

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛЕБЕТОННЫХ ПУСТОТНЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАЛЕБЕТОННИХ ПУСТОТНИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ

THE EXPERIMENTAL RESEARCH OF STEEL CONCRETE HOLLOW SLABS

Лобяк О.В., к.т.н., доц., Головка Д.В., здобувач (Українська державна академія залізничного транспорту, м. Харків)

Лобяк А.В., к.т.н., доц., Головка Д.В., соискатель (Украинская государственная академия железнодорожного транспорта)

A. Lobiak, Ph.D., associate Professor, D. Golovko, external PhD student (Ukrainian state academy of railway transport)

Наведені результати експериментальних досліджень сталобетонних пустотних плит перекриття. Виконані фізико-механічні дослідження матеріалів, описана технологія виготовлення зразків.

Приведены результаты экспериментальных исследований сталобетонных пустотных плит перекрытия. Выполнены физико-механические испытания материалов, описана технология изготовления образцов.

The experimental results of steel-concrete hollow core slabs are obtained. Physical and mechanical testing of materials is performed, the technology of examples production is described.

Ключові слова:

Бетон, сталь, плити перекриття, сталобетон, анкерні упори, пустотоутворювач.

Бетон, сталь, плиты перекрытия, сталобетон, анкерные упоры, пустотообразователь.

Concrete, steel, floor slabs, steel-concrete, anchor elements, blockout.

Снижение стоимости и повышение эффективности плит с внешним листовым армированием может быть достигнуто путем использования современных методов численного анализа и совершенствования самой

конструкции. Наибольший эффект от внешнего армирования достигается в изгибаемых в двух направлениях плитах перекрытий и покрытий зданий. Плоский стальной лист работает в условиях двухосного напряженного состояния, благодаря чему по сравнению с железобетонными плитами повышается жесткость и несущая способность сталебетонных аналогов при равном расходе металла [1,2,3]. Одно из направлений повышения эффективности сталебетонных перекрытий заключается в поиске способов облегчения конструкции, позволяющих без потерь в несущей способности снижать нагрузки на несущие конструкции.

Данная работа направлена на совершенствование сталебетонных плит путем экспериментально-теоретического поиска возможностей снижения собственного веса конструкции за счет введения в ее состав пустот.

Построение экспериментального исследования определяется необходимостью выбора рационального положения и формы пустотообразователей, оценки несущей способности, характера деформирования и разрушения, влияния способа анкеровки. При этом планирование эксперимента и разработка образцов основывались на проведенных заранее численных исследованиях и сформулированных предположениях [4].

Для испытаний принято три серии образцов: СПМ, СПБ – сталебетонные пустотные с различной геометрической формой пустот и шагом анкеровки; СП – сталебетонные сплошные, контрольные для каждого пустотного прообраза с аналогичным шагом анкеров. Все рассмотренные образцы представляют собой эталоны расчетных моделей и по габаритным размерам не имеют сходства с плитами, рекомендуемыми для массового практического применения. Вместе с тем предполагается, что после соответствующей верификации, основные выводы, полученные в процессе исследования, могут также распространяться на плиты, рекомендуемые для практического использования.

Изготовление и испытание экспериментальных моделей выполнено в лаборатории кафедры строительной механики и гидравлики УкрГАЖТ. Все изготовленные образцы квадратные в плане с длиной стороны 1000 мм, высотой бетонного слоя 70 мм, толщиной стального листа 2 мм (рис. 1).

Совместная работа стального листа и бетона обеспечивается с помощью петлевых анкеров, установленных с шагом 50 мм (СП50, СПМ50, СПБ50) и 100 мм (СП100, СПМ100, СПБ100). Материал анкера – проволока класса Вр-1 диаметром 4 мм. Расстановка анкеров – по диагоналям и прямым, проходящим через середины противоположных сторон.

Форма пустотообразователей представляет собой трехгранную призму высотой 40 мм и размерами в плане 250×250×350 мм (СПМ50, СПМ100) или 300×300×420 мм (СПБ50, СПБ100). Материал пустотообразователей – экструдированный пенополистирол.

