

УДК 69.022

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОПЕРЕЧНОЙ ДЕФОРМАЦИИ КАМЕННОЙ КЛАДКИ ИЗ КЕРАМИЧЕСКИХ КЛАДОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

RESEARCH OF THE POISSON'S RATIO FOR MASONRY FROM CLAY MASONRY UNITS

Галалюк А. В., млад. науч. сотрудник, филиал Республиканского унитарного предприятия «Институт БелНИИС» - «Научно-технический центр», г.Брест

Деркач В.Н., заместитель директора, канд. техн. наук, филиал РУП «Институт БелНИИС» - «Научно-технический центр», г.Брест

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты экспериментальных исследований коэффициента поперечной деформации каменной кладки, выполненной из керамических полнотелых кладочных элементов на цементном растворе различной прочности. Показано влияние прочностных показателей кладочных растворов и уровня сжимающих напряжений в каменной кладке на величину коэффициента поперечной деформации.

ABSTRACT

There are presented results of experimental research of the Poisson's ratio for masonry, executed from solid ceramic masonry units and cement various strength mortar. There is shown the Poisson's ratio influence of strength factors of the mortar and the value of compression stresses in the masonry.

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании каркасно-монолитных зданий их стеновое заполнение обычно рассматривается, как внешняя нагрузка, действующая на плоские диски перекрытий. Совместная работа стен с каркасом не учитывается. Однако, еще в 40-х годах прошлого столетия Л. И. Онищик указал на возможность при расчете каркаса на ветровую нагрузку учитывать несущую способность заполнения, рассматривая его в качестве сжатых раскосов каркасной стены. В настоящее время имеющееся у проектировщиков программное обеспечение позволяет выполнять расчеты каркасов с учетом совместной их работы со стеновым ограждением. При этом решающее значение при расчете напряжений в стеновом ограждении отводится правильному назначению деформационных характеристик кладки стен: модулю упругости - E , коэффициенту поперечной деформации - ν и модулю сдвига - G . В действующих нормах [1, 2] приводятся только величины модулей упругости и сдвига, а значения коэффициентов поперечной деформации каменной кладки отсутствуют.

Каменная кладка, работающая в условиях плоского напряженного деформированного состояния, обычно рассчитывается как изотропный материал. Вследствие этого модуль сдвига (G) для каменной кладки определяется из зависимости (1):

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

где:

E – модуль упругости каменной кладки;

$\nu = \left| \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_y} \right|$ - коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона)

ε_x - относительные поперечные деформации;

ε_y - относительные продольные деформации.

В отечественных нормах [1] и Еврокоде 6 [2] модуль сдвига G каменной кладки устанавливается по зависимости (3):

$$G=0,4E \quad (2)$$

где:

E – модуль упругости каменной кладки при сжатии.

Принимая линейную зависимость между напряжениями и деформациями для каменной кладки, как материала изотропного из выражения (1) получим величину коэффициента Пуассона $\nu = 0,25$. В то же время результаты экспериментальных исследований значений коэффициента Пуассона, которые приведены в работе [3,4] показали, что его величина не является постоянной, а существенно зависит от уровня сжимающих напряжений в каменной кладке. На основании данных исследований сделан вывод о том, что значение коэффициента Пуассона для каменных кладок сжатых в направлении перпендикулярном к горизонтальным швам с ростом сжимающих напряжений изменяется от 0,1 до 0,5.

Данные о влиянии прочностных показателей кладочных растворов на величину коэффициентов поперечной деформации каменной кладки в технической литературе практически отсутствуют.

В связи с этим были выполнены исследования образцов каменной кладки из полнотелого керамического кирпича на цементном растворе заводского изготовления, прочностью при сжатии: $f_m=3.1$ МПа ; $f_m=7.9$ МПа; $f_m=10.9$ МПа.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ.

Определение коэффициента Пуассона каменной кладки производилось на образцах, изготовленных из керамических полнотелых кладочных элементов. Образцы были выполнены в соответствии с требованиями EN 1052-1 [5].

