

УДК 539.3:624.012

В.І.Маруха, Я.А.Середницький, М.П.Волошин

Державне підприємство інженерний центр «Техно-Ресурс» НАН України

ПРОСОЧУВАННЯ БЕТОННИХ МАТРИЦЬ І ФОРМУВАННЯ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ, ЯК ПЕРША СТАДІЯ ІН'ЕКЦІЙНОГО ВІДНОВЛЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ ПОШКОДЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

В роботі розглянуто комплексні процеси протикорозійного захисту, зміцнення та відновлення роботоздатності пошкоджених тріщинами та іншими дефектами залізобетонних конструкцій. Процеси полягають в просочуванні бетонних матриць і продуктів корозії на сталевій арматурі складовими текучих ін'єкційних полімерних матеріалів, утворенні проміжних адгезійних шарів, формуванні поверхневих захисних покриттів і заповнення тріщин і дефектів суцільними полімерними вставками. Показано, що ін'єкційні тиски в 10...150 атм підвищують здатність полімерних композицій до заповнення мікротріщин і просочування в пори і капіляри бетону. Твердження «на холоді» двокомпонентних поліуретанових, поліепоксидних і кремнійорганічних композицій супроводжує їх хімічна взаємодія з ОН-групами бетонних матриць, а також утворення стабільних композитів «бетон – полімер – бетон (сталева арматура)».

Ключові слова: конструкції, залізобетон, бетонна матриця, ін'єкційне зміцнення, захисні покриття, композити

Вступ.

Відомо, що виробничі процеси зміцнення бетонних матриць будівельних конструкцій і споруд армуванням сталеву арматурою суттєво підвищують їх стабільність при тривалій дії різнопланових статичних і циклічних механічних навантажень. З другої сторони, у композиційних системах «бетонна матриця – сталеву арматура» вже на стадіях їх формування виникають додаткові конструкційні дефекти, схематично представлені на рис. 1.

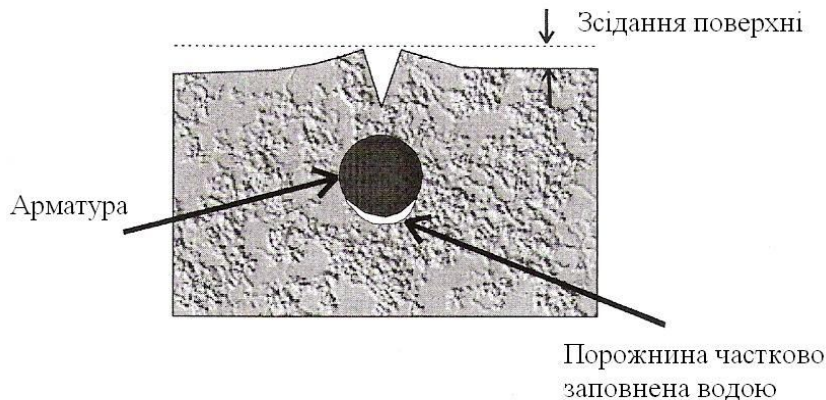


Рис. 1. Схема виникнення конструкційних дефектів у процесі формування залізобетону з армованого бетонного розчину.

Зокрема, до переліку основних негативних явищ армування бетонних матриць відноситься зсідання бетону на поверхні над сталеву арматурою та в масі матеріалу під нею. Це часто приводить до виникнення внутрішніх напружень і утворення тріщин на поверхні, а також внутрішніх порожнин у зонах розташування сталеву арматури. У випадках розтріскування бетонної матриці зміцнювальну сталеву арматуру можна розглядати, як концентратор додаткових механічних напружень. Як показано на рис. 1, зсідання бетонного розчину при його твердненні під нижньою твירוною арматури приводить до створення сегментної порожнини по периметру гетерогенного сталеву включення.

