

УДК 691.32.539.217.2:661.2

В.І. Маруха

МЕТОДОЛОГІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МЕХАНІЧНОЇ МІЦНОСТІ БЕТОНУ І ЗАЛІЗОБЕТОНУ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ СТАНУ ТА ВІДНОВЛЕННІ РОБОТОЗДАТНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ІН'ЄКЦІЙНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Розглянуто теоретичні основи визначення міцності бетону й залізобетону в лабораторних умовах. Обґрунтовано вибір конструкцій експериментальних зразків. Описано методологію визначення міцності вихідних та відновлених ін'єкційними полімерними матеріалами модельних зразків з штучними тріщинами.

Ключові слова: бетон, залізобетон, тріщина, ін'єкційне відновлення, випробування, механічна міцність.

Рис. 9. Літ. 9.

В.И. Маруха

МЕТОДОЛОГИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ СОСТОЯНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОПРИГОДНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ИНЪЕКЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Рассмотрены теоретические основы определения прочности бетона и железобетона в лабораторных условиях. Обосновано выбор конструкций экспериментальных образцов. Описано методологию определения прочности исходных и восстановленных инъекционными полимерными материалами модельных образцов с искусственными трещинами.

Ключевые слова: бетон, железобетон, образец, трещина, инъекционное восстановление, испытание, механическая прочность.

V. Marukha

METHODOLOGY OF EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF MECHANICAL STRENGTH OF CONCRETE AND IRON CONCRETE WHEN DIAGNOSING THE STATE AND RENEWAL THE SERVICEABILITY OF STRUCTURES WITH INJECTION TECHNOLOGIES

Theoretical bases of evaluation of the concrete and iron concrete strength in laboratory conditions are considered. The choice of the construction of the experimental specimen is substantiated. The methodology of strength evaluation of the as-received and renewed by injection technologies materials of model specimens with artificial cracks is described.

Key words: concrete, iron-concrete, crack, injection renewal, testing, mechanical strength

Постановка проблеми. Моделювання в лабораторних умовах процесів експлуатаційної деградації бетонних матриць будівельних конструкцій базується переважно на встановленні їх міцності та тріщиностійкості за дії статичних навантажень, передусім, стиску, розтягу і згину [1-3]. До регламентованих чинною в Україні нормативною документацією лабораторних методик із визначення механічних властивостей бетонів, відносяться, зокрема, наступні стандарти:

- визначення міцності – ГОСТ 101280-90;
- визначення тріщиностійкості (в'язкості руйнування) – ГОСТ 29167-91.

Розроблені раніше у Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України (ФМІ) науково-методичні підходи [4, 5] щодо оцінювання міцності і тріщиностійкості бетонів не розглядали їх зміну в результаті застосування ін'єкційних технологій. В той же час виходячи з наших теоретичних уявлень [6] щодо спрямування руйнівальних напружень у бетонних зразках із заповненими ін'єкційним полімерним матеріалом концентраторами напружень, Інженерним центром «Техно-Ресурс» НАН України розроблено модельну конструкцію бетонних зразків з попередньо нанесеними концентраторами напружень – корозійно-механічними тріщинами. Методологія лабораторних досліджень полягала у вивченні процесів руйнування зразків з вихідними та заповненими ін'єкційними полімерами тріщинами при деформаціях стиску і згину [7].

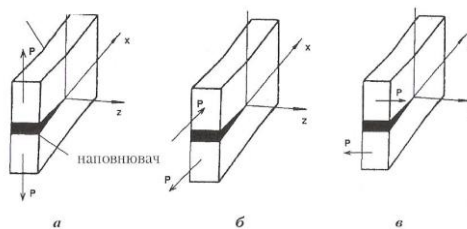


Рис. 1. Схема прикладення механічних деформацій до бетонних зразків із заповненими ін'єкційним матеріалом тріщинами [6]: а) розтягу; б) повздовжнього зсуву; в) поперечного зсуву

Аналіз останніх досліджень і публікацій з розроблення бетонних і залізобетонних зразків із штучними концентраторами напружень – тріщинами. Схему спрямування руйнівальних напружень у бетонних зразках із заповненими ін'єкційним полімерним матеріалом концентраторами напружень – корозійно-механічними тріщинами наведено на рис. 1 [6], а два типи розроблених на її основі бетонних зразків з каліброваними штучними пошкодженнями – на рис. 2.

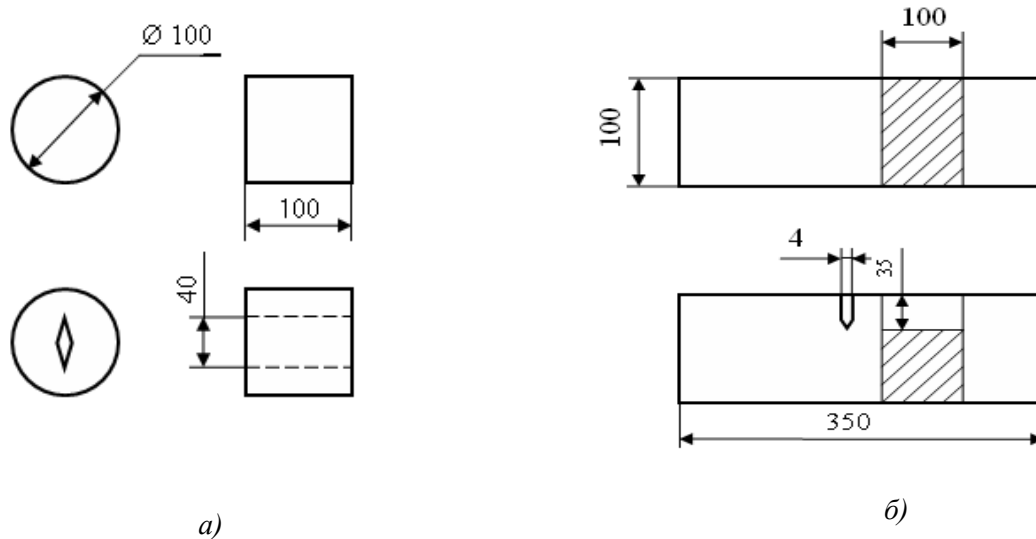


Рис. 2. Типи бетонних зразків з каліброваними штучними концентраторами напружень: а) циліндричний, б) призматичний

Для реалізації методик оцінювання тріщиностійкості бетонних і залізобетонних зразків навантаженням стиском та згином можна використовувати обладнання для визначення в'язкості руйнування, адаптоване до випробувань зразків відповідної геометрії (рис. 3, 4).



Рис. 3. Лабораторна установка ФМІ для визначення міцності модельних бетонних зразків із штучною тріщиною при деформації стиску

Що стосується залізобетонних зразків, то для них також доцільно використати наведені на рис. 1 і 2 принципи формування систем «бетонна матриця – штучна тріщина» та «бетонна матриця – заповнена твердим ін'єкційним матеріалом тріщина». Однак при цьому необхідно вибрати такі оптимальні варіанти розміщення сталеві арматури в зоні попередньо нанесеної тріщини у бетонному зразку, щоби арматура, як і бетон, взаємодіяла з ін'єкційною плинною композицією та утворювала адгезійні зв'язки з полімером у процесі його тверднення. З іншого боку, важливим для розроблення модельних залізобетонних зразків із тріщинами є врахування техніко-експлуатаційних процесів пошкодження залізобетону під впливом водних корозійних середовищ і механічних навантажень, а також способи відновлення міцності й роботоздатності (рис. 5) [8].



Рис. 4. Лінія поширення тріщини при стиску в бетонному зразку зі штучним концентратором напружень, заповненим твердим ін'єктованим поліуретаном

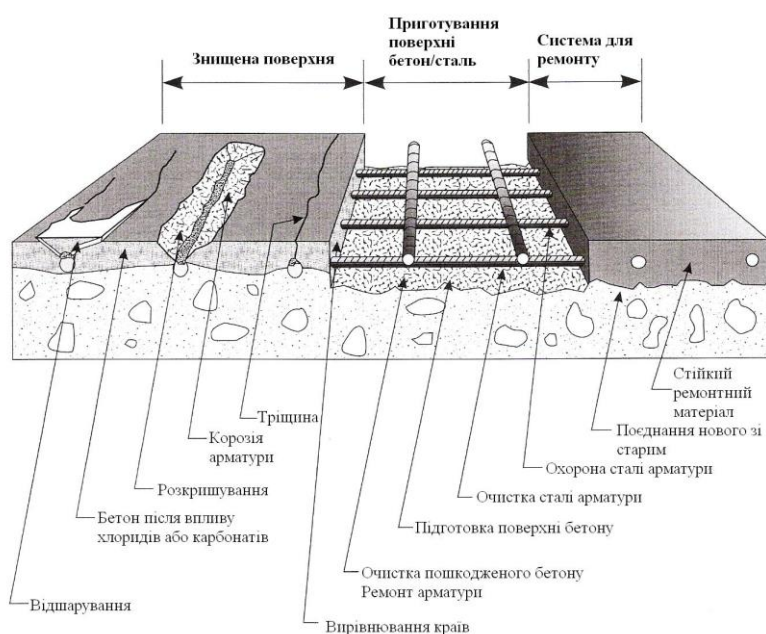


Рис. 5. Види корозійно-механічних пошкоджень поверхневого шару залізобетонної плити та принципи проведення ремонтних робіт [8]

Наведені на рис. 5 типи корозійно-механічних пошкоджень можна розглядати як основу для моделювання і виготовлення експериментальних зразків типу «залізобетон – корозійно-механічна тріщина». Лабораторну модель зразків для механічних досліджень, в тому числі після тривалого впливу корозійних середовищ, необхідно створювати, використовуючи схему «бетонна матриця з попередньо нанесеним концентратором напружень (тріщиною) – оголена сталева арматура». При цьому сталева арматура залізобетону повинна знаходитись в доступній для водних корозійних середовищ зоні тріщини у бетонній матриці (рис. 6) [8].

У практиці ремонту залізобетонних конструкцій і споруд, як це видно зі схеми на рис. 5, використовують один із поширених способів підготовки поверхні залізобетону – зняття верхнього пошкодженого бетонного шару з максимально можливим відкриттям сталеві арматури. Загальна схема технологічного процесу складається з наступних відновлювальних операцій:

- підготовки поверхні бетонної матриці (видалення пошкоджених фрагментів);
- очистки сталеві арматури від іржі та забруднень механічними або абразивно-струминними способами;

- нанесення на сталеву арматуру охоронних засобів (інгібіторів корозії, захисних покриттів тощо);
- нанесення і тверднення поверхневого ремонтно-відновлювального шару бетону.

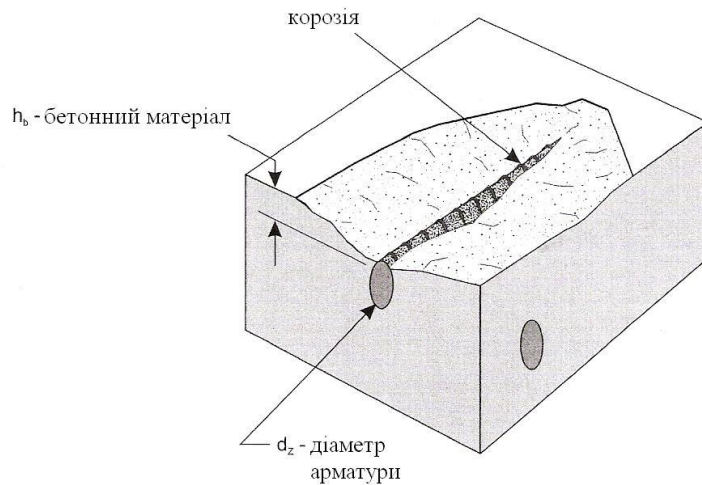


Рис. 6. Вихідна модель для виготовлення експериментальних зразків пошкодженого залізобетону з оголеною сталеву арматурою [8].

Виходячи з принципів застосування ін'єкційної технології відновлення міцності та роботоздатності залізобетонних конструкцій, сталеву арматуру в лабораторних зразках для досліджень повинна знаходитись в доступній для введення плинних полімерних композицій зоні тріщини у вихідній бетонній матриці. За таких умов буде забезпечено належне заповнення ін'єкційним матеріалом концентратора напружень (див. схему на рис. 1), а також необхідний для подальших механічних досліджень адгезійний зв'язок твердого полімеру з бетонною матрицею і сталеву арматурою.

Методика дослідження впливу ін'єкційного зміцнення пошкоджених систем «бетон – сталеву арматура» при дії механічних навантажень і корозійно-активних середовищ. Методологія досліджень відновлення міцності та роботоздатності систем «бетон – ін'єкційний матеріал» полягає у вивченні руйнування експериментальних зразків (див. рис. 1, 2) з вихідними та заповненими ін'єкційними полімерами корозійно-механічними тріщинами при деформаціях стиску і згину [2]. На основі лабораторних розробок і науково-технічних досліджень [1–3, 6, 7] встановлено, що при визначенні ефективності ін'єкційного зміцнення залізобетону доцільно застосовувати зразки у формі паралелепіпедів.

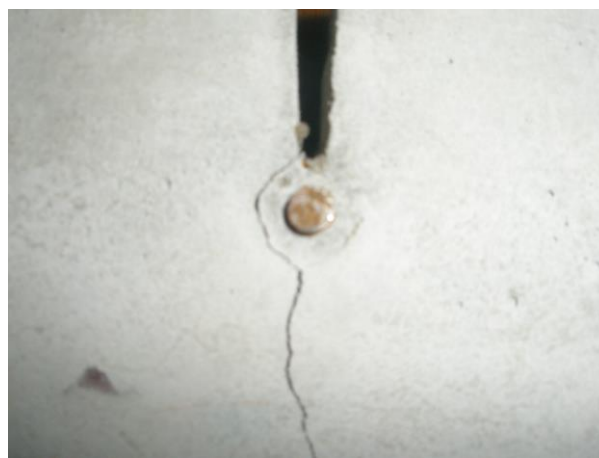


Рис. 7. Поширення тріщини в залізобетонному зразку при навантаженні згином від штучної тріщини й огинає сталеву арматуру.

Робочу конструкцію лабораторних залізобетонних зразків для визначення величини міцності при згині наведено на рис. 7. Вони мають штучно сформовану тріщину, спрямовану до концентратора напружень в бетонній матриці – сталевій арматурі. Для зразків згином можна також використовувати наведене вище обладнання (див. рис. 3), роботу якого ілюструє рис. 8. На рис. 7 показано, що тріщина огинає сталеву арматуру, що слугує підтвердженням позитивного впливу зміцнювальної обробки. Таким чином, запропонований метод досліджень міцності залізобетонних зразків із тріщиною, заповненою поліуретановою, поліепоксидною, кремнійорганічною або іншою текучою композицією [1, 7], що при твердненні формує стабільний при дії води і корозійно активних середовищ компактний полімер, дає можливість встановлювати величини зміни вказаного параметра. Таким чином, створено можливість визначення рівня ефективності відновлення міцності та робоздатності зразків при застосуванні ін'єкційних технологій.

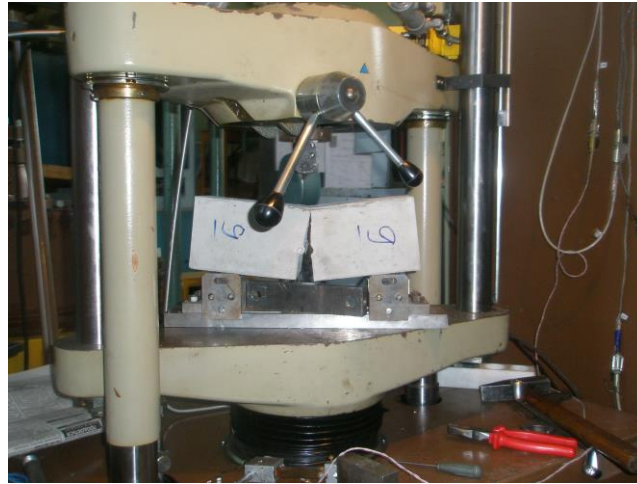


Рис. 8. Руйнування залізобетонного зразка з концентратором напружень в зоні сталевій арматури за навантаження згином

Додатковим експериментальним критерієм ефективності відновлення бетонних і залізобетонних зразків є визначення величини адгезії ін'єкційних полімерів до складових залізобетону. Для цього лабораторного визначення використовують адгезиметр «АДГМ 20-Техно-Ресурс» [9] (див. рис. 9), що вимірює адгезію твердих полімерних покривів на бетонних і сталевих поверхнях (арматурі) методом відриву грибків.

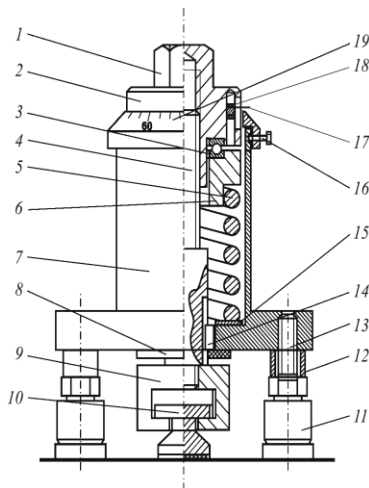


Рис. 9. Конструктивна схема адгезиметра «АДГМ 20-Техно-Ресурс» (зліва) і відрив грибка від поверхні бетонного зразка (справа): 1 – гайка; 2 – барабан; 3 – вальниця; 4 – шпіндель; 5 – пружина; 6 – втулка центрувальна; 7 – корпус; 8 – демпфер; 9 – захоплювач; 10 – грибок; 11 – ніжки; 12 – втулки; 13 – гвинти; 14 – шпонка; 15 – кільце; 16 – фіксатор; 17 – лінійна шкала; 18 – бобіна; 19 – лімба шкала

1. *Панасюк В.В.* Міцність пошкоджених тріщинами елементів конструкцій, залікованих ін'єкційними технологіями/ В.В. Панасюк, В.П. Силованюк, В.І. Маруха// Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2005. – № 6. – С. 60-64.
2. *Маруха В.І.* Механіка руйнування та міцність матеріалів/ В.І. Маруха, В.В. Панасюк, В.П. Силованюк// Довідн. посібник/ ред. В.В. Панасюк. Том 12: Ін'єкційні технології відновлення роботоздатності пошкоджених споруд тривалої експлуатації/ – Львів: «Сполом», 2009. – 261 с.
3. *Маруха В.І.* Розробка ін'єкційних технологій та створення комплексу пересувного устаткування для діагностики та відновлення працездатності бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд, що експлуатуються в умовах корозійно-механічного руйнування/ В.І. Маруха, Я.А. Середницький, І.П. Гнип, В.П. Силованюк// Наука та інновації. – 2007. – т. 3. – № 5. – С. 55-62.
4. *Штаюра С.Т.* Методика та експериментальні дослідження тріщиностійкості бетонів/ С.Т. Штаюра, П.М. Сташук, М.Л. Дем'ян// Збірник наукових праць «Діагностика, довговічність і реконструкція мостів і будівельних конструкцій». – Львів: Каменяр, 2001. – вип. 3. – С. 201-208.
5. *Панько І.М.* Теоретичні основи інженерних методів для оцінки тріщиностійкості матеріалів і елементів конструкцій/ І.М. Панько. – Львів: Вид-во Львівського НУ ім. І. Франка, 2000. – 185 с.
6. *Маруха В.І.* Механіка руйнування, як наукова основа технології ущільнювальних ін'єкцій під час реконструкції об'єктів тривалої експлуатації/ В.П. Силованюк, В.І. Маруха, Б.Я. Генега, Н.А. Іванишин// Зб. наукових праць «Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів і конструкцій». – Львів: Каменяр, 2002. – вип. 5. – С. 373-382.
7. *Маруха В.І.* Вплив складу і характеристик поліепоксидних і полі- епоксидно-уретанових ін'єкційних композицій і затужавілих матеріалів на міцність бетонних зразків із концентраторами напружень/ Маруха В.І.// Зб. «Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій». – Вип. 8. – Львів: Каменяр, 2009. – С. 225-234.
8. *L. Szarnecki, P. H. Emmons.* Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych. – Krakow: Polski Cement, 2002. – 434 s.
9. Декларацийний патент України «Адгезиметр АДГМ 20-Техно-Ресурс». – № UA 17205, кл. G01N 19/00. Бюл. винаходів від 15.09.2006 р.

Стаття надійшла до редакції 01.05.2013.