

V. BUDAPESTI
ÚTÜGYI KONFERENCIA

3.

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET

BUDAPEST,
1982. október 26–28.

LABORATÓRIUMI ELJÁRÁS AZ ÚTBETONOK FAGY-OLVASZTÓSÓ ÁLLÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATÁRA

KAUSAY TIBOR

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Bevezetés

Monolit és előregyártott betonpályáinkat nemcsak a téli fagyhatás, hanem a járható felületet biztosító jég- és hóolvasztószerek betonburkolatba beszivárgó oldatai is károsítják. A beton károsodás okai fizikaiak és kémiaiak lehetnek. A fizikai hatás fokozott hidraulikus, ozmózis, és kristályképződési nyomásban, hőfeszültségben jelentkezik, a kémiai hatás növekvő térfogatú reakciótermékek képződésének, könnyen oldódó kalcium-vegyületek keletkezésének következménye, ami a betont repesztí, porozitását növeli, a cementkő szerkezetét rombolja.

Olvasztószerként általában szervesetlen sókat, így elsősorban gazdaságossága miatt főként nátrium-kloridot, továbbá magnézium-kloridot és kalcium-kloridot használnak, amelyek közül az első a betont csak fizikailag, az utóbbi kettő kémiaileg is igénybe veszi, de az előregyártott elemek betonacéljaira nézve valamennyi veszélyes. Irodalmi adatok szerint a betont legjobban a nátrium-klorid, legkevésbé a magnézium-klorid támadja. Ezért a repülőtéren betonpályák felületolvasztását - a nagyértékű repülőgépek védelmében szervesanyagokkal, például alkoholokkal, mint az izopropil-alkohol és glikol keveréke, vagy a glicerin, továbbá az ugyancsak szerves karbamiddal, vagy a glikol és karbamid keverékével oldják meg. A szervesanyagok a járműveket nem, de a betont fizikailag és kémiaileg is károsítják.

Az olvasztószerek hatékonysága különböző. A karbamid fagypontra körüli hőmérsékleten, a nátrium-klorid ennél alacsonyabb hőmérsékleten és gyors olvasztás szükségessége esetén használható gazdaságosan.

Budapesten az utak többségének téli sózását nátrium-klorid, homok és fűrészpor keverékével végzik, amelyhez tárolás közbeni tapadás gátlóként a nátrium-kloridra vett 0,005 tömeg% sárgavérlúgsót kevernek. A keverék mintegy 50 tömeg% nátrium-klorid, 40 tömeg% homok és 10 tömeg% fűrészpornak felel meg. A nátrium-kloridot „ipari só”, vagy „párolt tengeri só” minőségben szerzik be. A nátrium-klorid keverék kezelhetőségének hátránya, hogy a havat teljesen elolvasztani nem tudja, homokos-kását képez, amit össze kell tolni és el kell szállítani.

A Budapesten kisebb mennyiségben használt magnézium-klorid oldatot locsolóautóból folyékony állapotban permetezik az útra. Alkalmazásának előnye, hogy homokszennyeződést nem okoz, hatására a hó teljesen elolvad, könnyen elfolyik a csatornába, a gépjárművek alvázat a nátrium-kloridnál kevésbé veszi igénybe, az út menti növényzetet annál jobban kíméli. A locsolóautó vas alkatrészeit gyakorlatilag nem, csak az alumínium alkatrészeket támadja. A magnézium-klorid oldatot Budapesten elsősorban a reprezentatív utak és terek jég- és hótanítására használják. Szélesebb körű elterjedése azért nem várható, mert folyamatos beszerzése és tárolása tartályokat igényel, amelyek építése és fenntartása rendkívül költséges.

A kiszórt olvasztósónak az aszfaltok mellett csak csekély hányada jut a betonburkolatokra, a fentiek mégis jól mutatják azokat a viszonyokat, amelyek indokolják, hogy elsősorban a nátrium-klorid okozta betonkorrózióval és vizsgálatával kell foglalkoznunk.

Az olvasztósók károsító hatása ellen tömör beton, vagy légpórusos beton készítésével védekezhetünk. Fokozhatjuk a beton ellenállóképességét hatásos építkezési technológia alkalmazásával, a beton alkotó-anyagainak és összetételének célszerű megválasztásával, felületi bevonatok készítésével. Az anyagtanai törekvések eredményességét az útburkolat

tervezése és kivitelezése stádiumában egyaránt szükséges laboratóriumi kísérletekkel ellenőrizni.

A vizsgálati eljárás

Hazánkban nincs – de például az NSZK-ban sincs – az útbetonok olvasztósó-állóság vizsgálatára szabvány, bár ilyen vizsgálatok a különböző kutatóhelyeken már történtek. Idősebb, hogy Magyarországon egységes és olyan vizsgálati módszer kerüljön kidolgozásra és bevezetésre, amely nemcsak a nemzetközi szokásokhoz, hanem a hazai útfenntartási szempontokhoz és laboratóriumi lehetőségekhez is igazodik.

