

А. П. ШЕПЕЛЕВ
Р. Р. ИБАТУЛЛИН
А. А. ПИЩУЛЕВ

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ СБОРНЫЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЙ РИГЕЛЬ ПОНИЖЕННОЙ ВЫСОТЫ. РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ НАГРУЖЕНИЕМ

IMPROVED PRECAST REINFORCED CONCRETE CROSSBAR OF REDUCED HEIGHT. RESULTS OF FULL-SCALE LOADING TESTS

Объектом исследования является усовершенствованная конструкция железобетонного ригеля перекрытия в составе сборного каркаса жилого здания. Ригель имеет пониженную высоту с подрезками в опорных зонах, что в совокупности с видоизмененными сборными многопустотными плитами позволяет выполнить нижнюю поверхность перекрытия без выступающих ребер. Данное решение позволяет использовать сборный железобетон со всеми его преимуществами и конкурировать с монолитными железобетонными безбалочными каркасами. Для обеспечения прочности наклонных сечений на действие поперечной силы и изгибающего момента в качестве поперечного армирования применены каркасы с использованием жестких вставок из листовой стали. Результаты проведенных испытаний показали, что разработанный ригель удовлетворяет заявленным требованиям как по первой, так и по второй группе предельных состояний (прочность, жесткость, трещиностойкость). Поперечное армирование в виде каркасов с жесткими вставками из листовой стали обеспечивает требуемую несущую способность наклонных сечений. Испытанием также подтвердилась надежная совместная работа бетона и жесткой вставки от начала загрузки до предельного состояния по прочности.

Ключевые слова: сборные железобетонные конструкции, сборный безбалочный каркас, предварительно напряженный ригель, каркас с жесткими вставками, натурные испытания

Сложившаяся в настоящее время ситуация на рынке жилищного строительства, а именно возросшие требования к комфортабельности и при этом невысокой стоимости, заставляет специалистов непрерывно пересматривать и видоизменять принятые в строительстве конструктивные решения жилых зданий.

Из всего перечня конструктивных решений гражданских зданий (каменные здания; монолитные каркасы с ребристыми и плоскими

The object of the study is an improved design of a reinforced concrete floor crossbar as part of a prefabricated frame of a residential building. The crossbar has a reduced height with undercuts in the support zones, which in combination with modified prefabricated multi-hollow plates allows you to perform the lower surface of the overlap without protruding ribs. This solution allows you to use precast reinforced concrete with all its advantages and compete with monolithic reinforced concrete girderless frames. To ensure the strength of inclined sections to the action of transverse force and bending moment, cage using rigid inserts made of sheet steel are used as transverse reinforcement. The results of the tests showed that the developed crossbar meets the stated requirements for both the first and the second group of limit states (strength, stiffness, crack resistance). Transverse reinforcement in the form of cages with rigid inserts made of sheet steel provides the required bearing capacity of inclined sections. The test confirmed the reliable joint work of concrete and rigid inserts from the beginning of loading to the ultimate state of strength.

Keywords: precast reinforced concrete structures, prefabricated frame without beams, prestressed beam, cage with rigid inserts, full-scale tests

безригельными перекрытиями; сборные рамные, связевые и рамно-связевые каркасы; сборно-монолитные каркасы, панельные здания) на сегодняшний день в гражданском строительстве повсеместное распространение получил безбалочный бескапитальный каркас. Такая система имеет ряд преимуществ: уменьшение общей кубатуры здания, улучшение санитарных условий (освещенности, вентиляции, инсоляции), большая архитектурная лаконичность

и выразительность, появляется возможность свободной планировки помещений. Наряду с этим имеются значительные недостатки, присущие монолитным конструкциям: устройство трудоемкой и дорогостоящей опалубки; необходимость контроля прочности бетона непосредственно на площадке строительства, повышенный расход бетона и арматуры (что продиктовано требованиями второй группы предельных состояний), опасность снижения несущей способности из-за риска недоуплотнения бетона вследствие высокой насыщенности арматурой, сезонность работ, энергетические затраты на производство работ в зимнее время, высокая продолжительность сроков строительства, зависящая от длительности твердения бетона в естественных условиях, низкая индустриализация строительства.

