

УДК 624.012.035

ОПЕРАЦІЙНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОНАННЯ РОБІТ ПРИ ПІДСИЛЕННІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЗРАЗКІВ (МАТЕРІАЛАМИ ФІРМИ «SIKA»)

ОПЕРАЦИОННОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПРИ УСИЛЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ (МАТЕРИАЛАМИ ФИРМЫ «SIKA»)

LEADTHROUGH TECHNOLOGY OPERATIONS WORKS AT STRENGTHENING OF PRE-PRODUCION REINFORCED CONCRETE MODELS (FIRM «SIKA» MATERIALS)

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

Зятюк Ю.Ю., аспірант (Национальный университет водного хозяйства и природопользования г. Ровно).

Ziatyuk Y.Y., postgraduate (National university of water management and nature resources used, Rivne).

Наведена технологія підсилення залізобетонних балок наклеєними композитами у вигляді вуглецевих волокон в розтягнутій зоні.

Приведенная технология усиления железобетонных балок наклеенными композитами в виде углеродных волокон в растянутой зоне.

A strengthening technology of reinforced concrete beams glued composites in the form of carbon fibers in stretched zone.

Ключові слова:

Підсилення, балка, композити, розтягнута, стиснута зона, «сухий спосіб».

Усиление, балка, композити, растянутая, сжатая зона, «сухой способ»

Strengthen, beam, stretched, compressed zones, «dry-process».

Вступ. Зазвичай виділяють три найбільш важливих чинника, що впливають на вибір проекту реконструкції:

1. надійність і довговічність підсиленої конструкції;
2. мінімальні терміни виробництва робіт по підсиленню і, відповідно, мінімальні терміни зупинки виробництва, що триває;

3. мінімальні трудовитрати при виготовленні і монтажі підсилюючих конструкцій.

Мета і завдання дослідження отримати дані про роботу залізобетонних балок підсиленних одночасно у стиснутій і розтягнутій зоні з урахуванням повторних навантажень.

Об'єкт досліджень: підсилені залізобетонні згинальні елементи.

Матеріали . Система з вуглепластиків для підсилення залізобетонних конструкцій представлена двома видами арматурних виробів:

1. вуглепластикові стрічки Sika® CarboDur® S-512 для підсилення балочних конструкцій в зоні дії згинаючого моменту.

2. полотна SikaWrap®-230 C/45 з вуглецевого волокна які застосовуються як непряме армування, сприйняття поперечної сили і створення обойми [1,2].

Таблиця 1
Фізико-механічні характеристики композитної стрічки [3].

| Назва характеристики | Одиниці виміру | Sika® CarboDur® S-512 |
|---|-------------------|-----------------------|
| Ширина | мм | 50 |
| Товщина | мм | 1,2 |
| Площа перерізу | мм ² | 60 |
| Модуль пружності | МПа | 160 000 - 165 000 |
| Щільність | г/см ³ | 1,6 |
| Термостабільність | °С | > 150 |
| Вміст волокон | % | > 68 |
| Міцність на розтяг | МПа | 2800 - 3100 |
| Деформація руйнування (мінімальне значення) | % | > 1,70 |

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.

Вуглецеві волокна — матеріал, що складається з тонких ниток діаметром від 5 до 15 мікрон, утворених переважно атомами вуглецю. Композитні стрічки складаються з вуглецевих волокон 99%, поміщених в синтетичні волокна 1%.

Таблиця 2

Фізико-механічні характеристики композитного полотна [4].

| Назва характеристики | Одиниці виміру | SikaWrap®-230 C/45 |
|--|-------------------|--------------------|
| Ширина тканини | мм | 300 |
| Вага тканини | г/м ² | 230 ± 10 |
| Проектна товщина тканини | мм | 0,131 |
| Товщина ламінату | мм | 1 |
| Щільність волокон | г/см ³ | 1,76 |
| Міцність на розтяг волокон | МПа | 4300 |
| Модуль пружності волокон | МПа | 238 000 |
| Деформація руйнування волокон | % | 1,8 |
| Руйнівне навантаження на 1 м ширини ламінату | кН | 350 |
| Модуль пружності ламінату | МПа | 28 000 |
| Деформація руйнування ламінату (max) | % | 0,6 |
| Міцність на розтяг ламінату при деформації розтягу 0,4 % | кН/м | 100 |
| Міцність на розтяг ламінату при деформації розтягу 0,6% | кН/м | 150 |

