

для гідротехнічних і транспортних споруд умовах експлуатації забезпечується при даному рівні морозостійкості.

На нашу думку саме для конструкційних керамзитобетонів будуть зберігатися переваги технології з застосуванням обробки пористого гравію цементною суспензією. Міцність таких композитів обмежена переважно міцністю «найслабшого» компоненту – пористого гравію. Ефективність запропонованої технології буде нижче для низькоміцних керамзитобетонів з малою витратою в'язучого.

Література

1. Суздальцева А. Я. Бетон в архитектуре XX века / А. Я. Суздальцева. – М.: Стройиздат, 1981. – 208 с.
2. Баженов Ю. М. Технология бетонов / Ю. М. Баженов. – М.: Из-во АСВ, 2002. – 500 с.
3. Ситников И. В. Декоративный высокопрочный мелкозернистый бетон / И. В. Ситников – Технологии бетонов, 2008, №5(5) – С. 14-17.
4. Наназашвили И. Х. Элементы благоустройства и малые архитектурные формы из высокопрочного декоративного бетона / И. Х. Наназашвили, Литовченко В. А. – Технологии бетонов, 2005, №3 – С. 20-22.
5. Ицкович С. М. Технология заполнителей бетона / С. М. Ицкович, Л. Д. Чумаков, Ю. М. Баженов. – М.: Высшая школа, 1991. – 272 с.
6. Петричко С. Н. Прочностные характеристики декоративных судостроительных бетонов / С. Н. Петричко // Вісник ОДАБА, Вип. 44. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2011. – С. 258-263.

УДК 691.32:666.972.52

ВОДОНЕПРОНИКНІСТЬ І МОРОЗОСТІЙКІСТЬ БЕТОНІВ НА ВАПНЯКОВОМУ ЩЕБНІ

***Бойченко В. В., група АД-608М(н),
Науковий керівник - к.т.н., доцент Кровяков С. О.***

Був досліджений вплив кількості мікрокремнезему та добавки С-3 на водонепроникність та морозостійкість досліджених бетонів обох серій на вапняковому щебні (приготованих за традиційною технологією та на обробленому цементною суспензією щебні).

Зробити якісне дорожнє покриття – головне завдання для будівельників доріг, так як під щоденними навантаженнями, які діють на дорожнє покриття, ставить багато завдань перед шляховиками [1]. Багато дій таких як рухомі навантаження, стиральний вплив, наперемінне зволоження і висихання, заморожування і відтаювання сприймають бетони для дорожніх та аеродромних покриттів. З цієї причини бетону ставлять такі вимоги – підвищена міцність на стиск, вигин, висока морозостійкість.

До 80% за обсягом займають в складі бетонної суміші – заповнювачі. Вони наділяють бетон унікальними властивостями, змінюючи його структуру. Близько 60% становить частка карбонатних порід (вапняки, мармури, доломіт), які використовуються у дорожньому будівництві та переробляються на щебінь.

Будівництво доріг при застосуванні бетонів на місцевих заповнювачах, особливо на карбонатному (вапняковому) щебні та піску здобуло позитивний досвід. Такі бетони мають достатню конструкційну міцність при високій довговічності та порівняно низькій вартості. Для забезпечення необхідної конструктивної міцності бетонів, з розвитком будівельних технологій відкривається перспектива отримання енергоефективних і довговічних бетонів на місцевих легких заповнювачах [2].

Відомо, що довговічність транспортних споруд та жорсткого дорожнього одягу в типових для України кліматичних умовах переважно залежить від морозостійкості та водонепроникності бетону.

При проведенні досліджень був проведений 2-х факторний експеримент.

Умови експерименту: X_1 – кількість портландцементу, від 300 до 400 кг/м³; X_2 – кількість поліпропіленової фібри Ваусон, від 0 до 1 кг/м³.

Всі склади пластифікований суперпластифікатором С-3 в кількості 0,8% від маси цементу.

Визначалися рівні водонепроникності та морозостійкості у бетонів в експериментальних точках для обох досліджених серій, які були приготовані за традиційною технологією та на обробленому цементною суспензією щебні.

