Közönséges és könnyűbetonok permeabilitásának csökkentési lehetőségei

László KÁLLAI
MSc Civil Engineer

Olivér FENYVESI

PhD. - Assistant professor, Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Civil Engineering, Department of Construction Materials and Technologies; MSc Civil Engineer

Dániel CSANÁDY

PhD. Student, Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Civil Engineering, Department of Construction Materials and Technologies; MSc Civil Engineer

KÁLLAI LÁSZLÓ • kallailaszlo95@gmail.com

DR. FENYVESI OLIVÉR • fenyvesi.oliver@epito.bme.hu

CSANÁDY DÁNIEL • csanady.daniel@epito.bme.hu

Érkezett: 2019. 07. 01. • Received: 01. 07. 2019. • <https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2019.24>

Abstract

Possibilities for reducing the permeability of normal and lightweight aggregate concrete

In the present study, concrete mixtures with various porosity and low water-cement ratio were investigated. In case of concrete mixtures with low water-cement ratio, there is a practical benefit to the use of porosity reducing surface treatment agents in order to reduce permeability. Normal and lightweight aggregate concrete mixtures were tested for the purpose of extended researches. Based on this information obtained, we could choose the corresponding aggregates for the concrete mixtures and the necessary tests for water penetration. Quartz gravel with 4/8 aggregate fraction as normal concrete and 4/8 aggregate fraction type 7N of expanded clay aggregate for lightweight concrete was used. Treatment layers with different behaviour in case of testing were chosen. From the point of view of selecting the concrete type, it was easy to see that the subject had available antecedents. The water-cement ratio, the paste content and the consistency of these two concrete mixtures were the same, so we could make relevant comparisons. The specimens were separated into four groups in both cases. The first group was tested with untreated surface, the other specimens applied different surface treatments. The purpose of the compressive strength tests was to measure the strength differences between normal and lightweight aggregate concrete mixtures. The next step was to measure the permeability of the concrete types with water tightness test, Karsten-tube test, German Water Permeability Test and determine the apparent porosity. Test results based on current standards were evaluated. We compared the results of different surface treatments per group and determined the best performing surface treatment per assay and overall.

Keywords: concrete, permeability, water tightness, additional water insulation, surface treatment, lightweight aggregate concrete, expanded clay gravel

Kulcsszavak: beton, permeabilitás, vízzáróság, utólagos vízszigetelés, felületkezelés, könnyűbeton, duzzasztott agyagkavics

1. Bevezetés

A beton egyik legfontosabb tulajdonsága, a sok más anyagi jellemzőjét is nagyban befolyásoló porozitás. A porozitáshoz (pórusméret eloszlás, teljes és látszólagos porozitás) szorosan köthető továbbá a beton élettartama, tartóssága.

Közelítésként alkalmazható, hogy egy térfogatszázalék pórustartalom növekmény kb. 5 % nyomószilárdság-csökkenést eredményez. A különféle károsító anyagok is a kapillaris pórusokon keresztül jutnak a betonba, illetve a környezeti hatásokból származó betonkárosodásokat is jelentősen befolyásolja a beton porozitásának mértéke, jellege. Fontos ezért a porozitás ismerete, ami többféle módszerrel is vizsgálható.

A pórusok százalékos arányát mérhetjük közvetlenül, de a látszólagos porozitásra következtethetünk közvetett módon, a beton víz- vagy gázáteresztő-képességének mérésével is. Bizonyos vizsgálatok azt mutatják, hogy a beton levegő- és vízáteresztő képessége kiválóan jellemzi a betonnak a gáz-, illetve folyadékalapotú agresszív közegek behatolásával szembeni ellenállóképességét, ami így egy adott beton tartósságának jellemző mértéke lehet. [1] Az építőanyagok

testsűrűségének csökkentése (lehetőleg a szilárdság minél kisebb mértékű csökkenése mellett) fontos eszköze az önsúlycsökkentésnek, így karcsúbb, esztétikusabb megjelenésű szerkezetek építhetők, ami kisebb anyagfelhasználást eredményez. A lehetséges támaszköz (I) a szilárdság (f_c) és a testsűrűség (ρ) hányadosával egyenesen arányos:

1. ábra A könnyűbeton szilárdságának változása a testsűrűség függvényében [3]

Fig. 1 The compressive strength of lightweight aggregate concrete in function of the body density [3]

Ez az arányszám a betonok testsűrűségének csökkentésével, illetve szilárdságának növelésével jelentősen javítható. Könnyűbeton széles szilárdsági és testsűrűségi tartományban készíthető. A kisebb testsűrűségű könnyűbetont hőszigetelő célra készítik, LC 16/18 szilárdsági osztálytól felfelé pedig szerkezeti betonként, egészen LC 80/88-ig. [2]

Az általam vizsgált könnyű adalékanyagos könnyűbeton és a közönséges betonok közt alapvető különbség az erőátadódás módja, ugyanis a könnyű adalékanyagot tartalmazó könnyűbetonoknál a teherhordásban nagyságrendileg nagyobb arányban vesz részt a cementkő, mint az adalékanyag.

