

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ, ВИГОТОВЛЕНОГО З ТЕРМОСИЛОВИМ ВПЛИВОМ З ВИКОРИСТАННЯМ ХІМІЧНИХ ДОБАВОК

Досліджено основні фізико-механічні властивості бетону (міцність на стиск, стиранність, водопоглинання, морозостійкість) виготовленого з термосиловим впливом з використанням хімічних добавок (С-3, УПБ-М(НФ), Пороліт, Procon Special, Procon Plus). Проведено рентгеноструктурний аналіз та дослідження мікроструктури бетону, виготовленого термосиловим способом із застосуванням хімічних добавок, на електронному мікроскопі.

Вступ

В останні роки в усіх індустріально розвинених країнах поширюється застосування бетону з покращеними фізико-механічними властивостями. Це дозволяє суттєво знизити матеріаломісткість і підвищити довговічність конструкцій будівель і споруд в порівнянні з конструкціями зі звичайного бетону міцністю 20...40 МПа [1]. Середня міцність бетонів, що застосовуються в Україні, майже вдвічі нижча, ніж в США, і на 30...50 % нижча, ніж в Європейських країнах. Для будівництва будівель і споруд в Україні максимальна міцність бетону складає 60 МПа. Ефективні конструкції з важких бетонів складають в Україні 0,5 % від загального обсягу, в США — більше 1,0 % від загального обсягу, в Норвегії — більше 10 % [2].

Основна увага в розвитку бетонознавства приділяється отриманню якісних конкурентноспроможних бетонів, до яких слід віднести бетони з високою ранньою і нормативною міцністю, а застосування термосилового способу виробництва бетонних виробів дозволить не лише зменшити витрату матеріалів, але й підвищити показники міцності, морозостійкості та інші фізико-механічні властивості.

Метою статті є дослідження фізико-механічних властивостей та мікроструктури бетону, виготовленого з термосиловим впливом з використанням хімічних добавок.

Основними задачами дослідження є: дослідження залежності основних фізико-механічних властивостей бетону від виду та кількості хімічної добавки, величини тиску та температури; дослідження структури отриманого бетону за допомогою електронної мікроскопії.

Основна частина

На початковому етапі розв'язання поставлених задач було проведено дослідження міцності бетону на стиск. Визначення міцності бетону виконувалося згідно з ГОСТом 10180-90 на зразках розміром 100×100×100 мм, які мали правильну геометричну форму та поверхню без дефектів у віці 28 діб, виготовлених при хіміко-термосиловому впливі. Дослідження проводилося на бетоні орієнтовного складу Ц:П:Щ — 1:1,86:2,84 та В/Ц — 0,2...0,25 зі зміною вмісту цементу в залежності від виду хімічної добавки. В якості в'язучого використовувався цемент М400 Балакліївського заводу, як крупний та дрібний заповнювач — щебінь фракції 5—10 мм (Стрижавський кар'єр) та пісок (Дніпровський річковий). Результати досліджень наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Міцність бетону на стиск

Показники	Хімічна добавка				
	С-3	УПБ-М (НФ)	Procon Special	Procon Plus	Пороліт
Маса зразка, кг	2,464	2,565	2,521	2,532	2,543
Міцність, МПа	75,50	75,08	67,55	63,10	72,05
Щільність, кг/м ³	2496	2594	2549	2532	2491

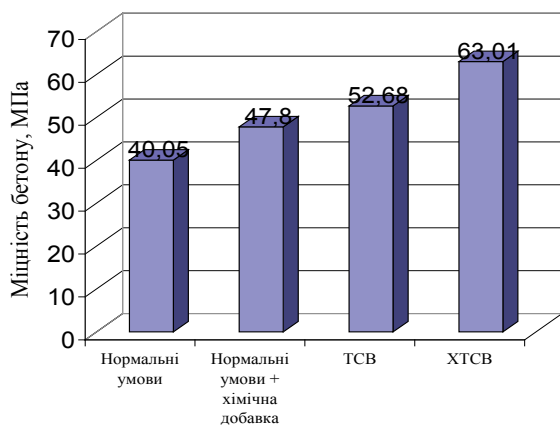


Рис. 1. Порівняння міцності бетону у віці 28 діб, виготовленого за нормальних умов, з термосиловим впливом (ТСВ) та з хіміко-термосиловим впливом (ХТСВ) (Procon Plus)

В порівнянні з існуючими способами виготовлення бетону термосиловий вплив з використанням хімічних добавок показав приріст міцності в 1,57 рази. Отримані результати показані на рис. 1.

