

УДК 624.21: 012.35

ГНУЧКІ СТЕРЖНЕВІ І КЛЕЄСТЕРЖНЕВІ АНКЕРИ ПРИ РОЗШИРЕННІ Й ПІДСИЛЕННІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ МОСТІВ

**О.В. Панченко, директор, ТзОВ «Sika-Україна», В.Г. Кваша, професор, д.т.н.,
Л.В. Салійчук, ст. наук. співр., Національний університет
«Львівська Політехніка»**

Анотація. Розглянуто конструкції гнучких стержневих і клеєстержневих анкерів, а також наведено приклади їх практичного застосування при розширенні й підсиленні балкових прольотних будов залізобетонних мостів.

Ключові слова: стержневі і клеєстержневі анкери, прольотні будови, розширення, підсилення, накладна плита, наклеєні вуглецеві композити.

ГИБКИЕ СТЕРЖНЕВЫЕ АНКЕРЫ ПРИ РАСШИРЕНИИ И УСИЛЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ

**О.В. Панченко, директор, ООО «Sika-Украина», В.Г. Кваша, профессор, д.т.н.,
Л.В. Салийчук, ст. науч. сотр., Национальный университет
«Львовская Политехника»**

Аннотация. Рассмотрены конструкции гибких стержневых и клеестержневых анкеров, а также приведены примеры их практического применения при уширении и усилении балочных пролетных строений железобетонных автодорожных мостов.

Ключевые слова: стержневые и клеестержневые анкеры, пролетные строения, уширение, усиление, накладная плита, наклеенные углеродные композиты.

FLEXIBLE ROD AND GLUE-ROD ANCHORS AT EXPANSION AND STRENGTHENING OF REINFORCED-CONCRETE BRIDGES

**O. Panchenko, Director of JSC «Sika-Ukraine», V. Kvasha, Professor,
Doctor of Technical Science, L. Salyichuk, researcher,
National University «Lviv Polytechnic»**

Abstract. The design of flexible rods and glue-rod anchors and examples of their practical application in expansion and strengthening beam span structures of reinforced-concrete road bridges are considered.

Key words: rod and glue-rod anchors, spans, expansion, strengthening, superimposed flag, carbon composites.

Вступ

Конструктивна і технологічна простота влаштування гнучких стержневих і клеєстержневих анкерів та з'єднань залізобетонних елементів дає підстави стверджувати, що їх застосування призводить до значного скорочення трудозатрат, сприйняття навантажень на ранній стадії влаштування з'єднань (після

полімеризації клею), скорочення до мінімуму обсягу супутніх технологічних операцій і кількості допоміжних пристроїв.

Аналіз публікацій

Анкери застосовують як самостійні конструктивні елементи або основні несучі елементи у стикових чи анкеруючих з'єднаннях у збір-

но-монолітних конструкціях, для об'єднання існуючих і нових елементів, старого бетону з новим, анкерування в бетоні арматури підсилення, нарощування поперечних перерізів. Особливо ефективним є цей тип анкерів при ремонтах, відновленні, підсиленні та реконструкції споруд різного призначення, оскільки дозволяє достатньо просто вирішувати одне з основних завдань – надійного об'єднання для сумісної роботи існуючих і добудованих елементів у реконструйованій споруді, а також спростити конструкцію вузлових з'єднань, технологію їх влаштування та значно зменшити терміни і трудомісткість виконання робіт [1–4, 10–17, 19].

Мета роботи

Метою даної роботи була розробка клеєстержневих анкерів для застосування при розширенні і підсиленні балкових прольотних будов залізобетонних мостів та їх апробація на експериментальних об'єктах реконструкції.

Принципові конструкції клеєстержневих анкерів

Основні типи конструкцій клеєних стержневих анкерів із привареними до них різними типами анкеруючих елементів у вигляді петель, гаків, арматурних стержнів і жорстких упорів показано на рис. 1 [12–15]. Найпростішим є окремий анкер зі стержневим або трубчастим несучим елементом (рис. 1, а).

Другий тип – групові анкери з двома і більшою кількістю анкерних елементів, розташованих в один або декілька рядів із прикріпле-

ними до них проміжними об'єднуючими елементами (рис. 1, б). Технологічно влаштування анкерів є надзвичайно простим і зводиться до вклеювання анкеруючого стержня в заздалегідь утворені або висвердлені канали, діаметр яких, залежно від застосовуваної клеєної композиції, на 2–4 мм є більшим за діаметр анкера. Перед вклеюванням канали необхідно ретельно очистити від сміття, пилу, бруду і залишків бетону промиванням і продуванням стисненим повітрям.

