

ВІДГУК

офіційного рецензента доцента кафедри Будівельних конструкцій та мостів інституту будівництва та інженерних систем Національного університету Львівська політехніка Бобало Тараса Володимировича на дисертаційну

роботу **Терешка Андрія Романовича**

„НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ПІДСИЛЕНИХ КОМПОЗИТНИМИ МАТЕРІАЛАМИ ЗА ДІЇ НАВАНТАЖЕННЯ”,

представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії

з галузі знань 19 – Архітектура та будівництво

за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія

У сучасних умовах, коли будівельний фонд зазнав руйнувань внаслідок воєнних дій, актуальною є потреба швидкого та надійного відновлення будівельних конструкцій, в тому числі і залізобетонних. У більшості випадків будівлі не можуть бути повністю виведені з експлуатації під час ремонту або підсилення наприклад, лікарні, критична інфраструктура, багатоквартирні будинки. Отже, дослідження з визначення несучої здатності конструкцій підсиленних без їх повного розвантаження набуває особливої актуальності, це не просто теоретичне питання, а необхідна умова безпечного і ефективного посилення залізобетонних конструкцій.

1. Актуальність вибраної теми дисертаційної роботи у повній мірі обґрунтована в дисертаційній роботі і не викликає жодних сумнівів.

Дослідження підсилення конструкцій за допомогою системи Ruredil X Mesh Gold, яка базується на волокнах РВО (поліпарафенілен бензобіазолу) та мінеральному клейовому складі Ruredil X Mesh M750 з цементною основою є актуальним для сучасного будівництва. Такі методи підсилення дозволяють ефективно працювати з конструкціями складної форми, мають високу вогнестійкість та забезпечують довговічність підсилення. Дослідження підсилення конструкцій при різних рівнях початкового навантаження, є ключовим аспектом актуальності. В умовах реальної експлуатації будівель

дуже часто неможливо повністю розвантажити конструкцію перед виконанням підсилення. Саме тому дослідження, що виконуються при різних рівнях початкового навантаження 50%, 70%, 90%, мають особливу практичну значущість.

Проведення наукових досліджень таких методів посилення при різних рівнях початкового навантаження є вкрай актуальним з огляду на: актуальні потреби відновлення інфраструктури; наявні технічні проблеми у будівельному фонді України; перспективність композитних матеріалів; можливість підсилення без зупинки експлуатації; та сучасні виклики, пов'язані з війною та зміною функціонального призначення споруд.

Вивчення поведінки залізобетонних конструкцій, підсилених системою Ruredil X Mesh Gold за різних рівнів початкового навантаження, дозволяє отримати інженерні висновки для застосування в практиці. Це виводить дослідження за межі лабораторного експерименту та робить його безпосередньо прикладним та впроваджуваним у сучасній будівельній галузі України.

Сформовані автором мета і завдання направлені на вирішення актуальних питань теми дослідження та свідчить про обізнаність автора з особливостями методів підсилення залізобетонних конструкцій.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, 4-ох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 144 джерел та 4-ох додатків. Робота викладена на 149 сторінках, у тому числі 109 сторінок основного тексту, містить 42 рисунки, 11 таблиць, 16 сторінок списку виконаних джерел, 10 сторінок додатків. Структура та обсяг дисертації задовольняють вимогам, що висувається до кандидатських дисертацій.

У **вступі** обґрунтовано вибір та актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, наукову новизну та практичне значення

отриманих результатів. Наведено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, що свідчить про глибокий аналіз здобувачем вже існуючих напрацювань в напрямку наукового дослідження. Також зазначено відомості щодо публічної апробації матеріалів дисертації та оцінено особистий внесок здобувача.

Перший розділ присвячено огляду наукових джерел за темою дисертаційного дослідження.

Подано огляд науково-технічної літератури щодо досліджень підсилених згинаних залізобетонних елементів, розглянуто основні характеристики та різновиди композитних матеріалів. Виокремлено основні причини необхідності підсилення залізобетонних конструкцій, серед яких є вплив агресивного зовнішнього середовища та корозійні процеси. Описано основні властивості та типи композитних матеріалів, особливості їх застосування при підсиленні будівельних конструкцій. Виконано аналіз експериментальних досліджень, проведених як в Україні, так і за кордоном, а також літературних джерел та рекомендацій щодо оцінки напруженого стану підсилених залізобетонних згинаних елементів під різним початковим ступенем завантаження. Проведено аналіз сучасних тенденцій застосування композитних матеріалів у будівництві та розглянуто особливості їх практичного використання. Окрему увагу приділено аналізу методик розрахунку напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій.

