УДК 624.012.035

РОБОТА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ПІДСИЛЕНИХ У СТИСНУТІЙ ТА РОЗТЯГНУТІЙ ЗОНАХ ПРИ ДІЇ МАЛОЦИКЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

REINFORCED CONCRETE BEAMS STATE-WORK STRENGTHENED IN COMPRESESSED AND STRETCHED ZONES AT ACTION LOWCYCLE LOAD

Зятюк Ю.Ю., аспірант, (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Ziatiuk Y.Y., postgraduate, (National university of water management and nature resourses used, Rivne)

Наведено дослідження одночасного підсилення залізобетонних балок наклеєними композитами у вигляді вуглецевих волокон в розтягнутій зоні, та сталефібробетоном у стиснутій зоні.

Reinforced concrete beams simultaneous strengthening research is resulted by the glued on compos as carbon fibres in the stretched area, and steelfiberconcrete in the compressed zones. The use of modern carbon materials and fiber concrete is an effective method of enhancing the bending of reinforced concrete elements. The development of this method of amplification is relevant. The comparison of theoretical studies with experimental results confirms the validity of theoretical conclusions and assumptions underlying their framework. You can talk about the use of these materials in practice.

Ключові слова: підсилення, балка, композити, сталефібробетон**.**

Keywords: strengthen, beam, composites, steelfiberconcrete.

Вступ. Необхідність в підвищенні несучої здатності експлуатованих залізобетонних конструкцій шляхом їх підсилення визначається в основному наступними випадками:

1. зміна їх розрахункової схеми і напруженого стану, величини тимчасових навантажень;
2. зміна умов експлуатації або схеми завантаження при реконструкції будівель і споруди;

3. підсилювана конструкція пошкоджена, а її заміна невиправдано дорога або технічно неможлива;

4. підсилювана будівля чи споруда представляє культурну або історичну цінність і підсилення спрямоване на збереження її експлуатаційних характеристик на тривалий час.

Аналіз останніх досліджень. Підсилення залізобетонних конструкцій, як правило, пов'язане із об'єднанням в одній конструкції матеріалів різного віку, що володіють різними фізико-механічними властивостями, перерозподілом зусиль в конструкцій.

Залізобетонні балки сприймають основні навантаження, які діють на будівлі і споруди, серед яких переважна більшість мають повторний характер [1].

Дослідженню підсилень згинальних залізобетонних елементів свої роботи присвятили: Б.А. Ашимов, А.Б. Барашиков, Є.М. Блалі, З.Я. Бліхарський, Б.А. Боярчук, О.І. Валовой, І.О. Валовой, А.П. Васільев, О.В. Войцехівський, Є.О. Гриневич, С.С. Давидов, І.В Задорожнікова , А. Касасбех, В.Г. Кваша, М.І. Кісіліер, М.Д. Климпуш, О.П. Кричевський, С.О. Кричевський, А.И. Мальганов, І.В. Мельник, Л.А. Мурашко, А.Я. Мурин, С.М. Новікова, Ф.Н. Рабінович, Я.В. Римар, А.К. Салех, М.Ю. Смолянінов, С.Д. Семенюк, О.П. Сунак, П.О. Сунак, Г.К. Хайдуков, О.Л. Шагін та ін.

Із сучасних дослідників відомі дослідження, виконані в науково-дослідній лабораторії кафедри ПЦБІС Національного університету водного господарства та природокористування, Конончука О.П.,Мельника С.В. під керівництвом Борисюка О.П.

Високоефективним методом підсилення конструкцій розтягнутої зони є застосування композитних стрічок та полотен. Все ширше на території нашої держави використовується підсилення залізобетонних конструкцій приклеєною зовнішньою композитною арматурою на основі вуглецевих волокон (CFRP).

Ефективним методом підсилення залізобетонних елементів є використання високоміцних матеріалів як сталефібробетон, полімербетон та базальтобетон. При підсиленні конструкцій стиснутої зони сталефібробетонном ефективно знижуються трудовитрати на арматурні роботи, швидкість приготування бетону. Підвищується тріщиностійкість, морозостійкість, стираність конструкцій.

Фібробетон складається з двох матеріалів і має властивості, яких не мають вихідні матеріали, тобто цементно-бетонна матриця.

В ньому в якості арматури використовуються дисперсно та вільно розподілені фібри. У фібробетонні розтягуючі напруження приймають на себе волокна фібри. Фіброволокно посилює кути і торці бетонних конструкцій, на початку твердіння бетону знижує усадку і утворення тріщин, при знятті опалубки нівелює ймовірність пошкодження [2].

Одночасне підсилення стиснутої та розтягнутої зон досліджені на даний час не достатньо. Актуальність дослідження обумовлена необхідністю удосконалення методики розрахунку залізобетонних згинальних елементів, підсилених одночасно в стиснутій та розтягнутій зонах при дії повторних навантажень.