Elfogadott európai gyakorlatot tükröz az SNV 640461 svájci útbeton szabvány annak ellenére, hogy kimondja: az olyan különleges szerkezetek, mint a hídburkolatok, repülőtéri pályák, előregyártott pályaelemek, feszített burkolatok nem képezik tárgyát. A szabvány a megszilárdult beton fagy-olvasztósó-állóságának vizsgálatára a *Dobrolubov-Romer* eljárást ajánlja azzal, hogy ha ennek keretében a betonstruktúra morfológiai és mikroszkópi vizsgálatával kiegészített pórusanalízis nem ad egyértelmű eredményt, akkor sóoldatban való fagyasztási és olvasztási ciklusok alkalmazásával közvetlen vizsgálatot kell végezni.

A *Dobrolubov-Romer*-féle közvetlen vizsgálatot hazai bevezetésre alkalmasnak tartjuk, ehhez azonban a módszert értelmezni kell.

A módszer a 28 napos, vagy idősebb betonok vizsgálatára szolgál. A vizsgálatához 30x30x60 mm méretű próbatesteket alkalmaznak és azokat 14 napon át tartó 400 ciklusos fagyasztásnak vetik alá. A ciklusok -20 °C hőmérsékletű fagyasztó hatású sóoldatfürdő és +20 °C hőmérsékletű olvasztó hatású vízfürdő váltakoztatásából állnak. Sóoldatként 33 °C Baumé fokos = 1,29 g/cm³ sűrűségű kalcium-klorid, vagy 22 ° Baumé fokos = 1,18 g/cm³ sűrűségű nátrium-klorid oldatot használnak. Az ilyen sűrűségű nátrium-klorid oldat 1 literjében 280 g nátrium-klorid található és az oldat töménysége 23,8 tömeg%. A vizsgálat előtt 5 napon át, illetve a tömegállandóság beálltáig vízben tárolják a próbatesteket. Egy fagyasztási ciklus ideje 12 perc, egy olvasztási ciklusé 6 perc, ami a teljes lehülésnek 40 °C x 1,5 cm / 112 perc = 5 °C x cm/perc lineáris hőmennyiség változási tényező mellett, a teljes felmelegedésnek 40 °C x 1,5 cm / 6 perc = 10 °C x cm/perc lineáris hőmennyiség változási tényező mellett végbemenetelét, és a beton megfelelő sókoncentrációjának biztosítását feltételezi. Svájcban a próbatesteket a ciklus időnek megfelelően működő automatikus üzemű gépi berendezéssel mozgatják a sóoldat és a vízfürdő között. A próbatestek hosszváltozását 50 mm hosszon, nyolc mérőjeggyel mérik 0,02 ‰ pontosan. Az 50, 100 és 400 olvasztási ciklus utáni hossz mérés eredményét a kezdeti víztelítés utáni hosszúságra vonatkoztatják, és az értékelést a fajlagos hosszváltozások alapján végzik.

Az ismertetett *Dobrolubov-Romer* eljárást körülményeinkhez igazítva kell alkalmaznunk. A módosítást elsősorban azzal indokoljuk, hogy betonjaink 20, vagy 24 mm-es legnagyobb szemmagyságához a 30x30x60 mm-es próbatestek igen kicsik. A próbatestek méretét ezért durván háromszorosára, 10x10x20 cm-re kell növelnünk, ami a ciklus idők háromszorosra nyújtását teszi szükségessé. Ha a fagy ciklus idejét 40 percre, az olvasztó ciklus idejét 20 percre változtatjuk, akkor lehülésre a 40 °C x 5 cm / 40 perc = 5 °C x cm/perc, és felmelegedésre a 40 °C x 5 cm / 20 perc = 10 °C x cm/perc lineáris hőmennyiség változási tényező esetünkben is biztosított.

Kísérletünknel tehát egy teljes ciklus ideje egy óra, a napi ciklusok száma nyolc, és a fagyasztási-olvasztási folyamat 48 munkanapot, azaz mintegy 10 naptári hetet vesz igénybe. Éjszaka és munkaszüneti napokon a próbatesteket a 20 °C hőmérsékletű vízfürdőben tároljuk. A 20 °C-os vízfürdő hőmérsékletét merülő termosztáttal biztosítjuk, a -20 °C hőmérsékletű olvasztósó fürdőt ipari hűtőgéppel hozzuk létre. A nátrium-klorid oldat 1,18 g/cm³ sűrűségét naponta ellenőrizzük, és szükség esetén újra beállítjuk. A vízfürdő tisztaságát ugyancsak ellenőrizzük és a vizet legalább minden 40 ciklus után cseréljük.

