

**РАЦІОНАЛЬНИЙ ВИБІР ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
БАЛОК З ВРАХУВАННЯМ НАДІЙНОСТІ**

У статті запропонована методика ефективного вибору методів підсилення залізобетонних балок з врахуванням різних факторів, в тому числі надійності конструкції. У статті наведений загальний алгоритм визначення раціонального методу підсилення залізобетонних балок

Ключові слова: методи підсилення, залізобетонні балки, ефективність, надійність, фіброармований пластик.

In the article there is represented the choice of effective methods strengthening of reinforced concrete beams based on various factors, including the design reliability. The paper presents a general algorithm for determining a rational method of strengthens of reinforced concrete beams.

Keywords: methods of strengthening, reinforced concrete beam, efficiency, reliability, fibre-reinforced plastic.

Вступ. В процесі експлуатації будівель і споруд будівельні конструкції пошкоджуються внаслідок корозії арматури і руйнування бетону, що приводить до зниження несучої здатності і як наслідок до зменшення показників показники надійності та довговічності.

Підсилення - основний засіб збільшення тривалості експлуатації конструкцій, особливо при реконструкції. У деяких випадках витрати на підсилення можуть досягати значних розмірів і тому перед проектувальниками ставиться завдання довести його економічну доцільність. Тільки після визначення вартості матеріалів і трудомісткості, а також тривалості робіт по реконструкції можна остаточно вирішити, чи раціонально виконувати підсилення[8]

Постановка задачі. Вибір ефективних методів підсилення конструкцій дозволяє в найкоротший термін, без зупинки виробництва або з мінімальними перервами виконати роботи по реконструкції з урахуванням умов експлуатації. Порівняння варіантів підсилення проводиться за наступними показниками:

маса елементів підсилення; вартість основних матеріалів, необхідних для посилення; трудомісткість і вартість виготовлення; трудомісткість і вартість виконання робіт з підсилення; втрати прибутку через зупинку виробництва на ділянці виконання робіт.[6]

Але треба зазначити, що як і при новому будівництві, так і при підсиленні основною задачею перед проектувальником залишається забезпечення безвідмовної роботи будівельних конструкцій та всієї будівлі цілому. Тому при виборі методи підсилення пропонується врахувати додатково імовірність відмови підсиленої конструкції та економічні і соціальні втрати при її руйнуванні. [7]

Предмет дослідження. Для дослідження прийняті найпоширеніші методи підсилення залізобетонних балок, а саме:

- підсилення в стиснутій зоні шаром наросування фібробетоном або залізобетону
- підсилення в розтягнутій зоні додатковою арматурою
- підсилення в розтягнутій зоні фіброармованими пластиками.

Викладення основного матеріалу. Нормативні документи [4,5] передбачають використання двох підходів для визначення стискаючих напружень в перерізах згинальних елементів. Перший – метод граничних зусиль, котрий використовує спрощені діаграми стану бетону та арматури, другий – деформаційна методика, котра є більш сучаснішою і в більшій мірі відповідає дійсній роботі конструкцій.

Використання такої деформаційної моделі для розрахунку підсилених залізобетонних конструкцій, надає певні переваги над методом граничних зусиль. А саме дозволяє в повній мірі враховувати залишкові деформації і напруження в конструкції, що підсилюється. Ці деформації виникають за рахунок не повного розвантаження конструкції. Крім, цього, за період

експлуатації залізобетонного елемента напружено-деформований стан відрізняється від початкового.

Також при підсиленні обов'язково необхідно враховувати вплив дефектів та пошкоджень, тобто визначити категорію технічного стану конструкції. Після чого можна визначити несучу здатність елемента за рахунок зменшення міцнісних характеристик матеріалів існуючої конструкції та геометричних характеристик. Але для простоти розрахунку пропонується використовувати загальним понижуючим коефіцієнт, що залежить від категорії технічного стану конструкції. Отже, несучу здатність підсиленої конструкції умовно можна записати наступним чином:

$$R_s = R_c - (k \cdot R_{ex}) \quad (1)$$

R_s – фактична несуча здатність;

R_c – несуча здатність підсиленої конструкції без врахування дефектів та пошкоджень;

k – понижуючий коефіцієнт впливу зношення;

R_{ex} – несуча здатність існуючої конструкції без врахування дефектів та пошкоджень.

