

ОЦІНКА ЗЧЕПЛЕННЯ ТОРКРЕТ-БЕТОНУ ПРИ РЕМОНТІ БЕТОННИХ ТА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Коваль П.М.

Фаль А.Є.

Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна

Мазурак А.В.

Львівський національний аграрний університет

Постановка проблеми

Сучасне будівництво вимагає ефективного будівельного виробництва, підвищення якості проектних рішень, раціонального використання нових конструкцій і матеріалів, що, в свою чергу, потребує значних наукових, проектних і технологічних досліджень.

Цементно-бетонні покриття доріг, аеродромів, мостів піддаються постійній дії динамічних навантажень, багаторазово нагріваються і охолоджуються, замерзають і розмерзаються, зволожуються і висихають.

Несприятливе поєднання динамічного навантаження і температурно-вологісного режиму бетонного покриття викликає складний напружено-деформований стан і може спричинити критичні напруження, що перевищують міцність бетону. В результаті виникають повздовжні і поперечні тріщини.

Спільна дія механічних і температурних факторів в поєднанні з хімічною агресією призводить до активного пошкодження бетонних і залізобетонних поверхонь. Найбільш характерні з них – це лущення поверхні бетону, поява тріщин різної глибини їх розкриття, і, як результат, корозія арматури. Ці пошкодження потребують відповідного ремонту з використанням матеріалів і технологій, які забезпечують ефективність ремонту, скорочення міжремонтних періодів, економії матеріалів, трудових і енергетичних ресурсів.

Одним із ефективних методів ремонту цементно-бетонного покриття є технологія торкрет-бетонування (пневмо-набризку), яка дає можливість механізувати практично всі процеси і отримати шар бетону підвищеної щільності і будь-якої товщини.

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

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

Процес торкретування знайшов в останні роки досить широке застосування в різних сферах, проте ще й сьогодні до кінця не вивчено умови бетонування при ремонті горизонтальних і вертикальних поверхонь і отримання однорідного за складом шару торкрет-бетону із забезпеченням міцності зчеплення нового і старого бетону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Процес зчеплення нового і старого бетону залежить від багатьох факторів, віку бетону; характеру обробки поверхні старого бетону; складу нового бетону; способу вкладання і умов тверднення нового бетону і інших.

Дослідним шляхом встановлено, що після досягнення старим бетоном 70-100 %-ної міцності вплив його віку на зчеплення з новим бетоном є незначним [1].

Стан поверхні затверділого бетону перед вкладанням нового вважається одним із основних факторів впливу на міцність зчеплення табл. 1 [2].

Таблиця 1 – Міцність зчеплення торкрету порівняно з міцністю монолітного бетону [2]

| № | Дослідні зразки | Міцність зчеплення, % |
|---|--|-----------------------|
| 1 | Монолітні зразки | 100 |
| 2 | Поверхня, насічена і покрита розчином | 74 |
| 3 | Ненасічена поверхня і покрита розчином | 72 |
| 4 | Поверхня насічена, суха | 61 |
| 5 | Поверхня насічена, змочена водою | 55 |
| 6 | Поверхня ненасічена, суха | 52 |
| 7 | Поверхня ненасічена, змочена водою | 45 |

Одним із ефективних способів підготовки поверхні старого бетону є промивання цементним тістом або розчином.

Не дивлячись на підвищення якості бетону за рахунок широкого застосування поверхнево-активних і комплексних добавок, проблема попередження і відновлення поверхонь на сьогодні є однією з актуальних.

В сучасній технології бетону створена і має широке застосування велика кількість комплексних додатків різних видів і призначень, що дозволяє спрямовано впливати на властивості цементного каменю і затверділого бетону та підвищувати їх якість [3].

Введення хімічних добавок в бетон з метою підвищення зчеплення пропонується багатьма дослідниками [1, 2]. При цьому слід відзначити, що міцності зчеплення модифікованого бетону в 1,5 раза вища за звичайну.

Використання полімерів на основі епоксидних смол з метою омонолічення старого бетону з новим дає можливість отримати максимальну міцність стику обох поверхонь [1, 2, 4].