2. Célkitűzés

A kutatás célja annak elérése volt, hogy a már jól működő összetételnek olyan alternatíváját dolgozzuk ki, ami képes maradéktalanul teljesíteni a vele szemben támasztott követelményeket, azaz nagy nyomószilárdság és kis vízbehatolás jellemezze a minél kisebb testsűrűség elérése mellett, továbbá költséghatékony legyen. A kutatás végső célja egy hídgerendákhoz megfelelő betonösszetétel kifejlesztése könnyű adalékanyagok alkalmazásával, amin belül mi foglalkoztunk a felületi porozitás és permeabilitás problémakörével.

Korábban végeztek már vizsgálatokat a kutatás előzményeként e kutatás alapjául szolgáló betonösszetételekkel, ezek közül a legnagyobb szilárdságot eredményezőből kiindulva kezdtük meg egy saját összetétel kidolgozását, az eredeti betonösszetétel ugyanis amellelt, hogy kiválóan megfelelt minden követelménynek, sőt messze túl is lépte azokat (pl. a nyomószilárdságot), gazdaságtalanannak bizonyult a felhasznált anyagok magas költségei miatt.

Ezért arra törekedtünk, hogy a könnyűbeton szilárdságának és környezeti hatásokkal szembeni ellenállásának változása ne legyen arányos a keverék előállításának költségeivel, azaz nagyobb arányban csökkenjen a beton bekerülési költsége, mint a minősége. A másik kritikus pont a tartósság, ami a nagy magasságú vagy fesztávú szerkezeteknél is kiemelt fontosságú. Hidak esetén sarkalatos pont a felhasznált beton vízzárósága, kloridionok behatolásával szembeni ellenállósága, illetve fagyállósága. Amennyiben a vizsgált beton eleget tesz a vízzárósági követelményeknek valószínűleg a fagyállósága is megfelelő lesz, ugyanis csekély felületi porozitás esetén a víz kis mennyiségben jut a szerkezetbe, így kisebb valószínűséggel okozhat kárt az esetlegesen bejutott és megfagyó víz és egyéb vegyi ágenssek.

Az általunk készített kísérleti terv tartalmazza két lényegesen eltérő betonösszetétel keverését, az ezekből készült próbatestek permeabilitásának kísérleti mérését GWT-készülékkel, Karsten-csőves módszerrel, illetve a látszólagos porozitás és a nyomószilárdság mérését. Fontos volt szem előtt tartani, hogy a betonok porozitása lényegesen eltérő legyen, amit elsősorban a szemcseporozítással szabályoztuk, ezért készítettünk egy betonkeveréket kvarckavics adalékanyaggal, egyet pedig igen porózus (felületén nyitott pórusokkal) duzzasztott agyagkavics adalékanyaggal.

A különböző betonösszetételekből készült próbatesteken, a vizsgálatokat megelőzően eltérő felületkezelési eljárásokat alkalmaztunk (a gyártó által megadott alkalmazási útmutató

alapján), amivel a permeabilitás javítására törekedtünk, ezeknek az eredményességét összevetettük az etalon próbatestekkel (közönséges beton) és a felületkezelés nélküli könnyűbeton próbatestekkel.

3. Felhasznált anyagok, kísérleti és vizsgálati eljárások

Vizsgálataink során az etalon, kvarckavics adalékanyagos beton mellett duzzasztott agyagkavics könnyű adalékanyaggal készült betonnal foglalkoztunk. Fontos megemlíteni, hogy a keverések során felhasznált cement, a kvarc adalékanyag és a duzzasztott agyagkavics is külön-külön ugyanazon szállítmányból származott, így az anyagminőség egyenletes és az eredmények jól összehasonlíthatók. A duzzasztott agyagkavics gyártáshoz első lépésként üledékes, duzzadóképes, finom eloszlásban szerves anyagot tartalmazó agyagot bányásznak ki, az agyagot finomra őrlik, majd homogenizálják, granulálják és apró darabokban a forgó klinker kemencében 1200 °C hőmérsékleten kiégetik. Itt először az agyagdarabok megszáradnak, majd a külső felület megolvad. A hő befelé haladásával a belső rész szervesanyag tartalma kiég, a keletkező gázok az agyagszemeket felfújják, majd a köpenyt felszakítva távoznak. Így a kihűlt golyó külső kemény klinkeres héjjal és egy pórusos belső szerkezettel rendelkezik. [5] A duzzasztott agyagkavicsot többféle sűrűségben, többféle szemcse nagyságban, törten, vagy egészben, vagy a kettő keveréként is állítják elő és forgalmazzák. A duzzasztott agyagkavics adalékanyagként sok pozitív anyagtulajdonsággal bír, számunkra különösen fontos a kis testsűrűségén felül, a közel gömb alakja és szilárd külső burkolata, ami hozzájárul a nagyobb betonszilárdság elérhetőségéhez. [6]

