

УДК 624.153.60/62

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ  
СБОРНО-МОНОЛИТНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ДЛЯ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ**

*канд. техн. наук, доц. В.В. ТАЛЕЦКИЙ, В.В. ЛЕЩЕНКО  
(Белорусский государственный университет транспорта, Гомель)*

*Представлено экспериментально-теоретическое исследование работы сборно-монолитной плиты перекрытия для крупнопанельных зданий. Особенность перекрытия – расположение сборных плит, позволяющее использовать только два типоразмера плит, отличающихся армированием. По результатам статического расчета подобрана рабочая арматура перекрытия. При расчете рассмотрено два варианта соединения плит: соединение плит при помощи закладных деталей – сборный стык; монолитный стык со сваркой выпусков рабочей арматуры и бетонированием. Расчеты показали, что при сборном стыке плит распределение усилий неравномерное, вокруг закладных деталей возникает увеличение изгибающих моментов как в одном, так и в другом направлении; при монолитном стыке плит распределение усилий равномерное и не требуется дополнительный расход проката, арматуры и изменений в конструкции стандартной опалубки.*

**Введение.** В настоящее время в Республике Беларусь объемы строительства жилых домов увеличиваются с каждым годом. При строительстве широко используются типовые проекты домов из крупных панелей (КПД). С целью повышения уровня комфортности квартир домов, возводимых из крупных панелей, шаг поперечных стен можно увеличить до шести метров. В этом случае лучше использовать перекрестно-стенную конструктивную систему здания с поперечными и продольными несущими стенами. Номинальный размер плит перекрытий в продольном направлении должен равняться шагу поперечных стен.

Для такой системы здания запроектировано перекрытие в виде неразрезной, сборно-монолитной плиты с использованием плит трехметровой ширины, изготовленных в стандартной опалубке (номинальный размер плит  $3,0 \times 6,6$  м, толщина 160 мм).

Статический расчет перекрытия выполнен с помощью программного комплекса «Лири 9.2».

Расчетная схема элемента перекрытия представляет собой плиту, опертую по контуру. Плита свободно опирается на продольные стены и защемлена при опирании на поперечные стены.

Расчетные пролеты плиты соответственно равны в продольном направлении 6,0 м, в поперечном – 6,6 м.

Полезная нагрузка на перекрытие (без учета собственного веса плиты) составляла  $5,0 \text{ кН/м}^2$ . Класс бетона плиты –  $C^{20}/25$ .

Особенностью перекрытия является расположение сборных плит, позволяющее использовать только два типоразмера плит, отличающихся армированием. Одна плита (П1) укладывается посередине шага поперечных стен, другая (П2) – над поперечными стенами. При такой раскладке швы между плитами попадают в зону с минимальными изгибающими моментами.

**Основная часть.** По результатам статического расчета подобрана рабочая арматура перекрытия. Расчет армирования выполнен по деформационной модели в соответствии с нормами [1]. В результате расчета получено:

- для плиты П1 рабочая арматура расположена только в нижней зоне и представляет собой сетку из стержней  $\varnothing 8$  мм класса S400, уложенных с шагом 130 мм в поперечном направлении и шагом 240 мм – в продольном направлении;

- для плиты П2 рабочая арматура расположена в верхней и нижней зонах. В верхней зоне сетка укладывается по всей ширине плиты. Поперечные стержни сетки из стержней  $\varnothing 10$  мм класса S400 уложены с шагом 140 мм, продольные стержни сетки из стержней  $\varnothing 8$  мм класса S400, уложенных с шагом 240 мм.

В нижней зоне укладываются две сетки по краям ширины плиты. Ширина сеток 780 мм. Сетки выполнены из стержней  $\varnothing 8$  мм класса S400, уложенных с шагом 240 мм в поперечном направлении и шагом 210 мм – в продольном направлении.

При расчете рассмотрено два варианта соединения плит:

- 1) соединение плит при помощи закладных деталей – сборный стык с толщиной шва 20 мм;
  - 2) монолитный стык со сваркой выпусков рабочей арматуры и бетонированием, толщина шва 240 мм.
- В первом варианте плита бетонируется в опалубке стандартной ширины.

