

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО СТЫКА ИЗ ПЕНОБЕТОНА НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

Костюк А. И., к.т.н., доцент, Зазуля Д. О., аспирант

(Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

АННОТАЦІЯ: представлені результати чисельного експерименту, присвяченого вивченню напружено-деформованого стану опорних перерізів стінових панелей з пінобетону неавтоклавного твердіння, що утворюють комбінований стик. Описане розподілення напружень в перерізах приопорних ділянок.

АННОТАЦИЯ: представлены результаты численного эксперимента, посвященного изучению напряженно-деформированного состояния опорных сечений стеновых панелей из пенобетона неавтоклавного твердения, образующих комбинированный стык. Описано распределение напряжений в сечениях приопорных участков.

ABSTRACT: The results of the numerical experiment dedicated to the research of stress-strain condition of support sections of self-consolidated foam concrete wall panels that from combined joint are reviewed. Distribution of stresses at support sections is described.

Ключевые слова: стеновые панели, пенобетон неавтоклавного твердения, комбинированный стык.

В связи с тем, что стеновые панели из пенобетона неавтоклавного твердения используются в практике строительства в небольших объемах, их напряженно-деформированное состояние мало изучено.

Передача вертикальных усилий в горизонтальных стыках между панелями в бескаркасных зданиях представляет сложную задачу. В строительной практике наиболее распространены (в соответствии с требованиями [4]) такие виды горизонтальных стыков: контактный, платформенный и комбинированный (контактно-платформенный) (рис.1).

В настоящей статье представлен анализ напряженно-деформированного состояния опорных сечений панелей, входящих в комбинированный стык (рис. 2) [1], а также влияние косвенного армирования на несущую способность таких сечений.

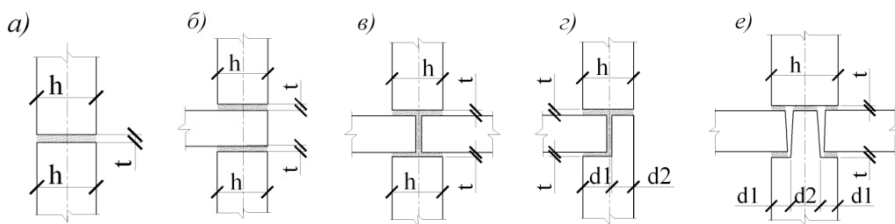


Рис. 1. Конструкции стыков: *а, б, г* — стык наружных стен; *в, е* — стык внутренних стен; *а* — контактный стык; *б, в* — платформенный стык; *г, е* — комбинированные стыки.

Экспериментальные исследования, проведенные рядом ученых, выявили следующие особенности работы горизонтального стыка. Разрушение обычно происходит от скалывания бетона панелей над и под плитам перекрытий по наклонной плоскости. Преждевременное разрушение узла от скалывания по косым площадкам опорных кромок панелей может быть предотвращено косвенным армированием опорных граней панелей.

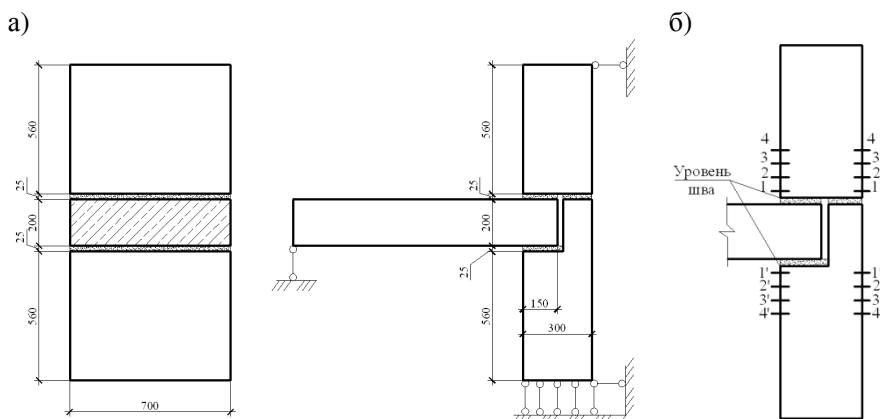


Рис. 2. Модель испытываемого элемента: *а* — вид спереди и сбоку, *б* — схема расположения рассматриваемых сечений.

