

А.В. Мазурак, І.В. Ковалик, В.О. Михайлечко, В.М. Калітовський
Львівський національний аграрний університет,
кафедра технології та організації будівництва

МІЦНІСТЬ КОНТАКТНИХ ШВІВ ПІД ЧАС РЕМОНТУ ЧИ ПІДСИЛЕННЯ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

© Мазурак А.В., Ковалик І.В., Михайлечко В.О., Калітовський В.М., 2013

Описано теоретичні та експериментальні дослідження роботи контактних швів під час ремонту чи підсилення бетонних елементів з використанням бетону, торкрет-бетону, анкерів, зв'язуючих підкладів та полімерцементних композицій.

Ключові слова: міцність, сумісна робота, бетон, торкрет-бетон, анкерування.

In this article describes theoretical and experimental research of contact seams in the repair or strengthening concrete elements using concrete, sprayed-concrete anchors and substrate binding.

Key words: strength, compatible work, concrete, sprayed-concrete, anchoring.

Постановка проблеми

Матеріали, які можна використати для ефективного ремонту залізобетонних конструкцій, сьогодні представлені у широкому діапазоні. Найчастіше використовуються бетони і розчини, які виготовляються із тих самих в'язучих і заповнювачів, що і ремонтвана конструкція. У випадку руйнування бетону під впливом агресивного хімічного середовища виникає необхідність використання інших типів в'язучих і захисних покриттів.

Руйнування частин конструкцій чи споруд проходить, як правило, внаслідок часткової чи повної втрати зчеплення між старим і новим бетоном. Міцність такого зчеплення безпосередньо пов'язана з підготовкою бетонної поверхні, якісним нанесенням ремонтного шару та використанням ефективного ремонтного шару.

Сумісної роботи підсиленого елемента досягають механічним зчепленням, влаштуванням насічки або встановленням додаткової поперечної арматури чи анкерів. Для підвищення зчеплення "старого" та "нового" бетонів можна застосовувати також полімерцементні композиції на основі епоксидного, акрилового та інших видів синтетичних клеїв [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Необхідність підсилення будівельних конструкцій в процесі експлуатації виникає не лише під час реконструкції, але й через їх передчасний знос в результаті непередбачених проектом змін технології виробництва, різноманітних пошкоджень та ін. Різноманітне поєднання причин необхідності підсилення, а також тип і стан будівельних конструкцій обумовлює використання різних способів підсилення. Тому важливою задачею у цьому плані є вибір ефективного способу підсилення. Методи підсилення бетонних і залізобетонних елементів предметно описані в літературних джерелах і успішно застосовуються в будівництві [1, 2, 4]. Вивченню роботи підсилених залізобетонних конструкцій присвятили свої роботи Є.М. Бабич, А.Я. Барашиков, З.Я. Бліхарський, С.В. Бондаренко, О.І. Валовой, Г.В. Гетун, О.Б. Голишев, О.Ю. Єрьоменко, Є.Ф. Лисенко, Г.А. Молодченко, Л.А. Мурашко, Й.П. Новаторський, Р.С. Санжаровський, Г.Н. Хайдуков, О.Л. Шагін та ін.

Застосуванню клеїв у бетонних і залізобетонних конструкціях присвячено роботи Е.П. Александряна, Р.І. Бергена, М.С. Золотова, В. Г. Миккульського, Л.Н. Шутенка та ін. [1, 3, 5].

Достатня кількість робіт таких дослідників, як А.Б. Голишев, В.Г. Кваша, Н.І. Руденко, Ю.Г. Хаютін, О.О. Шишкін, О.М. Ішінко та ін. [4, 6] присвячено питанням вивчення впливу механічного зчеплення "старого" та "нового" бетонів на міцність їхнього контакту.

Проблемами підсилення, ремонту бетонних і залізобетонних конструкцій технології торкретування займалися В.М. Мостков, І.І. Воллер, Е.Б. Кузякіна, М.А. Лев, Б.Г. Грязнов, Л.М. Голіцінський, М.Г. Ложенко, Б.К. Чукан, І.Р. Райгородський, С.А. Атманських, В.І. Шаврін, А.К. Карасьов, В.В. Кузін та інші.

