ANYAGTECHNOLÓGIA

Betonfelületek vízzáróságát fokozó anyagok permeabilitása

Csányi Erika – Józsa Zsuzsanna – Varga Ákos

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

csanyie@eik.bme.hu – zsjozsa@epito.bme.hu – v_akos@freemail.hu

Permeability of materials enhancing the water-tightness of concrete surface

The capillary system of porous materials has significant influence on both strength and durability. In present research the influence of coatings on concretes was tested.

The effect of coatings (having one or two components) for increasing the water tightness of concrete was tested by detailed

chemical and physical analysis. The two-component coatings had lower porosity, water absorption and capillary suction, than the one-component, cement based premixed mortars. The vapour permeability of coated concrete specimens with one-component material was more than one order higher; than that of specimens with two-component coatings. The latter ones resulted a resistance against water pressure of 3 to 4 bars, depending on the thickness.

1. Bevezetés

A porózus anyagok kapillárisrendszerének jelentős szerepe van mind a szilárdság, mind a tartósság szempontjából. A károsodási folyamatban fontos szerepet játszó víz kívülről, a kapillárisokon át jut be a betonba, és a kioldódás is ezeken keresztül megy végbe. A védekezés egyik lehetséges módja a beton porozitásának csökkentése az alapanyagok és az összetétel megfelelő kiválasztásával, a betontechnológiai paraméterek betartásával, helyes utókezeléssel és az elkészült beton szakszerű fenntartásával. Ez az elsődleges megelőző védelem.

A másik mód a korróziót okozó anyagok betonba jutásának megakadályozása impregnálással, védőbevonattal. Ez a másodlagos megelőző védelem. A védekezés módját a korróziós hatás mértékétől függően kell kiválasztani: az első megoldás mindig szükséges, a másodikat pedig az agresszív hatásnak erősebben kitett szerkezeti elemek esetén kell alkalmazni [1].

A betonok vízzáróságának utólagos fokozására elterjedten használják az egy- és kétkomponensű, cementbázisú bevonóanyagokat. Ezek legtöbbje – a gyártók tájékoztatása szerint – páraáteresztő, és véd egyes vegyi hatásokkal (pl. kloridionok) szemben, egy részük pedig rugalmas is. Kísérleteink során néhány vízzáróságát fokozó bevonóanyagot vizsgáltunk hatékonyság és hatásmechanizmus szempontjából.

2. Kísérletek

2.1. Kísérleti betonok jellemzői

A vízzáróságát növelő bevonatok hatásának, tartósságának tanulmányozására háromféle összetétellel készítettünk betonkeverékeket (jelük a továbbiakban C1, C2 és C3). Alapanyagként CEM II/A-S 32,5 N jelű kohósalak-portlandcementet, 0/4, 4/8 és 8/16 mm-es frakciójú adalékanyagot használtunk, melyekből háromféle víz-, illetve cementadagolással készítettünk 100 mm élhosszúságú kockákat és 200 x 200 x 120 mm méretű próbatesteket. A 100 mm élhosszúságú próbatestek egy részén 28 napos korban nyomószilárdságot, testsűrűséget, sűrűséget és vízfelvételt mértünk. A többi kockát a vízzárósági vizs-

1. táblázat

Kísérleti betonok fizikai és mechanikai jellemzői
Physical and mechanical characteristics of tested concretes

Vizsgált jellemző	Mért érték		
	C1	C2	C3
Testsűrűség kiszáritott állapotban, kg/m ³	2034	2186	2280
Vízfelvétel, tömeg %	7,1	5,4	3,7
Nyomószilárdság 28 napos korban, N/mm ²	20,8	36,9	49,2
Sűrűség, g/ml	2,61	2,58	2,56
Porozitás, térfogatszázalék	22	15	11

gálathoz készített próbatestekkel együtt a bevonatok vizsgálatára használtuk fel. A betonok fizikai és mechanikai jellemzőit az 1. táblázatban adtuk meg.

