

РАЗДЕЛ III

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 624.046

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Ю.В. Краснощеков, В.И. Саунин
ФГБОУ ВО «СибАДИ»

Аннотация. В статье приведены результаты испытания фрагмента сборного железобетонного перекрытия из натуральных изделий. Эксперимент проводился в соответствии с рекомендациями по расчету ригелей связевого каркаса типовой серии 1.020-1/83 при учете совместной работы с настилом. Проверяли влияние настила на ригели при разных сочетаниях вертикальной и горизонтальной нагрузок. Эффективность взаимодействия оценивали сравнением результатов испытаний ригелей-близнецов в составе перекрытия и по независимой схеме. Выявлено, что работа шпоночных соединений недостаточно надежна, а влияние горизонтальной нагрузки практически отсутствует.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, совместная работа сборных элементов, ригели связевых каркасов, прочность и жесткость, натурный эксперимент.

Введение

В обзоре [1] отмечено, что основное внимание при исследовании перекрытий, нагруженных равномерно распределенными нагрузками, уделяют ригелям, жесткость и прочность которых в условиях взаимодействия с плитным настилом увеличивается до 30 %. Это подтвердили испытания в Омске фрагментов перекрытия из конструктивных элементов серии ИИ-04 [2-4]. В последующем были получены данные о снижении почти на 15 % эффективности взаимодействия пустот-

ных плит с ригелями, имеющими уширения внизу, в результате действия горизонтальных нагрузок [5].

В ЦНИИП реконструкции городов разработали рекомендации по расчету ригелей связевого каркаса типовой серии 1.020-1/83 с учетом совместной работы со сборным настилом [6]. В рекомендациях предусмотрены конструктивные меры по обеспечению взаимодействия плит с ригелями после замоноличивания швов шпоночной формы (рис. 1).

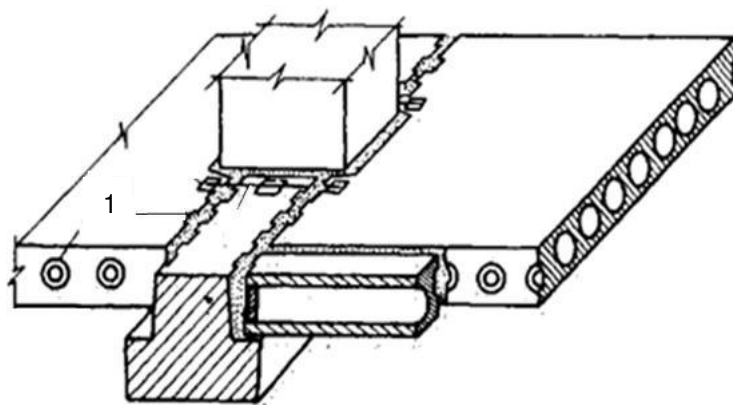


Рис. 1. Фрагмент перекрытия связевого каркаса серии 1.020-1/83;
1 - прерывистые шпонки в сопряжениях

Согласно рекомендациям учет совместной работы ригелей со сборным настилом при отсутствии в сопряжении прерывистых шпонок, сварных закладных деталей или упоров между связевыми плитами и колоннами не допускается. Кроме этого в случае учета совместной работы ригеля и плит при расчете по первой и второй группам предельных состояний до начала

монтажа конструкций должен быть испытан фрагмент, состоящий из ригеля и плит.

Описание экспериментального фрагмента перекрытия

При внедрении конструкций межвидовой серии 1.020-1/83 в Омске испытали фрагмент перекрытия. Опытный фрагмент перекрытия из трех ячеек (две ячейки 6×6 м и одна 6×3 м) с поперечным расположением ригелей был смонтирован в лаборатории СибАДИ (рис. 2).

