
ВЛИЯНИЕ КАМЕННЫХ ЗАПОЛНЕНИЙ В КАРКАСНЫХ ЗДАНИЯХ С УЧЕТОМ ДЕФОРМАТИВНЫХ СВОЙСТВ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗАПОЛНЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БУРУНДИ

Микерого Эммануэль

Кафедра строительных конструкций и сооружений
Инженерный факультет
Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419

В статье дан обзор экспериментальных и численных исследований влияния каменных заполнений в каркасных зданиях. На основе общих выводов предложен вариант конструктивного решения с учетом местных материалов республики Бурунди.

Ключевые слова: влияние каменных заполнений, экспериментальные и численные исследования, местные материалы заполнения Республики Бурунди.

В Бурунди применяется каркасная система зданий с заполнением каменными материалами. Однако при проектировании зданий работа заполнения не учитывается, что приводит к завышению размеров сечений элементов каркаса. Можно предположить, что расчетная модель каркасных зданий в Бурунди не соответствует действительной работе здания на горизонтальные нагрузки.

Целью данной статьи является обзор основных результатов экспериментальных и численных исследований влияния заполнений из камней на несущую способность элементов каркаса при действии горизонтальной нагрузки и предложение варианта конструктивного решения многоэтажных зданий, учитывающего физико-механические свойства местных материалов заполнения.

Экспериментально установлено, что прочность каменных кладок зависит в основном от прочностных характеристик камня и раствора. Прочностные характеристики кладочных камней и растворов определяются в соответствии с требованиями нормативных документов и ГОСТов. Например, сопротивление каменной кладки сжатию и начальный модуль упругости определяются по эмпирическим формулам (1) и (2), приведенным в [7].

$$f_K = K f_b^{0,65} f_m^{0,25} \quad (1)$$

$$E = K_E f_K, \quad (2)$$

где $f_K(N/mm^2)$ — нормативное сопротивление кладки сжатию; K — константа, зависящая от вида кладочного элемента; $f_b(N/mm^2)$ — приведенное сопротивление кладочного элемента сжатию; $f_m(N/mm^2)$ — прочность раствора; K_E — коэффициент, подобный упругой характеристике кладки.

В экспериментальных условиях сопротивление каменной кладки срезу, коэффициент поперечных деформации и модуль сдвига определяются испытанием изготовленных образцов каменных кладок. Кратковременный модуль упругости каменной кладки определяется по формуле (3):

$$E_i = \frac{F_{i,\max}}{3 \cdot \varepsilon_{yi} \cdot A_i}, \quad (3)$$

где $F_{i,\max}$ — разрушающая нагрузка; ε_{yi} — относительные продольные деформации; A_i — площадь поперечного сечения.

Каменная кладка разрушается по сжатой диагонали либо по горизонтальным швам, или раздроблением кладочных элементов в сжатых углах. Раздавливание раствора или потеря устойчивости стенки камней кладки из камней с пустотами являются основными причинами разрушения.

Каменная кладка из полнотелых камней менее деформативна и обладает большей трещиностойкостью по сравнению с кладкой из пустотелых камней [4]. Разрушение каменной кладки из камней с горизонтальными пустотами близко к крупному разрушению.

При экспериментальных исследованиях горизонтальные и вертикальные нагрузки, действующие в плоскости стены, создаются домкратами. Количественные измеряемые параметры регистрируются устанавливаемыми датчиками. Результаты, полученные при испытании рам без заполнения, сравниваются с результатами исследования заполненных рам. В этих экспериментах разрушение каменной кладки происходит также по сжатой диагонали либо по плоскости горизонтальных швов или раздроблением кладочных элементов в сжатых углах [3].

В экспериментальных испытаниях сложно варьировать исходные данные. Поэтому применение современных комплексных компьютерных программ, основанных на методах конечных элементов, является альтернативным методом исследования влияния каменных заполнений в каркасных зданиях. Численные методы позволяют варьировать и разнообразить исходные данные для достаточного исследования влияния каменных заполнений.

