

1 Бедов А.И., Горбатов С.В., Чистяков В.А., Сасонко Л.В., Шприц Е.С. Исследование плит на пролет типа ПСП размером 3x18 м /Бетон и железобетон-1989.- №5.- с. 18-20.

2 Гениев, Г.А. О динамических эффектах в стержневых системах из физически нелинейных хрупких материалов / Промышленное и гражданское строительство – 1999. - №9. – С.23-24.

3 Гениев, Г.А. Прочность и деформативность железобетонных конструкций при запроектных воздействиях: Научное издание / Г.А. Гениев, В.И. Колчунов, Н.В. Ключева, А.И. Никулин, К.П. Пятикрестовский – М.:АСВ, 2004. - 216с.

4 Парфенов, С.Г. Конечно-элементный анализ живучести пространственных складчатых систем на ЭВМ [Текст] /С.Г. Парфенов, М.Ю. Прокуров, Д.Ю. Пикин // Известия ОрелГТУ, 2007. Серия «Строительство. Транспорт».- Орел: ОрелГТУ, 2007. - № 4. – С.52-54.

5 Парфенов, С.Г. Анализ живучести пространственной складчатой системы при внезапном запроектном воздействии [Текст]/ С.Г.Парфенов, М.Ю.Прокуров, Д.Ю.Пикин// Сборник научных трудов «Современные строительные конструкции из металла и древесины». - Одесса: ОГАСА, 2008 г.

3.13 ПРОЧНОСТЬ СЖАТЫХ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ БЕТОННЫХ ВИБРОПРЕСОВАННЫХ ПУСТОТНЫХ КАМНЕЙ

Попков Ю.В., Гринёв В.В. (ПГУ, г.Новополоцк, Беларусь)

Представлены результаты исследований прочности сборно-монолитных конструкций, созданных на основе пустотных бетонных камней. Описан характер разрушения полых образцов и образцов с бетонным заполнением. Разработаны предложения к расчету прочности рассматриваемых конструкций с использованием диаграмм деформирования кладки и бетона заполнения.

Пустотные вибропрессованные бетонные камни используются преимущественно при малоэтажном строительстве в составе кладки несущих и ограждающих конструкций [1]. При этом в неполной мере используются конструктивные особенности камней. Наличие вертикальных пустот в кладке конструкций из этих изделий позволяет предположить возможность повышения несущей способности элементов зданий и сооружений в случае заполнения полостей монолитным бетоном или железобетоном. Такая технология исключает необходимость использования опалубочных форм и в сочетании с литьевой технологией бетонирования позволяет создавать конструктивные системы строительных объектов повышенной прочности и жесткости.

Идея заполнения пустот кладки из камней бетонной смесью с целью получения комплексной сборно-монолитной конструкции, обладающей повы-

шенной прочностью при сжатии, известна и достаточно широко применяется в строительстве США и стран Западной Европы (рисунок 1).

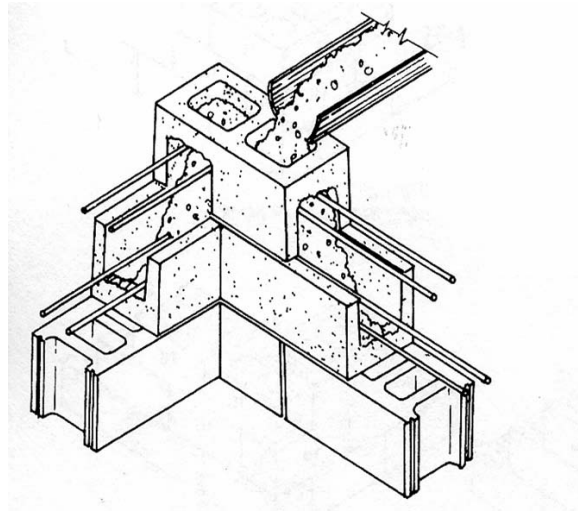


Рисунок 1 -Комплексная сборно-монолитная конструкция на основе вибропрессованных бетонных камней