Клеєстержневі анкери є достатньо ефективним технологічним способом надійного об'єднання для сумісної роботи існуючих і добудованих конструктивних елементів при реконструкції і підсиленні мостів. Їх застосування дозволяє скоротити терміни і трудомісткість виконання робіт. Як приклад, на рис. 2 показано декілька характерних випадків їх застосування для об'єднання нових конструкцій з існуючими при підсиленні і розширенні залізобетонних прольотних будов і опор.

При підсиленні ригеля одностовпчатої опори добетонованими конусоподібними ребрами 1 (рис. 2, а) їх об'єднували вклеєними трубчастими анкерами у вигляді стержнів з відрізків труби діаметром 38 мм і товщиною стінки 4 мм. Для вклеювання застосовували клеєву композицію Sikagroud 311, якою разом з піщаним наповнювачем заповнювали також трубу. Відстані між анкерами становили більше 40–50 см, тому в даному з'єднанні вони працювали як одиночні на сприйняття зсуваючих зусиль на контактні між старим і новим бетоном [12].

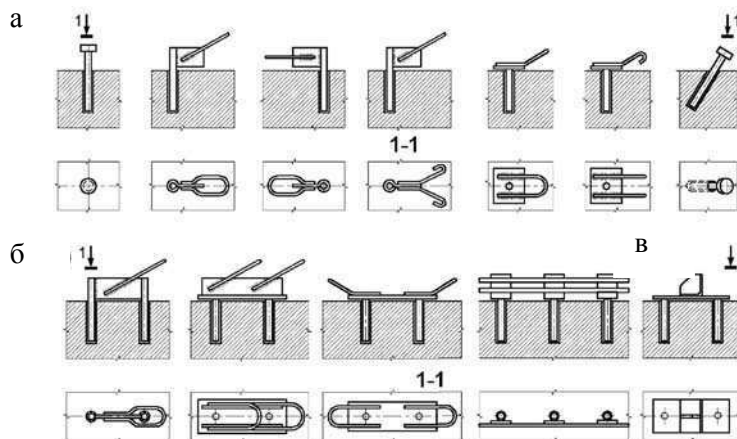


Рис. 1. Основні типи окремих (а) і групових (б, в) клеєстержневих анкерів з анкеруючими елементами

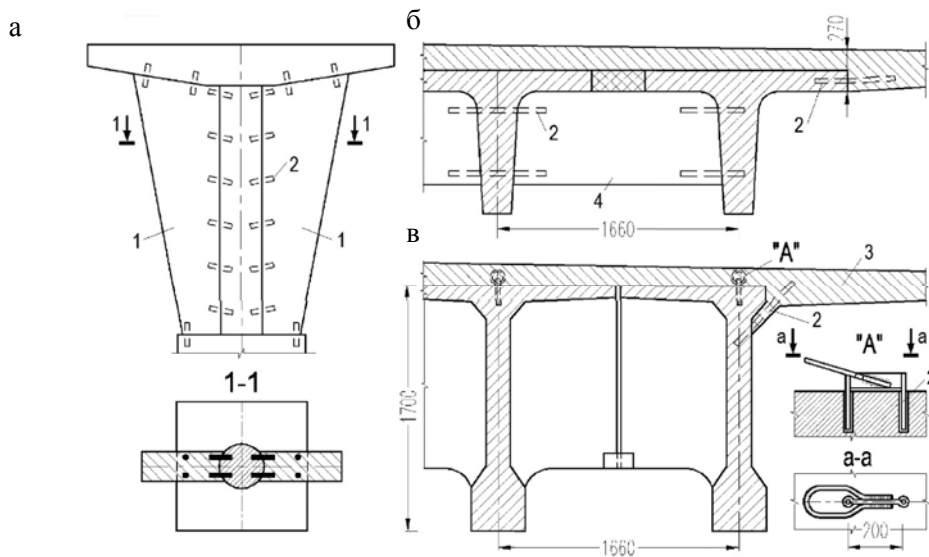


Рис. 2. Приклади застосування клеєстержневих анкерів при реконструкції мостів: а – при підсиленні одностовпчатої опори; б, в – при розширенні прольотних будов монолітною залізобетонною накладною плитою і влаштуванні додаткових поперечних діафрагм; 1 – конусоподібні ребра підсилення ригеля опори; 2 – клеєстержневі анкери; 3 – монолітна залізобетонна плита; 4 – вмонолічена поперечна діафрагма

