

А.Г. ТАМРАЗЯН<sup>1</sup>, Й.А.К. САЙЕД<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)», г. Москва, Россия

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТОВ В СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛКАХ

*Аннотация.* В данной статье исследуется коэффициент перераспределения моментов в статически неопределимых железобетонных балках через экспериментальный и аналитический подход. Были испытаны на изгиб двухпролетные статически неопределимые железобетонные балки. Было проведено обсуждение результатов определения схемы разрушения, диаграммы прогиб-нагрузка, деформация-нагрузка и коэффициентов перераспределения моментов. Экспериментальные результаты были сравнены с аналитическими расчетами существующих моделей, включая нормы ACI 318-19 и CSA A23.3-19, и другие. Результаты показывают, что коэффициент перераспределения моментов в статически неопределимых железобетонных балках зависит от коэффициента армирования ( $\mu_{s1}$ ) и может быть более точно предсказан комплексным анализом. Результаты экспериментов также показывают, что коэффициенты перераспределения моментов испытанных балок превышают значения, предсказанные другими существующими моделями.

**Ключевые слова:** статически неопределимые железобетонные балки, перераспределение моментов, экспериментальное исследование, теоретические модели, коэффициент армирования.

A.G. TAMRAZYAN<sup>1</sup>, Y.A.K. SAYED<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Moscow State University of Civil Engineering (MGSU) National Research University, Moscow, Russia

## EXPERIMENTAL STUDY OF THE COEFFICIENT OF MOMENT REDISTRIBUTION IN STATICALLY INDETERMINATE RC BEAMS

*Abstract.* This article investigates the coefficient of moments redistribution in statically indeterminate RC beams through an experimental and analytical approach. Two-span statically indeterminate RC beams were tested under bending moment. A discussion of the results of the mode of failure, load-deformation, load-strain, and the coefficient of the moments redistribution were conducted. Moreover, the experimental results were compared to the analytical predictions of the related existing models, including the ACI 318-19 and CSA A23.3-19 codes, and others. The results show that the coefficient of moment redistribution is affected by the reinforcement ratio ( $\mu_{s1}$ ) and can be accurately predicted by a recent mathematical analysis. The experimental results also reveal that the moment redistribution capacity of the beams exceeds the values predicted by the other existing models.

**Keywords:** statically indeterminate RC beams, moment redistribution, experimental investigation, theoretical existing models, reinforcement ratio.

© Тамразян А.Г., Сайед Й.А.К., 2023

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кальницкий А.А. Расчёт статически неопределимых железобетонных конструкций с учётом перераспределения усилий. М., 1970. 168 с.
2. Черняева Р.П. К определению границ перераспределения усилий при расчете статически неопределимых железобетонных балок по методу предельного равновесия // Строительство и реконструкция. 2014. № 1 (51). С. 41-45.