Главное преимущество строительства объектов из сборных железобетонных конструкций (ЖБК) – быстрота сборки: сборный каркас не требует дополнительного времени на набор прочности бетона в конструкциях, как при монолитном строительстве; отсутствие мокрых процессов позволяет вести строительные-монтажные работы всесезонно и в различных климатических условиях. Ещё одним преимуществом сборного каркаса является то, что на заводах ЖБИ налажена система контроля качества продукции. Кроме того, изготовление предварительно напряженных ЖБК возможно, как правило, только в заводских условиях. Это позволяет достичь высоких показателей по срокам строительства и качеству зданий и сооружений. Применение сборных железобетонных конструкций способствует индустриализации и максимальной механизации строительства. Таким образом, применение сборных железобетонных конструкций способствует снижению себестоимости строительства. Однако отсутствие возможности свободной планировки пространства и низкая комфортабельность существующих решений сборных железобетонных каркасных и панельных зданий являются главными и решающими факторами, снижающими их конкурентоспособность.

В связи с этим на кафедре ЖБК АСА СамГТУ совместно со специалистами ООО «Опытный Завод СМиК», г. Тольятти и ПКМ «Татищев» был разработан сборный безбалочный каркас многоэтажного здания с усовершенствованной системой диска перекрытия без выступающих элементов, что позволяет использовать сборный железобетон со всеми его преимуществами.

Конструктивная система здания принята по аналогии с серией 1.020–1.87 с изменениями следующих элементов: консолей колонн, вы-

соты ригелей, узлов опирания ригелей на консоли колонн, конструкций плит перекрытия и диафрагм жесткости. В результате получено здание с плоским диском перекрытия. При этом каркас работает по связевой схеме, что обеспечивает простоту монтажа конструкций на строительной площадке.

В состав каркаса входят предварительно напряженные ригели таврового поперечного сечения (с полкой в растянутой зоне) с подрезками в опорных зонах. Данная конструкция ригелей в совокупности со сборными многупустотными плитами перекрытия позволяет выполнить поверхность потолка без выступающих ребер. В отличие от подобного ригеля типовой серии 1.020-1.87 разработанный ригель имеет пониженную высоту поперечного сечения 300 мм (в типовом варианте высота ригеля составляет 450 мм). Опалубочный чертеж ригеля представлен на рис. 1. Расчеты по прочности, жесткости и трещиностойкости, а также конструирование ригеля выполнены сотрудниками кафедры ЖБК АСА СамГТУ с использованием методик, частично изложенных в [1, 2].

Понижение высоты ригеля приводит к значительной потере жесткости, увеличивая его деформативность. При этом наиболее «слабым» местом с точки зрения обеспечения прочности являются опорные зоны, в связи с тем что имеются подрезы малого сечения.

Для обеспечения прочности наклонных сечений на действие поперечной силы и изгибающего момента в качестве поперечного армирования применяются каркасы с использованием жестких вставок из листовой стали (рис. 2). Такое армирование обеспечивает значительную несущую способность короткой консоли, образованной подрезкой, при относительно малых размерах сечения консоли.

Для обеспечения лучшей совместной работы бетона с пластинами, вставки выполняются с перфорацией.

Для предотвращения отрыва полки по центру тяжести продольной предварительно напряженной арматуры предусматриваются закладные детали анкерного типа, которые закладываются в опорных зонах по нижней поверхности полки. Чертеж закладной детали представлен на рис. 3.

