

УДК 624.012

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФРАГМЕНТА
СБОРНО-МОНОЛИТНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ЧАСТОРЕБРИСТОЙ
ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ**

А.М. Сангинов, П.А. Ясунов, Б.С. Ордобаев

Проведен обзор основных характеристик сборно-монолитной железобетонной часторебристой плиты перекрытия с пространственным армированием.

Ключевые слова: железобетонная ребристая плита; прочность бетона; арматурный каркас; испытание; прогиб; армирование.

**STUDY OF THE STRENGTH CHARACTERISTICS FRAGMENT OF THE COMBINED
AND MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE FLOOR SLABS CHASTOREBRISTY**

A.M. Sanginov, P.A. Yasunov, B.S. Ordobaev

The article presents the overview of the main characteristics of the combined and monolithic reinforced concrete slabs with chastorebristy pro-spatial reinforcement.

Keywords: reinforced concrete ribbed plate; strength of concrete; reinforcing cage; test; deflection; reinforcement.

Одной из актуальных задач развития науки в области строительства является поиск наиболее оптимальных типов конструкций, которые сэкономили бы средства и время, а также не уступали бы по прочностным показателям своим аналогам. Сборно-монолитные железобетонные часторебристые плиты перекрытия с пространственным армированием, мало распространены в Таджикистане.

Конструкция исследованного фрагмента часторебристого перекрытия со сборно-монолитными элементами представляет собой систему, состоящую из балок (ребер) небольших размеров и несущих блоков из малотеплопроводного и звукоизоляционного материала (далее – блоков), которые заполняют пространство между балками, а также монолитной части в виде железобетонной плиты и бетонного заполнения пространства между балками и блоками. Общая схема фрагмента перекрытия и его элементы представлены на рисунках 1–4.

До проведения экспериментально-теоретических исследований фрагмента были измерены его фактические размеры неразрушающим методом по ГОСТ 22690–88 «Бетон тяжелый» (рисунок 1). Определение прочности без разрушения проводили с помощью электронного измерителя прочности бетона ИПС-МГ4.03 и механическим склерометром ОМШ-1 (рисунок 5). Определение прочно-

сти бетона и его составляющих элементов (сборных балок и сплошной плиты), было проведено электронным измерителем Rebar Locator PROCEQ «PROFOMETER5+» (рисунок 6). Определено армирование, толщина защитного слоя бетона, количество и диаметр арматурных стержней.

Следует отметить, что по концам фрагмента устроены сплошные монолитные участки высотой на всю высоту фрагмента, имитирующие сейсмопояс/ригель, в котором помещается часторебристое перекрытие.

Бетон основания сборных железобетонных балок марки В15, бетон монолитной части перекрытия (ребра и сплошная плита) – В20. В средней части фрагмента устроено поперечное ребро жесткости высотой 25 см толщиной 5 см, толщина сплошной плиты – 50 мм.

Инструментальными методами были определены характеристики армирования фрагмента:

Сплошная плита – сетка из стержней арматуры Ø 8А-I с ячейкой 250×250 мм, толщина защитного слоя бетона сверху – 20 мм.

Рабочая продольная арматура верхнего и нижнего пояса балок – Ø 16А-III, диаметр диагональных связей – Ø 8А-I, шаг стыковки диагональных связей с рабочей арматурой – 300 мм армирование поперечного ребра жесткости – 2Ø 14А-III.

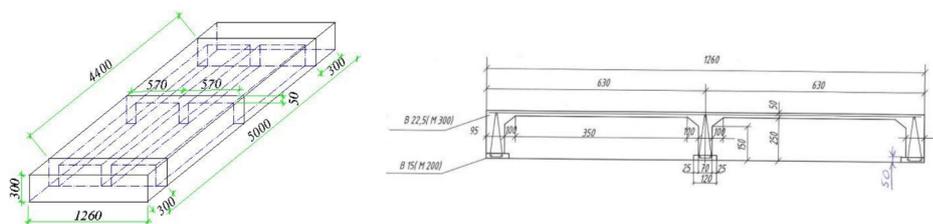


Рисунок 1 – Схема фрагмента часторебристого перекрытия со сборно-монолитными элементами

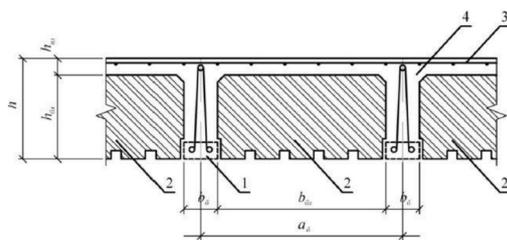


Рисунок 2 – Сборно-монолитное часторебристое перекрытие с пенополистирольными блоками в разрезе: 1 – легкие железобетонные балки с пространственным арматурным каркасом и железобетонным основанием (элемент несъемной опалубки), 2 – несущие пенополистирольные блоки (элемент несъемной опалубки), 3 – арматурная сетка, 4 – монолитные железобетонные участки, состоящие из плиты и верхней части железобетонных балок (ребер)

