

УДК 691(075.3)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДОПОТРЕБИ ФІБРОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ СУПЕРПЛАСТИФІКАТОРІВ

RESEARCH OF WATER CONTENT OF FIBER CONCRETE MIXTURES USING SUPERPLASTICATORS

Бордюженко О.М., к.т.н., доцент, Ковальчук Т.В., аспірант, Штемпель М.В., магістр (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Bordiuzhenko O., candidate of technical sciences, associate professor, Kovalchuk T., postgraduate, Shtempel M., master's degree (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

В статті наведено результати досліджень технологічних властивостей сталевібробетонів, зокрема водопотреби та легкоукладальності. Проаналізовано вплив факторів складу: водоцементного відношення, вмісту фібри а також виду заповнювача. Отримано експериментально-розрахункові залежності водопотреби фібробетонних сумішей, в т.ч. при використанні водоредуруючих добавок.

The article presents the results of studies on the technological properties of steel-fiber concretes, in particular water content and workability. The influence of composition factors: water-cement ratio, fiber content and type of filler is analyzed. Experimental-calculation dependences of water content of fiber-concrete mixes, including when using water-reducing additives. It has been experimentally established that for steel-fiber concretes, as well as for ordinary concretes, the rule of "water content constant" operates, according to which, at constant workability of a concrete mix, the water demand remains practically constant in area of cement-water ratios less than a certain critical value ($C/W < (C/W)_{cr}$). The critical C/W zone for the investigated fiber concretes is within the range of 2.2...2.3 and when superplasticizer is introduced, it changes to the values $C/W=2.6...2.7$. This effect can be explained by a significant decrease in normal consistency and, accordingly, water demand for cement paste. Experimental-calculation dependences of water consumption of fiber-concrete mixes, including using water-reducing additives, are fair in a wide range of workability of concrete mixtures. Appropriate corrections are proposed for the obtained dependences at $C/W > (C/W)_{cr}$.

Ключові слова: сталевібробетон, фібра, суперпластифікатор, бетонна суміш, рухомість, водо-цементне відношення.

Постановка проблеми. Однією із сучасних тенденцій в будівництві є використання фібробетонів, в т.ч. високоміцних сталеві фібробетонів. Різноманіття областей застосування виробів та конструкцій, що виготовляється зі сталеві фібробетону, зумовлено тим, що у порівнянні із звичайним бетоном він володіє у декілька разів більшою міцністю на осьовий розтяг та розтяг при згині, вищою тріщиностійкістю, стійкістю до ударних і вібраційних впливів тощо.

В той же час, широке використання сталеві фібробетонів потребує дослідження ряду питань, пов'язаних із властивостями фібробетонних сумішей, що безпосередньо визначають особливості технології їх приготування та вкладання.

Аналіз досліджень та публікацій. Численні експериментальні та теоретичні роботи, що стосуються фібробетонів, спрямовані переважно на визначення їх міцнісних, деформативних та експлуатаційних властивостей, в той час, як технологічні властивості фібробетонних сумішей розглядаються побіжно. Найчастіше відзначається вплив фактору легкоукладальності фібробетонної суміші [1-4] та її зв'язок із пористістю [5]. Аналіз цих та інших робіт вказує на недостатність досліджень технологічних властивостей фібробетонних сумішей, зокрема таких, як водопотреба, розшаровуваність, збережуваність рухомості у часі тощо. Недостатньо розглянуті питання впливу на ці властивості пластифікуючих добавок, особливо суперпластифікаторів нового покоління.

Мета роботи. Метою даної роботи було дослідження водопотреби та легкоукладальності крупно- та дрібнозернистих сталеві фібробетонних сумішей та вплив на ці властивості факторів складу та умов приготування.

Основний зміст.

Водопотреба і легкоукладальність – найважливіші взаємопов'язані між собою технологічні властивості бетонних сумішей, які визначають як здатність їх до ущільнення, так і, значною мірою, властивості затверділого бетону. В технології бетону відоме правило сталості водопотреби. Воно обумовлює, що при незмінному водовмісті витрата цементу в межах 200...400 кг/м³ не впливає істотно на легкоукладальність бетонних сумішей. Відповідно до цього правила водопотреба бетонних сумішей, необхідна для досягнення заданого показника легкоукладальності, є практично постійною у визначеному діапазоні витрат цементу і Ц/В.