Мета та задачі досліджень

На підставі аналітичного огляду літератури і практичного використання ремонтних бетонних і залізобетонних конструкцій розглядаються чинники, що впливають на сумісну роботу ремонтної поверхні і матриці шару

На основі аналізу наших досліджень сформульовано завдання наших досліджень:

- експериментальне дослідження міцності зчеплення та зсуву в бетонних зразках;
- аналіз влаштування контактних швів за допомогою бетону, торкрет-бетону, зв'язуючих підкладів (koster SB Haftemulsion), полімерцементних композицій (koster KB-Gret AC) та вклеєних арматурних анкерів.

Експериментальні дослідження

Експериментальні дослідження проводились в лабораторних умовах ЛНАУ. Міцність бетону визначали стисканням стандартних кубів згідно із В.2.6-98:2009. Дослідженню піддавались бетонні призми (100x100x400), які утворювали конструкцію з 2-х звичайних призм та монолітного об'єднання між ними розміром (100x100x200), а також однієї призми і двох торкретованих призм навколо неї з відповідною обробкою поверхні. Для покращення зчеплення поверхню, яка вступала в сумісну роботу з монолітним бетоном і торкретбетоном в зразках, обробляли емульсією Koster SB – Haftemulsion та розчином Koster KB-Gret AC, а також бетонну поверхню піддавали фрезуванню на глибину до 5 мм. У зразки, які досліджувались на зсув, для додаткового зчеплення встановлювались металеві анкери Ø5 мм (довжиною анкерування $6d$) [6].

Під час досліджень використовували матеріали Koster KB-Gret AC (мінеральний розчин РСС для антикорозійного захисту армування та зчипного шару, адгезія не менша за 1,5 МПа) і Koster SB – Haftemulsion (полімерна емульсія для влаштування з'єднувальних шарів).

Щоб перевірити адгезійну міцність зчеплення ремонтних сумішей, на бетонну поверхню кубів або призм наносили до 3–8 см бетону, торкрет-бетону, полімерної ремонтної суміші і утримували зразок в нормальних умовах до 40 діб.

Після дозрівання ремонтних сумішей поверхню піддавали буравленню. Для буріння використовували портативне бурове обладнання фірми “Hilti” з трубчастими алмазними коронками та ручну електродрель, з використанням допоміжних штанг.

Під час буріння у бетонному масиві висвердлювали kern (бетонний циліндр). Глибину свердління встановлювали відповідно на товщину нанесеного шару 4–5 см, зовнішній діаметр керна 35 мм. Буравлення виконувалось перпендикулярно до поверхні зразка.

Після очищення поверхні за допомогою епоксидного клею проводили склеювання металевих фіксаторів адгезиметра «Hilti» з поверхнею бетонного циліндра.

За 24 години після приклеювання фішок до підготовлених зразків проводили їх відривання адгезиметром (рис. 1) Дослідні значення подано в табл. 1.

Випробування зразків на зсув проводили на 40-й день у лабораторному пресі (рис. 2).

Результати досліджень зразків подано в табл. 1, 2, де використано такі позначення: зліва направо С – клас бетону матриці за міцністю на стиск за стандартними кубами в МПа; С*– клас ремонтного бетону за міцністю на стиск за стандартними кубами в МПа; С*т – клас ремонтного торкрет-бетону за міцністю на стиск в МПа; SB- Koster SB Haftemulsion – з'єднувальна емульсія; KB – Koster KB-Gret AC – з'єднувальний мінеральний розчин; фриз-поверхня бетону, фризівана на глибину до 5 мм; анкер – вклеєний анкер Ø5; прокл. – 2 шари поліетилену 1–2 порядковий номер зразка. Результати розрахункових значень на зсув за методикою Голишева [4] наведено у табл. 2.

