Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Image not found or type unknow

Державний обліковий номер: 0825U002429

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 20-06-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Клим Андрій Богданович

2. Andrii B. Klym

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7871-4773

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 192

Назва наукової спеціальності: Будівництво та цивільна інженерія

Галузь / галузі знань: архітектура та будівництво

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Будівництво та цивільна інженерія

Дата захисту: 14-08-2025

Спеціальність за освітою: 192 Будівництво та цивільна інженерія

Місце роботи здобувача: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 9784

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 67.11.31

Тема дисертації:

1. Несуча здатність залізобетонних елементів, відновлених композитними матеріалами

2. Load-bearing capacity of reinforced concrete elements, restored with composite materials

Реферат/анотація:

1. Залізобетонні конструкції широко застосовуються в інфраструктурному будівництві, особливо в мостах, транспортних і промислових об’єктах. Одним із ключових елементів є стиснута зона бетону в згинаних елементах, що зазнає значних навантажень і деградує внаслідок агресивного середовища, корозії арматури, втоми матеріалу та дій вибухового характеру. Руйнування цієї зони суттєво знижує несучу здатність конструкцій і потребує ефективного відновлення для забезпечення подальшої експлуатації. Проведено дослідження матеріалів дослідних залізобетонних балок, зокрема бетону (кубів, призм), ремонтного розчину Sika MonoTop-4012 та термічно-зміцненої арматури А500С. Наведено методику випробувань згинаних елементів, а також методи їх відновлення. Для дослідження використано 16 балок розмірами 2100×200×100 мм. Запропоновано методику відновлення стиснутої зони бетону за допомогою ремонтного розчину Sika MonoTop-4012 та описано методи ремонту дефектів композитними матеріалами, що працюють комплексно і сумісно із Sika MonoTop-4012. Випробування зразків проводили за схемою однопролітної балки із двома зосередженими навантаженнями в третинах прольоту та утворення зони «чистого згину». Для фіксації

деформацій бетону та арматури застосовано метод цифрової кореляції зображення (ЦКЗ) разом із субмікронними індикаторами. Фіксація даних відбувалася щосекунди, що дозволило відстежувати зміну напружено-деформованого стану при різних рівнях навантаження аж до руйнування. Виконано випробування балок, відновлених після пошкодження, за наявності пошкодженої термічно-зміцненої арматури. Встановлено несучу здатність елементів при досягненні межі текучості арматури та граничної деформації в найбільш стиснутій фібрі ремонтного розчину. Проаналізовано напружено-деформований стан та отримано комплексну інформацію про роботу бетону й арматури до моменту руйнування за методом ЦКЗ. За деформаційною моделлю діючих норм, виконано розрахунок теоретичної несучої здатності відновлених елементів та порівняння з експериментальними результатами. Проведено аналіз напружено-деформованого стану згинаних елементів після відновлення стиснутої зони. Виконано комплексний аналіз напружено-деформованого стану для усіх згинальних залізобетонних елементів після відновлення стиснутої зони бетону за допомогою ремонтного розчину. Результати дозволили виявити закономірності формування напружень і деформацій аж до граничної стадії. Отримані експериментальні дані підтверджують стабільність і передбачуваність механічної поведінки зразків та відповідність розрахунковим аналітичним моделям. Отримані результати підтверджують ефективність і доцільність методів відновлення стиснутої зони та дефектів, що дозволяє відновити несучу здатність конструкцій до рівня, придатного для подальшої експлуатації та впровадження в практику ремонту залізобетонних елементів після пошкоджень. Запропоновано підхід до визначення залишкових деформацій термічно-зміцненої арматури після досягнення нею межі текучості в залізобетонних згинаних елементах із подальшим повторним навантаженням. Встановлено, що діаграма «напруження–деформація» при повторному навантаженні зміщується вздовж осі деформацій, зберігаючи лінійно-пружну поведінку в межах нового діапазону досягнення текучості, що обумовлено залишковими деформаціями та накопиченням залишкових напружень. У ході дослідження методом цифрової кореляції зображень уперше зафіксовано зростання межі текучості арматури на 10–20% при повторному навантаженні, що пояснюється ефектом дислокаційного зміцнення та реорганізацією внутрішньої структури сталі. Отримані результати дозволяють уточнити параметри деформаційної моделі роботи арматури при складному циклічному навантаженні та враховувати накопичений ефект зміцнення внаслідок наклепу у розрахунках несучої здатності конструкцій після відновлення. У дисертаційній роботі вирішено важливе науково-практичне завдання встановленню несучої здатності та дійсного напружено-деформованого стану відновлених залізобетонних балок при запроваджені методу відновлення стиснутої зони ремонтним розчином і методів ремонту дефектів композитними матеріалами на основі епоксидної смоли в залізобетонних балках. Результати досліджень можуть бути застосовані в практиці проєктування та виконання ремонтних робіт, що дозволить скоротити терміни виконання робіт, зменшити витрати на матеріали та реалізацію процесу відновлення та підвищити тривалість експлуатації наявних житлових і промислових об'єктів.