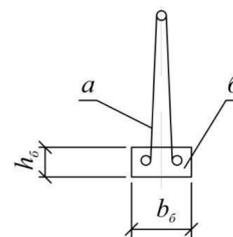


Рисунок 3 – Легкие железобетонные балки с пространственным арматурным каркасом (а) и железобетонным основанием (б) (элемент несъемной опалубки)

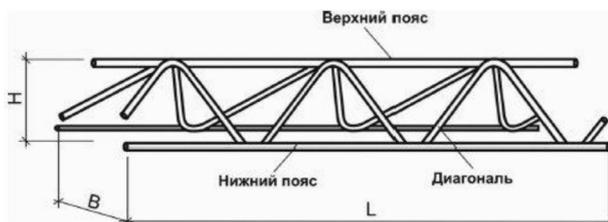


Рисунок 4 – Схема пространственного арматурного каркаса железобетонных балок

Испытание фрагмента сборно-монолитного железобетонного часторебристого перекрытия с пространственным армированием проводили в лаборатории ИГССС АН РТ в соответствии с ГОСТ 8829–77. Возраст бетона конструкции к моменту испытания составлял 55 суток. Фрагмент был установлен на специальном стенде с обеспечением шарнирно подвижного и шарнирно неподвижного опирания на основание.

Загружение плиты осуществляли поэтапно статической нагрузкой с использованием штучных материалов с известным весом. Укладку штучного материала на плиту производили симметрично относительно середины пролета.

Прогиб плиты определяли как разность между величиной перемещения, измеренного в середине пролета плиты и пола суммой величин осадок

опор. Перемещения в точках определяли с применением прогибомеров системы Аистова с ценой деления 0,01 мм и индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм. При испытании на каждом этапе определяли прогибы фрагмента и контролировали нагрузку начала трещинообразования.

В качестве контрольной нагрузки на фрагмент плиты принята нагрузка 840 кг/м², соответствующая максимальной полезной нагрузке на перекрытие жилых и общественных зданий. Максимальный прогиб фрагмента плиты при данной нагрузке составил 4,0 мм. Трещинообразование имело место при нагрузке равной ~2000 кг/м², превышающей в 2,5 раза контрольную нагрузку. Максимальный прогиб фрагмента при данной нагрузке составил 6,4 мм, ширина раскрытия трещин находилась в пределах 0,05–0,1 мм.



а



б

Рисунок 5 – Электронный измеритель прочности бетона ИПС-МГ4.03 (а) и механический склерометр ОМШ-1 (б)



Рисунок 6 – Прибор неразрушающего контроля PROCEQ "PROFOMETER5+" для определения армирования ж/б конструкций и толщины защитного слоя бетона

Испытание было прекращено при нагрузке 3175 кг/м^2 , примерно в 4 раза превышающей контрольную, и признанную условно разрушающей. При данной нагрузке имело место интенсивное трещинообразование, максимальный прогиб составил 8,9 мм.

Расчеты фрагмента сборно-монолитной железобетонной часторебристой плиты перекрытия с пространственным армированием на прочность выполнены с применением программного комплекса ЛИРА-САПР 2015 R4. При построении его пространственной расчетной модели были использованы обмерочные чертежи фрагмента и характеристики бетона, определенные неразрушающим методом (рисунок 1).

Для определения расчетного деформированного состояния и армирования фрагмента плиты внешняя вертикальная статическая нагрузка на фрагмент принималась поэтапной в соответствии с фактическими при проведении испытаний – 0.17, 0.34, 0.51, 0.675, 0.84, 1.57, 2.09 и 3.18 т/м². Отдельные результаты расчетов приведены ниже.

С целью оценки прогнозного поведения сборно-монолитной железобетонной часторебристой плиты перекрытия с пространственным армированием в построечных условиях дополнительно выполнены расчетные исследования фрагмента плиты с двумя средними балками.

Все результаты исследования приведены в таблицах 1, 2.

Таким образом, фрагмент сборно-монолитной железобетонной часторебристой плиты перекры-

тия с пространственным армированием обладает значительным запасом прочности и жесткости.

Анализ результатов экспериментально-теоретических исследований, а также фото- и видеоматериалов позволил сделать следующие выводы:

Исследования фрагмента часторебристого перекрытия со сборно-монолитными элементами, возводимого по технологии несъемной опалубки, где в качестве опалубки выступают легкие железобетонные балки, предварительно изготовленные в виде пространственного арматурного каркаса и железобетонного основания, и блоки заводского изготовления из легкого бетона, либо пенополистирола, остающихся в конструкции перекрытия на все время эксплуатации объекта, основано на опыте применения такого типа перекрытий в Исламской Республике Иран и ряде европейских странах. Для применения на территории Республики Таджикистан это является новым типом конструктивного решения перекрытия.

