

В.И. КОЛЧУНОВ^{1,2,3}, О.Б. БУШОВА², П.А. КОРЕНЬКОВ^{1,4}

¹ФГБУ "Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук", г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет" (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

³ФГБОУ ВО "Юго-Западный государственный университет" (ЮЗГУ), г. Курск, Россия

⁴ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Россия

ДЕФОРМИРОВАНИЕ И РАЗРУШЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАМ С РИГЕЛЯМИ, АРМИРОВАННЫМИ НАКЛОННЫМИ СТЕРЖНЯМИ, ПРИ ОСОБЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Аннотация. Приведена методика экспериментальных и численных исследований железобетонных рамных конструкций с ригелями, армированными наклонными стержнями, при особых воздействиях. Основной задачей этих исследований являлось определение характера деформирования, трещинообразования и разрушения таких конструкций при особом воздействии, вызванном внезапным удалением одной из конструкций и, как следствие, перераспределением силовых потоков в них. Для повышения живучести и защиты исследуемой конструктивной системы от прогрессирующего обрушения, при количественном и качественном изменении усилий в ее элементах, предложено на опорных участках конструкций ригелей рамной системы устанавливать поперечное армирование из наклонных арматурных стержней в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Параметры такого армирования и параметры заложенные в расчетную модель конструкции рамы при рассматриваемых статическом нагружении на первом этапе и динамическом догружении на втором этапе, определены численным моделированием, с использованием программного комплекса Ansys. На этой основе выполнено обоснование принятых конструктивных решений конструкций рам для разработки программы проведения экспериментальных исследований таких конструкций при особых воздействиях.

Ключевые слова: методика, экспериментальное исследование, расчетная схема, железобетонная рама, поперечное армирование, прогрессирующее обрушение.

V.I. KOLCHUNOV^{1,2,3}, O.B. BUSHOVA², P.A. KORENKOV^{1,4}

¹Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia

²Moscow State University of Civil Engineerig, Moscow, Russia

³South-West State University, Kursk, Russia

⁴V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

METHODS OF EXPERIMENTAL AND NUMERICAL STUDIES OF REINFORCED CONCRETE FRAMES OF MULTI-STOREY BUILDINGS UNDER SPECIAL INFLUENCES

Abstract. The method of experimental and numerical studies of reinforced concrete frame structures with crossbars reinforced with inclined rods under special influences is given. The main objective of these studies was to determine the nature of deformation, cracking and destruction of such structures under special impact caused by the sudden removal of one of the structures and, as a consequence, the redistribution of force flows in them. To increase the survivability and protection of the studied structural system from progressive collapse, with a quantitative and qualitative change in the forces in its elements, it is proposed to install transverse reinforcement from inclined reinforcing rods in two mutually perpendicular directions on the supporting sections of the frame system crossbars.

© Колчунов В.И., Бушова О.Б., Кореньков П.А., 2022

The parameters of such reinforcement and the parameters embedded in the design model of the frame structure under consideration for static loading at the first stage and dynamic loading at the second stage are determined by numerical modeling using the Ansys software package. On this basis, the justification of the adopted design decisions of frame structures for the development of a program for conducting experimental studies of such structures under special influences was carried out.

