



АНАЛІЗ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ПІДСИЛЕННЯ КОМПОЗИТНИМИ МАТЕРІАЛАМИ ПОХИЛИХ ПЕРЕРІЗІВ ЗГИНАНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

УДК 624.012.45

АВТОРИ

ВЕГЕРА П.І., аспірант НУ ЛП

ХМІЛЬ Р.Є., канд. техн. наук, доцент, НУ ЛП,
Інститут будівництва та інженерії довкілля

БЛІХАРСЬКИЙ З.Я. доктор техн. наук, директор
ІБІД, НУ ЛП, Інститут будівництва та інженерії
довкілля

АНОТАЦІЯ

В даній статті наведені та проаналізовані основні типи підсилення похилих перерізів згинаних залізобетонних елементів з використанням сучасних високоміцних композитних матеріалів.

In this paper major types of strengthening inclined sections of bending reinforced concrete elements with modern high-strength composite materials are described.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

залізобетон, похилі перерізи, підсилення, композитні матеріали

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Зазвичай після сейсмічних впливів основні несучі конструкції будівель та споруд, значну частину яких складають залізобетонні елементи, отримують пошкодження та потребують відновлення або підсилення. Найменш дослідженим на даний час типом підсилення є підсилення похилих перерізів в згинаних залізобетонних елементах, особливо за допомогою сучасних композитних матеріалів, які мають ряд переваг: високі параметри міцності та деформативності, простота в виконанні підсилення. З вступом в дію норм [1], які передбачають розрахунок елементів з використанням деформаційної моделі виникає багато запитань, оскільки композитні матеріали, як правило, мають високі фізико-механічні властивості. З підготовленням до вступу в дію норм, що встановлюють розрахункові параметри сейсмічних впливів [2], з'являються нові вимоги щодо підсилення конструкцій, які їх зазнають. В зв'язку з цим виникає потреба в аналізі існуючих методів та матеріалів підсилення похилих перерізів залізобетонних елементів та їх ефективності.

Мета та завдання досліджень - виконати аналіз способів підсилення композитними матеріалами залізобетонних балок та їх несучої здатності за похилими перерізами.

ОГЛЯД МЕТОДІВ ПІДСИЛЕННЯ

Аналізуючи загальні методи підсилення композитними матеріалами, можна виділити їх три основні типи [3]: наклеювання композитного матеріалу на бічну поверхню елемента, наклеювання з утворенням «сорочки» підсилення (U-подібне наклеювання) та підсилення створенням обойми (рис. 1).

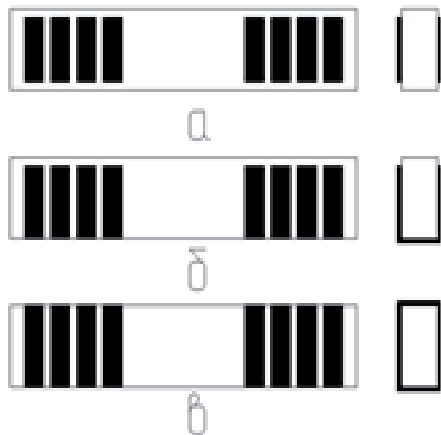


Рис. 1. Основні типи наклеювання композитних матеріалів: а – наклеювання на бокову поверхню; б – U-подібне наклеювання; в – повне наклеювання (обоймою).

При проектуванні підсилення похилих перерізів, як правило, використовують такі ж типи підсилення [4], проте вони часто варіюються в залежності від характеристик матеріалу підсилення. Виконуючи підсилення карбоновими композитами, так званими CFRP матеріалами, у роботі [5] досліджували ефективність їх розміщення: виконували підсилення похилих перерізів одним, двома та трьома шарами матеріалу, проте кожний шар був наклеєний під іншим кутом до осі елемента. Таким чином визначали найбільш ефективний метод розташування матеріалу композиту (рис.2). В результаті даних досліджень встановлено, що підсилюючи балку одним шаром під кутом 45° до осі балки ефект підсилення становить 33,2%; підсилення двома шарами композитної тканини з