Клеєстержневі анкери 2 застосовані для об'єднання монолітної залізобетонної плити 3 розширення прольотних будов з існуючими балками (рис. 2, б, в), а також для прикріплення вмонолічених діафрагм 4 до ребер балок при перетворенні бездіафрагмової прольотної будови за ТП вип. 56д у діафрагмову (рис. 2, б) задля збільшення її поперечної жорсткості.

Застосування клеєстержневих анкерів при розширенні залізобетонних прольотних будов накладною плитою

В умовах реконструкції мостів анкери найбільш часто застосовують при розширенні прольотних будов залізобетонною накладною плитою, а також при об'єднанні в одну систему існуючих і добудованих елементів прольотних будов і опор. Наприклад, із зарубіжної практики реконструкції відомий випадок, коли при розширенні моста монолітною накладною плитою для об'єднання з існуючими балками використовували П-подібні хомути, заанкерені на епоксидному клею у пробурені у старих балках канали. Всього в даній прольотній будові висвердлили 34000 каналів діаметром 50 мм на глибину 170 мм [18].

У практиці вітчизняного мостобудівництва розширення потребують декілька типів про-

льотних будов мостів, побудованих у великій кількості в 50–70-х роках минулого сторіччя за типовими проектами різних випусків, а саме: збірні залізобетонні діафрагмові (рис. 3, а, б) і бездіафрагмові (рис. 3, в) прольотні будови з багаторядною каркасною арматурою без попереднього напруження, збудовані за першими розробленими в ПП «Союздорпроект» ТП вип. 56 і 56Д та пізнішими модифікаціями [5, 6, 8]; збірні перехресно-ребристі прольотні будови з попередньо напружених балок за типовими проектами 50–60-х років, серед яких найбільшого розповсюдження набули розроблені в «УкрдортрансНДІ» (тепер «ДерждорНДІ») струнобетонні балки завдовжки 11, 36; 16,76 та 22,16 м (ВТП-16, рис. 3, г) [5, 6], армовані пакетом струн із високоміцного дроту $\varnothing 3-5$ мм, а також збірні залізобетонні балки довжиною до 33 м, армовані пучками з високоміцного дроту із натягом арматури на упори і на бетон (рис. 3, д, е) [9].

Сумісну роботу накладної плити з існуючими балками і передачу зсуваючих сил у горизонтальних швах сполучення, яка забезпечує напружено-деформований стан складеного перерізу, близький до відповідного стану суцільного перерізу, забезпечують об'єднанням спеціальними анкерними елементами, які сприймають у швах об'єднання зсувні і відривні зусилля, а також динамічні впливи на

прольотну будову. Залежно від типів розширюваних прольотних будов застосовували різні типи дискретних зв'язків у вигляді гнучких анкерів.