Было испытано 3 серии образцов. Каждая серия, состоящая из 3 образцов, изготавливалась с применением кладочного раствора различной прочности при неизменной нормализованной прочности кладочных элементов равной $f_b = 44,1$ МПа. Серия КРО-1 изготавливалась на растворе прочностью $f_m=10,9$ МПа; КРО-2 – $f_m=7,9$ МПа; КРО-3 – $f_m=3,1$ МПа. Согласно требованиям [1], по своим геометрическим характеристикам кирпич, из которого готовились образцы каменной кладки, относился к I группе кладочных элементов. Для приготовления кладочных растворов использовалась сухая растворная смесь №111/11 М100 по СТБ1307-2002 производства ОАО «Красносельскстройматериалы». Из данной растворной смеси путем изменения пропорций составляющих готовилась растворная смесь других прочностных показателей. Прочность кладочного раствора при сжатии устанавливалась на основании [6].

Для определения коэффициента Пуассона измерялись продольные и поперечные относительные деформации кладки, с помощью индикаторов часового типа с ценой деления 0,001 мм установленных с базой равной от 1/2 до 2/3 длины (высоты) образцов.

Общий вид образца, а также схема установки индикаторов представлены на рисунке 1.

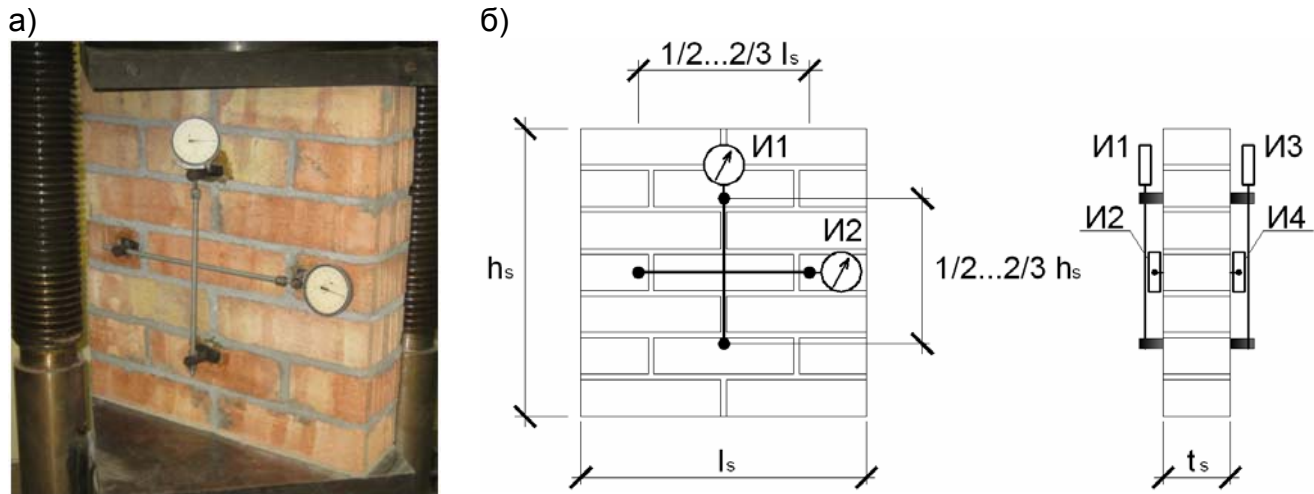


Рисунок 1 – Схема испытаний опытных образцов: а- общий вид, б- схема расстановки приборов (И1-И4 – индикаторы перемещений часового типа ИГП-1 с ценой деления 0,001 мм; $h_s = 515$ мм; $l_s = 510$ мм; $t_s = 120$ мм).

Нагружение опытных образцов производилось при помощи гидравлического прессы П- 125. Образцы в пресс устанавливались таким образом, чтобы их вертикальная ось совпадала с осью приложения нагрузки. Производилось начальное нагружение с целью определения разницы показаний индикаторов установленных на противоположных гранях образца. Разница показаний не должна превышать 20 %. Усилие возрастало равномерно, при этом скорость нагружения выбиралась такой, чтобы достичь разрушения образца в пределах 15- 30 минут от начала приложения нагрузки. Во время снятия отсчетов по приборам нагрузка поддерживалась на постоянном уровне.