Более простой способ численного исследования каркасной системы с заполнением состоит в замене стенового заполнения сжатой диагональю, ширина которой определяется по формуле (5), а исходные физико-механические свойства определяются экспериментальным путем.

$$w = 0,201 \frac{\sqrt{H^{\bullet 2} + L^{\bullet 2}}}{H^{0,4} (E_d \cdot s \cdot \sin(2\theta))^{0,1}} \cdot (E_f \cdot I_c \cdot H^{\bullet})^{0,1}, \quad (5)$$

где s — толщина стенового заполнения; E_d — модуль упругости каменной кладки по сжатой диагонали; E_f — модуль упругости железобетона; H, L — соответственно высота и длина железобетонной рамы; H^{\bullet}, L^{\bullet} — соответственно высота и длина стенового заполнения;

I_c — момент инерции сечения заменяющей железобетонной колонны; $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{H^{\bullet}}{L^{\bullet}} \right)$ — угол, характеризующий габаритные размеры каменного заполнения.

Моделирование каркасной системы с каменным заполнением методом замены стенового заполнения сжатой диагональю приводит к стержневой модели каркасного здания [2]. Этим методом проводились численные исследования при оценке влияния габаритных размеров каркасных зданий. В этих исследованиях варьировалось количество и размеров пролетов, присутствие гибких этажей, а также высоты этажа при действии горизонтальных нагрузок типа сейсмических и ветровых.

Специальные компьютерные программы позволяют моделировать каменную кладку заполнения как пластинку. Для этого существует два подхода: макро-моделирование и микро-моделирование.

При макро-моделировании кирпичная кладка рассматривается как однородный сплошной материал без учета взаимодействия кладочных элементов и растворов.

При микро-моделировании кирпичная кладка рассматривается как дискретная модель, состоящая из кладочных элементов и раствора, в котором раствор выполняет роль соединительного элемента.

Г.Г. Кашеваровой в [5] проведено макро-моделирование и микро-моделирование каменных кладок с учетом разброса физико-механических свойств в каменной кладке. Полученные результаты свидетельствуют, что разброс физико-механических свойств влияет на величины полученных деформаций и напряжений. При этом зона возможных деформаций локализовалась в схожих местах у всех исследованных вариантов каменных кладок.

Численные исследования свидетельствовали что коэффициенты (k, n) , характеризующие анизотропию деформационных характеристик материала незначительно отличались от коэффициентов для изотропной среды, что привело к выводу о том, что при оценке напряженно-деформированного состояния каменной кладки можно рассматривать кирпичную кладку как материал, обладающий слабо выраженной анизотропией деформационных свойств, которой можно пренебречь в расчетах и моделировании [4]. Соответственно $(k \neq 1, n \neq 1)$ и $(k = 1, n = 2)$ для анизотропной и изотропной среды.

Результаты проделанных численных исследований подтвердили результаты экспериментальных исследований. В обоих исследованиях установлено влияние каменных заполнений в каркасных зданиях. Каменные заполнения влияют на статическую и динамическую работу каркасных зданий [1]. Сдвиговая и изгибная жесткость увеличиваются, что приводит к увеличению общей жесткости каркасных зданий с каменным заполнением.

Однако нерегулярное расположение стен в плане создает крутильные воздействия. Также применение непрочных материалов заполнения отрицательно сказывается на работе каркасных зданий при сдвиговых воздействиях.

Особенность каркасных зданий с каменным заполнением в Бурунди заключается в том, что в стране еще не проводились исследования физико-механических свойств кладочных материалов стеновых заполнений. В таком случае невозможно давать оценку влияния стеновых заполнений каркасных зданий. Однако учитывая, что в Бурунди возводятся многоэтажные здания до восьми этажей, можно предположить, что учет влияния стеновых заполнений позволит проектировать технически и экономически обоснованные каркасные здания.