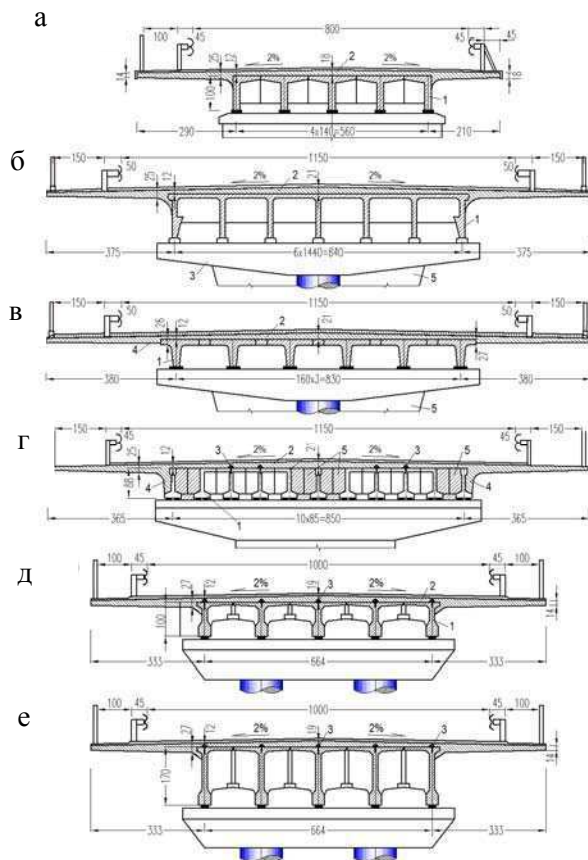


Рис. 3. Схеми розширення прольотних будов різних типів монолітною залізобетонною накладною плитою: а, б – прольотні будови за ТП вип. 56 і 56Д; в, г, д, е – прольотні будови з попередньо напруженою будовою; 1 – існуючі прольотні будови; 2 – монолітна залізобетонна накладна плита з консолями; 3 – клеєстержневі анкери; 4 – обетонування фасадної поверхні крайньої балки; 5 – монолітні вставки підсилення балок

У прольотних будовах за ТП вип. 56 і 56Д (рис. 3, а, б) сумісну роботу накладної плити з існуючими балками забезпечували їх об'єднанням за допомогою гнучких петльових анкерів, приварених до місцево оголеної верхньої поздовжньої арматури 2Ø32 у кожному ребрі (рис. 4, а).

У прольотних будовах із попередньо напружених балок, армованих струнами або пучковою арматурою (рис. 3, в, г, д), накладну плиту об'єднували для сумісної роботи з існуючими балками також петльовими анкерами, привареними до клеєстержневих упорів з

вертикальними (рис. 4, б) або горизонтальними (рис. 4, в) пластинами, закріплені до одно- або двостержневих упорів зі стержнів періодичного профілю діаметром 16–22 мм, вклеєних цементно-епоксидним розчином SikaCroud 311 у заздалегідь висвердлені канали Ø20–25 мм на глибину 140 мм (рис. 4, б, в).

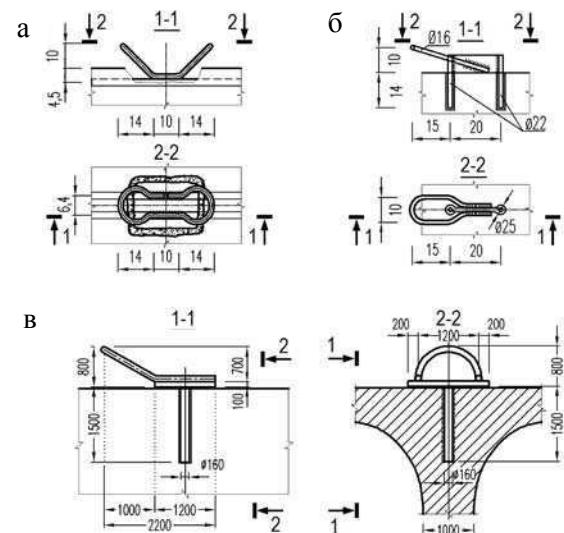


Рис. 4. Типи гнучких петльових анкерів для об'єднання залізобетонної накладної плити з існуючими балками: а – приварених до існуючої арматури; б, в – приварених до проміжних пластин, закріплених до вклеєних стержневих упорів

Загальний вигляд встановлених анкерів при розширенні прольотної будови за рис. 3, д показано на рис. 5 [9].



Рис. 5. Загальний вигляд анкерів при розширенні прольотної будови за схемою на рис. 3, д, е

Випробування прольотних будов після розширення підтвердили надійну роботу прийнятих для об'єднання типів анкерів і забезпе-

чення ними сумісної роботи накладної плити з існуючими балками. За випробувальних навантажень, рівень яких відповідав експлуатаційним, зсуви накладної плити відносно балок практично відсутні, а складені перерізи балок і накладної плити мали напружено-деформований стан, близький до аналогічного стану як для суцільного перерізу [5–9].

Застосування клеєстержневих анкерів при підсиленні мостових балок наклеєними вуглепластиками CFRP

До новітніх систем підсилення залізобетонних елементів різного призначення відносять підсилення наклеюванням на підсилюваних ділянках стрічок або полотен з композитів на основі вуглецевих волокон CFRP, які в підсиленій конструкції відіграють роль додаткового зовнішнього армування, забезпечуючи необхідну після підсилення несучу здатність балок як за згинальним моментом, так і за поперечною силою. Технологічність підсилення зумовлена малою вагою композитів, відсутністю розмірних обмежень і стиків по довжині, з'єднанням з підсилюваною конструкцією лише за рахунок клею, без застосування будь-яких додаткових притискувальних засобів, швидкістю наклеювання, низькою трудомісткістю і вартістю наклеювання, малими термінами виконання робіт, що робить систему конкурентоспроможною порівняно з іншими.

