

Рисунок 2 – Диаграммы деформирования опытных образцов

Заключение. Анализируя полученные результаты испытаний, можно сделать следующие выводы:

1. Поперечное армирование каменных столбов позволяет увеличить их прочность практически в 2,5 раза за счет создания сетчатым армированием эффекта «обоймы». Относительные деформации армированной кладки в момент трещинообразования возрастают не менее чем в 2 раза.
2. Пересечения стержней сеток с прямоугольной ячейкой являются жесткими опорами и концентраторами напряжений, они являются одной из основных причин образования трещин.
3. Армирование спиральными сетками дает возможность использования арматуры больших диаметров, уменьшения концентраторов напряжений, отсутствует необходимость укладки сеток поочередно с поворотом на 90° (по сравнению с сетками «зигзаг»).

Список цитированных источников

1. Франивский, А. Архитектурные и конструкторно-технологические возможности керамического кирпича в современном строительстве / Франивский А. // Будмайстер. – 2001. – № 13 – С. 16–19.
2. Золотов, С. Кирпич не сдает позиций / С. Золотов // Строительство и недвижимость. – 2007. – № 19.
3. Довгалюк, В.И. Соединения сборных железобетонных каркасных конструкций зданий / В.И. Довгалюк. – М.: ВНИИТПИ, 1989. – 60 с. – (Обзорная информация. Серия «Строительные конструкции», выпуск 5).
4. Гринев, В.Д., Яско, Я.А., Гринев, В.В. Спиральные сетки для поперечного армирования каменной кладки // Архитектура и строительство. – Минск, 2003. – №1 (155). – С. 62–63.

УДК 624.012.45:691.5

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СТАЛЕТРУБОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ЯДРОМ ИЗ БЕТОНА НА НАПРЯГАЮЩЕМ ЦЕМЕНТЕ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ СЖАТИИ

Бондаренко В.М.

Введение. Для обеспечения совместности поперечных деформаций бетонного ядра и стальной оболочки сталетрубобетонных элементов при центральном сжатии предлагается ряд мероприятий конструктивно-технологического характера [1-3], направленных на создания предварительных растягивающих напряжений в сталь-

ной оболочке. При этом в доступных для анализа источниках [1–6], посвященных расчету прочности центрально сжатых предварительно напряженных сталетрубо-бетонных элементов, отсутствуют решения, в которых непосредственно учитывается величина обжатия ядра в предельной стадии, полученная за счет предварительного напряжения.

По этой причине предложена новая методика расчета прочности таких элементов [7,8], при построении которой одной из предпосылок является то, что в предельной стадии взаимодействие бетонного ядра и стальной оболочки обуславливается двумя параллельными процессами – это распор ядра, возникающий от дилатационного эффекта, и давление ядра вследствие предварительного обжатия бетона.

Для получения собственных экспериментальных данных и последующей оценки эффективности предложенной расчетной методики [7,8] выполнено экспериментальное исследование собственных деформаций сталетрубобетонных элементов с ядром из бетона на напрягающем цементе [9], а также экспериментальное исследование прочности при центральной сжатии данных элементов, методика и результаты которого представлены ниже.

1 Методика экспериментального исследования. Для экспериментального исследования был изготовлен напрягающий цемент, представляющий собой смесь портландцемента марки М500 Д0 с комплексной расширяющейся добавкой [9]. В качестве расширяющейся добавки использовалась смесь глиноземистого цемента марки ГЦ-40, двухводного гипса и расширяющегося сульфоалюминатного модификатора (РСАМ) [10]. Массовые соотношения компонентов напрягающих цемента, использованных в экспериментальном исследовании, приведены в таблице 1.

Для приготовления бетонной смеси в качестве мелкого заполнителя использовался песок с модулем крупности $M_k = 2,32$, а в качестве крупного заполнителя – гранитный щебень фракции 5..20 мм.

Расход напрягающего цемента назначался таким образом, чтобы получить бетоны с разными показателями расширения. Составы бетонных смесей, рассчитанные в соответствии с рекомендациями [11], приведены в таблице 2.

Одновременно в экспериментальном исследовании использовались и традиционные бетоны на портландцементе, составы которых представлены в таблице 3.

Для достижения требуемой подвижности бетонных смесей в качестве пластификатора применен гиперпластификатор ГП-1 [12], относящийся к разряду поликарбоксилатных (см. таблицы 2 и 3).

