

Донченко О. М., канд. техн. наук, проф.,
Пащенко Ж. Н., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕОРИИ СОПРОТИВЛЕНИЯ И МЕТОДОВ РАСЧЕТА КЛАДКИ ИЗ ИСКУССТВЕННЫХ КАМНЕЙ

zhanna_pashenko@mail.ru

Несмотря на это и высокое развитие строительной науки, многие аспекты теории сопротивления и нормативной методики расчета хорошо известных каменных конструкций, имеющих более, чем 4-тысячелетнюю историю, продолжают оставаться еще недостаточно изученными и мало объяснимыми. Одним из таких актуальных вопросов является значительно более низкая прочность кладки при центральном сжатии по сравнению с прочностью ее кирпича или камня, определенной при их стандартных испытаниях на сжатие. Прочность такой кладки, устроенной каменщиками высокой квалификации, составляет обычно лишь от 30 до 60% прочности ее кирпича или камня (рис). И главное - такая тенденция снижения эффективности использования кирпича или камня в кладке увеличивается с увеличением их прочности. Последнее делает сомнительной эффективность резкого повышения их прочности, что противоречит физическим закономерностям и достижениям научно-технического прогресса.

Ключевые слова: прочность, центральное сжатие, камень, кирпич, каменные конструкции, кладка.

Все увеличивающиеся объемы строительства гражданских многоэтажных зданий характеризуются возрождением каменных конструкций из хорошо известного традиционного кирпича и искусственных стеновых камней, прочность которых неуклонно повышается. Они все больше вытесняют сборный железобетон, ранее применявшийся у нас в 65-70% стен таких зданий. На основании опыта передовых зарубежных стран и по прогнозам ведущих специалистов, такая тенденция сохранится и на длительную перспективу.

Несмотря на это и высокое развитие строительной науки, многие аспекты теории сопротивления и нормативной методики расчета хорошо известных каменных конструкций, имеющих более, чем 4-тысячелетнюю историю, продолжают оставаться еще недостаточно изученными и мало объяснимыми. Одним из таких актуальных вопросов является значительно более низкая прочность кладки при центральном сжатии по сравнению с прочностью ее кирпича или камня, определенной при их стандартных испытаниях на сжатие. Прочность такой кладки, устроенной каменщиками высокой квалификации, составляет обычно лишь от 30 до 60% прочности ее кирпича или камня (рис. 1). И главное - такая тенденция снижения эффективности использования кирпича или камня в кладке увеличивается с увеличением их прочности. Последнее делает сомнительной эффективность резкого повышения их прочности, что противоречит физическим закономерностям и достижениям научно-технического прогресса.

Точно также, неубедительной является и сложившаяся у нас практика проектирования возведения каменных конструкций с применением кладочных растворов невысокой прочности - М-25÷75. В нормах ее предел составляет лишь М-200, в то время когда в США и других странах уже давно применяются кладочные растворы прочностью до 400 кг/см².

Недостаточная в России средняя прочность кирпича (глиняного М-125, силикатного М-150), а в зарубежных странах она соответствует М-400-500, вызывает необходимость применения более прочных искусственных камней или армирования кладки. В настоящее время наиболее эффективным является традиционное поперечное армирование наиболее напряженных участков кладки многоэтажных зданий металлическими сетками. Однако в нормах проектирования еще не приведены методы расчета армированной кладки с камнями высотой более 150 мм, в то время, когда широко применяющиеся сейчас камни имеют высоту 200-300 мм.

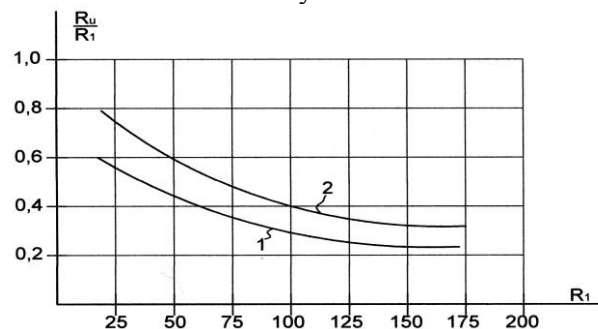


Рис. 1. Влияние прочности бетонных пустотелых камней R_1 на прочность кладки R_k :
1 - на растворе М-150; 2 - на растворе М-100.

Поэтому теория работы и методы расчета каменных конструкций [3 с.16-21] постоянно находятся в центре внимания исследователей и проектировщиков. Главным и наиболее существенным среди них является исследование сопротивления кладки и назначение ее предела прочности при центральном сжатии R_u , что являлось в течение многих десятилетий предметом поисков и дискуссий многочисленных исследователей.

Современные представления о прочности центрально сжатой кладки, в первую очередь, связаны с работами видных отечественных ученых: Л.И. Онищика и С.В. Полякова и их школ, С.А. Семенцова, И.Т. Котова, В.Л. Камейко, М.Я. Пильдиша и др. Кратко их сущность можно сформулировать следующим образом. Камень и раствор в кладке находятся в условиях сложного напряженно-деформативного состояния (НДС). Камень одновременно испытывает сжатие, изгиб, срез и растяжение, а раствор - трехстороннее сжатие. При этом прочность кладки [4 с.3-19] зависит от многочисленных технологических факторов в связи с неоднородностью растворной постели, неплоскостностью отдельных горизонтальных рядов камня, некачественной перевязки и заполнения растворных швов и т.п., но, в первую очередь, от прочности и вида составляющих ее камня и раствора.

