

РОЗРАХУНОК ПІДСИЛЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЕФОРМАЦІЙНИМ МЕТОДОМ

¹ Державний університет «Житомирська політехніка»;

² Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуті недоліки існуючих інженерних методик підсилення залізобетонних конструкцій способом збільшення перерізів. На основі цього аналізу запропонований напрямок усунення цих недоліків завдяки розробці методики розрахунку підсилених залізобетонних конструкцій деформаційним методом.

Ключові слова: залізобетонна конструкція, підсилення, деформаційний метод, збільшення перерізу, напружено-деформований стан.

Abstract

Have been shone disadvantages of existing engineering methods of strengthening reinforced concrete structures by increasing cross-sections. Have been offered a direction to eliminate these shortcomings on the basis of this analysis, thanks to the development of a methodology for design reinforced concrete structures by the deformation method.

Keywords: reinforced concrete structure, reinforcement, deformation method, cross section increase, stress-strain state.

Вступ

В Україні гостро стоять питання вирішення проблеми застарілого житлового фонду [1] та відновлення і розвитку транспортної інфраструктури [2]. Окрім цього наявні проблеми загострюються необхідністю відновлення об'єктів, що зазнали пошкоджень внаслідок збройної агресії Російської Федерації. Одним із напрямків вирішення цих питань є проведення реконструкції, що дозволяє зекономити матеріали і кошти, зменшити терміни введення в експлуатацію виробничих фондів, обійтися залученням в порівнянні з новим будівництвом меншої кількості оборотних засобів тощо. У зв'язку з цим проблематика реконструкції, що включає питання методів підсилення будівельних конструкцій, набуває з кожним роком усе більшої актуальності. Це обумовлює зростання за останній час уваги науковців до цих проблем.

Однією з таких проблем є проблема удосконалення методів розрахунків підсилення способом збільшення перерізів залізобетонних елементів, які тривалий час знаходилися в експлуатації.

Основний текст статті

Загальні положення та вимоги щодо проведення розрахунків підсилення залізобетонних конструкцій збільшенням перерізу наведені у підрозділі 6.5 ДСТУ Б В.3.1-2:2016 [3]. Згідно з цими положеннями розрахунок підсилення повинен виконуватися для двох стадій роботи конструкції:

- до включення в роботу підсилення на навантаження, що включають навантаження від підсилення (розрахунок ведеться тільки за першою групою граничних станів);
- після включення в роботу на експлуатаційні навантаження (за першою і другою групами граничних станів).

При проектуванні підсилення залізобетонних конструкцій забезпечується включення в роботу елементів конструкцій підсилення та спільна їх робота з конструкцією, що підсилюється.

В ДСТУ Б В.3.1-2:2016 [3] наведено низку рекомендацій, якими обмежуються можливості врахування фактичної залишкової несучої здатності елементів, що підсилюються. Також введені додаткові вимоги, які призводять до обмеження можливого ефекту збільшення несучої здатності завдяки підсиленню конструкції. Нижче розглянуті деякі з цих вимог.

Для конструкцій, що мають значні uszkodження (при руйнуванні 50 % і більше перерізу бетону чи 50 % і більше площі перерізу робочої арматури), елементи підсилення розраховуються на сприйняття повного навантаження. При цьому несуча здатність конструкції, що підсилюється, в розрахунку не враховується. Ця рекомендація призводить до реальної недооцінки несучої здатності конструкції, що підсилюється. Також вона не враховує можливості сучасних технологій відновлення залізобетонних конструкцій. Наприклад в роботі [4] дослідження залишкової несучої здатності конструкцій, що зазнали часткового руйнування, доводять, що практично зруйновані залізобетонні балки можуть мати залишкову несучу здатність до 90% від проектного значення. Ці балки за допомогою сучасних технологій можна повністю відновити, що підтверджено в роботі [5].

При проектуванні підсилення конструкцій рекомендується передбачати, щоб навантаження в період підсилення не перевищувало 65 % від його розрахункової величини. При складності чи неможливості досягнення потрібного ступеня розвантаження допускається виконувати підсилення під більшим навантаженням. У цьому випадку вводяться коефіцієнти умов роботи для бетону $\gamma_{br1} = 0,8$ і для арматури $\gamma_{sr1} = 0,8$. Введення цих коефіцієнтів обумовлено недосконалістю розрахункових підходів, що використовуються в розрахунках підсиленних конструкцій (див. п. 1.1.2.2). Зокрема наявні методики розрахунку підсиленних конструкцій не дозволяють достовірно врахувати напружено-деформований стан конструкції до підсилення.

У відповідності до п. 6.5.12 ДСТУ Б В.3.1-2:2016 розрахунок залізобетонних елементів, що підсилюються бетоном, арматурою і залізобетоном, виконується згідно з ДБН В.2.6-98:2010 [6] та з урахуванням наявності у елементі, що підсилюється, бетону та арматури різних класів. При цьому в ДБН В.2.6-98:2010, а також в стандарті на проектування залізобетонних конструкцій з важкого бетону ДСТУ Б В.2.6-156:2010 [7] відсутні детальні розрахункові положення, а наведені тільки загальні положення з проектування нових залізобетонних конструкцій. На практиці це зумовлює необхідність звертатися до практичних інженерних методик, які не є на даний час нормативними.