Поэтому каркас с безбалочными перекрытиями с каменным заполнением является альтернативным и более перспективным вариантом конструктивного решения при проектировании и возведении массовых типовых многоэтажных зданий в Республике Бурунди.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Авада Х.М.Х.* Железобетонные каркасные здания с включением заполнений (эксперимент, расчет, проектирование). Дисс. ... докт. наук. М., 1996.
- [2] *Деркач В.Н.* Стержневая модель каменного заполнения каркаса // Вестник Брестского государственного технического университета. 2004. № 1. С. 30—32.
- [3] *Деркач В.Н.* Несущая способность каменного заполнения каркасных зданий // Сборник научных трудов. Выпуск 5. СтройМедиаПроект, Минск, 2013. С. 30—32.
- [4] *Деркач В.Н.* Деформационные характеристики каменной кладки в условиях плоского напряженного состояния // Строительные конструкции. 2012. № 2(40). С. 3—12.
- [5] *Кашеварова Г.Г.* Программа реализации алгоритма учета статического разброса механических свойств материалов // Вестник ПНИПУ. 2012. № 1.
- [6] *Allouzi R., Irfanoglu A., Haikal G.* Non-linear finite element modeling of RC frame-masonry wall interaction under cyclic loading. 10 NCEE. Anchorage, Alaska. July 21—25, 2014.
- [7] Eurocode 6. Calcul des ouvrages en maçonneries – Partie 1 – 1: Regles generals – Regles generals pour la maçonnerie armee et non armee. ENV 1996-1-1:1995 F.
- [8] *Gouveia J.P., Lourenco P.B.* Masonry shear walls subjected to cyclic loading: influence of confinement and horizontal reinforcement. Tenth North American masonry conference. June 3—5, 2007. St Louis, Missouri, USA, Pg. 838—848.

THE INFLUENCE OF LOCAL-MATERIALS INFILL IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN REPUBLIC OF BURUNDI

Mikerego Emmanuel

Department of Structural Engineering
Engineering faculty
Peoples' Friendship University of Russia
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

This paper is about the influence of masonry-wall infill in structures and the needed technical solution considering the influence of local-materials in designing and building of reinforced concrete structures in republic of Burundi.

Key words: Influence of masonry-wall infill in structures, experimental and analytical research, local-materials for masonry-walls in republic of Burundi.

REFERENCES

- [1] *Avada H. M.H.* Reinforced concrete frame buildings with the inclusion of padding (experiment, calculation, design). Diss. ... dokt. of science. M., 1996.
- [2] *Derkach V.N.* Rod stone model of filling the frame // Bulletin of the Brest state technical University. 2004. № 1. S. 30—32.
- [3] *Derkach V.N.* Bearing capacity of stone fill frame buildings // StroiMediaProekt. Minsk, 2013. S. 30—32.
- [4] *Derkach V.N.* Deformation characteristics of masonry under plane stress state // Building construction. 2012. № 2(40). S. 3—12.
- [5] *Kashevarova G.G.* The program realization of the algorithm taking into account the static scatter of mechanical properties of materials // Bulletin PNIPU. 2012. № 1.
- [6] *Allouzi R., Irfanoglu A., Haikal G.* Non-linear finite element modeling of RC frame-masonry wall interaction under cyclic loading. 10 NCEE. Anchorage, Alaska. July 21—25, 2014.
- [7] Eurocode 6. Calcul des ouvrages en maçonneries – Partie 1 – 1: Regles generals – Regles generals pour la maçonnerie armee et non armee. ENV 1996-1-1:1995 F.
- [8] *Gouveia J.P., Lourenco P.B.* Masonry shear walls subjected to cyclic loading: influence of confinement and horizontal reinforcement. Tenth North American masonry conference. June 3—5, 2007. St Louis, Missouri, USA, Pg. 838—848.