

УДК: 69.01
DOI: 10.52409/20731523_2023_4_17
EDN: ARQENE



Результаты экспериментальных исследований напряжённно-деформированного состояния сборно- монолитной рамы

А.А. Коянкин¹, В.М. Митасов

¹Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи.* Сборно-монолитное домостроение в России и других странах в последние годы активно развивается. Наблюдается постоянный рост объёма строительства из сборно-монолитного железобетона. Наряду с этим недостаточно изучены особенности процесса деформирования сборно-монолитных зданий, возникающие в процессе монтажа. Цель экспериментальных исследований – изучение особенностей формирования напряжённно-деформированного состояния плоской рамы сборно-монолитного каркаса с учётом поэтапного монтажа и загрузки. Задачами исследования являются: разработка методики проведения эксперимента поэтапного монтажа и загрузки сборно-монолитной рамы; проведение эксперимента; анализ полученных результатов.

Результаты. Экспериментальные исследования сборно-монолитной плоской рамы учитывали поэтапность монтажа и загрузки. Первый этап – монтаж сборных элементов и последующее их загрузку нагрузкой, моделирующей вес монолитного бетона и опираемых элементов. Второй этап (нагрузка первого этапа не снимается) – укладка монолитного бетона, набор им требуемой прочности и включение его в процесс деформирования, приложение дополнительной нагрузки, моделирующей вес конструкций пола, перегородок, несущих стен и эксплуатационную нагрузку. В результате проведённых исследований определены особенности формирования напряжённно-деформированного состояния сборно-монолитного каркаса. Выявлено изменение характера формирования напряжённно-деформированного состояния каркаса сборно-монолитного здания после укладки монолитного бетона и вовлечения его в процесс деформирования.

Выводы. Проведённые экспериментальные исследования указывают, что процесс монтажа и поэтапное вовлечение в процесс деформирования как отдельных элементов сборно-монолитного каркаса, так и составляющих этих элементов меняет характер формирования напряжённно-деформированного состояния сборно-монолитного каркаса.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, сборно-монолитные конструкции, экспериментальные исследования, плоская рама, монтаж, напряжённно-деформированное состояние, прогибы, трещиностойкость, деформации бетона

Для цитирования: Коянкин А.А., Митасов В.М. Результаты экспериментальных исследований напряжённно-деформированного состояния сборно-монолитной рамы // Известия КГАСУ, 2023, № 4(66), с.17-24, DOI: 10.52409/20731523_2023_4_17, EDN: ARQENE

Results of experimental studies of the stress-strain state of a prefabricated monolithic frame

A.A. Koiankin¹, V.M. Mitasov

¹Siberian federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

Abstract: *Problem statement.* Prefabricated monolithic housing construction in Russia and other countries has been actively developing in recent years. There is a constant increase in the

volume of construction from precast-monolithic reinforced concrete. Along with this, the features of the deformation process of prefabricated monolithic buildings that arise during installation have not been sufficiently studied. The purpose of experimental research is to study the peculiarities of the formation of the stress-strain state of a flat frame of a prefabricated monolithic framework, taking into account the phased installation and loading. The objectives of the study are: development of a methodology for conducting an experiment of step-by-step installation and loading of a prefabricated monolithic frame; conducting an experiment; analyzing the results obtained.

Results. Experimental studies of a prefabricated monolithic flat frame took into account the stages of installation and loading. The first stage is the installation of prefabricated elements (columns, prefabricated parts of crossbars) and their subsequent loading with a load simulating the weight of monolithic concrete and supported elements. The second stage (the load of the first stage is not removed) is laying of monolithic concrete, the set of the required strength and inclusion in the deformation process, the application of an additional load modeling the weight of floor structures, partitions, curtain walls and operational load. As a result of the conducted research, the features of the formation of the stress-strain state of the prefabricated monolithic frame are determined. A change in the nature of the formation of the stress-strain state of the frame of a prefabricated monolithic building after laying monolithic concrete and involving it in the deformation process has been revealed.

