

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІЩАНОГО БЕТОНУ ЗА РАХУНОК ГІДРОФОБІЗАЦІЇ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА

Барабаш І.В., *д.т.н., проф.*, Ворохаєв А.І., *інж.*

Одеська державна академія будівництва та архітектури

В останні десятиріччя в будівельній індустрії України та всього світу все ширше застосовуються дисперсно-армовані матеріали [1,2]. В якості дисперсної арматури використовуються різні види волокон, проте на ринку найбільш поширені поліпропіленові та базальтові фібри. Їх популярність пояснюється відносною дешевизною і високою довговічністю. Навіть незначна кількість дисперсної арматури здатна істотно змінити механічні властивості композиційного матеріалу. Фібра дозволяє знизити характерну для матеріалів на основі цементу усадку та крихкість.

Проте, відомо що при приготуванні армованих бетонів, зокрема піщаних, процес забезпечення рівномірного розподілення волокон у матеріалі є досить складним. Крім того, наявність фібри приводить до підвищення В/Ц бетонної суміші для забезпечення її технологічності [1]. Висунуто гіпотезу, щодо зменшення негативного впливу зазначеного вище фактору за рахунок гідрофобізації поверхні фібри. Для її перевірки були проведені дослідження властивостей піщаних бетонів з базальтової фіброю.

Проводився 2-х факторний експеримент за 9-ти точковим планом [3]. Варіювалися наступні фактори складу:

X_1 – кількість полікарбонілатної добавки Релаксол - Супер ПК, $0.8 \pm 0.4\%$ від маси цементу;

X_2 – кількість базальтової фібри Vaucon-basalt довжиною 12 мм і діаметром 18 ± 2 мкм, 1 ± 1 кг/м³.

Досліджувалися піщані бетони при постійному співвідношенні цемент:пісок = 1:3 за масою.

Умови проведення експерименту передбачали отримання сумішей рівної рухливості – 6 ± 0.5 см по penetрації стандартного конусу (тобто В/Ц залежала від складу бетону). Дослідження проводилися на двох аналогічних серіях зразків: перша – із застосуванням гідрофобізованої фібри (індекс «г»), друга – контрольна, із застосуванням необробленої фібри (індекс «к»). Гідрофобізація волокна здійснювалася мето-

дом його обробки кремнійорганічною рідиною ГКЖ-10 з подальшим висушуванням до постійної маси.

Експериментально-статистичні (ЕС) моделі, що описують вплив факторів, які варіювалися, на В/Ц суміші мають вигляд:

$$\begin{aligned} \text{В/Ц}_Г = 0.502 - 0.047x_1 + 0.008x_1^2 + 0.001x_1x_2 \\ + 0.005x_2 + 0.002x_2^2 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{В/Ц}_К = 0.505 - 0.045x_1 + 0.011x_1^2 + 0.002x_1x_2 \\ + 0.009x_2 \end{aligned} \quad (2)$$

По ЕС-моделям (1) і (2) була побудована діаграма, яка показана на рис.1. Її аналіз показує, що підвищення кількості пластифікатору, природно, знижує В/Ц суміші. При цьому збільшення дозування Супер ПК з 0.4% до 0.8% впливає на В/Ц більш відчутно, ніж збільшення кількості добавки з 0.8% до 1.2%. Введення фібри несуттєво підвищує В/Ц завдяки створенню просторової сітки волокон. Важливим ефектом можна вважати те, що завдяки гідрофобізації поверхні фібри її вплив на водопотребу і, відповідно, В/Ц суміші майже нівелюється. Різниця між В/Ц сумішею з гідрофобізованими і необробленими волокнами зростає по мірі підвищення кількості фібри.