На ООО «Опытный завод СМиК» были изготовлены и испытаны в лаборатории кафедры ЖБК АСА СамГТУ два опытных образца ригелей перекрытия. Проектный класс бетона $\sigma_{sp} = 550$ МПа. Продольное армирование ригеля следующее: в нижней зоне – пять предварительно напряженных стержней диаметром 18 мм класса А800; без предварительного на-

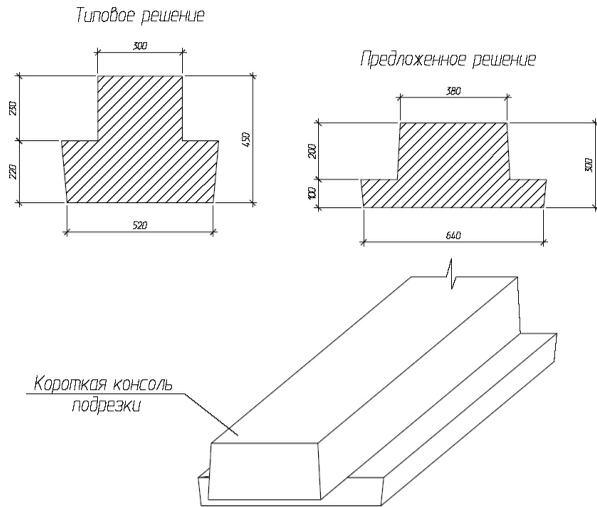


Рис. 1. Опалубочный чертеж ригеля

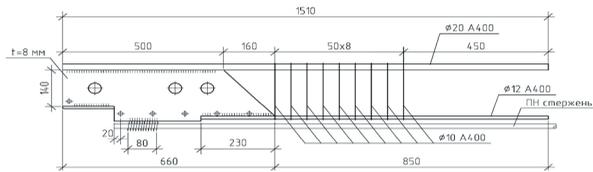


Рис. 2. Каркас для поперечного армирования ригеля

пряжения – два стержня диаметром 18 мм класса А400, четыре стержня диаметром 12 мм класса А400; в сжатой от внешней нагрузки зоне – четыре стержня диаметром 22 мм класса А400. Для обеспечения анкеровки предварительно напряженных стержней предусмотрены пластины с анкерами по нижней грани ригеля.

Испытание ригеля проводилось в соответствии с требованиями ГОСТ 8829 в рабочем положении по схеме, где одна опора неподвижная, другая подвижная, допускающая перемещение ригеля вдоль пролета.

Испытание проводилось гидравлическими домкратами ДГ-25 в количестве четырех штук. Давление в домкратах создавалось при помощи гидравлической насосной станции с ручным приводом. Общий вид на испытываемые конструкции представлен на рис. 4.

Загружение выполнялось ступенчато, эквивалентная нагрузка на каждой ступени не превышала 10 % от контрольной нагрузки по прочности и 20 % от контрольной нагрузки по жесткости. После каждой ступени нагружения ригель выдерживался не менее 10 мин, при контрольных нагрузках ригель выдерживался не менее 30 мин. На последней ступени нагружения ригели выдерживались 2,5 ч. На каждой