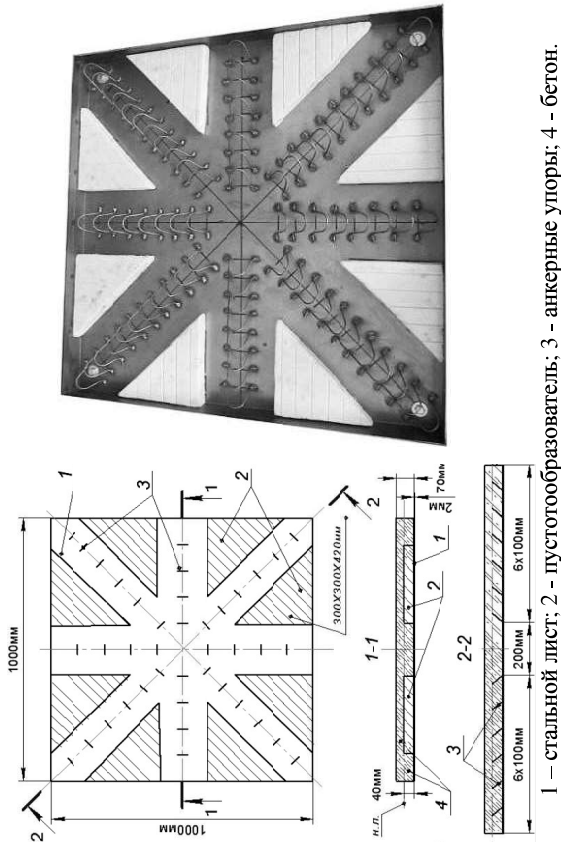


Рис. 1. Схема образца и внешний вид до бетонирования.

Для изготовления бетонной смеси использовали мелкозернистый бетон с $V/C=0.5$, поргланцемент марки М500, песок Полтавского песчаного карьера и щебень с диаметром фракций 5-25 мм. Твердение бетона происходило в естественных условиях до набора 100% марочной прочности. Для определения прочностных характеристик материалов предварительно производились испытания контрольных бетонных и стальных образцов. По усредненным значениям кубиковой прочности бетона $f_{ck,cube}=36.7$ МПа принят класс бетона С30/35. Также получены предел текучести стали $\sigma_T=225$ МПа и временное сопротивление на растяжение $\sigma_B=290$ МПа.

При испытании плит деформации измерялись методом электротензометрии с применением тензорезисторов с базой 10 мм на стальном листе (ДС) и базой 15 мм (ЛБ) – на бетоне (рис. 2). Показания

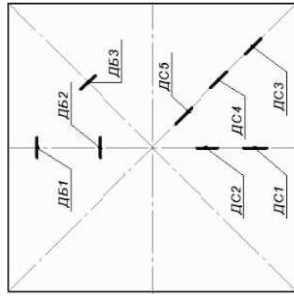


Рис. 2. Испытательная установка и схема расстановки датчиков.

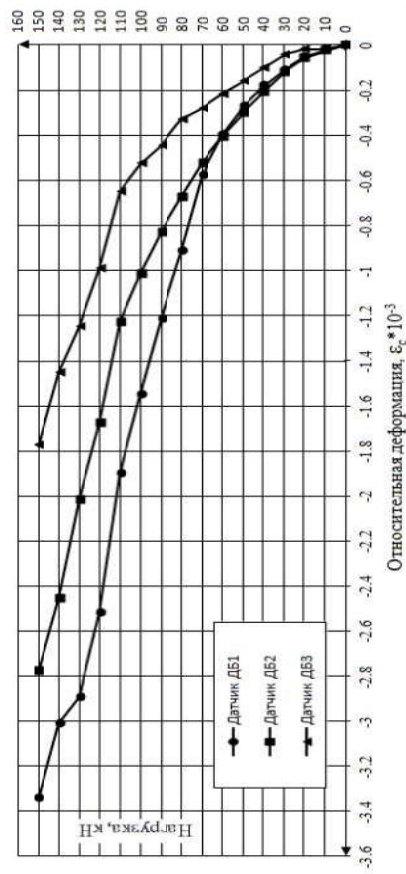
Опираие плит выполнено в углах по схеме пространственных шарниров. Нагружение экспериментальных образцов выполнялось ступенями по 5 кН с 20-ти минутной выдержкой на каждой ступени, на протяжении которой снимались показания по измерительным приборам. Визуальный осмотр включал обнаружение на поверхности бетона трещин с замером ширины раскрытия и анализ геометрической формы деформирования плиты.

В результате испытания получены данные о несущей способности плит (табл. 1), характере деформирования и трещинообразования.

