

УДК 624.012.45:691.792

*Л.І. Стороженко, д.т.н., професор  
О.Г. Горб, аспірант*

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КЛЕЙОВИХ З'ЄДНАНЬ БЕТОНУ І СТАЛІ НА РОЗТЯГ**

*Наведено програму та результати експериментальних досліджень сталезалізобетонних елементів, у яких сумісна робота сталі та бетону забезпечується за допомогою склеювання. Випробування проводилися з метою визначення особливостей роботи, руйнування й несучої здатності елементів. Виконано порівняння конструкцій із забезпеченням сумісної роботи сталі та бетону за допомогою склеювання й без нього.*

**Ключові слова:** сталезалізобетонний елемент, клейове з'єднання, навантаження, несуча здатність, деформації.

УДК 624.012.45:691.792

*Л.И. Стороженко, д.т.н., профессор  
А.Г. Горб, аспирант*

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ БЕТОНА И СТАЛИ НА РАСТЯЖЕНИЕ**

*Приведена программа и результаты экспериментальных исследований сталежелезобетонных элементов, в которых совместная работа стали и бетона обеспечивается посредством склеивания. Испытания проводились с целью определения особенностей работы, разрушения и несущей способности элементов. Проведено сравнение конструкций с обеспечением совместной работы стали и бетона с помощью склеивания и без него.*

**Ключевые слова:** сталежелезобетонный элемент, клеевое соединение, нагрузки, несущая способность, деформации.

UDC 624.012.45:691.792

*L.I. Storozhenko, ScD, Professor  
O.G. Gorb, post-graduate*

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

## **EXPERIMENTAL RESEARCH OF ADHESIVE JOINTS OF CONCRETE AND STEEL ON STRETCHING**

*The article presents program and results of experimental research on the composite steel and concrete elements in which joint work of steel and concrete is provided with gluing. Tests conducted to determine the features of work, breaking and bearing capacity elements. Comparison of structures with ensuring of joint work of steel and concrete by gluing and without it was done.*

**Keywords:** composite steel and concrete element, glutinous connection, loading, bearing capacity, deformations.

**Постановка проблеми.** Протягом останніх років будівельна індустрія все більше потребує створення нових прогресивних несучих конструкцій з метою зменшення вартості, зниження витрат матеріалів та трудомісткості зведення будівель і споруд. Сьогодні цим вимогам повною мірою відповідають сталезалізобетонні конструкції, в яких найбільш раціонально поєднуються сталь та бетон. Проте розробники цих конструкцій постійно стикаються з проблемою забезпечення сумісної роботи їх складових частин. Усе більше при реконструкції залізобетонних конструкцій та при влаштуванні анкерних болтів для забезпечення сумісної роботи бетону й сталі набуває застосування клеїв. Найефективнішими в цих випадках виявилися акрилові клеї [1, 2]. Отже, виникає необхідність в експериментальних дослідженнях і теоретичному вивченні з'єднань бетону та сталі за допомогою акрилових клеїв і конструкцій, у яких сумісна робота складових частин забезпечується за допомогою цих з'єднань.

**Не розв'язаною раніше частиною проблеми** було визначення експериментальних значень несучої здатності з'єднань бетону та сталі акриловими клеями при роботі на розтяг за умови приклеювання свіжоукладеної бетонної суміші до сталеві частини.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Протягом усього періоду дослідження акрилових клеїв та застосування з'єднань на їх основі у будівельній галузі найбільших результатів досягли вчені Харківської національної академії міського господарства [1, 2, 3]. Практично доведено значну перевагу серед усіх видів клеїв, що застосовуються в будівництві, саме акрилових. Цей клей простий і надійний у приготуванні за рахунок низької в'язкості, яка не залежить від температури навколишнього середовища, добре укладається, довговічний. Останні розробки традиційних анкерувальних засобів [4, 5] є досить матеріалозатратними, їх здійснення є занадто трудомістким та потребує високої кваліфікації робітників. Отже, виникає необхідність перевірити доцільність використання клейових з'єднань на основі акрилових клеїв замість традиційних способів забезпечення сумісної роботи сталі та бетону у сталезалізобетонних конструкціях.

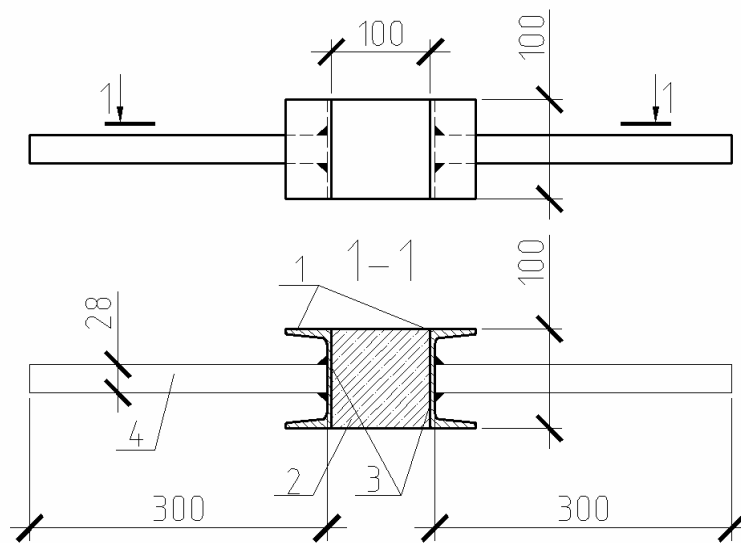
**Формулювання цілей статті.** Метою написання статті є оприлюднення результатів експериментальних випробувань клейових з'єднань сталі та бетону.