A betonhasábok vízszint emeléssel való fokozatos víztelítését 20 °C-on a beton 28 napos korában, a fagyasztási kísérletet 35 napos korában kezdjük meg. Hosszmérést - amely alatt a próbatest teljes hosszának négy oldalán történő megmérést és átlagolását értjük - 0,01 mm pontossággal, és tömegmérést 0,1 g pontossággal a napi nyolc ciklus többszörösének megfelelő 48, 96, 144, 192, 240, 288, 336 és 384 ciklust követő munkanap reggelén végzünk. A mérési eredményeket a kezdeti víztelített állapotban mért hosszúságra, illetve tömegre vonatkoztatjuk. Az utolsó hossz- és tömegmérés után az 5 tömeg%-nál kisebb tömegveszteségű próbahasábokat 10 napon keresztül szobalevegőn szikkasztjuk, majd ezt követően álló helyzetű hasábszilárdságukat meghatározzuk. Ehhez a károsodott véglapokat gipszpéppel kijavítjuk. Az olvasztósó-állósági kísérletet kiállott próbahasábok hasábszilárdságát az ezekkel egyidőben készült és vizsgált, de 28 napos kortól szobalevegőn tárolt próbatestek hasábszilárdságához hasonlítjuk.

Kísérleti példa

A kialakított eljárással négyféle, gőzöléssel szilárdított - előregyártott útburkolati elem típusú, B 450 jelű beton olvasztósó-állóságát vizsgáltuk. Az adalékanyag legnagyobb szemnagysága 20 mm volt, a 30 tömeg%-ot kitevő 5 mm alatti szemek dunai homokból, a 70 tömeg%-ot kitevő 5 mm feletti szemek NZ minőségű andezit zúzottkőből álltak. A keverékenkénti 3 db 10 cm élhosszúságú próbakocka és 6 db 10x10x20 cm méretű próbahasáb az MSZ 4714-78 és MSZ 4715-72 szabványok figyelembevételével készült és került vizsgálatra. A betonok főbb jellemzőit az *1. táblázatban*, a kísérlet mérési eredményeit a *2. táblázatban* tüntettük fel.

Megjegyzés: Az „nt” jelű időben a hasábok hasábszilárdságát, az „sz” jelű időben a hasábok tömegváltozását, az „nm” jelű időben a hasábok hosszváltozását roncsolódás, vagy szétesés miatt nem lehet meghatározni.

A betonok jellemzői

1. táblázat

A beton jele	1.	2.	3.	4.
A portlandcement jele	450-K	450-K	450-K	450-K
A cementtartalom kg/m ³	500	450	500	450
Vizcementtényező	0,37	0,35	0,38	0,38
Plasztifikátor adagolás	nincs	van	nincs	nincs
Nagy tisztaságu 2 mm alatti kvarchomok adagolás	nincs	nincs	van	nincs

A vizsgálati eredmények

2. táblázat

A beton jele	1.	2.	3.	4.
Roskadási mérték, cm	3,0	3,2	3,0	2,9
Frissbeton testsűrűsége, kg/m ³	2525	2533	2533	2539
28 napos betonkockák testsűrűsége, kg/m ³	2455	2485	2468	2483
28 napos betonhasábok testsűrűsége, kg/m ³	2409	2470	2441	2455
28 napos beton nyomószilárdsága, MPa	52,3	54,6	52,8	59,0
Hasábszilárdság MPa				
Szobalevegőn tárolt hasábok	29,1	30,0	22,5	27,0
Fagyasztott hasábok	20,8	nt	nt	25,8
Változási tényező	0,71	-	-	0,96
Vizfelvétel, tömeg %	2,67	2,30	2,50	1,94
Tömegváltozás, tömeg %				
48 ciklus után	+0,28	+0,26	+0,27	+0,28
96 ciklus után	+0,35	+0,06	-0,99	+0,11
144 ciklus után	+0,41	-0,13	-5,88	+0,10
192 ciklus után	+0,38	-0,34	-6,32	+0,12
240 ciklus után	-0,53	-3,40	-21,23	-0,85
288 ciklus után	-0,72	-4,67	-62,54	-1,26
336 ciklus után	-1,34	-10,08	SZ	-1,76
384 ciklus után	-2,09	-19,66		-2,57
Hosszváltozás, ‰				
48 ciklus után	-0,327	+0,746	+2,603	+1,606
96 ciklus után	-2,346	-0,300	+0,872	-1,077
144 ciklus után	-1,535	-0,782	nm	+1,245
192 ciklus után	-1,537	+0,723		+1,628
240 ciklus után	-2,483	nm		nm
288 ciklus után	nm			

Következtetések

Kísérleti eredményeinkből az alábbi következtetésekre jutottunk:

