

И.И. ШИШОВ¹, М.С. СЕРГЕЕВ¹, М.С. ЛИСЯТНИКОВ¹, М.В. ЛУКИН¹, С.И. РОЩИНА¹
¹ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир, Россия

СОВМЕСТНОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО РИГЕЛЯ С КОЛОННАМИ В ПОКРЫТИИ ОДНОЭТАЖНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ

Аннотация. Ригель поперечной рамы одноэтажного промышленного здания – стропильная конструкция, перекрывающая пролет, в типовом решении опирается на колонны шарнирно. В середине пролета возникают большие изгибающие моменты, пропорциональные квадрату пролета, увеличивающие высоту железобетонного ригеля и здания в целом. В работе предлагается жесткое соединение стропильной конструкции с надкрановой частью колонны, вызывающее перераспределение усилий. В примере это позволило уменьшить высоту сечения железобетонного ригеля от 1.4 м до 0.8 м и массу от 28.8 т до 20.16 т. При этом в середине пролета изгибающие моменты уменьшились от 2.35 МНм до 0.76, а максимальные моменты, равные 1.29 МНм, действуют на небольших по протяженности участках около опор. Сечение надкрановых частей колонн несколько увеличилось, но в целом решение получилось более экономичным и высота покрытия и здания в целом уменьшилась на 0.6 м. Прогиб в середине пролета от нагрузки 0.0209 МН/м составил 0.0994 м при предельно допустимом значении 0.109 м.

Ключевые слова: Ригель поперечной рамы, большепролетные стропильные конструкции, покрытие промышленных зданий.

I.I. SHISHOV¹, M.S. SERGEEV¹, M.S. LISYATNIKOV¹, M.V. LUKIN¹, S.I. ROSCHINA¹
¹Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, Russia

JOINT DEFORMATION OF REINFORCED CONCRETE CROSSBAR WITH COLUMNS IN THE COATING OF A SINGLE-STOUREY INDUSTRIAL BUILDING

Abstract. The crossbar of the transverse frame of a one-story industrial building is a truss structure that overlaps the span, in a typical solution it rests on columns pivotally. In the middle of the span there are large bending moments proportional to the square of the span, increasing the height of the crossbar and the building as a whole. The paper proposes a rigid connection of the truss structure with the crane part of the column, causing a redistribution of efforts. In the example, this made it possible to reduce the cross-section height of the crossbar from 1.4 m to 0.8 m and the weight from 28.8 t to 20.16 t. At the same time, in the middle of the span, the bending moments decreased from 2.35 MNm to 0.76, and the maximum moments equal to 1.29 MNm act on small sections near the supports. The cross section of the crane parts of the columns increased slightly, but in general the solution turned out to be more economical and the height of the coating and the building as a whole decreased by 0.6 m. The deflection in the middle of the span from the load of 0.0209 MN/m was 0.0994 m with a maximum permissible value of 0.109 m.

Keywords: Cross-frame crossbar, large-span rafter structures, floors of industrial buildings.

© Шишов И.И., Сергеев М.С., Лисятников М.С., Лукин М.В., Рощина С.И., 2022

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобровская Ю.А., Родевич В.В. Анализ несущей способности железобетонного ригеля с учетом сквозных технологических отверстий // Научно-технический потенциал как основа социально-экономического развития. Москва, 2018. С. 397-402.