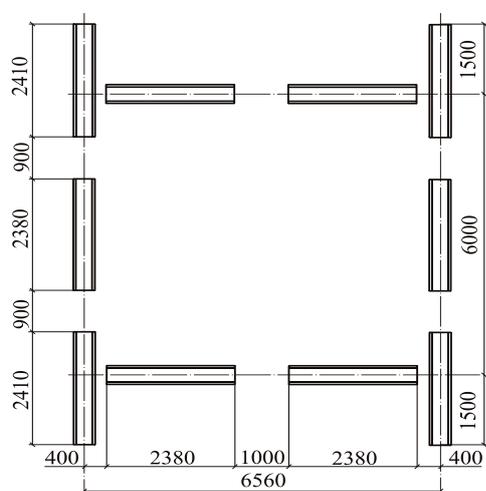
Во втором – для уменьшения ширины бетонной части плиты на толщину шва и выпуск рабочей арматуры в стандартной опалубке необходимо установить две продольные «гребенки».

Расчеты показали, что при *сборном стыке* плит распределение усилий неравномерное, вокруг закладных деталей возникает увеличение изгибающих моментов как в одном, так и в другом направлении. Даже при семи закладных деталях возникают усилия, для восприятия которых требуются мощные закладные детали и их значительная анкеровка, что приводит к увеличению расхода проката и арматуры. Для установки закладных деталей также потребуются изменение конструкции продольных бортов опалубки. При *моноконтинентном стыке* плит распределение усилий равномерное и не требуется дополнительный расход проката, арматуры и изменений в конструкции стандартной опалубки. Кроме этого, увеличивается жесткость перекрытия.

Учитывая вышесказанное, окончательно был принят вариант перекрытия с моноконтинентным стыком плит.

Чтобы проверить теоретические расчеты экспериментом, на заводе ДСК № 1 г. Гомеля были изготовлены три сборные железобетонные плиты реальных размеров с приведенным выше армированием. Одна плита П1 и две плиты П2, т.е. участок перекрытия пролетом 6,6 м и длиной 9,0 м.

Для проведения испытания был собран стенд из сборных бетонных блоков для стен подвалов (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Схема (а) и общий вид (б) стенда для испытания перекрытия

По верху блоков для опирания плит был уложен полками вниз швеллер № 18. Расчетные пролеты плиты перекрытия при опирании на швеллер составили 6,0 м в продольном направлении и 6,48 м – в поперечном направлении перекрытия.

При укладке плит на стенд устанавливались временные опоры, которые одновременно служили опорами, поддерживающими опалубку для бетонирования стыков плит, и опорами, ограничивающими (страхующими) значительные перемещения плит при разрушении в процессе эксперимента.

После укладки плит на опоры стенда выпуски арматуры соседних плит сваривались между собой при помощи коротышей Ø8 мм класса S400, швы заполнялись бетоном класса C<sup>20</sup>/25. Выпуски арматуры сваривались не все, а через один. Испытание перекрытия проводилось после полного набора прочности бетона швов между плитами.

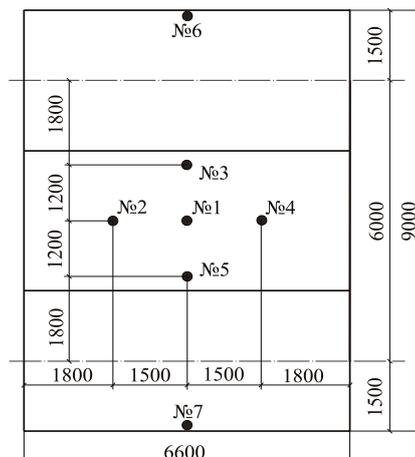
Нагружение плиты перекрытия проводилось при помощи бетонных блоков. Перед установкой каждого блока его вес измерялся с помощью динамометра с ценой деления 0,5 кН.

Для измерения прогибов плиты от прикладываемой нагрузки было установлено семь прогибомеров конструкции Аистова ПАО-6 с ценой деления 0,01 мм. Измерение перемещений плиты на опорах производилось в двух точках при помощи индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм. Схема с местами расположения прогибомеров и индикаторов часового типа приведена на рисунке 2.

Так как испытывался фрагмент плиты длиной 9,0 м (6,0 м между поперечными стенами и по 1,5 м с каждой стороны от поперечных стен), то её дальнейшая неразрезность имитировалась нагрузкой бетонными блоками краев плиты в поперечном направлении величиной 4,5 кН/м.

Нагружение плиты проводилось ступенями, причем согласно [2] каждая ступень нагрузки не превышала 20 % контрольной. В качестве контрольной принята нагрузка, равная 5 кН/м<sup>2</sup>.