1. A módszerre vonatkozóan:
 - 1.1. A közvetlen mérésen alapuló *Dobrolubov-Romer* módszer a körülményeinkhez igazított formában alkalmas az útbetonok fagy-olvasztósó-állóságának vizsgálatára. Javasolható a vizsgálati anódszer hazai szabványosításának előkészítése azzal a megjegyzéssel, hogy a betonok olvasztósó-állóságának vizsgálata legyen összhangban az építési kőanyagok olvasztósó-állósága vizsgálatának módszerével.
 - 1.2. Az olvasztósó-állóságot a kísérlet alatti tömegváltozás jobban kifejezi, mint a hosszváltozás, mert a tönkremenetel többnyire nem duzzadásban, hanem morzsolódásban jelentkezik. Ezért véleményünk szerint a *Dobrolubov-Romer* módszer egyébként is bonyolult értékelési módjától el lehet tekinteni, és a vizsgálati eredmények értékelését a tömegváltozás alapján kell elvégezni.
 - 1.3. A kísérlet első szakaszában a próbatestek tömege a sófelvétel miatt növekszik, és a tömeg csak a 150-200 ciklus után kezd csökkenni.
2. A kísérleti példára vonatkozóan:
 - 2.1. A nagytisztaságú 2 mm alatti kvarchomok betonadalékanyagkénti alkalmazása a beton olvasztósó-állóságát rontja, aminek okát a 0,2 mm alatti szemek hiányában kell keresni.
 - 2.2. A plasztifikátor a beton szilárdságának, bedolgozhatóságának és testsűrűségének növelése ellenére csökkentheti a beton olvasztósó-állóságát, de az nem biztos, hogy a jelenség minden plasztifikátornál fellép. A kísérlet arra figyelmeztet, hogy az alkalmazandó plasztifikátor kiválasztása során meg kell vizsgálni annak olvasztósó-állóságára gyakorolt hatását is.
 - 2.3. Az olvasztósóval szemben a 450-R pc. jelű cementtel készült beton jobb ellenállást tanúsít, mint a 450-K pc. cementtel készült nagyobb cementtartalmú beton.

Irodalom

1. Ábrahám Kálmán: Utak. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
2. Ábrahám Kálmán: A közúti közlekedés kézikönyve. 2. kötet. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
3. Nemesdy Ervin: Utak és autópályák pályaszerkezete. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1971.
4. Erdélyi Attila - Kovács Károly: Olvasztósók hatása az útbetonra. Mélyépítéstudományi Szemle. XXV. évf. 1975. 6. szám. 269-273 pp.
5. Erdélyi Attila - Timon László: Utak hó- és jégmentesítése olvasztószerekkel. A sózás hatása a betonburkolatra. A Budapesti Műszaki Egyetem Központi Könyvtárának 13. számú tudományos műszaki bibliográfiája. Budapest, 1977.
6. Blunk, G. - Brodersen, H. A.: Zum Widerstand von Beton gegenüber Harnstoff und Frost. Strasse und Autobahn. 1980. Heft 3. 119-131. pp.
7. Dobrolubov, G. - Romer, B.: Richtlinien zur Bestimmung und Prüfung der Frost-Tausalzbeständigkeit von Zementbeton. Strasse und Verkehr. 1977. Nr. 405-411. pp. és Nr. 11. 432-436. pp.
8. SNV 640461 Zementbetonbeläge

Összefoglaló

Az útburkolatok felületének jég- és hóeltávolításához általában olvasztószereket, többnyire sokat használnak, amelyek a beton útburkolatba beszivároghatva azt károsítják.

A monolit útbetonok és előregyártott útburkoló betonelemek fagy-olvasztósó-állóságát kísérlettel kell vizsgálni. Időszerű, hogy Magyarországon egységes vizsgálati módszer kerüljön kidolgozásra és alkalmazásra. Ennek a vizsgálati módszernek, a svájci szabvány által is ajánlott *Dobrolubov-Romer* eljárás képezheti alapját.

Az eredeti eljárást körülményeinkhez igazodó módosított formában célszerű bevezetni. A módosítás - amelynek realitását laboratóriumi kísérlet igazolja - a próbatest méretére, és a fagy-víz ciklusok időtartamára vonatkozik. A kialakított vizsgálat reprodukálható és bevezetésre érett, általa a betonok fagy-olvasztósó-állósága kifejezhető. A kísérlet folyamán kedvezőtlen esetben a beton tömegvesztesége 20 tömeg%-nál is több lehet, a hasábszilárdsági változási tényező 0,7 alá is eshet.

A kialakított módszerrel végrehajtott első kísérlet rámutatott, hogy a rapidcement a korai fagy-olvasztósó-állóságot növeli, a plasztifikátor hatását pedig esetenként feltétlenül vizsgálni szükséges.