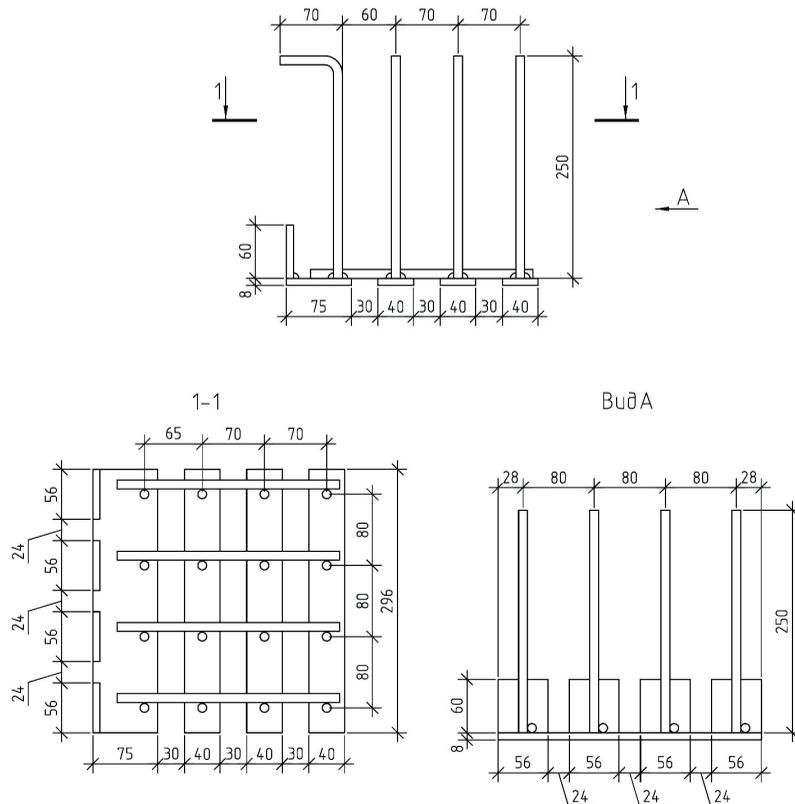


Рис. 3. Закладная деталь анкерного типа



Рис. 4. Вид на испытываемые образцы

ступени снимались показания прогибомеров, индикаторов часового типа, а также производился осмотр контрольного образца на предмет образования трещин. На контрольных нагрузках велась фотосъемка.

Для определения величины фактического прогиба ригеля перекрытия использовались прогибомеры 6ПАО (цена деления 0,01 мм), установленные в середине пролета по одному с каждой стороны ригеля. Определение смещения (в продольном направлении) концов арматурных стержней относительно бетона на торцах плиты измерено на трех средних стержнях с каждой стороны ригеля. Измерение производилось при помощи индикаторов часового типа. Индикаторы были зафиксированы на предварительно напряженных стержнях посредством специально разработанных захватов. Определение ширины раскрытия трещин выполнялось с помощью измерительного микроскопа МПБ-3М.

На третьем этапе загрузки при нагрузке 16,2 т (1,185 т/м), что соответствует контрольной нагрузке по образованию нормальных к продольной оси элемента трещин, трещины не зафиксированы. Образовались вертикальные трещины, берущие начало у внутреннего угла подрезки. Трещины, нормальные к продольной оси элемента, в середине пролета зафиксированы на 5-м этапе загрузки при нагрузке 24 т (4,444 т/м).

При контрольной нагрузке по жесткости и трещиностойкости (7-й этап, 31,5 т (5,833 т/м) фактический прогиб конструкций составил 25,09 и 25,05 мм, что меньше контрольного 26,78 мм.

Силовые наклонные трещины в опорных зонах не обнаружены. Ширина раскрытия трещин в середине пролета, нормальных к продольной оси элемента, составила 0,05 мм, что меньше контрольной величины 0,062 мм. Зафиксированы волосные трещины вдоль про-

лета в местах примыкания полков на длину ≈ 15 см шириной раскрытия 0,1 мм. Ширина раскрытия вертикальных трещин, берущих начало у внутреннего угла подрезки, составила 0,25 мм. Таким образом, требования ГОСТ 8829 по жесткости и трещиностойкости ригелей удовлетворяются.

На 8-м этапе нагружения при нагрузке 35 т (6,481 т/м) зафиксированы дугообразные трещины на торцах полков ригеля. Данные трещины на 11-м этапе нагружения представлены на рис. 5.

Трещины вдоль пролета в местах примыкания полков (рис. 6) показали значительную динамику развития и на 9-м этапе нагружения при нагрузке 41,5 т (7,685 т/м); ширина раскрытия подобных трещин составила 0,7 мм. При этом их длина изменилась незначительно. При дальнейшем нагружении ширина раскрытия этих трещин менялась незначительно.