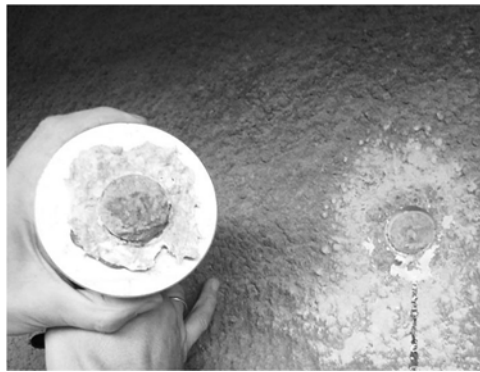
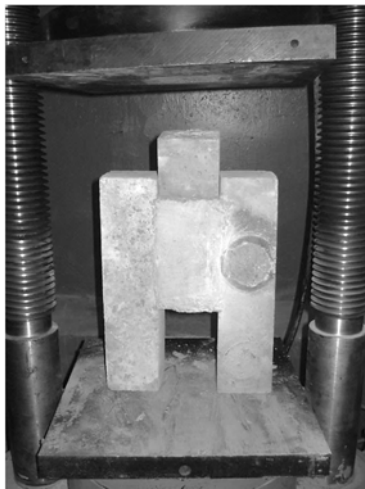


Рис. 1. Дослідний зразок після відривання з бетонної поверхні



а



б

Рис. 2. Загальний вигляд дослідних зразків, підданих деформаціям зсуву:
а – до навантаження; б – після навантаження

Аналізуючи результати досліджень, що подані в табл. 1, можна зробити висновок, що міцність зчеплення певною мірою залежить від характеристик ремонтної суміші: з приростом її міцності зчеплення збільшується, проте не прямо пропорційно, а на 6–7 % (зразки № 1, 2 і 3, 4).

Значно впливають на міцнісні характеристики зчеплення ремонтні суміші або з'єднувальні емульсії. При обробці ремонтних поверхонь ними і нанесенні ремонтного бетону піднімається його міцність зчеплення до 18 % (зразки № 1–4 і 5–8). Збільшення міцності бетону матриці в невеликому діапазоні практично не впливає на показники зчеплення (зразки № 9–12).

Результати досліджень, подані в табл. 2 (зразки №1, 2 і 3, 4), дають можливість стверджувати, що міцність на зсув зазначених зразків зросла на 10 %, у дослідних зразках бетону з більшою міцністю на стиск (С25 і С40). Суттєвий приріст міцності на зсув до 40 % спостерігається у фрезованих зразках, порівняно з гладкими (зразки № 1–4 і 5–6). При обробці зразків з'єднувальними емульсіями і ремонтними розчинами міцність на зсув виростає до 25 % (зразки №1, 2 і 7, 8, 9), а також збільшується розбіжність між дослідними і розрахунковими результатами.

Використання торкрет-бетону як ремонтного шару піднімає міцність на зсув у зразках № 12 і 13 до 9%. Влаштування тонких вклесних анкерів у дослідних зразках збільшувало міцність зсуву (зразки 14, 15), проте у зразках при сумісній роботі контактного зчеплення і анкерів (зразки 16 і 17) в дослідних значеннях не відбулось сумування значень (зразки 12, 13 і 14, 15). Цей факт підкреслює таку особливість, що в зразках № 15, 16 не було сумісної роботи анкерів і контактного зчеплення, тому значно більшу розбіжність дають дослідні і розрахункові значення.

Використання ремонтних сумішей і адгезійних підкладів у поєднанні з анкерами збільшує міцність зчеплення, але і тут не відображається сумарний приріст на зсув всіх складових: бетону чи торкрет-бетону, анкерів зв'язуючих підкладів (зразки 17 – 23).