Встановлення верхньої межі області правила постійності водопотреби, що дозволяє врахувати особливості застосовуваного цементу, досягається при вираженні його через критичне Ц/В ((Ц/В)_{кр}), яке рівне в середньому 1,68K_{н.г}, де K_{н.г} – Ц/В, що відповідає нормальній густоті цементного тіста [6]. Для бетонів звичайних класів (Ц/В)_{кр} знаходиться в межах 2,2...2,4.

З фізичних позицій правило сталості водопотреби полягає в тому, що зі збільшенням Ц/В до деякого критичного значення ріст структурної в'язкості цементного тіста в бетонній суміші компенсується збільшенням його кількості

і відповідно товщини шару цементного тіста на зернах заповнювача. За межами критичного Ц/В збільшення кількості цементного "мастила" вже не компенсує прогресивно зростаючу водопотребу бетонної суміші.

Для встановлення впливу Ц/В на водопотребу високоміцних фібробетонів досліди проводили на двох видах бетонів: на звичайному важкому із застосуванням в якості крупного заповнювача щебеню 5...20 мм та дрібнозернистому із застосуванням в якості заповнювача фракційної суміші – 0,16...2 мм (кварцовий пісок) та 2...5 мм (гранітний щебінь).

В якості вихідних компонентів бетонної суміші використовували цемент ПЦ-І М500 ПАТ «Волинь-цемент», кварцовий пісок із $M_{кр}=2,1$, гранітний щебінь фракції 5..20 мм. Витрата фібри змінювалась від 40 кг/м³ ($\mu = 0,5\%$) – для звичайного бетону і до 100 кг/м³ ($\mu = 1,3\%$) – для дрібнозернистого. В бетонні суміші вводили суперпластифікатори С-3 (Поліпласт СП-1) та полікарбоксилат Melflux 2651f. Співвідношення піску і щебеню для звичайного важкого бетону розраховували згідно відомих рекомендацій [7].

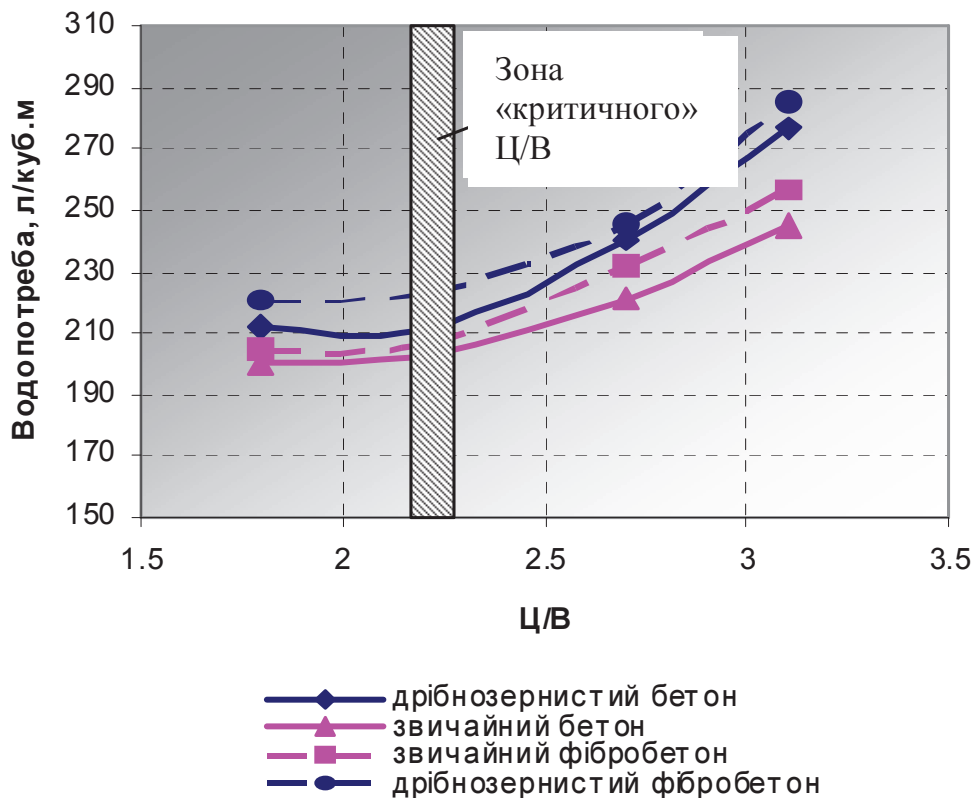


Рис.1. Вплив Ц/В на водопотребу фібробетонних сумішей (Витрата фібри для дрібнозернистого фібробетону – 1,3%, для звичайного фібробетону – 0,8%)

Використовували хвилясту фібру із низьковуглецевої сталі типу Fibax Ф1 60/1 (довжина $60,0 \pm 6,0$ мм, діаметр $1,0 \pm 0,1$ мм).