2. Reinforced concrete structures are widely used in infrastructure construction, particularly in bridges, transport, and industrial facilities. One of the key components is the compressed concrete zone in flexural elements, which experiences significant loads and degrades due to aggressive environmental exposure, reinforcement corrosion, material fatigue, and explosive actions. The failure of this zone substantially reduces the load-bearing capacity of the structures and necessitates efficient restoration to ensure further serviceability. An experimental investigation was carried out on the materials of RC test beams, including concrete (cubes and prisms), the repair mortar Sika MonoTop-4012, and thermally strengthened reinforcement A500C. The methodology of testing flexural elements and the restoration techniques were presented. Sixteen beams of dimensions 2100×200×100 mm were used in the study. A restoration technique for the compressed concrete zone using Sika MonoTop-4012 was proposed, along with defect repair methods involving composite materials compatible with the repair mortar. The beams were tested using a single-span scheme with two concentrated loads applied in the thirds of the span, forming a "pure bending" zone. To monitor concrete and reinforcement deformation, the Digital Image Correlation (DIC) method was employed alongside sub-micron strain indicators. Data were recorded every second, enabling real-time tracking of the stress–strain state under increasing loads up to failure. Tests were performed on beams restored

after damage, including those with damaged thermally strengthened reinforcement. The load-bearing capacity was determined based on the attainment of reinforcement yield strength and the ultimate strain in the most compressed fiber of the repair mortar. The stress–strain state was analyzed using the DIC method, providing comprehensive data on the behavior of concrete and reinforcement up to failure. Theoretical load-bearing capacity of the restored elements was calculated using the deformation model defined by current design codes and compared with experimental results. The stress–strain behavior of flexural members after restoration of the compressed zone was analyzed in detail. A comprehensive assessment of the stress–strain state was conducted for all flexural RC elements restored using the repair mortar. The results revealed patterns in stress and strain development up to the ultimate limit state. Experimental data confirmed the stability and predictability of the mechanical behavior of the specimens, correlating well with analytical design models. The results validate the effectiveness and practical relevance of the restoration techniques for the compressed zone and structural defects, enabling the recovery of structural capacity to a level suitable for continued operation and practical implementation in the repair of RC elements after damage. A method was proposed for determining residual strains in thermally strengthened reinforcement after yielding in RC flexural elements followed by reloading. It was found that the "stress–strain" curve during reloading shifts along the strain axis while maintaining linear-elastic behavior within a new range until yield, due to residual strains and accumulated residual stresses. The DIC method recorded, for the first time, an increase in the yield strength of reinforcement by 10–20% during repeated loading, explained by dislocation hardening and internal structural reorganization of the steel. These findings allow refinement of the reinforcement deformation model under complex cyclic loading, enabling consideration of the strengthening effect from strain hardening in structural capacity assessments post-restoration. The dissertation addresses a significant scientific and practical challenge: determining the load-bearing capacity and actual stress–strain state of restored reinforced concrete beams using compressed zone restoration with repair mortar and defect repair techniques employing epoxy-based composite materials. The findings can be applied in design and repair practices, helping reduce repair time, lower material and restoration process costs, and extend the service life of existing residential and industrial structures.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. Klym A., Blikharskyy Y., Selejdak J., Blikharskyy Z. Strengthening and repairing the serviceability of reinforced concrete constructions: a review // Theory and Building Practice. – 2022. – Vol. 4, № 1. – P. 80–85. DOI: 10.23939/jtbp2022.01.080
- 2. Klym A., Blikharskyy Y. Injection of cracks in a RC beam with epoxy resin using the gravity flow method // Theory and Building Practice. – 2023. – Vol. 5, № 2. – P. 85–92. DOI: 10.23939/jtbp2023.02.085
- 3. Клим А. Б., Бліхарський Я. З., Бобало Т. В. Розрахунок несучої здатності залізобетонної балки за наявності пошкодження стиснутої зони бетону // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : збірник наукових праць. – 2023. – Вип. 43. – С. 149–157.
- 4. Klym A., Blikharskyy Y. Methodology for the application of the digital image correlation (DIC) for investigating RC beams // Theory and Building Practice. – 2024. – Vol. 6, № 2. – P. 69–80. DOI: 10.23939/jtbp2022.01.080

