

Н.В. ФЕДОРОВА¹, В.И. КОЛЧУНОВ², О.Б. БУШОВА²

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

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет" (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАМ ПРИ РАЗРУШЕНИИ РИГЕЛЕЙ ПО НАКЛОННОМУ СЕЧЕНИЮ

Аннотация. На энергетической основе, решена задача расчета нелинейного деформирования конструкций железобетонных многоэтажных рам при разрушении ригелей по наклонному сечению от особых воздействий, вызванных структурной перестройкой конструктивной системы. Получены аналитические зависимости для определения параметров диаграммы «момент-кривизна» и «поперечная сила-сдвиг» при статико-динамическом режиме нагружения рассматриваемых конструкций. Определена предельная нагрузка, при которой в рассматриваемой конструктивной системе рамы после приложения особого воздействия в виде внезапного удаления одной из колонн достигается особое предельное состояние с разрушением ригелей по наклонным сечениям. Полученная расчетная схема разрушения ригелей рассматриваемых конструкций рам вызванных совместным действием изгибающих моментов и поперечных сил, сопоставлена со схемой разрушения, полученной экспериментально.

Ключевые слова: железобетон, энергетический метод, поперечная сила, наклонное сечение, деформирование, особое воздействие.

N.V. FEDOROVA¹, V.I. KOLCHUNOV², O.B. BUSHOVA²

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

²National Research Moscow State University of Civil Engineering (MGSU), Moscow, Russia

CALCULATION OF PARAMETERS OF DEFORMATION OF REINFORCED CONCRETE FRAMES DURING THE DESTRUCTION OF CROSSBARS ALONG AN INCLINED SECTION

Abstract. On an energy basis, the problem of calculating the nonlinear deformation of structures of reinforced concrete multi-storey frames during the destruction of crossbars along an inclined section from special influences caused by structural restructuring of the structural system is solved. Analytical dependences are obtained for determining the parameters of the "moment-curvature" and "transverse force-shear" diagrams in the static-dynamic loading mode of the structures under consideration. The limiting load is determined at which, in the considered structural system of the ring, after applying a special effect in the form of a sudden removal of one of the columns, a special limiting state is achieved with the destruction of crossbars along inclined sections. The obtained design scheme of the destruction of the crossbars of the frame structures under consideration caused by the combined action of bending moments and transverse forces is compared with the destruction scheme obtained experimentally.

Keywords: reinforced concrete, energy method, transverse force, inclined section, deformation, special impact.

© Федорова Н.В., Колчунов В.И., Бушова О.Б., 2023

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алмазов В.О., Као Зуй Кхой. Динамика прогрессирующего разрушения монолитных многоэтажных каркасов. М.: АСВ, 2013. 128 с.
 2. Еремеев П.Г. Методы проектирования на прогрессирующее обрушение: гармонизация российских и международных нормативных документов // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 4. С. 23-28.
- № 2 (106) 2023

3. 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.
4. 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.
5. Ву Нгок Туен. Исследование живучести железобетонной конструктивно нелинейной рамно-стержневой системы каркаса многоэтажного здания в динамической постановке // *Строительство и реконструкция*. 2020. Т. 90. № 4. С.73–84.
6. 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.
7. Alogla K., Weekes L., Augusthus-Nelson L. A new mitigation scheme to resist progressive collapse of RC structures // *Construction and Building Materials*. 2016. (125). С. 533–545.
8. Alshaiikh I. M. H. [и др.]. Progressive collapse of reinforced rubberised concrete: Experimental study // *Construction and Building Materials*. 2019. (226). С. 307–316.
9. Li J., Hao H. Numerical study of structural progressive collapse using substructure technique // *Engineering Structures*. 2013. (52). С. 101–113.
10. 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
11. Lin K., Lu X., Li Y., Guan H. Experimental study of a novel multi-hazard resistant prefabricated concrete frame structure // *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2019. Vol. 119. Pp.390–407
12. 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. С. 18–28.
13. Колчунов В.И., Бушова О.Б. Деформирование железобетонных каркасов многоэтажных зданий в запредельных состояниях при особых воздействиях// *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. 2022. Т. 18. № 4. С. 297-306.
14. Колчунов В.И., Федорова Н.В., Савин С.Ю. Динамические эффекты в статически неопределимых физически и конструктивно нелинейных системах // *Промышленное и гражданское строительство*. 2022. № 9. С. 42-51.
15. Колчунов В.И., Ключева Н.В., Андросова Н.Б., Бухтиярова А.С. Живучесть зданий и сооружений при запроектных воздействиях/ *Научное издание*. – М.: АСВ, 2014. 208 с.
16. Федорова Н.В., Московцева В.С., Амелина М.А., Демьянов А.И. Определение Динамических усилий в сложнапряженных элементах железобетонных рам при особом воздействии // *Известия вузов. Строительство*. 2023. № 2. С. 6-15.
17. Гениев Г.А., Колчунов В.И., Ключева Н.В. Прочность и деформативность железобетонных конструкций при запроектных воздействиях - М.: АСВ, 2004. 216 с.
18. Savin A.Yu., Kolchunov V.I. Dynamic behavior of reinforced concrete column under accidental impact// *International journal for computational civil and structural engineering*. 2021. С. 120-131.
19. Верюжский Ю.В., Колчунов В.И., Барабаш М.С., Гензерский Ю.В. Компьютерные технологии проектирования железобетонных конструкций – К.: Книжное изд-во НАУ, 2006. 808 с.
20. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Расчетные модели силового сопротивления железобетона – М.: АСВ, 2004. 472 с.

