

УДК 725.945:624.01

*Алексеевко В.Н., кандидат технических наук,
Жиленко О.Б.,
ООО «НПП ЮЖСЕЙСМОСТРОЙ»
Украина, г. Симферополь*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ С КОНСТРУКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

Преимущества использования блоков автоклавного газобетона [1] в качестве конструктивных элементов заполнения несущих каркасов высотных зданий в сейсмоопасных районах [2] очевидны. Так, при использовании в аналогичных условиях традиционных для Крыма мелкоштучных материалов имеется несколько альтернатив.

Мелкоштучные камни пильного известняка Евпаторийского месторождения, объемный вес которых достигает 1800-1900 кг/м³. Отклонения от геометрически правильной формы и количество приобретенных дефектов определяются не только технологической дисциплиной карьеров – производителей, но и количеством погрузочно-разгрузочных операций в цикле карьер – автотранспорт – ж/д вагон – автотранспорт – временный склад стройплощадки – монтажный уровень возводимого здания. При этом наиболее часто встречающиеся горизонты добываемых камней позволяют рассчитывать на прочность на сжатие в пределах М15-20. Выполнение кладки из этих камней ведет к значительному перерасходу кладочного раствора, необходимости выравнивания сколов или нецелесообразной (экономически) пересортировки и утилизации камней, не отвечающих достаточно жестким требованиям норм [3]. При пористой поверхности и в целях выравнивания швов, обеспечения гигиеничности, как правило, необходимо выполнение штукатурки с наружной стороны здания для последующего утепления пенополистиролом и окончательной отделки наружных фасадов, а также внутренней штукатурки даже при отделке интерьеров гипсокартонными системами.

Мелкоштучные камни пильного известняка Альминского месторождения, объемный вес которых достигает 2000 кг/м³. Прочность камней значительно выше камней евпаторийского месторождения и достигает марок М75-М150. Однако, существенный недостаток – высокая теплопроводность и очень низкая адгезия с цементно-песчаным раствором. Нормальное сцепление в кладке даже в пределах 0,6-1,2 кг/см² получить проблематично. Для отделки фасадов и внутренних стен требуется штукатурка только с использованием сеток.

Учитывая вышеприведенные факты, меньшая в настоящее время стоимость камней пильного известняка по сравнению с блоками из автоклавного газобетона нивелируется сопутствующими затратами при возведении, при этом надежность и пассивная сейсмостойкость здания за счет увеличения веса конструктивных элементов снижаются.

Однако опыт обследования высотных зданий, строящихся с использованием газобетонных блоков, потребовал разработки конструктивных мер по обеспечению их сейсмостойкости.

Здание климатопавильона на берегу моря в районе – Профессорский уголок г. Алушты. Строительная площадка находится в климатическом районе со следующими характеристиками: по весу снегового покрова – 86 кг/м²; по ветровому давлению – 45 кг/м². Глубина промерзания грунтов - 0,8 м.

Участок, на котором расположено здание, относится к району с 8-балльной расчётной сейсмичностью по карте А [2].

Здание 10-этажное (рис.1) с основными размерами плана в осях (1 – 12)/(В – I) – 60,6 x 17,9 м.



Рисунок 1 - Здание климатопа-
вильона со стенами из блоков
газобетона



Рисунок 2 - Здание спального
корпуса со стенами из блоков
газобетона

По конструктивной схеме несущая пространственная система здания представляет рамно-связевый каркас из монолитного железобетона. Ограждающие наружные стены и разделяющие внутренние стены выполнены кладкой из газобетонных блоков на цементно-песчаном растворе.

При обследовании установлено, что газобетонные блоки по прочности на осевое сжатие соответствуют марке камня М10 – М15, что было подтверждено механическими испытаниями. Расчётное сопротивление осевому растяжению по неперевязанному сечению для кладки из камней правильной формы, имеющих такую прочность, составляет 0,03 – 0,08 МПа [4, табл. 10, 11]. Это не отвечает рекомендациям норм [2, п.п. 3.6.4, 3.10.3, 3.10.4]. Кроме того, установлено, что горизонтальное армирование кладки выполнено двумя отдельными стержнями Ø12АIII с шагом по высоте 900 мм и более. Стержни не имеют связи с вертикальными железобетонными элементами, предусмотренной нормами. Во многих местах связь арматурных стержней с раствором кладки не обеспечена.

Кладка выполнена с нарушениями технологии возведения. В ней повсеместно присутствуют дефекты: пустошовка, различная толщина растворного шва (от нулевой до нескольких сантиметров), имеют место зоны, в которых кладка выполнена «на сухую».

Многие перемычки над проёмами имеют недостаточную глубину опирания и должны быть усилены. Для отдельных проёмов такое усиление уже выполнено.

Таким образом, для обеспечения безопасной эксплуатации и сейсмостойкости стен, возведённых кладкой из газобетонных блоков, необходимо их усиление и закрепление за железобетонные элементы каркаса.

Здание спального корпуса 12-этажное в районе набережной г. Алушта (рис. 2) с основными размерами плана 40,4 x 15,6 м.