- 5. Kopiika N., Klym A., Blikharskyy Y., Katunský D., Popovych V., Blikharskyy Z. Evaluation of the stress-strain state of the RC beam with the use of DIC // Production Engineering Archives. – 2024. – Vol. 30, iss. 4. – P. 463–476. Doi: 10.30657/pea.2024.30.44. (Scopus, квартиль Q2).
- 6. Klym A., Blikharskyy Y., Panchenko O., Sobko Y. The analysis of the influence of damaged concrete compression zone on the RC beam using FEM // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2024. – Vol. 438 : Proceedings of CEE 2023 Civil and environmental engineering and architecture, 6-8 September 2023, Rzeszów, Poland. – P. 164–177. DOI: 10.1007/978-3-031-44955-0_18. (Scopus, квартиль Q4).
- 7. Klym A., Blikharskyy Y., Panchenko O., Sobko Y., Blikharskyy Z. Load-bearing capacity of the repaired RC beam using Sika MonoTop 4012 // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2024. – Vol. 604 : EcoComfort and current issues of civil engineering : 4th International scientific conference, Lviv,11-13 September 2024. – P. 212–224. DOI: 10.1007/978-3-031-67576-8_19. (Scopus, квартиль Q4).
- 8. Klym, A., Blikharskyy, Y., Gunka, V., Poliak O., Selejdak, J., Blikharskyy, Z. An Overview of the Main Types of Damage and the Retrofitting of Reinforced Concrete Bridges // Sustainability (Switzerland) . – 2025. – Vol. 17, iss. 6. – 2506. DOI: 10.23939/jtbp2023.02.085. (Scopus, квартиль Q1).
- 9. Клим А. Б., Бліхарський Я. З. Відновлення несучої здатності залізобетонних балок з використанням Sika MonoTop-4012 міжнародна науково-технічна конференція.///Структуроутворення та руйнування композиційних будівельних матеріалів та конструкцій: »: тези доп., 23–24 квітня 2024 р. м. Одеса 2024. / Одеська державна академія будівництва та архітектури, 2024. С. 62-66

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: економія енергоресурсів; підвищення термінів експлуатації будівельних конструкцій

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0124U003830

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бліхарський Ярослав Зіновійович

2. Yaroslav Blikharskyi

Кваліфікація: д. т. н., доц., 05.23.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3374-9195

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Журавський Олександр Дмитрович

2. Oleksandr Zhuravskyi

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.23.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7065-3312

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет будівництва і архітектури

Код за ЄДРПОУ: 02070909

Місцезнаходження: проспект Повітряних сил, буд. 31, Київ, 03037, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Андрійчук Олександр Валентинович

2. Oleksandr Andriychuk

Кваліфікація: к.т.н., доцент, 05.23.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6275-097X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Луцький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 05477296

Місцезнаходження: вул. Львівська, буд. 75, Луцьк, Луцький р-н., 43018, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Вашкевич Ростислав Віталійович

2. Rostyslav Vashkevych

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.23.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9962-7580

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Вегера Павло Іванович

2. Pavlo Vehera

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.23.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3437-1825

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Хміль Роман Євгенович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Хміль Роман Євгенович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Марущак Уляна Дмитрівна
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна