

МІЦНІСТЬ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ПРОСОЧЕНИХ СІРКОЮ

© Цібеленко П.П., Шакуров Д.Д., 2007

Досліджено вплив просочення сіркою кристалічною і полімерною модифікаціями на міцність бетонних елементів прямокутного перерізу за дії навантаження. Подано методику досліджень та експериментальні результати бетонних елементів за вказаних умов.

Explored influencing of sulphurating by crystalline and polymeric modification on durability of concrete elements of that rectangular cuts at the action of loading. A research method and experimental results of concrete elements in given at the indicated terms.

Постановка проблеми. Підвищення довговічності і надійності роботи залізобетонних конструкцій за дії різних агресивних середовищ, кліматичних умов і навантажень є важливим завданням. Одним із ефективних способів підвищення фізико-механічних, а інших характеристик бетону є просочування різними розчинами і композиціями, а особливо мономерами, з подальшою полімеризацією безпосередньо в порах бетону. Такі матеріали отримали назву бетонополімери. Внаслідок ущільнення структури бетону полімером в декілька разів зростає його міцність, значно підвищується морозостійкість і стійкість в агресивних середовищах, покращуються інші властивості. Але широкому застосуванню бетонополімерів для створення ефективних конструкцій стає перешкодою дефіцит і висока вартість мономерів, їх випаровування, токсичність і складність технології. Як недорогий і не менш ефективний просочуваний матеріал для бетону почала застосовуватись сірка.

Актуальність досліджень і публікацій. Досліди В.І. Бабушкіна, А.М. Волгушева, В.П. Манзія, М.І. Мовчана, Ю.І. Орловського, В.В. Потуроева, Д.А. Угінчуса [1, 2, 3, 4] показали ефективність просочування бетонів розчином сірки різних модифікацій, розроблена технологія просочування, вивчені основні властивості бетонів і їх довговічність, які отримали назву бетоносіркополімерів. Виконані на сьогоднішній день досліди не дають змогу розв'язати багато завдань, пов'язаних з розрахунком залізобетонних елементів, частково або повністю просочених розчином сірки, в тому числі полімерної, за різних силових дій і навантажень. Відсутність науково обґрунтованих рекомендацій з визначення фізико-механічних характеристик бетоносіркополімерів і розрахунку елементів на їх основі є перешкодою впровадженню цього матеріалу в практику будівництва і проектування.

Постановка задач досліджень. Поданий вище короткий аналіз стану питання свідчить про те, що фізико-механічні властивості бетонних елементів, просочених сіркою, є маловивченими, бо виникає необхідність в глибшому та ґрунтовнішому їх дослідженні. Провести порівняння теоретичної (прогнозованої) поведінки бетонних елементів, просочених сіркою, з тією, яка була отримана експериментально.

Експериментальні дослідження та їх результати. Для реалізації поставлених завдань були виготовлені взірці: куби з розмірами грані 10 см, призми розміром 10x10x40 см. Дослідні взірці виготовлялись в лабораторних умовах за принциповою схемою, показаною на рис. 1.

Після виготовлення взірці висушувались в спеціальній сушильній камері за температури 100...120 °С протягом трьох діб до постійної ваги і половина із них безпосередньо після сушіння в гарячому стані поміщалась в камеру просочування з розчином сірки за температури 150±5 °С .

На рис. 2 показано схему просочування виробів розчином сірки.

Після просочування зрізці виймалися із розчину, охолоджувались і очищались від напливів сірки.

