

УДК 624.012.45

С. Д. Семенюк, И. И. Мельянцова, В. В. Башкиров

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, УСИЛЕННЫХ СТАЛЬНОЙ ОБОЙМОЙ

UDC 624.012.45

S. D. Semeniuk, I. I. Melyantsova, V. V. Bashkirov

THE METHODOLOGY OF EXPERIMENTAL RESEARCH INTO COMPRESSED REINFORCED CONCRETE ELEMENTS STRENGTHENED BY A STEEL HOLDER

Аннотация

Излагается методика экспериментальных исследований сжатых железобетонных элементов, усиленных стальной обоймой для построения трансформированных диаграмм деформирования бетона при трехосном сжатии при различных уровнях бокового обжатия, позволяющая определить наиболее рациональный способ такого усиления.

Ключевые слова:

бетон, колонна, стальная обойма, боковое обжатие, трёхосное сжатие, трансформированная диаграмма.

Abstract

This paper presents the methodology of experimental research of compressed reinforced concrete elements, strengthened by a steel holder, for constructing transformation diagrams of concrete deformation under triaxial compression at different levels of lateral compression. The proposed methods allow determining the most rational way of strengthening of compressed reinforced concrete elements by a steel holder at different levels of compression.

Key words:

concrete, column, steel holder, lateral compression, triaxial compression, transformation diagram.

Введение

Исследования прочности бетона в условиях действия многоосного сжатия проводятся уже давно. Первые масштабные и весьма тщательные исследования бетона при двухосном и трехосном сжатии были выполнены в 1928 г. F. Richart, A. Brandzaeg, R. Brown в Иллинойском университете. К настоящему времени накоплен значительный объем экспериментальных данных о прочности и деформациях бетона в условиях многоосного сжатия, свидетельствующих о положительном влиянии бокового обжатия бетона на его прочность. В связи с этим предлагается методика экспериментальных исследова-

ований сжатых железобетонных элементов, усиленных стальной обоймой для построения трансформированных диаграмм деформирования бетона при трехосном сжатии при различных уровнях бокового обжатия.

Методика проведения экспериментальных исследований

Бетонную смесь приготавливали в лабораторных условиях вручную. Составы дозировали по весу. Отформованные образцы, предназначенные для испытаний на сжатие, в течение четырех суток выдерживали в металлоформах, покрытых влажной тканью. Распа-

лубливание проводили на шестые сутки.

Состав исследуемого бетона: Ц : П : Щ = 1 : 2,1 : 4,2 при водоцементном отношении В / Ц = 0,55.

Для проведения испытаний стальная обойма проектировалась разборной двух видов: состоящая из вертикальных уголков размерами 50×50×5 мм и 32×32×4 мм. К уголкам приваривался швеллер № 6,5 с просверленным отверстием под стяжной болт с номинальным диаметром 16 мм. Для плотного прилегания уголков поверхность бетона по граням опытных образцов тщательно выравнивалась скалыванием неровностей и зачеканкой цементным раство-

ром. После устройства стальной обоймы болты стягивались с различными значениями усилия обжатия для контроля увеличения несущей способности образцов при различных его уровнях.

Образцы колонн с размерами 150×150×600 мм армировались симметрично четырьмя продольными арматурными стержнями диаметром 12 мм класса S400. В качестве поперечной была принята арматура класса S500 диаметром 6 мм с шагом 140 мм.

Испытание усиленных стальной обоймой призм, а также схемы усиления опытных образцов представлены на рис. 1 и 2.