Наиболее активно изучением напряженно-деформированного состояния стыковых соединений крупнопанельных зданий занимается лаборатория Железобетонных и каменных конструкций Казанского Государственного Архитектурно-Строительного Университета. Авторами работ [3, 5 и 6] разработана методика расчета стыков, выполненных из тяжелого бетона, которая базируется на теории сопротивления анизотропных материалов сжатию и отражает механизм их разрушения. В работах [5 и 6] автор рассматривает возможные варианты усиления опорных участков панелей. В работе [2] показана целесообразность применять косвенное армирование опорной части панелей из керамзитобетона не сетками, а поперечными стержнями с надежными анкерными устройствами на концах.

В комбинированном стыке передача нагрузки происходит частично через опорные участки панелей стен и частично через опорные участки плит перекрытий и слои раствора, уложенного над и под опорной частью перекрытия. В стыковом соединении такого типа при прогибе перекрытий возможно возникновение значительного опорного момента, оказывающего влияние на несущую способность узла. В то же время при защемлении стеновых панелей в стыках ползучесть материала приводит к снижению изгибающих моментов в панелях, как в пролете, так и в стыках и, следовательно, к уменьшению расчетных эксцентриситетов сжимающих сил при одновременном росте изгибающих моментов в перекрытиях, образующих стык.

Прочность и толщина раствора в шве, эксцентриситет продольной силы вследствие смещения панелей стен вызывают неравномерное распределение напряжений по опорному сечению стеновой панели, что приводит к концентрации напряжений в зоне стыка. Однако, из всего большого количества факторов, влияющих на несущую способность такого стыка, авторами были выделены два – эксцентриситет и количество косвенного армирования.

Целью настоящей статьи является изучение:

- напряженно-деформированного состояния опорных сечений панелей стен, образующих в состав комбинированного стыка;
- влияния косвенного армирования на несущую способность комбинированного стыкового соединения стеновых панелей, выполненных из пенобетона неавтоклавного твердения.

Комбинированный стык был смоделирован в программных комплексах ПК ЛИРА 9.4 и ПК SCAD, которые реализуют метод конечных элементов. В модели были использованы конечные элементы трех типов: 36 - универсальный пространственный восьмиузловой изопараметрический КЭ, 41 - универсальный прямоугольный КЭ оболочки

и 10 - универсальный пространственный стержневой КЭ. На нижнюю грань образца были наложены ограничения по перемещениям (повороты разрешены), на верхнюю – ограничение на перемещение вдоль оси u . Расчет выполнен в линейной постановке.

Образец состоит из двух призм с размерами 560x700x300 мм из пенобетона неавтоклавного твердения и плиты с размерами 200x700x1000 мм; все элементы соединены между собой раствором швом толщиной 25 мм (рис. 2). Каждая призма состояла из объемных элементов («кубиков») с размером ребра 25 мм. Рассматриваемые сечения располагаются на уровне шва, на уровне первой сетки – 1 (25 мм от шва), на уровне второй, третьей и четвертой сеток – 2, 3 и 4 соответственно (с шагом 50 мм) в верхней призме; в нижней призме нумерация сечений зеркальная с обозначением 1', 2', 3' и 4' соответственно.

Пенобетон принят плотностью 900 кг/м³, предельная прочность бетона – 5,9 МПа; арматура класса Вр-I; модуль упругости пенобетона принят 4200 МПа. Растворный шов принят плотностью 1500 кг/м³ и модулем упругости 10000 МПа. Плита перекрытия принята из тяжелого бетона класса В25.

Результаты расчета представлены в виде графиков на рис. 3...7.

Как видно по графикам, в торцевой части элементов, в области шва, напряжения увеличиваются с увеличением эксцентриситета. Введение сеток косвенного армирования незначительно уменьшает их. В то же время сжатая зона увеличивается по высоте. В уровне сечений 1 и 1' можно наблюдать такую же картину, как и в уровне шва. В уровне сечений 2 и 2' напряжения сжатия растут с увеличением эксцентриситета. Введение в элемент усиления в виде сеток не уменьшает напряжений. В уровне 3

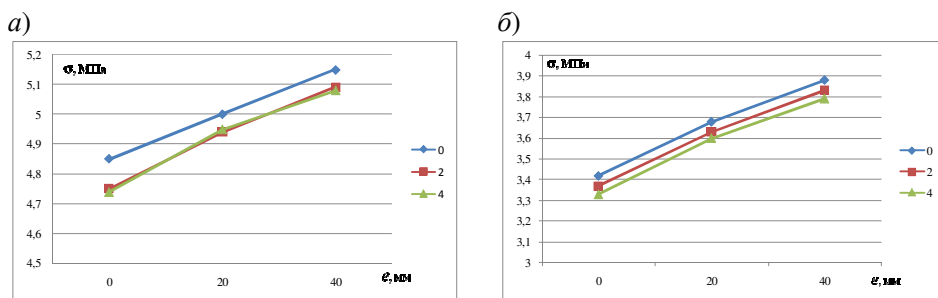


Рис. 3. Зависимость напряжений сжатия σ , МПа, в уровне шва (торец призмы) от величины эксцентриситета приложения нагрузки:
а – в верхней панели; *б* – в нижней панели

