

УДК 624.012.15:624.012.25

СОПРОТИВЛЕНИЕ СЖАТИЮ АРМОКАМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПОПЕРЕЧНЫМ АРМИРОВАНИЕМ

А.М. Хаткевич, Д.Н. Лазовский

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Республика Беларусь
e-mail: a.khatkevich@psu.by, d.lazovski@psu.by

Рассматривается сопротивление сжатию армокаменных элементов с различными видами армирования. Приведены отдельные результаты испытаний. Выполнено сопоставление результатов расчета с экспериментальными данными.

Ключевые слова: *каменные и армокаменные элементы, сжатие, физическая нелинейность, деформационная модель.*

COMPRESSION RESISTANCE OF REINFORCED STONE ELEMENTS WITH TRANSVERSE REINFORCEMENT

A. Khatkevich, D. Lazouski

Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Republic of Belarus
e-mail: a.khatkevich@psu.by, d.lazovski@psu.by

The compression resistance of reinforced stone elements with various types of reinforcement is considered. Separate test results are given. The calculation results were compared with experimental data.

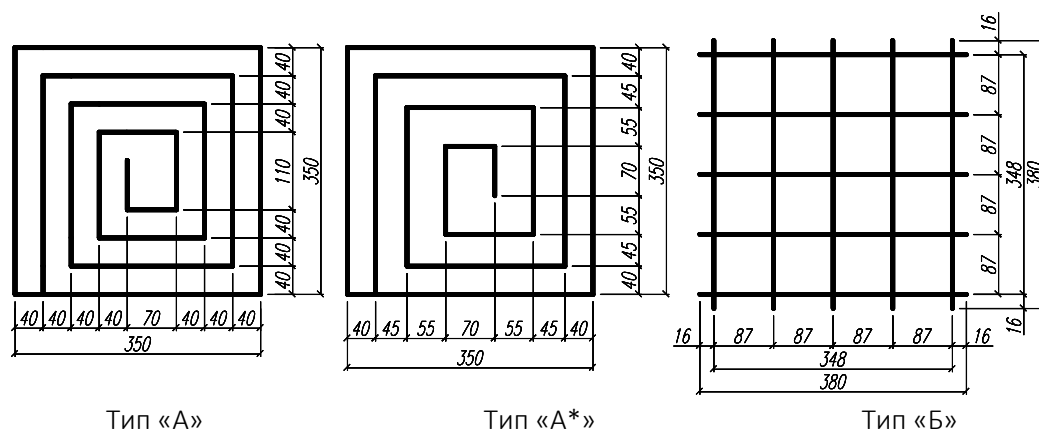
Keywords: *masonry and reinforced masonry elements, compression, physical nonlinearity, the deformation model.*

Введение. Сжатые элементы из каменной кладки широко применяются в зданиях и сооружениях различного назначения. При этом часто возникает необходимость в значительном упрочнении таких элементов (столбов, участков стен, простенков). Для этого в строительной практике может использоваться продольное армирование каменных элементов и поперечное армирование горизонтальных растворных швов в виде сеток. При относительно простой технологии такое усиление позволяет в несколько раз повысить сопротивление сжатию.

Традиционно поперечное армирование выполняется сетками из перекрестных стержней. Также применение находят другие виды арматурных сеток – просечно-вытяжные, спиралевидные, сетки из неметаллической арматуры и др.

Основная часть. Нами выполнялись исследования армокаменных элементов с поперечным армированием горизонтальных растворных швов. Опытные образцы в виде призм сечением 1,5х1,5 кирпича (0,38х0,38м) высотой шестнадцать рядов кладки испытывались при кратковременном нагружении. Для кладки образцов использовались кладочные изделия в виде керамического полнотелого кирпича: для серий I-III – КРО-150/15, для серий IV-VIII - КРО 200/25.

Эталонные образцы выполнялись неармированными. Основные образцы армировались сетками в виде плоских спиралей, а также сетками из перекрестных стержней (рисунок 1). Для изготовления сеток использовалась проволока диаметром 4 мм. Характеристика опытных образцов приведена в таблице 1, результаты испытаний в таблице 2.



Тип «А»

Тип «А*»

Тип «Б»

Рисунок 1. – Схемы и размеры сеток поперечного армирования

Таблица 1. – Характеристика опытных образцов

Серия	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Количество образцов	2	3	3	2	3	3	1	2
Маркировка образцов	K1, K2	K3, K4, K5	K6, K7, K8	K9, K10, K18	K11, K12, 13	K14, K15, K16	K17	K19, K20
Тип сеток	–	Тип «Б»	Тип «А»	–	Тип «Б»	Тип «А»		Тип «А*»
Шаг сеток	–	Один ряд кладки		–	Два ряда кладки			

Экспериментальные данные о прочности и деформационных характеристиках кладки приведены в таблице 2, диаграммы деформирования отдельных образцов показаны на рисунке 2.

Таблица 2. – Отдельные результаты испытаний опытных образцов

Серия, образец	N_u (кН)	Средняя N_u (кН)	α	Серия, образец	N_u (кН)	Средняя N_u (кН)	α
I	K1	640	850	V	K11	1033	750
	K2		900		K12		780
II	K3	1572	310	VI	K13	1090	770
	K4		360		K14		800
	K5		480		K15		760
III	K6	1617	360	VIII	K16	1040	820
	K7		380		K19		710
	K8		450		K20		780
IV	K9	738	1140	где N_u - разрушающая нагрузка; α - упругая характеристика кладки			
	K10		1060				
	K18		1090				

Для расчета сопротивления сжатию армокаменных элементов была предложена методика на основе метода сечений и общей деформационной модели, учитывающая помимо уравнений равновесия условия распределения деформаций по сечению в виде гипотезы плоских сечений, а также законы деформирования материалов и позволяющая определять параметры напряженно-деформированного состояния сжатых элементов с продольным и поперечным армированием горизонтальных растворных швов на любой стадии деформирования. На необходимость учета физической нелинейности в расчетах каменных кладок обращалось внимание в [1-7]. Основные подходы методики были изложены в [8-10].

Анализ результатов расчета показал хорошую сходимость, оценка которой выполнялась по процедурам приложения Д [11], теоретических $N_{u,t}$ и экспериментальных $N_{u,exp}$ значений сопротивления сжатию в предельной стадии коротких армокаменных элементов (рисунок 3)

по выборке опытных образцов испытаний Ł. Drobies [12] и собственным испытаниям – величина коэффициента вариации вектора ошибок составила $V_b = 0,10$ при величине уклона прямой вероятностной модели сопротивления $b = 1,02$.

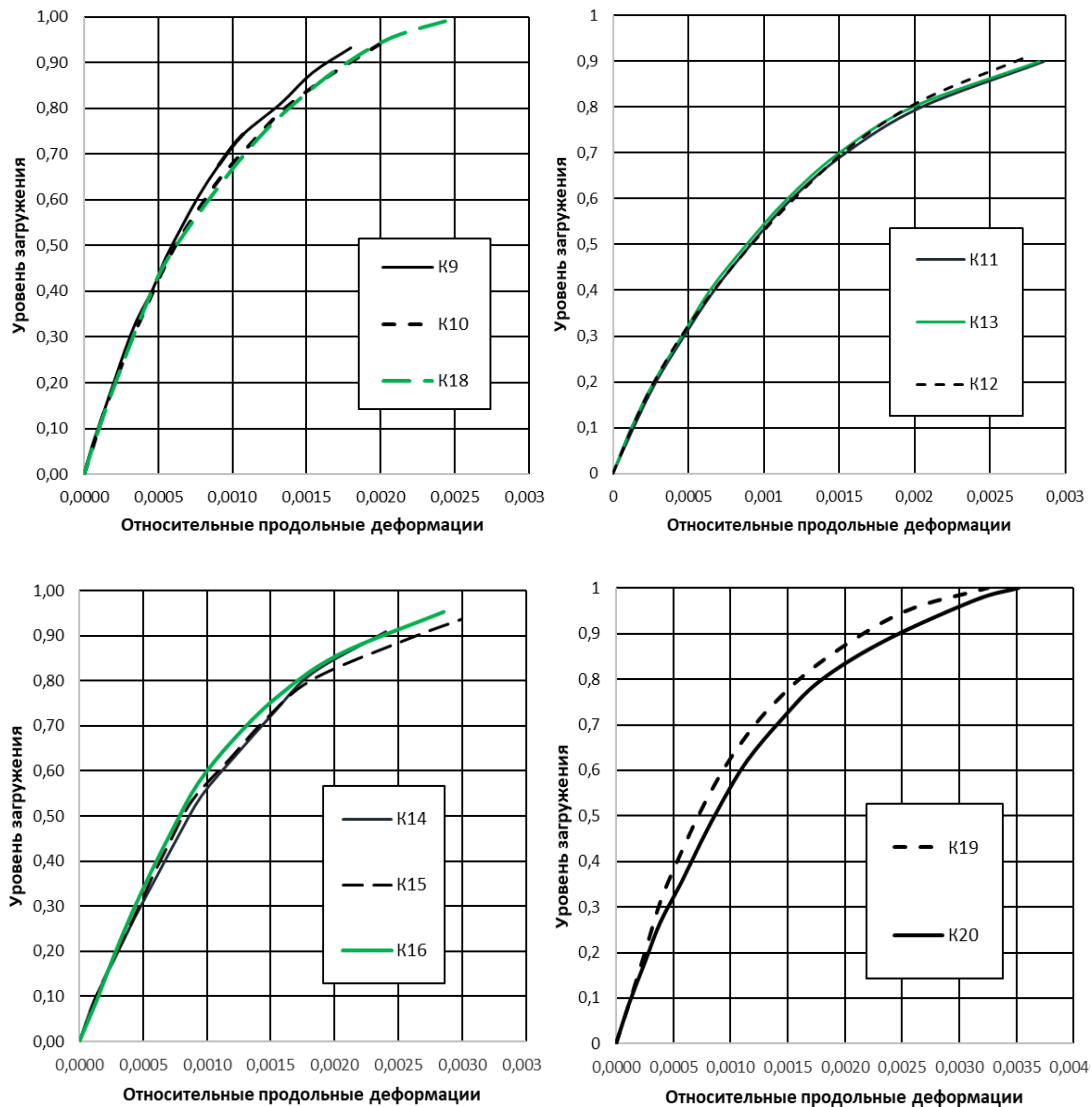


Рисунок 2. – Зависимости продольных деформаций образцов от уровня нагружения

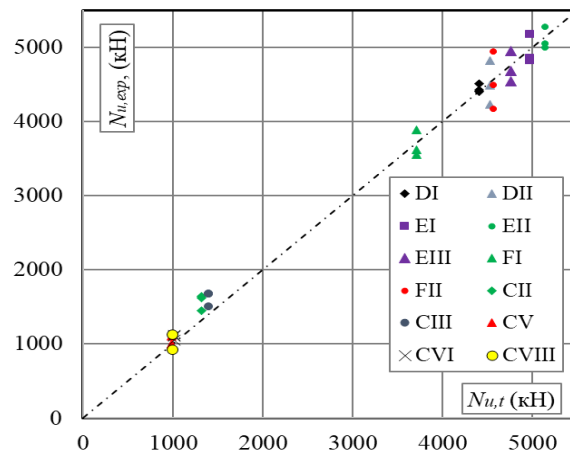


Рисунок 3. – Диаграммы « $N_{u,exp} - N_{u,t}$ » для выборки образцов по испытаниям Ł. Drobies и собственным испытаниям

Заключение. Получены новые экспериментальные данные о напряженно-деформированном состоянии сжатых каменных и армокаменных с поперечным армированием горизонтальных растворных швов элементов. Предложенная методика позволяет вычислять значения сопротивления сжатию армокаменных элементов с высокой степенью сходимости с экспериментальными данными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блохина, Н. С. Проблема учета физической нелинейности при расчете строительных конструкций / Н. С. Блохина // Вестник МГСУ. – 2011. – № 6. – С. 384–387.
2. Блохина, Н. С. Расчет конструкций из анизотропных материалов с применением физической нелинейности / Н. С. Блохина // Строительная механика и расчет сооружений. – 2012. – № 1. – С. 3–5.
3. Кашеварова, Г. Г. Натурные и численные эксперименты, направленные на построение зависимости напряжения от деформации кирпичной кладки / Г. Г. Кашеварова, М. Л. Иванов // Приволж. науч. вестн. – 2012. – № 8 (12). – С. 10–15.
4. Анущенко, А. М. Учет физической нелинейности при расчетах каменной кладки / А. М. Анущенко, М. А. Шишова // IX Всероссийский фестиваль науки : сборник докладов в 2-х томах, Нижний Новгород, 23–24 октября 2019 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – С. 176-180. – EDN PNSJDU.
5. Карпенко, Н. И. Проектирование бетонных, железобетонных, каменных и армокаменных элементов и конструкций с применением диаграммных методов расчёта : монография / Н. И. Карпенко, Б. С. Соколов, О. В. Радайкин. - Москва : АСВ, 2019. - 194 с.
6. Соколов, Б. С. Развитие методики расчета каменных и армокаменных конструкций / Б. С. Соколов, А. Б. Антаков // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : материалы IV Междунар. (X Всерос.) конф. НАСКР-2018 / Чуваш. гос. ун-т ; редкол.: Н. Ф. Григорьев (отв. ред.) [и др.]. – Чебоксары. 2018. – С. 174–183.
7. Соколов, Б. С. Аналитическая оценка напряженно - деформированного состояния каменных кладок при сжатии на основе авторской теории / Б. С. Соколов, А. Б. Антаков // Строительные материалы. – 2019. – № 9. – С. 51-55. – DOI 10.31659/0585-430X-2019-774-9-51-55.
8. Хаткевич, А.М. Метод расчета прочности нормальных к продольной оси сечений конструкций из каменной кладки с учетом диаграмм деформирования / А.М. Хаткевич // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2014. – № 8. – С. 45–53.
9. Глухов Д.О. Метод расчета прочности сжатых каменных элементов по сечениям, нормальным к продольной оси / Д.О. Глухов, А.М. Хаткевич // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2016. – № 8. – С. 73–79.
10. Лазовский Д.Н. Расчет сопротивления сжатию каменных и армокаменных элементов с учетом физической нелинейности / Д.Н. Лазовский, А.М. Хаткевич // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Сер. Ф. – 2017. – № 16. – С. 41-50.
11. Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций = Еўракод. Асновы праектавання будаўнічых канструкцый : ТКП EN 1990-2011* (02250). – Введ. 01.04.15. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2015. – VIII, 86 с.
12. Drobiec, Ł. Analiza murów z cegły pełnej ze zbrojeniem w spoinach wspornych poddanych obciążeniom pionowym : pr. doktorska / Ł. Drobiec. – Gliwice : [s. n.], 2004. – 183 s. DOI:10.13140/RG.2.1.3742.0407