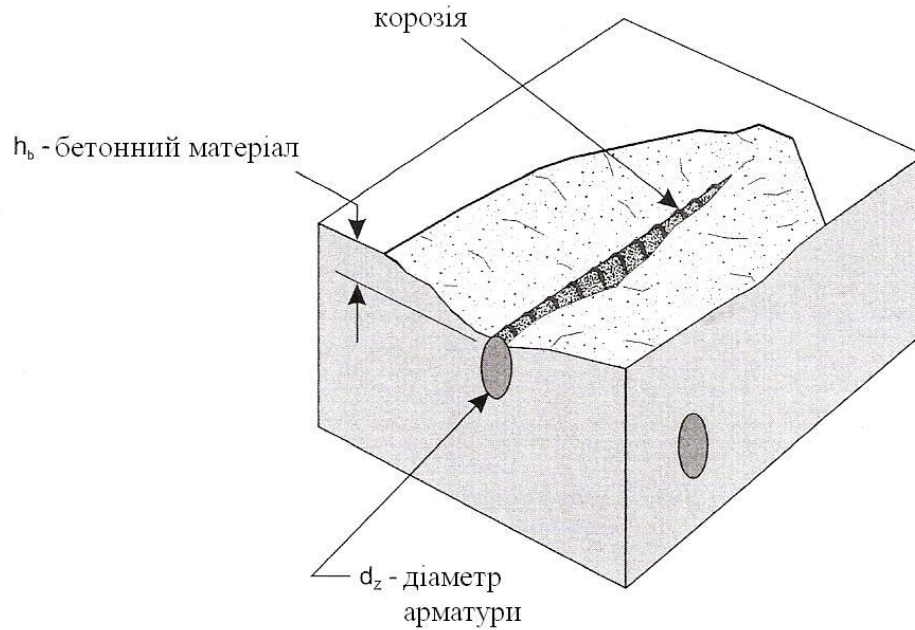


Рис. 2. Зразок пошкодженого залізобетону з оголеною в зоні відшарування бетонної матриці сталевую арматурою.

В процесі тривалої експлуатації такі дефекти заповнюють водні корозійно активні розчини. Наступна дія механічних, корозійних і температурних чинників інтенсифікує виникнення і ріст пошкоджень. Часто це приводить до руйнування залізобетонних конструкцій [1-3]. Найбільш небезпечний механізм полягає у формуванні тріщин у бетонних матрицях і оголенні сталевій арматури (див. рис. 2) [4,5]. Цей тип пошкоджень ми використали, як лабораторну модель для подальших досліджень.

Експериментально встановлено [4,5], що руйнування модельних залізобетонних зразків з концентратором напружень (тріщиною) в бетоні при деформаціях стиску і згину проходить по бетонній матриці на відстані 1,0...2,0 мм від її адгезійного з'єднання з сталевую арматурою (див. рис. 3,4).

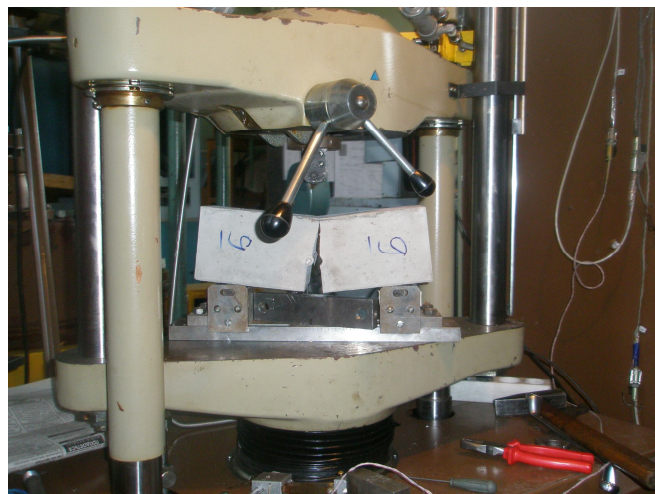


Рис. 3. Загальний вид руйнування бетонного зразка з концентратором напружень в зоні сталевій арматури за деформації згину.

