annak felső síkján keresztül tudjon csak a hézagokba befolyni. A nyomás nagyságának kulcsfontossága van, sima felületű fúrt mintánál kevésbé releváns, de egy nagyobb hézagtartalmú próbatestnél akár 50 kPa-nál nagyobb nyomásra is szükség lehet (Austroads, 2006).

A függőleges vízáteresztés méréseinek legfontosabb lépései a) a minta elhelyezése, a próbatest

felső síkjának vízszintbe állítása, b) gumiköpeny és feltét felhelyezése, és nyomás alá helyezése



A nyomás alá helyezés után a feltétet feltöltjük vízzel, és az említett légtelenítés után mérjük az átfolyt víz tömegét.

Vízszintes vízáteresztő képesség mérés és tapasztalatok

A vízszintes áteresztő képesség mérése során a próbatest felső síkján keresztül jut be a víz, és csak a palástján keresztül engedjük távozni. A próbatest alsó síkját a vízzárósága érdekében ezért paraffin réteggel vontuk be (6. ábra, a). A felső síkjára feltétet tartó gyűrűt szilikon tömítőanyaggal rögzítettük. A tömítőanyag száradási és kötési ideje után a minta a vizsgáló berendezésbe helyezhető volt. A 300 mm magas vízoszlopot a vízszintes áteresztő képesség méréshez tartozó rozsdamentes acél feltét biztosítja (6. ábra, b).

A vízszintes vízáteresztés mérésének előkészítése a) fúrt minta alsó síkjának paraffinnal történő bevonása b) vizsgáló feltét gyűrűjének rögzítése szilikon tömítőanyaggal és a vizsgáló berendezésbe helyezése száradás után



A vizsgálat során a gyűrűbe helyezük a vizsgáló feltétet, és vízzel töltjük fel a hengert, és a korábban említett légtelenítési szakasz után, a túlfolyó víz mennyiségét legalább egy percig mérjük. A vízszintes áteresztő képesség esetén a paláston található nagyobb hézagok a mérést nem befolyásolják, mint a függőleges áteresztő képesség esetében.

Vizsgálati koncepció

Ismeretes, hogy a vonatkozó ÚME előírások az egyes pályaszerkezeti rétegekre szemnagyság alapján legkisebb és legnagyobb tervezhető hézagtartalmat írnak elő. Összefoglalva, a pályaszerkezet SMA 11 rétegének hézagtartalmait az 1. táblázat szerint alakulhatnak.

Az SMA 11 pályaszerkezetben
lehetséges előírás szerint a
hézagtartalmak

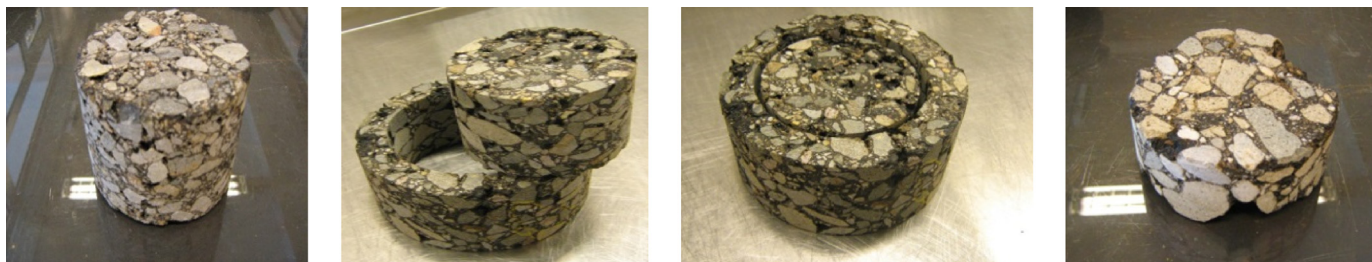
Réteg	KOPÓ
$D_{\max}$ (mm)	11
$V_{\min}$	2,0%
$V_{\max}$, terv.	4,5%
Tűrés	+3,0%
Selejt	+2,0%
V_s	9,5%

A beépített rétegekre vonatkozó az e-UT 06.03.21 (ÚT 2-3.302) „Út-pályaszerkezeti aszfaltrétegek. Építési feltételek és minőségi követelmények” a tervezett hézagtartalomhoz képest 3 tf% tűrést enged meg, illetve további 2 tf%-ot a tűrésen felül, amely esetén már értékcsökkentett kategóriájú az aszfaltréteg. Ezen felül a réteg már selejtnak minősül, és a megrendelő nem veszi át, illetve elbontatja.