2. Зайцев Д.С., Соловьев Н.П. Идея скрытого ригеля в сборно-монолитном железобетонном каркасе // Россия в многовекторном мире: национальная безопасность, вызовы и ответы. Йошкар-Ола. 2017. С. 274-275.
3. Тарасеева Н.И., Грачёва Ю.В., Крылов А.С. Дефекты и повреждения опор и ригеля железобетонного моста: причины возникновения, способы устранения // Моделирование и механика конструкций. №13. 2021. С. 169-177.
4. Комаров В.А. Расчет наклонных сечений в подрезках консольных опор ригелей сборных многоэтажных железобетонных каркасов // Строительная механика и расчет сооружений. №2 (259). 2015. С. 6-11.
5. Конорев А.В. Методика экспериментального определения характера деформирования составного ригеля железобетонной рамы с учетом податливости шва контакта // Строительство-2016. Брянск, 2016. С. 262-265.
6. Бабич Е.М., Гайчук И.В. Исследование влияния регулирования усилий в железобетонных рамах на деформации ригеля // Вестник брестского государственного технического университета. Строительство и архитектура. №1 (91). 2015. С. 54-57.
7. Колчунов В.И., Бушова О.Б., Кореньков П.А. Деформирование и разрушение железобетонных рам с ригелями, армированными наклонными стержнями, при особых воздействиях // Строительство и реконструкция. 2022. №1 (99). С. 18-28.
8. Макаров К.С. Огибающая эпюра моментов в трехпролетном неразрезном железобетонном ригеле // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования. Астрахань, 2021. С. 167-170.
9. Boronbaev, Erkin, Unaspekov, Berikbayb; Abdylbaeva, Aigul, Holmatov, Kamoliddina Zhyrgalbaeva, Nurbubu. Buildings Enclosures Coupling by Its Energy Efficiency, Seismic Resistance and Microclimate // 24th International Scientific Conference on Construction: The Formation of Living Environment, FORM 2021. Moscow. No. 170. Pp. 495 – 503. doi:10.1007/978-3-030-79983-0_45.
10. Plotnikov A., Ivanov M. Changes in the stiffness of load-bearing elements of a high-rise building and inclinometer data based on finite element analysis // 24th International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment. FORM 2021. Moscow. Vol. 26328. doi: 10.1051/e3sconf/202126302023.
11. Telichenko V., Rimshin V., Ketsko E. Reinforced concrete structures stress-strain state strengthen with composite materials // 23rd International Scientific Conference on Advance in Civil Engineering: Construction - The Formation of Living Environment, FORM 2020. Vol. 869. No. 59. July 2020. doi: 10.1088/1757-899X/869/5/052003.
12. Zavyalova O. Calculation of internal efforts in combined multystoried frames taking into account changing settlement scheme // International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety 2018, ICCATS 2018. Vol. 451. No. 1. doi:10.1088/1757-899X/451/1/012057.
13. Jasinska D., Dulinska J. Influence of properties of elastomeric bearings on dynamic behavior of an integral bridge under a seismic shock // 6th International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, SEMC 2016. Pp. 314 – 319. doi:10.1201/9781315641645-52.
14. Mkrytychev O., Busalova M. Calculation of Reinforced Concrete Structures with a Set Seismic Stability Level on an Earthquake // 5th Polish - Russian - Slovak Seminar Theoretical Foundation of Civil Engineering, 2016. No. 153, Pp. 475 – 482. doi:10.1016/j.proeng.2016.08.161.
15. Nazarenko S., Grudcina G. Method of the finite-element model formation containing the 3D elements for structural calculations of the reinforced concrete structures considering the crack opening // Communications - Scientific Letters of the University of Žilina. 2021. Vol. 23. No. 1. Pp.D15 - D25. doi:10.26552/COM.C.2021.1.D15-D25.
16. Sivakumar S., Suresh T., Guru C. Flexural behavior of self compacted perforated concrete beams // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. Vol. 9. No. 11. Pp. 1185 – 1191.
17. Santos I., Nunes F. Viaduct Araranguá – The alternative design of viaduct of 1661.59 meters in the BR-101/SC Brazil // International Conference on Multi-Span Large Bridges, 2015. Pp. 325 – 330. doi:10.1201/b18567-40.
18. Rakhmanova A., Platov V., Rybak I. Trash racks with stationary reinforced-concrete crossbar // Hydrotechnical Construction . 1989. Vol. 23. No. 2. Pp. 110 – 114. doi:10.1007/BF01427937.
19. Рощина С.И., Шишов И.И., Капцова Е.Н., Эззи Х.. Покрытие здания на сборно-монолитных стропильных конструкциях // Бетон и железобетон. 2013. № 3. С. 30 – 31.
20. Шишов И.И., Дрогина А.О., Ковалишина Т.В. Покрытие производственного здания на спаренных колоннах // Бетон и железобетон. 2013. № 5. С. 14 – 15.
21. Шишов И.И., Рощина С.И., Эззи Х., Рязанов М.А. Стропильные конструкции из линейных и плоских элементов и их совместная работа с плитами покрытий // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: науч. труды III Всерос. (II Междунар.) конф. по бетону и железобетону. РАН, Мин-во строит. и жилищ. коммунал. хоз. РФ, РИА, Мин-во образ. и науки РФ, МГСУ, НИЦ "Строительство", Ассоциация "Железобетон". (Москва, 12 – 16 мая 2014 г.). Москва: Изд-во МГСУ, 2014. Т.1. С. 407 - 414.
22. Шишов И.И., Рощина С.И., Рязанов М.А., Эззи Х.. Рамные стропильные конструкции и плиты покрытия промышленного здания при шаге поперечных рам 15 метров // Новое в архитектуре, проектировании