**Основний матеріал і результати.** Метою проведення експериментальних випробувань було дослідження несучої здатності клейових з'єднань при роботі на розтяг, особливостей сумісної роботи двох складових, характеру руйнування дослідних зразків.

Для отримання експериментальних результатів, які дадуть можливість достатньою мірою судити про особливості роботи клейових з'єднань, були запроектовані сталезалізобетонні елементи, що працюють на розтяг, із використанням різних бетонних сумішей за класом міцності, акрилових

клеїв різного складу та стандартні бетонні призми  $100 \times 100 \times 400$  мм і куби  $100 \times 100 \times 100$  мм для визначення характеристик міцності й деформативності бетону.

Дослідні зразки, що працюють на розтяг (рис. 1), складаються з бетонних кубів розміром  $100 \times 100 \times 100$  мм, відрізків сталевого прокатного швелера №10 довжиною 100 мм, до яких приклеєний акриловим клеєм протилежними гранями куб. У зв'язку з особливостями випробування зразків на розтяг посередині стінки швелера приварюються сталеві стрижні діаметром 28 мм та довжиною 300 мм.



**Рисунок 1 – Конструкція дослідних зразків, що працюють на розтяг:**  
**1 – сталевий прокатний швелер №10; 2 – бетонний куб;**  
**3 – з'єднання на основі акрилового клею;**  
**4 – сталевий стрижень діаметром 28 мм**

Серії зразків, які працюють на розтяг, відмінні одна від одної складом бетонної суміші, використаної при їх виготовленні. Таким чином, серія Р-1 виготовлена з використанням бетонної суміші першого складу (Ц/П/Щ/В –  $300/865/1080/155$ ), Р-2 – другого (Ц/П/Щ/В –  $420/770/1080/155$ ), Р-3 – третього (Ц/П/Щ/В –  $570/680/1080/155$ ). Зразки однієї серії різняться наявністю клейового з'єднання та складом клею (табл. 1), використаного в наявному з'єднанні.

Зразки виготовлялися на базі Управління виробничо-технічним забезпеченням УГПБ ДК «Укртрансгаз» ВАТ «Нафтогаз України».

Технологія виготовлення дослідних зразків включає такі процеси: 1) розмічування заготовок сталевих елементів дослідних конструкцій; 2) нарізання сталевих елементів необхідної довжини на ножівковому верстаті ФА-320; 3) фрезерування площин зрізу на наждачному верстаті; 4) зварювання швелера та стрижневої арматури; 5) очищення стінок

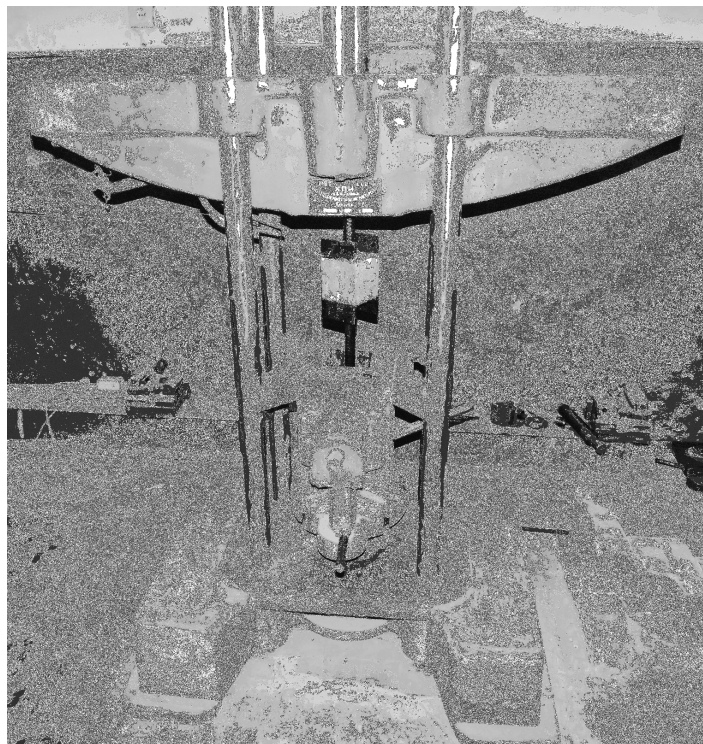
швелера від бруду та пилу в місцях контакту з бетонною сумішшю; 6) змішування компонентів акрилового клею та його нанесення на підготовлені стінки швелерів; 7) бетонування зразків після встановлення на вільних протилежних гранях майбутнього куба опалубки; 8) зняття опалубки та очищення зразків від зайвих напливів бетонної суміші; 9) нанесення лакофарбового шару на металеві поверхні.