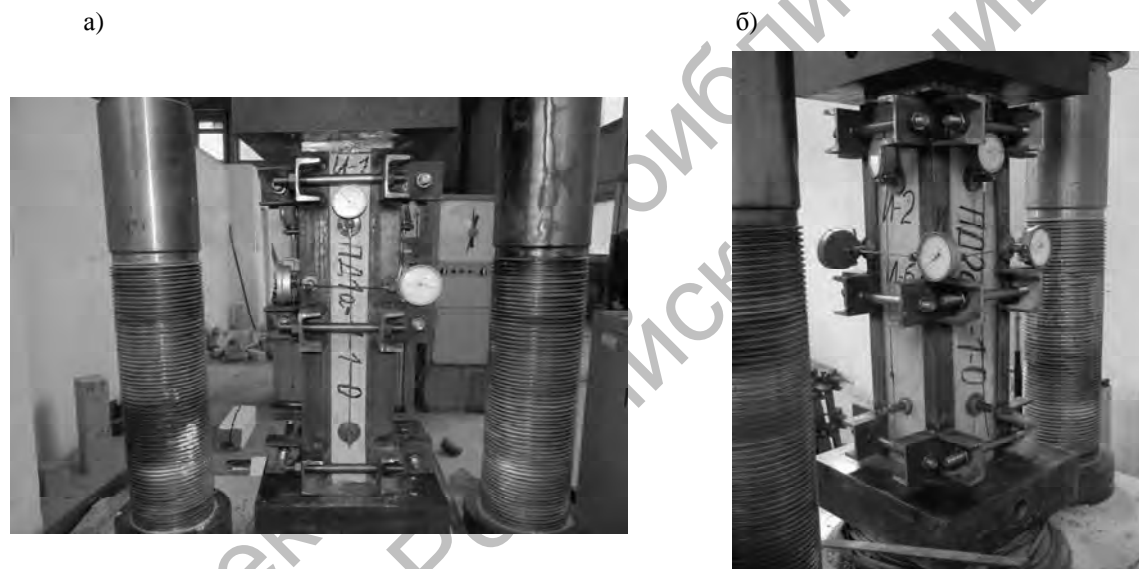


Рис. 1. Испытание усиленных стальной обоймой призм на сжатие: а – из уголков 50×50×5 мм; б – из уголков 32×32×4 мм

Для проведения испытаний были запроектированы бетонные и железобетонные образцы, количество и исследуемые факторы которых представлены в табл. 1.

В последующих сериях экспериментальных исследований планируется испытать призмные образцы для построения трансформированных диаграмм деформирования бетона при трехосном сжатии при уровнях бокового обжатия $\sigma_2^{\text{нач}} = \sigma_3^{\text{нач}} = 5$ МПа

и $\sigma_2^{\text{нач}} = \sigma_3^{\text{нач}} = 10$ МПа.

Заключение

Таким образом, предлагаемая методика позволит определить самый рациональный способ усиления сжатых железобетонных элементов стальной обоймой при различных уровнях обжатия с оптимальным шагом соединительных планок для наиболее полного использования прочностных характеристик стальной обоймы и бетона.

