

4. Мордич А.И., Вигдорчик Р.И., Белевич В.Н., Многоэтажные здания по серии Б1.020.1-7 со сборно-монолитными каркасами и плоскими перекрытиями из многопустотных плит// В сб. «Современные архитектурно-конструктивные системы зданий и сооружений, новые строительные материалы и технологии». Минск: НПООО «Стринко». – 2000. – С.3-22;
5. http://belisa.org.by/StartB_Isa.files/Izdan/NIOKR/STR/94.html;

УДК 69.059.2:666.96

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АДГЕЗІЙНОЇ СУМІСНОСТІ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РЕМОНТУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

*А.М. Савицький, магістр, А.М. Пшінько *, д.т.н., М.В. Савицький, д.т.н.*

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,

**Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту,*

м. Дніпропетровськ

Актуальність та стан проблеми. В результаті впливу навколишнього агресивного середовища відбувається руйнування конструкцій із залізобетону. В наш час величезна кількість залізобетонних конструкцій і споруд в Україні мають критичні пошкодження, перебувають у незадовільному стані й вимагають термінового виконання ремонтно-відновлювальних робіт. Розрізняють два види ремонту: поверхневий (неконструкційний або косметичний) ремонт, при якому сприйняття напружень, викликане зовнішнім навантаженням, не є визначальною умовою для ремонтної ділянки, і конструкційний ремонт, при якому матеріал відремонтованої ділянки зобов'язаний сприймати навантаження, що спочатку покладалося на вилучений бетон.

Для вирішення існуючої проблеми проектування ремонтних систем необхідно застосовувати системний підхід до ремонту бетону й залізобетону. Основна умова успішного ремонту – сумісність матеріалу, що укладається, з матеріалом основи (старим бетоном). Підвищена увага вчених і будівельників до задач ремонту й відновлення експлуатаційної придатності будинків і споруд із залізобетону свідчить про актуальність даної проблеми й необхідності розробки відповідних норм, методик і вимог, які висуваються до матеріалів для ремонту. В нормативних документах України, що регламентують методи ремонту залізобетонних конструкцій відсутні будь – які вказівки щодо визначення сумісності матеріалів для ремонту залізобетонних конструкцій.

Мета досліджень – розробка експериментальної методики визначення адгезійної сумісності матеріалів для ремонту залізобетонних конструкцій .

Виклад результатів дослідження. Донедавна основним принципом вибору матеріалів для ремонту був «ремонт схожого схожим», при цьому схожість трактувалася як матеріалів, а не як схожість технічних характеристик. Цей принцип нині замінений методологією сумісності бетону, що ремонтується, і ремонтного матеріалу.

«Сумісність» – це рівновага фізичних, хімічних, електрохімічних і деформаційних характеристик між ремонтним матеріалом і бетоном конструкції, яка ремонтується, що забезпечує здатність конструкції після ремонту витримувати напруги, викликані дією об'ємних деформацій, хімічними й електрохімічними впливами, без відмов й пошкоджень протягом регламентованого терміну служби.

Загальний принцип сумісності – такий підбір ремонтної системи, що максимально забезпечувала б монолітність покриття й підкладки з урахуванням всіх їх хімічних і фізичних властивостей. Сьогодні проектування ремонтних систем з використанням концепції сумісності є перспективним напрямком [1...8]

Адгезійна сумісність – досягнення достатньої величини зчеплення між бетоном основи й ремонтним матеріалом та її стабільність у часі.

Адгезійна шар повинен забезпечувати міцність зчеплення на відрив між «новим» й «старим» бетоном не менш 1,5МПа (європейські норми). У загальному виді величина зчеплення є функцією параметрів «старого» бетону, характеристик «нового» бетону й параметрів технології проведення робіт.

До найважливіших параметрів старого бетону відносяться:

- характеристики підготовки поверхні (шорсткість, вид обробки, вологість);

- структурні характеристики (пористість).

До найважливіших параметрів нового бетону відносяться:

- хіміко-мінералогічний склад цементу;

- тонкість помолу;

- консистенція суміші;

- склад бетону;

- вид і концентрація добавок-модифікаторів.

Параметри технології проведення робіт залежать від способів укладання нового бетону – вібрування, торкретування, лиття.

