

И.К. МАНАЕНКОВ¹, С.О. КУРНАВИНА¹

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва, Россия

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ СЖАТИЯ ДЛЯ БЕТОНА С КОСВЕННЫМ АРМИРОВАНИЕМ В РАМКАХ ТЕОРИИ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ

Аннотация. При построении диаграммы работы на сжатия для бетона с косвенным армированием в рамках теории предельных состояний необходимо назначать прочность материалов с требуемой обеспеченностью. Для этого выполняют переход от средних значений прочности, полученных по результатам экспериментов, к уменьшенным нормативным и расчетным значениям прочности. Ввиду этого возникает противоречие, связанное с тем, что изначально зависимости для определения деформаций, соответствующих вершине диаграммы сжатия, получены для экспериментальных значений прочности, а при расчетах конструкций предлагается использовать уменьшенные нормативные и расчетные значения, что может привести к некорректным результатам. В статье произведено сравнение вычисленных значений относительных деформаций с экспериментальными данными и отмечено существенное завышение значений при расчетах относительно нормативной и расчетной прочностей бетона.

Ключевые слова: косвенное армирование, диаграмма сжатия, сварные сетки, предельная сжимаемость

I.K. MANAENKOV¹, S.O. KURNAVINA¹

¹National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

PLOTTING A STRESS-STRAIN DIAGRAM FOR CONCRETE WITH INDIRECT REINFORCEMENT ACCORDING TO LIMIT STATE DESIGN

Abstract. When constructing a stress-strain compression diagram for concrete with indirect reinforcement within the framework of the theory of limit state design, it is necessary to assign the strength values of materials with the required security. To do this, a transition is made from average strength value obtained from the results of experiments to reduced characteristic compressive strength and the design value of strength. In view of this, a contradiction arises due to the fact that initially the formulas for determining the deformations corresponding to the top of the compression diagram were obtained for experimental value of strength, and in the calculations of structures it is proposed to use reduced characteristic compressive strength and the design value of strength, which can lead to incorrect results. The article compares the calculated values of strains with experimental data and notes a significant overestimation when calculating by the characteristic compressive strength and the design value of strength.

Keywords: indirect reinforcement, compression diagram, welded mesh, ultimate compressibility.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lu X., Hsu C. Stress-strain relations of high-strength concrete under triaxial compression // J. Mater. Civil Eng. 2007. № 19(3). Pp.261-268.
2. Attard M., Samani A.K. A stress-strain model for uniaxial and confined concrete under compression // Eng. Struct. 2012. № 41. Pp. 335-349.