Величины полной нагрузки на ступенях составили (в  $\text{kH/m}^2$ ): 1,01; 2,02; 3,05; 4,09; 5,215 и 5,815. Общий вид плиты с испытательной нагрузкой показан на рисунке 3.



а)

б)

Рис. 2. Общий вид (а) и схема (б) расположения мест установки прогибомеров и индикаторов часового типа



а)

б)

Рис. 3. Общий вид плиты с разной испытательной нагрузкой: а –  $1,01 \text{ kH/m}^2$ ; б –  $5,215 \text{ kH/m}^2$

После каждой ступени нагружения через 20 минут записывались показания прогибомеров и индикаторов часового типа, после чего прикладывалась следующая ступень нагрузки. Результаты измерения прогибов плиты в контрольных точках заносились в журнал. Промежуток времени между приложением нагрузки и снятием показаний необходим для измерения полных деформаций плиты от данной нагрузки.

После приложения очередной ступени нагрузки на нижней и верхней поверхности плиты контролировалось образование трещин.

В результате проведенных испытаний сборно-монолитной плиты перекрытия было установлено, что до величины нагрузки, равной  $4,09 \text{ kH/m}^2$ , плита ведет себя стабильно, прогиб плиты в середине пролета увеличивается пропорционально прикладываемой нагрузке, трещин на верхней и нижней поверхности плиты не образуется.

На рисунке 4 приведен график увеличения прогиба плиты в точке 1 (по середине пролета плиты) в зависимости от прикладываемой испытательной нагрузки без учета прогиба от собственного веса плиты.

При нагрузке  $5,215 \text{ kH/m}^2$  на верхней поверхности плиты над поперечными опорами образовались трещины, и прогиб плиты увеличился почти вдвое по сравнению с величиной достигнутого прогиба на предыдущих ступенях нагружения. Величина суммарного прогиба не превысила допускового нормами.

Увеличение прогиба связано с нарушением неразрезности плиты в продольном направлении и соответственно снижением её жесткости. Плита стала в некоторой степени свободно опертой по четырем сторонам.

Дальнейшее увеличение нагрузки ( $5,815 \text{ кН/м}^2$ ) привело к образованию диагональных трещин на нижней поверхности плиты, увеличению ширины их раскрытия и значительному увеличению прогиба (более 23 мм). К моменту проведения измерений прогиб плиты продолжал увеличиваться, ширина раскрытия трещин превысила допускаемую нормами ширину и соответственно тоже продолжала расти. Поэтому эксперимент был остановлен и проведена разгрузка плиты.

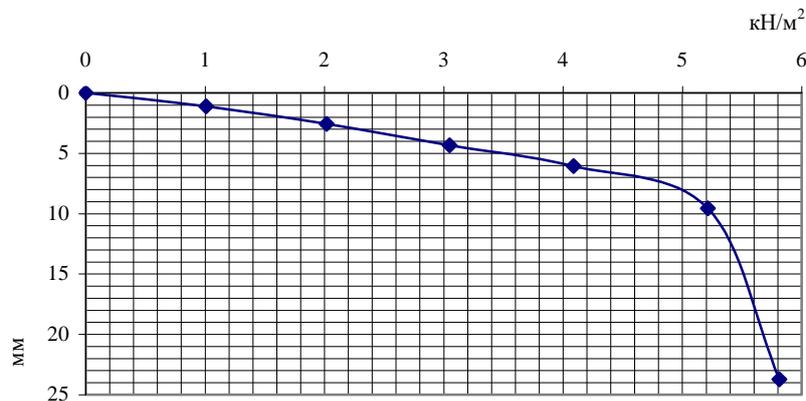


Рис. 4. Зависимость прогиба плиты в середине пролета от прикладываемой нагрузки

На основании выполненных экспериментально-теоретических исследований работы сборно-монолитного перекрытия можно сделать следующие **выводы**:

- 1) конструкция перекрытия реальна и его элементы (сборные плиты) могут изготавливаться в стандартной опалубке при незначительных её доработках;
- 2) эксперимент подтвердил, что несущая способность запроектированного перекрытия соответствует принятой при расчете нагрузке ( $5,0 \text{ кН/м}^2$ ) без учета собственного веса перекрытия;
- 3) прогиб сборно-монолитного перекрытия от принятой нагрузки много меньше допускаемого нормами;
- 4) запроектированное сборно-монолитное перекрытие может эффективно использоваться при строительстве крупнопанельных домов с шестиметровым шагом поперечных стен.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02.
2. Методы испытания нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости: ГОСТ 8829-77.

Поступила 12.09.2007