

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Кліма Андрія Богдановича
на тему: «Несуча здатність залізобетонних елементів, відрновлених композитними матеріалами»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
з галузі знань 19 Архітектура та будівництво

Актуальність роботи. Огляд наукової проблематики свідчить про високу актуальність дослідження, присвяченого відрновленню пошкоджених залізобетонних балок, зокрема стиснутої зони бетону. Залізобетон є основою більшості конструкцій сучасного будівництва, і саме згинальні елементи першими зазнають руйнування під впливом експлуатаційних навантажень та агресивних чинників. Особливо гостро ця проблема постала в умовах масових пошкоджень інфраструктури України внаслідок воєнних дій. Новизна роботи полягає в комплексному підході до аналізу залишкової несучої здатності та напружено-деформованого стану балок після локального відрновлення стиснутої зони. Використання фіброармованого ремонтного розчину Sika MonoTop-4012 та цифрової кореляції зображень дозволило досягти високої точності в оцінці деформацій і ефективності ремонту. Дослідження розширює наукові уявлення про поведінку відрновлених конструкцій і дає змогу сформулювати практичні рекомендації для подовження їхнього ресурсу. Запропонований підхід може бути інтегрований у сучасну систему моніторингу технічного стану конструкцій і сприятиме підвищенню безпеки об'єктів, що зазнали пошкоджень.

Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри. Дисертація Андрія Кліма та отримані в ній результати відповідають науковому напряму кафедри автомобільних доріг та мостів, а саме спеціалізації «Мости і транспортні тунелі». Дисертаційна робота є частиною науково-дослідної роботи Національного Фонду досліджень України 2023.05/0026 «Інноваційні комплексні підходи для відрновлення транспортних споруд» (номер державної реєстрації 0124U003830).

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни. Положення, висновки та практичні рекомендації, викладені в дисертаційному дослідженні, мають ґрунтовне теоретичне підґрунтя і підтверджені даними експериментів. Для отримання результатів було використано сучасне обладнання (субмікронні індикатори та сучасні камери для методу цифрової кореляції зображень) і комп'ютерного програмного

забезпечення, Об'єктивність та достовірність висновків підтверджується застосуванням перевірених методик, сертифікованих засобів вимірювань, а також стабільністю результатів, що повторюються при незалежних дослідженнях.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в розробці методів застосування цементних композитних матеріалів та клейових сумішей для відновлення зруйнованої стиснутої зони бетону в залізобетонних згинаних конструкціях. Отримано експериментальні результати несучої здатності залізобетонних балок, що були відновлені після вичерпання їх несучої здатності з забезпеченням сумісної роботи існуючої залізобетонної і нової композитної частини дослідних зразків. Набули подальшого розвитку принципи розрахунку залізобетонних конструкцій згідно деформаційної моделі для випадку залізобетонних балок, в яких була відновлена стиснута зона бетону.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у розробці методів відновлення несучої здатності залізобетонних балок, в яких наявні різні ступені викришення бетону внаслідок їх повного руйнування. Відновлені залізобетонні балки показали несучу здатність близьку до їх початкового стану (перед руйнуванням), що надає змогу відновити конструкцію, а не проводити її заміну.

Обсяг і структура дисертації. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 221 найменувань та 4 додатків. Робота викладена на 202 сторінках, у тому числі 145 сторінок основного тексту, 11 таблиць, містить 108 рисунків, 36 сторінок списку використаних джерел та додатків. Дисертаційна робота за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України.

Аналіз змісту дисертації.

У першому розділі здійснено ґрунтовний аналіз сучасних наукових праць, присвячених питанням розрахунку та забезпечення надійності експлуатації залізобетонних конструкцій з урахуванням наявних дефектів і пошкоджень. Особливу увагу приділено вивченню ушкоджень у стиснутій зоні бетону згинальних елементів і впливу на процеси корозії арматури, які виникають через розвиток тріщин у бетоні. Одним із ключових чинників, що призводить до зниження несучої здатності таких конструкцій, є дія агресивного середовища. За наявності пошкоджень доцільним кроком є підсилення або відновлення залізобетонних елементів. Зокрема, в умовах воєнних дій — обстрілів і вибухів — пошкодження можуть бути суттєвими, що актуалізує потребу у відновленні стиснутої зони бетону та подальшому аналізі напружено-деформованого стану реконструйованих згинаних елементів. Огляд наукових джерел свідчить про широку розробку та впровадження ефективних технологій підсилення конструкцій за допомогою композитних матеріалів, що мають низку переваг над

традиційними підходами. Для дослідження деформаційних характеристик використано метод цифрової кореляції зображень, який забезпечує високоточну фіксацію деформацій арматури, бетонного матеріалу та прогинів дослідних зразків.

У другому розділі наведено характеристику використаних матеріалів та використаних методів досліджень. Представлено програму випробовувань дослідних зразків – залізобетонних балок. Згідно цієї програми передбачається чотири основних типи відновлення поперечного перерізу: відновлення лише стиснутої зони бетону композитним матеріалом, відновлення стиснутої зони бетону композитним матеріалом та відсутньої частини перерізу дрібнозернистим бетоном; вклеювання великих уламків епоксидним клеєм та відновлення стиснутої зони бетону композитним матеріалом та ін'єктування наскрізних тріщин з відновленням стиснутої зони бетону.