© Манаенков И.К., Курнавина С.О., 2022

3. Krishan A.L., Chernyshova E.P., Chernyshov V.E. Research of Concrete Durability in Compressed Elements with Different Types of Confinement Reinforcements // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. 652(1):012037.
4. Zingg L., Briffaut M., Baroth J., Malecot Y. Influence of cement matrix porosity on the triaxial behaviour of concrete // Cement. Concrete. Res. 2016. Vol. 80. Pp 52-59.
5. Mohammadi M., Wu Y.F. Triaxial test for concrete under non-uniform passive confinement // Constr. Build. Mater. 2017. Vol. 138. Pp. 455-468.
6. Тамразян А.Г., Манаенков И.К. Испытание трубобетонных образцов малого диаметра с высоким коэффициентом армирования // Строительство и реконструкция. 2017. №4 (72). С.57-62.
7. Ouyang Y., Kwan A.K.H. Finite element analysis of square concrete-filled steel tube (CFST) columns under axial compressive load 2018 *Eng. Struct.* Vol. 156. Pp. 443-459.
8. Wang Y.Y., Yang L.G., Yang H., Liu C.Y. Behaviour of concrete-filled corrugated steel tubes under axial compression // *Eng. Struct.* 2019. Vol. 183. Pp. 475-495.
9. Ahmed M., Liang Q.Q., Patel V.I., Hadi M.N.S. Numerical analysis of axially loaded circular high strength concrete-filled double steel tubular short columns // *Thin-Walled Structures.* 2019. Vol. 138. Pp. 105-116.
10. Hadi M., Elbasha N. Displacement ductility of helically confined HSC beams // *The Open Construction and Building Technology Journal.* 2008. 2(1):270-279.
11. Chang W, Hao M J; Zheng W Z Behaviour of high-strength concrete circular columns confined by high-strength spirals under concentric compression // *Construction and Building Materials.* 2020. 230:117007.
12. Munir M J et al. Development of a unified model to predict the axial stress-strain behavior of recycled aggregate concrete confined through spiral reinforcement // *Eng. Struct.* 2020. 218:110851.
13. Лапшинов А.Е., Тамразян А.Г. К влиянию поперечного армирования на прочность и деформативность сжатых бетонных элементов, армированных композитной полимерной арматурой // *Строительство и реконструкция.* 2018. № 4 (78). С. 20-30.
14. Тамразян А.Г., Черник В.И. Диаграмма деформирования бетона, ограниченного дискретной композитной обоймой // *Промышленное и гражданское строительство.* 2020. № 8. С. 43-53.
15. Попов Н.Н., Трекин Н.Н., Матков Н.Г. Влияние косвенного армирования на деформации бетона // *Бетон и железобетон.* 1988. №11. С. 33-36.
16. Krishan A.L., Rimshin V.I., Troshkina E.A. Compressed and bending concrete elements with confinement reinforcement meshes // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2020. 753:022052.
17. Манаенков И.К. К совершенствованию диаграммы сжатого бетона с косвенным армированием // *Строительство и реконструкция.* 2018. № 2 (76). С. 41-50.
18. Tamrazyan A.G., Manaenkov I.K., Koroteev D.D. Study of Reinforced Concrete Beams with Indirect Reinforcement of Compressed Zone in the Form of Cross Welded Mesh // *J.Mech.Cont.& Math. Sci.* 2019. No. 1S. Pp. 621-631.
19. Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Никитин И.К., Соседов К.Е. Практические методы и примеры расчета железобетонных конструкций из тяжелого бетона по СП 63.13330. М.: ООО «Бумажник», 2017. 496 с.
20. Манаенков И.К. К расчету железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности.* 2019. №5(383). С. 238-242.
21. Перельмутер А.В., Кабанцев О.В., Пичугин С.Ф. Основы метода расчетных предельных состояний. М: Издательство АСВ, 2019. 240 с.
22. СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» – М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2018.
23. Кришан А.Л., Сабиров Р.Р., Кришан М.А. Расчет прочности сжатых железобетонных элементов с косвенным армированием сетками // *Архитектура. Строительство. Образование.* 2014. №1(3). С.215-224.
24. Manaenkov I.K., Savin S.U. Numerical analysis of the ultimate compressibility of concrete with indirect reinforcement for plotting a stress-strain diagram // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2021. 1030:012090.
25. EN 1992 Eurocode 2: Design of concrete structures.

REFERENCES

1. Lu X., Hsu C. Stress–strain relations of high-strength concrete under triaxial compression // *J. Mater. Civil Eng.* 2007. № 19(3). Pp.261-268.
2. Attard M., Samani A.K. A stress–strain model for uniaxial and confined concrete under compression // *Eng. Struct.* 2012. № 41. Pp. 335-349.
3. Krishan A.L., Chernyshova E.P., Chernyshov V.E. Research of Concrete Durability in Compressed Elements with Different Types of Confinement Reinforcements // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. 652(1):012037.
4. Zingg L., Briffaut M., Baroth J., Malecot Y. Influence of cement matrix porosity on the triaxial behaviour of concrete // *Cement. Concrete. Res.* 2016. Vol. 80. Pp 52-59.