Conclusions. The conducted experimental studies indicate that the process of installation and step-by-step involvement in the deformation process of both individual elements (columns, crossbars) of the prefabricated monolithic frame and the components of these elements (prefabricated and monolithic parts of the crossbar) determines the nature of the formation of stress-strain of the prefabricated monolithic frame.

Keywords: reinforced concrete structures, prefabricated monolithic structures, experimental studies, flat frame, installation, stress-strain state, deflections, crack resistance, concrete deformations

For citation: Koiankin A.A., Mitasov V.M. Results of experimental studies of the stress-strain state of a prefabricated monolithic frame // News KSUAE, 2023, № 4(66), p.17-24, DOI: 10.52409/20731523_2023_4_17, EDN: ARQENE

1. Введение

В последние годы сборно-монолитное домостроение в мировой практике строительства активно развивается, что выражается не только в растущем объёме данного вида строительства, но и в увеличивающемся интересе к данной конструктивной системе со стороны учёных и инженеров. В настоящее время разработаны разнообразные варианты устройства конструктивных систем сборно-монолитных зданий [1–3]. Проводятся научные исследования (теоретические, численные и экспериментальные) по изучению различных особенностей процесса деформирования как отдельных сборно-монолитных элементов, так и зданий в целом [4–6]. Кроме того, проводятся исследования отдельных узлов конструктивных систем сборного и сборно-монолитного железобетона [7, 8].

Важной конструктивной особенностью, присущей зданиям из сборно-монолитного железобетона, помимо поэтапного вовлечения в процесс деформирования здания его отдельных элементов (колонн, стен, ригелей, перекрытия и т. д.), является и постепенное включение в процесс деформирования отдельных частей конструктивных элементов (например, в сборно-монолитных ригелях и перекрытиях в процесс восприятия нагрузки включается вначале сборная часть, а затем, после набора требуемой прочности, в процесс деформирования вовлекается монолитная часть). В конечном итоге поэтапное вовлечение в процесс деформирования элементов приводит к существенному изменению напряжённо-деформированного состояния (НДС) каркаса в целом, в сравнении со случаем, когда процесс возведения не учитывается. При этом более раннее включение в работу сборных частей элементов, нежели монолитного бетона, приводит к возникновению в них (сборные части) начальных усилий.

Изучению вопросов учёта процесса монтажа при выполнении расчётов строительных конструкций каркаса здания посвящены работы [9, 10], где авторы указывают на существенное отличие НДС каркаса здания в случае учёта и не учёта процесса монтажа при выполнении расчёта строительных конструкций. В частности, в работе [10] А. В. Перельмутер указал, что «большинство из действий, выполненных в процессе монтажа, приводит к изменению расчётной схемы и/или напряжённого и деформированного состояния системы». Важность учёта процесса монтажа при расчёте строительных конструкций указана и в работах [11, 12]. В работе [13] представлены результаты проведённых авторами статьи экспериментальных и численных исследований по изучению влияния поэтапного монтажа и вовлечения в процесс деформирования сборной и монолитной частей сборно-монолитного изгибаемого элемента [13]. Полученные результаты показали, что поэтапное вовлечение в процесс деформирования отдельных частей сборно-монолитного элемента приводит к существенному отличию НДС от сборно-монолитной конструкции, где происходит одновременное деформирование элемента. Причём несущая способность увеличивается до 18% при поэтапном деформировании. Аналогичные результаты были получены при изучении особенностей формирования НДС железобетонных элементов, усиление которых происходит в процессе реконструкции под действием нагрузки [14, 15].

На основании сказанного выше была сформулирована следующая цель экспериментальных исследований – определить особенности НДС сборно-монолитного каркаса с учётом поэтапного монтажа и загрузки.

Объектом исследований является сборно-монолитный каркас, а предмет исследований – особенности формирования НДС сборно-монолитного каркаса.

Для достижения цели решены задачи: разработана методика проведения экспериментальных исследований сборно-монолитной плоской рамы; проведены экспериментальные исследования; проведён анализ результатов эксперимента.