В связи с чрезвычайной сложностью такой внутренне многократно статически неопределимой системы и отсутствием достоверного теоретического подхода практически всеми зарубежными исследованиями: Боме, Говве, Крегером, Графом и др. на основании результатов обработки большого числа экспериментальных данных были получены лишь эмпирические зависимости определения к сожалению, имевшие лишь частный характер и достаточно хорошо соответствующие только отдельным видам кладки, в опытах с которыми они были получены.

Наиболее удачной из них является известная эмпирическая зависимость проф. Л.И. Онищика [1 с.31-33], положенная в основу наших норм проектирования

$$R_u = A \cdot R_1 (1 - a/b + R_2/2R_1) \gamma, \quad (1)$$

где R_1 и R_2 , соответственно, прочность камня и раствора, определенная в стандартных для этих материалов испытаниях на сжатие A - конструктивный коэффициент камня

$$A = 100 + R_1/100m + n R_1. \quad (2)$$

В (1) и (2): a , b , m , n - эмпирические безразмерные коэффициенты, зависящие от вида кладки и ее материалов, определяемые на основании обработки результатов специальных экс-

периментов, γ - поправочный коэффициент для кладки на низкопрочных растворах.

Расчетное сопротивление кладки, армированной поперечными металлическими сетками, из кирпича и керамических камней с вертикальными щелевидными пустотами при центральном сжатии принимается равным

$$R_{sk} = R + 2 \mu R_s/100 \leq 2R, \quad (3)$$

где R - расчетное сопротивление неармированной кладки; R_s - расчетное сопротивление арматуры сеток; μ - процент армирования по объему для сеток с квадратными ячейками из арматуры поперечным сечением A_{st} с размерами ячейки C при расстояниях между сетками по высоте S , равный

$$\mu = 200 \cdot A_{st}/C \cdot S. \quad (4)$$

При этом μ при центральном сжатии должен находиться в пределах от 0,1% до 50 $R/R_s \leq 1,0\%$

Принятая в России и странах СНГ нормативная методика [1 с.41] расчета каменных конструкций при центральном сжатии, основанная на вышеуказанных зависимостях [1÷4], выражается следующим образом:

$$N \leq m_g \cdot \varphi \cdot R \cdot A; \quad (5)$$

- для кладки, армированной металлическими поперечными сетками,

$$N \leq m_g \cdot \varphi \cdot R_{sk} \cdot A, \quad (6)$$

где m_g - коэффициент, учитывающий влияние прогиба элемента на его несущую способность N при длительном нагружении; φ - коэффициент продольного изгиба центрально сжатого элемента; A - площадь поперечного сечения элемента.

К несомненным достоинствам нормативной методики расчета [1с.46] относится её исключительная простота и знакомый для инженера аппарат строительной механики и сопротивления материалов. Вместе с тем, ее точность и общность для настоящего времени и для развития каменных конструкций на дальнюю перспективу оставляет желать много лучшего. Нормативная методика [5 с.26-27] хорошо и достаточно точно отражает особенности работы кладки из камня и раствора, которые были наиболее применимы в годы деятельности и исследований проф. Л.И. Онищика /20- 40 годы XX столетия/. Поэтому она позволяет получать довольно точные решения и результаты для кладок с материалами низкой и средней прочности, т.е. для камней М 50-150 и растворов М 25-75.

Появление новых видов растворов и камней, резкое повышение их прочностных свойств, соответственно, до марок 400 и 700, применение промышленных методов изготовления кладки /вибро-технологии/ и др. показало, что зависимости Л.И. Онищика не в состоянии учесть все

основные влияющие факторы. Для кладок с тонкими швами /3-5 мм/, высокопрочными камнями высотой 200-300 мм и высокопрочными растворами погрешности ее применения велики и могут достигать 100%.

Ни эта, ни аналогичные эмпирические зависимости других авторов не позволяют определять момент образования вертикальных трещин и влияние поперечного армирования для кладки с высокими камнями даже для условий центрального сжатия кладки [6 с.32]. Все они, полученные только на эмпирической основе, не учитывают деформативные свойства материалов и, естественно, им присущи одинаковые недостатки и неточности.

Несомненно, что интенсивное развитие каменных конструкций требует создания более достоверной и физически обоснованной теории их сопротивления, более общей и точной для широкого круга применяемых материалов. Естественно, что это может вызвать значительное усложнение расчетного аппарата. Последнее совершенно незатруднительно для всех инженеров-проектировщиков, теперь уже хорошо освоивших быстродействующие ЭВМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Онищик Л.И. Каменные конструкции. Госстройиздат, 1939.
2. Поляков С.В. Длительное сжатие кирпичной кладки. Госстройиздат, 1959.
3. Донченко О.М., Дегтев И.А. К развитию теории трещиностойкости и сопротивления кладки при сжатии. М., 2000. С. 16-21.
4. Донченко О.М., Дегтев И.А., Савченко В.И. Прочность и трещиностойкость кладки при центральном сжатии. В кн.: Расчет строительных конструкций и сооружений. М., 1983, С. 3-19.
5. Донченко О.М., Дегтев И.А., Пириев Ю.С. Исследования прочностных и деформативных свойств кладки из мелких пенобетонных камней при центральном сжатии // Промышленное и гражданское строительство. 2007. №8. С. 26-27.
6. Донченко О.М., Басов М.А., Ежеченко Д.А. К продольному изгибу каменных конструкций при центральном сжатии // Промышленное и гражданское строительство. 2007. №8. С. 32