**Таблиця 1 – Склад прийнятих акрилових клеїв для виготовлення зразків**

Номер складу	Витрати матеріалів, мас-частини		
	Полімерне в'язуче – акрилова пластмаса АСТ-Т		Наповнювач – кварцовий пісок з крупністю зерен 0,315 мм
	Полімер	Затверджувач	
1	100	100	-
2	100	100	200

Випробування проводилися при досягненні проектної міцності бетону у віці старше від 28 діб на дію центрального розтягу.

Дослідження виконувалися на дію короточасних навантажень у лабораторії кафедри ЗБіКК та ОМ ПолтНТУ на пресі УИМ-50 (рис. 2).



**Рисунок 2 – Випробування дослідних зразків на розтяг**

У результаті проведення випробувань було отримано значення несучої здатності для з'єднань на основі двох складів акрилового клею та з'єднань, що виникли за рахунок властивостей свіжоукладеної бетонної суміші (табл. 2).

**Таблиця 2 – Несуча здатність дослідних елементів**

Зразок		Несуча здатність, кН		Розбіжність, %
		осьовий розтяг бетону, $R_{bt}$ , МПа	клейове з'єднання, МПа	
Серія	№ з/п у серії			
P-1	1	2,04	0,06	-
	2		1,25	39
	3		1,71	16
P-2	1	2,75	0,08	-
	2		1,62	41
	3		2,11	23
P-3	1	3,39	0,12	-
	2		2,03	40
	3		2,94	13

В ідеальному випадку несуча здатність клейового з'єднання повинна бути не меншою, ніж міцність бетону на осьовий розтяг  $R_{bt}$ , яка отримана з емпіричної залежності від експериментальних значень кубикової міцності. Найвищу міцність мала клейова суміш №2 і розбіжність склала не більше 23%. Така неточність викликана частковим недотриманням технології влаштування клейових з'єднань, а саме нерівномірним розподілом клею по поверхні контакту та використанням клею в момент досягнення межі життєздатності суміші, що призвело до утворення «раковин» після затвердіння на межі клей-бетон (рис. 3).



**Рисунок 3 – Поверхня сталі (зліва) та бетону після руйнування**

У більшості випадків руйнування відбувалося по більш слабкій грані, де площа контакту була мінімальною, однак у деяких зразків спостерігався одночасний відрив обох граней, який супроводжувався характерним звуком. Також було зафіксовано, що клейова суміш № 1 мала краще зчеплення з бетоном, а суміш № 2 – зі сталлю. Ця особливість пояснюється хімічними властивостями обох клеїв.

**Висновок.** Прийнята методика випробувань довела свою доцільність під час досліджень. Це дозволило отримати необхідні експериментальні значення несучої здатності з необхідною точністю і виявити характер руйнування дослідних зразків. Як показали дослідження сталезалізобетонних елементів, у яких сумісна робота сталі та бетону забезпечується за допомогою склеювання, на всіх етапах завантаження в конструкціях із клейовими з'єднаннями на основі акрилового клею відповідного складу забезпечується їх сумісна робота до повного руйнування. Можна стверджувати, що при дотриманні всіх технологічних нюансів досягається максимальна міцність клейового з'єднання, що дорівнює міцності бетону на осьовий розтяг  $R_{bt}$ . У нашому випадку вдалося досягти розбіжності 13%. Ці обставини дозволяють говорити про можливість використання методу приклеювання свіжоукладеної бетонної суміші до сталі у будівництві.

#### *Література*

1. Золотов, М.С. Анкерні болти: конструкція, розрахунок, проектування / М.С. Золотов. – Харків: ХНАМГ, 2005. – 121 с.
2. Мельман, В.А. Использование акриловых клеев для соединения бетонных и железобетонных конструкций / В.А. Мельман, В.И. Торкатюк, Н.М. Золотова // Коммунальное хозяйство городов: Научн.-техн. сб. – К.: Техника, 2003. – Вып. 51. – С. 61 – 68.
3. Смолянинов, М.Ю. Несущая способность железобетонных элементов, усиленных акриловыми композициями, под действием статических нагрузок / М.Ю. Смолянинов // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2006. – Вып. 37. – С. 85 – 90.
4. Стороженко, Л.І. Сталезалізобетонні конструкції / Л.І. Стороженко, О.В. Семко, В.Ф. Пенц. – Полтава, 2005. – 181 с.
5. Стороженко, Л.І. Залізобетонні конструкції в незнімній опалубці / Л.І. Стороженко, О.І. Лапенко. – Полтава: АСМІ, 2008. – 312 с.

Надійшла до редакції 25.09.2013  
© Л.І. Стороженко, О.Г. Горб