В нормативной литературе не имеется необходимых сведений для проектирования комплексных конструкций, что свидетельствует о том, что вопросы их прочности мало изучены [2,3,6,9]. Отсутствие достаточной опытно-экспериментальной и нормативной базы проектирования комплексных сборно-монолитных бетонных и железобетонных конструкций на основе кладок из вибропрессованных пустотных камней сдерживает более широкие перспективы развития строительного комплекса в этом направлении. Рассматриваемые элементы представляют собой комплексную конструкцию, состоящую из материалов, значительно отличающихся по структурным и механическим характеристикам при совместном деформировании под действием внешней нагрузки.

С целью разработки предложений к расчету прочности проведены экспериментально-теоретические исследования сжатых комплексных бетонных конструкций на основе кладки из бетонных вибропрессованных камней.

Для получения опытных данных о работе таких конструкций изготовлены серии опытных образцов-призм в виде четырех рядов кладки из пустотных бетонных камней на цементно-песчаном растворе (рисунок 2).

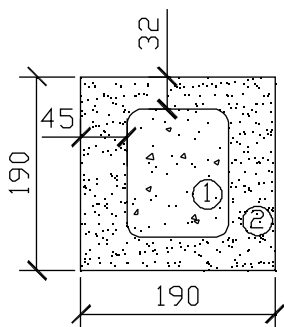


Рисунок 2 - Сечение опытных образцов: 1- бетон заполнения; 2-вибропресованный бетонный камень

После набора прочности раствора швов, пустоты кладки заполнялись литой бетонной смесью без последующего уплотнения. Применение разных составов в бетоне предусматривало исследование возможного влияния тех или иных компонентов на прочность конструкции. Прочность бетона и раствора определена испытанием стандартных образцов, в виде кубов и призм. В качестве контрольной, служила серия образцов с незаполненными бетоном пустотами (таблица 1).

Таблица 1 - Характеристики опытных образцов

№ п/п	Шифр серии образца	Прочность бетона камней, МПа	Прочность раствора швов, МПа	Состав бетонной смеси заполнения на 1 м ³ , кг.							Прочность бетона замонolithивания, МПа	Прочность образцов N _{Kd} , кН
				Цемент М500	Песок средней крупности	Вода	Гранитный щебень фр. 5-10	Минеральный порошок	Расширяющая добавка РСАМ	Пластификатор С-3		
1	K ₆ -1	27.2	9.7	230	870	160	1040	70	--	1,8	14.0	780
2	K ₆ -2			300	780	165	1040	90	--	2,34	19.5	820
3	K ₆ -3			370	740	170	1000	110	--	2,88	26.5	900
4	K ₆ -4			420	1530	210	--	120	--	3,24	17.0	855
5	K ₆ -5			360	800	175	1000	--	60	2,52	19.0	850
6	K ₆ -6			450	1610	215	-	--	60	3,06	22.0	840
7	K ₆ -7			--	--	--	--	--	--	--	--	--

Примечание. Изготовлено и испытано по 3 образца каждой серии.

Испытание образцов после набора прочности в естественных лабораторных условиях проводились в возрасте не менее 28 суток на гидравлическом прессе П-125 при общепринятом ступенчатом кратковременном режиме нагружения (рисунок 3).

На каждом уровне нагрузки проводились измерения на базе 600мм средних продольных деформаций механическими индикаторными тензometрами с ценой деления 0.01мм, поперечных деформаций на базе 100мм индикаторными тензometрами с ценой деления 0.001мм, продольных деформаций шва кладки и бетонного блока тензometрами Гугенбергера на базе 20мм, а также времени прохождения ультразвуковых колебаний при поперечном прозвучивании прибором УК-10ПМС.



Рисунок 3 - Общий вид испытаний

Анализ результатов испытаний позволил выявить следующие особенности работы опытных образцов.