Az 1. számú betonkeverék (kvarc adalékanyag) előállításához a korábbi kutatásokat alapul véve, a legnagyobb nyomószilárdságú könnyűbeton összetételből indultunk ki és cseréltük az adalékanyagok kvarcra (a megfelelő korrekciók elvégzése mellett).

A 2. számú betonkeverékhez már az új hagyományos keverék adatait vettük alapul. Az alkalmazott vízmennyiség kiinduló értéke az etalon, azaz a kvarckavics adalékanyagos összetétel vízmennyisége volt, ezt a könnyű adalékanyag által felvett víz mennyiségével korrigáltuk. Ebből kiindulva a receptet addig finomhangoltuk, amíg a két betonkeverék megegyező konzisztenciával nem bírt, a frissbeton konzisztenciáját terülméréssel ellenőriztük.

Három gyártó eltérő hatásmechanizmusú felületkezelő termékeit választottuk ki a vizsgálatokhoz, ezek alapján soroltuk be a próbatesteket négy csoportba:

Az I-es jelű minták mindkét betonkeveréknél a kontrolcsoportot jelentik, ezek a próbatestek nem estek át semmilyen felületkezelési eljárásan.

A II-es számú felületkezelőszer használata az építőiparban elterjedt, bár más területeken. Leginkább ipari padlók felületkeményítésére használják, mivel egy ellenálló réteget képez a betonok felületén, ezáltal megvédi a külső fizikai és kémiai behatásoktól. Esetünkben azért volt releváns a használata, mert kiváló pórustömítő is. Egyetlen hátránya a másik kettőhöz képest, hogy hosszan tartó, vízzel való

érintkezés hatására kismértékű kioldódás jelentkezhet a betonfelületen. [7]

A III-as számú felületkezelőszer egy szilíciumvegyületeken alapuló diszperzió. Betonfelületeken alkalmazva hidrofób hatást fejt ki és a szennyeződésekkel szemben is ellenállóbbá válik. Ezáltal a beton időjárásállóbbá válik és csökkenti a vízbehatolás mélységét.

A IV-es számú felületkezelőszert elsősorban előregedett vagy hibás betonszerkezetek javítására használják. A vízzel telített betonszerkezetben kémiai reakció útján fejt ki hatását, a pórusokba behatolva kikristályosodik.

Minden elvégzett vizsgálatnak 3 szabványos 150 mm élhosszúságú próbatestet vetettünk alá az egyes felületkezelési csoportokból, keverékenként, azaz összességében 24 próbatestet eredményeit használtunk fel minden vizsgálat kiértékelésénél. A nyomószilárdsági értéket 28 napos korban, az MSZ 4798:2016 szabvány szerint vizsgáltuk. [8] A közönséges betonkeverék C60/75, a könnyűbeton esetében LC 35/38 jelűek az említett szabvány szerint.

4. Eredmények

A vízzáróság vizsgálatból kapott eredményeket az 2. és 3. ábrán tüntettük fel a mért értékekkel együtt.

2. ábra Közönséges beton vízbehatolás értékei
Fig. 2 Water penetration of normal weight concrete

3. ábra Könnyűbeton vízbehatolás értékei
Fig. 3 Water penetration of lightweight concrete

A GWT kísérleti összeállítása a 4. ábrán, a kapott eredmények az 5. és 6. ábrán láthatóak.

4. ábra GWT permeabilitásvizsgáló készülék [4]
Fig. 4 GWT appliance [4]

5. ábra Közönséges beton GWT vizsgálati eredményei
Fig. 5 Normal weight concrete GWT results

6. ábra Könnyűbeton GWT vizsgálati eredményei
Fig. 6 Lightweight concrete GWT results

Az említett ábrákon megfigyelhetők a IV. felületkezelési csoport kiugróan magas értékei. Erre a kezelőanyag maga után hagyott vékony, felületi rétegének nagy rövid idejű vízfelvetele lehet a magyarázat. A korábbi vízzárópadon végzett vizsgálattal együtt szemlélve ezek az értékek arra mutatnak, hogy a porózus felületi rétegen túl a beton felülete alá hatolva fejt ki pórustömítő hatását, ezért a rövid időtartamú víznyomás és vízbehatolás ellen végzett vizsgálatok félrevezetőek lehetnek ebben az esetben.

