

ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 69.059.3

DOI 10.31649/2311-1429-2018-2-45-50

О. С. Молодід**Р. О. Плохута****ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
СКЛЕЮВАННЯ ТРІЩИН ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
КОНСТРУКЦІЙ ПРОСОЧУВАННЯМ**

Київський національний університет будівництва і архітектури

Найбільш поширеними пошкодженнями залізобетонних горизонтальних конструкцій є тріщини в нижній (розтягнутій) зоні. Вплив агресивного середовища на арматуру, через тріщини, може призвести до її корозії, порушення зчеплення з бетоном та зниження міцності залізобетонних конструкцій. Для попередження згубного впливу зовнішнього середовища на арматуру конструкцій тріщини потрібно ремонтувати. Згідно рекомендацій ДСТУ Б В.3.1-2:2016 та Європейського стандарту EN 1504 ремонт пошкоджень залізобетонних конструкцій у вигляді тріщин можна виконувати способом ін'єктування чи просоченням в них ремонтних розчинів.

З метою дослідження технології ремонту залізобетонних конструкцій просоченням ін'єкційного розчину в тріщини було заплановано та виконано ряд експериментальних досліджень. Такі експериментальні дослідження були спрямовані на виявлення здатності склеювання тріщин в бетоні з різною шириною розкриття за допомогою композитного матеріалу «Консолід 1» та спеціально розробленого «лоточка» а також дослідження склеювання арматури з бетоном в разі порушення їх зчеплення.

У статті наведена методика підготовки експериментальних випробувань, описано методи їх виконання та представлено їх результати. Для виконання експериментальних досліджень використовували залізобетонні зразки зі штучно створеними тріщинами з шириною розкриття від 0,05 мм до 0,8 мм та різної глибини.

Згідно результатів експериментальних досліджень встановлено, що дана технологія є ефективною при ширині розкриття тріщин до 0,5 мм. При цьому, бетон навколо тріщини з шириною розкриття 0,05 - 0,2 мм склеюється повністю, з шириною розкриття 0,25 - 0,5 мм склеюється в глибині (в вершині) тріщини. В деяких зразках при повторному завантаженні тріщини утворилися паралельно існуючим – склеєним. Значення повторно прикладеного руйнівного зусилля складало від 50 до 110 % від руйнівного зусилля до просочення.

Ключові слова: залізобетонні конструкції, просочення, ін'єкційний розчин, склеювання.

Вступ

Бетонні та залізобетонні будівельні конструкції відрізняються від конструкцій з інших матеріалів своєю міцністю, довговічністю, практичністю та інше. Проте, під дією багатьох чинників (помилки при проектуванні, дія агресивного середовища, неправильна експлуатація та інше) бетонні та залізобетонні конструкції зазнають пошкоджень і, в результаті, потребують ремонту з метою відновлення їх експлуатаційних властивостей.

Згідно рекомендацій ДСТУ Б В.3.1-2:2016 «Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель та споруд» відремонтувати пошкодження залізобетонних конструкцій у вигляді тріщин можна способом ін'єктування чи просоченням в них ремонтних розчинів.

В країнах Європи діє стандарт EN 1504 «Product and system for the protection and repair of concrete structures – Definitions, requirements, quality, control and evaluation of conformity» («Вироби та система захисту і ремонту бетонних конструкцій. Визначення, вимоги, якість, контроль та оцінка відповідності»), в якому передбачено всі процеси ремонту бетонних та залізобетонних конструкцій: діагностика причин пошкоджень, визначення способу ремонту, вимоги до технічних характеристик матеріалів та методів випробувань, контроль та оцінка якості виконання робіт. EN 1504 – 5 «Ін'єктування бетону» визначає вимоги до способів ін'єктування та просочення залізобетонних конструкцій та матеріалів, що при цьому можуть бути використані.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Спосіб ін'єктування ремонтних розчинів в бетонні та залізобетонні конструкції використовують для ремонту тріщин [3, 4, 8, 11] та для гідроізоляції конструкцій [6]. Дослідженням даного способу ремонту займалися такі вчені: Гайда О. М., Галушко В. О.,

Коваленко О. В., Лисенко В. А., Лучко Й. Й., Маруха В. І., Назаревич Б. Л., Петровський А. Ф., Пшинько О. М. та ін.