2. Материалы и методы

Экспериментальные исследования выполняли на двух плоских двухэтажных двухпролётных сборно-монолитных рамах Рсм1 и Рсм2 (рис. 1). Конструктивно рамы идентичны друг другу. Сборные части изготовлены на заводе железобетонных изделий из тяжёлого бетона класса В 25: колонны высотой в 2 этажа (70x70x1200(h) мм), армированные четырьмя стержнями продольной арматуры Ø8A400 и расположенной с шагом 50 мм поперечной арматурой Ø4B500 (рис. 1,а); сборные части ригелей (70x70(h)x1410 мм), армированные нижней продольной арматурой 3Ø3B500 и расположенной с шагом 100 мм в 2 ряда поперечной арматурой Ø3B500 (рис. 1,б). Каждая рама включает 2 пролёта по 1500 мм и 2 этажа по 600 мм.

Монтаж и загрузка рам происходило в лаборатории испытания строительных конструкций Сибирского федерального университета в 2 этапа:

1-й этап (рис. 1,а, 1,в):

– монтаж сборных элементов рам Рсм1 и Рсм2 друг напротив друга на расстоянии 2,0 м. В рамках 1-го этапа плоская рама образована за счёт жёсткого защемления колонн с основанием и шарнирного сопряжения сборных частей ригелей с колоннами;

– приложение нагрузки, которая моделирует нагрузку от собственного веса сборного элемента, собственного веса других сборных элементов (например, плиты-опалубки) и вес монолитного бетона. Загрузка осуществлялось подвешиванием на тросах бетонных блоков средним весом 0,55 кН в 2 шага (на каждый ригель). После 1-го этапа загрузки сила $P = 0,55$ кН.

2-й этап (рис. 1,б, 1,г):

– не снимая нагрузки 1-го этапа над опорой ригеля установлена продольная арматура и уложен монолитный керамзитобетон класса В12,5 (высота 40 мм). Высота сборно-монолитных балок составила 110 мм;

– после набора требуемой прочности керамзитобетоном плоская рама образована жёстким защемлением колонн с основанием и ригелей с колоннами, и имеет большую степень статической неопределимости, чем на 1-м этапе;

– приложение нагрузки, которая моделирует вес конструкций пола, перегородок, ограждающих ненесущих стен и эксплуатационную нагрузку. Загружение на 2-м этапе происходило в местах, что и нагрузки 1-го этапа. Шаг увеличения силы P составил 0,275 кН. Максимальная сила P составила: 1,65 кН – на ригели нижнего яруса; 2,2 кН и 1,925 кН – на ригели верхнего яруса для правого и левого пролётов соответственно. Порядок загрузки балок на 2-м этапе: Б2, Б1, Б4 и Б3.