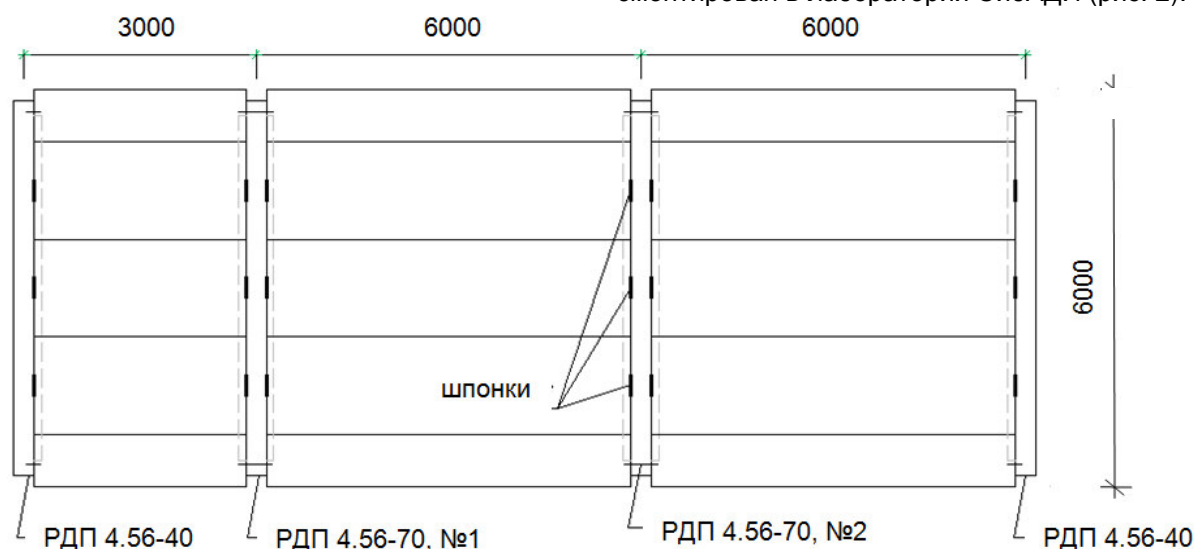


Рис. 2. План фрагмента перекрытия

Средние ригели фрагмента – двухполочные под нагрузку 70 кН/м (РДП 4.56-70 №1 и №2), крайние – ненапряженные однополочные ригели под нагрузку 40 кН/м (РДП 4.56-40). Следует отметить, что расчетный прогиб ригелей на 20 % превышал предельно допустимое значение.

Многослойные плиты перекрытий по серии 1.041-2 для фрагмента приняты под большую расчетную нагрузку, чем ригели для того, чтобы в процессе испытаний в первую очередь разрушились ригели. В соединениях плит с ригелями были предусмотрены шпоночные образования, остальные соединения плит между собой и с ригелями осуществлялись в соответствии с типовыми решениями [7].

Прочностные и деформативные характеристики раствора замоноличивания бетона и арматуры конструкций соответствовали серии.

Ригели через шарниры и фторопластовые прокладки свободно опирали на стойки, закрепленные в силовом полу, расстояние между опорными шарнирами каждого ригеля – 5,43 м.

Вертикальную нагрузку создавали равномерно по всему перекрытию шестью гидравлическими домкратами через систему распределительных траверс (рис. 3), контакт загрузочного устройства с плитами осуществляли через фторопластовые прокладки, снижающие влияние трения на нагрузку при перемещениях конструкций. Горизонтальные растягивающие силы создавали двенадцатью домкратами, установленными на специальных площадках опорных стоек, и прикладывали к пластинам опорных закладных деталей ригелей.

Испытание фрагмента перекрытия проводили в три этапа. На первых двух этапах оценивали жесткость и трещиностойкость ригелей в первом и повторном нагружениях. Перекрытие загружали вертикальной нагрузкой до значений на ригеле РДП 4.56-70 №2, соответственно, 65,8 кН/м и 81,5 кН/м с последующей разгрузкой.

На первом этапе фрагмент перекрытия загружали также горизонтальными силами растяжения вдоль связевых плит нормативной величиной 59 кН. На втором этапе эти усилия сочетали с растяжением каждого ри-

геля силами с расчетными значениями 72 кН и 45 кН.

На третьем этапе вертикальную нагрузку доводили до разрушения ригелей, причем усилия растяжения ригелей не превышали приведенных выше значений, а продольное растяжение фрагмента перекрытия доводили до расчетной величины 70 кН. Растягивающие силы увеличивали после выдержки фрагмента под вертикальной нагрузкой.

Прогибы ригелей во фрагменте измеряли в процессе сборки фрагмента и установки

загрузочных устройств с целью фиксации начальных значений перед испытаниями.

Начальная нагрузка от массы плит и загрузочных устройств на ригели РДП 4.56-70 №1 и №2 составила, соответственно, 19,3 кН/м и 24,5 кН/м.

