

УДК 624.012.45

О.І. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, проф., Д.В. ПОПРУГА, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ УЛАШТУВАННЯ КОНТАКТНОГО ШВА ПРИ ПІДСИЛЕННІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЗГИНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У СТИСНУТІЙ ЗОНІ

Проаналізовано і співставлено вплив міцності контактних швів на синтетичному клеї, шпонках і випусках арматури, які улаштовують при підсиленні залізобетонних балок у стиснутій зоні шаром залізобетону, на міцність, тріщиностійкість і деформативність підсиленних зразків.

Несуча здатність підсиленних балок у порівнянні з непідсиленними збільшилася на 28–36%. Найбільше підвищення несучої здатності отримали балки підсилені за рахунок клею; найменша несуча здатність виявилася у балок підсиленних за допомогою шпонок. За результатами аналізу ширини розкриття тріщин підсиленних балок встановлено, що ширина розкриття тріщин зразків серії на клею зменшується на 34% порівняно з непідсиленою серією; для підсиленних зразків серій на шпонках та випусках арматури ширина розкриття тріщин зменшується на 47%. Прогини зразків серії на клею дорівнюють значенням прогину непідсиленних зразків при рівні експлуатаційних навантажень. Прогини зразків підсиленних серій на випусках арматури та шпонках, відповідно на 41% та 43%, менші за значення прогинів контрольних зразків.

Найбільш ефективним способом улаштування контактного шва при підсиленні залізобетонних згинальних елементів у стиснутій зоні шляхом нарощування, з точки зору підвищення несучої здатності, є застосування в якості з'єднувального шару – клею. З точки зору тріщиностійкості та деформативності, найбільш ефективними способами улаштування контактного шва є шпонкове з'єднання та з'єднання на випусках арматури.

Спосіб улаштування контактного шва за допомогою клею Ceginol ZH показав найменшу вартість і трудомісткість при улаштуванні.

Ключові слова: контактний шов, синтетичний клей, шпонки, випуски арматури, залізобетон, міцність, тріщиностійкість, деформація, підсилення, відходи збагачення, розрахунок.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Будівельні конструкції у процесі експлуатації втрачають свої міцнісні та деформативні характеристики. Повернення пошкодженим конструкціям первісних характеристик стає можливим за рахунок їх підсилення.

Серед будівельних конструкцій які багато років використовують у промислових спорудах переважають залізобетонні, тому узагальнення, аналіз та систематизація існуючих методів ефективного підсилення таких конструкцій має важливе прикладне значення.

Підсилення залізобетонних згинальних елементів можна виконувати двома основними способами: улаштуванням розвантажуючих елементів і нарощуванням шару бетону або залізобетону [1].

Збільшення міцності і жорсткості підсилюваного елемента нарощуванням реалізується лише при сумісній роботі підсилюваної конструкції та шару підсилення. Нарощування застосовують для підсилення як монолітних залізобетонних конструкцій так і збірних [2].

Відомо, що в зоні контакту бетону підсилення і бетону конструкції, що підсилюється, виникає складний напружено-деформований стан. При цьому зона контакту піддається одночасній дії стискаючих або розтягуючих, а також зсувних зусиль. Величина останніх може визначати несучу здатність підсиленої конструкції. Низька міцність зони контакту обмежує можливості підсилення при нарощуванні.

Сумісна робота підсиленого елемента досягається за рахунок механічного зачеплення, улаштуванням насічки та/або за рахунок встановлення додаткової поперечної арматури, яка приєднується зварюванням до існуючої арматури. Для підвищення зчеплення “старого” та “нового” бетонів можуть застосовуватися також композиції на основі епоксидного, акрилового та інших видів синтетичних клеїв.

Аналіз досліджень та публікацій. Вивченню підсиленних залізобетонних конструкцій присвятили свої роботи Л.В.Афанасьєва, А.Я.Барашиков, С.В.Бондаренко, Б.А.Боярчук, Г.В.Гетун, О.Б.Голишев, О.Ю.Єрьоменко, О.Д.Журавський, І.В.Задорожнікова, П.І.Кривошеєв, Є.Ф.Лисенко, Г.А.Молодченко, Л.А.Мурашко, Й.П.Новаторський, Р.С.Санжаровський, П.О.Сунак, Г.Н.Хайдуков, О.Л.Шагін, В.С.Шмуклер, А.Касассбех, Г.В.Чанг, Л.М.Ли, М.А.Максур і багато інших.