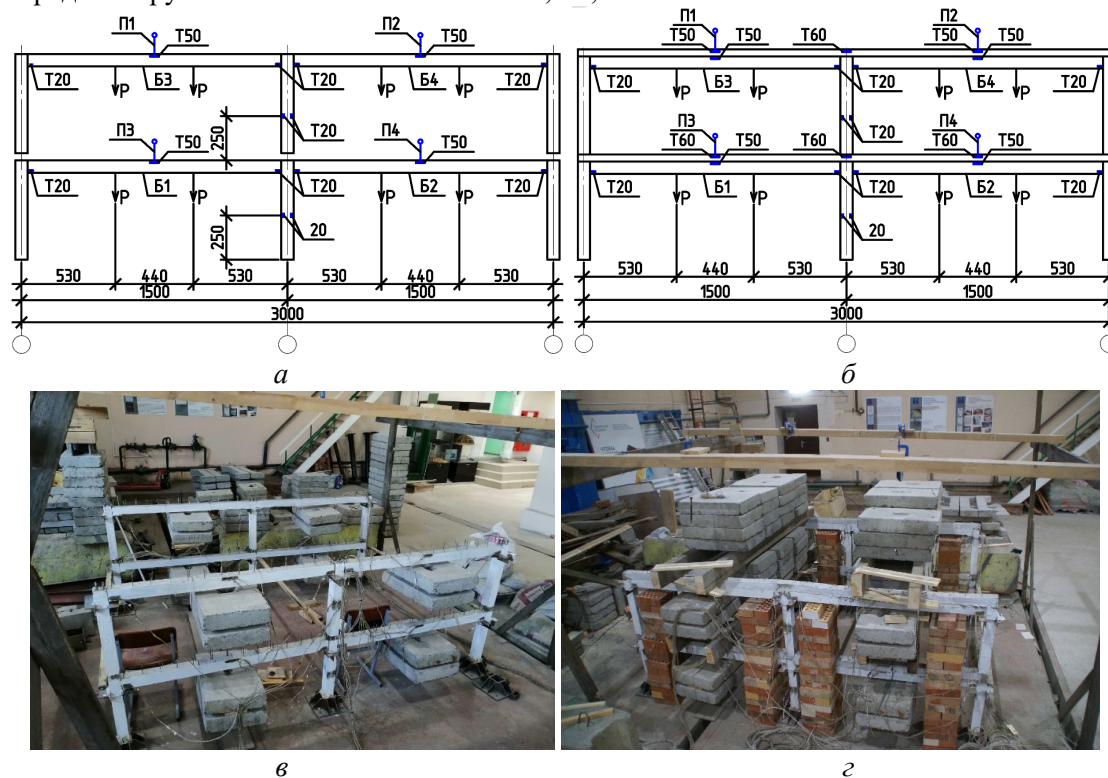


Рис. 1. Экспериментальная рама: *a* – конструктивная схема на 1-м этапе; *b* – конструктивная схема на 2-м этапе; *в* – фото рам на 1-м этапе; *г* – фото рам на 2-м этапе (иллюстрация авторов)

Fig. 1. Experimental frame: *a* – constructive scheme at the 1st stage; *b* – constructive scheme at the 2nd stage; *c* – photo frames at the 1st stage; *d* – photo frames at the 2nd stage (illustration by the authors)

Деформации бетона фиксировались тензометрическими датчиками базой 20 мм (на схеме – Т20), 50 мм (на схеме – Т50) и 60 мм (на схеме – Т60). Прогобы фиксировались прогибомерами (на схеме – П), размещаемыми по центру балок.

3. Результаты и обсуждение

Экспериментальные исследования показали:

- отсутствие смещения монолитных частей относительно сборных в сборно-монолитных элементах. Совместность деформирования обеспечено за счёт сил трения и адгезии по контактному шву и поперечной арматуры;
- равномерный рост прогибов балок и деформаций бетонов (сборного и монолитного). Причём после набора монолитным бетоном требуемой прочности интенсивность роста прогибов и деформаций замедляется;
- образование первых трещин в ригелях рам на 1-м этапе загрузки;
- отсутствие признаков разрушения сжатого бетона, а также не зафиксировано интенсивное и не стабилизирующееся нарастание прогибов, что свидетельствует о не достижении несущей способности элементов экспериментальных рам.

В результате анализа прогибов (рис. 2) отмечены:

- разная интенсивность роста прогибов балок рам на каждом этапе загрузки. При восприятии нагрузки только сборной частью на 1-м этапе интенсивность роста прогибов выше, чем на 2-м этапе, когда балки уже сборно-монолитные;
- на 1-м этапе прогибы балок рам $P_{с1}$ и $P_{с2}$ при нагрузке $P = 0,28$ кН составили 0,63...0,78 мм, а при $P = 0,55$ кН – 2,47...2,77 мм;

– в процессе загрузки на 2-м этапе происходит одновременное увеличение прогиба непосредственно загружаемых балок и выгиб (уменьшение прогиба) балок смежного пролёта из-за неразрывности сборно-моноконтинуальной балки. В частности, в балках Б2 и Б4 при первоначальном нагружении прогибы составили 4,40 мм и 3,89 мм соответственно, а после загрузки смежных балок Б1 и Б3, прогибы в балках Б2 и Б4 снизились до 4,14 мм и 3,73 мм соответственно (последний шаг загрузки). В балках Б1 и Б3, наоборот, вначале на 2-м этапе произошло уменьшение прогиба, сформированного на 1-м этапе, по мере загрузки смежных балок Б2 и Б4, а в последующем, после их непосредственного нагружения, прогибы увеличились.