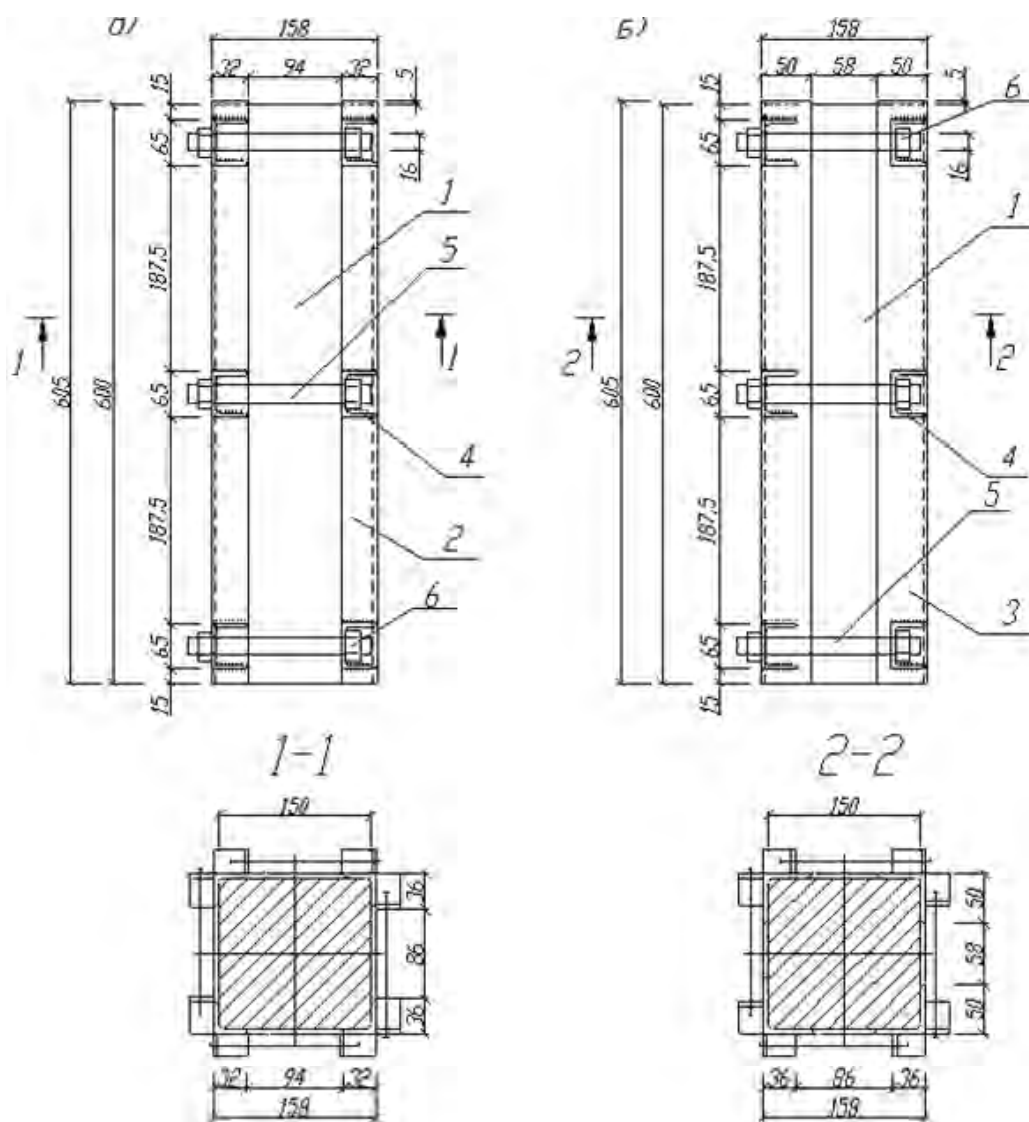


Рис. 2. Усиление опытных образцов колонн стальной обоймой: а – из уголков 32×32×4 мм; б – из уголков 50×50×5 мм; 1 – усиливаемый элемент; 2 – уголок усиления 32×32×4 мм; 3 – уголок усиления 50×50×5 мм; 4 – швеллер 65×60×4,4 мм; 5 – стяжной болт М16; 6 – гайка М16

Табл. 1. Характеристика и количество опытных образцов

Номер серии	Маркировка образцов	Характеристика и размеры опытных образцов, мм	Количество, шт.	Исследуемый фактор
1	2	3	4	5
	K1-K9	Бетонные кубы 150×150×150	9	Кубиковая прочность бетона в возрасте 28 сут при однократном центральном сжатии

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
1 – образцы с гибкостью ветви $\lambda_b = 21,4$ и $\lambda_b = 20,6$ для построения трансформированных диаграмм деформирования бетона при ограничении поперечных деформаций стальной обоймы; начальное обжатие в поперечных направлениях отсутствует	ПД-1-1 ПД-1-2	Бетонные призмы $150 \times 150 \times 600$	2	Прочностные и деформативные характеристики бетона в возрасте 28 сут при однократном центральном сжатии
	ПДа-1-1 ПДа-1-2	Железобетонные призмы $150 \times 150 \times 600$	2	Прочностные и деформативные характеристики железобетона в возрасте 28 сут при однократном центральном сжатии
	ПД1-1-1-0 ПД1-1-2-0	Бетонные образцы $150 \times 150 \times 600$ в стальной обойме из четырех уголков 50×5 мм при $\sigma_2^{\text{нач}} = \sigma_3^{\text{нач}} = 0$	2	Прочность и деформации бетона при трехосном сжатии к построению трансформированных диаграмм к зависимостям σ - ϵ
	ПД1а-1-1-0 ПД1а-1-2-0	Железобетонные образцы $150 \times 150 \times 600$ в стальной обойме из четырех уголков 50×5 мм при $\sigma_2^{\text{нач}} = \sigma_3^{\text{нач}} = 0$	2	Прочность и деформации железобетона при трехосном сжатии к построению трансформированных диаграмм к зависимостям σ - ϵ
	ПД2-1-1-0 ПД2-1-2-0	Бетонные образцы $150 \times 150 \times 600$ в стальной обойме из четырех уголков 32×4 мм при $\sigma_2^{\text{нач}} = \sigma_3^{\text{нач}} = 0$	2	Прочность и деформации бетона при трехосном сжатии к построению трансформированных диаграмм к зависимостям σ - ϵ
	ПД2а-1-1-0 ПД2а-1-2-0	Железобетонные образцы $150 \times 150 \times 600$ в стальной обойме из четырех уголков 32×4 мм при $\sigma_2^{\text{нач}} = \sigma_3^{\text{нач}} = 0$	2	Прочность и деформации железобетона при трехосном сжатии к построению трансформированных диаграмм к зависимостям σ - ϵ
<p>Всего в 1-й серии было испытано 9 кубов, 6 бетонных и 6 железобетонных образцов</p> <p>Примечание – В маркировке ПД1а-1-2-0: П-призма, Д-деформативные характеристики, 1а-армированная, усиленная стальной обоймой из уголков 50×5 мм; 1 – номер серии; 2 – номер образца; 0 – величина обжатия, МПа; ПД1а-1-2-0: П – призма; Д – деформативные характеристики; 1а – армированная, усиленная стальной обоймой из уголков 32×4 мм; 1 – номер серии; 2 – номер образца; 0 – величина обжатия, МПа</p>				