Таким чином в сучасних нормах в галузі підсилення будівельних конструкцій ДСТУ Б В.3.1-2:2016 [3] наведені лише загальні положення та вимоги відносно розрахунків підсилення конструкцій. Цей стандарт регламентує необхідність виконання перевірочних розрахунків залізобетонних конструкцій у відповідності до вимог [6, 7], тобто із застосуванням деформаційного підходу. Разом з цим в ньому відсутні розрахункові положення відносно виконання розрахунків підсиленних конструкцій деформаційним методом. Стандарти [6, 7] розроблені для проектування нових залізобетонних конструкцій і не містять методик розрахунків підсиленних конструкцій.

У зв'язку з відсутністю нормативних методик розрахунків підсилення залізобетонних конструкцій на практиці звертаються до рекомендацій та інженерних методик розрахунків розроблених провідними науковими інститутами [8]. Розрахунок підсиленних конструкцій за цими методиками виконується по аналогії з новими конструкціями. Це обумовлено тим, що ці інженерні методики ґрунтуються на положеннях застарілих норм СНиП 2.03.01-84*. Розрахункові формули інженерних методик [8] є переважно тотожними методиці розрахунку збірно-монолітних конструкцій. Таким чином методика розрахунків підсиленних конструкцій на основі підходу СНиП 2.03.01-84* відрізняється від методики розрахунків збірно-монолітних конструкцій наявністю додаткових положень, що наведені в п. 6.5 ДСТУ Б В.3.1-2:2016 [3] і частково враховують особливості конструкцій, що тривалий час знаходяться в експлуатації.

Цей метод не дозволяє в повній мірі оцінити дійсний напружено-деформований стан конструкції, а лише визначити граничні стани («точки») роботи конструкції. Розрахунки за 1-ю та 2-ю групами граничних станів в СНиП 2.03.01-84* виконуються за різними методиками та містять суттєву емпіричну складову. Емпіричні коефіцієнти в даних методиках були отримані на основі досліджень нових конструкцій і не можуть враховувати всі особливості роботи конструкцій, які тривалий час експлуатувалися при певних режимах і певних умовах.

Напружений стан конструкції до підсилення за методиками [8] у розрахунках враховується спрощено завдяки введенню додаткових понижуючих коефіцієнтів. Розрахунки тріщиностійкості та жорсткості виконуються наближено за методиками СНиП 2.03.01-84* і не враховують всі особливості роботи підсиленних конструкцій. Таким чином розрахунки підсиленних конструкцій за спрощеними методиками виконуються наближено і не дозволяють враховувати реальний напружено-деформований стан існуючих залізобетонних конструкцій в розрахунках їх підсилення.

Перелічені недоліки інженерних методів розрахунку можуть бути усунуті завдяки розробці методики розрахунку напружено-деформованого стану підсиленних нормальних перерізів на основі засто-

сування деформаційного підходу. Для забезпечення максимальної достовірності ця методика повинна ґрунтуватися на основі застосування сучасних діаграм деформування матеріалів конструкцій, які передбачені нормами [7] для проектування нових конструкцій. На рис. 1 запропонована розрахункова схема елемента, що підсилюється, при розгляді напружено-деформованого стану нормального перерізу, що дозволяє для побудови розрахункового апарату підсиленних конструкцій на основі застосування деформаційної моделі.