На першому етапі бетонні суміші готували при чотирьох різних значеннях Ц/В. Рухомість сумішей витримували в межах 15 см. Результати дослідів наведені на рис. 1.

Як свідчать наведені результати, правило сталості водопотреби виконується і у випадку використання фібробетонних сумішей. Верхня межа

області "критичного" Ц/В для таких сумішей знаходиться в межах 2,2..2,3 (рис. 1). Також розглядаючи аналогічні склади сумішей без фібри, можна відзначити, що введення фібри приводить до зростання водопотреби на 3...12% залежно від виду заповнювача. Дрібнозернисті суміші характеризуються більшою водопотребою у порівнянні із сумішами на крупному заповнювачі, що пояснюється більшою сумарною поверхнею зерен в першому випадку.

Потрібно також відзначити, що звичайні фібробетонні суміші при високих значеннях Ц/В характеризувались схильністю до розшарування, в той час як для дрібнозернистих сумішей це явище було виражене в значно меншій мірі. Розглядаючи вплив вмісту фібри на водопотребу бетонних сумішей (рис. 2) можна відмітити закономірність росту водопотреби при зростанні її об'ємної витрати.

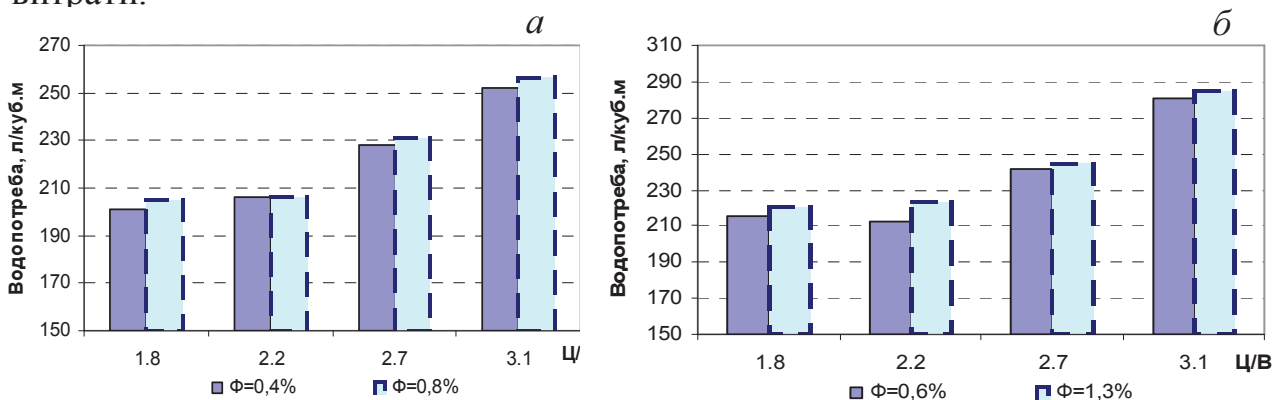


Рис. 2. Вплив вмісту фібри та Ц/В на водопотребу фібробетонних сумішей звичайного (а) та дрібнозернистого (б) фібробетонів