У третьому розділі наведено результати експериментальних випробовувань та результати застосування методики цифрової кореляції. Фізичне руйнування залізобетонних балок відбувалось внаслідок досягненні граничних значень в найбільш стиснутій фібрі та роздроблення стиснутої зони ремонтного розчину, окрім зразків четвертого та п'ятого дослідів у яких сточена арматура до діаметра 12 і 14 мм із діаметра 20 мм відповідно. В цих зразках фізичне руйнування відбувалось за розривом стержня арматури в яких досягалися граничні значення деформацій на розтяг.

Четвертий розділ присвячений розрахунку дослідних зразків, за деформаційною моделлю, використання якої передбачено будівельними нормами ДБН В.2.6-98:2009 та ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Запропоновані уточнення до розрахунку показали високу збіжність результатів: по текучості робочої арматури, – для залізобетонних контрольних зразків відхилення становить 2 %; для зразків інших зразків – 10...15 %ю Виняток становлять зразки для 2-ї серії де відхилення становить 47 %. Відхилення експериментальних значень від теоретичних, за моментом досягнення граничних значень в найбільш стиснутій фібрі бетону (ремонтного розчину), наступні: для контрольних зразків 1-ї серії більший на 7 %; для 3-ї...8-ї серії більший на 10...16 %; для 2-ї серії на 29 %. Відхилення експериментальних значень від теоретичних, за моментом досягнення граничного прогину є результати менші і наступні: для контрольних зразків 1-ї серії на 6 %; для 2-ї серії на 39 %, для зразків 3-ї...8-ї серії на 7...12 %. Тобто значні відхилення результатів характерні лише для зразків, геометрія яких не була приведена до початкового стану (в яких був наявний залишковий прогин).

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.
Рецензентом в дисертації та роботах здобувача не виявлено ознак академічного

плагіату та інших порушень, що могли б поставити під сумнів дотримання норм академічної доброчесності або самостійність виконання дослідження.

Повнота викладення результатів у опублікованих працях. Основні положення дисертації достатньо повно висвітлені у 8 наукових статтях, з яких 3 – у виданнях, що включені до міжнародної наукометричної бази даних Scopus.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. Згідно поставлених завдань дисертаційна робота присвячена відновленню стиснутої зони зруйнованих залізобетонних балок, проте і огляд літератури і подальша експериментальна частина включає в себе наявність пошкоджень і/або корозії арматури. Тому в роботі варто було б розкрити питання чи були наявні пошкодження в дослідних зразках до руйнування, якого типу, з яких умов вони прийняті і включити це в цілі роботи.

2. Один з методів відновлення передбачав виконання підсилення дрібнозернистим бетоном з міцністю такою ж як і бетон дослідного зразка та потім відновлення стиснутої зони вже композитною сумішшю. З тексту дисертації незрозуміло чому було прийнята така комбінація. Варто було б зробити порівняння при повному відновленні дрібнозернистим бетоном, щоб продемонструвати переваги композитної суміші.

3. В пункті 2.3.3. «Перевірка нульових деформацій в методі цифрової кореляції зображень» наведено загальний опис методики. В цьому пункті варто було додати граничні значення відхилень для кожного типу (просторове, тимчасове), методику їх визначення, результати які були отримані на дослідному зразку та за якими критеріями виконувалася оцінка.

4. Графіки в розділі 3 «Результати експериментальних досліджень залізобетонних балок з відновленою стиснутою зоною бетону» виглядають, як побудовані набором крапок, що значно ускладнює їх аналіз.

5. Пункт 3.2. «Несуча здатність відновлених залізобетонних балок» починається з опису переваг методу цифрової кореляції, яка займає значну частину цього пункту. Це варто було б перенести у розділ 2 чи подати у вигляді окремого пункту.

6. В розділі 4 описано процес виникнення залишкових деформацій при процесі «розвантажені – навантаженні» арматури, проте варто було додати методику їх визначення та яким чином вони були включені в розрахунок, а не лише їх наявність.

7. На основі проведених досліджень варто було б зробити висновки та рекомендації, щодо того, за яких граничних умов який метод відновлення несучої здатності залізобетонних балок застосовувати, який з них є найбільш ефективний і доцільний.

Вказані зауваження не зменшують наукової новизни та практичної цінності дисертаційної роботи, не стосуються самої суті роботи, носять дискусійний та рекомендаційний характер.

Дисертаційна робота Кліма Андрія Богдановича на тему «Несуча здатність залізобетонних елементів, відновлених композитними матеріалами» за актуальністю, обсягом виконаних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичної цінності, повнотою викладу результатів досліджень у наукових виданнях є завершеною науковою працею, відповідає спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія (галузь знань 19 Архітектура та будівництво) та вимогам, передбаченими наказом МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» і «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року (зі змінами). Враховуючи належний науковий рівень виконання дисертаційної роботи та оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності, вважаю, що Клим Андрій Богданович заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія з галузі знань 19 Архітектура та будівництво.

Рецензент

Доцент кафедри будівельних конструкцій та мостів
Національного університету
«Львівська політехніка»

к.т.н., доцент

 Павло ВЕГЕРА