Міцність зчеплення дослідних зразків

№ з/п	Шифр зразка	Поверхня контакту, матеріали підсилюваного елемента і ремонтного шару	Міцність бетону (матриці), МПа	Міцність ремонтного бетону, МПа	Міцність зчеплення, МПа
			f_{ck}	f_{ck}	
1	C25+C*30-1	бетон C25 – бетон C30	18,55	22,4	1,26
2	C25+C*30-2	бетон C25 – бетон C30	18,55	22,4	1,28
3	C25+C*40-1	бетон C25 – бетон C40	18,55	28,8	1,34
4	C25+C*40-2	бетон C25 – бетон C40	18,55	28,8	1,38
5	C25+SB+C*30-1	бетон C25 – бетон C30 контактна поверхня оброблена Koster SB Haftemulsion	18,55	22,4	1,48
6	C25+SB+C*30-2	бетон C25 – бетон C30 контактна поверхня оброблена Koster SB Haftemulsion	18,55	22,4	1,52
7	C25+SB+C*40-1	бетон C25 – бетон C40 контактна поверхня оброблена Koster SB Haftemulsion	18,55	28,8	1,81
8	C25+SB+C*40-2	бетон C25 – бетон C40 контактна поверхня оброблена Koster SB Haftemulsion	18,55	28,8	1,86
9	C25+KB-1	бетон C25 – ремонтна суміш Koster KB-Gret AC	18,55	–	1,38
10	C25+KB-2	бетон C25 – ремонтна суміш Koster KB-Gret AC	18,55	–	1,39
11	C40+KB-1	бетон C40 – ремонтна суміш Koster KB-Gret AC	28,8	–	1,41
12	C40+KB-2	бетон C40 – ремонтна суміш Koster KB-Gret AC	28,8	–	1,39

C – клас бетону за міцністю на стиск за стандартними кубами в МПа

Таблиця 2

Розрахункові і дослідні значення міцності контактних швів на зсув

№ з/п	Шифр зразка	Поверхня контакту, матеріали підсилюваного елемента і ремонтного шару	Міцність бетону (матриці), МПа	Міцність ремонтного бетону, МПа	Міцність на зсув, МПа		Розр Досл
			f_{ck}	f_{ck}	Розрах	Дослід	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	C25+C*30-1	бетон C25 – бетон C30	18,55	22,4	2,16	2,1	1,02
2	C25+C*30-2	бетон C25 – бетон C30	18,55	22,4	2,16	2,26	0,96
3	C40+C*25-1	бетон C40 – бетон C25	18,55	28,8	2,16	2,33	0,92
4	C40+C*25-2	бетон C40 – бетон C25	18,55	28,8	2,16	2,35	0,92
5	C25+фриз+C*30-1	бетон C25 + бетон C30+фризована поверхня	18,55	22,4	3,50	3,50	1,0
6	C25+фриз+C*30-2	бетон C25 + бетон C30+фризована поверхня	18,55	28,8	3,50	3,80	0,97
7	C25+SB+C*30-1	бетон C25 + бетон C30+ контактна поверхня оброблена Koster SB Haftemulsion	18,55	22,4	2,16	2,90	0,74