Нижче наведено приклади першого застосування в Україні системи підсилення мосто-

вих балок наклеюванням стрічок і полотен з вуглецевих композитів CFRP з новою, вперше застосованою системою їх анкерування на приопорних ділянках балок [7, 9].

Вперше в Україні спосіб підсилення приклеюванням вуглепластиків застосовано при реконструкції шляхопроводу через залізницю в с. Вістова Івано-Франківської обл. на км. 75+703 автодороги державного значення Стрий–Чернівці [7]. Основою реконструкції шляхопроводу було розширення прольотних будов монолітною залізобетонною накладною плитою за схемою рис. 3, б, в. При розрахунку розширеної прольотної будови на нормовані тимчасові навантаження А15 і НК-100 виявилось, що крайні балки прольоту довжиною 22,16 м перевантажені на 30 %, що потребувало їх підсилення, яке було виконано шляхом наклеювання стрічок з вуглецевих композитів CFRP. Балки було підсилено наклеюванням на нижню і бокові грані по всій довжині балок трьох стрічок CFRP типу М1214 поперечним перерізом 120×1,4 мм (рис. 6).

Для анкерування стрічок при підсиленні цих балок вперше застосовано спосіб приклеювання на приопорних ділянках балок у зоні анкерування стрічок двох шарів композитних полотен типу Wгар з охопленням нижньої і бокових поверхонь ребра балки з приклеєними стрічками (рис. 6, а, б). Для запобігання вириванню поверхневого шару бетону ребра балки разом з приклеєними стрічками, бетон

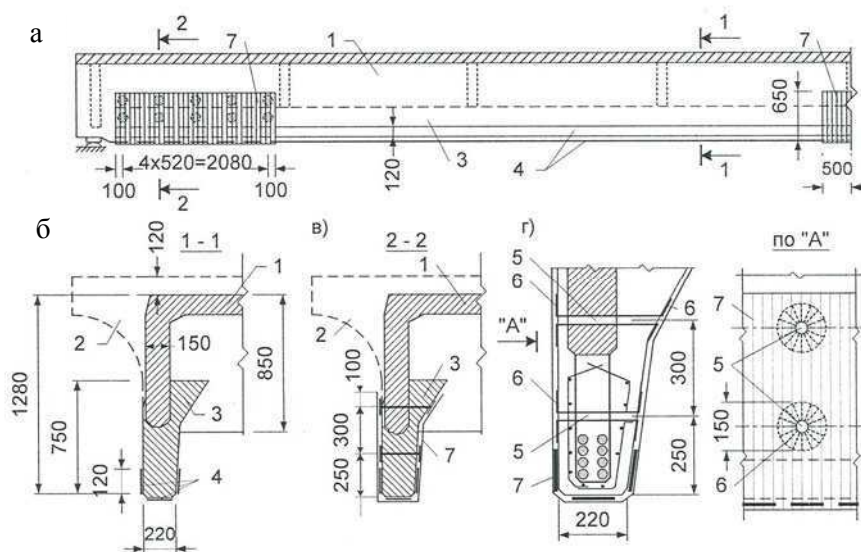


Рис. 6. Підсилення крайніх балок довжиною 22,16 м прольотної будови шляхопроводу наклеюванням стрічок CFRP: а – загальний вигляд балки; б, в – попередні перерізи 1-1, 2-2; г – вузол анкерування стрічок підсилення

цієї зони, перед приклеюванням полотен, додатково підсилювали анкерними стержнями 4, вклеєними у висвердлені в ребрі балок наскрізні канали (рис. 6, в, г). Анкери включали в сумісну роботу з бетоном ребра в зоні анкерування за допомогою «розеток» 5 діаметром близько 150 мм, утворених на бокових поверхнях ребра балки з відрізків композитного полотна, яким при вклеюванні обмотували стержні, виводили їх назовні за бокові грані балок і у вигляді «розеток» наклеювали на поверхні ребра.

Загальний вигляд окремих етапів влаштування анкерів показано на рис. 7.

