

Д.В. КОНИН¹, А.С. КРЫЛОВ¹, С.С. КАПРИЕЛОВ², И.А. ЧИЛИН²,
И.В. РТИЩЕВА¹, Л.С. РОЖКОВА¹

¹ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия

²НИИЖБ А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия

РАБОТА СБОРНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С ЧАСТИЧНО ОБЕТОНИРОВАННЫМИ СТАЛЬНЫМИ БАЛКАМИ

Аннотация. Рассмотрены вопросы современного строительства с применением сборных железобетонных плит перекрытий в составе комбинированных конструкций. Дано обоснование выбранной темы исследования. Представлено подробное описание и особенности экспериментальных моделей исследуемых конструкций, материалов и их характеристик. Приведены особенности опирания и нагружения моделей. Проведен анализ результатов, полученных при испытаниях призм на сдвиг, и моделей сталежелезобетонных балок и полноразмерных фрагментов перекрытий на изгиб. Представлены общие виды и характер разрушения моделей, сформирована таблица разрушающих нагрузок. Приведены графики зависимости перемещений и напряжений в элементах конструкции от величины внешней нагрузки. Проведена оценка существующих методик расчета, их сравнение с результатами эксперимента. Дана оценка эффекта частичного обетонирования стальных двутавровых балок в составе сложной сборной сталежелезобетонной конструкции и его влияние на несущую способность.

Ключевые слова: бетон, сталь, сталежелезобетонная конструкция, стержневая арматура, сборный элемент.

D.V. KONIN¹, A.S. KRYLOV¹, S.S. KAPRIELOV², I.A. CHILIN²,
I.V. RTISCHEVA¹, L.S. ROZHKOVA¹

¹TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia

²NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia

BEARING CAPACITY OF PRECAST FLOOR SLABS WITH PARTIALLY CONCRETED STEEL BEAMS

Abstract. The issues of modern construction with the use of precast reinforced concrete slabs as part of composite steel and concrete structures are considered. The rationale for the chosen research topic is given. The description and features of experimental models of the studied structures, materials and their characteristics are presented. The features of the support and loading of the models are given. The analysis of the results of testing prisms for shear and models of composite steel and concrete beams and full-sized of composite steel and concrete slabs for bending is carried out. The types and nature of the destruction of models are presented, a table of destructive loads is formed. Graphs of displacements and stresses in structural elements are given. The evaluation of the existing calculation methods, their comparison with the experimental results is given. An assessment of the effect of partial concreting of steel I-beams as part of prefabricated composite steel and concrete structure and its effect on the load-bearing capacity is given.

Keywords: concrete, steel, composite steel and concrete structure, bar reinforcement, precaststructure.

© Конин Д.В., Крылов А.С., Каприелов С.С., Чилин И.А., Ртищева И.В., Рожкова Л.С., 2023

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Braun M. Experimentelle Untersuchungen von Slim-Floor-Trägern in Verbundbauweise. Untersuchungen zur Verbundwirkung von Betondübeln. Matthias Braun. Stahlbau 83. 2014. Heft 10. Pp. 746–754; Heft 5. Pp. 302–308.

