

О. М. ПШІНЬКО, А. М. ЗІНКЕВИЧ, Т. І. АФАНАСЬЄВА (ДИИТ),
М. В. САВИЦЬКИЙ (ПДАБА)

МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІН'ЄКЦІЙНИХ КОМПОЗИЦІЙ НА ОСНОВІ ЦЕМЕНТУ

Наведено методики визначення основних технологічних та експлуатаційних властивостей, що визначають ефективність ін'єкційних композицій на основі цементу, а також деякі результати експериментальних досліджень з використанням наведених методик.

Приведены методики определения основных технологических и эксплуатационных свойств, определяющих эффективность инъекционных композиций на основе цемента, а также некоторые результаты экспериментальных исследований с использованием приведенных методик.

The mechanism of concrete mix compaction by vacuum compaction and vibro-vacuumizing is considered. The major factors essentially influencing this process are distinguished. The mathematical dependences are given. The theoretical findings are verified by experimental tests.

Вступ

Застосування технології ін'єктування дозволяє вирішувати цілий ряд задач у разі проведення ремонту та відновлення конструктивних елементів споруд. Найчастіше ін'єкційні методи застосовують під час відновлення структурної цілісності матеріалу конструкцій [1], в окремих випадках можлива реалізація технічних рішень, де ін'єкційний розчин може бути ефективним засобом включення сталених елементів підсилення в сумісну роботу з конструкцією [2].

Відповідно до специфіки методу проведення ремонтних робіт у разі ін'єктуванні і вимог до ефективності сумісної роботи ремонтного матеріалу з матеріалом конструкції сформовано комплекс вимог до технологічних та фізико-механічних характеристик ін'єкційних композицій на основі цементу [3], основними з яких є такі:

- низька в'язкість матеріалу із збереженням показника на нормованому рівні протягом певного періоду часу;
- відсутність значних седиментаційних процесів;
- максимальна стабільність об'єму матеріалу (незначні деформації усадки або розширення).

Для отримання ін'єкційних композицій з необхідними властивостями під час розробки їх складів та контрольних випробувань для встановлення придатності матеріалу до застосування сформовано комплекс випробувань матеріалів.

Визначення реологічних параметрів суспензій

Під час визначення в'язкості ін'єкційних розчинів, для яких граничне напруження зсу-

ву наближається до нуля ($\tau_0 = 0$), застосовувався γ -подібний віскозиметр-лійка (схема наведена на рис. 1).

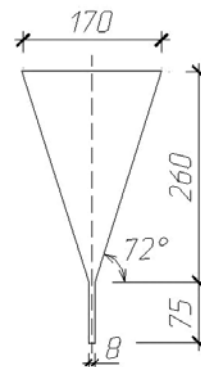


Рис. 1. Схема γ -подібного віскозиметра

Параметр в'язкості розраховувався за величиною швидкості витікання 1 л розчину з використанням рівняння гідродинаміки Ньютона, інтегралом якого для випадку витікання рідини через циліндричну трубку є вираз Пуазейля (Па·с):

$$\eta_{ef} = \frac{\pi r^4 \gamma}{8q}, \quad (1)$$

де r – радіус трубки віскозиметра; γ – питома вага розчину, Н/м³; q – об'ємна секундна витрата рідини, м³/с.

Седиментаційна стійкість суспензій оцінювалась за допомогою приладу, зображеного на рис. 2. Як параметр седиментаційної стійкості прийнято відношення щільностей розчину в нижній та верхній частинах роз'ємної виміральної ємності, витриманого протягом 10 хв.

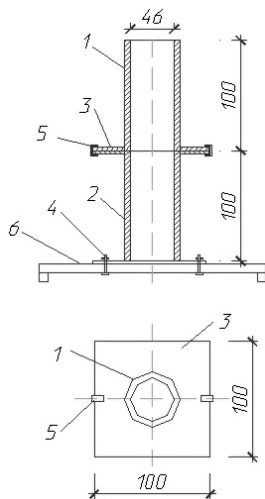


Рис. 2. Схема приладу для визначення седиментаційної стійкості суспензій:

1 – верхня частина вимірювальної ємності;
2 – нижня частина; 3 – пластини для запобігання втрат розчину при зрізанні стовпа; 4 – фіксатори;
5 – затискачі; 6 – станина

Коефіцієнт седиментаційної стійкості визначається за формулою:

$$k_{sed} = \left(\frac{\gamma_1}{\gamma_2} - 1 \right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

де γ_1 – щільність розчину в нижній частині вимірювальної ємності; γ_2 – в верхній частині.

Оскільки значний вплив на величину усадки має вологість середовища (обумовлює інтенсивність вологовтрат матеріалу), залежності величини усадкових деформацій зразків встановлювались у разі моделювання різних вологісних умов. Використовувались зразки $40 \times 40 \times 160$ мм: одна серія з модулем поверхні $m = 1,125$ (повністю відкрита для висихання поверхня), інша з модулем поверхні $m = 0,125$ (гідроізований зразок з частково відкритими для висихання торцевими поверхнями), у разі необхідності може застосовуватись додаткова серія зразків з витримуванням у воді.