2.2. Bevonóanyagok és jellemzőik

Kémiai jellemzők

A kísérletekhez különböző gyártóktól származó, cementalapú, egykomponensű (E1, E2 és E3 jelű) és kétkomponensű (K1, K2 és K3 jelű) vízzáróságot fokozó anyagot használtunk.

Elsősorban a cementtartalom jellemzésére, valamennyi mintaanyag por alakú komponensének meghatároztuk a híg sósavval oldható részét, a sósavval oldható szilícium-dioxid- és kalcium-oxid-tartalmát, továbbá az izzítási veszteségét és a folyékony komponensek szárazanyag-tartalmát (2. táblázat). Vizsgáltuk továbbá a por alakú komponensek vízzel oldható anionjainak mennyiségét is (3. táblázat).

2. táblázat

A betonkísérlethez használt bevonóanyagok fő oxidos kémiai jellemzői
Main chemical characteristics of coatings (having one or two components) for increasing the water tightness

Bevonóanyag		Izzítási veszteség	Híg sósavban oldható rész	Híg sósavval oldható	
jele	„B” komp. szárazanyag-tart.			SiO ₂ -tartalom	CaO-tartalom
	tömeg %				
E1	–	17,85	67,86	6,46	34,60
E2	–	11,24	63,55	7,63	28,78
E3	–	9,57	66,66	7,04	35,42
K1	54,3	2,06	50,47	7,26	31,98
K2	45,0	2,58	39,71	6,11	24,95
K3	55,3	5,13	30,47	4,10	18,55

3. táblázat

A betonkísérlethez használt bevonóanyagok vízdoldható anionjai*
Watersoluble anions of coatings (having one or two components) for increasing the water tightness

Bevonóanyag jele	Vizoldható rész párlási maradéka	Kloridion-tartalom	Szulfátion-tartalom
	tömeg %		
E1	7,1	< 0,1	0,47
E2	5,5	nyomokban	1,76
E3	8,3	0,2	2,35
K1	1,3	< 0,1	0,03
K2	2,1	< 0,1	0,52
K3	0,9	nyomokban	0,2

* Nitrátiont a minták nem tartalmaztak.

A bevonóanyagok hatóanyagának további jellemzésére egyéb oldási kísérleteket (savas, alkoholos, benzolos) és műszeres kémiai vizsgálatokat végeztünk.

Az egykomponensű, vízzáróságot fokozó szárazhabarcs mintákban, azok részletes kémiai vizsgálatai alapján, a cementen és a homokon kívül nátrium-karbonát és poli-oxi-karbonsav mutatható ki.

A hatásmechanizmus a következőképpen értelmezhető: a keverővíz adagolásakor a nátrium-karbonát feloldódik, és a keletkező nátriumionok a poli-oxi-karbonsavat nátriumsóvá alakítják. A vízben jól oldódó nátriumsó a cement hidratációjakor keletkező portlandittal reagálva oldhatatlan kalciumsóvá alakul, és apró kristályok formájában kiválva szűkíti vagy eltömi a pórusokat.

A K1-K3 jelű kétkomponensű mintaanyagok „A” komponense cementalapú por, „B” komponense tejszerű folyadék (polimer diszperzió) 50% körüli szárazanyag-tartalommal.

Derivatográfias vizsgálatok szerint a szilárd fázisok szerves anyagot nem vagy csak igen kis mennyiségben tartalmaznak, és azonos típusúak. Röntgendiffrakto-gramjaikon cementre és homokra (kvarc) utaló reflexiók azonosíthatók. A tejszerű „B” komponens bepárlása után rugalmas, gumiszerű anyag marad vissza. A „B” komponensekről – a felvett infravörös (IR) spektrumok alapján megállapítottuk, hogy azok kis átlagmóltömegű poliakrilátok vizes diszperziói.

Az építőipar az 1-2 évtizeddel korábban használt polivinil-észterek helyett – mivel azok könnyen hidrolizálnak – ma az akrilsav-észter típusú polimereket alkalmazza. Az észtercsoport alkoholkomponense erősen befolyásolja a polimerek fizikai jellemzőit. A metakrilátok ridegek, a hosszabb szénláncú alkohokok akrilátjai (például a poli-butil-akrilát) rugalmasak, közöttük sokféle variációra van lehetőség.