Визначення стиранності бетонного зразка виконувалося у відповідності до ГОСТу 13087-81. Під час виконання лабораторних досліджень бетонні зразки було поділено на пластинки товщиною 0,9 см та розмірами 4,8×4,8. Випробування проводили за допомогою кола стирання «ЛКІ-3».

Результати випробувань наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Визначення стиранності бетонних зразків

Показники	Хімічна добавка				
	С-3	УПБ-М (НФ)	Procon Special	Procon Plus	Пороліт
Маса зразка до стирання, г	61,6	64,1	63	63,3	63,6
Маса зразка після стирання, г	57,1	59,3	57,5	57,7	58,5
Площа стирання, см ²	23,0	22,99	22,93	22,97	23,01
Ступінь стиранності зразка, г/см ²	0,195	0,209	0,239	0,243	0,221

Коефіцієнт ефективності дослідження стиранності для порівняння різних способів виготовлення бетону визначається за формулою

$$K_{\text{еф}} = \frac{G^{\text{ТСВ}}}{G_{28}^{\text{Н}}} \quad \text{або} \quad K_{\text{еф}} = \frac{G^{\text{Н+Х}}}{G_{28}^{\text{Н}}}, \quad \text{або} \quad K_{\text{еф}} = \frac{G^{\text{ХТСВ}}}{G_{28}^{\text{Н}}},$$

де $G^{\text{ТСВ}}$ — стиранність бетону виготовленого з термосиловим впливом; $G^{\text{ХТСВ}}$ — стиранність бетону виготовленого з термосиловим впливом з використанням хімічних добавок; $G^{\text{Н+Х}}$ — стиранність бетону виготовленого за нормальних умов з використанням хімічних добавок; $G_{28}^{\text{Н}}$ — стиранність бетону виготовленого за нормальних умов.

Порівняння результатів стиранності бетонних зразків за різних способів виготовлення наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Порівняння стиранності бетону виготовленого різними способами

Показники	Спосіб виготовлення бетонних зразків			
	Нормальні умови	Нормальні умови + хімічна добавка	ТСВ	ХТСВ
Маса зразка до стирання, г	49,5	50,4	51,1	63,6
Маса зразка після стирання, г	43,9	44,9	45,7	58,5
Площа стирання, см ²	23,04	23,03	23,01	23,01
Ступінь стиранності зразка, г/см ²	0,243	0,239	0,235	0,221
Коефіцієнт ефективності	1	1,017	1,03	1,099

Проведені дослідження стиранності бетонних зразків показали, що поєднання таких факторів як температура, тиск та вплив хімічних добавок покращує опір стиранності. При цьому, випробування бетонних зразків здійснювалося відповідно до ГОСТу 12730.3-78. Загалом проводилося 32 випробування (8 серій по 4 зразки). Отримані результати наведені в табл. 4.

Визначення водопоглинання бетонних зразків

Показники	Хімічна добавка				
	С-3	УПБ-М (НФ)	Procon Special	Procon Plus	Пороліт
Маса зразка в насиченому стані, кг	2,486	2,578	2,557	2,569	2,613
Маса зразка в сухому стані, кг	2,456	2,544	2,518	2,530	2,565
Водопоглинання за масою, %	1,221	1,336	1,548	1,542	1,871

Коефіцієнт ефективності для порівняння властивості водопоглинання бетону за термосилового впливу з використанням хімічних добавок склав 0,39. Результати досліджень наведені на рис. 2.

Аналіз проведених досліджень показав, що додавання до бетону хімічних добавок (особливо пластифікаторів) за термосилового впливу зменшує водопоглинання бетону.