Контролювались протягом часу абсолютні лінійні деформації зразків (за допомогою компаратора) з приведенням їх до відносних та вологовтрати зразків (в % від початкового водовмісту) за зміною їх маси.

В'язкість та седиментаційна стійкість

Забезпечення відповідності допустимим значенням таких основних властивостей технологічності ін'єкційних розчинів, як низька в'язкість та седиментаційна стійкість, є основою для подальшого формування характерис-

тик ремонтного матеріалу, що визначають ефективність ремонтної системи в цілому.

Під час розробки або приготування ін'єкційної суміші для заповнення дефектів певного розміру можливе співставлення отриманої величини в'язкості матеріалу з необхідною (рис. 3), використовуючи запропонований метод безпосередньо на будівельному майданчику з врахуванням характеристик обладнання (робочого тиску).

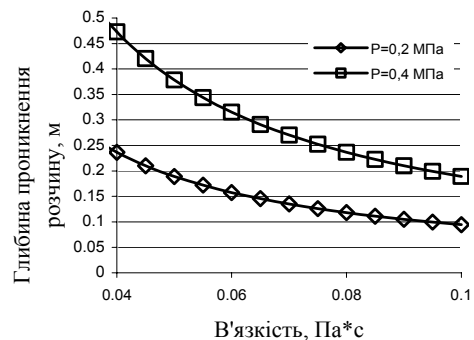


Рис. 3. Проникна здатність ін'єкційного матеріалу в тріщину шириною розкриття 1 мм.

Прийнята попередньо величина в'язкості дозволяє забезпечити достатнє заповнення дефектів, проте, внаслідок можливості прояву седиментаційних процесів у цементних суспензіях (розшарування) при низьких значеннях в'язкості (рис. 4) ефективність ремонту значно знижується.

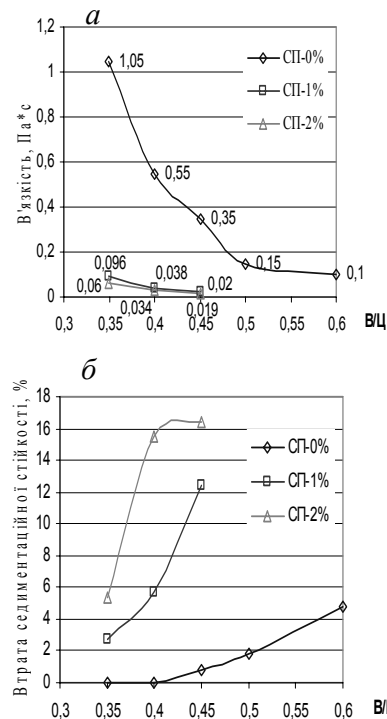


Рис. 4. Залежності в'язкості ін'єкційних сумішей (а) та седиментаційних процесів в них (б) від В/Ц та концентрації суперпластифікатора

Втрата седиментаційної стійкості призводить до появи неоднорідності властивостей матеріалу (різної деформативності та характеристик порової структури та ін.), а також необхідності технологічних перерв для очищення обладнання та трубопроводів від осадів.

Оскільки в'язкість та седиментаційна стійкість є взаємопов'язаними характеристиками ін'єкційної суміші, використання наведених методик дозволяє встановити прийнятне їх співвідношення: отримання суміші з мінімальною в'язкістю у разі забезпечення допустимого рівня седиментації, наприклад, за допомогою введення модифікатора (рис. 5).



Рис. 5. Регулювання співвідношення в'язкості та седиментаційної стійкості сумішей введенням модифікатора – редиспергуючого полімеру

Усадкові деформації

Надійність сумісної роботи системи «ремонтний матеріал – конструкція» і виникаючі внутрішні напруження в значній мірі залежать від величини власних деформацій ремонтного матеріалу. Порушення цілісності системи можливе в двох випадках:

- розтріскування ремонтного шару при досягненні величини розтягуючих напружень межі міцності ремонтного матеріалу на розтяг;
- порушення контакту між шаром ремонтного матеріалу і матеріалом конструкції, при досягненні величини напруження зсуву межі міцності зчеплення шарів (адгезійної міцності).

Оскільки ін'єкційні матеріали, як правило, не містять грубодисперсних компонентів, має місце прояв значних деформацій усадки, які можуть компенсуватись утворенням еtringіту під час застосування розширювальних добавок. Проте, інтенсивність утворення та стійкість еtringіту протягом часу залежить від багатьох факторів і, насамперед, від величини вологовмісту (рис. 6). Навіть при відносно малих вологовтратах (зразки з модулем відкритої поверхні $m = 0,125$) матеріали з компенсованою усадкою можуть виявляти вже певний рівень деформацій, які досягають значної величини для зразків $m = 1,125$ (втрата гідратної води при значних во-

логовтратах) [4]. У той же час, для окремих композицій при незначних вологовтратах спостерігається надмірне розширення, що може призвести до появи значних внутрішніх напружень.