По конструктивной схеме несущая пространственная система здания представляет рамно-связевый каркас из монолитного железобетона. Ограждающие наружные стены и разделяющие внутренние стены навесные, выполнены кладкой из газобетонных блоков на цементно-песчаном растворе.

При обследовании установлено, что газобетонные блоки по прочности на осевое сжатие соответствуют марке камня М 10 – М 15, что было подтверждено механическими испытаниями.

Расчётное сопротивление осевому растяжению по неперевязанному сечению для кладки из камней правильной формы, имеющих такую прочность, составляет 0,03 – 0,08 МПа [4, табл. 10, 11]. Это не отвечает рекомендациям норм [2], п.п. 3.6.4, 3.10.3, 3.10.4].

Кладка выполнена с нарушениями технологии возведения. В кладке имеются дефекты: пустошовка, различная толщина растворного шва - от нулевой до нескольких сантиметров. Над перемычками блоки уложены «на сухую» и какое либо их закрепление от сдвига отсутствует. Таким образом, для обеспечения безопасной эксплуатации и сейсмостойкости стен, возведённых кладкой из газобетонных блоков, необходимо их усиление и закрепление за железобетонные элементы каркаса.

Для контроля результатов по определению прочности газобетонных блоков на объектах были выполнены механические испытания стандартных кубов с размером ребра 150 мм. Стандартные кубы выпиливали из блоков, представленных Заказчиком (15 образцов по каждому объекту). Испытания и обработку результатов выполняли в соответствии с методикой [5].

Для обеспечения безопасной эксплуатации и сейсмостойкости стен, возведённых кладкой из газобетонных блоков, необходимо их усиление и закрепление за железобетонные элементы каркаса. Целесообразно усиление кладки, обеспечивающее её целостность при изгибе от действия горизонтальной сейсмической нагрузки и общую устойчивость стен на перекрытиях зданий.

При действии горизонтальной сейсмической нагрузки навесные стены в существующем состоянии будут разрушены. Поскольку горизонтальная арматура стен не связана с вертикальными железобетонными конструкциями, она никоим образом не повышает устойчивость стен, а только способствует увеличению прочности кладки на изгиб по вертикальным сечениям, не обеспечивая при этом общей устойчивости стены. В горизонтальных сечениях изгибающий момент может быть воспринят только материалом кладки, сопротивление которой, как уже указывалось, не достаточно. Для повышения сопротивления кладки изгибу по горизонтальным сечениям и обеспечения общей устойчивости стены следует выполнить её усиление вертикальными стальными элементами, закрепленными за железобетонные перекрытия. На участках стен, где горизонтальные стержни отсутствуют, необходимо устанавливать стальные полосы сечением 40х5 мм с шагом 700 мм по высоте стены, соединяя их сваркой с вертикальными элементами.

Так как отделка стены по проекту будет выполняться гипсокартонными системами, элементы усиления приняты из уголков № 40/40/5, а по внешним поверхностям ограждающих стен - из полосы сечением 40х5 мм. Шаг элементов принят 1,2 м, рекомендуемый нормами для размещения вертикальной арматуры в кладке. Расчёт этих элементов подтвердил, что их несущая способность достаточна.

На основании выполненных исследований разработаны методика расчета и технические решения по усилению различных элементов навесных стен в обследованных зданиях.

Предлагаемая методика расчёта несущей способности элементов усиления и их крепления к перекрытиям заключается в следующем.

Расчётное значение горизонтальной сейсмической нагрузки, приложенной к точке k и соответствующей i –ой форме собственных колебаний здания:

$$S_{ki} = k_1 k_2 k_3 Q_{ka} \alpha_0 k_{zp} \beta_i \eta_{ki}$$

где: k_1 - коэффициент, учитывающий неупругие деформации и локальные повреждения элементов здания, принимаемый по табл. 2.3. равен 0,5;

k_2 - коэффициент ответственности сооружений, принимаемый по табл. 2.4. равен 1,0;

k_3 - коэффициент, учитывающий этажность здания свыше 5 этажей равен 1,0, так как ограждающие конструкции распространяются только на один этаж;

Q_{ka} - нагрузка, отвечающая массе, принятой в качестве сосредоточенной в точке k и определяемая с учётом коэффициента сочетаний $\eta_c = 0,9$ для каменных конструкций

по табл. 2.1. [2]. Для 1 п.м. по высоте стены шириной 1,2 м (шаг элементов усиления) $Q_{ka} = h \cdot l \cdot b \cdot \gamma \cdot n_c = 1,0 \times 1,2 \times 0,2 \times 700 \times 0,9 = 150$ кг и является погонной нагрузкой на 1 элемент усиления;

α_0 – относительное ускорение грунта, равное 0,2 для площадки сейсмичностью 8 баллов;

k_{zp} – коэффициент, учитывающий нелинейное деформирование грунтов и принимаемый по табл. 2,6, равен 1,0;

β_i – спектральный коэффициент динамичности, соответствующий i -ой форме колебания здания и принимаемый согласно п.2.3.2, имеет максимальное значение, равное 2,5;

η_{ki} – коэффициент, зависящий от формы собственных колебаний здания и от места расположения нагрузки. Для местной сейсмической нагрузки η_{ki} равен 1,0.

