

**ОЦІНКА ПІДСИЛЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА НЕСУЧОЮ ЗДАТНІСТЮ ПОХИЛИХ ПЕРЕРІЗІВ**

**ОЦЕНКА УСИЛЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ НАКЛОННЫХ ПЕРЕРЕЗОВ**

**AN ESTIMATION THE INCREASED REINFORCE-CONCRETE ELEMENTS IS AFTER BEARING STRENGTH SLOPING CUTS**

**Мазурак А.В., к.т.н., доцент** (Львівський національний аграрний університет, м. Дубляни), **Ковалик І.В., асистент** (Львівський національний аграрний університет, м. Дубляни)

**Мазурак А.В., к.т.н. доцент** (Львовский национальный аграрный университет, м. Дубляни), **Ковалик И.В. ассистент** (Львовский национальный аграрный университет, м. Дубляни)

**Mazurak A.V., k.t.n., associate professor** (Lviv national agrarian university, Dublyani), **Kovalik I.V., assistant** (Lviv national agrarian university, Dublyani)

**Описані теоретико-експериментальні дослідження та аналіз несучої здатності залізобетонних перерізів, похилих до поздовжньої осі, підсилених залізобетонних балок на сумісну дію згинального моменту та поперечної сили.**

**Описанные теоретико-экспериментальные исследования и анализ несущей способности железобетонных перерезов, наклонных, к продольной оси, усиленных железобетонных балок на совместное действие изгибающего момента и поперечной силы.**

**Described teoretiko-experimental research and analysis bearing strength reinforce-concrete cuts, sloping, longitudinal axis, increased reinforce-concrete beams on the compatible action of bend moment and transversal force.**

**Ключові слова:**

Несуча здатність, похилій переріз, підсилена залізобетонна балка.

Несущая способность, наклонный перерез, усилена железобетонная балка.

Bearing strength, sloping cut, increased reinforce-concrete beam.

**Постановка проблеми.** Сучасне будівництво потребує раціонального використання нових конструкцій і матеріалів за новими нормативними документами, підвищення якості проектних рішень, що в свою чергу вимагає значних наукових досліджень.

Підсилення згинальних залізобетонних конструкцій шляхом збільшення їх поперечних перерізів виконується з використанням таких матеріалів як бетон, полімербетон, фібробетон, а також використання армування вуглепластиковими стрічками і полотнами. Ефективним та надійним в експлуатації є підсилення згинальних залізобетонних конструкцій торкретбетоном, з можливістю розміщення в тонких шарах конструктивної арматури.

Оцінка несучої здатності похилого перерізу залізобетонних елементів на сумісну дію згинального моменту та поперечної сили розглядалось багаторазово багатьма дослідниками, з висуванням великої кількості пропозицій щодо розрахунку, які відрізнялися і окремими положеннями проектування і принципово різними підходами, що призводило в одних випадках до значної перевитрати матеріалів і ускладнення армування, а інших – до недостатньої надійності конструкції.

Проектування конструкцій, які складаються з декількох шарів (такі конструкції утворюються внаслідок підсилення) достатньо наближений, оскільки не накопичено ще належну кількість дослідних даних про напруженно-деформований стан таких конструкцій в зоні прольоту, який працює на зріз, за умови сумісної дії згинального моменту та поперечної сили. Зона контакту таких конструкцій піддається одночасній дії стискаючих, розтягуючих, або зсувних зусиль. На сьогодні не достатньо експериментального обґрунтування для оцінювання зсуву за зоною контакту. Як показує досвід використання формул опору матеріалів призводить до невідповідностей дослідних величин зсуву в контактній площині з розрахунковими значеннями. Тому важливим залишається вибір способу підсилення і відповідно методики розрахунку з врахуванням вище наведених чинників.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження проблеми дії похилих перерізів у залізобетоні, проведені у другій половині ХХ століття, дозволили виявити нові фактори, що впливають на несучу здатність похилих перерізів залізобетонних згинальних елементів. На підставі результатів численних експериментальних досліджень складена картина напруженно-деформованого стану залізобетонних конструкцій, як з поперечною арматурою, так і без неї.