Застосуванню клеїв у бетонних і залізобетонних конструкціях присвячені роботи Е.П.Александряна, Р.І. Бергена, М.С. Золотова, Л.Н. Шутенка та ін.

Питанням вивчення впливу механічного зчеплення “старого” та “нового” бетонів на міцність їхнього контакту присвячена достатня кількість робіт таких дослідників як Н.І.Руденко, Ю.Г.Хаютін, О.О.Шишкін, О.М. Ішінько та інших.

Постановка завдання. Перед авторами було поставлення завдання по визначенню найбільш ефективного способу улаштування контактної шви при підсиленні залізобетонних балок у стиснутій зоні шаром залізобетону, а також проаналізувати вплив підсилення стиснутої зони згинального елемента на експлуатаційні якості підсиленої конструкції.

Порівнювалися три способи улаштування контактної шви:

за допомогою клею Cerinol ZH фірми Dietermann на основі цементу, модифікованого синтетичними речовинами;

за допомогою улаштування шпонок;

за допомогою улаштування випусків арматури.

Викладення матеріалу та результати. Програма виготовлення експериментальних балок наведена в табл. 1.

Для експерименту було виготовлено п'ять серій експериментальних зразків балок, по дві у кожній серії. При цьому балки першої та другої серій підсиленню не підлягали та мали прямокутний і тавровий поперечні перерізи відповідно. Балки третьої, четвертої та п'ятої серій були підсилені в стиснутій зоні, при цьому їх поперечний переріз змінився з прямокутного на тавровий.

Експериментальні балки виготовляли в заводських умовах з використанням стандартної опалубки для перемичок серії ЗПБ 21–8. Балки контрольної серії таврового перерізу виготовляли у заздалегідь виготовленій дерев'яній опалубці. Розміри поперечного перерізу балок до підсилення склали 120×220 мм, а загальна довжина - 2070 мм [3].

Зразки виготовлені з бетону проектного класу В-20 та В - 25 на відходах збагачення залізних руд, для якого використали шлакопортландцемент М400 Криворізького цементного заводу, пісок з відходів збагачення мокрої магнітної сепарації залізистих кварцитів ВАТ “Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат” з модулем крупності $M_k = 2,0$ і щебінь сухого магнітного збагачення залізистих кварцитів ВАТ “Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат” крупністю 5-20 мм.

Бетонування шару підсилення проводили не раніше 28 діб після бетонування непідсиленних балок. Перед укладанням бетонної суміші зразки балок, окрім контрольних серій, піддавали навантаженню, яке становило 0,7–0,8 від руйнівного та спричиняло розкриття нормальних тріщин до рівня 0,15–0,2 мм. Цим відтворювали ситуацію перебування дослідних балок під впливом різних силових факторів (сейсмологічних впливів).

Підсилення нарощуванням проводили в такий спосіб: на поверхні балок третьої серії (БПКП) у зоні контакту “старого” та “нового” бетонів виконували насічку глибиною до 10 мм з подальшою обробкою поверхні металевими щітками та знежиренням. Потім вкладали з'єднувальний шар з клею Cerinol ZH фірми Dietermann, який сильно втирали в поверхню балок за допомогою щітки. Шар бетону підсилення наносили на ще свіжий з'єднувальний шар з матеріалу Cerinol ZH.

Cerinol ZH - це модифікований синтетичними речовинами матеріал на основі цементу, призначений для виконання з'єднувального шару на елементах будівельних конструкцій, що піддаються високим навантаженням [3].

Для балок четвертої серії (БПШП) у контактному шві між основним бетоном та бетоном підсилення улаштовували шпонкове з'єднання (штучні заглиблення глибиною 10 мм і більше). Перед укладанням шару підсилення проводили обробку поверхні металевими щітками та знежирення.