Багаторазові обстеження окремих ділянок доріг з цементобетонного покриттям, проведені 1981-1984 рр. ДерждорНДІ показали, що число плит з «лушенням» бетону складають, в середньому, 10-25 %, а з тріщинами 5-10 % від загальної протяжності обстежених ділянок. В основному процес ремонту таких пошкоджених поверхонь відбувається подвійним поверхневим нанесенням цементобетону, який не завжди дає очікувані результати, тому що міцність зчеплення з бетонною основою є недостатньою і спостерігається розшарування обробленої поверхні, особливо в місцях швів.

Необхідні роботи по відтворенню бетонного покриття полімер-цементними матеріалами були проведені в Німеччині, США і скандинавських країнах. Результати досліджень [5], показали, що застосування полімер-цементних сумішей на основі полівінілацетату і латексів далеко не завжди дають позитивні результати через необхідність зупинки експлуатації покриття доріг на подовжений період для досягнення достатньої міцності.

В світовій практиці для зароблення тріщин в цементобетонному покритті використовують спеціальні еластичні композиції, які містять гумову крихту, синтетичний хлоропреновий каучук, рідкий заповнювач, а також мастики на основі синтетичних смол.

За останні роки розроблено ефективні покриття з полімер-бетонів. В більшості вони використовуються для ремонту аеродромного покриття і відновлення ділянок доріг, які піддаються підвищеному зношенню. Як в'язне для полімер-бетону служать фуранові, епоксидні, поліефірні та інші смоли [2].

Формування цілей статті

Вітчизняний та закордонний досвід використання адгезійних обмазок між старим і новим бетоном невеликих вузьких ділянок збірних і монолітних конструкцій доводить, що адгезійний прошарок із полімерів між старим і новим бетоном значно підвищує міцність зчеплення між ними.

Для міцного склеювання необхідно, щоб сили зчеплення між клеєм і поверхнею були більші за сили зчеплення між частинами клейного матеріалу.

Сили зчеплення при склеюванні обумовлені різними факторами: природою тіл, що контактують; числом точок контакту на одиницю площі поверхні; відстанню між точками контакту; площею контакту; характером середовища між контактувальними поверхнями; зовнішнім впливом.

Для оцінювання параметрів зчеплення різних торкретованих поверхонь, в тому числі з використанням полімерних прошарків, в ДерждорНДІ ім. Шульгіна були проведені відповідні експериментальні дослідження [2, 3]. В якості адгезійного прошарку використовувались дві полімерні композиції: клей СПРУТ-5 МДИ (двокомпонентна система, яка складається із насиченої поліефірної смоли ПН-1 і модифікованого додатку макродіізоціанату) і ФАЭИС-30 (фурфуролацетановий мономер-ФА з епоксидно-сланцевою смолою –ЭИС-1).

Виклад основного матеріалу

Експериментальні дослідження із оцінки параметрів торкрет-бетону при ремонті цементобетонних покриттів виконувались з використанням «сухої» технології і з врахуванням впливу наступних технологічних параметрів: швидкості виходу потоку; відстані сопла до поверхні нанесення; водоцементного відношення; підготовки поверхні; процесу перемішування; формування структури шару торкрет-бетону на міцність (в т.ч. міцності зчеплення) і кількості відскоку.

Процес виконання ремонтних робіт вимагає оптимізації технологічних параметрів торкрет-бетону, особливо підготовки поверхні і складу суміші.

Як показали дослідження, що проводились при ремонті плит торкретуванням, максимальні значення міцності (в т.ч. зчеплення), морозостійкості отримали зразки, модифіковані хімічними додатками при використанні полімерних підкладок.

Міцність торкрет-бетону при стиску з добавкою на 12-18 % вища, ніж без добавки, а після 200 циклів заморожування різниця склала 34-41 %. Аналіз результатів досліджень показав, що міцність зчеплення ремонтної поверхні способом нанесення полімерними складами більша на 34%, ніж при підготовці класичним способом при очищенні металевими щітками і обмазці цементним розчином. Найвищі значення міцності зчеплення показали зразки з додатками на полімерних прошарках (близько 3,5 МПа), що вище міцності бетону на розтяг. Аналогічна закономірність спостерігається при визначенні характеристик морозостійкості зразків.