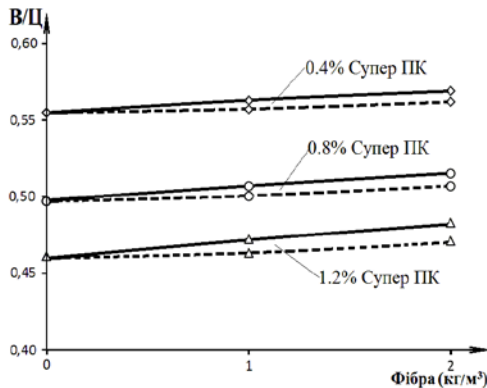


Рис.1. Вплив кількості фібри і пластифікатору на В/Ц сумішею рівної рухомості. ---- гідрофобізоване волокно, — контроль

Міцність піщаних бетонів і фібробетонів при стиску і на розтяг при згині визначалася у 3-х і 28-ми денному віці. ЕС-моделі, що відображають вплив факторів складу на міцність матеріалу на розтяг при згині у 3-х денному віці мають вигляд:

$$f_{\text{ctk.3 Г}} (\text{МПа}) = 4.37 + 0.55x_1 - 0.05x_1^2 - 0.04x_1x_2 + 0.21x_2 - 0.08x_2^2 \quad (3)$$

$$f_{\text{ctk.3 К}} (\text{МПа}) = 4.29 + 0.56x_1 - 0.08x_1^2 - 0.03x_1x_2 + 0.15x_2 - 0.03x_2^2 \quad (4)$$

На рис.2.а показана діаграма, побудована по ЕС-моделям (3) і (4). По аналогічним моделям, що описують вплив факторів на міцність піщаного бетону на розтяг при згині у віці 28-мі діб, побудована діаграма на рис.2.б.

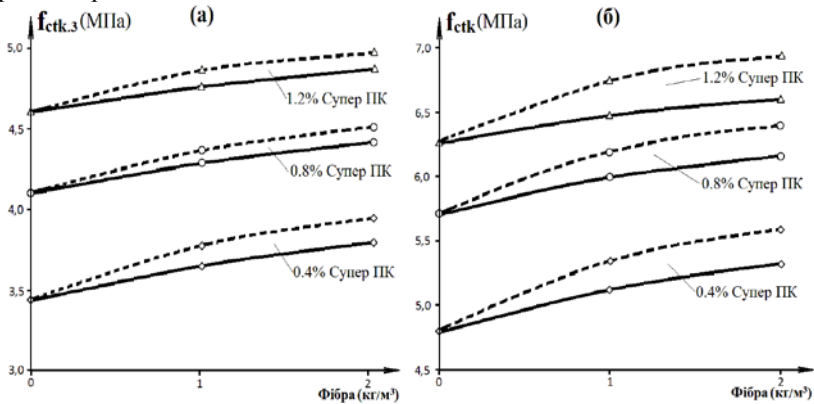


Рис.2. Вплив кількості фібри і пластифікатору на міцність піщаного бетону на розтяг при згині. (а) – у 3-х денному віці, (б) – у 28-ми денному віці; ---- гідрофобізоване волокно, — контроль

Як можна побачити на діаграмах, по мірі підвищення дозування пластифікатору Супер-ПК міцність на розтяг піщаних бетонів зростає на 1 МПа і більше як у 3-х, так і у 28-ми денному віці. При цьому більш відчутним є вплив зміни кількості добавки з 0.4% до 0.8%.

Дисперсне армування відчутно підвищує міцність піщаного бетону на розтяг при згині. Волокна з гідрофобізованою поверхнею показують значно вищу ефективність в порівнянні з необробленим базальтовим волокном. При використанні однакової кількості фібри (1.5-2 кг/м³) завдяки модифікованим волокнам міцність на розтяг піднімається більше, ніж завдяки звичайним поліпропіленовим волокнам: на 0.6-0.7 МПа для гідрофобізованої фібри проти 0.3-0.4 МПа для звичайної. При цьому у 28-ми денному віці ефективність застосування модифікованої фібри вища. На наш погляд, описаний ефект пояснюється

меншим В/Ц сумішей з модифікованою фіброю, кращім розподілом волокон у матриці матеріалу.

На рис.3 показані побудовані за відповідними ЕС-моделями діаграми, які відображають вплив варійованих факторів на міцність досліджених піщаних бетонів при стиску.