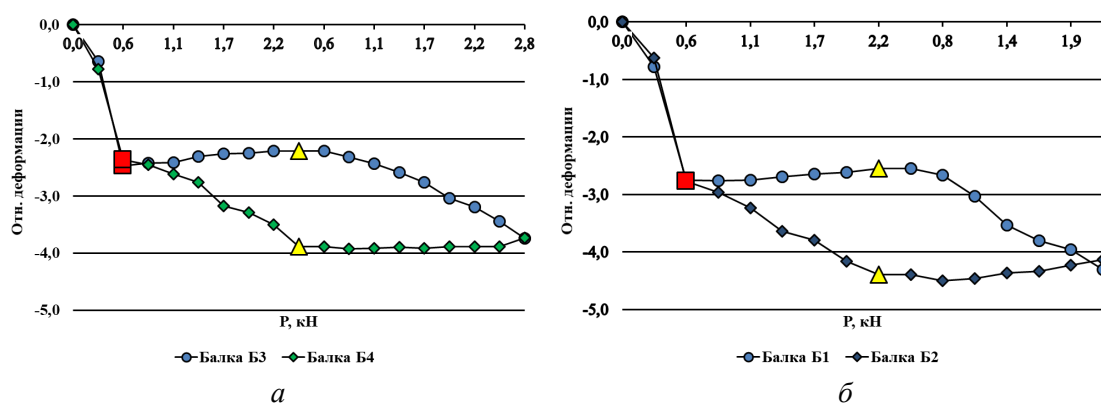


Рис. 2. График прогибов балок рам (красный квадрат – окончание 1-го этапа; жёлтый треугольник – окончание или начало непосредственного нагружения каждой отдельной балки рамы на 2-м этапе): а – балки Б1, Б2; б – балки Б3, Б4 (иллюстрация авторов)

Fig. 2. Graph of deflections of frame beams (red square – the end of the 1st stage; yellow triangle – the end or beginning of the direct loading of each individual frame beam at the 2nd stage): a – beams B1, B2; b – beams B3, B4 (illustration by the authors)

В сборных частях балок на 1-м этапе загрузки трещины образовывались в середине пролёта (рис. 3,а) при нагрузке $P = 0,55$ кН, высота их распространения составила 20...30 мм, а ширина раскрытия не превысила 0,05 мм. Трещины образовывались с шагом 70...100 мм. В последующем, на 2-м этапе загрузки, в образовавшихся на 1-м этапе трещинах увеличилась ширина их раскрытия, но без существенного роста высоты распространения (полностью сборную часть не пересекли и не достигли монолитного бетона).

В монолитном бетоне на 2-м этапе трещины образовались над средней опорой при нагрузке $P = 1,93$ кН. Ряд трещин в опорной зоне полностью пересекли монолитный бетон, однако их распространения в сборную часть не произошло.

В ходе проведения экспериментальных исследований в колоннах трещины не возникли. Отсутствовали горизонтальные трещины, как в монолитных и сборных частях элементов, а также по контактному шву сопряжения бетонов в балках.

Деформирование балок экспериментальных рам Рсм1 и Рсм2 происходило следующим образом:

– на 1-м этапе загрузки схема работы ригелей (сборные части) представляют собой изгибаемую шарнирно-опёртую однопролётную балку, где в нижней зоне возникает растяжение, а в верхней зоне – сжатие. После 1-го этапа относительные деформации сжатия в верхней зоне в середине пролёта сборной части балки не превысили 0,00017, что меньше предельного значения;

– на 2-м этапе загрузки снижается интенсивность роста деформаций в сборной части балок;

– после набора монолитным бетоном требуемой прочности и «превращения» отдельных сборных шарнирно-опёртых балок в неразрезную многопролётную сборно-моноконтинуальную балку на 2-м этапе меняется характер формирования НДС балок. В ригеле относительные деформации сжатия монолитного бетона в середине пролёта достигли значений 0,000175, что меньше предельных значений. При этом в смежном ненагруженном ригеле, в результате выгиба незагруженного пролёта, в монолитном

бетоне, возникают растягивающие деформации, достигающие значений 0,000071. После его загрузки в монолитном бетоне возникают деформации сжатия, достигающие значений 0,000163;

– в опорной зоне в монолитном бетоне возникают деформации растяжения, достигающие предельных значений при нагрузке более 1,38 кН. Примерно при этой нагрузке фиксировали трещины визуально.