Дослідження морозостійкості проводилися на бетонних зразках виготовлених за нормальних умов, ТСВ та ХТСВ. Всі випробування проводилися відповідно до чинного ДСТУ Б В.2.7-49-96 «Бетони. Прискорені методи визначення морозостійкості при багаторазовому заморожуванні та відтаванні».

Всі зразки випробовувалися за режимом, параметри якого наведені в табл. 5.

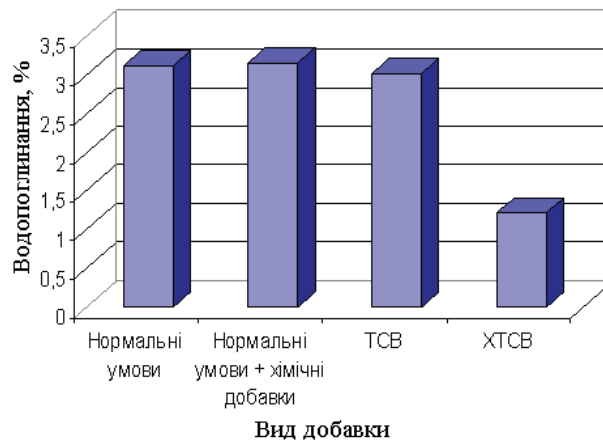


Рис. 2. Порівняння водопоглинання бетону виготовленого за різних умов

Таблиця 5

Розмір зразків, мм	Режим випробовування			
	Заморожування		Відтавання	
	Термін, год.	Температура, °C	Термін, год.	Температура, °C
100×100×100	2,5	-18 (± 2)	2,0 (± 0,5)	18 (± 2)

Результати випробувань показані на рис. 3.

Дослідження показують, що зниження міцності бетонних зразків з хімічними добавками менша ніж у зразків виготовлених в нормальних умовах та за ТСВ (рис. 4).

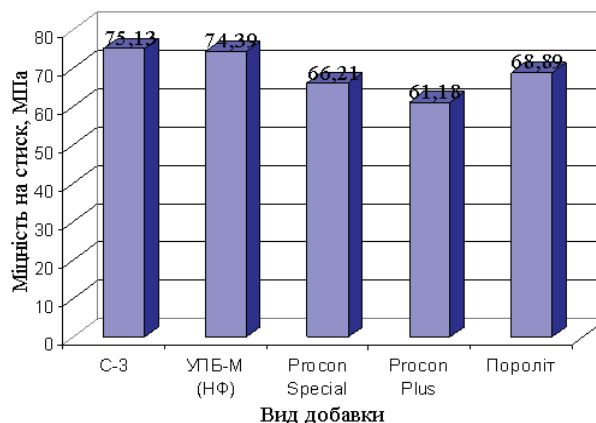


Рис. 3. Міцність бетону після 100 циклів заморожування-відтавання

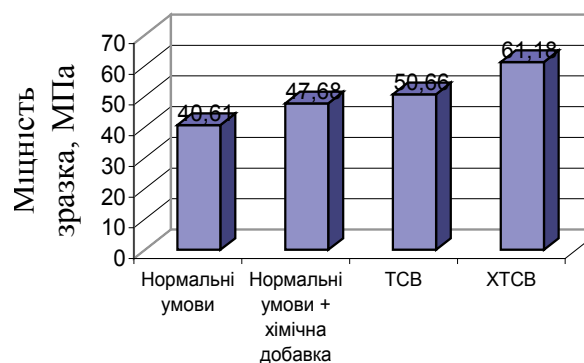


Рис. 4. Порівняння міцності бетонних зразків, виготовлених у різних умовах

З метою визначення механізму впливу суперпластифікатора С-3, який показав найкращі результати в усіх випробуваннях, на формування структури та міцності цементних композитів за термосилового впливу досліджений фазовий склад пластифікованого цементного каменя виготовленого за термосиловою технологією у віці 28 діб.

На рис. 5 показані результати електронної мікроскопії бетонного зразка з хімічною добавкою

С-3 у віці 28 діб. З рисунків можна зробити висновок, що структура бетонного каменю щільна, це характерно для важкого бетону. За детального розгляду можна побачити наявність кристалічної структури, яка представлена у вигляді гідроксиду кальцію.