Fúrt minták vízáteresztő képességének meghatározása – kötő és alaprétegek

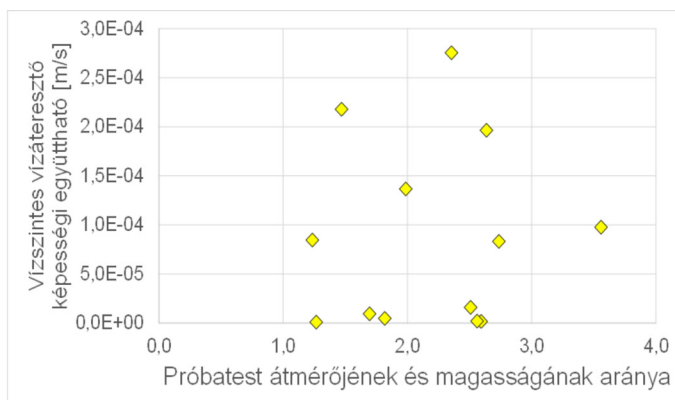
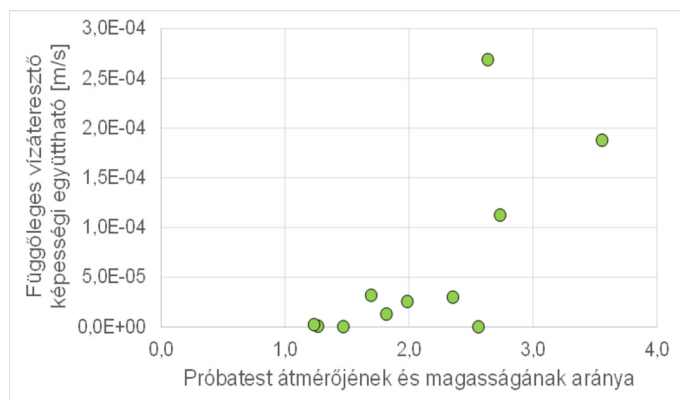
Kísérleteinket két részre bonthatjuk. Jelen cikkben bemutatjuk a gyorsforgalmi út magmintáinak (7. ábra) és egy SMA 11 alapkeverékből készített különböző hézagtartalmú Marshall próbatestek függőleges és vízszintes vízáteresztő képességének vizsgálatát. A fúrt mintáknál az alaprétegek esetében a minták állapota miatt legtöbbször nem sikerült elvégezni, a kötőrétegek esetén viszont legtöbbször igen.