Таблица 1

Данные по результатам испытаний

Серия образцов	Несущая способность, кН	Прогиб при нагрузке 120 кН, мм	Деформация в бетоне при нагрузке 120 кН, $\epsilon_{\text{ср}} \cdot 10^{-3}$		Деформация в листе при нагрузке 120 кН, $\epsilon_{\text{ср}} \cdot 10^{-3}$	
			в центральной части	по диагонали	в центральной части	по диагонали

Рис. 3. График зависимости $\epsilon(P)$ для стального листа образца СПБ50.Рис. 4. График зависимости $\epsilon(P)$ для бетона образца СПБ50.

Зависимости изменения прогиба плит для серий с шагом анкеров 50 мм представлены на рис. 5.

По полученным результатам установлено, что на начальной стадии нагрузки преимущественно возникают упругие деформации. При уровне нагрузки, соответствующем образованию в бетоне первых трещин, в стальном листе развиваются напряжения в диапазоне 45-57% от предела текучести. При этом установлено, что напряжения в листе возникают преимущественно в направлении диагоналей и составляют 85-105 МПа. В окрестности анкеров уровень напряжений выше на 20-35% по сравнению с другими точками, лежащими вдоль анкерных линий.

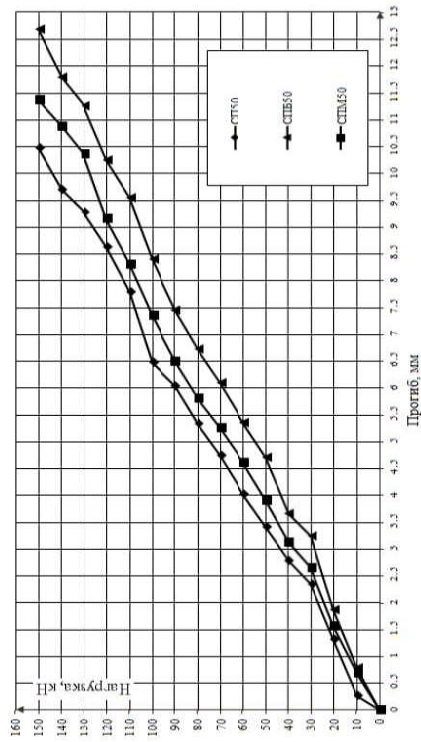


Рис. 5. График зависимости прогибов от нагрузки образцов с шагом анкеров 50 мм.

Общая картина трещинообразования в плите во всех образцах имеет примерно одинаковый характер. На поверхности плиты образование трещин имело место в окрестности штампа и перпендикулярно к прямым, проходящим через середины противоположных сторон, а также вблизи узлов опирания. Образование первых признаков трещин на видимой поверхности бетона возникло при 70% от разрушающей нагрузки.

После завершения испытаний производилось вскрытие конструкций, что дало возможность оценить целостность бетона в окрестности пустотообразователей и характер трещинообразования в растянутой зоне. Во всех образцах сохранилось 100% работоспособных анкеров, бетон в их окрестности без признаков разрушения или смятия. Последнее свидетельствует о совместной работе элементов плиты на всех уровнях нагружения. Трещинообразование выражено в направлении диагоналей и прямых, проходящих через середины противоположных сторон.

В области пустообразователей бетон не имеет признаков разрушения, что подтверждает предположение об относительном исключении соответствующих секторов из работы конструкции (рис. 6).

Сталебетонные плиты с пустотами сохраняют несущую способность по сравнению со своими сплошными аналогами и при этом позволяют снизить собственный вес конструкции на 14-24%. Возможность такого эффекта достигнута за счет численного прогнозирования напряженно-деформированного состояния конструкции с определением размеров пустот и мест их расположения [4].

1. Лобяк О.В. Экспериментальне дослідження роботи сталобетонного мембранного покриття з квадратним планом // Зб.наук.праць. – Харків: ХарДАЗТ,2001. - Вип.45., С.128-135. 2. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных плит // Строительная механика и расчет сооружений. - 1990.- №2.С22-26. 3. Стороженко Л.И. Железобетонные конструкции с внешним армированием. – К.: УМКВО, 1989. – 99с. 4. Лобяк А.В., Головки Д.В. Моделирование работы сталебетонных пустотных плит перекрытия с учетом нелинейных свойств конструкции и материалов // Зб.наук.статей. Вип. 11. – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – С. 156-162.