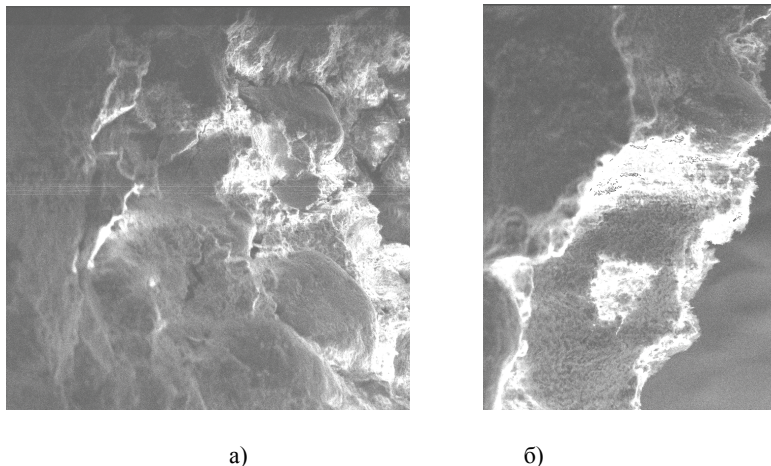


Рис. 5. Електронні мікрофотографії поверхні сколу бетону з хімічною добавкою С-3 після 28 діб тверднення зі збільшенням: а — у 1000 раз; б — у 2000 раз

За результатами досліджень отримано патент на корисну модель на спосіб виготовлення бетонних виробів [6].

Висновки

Аналіз проведених експериментальних досліджень міцності бетону показав доцільність використання термосилового впливу та хімічних добавок для отримання високоякісного бетону. В порівнянні з бетоном, виготовленим за нормальних умов і ТСВ, приріст міцності збільшився в 1,5—1,9 рази і 1,2—1,4 рази відповідно. Дослідження водопоглинання бетонних зразків показало, що найменше значення має зразок з хімічною добавкою С-3, а саме 1,22 %. Решта зразків теж мають високі результати в порівнянні з іншими технологіями виготовлення. Визначення морозостійкості виготовлених бетонних зразків дозволило визначити їх марку, яка відповідає F400 і відповідає класу бетону В 40. Встановлена марка перевищує показники морозостійкості бетонних зразків, які твердили за нормальних умов та за термосилового впливу. Дослідження мікроструктури бетону за допомогою електронного мікроскопу показали наявність новоутворень у вигляді портландиту, слюди та кремнію, а також позитивний вплив комплексної дії температури, тиску та хімічної добавки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баженов Ю. М. Технология бетона : [учеб.] / Ю. М. Баженов. — М. : Изд-во АСВ, 2002. — 500 с.
2. Баженов Ю. М. Модифицированные высокопрочные бетоны / Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. — М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. — 368 с.
3. Бетоны. Методы определения водопоглощения: ГОСТ 12730.3-78 — [Дата введения 1978-12-01]. — М. : Государственный комитет СССР по делам строительства, 1980. — 3 с. — (Межгосударственный стандарт).
4. Бетоны. Методы определения истираемости: ГОСТ 13087-81 — [Дата введения 1982-01-01]. — М. : Государственный комитет СССР по делам строительства, 1982. — 5 с. — (Межгосударственный стандарт).
5. Будівельні матеріали. Бетони. Прискорені методи визначення морозостійкості при багаторазовому заморожуванні та відтаванні: ДСТУ Б В.2.7-49-96. — [Чинний від 1997-04-01]. — К. : Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. — 5 с. — (Державний стандарт України).
6. Пат. 43678 Україна, МПК(2009) В28В 1/08. Спосіб виготовлення бетонних виробів / Дудар І. Н., Швець В. В., Гарнага В. Л.; власник Вінницький національний технічний університет. — № у 2009 03276; заявл. 06.04.2009; опубл. 25.08.2009, Бюл. № 16.

Рекомендована кафедрою містобудування та архітектури

Стаття надійшла до редакції 19.04.11
Рекомендована до друку 22.04.11

Гарнага Вікторія Леонідівна — асистент.

Кафедра містобудування та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця