

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

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ И ИСЧЕРПАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ КЛАДКИ ИЗ ИСКУССТВЕННЫХ КАМНЕЙ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ СЖАТИИ

znp2302@mail.ru

Для описания НДС кладки в стадиях 3 и 4 необходим дифференциальный подход к отдельным совместно работающим ветвям-столбам, но различным, как по механическим свойствам, так и по условиям работы материалам – камню и раствору, характер работы которых в кладке совершенно неадекватен. Сопротивление отдельных, но еще совместно работающих ветвей-столбов, можно моделировать работой составных стержней, принимая трение и зацепление отдельных камней за упруго-пластичные связи сдвига, а сетки в армированной кладке – за поперечные упругоэластические связи растяжения, что позволит учесть ее действительное сопротивление продольному изгибу.

Ключевые слова: сопротивление, продольный изгиб, камень, раствор, ветвей-столбов, кладка, сдвиг.

Благодаря своим хорошим физико-механическим и эксплуатационным качествам – большим размерам и небольшому весу, существенно повышающим производительность труда, повышенному термическому сопротивлению, не дефицитности исходных материалов и их развитой промышленности строительных материалов легкие искусственные камни и, в первую очередь, пустотелые керамзитобетонные, пенобетонные и газосиликатные в последнее 10-летие существенно потеснили керамический и силикатный кирпич и практически стали основными стеновыми материалами для возведения наружных и внутренних стен гражданских и промышленных зданий. Прогнозы специалистов свидетельствуют, что такая тенденция сохранится и на длительную перспективу. При этом камни по качеству и прочности будут более разнообразными, в связи с чем дальнейшее изучение работы такой кладки в несущих конструкциях зданий и сооружений является актуальным.

Однако, несмотря на значительные успехи в исследовании сопротивления материалов, физически обоснованная теория работы кладки из таких камней, как и из традиционного кирпича еще не создана, а практические методы ее расчета основаны на феноменологических эмпирических зависимостях, дающих удовлетворительные результаты лишь для кладки из материалов, в опытах с которыми они были получены. Нормативная методика [1] дает удовлетворительные результаты в основном для кладок с материалами низкой и средней прочности – камней марок М 50-150 и растворов марок М 25-100. Для других видов кладки – из высокопрочных камней и растворов, с тонкими швами и т.п. погрешности при ее применении становятся значительными.

Перспективы применения легких высокопрочных и пустотелых материалов, широко распространенных за рубежом, вызывают настоятельную необходимость разработки современной физической теории сопротивления кладки силовому нагружению и более точных расчетных методик. Они должны быть достоверными и общими для кладок из различных каменных материалов. Принятые сейчас в этом направлении приоритетные поиски эмпирических зависимостей бесперспективны. Появление новых материалов [5] более высокой прочности и деформативности, другой формы и размеров и т.п. вызовет необходимость проведения большого количества многодельных и трудоемких экспериментов.

Достоверная теория [2] сопротивления кладки силовому нагружению должна основываться на рассмотрении действительных физических явлений, поверхностей деформирования, растрескивания и разрушения. Особенно это актуально для кладки из искусственных пустотелых камней. Во-первых, игнорируют возможность армирования кладки с камнями высотой более 15 см поперечными сетками, считая его, по-видимому, неэффективным и, во-вторых, эксперименты показывают, что исчерпание ее сопротивления происходит из-за разрыва поперечных перемычек камней между вертикальными пустотами, а поперечное армирование кладки металлическими сетками сопротивляется таким растягивающим деформациям и существенно (до 50%) повышает прочность кладки, что весьма важно для напряженных участков кладки – столбов, пилонов, пилястр, простенков.

Многолетнее изучение особенностей работы различных видов кладки в лабораторных и эксплуатационных условиях позволили нам сделать ряд обобщений и сформулировать физиче-

ские положения [3, 4] для основ создания достоверного и аналитически простого аппарата расчета кладки.

Принято считать, что за время силового нагружения и работы до истощения сопротивления армированная и неармированная кладка проходит несколько стадий. Для кладки из традиционного кирпича и камней на стадии 1 до 40-50% от разрушающей нагрузки в кладке еще нет трещин. На стадии 2 в двух смежных по высоте камнях или в вертикальном растворном шве появляются мелкие локальные трещины. И все же, на этих стадиях кладка еще в значительной степени представляет монолитный композиционный массив со случайным распределением не полностью заполненных вертикальных и участками отсутствующего сцепления с раствором в горизонтальных швах, в связи с чем с небольшими погрешностями ее НДС можно описать уравнениями теории упругости.

Многочисленные опыты показали, что появление первых мелких локальных трещин в камне связано с его изгибом, вызванным существенной неоднородностью растворной постели, не горизонтальностью укладки отдельных камней и отсутствием на некоторых их участках сцепления с раствором, а также с осевым растя-

Неармированная

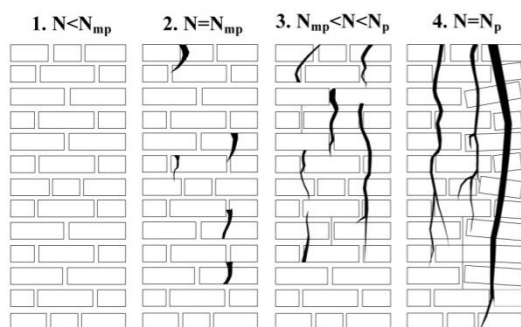


Рис. 1. Стадии работы кладки при центральном сжатии

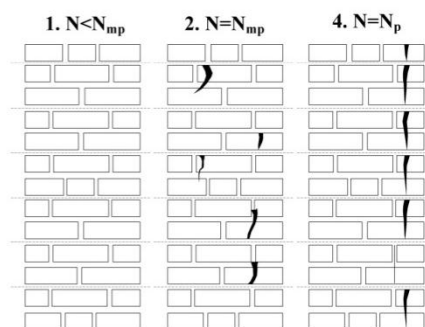
Единообразие работы армированной и неармированной кладки еще больше нарушается на конечном этапе – стадии 4. Обычно в научнотехнической литературе эта стадия представляется как «...исчерпание сопротивления отдельных ветвей – столбиков, на которые разделилась кладка магистральными трещинами, разрушающихся в условиях продольного изгиба...». Однако это определение верно всегда лишь для неармированной кладки, у которой большая гибкость отдельных столбиков вызывает необходимость учитывать снижение сопротивления кладки за счет явлений продольного изгиба. Для кладки, армированной поперечными металлическими сетками в каждом или во втором ряду, явления продольного изгиба отдельных ветвей несущественны.

жением камня в поперечных направлениях, обусловленного деформациями обычно более деформативного раствора. И первыми, естественно, растрескиваются камни, имеющие наименьшие значения сопротивления растяжению.

Образование и развитие магистральных трещин в стадии 3 происходит в неармированных кладках после того, как над или под первым треснувшим камнем начнут растрескиваться камни, имеющие средние и наибольшее значения сопротивления растяжению. Это обуславливает появление в кладке протяженных вертикальных трещин, практически повторяющих направление ранее возникших локальных трещин, или дальнейшее раскрытие вертикального растворного шва, являющегося своего рода концентратором НДС в кладке.

Но на стадии 3 (рис.) единообразие в развитии трещин в армированной и неармированной кладках нарушается. При обычно частом по высоте армировании в кирпичной кладке (в каждом 2-4 ряду), а в кладке с камнями высотой более 15 см (в каждом 1-2 ряду) металлические сетки сдерживают развитие поперечных деформаций кладки, предотвращая появление магистральных трещин и ее разделение на отдельные вертикальные ветви.

Армированная



Однако при расчете необходимо учитывать, что и невысокие (между поперечными сетками) ветви-столбики тоже состоят из отдельных дискретных слоев камня и раствора. При этом обычно из поля зрения ускользают две возможные формы их конечного разрушения. На основании анализа макросъемки процесса истощения сопротивления кладки установлено, что такими формами являются потеря прочности камня из-за многочисленных растрескиваний и откола поверхностных лещадок, т.е. его раздавливания-смятия или разрушение раствора и высыпание его поверхностных слоев из швов при еще сохранившейся сплошности камня.

Первая оказалась характерной для армированной и неармированной кладок на растворах средней и высокой прочности, вторая - для

кладки из достаточно прочного камня на низкопрочных растворах или при большой толщине горизонтальных растворных швов.

Естественно, что в стадиях 3 и 4 армированная и неармированная кладка уже не является монолитным массивом и применять для описания ее НДС уравнения теории упругости и пластичности недопустимо, поскольку не соблюдаются их основные предпосылки о сплошности и однородности материала.

Для описания НДС кладки в стадиях 3 и 4 необходим дифференциальный подход к отдельным совместно работающим ветвям-столбам, но различным, как по механическим свойствам, так и по условиям работы материалам – камню и раствору, характер работы которых в кладке совершенно неадекватен. Сопротивление отдельных, но еще совместно работающих ветвей-столбов, можно моделировать работой составных стержней, принимая трение и зацепление отдельных камней за упруго-пластичные связи сдвига, а сетки в армированной кладке – за поперечные упруго-пластические связи растяжения, что позволит учесть ее действительное сопротивление продольному изгибу.

Причину разрушения камня и раствора, в армированной и неармированной кладке, надо искать не в превышении действующих нормальных напряжений над их прочностью на сжатие, определенную в опытах со стандартными образцами, а в наступлении предельного состояния по прочности от совместного действия сжимающих и растягивающих напряжений, в отдельных локальных областях камня и раствора, находящихся в сложных пространственных (трехосных) напряженных состояниях, величину которых можно определить только по соответствующей теории прочности. Это подчеркивается тем обстоятельством, что прочность реальной

неармированной кладки всегда в 2,5-4,5 раза меньше прочности (марки) камня на сжатие, но в 1,5-3,0 раза больше его прочности на растяжение, а прочность кладки на низкопрочных растворах в 2,5-3,5 раза больше их прочности на сжатие.

В армированной кладке, в связи с не разделением вертикальными трещинами на отдельные ветви-столбы, существенно снижаются явления растяжения и продольного изгиба, в результате чего прочность кладки приближается к прочности камня на сжатие в стандартных образцах, а его конструктивный коэффициент использования прочности на сжатие, т.е. эффективность его работы в армированной кладке существенно увеличивается. В армированной кладке с традиционными кирпичами высотой до 8,8 см эта эффективность может приближаться к 100%, а с камнями высотой до 20 см – к 50%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Онищик Л.И. Каменные конструкции. Госстройиздат, 1939, С. 36-81.
2. Поляков С.В. Длительное сжатие кирпичной кладки. Госстройиздат, 1959, С. 24-48.
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., Басов М.А., Ежеченко Д.А. К продольному изгибу каменных конструкций при центральном сжатии // Промышленное и гражданское строительство. 2007. №8. С.32