

УДК 624.012.45

МЕТОДИКА ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК З ПОДАЛЬШИМ ПІДСИЛЕННЯМ ЇХ КОМПОЗИТНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

МЕТОДИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ПОСЛЕДУЮЩИМ УСИЛЕНИЕМ ИХ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

MAKING METHOD AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF CONCRETE BEAMS AND STRENGTHENING OF COMPOSITE MATERIALS

Наведено методику виготовлення балок. Актуальні питання зміцнення балок за рахунок посилення їх композитними матеріалами.

Приведена методика изготовления балок. Актуальные вопросы укрепления балок за счет усиления их композитными материалами.

A method of making beams. Actual questions of strengthening beams by the increase of composite materials.

Валовой О.І., к.т.н., проф., Возіян І.О., аспірант., Валовой М.О., ст. викл. (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг)

Валовой А.И., к.т.н., проф., Возіян И.А., аспірант., Валовой М.А., асистент (Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог)

Valovoj A.I., professor, Vozijan I.F., postgraduate., Valovoj M.A., associate professor (Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih)

Ключові слова:

Балки, спосіб виготовлення, композитні матеріали
Балки, способ изготовления, композитные материалы
Beams, method of making, composite materials

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.
Залізобетон – основний конструктивний матеріал нашого часу, галузь його застосування безперервно розширюється. Значну частину будівельних конструкцій цивільних і промислових будівель та інженерних споруд складають залізобетонні балки. Збільшення навантажень, знос і пошкодження балок викликають необхідність їх підсилення.

У процесі експлуатації будівель і споруд будівельні конструкції пошкоджуються внаслідок корозії арматури та бетону, що призводить до зниження несучої здатності, змінюються умови експлуатації, за яких суттєво збільшуються навантаження. Це спричиняє необхідність виконання робіт з підсилення та ремонту конструкцій.

Традиційними способами підсилення конструкцій є збільшення їхніх перерізів за рахунок приєднання до них нових елементів, введення шпренгелів, улаштування дублюючих елементів для розвантаження конструкцій. В умовах діючого виробництва, коли відсутні можливості зупинки виробничих процесів на тривалий час, зміни об'ємно-планувального рішення, традиційні способи підсилення конструкцій не можуть бути застосовані.

Саме тому останнім часом важливе місце у сфері підсилення залізобетонних конструкцій почали посідати композитні матеріали FRP. Це композити, які складаються зі значної кількості ниткоподібних неметалевих волокон з високими показниками міцності, впресованих у матрицю з епоксидної смоли. Армування композиту найчастіше виконується вуглецевими, скляними або арамідними волокнами.

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій. Вивченню питання підсилення залізобетонних конструкцій присвятили свої наукові праці: А.Я.Барашиков, О.І.Валовой, Г.А.Молодченко, Л.А.Мурашка, Й.П.Новаторский, а підсиленню композитними матеріалами: Коваленко О.В., Вітковський Ю.А., Голишев А.Б., Бабич Є.М., Мельник С.В., Чернявський В.Л.

Постановка завдання.

Перед авторами було поставлено завдання по виготовленню залізобетонних балок, підсиленних композитними матеріалами.

Викладення матеріалу та результати.

Програма проведення експерименту поділяється на 4 етапи: виготовлення залізобетонних балок, випробування контрольних зразків для визначення руйнівного навантаження, навантаження до 0,6-0,7 від руйнівного навантаження та їх підсилення.

На першому етапі було виготовлено залізобетонні балки завдовжки 1800 мм із поперечним перерізом – 200x100 мм у кількості 22 шт. Відповідно до програми дослідження, зразки балок було поділено на 2 серії. Балки першої серії в кількості 6 штук є контрольними зразками й підсиленню не підлягають, балки другої серії в кількості 16 штук будуть підсилюватись композитними матеріалами.

У розтягнутій зоні балок встановлено два арматурні стержні Ø10 мм класу А400. Арматура стиснутої зони Ø5 мм класу В500. Поперечну арматуру виготовлено у вигляді хомутів, встановлених із кроком 50 мм на приопорних ділянках до місця прикладення навантаження з арматурної сталі класу А400 Ø10 мм. Армування приймалося з такого розрахунку, щоб в

нормальних перерізах виконувалась нерівність $E > E_R$, тобто планувалася ситуація, коли зниження міцності й деформативних характеристик балок, що експлуатуються, може бути за рахунок зниження міцності стиснутої зони.

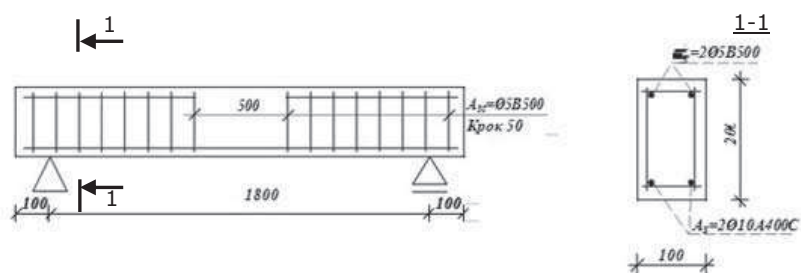


Рис. 1. Схема армування залізобетонної балки

Зразки виготовлено з бетону марки 250, для якого використовувався шлакопортландцемент М400 Криворізького цементного заводу. Використання матеріалів на 1 м^3 бетонної суміші складає: цемент – 360 кг, щебінь – 1420 кг, пісок – 820 кг, вода – 175 л.