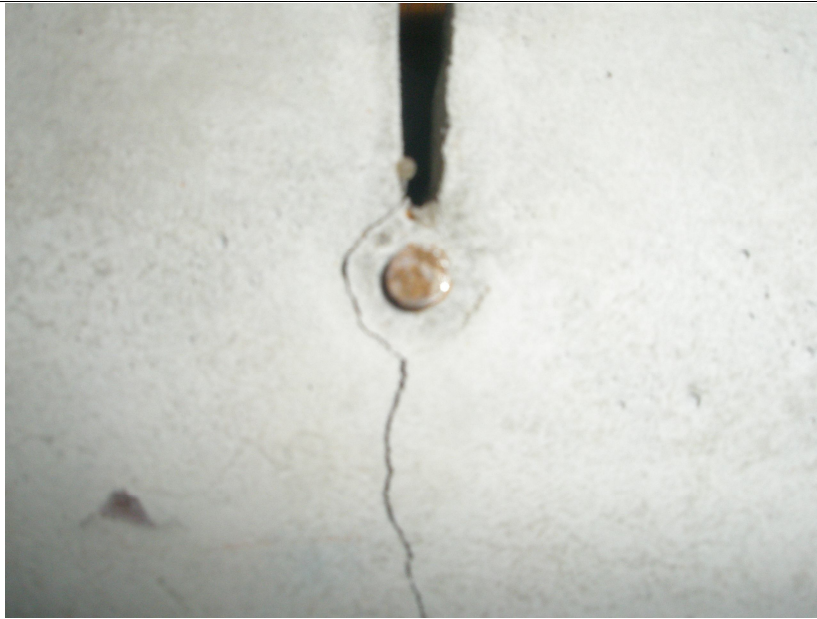


Рис. 4. Тріщина в залізобетоні за деформації згину проходить від концентратора напруження й огинає сталеву арматуру.

Відновлювальні роботи з усунення тріщин і пошкоджень у бетоні підтвердили ефективність введення в них під тиском 10...150 атм здатних до тверднення «на холоді» текучих поліуретанових, поліепоксидних або кремнійорганічних ін'єкційних матеріалів. Освоєнню технологічних процесів відновлення пошкоджених тріщинами залізобетонних об'єктів полімерними ін'єкційними композиціями передував комплекс фундаментальних і науково-прикладних досліджень Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України і ДПЦ «Техно-Ресурс» НАН України [1,6-8].

У будівельній індустрії України практичне застосування ін'єкційних технологій регламентовано державними будівельними нормами ДБН.В.3.1-1-2002 [9]. Згідно цього нормативного документу ефективність ін'єкційного зміцнення бетонних і залізобетонних конструкцій залежить від наступних технічних і технологічних чинників:

- ступеня заповнення тріщин та інших дефектів твердим ін'єктованим полімерним матеріалом;
- міцності та деформаційних параметрів твердого полімеру;
- адгезії твердого полімеру до бетону та сталеві арматури.

Основна перевага текучих полімерних ін'єкційних матеріалів перед звичайними цементно-пісочними розчинами полягає в тому, що вони забезпечують значно вищий ступінь заповнення тріщин і пошкоджень, характеризуються реакційною здатністю «на холоді», а отримані полімери мають підвищені міцність, деформаційні та адгезійні параметри. Внаслідок суттєвого впливу на процеси в'язкості ін'єкційних композицій їх здатність до проникнення в капіляри, мікротріщини і поверхневі шари бетонних матриць підвищують введенням низьков'язких реакційно здатних мономерів і олігомерів. В технологічному плані для прискорення й збільшення глибини просочування складових полімерних ін'єкційних матеріалів у масу бетону та інших пористо-капілярних будівельних матеріалів і виробів використовують вакуумно-нагнітальні способи і проводять процеси при підвищених температурах [10].

Розроблену нами теоретичну модель взаємодії текучих поліуретанових ін'єкційних матеріалів з бетонною матрицею в концентраторі напружень – корозійно-механічній тріщині розглянуто в публікаціях [11,12]. Представлена на рис. 5 схема ілюструє проникнення поліольних та ізоціанатних компонентів ін'єкційної композиції під тиском 50...150 атм в поверхневі шари бетону (стадія а) й утворення стійкої до механічних навантажень композиційної системи «бетон – перехідний бетонно-поліуретановий шар – твердий поліуретан» (стадія б) [11].