A Karsten-csöves vizsgálati eredmények a 7. és 8. ábrán láthatók, ahol a könnyű adalékanyagos beton esetében jól

érvényesül, a felületen lévő adalékanyag szemcsék pórusait eltömítő felületkezelőszerek hatása.

nem képez kovasavat, tartós víz hatására képes újra feloldódni és lemosódni a felületről.

7. ábra Közönséges beton Karsten-csöves vizsgálat eredményei
Fig. 7 Karsten-tube test of normal weight concrete

10. ábra Könnyűbeton térfogatszázalékos vízfelvétele
Fig. 10 Water absorption of lightweight concrete by volume

8. ábra Könnyűbeton Karsten-csöves vizsgálat eredményei
Fig. 8 Karsten-tube test of lightweight concrete

Az látszólagos porozításvizsgálat során az egyes próbatestek által térfogatszázalékosan felvett víz mennyiségét mértük, ezek az eredmények láthatók a 9. és 10. ábrán.

9. ábra Közönséges beton térfogatszázalékos vízfelvétele
Fig. 9 Water absorption of normal weight concrete by volume

A IV. felületkezelési csoportnál ismételt mért nagy értékek a korábban részletezett fizikai tulajdonságoknak tudhatók be. A jövőben érdemes lehet a habarcszerű réteg eltávolítása után megismételni a kísérletsorozatot, mivel a vékony réteg nagy porozitása miatt nagymértékben torzíthat az eredményeken.

Ennél a vizsgálatnál a III. felületkezelési csoportnál enyhe visszaoldódás volt tapasztalható. Az a vízűveg mennyiség, ami

5. Konklúzió

A kiértékelés alapján kijelenthető, hogy könnyű adalékanyag betonoknál van létjogosultsága a pórustömítő felületkezelő szerek alkalmazásának alacsony víz-cement tényező mellett is. A vizsgálatok során kapott eredményekből látható, hogy az egyes kezelések hatása könnyű adalékanyag betonnál fokozottan érvényesül.

Összességében a vizsgálatok rámutattak, hogy vízfelvétel és vízzáróság szempontjából is előnyösebb a II. és III. számú szer a IV.-nél. A mérési eredmények alapján a III. számú felületkezelőszert javasolt további vizsgálatokhoz és ilyen területen történő alkalmazásra, jobb tartóssága miatt. A kutatás során tapasztaltak arra mutattak rá, hogy a hosszabb ideig tartó vizsgálatok és a nyomás alatt végzett vizsgálatok valószínűleg relevánsabb értékeket adnak, mint pl. a gyors lefolyású GWT vizsgálat. Ezért az ilyen irányultságú vizsgálatokhoz a továbbiakban ezek a módszerek/eljárások lehetnének mértékadók.

Irodalomjegyzék

- [1] Varga Á., 2004, „Betonfelületek permeabilitásvizsgálata”, Építőanyag, 56. évf., 4. szám, pp. 164-168., ISSN: 1787-2588
- [2] Nemes R., 2006, „Habüveg adalékanyag könnyűbetonok”, PhD értekezés, Budapest, BME
- [3] Faust, T. (2000a) Herstellung, Tragverhalten und Bemessung von konstruktivem Leichtbeton – Dissertation, Universität Leipzig
- [4] GWT-4000 Instruction and Maintenance Manual, 1999
- [5] Kausay, T., (2002), „Könnyű adalékanyag, könnyű kőanyag-halmaz”, Beton szakmai havilap, 10. évf. 11. szám, pp. 1-3., ISSN 1218-4837
- [6] Nemes R., 2006, „Habüveg adalékanyag könnyűbetonok”, PhD értekezés, Budapest, BME
- [7] Shaw D., (2002), 2002, Plant Engineer's Reference Book (Second Edition), Butterworth-Heinemann, pp. 1-9, ISBN: 9780080497723
- [8] MSZ 4798:2016, (2016), Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelőség, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon, Magyar Szabványügyi Testület

Ref.:

Kállai László – Dr. Fenyvesi Olivér – Csanády Dániel: Közönséges és könnyűbetonok permeabilitásának csökkentési lehetőségei
Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials,
Vol. 71, No. 4 (2019), 138–141. p.
<https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2019.24>