Слід зазначити, що складова адгезійної міцності, забезпечується силами фізико-хімічної взаємодії, для ремонтних матеріалів на основі мінеральних в'язких формується на двох стадіях: пластичного стану (або тіста); в процесі гідратації в'язучого.

У пластичному стані істотну роль у формуванні адгезійних зв'язків грає адсорбція води на підкладці, що є елементарним актом адгезії, що забезпечує змочування, формування фізичного контакту й початковий етап адгезії через прошарок рідини.

На другій стадії, обумовленою гідратацією в'язучого, відбувається взаємодія продуктів гідратації з матеріалами підкладки. Так адгезія цементного каменю значною мірою обумовлюється взаємодією ремонтного матеріалу, що утвориться при твердінні, гідроксида кальцію з поверхнею різних субстратів.

Методика визначення міцності зчеплення на зсув

Чистим зсувом називають такий вид плоского напруженого й деформованого стану, при якому на двох взаємно перпендикулярних площинах, орієнтованих певним чином, діють тільки дотичні напруження.

Устаткування й засоби вимірювання: 1.Форми для виготовлення зразків для випробування міцності на зсув; 2.Пресс гідравлічний за ГОСТ 8905-82; 3. Штик; 4.Металева щітка; 4. Зубило.

Підготовка до проведення випробування.

1) На бічній поверхні попередньо виготовлених зразків-балок з бетону, віком від 28 діб металевою щіткою й зубилом створюють шорсткість 3-5 мм і змочують бетонні зразки водою.

2) Ремонтно-будівельну суміш укладають між двома балочками у форму для випробування міцності на зсув у два шари. Ущільнення шарів розчину в кожному відділенні форми роблять 12 штикуваннями. Надлишок розчину зрізують урівень із краями форми сталеву лінійкою, змоченою водою, і загладжують поверхню.

3) Зразки звільняють із форм через (24 ± 2)ч після укладання суміші.

4) Твердіння зразків відбувається в камері нормального зберігання при температурі 20 ± 2°С і відносній вологості повітря 95-100% у на протязі перших 3 діб, а в часі, що залишився до випробування – у приміщенні при відносній вологості повітря (65 ± 10)%.

Проведення випробування.

1) Зразок установлюють на нижню плиту преса центрально щодо його осі (рис. 1)

2) Середня швидкість наростання випробного навантаження на зразок повинна бути (0,05 ± 0,01) кН/сек до роз'єднання контактних поверхонь старого бетону й ремонтного складу.

3) Величину міцності зчеплення на зсув R визначають за формулою:

$$R = \frac{P}{S}, \dot{I} / \tilde{n}i^2 \quad (1)$$

де: P - руйнівне навантаження, Н; S – контактна площа старого бетону й ремонтного складу, см².

4) За величину міцності зчеплення на зсув ремонтного складу й бетону приймається середнє арифметичне трьох випробувань.

Методика визначення міцності зчеплення на відрив

Сутність методу – вимір зусилля, необхідного для відриву ремонтного шару в напрямку, перпендикулярному площині відриву.

Устаткування й засоби вимірювання: 1. Сталевий циліндр висотою 20мм і внутрішнім діаметром 50мм; 2. Гвинтовий домкрат; 3. Динамометр ДПУ 0.1-2 за ГОСТ 9409-60; 4.Металевий диск діаметром 50мм, товщиною 3 мм; 5. Штик; 6. Металева щітка; 7. Зубило.

Підготовка до проведення випробування.

1) На торцевій поверхні попередньо виготовленого бетонного куба 15х15х15см, віком 28 діб й більше, металевою щіткою й зубилом створюють шорсткість 3-5 мм і змочують бетонний зразок водою.

2) На підготовлену поверхню бетонного куба чітко по середині встановлюють сталевий циліндр, куди укладають ремонтну суміш, притримуючи циліндр рукою. Ущільнення шару суміші в циліндрі роблять 6 штикуваннями.

3) Зразки звільняють із форм через (24 ± 2)ч після укладання суміші.

4) Твердіння зразків відбувається в камері нормального зберігання при температурі 20 ± 2°С і відносній вологості повітря 95-100% на протязі 3 діб, а час, що залишився до випробування – у приміщенні при відносній вологості повітря (65 ± 10) %.

5) Поверхня ремонтної суміші зачищається наждаковою шкіркою №2 і до неї приклеюється металевий диск за допомогою епоксидного клею.

