

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФРАГМЕНТОВ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ, УСИЛЕННЫХ ПОЛИСТИРОЛБЕТОНОМ**

**Усеинов Э.С.**

**Научный руководитель – д.т.н., профессор Копаница Д.Г.**

*Томский государственный архитектурно-строительный университет*

Значительная часть территории нашей страны (более 25 процентов), на которой расположены 27 субъектов и 550 населенных пунктов с населением более 2 млн. человек, находится в сейсмоопасных зонах, подверженных воздействию разрушительных землетрясений. В последние годы на территории страны произошло несколько мощных землетрясений в районах, традиционно считавшимися сейсмически неопасными либо, относившихся к меньшей расчетной интенсивности проявлений сейсмической активности, в том числе землетрясение мощностью 9 баллов, произошедшее на Алтае в 2003 году, и серия землетрясений мощностью 10 баллов, произошедших в 2006 году в Корякском автономном округе.

По экспертным оценкам, имеют дефицит сейсмостойкости и могут представлять опасность при сейсмических воздействиях свыше 50 процентов объектов капитального строительства жилого, общественного, производственного назначения и коммунальной сферы. Анализ структуры зданий по основным типам несущих конструкций показал, что преобладающим является каменная кладка.

Здания с несущими стенами из каменной кладки относятся к группе, так называемых, жестких зданий, получающие весьма высокую степень повреждения при сейсмических воздействиях. При этом проведенные лабораторные и натурные испытания показывают, что кирпичная кладка, выполненная обычным ручным способом, далеко не всегда удовлетворяет требованиям норм, предъявляемым к кладкам I и II категории. В отдельных случаях нормальное сцепление в кладке, являющееся основным показателем сейсмостойкости здания, находится в пределах до  $0,6 \text{ кг/см}^2$ , в то время как по нормам его величина должна быть равной  $1,2-1,8 \text{ кг/см}^2$ . В случае землетрясений в этих зданиях возможны повреждения и даже разрушения, которые могут стать причиной гибели людей.

Все это свидетельствует о необходимости принятия мер по усилению и реконструкции таких зданий и сооружений для обеспечения их эксплуатационной технической безопасности в целом, а также сейсмобезопасности и взрывобезопасности, в частности.

В работах выполненных в нашей стране и за рубежом экспериментально доказана достаточно высокая эффективность применения двустороннего и одностороннего усиления кирпичных стен арматурными сетками в слоях раствора или бетона. Однако в проведенных ранее работах не рассматривалась возможность применения в качестве усиливающих слоев легких бетонов. Применение легких бетонов при сейсмоусилении существующих зданий позволит в значительной мере повысить теплотехнические характеристики усиливаемых конструкций. Здесь важную роль играет то, что на ограждающую конструкцию стен приходится около 30-40% всех теплопотерь здания. Распространение данного метода в настоящее время затруднительно, в связи с недостатком данных о количественном влиянии усиления кирпичной кладки легкими бетонами, а также отсутствия инженерной методики расчета усиления стен из кирпичной кладки этим способом.

В лаборатории Томского государственного архитектурно-строительного университета были проведены экспериментальные исследования фрагментов кирпичной кладки на действие статической и динамической нагрузки. Экспериментальные образцы изготавливались в лабораторных условиях из сплошной кладки с цепной системой перевязки швов. В качестве усиливающего слоя применялся полистиролбетон различной плотности 600, 800, и 1000 кг/м<sup>3</sup>. Усиливающий слой укладывался на увлажненную поверхность фрагментов кирпичной кладки, и армировался арматурной сеткой Вр-I Ø 4 мм с ячейкой 100x100 мм.

Исследования подготовленных образцов проведены в 2 этапа, при статическом нагружении и на действие динамической нагрузки. Статические испытания проведены с использованием гидравлического пресса ПГ-250 (рис.1). Нагрузка в соответствии с принятой схемой испытания прикладывалась только на кладку вдоль одной из диагоналей, где при нагружении образцов возникали главные растягивающие напряжения. Деформации измерялись в продольном и поперечном направлении прогибомерами Аистова с ценой деления 0,01 мм на базе 800 мм, расположенными с 2х сторон вдоль каждой диагонали.