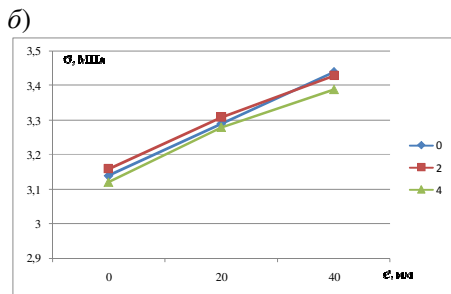
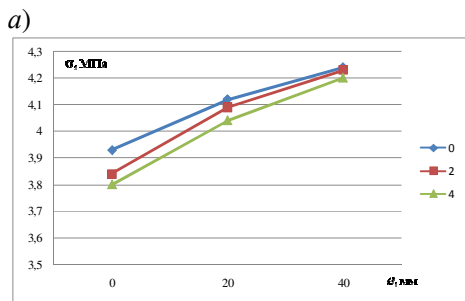


Рис. 4. Зависимость напряжений сжатия σ , МПа, в уровне сечения: $a - 1$ и $б - 1'$ от величины эксцентриситета приложения нагрузки

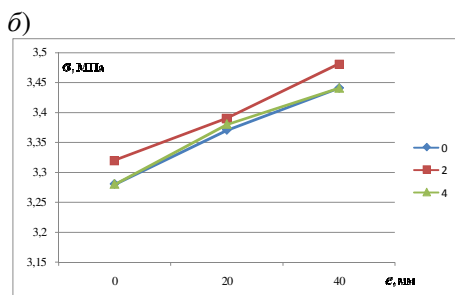
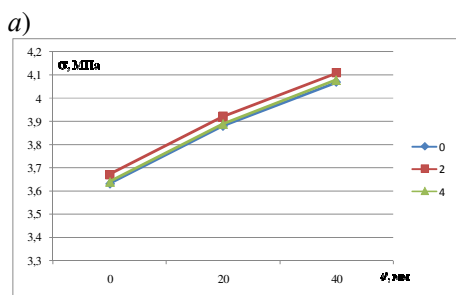


Рис. 5. Зависимость напряжений сжатия σ , МПа, в уровне сечения: $a - 2$ и $б - 2'$ от величины эксцентриситета приложения нагрузки

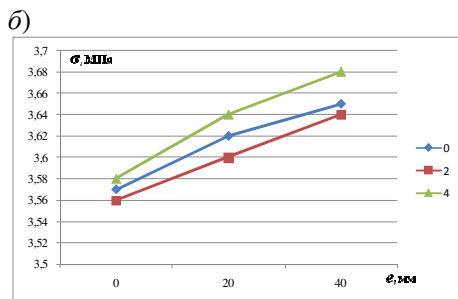
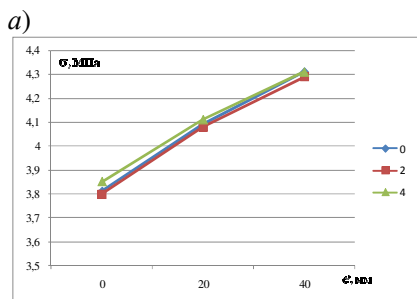


Рис. 6. Зависимость напряжений сжатия σ , МПа, в уровне сечения: $a - 3$ и $б - 3'$ от величины эксцентриситета приложения нагрузки

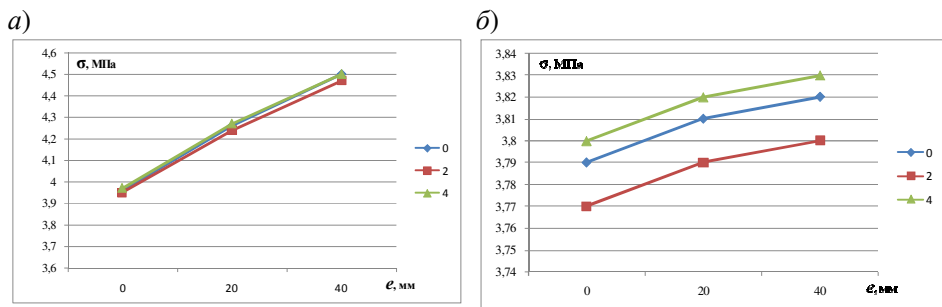


Рис. 7. Зависимость напряжений сжатия σ , МПа, в уровне сечения: *а* – 4 и *б* – 4' от величины эксцентриситета приложения нагрузки