Проведення випробування.

1) Після того, як клей затвердів (1 доба), використовуючи гвинтовий домкрат з динамометром, що показує зусилля на відрив, до металевого диска прикладають навантаження до моменту відриву ремонтної суміші від бетону. При відриві «по епоксидному клею» випробування проводять повторно (рис. 2).

2) Величину міцності зчеплення на відрив визначають за формулою:

$$R = \frac{P}{S}, \dot{I} / \tilde{n}i^2 \quad (2)$$

де: P - руйнівне навантаження, Н; S – площа відриву, см².

3) За величину міцності зчеплення на відрив ремонтного складу з бетоном приймається середнє арифметичне трьох випробувань.

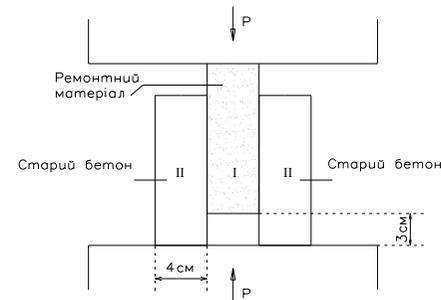


Рис. 1. Схема випробування міцності зчеплення на зсув.

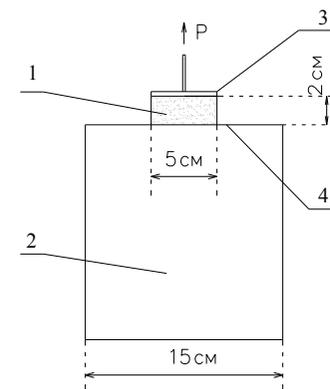


Рис. 2. Схема випробування міцності зчеплення на відрив: 1 – ремонтний склад; 2 – старий бетон; 3 – металевий диск діаметром 50мм; 4 – підготовлена поверхня старого бетону.

Для перевірки запропонованих методик і проведення випробувань були використані матеріали торговельної марки Isomat такі, як Megacret-40 (високоміцний цементний ремонтний розчин, модифікований полімерами з дисперсним армуванням поліпропіленовою фіброю) і Rapicret (швидкотужавний ремонтний розчин на цементній основі), а також цементно-піщаний розчин на портландцементі. Для ремонтних матеріалів фірми Isomat виробником були заявлені наступні характеристики (табл. 1.).

Таблиця 1.

Технічні характеристики ремонтних матеріалів фірми Isomat

Характеристики	Rapicret	Megacret-40
Консистенція	Цементний порошок	Цементний порошок
Густина сухого розчину	1,46±0,10кг/л	1,47±0,20кг/л
Густина готового розчину	2,1±0,10кг/л	2,00±0,20кг/л
Термін можливості виконання робіт при t=20°C	15±2хв	2години
Температура нанесення	Від +5°C до +35°C	Від +5°C до +35°C
Кількість води для приготування розчину	На 25кг 4,6л води	На 25кг 4,6л води
Максимальна товщина одного шару	Не більше 3см	4см
Міцність на стиск: - через 24 години - через 7 днів - через 28 днів	8,80±1,00Н/мм ² 24,80±2,00Н/мм ² 33,00±2,00Н/мм ²	22,00±5,00Н/мм ² 40,00±5,00Н/мм ² 55,00±5,00Н/мм ²

Для цементно-піщаного розчину був використаний портландцемент марки ПЦ II/Б-Ш-400 і пісок із крупністю зерен не більше 3мм.

Для проведення випробувань для ремонтних матеріалів підібране таке водотверде відношення, щоб забезпечити легкість вкладання (табл. 2).

Таблиця 2.

Ремонтний матеріал	Вода
Rapicret 1ч	18,3%
Megacret 1ч	18,3%
Портландцемент : пісок -1:3	В/Ц=0,425

Випробування проводилися відповідно до розробленої методики по визначенню міцності зчеплення ремонтного матеріалу зі старим бетоном на зсув і на відрив.



Рис. 3. Випробування зразків з визначення міцності зчеплення на зсув



Рис. 4. Зразки для випробування міцності зчеплення на відрив



Рис. 5. Випробування зразків з визначення міцності зчеплення на відрив

Результати випробувань характеристик ремонтних систем наведені в табл. 3.

Таблиця 3.

