УДК 624.012. 035

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ТА ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЕРЕРІЗІВ БАЛОК, ПОХИЛИХ ДО ПОЗДОВЖНЬОЇ ОСІ

А. Мазурак, к.т.н., І. Ковалик, асистент, В. Михайлечко, ст. викладач
Львівський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Залізобетон у нашій країні є і буде важливим конструктивним матеріалом будівництва. Це пояснюється великим запасом сировини для виготовлення в'яжучих та заповнювачів, високими конструктивними та експлуатаційними якостями залізобетону. Потужний розвиток промисловості, важкого стаціонарного устаткування та збільшення ваги автотранспортних засобів, які призводять до збільшення навантажень на конструкції, зумовлює потребу в підвищенні вимог до експлуатаційної надійності залізобетонних конструкцій, у тому числі шляхопроводів [1; 4].

Дослідження залізобетонних конструкцій переважно присвячували вивченню їх роботи під дією згинального моменту. Проте всі конструкції, що використовуються в будівництві, сприймають поперечну силу. У більшості конструкцій розрахунки на сприйняття поперечної сили є основними під час прийняття геометричних розмірів, поперечного та поздовжнього армування, хоча проблема опору дії поперечних сил все ще залишається невирішеною. Авторитетні дослідники зі залізобетону пояснюють це складністю напружено-деформованого стану на ділянках одночасної дії поперечної сили і згинального моменту. Відсутність надійної теорії міцності бетону не дає змоги підвести під вирішення такої проблеми теоретичну базу, чим обґрунтовується переважно експериментальний характер досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Несуча здатність залізобетонних елементів дії, похилих до поздовжньої осі, є однією з актуальних проблем теорії залізобетону. Зазначеній проблемі присвятили свої праці Бабич Є.М., Барашиков А.Я., Бачинський М.С., Борисшанський В.Я., Васильєв П.І., Гвоздев О.О., Генієв Г.А., Дорофєєв В.С., Зайцев Ю.В., Залєсов О.С., Ільїн О.Ф., Карпенко М.І., Карпюк В.М., Клімов Ю.А., Митрофанов В.П., Ониськів Б.М. та ін.

Підсилення залізобетонних елементів за несучою здатністю похилих перерізів стало актуальним сьогодні, у зв'язку із введенням нових нормативних документів [5; 6], тому таку проблему активно досліджує низка науковців [1–4]. На підставі результатів численних експериментальних досліджень складена картина напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій.

Складене чітке уявлення про внутрішні зусилля, що діють на приопорну частину елемента: зусилля в бетоні стиснутої зони над вершиною критичної похилої тріщини; осьове і нагельне зусилля в поздовжній арматурі в місці її перетину критичною похилою тріщиною; осьове і нагельне зусилля в поперечній арматурі в місцях її перерізу критичною похилою тріщиною; сили зачеплення.

Постановка завдання. Наше завдання – оцінка підсилених залізобетонних балкових елементів за несучою здатністю та деформативністю балкових перерізів,

похилих до поздовжньої осі, виконання експериментальних досліджень і аналіз теоретико-експериментальних досліджень підсилених залізобетонних балок.

Виклад основного матеріалу. Об'єктами для проведення експериментальних досліджень були експериментальні залізобетонні зразки, які підсилювались нарощуванням завдяки збільшенню поперечного перерізу елементів за рахунок нанесення шару бетону на бокові поверхні. Загальна кількість зразків становила вісім балок, з яких: два непідсилених зразки Б-1, Б-2 із проектними розмірами (Lxhxb) 2300 х 245 х 80 мм та чотирма підсиленими балками Б-3П, Б-4П, Б-5П, Б-6П, розміри (Lxhxb) 2300 х 245 х 120 мм. Головні балки були армовані металевими каркасами з робочою поздовжньою арматурою Ø16 А400С, верхньою арматурою Ø10 А400С та поперечною Ø6 А240С.

Підсилення проводили встановленням металевого каркасу на бокову поверхню головної балки з поздовжньою робочою арматурою Ø12 А400С, верхньою Ø6 А240С та поперечною Ø6 А240С. Крок арматури поперечних стрижнів ∅6 мм у металевих каркасах приймали 120-125 мм. Стрижні поперечної арматури були об'єднані з поздовжньою арматурою в'язальним дротом без використання зварювання. Міцність бетону експериментальних балок становила f_{ck} = 27,74 МПа, бетон підсилення – f_{ck} = 31,00 МПа.

Дослідження залізобетонних балкових елементів полягало у визначенні несучої здатності похилих перерізів непідсилених балок та балок із підсиленням зосередженим навантаженням, за кроку завантаження, що дорівнював 1/10 від руйнівного розрахункового навантаження із прикладанням до нього механічного навантаження гідравлічним домкратом потужністю 250 кН. Випробовували балки на двох металевих опорах, основою яких були кільцеві динамометри та робочий прогін l_0=2000 мм. Зразки були запроектовані так, щоб руйнування проходило після втрати несучої здатності похилих перерізів, яке отримували на приопорних ділянках плечем прикладання сили (a = 350 мм). Контрольними значеннями для наступних підсилених зразків слугували покази, отримані під час визначення несучої здатності на границі текучості непідсилених балок, яка становить 0,78–0,82 від руйнівного.