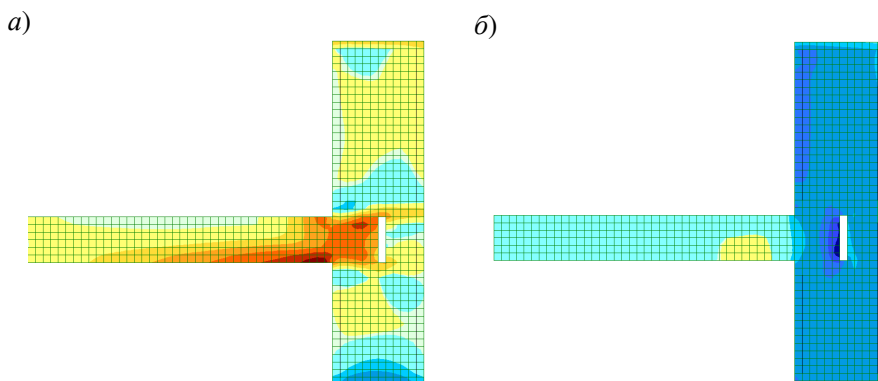


Рис. 8. Изополя главных: *а* - растягивающих (σ_1) и *б* - сжимающих напряжений (σ_3) при эксцентриситете 40 мм без косвенного армирования.

фактически изменения небольшие. Более заметно напряжения сжатия растут в уровне 3'. В уровне 4-го сечения напряжения практически не меняются. При рассмотрении напряжений в уровне 4' можно заметить, что сжатая зона существенно увеличилась.

Во всех образцах, усиленных косвенным армированием, зона усиления находится в состоянии двухосного сжатия, о чем свидетельствуют изополя напряжений, полученных при расчете (рис. 8). Причем область двухосного сжатия увеличивается в вертикальном направлении от опор и от плиты перекрытия с появлением сеток косвенного армирования. Это свидетельствует о том, что наличие косвенного армирования сдерживает поперечные деформации в торце

элемента.

Комбинированный стык характерно отличается от других стыковых соединений тем, что усилия в опорной части панели неравномерно распределяется между контактной и платформенной частями, что несколько усложняет его проектирование. В ходе натурного эксперимента авторами будет изучена работа каждого из участков стыка.

Исходя из полученных данных, можно отметить, что:

- теория сопротивления анизотропных материалов при сжатии адекватно описывает характер распределения напряжений в пенобетоне неавтоклавного твердения;
- податливость пенобетона приводит к некоторому увеличению запаса прочности стыка;
- исходя из полученных в результате расчета данных можно считать, что введение сеток косвенного армирования приводит к изменению знака главных растягивающих напряжений (т. е. напряжения растяжения в опорной зоне становятся сжимающими);
- косвенное армирование можно рассматривать как способ усиления опорной зоны стеновых панелей из пенобетона неавтоклавного твердения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костюк А. И., Зазуля Д. О. Напряжено-деформаций стан опорних перерізів стінових панелей із пінобетону неавтоклавного твердіння. Передумови вивчення / Костюк А. И., Зазуля Д. О. // Вісник ОДАБА. - 2010. – №38. – С.361-364.
2. Мощевитин Т. Г. Трещиностойкость и прочность платформенных стыков внутренних несущих стен/ Мощевитин Т. Г. // Жилищное строительство. – 1982. - №2. - С.15-16.
3. Никитин Г. П. Прочность горизонтальных стыков бетонных конструкций зданий и сооружений: Дисс. на соиск. ученой степ. к. т. н. – Казань, 2007. – 173 с.
4. Пособие к СНиП 2.03.01-84 по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов
5. Седов А. Н. Конструктивно-технологические особенности усиления комбинированных стыков в крупнопанельных зданиях при реконструкции: Автореф. дисс. на соиск. ученой степ. к. т. н. – Казань, 2009. – 20 с.
6. Седов А. Н. Экспериментальные исследования комбинированных стыков крупнопанельных зданий с учетом возможных отклонений при их возведении/ Седов А. Н. // Известия КазГАСУ. – 2009. - №1 (11). – С. 129-134.