A kétkomponensű, cementbázisú habarcsok vízzáróságot fokozó hatása a következőképpen magyarázható: a „B” komponens a por alakú komponenssel való összekeverés után, a szilárdulás folyamatában hidrofób jellegű adalékszerként viselkedik. A diszperzió a betonrészecskéken megkötődik, és a polimer akrilátok, a diszperzió megomlása után, a betonrészecskék felületén hidrofób bevonatot képeznek, ezáltal szűkítik, illetve eltömi a beton kapillárisait.

Fizikai jellemzők

A kísérletekhez használt bevonóanyagokból – a gyártó által megadott keverési arány szerint – vízzel, illetve a két komponens megfelelő arányú összekeverésével 30 x 30 mm-es élhosszúságú kockákat öntöttünk. A kockákat egy héten keresztül nedves térben tároltuk, majd 28 napos korukig laborlevegőn. Ezután határoztuk meg a testsűrűségüket, vízfelvételüket, örleményeiken pedig a sűrűségüket. A mért és számított jellemzőket a 4. táblázatban foglaltuk össze.

Szárazhabarcsok fizikai tulajdonságai megszilárdult állapotban
Physical properties of drymortar coatings in hardened state

A bevonóanyag jele		Testsűrűség, g/ml	Sűrűség, g/ml	Porozitás, v%	Vízfelvétel, m%
E1	egykomponensű	1,11	2,31	51,8	43,8
E2		1,56	2,52	38,1	26,3
E3		1,71	2,52	32,3	17,5
K1	kétkomponensű	1,37	2,16	36,4	9,5
K2		1,64	2,09	21,3	3,8
K3		1,66	2,28	27,3	9,8

A táblázat adatai szerint a szárazhabarcsok 1,1–1,7 g/ml közötti testsűrűsége lényegesen kisebb, mint a cementhabarcsokra általában jellemző érték. Legkisebb az E1 és a K1 minta testsűrűsége. Jelentősen eltérő a megszilárdult habarcsok porozitása és vízfelvétele. A kétkomponensűek esetén jól látszik az előbbieken tárgyalt hidrofób hatás: a K1–K3 jelűek vízfelvétele a viszonylag nagy porozitás ellenére is sokkal kisebb, mint az egykomponensűeknél mért érték.

Hidrotechnikai jellemzők vizsgálata

Kezeletlen és a minden oldalukon 2 rétegben szárazhabarccsal bevont beton próbatestek időbeli vízfelszívását vizsgáltuk. A C2 jelű betonon mért eredményeket, a mérési időpontokra vonatkozó tömegnövekedések g/dm²-ben megadott értékeit az idő függvényében az 1. ábrán mutatjuk be. A vizsgálat időtartama 438 óra volt.

A vízfelszívás vizsgálati eredményei az 1. táblázat adatait is figyelembe véve értelmezhetők. A felületegységre eső vízfelvétel a nagy porozitású és egyúttal nagy vízfelvétellű E1-E3 bevonóanyagokkal kezelt betonok esetén volt a legnagyobb. Nagyobb, mint a kezeletlen,

1. ábra. Szárazhabarcs bevonatok hatása beton próbatestek időbeli vízfelszívására

Effect of drymortar coating on the evolution of the capillary water suction in time

2. ábra. E1 egykomponensű szárazhabarcs bevonat hatása a C2 jelű beton vízzáróságára

Effect of coating E1 having one component on the water tightness of concrete C2

3. ábra. K2 kétkomponensű szárazhabarcs bevonat hatása a C2 jelű beton vízzáróságára

Effect of coating K2 having two components on the water tightness of concrete C2

4. ábra. K2 kétkomponensű szárazhabarcs bevonat hatása a C1 jelű beton vízzáróságára

Effect of coating K2 having two components on the water tightness of concrete C1

5. ábra. K3 kétkomponensű szárazhabarcs bevonat hatása a C2 jelű beton vízzáróságára
Effect of coating K3 having two components on the water tightness of concrete C2

6. ábra. Bevonatos próbatetek Karsten-csöves vizsgálata
Test of coated specimens with Karsten apparatus

kisebb porozitású betoné. Tehát a mérés ideje alatt a felületi bevonóréteg átnedvesedése dominált. A kétkomponensű, hidrofób hatású bevonatok vízfelvetele 24 óráig kisebb volt a kezeletlen betonénál, majd a vizsgálat végéig – a bevonóanyag sajátosságaitól függően – az etalongörbe fölött vagy alatt haladt.