Деформації бетону в зразках під час визначення похилих перерізів вимірювали за допомогою мікроіндикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм, на металевих фіксаторах, які приклеювали на бокові поверхні балки з базою 160-215 мм у приопорних зонах. Мікроіндикатори закріплювали у вертикальному положенні та з кутом нахилу 45°, що давало змогу отримувати розширену картину деформацій бетону за збільшення похилої тріщини на всіх рівнях грані перерізу (рис. 1).

За деформаціями поперечної робочої арматури стежили влаштуванням мікроіндикаторів на спеціальних тримачах, прикріплених до виносних стрижнів, які прикріплювали до поперечної арматури під час виготовлення зразка. Для виготовлення балок на металеві анкери були натягнуті гумові накладки, які після затвердіння бетону в балках були забрані, що забезпечило утворення невеликого простору, створеного навколо них на всю глибину захисного шару бетону, який

забезпечував переміщення з робочою арматурою під час проведення експерименту та зняття показів.

Додатково на поперечну арматуру наклеювали тензорезистори з базою виміру 20 мм суцільним ланцюгом у спеціально виготовлені заглиблення й захищені епоксидним клеєм.

Покази тензорезисторів знімали за допомогою електронного вимірювача деформацій АИД-4М та комутуючого пристрою.

За запропонованою методикою досліджень і розміщення вимірювальних приладів було одержано необхідні дані для оцінки несучої здатності і деформативності підсилених залізобетонних балок на приопорних ділянках похилих до поздовжньої осі перерізів.

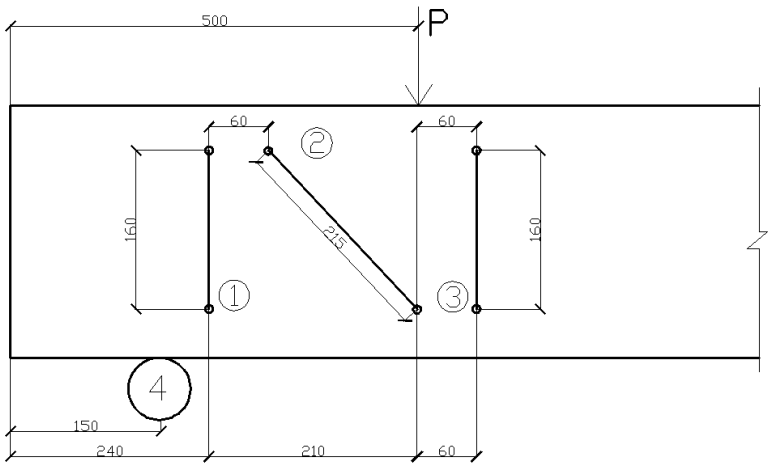

Рис. 1. Схема розміщення мікроіндикаторів на дослідних балках під час визначення деформацій: 1; 2; 3 – мікроіндикатори; 4 – динамометр.

Результати досліджень. Аналіз теоретичних та експериментальних досліджень дав змогу виокремити три характерні етапи роботи експериментальних балок за навантаження:

На першому етапі роботи зразків у бетоні, стрижневій арматурі виникають переважно пружні деформації. Деформації стиску і розтягу бетону розподіляються за висотою. Поздовжня і поперечна арматура деформується разом з навколишнім бетоном.

На другому етапі у прогоні утворюються нормальні та похилі тріщини. Спочатку всі тріщини утворювалися поблизу найбільш розтягнутої грані бетону, де визначальними для їх утворення є саме деформації розтягу бетону, спричинені дією згинальних моментів.

За творення похилих тріщин виникають істотні кількісні та якісні зміни напружено-деформованого стану елемента загалом, бетону, поздовжньої та поперечної арматури зокрема. Похилі тріщини у процесі розвитку зумовлюють

перерозподіл деформацій бетону за висотою й довжиною елемента, найбільш значні біля проходження критичної похилої тріщини.

Із розвитком похилих тріщин максимум деформацій стиску спостерігається у верхній частині стиснутої зони бетону на ділянці прольоту зрізу, наближеній до зосередженої сили.

На третьому етапі зі збільшенням навантаження і розвитком похилих тріщин настає такий момент, коли елемент перестає чинити опір зусиллям, які на нього діють, і відбувається руйнування.

Після отримання результатів експериментальних досліджень та значень теоретичного розрахунку (див. табл.) можна дійти висновку про певну розбіжність у результатах. Деформаційна модель, подана в запропонованій методиці розрахунку, підтверджується створенням великого запасу несучої здатності як для звичайних, так і для балок із підсиленням у межах 43-53 %.

