

УДК 624.046.2

**ОЦІНКА ТИПОВИХ ДЕФЕКТІВ ПРИ УЛАШТУВАННІ ПІДСИЛЕННЯ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ НАРОЩУВАННЯМ**

**ОЦЕНКА ТИПОВЫХ ДЕФЕКТОВ ПРИ УСТРОЙСТВЕ УСИЛЕНИЯ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НАРАЩИВАНИЕМ**

**ESTIMATION OF TYPICAL DEFECTS WHEN FERROCONCRETE
ELEMENTS STRENGTHENED BY PLATING**

Валовой О.І., к.т.н., Єрьоменко О.Ю., к.т.н., Валовой М.О., к.т.н.
(Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг)

Валовой А.И., к.т.н., Ерёмченко А.Ю., к.т.н., Валовой М.А., к.т.н.
(Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог)

**Valovoj A.I., candidate of technical sciences, Eremenko A.U., candidate of
technical sciences, Valovoj M.A., candidate of technical sciences, (Kryvyi Rih
National University, Kryvyi Rih)**

**В статті приведені типові дефекти, які виникають при підсиленні
залізобетонних елементів нарощуванням. На підставі
експериментальних даних встановлено вплив кожного окремого дефекту
на загальний напружено-деформований стан підсиленних конструкцій.
Результати узагальнені та зроблені висновки.**

**В статье приведены типовые дефекты, которые возникают при
выполнении усиления железобетонных элементов наращиванием. На
основе экспериментальных данных установлено влияние каждого
отдельного дефекта на общее напряжённо-деформированное состояние
усиленных конструкций. Результаты обобщены и сделаны выводы.**

**The article gives typical defects which occur when ferroconcrete elements
strengthened by plating. Based on experimental tests the influence of each
individual defect on the mode of strengthened structures deformation is
established. The results are summarized and concluded.**

Ключові слова:

Бетон, арматура, дефект, напруження, підсилення.

Бетон, арматура, дефект, напряжение, усиление.

Concrete, armature, defect, stress, amplification.

Вступ. Під час реконструкції та технічного переобладнання будівель та споруд ефективним способом підсилення конструкцій, що працюють на згин, є нарощування перерізів, який дає змогу значно підвищити несучу здатність елементів. Цей метод є одним з найбільш поширених при підсилення конструкцій, оскільки є технологічним та найменш трудомістким з відомих способів підсилення залізобетонних конструкцій при згині.

Слід зазначити, що досягнути проектних показників міцності підсилених елементів вдається не завжди. Останнє пов'язано з низьким рівнем ведення будівельних робіт і як наслідок утворення дефектів, які впливають на загальний напружено-деформований стан елементів. Іншим таким чинником є застосування нових і як наслідок недостатньо вивчених матеріалів, що призводить до непрогнозованої роботи таких конструкцій при певних рівнях навантажень. В зв'язку з цим постає потреба в оцінці впливу згадуваних факторів на загальну несучу здатність елементів, що працюють на згин, підсилених нарощуванням.

Аналіз останніх досліджень. Вважається [1], що при підсиленні нарощуванням, не відбувається зміни розрахункової схеми та напруженого стану конструкції, яка підсилюється. Аналіз даних з підсилення реальних конструкцій вказує на те, що практично неможливо виконати роботи з підсилення не допустившись типових помилок і як наслідок конструкція набуває дефектів. До останніх відносять відхилення габаритних геометричних розмірів і викривлення балок, відмінність фактичного та проектного положення робочої арматури, неоднорідність бетону в межах конструктивного елемента, недостатню товщину захисного шару бетону. Сукупність цих факторів призводить до зміни геометричних характеристик нормального перерізу залізобетонної балки – зміщення положення центру ваги та повороту головних осей інерції [2]. Унаслідок цього лінія дії силової площини не збігається з головними осями інерції перерізу U , V , які змінили своє положення (рис. 1). Вплив усіх цих факторів не може бути врахований безпосередньо при проектуванні. Отже, переважна більшість таких елементів, в реальних умовах, зазнають косоного згинання, тобто відбуваються зміни в напружено-деформованому стані конструкції у порівнянні з її станом до підсилення.

Недостатня товщина захисного шару бетону та його нерівномірність не дає змоги забезпечити безпечну передачу зусиль зчеплення та створює ризик виникнення корозії робочої арматури.

Додатковим чинником, який впливає на міцність та деформативність підсилених конструкцій є широке та безсистемне використання нових, і як наслідок недостатньо вивчених, матеріалів. До них можна віднести різноманітні полімерні матеріали, вуглецеві стрічки, арматуру серповидного профілю.

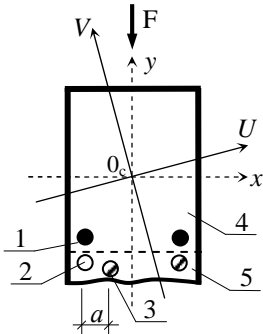


Рис. 1. 1- поздовжня арматура балки;
2- проектне положення арматури підсилення; 3 - фактичне положення арматури підсилення; 4 - балка, що підсилюється;
5 - шар підсилення.