Але маючи різні методи підсилення та різні підходи до детермінованого розрахунку, важко виконати ефективний та раціональний вибір. Розрахунок конструкцій, який враховував би їх реальну поведінку при експлуатації, доцільно проводити на базі теорії надійності, яка ґрунтується на ймовірнісних методах. Останні дозволяють дати більш об'єктивну оцінку конструкції про її придатність до нормальної експлуатації. Методи теорії надійності дають теоретичне підґрунтя для правильної організації збору та обробки статистичних даних, до яких відносяться впливи на споруди, характеристики матеріалів і конструкцій з них та інші параметри [1]. Тому при ефективному виборі методів підсилення треба враховувати фактор надійності при кожному можливому випадку.

Для кількісної оцінки впливу цього фактору на економічну ефективність пропонується додавати до вартості підсилення витрати на збитки від руйнування даної конструкції за формулою:

$$C = C_m + C_r \quad (2)$$

де

$$C_r = P_f \cdot C_f \quad (3)$$

C – загальна вартість підсилення;

C_m – вартість матеріалів підсилення;

C_r – додаткові витрати залежно від надійності конструкції;

P_f – імовірність відмови конструкції;

C_f – загальні витрати від можливих збитків, що можуть виникнути при відмові певної конструкції.

Значення P_f можливо визначити при ймовірнісному розрахунку. Основні принципи розрахунку наведені в ДБН В.1.2-14-2009 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ» [3].

Відповідно нього розрахункові умови реалізації відмови в узагальненому вигляді записуються у виді функції працездатності g , яка враховує параметри $\tilde{x}_i$, що характеризують випадкові значення впливів $\tilde{F}$, характеристик міцності $\tilde{f}$, геометричних характеристик $\tilde{a}$, часу T та інші фактори:

$$g(\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n) < 0 \quad (4)$$

Основним показником надійності є ймовірність відмови $P_f(T_{ef})$, тобто ймовірність того, що за встановлений час виникне відмова заданого виду

$$P_f(T_{ef}) = Prob\{g(\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n) < 0 / T_{ef}\} \quad (5)$$

де символ $Prob\{A/T\}$ визначає ймовірність реалізації події A протягом часу T .

Недоліком цього підходу можна вважати складність реалізації, а саме визначення статичних даних всіх міцнісних, геометричних та деформаційних характеристик конструкцій, а також значення навантажень [2].

Використовуючи вище наведені положення, пропонується методика за схемою представленою на рис.1.

Сутність методики полягає у виборі методів посилення на підставі моделей техніко-економічних показників [9] .



Рис. 1. Загальний алгоритм визначення раціонального підсилення залізобетонних балок

Висновки

У практиці виробництва робіт з підсилення залізобетонних згинальних елементів найбільше розповсюдження отримали методи підсилення в стиснутій зоні шаром нарощування фібробетону або залізобетону, підсилення в розтягнутій зоні додатковою арматурою та підсилення в розтягнутій зоні фіброармованими пластиками.

Запропонована методика вибору раціонального підсилення залізобетонних балок дозволить знизити трудомісткість і вартість виконаних робіт зі збереження надійності та довговічності конструкції.

Література

1. Валовой О. І., Єрьоменко О. Ю., Валовой М. О. Оцінка типових дефектів при улаштуванні підсилення залізобетонних елементів нарощуванням // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2013. – № 25. – С. 682-687.
2. Валовой О.І., Валовой М.О., Єрьоменко О.Ю. Ймовірнісний підхід в оцінці надійності будівельних конструкцій. / Гірничий вісник: зб. наук. пр./ДВНЗ «Криворізький національний університет» - Кривий ріг, 2013 с. 113-115.
3. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – Київ, 2011.
4. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – Київ, 2011.
5. ДСТУ В.2.6-98-2011. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – Київ, 2011.
6. Жуков А.Н. Сравнение способов усиления железобетонных консолей колонн по технико-экономическим показателям / А.Н. Жуков // Молодой ученый. — 2014. — №11. — С. 49-51.
7. Постернак О.М. Дослідження впливу коефіцієнта за призначенням на рівень надійності підсилених згинальних залізобетонних елементів. / О.М. Постернак // Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. збірник / Відповід. ред. М.М. Осетрін. – К. : КНУБА, 2014. – Вип. 58. – С. 431 – 440.
8. Усиление стальных каркасов одноэтажных производственных зданий при их реконструкции [Текст] / В. Н. Валь, Е. В. Горохов, Б. Ю. Уваров. - Москва : Стройиздат, 1987. с. 218
9. Хохрякова Д.А. Методика выбора рационального метода усиления железобетонных колонн / Д.А. Хохрякова, С.В. Кожемяка, Д.А. Тахтай // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. - 2008. - Вип. 2008-3(71). - С. 48-52