

УДК 666.973.6: 691.022-413

Костюк А. И., к.т.н., доцент, Зазуля Д. О., аспирант (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

РАБОТА ОПОРНЫХ СЕЧЕНИЙ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ ИЗ ПЕНОБЕТОНА НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ В ПЛАТФОРМЕННОМ СТЫКЕ С ДВУХСТОРОННИМ ОПИРАНИЕМ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

Освещены результаты численного эксперимента, посвященного изучению напряженно-деформированного состояния опорных сечений стеновых панелей в платформенном стыке бескаркасного здания. Описаны некоторые закономерности распределения напряжений в сечениях приопорных участков.

The results of numerical experiment that devoted to studying the stress-strain condition of the support sections of the wall panels in the platform junction frameless building are spotlighted. Some of the patterns of stress distribution in sections of support sites are described.

Ключевые слова: стеновая панель, платформенный стык, напряженно-деформированное состояние, косвенное армирование.

В 60-80-х годах жилищная проблема в Украине решалась, в том числе за счет строительства панельных многоэтажных зданий. Сегодня эта технология возведения зданий отошла на второй план. Еще одной проблемой является вопрос энергоресурсов, рост цен на которые играет не последнюю роль в целесообразности использования тяжелого бетона в строительстве. Поэтому возникает необходимость применения эффективных индустриальных несущих и ограждающих конструкций. Одним из наиболее перспективных направлений обеспечения современных требований по теплозащите зданий без существенного увеличения материалоемкости, трудозатрат, а главное стоимости, является применение ограждающих конструкций из эффективного теплоизоляционного материала.

Недостаточное количество экспериментальных данных и малая изученность работы стеновых панелей из пенобетона неавтоклавного твердения привели к необходимости проведении исследований этой проблемы. Авторы ставят целью изучить напряженно-деформированное состояние опорных сечений и влияние косвенного армирования на несущую способность стыковых соединений панелей, образующих вместе с плитами перекрытия платформенный стык.

В зданиях с бескаркасной системой основными являются три вида стыков: контактный, платформенный и комбинированный (контактно-платформенный) (рис. 1).

В настоящей статье рассматривается платформенный стык панелей стен с

двухсторонним опиранием плит перекрытия (рис. 2).

В [1] говорится о прочности платформенного стыка, имеющего два растворных шва. Она зависит от марки раствора швов, наличия уступа в стыке (за счет разной толщины перекрытий), глубины опирания плит перекрытий. Возможный вариант повышения трещиностойкости опорного сечения стеновой панели предлагается в работе [2]. Автор считает более целесообразным применять косвенное армирование опорной части панелей не сетками, а поперечными стержнями с надежными анкерными устройствами на концах.

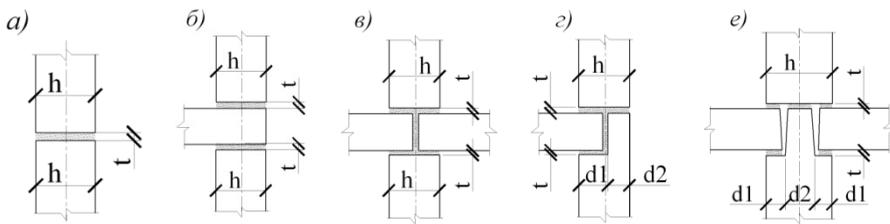


Рис. 1. Конструкции стыков: а, б, с,— стык наружных стен; в, е — стык внутренних стен; а – контактный стык; б, в – платформенный стык; с, е, – комбинированные стыки

В настоящее время наиболее активно изучением напряженно-деформированного состояния стыковых соединений крупнопанельных зданий занимается лаборатория Железобетонных и каменных конструкций Казанского Государственного Архитектурно-Строительного Университета. Авторами работы [3] разработана методика расчета стыков по прочности, которая базируется на теории сопротивления анизотропных материалов сжатию и отражает механизм их разрушения.

Целью работы является изучение:

- напряженно-деформированного состояния опорных сечений стыковых соединений стеновых панелей;
- влияния косвенного армирования на несущую способность стыковых соединений стеновых панелей, выполненных из пенобетона неавтоклавного твердения.

В платформенном стыке передача нагрузки происходит через опорные участки панелей стен, плит перекрытий и слои раствора, уложенного над и под опорной частью перекрытия. Разная толщина плит перекрытия, прочность и толщина раствора в шве, наличие зазора между плитами, вид плит перекрытия вызывают неравномерное распределение напряжений по опорному сечению стеновой панели, что приводит к изменению несущей способности стыка. Однако, из всего большого количества факторов, влияющих на несущую способность такого стыка, авторами были выделены два – эксцентриситет и количество косвенного армирования.

Рассматривался платформенный стык, смоделированный в программных

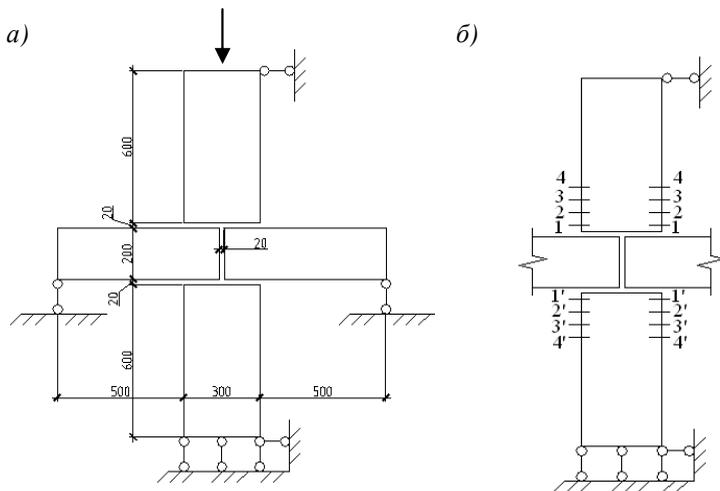


Рис. 2. Общий вид испытываемого элемента (а) и схема расположения рассматриваемых сечений (б).

комплексах ПК ЛИРА и ПВК 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, на верхнюю – ограничение на перемещение вдоль оси у. Расчет выполнен в линейной постановке.

Образец состоит из двух призм с размерами 600x700x300 мм из пенобетона неавтоклавного твердения и плиты с размерами 200x700x500 мм; все элементы соединены между собой раствором швом толщиной 20 мм (рис. 2). Каждая призма состояла из объемных элементов («призм») 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 1000 кг/м³, предельная прочность бетона – 5,9 МПа; модуль упругости бетона принят 4200 МПа; арматура класса Вр-I. Растворный шов принят плотностью 1500 кг/м³ и модулем упругости 10000 МПа. Плита перекрытия принята из тяжелого бетона класса В25.

Распределение полей напряжений в стыках с двухсторонним опиранием плит показывает, что в опорных частях стеновых панелей появляется

характерный участок уплотненного бетона («клин»), который отчетливо виден на схемах (рис. 3). Его качественная оценка свидетельствует о том, что в этой области бетон «работает» в условиях двухосного сжатия (зона сжатия-сжатия). Над уплотнением можно видеть зону одноосного сжатия (зона растяжения-сжатия); такое распределение напряжений приведет к разрушению бетона от растяжения в этой зоне.

Следует также заметить, что под нагрузкой плиты перекрытия будут прогибаться, и, вследствие, податливости пенобетона в стыке торцы плит получат поворот. В такой ситуации опорная часть верхней панели будет находиться в состоянии, близком к двухосному растяжению в середине сечения (светлый участок, рис. 3, б).

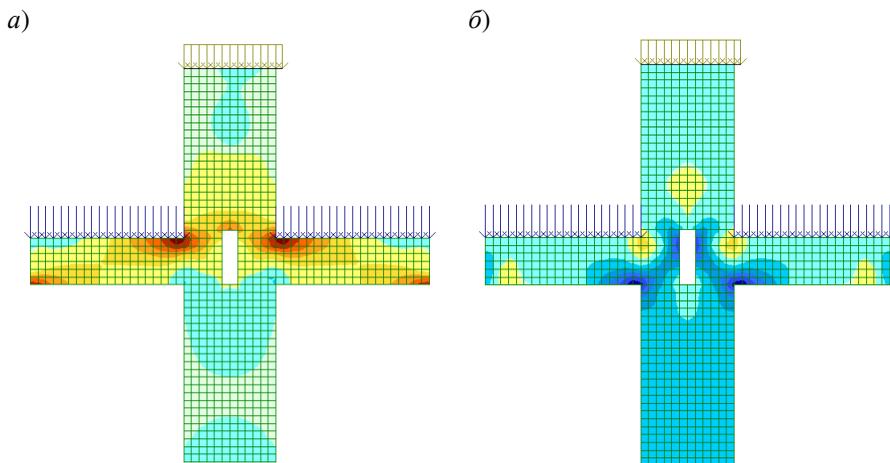
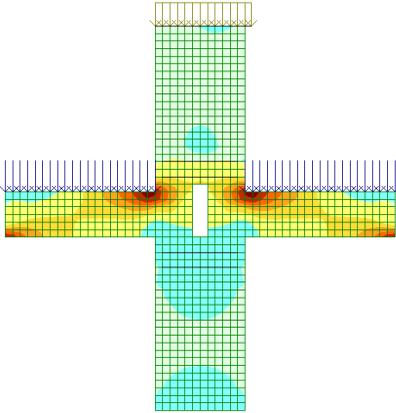


Рис. 3. Изополя главных: *a* - растягивающих (σ_1 , kH/cm^2) и *б* - сжимающих напряжений (σ_3 , kH/cm^2) в платформенном стыке с эксцентриситетом 20 мм без косвенного армирования.