A vízzáróságot az MSZ 4715-3:1972 szerint vizsgáltuk 2, illetve 4 bar nyomáson, egyik felületükön két rétegben bevont próbatetekken. A mérést tájékoztató jelleggel valamennyi szárazhabarcsra elvégeztük.

A vizsgálatok azt mutatták, hogy az egykomponensű bevonatok hatására a betonok víznyomással szembeni viselkedése gyakorlatilag nem változott: a nagyobb porozitású, C1 és C2 jelű bevonatos betonok 2 bar víznyomás hatására ugyanúgy teljesen átnedvesedtek, mint a kezeletlenek. A C3 jelű, tömörebb betonminták esetén sem észleltünk különbséget az egyes bevonatok között. A kétkomponensű bevonatok – összetételüktől függő mértékben – jelentősen fokozták még a nagy porozitású beton vízzáróságát is. A 2–5. ábrán néhány, a vizsgálat után elhasított jellegzetes betonfelületet mutatunk be.

A felületi porozitás vizsgálatára elvégeztük a Karsten-csöves mérést (6. ábra). A vízoszlopmagasság csökkenését, azaz a beszívott vízmennyiség időbeli változását a C2 jelű betonokon a 7. ábrán tüntettük fel.

A Karsten-csöves vizsgálat eredménye lényegében megegyezik a vízfelszívás vizsgálatával, azaz a bevonóanyagok porozitása, illetve hidrofobitása mértékében változik a betonokkal érintkező folyadékoszlop szintje. A beszívódás üteme és mértéke – az 50 órás vizsgálat alatt – gyakorlatilag nem függött az alapbeton porozitásától.

2.3. Páradiffúziós jellemzők meghatározása

A páradiffúziós jellemzőket pórusbetonból kialakított 10-20 mm vastag hordozókon vizsgáltuk, mert ebből az anyagból viszonylag homogén, kis párazárású lapok állíthatók elő

7. ábra. Szárazhabarcs bevonatok hatása beton próbatetek vízbeszívására. Karsten-csöves mérés
Effect of coatings on water suction of concretes tested with Karsten apparatus

8. ábra. Páradiffúziós vizsgálat során mért időbeli tömegnövekedés különböző bevonatok esetén
Evolution of mass in time during the vapour permeability test of specimens with different coatings

egyszerű módon. Ezek egyik felületét vontuk be két rétegben szárazhabarccsal, továbbá összehasonlításhoz három, különböző anyagú falfestékekkel (mész, szilikonfesték és vizes diszperziós festék).

Porózus anyagok diffúziós együtthatójának meghatározására az irodalomban többféle módszert is találhatunk. Mindegyiknek az a lényege, hogy a vizsgálandó anyagot két, eltérő páratartalmú légter közé helyezzük, és a kettő közötti páraáramot valamilyen módon kifejezzük [2], [3], [4].

Az alkalmazott vizsgálati módszer a Cammerer-féle eljárás alapján alapult: egy polietilendoboz alá szárazított szilikagélt tettünk, és – felette légréteget hagyva – jól záró fugatömítéssel rögzítettük a próbatesteket. A dobozokat, tömegük lemérése után, párazáró termosztáló szekrénybe helyeztük. A kamrában 20 °C körüli hőmérsékletet és 90%-os relatív páratartalmat állítottunk be. Az időközönkénti tömegmérést 30 napig végeztük.

A próbatestek tömegnövekedését az idő függvényében a 8. ábrán mutatjuk be. Az állandósult tömegváltozás értékeit figyelembe véve számítottuk ki az 5. táblázatban megadott páradiffúziós jellemzőket.

