

4. Elsaigh, W.A. A Comparative Evaluation of Plain and Steel Fiber Reinforced Concrete Ground Slabs / W.A. Elsaigh. – University of Pretoria. – Pretoria, 2001. – 154 pp.
5. Marco Antonio Carnio. Analise em regime plastico de placas de concreto reforçado com fibras de aco sobre base elastica / Marco Antonio Carnio. – Universidade estadual de Campinas. Faculdade de engenharia civil. – Campinas, SP, 1998. – 122 pp.
6. Meda, Alberto. Steel Fiber Slabs on Ground: A Structural Matter: ACI Structural Journal. Title no. 103-S58 / Alberto Meda, Giovanni A. Plizzari. – American Concrete Institute. – 2006. – 9 pp.
7. Полы : СП 29.13330.2011. – Введ. 20.05.2011. – М., 2011. – 64 с.
8. Рекомендации по проектированию и изготовлению строительных сталефибробетонных конструкций и технологии производства сталефибробетона с применением стальной фибры БМЗ : Р1.03.054–2009 : Введ. 29.07.2009. – Минск, Стройтехнорм, 2009. – 95 с.
9. Сталефибробетонные конструкции : СП 52-104-2006. – Введ. 01.09.2006. – М., 2007. – 56 с.

УДК 693.22

ПРОЧНОСТЬ КАМЕННОЙ КЛАДКИ ПРИ СЖАТИИ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ К ЕВРОКОДУ 6

ГАЛАЛЮК А.В.

Филиал РУП «Институт БелНИИС» - Научно-технический центр
Брест, Беларусь

Введение

В соответствии с Еврокодом 6 – СТБ EN 1996-1-1 [4] – характеристическая прочность каменной кладки определяется на основании испытаний опытных образцов, подготовка и испытания которых проводится согласно требованиям стандарта СТБ EN 1052-1 [5]. Прочность каменной кладки независимо от вида раствора и кладочного материала может также определяться по аналитическим зави-

симостям, устанавливающим связь между прочностью кладки и средней прочностью кладочных изделий и раствора.

Для каменной кладки, выполненной с применением стандартного раствора, характеристическая прочность определяется по формуле:

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta \quad (1)$$

где f_b – нормализованная прочность при сжатии кладочного изделия в направлении действия нагрузки;

f_m – средняя прочность кладочного раствора при сжатии;

K, α, β – параметры, устанавливаемые на национальном уровне. Рекомендуемые Еврокодом 6 значения для кладок, выполненных с применением кладочных изделий 2 группы на стандартном растворе $K=0,45; \alpha=0,7; \beta=0,3$.

С целью определения численного значения параметров K, α, β были выполнены экспериментальные и численные исследования образцов кладки изготовленных из отечественных кладочных изделий 2 группы производства ОАО «Радощковичский керамический завод» на стандартном растворе.

Методика проведения исследований

Испытания каменной кладки выполнялись в соответствии с СТБ EN 1052-1 [5]. Всего было испытано две серии образцов каменной кладки. Первая серия КРПО(90)–1 включала в себя 3 образца каменной кладки, выполненных из кирпича керамического одинарного пустотелого рядового нормализованной прочностью $f_m = 22,0$ МПа, вторая серия КПП(90)–1 включала в себя 3 образца каменной кладки выполненных из камня керамического пустотелого рядового поризованного нормализованной прочностью $f_m = 20,2$ МПа. Нормализованная прочность кладочных изделий определялась в соответствии с СТБ EN 772-1 [6]. Обе серии были выполнены на стандартном растворе прочностью при сжатии $f_m = 10,9$ МПа определенной в соответствии с [7].

Для образцов каменной кладки, выполненных из пустотелого керамического кирпича и поризованных керамических камней на растворе прочностью $f_m=3,1$ и $7,9$ МПа значения прочности при сжатии и кратковременного модуля упругости были получены на основании численных исследований.

Для создания численной модели дополнительно кладочные изделия были испытаны на срез, осевое растяжение и растяжение при изгибе, также были определены деформационные характеристики кладочных материалов и кладочного раствора [1,2]. Данные по начальному сопротивлению сдвигу и нормальному сцеплению были получены экспериментально [3].

При выполнении численного эксперимента методом конечных элементов на трехмерных моделях каменной кладки в среде ANSYS была решена физически нелинейная, контактная задача. Варьируемыми факторами которой, являлись прочностные и деформационные характеристики кладочных растворов.