Спосіб просочення бетонних та залізобетонних конструкцій ремонтними розчинами використовують для захисту конструкцій від дії агресивного середовища, збільшення терміну їх служби [2, 7], гідроізоляції, створення адгезійного шару для подальшого підсилення конструкції [1, 5]. Дослідженням даного способу ремонту займалися такі вчені: Бамбура А. М., Борисюк О. П., Вітковський Ю. А., Воронов Ю. Н., Довбенко В. С., Захарченко П. В., Ігнатова І. В., Кваша В. Г., Кризов В. О., Сазонова І. Р., Токарев М. М., Цібеленко П. П., Шейніч Л. О. та ін.

Основна частина

В горизонтальних конструкціях найчастіше потребує відновлення і ремонту нижня (розтягнута) зона в зв'язку з виникненням пошкоджень у вигляді тріщин. Їх ремонт є важливою задачею, адже через тріщини можливий вплив агресивного середовища на арматуру, що призведе до її корозії, з подальшим порушенням зчеплення арматури і бетону та руйнування залізобетонних конструкцій.

На базі лабораторії ДП «НДІБВ» було виконано ряд експериментальних досліджень технологій склеювання штучно створених тріщин різної ширини та глибини за допомогою «лоточка» та ін'єкційного розчину «Консолід 1». При цьому досліджували склеювання бетону між собою та арматурою в разі порушення їх зчеплення.

Для проведення експерименту були виготовлені залізобетонні зразки з класом бетону С 20/25 з розмірами 120 x 70 x 250 мм. Габаритні розміри зразків та схеми їх армування вказана на рис.1.

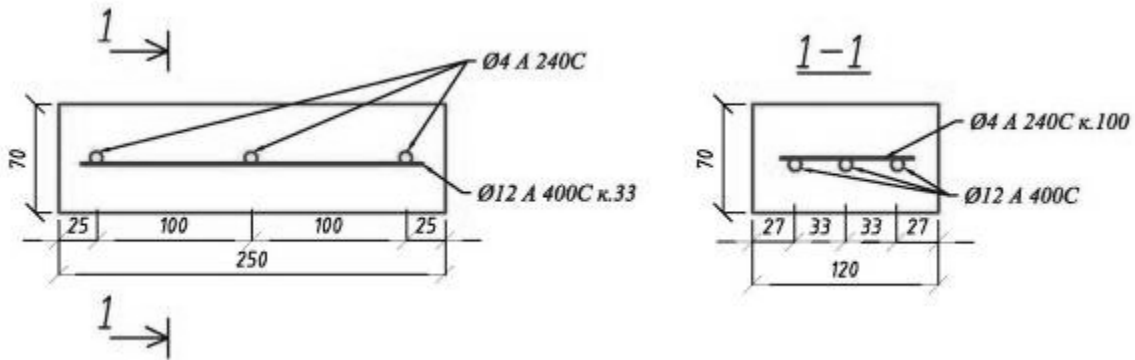


Рисунок 1 – Габаритні розміри зразків та схеми їх армування

Через 28 днів після виготовлення зразків на їхніх нижніх поверхнях штучно створювали тріщини. Цю дію виконували прикладанням вертикального зусилля на частину зразка, що опирався на дві опори, за допомогою гідравлічного преса ПСУ - 10 (рис.2).

