

ВИКОРИСТАННЯ ТОРКРЕТ-БЕТОНУ ПРИ ПІДСИЛЕННІ БЕТОННИХ ТА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мазурак А.

Барабаш В.

Львівський державний аграрний університет

Використання торкретування – один з ефективних надійних способів нанесення захисних покриттів на бетонні поверхні, що піддані впливу агресивних середовищ і низьких температур, при виправленні дефектів в бетоні, підсиленні бетонних та залізобетонних конструкцій тощо.

Торкрет-бетонування при капітальному ремонті або реконструкції дозволяє максимально зберегти існуючі конструкції та забезпечити їх ефективну роботу в складі конструкцій будівлі або споруди, що реконструюються, а також забезпечує мінімальну тривалість періоду реконструкції [1, 5].

Торкретування – це бетонування конструкцій методом нанесення цемент-гарматою на поверхню опалубки або конструкції одного або кількох шарів цементно-піщаного розчину (торкрет) або бетон-шприц-машиною – бетонної суміші (набризк-бетон).

До складу торкрету входять цемент і пісок (або гравій розмірами частинок до 8-10 мм), а до складу набризк-бетону, крім того, ще додають грубий заповнювач розміром не більше, ніж 25-30 мм. В даній роботі незалежно від розмірів зерен заповнювача використано найбільш поширені терміни «торкретування» і «торкрет-бетон».

Проектуючи склад торкрет-бетону, необхідно враховувати ряд чинників: співвідношення між цементом і наповнювачем; гранулометричний склад наповнювача; обладнання, його характеристики тощо.

Складний механізм формування макроструктури торкрет-бетону можна представити у вигляді двох паралельних процесів:

- утворення на бетонній поверхні пластичного шару, який складається із розчину і заповнювача найдрібнішої фракції. Товщина шару цементного тіста і тонких фракцій, здатного поглинути та утримати енергію удару великих частин заповнювача, становить 5-10 мм.
- часткового проникнення в шар розчину зерен крупнішої фракції заповнювача (розмірами від 5 до 30 мм) й утворення торкретного шару.

В будівельній практиці використовується два види торкретування («сухе» та «мокре»), залежно від способу змішування та подачі суміші до сопла гармати.

При «сухому» торкретуванні, досягаючи бетонної поверхні, частинки утримуються на ній силами поверхневого натягу води. Максимальний розмір частин D , що утримуються на поверхні, визначаються із залежності енергії системи «частинка-вода» і визначаються за формулою

$$D \leq \frac{1,68\sigma}{\rho V^2 k_v^2}, \quad (1)$$

де σ – коефіцієнт поверхневого натягу води;

ρ – густина частинок;

V – швидкість частини в момент удару об поверхню;

k_v – коефіцієнт, що враховує втрату швидкості після удару.

Розрахунки показують, що для кварцового піску поперечний розмір частинок, що утримуються силою поверхневого натягу води, не повинен перевищувати 0,1 – 0,15 мм.

Ступінь проникнення частин у в'язкий шар залежить від форми, запасу кінетичної енергії та властивостей в'язкого середовища. Відносну глибину проникнення зерна кулястої форми (α), що виражена відношенням абсолютної глибини проникнення L до розмірів зерна D , визначають:

$$\alpha = \frac{L}{D} = \frac{\pi}{6} k_{np} \rho V, \quad (2)$$

де k_{np} – коефіцієнт проникнення.

Коефіцієнт проникнення k_{np} у даному випадку – величина, що характеризує консистенцію вкладеного шару. Значення k_{np} залежно від водовмісту торкрет-бетону наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Консистенція вкладеного шару торкрет-бетону залежно від водоцементного (в/ц) відношення [3]

Вид зерен заповнювача	Коефіцієнт проникнення $k_{np}, \frac{см^2 c}{г}$ при різних значеннях в/ц				
	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44
Округлі гладкі	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$9,8 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$
Не округлі з рваною поверхнею	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$6,2 \cdot 10^{-5}$	$8,7 \cdot 10^{-5}$	$9,9 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$

Регулюючи подачу води, можна отримати такий ступінь рухливості пластичного шару, щоб зерна заповнювача при певному запасі кінетичної енергії подолали сили опору і могли проникнути в цей шар на певну глибину, достатню для міцного їх зчеплення і утворення щільного моноліту. Як показують результати досліджень, оптимальне значення відносної глибини проникнення знаходиться в межах 0,5-1,0.

Встановлено оптимальне співвідношення між середніми розмірами зерен двох суміжних фракцій

$$D_{n+1} \approx 2D_n,$$

де D_{n+1} – діаметр проникного зерна; D_n – діаметр зерна на поверхневому шарі, з яким відбувається зіткнення.

При проектуванні складу сухої суміші для отримання торкрет-бетону заданого складу необхідно враховувати відскок.

Аналітична залежність кількості відскоку від основних технологічних чинників має вигляд

$$K_0 = \frac{\alpha \delta k_m}{\alpha \delta k_m + 1} 100\%,$$

де K_0 – величина відскоку в процентах від загального обсягу заповнювача, %;

δ – відношення об'ємних частин заповнювача і цементного тіста;

k_m – коефіцієнт, який враховує форму зерен заповнювача. Для зерен округлої форми він рівний 0,76-0,95, для зерен неправильної рваної форми – 1,1-1,25 [3].

Теоретичні дослідження і практичний досвід використання торкрет-бетону підтверджують, що максимальний відскок спостерігається при однофракційних заповнювачах, а мінімальний, коли подаються різні фракції заповнювача в рівних кількостях.

Мінімальний вміст цементу у вкладеному торкрет-бетоні повинен становити не менше 300 кг/м³. Значення водоцементного відношення торкрет-бетонної суміші при «мокрому» способі торкретування не повинно перевищувати 0,55, а при сухому способі торкретування – бути в межах 0,4-0,5 [4].

Бетонні поверхні перед нанесенням торкретного покриття акуратно очищають від бруду, жирних плям та інших неміцних нашарувань механічним способом.

Для запобігання накопичення відскоку при обробці поверхні раковини повинні розчищатися так, щоб утворювалось звужене заглиблення. Після розчистки раковин перед торкретуванням поверхню необхідно зволожувати.

Кут між стінкою раковини і поверхнею торкретування повинен становити близько 135°. Кути і ребра необхідно заокруглювати (рис. 1). Не рекомендується заповнювати торкретом вузькі щілини, оскільки в цьому випадку важко забезпечити якісне ущільнення суміші. Перед торкретуванням їх необхідно розшити під кутом 15° і забезпечити ширину D , рівну діаметру основи потоку бетонної суміші при нанесенні з відстані L (рис. 2, а, б, табл. 2).

Таблиця 2 – Основні параметри при заповненні стиків

Ширина щілини D , мм	150	130	120	100	80
Відстань сопла до поверхні нанесення з відстані L , см	80	70	60	50	40

Міцність зчеплення торкрет-бетону з основою (адгезія) повинна відповідати вимогам табл. 3. [4].

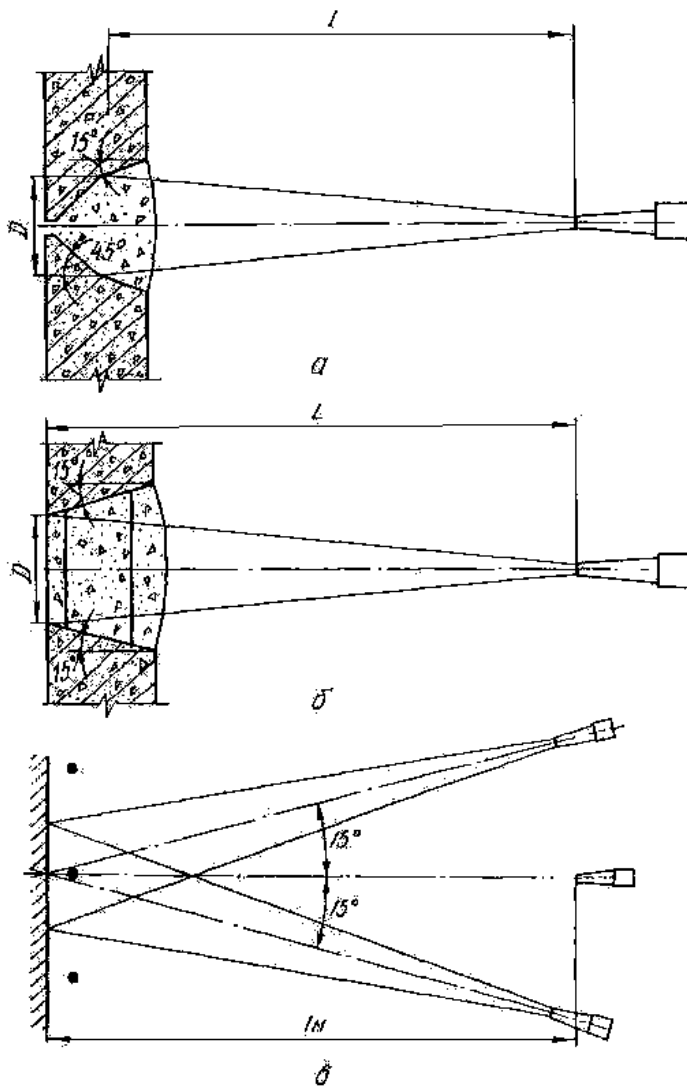
Таблиця 3 – Мінімальні значення адгезії торкрет-бетону з бетонною поверхнею

Вид адгезійного з'єднання	Міцність оброблюваної поверхні, МПа
конструктивний бетон	2,0
не конструктивний бетон	1,0



a – правильно; б – неправильно.

Рис. 1. Схема підготовки раковин під торкретування



a – без арматури; б – з арматурою;

в – напрямок потоку при діаметрі арматури 16-20 мм, D.

Рис. 2. Схема заповнення клиновидного стику

При роботі торкрету на відрив, при динамічних навантаженнях, а також торкретуванні по металу влаштовуються арматурні сітки, які кріпляться до основи анкерами. Діаметр арматурних стержнів повинен бути не більшим 10 мм, щоб запобігти утворенню за ними гнізд. При більших діаметрах особливої уваги потребує дотримання напрямку струменя (рис. 2, в).

Для спрощення виконання робіт та покращання якості торкрету стержні повинні бути розміщені один від одного на відстані не менше 10 d. Арматурна сітка жорстко має бути закріплена і влаштована на відстані не менше 10 мм від основи і 15 мм від поверхні.

Вкладений торкретний шар повинен витримуватися у вологому середовищі не менше 3-5 діб. Накриття і поливання торкрет-бетону необхідно починати не пізніше 6-8 год, а в жарку вітряну погоду – через 1,5-3 год.

Після закінчення роботи поверхню торкрету необхідно захистити від сильних механічних впливів. Лише після досягнення міцності торкрету 3-5 МПа дозволяється переміщення по ньому, влаштування риштувань, опалубки тощо.

Торкрет-бетон є ефективним засобом підсилення залізобетонних конструкцій, що забезпечується його високою щільністю, міцністю та адгезією до основи. Проте для його використання в даній галузі необхідно врахування ряду чинників: добір складу і компонентів суміші, використання прийомів і технологій нанесення тощо.

Література

1. Артюх В.Г., Санников І.В. Торкрет-бетон у цивільних будинках, що реконструюються. Будівництво України, – 2007, – № 3. – С. 11-13.
2. Азимов Ф.И. Торкретные работы. – М.: Стройиздат, 1979. – 71 с.
3. Набрызг-бетонные работы в строительстве. / Дюженко М.Г., Кацман А.Я., Барчук А.С., Павлов А.П.; под науч. ред. д-ра техн. наук, проф. О.П. Мчелдова–Петросяна. – Киев: Будівельник, 1980. – 120 с.
4. Торкрет-бетон ТУ 5745-001-16216892-06. ЗАО «Служба защиты сооружений» М. – 2006. – 10 с.
5. George D. Yogy «The history of shotcrete», 2005.