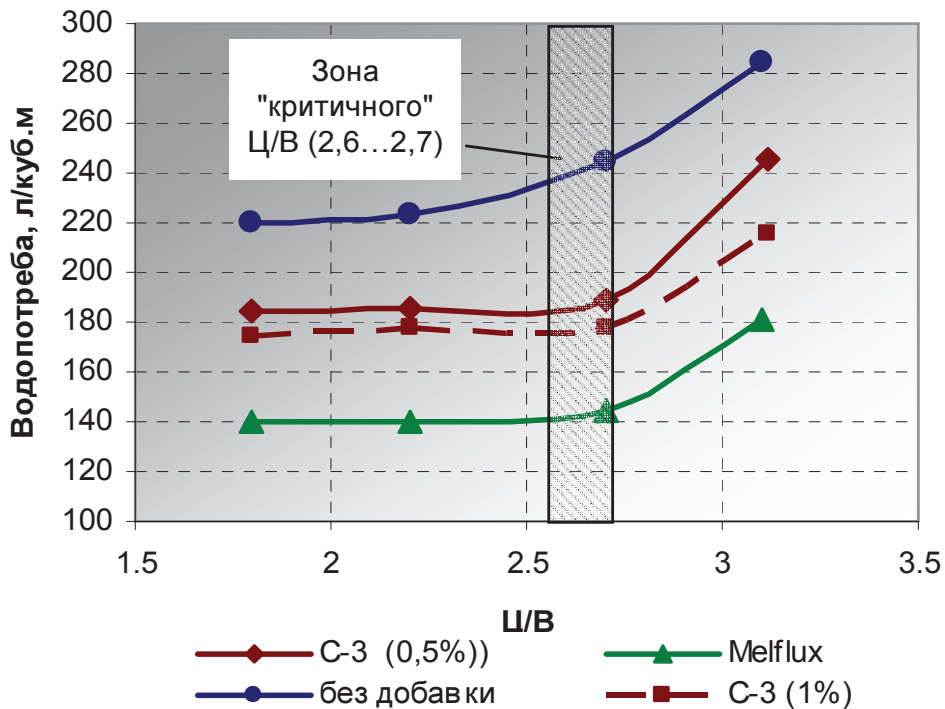


Рис. 3. Вплив Ц/В на водопотребу дрібнозернистих фібробетонних сумішей при використанні водоредукуючих добавок

Використання пластифікуючих добавок Melflux 2651F та С-3 поряд із зниженням водопотреби, зміщує "критичне" Ц/В до значень 2,6...2,7 (рис. 3).

В межах правила постійності водопотреби для досліджуваних бетонів нами встановлені залежності водовмісту від рухомості бетонної суміші (рис.4). Витрата суперпластифікатора Melflux 2651F склала 0,5%, С-3 – 1%. Витрати фібри відповідали раніше встановленим оптимальним значенням.

Як видно з наведених даних, застосування добавок пластифікаторів призводить до того, що суміші (особливо дрібнозернисті) стають більш чутливими до зміни рухомості вже при невеликих змінах водовмісту.

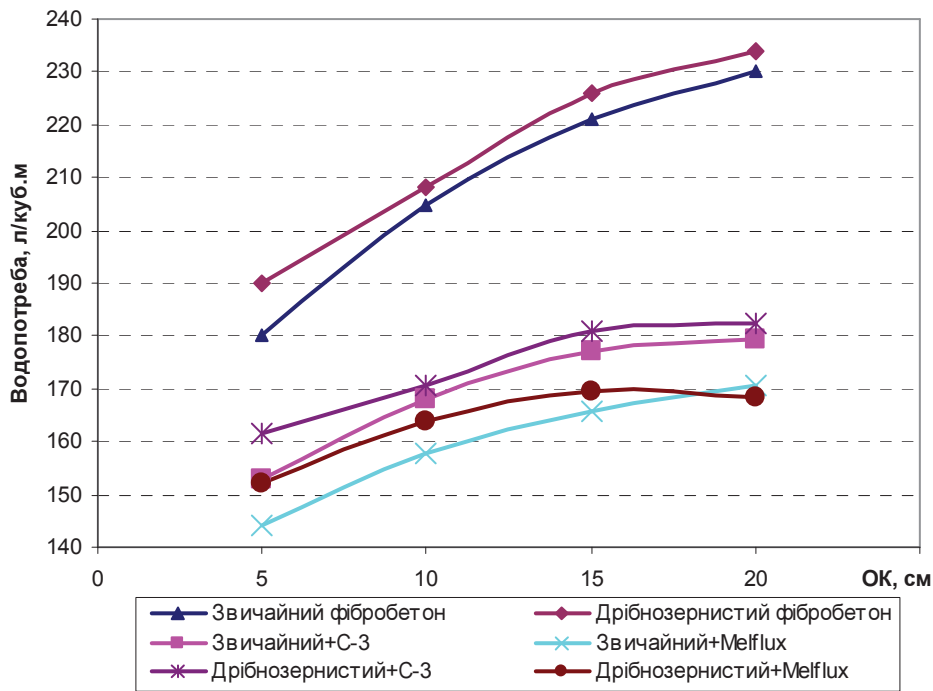


Рис. 4. Розрахункові залежності впливу на водопотребу фібробетонних сумішей показників рухомості при використанні водоредукуючих добавок