1	2	3	4	5	6	7	8
8	C25+SB+C*30-2	бетон C25 + бетон C30+ контактна поверхня оброблена Koster SB Haftemulsion	18,55	22,4	2,16	2,96	0,73
9	C25+фриз+SB+ C*30-1	бетон C25 + бетон C30+ фризована поверхня + контактна поверхня оброблена Koster SB Haftemulsion	18,55	22,4	3,5	4	0,87
10	C25+AC+C*30-1	бетон C25 + бетон C30 + контактна поверхня оброблена Koster KB-Gret AC	18,55	22,4	2,16	2,84	0,76
11	C25+фриз+AC+ C*30-1	бетон C25 + бетон C30 + фризована поверхня + контактна поверхня оброблена Koster KB-Gret AC	18,55	22,4	3,5	4,2	0,83
12	C27+C*29-1	бетон C27 – бетон C29	19,94	21,3	2,31	2,08	1,11
13	C27+C*29Т-1	бетон C27 – торкретбетон C29	19,9	21,3	2,31	2,16	1,07
14	C27+анкер+ прокл.+C*29-1	бетон C27 – бетон C29 + поліетиленова прокладка, + 12 анкерів (d=5 мм)	19,9	21,3	1,63	1,58	1,03
15	C27+анкер+ прокл.+C*29Т-1	бетон C27 – торкретбетон C29 + поліетиленова прокладка, + 12 анкерів (d=5 мм)	19,9	21,3	1,63	1,55	1,05
16	C27+ анкер+ C*29-1	бетон C27 – бетон C29 + 12 анкерів (d=5 мм)	19,9	21,3	3,94	2,81	1,40
17	C27+ анкер+ C*27Т-1	бетон C27 – торкретбетон C27 + 12 анкерів (d=5 мм)	19,9	19,9	3,94	3,08	1,28
18	C27+ анкер+ AC+ C*27Т-1	бетонC27 – торкретбетон C27 + 12 анкерів (d=5 мм) Koster KB-Gret AC	19,9	19,9	3,94	3,18	1,23
19	C27+ C*31Т-1	бетон C27 – торкретбетон C31	19,9	22,7	2,31	2,22	1,04
20	C27+ анкер+ C*31Т-1	бетонC27 – торкретбетон C31 + 12 анкерів (d=5 мм)	19,9	22,7	3,94	2,95	1,34
21	C27+ анкер+ AC+ C*31Т-1	бетонC27 – торкретбетон C31 + 12 анкерів (d=5 мм) контактна поверхня оброблена Koster KB-Gret AC	19,9	22,7	3,94	3,0	1,31
22	C27+ анкер+ SB + C*27Т-1	бетон C27 – торкретбетон C27 + 12 анкерів (d=5 мм) контактна поверхня оброблена Koster SB Haftemulsion	19,9	19,9	3,94	3,02	1,30
23	C27+ анкер+ SB + C*31Т-1	бетон C27 – торкретбетон C31 + 12 анкерів (d=5 мм) контактна поверхня оброблена Koster SB Haftemulsion	19,9	22,7	3,94	3,16	1,24

Висновки

За результатами досліджень, ремонтні суміші або з'єднувальні емульсії забезпечують приріст міцності зчеплення до 18 %, що необхідно враховувати в розрахункових методиках.

Ефективним є поєднання фрезування в бетонних зразках із зв'язуючими підкладами та полімерцементними ремонтними розчинами, оскільки в дослідних зразках забезпечувалася сумісна робота на зсув.

Зразки із вклеваними тонкими анкерами працювали не сумісно з різними контактними поверхнями (зминали бетон і деформувались), тому це явище, а також розбіжність дослідних даних із розрахунковими необхідно враховувати в наступних дослідженнях.

1. Бабич Є.М. Особливості роботи залізобетонних балок, підсилені полімерною композицією «Силор» / Є.М. Бабич, В.С. Довбенко // «Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону»: Міжвідомчий наук.-техн. збірник. – К.: ДП НДІБК, 2011. Вип. 74. – Кн. 2. – С.19–27.
2. Бліхарський З.Я. Міцність відновлених залізобетонних балок, пошкоджених внаслідок впливу агресивного середовища / З.Я. Бліхарський, Р.Є. Хміль, Р.В. Вашкевич // 36. Наук. праць “Будівельні конструкції”. – К.: НДІБК, 2003. – Вип. 59. – Кн. 2. – С. 74–78.
3. Валовой О.І. Міцність контактних швів підсилені залізобетонних конструкцій / О.І. Валовой, Д.В. Попруга // Дороги і мости: Збірник наукових праць. – К.: ДерждорНДІ, 2009. – Вип. 11. – С.57–64.
4. Гольшиев А.Б. Практические способы учета ползучести и усадки бетона при расчете железобетонных конструкций / А.Б. Гольшиев, И.Н. Ткаченко. – К.: Логос, 2000. – 87 с.
5. Микульский В. Г. Склеивание бетона / В. Г. Микульский, В. В. Козлов. – М.: Стройиздат, 1975. – 236 с.
6. Салійчук Л.В. Експериментальні дослідження та теоретичне обґрунтування міцності і анкерування в бетоні вклеваних стержневих анкерів при зсуві / Л.В. Салійчук // «Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону»: Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.: ДП НДІБК, 2011. – Вип. 74, кн. 2. – С.494–506.