Також у цей період було виготовлено із зразками балок 6 призм та 6 кубів. Опалубку для балок було виготовлено з дошки завтовшки 45 мм зі струганою та відшліфованою внутрішньою поверхнею. Проектне положення арматурних каркасів забезпечувалося за рахунок бетонних вкладишів. Перед укладанням бетонної суміші внутрішня поверхня опалубки покривалася тонким шаром гідрофобного мастила для полегшення розпалубки зразків. Бетонна суміш після укладання у форми ущільнювалась. Через 3-5 годин після укладання бетонної суміші відкрита поверхня балок, які зволожувались трічі на добу, покривалася вологою тирсою.

На другому етапі відбулося випробування залізобетонних балок першої серії, де визначили їх міцність, жорсткість та тріщиностійкість. Випробування балок проводилося за схемою однопрогінної шарнірно-опертої балки з утворенням зони чистого згинання при значенні прольоту між опорами 1800 мм, наведеної на рисунку 2. Прогин усередині балки вимірювався за допомогою прогиноміра Максимова. Деформації на кожному етапі навантаження в окремих частинах досліджуваних балок вимірювалися за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,001 та 0,01.

Схему розташування вимірювальних приладів наведено на рис. 3. Конструкція траверси й розташування прогиноміра на траверсі виконано таким чином, щоб виключити вплив зміщення опор траверси. Завантаження елементів поперечним статичним навантаженням здійснювалося за допомогою гідравлічного преса.

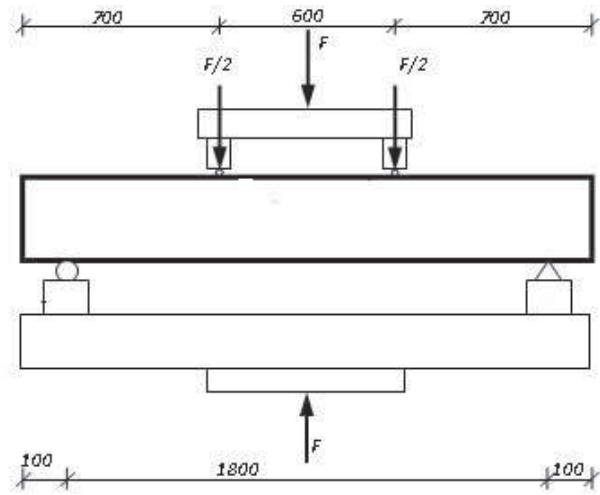


Рис. 2. Схема прикладання навантаження до балок
 1 – траверса; 2 – балка; 3 – нерухома опора; 4 – рухома опора; 5 – нижня траверса

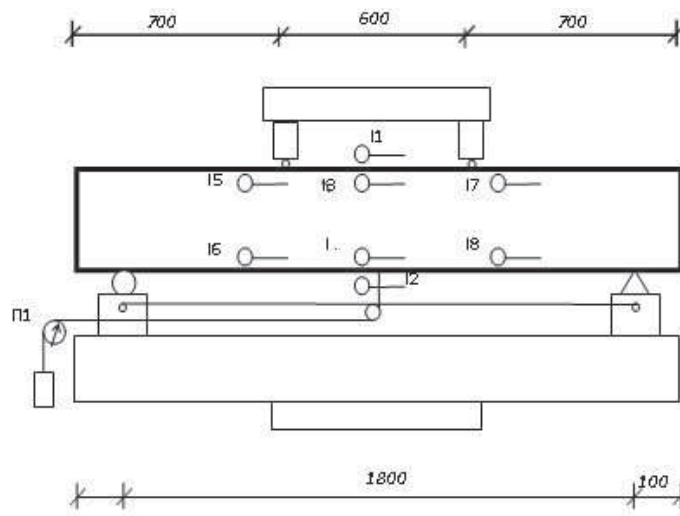


Рис. 3. Схема розташування вимірювальних приладів
 і – індикатор часового типу; п- прогиномір;

На третьому етапі балки 2 серії піддавали навантаженню, яке становило 0,6-0,7 від руйнівного, що відтворює ситуацію зношення, вплив різних сил, які виникають у процесі експлуатації конструкції.

На четвертому етапі всі балки були підсилені композитними матеріалами в розтягнутій зоні. Підсилення композитними матеріалами проводилося таким чином: для полегшення робіт із підсилення балки були перевернуто розтягнутою зоною догори очищено від сміття та знежирено, на підготовлену поверхню балки по всій довжині було нанесено шар двокомпонентного епоксидного клею ЕРОМАХ-PL (табл. 1) [4] і витримувався час, для підсихання і приклеювалося вуглеполімерне полотно завтовшки 1,2 мм (рис.4).