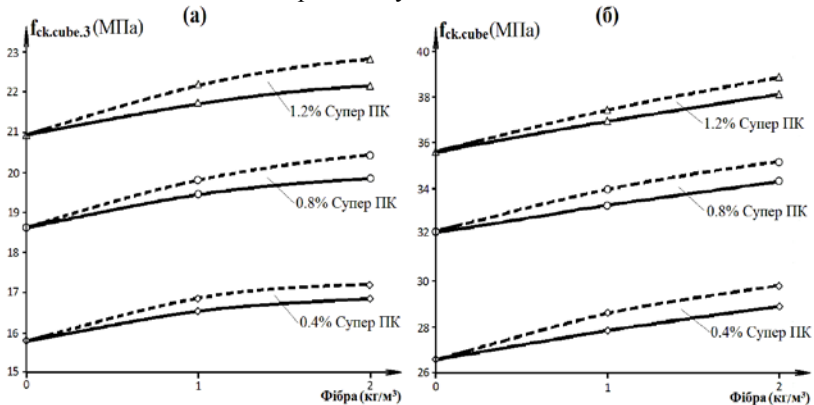


Рис.3. Вплив кількості фібри і пластифікатору на міцність піщаного бетону при стиску. (а) – у 3-х денному віці, (б) – у 28-мі денному віці.

---- гідрофобізоване волокно, — контроль

В цілому загальна тенденція впливу кількості добавки Супер ПК і базальтового волокна на міцність при стиску аналогічна впливу цих факторів на міцність при згині. При цьому рівень позитивного впливу пластифікатору на міцність при стиску значно більший – збільшення дозування Супер ПК з 0.4% до 1.2% підвищує міцність у 3-х денному віці на 5..6 МПа, а у 28-ми денному віці приблизно на 10 МПа.

Вплив дисперсного армування на рівень $f_{ctk,cube}$ менш відчутний, ніж вплив на рівень міцності при згині. Слід відмітити, що загальна позитивна тенденція від застосування фібри зберігається – дисперсно-армовані піщані бетони в порівнянні з бетонами без фібри мають більшу міцність у 3-х денному віці на 1.2 МПа, і на 2.3 МПа у 28-ми денному. При цьому матеріали з гідрофобізованими волокнами на 0.5-1 МПа міцніші за дисперсно-армовані піщані бетони з необробленим базальтовим волокном.

Висновок

Таким чином, застосування базальтової фібри в якості дисперсної арматури дозволяє ефективно підвищити міцність піщаного бетону. За рахунок модифікації поверхні волокон, а саме їх гідрофобізації, мож-

ливо значно покращити якість роботи арматури у матеріалі. Поєднання дисперсного армування з сучасним модифікатором Супер ПК (полікарбоксілатною добавкою) дозволяє майже вдвічі підвищити міцність при стику піщаного бетону і на 70..75% підвищити його міцність на розтяг при згині. Запропоновані методи модифікації мають високу ефективність як у ранньому віці (3-х діб), так і у 28-ми денному віці. Крім того, дисперсно-армовані піщані бетони відрізняються значною стійкістю к динамічним навантаженням і високою зносостійкістю [4]. Додатково підвищити механічні характеристики фібробетонів та покращити ефективність застосування в'язучого можна за рахунок його активації, зокрема в трібомеханоактиваторі [5,6]. Отримані модифіковані дисперсно-армовані піщані бетони можуть використовуватися при виготовленні широкого спектру будівельних конструкцій, зокрема підлог у промислових і громадських будинках [7].

Summary

Were investigated sandy fiber-concretes with basalt fibers. Material with a fiber-reinforced was compared with conventional materials and treated water repellents. It was found that the water-repellency fiber helps reduce W/C mixture and increase the strength of sandy concrete. When used together with a plasticizer fiber compressive strength raises in 2 times, and the tensile strength raises on 70..75%.

Література

1. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции / Ф.Н. Рабинович – М.: Издательство АСВ, 2004. – 560 с.
2. Johnston C.D. Fiber-reinforced cements and concretes / Colin Deane Johnston. – Amsterdam: Taylor & Francis, 2001 – 364 p.
3. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков. – К.: Вища школа, 1989. – 327 с.
4. Выровой В.Н. Бетон в условиях ударных воздействий / В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, С.Б. Фиц. – Одесса: Внешрекламсервис, 2004. – 270 с.
5. Механоактивация в технологии бетонов / [В.Н. Выровой, И.В. Барабаш, А.В. Дорофеев и др.]. – Одесса: ОГАСА, 2014. – 148 с.
6. Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'язучих речовин/ І.В. Барабаш. - Навч. посібник. – Одеса: Астропрінт, 2002. – 100 с.
7. Garber G. Design and construction of concrete floors. Second edition / George Garber. – Oxford: Elsevier Ltd, 2006. – 384 p.