2. Lam D. Composite steel beams using precast concrete hollow core floor slabs: PhD thesis. Dennis Lam. University of Nottingham, UK, 1998. 303 p.
3. Lam D. Designing composite beams with precast hollowcore slabs to Eurocode 4. D. Lam. *Advanced Steel Construction*. 2007. Vol. 3. No. 2. Pp. 594-606.
4. Hicks S.J. Design of Composite Beams Using Precast Concrete Slabs. S. J. Hick, R. M. Lawson. The Steel Construction Institute. Silwood Park. Ascot. Berkshire, 2003. 98 p. (SCI Publication P287).
5. Rackham J.W. Design of Asymmetric Slimflor Beams with Precast Concrete Slabs. J W Rackham, S J Hicks G M Newman. The Steel Construction Institute. Silwood Park. Ascot. Berkshire, 2006. 101 p. (SCI Publication P342).
6. Way A.G.J. Precast Concrete Floors in Steel Framed Buildings. A.G.J. Way, T.C. Cosgrove, M.E. Brettle. The Steel Construction Institute. Silwood Park. Ascot. Berkshire, 2007. 101 p. (SCI Publication P351).
7. Ahmed I.M. The evolution of composite flooring systems: applications, testing, modelling and eurocode design approaches. I.M. Ahmed, K.D. Tsavdaridis. *Journal of Constructional Steel Research*. 2019. No. 155. Pp. 286-300.
8. Лоусон Р.М., Огден Р.Дж., Рэхэм Дж.В. Сталь в многоэтажных жилых зданиях. Институт стальных конструкций. (SCI) Silwood Park, Ascot, Berkshire SL5 7QN (Великобритания), 2004. 68 с. (Публикация SCI P332).
9. Goralski C. Zusammenwirken von Beton und Stahlprofil bei kammerbetonierten Verbundträgern: PhD Dissertation. Claus Robert Goralski. Aachen, Germany, 2006. 218 p.
10. Ferreira F.P.V. Steel-Concrete-Composite Beams with Precast Hollow-Core Slabs: A Sustainable Solution. F.P.V. Ferreira, K.D. Tsavdaridis, C.H. Martins, S. De Nardin. *Sustainability*. 2021. 13, 4230. [Электронный ресурс]. URL:<https://doi.org/10.3390/su13084230>.
11. Tusnin A.R. Features of finite element analysis of steel-reinforced concrete slabs from hollow core slabs. A.R. Tusnin, A.A. Kolyago. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2018. No. 456 012095. 6 p.
12. Туснин А.Р., Коляго А.А. Конструкция и работа сталежелезобетонного перекрытия с использованием сборных пустотных железобетонных плит // Современная наука и инновации. 2016. № 3.С. 141 – 147.
13. Замалиев Ф.С., Филиппов В.В. Расчетно-экспериментальные исследования сталежелезобетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 7. С. 29-36.
14. Замалиев Ф.С. Экспериментальные исследования начального напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных балок и плит / Ф.С. Замалиев, Э.Г. Биккинин и др. // Известия КГАСУ. 2015. № 2(32). С. 149-153.
15. Веселов А.А., Чепилко С.О. Напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонной балки // Вестник гражданских инженеров. 2010. № 2(23). С. 31-37.
16. Salama T. Effective Flange Width for Composite Steel Beams. T. Salama, H.H. Nassif. *The Journal of Engineering Research*. 2011. Vol. 8. No. 1. Pp. 28-43.
17. Травуш В.И. Определение несущей способности на сдвиг контактной поверхности «сталь-бетон» в сталежелезобетонных конструкциях для бетонов различной прочности на сжатие и фибробетона / В.И. Травуш, С.С. Каприелов, Д.В. Конин и др. // Строительство и реконструкция. 2016. №4 (66). С. 45-55.
18. Travush V.I. Strength of composite steel and concrete beams of high-performance concrete / V.I. Travush, D.V. Konin, A.S. Krylov // *Magazine of Civil Engineering*. 2018. No. 3 (79). Pp. 36–44.
19. Арленинов П.Д., Крылов С.Б. Современное состояние нелинейных расчётов железобетонных конструкций // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2017. № 3. С. 50–53.
20. Щеткова Е.А., Кашеварова Г.Г. Повышение прочности сцепления при сдвиге в зоне контакта «сталь-бетон» // Вестник гражданских инженеров. Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет. 2015. № 6. С. 70-75.

REFERENCES

1. Braun M. Experimentelle Untersuchungen von Slim-Floor-Trägern in Verbundbauweise. Untersuchungen zur Verbundwirkung von Betondübeln. Matthias Braun. *Stahlbau* 83. 2014. Heft 10. P. 746–754; Heft 5. P. 302–308.
2. Lam D. Composite steel beams using precast concrete hollow core floor slabs: PhD thesis. Dennis Lam. University of Nottingham, UK, 1998. 303 p.
3. Lam D. Designing composite beams with precast hollowcore slabs to Eurocode 4. D. Lam. *Advanced Steel Construction*. 2007. Vol. 3. No. 2. P. 594-606.
4. Hicks S. J. Design of Composite Beams Using Precast Concrete Slabs. S. J. Hick, R. M. Lawson. The Steel Construction Institute. Silwood Park. Ascot. Berkshire, 2003. 98 p. (SCI Publication P287).
5. Rackham J. W. Design of Asymmetric Slimflor Beams with Precast Concrete Slabs. J W Rackham, S J Hicks G M Newman. The Steel Construction Institute. Silwood Park. Ascot. Berkshire, 2006. 101 p. (SCI Publication P342).
6. Way A.G.J. Precast Concrete Floors in Steel Framed Buildings. A.G.J. Way, T.C. Cosgrove, M.E. Brettle. The Steel Construction Institute. Silwood Park. Ascot. Berkshire, 2007. 101 p. (SCI Publication P351).
7. Ahmed I.M. The evolution of composite flooring systems: applications, testing, modelling and eurocode design approaches. I.M. Ahmed, K.D. Tsavdaridis. *Journal of Constructional Steel Research*. 2019. No. 155. Pp. 286-300.