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
2 – образцы с гибкостью ветви $\lambda_b = 39,8$ и $\lambda_b = 34,9$ для построения трансформированных диаграмм деформирования бетона при ограничении поперечных деформаций стальной обоймы; начальное обжатие в поперечных направлениях отсутствует	К1-К9	Бетонные кубы $150 \times 150 \times 150$	9	Кубиковая прочность бетона в возрасте 28 сут при однократном центральном сжатии
	ПД-2-1 ПД-2-2	Бетонные призмы $150 \times 150 \times 600$	2	Прочностные и деформативные характеристики бетона в возрасте 28 сут при однократном центральном сжатии
	ПДа-2-1 ПДа-2-2	Железобетонные призмы $150 \times 150 \times 600$	2	Прочностные и деформативные характеристики железобетона в возрасте 28 сут при однократном центральном сжатии
	ПД1-2-1-0 ПД1-2-2-0	Бетонные образцы $150 \times 150 \times 600$ в стальной обойме из четырех уголков 50×5 мм при $\sigma_2^{\text{нач}} = \sigma_3^{\text{нач}} = 0$	2	Прочность и деформации бетона при трехосном сжатии к построению трансформированных диаграмм к зависимостям σ - ϵ
	ПД1а-2-1-0 ПД1а-2-2-0	Железобетонные образцы $150 \times 150 \times 600$ в стальной обойме из четырех уголков 50×5 мм при $\sigma_2^{\text{нач}} = \sigma_3^{\text{нач}} = 0$	2	Прочность и деформации железобетона при трехосном сжатии к построению трансформированных диаграмм к зависимостям σ - ϵ
	ПД2-2-1-0 ПД2-2-2-0	Бетонные образцы $150 \times 150 \times 600$ в стальной обойме из четырех уголков 32×4 мм при $\sigma_2^{\text{нач}} = \sigma_3^{\text{нач}} = 0$	2	Прочность и деформации бетона при трехосном сжатии к построению трансформированных диаграмм к зависимостям σ - ϵ
	ПД2а-2-1-0 ПД2а-2-2-0	Железобетонные образцы $150 \times 150 \times 600$ в стальной обойме из четырех уголков 32×4 мм при $\sigma_2^{\text{нач}} = \sigma_3^{\text{нач}} = 0$	2	Прочность и деформации железобетона при трехосном сжатии к построению трансформированных диаграмм к зависимостям σ - ϵ
Всего во 2-й серии было испытано 9 кубов, 6 бетонных и 6 железобетонных образцов				