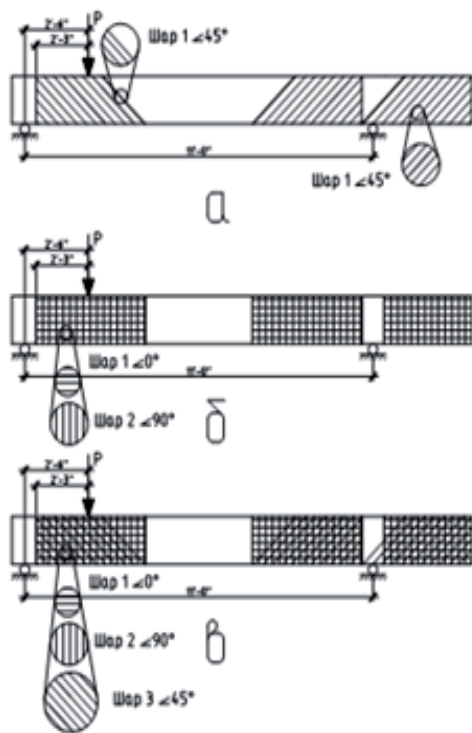


Рис. 2. Підсилення похилих перерізів балки [10]: а – наклеюванням одного шару тканини під кутом 45° ; б – наклеюванням двох шарів тканини під кутами 0° , 90° ; в – наклеюванням трьох шарів тканини під кутами 0° , 90° , 45° .

розташуванням тканини перпендикулярно і паралельно до осі балки – 27,8%; розташовуючи тканину під кутами 0° , 90° , 45° до осі балки – 47,6%.

Отже у роботі [5] найбільш ефективним методом було підсилення балки трьома шарами тканини під кутами 0° , 45° , 90° до осі балки, проте підсилення балки одним шаром під кутом 45° теж дало високі результати підсилення зі значною економією матеріалу (в порівнянні з іншими методами).

Особливої уваги заслуговує дослідження підсилення похилих перерізів за допомогою поліпаро-фенілен-бензо-бістрізолу (так звані системи PBO-FRCM) [6]. Ефективність застосування такого матеріалу при підсиленні похилих перерізів ґрунтується на тому, що він має розташовані робочі волокна в двох напрямках і ефективно сприймає результуючі зусилля, які виникають в елементі вже при виконанні підсилення одним шаром тканини. Підсилення виконували U-подібними смужками, що розташовані перпендикулярно до осі та U-подібним підсилення по всій довжині небезпечного перерізу (рис. 3).



Рис. 3. Підсилення похилих перерізів балки PBO-FRCM: а – наклеюванням суцільного шару тканини підсилення; б – наклеюванням підсилення у вигляді стрічок.

Ефект підсилення становив в межах 20...25%, що на нашу думку є доволі високим результатом.

Для визначення впливу розмірів та ефективності способів підсилення балок на зріз було проведено досліді Годат А. [7]. Досліді проводили на балках різних геометричних розмірів, а підсилення виконували наклеюючи композитну смужку типу CFRP, розміри якої були змінні в залежності від розмірів балки зберігаючи певне співвідношення. В результаті встановлено, що підсилення балок з меншими геометричними розмірами дає кращий ефект підсилення похилих перерізів.

Дослідження похилих перерізів проводили також на теренах України. Варто відзначити роботу Є.М. Бабича та Мельника С.В., котрі проводили дослідження похилих перерізів залізобетонних балок, підсилення композитними матеріалами з врахуванням впливу малоциклового навантаження [8]. Важливість цього дослідження полягає в тому, що конструкції під час свого терміну експлуатації зазнають навантаження, яке так чи інакше змінюється в часі. До таких типів навантаження, належить кранове, вітрове та снігове. Дослідження проводили, використовуючи дві типові схеми підсилення матеріалами фірми Sika (рис. 4).

Аналізуючи подані у роботі [9] системи підсилення, слід відзначити, що в першому випадку використовується наклеювання матеріалу підсилення на бокову поверхню з застосуванням анкерування для досягнення вищих показників підсилення. В другому випадку виконано підсилення по всій поверхні балки для отримання максимального ефекту підсилення. Ефект



приділяти теоретичному розрахунку таких конструкцій та експериментальному їх підтвердженню.