Використання полімерних матеріалів в переважній більшості випадків дозволяє відновити та підвищити експлуатаційні характеристики конструкцій, але, на теперішній час, практично відсутня єдина методика розрахунку таких конструкцій. Відомості про особливості розподілу зусиль та напружень носять емпіричний характер, ґрунтуючись на невеликій кількості розрізаних дослідів проведених в різний час. Наявність в підсиленій конструкції полімерної складової значно ускладнює розрахунок, оскільки полімер є в'язким матеріалом і розподіл зусиль в ньому не підпорядковується лінійній залежності. В зв'язку з цим, при розрахунку таких елементів, доцільно проводити розрахунок на базі теорії пружності та пластичності.

Вуглецеві стрічки дозволяють значно підвищити несучу здатність конструкцій, що підсилюються. Але і цей матеріал має суттєві недоліки, а саме:

- не сприймає стискаючих зусиль, що обмежує діапазон його використання;
- при дії ударних навантажень (навіть не значних) руйнується в місці дії навантаження, внаслідок чого слід передбачати додаткові конструктивні заходи по захисту поверхні таких елементів;
- практично відсутні єдині рекомендації з методики розрахунку та способу виконання підсилення конструкцій вуглецевими стрічками.

В недалекому минулому практично єдиним типом періодичного профілю стержневої арматури був профіль кільцевої форми згідно ГОСТ 5781-82 [3]. Реалії сьогодення показують, що на Україні широкого розповсюдження в будівельному виробництві набув арматурний прокат (ДСТУ 3760:2006) [4] з так званим "европрофілем", який має двобічне розташування серповидних поперечних ребер. Арматура за ДСТУ 3760:2006 має більш високі показники міцності у порівнянні з її аналогами згідно ГОСТ 5781-82. Істотним недоліком серповидного профілю є знижена, у порівнянні з кільцевим профілем, міцність та жорсткість зчеплення арматурних стержнів з бетоном

[5]. Останнє явище пов'язано зі зменшенням площі зминання поперечних ребер при збільшенні їх кроку.

Перераховані фактори поодиночки можуть призвести до зміни в напружено-деформованому стані підсиленої конструкції та відмінностей її фактичних характеристик у порівнянні з розрахунковим. Поєднання декількох факторів може призвести до непрогнозованої поведінки такої конструкції і як наслідок виникнення позаштатних ситуацій.

Постановка мети і задач дослідження. Метою поставлених досліджень було з'ясування впливу дефектів, яких набуває залізобетонний елемент при підсиленні нарощуванням, на розподіл зусиль в його перерізах та несучу здатність.

Методика досліджень. З огляду на означену мету було проаналізовано експериментальні дані отримані дослідниками [2...8], які в різний час займалися питаннями підсилення залізобетонних елементів нарощуванням. Дані були узагальнені та проаналізовані.

Результати досліджень. Експериментальні дані та теоретичні розрахунки [5, 7] по визначенню довжини анкерування арматури з серповидним профілем вказують на те, що фактичні довжини анкерування перевищують нормативні значення. Невірно визначена довжина анкерування може призвести до проковзування арматури і руйнування елементів конструкції при напруженнях менших за розрахункові [6]. В міжнародних рекомендаціях ЕКБ-ФІП 1970р. та декількох наступних редакціях проектів Єврокода, нормах США розрахункові довжини анкерування арматури в 1.3...2 рази вище, ніж за вимогами вітчизняних нормативних документів [5, 7]. Останній фактор повинен бути врахований, як при виконанні підсилення існуючих конструкцій, так і проектуванні нових з використанням даного арматурного покату.

Експериментальні дослідження впливу товщини захисного шару бетону на величину напружень зчеплення [8] проводилося шляхом бетонування контрольних зразків призм 100×100 мм та 150×150 мм з заробленими в них арматурними стержнями. Змінною величиною при цьому була відстань на якій знаходилися арматурні стержні від зовнішньої грані бетону призм. Дослідження опору висмикуванню стержнів показав, що товщина захисного шару бетону суттєво впливає на граничні напруження зчеплення (рис. 2).

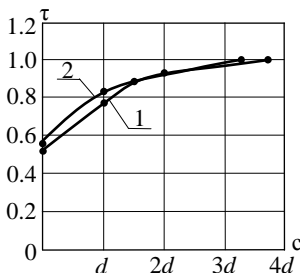


Рис. 2. 1 – призма 100×100 мм ($d=12$ мм); 2 – призма 150×150 мм ($d=12$ мм).

Було встановлено [8], що при мінімально можливій товщині захисного шару (згідно діючих норм $c = d$), максимальні напруження зчеплення на 77...82% менші ніж в зразках з товщиною захисного шару $c = 3d$. В зразках де захисний шар бетону був відсутній ($c = 0$) руйнівні напруження зчеплення були на 20% нижчими ніж для еталонного випадку ($c = d$). Отже при неналежному виконанні робіт з підсилення наросуванням і зменшені величини захисного шару, може відбутися висмикування арматури підсилення з подальшим руйнуванням конструкції при рівнях навантаження менших від руйнівних за розрахунком.

