

Лазовский А.Д.; Лазовский Д.Н., д-р техн. наук, проф.
(ПГУ, г. Новополоцк)

ВЛИЯНИЕ СИЛЫ ПРИЖАТИЯ НА РАБОТУ ПЛАТФОРМЕННОГО СТЫКА МНОГОПУСТОТНЫХ ПАНЕЛЕЙ БЕЗОПАЛУБОЧНОГО ФОРМОВАНИЯ

В настоящее время в Республике Беларусь налажено производство многопустотных панелей перекрытий безопалубочного формования на длинных стендах [1]. Особенностью технологии производства таких панелей является их армирование в виде исключительно напрягаемой арматуры (канатов или проволоки) и невозможность установки поперечной арматуры, сеток в полках и закладных деталей. Кроме того, длина зоны передачи напряжений с арматуры на бетон, как правило, превышает длину площадки их опирания на стены, поэтому опорный отрицательный момент воспринимается практически одним бетонным сечением [2]. Следует отметить, что при проектировании и испытаниях многопустотные панели представляются шарнирно опертыми балочными конструкциями. Это не является справедливым при устройстве наиболее распространенных платформенных стыков для многоэтажных зданий с кирпичными, блочными и панельными стенами. В месте опирания панелей перекрытий вследствие защемления возникает отрицательный изгибающий момент. Названные особенности работы конструкции панелей в платформенных стыках могут проявляться в образовании трещин большого раскрытия и среза вблизи их опирания.

Современные нормативные документы по проектированию многопустотных панелей предусматривают, кроме исключения возможности возникновения отрицательных моментов конструктивными мероприятиями, их учет с помощью расчетов при проектировании [3; 4]. Известные методы расчета строительной механики для линейно деформируемых материалов без учета реальной работы железобетона с трещинами и податливости узлов сопряжений не позволяют получить достоверные результаты.

Проведенные исследования включали в себя испытания платформенных стыков, в состав которых входило два фрагмента многопустотных плит безопалубочного формования и два фрагмента стеновых панелей, при этом все размеры образцов соответствовали натурным, ввиду невозможности моделирования платформенных стыков из-за применения в них множества различных конструктивных элементов и материалов.

Конструкции опытных образцов и материальное обеспечение исследований. Все опытные образцы – платформенные стыки, состоящие из двух фрагментов многопустотных плит перекрытий, изготовленных на ОАО «Новополоцкжелезобетон» в г. Новополоцке по технологии «Вибропресс», с размерами $500 \times 220 \times 5980$ мм и двух фрагментов стеновых панелей. В качестве фрагментов стеновых панелей были использованы фрагменты бордюрного камня размером $500 \times 220 \times 800$ мм. Конструкция и геометрические размеры опытных образцов платформенных стыков представлены на рисунках 1, 2.

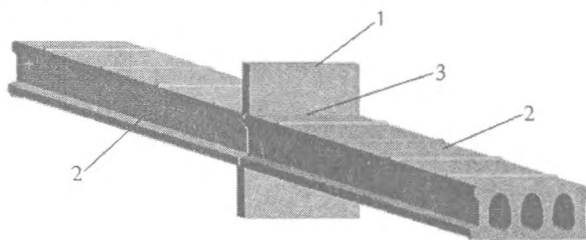


Рис. 1. Конструкция платформенного стыка:
1 – стеновая панель; 2 – многопустотная плита
безопалубочного производства; 3 – растворный шов

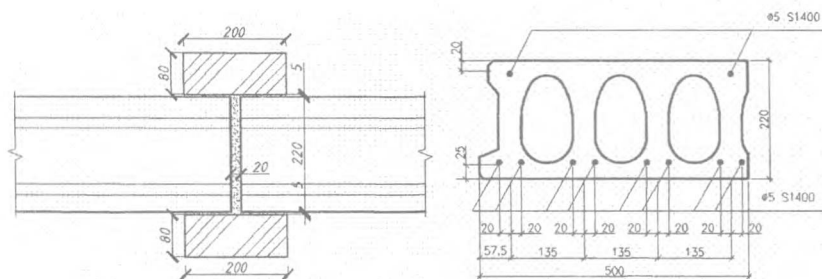


Рис. 2. Геометрические размеры опытных образцов платформенных стыков и схема армирования многопустотных панелей

Многопустотные панели армированы высокопрочной проволокой класса S1400 диаметром 5 мм. При испытании данной арматуры в разрывной машине в лаборатории Полоцкого государственного университета была получена фактическая прочность, которая составила 1732 МПа. Прочность бетона плит определялась разрушающим и неразрушающим методом: методом скалывания ребра по [5] и при помощи электронного измерителя

прочности ИПС-МГ4.03 методом ударного импульса [5]. Результаты определения прочности бетона приведены в таблице.

