

УДК 666.94

**СПОСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ ТРИЩИНОСТІЙКОСТІ
ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОНІВ**

**СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ
ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ**

**METHODS OF REGULATION OF FRACTURE TOUGHNESS OF HIGH
STRENGTH CONCRETES**

**Солодкий С.Й., д.т.н., проф., Марків Т.Є., к.т.н., доц., Холод Т.П., студент
(Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів)**

**Солодкий С.Й., д.т.н., проф., Маркив Т.Є., к.т.н., доц., Холод Т.П.,
студент (Национальный университет «Львовская политехника», г. Львов)**

**Solodkyy S., doctor of technical sciences, professor, Markiv T., candidate of
technical sciences, associate professor, Holod T.P., student (Lviv Polytechnic
National University, Lviv)**

**Наведені результати досліджень впливу рецептурно-технологічних
чинників на властивості високоміцних бетонів.**

**Приведенные результаты исследований влияния рецептурно-
технологических факторов на свойства высокопрочных бетонов.**

**The effects of concrete composition and technological factors on properties of
high strength concrete.**

Ключові слова:

Високоміцний бетон, тріщиностійкість, міцність, повна діаграма стану.

Высокопрочный бетон, трещиностойкость, прочность, полная диаграмма
состояния.

High strength concrete, fracture toughness, strength, complete diagram.

Вступ. На сучасному етапі розвитку будівельної індустрії високоміцні бетони все частіше використовуються для зведення гідротехнічних споруд, колон висотних будівель, великопрольотних мостів та інших транспортних споруд. Основні переваги високоміцних бетонів пов'язані з можливістю зменшення розміру поперечного перерізу елемента конструкції, яка працює на стиск та/або кількості поздовжньої арматури необхідної для армування. При цьому маса конструкції знижується і відповідно знижується її вартість.

Водночас, до основного недоліку таких бетонів можна віднести їх підвищену крихкість, тобто здатність руйнуватися миттєво при досягненні граничних навантажень.

Аналіз останніх джерел досліджень. Відомо [1, 2], що процес руйнування бетону відбувається внаслідок зародження і поширення тріщин. В роботі [2] за допомогою аналізу повних діаграм стану досліджено вплив рецептурно-технологічних факторів таких як активність і витрата портландцементу, коефіцієнт розсунення зерен крупного заповнювача на характеристики тріщиностійкості важких бетонів та встановлено, що якнайкраще опираються зародженню, розвитку і поширенню тріщин бетони з певним діапазоном цих значень. Баженов Ю.М. [3] стверджує, що руйнування бетону залежить від сполучення дефектів структури, похибок випробувань та інших чинників, ймовірність тих чи інших сполучень підкоряється законам статистики. Тому прогрес в бетонознавстві значною мірою пов'язується з розвитком уявлень у галузі механіки руйнування бетону.

Постановка мети і задач досліджень. Дослідити вплив різних рецептурно-технологічних чинників на показники міцності та тріщиностійкості високоміцних бетонів.

Методика досліджень. В дослідженнях використано портландцемент ПЦ І-500-Н. Фізико-механічні властивості портландцементу, які визначали згідно ДСТУ Б В.2.7-188 [4], ДСТУ Б В.2.7-185 [5], ДСТУ Б В.2.7-187 [6], наведені в табл. 1.

В дослідженнях використано суперпластифікатор на основі полікарбоксилатів ($\rho=1,05$ г/см³, С=20%) для забезпечення необхідних властивостей суміші та затверділого бетону. Пісок ($M_{кр}=1,8$) та гранітний щебінь фракції (5-20 мм) використані при виготовленні бетонних сумішей, склади яких представлені в табл. 2. Об'єм втягнутого повітря в бетонних сумішах коливався в межах 2,0-2,5%.

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості портландцементу

Питома поверхня, м ² /кг	Залишок на ситі А ₀₀₈ , %	НГТ, %	Терміни тужавіння, хв		Границя міцності при стиску, МПа, у віці, діб	
			поч.	кін.	7	28
340	1,6	29,5	150	210	25,4	52,1

Приготування, зберігання та випробування зразків проводили відповідно до діючих стандартів ДСТУ Б В.2.7-214:2009 [7], ДСТУ Б В.2.7-227:2009 [8].