Технічні характеристики ремонтних систем

Найменування показників	№ складу		
	1) Rapicret	2) Megacrete-40	3) Ц/П розчин
1. Розплив конуса, мм	106	110	110
2. Усадка лінійна, %	0	0	1,76
3. Міцність на стиск, Н/мм ²	38,1	50,08	16,97
6. Міцність зчеплення зі старим бетоном на зсув, Н/мм ²	0,885	0,907	0,189
7. Міцність зчеплення зі старим бетоном на відрив, Н/мм ²	0,187	0,272	0,095
8. Витрати при товщині 1 см, кг/м ²	17,5	17,5	18,3
9. Вартість, грн./кг	6,90	5,76	4,04

Висновки

1. В результаті впливу навколишнього агресивного середовища відбувається руйнування конструкцій із залізобетону. В наш час величезна кількість залізобетонних конструкцій і споруд в Україні мають критичні пошкодження, перебувають у незадовільному стані й вимагають термінового виконання ремонтно-відновлювальних робіт.

2. Досвід застосування ремонтних систем засвідчує, що основною умовою успішного ремонту являється сумісність ремонтного матеріалу з матеріалом основи (старим бетоном). Сьогодні проектування ремонтних систем з використанням концепції сумісності є перспективним напрямком. Загальний принцип сумісності – такий підбір ремонтної системи, що максимально забезпечувала б монолітність покриття й підкладки з урахуванням всіх їх хімічних і фізичних властивостей. Однією з найбільш важливих характеристик ремонтних систем є адгезійна сумісність – досягнення достатньої величини зчеплення між бетоном основи й ремонтним матеріалом та її стабільність у часі.

3. Розроблена експериментальна методика визначення адгезійної сумісності матеріалів для ремонту залізобетонних конструкцій, що базується на проведенні випробувань міцності зчеплення ремонтних систем на зсув та відрив.

4. Проведено випробування для визначення і порівняння фізико-механічних характеристик ремонтних матеріалів Rapicret, Megacrete-40 і цементно-піщаного розчину на основі портландцементу. За результатами експериментальних досліджень виявлено, що матеріали Rapicret, Megacrete-40 відповідають вимогам європейських норм щодо ремонтних матеріалів для відновлення бетонних та залізобетонних конструкцій.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Пшинько А.Н., Савицкий Н.В., Савицкий А.Н. Методология количественного проектирования систем для ремонта железобетонных конструкций. /Новини науки Придніпров'я.–2002.–№6.–С.12 - 18.
2. Савицкий А.Н., Пшинько А.Н., Савицкий Н.В. Проектирование бетона защитного слоя ремонтной системы по критерию электрохимической совместимости. // Строительство, материаловедение, машиностроение.–2003.–С.201 - 209.
3. Савицкий Н.В., Пшинько А.Н., Савицкий А.Н. Теоретические основы и практические результаты разработки технологий ремонта железобетонных и каменных конструкций. // Строительные материалы и изделия. –2003.–№3.–С.31-33.
4. Методология и практика разработки систем для ремонта железобетонных конструкций // Пшинько А.Н., Савицкий Н.В., Зинкевич А.Н., Савицкий А.Н. /Рациональные энергосберегающие конструкции, здания и сооружения в строительстве и коммунальном хозяйстве/ Сб. научн. тр., часть 1.–Белгород, БелГТАСМ.–2002.–С.179 - 183.
5. Чарнецкий Л., Орловская Е.В., Стусенко А.И. Материалы для содержания, ремонта и усиления железобетонных мостовых конструкций // Збірник наук. праць Луганського національного аграрного унів-ту №71 (94).–ЛНАУ, 2007–С.382 - 402.
6. Чарнецкий Л., Орловская Е.В., Орловский Ю.И., Лукьянченко М.А. Совместимость материалов защитных покрытий и бетона подложек бетонных и железобетонных конструкций. // Збірник наук. праць Луганського національного аграрного унів-ту №71 (94).–ЛНАУ, 2007–С.403 - 411.
7. British Standart Institution, Products and systems for the protection and repair of concrete structures – Definitions, requirements, quality control and evolution of conformity, DD ENV 1504-1997.
8. Morgan D.R.Compatibility of concrete repair materials and systems//Construction and building materials.-1996.-V.10,N.1-P.57-67