Измерения относительных деформаций производились до появления вертикальных трещин в зоне установке индикаторов. Все опытные образцы доводились до разрушения. На основании результатов испытаний устанавливались: прочность каменной кладки при сжатии- f_{obs} , модуль упругости- E и коэффициент поперечной деформации - ν .

Прочность при сжатии отдельного испытываемого образца кладки рассчитывалась с точностью до 0,1 Н/мм² по формуле (3):

$$f_{obs,i} = \frac{F_{i,max}}{A_i} \quad (3)$$

где: $F_{i,max}$ - максимальная нагрузка воспринимаемая образцом каменной кладки;
 A_i - площадь поперечного сечения образца.

Модуль упругости E_i определялся, как секущий модуль при среднем значении относительной деформации измеренной в двух точках ϵ_i и нагрузке равной одной трети разрушающей нагрузки $F_{i,max}$ (4):

$$E_i = \frac{F_{i,max}}{3\epsilon_{yl} A_i} \quad (4)$$

где: $F_{i,max}$ - максимальная нагрузка воспринимаемая образцом каменной кладки;
 A_i - площадь поперечного сечения образца;
 ϵ_y - относительные продольные деформации.

Коэффициент поперечной деформации ν (коэффициент Пуассона) определялся, как отношение относительных поперечных деформаций ϵ_x к продольным ϵ_y .

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

В ходе экспериментальных исследований получены графики изменения относительных деформаций образцов каменной кладки под нагрузкой (рис. 2), на основании которых определены модули упругости и коэффициенты поперечной деформации (таблица 1). Коэффициент Пуассона в таблице 1 соответствует величине сжимающих напряжений в кладке $\sigma = 0,3f_{obs,mv}$.