Для визначення зміни водопотреби бетонних сумішей за межами правила сталості водопотреби можна збільшення водопотреби ΔB знаходити за емпіричною формулою [6]:

$$\Delta B = \left(B / \text{Ц} - \frac{1}{1,68 K_{н.г}} \right) \left(\frac{B_0}{100} \right)^{5.5}, \quad (1)$$

де B_0 – водопотреба, встановлена в межах дії правила постійності водопотреби; $K_{н.г}$ – нормальна густина цементу.

У табл. 1 наведені значення водовмісту бетонних сумішей при $\text{Ц/В} > (\text{Ц/В})_{кр}$ і різних показниках рухомості бетонної суміші, а також значення ΔB , обчислені за формулою (1) і знайдені експериментально. Водовміст фібробетонних сумішей знаходили за умови використання базових складів звичайного та дрібнозернистого бетонів, що встановлені раніше.

Отримані результати показують хорошу збіжність за величинами поправок, як розрахованих за формулою (1), так і знайдених

експериментально. Значення поправок, наведені в табл. 1 можна використовувати при проектування складів високоміцних фібробетонів, що потребують високих значень Ц/В.

Таблиця 1

Розрахункові та експериментальні значення поправки до водопотреби фібробетонних сумішей

ОК, см	V ₀ , л при (Ц/В) _{кр} 2.2	Поправка до водопотреби ΔV, л (за формулою 1) при		Поправка до водопотреби ΔV, л (експериментальна) при	
		Ц/В=	Ц/В=	Ц/В=	Ц/В=
		2,7	3,1	2,7	3,1
Звичайний фібробетон					
5	185	14,6	26,4	15	27
10	205	25,7	46,4	24	42
15	218	36,0	65,1	32	61
20	225	42,9	77,5	43	75
Дрібнозернистий фібробетон					
5	192	17,9	32,4	16	31
10	210	29,3	53,0	26	50
15	225	42,9	77,5	43	76
20	238	58,4	105,5	56	103

Висновки. Експериментально встановлено, що для сталеві фібробетонів, як і для звичайних бетонів, діє правило "постійності водопотреби", відповідно до якого при постійній рухомості бетонної суміші водопотреба залишається практично постійною при цементно-водних відношеннях менших деякого критичного значення ($C/V < C/V_{кр}$). Отримано експериментально-розрахункові залежності водопотреби фібробетонних сумішей, в т.ч. при використанні водоредукуючих добавок, в широкому діапазоні рухомості бетонних сумішей.

1. Волков, И.В. Сталефібробетонные конструкции зданий и сооружений / И.В. Волков, В.А. Беляева // Обзорная информация. М. ВНИИТПИ. - 1990. – 59 с.

2. Рабинович, Ф.Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технологии, конструкции. Монография. - М.: Изд. АСВ, -2006. -560 с.

3. Пухаренко Ю.В. Высокопрочный сталеві фібробетон / Ю.В. Пухаренко, В.Ю. Голубев // Промышленное и гражданское строительство. - 2007. - №9. -С. 40-41.

4. Дорф В.А. Влияние содержания и характеристик фибры на коэффициент истираемости сталеві фібробетона с цементно-песчаной матрицей / В.А. Дорф, Красновский // Технологии бетонов. – 2013. - №12. – С. 40-42.

5. DBV-Merkblatt. Stalfaserbeton. – DeutscherBeton- und Bautechnik-Verein. – 2001.

6. Дворкін Л.Й. Проектування складів бетону / Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін. - Рівне: НУВГП, 2015- 353 с.

7. Дворкін Л. Й. Основи бетонознавства / Л. Й. Дворкін, О. Л. Дворкін. - К.: Основа, 2007. – 616 с. 8. СТО НОСТРОЙ 2.27.125 – 2013. Конструкции транспортных тоннелей из фібробетона. - М.: ЦИТП, 2015. – 103 с.