Разрушение кладки из камней, не заполненных бетоном, происходило хрупко, в результате образования в околошовной зоне и быстрого распространения вертикальных трещин разрыва камней в поперечном направлении до проявления какой-либо, поддающейся измерению, неупругой деформации. Кривая “нагрузка – средние продольные деформации” имеет слабовыраженную плавную зависимость, близкую к прямой. Продольные деформации сжатого шва имеют предельные значения, в 7...8 раз превышающие продольные деформации, измеренные на поверхности бетонных камней. Кроме того, на уровне нагрузки, составляющей 0.4...0.45 от разрушающей, наблюдаются точки излома зависимости деформирования, и переход в нелинейную область напряженного состояния. Диаграмма деформирования средней части бетонных камней имеет очертание, близкое к прямой во всем диапазоне нагружения до разрушения.

Переход в стадию разрушения комплексных образцов, заполненных бетоном, характеризуется более плавной криволинейной зависимостью развития средних продольных деформаций по сравнению с аналогичной зависимостью контрольной серии образцов. Однако соотношение предельных деформаций сжатого шва и бетонных камней достигает до 5...6 раз, а точки излома зависимости деформирования швов и зависимости “скорость ультразвука – нагрузка” совпадают и соответствует уровню нагрузки порядка 0.5 от разрушающей.

Общей характерной особенностью развития напряженно-деформированного состояния, выявленной в процессе нагружения опытных образцов, является то, что имеющийся в составе комплексной конструкции слой цементно-песчаного раствора обладает существенно большими деформативными свойствами, характеризуемыми значительно более низким, по сравнению с бетоном, модулем деформирования, что является причиной достижения предельных горизонтальных деформаций растяжения бетоном в околошовной зоне, образования соответствующих трещин и последующего разрушения.

Анализ комбинаций составов бетонной смеси не выявил существенных влияний на прочность и деформативность образцов. Поэтому главным критерием выбора того или иного состава в данном случае должна служить стоимостная оценка затрат.

В расчетно-теоретическом анализе опытных результатов исследования рассмотрены два возможных метода расчета прочности данных конструкций: на основе деформационной расчетной модели и по методу предельных усилий.

При сжатии комплексных элементов на всех стадиях нагружения кладка деформируется совместно с бетоном:

$$\varepsilon_k = \varepsilon_c, \quad (1)$$

где ε_k и ε_c – относительные продольные деформации кладки и бетона заполнения, соответственно. Условие (1) позволяет выполнять расчеты сжатых элементов при известных законах деформирования бетона заполнения и кладки из бетонных камней [7].

В настоящее время имеется немало предложений по описанию диаграмм деформирования бетона (в виде полиномов, степенных, показательных функций и других зависимостей). Та или иная зависимость может быть выбрана с учетом особенностей решаемой задачи. В данном случае используется аналитическая зависимость [6]:

$$\sigma_c = f_c \cdot \frac{k \cdot \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^2}{1 + (k - 2) \cdot \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}}}, \quad (2)$$

где ε_c – относительные деформации образца, ε_{c1} – относительная деформация бетона, соответствующая пиковой точке диаграммы деформирования, f_c – прочность бетона.

Для описания деформирования кладки из пустотных бетонных камней предлагается использовать зависимость, полученную в результате численных экспериментов, в ходе которых рассматривались различные варианты аппроксимации опытных результатов:

$$\sigma_k = \mu \cdot f_k \cdot \left[1 - e^{(-0.9 \cdot \varepsilon_{k1} \cdot \alpha)} \right] \quad (3)$$

где f_k - временное сопротивление кладки, ε_{k1} -относительная деформация кладки, соответствующая временному сопротивлению кладки на диаграмме деформирования, α -упругая характеристика кладки ($\alpha=780$), μ -коэффициент пластичности, зависящий от вида кладки ($\mu=1.3$).

В деформационной модели условие равновесия для расчета прочности при сжатии принимается в виде:

$$\sum_n \sigma_c(\varepsilon_c)A_c + \sum_m \sigma_k(\varepsilon_k)A_k - N = 0, \quad (4)$$

где N - прочность сечения при действии продольного усилия, A_c – площадь бетона, A_k –площадь кладки.

Таким образом, в основу расчета положены принятые зависимости (2) и (3), устанавливающие связь между напряжениями и деформациями бетона и кладки. Критерием исчерпания прочности служит достижение предельных деформаций каким либо компонентом комплексной конструкции.

В методе предельных усилий несущую способность сечения комплексной конструкции при осевом сжатии определяем по формуле

$$N = f_c \cdot A_c + f_k \cdot A_k, \quad (5)$$

где f_k определяется по формуле Л.И.Онищика:

$$f_k = A \cdot f_b \cdot \left(1 - \frac{\alpha_1}{b + f_m / 2 \cdot f_b}\right), \quad (6)$$

$$A = \frac{100 + f_b}{100 + n \cdot f_b} \cdot k, \quad (7)$$

здесь $\alpha_1=0.15$, $b=0.3$, $n=2.5$, $k=0.85$ – коэффициенты, зависящие от вида кладки.

Как следует из сопоставления экспериментальных и теоретических значений прочности образцов, наилучшую сходимость с опытными данными имеет методика расчета по деформационной модели.

Таблица 2 - Сопоставление экспериментальных и теоретических значений прочности опытных образцов

Шифр образца	N_{Rd} , кН опытные данные	N , кН по зависимости (4)	N , кН по зависимости (5)	N_{Rd}/N по (4)	N_{Rd}/N по (5)
K_6 -1	780	755.0	405	1.03	1.93
K_6 -2	820	823.0	473	1.00	1.73
K_6 -3	900	876.3	560	1.03	1.61
K_6 -4	855	796.1	442	1.07	1.93
K_6 -5	850	842.1	467	1.01	1.82
K_6 -6	840	860.7	504	0.98	1.67
K_6 -7	610	597.3	358	1.02	1.70

Заключение

На основании экспериментальных и теоретических исследований выявлены особенности совместной работы материалов комплексных конструкций, состоящих из кладки бетонных камней и монолитного бетона заполнения пустот, позволившие предположить методику расчета их прочности по деформационной модели с использованием диаграмм деформирования кладки и бетона заполнения.

Литература

- 1 Concrete Block and Brick Manufacturing. 1997 Economic Census Manufacturing. Industry Series. 1997. Issued November 1999 EC97M-3273C.
- 2 СНиП II-22-81 Каменные и армокаменные конструкции. М.: Стройиздат, 1983-С.39.
- 3 Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81) М.: (ЦИТП) Госстрой СССР. 1989.- С.149.
- 4 Ахвердов, И.Н. Основы физики бетона / И.Н. Ахвердов. – Минск: Высшая школа, 1981. – 416 с.
- 5 Ахвердов, И.Н. Теоретические основы бетоноведения / И.Н. Ахвердов . – Минск: Высшая школа, 1991. – 135 с.
- 6 СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции. Мн.: Мин.архитектуры и строительства РБ, 2003- С.130.
- 7 Дыховичный, А.А. Статически неопределимые железобетонные конструкции / А.А.Дыховичный. – Киев: Будівельник, 1978. -107 с.
- 8 СТБ 1376-2002 Каменные и армокаменные конструкции. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, трещиностойкости и деформативности. Мн.: Мин. архитектуры и строительства РБ, 2003 - С.12.
- 9 Пастернак, П.Л. Комплексные конструкции / П.Л.Пастернак. - М.: Стройвоенмориздат, 1948.-88 с.

3.14 К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЬНОЙ АРМАТУРЫ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ НАКЛОННЫХ СЕЧЕНИЙ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВОСПРИЯТИИ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ

Прокуров М.Ю., Баранов В.С. (БГИТА, г.Брянск, РФ)

В статье рассмотрены существующие методы и направления исследований по оценке несущей способности наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов; проведен сравнительный анализ результатов прочностных расчетов, выполненных согласно положениям действующих норм проектирования и с учетом нагельного эффекта, вызванного наличием продольного армирования.