Другим об'єктом реконструкції, який потребував підсилення балок, був міст через р. Уж на км. 148+997 автодороги державного значення Київ–Ковель–Ягодин. При реконструкції міст було розширено монолітною залізобетонною накладною плитою за схемою, поданою на рис. 3, д, е, до Г10+2×1,0 м, а крайні попередньо напружені балки середнього прольоту довжиною 33,0 м було підсилено наклеюванням стрічок CFRP і полотен $W_{\text{гар}}$ [9] (рис. 8).

Для підсилення за результатами розрахунків прийнято чотири стрічки CFRP типу M1214 перерізом 120×1,4 мм, дві з яких наклеєно на нижню, а дві – на бокові поверхні нижньої розтягнутої полиці (рис. 8).

Для додаткового анкерування стрічок застосовано той же спосіб, який було раніше апробовано на попередньому об'єкті реконструкції – за допомогою приклеювання в зоні анкерування двох шарів вуглецевих полотен $W_{\text{гар}}$, що охоплюють нижню і бокові поверхні нижньої полиці балки з наклеєними стрічками (рис. 8, а, б).

У свою чергу бетон ребра в цій зоні перед наклеюванням полотен додатково підсилювали анкерами А-2 (рис. 8, д) з металевих стержнів Ø16 мм, вклеєних у висвердлені в ребрі балок наскрізні канали і обмотаних при вклеюванні відрізками ком-позитного полотна $W_{\text{гар}}$, виведеного за зовнішні поверхні, розрізаного по неробочих волокнах і приклеєного до бетонних поверхонь у вигляді «розеток», через які полотна об'єднували з бетоном ребра балок, забезпечуючи їх надійну спільну роботу.

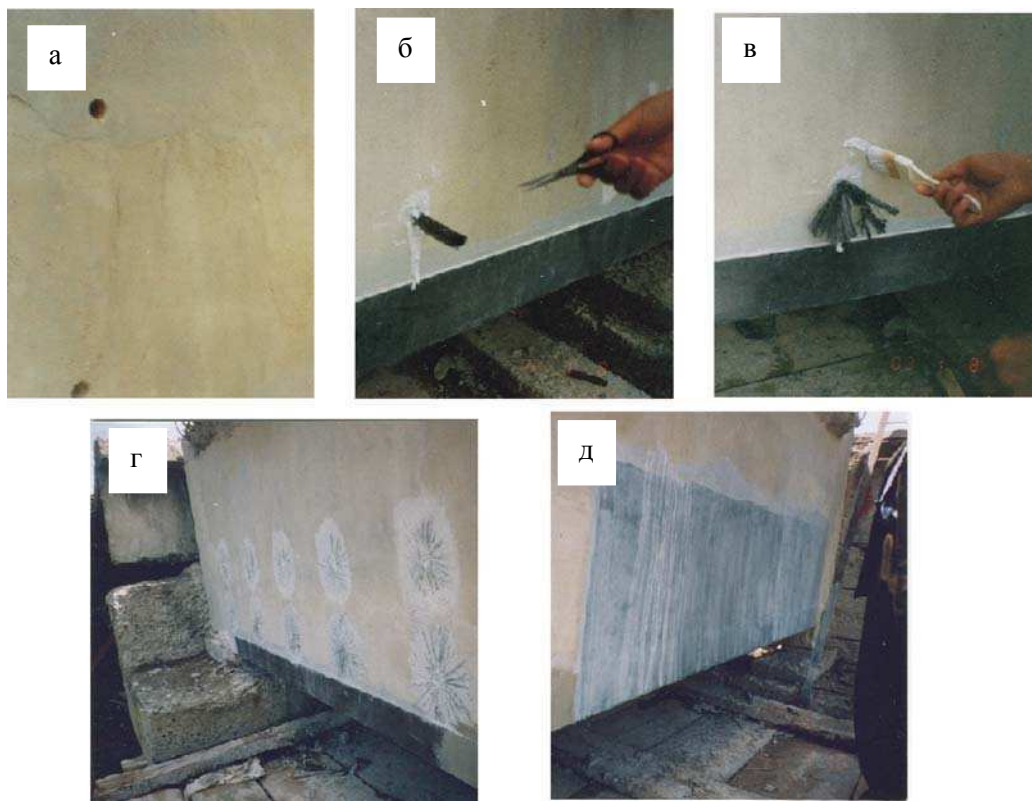


Рис. 7. Загальний вигляд влаштування вклеєних анкерів при підсиленні балок наклеюванням стрічок CFRP: а – висвердлені в ребрі балки канали; б – вклеєний анкер, обмотаний полотном $W_{\text{гар}}$; в, г – влаштування «розеток»; д – наклеювання полотна $W_{\text{гар}}$