Дану проблему розглянуто в роботах Алієва Р.Д., Бабича Є.М., Барашикова А.Я., Бачинського, М.С.Борищанського, В.Я., Васильєва П.І., Гвоздєва О.О., Генієва Г.А., Гольшева А.Б., Дорофеєва В.С., Залєсова О.С., Ільїна О.Ф., Карпенко М.І., Карпюка В.М., Кваші В.Г., Клімова Ю.А., Ониськіва Б.М. та ін.

Підсилення залізобетонних елементів за несучою здатністю похилих перерізів стало актуальним сьогодні, у зв'язку із введенням нових нормативних документів [4,5], тому таку проблему активно досліджує ряд науковців.[1,2,3]

**Постановка мети і задач дослідження.** Метою даної роботи є оцінка підсиленіх залізобетонних балочних елементів за несучою здатністю похилих перерізів з врахуванням технології підсилення. Завданням даної роботи є розробка методики і проведення аналізу теоретико-експериментальних досліджень підсиленіх залізобетонних балок.

**Методи дослідження.** Для проведення експериментальних досліджень було виготовлено 3 серії залізобетонних балок в кількості 15 штук.

На першому етапі досліджень виконувалось випробування непідсиленіх балок трьох серій на дію похилих перерізів зосередженим навантаженням, при кроку завантаження рівному 0;1F від руйнівного, ширина розкриття похилих тріщин обмежувалась  $w_k=0,4$  мм. Процес дослідження балок виконували за статичною схемою – балка на двох опорах, прольотом  $L=2100$  мм. Після досягнення стану текучості зразки розвантажували, їхні граничні експлуатаційні навантаження приймались за контрольні для всіх балкових зразків які піддавались підсиленню відповідно до серії. Значення величини несучої здатності дослідних залізобетонних балок отримували на приопорних ділянках із плечем прикладання сили ( $a=350\text{mm}$ ).

Наступним етапом роботи було проведення підсилення похилих перерізів дванадцяти дослідних балок.

Основним методом підсилення було нанесення підсилюючого шару бетону чи торкредбетону, який наносили на бокову поверхню основних балок (із одно, двох чи трьох сторін), в залежності від варіанту зразка, які показані на рис. 1, та додатковий плоский чи П-подібний арматурний каркас.

Опираючись на попередні дослідження подані [6] пропонується забезпечити належне з'єднання підсиленіх шарів з допомогою вклеєних металевих анкерів.

Перша серія складалася з 1 непідсиленого залізобетонного зразка (Б-1-1) та 6 зразків, які піддавались підсиленню. Із них 2 зразки (Б-1-2ПБ<sub>A</sub>, Б-1-3ПБ<sub>A</sub>) підсилені звичайним бетоном та металевими анкерами (<sub>A</sub> – анкери Ø 5 мм), зразки (Б-1-4ПТ<sub>A,G</sub>, Б-1-5 ПТ<sub>A,G</sub>, Б-1-6ПТ<sub>A,G</sub>, Б-1-7ПТ<sub>A,G</sub>) підсилені торкрутуванням із використанням адгезійного ґрунтuvання (<sub>G</sub> – адгезійне ґрунтuvання SB – Haftemulsion) та металевих об'єднуючих анкерів. Армування головних балок проводили плоскими арматурними каркасами з робочою повздовжньою арматурою Ø16 A400C, верхньою арматурою Ø10 A400C, та поперечною арматурою Ø6 A240C. Підсилення зразків першої серії проводили металевим каркасом з повздовжньою робочою арматурою Ø12 A400C, верхньою арматурою Ø6 A240C та поперечною арматурою Ø6 A240C. Поперечна арматура Ø6 мм класу A240C, як в основних балках, так і елементах підсилення встановлювалася з кроком 120 мм. Міцність бетону

дослідних балок складала  $f_{ck} = 27,74$  МПа, бетон підсилення  $f_{ck} = 19,5$  МПа та торкретбетон підсилення  $f_{ck} = 31,00$  МПа.