5. Mohammadi M., Wu Y.F. Triaxial test for concrete under non-uniform passive confinement // *Constr. Build. Mater.* 2017. Vol. 138. Pp. 455-468.
6. Tamrazyan A G, Manaenkov I K Testing of small-diameter pipe-concrete samples with a high reinforcement factor. *Building and Reconstruction.* 2017. No. 4(72). Pp 57-62. (rus)
7. Ouyang Y., Kwan A.K.H. Finite element analysis of square concrete-filled steel tube (CFST) columns under axial compressive load 2018 *Eng. Struct.* Vol. 156. Pp. 443-459.
8. Wang Y.Y., Yang L.G., Yang H., Liu C.Y. Behaviour of concrete-filled corrugated steel tubes under axial compression // *Eng. Struct.* 2019. Vol. 183. Pp. 475-495.
9. Ahmed M., Liang Q.Q., Patel V.I., Hadi M.N.S. Numerical analysis of axially loaded circular high strength concrete-filled double steel tubular short columns // *Thin-Walled Structures.* 2019. Vol. 138. Pp. 105-116.
10. Hadi M., Elbasha N. Displacement ductility of helically confined HSC beams // *The Open Construction and Building Technology Journal.* 2008. 2(1):270-279.
11. Chang W, Hao M J; Zheng W Z Behaviour of high-strength concrete circular columns confined by high-strength spirals under concentric compression // *Construction and Building Materials.* 2020. 230:117007.
12. Munir M J et al. Development of a unified model to predict the axial stress-strain behavior of recycled aggregate concrete confined through spiral reinforcement // *Eng. Struct.* 2020. 218:110851.
13. Lapshinov A.E., Tamrazjan A.G. To The Influence Of Transverse Reinforcement To Strength And Deformability Of Concrete Compressive Members Reinforced With Frp Reinforcement. *Building and Reconstruction.* 2018. No 4(78). Pp. 20-30. (rus)
14. Tamrazjan A.G., Chernik V.I. Stress-Strain Model For Concrete Confined By a Discrete FRP-jackets. *Industrial And Civil Construction.* 2020. No 8. Pp. 43-53. (rus)
15. Popov N.N., Trekin N.N., Matkov N.G. The effect of indirect reinforcement on concrete deformation. *Concrete and reinforced concrete.* 1988. No 11. Pp. 33-36. (rus)
16. Krishan A.L., Rimshin V.I., Troshkina E.A. Compressed and bending concrete elements with confinement reinforcement meshes // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2020. 753:022052.
17. Manaenkov I.K. Perfection Of The Concrete Compression Diagram With Indirect Reinforcement. *Building and Reconstruction.* 2018. No 2 (76). Pp. 41-50. (rus)
18. Tamrazyan A.G., Manaenkov I.K., Koroteev D.D. Study of Reinforced Concrete Beams with Indirect Reinforcement of Compressed Zone in the Form of Cross Welded Mesh // *J.Mech.Cont.& Math. Sci.* 2019. No. 1S. Pp. 621-631.
19. Kodysh Je.N., Trekin N.N., Nikitin I.K., Sosedov K.E. Practical methods and examples of calculating reinforced concrete structures of heavy concrete according to SP 63.13330. Moscow: LLC «Bumazhnik», 2017. 496 p. (rus)
20. Manaenkov I.K. To the calculation of reinforced concrete elements according to the nonlinear deformation model. *The News of Higher Educational Institutions Technology of Textile Industry.* 2019. No 5(383). Pp. 238-242. (rus)
21. Perelmuter A.V., Kabancev O.V., Pichugin S.F. Basis of the method of limit state design (Moscow: ASV Press), 2019 240 p. (rus)
22. Russian Building Code SP 63.13330.2018 Concrete and reinforced concrete structures. General provisions. (rus)
23. Krishan A.L., Sabirov R.R., Krishan M.A. Durability calculation of compressed reinforced concrete elements with confinement reinforcement made by fabrics. *Architecture. Construction. Education.* 2014. No 1 (3). Pp. 215-224. (rus)
24. Manaenkov I.K., Savin S.U. Numerical analysis of the ultimate compressibility of concrete with indirect reinforcement for plotting a stress-strain diagram // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2021. 1030:012090.
25. EN 1992 Eurocode 2: Design of concrete structures.

Информация об авторах:

Манаенков Иван Константинович

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

кандидат технических наук, доцент кафедры «Железобетонные и каменные конструкции».

E-mail: manaenkov.i.k@gmail.com

Курнавина Софья Олеговна

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

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Железобетонные и каменные конструкции».

E-mail: sofyk@yandex.ru

Information about authors:

Manaenkov Ivan K.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
candidate of technical sciences, associate professor of the department of reinforced concrete and stone structures.
E-mail: manaenkov.i.k@gmail.com

Kurnavina Sofiya O.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
candidate of technical sciences, , associate professor, associate professor of the department of reinforced concrete and
stone structures.
E-mail: sofyk@yandex.ru