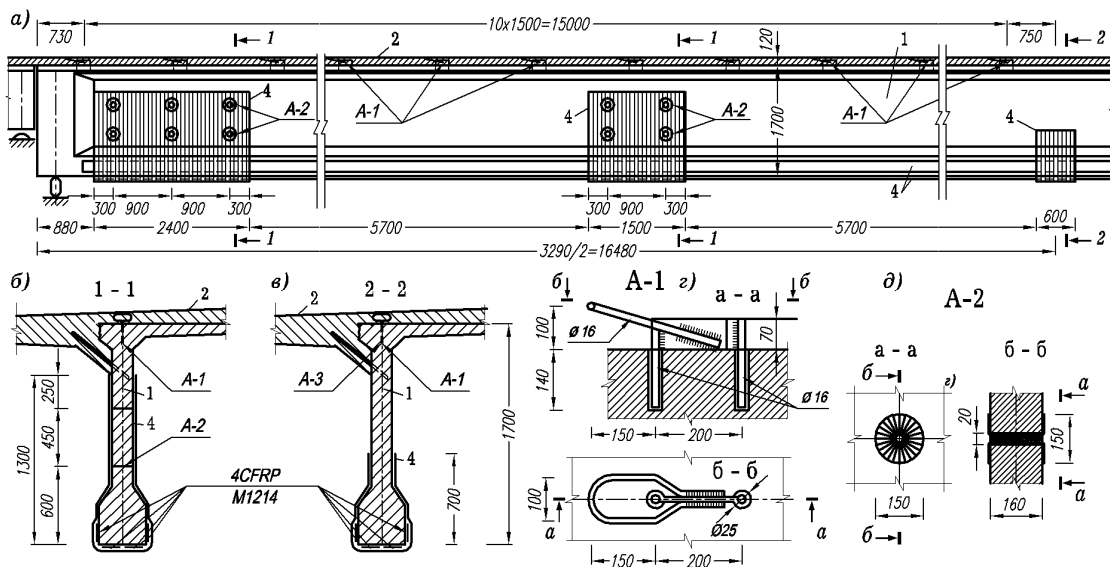


Рис. 8. Підсилення балок довжиною 33,0 м прольотної будови моста наклеєними стрічками CFRP: а – загальний вигляд балки; б, в – поперечні перерізи 1-1, 2-2; г, д – вузли кріплення закладних деталей

Проведені після реконструкції випробування обох прольотних будов [7, 9] підтвердили надійність запропонованої системи анкерування стрічок, їх включення в сумісну роботу з існуючими балками і відсутність будь-яких деформацій зсуву стрічок.

Висновки

1. Зсувостійкі клеєстержневі анкери, застосовані для об'єднання залізобетонної накладної плити з існуючими балками при розширенні прольотних будов автодорожніх мостів, забезпечили їх надійну сумісну роботу, відсутність зсувів на рівні експлуатаційних навантажень та напружено-деформований стан складеного перерізу балок, близький до аналогічного стану для суцільного перерізу.

2. Застосована вперше система анкерування композитних вуглецевих стрічок CFRP підсилення залізобетонних мостових балок з використанням вклеєних стержневих анкерів забезпечила їх надійну сумісну роботу з існуючими балками за повної відсутності деформацій зсуву стрічок.

Література

1. Барч З.И. Некоторые решения реконструкции промзданий с железобетонным каркасом / З.И. Барч, Н.П. Рунцо, М.Ф. Фишера // Бетон и железобетон. – 1987. – №4. – С. 9–10.