Наряду с загрузкой перекрытия вертикальной нагрузкой к фрагменту прикладывали горизонтальные силы, которые растягивали ригели и плиты в ортогональных направлениях. Тем самым имитировали усилия, возникающие в диске перекрытия при действии на каркас здания ветровой нагрузки.

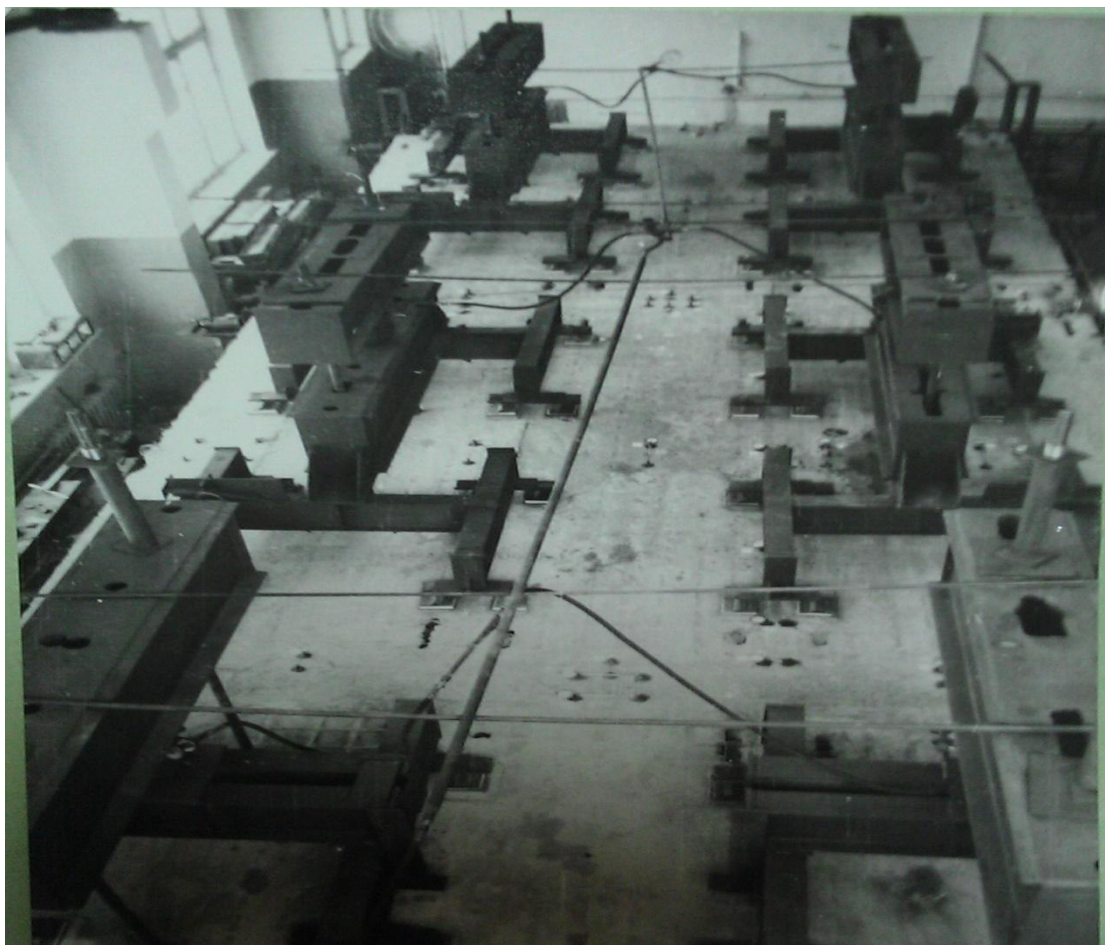


Рис. 3. Общий вид фрагмента

Результаты испытания

Деформации сдвига между пластинами и ригелями, замеряемые в уровне приопорных шпоночных соединений, стали проявляться для ригеля №2 после нагрузки 31,2 кН/м; для ригеля №1 со стороны ячейки 6×6 м после 33,8 кН/м, а со стороны ячейки 6×3 м после 42,1 кН/м. При нагрузке на средние ригелях 88 кН/м деформации сдвига 6-метровых плит достигли 0,6 мм, а 3-метровые плиты пере-

местились относительно ригеля №1 только на 0,35 мм. Дальнейшее нагружение вызвало резкое увеличение сдвигов 6-метровых плит, максимальная величина которых при приближении к нагрузке 130 кН/м составила 4,4 мм, в то же время характер сдвигов 3-метровых плит был более плавным и деформации сдвига при увеличении нагрузки до 130 кН/м достигли 1,2 мм. Такая особенность развития деформаций сдвига была вызвана

большим изгибом плит в ячейках 6×6 м и, соответственно, раскрытием поверху вертикальных стыков между торцами плит и боковыми гранями ребер ригелей, при котором выступы растворного заполнения стыка выходили из шпоночных пазов ригелей и, таким образом, уменьшалась активная часть шпоночного соединения. И, если до нагрузки 88 кН/м на средних ригелях можно предполагать совместное восприятие сдвигающих усилий неорганизованной (платформенным контактом) и организованной (шпоночным соединением) частями растворного стыка, то в дальнейшем сдвигающие усилия воспринимались практически только платформенным контактом. Это предположение подтверждается зафиксированными при нагрузке 81,5 кН/м на ригеле №2 признаками скалывания шпоночного соединения, завершившегося при нагрузке 88 кН/м срезом части выступов растворного заполнения. Следует отметить, что при испытании фрагмента перекрытия с неорганизованным раствором стыком плит и ригелей [2] деформации сдвига начали проявляться сразу после нагружения и при практически равномерном увеличении достигли к концу испытания значения больше 3 мм.

При разгрузках фрагмента перекрытия наблюдались обратные сдвиги плит относительно ригелей. При разгрузке после первого этапа нагружения остаточные деформации сдвига составили 60 – 80 % от полных значений, а при разгрузке после второго этапа они сократились до 40 – 50 %. При выдержках перекрытия под вертикальной нагрузкой большим приращением сдвиговых деформаций соответствовали большие приращения прогибов ригелей, причем нарастание прогибов за время выдержки замедлялось. Реакции диска перекрытия на растягивающие

усилия практически не отмечено.

Крайний в ячейке 6×6 м ригель РОП 4.56-40 достиг предельного состояния по прочности нормальных сечений из-за текучести растянутой арматуры при нагрузке на него 58,9 кН/м и был перехвачен страховочными стойками. Дальнейшее повышение вертикальной нагрузки на фрагменте привело к достижению такого же предельного состояния однополочным ригелем ячейки 6×3 м при нагрузке на него 64 кН/м. Предельные по прочности нормальных сечений нагрузки на ригели РДП 4.56-70 №2 и №1 составили, соответственно, 144 и 151,5 кН/м. Следует отметить, что прогибы плит в крайней ячейке 6×6 м к этому моменту на 50 % превышали прогибы плит в средней ячейке фрагмента перекрытия. При демонтаже плит перекрытия фрагмента выявлено раздробление нижней части приопорных растворных шпоночных соединений ригелей с плитами, высота раздробленной части 4-5 см.

В процессе исследования сравнивали результаты испытаний опытных ригелей в составе фрагмента перекрытия с данными, полученными при испытании отдельных ригелей.

Испытания отдельных ригелей в количестве двух РДП 4.56-70 и одного РОП 4.56-40 проводили в том же режиме нагружения, что и нагружения их аналогов во фрагменте перекрытия. Предельные по прочности нормальных сечений нагрузки для них составили, соответственно, 118,7 и 52,60 кН/м.

Сравнение прогибов двухполочных ригелей, испытанных в составе фрагмента и отдельно, приведено на рис. 4, причем из данных, характеризующих поведение отдельных ригелей, выбраны результаты по наиболее жесткому ригелю.

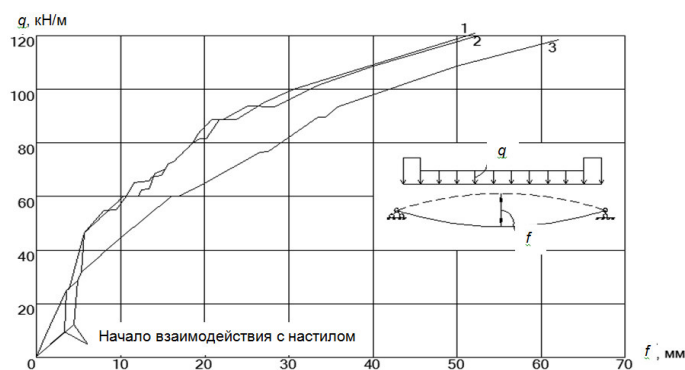


Рис. 4. Прогибы двухполочных ригелей во фрагменте:
1- РДП 4.56-70 №1; 2- РДП 4.56-70 № 2 в сравнении с прогибами отдельного
двухполочного ригеля — 3

Идентичный характер имеет и сравнение прогибов однополочных ригелей. Начальные изломы графиков прогибов двухполочных ригелей, испытываемых в составе фрагмента, вызваны как переходом от первой стадии работы ригелей ко второй, так и длительностью (примерно 17 суток) действия нагрузки от массы плит перекрытий от момента их монтажа до набора определенной прочности раствора замоноличивания стыков между элементами фрагмента.

Анализ приращений прогибов ригелей при повторных загрузках показывает, что влияние настила остается существенным (рис. 5). Большие остаточные деформации

сдвига после первой разгрузки связаны с начальным обмятием шпоночных соединений и межплитных швов. Зависимость прогибов ригелей в перекрытии от податливости связей между ними и плитами настила, отмеченная в соответствии приращений прогибов приращением деформацией сдвига при выдержках под нагрузкой, объясняет то, что приращения прогибов при выдержках отдельного ригеля под нагрузкой значительно ниже. Однако при этом затухающий характер нарастания прогибов ригелей во фрагменте свидетельствует о достаточной надежности такого типа связей.

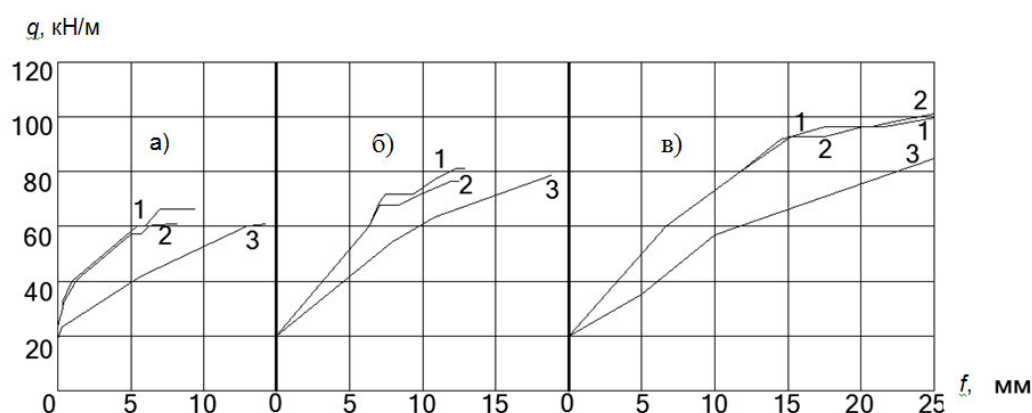


Рис. 5. Приращения прогибов двухполочных ригелей во фрагменте:
1- РДП 4.56 -70 №2; 2- РДП 4.56-70 №1 и 3- отдельного двухполочного
ригеля при повторных загрузках;
а) первое загрузке; б) второе загрузке; в) третье загрузке

Основные результаты испытания приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные результаты испытаний

Вид контролируемых параметров при испытании ригелей	Данные испытаний ригелей		
	отдельных	В составе фрагмента	
		абсолютные	Относительно отдельных
1	2	3	4
Двухполочных:			
Прогибы при контрольной, по оценке жесткости, нагрузке (53,5 кН/м), мм	13,67	9,25/9,04	0,680/0,660
Ширина раскрытия нормальных трещин, при контрольной по оценке трещиностойкости, нагрузке (60 кН/м), мм	0,13	0,12/0,10	0,923/0,810
Предельный изгибающий момент в среднем сечении, кНм	467	590,7/562	1,265/1,203
Однополочных:			
Прогибы при контрольной, по оценке жесткости, нагрузке (31 кН/м), мм	14	10,0/9,5	0,715/0,680
Ширина раскрытия нормальных трещин, при контрольной по оценке трещиностойкости, нагрузке (34,8 кН/м), мм	0,27	0,26/0,22	0,96/0,82
Предельный изгибающий момент в среднем сечении, кНм	214,8	257,9/238,7	1,20/1,11

В таблице для двухполочных ригелей – перед чертой результаты для РДП 4.56-70 №1, после черты – РДП 4.56-70 №2; для однополочных ригелей – перед чертой результаты для РОП 4.56-70 в ячейке 6×3 м, после черты – РОП 4.56-70 в ячейке 6×6 м.