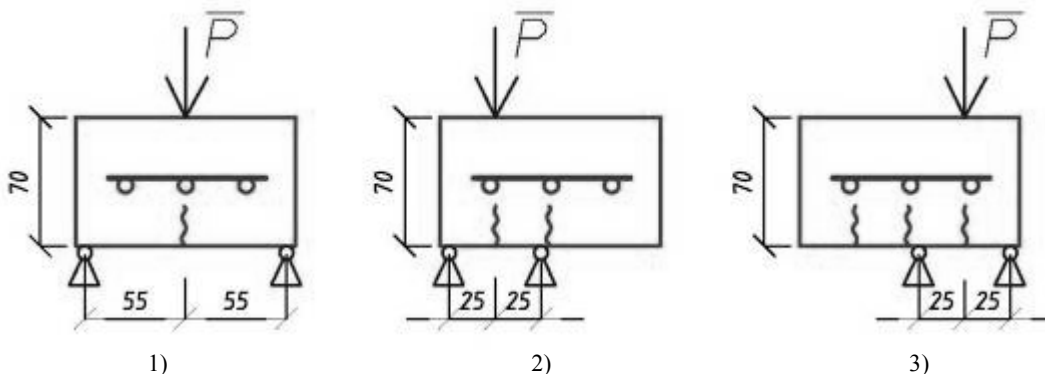


Рисунок 2 – Схеми місць та послідовності прикладання зусилля для створення тріщин.

В таблиці 1 наведено значення руйнівної сили та ширина розкриття тріщин внаслідок прикладання зусилля.

При прикладанні зусилля на зразках утворилися тріщини з шириною розкриття від 0,05 мм до 0,8 мм та різної глибини. Така градація по ширині розкриття тріщин дозволить якісно оцінити технологію просочення композиційного матеріалу «Консолід 1» в глибину тріщини та її склеювання.

Значення руйнівних зусиль та ширина розкриття тріщин

Визначення міцності на згин за схемою №	Руйнівне зусилля, F, кгс	Ширина розкриття тріщин, мм
1	450	0,05-0,4
2	1090-1780	0,2-0,8
3	1710-1860	0,1-0,4

Для подальшої роботи поверхню бетону очищували від залишків цементного молочка, пилу та бруду.

Для уникнення витікання композиційної рідини через утворені тріщини, зразки обмашували з усіх сторін, крім сторони, що підлягала просоченню, шпаклівкою Ceresit СД 24. Просочення зразків виконували за допомогою «лоточка» [9, 10]. Для цього спеціально розроблений «лоточок» щільно притискали, за допомогою систем затяжок до нижньої поверхні залізобетонного зразка (рис. 3).



Рисунок 3 – Фіксація спеціально розробленого «лоточка» до нижньої поверхні залізобетонного зразка за допомогою систем затяжок

Приготовану композиційну рідину «Консолід 1» за допомогою стисненого повітря подавали в «лоточок», при цьому підтримували постійний тиск в системі в межах 0,5 – 0,6 атм. протягом 10 хвилин.

Через дві доби зразки очищували від шпаклівки шліфувальною машинкою та повторно прикладали зусилля до них за методикою описаною раніше з встановленням значень руйнівної сили. Результати досліджень наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Значення руйнівних зусиль до та після просочення

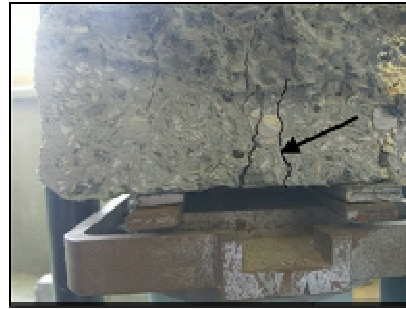
Визначення міцності на згин за схемою №	Руйнівне зусилля до просочення, F, кгс	Ширина розкриття тріщин, мм	Руйнівне зусилля після просочення, F ₁ , кгс	Величина зміцнення, %	Примітки
1	450	0,05 – 0,4	220 – 550	49 – 111	
2	1090 – 1780	0,2 – 0,8	0 – 600	0 – 34	В одному з зразків тріщина почала розходитися ще під час прикладання зусилля за схемою №1
3	1710 – 1860	0,1 – 0,4	1650 – 1870	89 – 109	Тріщина утворилася паралельно існуючій