Таблица 1 – Массовые соотношения компонентов напрягающих цемента

Марка цемента	Массовое содержание компонентов, %			
	Портландцемент М500 Д0 (ПЦ)	Глиноземистый цемент (ГЦ)	Гипс (Г)	РСАМ
НЦ1	63	15	12	10
НЦ2	72	11	9	8

Таблица 2 – Составы бетонных смесей на напрягающем цементе

Марка бетонной смеси	Расход сырьевых материалов на 1 м ³ бетонной смеси						
	Вязущее		Песок, кг	Щебень, кг	В/Вяз	Вода, л	ГП-1, л
	Марка	Расход, кг					
НБ1	НЦ1	664	550	900	0,43	282	5,08
НБ2	НЦ1	480	650	1010	0,45	213,5	3,67
НБ3	НЦ2	664	550	900	0,43	282	5,08

Таблица 3 – Составы бетонных смесей на портландцементе

Марка бетонной смеси	Расход сырьевых материалов на 1 м ³ бетонной смеси						
	Вяжущее		Песок, кг	Щебень, кг	В/Вяж	Вода, л	ГП-1, л
	Марка	Расход, кг					
Б1	ПЦ	664	550	900	0,43	282	5,08
Б2	ПЦ	390	700	1130	0,45	173,4	2,98

Для изготовления сталетрубобетонных элементов используются тонкостенные электросварные прямошовные трубы, изготовленные из углеродистой стали обыкновенного качества с пределом текучести 240 МПа. Трубы имеют внутренний диаметр 200 мм, толщину стенки 1; 1,5; 2 мм и длину 600 мм (см. рисунок 1а).

Экспериментальная серия включает 33 образца (по три "образца-близнеца" для каждой марки напрягающего бетона и по одному для обычного бетона, см. таблицу 4).

Для измерения продольных и тангенциальных деформаций оболочек сталетрубобетонных элементов в процессе нагружения использовались тензорезисторы с базой 20 мм, наклеенные в соответствующих направлениях. По высоте элементов тензорезисторы наклеивались в трех уровнях – по центру и на расстоянии 100 мм от торцов, а в поперечном направлении – через 120°. Таким образом, деформации образца измерялись с помощью 18 тензорезисторов (по 9 тензорезисторов для каждого из направлений) (см. рисунок 1б).

Следует отметить, что наклеивание тензорезисторов осуществлялось до бетонирования элементов для определения собственных деформаций на стадии твердения бетона [9].

Параллельно в процессе нагружения определялись абсолютные продольные деформации элементов по четырем образующим с помощью индикаторов часового типа (см. рисунок 1в). Цена деления индикаторов 0,01 мм, диапазоном измерений 0-10 мм. База измерения продольных деформаций элементов механическим способом составляла 300 мм.

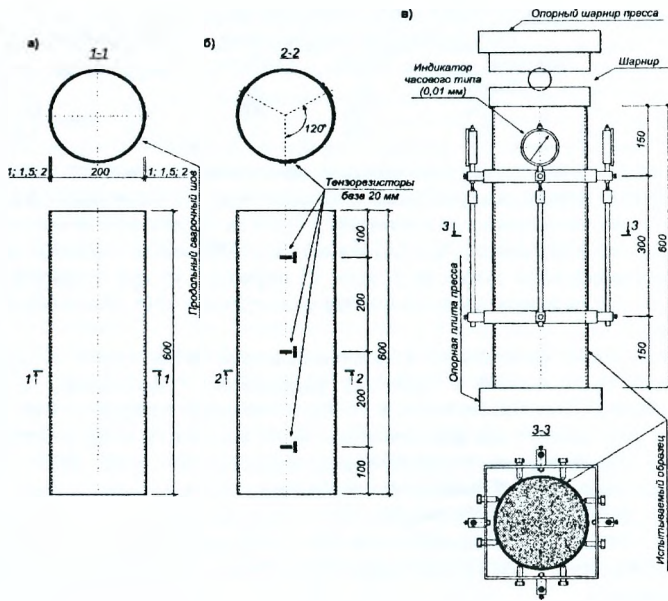
Возраст элементов при испытании составлял 60-70 суток. Испытание элементов производилось на гидравлическом прессе П-250 с передачей нагрузки на все поперечное сечение. Центрирование образцов выполнялось по геометрическим осям нижней плиты пресса и контролировалось на начальных этапах нагружения путем сопоставления продольных деформаций по образующим, вдоль которых они определялись.

Для определения ступеней нагружения предварительно оценивалась теоретическая предельная нагрузка N_u . Нагружение всех элементов проводилось ступенями по 0,1 N_u до величины 0,7 N_u , а затем – по 0,05 N_u .

Время выдержки элементов на каждой ступени составляло 5 минут. Отсчеты по тензорезисторам и индикаторам снимались дважды: непосредственно после приложения нагрузки и после выдержки под нагрузкой.