Результаты определения прочности бетона опытных образцов

Разрушающий метод			Неразрушающий метод		
R_{cp} , МПа	f_c^G , МПа	f_{ck} , МПа	R_{cp} , МПа	f_c^G , МПа	f_{ck} , МПа
24,5	19,6	15,68	24,83	19,86	15,89
R_{cp} – среднее значение прочности, полученное при испытаниях; f_c^G – гарантированная прочность бетона; f_{ck} – нормативное сопротивление бетона осевому сжатию.					

Методика проведения экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования проводились на специальных образцах-фрагментах платформенных стыков в соответствии с поставленными задачами, в которых изучалось напряженно-деформированное состояние стыков на всех этапах работы вплоть до разрушения.

Общий объем экспериментальных исследований включал в себя испытания двух платформенных стыков, смонтированных из многопустотных панелей перекрытия и стеновых блоков. Опытные образцы платформенных стыков испытывались по двухпролетной схеме. Пролет многопустотных панелей в свету составлял 5840 мм. Нагрузка прикладывалась при помощи трех гидравлических домкратов: два – для создания пролетной нагрузки, третий – для создания нагрузки прижатия стыка. Для создания пролетной нагрузки применялись домкраты ЗОКИО ($P = 10$ тн) и ручная насосная станция. Для создания нагрузки прижатия стыка использовался гидравлический домкрат ЗОКИО ($P = 50$ тн), давление на котором создавалось и поддерживалось при помощи автоматической электрической насосной станции. Пролетная нагрузка распределялась по длине пролета на 4 сосредоточенные силы при помощи двух ярусов стальных распределительных траверс, выполненных из прокатных швеллеров № 20 и двутавров № 38.

Для раскрытия статической неопределимости свободные концы многопустотных панелей были оперты на образцовые динамометры ДОСМ 3-5. Для измерения угла поворота поперечного сечения многопустотной панели относительно вертикальной оси на боковой грани панели была жестко закреплена металлическая планка. При помощи прогибомеров 6ПАО измерялись перемещения верхнего и нижнего концов планки. Для определения ширины раскрытия трещин использовался микроскоп МПБ-2 с ценой деления 0,05 мм. Прогибы панелей измерялись при помощи прогибомеров 6ПАО с ценой деления 0,01 мм. Для измерения продольных деформаций многопустотных панелей вблизи платформенного стыка использовались индикато-

ры часового типа ИЧ-10М с ценой делений 0,01 мм. Нулевые отсчеты приборов принимались с учетом собственного веса многпустотных панелей.

В качестве варьируемого фактора была выбрана величина силы прижатия платформенного стыка, имитирующая нагрузку от вышележащих этажей здания индустриального изготовления. Для испытания первого платформенного стыка (ПС-1) была выбрана минимальная сила прижатия величиной 3 т, для испытания второго стыка (ПС-2) была выбрана сила прижатия величиной 20 т.

Нагружение начиналось с приложения силы прижатия платформенного стыка, затем происходил монтаж траверс и поэтапное приложение пролетной нагрузки. Нагрузка прикладывалась с шагом, равным 10 % нагрузки, соответствующей расчетной прочности многпустотных панелей на изгиб, с выдержкой на каждом этапе.

Во время проведения экспериментальных исследований на каждом этапе нагружения производились измерения прогибов в середине пролетов, величины осадки опор, относительные продольные деформации панелей в опорной зоне, углы поворота сечений панелей относительно вертикальной оси, реакции опор на свободных концах панелей. Образование и развитие трещин в опытных образцах фиксировали визуально. Схема испытательной установки представлена на рисунке 3.

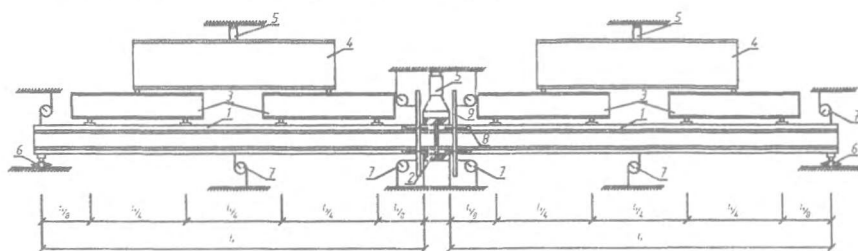


Рис. 3. Схема испытательной установки:

- 1 – панель перекрытия; 2 – фрагмент стены; 3 – траверсы 1-го яруса;
- 4 – траверсы 2-го яруса; 5 – гидравлические домкраты; 6 – образцовые динамометры;
- 7 – прогибомеры; 8 – индикаторы часового типа; 9 – металлические планки

Результаты экспериментальных исследований. Проведенные испытания показали различное поведение платформенных стыков с минимальной и максимальной величиной силы прижатия. При испытании образца ПС-1 приложенная сила прижатия платформенного стыка была недостаточной для заземления обеих многпустотных панелей, в результате чего панель, расположенная слева, смещалась влево, а панель, расположенная справа, смещалась вправо совместно с конструкцией платформен-

ного стыка. При проведении данного эксперимента разрушения многопустотных панелей достигнуть не удалось. Максимальный пролетный изгибающий момент, достигнутый при проведении эксперимента на последнем этапе нагружения, составил 40,4 кН·м.