Заключение

На основании анализа результатов сделаны следующие выводы.

Жесткость ригелей, работающих в составе перекрытия, удовлетворяет требованиям серии 1.020-1/83. Максимальная величина замеренного прогиба для двухполочных ригелей во фрагменте составила 79 % контрольного значения (11,7 мм), хотя для отдельного ригеля замеренный прогиб превысил контрольный на 17 %, что соответствует расчетам данным.

Влияние плит перекрытий сказалось на повышении прочности нормальных сечений двухполочных ригелей на 20 %, однополочных – на 11 %. Жесткость двухполочных ригелей увеличилась на 32 %, однополочных – на 28 % по сравнению с отдельными аналогами.

Влияние настила на повышение трещиностойкости ригелей незначительно и находится в пределах 4 – 7 %.

Шпоночные растворные соединения плит и ригелей работают на восприятие сдвигающих усилий неполным расчетным сечением и могут учитываться только при расчетах ригелей по предельным состояниям второй группы.

Повторное нагружение и затухающий характер нарастания прогибов ригелей при выдержках под нагрузкой свидетельствуют о стабильности разгружающего влияния плит настила и достаточной надежности растворных связей.

Растягивающие усилия в диске перекрытий, предусматриваемые серией, практически не влияют на характер работы ригелей.

Рекомендации [6] не учитывают взаимодействие элементов сборных железобетонных перекрытий при неорганизованных стыках плитного настила с ригелями связевых каркасов. Для уточнения совместной работы элементов перекрытий с учетом сил трения необходимы экспериментально-теоретические исследования таких конструкций [8].

Библиографический список

1. Кодыш, Э.Н. Промышленные многоэтажные здания из сборных железобетонных конструкций : обзор / Э.Н. Кодыш. – М. : ВНИИТПИ, 1989. – 85 с.

2. Саунин, В.И. Влияние плит на несущую способность и жесткость ригелей / В.И. Саунин, В.С. Мартемьянов, В.А. Селиванов // Бетон и железобетон. – 1981. - № 5. – С. 7-8.

3. Краснощеков, Ю.В. Учет влияния сборного железобетонного настила при расчете ригелей / Ю.В. Краснощеков, В.И. Саунин, Е.В. Шилов // Бетон и железобетон. – 1983. - № 6. – С. 20-21.

4. Краснощеков, Ю.В. Расчет по деформациям балочных конструкций, совместно работающих с настилом / Ю.В. Краснощеков, В.И. Саунин, Е.В. Шилов // Известия вузов. Стр-во и архитектура. – 1984. - № 12. – С. 5-9.

5. Кутовой, А.Ф. Экспериментальное исследование работы ригелей в составе перекрытия / А.Ф. Кутовой // Экспериментальные и теоретические исследования сборных железобетонных конструкций : сб. научных трудов. – М. : ЦНИИЭПжилица, 1983. – С. 99-105.

6. Рекомендации по расчету ригелей связевого каркаса с учетом совместной работы со сборным настилом [Электронный ресурс]. – М. : 1989. – Режим доступа <http://mooml.com>. – Дата обращения : 01.09.2016.

7. Семченков, А.С. Действительная работа многослойных плит перекрытия в составе здания / А.С. Семченков, А.С. Залесов, О.В. Алексеев // Бетон и железобетон. – 1993. - № 4. – С. 2-3.

8. Прочность и жесткость стыковых соединений панельных стен. (Опыт СССР и ЧССР) / Е. Горачек [и др.]. – М. : Стройиздат, 1980. – 192 с.

EXPERIMENTAL STUDIES OF INTERACTION BASIC SHAPES MADE FROM CONCRETE

Y.V. Krasnoshchekov, V.I. Saunin

Abstract. The results of the test piece of precast reinforced concrete slab of natural products. The experiment was conducted in accordance with the recommendations for the calculation of transoms frame type series 1.020-1/83, taking into account the joint work with the flooring. We checked the impact of flooring on beams with different-tions combining vertical and horizontal loads. The effectiveness of the interaction was evaluated by comparing the test results of the twin crossbars composed of overlapping and independent scheme. It was found that the work of the dowel connections is not sufficiently reliable, and the influence of the horizontal load is virtually absent.

Keywords: reinforced concrete structures, precast elements work together-ing, of bond beams frames, durability and hardness, natural experiment.