*Рис. 1. Общий вид испытаний на прессе ПГ-250*



*Рис. 2. Общий вид испытаний на копровой установке*

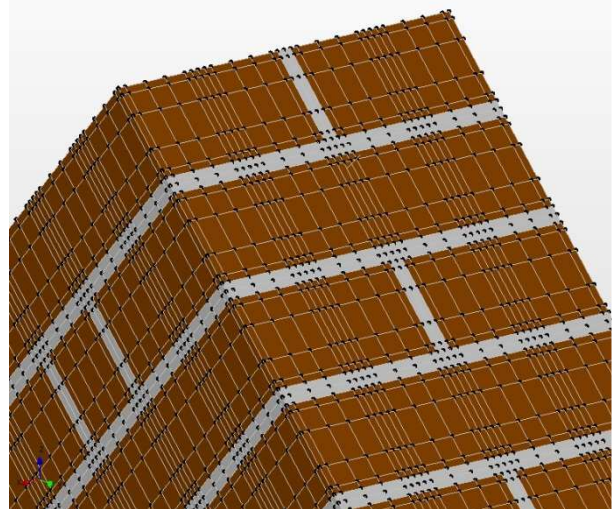
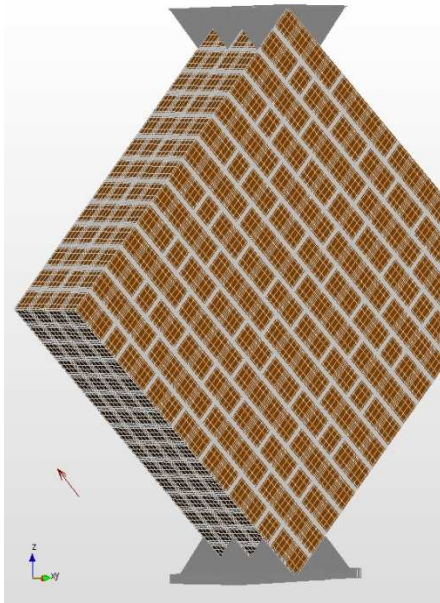
Динамические испытания проводились на копровой установке (рис. 2). Ударная нагрузка создавалась падающим грузом массой 480 кг. Для передачи нагрузки на кладку использовались металлические траверсы с размером опорного уголка 150x150 мм. Величина динамической нагрузки определялась динамометром Д-100. На поверхности кирпичной кладки были установлены датчики ускорения AnalogDivays, работающие в двух плоскостях (X, Y). За предельное состояние принималось: полное разрушение образцов, образование и раскрытие трещин в кирпичной кладке более 5 мм, срез или отслоение кладки от усиливающего слоя.

В результате экспериментальных исследований 10-ти образцов установлено, что на начальном этапе загрузки нагрузку воспринимает лишь кирпичная кладка. При нагрузках, близких к разрушающим, в работу включается усиливающий слой полистиролбетона. Разрушение образцов произошло от действия главных растягивающих напряжений с образованием диагональной трещины (рис. 3). Применение полистиролбетона позволило увеличить несущую способность фрагментов кладки от 27 до 40% в зависимости от плотности усиливающего слоя.



*Рис. 3. Характер разрушения экспериментальных образцов*

Вычислительный эксперимент проведен в программном комплексе APMCivilEngineering. Особенностями деформирования материалов, образующих кирпичную кладку, является значительная зависимость прочностных и деформационных характеристик от вида напряженно-деформированного состояния. Анализ поведения конструкций, выполненных из кирпичной кладки, существенно осложнен необходимостью детального учета перечисленных особенностей деформирования и разрушения отдельных фрагментов кладки. Учитывая вышесказанное, была создана компьютерная модель кирпичной кладки, максимально соответствующая конструкции экспериментальных образцов, позволяющая более детально исследовать процесс деформирования кирпичной кладки с учетом реальных свойств кирпича, раствора и структуры кладки. Компьютерная модель кирпичной кладки представлена объемными конечными элементами со свойствами кирпича и раствора в соответствии с принятой системой перевязки швов (рис. 4).