При контрольной нагрузке по прочности согласно первому случаю разрушения ГОСТ 8829 (разрушение от достижения в рабочей арматуре нормального или наклонного сечения напряжений, соответствующих пределу текучести (условному пределу текучести) стали, ранее раздробления сжатого бетона), что соответствует 11-му этапу нагружения, 50,5 т (9,352 т/м) фактический прогиб ригелей составил 51,41 и 51,43 мм, что меньше граничного 90,53 мм. Следовательно, разрушения конструкции вследствие достижения в рабочей продольной арматуре предела текучести (условного предела текучести) не произошло.

При контрольной нагрузке по прочности согласно второму случаю разрушения ГОСТ 8829 (разрушение от раздробления бетона в сжатой зоне над нормальной или наклонной трещиной в изделии до достижения предела текучести (условного предела текучести) стали в растянутой арматуре, что соответствует



Рис. 5. Дугообразная трещина на торце полки

хрупкому характеру разрушения), что соответствует 13-му этапу нагружения, 61,5 т (11,39 т/м) наклонные трещины у внутренних углов подрезов и на опорных участках за подрезами не зафиксированы, ширина раскрытия вертикальных трещин у внутренних углов подрезов составила 0,25 мм, что свидетельствует о хорошей совместной работе жестких вставок с бетоном в конструкции. При этом максимальное смещение концов предварительно напряженной арматуры составило 0,13 мм < 0,2 мм.

Раздробления бетона в вершинах трещин не наблюдалось. Фактический прогиб конструкций составил 74,98 и 74,09 мм, что меньше граничного 90,53 мм, следовательно, напряжения в рабочей продольной арматуре не достигли предела текучести (условного предела текучести). Таким образом, прочность ригелей, соответствующая второму случаю разрушения ГОСТ 8829, обеспечена.

При дальнейшем нагружении наблюдалось значительное увеличение прогиба, раскрытие трещин, смещение относительно бетона концов предварительно напряженных стержней (на 15-м этапе 0,16 мм). Раздробления бетона в вершинах трещин не наблюдалось. На 15-м этапе нагружения при нагрузке 68 т (12,59 т/м) фактический прогиб составил 98,84 и 98,8 мм (рис. 7), что превышает граничное значение 90,53 мм, следовательно, достигнуто состояние разрушения в результате достижения в рабочей арматуре напряжений, соответствующих пределу текучести (условному пределу текучести) стали в растянутой арматуре. За разрушающую нагрузку следует считать нагрузку 68 т (12,59 т/м), соответствующую 15-му этапу. Коэффициент запаса при этом составил $s = 1,765$.

По результатам натурных испытаний нагружением сборных железобетонных двухполочных ригелей пониженной высоты с подрезками в опорных зонах получены следующие **выводы**:



Рис. 6. Трещина вдоль пролета в месте примыкания полки



Рис. 7. Ригели в предельном состоянии

– прогиб ригелей и ширина раскрытия трещин при контрольной нагрузке не превысили контрольных значений; конструкция разра-

ботанного ригеля удовлетворяет требованиям по жесткости и трещиностойкости;

– разрушение ригелей произошло от достижения в рабочей арматуре нормального сечения условного предела текучести (первый случай разрушения); коэффициент безопасности при этом достиг значения $c = 1,765$ (для первого случая разрушения нормируемый коэффициент безопасности $c = 1,33$, для второго случая разрушения – $c = 1,6$);

– разрушений бетона сжатой зоны над трещинами (второй случай разрушения) не наблюдалось;

– смещение относительно бетона концов предварительно напряженных стержней не превышает допустимой величины при испытании двух конструкций из партии 0,2 мм;

– конструкция разработанного ригеля удовлетворяет требованиям по прочности, жесткости и трещиностойкости;

– предложенное поперечное армирование в виде каркасов с жесткими вставками из листовой стали обеспечило значительную несущую способность наклонных сечений ригелей; наблюдалась хорошая совместная работа бетона и пластины от начала загрузки ригелей до его предельного состояния.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коянкин А. А., Митасов В. М. Каркас сборно-монолитного здания и особенности его работы на разных жизненных циклах // Вестник МГСУ. 2015. №9. С. 28–35.