- строительных конструкций и реконструкции: материалы VIII Всерос. (II Междунар.) конф. НАСКР-2014. ЧГУ. (Чебоксары, 20 – 21 ноября 2014 г.). Чебоксары: Изд-во Чуваш. Ун-та, 2014. С. 251 – 256.
23. Рязанов М.А., Рощина С.И., Шишов И.И., Лукин М.В., Лисятников М.С. Внешнее армирование консольно-балочной подстропильной системы // БСТ – Бюллетень строительной техники. 2018. №2. С. 62 – 64.
24. Рязанов М.А., Шишов И.И., Рощина С.И., Смирнов Е.А., Сергеев М.С. Экспериментальные исследования работы сборно-монолитного покрытия производственного здания // БСТ – Бюллетень строительной техники. 2016. №12. С. 57 – 61.
25. Рязанов М.А., Шишов И.И., Рощина С.И., Лукин М.В. Расчет изгибаемых элементов с учетом физической нелинейности деформирования // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 12. С. 58 – 64.
26. Рощина С.И., Шишов И.И., Рязанов М.А., Козлова Н.П., Малафеева П.И. Пат. 186152 RU, МПК E04B 7/00. Сборно-монолитное покрытие одноэтажного производственного здания при пролетах 18, 24, 30 м и увеличенном шаге поперечных осей // патентообладатель ВлГУ. № 2018134014, заявл. 26.09.2018, опубл. 11.01.2019. Бюл № 2.
27. Обернихин Д.В., Никулин А.И. Экспериментальные исследования деформативности изгибаемых железобетонных элементов различных поперечных сечений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 4. С. 56-59.
28. Шматков С.Б., Штурмин В.В. Расчет железобетонных дымовых труб на основе диафрагм деформирования бетона и арматуры. Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2015. Т. 15. № 4. С. 36-39.
29. Обернихин Д.В., Никулина Ю.А. Расчет прочности изгибаемых железобетонных элементов трапециевидного сечения на основе применения нелинейных диаграмм деформирования бетона и арматуры // Актуальные вопросы науки и техники: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Вып. 2. Самара. ИЦРОН. 2015. С. 122-124.
30. Радайкин О.В. К определению момента трещинообразования изгибаемых железобетонных элементов с учетом пластических деформаций бетона растянутой зоны. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 3. С. 30-38.
31. Lisyatnikov, M.S., Shishov, I.I., Sergeev, M.S., Hisham, E. Covering of a single-storey industrial building with wide beams of box-shaped cross-section of stepwise variable height. Precast monolithic coating of an industrial building based on variable-height beam-slabs. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, No. 896 (1). 2020. doi:10.1088/1757-899X/896/1/012064.

REFERENCES

1. Bobrovskaya Y.A., Rodevich V.V. Analysis of the bearing capacity of a reinforced concrete crossbar taking into account through technological holes // Scientific and technical potential as the basis of socio-economic development. Moscow, 2018. Pp. 397-402.
2. Zaitsev D.S., Solovyov N.P. The idea of a hidden bolt in a prefabricated monolithic reinforced concrete frame // Russia in a multi-vector world: national security, challenges and answers. Yoshkar-Ola, 2017. Pp. 274-275.
3. Taraseeva N.I., Gracheva Yu.V., Krylov A.S. Defects and damages of supports and crossbars of reinforced concrete bridge: causes, methods of elimination // Modeling and mechanics of structures. No.13. 2021. Pp.169-177.
4. Komarov V.A. Calculation of inclined sections in the trimming of cantilever supports of crossbars of prefabricated multi-storey reinforced concrete frames // Construction mechanics and calculation of structures. No.2(259). 2015. Pp. 6-11.
5. Konorev A.V. Method of experimental determination of the nature of deformation of a composite crossbar of a reinforced concrete frame, taking into account the malleability of the contact seam // Construction-2016. Bryansk, 2016. Pp. 262-265.
6. Babich E.M., Gaichuk I.V. Investigation of the influence of force regulation in reinforced concrete frames on crossbar deformations // Bulletin of the Brest State Technical University. Construction and architecture. No. 1 (91). 2015. Pp. 54-57.
7. Kolchunov V.I., Bushova O.B., Korenkov P.A. Deformation and destruction of reinforced concrete frames with crossbars reinforced with inclined rods, under special influences // Construction and reconstruction. 2022. No.1 (99) Pp. 18-28.
8. Makarov K.S. The envelope plot of moments in a three-span continuous reinforced concrete crossbar // Innovative development of regions: the potential of science and modern education. Astrakhan, 2021. Pp. 167-170.
9. Boronbaev, Erkin, Unaspekov, Berikbayb; Abdyldaeva, Aigul, Holmatov, Kamolidдина, Zhyrgalbaeva, Nurbubu. Buildings Enclosures Coupling by Its Energy Efficiency, Seismic Resistance and Microclimate // 24th International Scientific Conference on Construction: The Formation of Living Environment, FORM 2021. Moscow. No. 170. Pp. 495 – 503. doi:10.1007/978-3-030-79983-0_45.