3. Тамразян А.Г., Рашидов Б. О влиянии некоторых факторов на уровни перераспределения моментов в статически неопределимых железобетонных балках // "Лолейтовские чтения-150". Современные методы расчета железобетонных и каменных конструкций по предельным состояниям. 2018. С. 447-454.
4. Тамразян А.Г., Рашидов Б.Т. К уровню перераспределения моментов в статически неопределимых железобетонных балках // Строительство и реконструкция. 2018. № 6 (80). С. 14-21.
5. Tamrazyan A.G., Sayed Y.A.K. A practical model for moment redistribution in statically indeterminate RC beams // European Journal of Environmental and Civil Engineering. 2023. Т. 27. № 4. С. 1503-1511.
6. Do Carmo R. N. F., Lopes S. M.R. Ductility and linear analysis with moment redistribution in reinforced high-strength concrete beams // Canadian Journal of Civil Engineering. 2005. Т. 32. № 1. С. 194-203.
7. Scott R.H., Whittle R.T. Moment redistribution effects in beams // Magazine of Concrete Research. 2005. Т. 57. № 1. С. 9-20.
8. Bagge N., O'Connor A., Elfgren L., Pedersen C. Moment redistribution in RC beams—A study of the influence of longitudinal and transverse reinforcement ratios and concrete strength // Engineering structures. 2014. Т. 80. С. 11-23.
9. Шалобыта Н.Н., Царук О.Г., Полонский М.Ч., Демчук И.Е. Численное исследование перераспределения усилий в железобетонных элементах с комбинированным армированием // Вестник Брестского государственного технического университета. 2016. № 1(97). С. 86-92.
10. Истомин А. Д., Кудрявцев А. В. Работа статически неопределимых железобетонных элементов в условиях отрицательных температур // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 51-55.
11. Li L., Zheng W., Wang Y. Prediction of moment redistribution in statically indeterminate reinforced concrete structures using artificial neural network and support vector regression // Applied Sciences. 2018. Т. 9. № 1. С. 28.
12. ACI 318-19. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary // American Concrete Institute: Farmington Hills, MI, USA, 2019.
13. CSA, A-19. Design of concrete structures. Toronto, Ontario, Canada, 2019.
14. AS 3600-2018. Concrete structures. Sydney, Australia, 2018.
15. BS 8110-1. Structural Use of Concrete: Part 1: Code of Practice for Design and Construction // British Standards Institution. London, UK. 1997.
16. DIN, 1045-1. Concrete reinforced and prestressed concrete structures // German Institute of Standard Berlin, Germany. 2008.
17. FIB Model Code 2010. For Concrete Structures 2010 // International Federation for Structural Concrete. Ernst Sohn Publ, House, Lausanne. Switzerland. 2010.
18. BS., EN. 1992-1-1. Eurocode2. Design of concrete structures: Part 1-1: General rules and rules for buildings // British Standards Institution, London, UK. 2004.
19. Aydogan M. S., Alacali S., Arslan G. Prediction of moment redistribution capacity in reinforced concrete beams using gene expression programming // Structures. Elsevier. 2023. Т. 47. С. 2209-2219.
20. Тамразян А.Г., Сайед Й.А.К. Параметры, влияющие на перераспределение моментов в статически неопределимых железобетонных балках // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 6. С. 4-11. doi:10.33622/0869-7019.2022.06.04-11

## REFERENCES

1. Kal'nitskiy A.A. Raschet staticheski neopredelimykh zhelezobetonnykh konstruksiy s uchotom pereraspredeleniya usily [Calculation of statically indefinable reinforced concrete structures, taking into account the redistribution of forces]. Moscow, 1970. 168 p. (rus)
2. Chernyayeva R.P. K opredeleniyu granits pereraspredeleniya usily pri raschete staticheski neopredelimykh zhelezobetonnykh balok po metodu predel'nogo ravnovesiya [To determine the limits of redistribution of efforts in the calculation of statically non-selectable reinforced concrete beams using the method of limiting equilibrium]. Building and Reconstruction. 2014. No. 1 (51). Pp. 41-45. (rus)
3. Tamrazyan A.G., Rashidov B.T. O vliyaniy nekotorykh faktorov na urovni pereraspredeleniya momentov v staticheski neopredelimykh zhelezobetonnykh balkakh [On the influence of certain factors on the levels of moment redistribution in statically indeterminate reinforced concrete beams] // "Loleytovskie chteniya-150". Sovremennyye metody rascheta zhelezobetonnykh i kamennykh konstruksiy po predel'nykh sostoyaniyam. 2018. Pp. 447-454. (rus)
4. Tamrazyan A.G., Rashidov B.T. K urovnyu pereraspredeleniya momentov v staticheski neopredelimykh zhelezobetonnykh balkakh [To the level of redistribution of moments in statically uncertain reinforced concrete beams] // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2018. No. 6 (80). Pp. 14-21. (rus)
5. Tamrazyan A.G., Sayed Y.A.K. A practical model for moment redistribution in statically indeterminate RC beams // European Journal of Environmental and Civil Engineering. 2023. Т. 27. No. 4. Pp. 1503-1511.
6. Do Carmo R.N.F., Lopes S.M.R. Ductility and linear analysis with moment redistribution in reinforced high-strength concrete beams // Canadian Journal of Civil Engineering. 2005. Т. 32. No. 1. Pp. 194-203.