2. Недвига Е.С., Виноградова Н. А. Системы сборно-монолитных перекрытий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №4(43). С. 87–102.

3. Бухман Н.С., Жильцов Ю.В. Определение коэффициентов распределения напряжений в стальном листе при поперечном изгибе железобетонной балки // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. №6–2. С. 314–317.

4. Filatov V., Galyautdinov Z. Numerical study of crack formation and strains distribution during the punching of reinforced concrete slabs // Lecture notes in civil engineering. 2022. V. 197. P. 169–177.

5. Филатов В.Б., Галяутдинов З.Ш. Исследование деформаций бетона плиты в зоне продавливания // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2020: материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции. 2020. С. 224–230.

6. Филатов В.Б. Расчет прочности наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов с учетом сил зацепления в наклонной трещине // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: в 7 т. 2014. С. 389–396.

7. Филатов В.Б., Галяутдинов З.Ш. Экспериментальное исследование и методика расчета прочности

железобетонных плит при продавливании // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11. № 4(45). С. 53–65. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.7.

8. Snezhkina O.V. Engineering method for assessing the strength of reinforced concrete beams. Proc. of International scientific workshop «MIP engineering 2019: advanced technologies in material science, mechanical and automation engineering». Institute of Physics and IOP Publishing Limited. Krasnoyarsk. 2019. P. 22050.

9. Murashkin V., Murashkin P. Application of concrete deformation model for calculation of bearing capacity of reinforced concrete structures. Proc. of 27th Russian-Polish-Slovak seminar, theoretical foundation of civil engineering (27RSP). Rostov-on-Don. 2018. P. 04008.

10. Travush V.I., Krylov S.B., Konin D.V., Krylov A.S. Ultimate state of the support zone of reinforced concrete beams. Magazine of civil engineering. 2018. no. 7. P. 165–174.

11. Мирсаянов И.Т. Обеспечение безопасности железобетонных балок по наклонному сечению при многократно повторяющихся нагрузках // Жилищное строительство. 2016. №1–2. С. 23–27.

12. Медведев В.Н., Семенюк С. Д. Прочность и деформативность балочных изгибаемых элементов с внешним листовым армированием // Инженерно-строительный журнал. 2016. №3(63). С. 3–15.

13. Кумпяк О.Г., Галяутдинов З.Р., Кокорин Д.Н. Экспериментально-теоретические исследования железобетонных балок на податливых опорах по наклонным сечениям при сейсмических и других динамических нагрузениях // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2013 №1. С. 40–44.

REFERENCES

1. Koyankin A.A, Mitasov V. M. Cast-in-place building frame and its features at separate life cycles. *Vestnik MGSU* [Vestnik MGSU], 2015, no. 7, pp. 28–35. (in Russian)

2. Nedviga E. S., Vinogradova N. A. Systems of prefabricated monolithic slabs. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of unique buildings and structures], 2016, no. 4(43), pp. 87–102. (in Russian)

3. Buhman N. S., Zhiltsov Yu. V. Determination the coefficients of stress distribution in the steel sheet at transverse bend of ferroconcrete beam. *Izvestiya samarskogo nauchnogo centra rossijskoj akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2013, vol. 15, no. 6–2, pp. 314–317. (in Russian)

4. Filatov V., Galyautdinov Z. Numerical study of crack formation and strains distribution during the punching of reinforced concrete slabs. Lecture notes in civil engineering. 2022. vol. 197. pp. 169–177.