Разбиение объема кладки на конечные элементы (КЭ) производилось так, чтобы границы КЭ попадали на границы разделов раствор – кладочный элемент; в каждом КЭ упругие свойства однородны и изотропны и соответствуют свойствам кладочных материалов или раствора. Между кладкой и плитами пресса предполагается нелинейное контактное взаимодействие (коэффициент трения принят равным 0,2).

Для моделирования объемных образцов использовался конечный элемент SOLID65 который имеет возможности образования трещин при растяжении и дробления при сжатии.

Тестирование расчетных моделей и алгоритмов решения выполнялось на образцах серии КРПО(90) – 1 и КПП(90) - 1, имеющих заранее известный результат.

Результаты экспериментальных исследований

Разрушение образцов обеих серий носило хрупкий характер. Разница заключалась только лишь в характере образования трещин. В образцах серии КРПО(90) -1 трещины образовывались поэтапно и соизмеримо с прилагаемой нагрузкой, разделяя образец на отдельные столбики.

В образцах серии КПП(90) – 1 разделение образцов на отдельные столбики наблюдалось при нагрузке близкой к разрушающей, при достижении максимальной нагрузки образцы серии КПП(90) –1 разрушались мгновенно.

На рисунке 1 представлены общие виды разрушенных образцов каменной кладки, выполненные из керамического пустотелого кирпича и пустотелых поризованных камней.



Рис. 1. Характер разрушения образцов каменной кладки выполненной:
 а – из кирпича керамического пустотностью 30%; б – из камня керамического
 пустотностью 42,3%

Для определения модулей упругости испытываемых образцов были получены диаграммы деформирования рисунок 2.

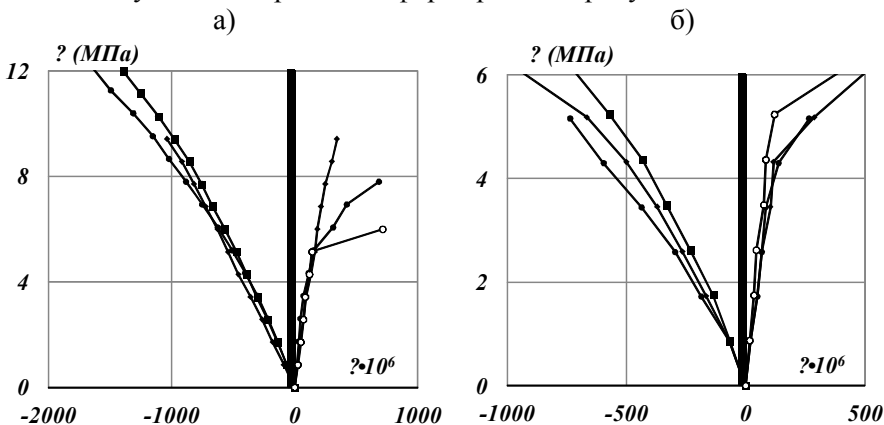


Рис. 2. Графики деформирования образцов каменной кладки выполненной:
 а – из кирпича керамического пустотностью 30%; б – из кирпича керамического
 пустотность 42,3%

В таблицах 1 и 2 представлены числовые значения прочностных характеристик и деформационные характеристики, полученные по диаграммам деформирования образцов каменной кладки.

Таблица 1

Результаты определения прочностных и деформационных характеристик каменной кладки серии КРПО(90) - 1

Серия	№ образца	Прочность каменной кладки при сжатии $f_{y,obs}$ (МПа)		Модуль упругости при сжатии $E_{y,obs}$ (МПа)		Коэффициент поперечного расширения $\nu_{xy,obs}$	
		одного образца $f_{y,obs i}$	среднее значение по серии $f_{y,obs mv}$	одного образца $E_{y,obs i}$	среднее значение по серии $E_{y,obs mv}$	одного образца $\nu_{xy,obs i}$	среднее значение по серии $\nu_{xy,obs mv}$
Образцы выполнены из КРПО- $f_b = 22,00$ МПа на растворе $f_m = 10,9$ МПа							
КРПО(90) - 1	1	14,80	16,15 (13,45*)	9488	9994	0,30	0,3
	2	18,51		9643		0,30	
	3	15,12		10852		0,30	

Примечание: * - обозначена характеристическая прочность при сжатии

Таблица 2

Результаты определения прочностных характеристик каменной кладки серии КПП(90) - 1