Згідно експериментальним даним попередніх дослідників товщина клеєвого прошарку не повинна перевищувати 2 мм, а значення максимальної адгезії досягаються при товщині шару 0,3-0,5 мм. Тому були проведені дослідження зчеплення старого і нового бетону при різних товщинах полімерного прошарку. Результати досліджень, проведені після 30 діб тверднення зразків, подано в табл. 2.

Згідно аналізу результатів проведених досліджень, оптимальними є результати міцності зчеплення нового бетону із старим, одержані при товщині адгезійного прошарку від 0,5 до 1 мм для ненаповнених прошарків, а при товщині адгезійного прошарку від 1,0 до 1,5 мм – для наповнених.

Таблиця 2 – Залежність міцності зчеплення старого і нового бетону від товщини адгезійного прошарку

| № п/п | Вид композиції | Товщина полімерного прошарку | Міцність зчеплення через 30 діб, МПа | | | | |
|-------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------|-------------|---------------|---------------------|
| | | | ФАЭС-30 | | СПРУТ-5 МДИ | | |
| | | | Бетон сухий | Бетон вологий | Бетон сухий | Бетон вологий | Бетон водонасичений |
| 1 | Не наповнена цементом | 0,3 | 3,0±0,21 | 2,0±0,10 | 3,0±0,1 | 3,0±0,18 | 2,5±0,18 |
| 2 | | 0,5 | 3,6±0,18 | 3,2±0,19 | 3,2±0,13 | 3,5±0,21 | 3,6±0,26 |
| 3 | | 1,0 | 3,5±0,07 | 3,0±0,12 | 3,0±0,18 | 3,3±0,17 | 3,4±0,17 |
| 4 | | 1,5 | 3,2±0,19 | 2,5±0,15 | 2,0±0,08 | 2,1±0,11 | 2,3±0,18 |
| 5 | Наповнена цементом 100 мас. частин | 1,0 | 3,6±0,22 | 3,0±0,06 | 3,3±0,17 | 3,2±0,22 | 3,0±0,18 |
| 6 | | 1,5 | 3,7±0,19 | 3,5±0,25 | 3,3±0,26 | 3,6±0,18 | 3,67±0,18 |
| 7 | | 2,0 | 3,6±0,29 | 3,5±0,18 | 3,5±0,14 | 3,5±0,21 | 3,32±0,13 |
| 8 | | 3,0 | 3,3±0,13 | 2,7±0,19 | 3,0±0,21 | 2,8±0,12 | 2,5±0,15 |

Проводились дослідження впливу на міцність зчеплення часу витримки полімерного адгезійного прошарку і температури нанесення оточувального середовища (табл. 3).

Аналізуючи результати проведених досліджень, можна стверджувати, що кожному виду підкладу притаманні оптимальні терміни нанесення торкрет-бетону і відповідний температурний режим. Якщо нанести новий бетон на старий одразу після нанесення полімерного прошарку, міцність зчеплення може досягти максимуму, проте процес буде подовжений в часі (табл. 4).

Таблиця 3 – Залежність міцності зчеплення нового бетону із старим від витримки адгезійного полімерного прошарку і температури

| № п/п | Час витримки полімеру, год | Міцність зчеплення по полімерному прошарку, МПа | | | | | | | |
|----------|-------------------------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | ФАЭС-30 | | | | СПРУТ-5 МДИ | | | |
| | | Температурний інтервал, °С | | | | | | | |
| | | 0-5 | 5-10 | 10-15 | 15-20 | 0-5 | 5-10 | 10-15 | 15-20 |
| 1 | – | 1,5 ±0,11 | 1,8 ±0,1 | 2,0 ±0,18 | 3,00 ±0,15 | – | – | – | – |
| 2 | 0,5 | 2,0 ±0,1 | 2,5 ±0,18 | 2,6 ±0,13 | 3,56 ±0,14 | – | – | 2,81 ±0,14 | 3,16 ±0,19 |
| 3 | 1,0 | 2,4 ±0,17 | 3,22 ±0,19 | 3,40 ±0,14 | 3,55 ±0,21 | 2,0 ±0,12 | 3,25 ±0,20 | 3,32 ±0,20 | 3,50 ±0,25 |
| 4 | 1,5 | 3,0 ±0,15 | 3,31 ±0,23 | 3,42 ±0,21 | 3,50 ±0,18 | 3,0 ±0,21 | 3,22 ±0,16 | 3,35 ±0,24 | 3,44 ±0,21 |
| 5 | 2,0 | 3,0 ±0,17 | 3,33 ±0,13 | 3,38 ±0,14 | 3,42 ±0,24 | 3,15 ±0,19 | 3,24 ±0,23 | 3,37 ±0,20 | 3,00 ±0,18 |
| 6 | 3,0 | 3,3 ±0,23 | 3,35 ±0,17 | 3,36 ±0,17 | 3,44 ±0,17 | 3,2 ±0,16 | 3,23 ±0,17 | 2,3 ±0,14 | – |
| 7 | 4,0 | 3,41 ±0,14 | 3,35 ±0,13 | 3,40 ±0,24 | 3,40 ±0,20 | 3,10 ±0,22 | 3,0 ±0,15 | – | – |
| 8 | 5,0 | 3,35 ±0,20 | 3,34 ±0,20 | 3,41 ±0,14 | 3,41 ±0,17 | 2,87 ±0,14 | 2,73 ±0,19 | – | – |