На основі проведеного огляду літературних джерел автором зроблено висновки, щодо актуальності підсилення залізобетонних конструкцій методом FCRM.

У другому розділі описано конструкцію дослідних зразків, наведено обсяг досліджень та методики, які були використані для експериментальних досліджень.

Описано методики випробувань будівельних матеріалів, зокрема зразків арматури класу A400C, а також бетонних призм і кубів. У ньому також подано програму та детальний опис процедури експериментальних

випробувань залізобетонних балок, підсилених системою Ruredil X Mesh Gold, за умов дії різних рівнів початкового навантаження на конструкцію.

З метою реалізації поставлених завдань було виготовлено вісім залізобетонних балок розмірами $2100 \times 200 \times 100$ мм. Крім того, підготовлено п'ять бетонних призм розмірами $150 \times 150 \times 600$ мм, п'ятнадцять бетонних кубів розміром 150×150 мм, а також п'ять зразків арматурних стержнів класу A400C.

Детально описано методику випробувань підсиленим та контрольних непідсилених зразків. Розроблено програму експериментальних досліджень експериментальних зразків підсилених при різних рівнях початкових навантажень.

Визначено фактичні значення міцності бетону на стиск за результатами випробувань кубів і призм, встановлено початковий модуль пружності бетону, а також отримано фізико-механічні характеристики арматури. Побудовано реальні діаграми σ – ϵ , які були використані для аналізу напружено-деформованого стану як підсилених, так і непідсилених залізобетонних балок.

Розроблено та апробовано методику підсилення і проведення експериментальних досліджень, яка забезпечує моделювання роботи конструкції в умовах дії навантаження та дозволяє оцінити її несучу здатність і деформативні характеристики залізобетонних балок.

Третій розділ дисертаційної роботи фактично є експериментальним в якому представлено результати проведених досліджень, зокрема зазначено критерії вичерпання несучої здатності непідсилених та підсилених експериментальних залізобетонних балок композитною системою Ruredil X Mesh Gold, подано експериментальні результати несучої здатності та деформативності експериментальних зразків, схеми руйнування, а також порівняльний аналіз міцності та деформативності.

Особливістю проведених досліджень є підсилення балок за наявності початкового навантаження. Оскільки у реальних умовах експлуатації

більшість залізобетонних конструкцій не піддаються повному або навіть частковому розвантаженню, у даній роботі було досліджено ефективність підсилення за початкових рівнів навантаження — 50%, 70% та 90% від несучої здатності контрольних (непідсиленних) зразків.

За результатами експериментальних випробувань зроблено важливо висновки про те, що рівень навантаження конструкції на момент підсилення суттєво впливає на ефективність підсилення за несучою здатністю та експлуатаційною придатністю. Зокрема, зі зростанням початкового навантаження спостерігається зменшення приросту несучої здатності та зниження ефективності у зменшенні деформативності.

У четвертому розділі представлено алгоритм розрахунку залізобетонних балок підсиленних системою Ruredil X Mesh Gold з побудовою повних графіків відносних деформацій стиснутої зони бетону та армування, який враховує напружено-деформований стан конструкцій при початковому навантаженні, наведено результати теоретичних досліджень несучої здатності та деформативних характеристик залізобетонних балок, підсиленних композитною системою Ruredil X Mesh Gold при різних рівнях початкового навантаження — 50%, 70% та 90% від несучої здатності контрольних (непідсиленних) зразків. Проведено порівняльний аналіз теоретичних і експериментальних даних, на основі якого виявлено відхилення між розрахунковими та фактичними результатами, які мають досить хорошу збіжність результатів.

Крім того, за результатами розрахунків граничного прогину із врахуванням початкового навантаження, розроблено відповідні пропозиції до чинних норм України.

У висновках підсумовано основні результати проведеної роботи. Достовірність наукових і прикладних висновків підтверджується відповідністю між теоретичними розрахунками та експериментальними даними, отриманими під час досліджень. Результати було апробовано шляхом опублікування у фахових наукових виданнях і представлення на

професійних конференціях. Сформульовані автором висновки ґрунтуються як на теоретичних положеннях, так і на результатах практичного експерименту, що свідчить про високий рівень професійної підготовки та наукової обґрунтованості проведеного дослідження.

Новизна наукових положень і практичне значення отриманих результатів.