Для балок п'ятої серії (БПВП) в зоні контакту “старого” та “нового” бетонів були передбачені вертикальні випуски з арматури $\varnothing 8$ А400С, розташовані парами з кроком 70 мм по краях балки. Укладання шару підсилення проводили на попередньо підготовлену поверхню. Проектне положення арматурних каркасів шару підсилення забезпечували за рахунок поперечної арматури каркасів, яка обмежувала їх рухомість під час бетонування.

Програма виготовлення дослідних балок

Маркування зразків	№ серії	Спосіб підсилення	Поперечний переріз зразків	Кількість
БКП-1 БКП-2	1	Балки контрольні без підсилення (контрольна серія)		2
БКПТ-1 БКПТ-2	2	Балки контрольні таврового перерізу без підсилення (контрольна серія)		2
БКПП-1 БКПП-2	3	Балки підсилені в стиснутій зоні на клею		2
БПШП-1 БПШП-2	4	Балки підсилені в стиснутій зоні на шпонках		2
БПВП-1 БПВП-2	5	Балки підсилені в стиснутій зоні на випусках		2

Бетонування полиць підсилення проводили у лабораторних умовах за допомогою попередньо виготовленої (для серії БКПТ) дерев'яної опалубки.

Розпалублення зразків виконували через 28 днів після бетонування підсилюючого шару. Після чого балки ретельно обстежували, перевіряли рівність їх поверхонь, наявність тріщин та раковин.

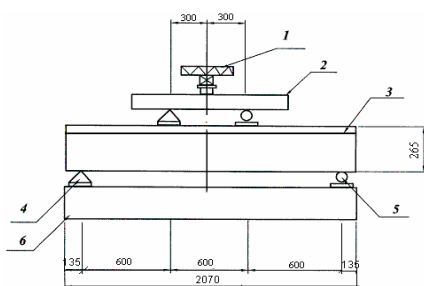


Рис. 1. Схема установки для випробування балок на згин: 1 - плита-траверса преса; 2 - траверса; 3 - дослідна балка; 4 - нерухома опора; 5 - рухома опора; 6 - нижня траверса преса

Перед випробуваннями зовнішні поверхні балок були очищені і промарковані.

Короточасні випробування експериментальних балок проводили на універсальному гідравлічному пресі ПММ-250 за схемою однопролітної вільнолежачої балки навантаженої двома зосередженими силами в третинах прольоту[4].

Висновки та напрямок подальших досліджень.

Найбільш ефективним способом улаштування контактної шви при підсиленні залізобетонних згинальних елементів у стиснутій зоні, з точки зору підвищення несучої здатності, є застосування в якості з'єднувального шару – клею. Несуча здатність підсилених балок у порівнянні з непідсиленими збільшилася на 28–36%. Найбільше підвищення несучої здатності отримали балки підсилені за рахунок клею; найменша несуча здатність виявилася у балок підсилених за допомогою шпонок [5,8].

З точки зору тріщиностійкості та деформативності, найбільш ефективними способами улаштування контактного шва є шпонкове з'єднання та з'єднання на випусках арматури. Ширина розкриття тріщин зразків серії БПКП зменшується на 34% порівняно з непідсиленою серією; для підсилених зразків серій БПШП та БПВП ширина розкриття тріщин зменшується на 47% [6,9]. Прогини зразків серії БПКП на стадії навантажень 0,7-0,8 від руйнівного, дорівнюють значенням прогинів непідсилених зразків серії БКП при рівні експлуатаційних навантажень. Прогини зразків підсилених серій БПВП та БПШП, відповідно на 41% та 43%, менші за значення прогинів контрольних зразків [7,10].

Спосіб улаштування контактного шва за допомогою клею Cerinol ZH показав найменшу вартість і трудомісткість при улаштуванні.

Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення технології підсилення залізобетонних згинальних елементів існуючих будівель та споруд.