Для серий I-IX, с целью определения прочности на сжатие ядра из напрягающего бетона, с одного из трех элементов срезалась оболочка, и испытанию подвергалось только ядро.

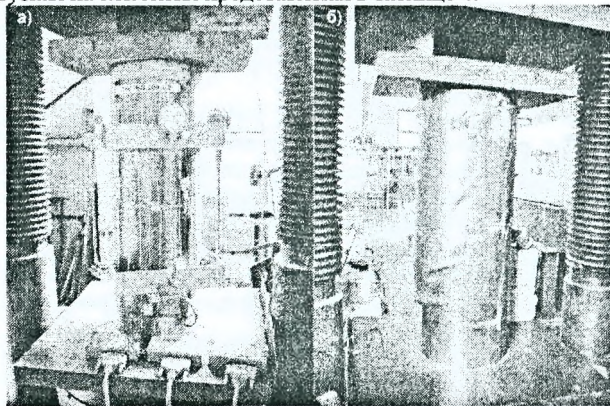
Одновременно с изготовлением сталетрубобетонных элементов выполнялось бетонирование контрольных образцов для определения величины самонапряжения напрягающих бетонов и их механических характеристик. Результаты испытаний контрольных образцов, а также данные о собственных деформациях сталетрубобетонных элементов приведены в работе [9].



- а) геометрические параметры оболочек;
 б) схема расположения тензорезисторов на поверхности оболочек;
 в) схема испытания

Рисунок 1 – Конструкция опытных образцов и схема испытания

2 Результаты экспериментального исследования. Общий вид сталетрубо-бетонных элементов до и после испытания показан на рисунке 2, а данные о предельных нагрузках на элементы представлены в таблице 4.



- а) до приложения нагрузки;
 б) после разрушения

Рисунок 2 – Общий вид элементов при испытании

Таблица 4 – Основные характеристики экспериментальных образцов и результаты испытания

Номер серии	Марка образца	Размеры, мм	Марка бетона	Предельная нагрузка, кН
I	СНСТБЭ 200.1-1	$\varnothing 200; t = 1; l = 600$	НБ1	1462
	СНСТБЭ 200.1-2			1847
	СНСТБЭ 200.1-3			1848
II	СНСТБЭ 200.1,5-1	$\varnothing 200; t = 1,5; l = 600$	НБ1	1463
	СНСТБЭ 200.1,5-2			1803
	СНСТБЭ 200.1,5-3			1849
III	СНСТБЭ 200.2-1	$\varnothing 200; t = 2; l = 600$	НБ1	2265
	СНСТБЭ 200.2-2			2490
	СНСТБЭ 200.2-3			2490
IV	СНСТБЭ 200.1-4	$\varnothing 200; t = 1; l = 600$	НБ2	1602
	СНСТБЭ 200.1-5			1620
	СНСТБЭ 200.1-6			1461
V	СНСТБЭ 200.1,5-4	$\varnothing 200; t = 1,5; l = 600$	НБ2	1705
	СНСТБЭ 200.1,5-5			1697
	СНСТБЭ 200.1,5-6			1492
VI	СНСТБЭ 200.2-4	$\varnothing 200; t = 2; l = 600$	НБ2	2053
	СНСТБЭ 200.2-5			1951
	СНСТБЭ 200.2-6			1425
VII	СНСТБЭ 200.1-7	$\varnothing 200; t = 1; l = 600$	НБ3	2092
	СНСТБЭ 200.1-8			2098
	СНСТБЭ 200.1-9			1695
VIII	СНСТБЭ 200.1,5-7	$\varnothing 200; t = 1,5; l = 600$	НБ3	2301
	СНСТБЭ 200.1,5-8			2106
	СНСТБЭ 200.1,5-9			1692
IX	СНСТБЭ 200.2-7	$\varnothing 200; t = 2; l = 600$	НБ3	2477
	СНСТБЭ 200.2-8			2475
	СНСТБЭ 200.2-9			1738
X	СТБЭ 200.1-1	$\varnothing 200; t = 1; l = 600$	Б1	1952
	СТБЭ 200.1,5-1			2295
	СТБЭ 200.2-1			2490
XI	СТБЭ 200.1-2	$\varnothing 200; t = 1; l = 600$	Б2	1488
	СТБЭ 200.1,5-2			1504
	СТБЭ 200.2-2			1790

Примечание: Жирным шрифтом выделены результаты испытания бетонных ядер элементов

Заключение. Выполненный комплекс экспериментальных исследований по определению собственных деформаций и напряжений сталебуробетонных элементов на стадии твердения напрягающего бетона [9], а также результаты исследования поведения данных элементов под нагрузкой позволят оценить эффективность предложенной методики по расчету прочности предварительно напряженных сталебуробетонных элементов [7,8]. Важными для этого являются и другие экспериментальные данные в этой области, полученные рядом авторов [1–6].