Серия	№ образца	Прочность каменной кладки при сжатии $f_{y,obs}$ (МПа)		Модуль упругости при сжатии $E_{y,obs}$ (МПа)		Коэффициент поперечного расширения $\nu_{xy,obs}$	
		одного образца $f_{y,obs i}$	среднее значение по серии $f_{y,obs mv}$	одного образца $E_{y,obs i}$	среднее значение по серии $E_{y,obs mv}$	одного образца $\nu_{xy,obs i}$	среднее значение по серии $\nu_{xy,obs mv}$
Образцы выполнены из КПП- $f_b = 20,22$ МПа на растворе $f_m = 10,9$ МПа							
КПП(90) - 1	1	13,27	13,28 (11,07*)	8500	8500	0,26	0,23
	2	12,62		7271		0,22	
	3	13,95		9730		0,20	

Примечание: * - обозначена характеристическая прочность при сжатии

Результаты численных исследований

Диagramмы деформирования опытных образцов и диаграммы полученные аналитически представлены на рисунке 3.

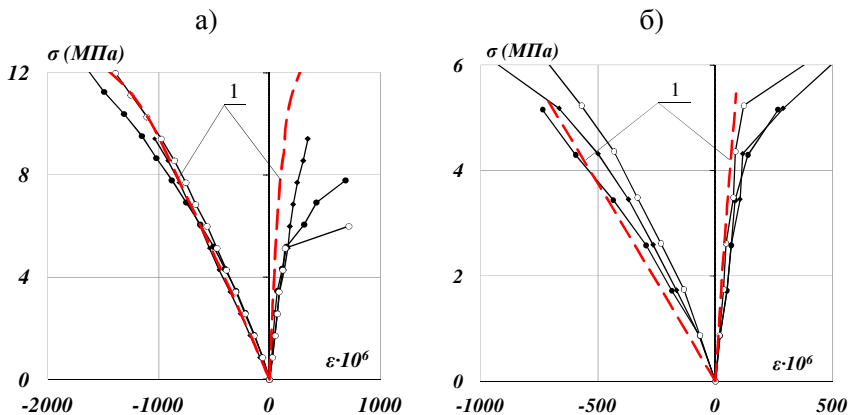


Рис. 3. Диаграммы деформирования образцов каменной кладки полученной экспериментально и на основании расчета МКЭ: 1 – диаграмма деформирования полученная на основании расчета МКЭ а – из кирпича керамического пустотностью 30%; б – из камня керамического поризованного пустотностью 42,3%.

Характер и напряжения трещинообразования и разрушения конечно-элементных моделей удовлетворительно согласуются с результатами физических экспериментов рисунок 4.

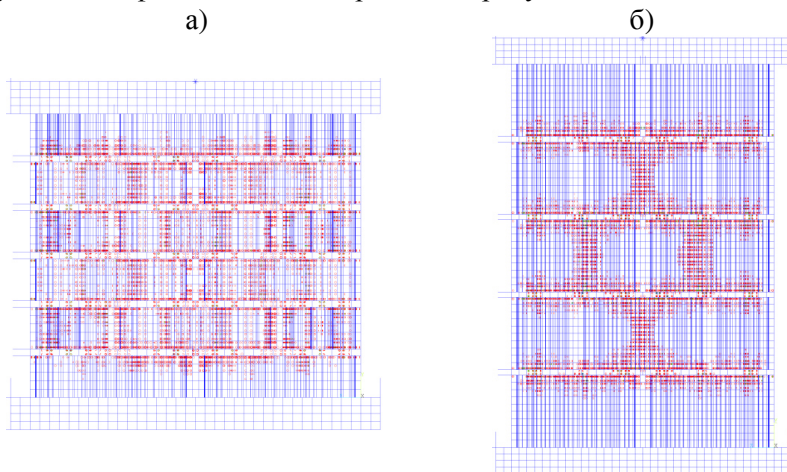


Рис. 4. Характер трещинообразования при напряжениях равных $0,69f_{obs}$; микромоделли каменной кладки выполненной: а – из кирпича керамического пустотностью 30%; б – из камня керамического пустотность 42,3%

В таблице 3 и 4 представлены экспериментальные данные и результаты численного расчета прочностей при сжатии и секущих модулей упругости исследованных каменных кладок.