Друга серія зразків складалася з 1 непідсиленого залізобетонного зразка (Б-2-1) та 4 зразків, які піддавались підсиленню. Зразки (Б-2-2ПТ<sub>A,G</sub>, Б-2-3ПТ<sub>A,G</sub>, Б-2-4ПТ<sub>A,G</sub>, Б-2-5ПТ<sub>A,G</sub>) підсилені торкретбетоном із двох сторін. В усіх випадках підсилення використано адгезійне ґрунтування Koster SB – Haftemulsion та металеві об'єднуючі анкери. Армування головних балок проводили аналогічно до зразків першої серії плоскими арматурними каркасами. Підсилення зразків другої серії проводили металевим каркасом з повздовжньою робочою арматурою Ø12 A400C, верхньою арматурою Ø6 A240C та поперечною арматурою Ø6 A240C, по обидві сторони головної балки. Поперечна арматура Ø6 мм класу A240C, як в основних балках, так і елементах підсилення встановлювалася з кроком 120 мм. Міцність бетону дослідних балок складала  $f_{ck} = 20,48$  МПа, торкретбетон підсилення  $f_{ck} = 19,9$  МПа.

Третя серія зразків складалася з 1 непідсиленого залізобетонного зразка (Б-3-1) та 2 зразків, які піддавались підсиленню. Із них 2 зразки (Б-3-2ПТ<sub>A,G</sub>, Б-3-3ПТ<sub>A,G</sub>) підсилені «сорочкою» методом торкретування. В усіх випадках підсилення використано адгезійне ґрунтування Koster SB – Haftemulsion та металеві об'єднуючі анкери. Армування головних балок проводили аналогічно до зразків першої та другої серії плоскими арматурними каркасами. Підсилення зразків проводили металевим каркасом з повздовжньою робочою арматурою Ø12 A400C, верхньою арматурою Ø6 A240C та поперечною арматурою Ø6 A240C каркасами виготовлених в П-подібному вигляді для підсилення «сорочкою», схема армування показана на рис. 1в. Поперечна арматура Ø6 мм класу A240C, як в основних балках, так і елементах підсилення встановлювалася з кроком 120 мм. Міцність бетону дослідних балок складав  $f_{ck} = 20,48$  МПа, бетон підсилення  $f_{ck} = 19,9$  МПа.

Покращення зчеплення “нового” бетону зі “старим” при бетонувані та торкретуванні стало виконання адгезійного ґрунтування полімерозчином, В проведених дослідженнях використали матеріали Koster SB – Haftemulsion (Полімерна емульсія для влаштування з'єднувальних шарів)

Розрахунок несучої здатності залізобетонних конструкцій у випадку сумісної дії згинальних моментів і похилих перетинів виконується на основі деформаційної моделі діючих нормативних документів ДБН В.2.6-98:2009 а також СНиП 2.03.01-84\*.

На рис. 1 показані основні схеми підсилення поперечного перерізу експериментальних зразків які досліджувались.