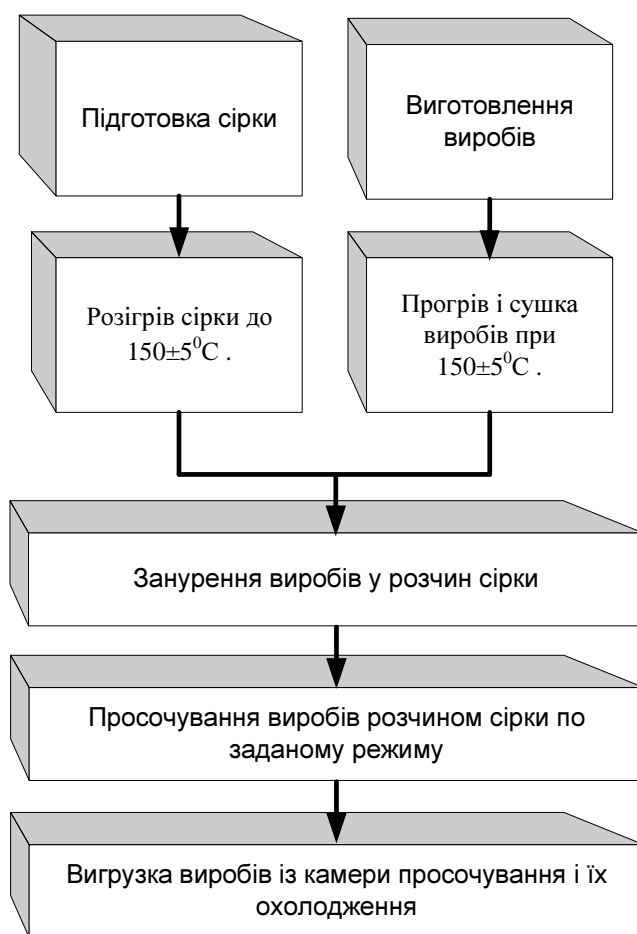


Рис. 1. Принципова схема виготовлення дослідних зразків

Характеристика бетону дослідних зрізків після просочування розчином сірки наведена в табл. 1. Міцнісні характеристики непросочених і просочених зрізків встановлювались за результатами випробувань кубів і призм.

Таблиця 1

**Характеристика бетону дослідних зразків
після просочування в розчині сірки**

Серія	Призмova міцність (середня), R_m , МПа	Відсоток поглинутої сірки (середній по призмах)	Відсоток поглинутої сірки по балках (середній по близнюках)		
			П – 8	П – 12	П
П – I _П (к)	64,3	2,4	2,4	2,4	2,5
П – II _П (к)	65,3	4,6	9,3	7,2	4,3
П – I _П (П)	78,2	3,4	2,8	3,2	3,7
П – II _П (П)	83,4	5,6	9,2	8,4	5,5

Паралельно з просоченими зрізками випробовувались контрольні (непросочені) для зіставлення обох видів бетону за короткодійного навантаження.

Оцінка ефективності просочування на міцнісні характеристики бетону проводилась за коефіцієнтом зміцнення. Як показали випробування просочених і контрольних зрізків (табл. 2) на

стиск, коефіцієнти зміцнення бетону внаслідок просочування кристалічною сіркою становили: для кубів – 1,98...3,4, для призм – 1,58...2,75. Для взірців, просочених полімерною сіркою, коефіцієнти зміцнення виявились вищі і становили: для кубів – 2,15...4,5, для призм – 1,7...3,2. Це пояснюється підвищеною адгезією між компонентами бетону під час його просочування полімерною сіркою.

Дослідами [5] встановлено, що величина коефіцієнта зміцнення залежить від початкової міцності бетону, водоцементного відношення і кількості поглинутої бетоном сірки. Максимальна величина коефіцієнта зміцнення в наших дослідах становила: під час просочування бетону кристалічною сіркою – 3,4 за кількості поглинутої сірки 15,2 %; полімерної – 3,8 за кількості поглинутої сірки 14,2 %.

При цьому початкова міцність бетону, що дорівнює 0,4, становить 9,3 МПа. Для зіставлення на графіках (рис. 3) наведено результати експериментів В.П. Мандзія [5].