В Україні питанням підсиленням залізобетонних елементів займаються досить багато науковців. Збільшення несучої здатності, зменшення прогинів, підвищення тріщиностійкості показують дослідження наклеєних композитних матеріалів FRP при підсиленні розтягнутої зони залізобетонних елементів [5,6,7,8]. В зарубіжних країнах вже давно існують нормативні документи по застосуванню композитних матеріалів FRP [9,10,11,12].

На даний час при підсиленні залізобетонних балок стрічки наклеюють перпендикулярно, або під кутом до поздовжньої осі балки. Полотна наклеюють в першому випадку на приопорній ділянці в зоні дії максимальних поперечних сил, а в другому обклеюють ребра балки для надання додаткового анкерування стрічок.

Актуальним залишається апробація запропонованих методик розрахунку для підсилення залізобетонних балок під навантаженням одночасно стиснутої та розтягнутої зон з урахуванням повторних навантажень.

Таблиця 3

Фізико-механічні характеристики клеїв [13,14].

| Назва характеристики | Одиниці виміру | Sikadur®-30 | Sikadur®-330 |
|---|----------------|----------------------------|----------------------------|
| Хімічна основа | - | Епоксидна смола | Епоксидна смола |
| Щільність, при +23°C | кг/л | 1,65 ± 0,1 | 1,3 ± 0,1 |
| Стисливість, при +15°C на 15 кг | мм | 4000 | - |
| Максимальна товщина шару | мм | 30 | - |
| Усадка | % | 0,04 | - |
| Коефіцієнт температурного розширення | - | 2,5×10 ⁻⁵ на °C | 4,5×10 ⁻⁵ на °C |
| Час твердіння, при > +23°C | днів | 7 | 7 |
| Міцність на стиск | МПа | 70-95 | - |
| Міцність на зріз, при +23°C | МПа | 18 | - |
| Міцність на розтяг | МПа | 24-31 | 30 |
| Модуль пружності при стиску, при +23°C | МПа | 9 600 | - |
| Модуль пружності при розтягу, при +23°C | МПа | 11 200 | 4 500 |
| Модуль пружності при згині, при +23°C | МПа | - | 3 800 |

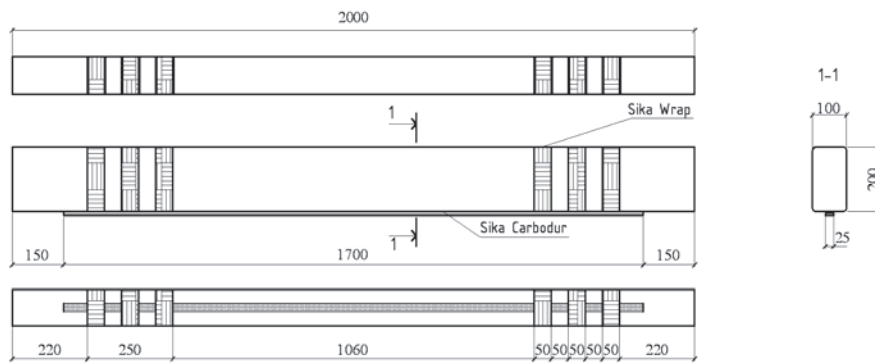


Рис.1. Конструкція підсилення дослідних зразків

Технологія виконання робіт. 1.1 Підготовка поверхні бетону.

Перед початком роботи необхідно обробити руки і незахищену шкіру захисним кремом. Застосовувати захисний одяг: спецодяг, захисні окуляри, респіратори, каски та рукавиці [15,16].