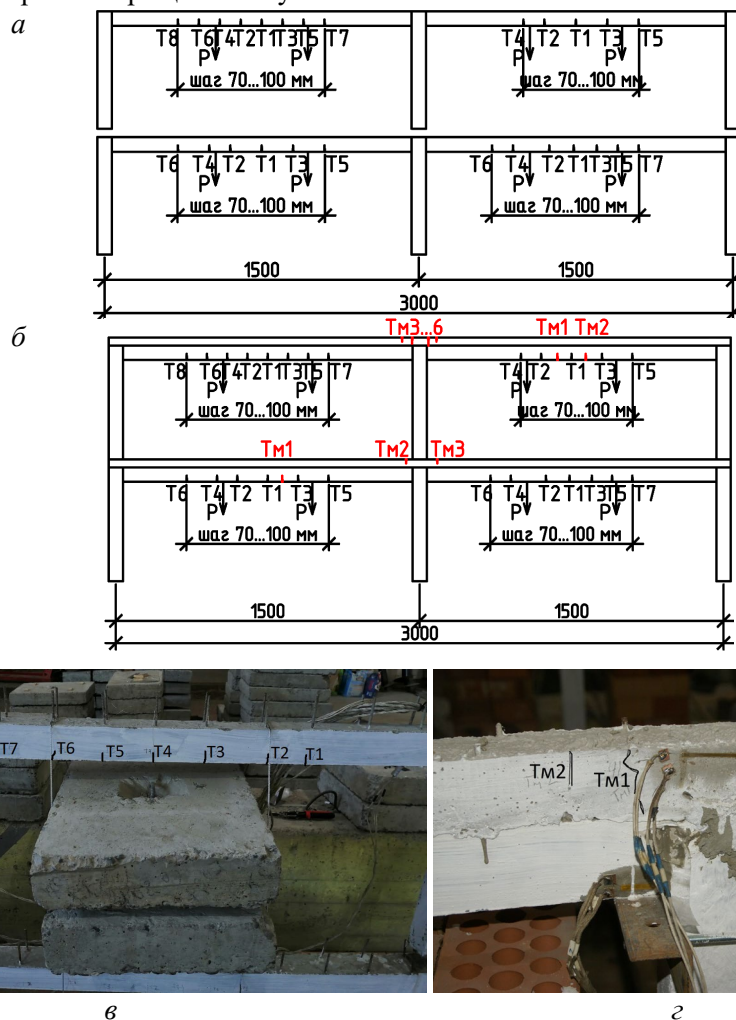


Рис. 3. Образование трещин в балках: а – схема на 1-м этапе; б – схема на 2-м этапе; в – фото (сборная часть на 1-м этапе); г – фото (монолитная часть на 2-м этапе) (иллюстрация авторов)

Fig. 3. Formation of cracks in beams: a – diagram at the 1st stage; б - diagram at the 2nd stage; в – photo (prefabricated part at the 1st stage); г - photo (monolithic part at the 2nd stage) (illustration by the authors)

Деформирование колонн рам Рсм1 и Рсм2 происходило логично. В нижних ярусах колонн, вовлекаемых в процесс деформирования с 1-го шага загрузки, по окончании 1-го этапа загрузки относительные деформации достигли значений 0,000075. В верхних ярусах колонн, по окончании 1-го этапа загрузки, относительные деформации достигли значения 0,000059.

После 2-го этапа загрузки величина относительных деформаций достигла 0,000245 в нижних ярусах колонн и 0,000169 в верхних ярусах.