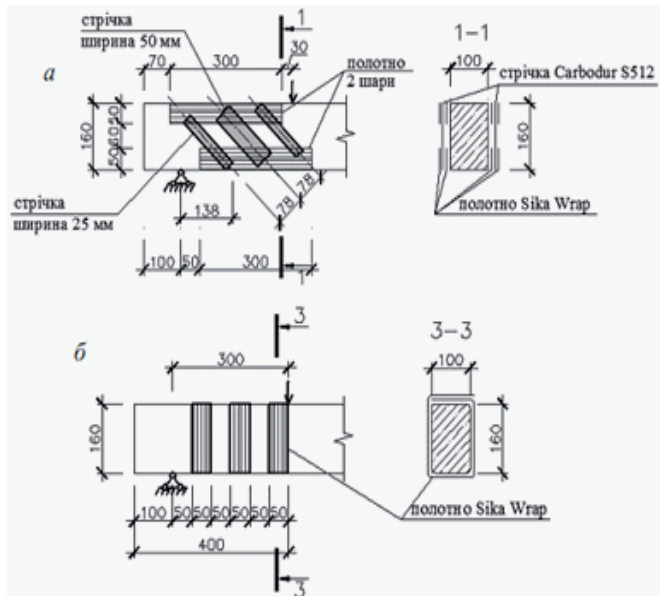


Рис. 4. Підсилення похилих перерізів балки системою Sika CarboDur: а – з використанням вуглецевої стрічки; б – композитним полотном.

підсилення при монотонному навантаженні становив 30% і при малоцикловому 50...60%, який в свою чергу залежить від типу малоциклового навантаження. В даній роботі було отримано досить значний ефект підсилення похилих перерізів.

Аналізуючи роботи зауважено, що в більшості випадків відсутні рекомендації для розрахунку досліджуваного типу підсилення, лише в деяких роботах [9, 10, 11] надавались рекомендації щодо теоретичного встановлення несучої здатності підсиленних похилих перерізів, що показали неоднозначну збіжність результатів.

Сучасні композитні матеріали є досить дорогими, тому виконувати підсилення необхідно враховуючи чинники, які вплинуть не тільки на ефективність, але і на економічність підсилення, яку можна вирішити шляхом вибору найбільш ефективного методу та кількості матеріалу підсилення.

ВИСНОВКИ

1. Значна різноманітність композитних матеріалів дозволяє виконувати підсилення похилих перерізів залізобетонних балок з достатньою ефективністю. Вже сьогодні розробляються та впроваджуються окремі методи та схеми для підсилення залізобетонних конструкцій. Такий значний поштовх в розвитку даного напрямку підсилення залізобетонних конструкцій був спричинений доволі високими показниками ефективності підсилення, які досягають до 60%, без значного збільшення поперечного перерізу балок.
2. Досліджуючи підсилення похилих перерізів залізобетонних балок композитними матеріалами, значну увагу слід також

ЛІТЕРАТУРА

1. Бетонні та залізобетонні конструкції : ДБН В.2.6 - 98: 2009. – [Чинні від 2011-07-1]. - К.: Мінбудрегіон України, 2011. – 84 с. – (Будівельні норми України).
2. Будівництво в сейсмічних районах України : ДБН В.1.1-12:2014. – [Чинні від 2014-10-1]. - К.: Мінбудрегіон України, 2014. – 82 с. – (Будівельні норми України).
3. Shear strengthening of reinforced concrete members with CFRP sheets / [A. Alzate, A. Arteaga, A. de Diego and other] // *Materiales de Construcción*. – 2013. – P. 251-265.
4. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами / [В.Л. Чернявський, Ю.Г. Хаютин, Е.З. Аскельрод и др.]. – М.: ООО «ИнтерАкв», 2006. – 113 с.
5. Shamsher B. Shear response and design of RC beams strengthened using CFRP laminates/ B.Shamsher // *International Journal of Advanced Structural Engineering*, 2013. - №5. – P. 16.
6. Ombers L. Shear capacity of concrete beam strengthened with cement based composite materials / L. Ombers // *Composite Structures*, 2011. - №94. - P. 143-145.
7. Size Effects for Reinforced Concrete Beams Strengthened in Shear with CFRP Strips / [A.Godat, Z.Qu, X.Z.Lu and other] // *Journal of composites for construction*, 2010. - P. 260-271.
8. Мельник С.В. Дослідження несучої здатності похилих перерізів залізобетонних балок, підсиленних наклеєними вуглепластиковими матеріалами / С.В. Мельник // *Галузеве машинобудування, будівництво*. – 2012. – Вип. 2(32), Том 1. – С. 151-158.
9. Мельник С.В. Робота підсиленних за похилими перерізами згинальних залізобетонних елементів при малоциклових навантаженнях та удосконалення методики розрахунку: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції будівлі та споруди» / С.В. Мельник. – Львів, 2013. – 22 с.
10. Шилин А.А. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами / А.А. Шилин, В.А. Пшеничный, Д.В. Картузов. - М: Стройиздат, 2007. – 184 с.
11. Кваша В.Г. Розрахунок міцності похилих перерізів залізобетонних балок, підсиленних наклеєними композитами / В.Г. Кваша // *Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. - 2011. – Вип. 22. –С. 801 – 807.