Поверхня повинна бути чистою, знежиреною, шорсткою (гладкою), сухою і вільною від пошкодженого бетону та будь-яких інших забруднюючих речовин, як пил, чужорідних частинок, цементного молочка, масла, мастила, поверхневих покриттів, та інших речовин, які можуть несприятливо впливати або інгібувати зв'язок кріплення системи до тіла бетону. Роботи виконувались механічним способом за допомогою фрези з алмазним покриттям відповідно до вимог [2,4]. На граннях дослідного зразка, де балка оббивається полотном Sika Wgar, виконувалась фаска радіусом 2 см.

1.2 Приготування клею Sikadur®- 330.[2,4]

Перед нанесенням необхідно перевірити поверхню рівнем, до якої повинна приклеюватися стрічка. Для плоских поверхонь відхилення на довжину 2 метри не повинне перевищувати 10 мм, або 5 мм при довжині 1 м. Сліди від опалубки та інші нерівності не повинні перевищувати 0,5мм. Температура основи повинна бути не менше як на 3⁰С вище точки роси.

Компонент А і В ретельно змішати в ємкостях. Далі всю кількість компоненту В додати до компоненту А і перемішувати (не менше 3 хвилин) до отримання однорідного кольору. Перемішані компоненти А і В необхідно перекласти в чисту ємність і ще раз перемішати протягом 1 хвилини. Для перемішування застосовувати низкооборотний змішувач (до 600 об/хв). При використанні не всього клею дотримуватися пропорції змішування вказаній на упаковці (компоненти А:В=4:1 за масою), точно зважувати і дозувати кожну частину. Sikadur®-330 необхідно захистити від попадання вологи або конденсату на 24 годин.

Таблиця 4

Час життя клею Sikadur®- 330

| | | |
|---------------|------------------|------------------|
| Температура | +10°C | +35°C |
| Час життя | 90 хвилин (5 кг) | 30 хвилин (5 кг) |
| Відкритий час | 60 хвилин | 30 хвилин |

Таблиця 5

Час пошарової витримки між покриттями попереднього клею Sikadur®- 330 та наступного шару клею.

| Температура основи | Витримка min. | Витримка max. |
|--------------------|---------------|---------------|
| +10°C | 24 години | 7 днів |
| +23°C | 12 годин | |
| +35°C | 6 годин | |

Час життя розчину відраховується з моменту змішування смоли і затверджувача.

Відкритий час - час збереження склеювальних властивостей поверхні (до початку підсихання поверхні).

Таблиця 6

Температура твердіння клею Sikadur® - 330

| Температура | Повне твердіння |
|-------------|-----------------|
| +10°C | 7 днів |
| +23°C | 5 днів |
| +35°C | 2 дні |

1.3 Вкладання та ламінування тканини SikaWrap®-230 C/45.[15]

SikaWrap®-230 C/45 це тканина з вуглецевих волокон, розташованих в одному напрямку. Матеріал поставляється в рулонах. **Загинати тканину категорично заборонено! Всі вигини тканини повинні бути не більше радіуса тари катушки!** Тканину слід розрізати ножицями або гострим ножом. Відрізаний шматок полотна укласти на чисту білу тканину і провести активацію, ретельно очистити чистою ганчіркою змоченою розчином Sika® Colma-Cleaner. Зачекати 15-30 хвилин. Під час активації не допускати попадання пилу, обов'язково забезпечити приплив свіжого повітря. Категорично забороняється палити і використовувати відкритий вогонь! Роботи проводити в захисних окулярах, гумових рукавичках та респіраторах.

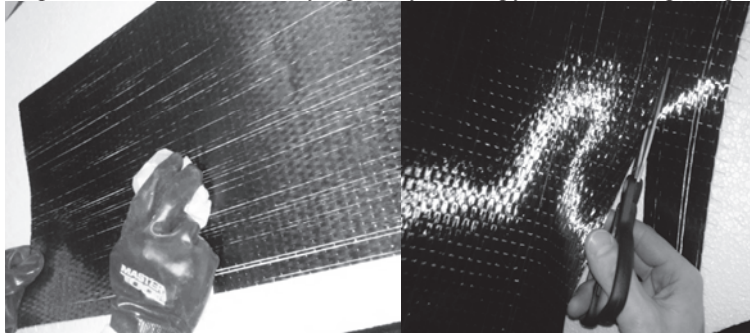


Рис. 2. Активація полотна Sika Wrap ганчіркою змоченою Sika Colma Cleaner, та різання полотна на потрібні розміри