Результаты экспериментальных исследований были сопоставлены с данными других научных работ и получена достаточно хорошая сходимость. В частности, характер распределения деформаций в поперечном сечении сборно-монолитного элемента совпадает с данными, полученными при экспериментальных исследованиях шарнирно-опёртой балки [13]. Кроме того, аналогичные результаты получены и в работе [16], где проводились численные исследования двухэтажной двухпролётной рамы при поэтапном вовлечении в процесс деформирования сборного и монолитного бетонов. Проведённые в работе [17] исследования показали возможность обеспечения высокой

сдвиговой жёсткости шва сопряжения разновозрастных бетонов за счёт установки поперечной арматуры.

4. Заключение

1. Процесс монтажа и поэтапное вовлечение в процесс деформирования как отдельных элементов (колонны, ригели) сборно-монолитного каркаса, так и составляющих этих элементов (сборная и монолитная части ригеля) меняет характер формирования НДС сборно-монолитного каркаса.

2. Установка соответствующего армирования в опорной зоне монолитной части сборно-монолитного ригеля приводит к тому, что серия однопролётных балок «превращается» в единую многопролётную неразрезную балку. Одновременно с этим происходит повышение жёсткости узлов сопряжения ригелей с колонной, а также изменяется конструктивная схема каркаса здания в целом.

Список литературы/References

1. Фёдорова, Н. В., Московцева, В. С., Ветрова, О. А., Григорьев, М. И. Сборно-монолитный каркас нового поколения для жилых и гражданских зданий повышенной живучести // Бюллетень строительной техники. 2023. № 6 (1066). С. 24-26 [Fedorova, N. V., Moskovtseva, V. S., Vetrova, O. A., Grigoriev, M. I. Cast-in-situ reinforced concrete frame of a new generation for residential and civil buildings of increased survivability. Bulletin of construction equipment. 2023. No. 6 (1066). P. 24-26].
2. Serbin, S. A., Dedyukhin, P. O., Fomin, N. I. The analysis of technological parameters of precast-monolithic system with permanent formwork walls. 4th International conference on safety problems of civil Engineering critical infrastructures. Safety, 2018.
3. Шмелёв Г. Д., Фоменко Н. А., Гаврилова В. Н. Сравнительный анализ современных систем возведения зданий гражданского назначения // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2018. № 3 (6). С. 9–19 [Shmelev G. D., Fomenko N. A., Gavrilova V. N. Comparative analysis of contemporary systems of establishing civil design buildings. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 3(6). P. 9-19].
4. Breccolotti, M., Gentile, S., Tommasini, M., Materazzi, A.L., Bonfigli, M.F., Pasqualini, B., Colone, V., Giancesini, M. Beam-column joints in continuous RC frames: Comparison between cast-in-situ and precast solutions. Engineering Structures. 2016. No. 127. P. 129–144.
5. Зенин, С. А., Шарипов, Р. Ш., Мухамедиев, Т. А., Кудинов, О. В., Чистяков, Е. А. Проектирование сборно-монолитных железобетонных конструкций (О проекте свода правил) // Вестник НИЦ «Строительство». 2017. № 4 (15). С. 107-115 [Zenin, S. A., Sharipov, R. Sh., Mukhamediev, T. A., Kudinov, O. V., Chistyakov, E. A. Design of precast-monolithic reinforced concrete structures (About the draft of code of practice). Bulletin of science and research center of construction. No. 2017. No. 4 (15). P. 107-115].
6. Nedviga, E., Beresneva, N., Gravit, M., Blagodatskaya, A. Fire Resistance of Prefabricated Monolithic Reinforced Concrete Slabs of «Marko» Technology. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. No. 692. P. 739–749.
7. Миронова, Ю. В. Модернизация конструктивного решения горизонтального стыка плит перекрытия в безригельных каркасах с использованием бессварных петлевидных закладных деталей // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 3 (80). С. 55-61 [Mironova, Yu. V. Modernization of the design solution of the horizontal joint of the floor slabs in the beam-free frames using seamless loop-shaped embedded parts. Bulletin of Civil Engineers. 2020. No. 3 (80). P. 55-61].
8. Ласьков, С. Н. Напряжённое состояние опорной зоны балок сборно-монолитных узлов со скрытой консолью // Региональная архитектура и строительство. 2023. № 2 (55). С. 96-105 [Laskov, S. N. Stress state of the support zone of beams of prefabricated monolithic units with a hidden console. Regional architecture and construction. 2023. No. 2 (55). P. 96-105].
9. Кабанцев О.В., Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Перельмутер А.В. Технология расчетного прогноза напряженно-деформированного состояния конструкций с