Таблиця 2

Склади та властивості бетонних сумішей
марки за легкоукладальністю РЗ

Умовне позначення бетону	Цемент (кг/м ³)	Пісок (кг/м ³)	Щебінь (кг/м ³)	Суперпластифікатор (% від цементу)	В/Ц	ОК(см)
Ц350(Е (контрольний), В/Ц=0,57, Ц= 1230 кг/м ³)	350	600	1230	-	0,57	15
Ц350СП (В/Ц=0,51, Ц= 1230 кг/м ³)	350	600	1230	1	0,51	14
Ц430 (В/Ц=0,51, Ц= 1230 кг/м ³)	430	520	1230	-	0,51	14
Ц510 (В/Ц=0,47, Ц= 1180 кг/м ³)	510	500	1180	-	0,47	14

Результати досліджень. Вивчення впливу рецептурно-технологічних факторів на міцність високоміцних бетонів показали, що із збільшенням витрати портландцементу міцність бетонів закономірно зростає порівняно з контрольним складом бетонів (рис. 1). Так, збільшення витрати портландцементу на 80 кг/м³ порівняно з контрольним складом призводить до зростання міцності через 3, 7 та 28 діб на 32, 16 і 26% відповідно. При витраті портландцементу 510 кг/м³ (на 160 кг/м³ більше порівняно з контрольним складом) та збільшенні коефіцієнта розсуву зерен крупного заповнювача кінетика набору міцності бетону суттєво не змінюється порівняно з бетоном, що містить 430 кг/м³ портландцементу, а одержана міцність через 28 діб тверднення дозволяє віднести ці бетони до класу за міцністю на стиск В40. Зменшення водоцементного відношення від 0,57 до 0,47 супроводжується ущільненням структури бетону. При цьому водопоглинання знижується на 26-36% (рис. 2).

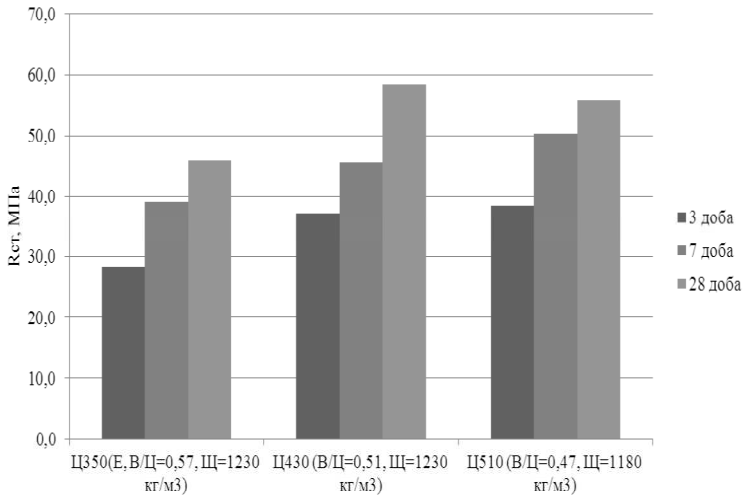


Рис. 1. Міцність високоміцних бетонів

Одержані повні діаграми стану свідчать про те, що із збільшенням витрати портландцементу на 80 кг/м^3 тріщиностійкість бетонів зростає (рис. 3). Водночас, при витраті портландцементу 510 кг/м^3 та із збільшенням коефіцієнта розсуву зерен крупного заповнювача від 1,51 до 1,63 відбувається зниження тріщиностійкості бетонів. Це можна пояснити тим, що із зростанням витрати портландцементу більшою мірою проявляється вплив підвищеної усадки бетону і пов'язаного з нею раннього тріщиноутворення.

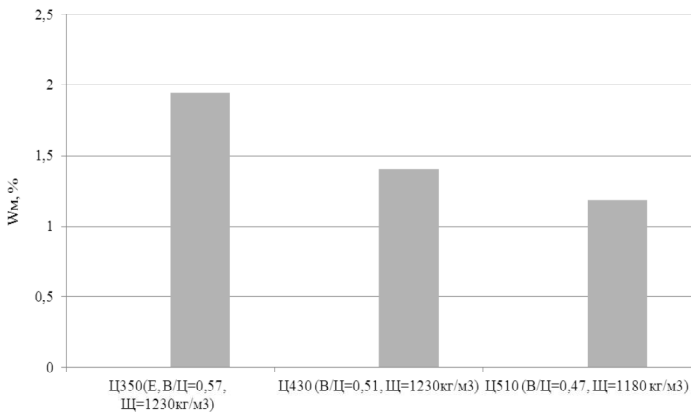


Рис. 2. Водопоглинання високоміцних бетонів

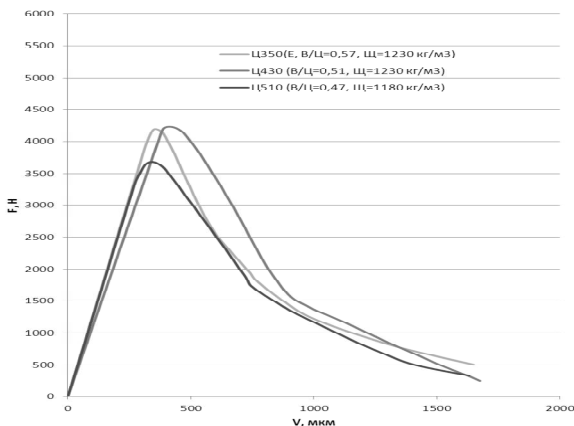


Рис. 3. Повні діаграми стану високоміцних бетонів з різною витратою портландцементу