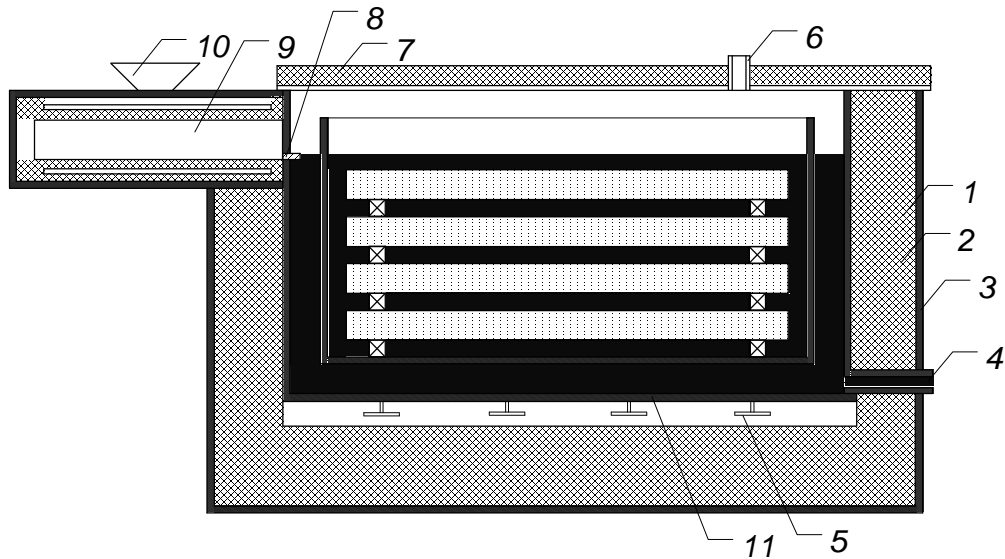


Рис. 2. Схема камери просочування виробів розчином сірки:

- 1 – внутрішня сталевий смісті; 2 – теплоізоляція; 3 – кожух камери просочування; 4 – патрубок для зливання розчину; 5 – трубчасті електронагрівачі; 6 – патрубок для приєднання вакуумнасоса; 7 – кришка; 8 – патрубок для зливання розплаву сірки в камеру просочування; 9 – правитель; 10 – бункер для завантаження сірки в правитель; 11 – контейнер

Аналіз результатів, наведених в табл. 2 і показаних на рис. 3, говорить про те, що коефіцієнт зміцнення функціонально залежить від початкової міцності бетону, водоцементного відношення і кількості поглинутої бетоном сірки. Заштрихована область (рис. 3, а) показує, що відхилення величин коефіцієнта зміцнення від середніх значень знаходиться в межах $\pm 15\%$.

Таблиця 2

Міцнісні характеристики бетону на стиск

Серія	S, %	Кубикова міцність, МПа		K_y	Призмova міцність, МПа		K_y	Коефіцієнт призмovoї міцності	
		до просочування	після просочування		до просочування	після просочування		до просочування	після просочування
П- I _П (к)	2,4	42,5	84	1,98	40,7	64,3	1,58	0,96	0,77
П- II _П (к)	4,6	36	85,5	2,38	31,4	65,3	2,08	0,87	0,76
П- I _П (П)	3,4	42,5	91,5	2,15	40,7	78,2	1,92	0,96	0,85
П- II _П (П)	5,6	36	93,4	2,59	31,4	83,4	2,66	0,87	0,89

Величина коефіцієнта призмової міцності для контрольних зрізів становила 0,87...0,96; для зрізів, просочених кристалічною сіркою, – 0,75...0,78; просочених полімерною сіркою – 0,8...0,89. Оскільки ефективність просочування бетонів розчином сірки відчувається передусім підвищенням міцності, можна припустити, що ефект зміцнення бетону буде найбільш відчутним за розтягу, особливо для зрізів, які мають пружно-пластичні деформації. Це підтвердилось випробуваннями призми на осьовий розтяг (табл. 3, рис. 4).