Вимірюючи відносні деформації арматури та бетону, їх порівнювали зі значеннями ε, які відповідали межі текучості σ. Величину ε було отримано випробуванням стандартних зразків арматурної сталі з одночасним записом діаграми "σ–ε". Поперечна сила, за якої відносні деформації арматури дорівнюють значенню ε, була граничною – 0,76 M – для балок Б-1, Б-2, Б-3П, Б-4П, Б-5П, Б-6П.

Таблиця

Несуча здатність експериментальних балок

№ з/п	Шифр балок	Геометричні розміри bxh, мм	Значення згинальних моментів, VRd (кНм)		Відношення між ДБН та дослідними балками $\frac{\text{Дос.балк.} - \text{ДБН}}{\text{Дос.балк.}}$
			розрахунок за ДБН	Експеримент. значення	
1	Б-1	80x247	28,92	61,1	53%
2	Б-2	79x246	28,92	60,5	52%
3	Б-3П	121x246	58,74	104,7	44%
4	Б-4П	120x248	58,74	102,8	43%
5	Б-5П	119x245	58,74	103,5	43%
6	Б-6П	121x247	58,74	104,2	44%

Графіки залежності деформацій бетону та арматури дослідних зразків Б-1 і Б-3П, які подані на рис. 2–5, показують зростання деформацій за висотою перерізу із отриманням значень на приопорних ділянках. На графіках деформацій бетону розбіжність між теоретичними та експериментальними значеннями становить до 8%.

Висновки. На основі експериментальних досліджень несучої здатності похилих перерізів залізобетонних зразків спостерігається розбіжність між

теоретичними значеннями за новим ДБН В.2.6.-98:2009 над реальними значеннями, отриманими під час випробування дослідних зразків, яка становить 43-53%.

Аналіз розрахункових та експериментальних величин балок показав розбіжність деформацій бетону та арматури, яка становить не більше, ніж 8%, у бік перевищення експериментальних величин над теоретичними. Тобто деформаційна модель реально оцінює деформації залізобетонних елементів.

На нашу думку, проблеми несучої здатності та деформативності похилих перерізів потрібно вивчати із різними способами армування приопорної зони.

Рис. 2. Графік залежності деформацій бетону балки Б-1 за бази 180 мм.

Рис. 3. Графік залежності деформацій арматури Ø 6 мм балки Б-1.

Рис. 4. Графік залежності деформацій на грані основної частини балки Б-3П за бази 180 мм.

Рис. 5. Графік залежності деформацій арматури Ø 6 мм балки Б-3П.

Бібліографічний список

1. Бабич Є. М. Методика випробування підсилених за похилими перерізами згинальних залізобетонних елементів при малоциклових навантаженнях високого рівня / Є. М. Бабич, С. В. Мельник // Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону : Міжвід. наук.-техн. зб. – К. : ДП НДІБК, 2011. – Вип. 74, кн. 1. – С. 172-179.
2. Барашиков А. Я. Експериментальні дослідження згинаних залізобетонних елементів, підсилених різними способами / А. Я. Барашиков, О. П. Сумак, Б. А. Боярчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції будівель і споруд : зб. наук. пр. – Рівне : РДТУ, 2000. – № 5. – С. 294-297.
3. Міцність та деформативність залізобетонних балок, підсилених після впливу агресивного середовища / З. Я. Бліхарський, Р. В. Вашкевич, Р. Є. Хміль та ін. // Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону : Міжвід. наук.-техн. зб. – К. : ДП НДІБК, 2011. – Вип. 74, кн. 2. – С. 28-35.
4. Голышев А. Б. Проектирование усилений железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений / А. Б. Голышев, И. Н. Ткаченко. – К. : Логос, 2001. – 172 с.
5. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування : ДСТУ Б В.2.6-156:2010. – [Чинний від 2011-06-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 116 с. – (Національний стандарт України).
6. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення : ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний від 2011-07-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с. – (Державні будівельні норми України).

Мазурак А., Ковалик І., Михайлечко В. Несуча здатність та деформативність залізобетонних перерізів балок, похилих до поздовжньої осі

Подано методику розрахунку несучої здатності та деформативності підсилених залізобетонних елементів. Проведено аналіз розрахункових даних із експериментальними стосовно визначення несучої здатності та деформативності.

Ключові слова: залізобетонна балка, поперечне армування, деформативність, похилі перерізи.

Mazurak A., Kovalik I., Mihaylechko V. Bearing streingth and deformations reinforce-concrete cuts beams, sloping are to longitudinal axis

In the articleis given method of calculation bearing strength and deformation increased reinforceconcrete elements. The analys is of calculation data is conducted with experimental on determination of bearings trength and deformations

Key words: reinforce-concrete beam, transversal reinforcement, deformations, sloping cuts.

Мазурак А., Ковалык И., Мыхайлечко В. Несущая способность и деформативнисть железобетонных балок, наклонных к продольной оси

В статье подана методика расчета несущей способности и деформативности усиленных железобетонных елементов. Проведен анализ расчетных данных с экспериментальными по определению несущей способности и деформативности.

Ключевые слова: железобетонная балка, поперечное армирование, деформативность, наклонные перерезы.