2. Белов Б.П. Расчет глубины заделки штырей в стыках сборных конструкций / Б.П. Белов // Бетон и железобетон. – 1984. – №6. – С. 18–19.
3. Белов Б.П. Трещиностойкость клеештыревых стыков железобетонных элементов сборных мостов / Б.П. Белов // Новые направления в исследованиях конструкций и технологии строительства мостов: труды СоюздорНИИ. – М.: СоюздорНИИ, 1988. – С. 56–64.
4. Губій М.М. Розрахунок несучої здатності розпірних анкерів для кріплення елементів підсилення до кам'яної кладки і бетону / М.М. Губій, О.С. Коваленко, О.А. Герасенко // Будівельні конструкції. – 2007. – Вип. 67. – С. 148–153.
5. Кваша В.Г. Досвід ремонту та реконструкції мостів України / В.Г. Кваша // Вісник НУ Львівська політехніка «Теорія і практика будівництва»: зб. наук. пр. – 2006. – № 562. – С. 38–49.
6. Кваша В.Г. Застосування монолітної залізобетонної накладної плити для розширення балкових автодорожніх мостів / В.Г. Кваша // Промислове будівництво та інженерні споруди: зб. наук. пр. – 2008. – № 4. – С. 24–31.
7. Кваша В.Г. Підсилення при реконструкції залізобетонної прольотної будови автодорожнього моста приклеєними вуглепластиками / В.Г. Кваша, І.В. Мельник, М.Д. Клипуш та ін. // Будівельні конструкції: зб. наук. пр. – 2003. – Вип. 59, книга 2. – С. 164–171.

8. Кваша В.Г. Реконструкція автодорожнього моста з прольотними будовами за ТП вип. 56 / В.Г. Кваша, Л.В. Салійчук, В.В. Мельниченко, З.Т. Лапініна // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: зб. наук. пр. – 2004. – Вип. 69. – С. 74–81.
9. Кваша В.Г. Реконструкція автодорожнього моста з підсиленням балок $L=33,0$ наклеєними вуглепластиками та контрольні випробування / В.Г. Кваша, Л.В. Салійчук, Ю.М. Собко, В.В. Мельниченко, О.В. Панченко // Дороги і мости: зб. наук. пр. – 2007. – Вип. 7. – С. 203–213.
10. Саканский Ю.Н. Усиление элементов пролетных строений железобетонных мостов / Ю.Н. Саканский, Б.П. Белов // Новое в проектировании и строительстве автодорожных и городских мостов: труды СоюздорНИИ. – М.: СоюздорНИИ, 1983. – С. 27–37.
11. Саканский Ю.Н. Ремонт и усиление железобетонных мостов / Ю.Н. Саканский, Б.П. Белов // Автомобильные дороги. – 1986. – № 2. – С. 17–18.
12. Салійчук Л.В. Робота в бетоні трубчастого замоноличеного анкера при поперечному навантаженні / Л.В. Салійчук // Будівельні конструкції: зб. наук. пр. – 2003. – Вип. 59, книга 1. – С. 279–287.
13. Салійчук Л.В. Експериментальні дослідження та теоретичне обґрунтування міцності і анкерування в бетоні вкесних стержневих анкерів при зсуві / Л.В. Салійчук // Будівельні конструкції: зб. наук. пр. – 2011. – Вип. 74, книга 2. – С. 494–506.
14. Салійчук Л.В. Зсувостійкі стержневі анкери в з'єднаннях залізобетонних конструкцій / Л.В. Салійчук, В.Г. Кваша // Вісник НУ Львівська політехніка Теорія і практика будівництва: зб. наук. пр. – 2008. – №627. – С. 186–191.
15. Салійчук Л.В. Застосування клеєстержневих анкерів при реконструкції мостів. / Л.В. Салійчук, В.Г. Кваша // Дороги і мости: зб. наук. пр. – 2008. – Вип. 9. – С. 220–227.
16. Серегин И.Н. Клеештыревые стыки железобетонных элементов сборных мостов. / И.Н. Серегин, Ю.Н. Саканский, Б.П. Белов // Совершенствование конструкций железобетонных пролетных строений автодорожных мостов и технологии их строительства: труды СоюздорНИИ – М.: СоюздорНИИ, 1982. – С. 47–57.
17. Шевчик О. Новые материалы фирмы Sika для усиления дорожных и мостовых объектов / О. Шевчик // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и мостов: сб. науч. тр., 1998. – С. 278–284.
18. Franke M. Konstruktion und Ausführung der Verberiterung des hördlichen Überbanes der Autobahn brücke Wiesdorf / M. Franke, W. Gölel // Strasse. – 1976. – №6. – S. 188–195.
19. Podręcznik techniki mocowań Hilti. – Wydanie III. – Warszawa, 2006. – 304 s.

Рецензент: В.П. Кожушко, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 27 серпня 2012 р.