Таким образом, $S_{ki} = 0,5 \times 1 \times 1 \times 150 \times 0,2 \times 1 \times 2,5 \times 1 = 37,5$ кгс и является равномерно распределённой нагрузкой на 1 элемент усиления при шаге этих элементов 1,2 м.

Поскольку усиление наружной стены с применением полосы с её внешней поверхности обладает меньшей несущей способностью, чем усиление внутренних стен уголками, необходима проверка достаточности несущей способности по полосе.

При таком усилении нагрузка от массы стены при горизонтальных сейсмических воздействиях будет передаваться на элемент усиления как распределённая на балку, шарнирно опёртую на перекрытия. Для наружных стен одним поясом балки будет служить уголок, а другим полоса (рис. 3,4).

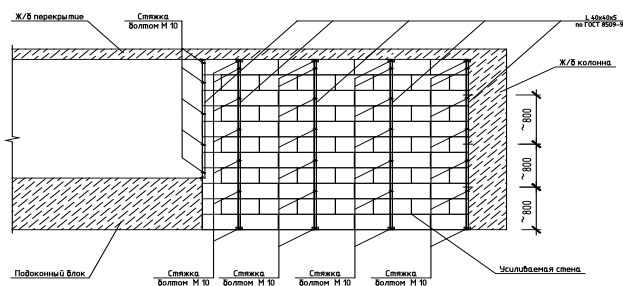


Рисунок 3 - Схема расположения элементов усиления стен из блоков газобетона

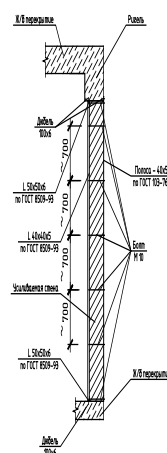


Рисунок - Схема сопряжения элементов усиления стен из блоков газобетона с ж/б несущими конструкциями

Изгибающий момент в вертикальных элементах усиления при расстоянии между перекрытиями 3,8 м:

$$M = q \cdot l^2 / 8 = 37,5 \times 3,8^2 / 8 = 67,7 \text{ кгс} \cdot \text{м}.$$

Для его восприятия необходима площадь сечения стального элемента усиления:

$$A_{yc} = M / z_s R_s = 6770 / 21 \times 2100 = 0,15 \text{ см}^2.$$

Несущая способность растянутого элемента усиления заведомо достаточна для восприятия сейсмических нагрузок.

При оценке несущей способности сжатого элемента необходимо учесть его гибкость. При шаге стержней болтов 0,8 м гибкость полосы составит $\lambda = l_o / i_o = 80 / 0,4 = 200$, а коэффициент, учитывающий снижение расчётного сопротивления стали $\varphi = 0,19$.

Тогда требуемая минимальная площадь полосы

$$A_{yc} = M / z_s \varphi R_s = 6770 / 21 \times 0,19 \times 2100 = 0,81 \text{ см}^2.$$

Фактически площадь полосы составляет $4 \times 0,4 = 1,6 \text{ см}^2$.

Несущая способность элементов усиления достаточна.

Крепление элемента усиления к перекрытию должно воспринимать перерезывающую силу $Q = 37,5 \times 1,9 = 72 \text{ кгс}$ и быть надёжно заанкеренным в перекрытие для восприятия выдёргивающего усилия.

Выводы

1. При использовании блоков автоклавного газобетона для возведения каркасных зданий в сейсмических районах повышается надёжность и общая пассивная сейсмостойкость сооружения за счет значительного снижения веса конструктивных элементов. Ощутимый рост эффективности наблюдается с увеличением этажности объекта.

2. Низкая квалификация исполнителей, приводящая к нарушениям технологии и небрежному выполнению кладочных работ из газобетонных блоков, потребует дополнительных материальных затрат на обеспечение сейсмостойкости строящихся зданий.

3. Предложенные методика расчета и технические решения по усилению конструктивных элементов из газобетона при возведении каркасных зданий в сейсмоопасных районах позволяют обеспечить требуемую действующими в Украине нормативными документами расчетную сейсмостойкость.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДСТУ В.2.7-137:2008 “Блоки з ніздрюватого бетону стінові дрібні. Технічні умови”
2. ДБН В. 1.1-12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины. Министерство строительства, архитектуры и жилищно- коммунального хозяйства Украины. Киев, 2006, - 84 с.
3. ДБН В.1.1.-1-94. Проектування і будівництво цивільних будівель із блоків і каменів пиляних вапняків Кримських родовищ в сейсмичних районах. Київ: Держком України у справах містобудування і архітектури, 1995, с.40.
4. СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования/ Госстрой СССР. –М.: Стройиздат, 1983.
5. ГОСТ 10180-90(СТ СЭВ 3978-83). Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. - М.: Изд-во стандартов, 1989.