Мета і завдання дослідження отримати дані про роботу залізобетонних балок підсилених одночасно у стиснутій і розтягнутій зоні з урахуванням повторних навантаженнях. Встановити вплив однократного та малоциклового навантаження на напружено-деформований стан підсилених зразків з врахуванням їх роботи до підсилення. Удосконалити методику розрахунку підсилених згинальних залізобетонних елементів, за дії на них малоциклових навантажень.

Об'єкт досліджень: підсилені залізобетонні згинальні елементи**.**

Матеріали. Залізобетонні балки з розмірами поперечного перерізу 100×200 та довжиною 2000 мм, бетон класу С16/20 заводського виготовлення. Балки заармовані поздовжньою робочою стержневою арматурою 2Ø10 А 500С та поперечною арматурою Ø6 А240С з кроком 50 мм, крім зони чистого згину. Верхня монтажна арматура із дроту Ø4 Вр-І. Для виготовлення залізобетонних балок використовували важкий бетон класу С16/20 заводського виготовлення. Система з вуглепластиків для підсилення розтягнутої зони залізобетонних балок представлена двома видами арматурних виробів: вуглепластікова стрічка Sika® CarboDur® S-512 та полотно SikaWrap®-230 C/45 [3,4]. Підсилення виконували за технологією наведеною в [5].

Для підсилення стиснутої зони для всіх залізобетонних балок матриця бетону виготовлялась із одного складу. Половину балок підсилювали дрібнозернистим бетоном(Б), іншу тим же бетоном тільки з додаванням сталевої фібри(СФБ). Фібра різана із листа (листова фібра), вироблена на ЗАТ “БудМат”м. Київ, типу «челябинка» ТУ 0991-123-53832025-2001.

Випробовування конструкцій виконували із застосуванням методики досліджень викладеної раніше [6]. Конструкція підсилення показана на рис.1.

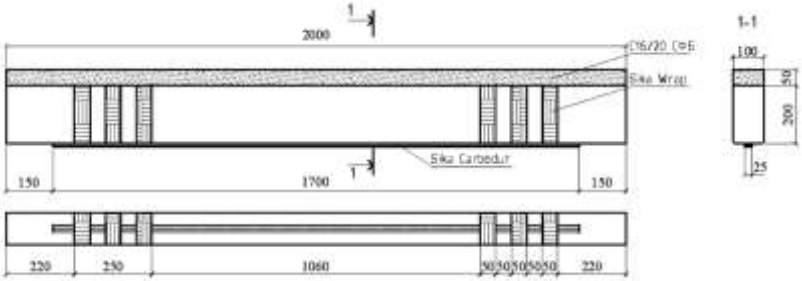

Рис.1. Конструкція підсилення дослідних балок

Рис.2. Загальний вигляд випробовування непідсилених балок

Рис.3. Загальний вигляд випробовування підсилених балок

Результати досліджень. Балки БО-1, БО-2, БП-$1_Б$ та БП-$2_{СФБ}$ навантажувалася ступенево до руйнування. Перша нормальна тріщина виникла при навантаженні в F= 8 кН. Зі збільшенням навантаження почали виникати похилі тріщини першого типу. Деформації в арматурі і бетоні збільшувалися практично лінійно (рис.3.). За результатами випробувань балок БО-1 та БО-2 визначався рівень повторних навантажень для балок, що навантажувались повторно. Руйнування обох балок відбулося в стиснутій зоні, лущенням бетону появі дрібних поздовжніх тріщин і завершилось розлавлюванням та виколом бетону. Прогин балки БО-2 , перед руйнуванням, становив 20,78мм, а ширина розкриття тріщин: 0,5 мм.

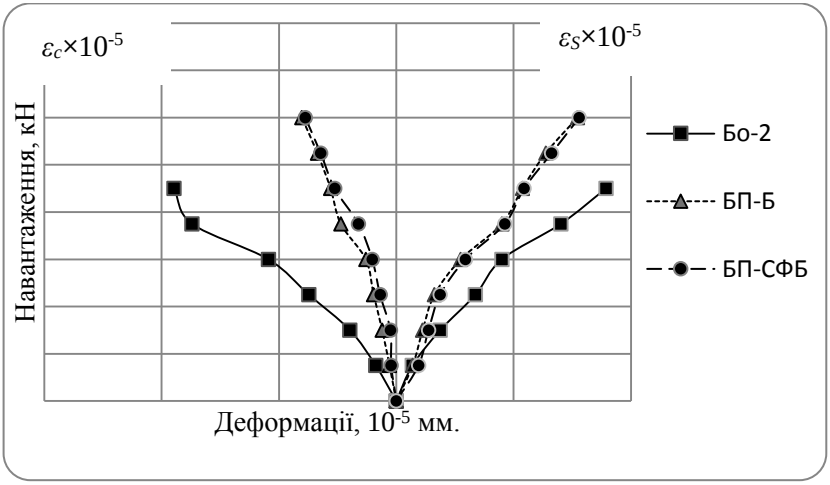

Рис.3. Зміна деформацій в бетоні ε_C ×10^{-5}і арматуріε_S×10^{-5} в не підсиленій Б0-2 та підсилених балках БП-$1_Б$ та БП-$2_{СФБ}$