Keywords: methodology, experimental study, design scheme, reinforced concrete frame, transverse reinforcement, progressive collapse.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алмазов В.О., Као Зуй Кхой. Динамика прогрессирующего разрушения монолитных многоэтажных каркасов. М.: АСВ, 2013. 128 с.
2. S.Yu. Fialkoa, O.V. Kabantsevb, A.V. Perelmuter Elasto-plastic progressive collapse analysis based on the integration of the equations of motion // Magazine of Civil Engineering. 2021. 102(2). Article No. 10214
3. Кодыш Э.Н. Защита многоэтажных зданий от прогрессирующего обрушения / Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Чесноков Д.А. // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 6. С.8–13.
4. Федорова Н.В., Фан Динь Гуок, Нгуен Тхи Чанг. Экспериментальные исследования живучести железобетонных рам с ригелями, усиленными косвенным армированием // Строительство и реконструкция. 2020. № 1. С. 92-100.
5. Ильющенко Т.А., Колчунов В.И., Федоров С.С. Трещиностойкость преднапряженных железобетонных рамно-стержневых конструкций при особых воздействиях // Строительство и реконструкция. 2021. №1. С. 74-84.
6. Федорова Н.В. Методика экспериментальных исследований деформирования монолитных железобетонных каркасов зданий при аварийных воздействиях / Федорова Н.В., Кореньков П.А., Ву Н.Т. // Строительство и реконструкция. 2018. Т. 4. № 78. С.42–52.
7. Кодыш Э.Н. Проектирование защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения с учетом возникновения особого предельного состояния // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 10. С. 95–101.
8. Kolcunov V.I. Deformation and failure of a monolithic reinforced concrete frame under accidental actions / Kolcunov V.I., Tuyen V.N., Korenkov P.A. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Т. 753. С.032037.
9. Fedorova N.V. Deformation and failure of monolithic reinforced concrete frames under special actions / Fedorova N.V., Ngoc V.T. // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Т. 1425. С.012033.
10. Adam J.M. Research and practice on progressive collapse and robustness of building structures in the 21st century / Adam J.M., Parisi F., Sagaseta J., Lu X. // Engineering Structures. 2018. Т. 173. С.122–149.
11. Yu J. Experimental and numerical investigation on progressive collapse resistance of reinforced concrete beam column sub-assemblages / Yu J., Tan K.H. // Engineering Structures. 2013. Т. 55. С.90–106.
12. Deng X.-F., Liang S.-L., Fu F., Qian K. Effects of high-strength concrete on progressive collapse resistance of reinforced concrete frame // Journal of Structural Engineering. 2020. Vol. 146. Issue 6. P. 04020078. DOI: 10.1061/(asce)st.1943-541x. 0002628
13. Xuan W., Wang L., Liu C., Xing G., Zhang L., Chen H. Experimental and theoretical investigations on progressive collapse resistance of the concrete-filled square steel tubular column and steel beam frame under the middle column failure scenario // Shock and Vibration. 2019. Vol. 2019. Pp. 1–12. DOI: 10.1155/2019/2354931
14. Alogla K. Theoretical assessment of progressive collapse capacity of reinforced concrete structures / Alogla K., Weekes L., Augusthus-Nelson L. // Magazine of Concrete Research. 2017. Т. 69. № 3. С.145–162.
15. Shan S. et al. Experimental study on the progressive collapse performance of RC frames with infill walls // Eng. Struct. 2016. Vol. 111. Pp. 80–92.
16. Ву Нгок Туен Исследование живучести железобетонной конструктивно нелинейной рамно-стержневой системы каркаса многоэтажного здания в динамической постановке / Ву Нгок Туен // Строительство и реконструкция. 2020. Т. 90. № 4. С.73–84.
17. Федорова Н. В., Халина Т.А. Исследование динамических догрузений в железобетонных конструктивных системах при внезапных структурных перестройках// Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 8. С. 32-36.
18. Бондаренко В.М. Расчетные модели силового сопротивления железобетона / В.М. Бондаренко, В.И. Колчунов. М.: АСВ, 2004. 472 с.
19. Бондаренко В.М., Ключева Н.В. К расчёту сооружений, меняющих расчетную схему в следствии коррозионных изменений // Известия вузов. 2008. №1. С. 4-12.
20. СП 385. 1325800.2018 Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения.

21. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменением N 1). Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019 г.
22. Гениев Г.А. Об оценке динамических эффектов в стержневых системах из хрупких материалов// Бетон и железобетон. 1992 №9. С. 25-27.
23. Шапиро Г.И. Некоторые вопросы расчета при сопряжении сборных конструкций // Строительство и реконструкция. 2022. №1. С. 54-58.