На основі досліджень бетонів на вапняковому щебні в обох серіях, які описують вплив варійованих факторів складу на водонепроникність бетонів, були зроблені такі ЕС-моделі:

$$W_K(\text{атм}) = 13,3 + 0,3x_1 - 3,0x_1^2 - 0,5x_1x_2 + 1,3x_2 - 2,0x_2^2 \quad (1)$$

$$W_0 (\text{атм}) = 14,0 + 0,7x_1 - 2,0x_1^2 - 1,0x_1x_2 + 1,0x_2 - 1,0x_2^2 \quad (2)$$

Через специфіку дискретної методики визначення водонепроникності бетону, точність ЕС-моделей (1) і (2) обмежена, визначаються лише марки W0, W2, W4. На загальні тенденції впливу факторів, що варіювалися, на показник W впливає досить «широкий» крок показника. Також це впливає і на точність побудови моделей. У точках з однаковими координатами $x_1 = x_2 = -1$ (за результатами розрахунку) на поле властивостей ЕС-моделей (1) і (2) можна побачити мінімальну водонепроникність $W_{K,\min} = 6,2$ атмосфери та $W_{O,\min} = 8,3$ атмосфери. З цього слідує, що бетони без мікрокремнезему і при мінімальній кількості суперпластифікатору С-3 мають найменшу водонепроникність.

При кількості мікрокремнезему приблизно $22-23 \text{ кг/м}^3$ і кількості суперпластифікатору С-3 приблизно 0,9%, бетони в точках з координатами $x_1 \approx 0,1$, $x_2 \approx 0,4$, показують максимальну водонепроникність відповідно $W_{K,\max} = 13,6$ атмосфери та $W_{O,\max} = 14,3$ атмосфери (за результатами розрахунку).

На основі ЕС-моделей (1) і (2) побудовані діаграми на рис. 1 (на рис. 1а – склади, приготовані за традиційною технологією, на рис. 1б – склади на обробленому цементною суспензією щебні).

Водонепроникність досліджених в обох серіях бетонів на вапняковому щебні підвищується на величину від однієї до двох марок, тобто від 2 до 4 атмосфер, завдяки підвищенню кількості суперпластифікатору С-3 з 0,5 до 0,9% від маси цементу. Утворення більш щільної структури і зниження проникності затверділого композиту відбулося завдяки тому, що даний модифікатор ефектно підвищує довговічність бетону завдяки зниженню В/Ц бетонної суміші рівної рухомості.

Рівень W бетону зростає трохи більше, ніж на одну марку при підвищенні кількості С-3 до 0,9% для складів з вмістом $20-25 \text{ кг/м}^3$ мікрокремнезему. Вплив суперпластифікатору стає менш відчутним у модифікованих бетонах з більш щільною структурою завдяки тому, що активна мінеральна добавка мікрокремнезем також ефективно впливає на рівень W.

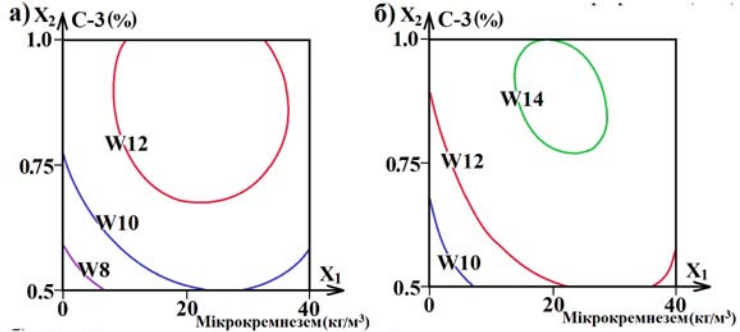


Рис. 1 – Вплив варійованих факторів складу на водонепроникність бетонів на вапняковому щебні:

- а) приготованих за традиційною технологією,
 б) на обробленому цементною суспензією щебні

Показник водонепроникності у бетонів, приготованих за традиційною технологією був дещо нижчим в порівнянні з показником водонепроникності бетонів на обробленому цементною суспензією гравії. До однієї марки складала різниця в окремих зонах факторного простору в рівнях W, де була різниця до 2-х атмосфер. Це відбувається через здатність композиту опиратися проникненню вологи під тиском, на яку безпосередньо впливало зменшення наскрізної пористості вапнякового заповнювача завдяки обробці. Завдяки цьому ускладнюється перенесення води у структурі матеріалу, яке відбувається як по порам і капілярам розчинної складової бетону, так і по порожнинам пористого заповнювача.

Висока довговічність матеріалу у вологих умовах, а також захист від корозії в жорстких умовах експлуатації, – все це досягається при застосуванні $20\text{-}25 \text{ kg/m}^3$ мікрокремнезему та підвищеній до 0,9% кількості суперпластифікатору C-3 (W12 та вище).

Дія змінного заморожування і відтавання є однією з основних причин руйнування бетону конструкцій гідротехнічних і транспортних споруд в процесі експлуатації у кліматичних умовах України та інших країн з помірним кліматом [3]. Тиск води при замерзанні в порах, який може досягати сотень атмосфер [4] є основною причиною руйнування бетону при заморожуванні та відтаюванні. Кристалізаційний тиск льоду, гідравлічний тиск, проявлення капілярних ефектів та осмосу – це все відноситься к гіпотезам морозного руйнування бетону [5] у матеріалознавстві, яких відомо близько тридцяти. Довговічність багатьох конструкцій та конструктивів гідротехнічних і транспортних

споруд відбувається завдяки важливому показнику якості, до якої відноситься морозостійкість бетону.