Список цитированных источников

1. Мартиросов, Г.М. Трубобетонные элементы из бетона на напрягающем цементе / Г.М. Мартиросов, А.И. Шахворостов // Бетон и железобетон. – 2001. – № 4. – С. 12–13.
2. Кришан, А.Л. Сталебуробетонные колонны с предварительно обжатым ядром / А.Л. Кришан, М.Ш. Гареев, А.И. Сагалатов // Бетон и железобетон. – 2004. – № 6. – С. 9–13.
3. Сахаров, А.А. Несущая способность трубобетонных элементов с бетоном, твердеющим под давлением: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / А.А. Сахаров; Самар. гос. арх.-строй. акад. – Самара, 1999. – 23 с.
4. Гареев, М.Ш. Прочность сжатых сталебуробетонных элементов с предварительно обжатым ядром: дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / М.Ш. Гареев. – Магнитогорск, 2004. – 161 с.

5. Сагадатов, А.И. Напряженно-деформированное состояние сжатых трубобетонных элементов с внутренним стальным сердечником: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / А.И. Сагадатов; Магнитогор. гос. техн. ун-т. им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2006. – 22 с.

6. Кузнецов, К.С. Прочность трубобетонных колонн с предварительно обжатым ядром из высокопрочного бетона: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / К.С. Кузнецов; Магнитогор. гос. техн. ун-т. им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2007. – 19 с.

7. Бондаренко, В.М. Исследование и разработка общей методики расчета трубобетонных элементов с ядром из бетона на напрягающем цементе / В.М. Бондаренко // Проблемы безопасности на транспорте: материалы междунар. науч.-практ. конф.; под общ. ред. В.И. Сенько. – Гомель: БелГУТ, 2007. – С. 242–244.

8. Бондаренко, В.М. Расчет прочности сталебетонных элементов с ядром из бетона на напрягающем цементе при центральной сжатии / В.М. Бондаренко, Л.К. Лукша // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: сб. тр. XV междунар. науч.-метод. семинара: в 2-х т.; под общ. ред. Д.П. Лазовского, А.А. Холько. Новополоцк, ПГУ, 27–28 ноября 2008 г. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – Т. I. – С. 206–214.

9. Бондаренко, В.М. Применение бетонов на напрягающем цементе при изготовлении сталебетонных элементов / В.М. Бондаренко, И.П. Павлова // Вестник БрГТУ. Строительство и архитектура. – Брест: БрГТУ, 2009.

10. Протыко, Н.С. Свойства и особенности применения расширяющей добавки РСАМ в технологии бетона и растворов / Н.С. Протыко // Строительная наука и техника. 2007. – № 5. – С. 123–130.

11. Рекомендации по проектированию составов бетонов с компенсированной усадкой или самоуплотнением. – Брест: БГТУ, 2005. – 13 с.

12. Калиновская, Н.Н. Технологические свойства, прочность и эффективное применение бетона, модифицированного гиперпластификатором ГП-1 / Н.Н. Калиновская // Строительная наука и техника. – 2007. – № 5. – С. 74–83.

УДК 624.014.001.24 (476.7)

РАБОТА СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ СИСТЕМЫ «БрГТУ» В ПРЕДЕЛАХ И ЗА ПРЕДЕЛАМИ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ

Люстибер В.В.

Введение. При расчете металлических конструкций особое внимание необходимо уделять вопросу устойчивости всей конструкции в целом, а также отдельных ее стержней. От того, насколько велика разница между значением расчетной длины сжатого элемента, вычисленным по действующим нормам, и значением действительной расчетной длины стержня, входящего в состав конструкции, в значительной степени зависит надежность и экономичность предлагаемой конструкции. Рассматриваемая проблема особенно актуальна для «новых» конструкций, получивших внедрение в практику строительства сравнительно недавно, к коим, безусловно, относится и металлическая стержневая конструкция системы «БрГТУ».

Учитывая вышесказанное, была поставлена цель – оценка надежности конструкций системы «БрГТУ» исходя из величины запасов, заложенных при расчете сжатых стержней по действующим нормам.

Ниже впервые представлены основные результаты исследований работы сжатых стержней системы «БрГТУ» в пределах и за пределами упругих деформаций, включающие также и выводы, сделанные при изучении явления потери устойчивости сжатых стержней системы «БрГТУ» в области упругопластических деформаций.