Нанести шар клею Sikadur®-330 на основу шпателем, валиком чи кісточкою. Просочити тканину клейовим матеріалом Sikadur®-330. Вкласти вуглепластикову тканину SikaWrap® в необхідному напрямку (перпендикулярно осі балки) на шар Sikadur®-330. Ретельно вкатати тканину пластиковим валиком в шар клею в напрямку волокон так, щоб клей пройшов крізь волокна і рівномірно розподілився по поверхні всієї тканини. **Не допускайте утворення складок і заломів на поверхні тканини. При вкатанні уникати надмірних зусиль щоб унеможливити зморщування і**

викривлення тканин SikaWrap®. Величина нахлесту вздовж волокон повинна складатися не менше як 100 мм.

При нанесенні в умовах низьких температур (нижче 10⁰С) або високої вологості, на поверхні клею Sikadur®- 330 може виникнути клейкий наліт. При нанесенні додаткових шарів чи покриттів на затверділий клей для забезпечення необхідної адгезії такий осад потрібно видалити. Він змивається теплою водою. Після чого конструкція витирається насухо.



Рис. 3. Наклеювання першого шару та вкатування полотна Sika Wrap®

Після укладання першого шару тканини чекаємо 24 години, для набору міцності, а потім проводим зачистку вручну наждачним папером (для підвищення адгезії). Зачистку виконуємо максимально обережно не допускаючи розриву ниток полотна. Наступні шари, якщо буде потрібно, наносити чергуючи стрічки та полотна. Витримуємо 24 години після наклейки кожного шару і виконуємо зачистку наждачним папером вручну.

1.4 Приготування клею Sikadur®- 30.[1,3]

Компонент А і В ретельно змішати в ємкостях (в упаковочній тарі). Ретельно перемішати обидва компоненти аналогічно, як було описано вище. При використанні не всього клею дотримуватися пропорції змішування вказаній на упаковці (компоненти А:В=3:1 за масою), точно зважувати і дозувати кожну частину. Час твердіння обох клеїв при високих температурах менший, ніж при низьких. Щоб збільшити термін життя (експлуатації суміші до використання), при високих температурах, можна розділити приготування суміші на декілька частин. Ще один спосіб - це охолодження компонентів А і В перед змішуванням (не нижче +5⁰С). Беріть від морозу.

Таблиця 7

Час життя клею Sikadur®- 30

| Температура | +8 ⁰ С | +20 ⁰ С | +35 ⁰ С |
|---------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Час життя | ~ 120 хвилин | ~ 90 хвилин | ~ 20 хвилин |
| Відкритий час | ~ 150 хвилин | ~ 110 хвилин | ~ 50 хвилин |

1.5 Приклеювання Sika® CarboDur® S-512 .

При підсиленні зразків стрічку Sika® CarboDur® S-512 шириною 25мм. Стрічки Sika CarboDur розкласти на чисту білу тканину і провести активацію, ретельно очистити чистою ганчіркою змоченою розчином Sika® Colma-Cleaner [16]. Після активування, зробити технологічну перерву від 15 до 30 хв. Стрічки необхідно очищати до моменту, поки на ганчірці не з'явиться чорний слід.

Нанести шпателем тонкий шар клею Sikadur®-30 на стрічку так, щоб вона в розрізі мала форму двохсхилого даху, заввишки від 3 до 5 мм, або півкола.