REFERENCES

1. Almazov V.O., Kao Zui Khoi. Dynamics of progressive destruction of monolithic multi-storey frames. Moscow: DIA, 2013. 128 p.
2. Fialkoa S.Yu., Kabantsevb O.V., Perelmuter A.V. Elasto-plastic progressive collapse analysis based on the integration of the equations of motion // Magazine of Civil Engineering. 2021. 102(2). Article No. 10214
3. Kodysh E.N. Protection of multi-storey buildings from progressive collapse / Kodysh E.N., Trekin N.N., Chesnokov D.A. // Industrial and civil construction. 2016. No. 6. P. 8-13.
4. Fedorova N.V., Fan Dinh Guok, Nguyen Thi Chang. Experimental studies of the survivability of reinforced concrete frames with crossbars reinforced with indirect reinforcement // Construction and reconstruction. 2020. No. 1. Pp. 92-100.
5. Pyushchenko T.A., Kolchunov V.I., Fedorov S.S. Crack resistance of prestressed reinforced concrete frame-rod structures under special influences. Construction and reconstruction. 2021. No (1). 74-84
6. Fedorova N. In. Methods of experimental studies of the deformation of monolithic reinforced concrete frame of a building during emergency effects / Fedorova N. In., Koren'kov, P. A., Wu N. T. // Construction and reconstruction of the 2018. Vol. 4. No. 78. Pp. 42-52.
7. Kodish E.N. The protection design of buildings and structures against progressive collapse, given the emergence of limit state // Industrial and civil construction. 2018. No. 10. Pp. 95-101.
8. Kolcunov V.I. Deformation and failure of a monolithic reinforced concrete frame under accidental actions / Kolcunov V.I., Tuyen N.V., Korenkov P.A. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. T. 753. S. 032037.
9. Fedorova N.V. Deformation and failure of monolithic reinforced concrete frames under special actions / Fedorova N.V., Ngoc T.V. // Journal of Physics: Conference Series. 2019. T. 1425. P. 012033.
10. Adam J. M. Research and practice on progressive collapse and robustness of building structures in the 21st century / Adam J. M., Parisi F., Sagaseta, J., Lu X. // Engineering Structures. 2018. Vol. 173. S. 122-149.
11. Yu J. Experimental and numerical investigation on progressive collapse resistance of reinforced concrete beam column sub-assemblages / Yu J., Tan K. H. // Engineering Structures. 2013. T. 55. Pp. 90-106.
12. Deng X.-F., Liang S.-L., Fu F., Qian K. Effects of high-strength concrete on progressive collapse resistance of reinforced concrete frame // Journal of Structural Engineering. 2020. Vol. 146. Issue 6. P. 04020078. DOI: 10.1061/(asce)st.1943-541x. 0002628
13. Xuan W., Wang L., Liu C., Xing G., Zhang L., Chen H. Experimental and theoretical investigations on progressive collapse resistance of the concrete-filled square steel tubular column and steel beam frame under the middle column failure scenario // Shock and Vibration. 2019. Vol. 2019. Pp. 1-12. DOI: 10.1155/2019/2354931
14. Alogla K. Theoretical assessment of progressive collapse capacity of reinforced concrete structures / Alogla K., Weekes L., Augustus-Nelson L. // Magazine of Concrete Research. 2017. Vol. 69. No. 3. Pp. 145-162.
15. Shan S. et al. Experimental study on the progressive collapse performance of RC frames with infill walls // Eng. Struct. 2016. Vol. 111. Pp. 80-92.
16. Wu Ngoc Tuen Study of the survivability of a structurally nonlinear reinforced concrete frame-rod system of a multi-storey building frame in a dynamic formulation / Vu Ngoc Tuen // Construction and reconstruction. 2020.- Vol. 90. No. 4. Pp. 73-84.
17. Fedorova N.V., Khalina T.A. Investigation of dynamic reloading in reinforced concrete structural systems during sudden structural rearrangements // Industrial and civil construction. 2017. No. 8. Pp. 32-36.
18. Bondarenko V.M. Computational models of the force resistance of reinforced concrete / V.M. Bondarenko, V.I. Kolchunov. M.: DIA, 2004. 472 p.
19. Bondarenko V.M., Klyueva N. V. On the calculation of structures that change the design scheme as a result of corrosion changes // Izvestiya vuzov. 2008. No. 1. P. 4-12.
20. SP 385. 1325800.2018 Protection of buildings and structures from progressive collapse.
21. SP 63.13330.2018 Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions. SNiP 52-01-2003 (with Change N 1). Official publication. Moscow: Standartinform, 2019.
22. Geniev G.A. On the evaluation of dynamic effects in rod systems made of brittle materials// Concrete and reinforced concrete. 1992. No. 9. Pp.25-27.
23. Shapiro G.I. Some calculation issues in the coupling of prefabricated structures// Construction and reconstruction. 2022. No.1. Pp.54-58.

Информация об авторах:

Колчунов Виталий Иванович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва, Россия,

доктор технических наук, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций.

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и
строительных наук», г. Москва, Россия,

главный научный сотрудник.

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия,

заведующий кафедрой уникальных зданий и сооружений.

E-mail: asiorel@mail.ru

Бушова Олеся Борисовна

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ),
г. Москва, Россия,

аспирант кафедры железобетонных и каменных конструкций НИУ МГСУ.

E-mail: bushova96@mail.ru

Кореньков Павел Анатольевич

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций.

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и
строительных наук», г. Москва, Россия,

старший научный сотрудник.

E-mail: kpa_gbk@mail.ru

Information about authors:

Kolchunov Vitaly I.

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), Moscow, Russia,
doctor of Technical Sciences, professor of the department of reinforced concrete and stone structures.

Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,
Moscow, Russia,

chief researcher.

South-West State University, Kursk, Russia,

head of the department of Unique Buildings and Structures.

E-mail: asiorel@mail.ru

Bushova Olesya B.

National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MSUCE), Moscow, Russia,

postgraduate student of the department of Reinforced Concrete and Stone Structures, NRU MSUCE.

E-mail: bushova96@mail.ru

Korenkov Pavel An.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia,

candidate of technical science, docent, associate professor of the building structures,

Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,
Moscow, Russia,

senior researcher.

E-mail: kpa_gbk@mail.ru