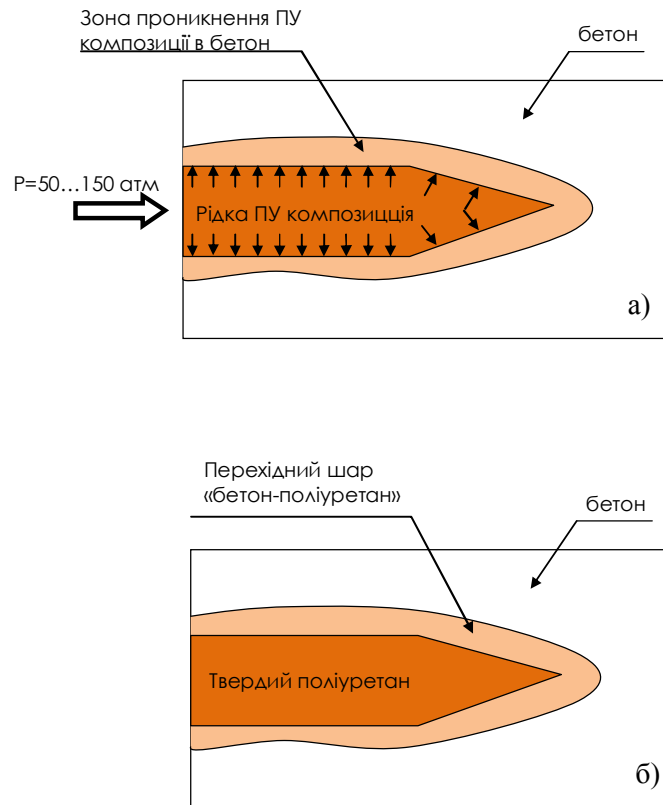
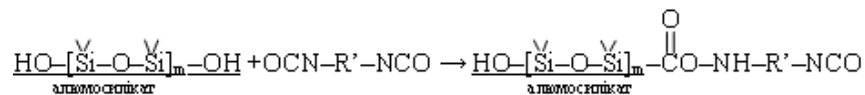


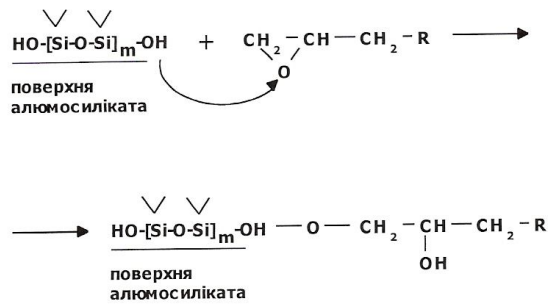
Рис. 5. Схема відновлення бетонної матриці: а) – ін'єктування поліуретанової композиції в тріщину; б) – утворення композиту «бетону – поліуретан» [11].

На першій стадії взаємодії на поверхнях сформованих при просочуванні складовими ін'єкційних композицій на глибину 500...2000 мм і наступному твердненні перехідних бетонно-поліуретанових шарів утворюються проміжні адгезійні поліуретанові шари. На непористій поверхні сталевій арматурі поліуретанові покриття формуються без утворення проміжних шарів. Товщина захисних покриттів у обох випадках досягає 50-100 мкм. Далі від адгезійних шарів розвивається процес зшивання більших мас реакційно здатних компонентів поліуретанових композицій у тріщинах та інших дефектах. Він приводить до остаточного тверднення полімерів. При цьому через адгезійні покриття забезпечується зчеплення твердого поліуретану з бетоном і сталлю (див. рис. 5 б).