Перша нормальна тріщина підсилених балок БП-$1_Б$ та БП-$2_{СФБ}$ виникла при навантаженні F= 15 кН. Подальше збільшення навантаження призвело до перевищення деформацій арматури граничних значень в балці. що привело до руйнування балки руйнівне зусилля для балки БП-$1_Б$ – Fu = 74 кН а для БП-$1_{СФБ}$ – Fu = 70 кН [7]. Прогини балок, перед руйнуванням, становили БП-$1_Б$ - 6 мм, БП-$2_{СФБ}$ - 8 мм а ширина розкриття тріщин для балки БП-$1_Б$ -

0,30 мм, для балки БП-$2_{СФБ}$ – 0,32 мм. Руйнування балки БП-$1_{Б}$ відбувся відрив стрічки від тіла бетону. При досягнені граничного навантаження по грані стрічки відбулося зім'яття волокон полотна анкерування і відбувся стрімкий відрив стрічки на ділянках між точкою прикладання сили і опорою. Відбувалося стрімке розкриття тріщин з подальшим зростанням прогину витріскування та зминанням верхнього шару підсилення. Руйнування балки БП-$2_{СФБ}$ відбулося_по похилим перерізам. А саме в приопорній ділянці при навантаженні від 0,7 Fu відбувається утворення похилої тріщини другого типу [8]. Максимальні деформації, зафіксовані в стрічці перед відривом її від тіла балки були в межах 500×10^{-5}. Через тіло балки, від опори до анкеруючого полотна під кутом 45^0 проходить тріщина. Відбувається моментальне крихке руйнування балки.

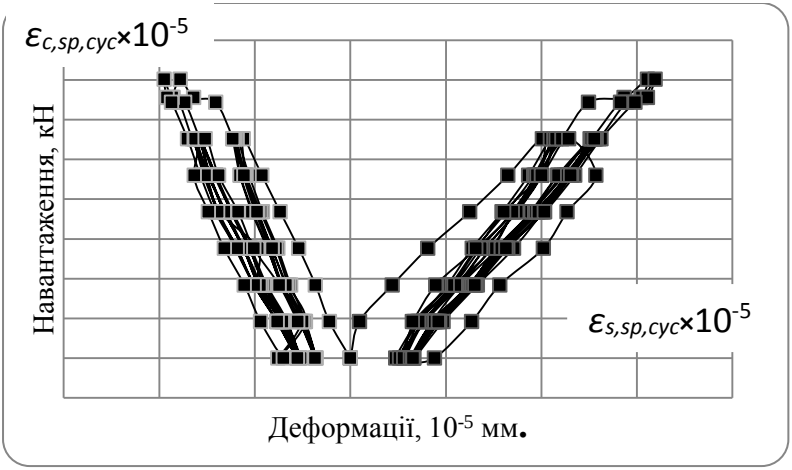

Рис.4. Зміна деформацій розтягнутої арматури та стиснутого бетону в балці БЦ-2 до підсилення при повторних навантаженнях

Балки БЦ-1…БЦ-6 попередньо випробовували на повторні навантаження, між початком та кінцями кривих на рис.5 зображені 1-13цикли деформацій розтягнутої арматури та стиснутого бетону (між кривими розташовані криві деформування на 5 та 9 циклах в яких робився стрибок на 0,85Fu). Після випробувань балки знімались підсилювались і повторно випробовувались на повторні навантаження (цикли від руйнування балок БП-$1_{Б}$ та БП-$2_{СФБ}$).

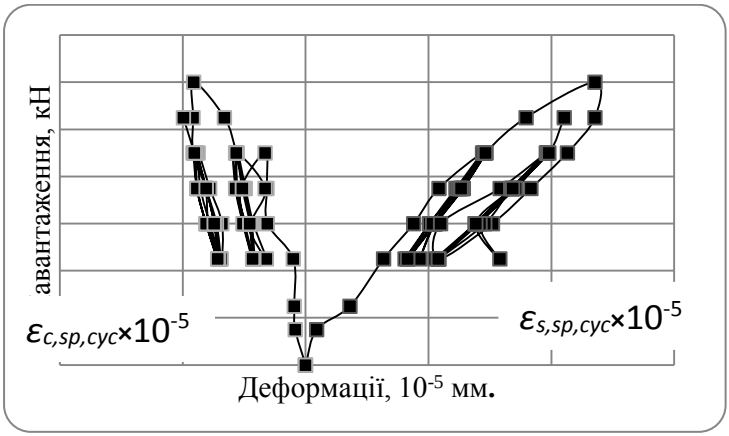

Рис.5. Зміна деформацій розтягнутої арматури та стиснутого бетону в балці БЦП-$2_Б$ після підсилення при повторних навантаженнях