При испытании образца ПС-2 поведение платформенного стыка было иным: создаваемое при помощи силы прижатия защемление способствовало возникновению поперечных трещин в опорной зоне верхней грани многопустотных панелей на ранних этапах нагружения. Затем, по мере возрастания нагрузки, образовывались трещины в пролетах на нижней грани панелей. На этапе, предшествующем разрушению панели, ширина раскрытия поперечной трещины на опоре составила 10 – 15 мм, а ширина раскрытия трещин в пролете – 1 – 2 мм. Разрушение произошло по нормальному сечению в середине пролета многопустотной панели. Разрушение сопровождалось разрывом всех стержней растянутой арматуры. Максимальный пролетный изгибающий момент, достигнутый при проведении эксперимента на этапе, предшествующем разрушению, составил 39,07 кН·м.

Анализ результатов экспериментальных исследований. Для сопоставления результатов экспериментальных исследований с расчетами по действующим методикам был выбран расчет отрицательных изгибающих моментов, действующих в опорном сечении многопустотной панели на 10 этапе нагружения, что соответствует сосредоточенной силе $P = 45$ кН, действующей в каждом пролете. Расчеты выполнялись для плит с опиранием по шарнирной и неразрезной схеме (жесткая заделка в стыке).

Анализ данных результатов проведенных расчетов, а также сопоставляемых значений опорных изгибающих моментов, полученных в результате экспериментальных исследований, показал, что реальная работа платформенного стыка не является ни абсолютно жесткой, ни шарнирной. Зависимости «опорный изгибающий момент – угол поворота» приведены на рисунке 4.

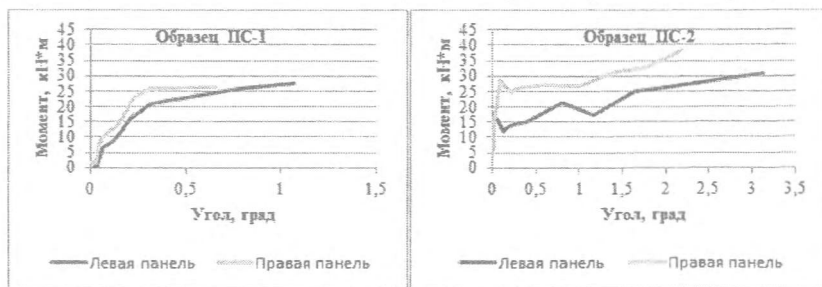


Рис. 4. Зависимости «Отрицательный изгибающий момент – угол поворота поперечного сечения» для образцов ПС-1 и ПС-2

Выводы

1. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили возникновение опорного изгибающего момента в месте платформенного стыка.
2. Проведены исследования по выявлению влияния величины усилия прижатия платформенного стыка на значение опорного момента.
3. Выполнено сопоставление результатов экспериментальных исследований опорного изгибающего момента платформенного стыка с расчетами по действующим методикам.
3. Экспериментально установлены возможные схемы разрушения платформенных стыков в зависимости от величины усилия прижатия.
4. Полученные результаты экспериментальных исследований могут служить предпосылкой для совершенствования методик расчета сборных железобетонных перекрытий с учетом нелинейной работы стыков конструкций, что в свою очередь позволит снизить материалоемкость и повысить надежность конструкций.

Литература

1. Серия Б1.041.1-5.09. Плиты железобетонные многопустотные предварительно напряженные безопалубочного формования на оборудовании «Вибропресс» (Россия) для перекрытий и покрытий жилых, общественных и производственных зданий / разработ. ГП «Институт НИПТИС им. Атаева С.С.».
2. Прочность узлов сопряжения преднапряженных многопустотных панелей перекрытий со стенами / В.Г. Крамарь [и др.] // The Ninth International Congress Of The FIP. – М., 1982.
3. EN 1168 Precast concrete products – Hollow core slabs. UCS. 2004.
4. Тур, В.В. Проектирование сборных перекрытий из плит пустотного настила безопалубочного формования в свете зарубежных норм / В.В. Тур, Т.М. Пецольд, А.В. Щербач // Строительная наука и техника. – 2010. – № 1 – 2. – С. 15 – 24.
5. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля: ГОСТ 22690-88 / НИИЖБ Госстроя СССР. – М., 1988.