- учетом истории возведения, нагружения и деформирования //International scientific journal International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2011. № 7(3). С. 110-117 [Kabantsev O.V., Karpilovsky V.S., Kriksunov E.Z., Perelmuter A.V. Technology of computational prediction of the stress-strain state of structures taking into account the history of construction, loading and deformation. International scientific journal International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2011. No. 7(3). P. 110-117].
10. Перельмутер А.В. Беседы о строительной механике. Научное издание. М.: Издательство SCAD Soft, издательство ассоциации строительных вузов. 2014. 250 с. [Perelmuter A.V. Conversations about construction mechanics. Scientific publication. Moscow: SCAD Soft Publishing house, publishing house of the Association of Construction Universities. 2014. 250 p.].
 11. Мкртычев, О. В., Андреев, М. И., Сидоров, Д. С. Анализ усилий в конструкциях при учёте стадийности возведения // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2018. Т. 14. № 4. С. 293-298 [Mkrtychev O.V., Andreev M. I., Sidorov D.S. Stress changing analysis in structures with account of the step by step erection. Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings. 2018. No. 14 (4). P. 293–298].
 12. Ефрюшин, С. В., Макаров, А. С. Расчётный анализ эффективности усиления строительных конструкций, учитывающий стадийность включения дополнительных конструктивных элементов // Строительная механика и конструкции. 2020. № 4 (27). С. 26-37 [Efryushin, S. V., Makarov, A. S. calculated analysis of the efficiency of strengthening building constructions taking into account step by step inclusion 9. Construction mechanics and structures. P. 26-37].
 13. Koyankin A.A., Mitasov V.M. Stress-strain state of the precast monolithic bent element. Magazine of Civil Engineering. 2020. No. 97(5).
 14. Семенюк С.Д., Москалькова Ю.Г. Прочность и деформативность изгибаемых элементов, усиленных наращиванием сжатой зоны, при статическом малоцикловом нагружении. – Могилёв: Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 274 с. [Semenyuk S.D., Moskalkova Yu.G. Strength and deformability of bent elements reinforced by the expansion of the compressed zone under static low-cycle loads. – Mogilev: Belarus.-Russian University, 2017. – 274 p.].
 15. Лазовский Д.Н. Усиление железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений. – Новополюск: ПГУ, 1998. – 240 с. [Lazovsky D.N. Reinforcement of reinforced concrete structures of operated construction structures. – Novopolotsk: PSU, 1998. – 240 p.].
 16. Koyankin A.A., Mitasov V.M. Stress-strain state of precast and cast-in place buildings [Напряжённо-деформированное состояние сборно-монолитного здания]. Magazine of Civil Engineering. 2017. No. 6. P. 175–184.
 17. Koyankin A.A., Mitasov V.M., Tskhay T.A. Compatibility of precast heavy and monolithic lightweight concretes deforming [Совместность деформирования сборного тяжёлого и монолитного лёгкого бетонов]. Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 8(84). P. 162–172.

Информация об авторах

Коянкин Александр Александрович, кандидат технических наук, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Российская федерация

E-mail: KoyankinAA@mail.ru

Митасов Валерий Михайлович, профессор, г. Новосибирск, Российская федерация

E-mail: MitasovV@mail.ru

Information about the authors

Aleksandr A. Koiankin, Candidate of Technical Sciences, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

E-mail: KoyankinAA@mail.ru

Valery M. Mitasov, Doctor of Technical Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

E-mail: MitasovV@mail.ru