Згідно аналізу результатів експериментальних досліджень було встановлено, що композиційна рідина «Консолід 1» ефективно склеює тріщини в бетоні, ширина розкриття яких не перевищує 0,2 мм. Руйнівне зусилля таких зразків після просочення на 10 % більше від руйнівного зусилля до

просочення. При цьому в деяких зразках при повторному завантаженні тріщини утворилися паралельно існуючим – склеєним (рис. 4). Отже, збільшення руйнівної сили викликано не лише склеюванням мілких тріщин, а також зміцненням шару бетону, що просочений композиційним розчином «Консолід 1».



а)



б)

Рисунок 4 – Утворення тріщин на зразках. а) тріщина, що утворилася внаслідок прикладання зусилля до просочення; б) паралельна тріщина, що утворилася внаслідок прикладання зусилля після просочення (склеєна тріщина вказана стрілкою)

Бетон в зразках, з шириною розкриття тріщин від 0,3 мм до 0,5 мм, склеївся частково, а саме в глибині тріщини, де ширина їх розкриття зменшується в межах від 0,05 до 0,2 мм. Значення руйнівного зусилля при повторному навантаженні таких зразків становило від 50 до 80 % від значення руйнівного зусилля до просочення.

Тріщини в бетоні з шириною розкриття в межах від 0,6 мм і більше не склеювалися.

Висновки

Згідно аналізу результатів проведених експериментальних досліджень було встановлено, що технологія склеювання тріщин залізобетонних конструкцій просочуванням композиційною рідиною «Консолід 1» ефективна для склеювання бетону між собою та арматурою в разі порушення їх зчеплення.

Встановлено, що при розкритті тріщин до 0,2 мм композиційна рідина повністю склеює бетон навколо тріщини, та при повторному прикладанні зусилля конструкція руйнується при силі на 10 % більшій від руйнівного зусилля до просочення. В деяких зразках при повторному прикладанні зусилля тріщини утворилися паралельно склеєним.

При розкритті тріщин від 0,3 мм до 0,5 мм, бетон склеювався частково, а саме в глибині тріщин, де ширина їх розкриття не перевищувала 0,2 мм. Ззовні бетонний зразок з тріщиною виглядав не склеєним. Значення повторно прикладеного зусилля складало від 50 до 80 % від руйнівного зусилля до просочення.

При розкритті тріщин понад 0,6 мм бетон не склеювався.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Борисюк О. П. «Жорсткість та тріщиностійкість згинальних залізобетонних елементів підсилені вуглепластиками в розтягнутій зоні» / О. П. Борисюк, О. П. Конончук // *Наук.-техн. зб. «Комунальне господарство міст»*. – Київ, 2012. – вип. 105. – с. 132 - 140.
2. Воронов Ю. Н. «Метод интенсивной пропитки композиционных строительных материалов при исследовании влияния влажности на их прочностные и акустические свойства» / Ю. Н. Воронов, С. И. Сланевский // «Вісник Одеської державної академії будівництва і архітектури». – Одеса, 2012. – вип. 47, част. 1.
3. Гайда О. М. «Дослідження закриття тріщин в залізобетонних балкових елементах ін'єкційним методом» / О. М. Гайда, А. Я. Пенцак // «Вісник Одеської державної академії будівництва і архітектури». – Одеса, 2012. – вип. 47. – с. 23 - 29.
4. Галушко В. А. «Эффективные современные способы заделывания трещин в эксплуатируемых зданиях и сооружениях» / В. А. Галушко, И. Н. Бабий, И. В. Колодяжна, А. С. Пидойма, Л. С. Шевчук // *Зб. наук. пр. «Будівельне виробництво»*. - Київ, 2014. – вип. 56. – с. 45 - 48.
5. Григоровський П. Є. «Підсилення балочних конструкцій зовнішнім армуванням методом наклеювання високоміцних тканин» / П. Є. Григоровський, О. С. Молодід, Р. О. Плохута // *Міжвідомчий наук.-техн. зб. (техн. науки) «Будівельне виробництво»*. – Київ, 2016. – вип. 61. – с. 13 - 18.
6. Коваленко О. В. «Ін'єкційні гідроізоляція – ефективний метод усунення активних протікань води через бетонні конструкції гідротехнічних споруд» / О. В. Коваленко, В. Д. Крученко // *Зб. наук. праць «Меліорація і водне господарство»*. – Київ, 2013. – вип. 100. – с. 138 - 147.