Таблиця 4 – Міцність зчеплення торкрет бетону із старим бетоном

| № п/п | Умови нанесення торкрет-бетону | Міцність зчеплення торкрет-бетону із старим по полімерному прошарку *, МПа | | | | | | | | | |
|-------|--------------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------------|------------------|-----------|-----------|----------------------------------|
| | | ФАЭС-30 | | | | | Морозостійкість після 200 циклів | СПРУТ-5 МДИ | | | |
| | | Вік зразків, діб | | | | 7 | | Вік зразків, діб | | | Морозостійкість після 200 циклів |
| | | 7 | 14 | 30 | 60 | | | 7 | 14 | 30 | |
| 1 | По сухому | 2,00±0,14 | 2,73±0,16 | 3,67±0,26 | 4,21±0,25 | 3,23±0,16 | 2,11±0,13 | 2,80±0,17 | 3,0±0,21 | 3,12±0,16 | 2,87±0,11 |
| 2 | По водонасиченому | | | | | | 2,3±0,12 | 2,76±0,17 | 3,44±0,24 | 3,50±0,17 | 3,00±0,18 |

* у всіх випадках розрив зразків відбувся по бетону

Висновки

Експериментальними дослідженнями оцінювання міцності зчеплення старого і торкретованого бетонів встановлено, що максимальні показники міцності отримано при належній підготовці торкретованої поверхні, зокрема нанесенні тонкого адгезійного полімерного прошарку, а також при використанні модифікаторів бетону. При цьому значення міцності зчеплення бетону й торкретованої поверхні перевищують міцнісні показники на розтяг (всі зразки зруйнувались в масиві старого або нового бетону).

При аналізі параметрів міцності зчеплення старого і торкретованого бетону враховано чинники: склад торкрет-бетону і використання певних видів додатків; товщину полімерного прошарку; час витримки прошарку до нанесення торкрет-бетону і вплив знакоперемінного температурного навантаження.

На нашу думку, при подальшому вивченні зчеплення торкретованого і старого бетону необхідно дослідити вплив:

- використання сучасних модифікаторів цементних сумішей, а також полімерних прошарків;
- поверхні із високоміцного і бетону низького класу, також поверхонь з інших матеріалів;
- збільшення площі поверхні (нарізання пазів, борозен) і влаштування додаткових анкерів, особливо при ремонті залізобетонних і металевих конструкцій.

Література

1. В.Г. Микульский, Л.А. Игонин. Сцепление и склеивание бетона в сооружениях. Стройиздат, М., 1965
2. Научно-технический отчет «Разработка технологического процесса ремонта цементобетонных покрытий с использованием экспериментального оборудования по пневмонабрызгу» ГОСДОРНИИ, Киев – 1984 г., 51с.
3. Правила застосування хімічних добавок у бетонах і будівельних розчинах ДБН В.2.7-64-97. – К.: Держбуд України, 1999. – 60 с.
4. Научно-технический отчет «Разработка требований к материалам для ремонта цементобетонных покрытий с применением пневмонабрызга и полимерных материалов» ГОСДОРНИИ, Киев – 1985г., 51 с.
5. Автомобильные дороги. Зарубежный опыт, экспрес-информация, № 1, М., 1980 г.