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
3 – образцы с гибкостью ветви $\lambda_{\text{в}} = 13,3$ и $\lambda_{\text{в}} = 13,5$ для построения трансформированных диаграмм деформирования бетона при ограничении поперечных деформаций стальной обоймы; начальное обжатие в поперечных направлениях отсутствует	K1-K9	Бетонные кубы 150×150×150	9	Кубиковая прочность бетона в возрасте 28 сут при однократном центральном сжатии
	ПД-3-1 ПД-3-2	Бетонные призмы 150×150×600	2	Прочностные и деформативные характеристики бетона в возрасте 28 сут при однократном центральном сжатии
	ПДа-3-1 ПДа-3-2	Железобетонные призмы 150×150×600	2	Прочностные и деформативные характеристики железобетона в возрасте 28 сут при однократном центральном сжатии
	ПД1-3-1-0 ПД1-3-2-0	Бетонные образцы 150×150×600 в стальной обойме из четырех уголков 50×5 мм при $\sigma_2^{\text{нач}} = \sigma_3^{\text{нач}} = 0$	2	Прочность и деформации бетона при трехосном сжатии к построению трансформированных диаграмм к зависимостям σ - ϵ
	ПД1а-3-1-0 ПД1а-3-2-0	Железобетонные образцы 150×150×600 в стальной обойме из четырех уголков 50×5 мм при $\sigma_2^{\text{нач}} = \sigma_3^{\text{нач}} = 0$	2	Прочность и деформации железобетона при трехосном сжатии к построению трансформированных диаграмм к зависимостям σ - ϵ
	ПД2-3-1-0 ПД2-3-2-0	Бетонные образцы 150×150×600 в стальной обойме из четырех уголков 32×4 мм при $\sigma_2^{\text{нач}} = \sigma_3^{\text{нач}} = 0$	2	Прочность и деформации бетона при трехосном сжатии к построению трансформированных диаграмм к зависимостям σ - ϵ
ПД2а-3-1-0 ПД2а-3-2-0	Железобетонные образцы 150×150×600 в стальной обойме из четырех уголков 32×4 мм при $\sigma_2^{\text{нач}} = \sigma_3^{\text{нач}} = 0$	2	Прочность и деформации железобетона при трехосном сжатии к построению трансформированных диаграмм к зависимостям σ - ϵ	
Всего в 3-й серии было испытано 9 кубов, 6 бетонных и 6 железобетонных образцов				

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тур, В. В. Прочность и деформации бетона в расчетах конструкций : монография / В. В. Тур, Н. А. Рак. – Брест : Изд-во БГТУ, 2003. – 252 с.
2. Семенюк, С. Д. Восстановление эксплуатационных качеств железобетонных колонн при помощи стальной обоймы / С. Д. Семенюк, И. И. Мельянцова // Ресурсоэкономні матеріали, конструкції, будовлі та споруди : зб. наук. пр. – Рівне, 2012. – Вип. 24. – С. 31–39.
3. Онуфриев, Н. М. Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений / Н. М. Онуфриев. – М. : Стройиздат, 1965. – 342 с.
4. Литвинов, И. М. Усиление и восстановление железобетонных конструкций / И. М. Литвинов. – М.-Л. : Стройиздат Наркомстроя, 1942. – 96 с.
5. Пецольд, Т. М. Расчёт усиления железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений / Т. М. Пецольд, Д. Н. Лазовский // Бетон и железобетон. – 1999. – № 1. – С. 11–14.

6. **Мальганов, А. И.** Усиление железобетонных и каменных конструкций зданий и сооружений / А. И. Мальганов, В. С. Плевков, А. И. Полищук. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 1989. – 88 с.

7. **Хило, Е. Р.** Усиление железобетонных конструкций / Е. Р. Хило, Б. С. Попович. – Львов : Вища шк., 1985. – 155 с.

8. **Лазовский, Д. Н.** Усиление железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений / Д. Н. Лазовский. – Новополоцк : ПГУ, 1998. – 240 с. : ил.

Статья сдана в редакцию 11 марта 2013 года

Славик Денисович Семенюк, д-р техн. наук, зав. кафедрой, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-297-43-38-72.

Ирина Игоревна Мельянцова, аспирант, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-297-48-07-07.

Василий Владимирович Башкиров, студент, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-295-47-20-74.

Slavik Denisovich Semeniuk, DSc (Engineering), Belarusian-Russian University. Tel.: +375-297-43-38-72.

Iryna Igorevna Melyantsova, PhD student, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-297-48-07-07.

Vasily Vladimirovich Bashkirov, student, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-295-47-20-74.