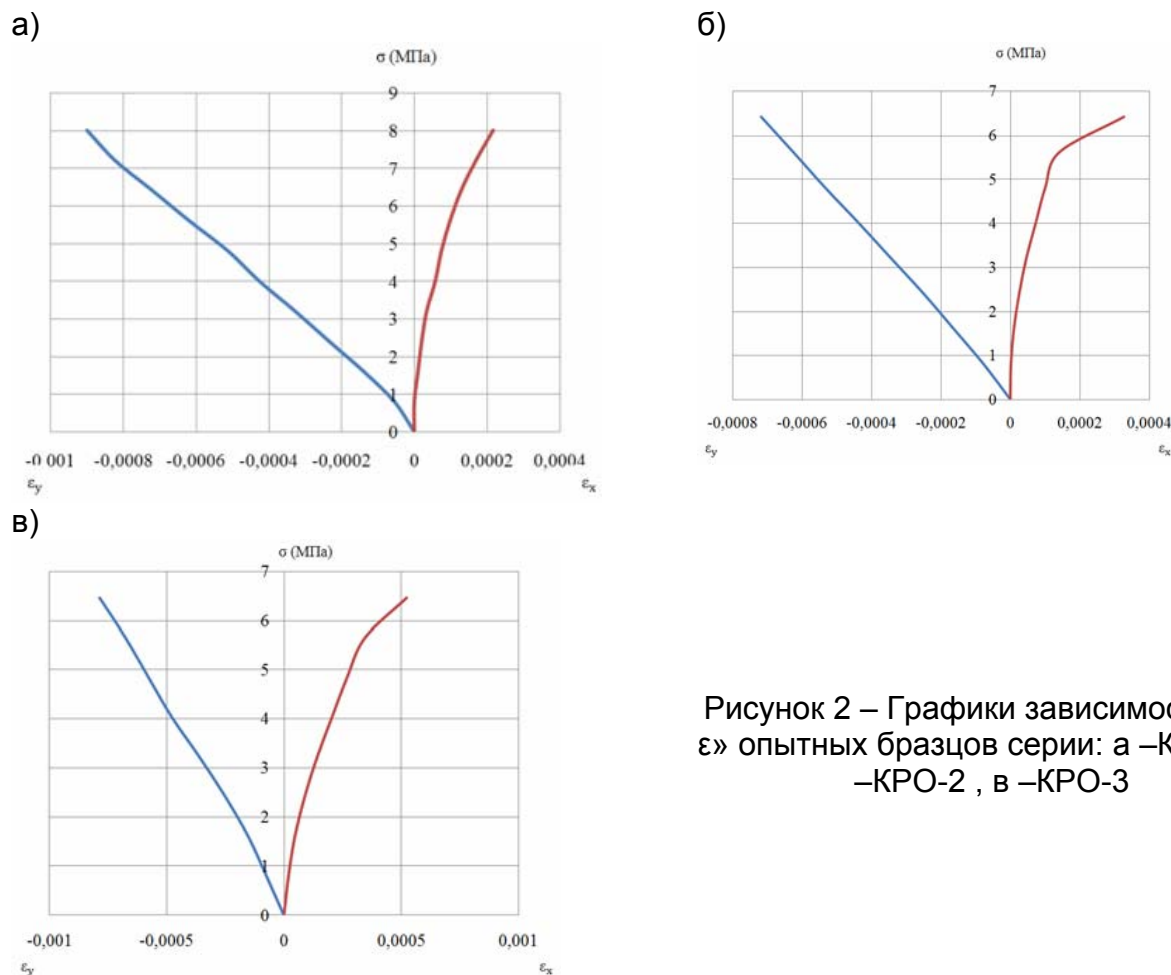


Рисунок 2 – Графики зависимости « σ - ϵ » опытных бразцов серии: а –КРО-1, б –КРО-2 , в –КРО-3

Таблица 1 – Значения прочностных и деформационных характеристик по результатам экспериментальных исследований

№ серии	№ опытных образцов	Прочность каменной кладки при сжатии $f_{obs,i}$ (МПа)	Модуль упругости при сжатии E(МПа)	Среднее значение коэффициента поперечной деформации ν при нагрузке $F=0.3 F_{max}$
1	2	3	4	5
КРО-1	КРО-1-1	17.5	9030	0,14
	КРО-1-2	17.7	12240	
	КРО-1-3	17.8	12000	
КРО-2	КРО-2-1	13.0	9007	0,19
	КРО-2-2	12.9	8937	
	КРО-2-3	13.4	9280	
КРО-3	КРО-3-1	9.1	6304	0,32
	КРО-3-2	9.7	6685	
	КРО-3-3	9.6	6658	

Из таблицы 1 следует, что коэффициент Пуассона зависит от прочности кладочного раствора при сжатии. Для образцов, выполненных на растворах прочностью при сжатии: $f_m=10,9$ МПа - величина $\nu = 0,14$; $f_m=7,9$ МПа – $\nu = 0,19$; $f_m=3,1$ МПа - $\nu = 0,32$.

По результатам испытаний были построены графики зависимостей значений коэффициента Пуассона ν от уровня сжимающих напряжений $\sigma/f_{obs,mv}$ в каменной кладке (рис.3).