10. Plotnikov A., Ivanov M. Changes in the stiffness of load-bearing elements of a high-rise building and inclinometer data based on finite element analysis // 24th International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment. FORM 2021. Moscow. Vol. 26328. doi: 10.1051/e3sconf/202126302023.
11. Telichenko V., Rimshin V., Ketsko E. Reinforced concrete structures stress-strain state strengthen with composite materials // 23rd International Scientific Conference on Advance in Civil Engineering: Construction - The Formation of Living Environment, FORM 2020. Vol. 869. No. 59. July 2020. doi:10.1088/1757-899X/869/5/052003.
12. Zavyalova O. Calculation of internal efforts in combined multystoried frames taking into account changing settlement scheme // International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety 2018, ICCATS 2018. Vol. 451. No. 1. doi:10.1088/1757-899X/451/1/012057.
13. Jasinska D., Dulinska J. Influence of properties of elastomeric bearings on dynamic behavior of an integral bridge under a seismic shock // 6th International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, SEMC 2016. Pp. 314 – 319. doi: 10.1201/9781315641645-52.
14. Mkrtychev O., Busalova M. Calculation of Reinforced Concrete Structures with a Set Seismic Stability Level on an Earthquake // 5th Polish - Russian - Slovak Seminar Theoretical Foundation of Civil Engineering, 2016. No. 153, Pp. 475 – 482. doi:10.1016/j.proeng.2016.08.161.
15. Nazarenko S., Grudcina G. Method of the finite-element model formation containing the 3D elements for structural calculations of the reinforced concrete structures considering the crack opening // Communications - Scientific Letters of the University of Žilina. 2021. Vol. 23. No. 1. Pp.D15 - D25. doi:10.26552/COM.C.2021.1.D15-D25.
16. Sivakumar S., Suresh T., Guru C. Flexural behavior of self compacted perforated concrete beams // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. Vol. 9. No. 11. Pp. 1185 – 1191.
17. Santos I., Nunes F. Viaduct Araranguá – The alternative design of viaduct of 1661.59 meters in the BR-101/SC Brazil // International Conference on Multi-Span Large Bridges, 2015. Pp. 325 – 330. doi:10.1201/b18567-40.
18. Rakhmanova A., Platov V., Rybak I. Trash racks with stationary reinforced-concrete crossbar // Hydrotechnical Construction . 1989. Vol. 23, No. 2. Pp. 110 – 114. doi:10.1007/BF01427937.
19. Roshchina S.I., Shishov I.I., Kaptsova E.N., Ezzi H. Covering of a building on prefabricated monolithic truss structures // Concrete and reinforced concrete. 2013. No. 3. Pp. 30 – 31.
20. Shishov I.I., Drogina A.O., Kovalishina T.V. Covering of an industrial building on paired columns // Concrete and reinforced concrete. 2013. No. 5. Pp. 14-15.
21. Shishov I.I., Roshchina S.I., Ezzi H., Ryazanov M.A. Rafter structures made of linear and flat elements and their joint work with coating plates // Concrete and reinforced concrete – a look into the future: scientific works of III Vsros. (II International) conf. on concrete and reinforced concrete. RAN, Min-o builds. and dwellings. communal. household. RF, RIA, Min-o image. and sciences of the Russian Federation, MGSU, SIC "Construction", Association "Reinforced Concrete". (Moscow, May 12-16, 2014). Moscow: MGSU Publishing House, 2014. Vol.1. Pp. 407-414.
22. Shishov I.I., Roshchina S.I., Ryazanov M.A., Ezzi H. Frame truss structures and covering plates of an industrial building with a step of transverse frames of 15 meters // New in architecture, design of building structures and reconstruction: materials VIII Vsros. (II International) conf. NASKR-2014. ChSU. (Cheboksary, November 20 – 21, 2014). Cheboksary: Chuvash Publishing House. Un-ta, 2014. Pp. 251 - 256.
23. Ryazanov M.A., Roshchina S.I., Shishov I.I., Lukin M.V., Lisyatnikov M.S. External reinforcement of the cantilever-beam sub-truss system // BST – Bulletin of construction equipment. 2018. No. 2. Pp. 62-64.
24. Ryazanov M.A., Shishov I.I., Roshchina S.I., Smirnov E.A., Sergeev M.S. Experimental studies of the work of a prefabricated monolithic coating of an industrial building // BST – Bulletin of construction equipment. 2016. No.12. Pp. 57 – 61.
25. Ryazanov M.A., Shishov I.I., Roshchina S.I., Lukin M.V. Calculation of bending elements taking into account the physical nonlinearity of deformation // Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 12. pp. 58-64.
26. Roshchina S.I., Shishov I.I., Ryazanov M.A., Kozlova N.P., Malafeeva P.I. Pat. 186152 RU, IPC E04B 7/00. Prefabricated monolithic coating of a single-storey industrial building with spans of 18, 24, 30 m and an increased step of the transverse axes. / patent holder of the VISU. No. 2018134014, application 26.09.2018, publ. 11.01.2019. Byul No. 2.
27. Obernikhin D.V., Nikulin A.I. Experimental studies of deformability of bent reinforced concrete elements of various cross-sections // Bulletin of V.G. Shukhov BSTU. 2017. No. 4. Pp. 56-59.
28. Shmatkov S.B., Shturmin V.V. Calculation of reinforced concrete chimneys based on concrete and reinforcement deformation diaphragms. Bulletin of SUSU. The series "Construction and Architecture". 2015. Vol. 15. No. 4. Pp. 36-39.
29. Obernikhin D.V., Nikulina Y.A. Calculation of the strength of bent reinforced concrete elements of trapezoidal cross-section based on the use of nonlinear diagrams of concrete and reinforcement deformation // Actual issues of science and technology: Collection of scientific papers on the results of the international scientific and practical conference. Vol. 2. Samara. ICron. 2015. Pp. 122-124.
30. Radaykin O.V. On determining the moment of cracking of bent reinforced concrete elements taking into account plastic deformations of the stretched zone concrete. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 3. Pp. 30-38.