REFERENCES

1. Almazov V.O., Kao Zui Khoi. Dynamics of progressive destruction of monolithic multi-storey frames. M.: DIA, 2013. 128 p.
2. Eremeev P.G. Design methods for progressive collapse: harmonization of Russian and international regulatory documents // *Industrial and civil construction*. 2022. No. 4. Pp. 23-28.
3. 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.
4. Pyushenko 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. Pp.74-84.
5. Wu Ngoc Tuen. Study of the survivability of a structurally nonlinear reinforced concrete frame-rod frame system of a multi-storey building in a dynamic formulation // *Construction and reconstruction*. 2020. Vol. 90. No. 4. Pp. 73-84.
6. Fedorova N.V., Khalina T.A. Investigation of dynamic overloads in reinforced concrete structural systems during sudden structural rearrangements // *Industrial and civil construction*. 2017. No. 8. Pp. 32-36.
7. Alogla K., Weekes L., Augusthus-Nelson L. A new mitigation scheme to resist progressive collapse of RC structures // *Construction and Building Materials*. 2016. (125). Pp. 533–545.

8. Alshaikh I. M. H. [et al.]. Progressive collapse of reinforced rubberized concrete: Experimental study // *Construction and Building Materials*. 2019. (226). Pp. 307-316.
9. Li J., Hao H. Numerical study of structural progressive collapse using substructure technique // *Engineering Structures*. 2013. (52). Pp. 101–113.
10. 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
11. Lin K., Lu X., Li Y., Guan H. Experimental study of a novel multi-hazard resistant prefabricated concrete frame structure // *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2019. Vol.119. Pp. 390-407.
12. 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. Pp. 18-28.
13. Kolchunov V.I., Bushova O.B. Deformation of reinforced concrete frames of multi-storey buildings in extreme conditions under special influences // *Construction Mechanics of engineering structures and structures*. 2022. Vol. 18. No. 4. Pp. 297-306.
14. Kolchunov V.I., Fedorova N.V., Savin S.Yu. Dynamic effects in statically indeterminate physically and structurally nonlinear systems // *Industrial and civil construction*. 2022. No. 9. Pp. 42-51.
15. Kolchunov V.I., Klyueva N.V., Androsova N.B., Bukhtiyarova A.S. Survivability of buildings and structures under non-design impacts/ *Scientific edition*. – M.: DIA, 2014. 208 p.
16. Fedorova N.V., Moskovtseva V.S., Amelina M.A., Demyanov A.I. Determination of dynamic forces in complex-stressed elements of reinforced concrete frames under special impact // *Izvestiya vuzov. Construction*. 2023. No.2. From 6-15.
17. Geniev G.A., Kolchunov V.I., Klyueva N.V. Strength and deformability of reinforced concrete structures under beyond design impacts - M.: DIA, 2004. 216 p.
18. Savin A.Yu., Kolchunov V.I. Dynamic behavior of reinforced concrete column under accidental impact// *international journal for computational civil and structural engineering*. 2021. Pp. 120-131.
19. Veryuzhsky Yu.V., Kolchunov V.I., Barabash M.S., Genzersky Yu.V. Computer technologies for designing reinforced concrete structures – K.: NAU Book Publishing House, 2006. 808 p.
20. Bondarenko V.M., Kolchunov V.I. Computational models of the strength resistance of reinforced concrete – M.: DIA, 2004. 472 p.

Информация об авторах:

Федорова Наталия Витальевна

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН Российская Федерация, г. Москва, Россия, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник НИИСФ РААСН.
E-mail: fenavit@mail.ru

Колчунов Виталий Иванович

ФГБОУ ВО " Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет" (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций.
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

Information about authors:

Fedorova Natalia V.

Scientific Research Institute of Construction Physics of the RAASN Russian Federation, Moscow, Russia, doctor of technical sciences, professor, leading researcher of the NIISF RAASN.
E-mail: fenavit@mail.ru

Kolchunov Vitaly Iv.

National Research Moscow State University of Civil Engineering (MGSU), Moscow, Russia, doctor of technical sciences, professor, professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures.
E-mail: asiorel@mail.ru

Bushova Olesya B.

National Research Moscow State University of Civil Engineering (MGSU), Moscow, Russia, postgraduate student of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures of the MGSU.
E-mail: bushova96@mail.ru