Таблица 3

Численное сопоставление экспериментальных и аналитических данных каменной кладки выполненной из керамических кладочных материалов 2 группы

Прочность кладочного раствора на сжатие f_m (МПа)	Опытные значения f_{obs} (МПа)	Прочность при сжатии полученная на основании расчета методом конечных элементов f_{cal} (МПа)	Прочность при сжатии полученная на основании зависимости (1) f_u (МПа)
Кирпич керамический пустотелый (V=30%)			
10,9	16,15	14,93	9,62
7,9	-	13,54	8,74
3,1	-	6,85	6,6
Камень керамический пустотелый (V=42,3%)			
10,9	13,28	13,29	9,07
7,9	-	13,04	8,24
3,1	-	8,15	6,22

Таблица 4

Численное сопоставление экспериментальных и аналитических данных по секущим модулям упругости

Прочность кладочного раствора на сжатие f_m (МПа)	Опытные значения E_{obs} (МПа)	Секущий модуль упругости полученный на основании расчета методом конечных элементов E_{cal} (МПа)
Кирпич керамический пустотелый (V=30%)		
10,9	9994	9785
7,9	-	8905
3,1	-	6993
Камень керамический пустотелый (V=42,3%)		
10,9	8500	7493
7,9	-	7115
3,1	-	6267

Сопоставление результатов экспериментальных исследований кладки с результатами численного расчета показали их удовлетворительную сходимость, как по значениям модуля упругости (разни-

ца экспериментальных и теоретических значений 2,1 – 13,4%), так и по значениям прочности при сжатии (разница экспериментальных и теоретических значений 0,1 – 8,2%).

При этом значения прочности при сжатии полученные в результате физического и численного эксперимента, оказались выше значений полученных в соответствии с зависимостью (1) рекомендованной в СТБ EN 1996-1-1.

Для серии КРПО (90) значения прочности были выше на:

- 54% – при прочности раствора $f_m = 10,9$ МПа;
- 55% – при прочности раствора $f_m = 7,9$ МПа;
- 3,8% – при прочности раствора $f_m = 3,1$ МПа.

Для серии КПП (90) значения прочности были выше на:

- 46% – при прочности раствора $f_m = 10,9$ МПа;
- 58% – при прочности раствора $f_m = 7,9$ МПа;
- 31% – при прочности раствора $f_m = 3,1$ МПа.

Заключение

До формирования более обширной базы данных по прочностным характеристикам каменных кладок из отечественных кладочных материалов (кладочных изделий 2 группы на стандартном растворе) в национальном приложении целесообразно принять значения коэффициентов K , β , α , рекомендуемые Еврокодом 6.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галалюк А.В. Влияние прочности раствора при сжатии на величину модуля упругости раствора и коэффициента Пуассона// Збірник наукових праць. Луцький національний технічний університет. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2012. Випуск 24. – С. 100 – 105.

2. Галалюк А.В. Деформационные характеристики керамических полнотелых кладочных элементов и раствора общего назначения заводского изготовления// Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых. Белорусско-российский университет. Новые материалы, оборудование и технологии в. – 2012. – С. 123.

3. Демчук И.Е. Исследование прочности сцепления растворов в каменной кладке / И.Е. Демчук, В.Н. Деркач // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2012. – №1(73): Строительство и архитектура. – С.71-76.

4. Еврокод 6. Проектирование каменных конструкций. Часть 1-1: Общие правила для армированных и неармированных конструкций: СТБ EN 1996-1-1-2008.-Введ.1.07.2009.- Минск: Госстандарт.- 127с.

5. Методы испытаний каменной кладки. Часть 1. Определение прочности при сжатии: EN 1052-1.-Введ.07.10.1998.- CEN/TC 125.- 10с.

6. Методы испытаний строительных блоков. Часть 1. Определение прочности при сжатии: СТБ EN 772-1-2008.- Введ. 01.01.09.- Минск: Госстандарт.- 9с.

7. Методы испытания раствора для каменной кладки. Часть 11. Определение прочности на растяжение при изгибе и прочности при сжатии затвердевшего раствора: EN 1015-11:1999+A1:2006. – Brussels: CEN/TC 125. – 18с.

УДК 624.016.073.7.042

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ДИАФРАГМ ЖЁСТКОСТИ ПО ТРЕБОВАНИЯМ НОРМ ЕВРОПЕЙСКИХ СТАНДАРТОВ

ГРИНЁВ В.В., ЦИНГЕЛЬ П.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Аннотация

В статье рассматриваются особенности расчета диафрагм жесткости в соответствии с еврокодом 2 ТКП EN 1992-1-1-2009 «Проектирование железобетонных конструкций» и сопутствующими нормативными документами /1, 2, 3/. Освещены отличительные особенности создания расчетных моделей, сбора нагрузок и конструирования диафрагм жесткости. Рассмотрены методы расчета с учетом эффектов второго порядка.

Общие сведения

Для обеспечения общей устойчивости и жесткости здания, а также уменьшения изгибающих моментов в элементах каркаса используют диафрагмы жесткости, синонимы: пилоны, стены - жест-