У дисертаційній роботі автором розроблено методику підсилення та проведення експериментальних досліджень, яка дає змогу змодельовати поведінку конструкції в умовах дії навантаження та забезпечує можливість оцінити несучу здатність і деформативні властивості залізобетонних балок, підсилених композитними матеріалами. В результаті експериментальних випробувань встановлено вплив рівня початкового навантаження на ефективність підсилення композитною тканиною Ruredill X Mesh Gold, а саме встановлено, що із збільшенням початкового рівня навантаження зменшується згинальний момент при вичерпанні несучої здатності за граничними деформаціями стиснутого бетону. Досліджено, що для зразків підсилених композитною тканиною Ruredill X Mesh Gold при початкових рівнях навантаження, за якого відбувалось підсилення, 50%, 70% та 90% від несучої здатності контрольних зразків, ефект підсилення склав 57.72%, 43.94% та 25.45%.

Розроблено алгоритми розрахунку несучої здатності та прогинів залізобетонних балок, підсилених композитною сіткою Ruredil X Mesh Gold, з побудовою повних графіків відносних деформацій стиснутої зони бетону та арматури. який враховує напружено-деформований стан конструкції в умовах дії початкового навантаження.

На основі проведених експериментів отримано результати досліджень залізобетонних балок підсилених композитною сіткою Ruredil X Mesh Gold при різних рівнях початкового навантаження. Було проведено аналіз характеру руйнування, міцності та деформативності дослідних конструкцій, а

також порівняння цих результатів з розробленим алгоритмом теоретичного розрахунку.

Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях.

За результатами дисертації опубліковано 5 наукових праць. Серед них 2 публікації у наукових фахових виданнях України, які включено до міжнародних наукометричних баз, 3 публікації у наукових періодичних виданнях інших держав, які включено до міжнародних наукометричних баз (з них 2 статті у НМБД SCOPUS).

Представлені в дисертаційній роботі результати повною мірою висвітлені в опублікованих працях у наукових та фахових виданнях і достатньо апробовані на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях.

Дискусійні положення, зауваження та пропозиції.

Під час аналізу результатів наукової роботи виникли наступні зауваження, які потребують пояснень та дискусії, а саме:

1. Недостатньо висвітлено дослідження провідних світових науковців, щодо підсилення залізобетонних конструкцій композитними матеріалами.
2. Відсутній аналіз економічної ефективності підсилення залізобетонних балок композитною сіткою Ruredil X Mesh Gold в порівнянні з іншими методами підсилення.
3. Не зазначено про вплив класу бетону на зчеплення (адгезію) композитного армування. При посиленні залізобетонних балок з бетоном нижчого класу, результати ефективності підсилення композитною тканиною Ruredil X Mesh Gold, може бути інший.
4. Бажано б було провести більш чисельне математичне моделювання досліджуваних конструкцій, з метою отримання більшої кількості результатів для порівняння та аналізу.

Зазначені зауваження не змінюють загального позитивного враження від проведеного наукового дослідження, а навпаки — підкреслюють його глибину, багатоплановість і складність, а також актуальність узагальнення нових теоретичних і експериментальних результатів. Вони жодним чином не знижують загальної оцінки виконаної роботи.

Відповідність змісту анотації основним положенням дисертаційної роботи.

Зміст анотації повністю відтворює основні положення, викладені у дисертаційній роботі, відповідає її структурі, охоплює ключові результати досліджень та дозволяє належним чином оцінити наукову новизну й прикладне значення роботи. Стиль викладення матеріалу як у дисертації, так і в анотації відповідає загальноприйнятим академічним стандартам і забезпечує чітке та однозначне розуміння представлених положень.

Дотримання принципів академічної доброчесності.

Дисертаційна робота Терешка Андрія Романовича „Несуча здатність залізобетонних балок, підсилених композитними матеріалами за дії навантаження” є результатом самостійного наукового дослідження здобувача та не містить ознак фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату чи неправомірних запозичень. Усі використані ідеї, результати та фрагменти текстів інших авторів супроводжуються коректними посиланнями на відповідні джерела.

Загальний висновок про дисертаційну роботу в цілому та її відповідність чинним вимогам.

Дисертаційна робота Терешка Андрія Романовича „Несуча здатність залізобетонних балок, підсилених композитними матеріалами за дії навантаження”, подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, є завершеною

науковою працею, містить нові науково обґрунтовані теоретичні і практичні результати та відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації (зі змінами в чинній редакції), Порядку присудження доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022р. №44 (зі змінами в чинній редакції), а її автор Терешко Андрій Романович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Рецензент –

кандидат технічних наук,
доцент кафедри «Будівельні
конструкції та мости»
Національного університету
«Львівська політехніка»



Т.В. Бобало

Підпис доцента

Т.В. Бобала засвідчую:



Вжема

Вруч Р.Брицький