31. Lisyatnikov M.S., Shishov, I.I., Sergeev, M.S., Hisham, E. Covering of a single-storey industrial building with wide beams of box-shaped cross-section of stepwise variable height. Precast monolithic coating of an industrial building based on variable-height beam-slabs. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, No. 896 (1). 2020. doi:10.1088/1757-899X/896/1/012064.

Информация об авторах:

Шишов Иван Иванович

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций.
E-mail: shishov@shishov777.elcom.ru

Сергеев Михаил Сергеевич

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций.
E-mail: sergeevmichael@inbox.ru

Лисятников Михаил Сергеевич

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций.
E-mail: mlisyatnikov@mail.ru

Лукин Михаил Владимирович

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций.
E-mail: mikail_lukin_22@mail.ru

Рощина Светлана Ивановна

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир, Россия,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительных конструкций.
E-mail: rsi3@mail.ru

Information about authors:

Shishov Ivan Iv.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, Russia,
candidate of technical science, docent, associated professor of the department of building construction.
E-mail: shishov@shishov777.elcom.ru

Sergeev Mikhail S.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, Russia,
candidate of technical science, docent, associated professor of the department of building construction.
E-mail: sergeevmichael@inbox.ru

Lisyatnikov Mikhail S.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, Russia,
candidate of technical science, docent, associated professor of the department of building construction.
E-mail: mlisyatnikov@mail.ru

Lukin Mikhail V.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, Russia,
candidate of technical science, docent, associated professor of the department of building construction.
E-mail: mikail_lukin_22@mail.ru

Roschina Svetlana Iv.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, Russia,
doctor of technical sciences, professor, head of the department of building structures.
E-mail: rsi3@mail.ru