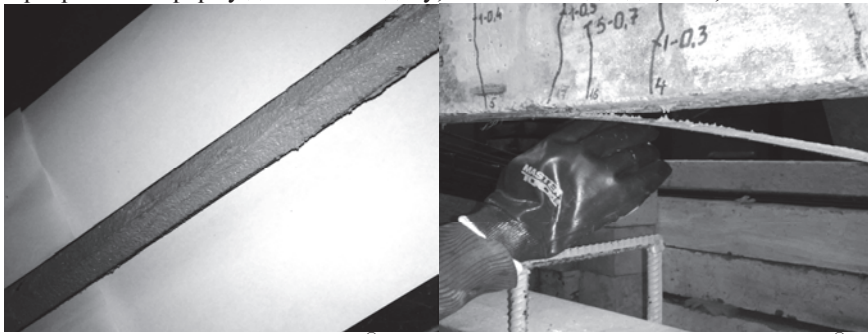


Рис.4 Нанесення клею Sikadur®-30 на стрічку та приклеювання стрічки Sika® CarboDur® S-512 до дослідних балок

Добре перемішаний клей Sikadur®-30 ретельно втерти шпателем в заздалегідь приготовану і очищену бетонну поверхню, вирівнюючи різні нерівності. Шар клею повинен мати товщину не менше 1 мм. Ширина шару клею, що наноситься, повинна бути не менше чим на 15 мм більше від ширини наклеюваної стрічки.

Приклеїти стрічки Sika® CarboDur® S-512 на заздалегідь підготовлений і покритий клеєм підсилюваний елемент. Валиком щільно притиснути до очищеної поверхні стрічки так, щоб весь зайвий клей по всій довжині виступив по обидві сторони стрічки. Зайвий клей, залишки прибрати ганчіркою.

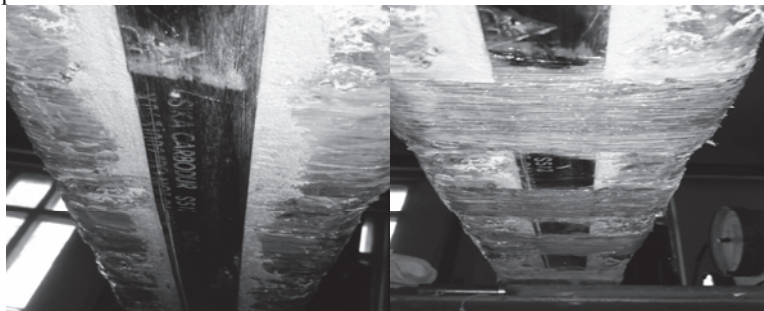


Рис. 5 Приклеювання стрічки Sika® CarboDur® S-512 та ламінування другого шару SikaWrap® до дослідних балок під навантаженням

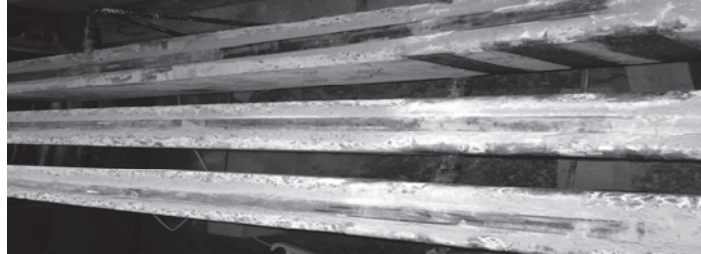


Рис. 6 Підготовка балок до приклеєння другого шару SikaWrap®

Стрічки, фабричні приготовані для активування і приклеювання з незапечатаного боку. Якщо стрічка все ж таки буде приклеєна запечатаною стороною, то її заздалегідь необхідно зашліфувати наждачним папером, наприклад, в місцях схрещування стрічок.

Через 24 години виконуємо зачистку вручну наждачним папером. Після чого протираємо місця зачистки ганчіркою змоченою розчином Sika® Colma-Cleaner. Аналогічно, як було описано вище нанести другий шар клею Sikadur®-330 на перший шар і стрічку, вкласти та заламінувати полотно SikaWrap®. Від агресивної дії полотно SikaWrap®-230 C/45 повинне покрити матеріалами на основі цементу. Для стандартного захисту від ультрафіолетового випромінювання використовують Sikagard®-550 W Elastic, Sikagard® ElastoColor-675 W або Sikagard®-680 S.