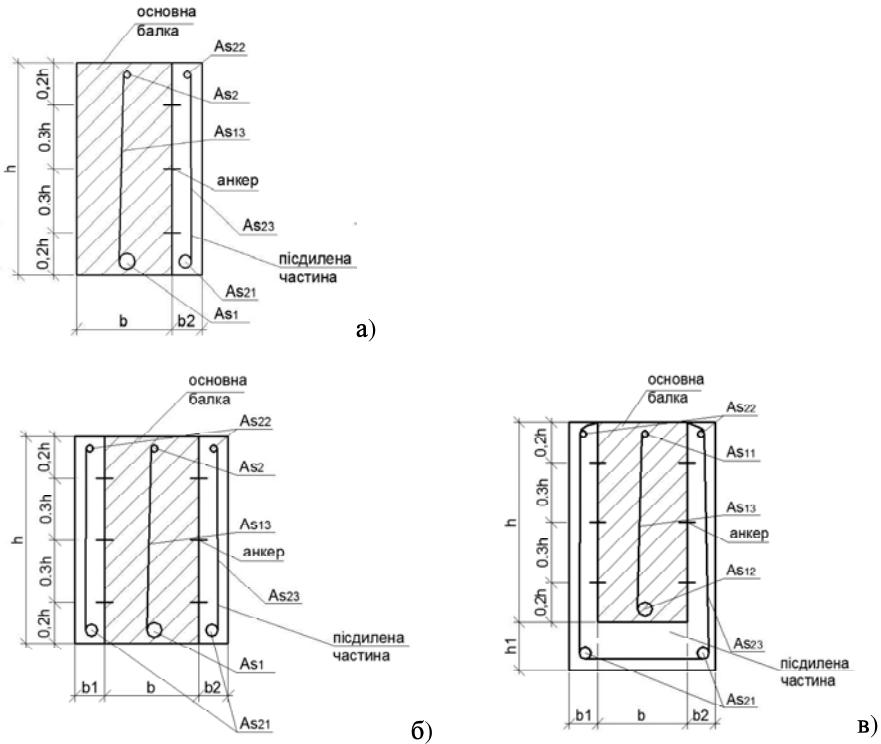


Рис.1 Схеми підсилення бокової поверхні дослідних зразків:  
 а) першої серії: Б-1-2ПБ<sub>А</sub>, Б-1-3ПБ<sub>А</sub>, Б-1-4ПТ<sub>А,Г</sub>, Б-1-5 ПТ<sub>А,Г</sub>, Б-1-6ПТ<sub>А,Г</sub>, Б-1-7ПТ<sub>А,Г</sub>; б) другої серії: Б-2-2ПТ<sub>А,Г</sub>, Б-2-3ПТ<sub>А,Г</sub>, Б-2-4ПТ<sub>А,Г</sub>, Б-2-5ПТ<sub>А,Г</sub>; в) третьої серії: Б-3-2ПТ<sub>А,Г</sub>, Б-3-3ПТ<sub>А,Г</sub>;

**Результати досліджень.** Проведений аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень підсиленіх залізобетонних балок, значення яких подані в табл.1.

При визначенні розрахункової несучої здатності залізобетонних балок за похилими перерізами використовували фактичні значення дослідних зразків: бетону, торкретбетону, арматури.

Таблиця 1

Експериментальні та розрахункові значення несучої здатності похилих перерізів залізобетонних елементів

Шифр балок	Результати дослідних балок $V_{Rd}$ , кН	Теоретичні результати отримані за ДБН В.2.6-98 2009	Теоретичні результати отримані за СНиП 2.03.01-84*	Vідношення між ДБН та дослідними балками	Vідношення між ДБН та дослідними балками
				Дос.балк - ДБН.	Дос.балк. - СНиП
<b>I серія</b>					
Б-1-1	62,5	27,66	58,9	56 %	6%
Б-1-2ПБ <sub>А</sub>	107,9	55,32	98,2	48 %	9%
Б-1-3ПБ <sub>А</sub>	107,4	55,32	98,2	48%	9%
Б-1-4ПТ <sub>А,Г</sub>	109,0	55,32	102,4	49%	6%
Б-1-5ПТ <sub>А,Г</sub>	109,9	55,32	102,4	49%	7%
Б-1-6ПТ <sub>А,Г</sub>	109,5	55,32	102,4	48%	7%
Б-1-7ПТ <sub>А,Г</sub>	111,1	55,32	102,4	50 %	7%
<b>II серія</b>					
Б-2-1	58,7	27,66	53,6	53 %	9 %
Б-2-2ПТ <sub>А,Г</sub>	140,3	82,98	132,0	41%	6 %
Б-2-3ПТ <sub>А,Г</sub>	141,9	82,98	132,0	42%	7 %
Б-2-4ПТ <sub>А,Г</sub>	142,4	82,9	132,0	42%	7 %
Б-2-5ПТ <sub>А,Г</sub>	143,1	82,9	132,0	42%	8 %
<b>III серія</b>					
Б-3-1	58,6	27,6	53,5	53 %	9 %
Б-3-2ПТ <sub>А,Г</sub>	148,6	83,74	134,2	44%	10 %
Б-3-3ПТ <sub>А,Г</sub>	149,8	83,74	134,2	44%	10 %