Az 5. táblázatban feltüntetett páradiffúziós ellenállási szám a bevonóanyag és a hordozó együttes ellenállása. Egzaktságra a vastagságmérésre a porózus alap miatt nem volt lehetőség. Mind az időbeli tömegnövekedést mutató 8. ábra, mind az 5. táblázat adatai jól szemléltetik, hogy a vizsgált festékek és egykomponensű bevonatok csak kismértékben gátolják a páradiffúziót, ugyanakkor a kétkomponensű bevonóanyagok jelentősen fékezik azt.

5. táblázat

Páradiffúziós jellemzők különböző bevonatok esetén
Characteristics of vapour permeability of specimens with different coatings

Bevonat megnevezése		Egyenértékű légréteg vastagsága, sD, m	Páradiffúziós ellenállási szám a vizsgált próba- testen, μ
E1	egy- komponensű szárazhabarcs	0,18	8,7
E2		0,19	9,7
E3		0,21	10,6
K1	két- komponensű szárazhabarcs	0,84	41,6
K2		0,97	48,0
K3		1,57	79,8
Szilikátos festék		0,19	9,4
Diszperziós festék		0,20	10,2
Mészfesték		0,16	8,9
ETALON (pórusbeton hordozó)		0,17	8,6

3. Összefoglalás

Betonok vízzáróságának fokozására kifejlesztett egy- és kétkomponensű szárazhabarcsokat vizsgáltunk eltérő porozitású betonokon.

A bevonatos próbatesteken végzett kapilláris-vízfelszívás vizsgálat és a felületi rétegek porozitását jellemző Karsten-csőves mérés egyaránt azt mutatta, hogy az egykomponensű

szárazhabarcsokkal bevont betonok vízfelvétele az etalon-betonénál is nagyobb volt. Ebben elsődleges szerepet a bevonatok nagy porozitása és nagy vízfelvétele játszott. A kétkomponensű bevonatokkal ellátott betonok vízfelszívása az előbbieknél kisebb volt, és alig tért el a kezeletlen betonétól. A vizsgált bevonatok közül csak egy csökkentette a beton vízfelszívó képességét a mérés tartamán.

Vizsgálataink szerint az egykomponensű bevonatoknak jó a páraáteresztő képessége, permeabilitásuk a különböző anyagú, egyidejűen vizsgált falfestékekéhez hasonló, ugyanakkor a kétkomponensű bevonatok megsokszorozták a páradiffúziós ellenállást, de nem képeztek párazáró réteget. Utóbbiak – vastagságuktól függően – 3–4 bar víznyomásnak is ellenálltak. A kétkomponensű bevonatok páraáthaladással és vízbehatolással szemben mutatott viselkedése egyértelműen a hidrofobitást okozó komponens jelenlétéből adódik.

A betonok hidrotechnikai tulajdonságát befolyásoló bevonóanyagok tanulmányozására elvégzett vizsgálataink során azt is megállapítottuk, hogy nem csupán az egy- és kétkomponensű anyagok hatékonysága között van különbség, hanem – összetételükből adódóan – az azonos típusúak között is.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak az Országos Tudományos Kutatási Alapnak a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén végzett kutatáshoz az OTKA T 34466 sz. szerződéssel nyújtott támogatásért, valamint Csizmadia Zoltánné dr. vegyész-mérnöknek értékes segítségéért.

Irodalom

- [1] Balázs Gy. – Balázs L. Gy. – Farkas Gy. – Kovács K.: Beton- és vasbeton szerkezetek védelme, javítása és megerősítése I. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1999.
- [2] Fekete I.: Épületfizika Kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.
- [3] Garrecht, H.: Porenstrukturmodelle für den Feuchtehaushalt von Baustoffen mit und ohne Salzbefrachtung und rechnerische Anwendung auf Mauerwerk, MBK Heft 15, Karlsruhe, 1992.
- [4] Speidel, K.: Wasserdampfdiffusion und -kondensation in der Baupraxis, Ernst, Berlin, 1980.