7. Критов В. О. «Повышение плотности и прочности бетона и железобетона пропиткой жидким стеклом путем внутреннего вакуумирования» / В. О. Критов, О. М. Кривоша, М. Н. Токарев // Зб. наук. праць «Будівельні виробництва». - Київ, 2012. – вип. 43. – с. 192 - 196.
8. Маруха В. І. «Ін'єкційні технології відновлення робоздатності пошкоджених споруд тривалої експлуатації». / В. І. Маруха, В. В. Панасюк, В. П. Силованюк // - Львів, видавництво «СПОЛОМ» 2009. – том 12. – 260 с.
9. Молодід О. С. «Експериментальні дослідження ремонту тріщин балочних залізобетонних конструкцій просочуванням» / О. С. Молодід, Р. О. Плохута // Міжвід. наук.-техн. зб. (техн. науки) «Будівельне виробництво». – Київ, 2017. – вип. 63. – с. 11 - 19.
10. Пат. Україна, 114090 МПК E04B 1/62 (2006.01) «Спосіб ремонту та захисту горизонтальних залізобетонних конструкцій з великою кількістю тріщин ін'єктуванням за допомогою «лоточка»» / О. С. Молодід, Р. О. Плохута, В. О. Колесніков /. – опубл. 27.02.2017. Бюл. № 4.
11. Петровський А. Ф. «Разработка оборудования и проведение экспериментальных исследований инъекционной технологии» / А. Ф. Петровський // «Вісник Одеської державної академії будівництва і архітектури». – Одеса, 2016. – вип. 63. – с. 323 – 329.