Таблиця 1.

Фізико-механічні властивості клею ЕРОМАХ-PL

Основа:	2-компонентна епоксидна смола
Колір:	Компонент А-білий Компонент В-чорний Суміш А+В –світло-сірий
Консистенція	паста
Густина (А+В)	1,71 кг/л
Відношення компонентів	100:20 за вагою
Мінімальна температура затвердіння	+8°C
Час набуття кінцевої міцності	7 днів при температурі +20° С
Міцність на стиск	70МПА
Міцність на згинання	41МПА
Сила зчеплення	Понад 4Н/мм ² (межа міцності бетону)



Рис. 4. Процес підсилення балок розтягнутої зони вуглеполімерним волокном

Після висихання на балки з обох кінців у приопорних ділянках приклеюється мононаправлене вуглецеве полотно MEGAWRAP-200 (табл. 2)

[5]. Вуглецеве полотно має вигляд П-подібної обойми завширшки 300 мм і прикладається з двох боків у припорних ділянках (рис.5).

Таблиця 2.

Фізико-механічні властивості полотна MEGAWRAP-200

MEGAWRAP-200	
Міцність на розтяг, Мпа	2800
Модуль пружності, ГПа	163
Деформація при розриві, %	1,6
Густина, г/см ³	1,61

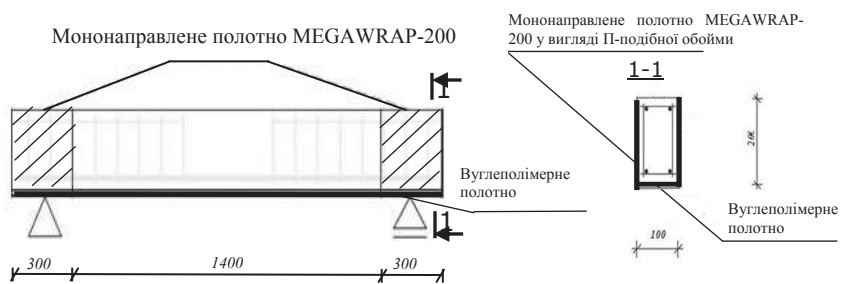


Рис. 5. Схема підсилення балки композитними полотнами

Дуже важливо зберігати орієнтацію волокон, які приклеєні в припорних ділянках, перпендикулярно до поздовжньої осі балки, у мононаправленому вуглецевому полотні [5]. Для підсилення балок було використано матеріали виробництва грецької фірми «ISOMAT» [4] (рис.6.).



Рис. 6. Загальний вигляд балки після підсилення вуглецевим полотном

Висновки та напрямок подальших досліджень. На сьогодні поставлене перед нами завдання з виготовлення та підсилення залізобетонних балок було повністю виконано. У подальшому перед нами постає завдання виконувати програму наукових досліджень.

1. Мельник С.В. Дослідження несучої здатності похилих перерізів залізобетонних балок, підсилені наклеєними вуглепластиковими матеріалами / С.В. Мельник // Збірник наукових праць Полтавською національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава, 2012. – Вип. 2(32), том I. – С. 151. 2. Борисюк О.П. Підсилення згинальних залізобетонних конструкцій сучасними матеріалами/ О.П. Борисюк, С.В. Мельник // «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». Збірник наукових праць – Рівне, 2010. – Вип. 20. – С. 459 – 465. 3. ДСТУ Б В.2.6-.56: 2010 [Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування] Мінрегіонбуд України, Київ, 2010. – 166с. 4. Руководство, по усилению железобетонных конструкций композитными материалами / В.Л. Чернявский, Ю.Г. Хаютин, Е.З. Аскельрод, В.А. Клевцов, Н.В. Фаткуллин, – Интераква, 2006, – 113 с. 5. Шилин А.Л. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами / А.А. Пшеничный, Д.В. Картузов. М: Стройиздат, 2007. – 184с. 6. Хаютин Ю.Г. Применение углепластиков для усиления строительных конструкций / Ю.Г. Хаютин, В.Л. Чернявский, Е.З. Аскельрод // Бетон и железобетон. – 2002. – № 6. – С. 17 - 20; – 2003. – №1. – с. 25 – 29. 7. Валовой О. І. Міцність контактних швів підсилені залізобетонних конструкцій / О. І. Валовой, Д. В. Попруга // Дороги і мости : Зб. наук. пр. – К. : ДерадорНДІ, 2009. – Вип. 11. – С. 57-64. 8. Микульский В. Г. Склеивание бетона / В. Г. Микульский, В. В. Козлов. - М. : Стройиздат, 1975. – 236 с. 9. Кваша В.Г. Розрахунок міцності похилих перерізів залізобетонних балок, підсилені наклеєними композитами. / Кваша В.Г. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наукових праць. – Рівне: НУВГП, 2011. – Вип. 22 – С. 801 – 807.