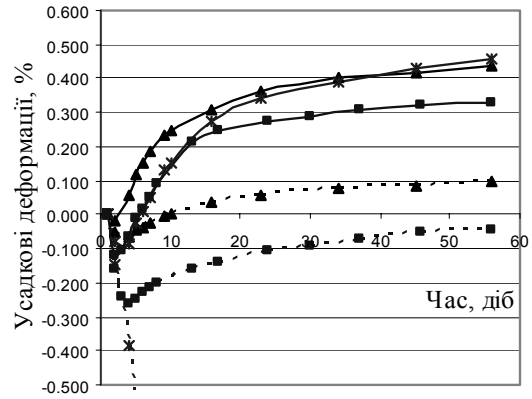


Рис. 6. Усадкові деформації ін'єкційних композицій з компенсованою усадкою: суцільні лінії – зразки $m = 1,125$; пунктирні – $m = 0,125$

Наведена в [5] методика розрахунку, застосована для випадку роботи ремонтного матеріалу в тріщині, дозволяє оцінити величину напружень в матеріалі та в контактній зоні при деформаціях усадки для дефекту (пошкодження) певної геометрії, наприклад, ширини розкриття тріщини (рис. 7). Це дає можливість допустити певні деформації усадки в матеріалі, за яких не відбувається руйнування ремонтної системи.

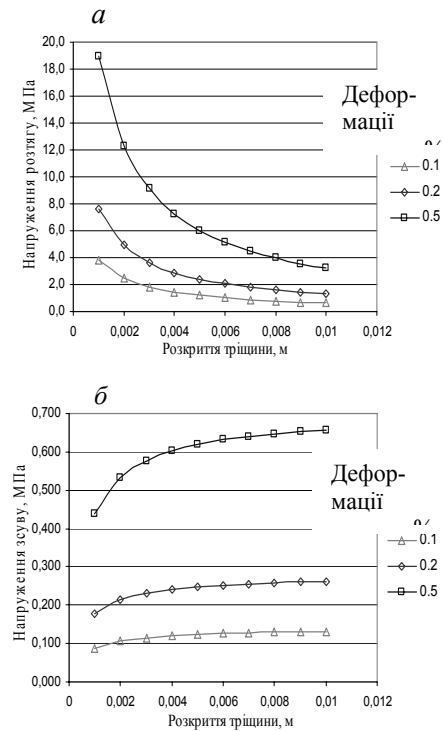


Рис. 7. Залежності величин напружень розтягу (а) та зсуву (б) в ремонтному шарі від величини розкриття тріщини і власних деформацій усадки

Висновки

Наведений комплекс випробувань ін'єкційних композицій на основі цементних в'язучих дозволяє оцінювати вплив властивостей матеріалу на ефективність його роботи як складової ремонтної системи.

Використання такої комплексної методики під час розробки складів композицій та контрольних випробувань для встановлення придатності матеріалів до застосування дає змогу прогнозувати поведінку ремонтного матеріалу з певними властивостями з врахуванням умов середовища та параметрів конструкцій, що дозволить шляхом коригування рецептури чи технологічного процесу досягти прийнятного результату ремонту.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Пшинько А. Н. Инъекционный материал для ремонта железобетонных конструкций транспортных сооружений / А. Н. Пшинько, Н. В. Савицкий, А. Н. Зинкевич // Строительство. Материаловедение. Машиностроение: Сб. науч. тр., – 2003. – Вып. 23. – Д.: ПГАСиА, – С. 122–125.
2. Пшинько О. М. Застосування ін'єкційних розчинів при підсиленні залізобетонних та кам'яних конструкцій / О. М. Пшинько, М. В. Савицький, А. Н. Зинкевич // Строительство. Материаловедение. Машиностроение: Сб. науч. тр., – 2004. – Вып. 30. – Д.: ПГАСиА, – С. 197–199.
3. Методология и практика разработки систем для ремонта железобетонных конструкций / А. Н. Пшинько, Н. В. Савицкий, А. Н. Зинкевич, А. Н. Савицкий, В. А. Чернец / Сб. тр. БелГТАСМ. Ч.1., 2002. – Белгород.: – С. 179–184.
4. Вплив вологовтрат ремонтного матеріалу на його деформаційну сумісність з матеріалом конструкції / А. М. Зинкевич, О. М. Пшинько, М. В. Савицький // Строительство. Материаловедение. Машиностроение: Сб. науч. тр.; – 2002. – Вып. 21. – Д.: ПГАСиА, – С. 97–102.
5. Горчаков Г. И. О расчете трещиностойкости фактурного слоя панелей и блоков / Г. И. Горчаков, В. П. Михайловский // Бетон и железобетон. – 1972. №5. – С. 26–27.

Надійшла до редколегії 29.01.07.