REFERENCES

1. Borysyuk O. P. «Zhorstkist' ta trishchynosti ykist' z'hynal'nykh zalizobetonnykh elementiv pidsylenykh vuhleplastykam y roz'yahnutiy zoni» / O. P. Borysyuk, O. P. Kononchuk // Nauk.-tehn. zb. «Komunal'ne hospodarstvo mist». – Kyiv, 2012. – vyp. 105. – s. 132 - 140.
2. Voronov YU. N. «Metod yntesyvnoy propytky kompozytsyonnykh stroytel'nykh materyalov pry yssledovanuy vlyyannya vlazhnosti na ykh prochnostnye y akutycheskye svoystva» / YU. N. Voronov, S. Y. Slanevskyy // «Visnyk Odes'koyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva i arkhitektury». – Odesa, 2012. – vyp. 47, chast. 1.
3. Hayda O. M. «Doslidzhennya zakryttya trishchyn v zalizobetonnykh balkovykh elementakh in'yektsiynym metodom» / O. M. Hayda, A. YA. Pentsak // «Visnyk Odes'koyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva i arkhitektury». – Odesa, 2012. – vyp. 47. – s. 23 - 29.
4. Halushko V. A. «Éffektyvnye sovremennye sposoby zadelyvannya treshchyn v éksplyuatyruemykh zdanyyakh y sooruzhenyakh» / V. A. Halushko, Y. N. Babyu, Y. V. Kolodyazhna, A. S. Pydoyma, L. S. Shevchuk // Zb. nauk. pr. «Budivél'ne vyrobnytstvo». - Kyiv, 2014. – vyp. 56. – s. 45 - 48.
5. Hryhorovs'kyy P. YE. «Pidsylennya balochnykh konstruksiy zovnishnim armuvannam metodom nakleyuvannya vysokomitsnykh tkanyn» / P. YE. Hryhorovs'kyy, O. S. Molodid, R. O. Plokhuta // Mizhvidomchyy nauk.-tehn. zb. (tekh. nauky) «Budivél'ne vyrobnytstvo». – Kyiv, 2016. – vyp. 61. – s. 13 - 18.
6. Kovalenko O. V. «In'yektsiyni hidroizolyatsiya – efektyvnyy metod usunennya aktyvnykh protikan' vody cherez betonni konstruksiyi hidrotekhnichnykh sporud» / O. V. Kovalenko, V. D. Kruchenyuk // Zb. nauk. prats' «Melioratsiya i vodne hospodarstvo». – Kyiv, 2013. – vyp. 100. – s. 138 - 147.
7. Krytov V. O. «Povyshenye plotnosity y prochnosity betona y zhelezobetona propytkoy zhydkym steklom putem vnutrenneho vakuumyrovannya» / V. O. Krytov, O. M. Krytova, M. N. Tokarev // Zb. nauk. prats' «Budivél'ni vyroby ta sanitarna tekhnika». - Kyiv, 2012. – vyp. 43. – s. 192 - 196.
8. Marukha V. I. «In'yektsiyni tekhnolohiyi vidnovlennya robotozdatnosti poskodzhenykh sporud tryvaloyi eksplyuatatsiyi». / V. I. Marukha, V. V. Panasyuk, V. P. Sylovanyuk // - L'viv, vydavnytstvo «SPOLOM» 2009. – том 12. – 260 s.
9. Molodid O. S. «Eksperymental'ni doslidzhennya remontu trishchyn balochnykh zalizobetonnykh konstruksiyi prosochuvannam» / O. S. Molodid, R. O. Plokhuta // Mizhvid. nauk.-tehn. zb. (tekh. nauky) «Budivél'ne vyrobnytstvo». – Kyiv, 2017. – vyp. 63. – s. 11 - 19.
10. Pat. Ukrayina, 114090 МПК E04B 1/62 (2006.01) «Sposib remontu ta zakhystu horyzontal'nykh zalizobetonnykh konstruksiy z velykoyu kil'kisty trishchyn in'yektuvannam za dopomohoyu «lotochka»» / O. S. Molodid, R. O. Plokhuta, V. O. Kolesnikov /. – opubl. 27.02.2017. Byul. № 4.
11. Petrovskyy A. F. «Razrabotka oborudovannya y provedenye éksperymental'nykh yssledovanny yn'yektsyonnoy tekhnolohyy» / A. F. Petrovskyy // «Visnyk Odes'koyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva i arkhitektury». – Odesa, 2016. – vyp. 63. – s. 323 – 329.

Молодід Олександр Станіславович – к. т. н., доцент кафедри технології будівельного виробництва Київського національного університету будівництва і архітектури. ORCID ID: 0000 0002 3148 5376.

Плохута Руслана Олександрівна – аспірант Київського національного університету будівництва і архітектури.

**O. S. Molodid
R. O. Plokhuta**

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE TECHNIQUES OF CONGLUTINATION THE CRACKS IN THE REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS BY LEAKAGE

Kiev National University of Construction and Architecture

The most common damages to reinforced concrete horizontal structures are cracks in the lower (stretched) zone. The impact of an aggressive environment on the reinforcement through cracks can lead to its corrosion, disruption of adhesion to concrete and lower strength of reinforced concrete structures. To prevent the damaging effect of the external

environment on the reinforcement of the structures, the cracks must be repaired. According to the recommendations of State Standards of Ukraine for Building (DSTU) Б В.3.1-2:2016 and European Standard EN 1504, repair of damages of reinforced concrete structures in the form of cracks can be done by way of injection or impregnation of repair compounds (mortars) into them.