7. Scott R.H., Whittle R.T. Moment redistribution effects in beams // Magazine of Concrete Research. 2005. T. 57. No. 1. Pp. 9-20.
8. Bagge N., O'Connor A., Elfgrén L., Pedersen C. Moment redistribution in RC beams—A study of the influence of longitudinal and transverse reinforcement ratios and concrete strength // Engineering structures. 2014. T. 80. Pp. 11-23.
9. Shalobyta N.N., Tsaruk O.G., Polonskii M.Ch., Demchuk I.E. Chislennoe issledovanie pereraspredeleniya usilii v zhelezobetonnykh elementakh s kombinirovannym armirovaniem [Numerical study of redistribution of the internal force in reinforced concrete elements with combined reinforcement] // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2016. No. 1(97). Pp. 86-92. (rus)
10. Istomin A.D., Kudryavtsev A.V. Rabota staticheski neopredelimykh zhelezobetonnykh elementov v usloviyakh otritsatel'nykh temperatur [Behavior of statically indeterminate reinforced concrete elements under negative temperature conditions] // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2016. No. 7. Pp. 51-55. (rus)
11. Li L., Zheng W., Wang Y. Prediction of moment redistribution in statically indeterminate reinforced concrete structures using artificial neural network and support vector regression // Applied Sciences. 2018. T. 9. No. 1. Pp. 28.
12. ACI 318-19: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary // American Concrete Institute: Farmington Hills, MI, USA, 2019.
13. CSA, A-19: Design of concrete structures. Toronto, Ontario, Canada, 2019.
14. AS 3600-2018: Concrete structures. Sydney, Australia, 2018.
15. BS8110-1: Structural Use of Concrete: Part 1: Code of Practice for Design and Construction // British Standards Institution. London, UK, 1997.
16. DIN, 1045-1: Concrete reinforced and prestressed concrete structures // German Institute of Standard Berlin, Germany, 2008.
17. FIB Model Code 2010: for Concrete Structures 2010 // International Federation for Structural Concrete. Ernst Sohn Publ, House, Lausanne. Switzerland, 2010.
18. BS., EN. 1992-1-1. Eurocode2: Design of concrete structures: Part 1-1: General rules and rules for buildings // British Standards Institution, London, UK, 2004.
19. Aydogan M. S., Alacali S., Arslan G. Prediction of moment redistribution capacity in reinforced concrete beams using gene expression programming // Structures. Elsevier. 2023. T. 47. Pp. 2209-2219.
20. Tamrazyan A.G., Sayed Y.A.K. Parameters Affected the Moment Redistribution in Statically Indeterminate Reinforced Concrete Beams // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2022. No. 6. Pp. 4-11. doi:10.33622/0869-7019.2022.06.04-11

**Информация об авторах:**

**Тамразян Ашот Георгиевич**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)», г. Москва, Россия,  
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой железобетонных и каменных конструкций.  
E-mail: [tamrazian@mail.ru](mailto:tamrazian@mail.ru)

**Сайед Йехия Ахмед Котп**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)», г. Москва, Россия,  
аспирант кафедры железобетонных и каменных конструкций.  
E-mail: [engyehia250@gmail.com](mailto:engyehia250@gmail.com)

**Information about authors:**

**Tamrazyan Ashot G.**

Moscow State University of Civil Engineering (MGSU) National Research University, Moscow, Russia,  
doctor of technical science, professor, and the head of reinforced concrete and masonry structures department.  
E-mail: [tamrazian@mail.ru](mailto:tamrazian@mail.ru)

**Sayed Yehia Ahmed Kotp**

Moscow State University of Civil Engineering (MGSU) National Research University, Moscow, Russia,  
PhD, student at the reinforced concrete and masonry structures department.  
E-mail: [engyehia250@gmail.com](mailto:engyehia250@gmail.com)