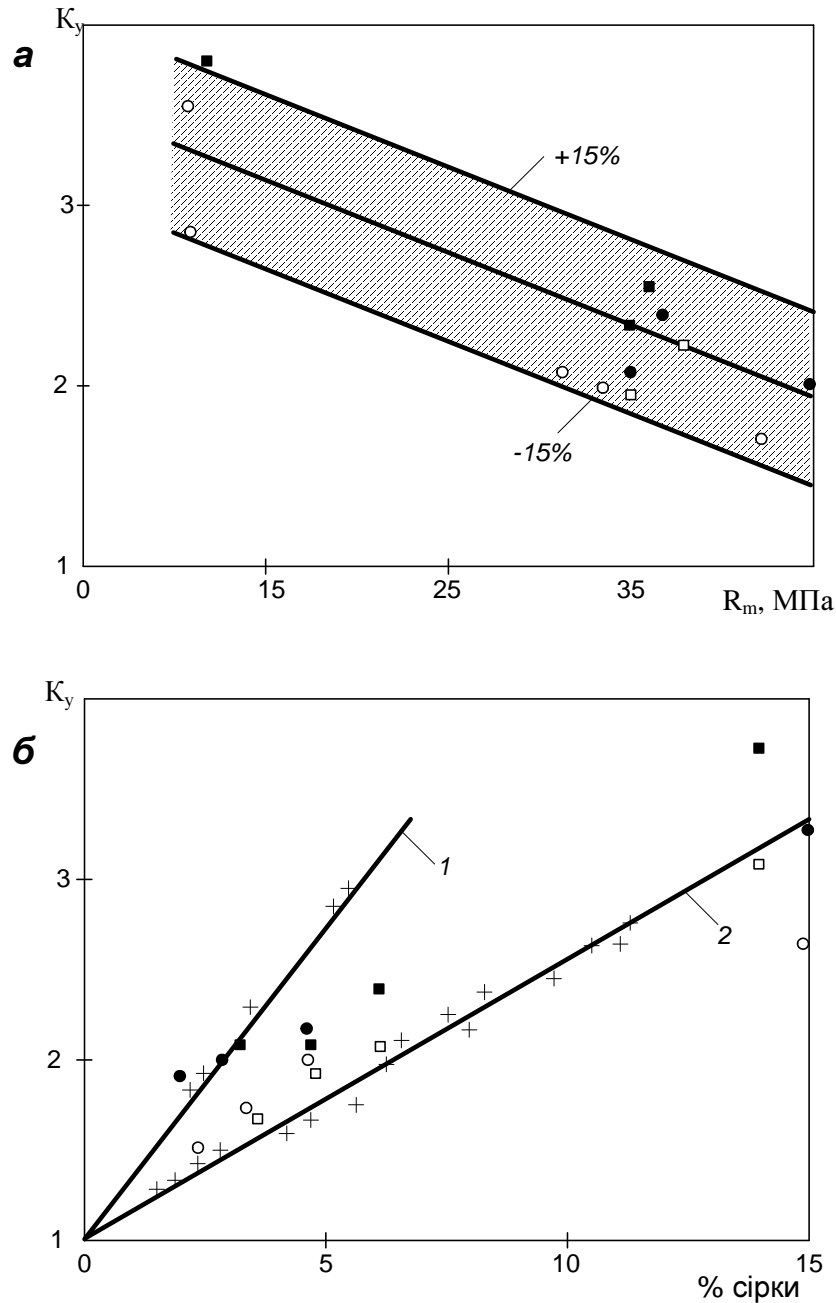


Рис. 3. Залежність коефіцієнта зміцнення бетону на стиск від: а – початкової міцності бетону (до просочування); б – кількості поглинутої сірки та водоцементного відношення: 1 – $W/C=0,6$; 2 – $W/C=0,4$. Умовні позначення: затушована крапка – кубикова міцність (кристалічна сірка); порожня крапка – призмova міцність (кристалічна сірка); квадрат – полімерна сірка; хрестик – дані В.П. Манзія

Невисока міцність звичайного (непросоченого) бетону на розтяг пояснюється неоднорідністю структури бетону, наявністю пор, капілярів і різних дефектів, які викликають концентрацію напружень.

Міцнісні характеристики бетону на розтяг

Серія	S, %	Кубикова міцність, R_m , МПа	R_{bt} , МПа	R_{bt}/R_m	$R_{bt,im}/R_{m,im}$	$R_{bt,im}/R_{bt}$
П -Ін	-	42,5	2,31	0,054	-	-
П -ІІн	-	36,0	2,18	0,061	-	-
П -І _П (к)	2,4	84,0	5,65	-	0,067	2,45
П -ІІ _П (к)	4,6	85,5	6,52	-	0,076	2,99
П -І _П (П)	3,4	91,5	8,91	-	0,098	4,00
П -ІІ _П (П)	5,6	93,4	9,25	-	0,099	4,24

Встановлено, що просочування бетону сіркою значно підвищує граничну міцність на розтяг, причому просочування дещо більше збільшує міцність на розтяг, ніж на стиск.