С введением сеток косвенного армирования опорное сечение работает в условиях двухосного сжатия, и эта зона увеличивается с добавлением сеток по высоте (рис. 4).

Характер распределения напряжений в рассматриваемом стыке можно проанализировать на основании основных предпосылок теории сопротивления анизотропных материалов сжатию [7]. Согласно этой теории бетон разрушается от преодоления предельных сопротивлений сжатию в ядре сечения, растяжению в зонах, работающих в условиях одноосного сжатия и сдвига в опорной зоне (вдоль «граней» уплотненного бетона) (рис. 5).

а)



б)

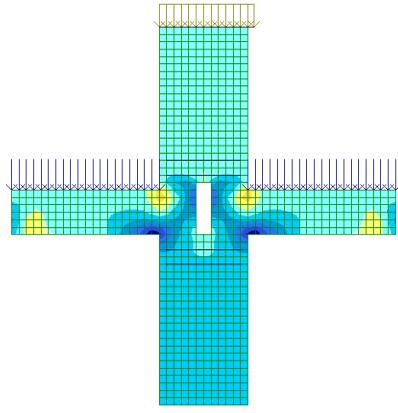


Рис. 4. Изополя главных: *а* - растягивающих (σ_1 , kH/cm^2) и *б* - сжимающих напряжений (σ_3 , kH/cm^2) в платформенном стыке с эксцентриситетом 20 мм с 2-мя сетками косвенного армирования.

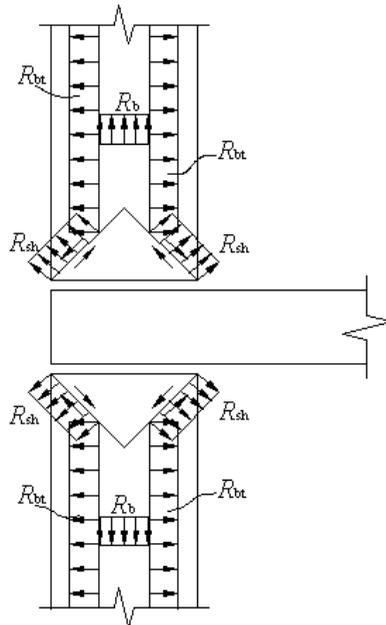


Рис. 5. Физическая модель разрушения бетона панелей припорных участков при сжатии.

Исходя из анализа полученных данных, можно отметить следующее:

- характер распределения напряжений в пенобетоне неавтоклавного твердения показывает, что разрушение будет происходить от исчерпания несущей способности в ядре сечения (смятие бетона), в зоне одноосного сжатия (разрушение от «поперечного» растяжения) и от среза в опорной части;
- ввиду существенного различия между начальными модулями упругости тяжелого бетона и неавтоклавно пенобетона, разрушение платформенного стыка будет происходить именно в пенобетонной панели;
- наличие эксцентриситета приложения нагрузки приводит к появлению в опорной зоне участка, находящегося в условиях двухосного растяжения;
- введение сеток косвенного армирования приводит к изменению знака напряжений (напряжения растяжения в опорной зоне становятся сжимающими);
- косвенное армирование необходимо, как способ усиления опорной зоны стеновых панелей из пенобетона неавтоклавно твердения.

1. Цаплев Н. Н. Платформенный стык в зданиях повышенной этажности // Жилищное строительство, 1975. - №4. - С. 14-15. 2. Мощевитин Т. Г. Трещиностойкость и прочность платформенных стыков внутренних несущих стен // 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. Костюк А. И., Зазуля Д. О. Напружено-деформований стан опорних перерізів стінових панелей із пінобетону неавтоклавно твердіння. Передумови вивчення // Вісник ОДАБА.- Одеса. ОДАБА, 2010. - №38. – С.361-364. 5. Костюк А. И., Зазуля Д. О. Численный анализ работы платформенного стыка из пенобетона неавтоклавно твердения // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : збірник наукових праць. – Рівне : НУВГП, 2011. – Вип. 21. – С. 238–243. 6. Костюк А. И., Зазуля Д. О. Численный анализ работы комбинированного стыка из пенобетона неавтоклавно твердения // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Міністерства регіонального розвитку та будівництва України. – вип. 74: в 2-х кН.: книга 2. – Київ, ДП НДІБК, 2011 – с. 326-332. 7. Соколов Б. С. Новый подход к расчету прочности бетонных элементов при местном действии нагрузки // Бетон и железобетон. М., 1992. - №10. – с. 22-25.