В результатах досліджень залізобетонних зразків першої серії Б-1-2ПБ<sub>А</sub> та Б-1-3ПБ<sub>А</sub>, в яких для підсилення було вибрано звичайний бетон та забезпеченням сумісної роботи старого і нового бетону проводили металевими анкерами, можна було спостерігати часткове розшарування між шарами бетону в вигляді поздовжніх тріщин при рівні 0,75- 0,8 від руйнівного значення на приопорних ділянках зразків. У всіх інших зразках які були підсилені торкретбетоном із використанням металевих анкерів та адгезійного ґрунтuvання розшарування між шарами основного та підсилюваного бетону не проходило.

Незважаючи на несиметричність підсилення між зразки першої, другої та третьої серії, результати експериментальних і теоретичних розрахунків показали задовільні збіжні результати.

Провівши теоретико-експериментальні дослідження несучої здатності похилих перерізів залізобетонних елементів за новим ДБН В.2.6.-98:2009, СНиП 2.03.01-84\* та співставивши результати із несучою здатністю за похилими перерізами експериментальних зразків отриманих при випробуванні, можна побачити, що за діючими нормами теоретичні значення в порівнянні із експериментальними дають великий запас міцності у межах від 56% для звичайних балок, і 41-50% для балок із підсиленням. Значення отримані за СНиП показали кращу збіжність результатів в межах 6-9% для зразків без підсилення та 6-10% для зразків із підсиленням.

**Висновки.** За результатами теоретико-експериментальних досліджень несучої здатності за похилими перерізами залізобетонних елементів, можна побачити значну розбіжність між теоретичними значеннями за новим ДБН В.2.6.-98:2009 та реальними результатами отриманими під час випробування дослідних зразків в лабораторних умовах, що становить 41-56%.

На нашу думку, потрібне проведення експериментальних досліджень залізобетонних елементів із різними схемами підсилення конструкцій, для створення належної статистичної обробки зразків які проектувались за старими нормами і потребують підсилення та забезпечення несучої здатності за похилими перерізами згідно нових нормативних документів.

1. Бабич Є.М. Методика випробування підсиленіх за похилими перерізами згинальних залізобетонних елементів при мало циклових навантаженнях високого рівня. /Є.М.Бабич, С.В.Мельник //«Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону» Міжвідомчий науково-технічний збірник випуск 74 книга 1. К.: ДП НДІБК, 2011. С.172-179.
2. Бабич Є.М. Розрахунок несучої здатності поперечних перерізів згинальних залізобетонних елементів / Є.М. Бабич, В.Є.Бабич, В.В.Савицький // 36. наук, праць: Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2012. – вип..23. – С. 94-103.
3. Барашиков А.Я. Експериментальні дослідження згинаних залізобетонних елементів підсилих різними способами / А.Я. Барашиков, О.П. Сумак, Б.А. Боярчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції будівель і споруд. 36. наук, праць. - Рівне: РДТУ, 2000. - №5.- С. 294-297.
4. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проєктування: ДСТУ Б В.2.6-156:2010. – [чинний від 2011-06-01]. – К.:Мінрегіонбуд України, 2011. – 116с. – (Національний стандарт України).
5. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний від 2011-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71с. – (Державні будівельні норми України).
6. Мазурак А.В. Міцність контактних швів при ремонті чи підсиленні бетонних елементів» /А.В. Мазурак, І.В. Ковалік, В.О. Михайлечко, В.М. Калітковський //Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Теорія і практика будівництва. - Львів, 2013- Випуск № 755- С- 368-375.
7. Бетонные и железобетонные конструкции. СНиП 2.03.01-84\*. - [Чинний від 1984-08-2] - М.: Госстрой ССР, 1989. - 80 с.