Результати досліджень по морозостійкості обох серій бетонів не відрізнялися між собою, які були проведені на вапняковому щебні, тобто приготованих за традиційною технологією та на обробленому цементною суспензією щебні. В двох досліджених серіях морозостійкість бетонів однакових складів не може обґрунтовано розрізнятися через точність визначення показника F . Дані про рівень F бетонів у 9-ти точках факторного простору експерименту були середніми між двома серіями.

Вплив варійованих факторів складу на морозостійкість бетонів на вапняковому щебні в обох серіях показано в ЕС-моделі:

$$F_K(\text{цикли}) = F_0 = 411 + 8x_1 - 42x_1^2 \pm 0x_1x_2 + 25x_2 - 42x_2^2 \quad (3)$$

Через методику визначення морозостійкості бетону з фактичним кроком 50 циклів, точність даної ЕС-моделі обмежена, що аналогічно ситуації з моделями (1) і (2), проте це все одно дозволяє відстежити характер впливу факторів на рівень F .

Бетони без мікрокремнезему і при мінімальній кількості добавки С-3 мають складі у координатах $x_1 = x_2 = -1$, мінімальну розраховану морозостійкість $F_{K,\min} = F_{0,\min} = 294$ цикли. При кількості мікрокремнезему 23-24 кг/м³ і суперпластифікатору С-3 приблизно 0,9%, показують бетони в точці з координатами $x_1 = 0,11$, $x_2 = 0,33$, які мають максимальну розраховану морозостійкість $F_{K,\max} = F_{0,\max} = 415$ циклів.

За ЕС-моделлю (3) була побудована діаграма у вигляді куба на рис. 2, яка відображає вплив варійованих факторів складу на морозостійкість бетонів на вапняковому щебні.

Вплив обох факторів складу, які варіювалися у експерименті, на морозостійкість є досить схожим. Показник F зростає при підвищенні рівня фактору до певного «раціонального» рівня, та знижується – при подальшому зростанні. Кількість мікрокремнезему від 20 до 30 кг/м³ та добавки С-3 від 0,8 до 0,9% – все це знаходиться в області найбільшої морозостійкості у межах факторного простору.

Завдяки цьому можна зробити висновок, що довговічність транспортних споруд при експлуатації забезпечується завдяки рівню морозостійкості бетонів на вапняковому щебні при використанні раціональної кількості модифікаторів. Також маючи високу водонепроникність, яку мають подібні бетони, вони ефективні для використання, якщо були приготовані на обробленому цементною суспензією щебні.

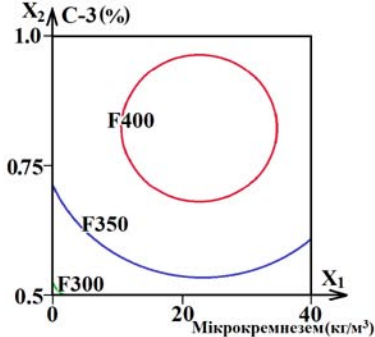


Рис. 2 – Вплив варійованих факторів складу на морозостійкість бетонів на вапняковому щебні

Література

1. Дорожній бетон: вимоги, склад, властивості, виробництво і укладання. TAURIAN.COM.UA. Блог про будівництво, ремонт. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://taurian.com.ua/dorozhniy-beton-vimogi-sklad-vlastivosti-virobnitstvo-i-ukladannya.html>

2. Мішутін А. В., Кровяков С. О., Полторапавлов А. О. Застосування вапнякового щебеню для бетонів жорстких дорожніх покриттів. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2015, №58. с.250 – 255.

3. Горчаков Г. И. Повышение морозостойкости бетона в конструкциях промышленных и гидротехнических сооружений / Г. И. Горчаков, М. М. Капкин, Б. Г. Скрамтаев. – М.: Издательство литературы по строительству, 1965. – 195 с.

4. Горчаков Г. И. Коэффициент температурного расширения и температурной деформации строительных материалов / Г. И. Горчаков, И. И. Лифанов, Л. Н. Терехин – М. Изд. комитета стандартов, мер, измерительных приборов при Совете министров СССР, 1968. – 150 с.

5. Подвальный А. М. Механизм морозного разрушения бетонных и железобетонных конструкций / А. М. Подвальный // Бетон и железобетон – пути развития. Том 3. Технология бетона. Сборник трудов 2 всероссийской конференции. – М. 2005. – с. 171-177.