In order to study the technology of repairing reinforced concrete structures by impregnation of injectable compounds into cracks, a series of experimental studies was scheduled and performed. Such experimental studies were aimed at revealing the ability to glue cracks in concrete with different width and depth using a composite material «Consolid 1» and specially designed "tray" as well as research on gluing concrete with reinforcement in case of violation of their adhesion.

The article describes the methodology of preparation and implementation of experimental tests and represents the results. For experimental research, concrete samples with artificially created cracks with a width of 0.05 mm to 0.8 mm and different depths were used.

According to the results of experimental studies, it was found that this technology is effective at crack widths of up to 0.5 mm. In this case, the concrete around the crack with a width of 0.05-0.2 mm is glued completely, with a width of 0.25-0.5 mm, is glued in the depth (at the top) of the crack. In some samples, in the case of repeated tensile strength test, there formed cracks parallel to the existing – glued cracks. The value of the repeatedly applied destructive effort ranged from 50 to 110% from the destructive force applied to the samples before the impregnation was made.

Key words: reinforced concrete constructions, leakage, injection solution, sealing.

Aleksandr Molodid - candidate of technical sciences, associate professor of technology development department of the Kiev National University of Construction and Architecture.

Rushana Plokhuta - postgraduate student of Kyiv National University of Construction and Architecture.

А. С. Молодид

Р. А. Плохута

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СКЛЕИВАНИЯ ТРЕЩИН ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОСАЧИВАНИЕМ

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

Наиболее распространенные повреждения железобетонных горизонтальных конструкций это трещины в нижней (растянутой) зоне. Влияние агрессивной среды на арматуру, через трещины, может привести к ее коррозии, нарушению сцепления с бетоном и снижению прочности железобетонных конструкций. Для предупреждения пагубного влияния внешней среды на арматуру конструкций трещины нужно ремонтировать. Согласно рекомендациям ГОСТ Б В.3.1-2: 2016 и Европейского стандарта EN 1504 ремонт поврежденных железобетонных конструкций в виде трещин можно выполнять способом инъектирования или пропиткой в них ремонтных растворов.

С целью исследования технологии ремонта железобетонных конструкций пропиткой инъекционного раствора в трещины было запланировано и выполнено ряд экспериментальных исследований. Такие экспериментальные исследования были направлены на выявление способности склеивания трещин в бетоне с разной шириной раскрытия с помощью композитного материала «Консолид 1» и специально разработанного «лоточка», а также исследования склеивания арматуры с бетоном в случае нарушения их сцепления.

В статье приведена методика подготовки экспериментальных испытаний, описаны методы их выполнения и представлены их результаты. Для выполнения экспериментальных исследований использовали железобетонные образцы с искусственно созданными трещинами с шириной раскрытия от 0,05 мм до 0,8 мм и различной глубины.

Согласно результатам экспериментальных исследований установлено, что данная технология является эффективной при ширине раскрытия трещин до 0,5 мм. При этом, бетон вокруг трещины с шириной раскрытия 0,05 - 0,2 мм склеивается полностью, с шириной раскрытия 0,25 - 0,5 мм склеивается в глубине (в вершине) трещины. В некоторых образцах при повторном загрузении трещины образовались параллельно существующим - склеенным. Значение повторно приложенного разрушающего усилия составило от 50 до 110 % от разрушающего усилия до пропитки.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, пропитка, инъекционный раствор, склеивание.

Молодид Александр Станиславович – к. т. н., доцент кафедры технологии строительного производства Киевского национального университета строительства и архитектуры.

Плохута Руслана Александровна – аспирант Киевского национального университета строительства и архитектуры.