Список літератури

1. Лазовский Д.Н. Усиление железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений / Д.Н. Лазовский. – Новополоцк: Изд-во Полоцкого гос. ун-та, 1998. – 240 с.
 2. Тур В.В. Расчёт железобетонных конструкций при действии перерезывающих сил / В.В. Тур, А.А. Кондратчик – Брест: изд. БГТУ, 2000. – 400 с.
 3. Попруга Д. В. Ефективні матеріали для підсилення залізобетонних конструкцій / М. О. Валовой, Д. В. Попруга // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – Вип. 17. – Рівне : НУВГП, 2008. – С. 7–13.
 4. Попруга Д.В. Міцність стикових з'єднань при підсиленні залізобетонних згинальних елементів у стиснутій зоні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.01 “Будівельні конструкції, будівлі та споруди” / Д.В. Попруга. – Київ, 2009. – 20 с.
 5. Попруга Д. В. Напружено-деформований стан підсилених залізобетонних згинальних елементів виготовлених на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів / Д. В. Попруга, О.І. Валовой // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – Вип. 21. – Рівне : НУВГП, 2011. – С. 611–617.
 6. Попруга Д. В. Тріщиностійкість підсилених у стиснутій зоні залізобетонних згинальних елементів / Д. В. Попруга, О.І. Валовой // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – Вип. 20. – Рівне : НУВГП, 2010. – С. 493–499.
 7. Попруга Д.В. Прогини підсилених у стиснутій зоні залізобетонних згинальних елементів / Д.В. Попруга, О.І. Валовой // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Вип. 38. – Одеса : ОДАБА, 2010. – С. 525-529.
 8. Ditlevsen O. Stochastic Model of Self – Weight load // Journal of Struct. Engineering, ASCE V. 113, № 1, 1988. – P.P. 38 – 49.
 9. Ditlevsen O. Narrow Reliability Analysis of Frame Structures // Journal of Struct. Mechacics. V.1, № 4, 1979.- P.P.457 – 472.
 10. Cornel C.A. Stochastic Process Models in Structural Engineering. Dept. Of Civ. Engineering Stanford University. Technical Report. № 34, 1969. – P.P. 14 – 18.
- Список літератури*
1. Лазовский Д.Н. Усиление железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений / Д.Н. Лазовский. – Новополоцк: Изд-во Полоцкого гос. ун-та, 1998. – 240 с.
 2. Тур В.В. Расчёт железобетонных конструкций при действии перерезывающих сил / В.В. Тур, А.А. Кондратчик – Брест: изд. БГТУ, 2000. – 400 с.
 3. Попруга Д. В. Ефективні матеріали для підсилення залізобетонних конструкцій / М. О. Валовой, Д. В. Попруга // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – Вип. 17. – Рівне : НУВГП, 2008. – С. 7–13.
 4. Попруга Д.В. Міцність стикових з'єднань при підсиленні залізобетонних згинальних елементів у стиснутій зоні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.01 “Будівельні конструкції, будівлі та споруди” / Д.В. Попруга. – Київ, 2009. – 20 с.
 5. Попруга Д. В. Напружено-деформований стан підсилених залізобетонних згинальних елементів виготовлених на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів / Д. В. Попруга, О.І. Валовой // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – Вип. 21. – Рівне : НУВГП, 2011. – С. 611–617.
 6. Попруга Д. В. Тріщиностійкість підсилених у стиснутій зоні залізобетонних згинальних елементів / Д. В. Попруга, О.І. Валовой // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – Вип. 20. – Рівне : НУВГП, 2010. – С. 493–499.
 7. Попруга Д.В. Прогини підсилених у стиснутій зоні залізобетонних згинальних елементів / Д.В. Попруга, О.І. Валовой // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Вип. 38. – Одеса : ОДАБА, 2010. – С. 525-529.
 8. Ditlevsen O. Stochastic Model of Self – Weight load // Journal of Struct. Engineering, ASCE V. 113, № 1, 1988. – P.P. 38 – 49.
 9. Ditlevsen O. Narrow Reliability Analysis of Frame Structures // Journal of Struct. Mechacics. V.1, № 4, 1979.- P.P.457 – 472.
 10. Cornel C.A. Stochastic Process Models in Structural Engineering. Dept. Of Civ. Engineering Stanford University. Technical Report. № 34, 1969. – P.P. 14 – 18.

Рукопис подано до редакції 18.03.16