Введення 1 мас.% суперпластифікатора в бетонну суміш дозволяє зменшити водоцементне відношення з 0,57 до 0,51. При цьому міцність через 28 дів тверднення зростає від 46, 1 до 55 МПа (рис. 4). Слід відзначити, що бетон з добавкою суперпластифікатора на основі суміші марки за легкоукладальністю Р3 характеризується найбільшим навантаженням в точці зламу діаграми (рис. 5).

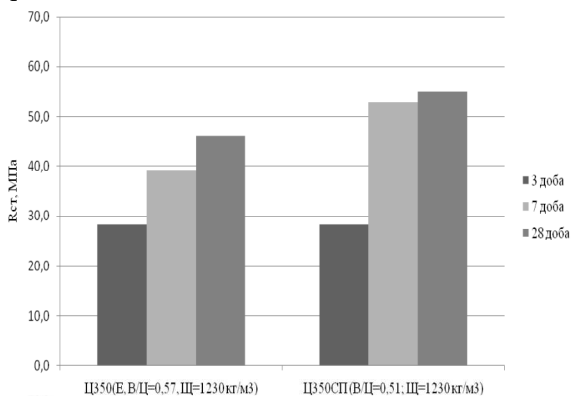


Рис. 4. Міцність високоміцних бетонів

Проведені дослідження свідчать, що витрата портландцементу відіграє важливу роль як в забезпеченні міцнісних, так і показників тріщиностійкості високоміцних бетонів.

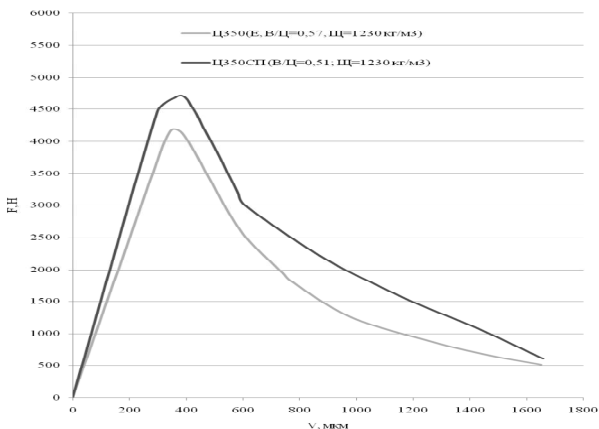


Рис. 5. Повні діаграми стану бетонів з різним водоцементним відношенням

Висновки. Проведеними дослідженнями встановлено, що зміна рецептурно-технологічних чинників дозволяє регулювати показники міцності та тріщиностійкості високоміцних бетонів. Як свідчать результати досліджень, бетони однакової міцності на стиск можуть мати різний рівень тріщиностійкості. При цьому зменшення водоцементного відношення та витрата портландцементу відіграють ключову роль в забезпеченні підвищеної тріщиностійкості. Так, при збільшенні витрати портландцементу від 350 до 410 кг/м^3 ($W/C=0,51$) забезпечується приріст значень характеристик тріщиностійкості. Водночас, найбільшим навантаженням в точці зламу повної діаграми стану характеризується бетон з витратою портландцементу 350 кг/м^3 ($W/C=0,51$) та добавкою суперпластифікатора.

1. Зайцев Ю.В., Сахи Д.М., Пирадов К.А. Механіка розрушення бетонів різної макроструктури. – М.: МГОУ, 2002. – 225 с. 2. Солодкий С. Тріщиностійкість бетонів на модифікованих цементях: Монографія. - Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка» - 2008. – 144 с. 3. Баженов Ю.М. Технологія бетона. – М.: Изд-во АВС, 2003. - 500 с. 4. ДСТУ Б В.2.7-188. Цементи. Методи визначення тонкості помелу. - К.: Укрархбудінформ, 2010. – 6 с. 5. ДСТУ Б В.2.7-185. Цементи. Методи визначення нормальної густоти, строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму. - К.: Укрархбудінформ, 2010. - 10с. 6. ДСТУ Б В.2.7-187. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск. - К.: Укрархбудінформ, 2010. - 22с. 7. ДСТУ Б В.2.7-214. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. - К.: Укрархбудінформ, 2010. - 43 с. 8. ДСТУ Б В.2.7-227. Бетони. Методи визначення характеристик тріщиностійкості (в'язкості руйнування) при статичному навантаженні. - К.: Укрархбудінформ, 2010. - 23 с.