Ступінь адгезійної взаємодії поліуретанових покриттів з бетоном підвищують реакції поліконденсації ОН-груп орто-кремнієвої кислоти його алюмосилікатних сполук з діізоціанатами за схемою [12]:



Також підтверджено хімічну взаємодію поліольних та ізоціанатних сполук з групами – Si – OH кремнійорганічного лаку КО-921і поліуретанових олігомерів з неорганічними гідроксилвмісними сполуками [12]. При структуруванні епоксидно-амінних ін'єкційних композицій епоксидні групи взаємодіють з групами – Si – OH алюмосилікатів за реакцією:



Висновки

1. Ін'єкційні технології забезпечують ефективне відновлення пошкоджених залізобетонних матриць є під тиском текучих поліуретанових і полі- епоксидних композицій.
2. Заповнення тріщин і пошкоджень текучими ін'єкційними композиціями приводить до їх проникнення в бетон в околі тріщин і формування на поверхнях бетону і сталевій арматури захисних покриттів.
3. Утворення міцних композиційних матеріалів типу «бетон – полімер – бетон (сталева арматура)» забезпечує надійну експлуатацію відновлених залізобетонних конструкцій і споруд.

1. Механіка руйнування, як наукова основа технології ін'єкцій під час реконструкції об'єктів тривалої експлуатації/ В.П. Силованюк, В.І. Маруха, Б.Я. Генегга// Зб. наукових праць «Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів і конструкцій». – Львів: Каменяр, 2002. – вип. 5. – С. 373-382.
2. Панасюк В.В., Силованюк В.І., Маруха В.І. Міцність пошкоджених тріщинами конструкцій, залікованих ін'єкційними технологіями// Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2005. – № 6. – С. 60-64.
3. Розробка ін'єкційних технологій та створення комплексу пересувного устаткування для діагностики та відновлення бетонних конструкцій і споруд/ В.І. Маруха, Я.А. Середницький, І.П. Гнип та ін.// Наука та інновації. – 2007. – т. 3. – № 5. – С. 55-62.
4. L. Czarnecki, P. H. Emmons. Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych. – Kraków: Polski Cement, 2002. – 434 s.
5. В.І. Маруха. Міцність бетону з концентраторами напружень заповненими поліуретановими композиціями// Зб. наукових праць «Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів і конструкцій». – Львів: Каменяр, 2007. – вип. 7. – С. 524-534.
6. Marucha W., Serednicki Ja. Modelowanie experimentalne procesów niszczenia pod obciążeniem systemów «beton – polyuretan – beton»// Materiały II Konf. «Trwalość i skuteczność napraw obiektów budowlanych». – Poznań (Polska), listopad 2008. – S. 410-413.
7. Маруха В.І., Середницький Я.А., Піддубний В.К., Волошин М.П. Удосконалені поліуретанові та поліепоксидні ін'єкційні матеріали для відновлення бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд// Міжвідомчий науково-техн. збірник «Будівельні конструкції». – 2009. – вип. 72. – С. 465-470.
8. Маруха В.І., Середницький Я.А., Гнип І.П. Характеристики вихідних ін'єкційних композицій і твердих поліуретанів для відновлення залізобетонних споруд із тріщинами// Міжвідомчий науково-техн. збірник «Будівельні конструкції». – 2008. – вип. 71. – кн. 2. – С. 275-281.
9. ДБН.В.3.1-1-2002 «Ремонт и зміцнення несучих и огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будівель і споруд». – Київ: Державний Комітет з будівництва і архітектури, 2003. – 64 с.
10. Гильмутдинов Р.В., Никифоров К.А., Лайдабон Ч.С. Поверхностно-модифицированные бетоны// Тезисы научно-практической конференции ВСГТУ. – Российская Федерация, г. Улан-Удэ, сентябрь 2000 г. – С 3-4.
11. Маруха В., Середницький Я. Особливості ін'єкційного зміцнення поліуретанами бетонних конструкцій і споруд із тріщинами// Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2008. – № 5. – С. 115-119.
12. Маруха В.І., Середницький Я.А., Волошин М.П. Механізм хімічної та фізичної взаємодії ін'єкційно сформованих відновлювальних систем «бетон – поліуретан – бетон»// Міжвідомчий збірник. – Луцьк. – 2009. – вип. 25. – част. 1. – С. 228-232.