5. Filatov V., Galyautdinov Z. Study of concrete slab deformations in the area of punching. *Stroitel'stvo i zastroyka: zhiznennyj cikl – 2020. Materialy V Mezhdunarodnoj (XI Vserossijskoj) konferencii* [Construction and development: life cycle – 2020. Materials in the

International (XI All-Russian) Conference], 2020, pp. 224–230. (In Russian).

6. Filatov V. B. Calculation of strength of the inclined sections bent reinforced concrete elements taking account of aggregate interlock forces in inclined crack. *Beton i zhelezobeton – vzgljad v budushhee. Nauchnye trudy III Vserossijskoj (II Mezhdunarodnoj) konferencii po betonu i zhelezobetonu: v 7 tomah* [Concrete and reinforced concrete – a look into the future. Scientific papers of the III All-Russian (II International) Conference on Concrete and Reinforced Concrete: in 7 volumes], 2014, vol. 1, pp. 289–296. (In Russian).

7. Filatov V., Galyautdinov Z. Experimental study and methodology for calculating the punching shear strength of reinforced concrete slabs. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2021, vol. 11, no. 4(45), pp. 53–65. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.7

8. Snezhkina O.V. Engineering method for assessing the strength of reinforced concrete beams. Proc. of International scientific workshop «MIP engineering 2019: advanced technologies in material science, mechanical and automation engineering», Institute of Physics and IOP Publishing Limited, Krasnoyarsk, 04-06 April 2019, (2019), P. 22050.

9. Murashkin V., Murashkin П., Application of concrete deformation model for calculation of bearing capacity of reinforced concrete structures. Proc. of 27th Russian-Polish-Slovak seminar, theoretical foundation of civil engineering (27RSP), Rostov-on-Don, 17-21 September 2018. P. 04008.

10. Travush V.I., Krylov S.B., Konin D.V., Krylov A.S. Ultimate state of the support zone of reinforced concrete beams. *Magazine of civil engineering*. 2018, no. 7, pp. 165–174.

11. Mirsayapov I.T. Ensuring the safety of reinforced concrete beams along the oblique section under repeated loads. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Housing construction], 2016, no. 1–2, pp. 23–27. (in Russian)

12. Medvedev V.N., Semeniuk S.D. Durability and deformability of braced bending elements with external sheet reinforcement. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal* [Magazine of civil engineering], 2016, no. 3, pp. 3–15. (in Russian)

13. Kumpyak O.G., Galyautdinov Z.R., Kokorin D.N. Experimental and theoretical studies of reinforced concrete beams on yielding supports over oblique sections under seismic and other dynamic loads. *Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij* [Earthquake engineering. Constructions safety], 2013, no. 1, pp. 40–44. (in Russian)

Об авторах:

ШЕПЕЛЕВ Александр Петрович

доцент кафедры железобетонных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: Shepelevap@mail.ru

SHEPELEV Alexandr P.

Associate Professor of the Reinforced Concrete Structures Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya, 244 E-mail: Shepelevap@mail.ru

ИБАТУЛЛИН Рустам Рафаилович

старший преподаватель кафедры железобетонных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: Rustic2@yandex.ru

IBATULLIN Rustam R.

Chief Lecturer of the Reinforced Concrete Structures Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya, 244 E-mail: Rustic2@yandex.ru

ПИЩУЛЕВ Александр Анатолиевич

кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: pishulev@yandex.ru

PISCHULEV Alexandr A.

PhD of Engineering Science, Associate Professor of the Reinforced Concrete Structures Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya, 244 E-mail: pishulev@yandex.ru

Для цитирования: Шепелев А.П., Ибатуллин Р.Р., Пищулев А.А. Усовершенствованный сборный железобетонный ригель пониженной высоты. Результаты натурных испытаний нагружением // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 35–41. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.05.

For citation: Shepelev A.P., Ibatullin R.R., Pishchulev A.A. Improved precast reinforced concrete crossbar of reduced height. Results of full-scale loading tests. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 35–41. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.05.