References

1. Kodysh, E.H.N. Promyshlennye mnogoetazhnye zdaniya iz sbornyh zhelezobetonnykh konstrukcij: Obzor / E.H.N. Kodysh. □ M.: VNIINTPI, 1989. □ 85 s.

2. Saunin, V.I. Vliyanie plit na nesushchuyu sposobnost' i zhestkost' rigelej / V.I. Saunin, V.S. Mar-

tem'yanov, V.A. Selivanov. // Beton i zhelezobeton. – 1981. - №5. – S. 7-8.

3. Krasnoshchekov, YU.V. Uchet vliyaniya sbornogo zhelezobetonного nastila pri raschete rigelej / YU.V. Krasnoshchekov, V.I. Saunin, E.V. SHilov. // Beton i zhelezobeton. – 1983. - №6. – S. 20-21.

4. Krasnoshchekov, YU.V. Raschet po deformatsiyam balochnykh konstruktsiy, sovmestno rabotayushchih s nastilom / YU.V. Krasnoshchekov, V.I. Saunin, E.V. SHilov. // Str-vo i arhitektura. Izvestiya vuzov. – 1984. - №12. – S. 5-9.

5. Kutovoj, A.F. EHksperimental'noe issledovanie raboty rigelej v sostave perekrytiya / A.F. Kutovoj. // EHksperimental'nye i teoreticheskie issledovaniya sbornykh zhelezobetonnykh konstruktsiy: Sb. nauchnykh trudov. □ M.: CNIEHPzhilishcha, 1983. □ S. 99-105.

6. Rekomendatsii po raschetu rigelej svyazevogo karkasa s uchetoм sovmestnoy raboty so sbornym nastilom. – M.: 1989. – Rezhim dostupa <http://mooml.com>

7. Semchenkov, A.S. Dejstvitel'naya rabota mnogopostotnykh plit perekrytiya v sostave zdaniya. A.S. Semchknov, A.S. Zalesov, O.V. Alekseev. // Beton i zhelezobeton. – 1993. - №4. – S. 2-3.

8. Gorachek, E. Prochnost' i zhestkost' stykovykh soedinenij panel'nykh sten (Opyt SSSR i CHSSR) / E. Gorachek, V.I. Lishak, D. Pume i dr. – M.: Strojizdat, 1980. – 192 s.

Краснощекоев Юрий Васильевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kras1942@mail.ru).

Саунин Владислав Иванович (Омск, Россия) – доцент кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: saunina48@mail.ru).

Krasnoshchekov Yuri Vasil'evich (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of building structures, State Automobile and Highway Academy "SibADI", (644080, Mira, 5 prospect, e-mail: kras1942@mail.ru).

Saunin Vladislav Ivanovich (Omsk, Russian Federation) – Ass., Department of building structures, State Automobile and Highway Academy "SibADI", (644080, Mira, 5 prospect, e-mail: saunina48@mail.ru).

УДК 691.327.33

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕНОБЕТОНА НА КОМПОЗИЦИОННОМ ВЯЖУЩЕМ С ЗОЛОЙ ГИДРОУДАЛЕНИЯ

И.Н. Кузнецова, М.А. Ращупкина

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В данной статье предпринята попытка представить усовершенствованный способ производства пенобетона. Усовершенствованная технология производства пенобетона на композиционном вяжущем с содержанием высокодисперсных частиц золы гидроудаления, полученных путем измельчения частиц золы, позволяет производить конструкционно-теплоизоляционный материал, используя отходы производства ТЭЦ. Представлены и обоснованы полученные результаты теплофизических и механических свойств золы как высокодисперсной добавки и пенобетонных образцов.

Ключевые слова: пенобетон, зола, технология производства пенобетона, свойства.

Введение

Возможность целенаправленно изменять процесс структурообразования, твердения пенобетона является ценным в технологии производства строительных материалов. Частицы твердой фазы композиционного вяжущего являются наночастицами, из которых формируется различная структура пенобетона. Управлять данной структурой в начальные сроки твердения возможно за счет избыточной поверхностной энергии, которая про-

является в виде внутренних сил дисперсной или дисперсно-зернистой системы и участвует в структурообразовании фаз. На начальном этапе исследований пенобетона определены его основные функции как композиционного материала, состоящего из вяжущего, высокодисперсной минеральной добавки (золы гидроудаления), пенообразователя, песка и воды.

Оценку структурообразования неорганических соединений цементного камня и пено-