Коефіцієнт зміцнення бетону за одноосного розтягу призм: для дослідних складів бетону, просоченого кристалічною сіркою, становив 2,38...2,99, полімерною – 3,68...4,24. Залежність границі міцності бетону на стиск від міцності на розтяг призм показано на рис. 4.

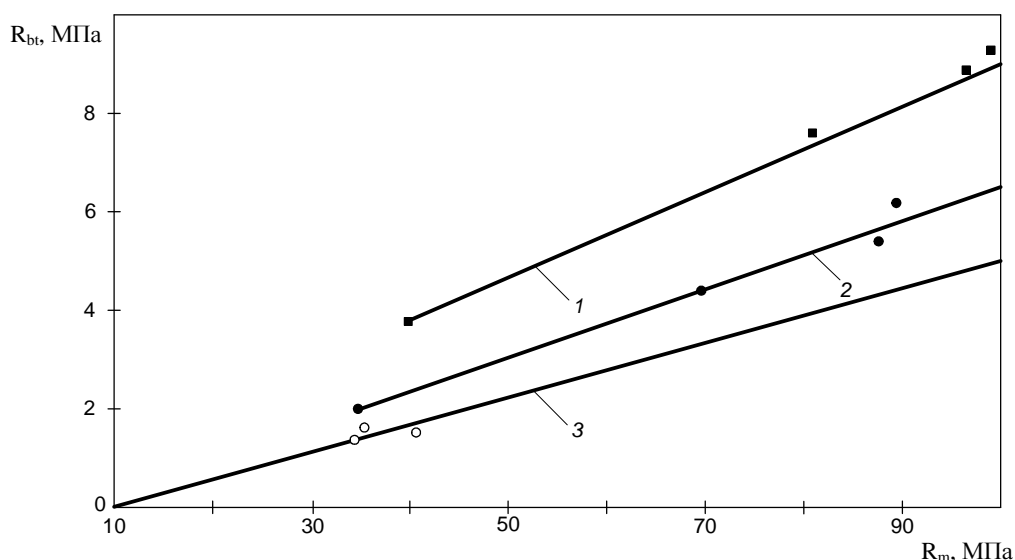


Рис. 4. Залежність міцності бетону на осьовий розтяг призм від кубкової міцності: 1 – бетон, просочений полімерною сіркою; 2 – бетон, просочений кристалічною сіркою; 3 – не просочений важкий бетон

Висновки. Виконані експериментальні дослідження показують, що просочування важкого бетону підвищує усі міцнісні характеристики вихідного бетону в декілька разів. При цьому коефіцієнт зміцнення залежить від кількості поглинутої сірки, початкової міцності бетону і водоцементного відношення. Просочування бетонів сіркою значно підвищує граничну міцність на розтяг, причому просочування дещо збільшує міцність на розтяг, ніж на стиск.

1. Патуров В.В., Орловский Ю.И., Мандзий В.П. Технология пропитки изделий раствором серы // Бетон и железобетон. – 1983. – № 7. – С. 28–29. 2. Орловский Ю.И., Мандзий В.П. Исследование свойств бетонов, пропитанных раствором серы // Строительство и архитектура. – 1980. – № 1. – С. 78–81. 3. Волчушев А.Н., Патуров В.В. Применение серы для пропитки поровой структуры строительных материалов // Бетон и железобетон. – 1976. – № 11. – С.38–39. 4. Цібеленко П.П. Перспективний будівельний матеріал // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій. – Львів, 2006. – № 8. – С. 106–107. 5. Манзий В.П. Разработка технологии и изучение свойств бетонных изделий, пропитанных раствором серы: Диссертация ... канд. техн. наук. – М., 1983.