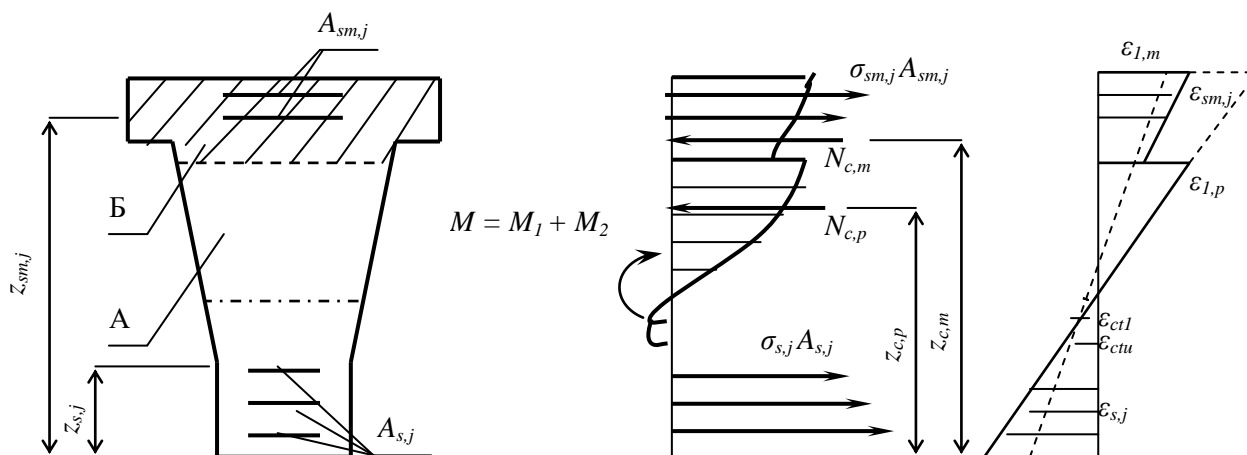


Рис. 1. Розрахункова схема елемента, що підсилюється, при розгляді напружено-деформованого стану нормального перерізу; А, Б – відповідно збірний елемент та монолітна частина перерізу; $N_{c,m}$, $N_{c,p}$ – зусилля, яке сприймає збірний елемент (precast – збірний) та, відповідно, монолітна частина перерізу (monolithic – монолітний); $\epsilon_{1,m}$, $\epsilon_{1,p}$ – відносні деформації стиску верхнього крайнього волокна відповідно монолітної частини та збірного елемента перерізу; ϵ_{ctu} – відносні граничні деформації розтягу бетону (в даному випадку – бетону збірного елемента), які визначаються по формулі

$$\epsilon_{ctu} = -2f_{ct} / E_c; \quad (1)$$

M_1 і M_2 – згинальні моменти від зовнішніх навантажень прикладених відповідно до набуття монолітним бетоном заданої міцності та частини зовнішніх навантажень, що прикладені після набуття монолітним бетоном заданої міцності; $z_{s,j}$, $z_{sm,j}$ – координата розташування j -того ряду арматури, відповідно, збірного елемента та монолітного бетону; $z_{c,p}$, $z_{c,m}$ – плече прикладання рівнодіючих зусиль, які сприймає бетон збірного елемента та відповідно монолітної частини.

В цій моделі враховано, що новий розрахунковий апарат має враховувати тривалу роботу конструкції на етапі до підсилення згідно з положеннями [7], а після підсилення – враховувати різний напружений стан і різні конструктивні рішення частин підсиленого перерізу.

Висновки

Проаналізовані наявні нормативні документи та інженерні методики в сфері проектування підсилення залізобетонних конструкцій способом збільшення перерізу. Цей аналіз показав, що на даний час нарізла необхідність створення розрахункового апарату з оцінки напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій, що з єдиних позицій дозволяв би робити розрахунки експлуатованих конструкцій на всіх етапах їх роботи до та після їх підсилення. Для експлуатованих конструкцій на етапі їх роботи до підсилення цей розрахунковий апарат розроблений на основі використання деформаційної моделі і представлений в нових нормах [7]. Даний апарат може бути удосконалений в напрямках врахування всіх особливостей роботи конструкцій в процесі тривалої експлуатації. Удосконалення цього апарату для розрахунків експлуатованих конструкцій на етапі після підсилення дозволило б усунути недоліки існуючих методик розрахунків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Большаков В.І., Євсєєва Г.П., Разумова О.В. Проблеми продовження експлуатації та реконструкції великопанельних п'ятиповерхових будівель 50-60-х років ХХ ст. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури: зб. наук. праць. Дніпропетровськ, 2016. Випуск №1. С. 26-36.
2. Деділова Т.В., Марченко І.Ю. Проблеми фінансування розвитку та утримання мережі автомобільних доріг загального користування. Глобальні та національні проблеми економіки. 2015. Випуск 8. С. 151-156.
3. ДСТУ Б В.3.1-2:2016. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд. [Чинний з 2017-04-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 68 с.
4. Байда Д. М. Залишкова несуча здатність залізобетонних балок після їх часткового руйнування : дис. канд. техн. наук : 05.23.01 / КНУБА. Київ, 2005. 187 с.
5. Войцехівський О.В., Приндюк Т.І. Результати експериментальних досліджень міцності та жорсткості зруйнованих залізобетонних балок, відновлених сучасними ремонтними сумішами. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». 2010. № 662. С. 92-97.
6. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування. [Чинний з 1.07.2011 р.]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 118 с.
7. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. [Чинний з 01.06.2011 р.]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 71 с.
8. Клименко Є. В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель та споруд: Навчальний посібник. Київ: «Центр навчальної літератури», 2004. 304 с.

Байда Денис Миколайович — к.т.н., доцент кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бака М.Т., Факультет гірничої справи, природокористування та будівництва. Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, email: denisbayda@gmail.com. ORCID [0009-0004-0004-377X](https://orcid.org/0009-0004-0004-377X)

Попов Володимир Олексійович — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, email: v.a.popov.vntu@gmail.com. ORCID [0000-0003-2379-7764](https://orcid.org/0000-0003-2379-7764)

Baida Denys M. — Ph.D., Assistant Professor of department of Mining Technologies and Construction named after Prof. Bakka M.T., Faculty of Mining, Nature Management and Construction, State University «Zhytomyr Polytechnic», Zhytomyr city, email: denisbayda@gmail.com.

Popov Vladimir O. — Ph.D. Assistant Professor of of department of civil engineering, architecture and municipal economy, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, email: v.a.popov.vntu@gmail.com