Vizsgált próbatest fajták, fúrt minták



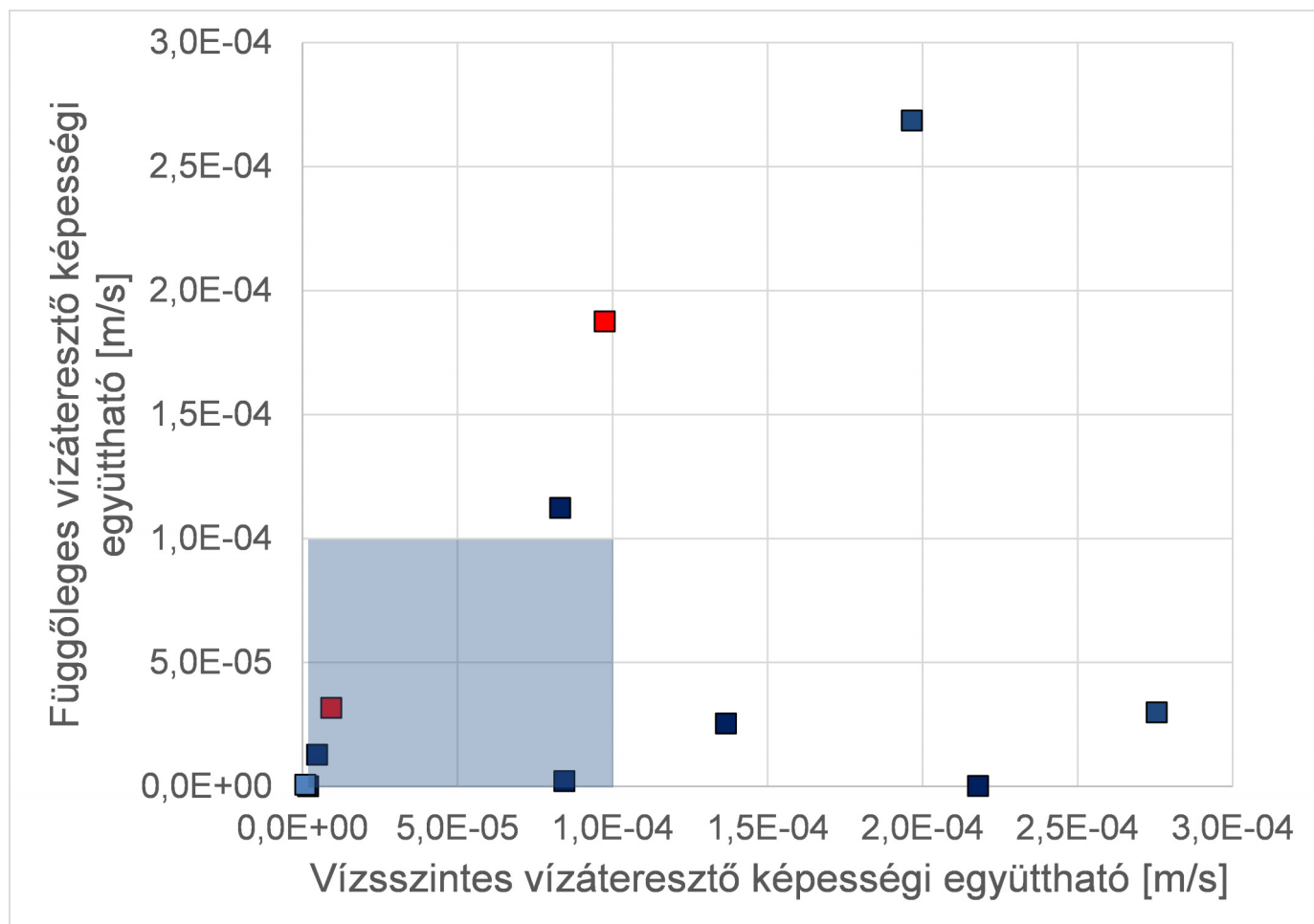
A nemzetközi szakirodalomban megtaláljuk a különböző hézagtartalmak függvényében vizsgált az áteresztő képességi együtthatók értékeit, melyekben összefüggést is keresnek a legnagyobb szemnagyság (vagy nominális szemnagyság) valamint a vizsgált minta magassága ill. átmérőjének aránya között. Jelen cikkben arra kerestük a választ, hogy a függőleges és a vízszintes áteresztő képesség hogyan alakul a próbatest átmérőjének és a magasságának hányadosa arányában. Az eredményeket a 8. ábrán mutatjuk be. Arra a megállapításra jutottunk, hogy a függőleges vízáteresztő képességi együttható növekszik a próbatest átmérőjének és a magasságának hányadosának függvényében, míg a vízszintes áteresztő képességre ez nem igaz (a fúrt minták átmérői átlagosan 146 és 153 mm közöttiek). Az eredmények alapján elmondhatjuk, hogy minél alacsonyabb egy próbatest magassága, annál nagyobb valószínűséggel alakul ki könnyebben átjárható hézagrendszer a víz számára.

Fúrt minták függőleges és vízszintes áteresztő képességi együttható nagysága a próbatest magasságának és átmérőjének arányában



A fúrt mintákon elvégzett vízáteresztő képesség vizsgálatok eredményeit a 9. ábrán foglaljuk össze. Az irodalmi adatok alapján 1×10^{-4} m/s áteresztő képességi együttható felett a réteget vízáteresztőnek tekintjük. A réteg 10^{-6} m/s és 10^{-4} m/s közötti együtthatóval gyengén vízáteresztőnek tekinthető.

Fúrt minták függőleges és vízszintes áteresztő képességi együtthatója



A fúrt mintákon elvégzett vizsgálatok azt mutatják, hogy a vízszintes vízáteresztő képesség szinte mindegyik esetben kisebb, mint a függőleges. A tapasztalat az volt, hogy azokon a helyszíneken, ahol a 2. és 3. réteg elvált, vagy a 3. réteg beszakadt, sok esetben ennek ellenkezője volt megfigyelhető. Több, mint 15 mintán végeztük el a vizsgálatokat és az eredmények azt mutatták, hogy a kötőréteg esetében a függőleges vízáteresztő képesség $2,7 \times 10^{-4}$ és 8×10^{-7} m/s között van. A vízszintes áteresztő képességnél kötőréteg esetében a legnagyobb érték $1,4 \times 10^{-6}$ m/s, legkisebb $1,4 \times 10^{-8}$ m/s és 1×10^{-6} m/s között volt. További adatok hiányában a vízszintes és függőleges értékek átlagát tekintve a vizsgált alap- és kötőrétegek lényegében vízzárónak tekinthetők. További vizsgálatokat nem végeztünk a fúrt mintákon, mert sok esetben a minták alaprétege kivehetetlen volt vagy az előkészítés során károsodott. A mérési eredmények a burkolati hézag különbségeinek összefüggésére nem adtak választ, nem teljes mértékben reprezentálták a valódi burkolati réteg vízáteresztő képességét. Ezután laboratóriumban gyártott próbatestjeinket vizsgáltuk. A vizsgált keverék összetételét és a minták hézagtartalmait a 4.2 fejezetben tárgyaljuk.

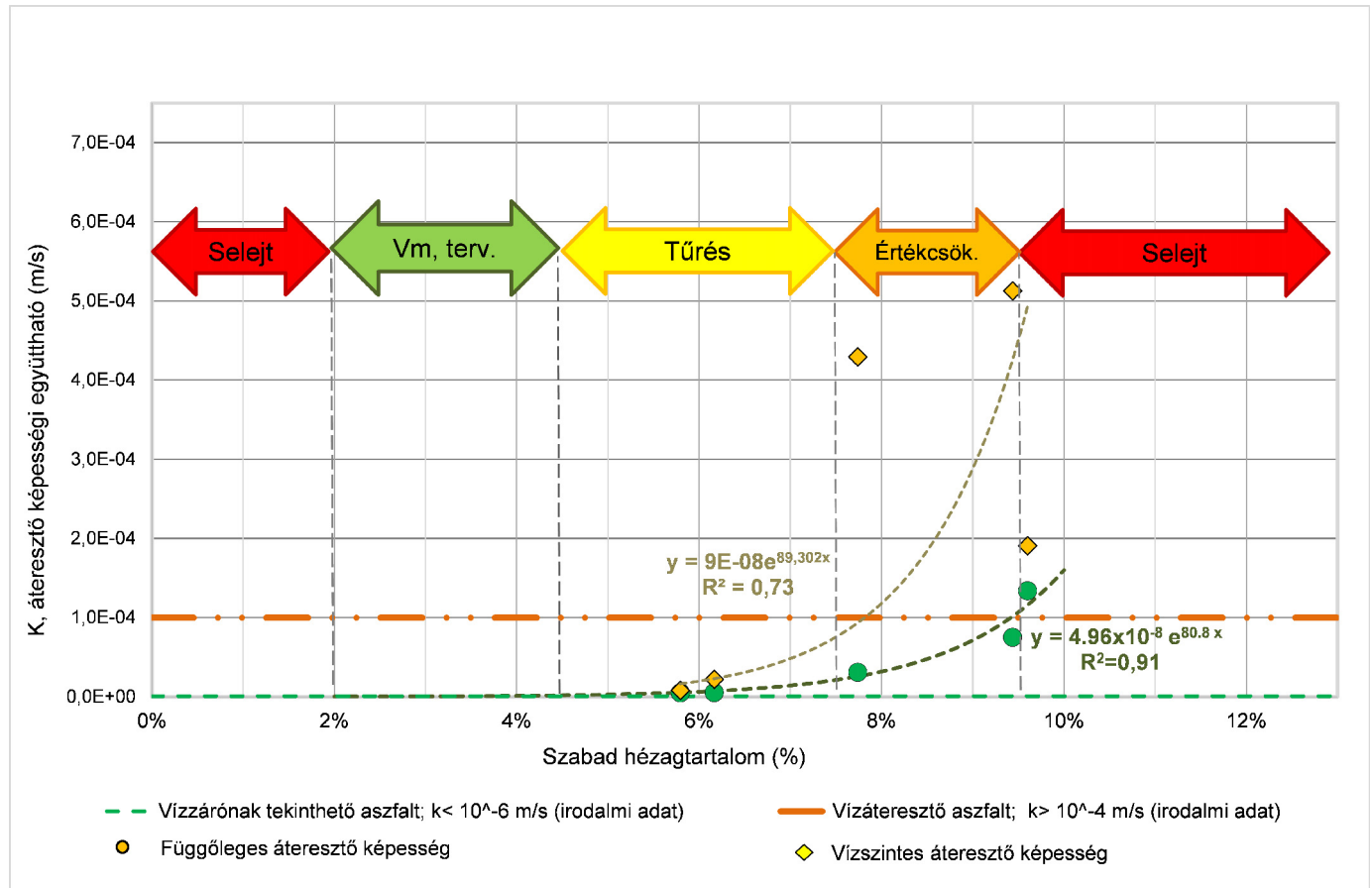
SMA 11 kopó ömlesztett aszfaltból készített Marshall próbatestek vízáteresztő képességének meghatározása

Laboratóriumunkban 2×10 -15-25-35 ill. 50 ütéssel 5 különböző tömörségű Marshall próbatestet készítettünk 2015. nyarán SMA 11 kopó (mF) 25/55-65 keverékből. Az így kialakult hézagtartalmak rendre a következők: 9,6%, 9,4%, 7,7%, 6,2%, 5,8%.

A 2×10 ütéses próbatest hézagtartalom 9,6% volt, és 26-szor nagyobb függőleges áteresztő képességet mértünk, mint a 2×50 ütéses 5,8 %-os szabad hézagtartalmú mintán. A keverék

hézagmentes testsűrűsége $Sa_0=2,416 \text{ g/cm}^3$, marshall sűrűsége $Sa_m=2,292 \text{ g/cm}^3$. A 10. ábrán a függőleges és a vízszintes áteresztő képességi együtthatókat a hézagtartalom függvényében mutatjuk be, melyen feltüntettük a korábban említett hézagtartalom kategóriákat. Látható, hogy a hézagtartalom növekedésével jelentősen (exponenciálisan) növekszik a vízáteresztő képesség.

SMA 11 kopóréteg függőleges vízáteresztő képességi együtthatója különböző hézagtartalmak esetén



Teljesen vízzárónak az irodalmi adatok alapján $k < 10^{-6} \text{ m/s}$ áteresztő képességi együtthatójú rétegeket tekinthetünk. Ezek alapján a vizsgált SMA 11 kopórétegeknél a tűrés tartományba eső két minta függőleges értelemben vízzárónak tekinthető, viszont vízszintes áteresztő képességre csak a legkisebb, 5,8%-os hézagtartalmú minta bizonyult vízzárónak. A 6,2%-os hézagtartalmú próbatest már gyengén vízáteresztőnek minősíthető ($10^{-6} > k > 10^{-4}$).

A hézagtartalom tűrés tartománya 4,5-7,5% között van. Az értékcökkent tartományban vízszintes értelemben vízáteresztőnek minősíthetjük az aszfalt próbatesteket, míg függőleges áteresztő képességre gyengén áteresztőnek tekinthetők az irodalmi adatok alapján.

Eredmények és további kutatás

Következtetések

Méréseinkkel igazoltuk a vizsgált fűrt minták alap és kötőrétegeiben is a vízmozgást. Több esetben a kötőréteg vízáteresztő képessége nagyobb volt, mint az alaprétegé, amely a víz könnyebb bejutását támasztja alá az alsóbb rétegekbe, ill. lehetővé teszi a víz réteghatáron való megrekedését. Hazai vizsgálatokkal igazoltuk, hogy a hézagtartalom növekedésével a függőleges áteresztő képességi együttható exponenciálisan növekszik. A vizsgált laboratóriumi keverék esetében azt figyeltük meg,

hogy az SMA 11 kopó mintákon a burkolati hézag értékcsökkentett tartománya lehet vízáteresztő, mely elméletben a megrendelő elfogadhat, azaz bennmaradhat a pályaszerkezetben. A túrést kissé meghaladó burkolati hézagok esetén tehát a vízáteresztő képesség vizsgálata mindenképpen indokolt.