Испытание фрагмента сборно-монолитного железобетонного часторебристого перекрытия с пространственным армированием показало его повышенную жесткость и несущую способность, что позволяет оптимизировать его высоту и армирование в построечных условиях. В частности, для фрагмента перекрытия с пролетом 4,7 м имеется возможность уменьшить высоту перекрытия до 250 мм и применить для нижней зоны балок армирование из стержней арматуры $2\varnothing 10\text{A-III}$, вместо фактического $2\varnothing 16\text{A-III}$, а для верхней зоны балок – $1\varnothing 10\text{A-III}$, вместо фактического $1\varnothing 16\text{A-III}$. Армирование поля плиты можно принять $\varnothing 4\text{Bp-I}$

Таблица 1 – Максимальные прогибы фрагмента плиты

№ п/п	Нагрузка, т/м ²	Фактический, мм	Расчетный, мм	Прогнозный, мм	Примечание
1	0.34	1.7	1.32		
2	0.51	2.5	1.65		
3	0.675	3.2	1.97		
4	0.84	4.0	2.30	2.39	Контрольная нагрузка
5	1.57	5.8	3.71		
6	2.09	6.4	4.72		Начало трещинообразования
7	3.18	8.9	6.82		Условно разрушающая нагрузка

Таблица 2 – Армирование фрагмента плиты

№ п/п	Элемент	Фактическое армирование	Расчетное армирование	Расчетное рекомендуемое	Примечание
1	Поле плиты	∅ 8А-I, ячейка 250×250 мм	∅ 4А-I, ячейка 200×200 мм		Условно разрушающая нагрузка 3,18 т/м ²
2	Нижний пояс балки	2∅ 16А-III	2∅ 10А-III	2∅ 10А-III	Контрольная нагрузка 0,84 т/м ²
3	Верхний пояс балки	1∅ 16А-III	1∅ 5А-I	1∅ 5А-I	
4	Нижний пояс ребра	1∅ 14А-III	1∅ 5А-I	1∅ 5А-I	
5	Верхний пояс ребра	1∅ 14А-III	1∅ 5А-I	1∅ 5А-I	
6	Нижний пояс балки	2∅ 16А-III	2∅ 16А-III		Условно разрушающая нагрузка 3,18 т/м ²
7	Верхний пояс балки	1∅ 16А-III	1∅ 8А-I		
8	Нижний пояс ребра	1∅ 14А-III	1∅ 12А-III		
9	Верхний пояс ребра	1∅ 14А-III	1∅ 8А-I		

с шагом 200×200 мм вместо фактического ∅ 8А-I с шагом 250×250 мм, армирование ребра жесткости – 2∅ 10А-III, вместо фактического 2∅ 14А-III.

Исследование фрагмента сборно-монолитного железобетонного часторесбристого перекрытия с пространственным армированием показало, что данный тип перекрытия удовлетворяет требованиям ГОСТ 8829–77 по прочности, жесткости и трещиностойкости и являются пригодными для практического применения на территории Республики Таджикистан при строительстве и реконструкции жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений с каркасной, каркасно-стеновой и стеновой конструктивными системами.

Преимуществом применения данного типа перекрытия является облегчение веса перекрытия и обеспечение повышенной звукоизоляции, пароизоляции и низкой теплопроводности по сравнению с применяемыми в настоящее время сплошными монолитными железобетонными плитами при значительном сокращении средств по выполнению опалубочных работ. Это позволяет применять данный тип перекрытия для зданий высотой до 9-ти этажей включительно, с шагом несущих конструкций не более 6,0 м является возможным.

При расчете вертикальных и горизонтальных несущих конструкций зданий, часторесбристые перекрытия следует моделировать в виде ребристого перекрытия, шарнирно опирающегося на стены и ригели, ограничивать максимальные расчетные перемещения зданий в горизонтальных направлениях от сейсмических воздействий величиной не более 100 мм и предусматривать установку балок в смежных ячейках перекрытия здания со взаимно перпендикулярным направлением балок.

При армировании поля плиты шаг стержней сетки при любом диаметре арматуры следует принять равным 200×200 мм с обязательным обеспечением защитного слоя бетона плиты с нижней стороны не менее 15 мм.

Для возведения сборно-монолитных железобетонных часторесбристых перекрытий в построчных условиях, особенно в сельской местности, обязательно применение бетона на щебенистом заполнителе.

При применении в качестве элементов несъемной опалубки пенополистирольных блоков следует также предусматривать выполнение специальных мероприятий по повышению их пожаробезопасности.