Рис. 8 Загальний вигляд балки підсиленої системами Sika® CarboDur® S-512 та SikaWrap®-230 C/45 під навантаженням

Висновки. Щоб досягти ефективного підсилення за допомогою системи Sika® CarboDur® S та SikaWrap®, необхідно строго дотримуватися технологічного режиму. Скурпульозно виконувати всі етапи підсилення (від зважування до догляду). Обов'язково потрібно керуватися і дотримуватись основних вимог останніх редакцій карт матеріала (паспорту продукту). Підсилення конструкцій за допомогою композитних стрічок на основі вуглецевих волокон - універсальний метод. Воно ефективне у підсиленні бетону, дерева, металу, камяних та ін конструкцій. Підсилення композитними матеріалами є конкурентним способом. В загальному значне зменшення вартості виконання підсилення досягається шляхом скорочення часу

виконання робіт, за рахунок простоти підсилення. А звідси зменшення трудозатрат – людино та машиногодин.

1. Техническое описание материала. Sika® CarboDur System Система структурного усиления на основе углепластика для тяжелой нагрузки. Издание 05.2015, 6с.
2. Техническое описание материала системы SikaWrap® Композитные тканые материалы для структурного и сейсмического усиления,. Издание 05.2015, 3с.
3. Техническая карта материала. Идентификационный №: 020206010010000040 Sika® CarboDur® S Ленты из углеродных волокон для усиления конструкций - составная часть системы Sika® CarboDur®. Издание: 24/07/2014; UA_YS_01/2015, 5с.
4. Техническая карта материала. Идентификационный №: 020206020010000025 SikaWrap®-230 C/45. Ткань из углеродных волокон для усиления конструкций, Издание: 21/07/2014; UA_YS_01/2015, 4с. 5. Бліхарський Я.З. Експериментальні дослідження залізобетонних колон, підсилені вуглецевою стрічкою при дії навантаження низького рівня/ Я.З.Бліхарський, Р.Є. Хміль, Ю.М.Собко// Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць.– Рівне: НУВГП, 2013. – Вип. 27. – С. 440 – 447 6. Борисюк О.П. Вплив анкерування композитної стрічки при підсиленні дослідних зразків згинальних елементів/ О.П.Борисюк, О.П.Конончук, Ю.М. Собко// Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць.– Рівне: НУВГП, 2012. – Вип. 24. – С. 496 – 501.
7. Климпуш М.Д. Реконструкція залізобетонного автодорожнього моста з підсиленням балок приклеєними вуглепластиками / В.Г.Кваша, І.В.Мельник, М.Д.Климпуш // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць.– Рівне: УДУВГП, 2003. – Вип. 10. – С. 267 – 275. 8. Кваша В.Г. Підсилення залізобетонних мостів вуглецевими композитами CFRP/ В.Г.Кваша, М.Д.Климпуш, В.С.Рачкевич, Ю.М.Собко// Світ геотехніки: Науково-технічний журнал.– Запоріжжя: 2011.– Вип.1(29).–С.19–23. 9. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. ACI 440.2R-02. American Concrete Institute. 10. Рекомендации по расчету усиления железобетонных конструкций системой внешнего армирования из полимерных композитов FibARM. ГУП «НИИЖБ». - Москва, 2012, 29 стр. 11. Externally bonded FRP reinforcement for RC structures. Technical report fib, bulletin 14, 2001, – 130 s. 12. CNR, 2004, Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures – Materials, RC and PC structures, masonry structures, CNR-DT 200/2004, Italian National Research Council, Rome, Italy, 2004, 144p. 13. Техническая карта материала. Идентификационный №: 020401040010000001 Sikadur®-30. Клей, применяемый при усилении конструкций. Издание: 18/07/14; UA_YS_01/2015, 4 с. 14. Техническая карта материала. Идентификационный номер №: 020401040010000004 Sikadur®-330. Двух компонентный эпоксидный клей. Издание: 18/07/2014; UA_YS_01/2015 4с. 15. A. Baier Method Statement SikaWrap® Manual dry Application «Sika Services AG» N°: 850 41 02 June 2011, 19p. 16. Паспорт безопасности MSDS_Colma Cleaner № : 6327 Colma Reiniger 02.09.2010, 8с.