Руйнування балки БЦП-$2_Б$ відбувся так само як і БП-$1_Б$ відбувся відрив стрічки від тіла бетону. ділянках між точкою прикладання сили і опорою. Балка БЦП-$1_{СФБ}$ зруйнувалась по похилих перерізах так само як і БП-1 СФБ. Прогини балок, перед руйнуванням, становили БЦП-$2_Б$ – 10,31 мм, БЦП-$1_{СФБ}$ - 7,2 мм а ширина розкриття тріщин для балки БЦП-$2_Б$ - 0,22 мм, для балки БЦП-$1_{СФБ}$ – 0,22 мм. Конструкція підсилення майже відразу вступає в роботу під час збільшення навантаження, цим можна пояснити стрибки на діаграмі сумісною роботою бетону підсилення та вуглепластиків.

Висновки. Малоциклові навантаження суттєво впливають на напружено-деформований стан залізобетонних балок. Повні деформації в бетоні і арматурі стабілізуються до шостого-сьомого циклу навантаження. Внаслідок їхньої дії збільшуються повні і залишкові деформації бетону і арматури, прогини та ширина розкриття тріщин в балках.

Несуча здатність підсилених залізобетонних балок вуглепластиковими матеріалами та сталефібробетоном на 47% та 56% більша ніж в непідсилених залізобетонних балок при одноразовому навантаженні балки БП-$1_{СФБ}$, БП-$2_Б$ та на 60% при повторних навантаженнях балки БЦП-$1_{СФБ}$, БЦП-$2_Б$.

Прогин залізобетонних балок підсилених вуглепластиковими матеріалами та сталефібробетоном на 48 % менший ніж в непідсилених балок при одноразовому навантаженні, і на 50% при повторних навантаженнях.Ширина розкриття тріщин залізобетонних балок підсилених вуглепластиковими матеріалами та сталефібробетоном на 26% менша ніж в залізобетонних балок без підсилення при одноразовому навантаженні, і на 23% при повторних навантаженнях. Момент тріщиноутворення у підсилених балок збільшився у два рази.

Використання сучасних вуглепластикових матеріалів та сталефібробетону є ефективним способом підсилення згинальних залізобетонних елементів. Розробка такого методу підсилення є вельми актуальним, оскільки порівняння теоретичних досліджень з результатами експерименту дасть можливість підтвердити достовірність теоретичних висновків і передумов, покладених в їх основу, а також заговорити про застосування їх на практиці.

1. Бабич Є.М., Крусь Ю.О. Бетонні та залізобетонні елементи в умовах малоциклових навантажень. – Рівне: Видавництво Рівненського державного технічного університету, 1999. – 119 с. **2**. Дворкін Л.Й. Основи бетонознавства/ Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л. Дворкін. - К.: Основа, 2007. **3.**Техническое описание материала. Sika® CarboDur System Система структурного усиления на основе углепластика для тяжелой нагрузки. Изданиє 05.2015, 6с. **4**.Техническое описание материала системи SikaWrap® Композитные тканые материалы для структурного и сейсмического усиления,. Изданиє 05.2015, 3с. **5**.Зятюк Ю.Ю. Операційність технології виконання робіт при підсиленні дослідних залізобетонних зразків (матеріалами фірми «Sika») / Ю.Ю. Зятюк // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць. – Рівне: НУВГП, 2016. – вип. 32. – С. 466 – 475. **6**.Борисюк О.П., Зятюк Ю.Ю. Методика експериментальних досліджень залізобетонних балок, підсилених у стиснутій і розтягнутій зоні / О.П Борисюк, Ю.Ю. Зятюк // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць. – Рівне: НУВГП, 2013. – вип. 27. – С. 27 – 33. **7**. Зятюк Ю.Ю. Результати експериментальних досліджень залізобетонних балок підсилених в стиснутій та розтякнутій зонах / Ю.Ю. Зятюк // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник / Відпов. ред. М.М. Осєтрін. – К., КНУБА, 2016. – Вип. 61 (спеціальний) – С. 216 – 222. **8**. Голишев О.Б. Курс лекцій з основ розрахунку будівельних конструкцій і з опору залізобетону / О.Б.Голишев, А.М. Бамбура. – К.: Логос, 2004. – 340с.