További kutatás

További kutatásaink során részletesebben tervezzük elemezni a víz kapilláris úton való emelkedését kötött pályaszerkezeti rétegekben. Jelen kutatásban 72 órás időtartam után mért emelkedés mértéke 2,5-4 cm között van (11. ábra).

Fúrt mintákon végzett kapilláris emelkedés kísérleti vizsgálata



F3 72 óra után
(2,5 -3 cm között)



H7 72 óra után
(4 cm)



K5 72 óra után
(3 cm között)



G2 72 óra után
(3,5 -4 cm között)



F7 72 óra után
(2,5 -3 cm között)



F2 72 óra után
(2,5 cm)

A teljes pályaszerkezet vízáteresztő képességének meghatározáshoz elengedhetetlen, hogy megfelelő mennyiségű mintán és rétegen végezzük el a kapilláris vízemelkedés vizsgálatát és a vízáteresztő képesség mérését.

Felmerül a kérdés, hogy pontosan mi játszódik le abban az esetben, amikor két tömörebb réteg közé jut be a víz, és mivel csak a réteghatáron, lassan képes elszivárogni, tovább tartózkodik a pályaszerkezetben. Érdekes kérdés, hogy mi játszódik le ebben az esetben a forgalmi terhelés hatására. Hasonlóképpen elemezni kellene azt is, amikor nem a gyengébb réteghatáron, hanem egy tömörítetlen rétegben szivárog a víz.

További kutatásunkban drénaszfaltok vízáteresztő képességével foglalkozunk. Egyelőre megválaszolatlan a kérdés, hogy a Hollandiában, Egyesült Államokban vagy Németországban alkalmazott porózus aszfalt új réteg tervezésénél hazánkban miért nem kerül szóba.

A kutatás következő fázisaiban a szemcseméret és a szemcsék kötőanyaggal való bevontságának hatását vizsgáljuk a vízáteresztő képességre. Olyan pályaszerkezeti összeállításokat is elemzünk, amelyekben a réteghatárok és az egyes rétegek tömörségének variációjával a víz útját kíséreljük meg leírni. Jelen kutatás sem tekinthető befejezettnek: a vizsgált minták számának növelésével statisztikailag megbízható adatsorokhoz kell jutnunk.

Hivatkozások

Ahmad, M. (2013). *Permeability and moisture damage [characteristics](#)*



of asphalt pavements (MSc diploma). USA, New Mexico: The University of New Mexico.

Ambrus, K., Galuska, J., Gáspár, L., Keleti, I., Pallós, I., & Török, K. (2009). *Aszfaltburkolatú autópályák minőségbiztosítási rendszeréhez történő hozzájárulás*. Budapest: Közlekedésépítési Szemle 59. évf. 7. sz.

Ariza, P., & Bjorn, B. (2002). [*Evaluation*](#)



of Water Flow Through Pavement Systems. NCHRP.

Cedergren H R, A. J. (1973). *Development of guidelines for the design of subsurface drainage systems for highway pavement structural sections*. USA, Washington: Final report to the Federal Highway [Administration](#)



. Department of Transportation.

Cooley Jr., B. &. (2014). *NCAT report 01-03 - Developing Critical Field Permeability and Pavement Density Values for Coarse-Graded Superpave Pavements*. DOI: <http://dx.doi.org/10.3141/1761-06>: Journal of the Transportation Research Board.

Cooley, L. (1999). *Permeability of Superpave Mixtures: Evaluation of Field Permeameters*. Auburn University: National Centre for Asphalt Technology.

COST 351. (2008). *Water in Road Structures. Movement, Drainage and Effects*. Nottingham: Springer.

Dawson, A. (1985). *Water movement in road pavements*. University of Nottingham: Proceedings of the Second Symposium on Unbound Aggregates in Roads, pp. 7-12.

Gerke, R. (1979). *Subsurface drainage: Progress report*. Australian Road Research Board: Internal Report AIR 317-1.

Morris, P., & Gray, W. (1976). *Moisture conditions under roads in the Australian environment*. Australian Road Research Board: Research Report ARR No. 69.

Reid, J., Crabb, G., Temporal, J., & Clark, M. (2006). *A study of water movement in road pavements*. London: TRL.

Ridgeway, H. (1976). *Infiltration of Water Through the Pavement Surface*. Washington: Transportation Research Record .

TRL. (2006). *The Movement of Water in Roads*. London.