Дослідження випадку можливого поперечного зміщення положення поздовжньої арматури підсилення (рис. 1) проводилося шляхом моделювання, за допомогою програмного комплексу "SCAD" [2]. Проведені дослідження показали, що однобічне зміщення центру ваги арматури підсилення призводить до повороту головних осей перерізу в межах $3...5^\circ$. При цьому на величину зміщення також впливає клас бетону. Було з'ясовано, що в елементах виготовлених з бетонів більш низьких класів, дефекти виготовлення призводили до більшого відхилення положення головних осей по відношенню до початкового положення. Графіки залежності кута нахилу головних осей приведенного перерізу від величини зміни положення арматури підсилення (a) для бетонів різної міцності наведені на рис. 3.

Зміна положення головних осей приводить до зміни напружено-деформованого стану конструкції і як наслідок до зміни її несучої здатності. Розрахунок подібного типу залізобетонного елемента, з урахуванням його роботи на косий згин, дав нове положення нейтральної лінії [2]. Кут нахилу останньої варіювався в межах від 2° при зміщенні арматурного стержня на 10мм і використанні бетону класу В30, до 8° і більше при зміщенні арматурного стержня на 30мм і більше та використанні бетонів більш низьких класів.

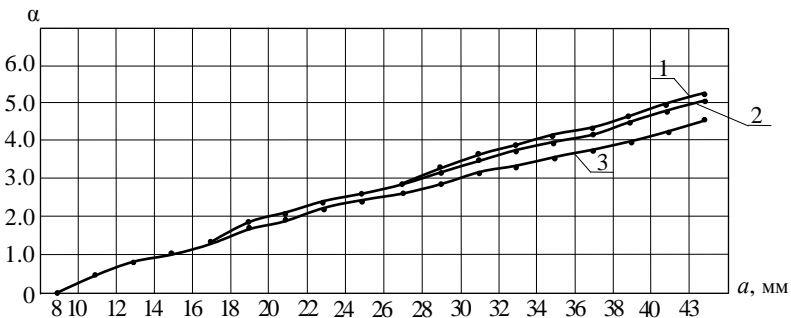


Рис. 3. 1 – клас бетону В25; 2 – клас бетону В20; 3– клас бетону В15.

Основні висновки. Аналіз розрізаних експериментальних даних по визначенню ступеню впливу типових дефектів, які виникають при виконанні робіт з підсилення залізобетонних елементів нарощуванням показав, що навіть незначні, на першій погляд, недоліки реальних конструкцій, можуть призводити до суттєвих змін їх напружено-деформованого стану. Використання відносно нових і як наслідок недостатньо вивчених матеріалів, може призводити до непрогнозованої роботи конструкції. Так арматура з серповидним профілем має знижене зчеплення з бетоном у порівнянні з аналогічною арматурою кільцевого профілю (до 2 разів). Захисний шар бетону менший мінімально необхідного за нормами, знижує опір конструкції навантаженню до 20%. Втрата контакту між бетоном та арматурою конструкції згодом призведе до руйнування останньої. Незначні відхилення положення арматури підсилення від проектного положення, призводять не тільки до зміни товщини захисного шару бетону, а і викликають в згинальних елементах непередбачені при проектуванні деформації косоного згину, що суттєво впливає на характер таких елементів роботи та їх несучу здатність.

Оцінка впливу перелічених факторів на експлуатаційні характеристики реальних конструкцій тільки традиційним методами не завжди ефективна. 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 розрахункові параметри. Ці методи більш вірно віддзеркалюють випадкову природу основних розрахункових величин та взаємозв'язок між зовнішніми впливами та міцністю конструкцій.

1. Гольшев А.Б. Усиление несущих железобетонных конструкций производственных зданий и просядочных оснований. – К.: Логос, 2004. – 219с. 2. Воскобийник О.П., Пойда А.О. Вплив дефектів виготовлення на зміну характеру роботи та напружено-деформованого стану залізобетонних балок // Зб. наук. праць. – Рівне: Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди, 2012. – с.141-146. 3. ГОСТ 5781-82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 20 с. 4. 1.ДСТУ 3760:2006. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 28 с. 5. Тихонов И.Н. Армирование элементов монолитных железобетонных зданий. – М.: НИИЖБ им. А. А. Гвоздева, 2007. – 168с. 6. Валоной М.О. Міцність, тріщиностійкість та деформативність підсилених згинальних елементів при повторних навантаженнях. Дисс. канд. техн. наук. КНУБА, 2011. – 126с. 7. Bond of reinforcement in concrete. State-of-artreport by Task group Bond models. FIB bulletin 10 (August 2000). 8. Бабич В.С., Поляновська О.С. Вплив товщини захисного шару на зчеплення арматури з бетоном // Зб. наук. праць. – Рівне: Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди, 2012. – с.88-93.