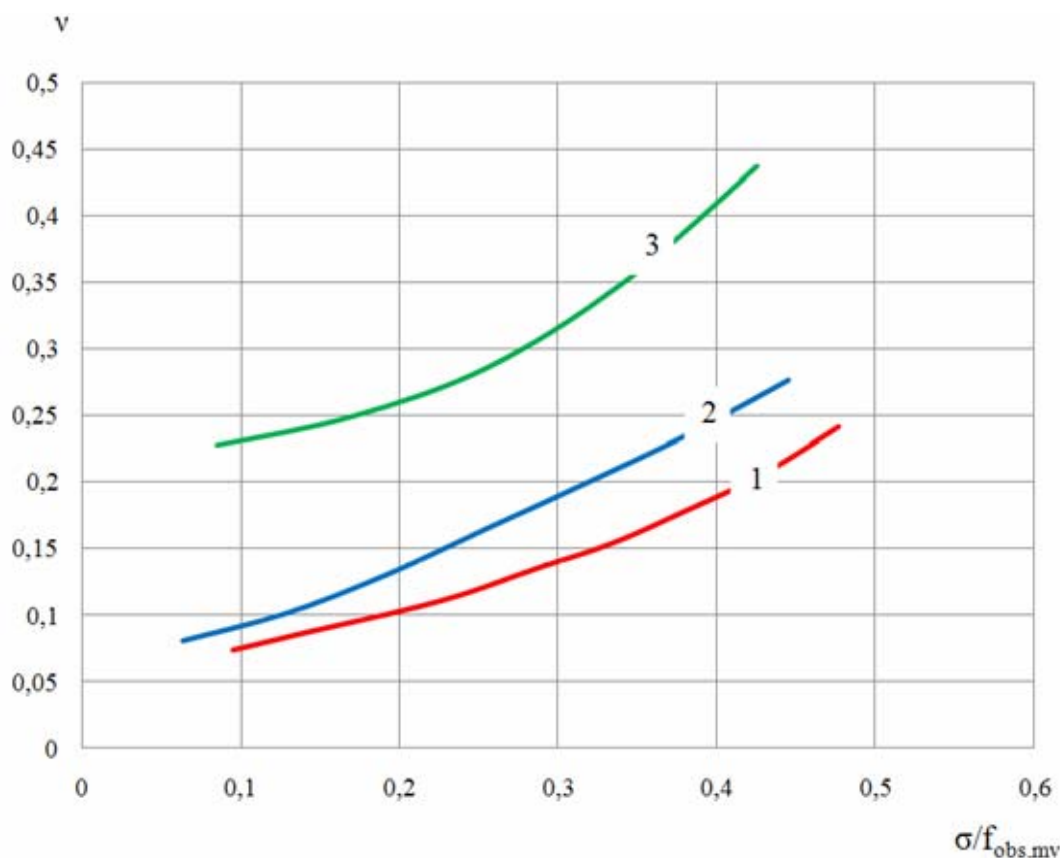


Рисунок 3 – Графики зависимости « $\nu - \sigma/f_{obs,mv}$ » опытных образцов серии: 1 – КРО-1, 2 – КРО-2, 3 – КРО-3

Из графиков, приведенных на рисунке 3, следует, что величина коэффициента Пуассона возрастает с ростом сжимающих напряжений в каменной кладке. Граничные значения ν при напряжениях $\sigma = 0,1 \dots 0,4 f_{obs,mv}$ составили для кладки на растворах прочностью при сжатии: $f_m=3,1$ МПа - $\nu = 0,23 - 0,44$; $f_m=7,9$ МПа - $\nu = 0,091 - 0,25$; $f_m=10,9$ МПа – $\nu = 0,075 - 0,19$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Коэффициент поперечной деформации каменной кладки зависит от прочности кладочных растворов и уровня сжимающих напряжений действующих перпендикулярно плоскости горизонтальных растворных швов. Среднее значение коэффициента поперечной деформации ν при уровне сжимающих напряжений в каменной кладке $\sigma/f_{obs,mv}=0,3$ для образцов, выполненных на растворах прочностью при сжатии $f_m=10,9$ МПа было равно 0,14, $f_m=7,9$ МПа - 0,19, $f_m=3,1$ МПа – 0,32. С ростом сжимающих напряжений в каменной кладке величина коэффициента Пуассона возрастала. Граничные значения коэффициента поперечной деформации при напряжениях в каменной кладке $\sigma = 0,1 \dots 0,4 f_{obs,mv}$ составили для образцов на растворах прочностью при сжатии:

- $f_m=3,1$ МПа $\nu = 0,23 - 0,44$;
- $f_m=7,9$ МПа $\nu = 0,091 - 0,25$;
- $f_m=10,9$ МПа $\nu = 0,075 - 0,19$.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проектирование каменных конструкций. Часть 1-1. Общие правила для армированных и неармированных каменных конструкций: СТБ EN/1996-1-1-2008.- Введ. 31.10.08.- Минск: Госстандарт. -127с.
2. СНиП II-22-81*. Каменные и армокаменные конструкции / Госстрой СССР- М.: Стройиздат, 1983.-40с.
3. Пангаев, В.В. Об особенностях современного расчета усилий и напряжений в каменных зданиях /В.В. Пангаев, М.А. Чернинский// Проектирование и строительство в Сибири.- 2008.-№3. - С.32-35.
4. Пангаев, В.В. Развитие расчетно-экспериментальных методов исследования прочности кладки каменных конструкций: Автореф. дис. ... докт. техн. наук.- Новосибирск, 2009.-34с.
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 растворов для каменной кладки. Часть 11. Определение прочности затвердевшего строительного раствора при изгибе и при сжатии: EN 1015-11.-Введ.07.08.1999.- CEN/TC 125.-18с.

Источник: www.belniis.by