*Рис. 4. КЭ модель кирпичной кладки*

В общей сложности модель кирпичной кладки, выполненная без элементов усиления, состоит из 274560 объемных 8-ми узловых конечных элементов.

Механические и прочностные характеристики кирпича и раствора задавались в соответствии с результатами экспериментальных исследований.

В результате расчета получены картины распределения эквивалентных напряжений. Разбиение представительного объема кладки на конечные элементы производилось так, чтобы границы элементов попадали на границы разделов раствор–кирпич, что в конечном счете, позволило отследить картину напряженно-деформированного состояния как кирпича, так раствора (рис. 5).

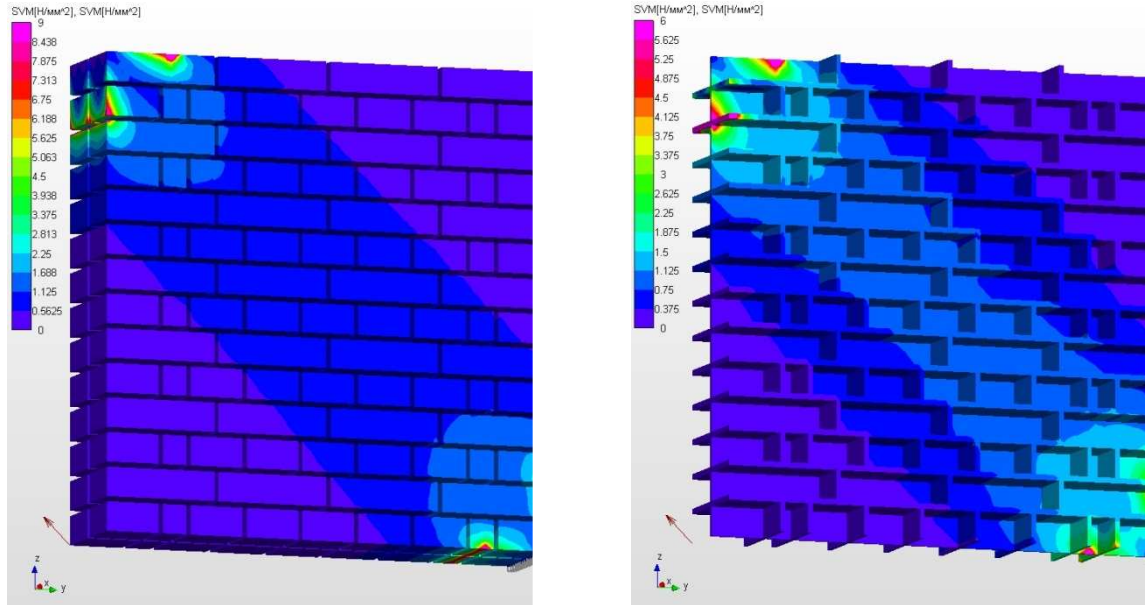


Рис. 5. Карта эквивалентных напряжений

Помимо компьютерной модели кирпичной кладки выполненной без усиления, была создана модель усиленная полистиролбетоном. В результате расчета получены картины распределения нормальных и касательных напряжений в кирпичной кладке и в слое полистиролбетона. Полученные данные в ходе численного эксперимента, качественно согласуются с данными полученными при проведении натуральных испытаний.

На сегодняшний день в целях уточнения и обобщения, полученных ранее данных о количественном влиянии усиления кирпичной кладки полистиролбетоном, запланировано проведение экспериментальных исследований еще 20-ти фрагментов кирпичной кладки усиленных полистиролбетоном на действие статической и динамической нагрузки.