8. Lawson R.M. Stal' v mnogoetazhnyh zhilyh zdaniyah [Steel in Multi-Storey Residential Buildings]. R. M. Lawson, R. Dzh. Ogden, Dzh. V. Rekkhem. Institut stal'nyh konstrukcij. (SCI) Silwood Park, Ascot, Berkshire SL5 7QN (Velikobritaniya), 2004. 68 p. (SCI P332).
9. Goralski C. Zusammenwirken von Beton und Stahlprofil bei kammerbetonierten Verbundträgern: PhD Dissertation. Claus Robert Goralski. Aachen, Germany, 2006. 218 p.
10. Ferreira F.P.V. Steel–Concrete–Composite Beams with Precast Hollow-Core Slabs: A Sustainable Solution. F.P.V. Ferreira, K.D. Tsavdaridis, C.H. Martins, S. De Nardin. Sustainability. 2021. 13, 4230. [Online] URL:<https://doi.org/10.3390/su13084230>.
11. Tusnin A.R. Features of finite element analysis of steel-reinforced concrete slabs from hollow core slabs. A.R. Tusnin, A.A. Kolyago. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. No. 456 012095. 6 p.
12. Tusnin A.R. Konstrukciya i rabota stalezhelezobetonnoho perekrytiya s ispol'zovaniem sbornyh pustotnyh zhelezobetonnyh plit [The construction and operation of the composite beams using the prefabricated reinforced concrete slab hollow core]. A.R. Tusnin, A.A. Kolyago. Sovremennaya nauka i innovacii. 2016. No 3. Pp. 141 – 147.
13. Zamaliev F.S. Raschetno-eksperimental'nye issledovaniya stalezhelezobetonnyh konstrukcij [Computational and experimental studies of steel–reinforced concrete structures]. F.S. Zamaliev, V.V. Filippov. Industrial and civil construction. 2015. No. 7. Pp.29-36.
14. Zamaliev F.S. Eksperimental'nye issledovaniya nachal'nogo napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya stalezhelezobetonnyh balok i plit [Experimental studies of the initial stress-strain state of steel-reinforced concrete beams and plates]. F.S. Zamaliev, E.G. Bikinin et al. Izvestiya KGASU. 2015. No. 2(32). Pp.149-153.
15. Veselov A.A. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie stalezhelezobetonnoj balki [The stress-strain state of a steel-reinforced concrete beam]. A.A. Veselov, S.O. Chepilko. Bulletin of Civil Engineers. 2010. No. 2 (23). Pp. 31-37.
16. Salama T. Effective Flange Width for Composite Steel Beams. T. Salama, H.H. Nassif. The Journal of Engineering Research. 2011. Vol. 8. No. 1. Pp. 28-43.
17. Travush V. I. Opredelenie nesushchej sposobnosti na sdvig kontaktnoj poverhnosti «stal'-beton» v stalezhelezobetonnyh konstrukciyah dlya betonov razlichnoj prochnosti na szhatie i fibrobetona [Determination of the bearing capacity for shear of the contact surface “steel-concrete” in steel-reinforced concrete structures for concrete of various compressive strength and fiber concrete]. V.I. Travush, S.S. Kaprielov, D.V. Konin, etc. Construction and reconstruction. 2016. No. 4 (66). Pp. 45-55. (In Russian).
18. Travush V.I. Strength of composite steel and concrete beams of high-performance concrete. V.I. Travush, D.V. Konin, A.S. Krylov. Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 3 (79). Pp. 36–44.
19. Arleninov P.D. Sovremennoe sostoyanie nelinejnyh raschetov zhelezobetonnyh konstruktsij [The current state of nonlinear calculations of reinforced concrete structures]. P.D. Arleninov, S.B. Krylov. Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij. 2017. No. 3. Pp. 50–53.
20. Shchetkova E.A. Povyshenie prochnosti scepneniya pri sdvige v zone kontakta «stal'-beton» [Increasing the shear adhesion strength in the “steel-concrete” contact zone]. E.A. Shchetkova, G.G. Kashevarova. Vestnik grazhdanskih inzhenerov. Sankt-Peterburgskij arhitekturno-stroitel'nyj universitet. No. 6. 2015. Pp. 70-75.

Информация об авторах:

Конин Денис Владимирович

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия,
кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе.
E-mail: konden@inbox.ru

Крылов Алексей Сергеевич

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории высотных зданий и сооружений отдела металлических конструкций.
E-mail: kryl07@mail.ru

Каприелов Семен Суменович

НИИЖБ А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия,
Академик РААСН, доктор технических наук, заведующий лабораторией химических добавок и модифицированных бетонов.
E-mail: kaprielov@mail.ru

Чилин Игорь Анатольевич

НИИЖБ А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия,
научный сотрудник лаборатории химических добавок и модифицированных бетонов.
E-mail: chilin@masterbeton-mb.ru

Ртищева Ирина Владимировна

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия,
старший научный сотрудник лаборатории высотных зданий и сооружений отдела металлических конструкций.
E-mail: rtischevaiv@ya.ru

Рожкова Лидия Сергеевна

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия,
старший научный сотрудник лаборатории высотных зданий и сооружений отдела металлических конструкций
E-mail: soshnikova_lidia@mail.ru

Information about authors:

Konin Denis.V.

TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia,
candidate of technical science, deputy director for scientific work.
E-mail: konden@inbox.ru

Krylov Aleksey S.

TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia,
candidate of technical science, leading researcher of the Laboratory of high-rise buildings and structures of the
department of metal structures.
E-mail: kryl07@mail.ru

Kaprielov Semyon S.

NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia,
Academician of the RAASN, doctor of technical sciences, head of the laboratory of chemical additives and modified
concrete.
E-mail: kaprielov@mail.ru

Chilin Igor A.

NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia,
researcher of the laboratory of chemical additives and modified concrete.
E-mail: hilin@masterbeton-mb.ru

Rtischeva Irina V.

TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia,
senior researcher of the laboratory of high-rise buildings and structures of the department of metal structures.
E-mail: rtischevaiv@ya.ru

Rozhkova Lidia S.

TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia,
senior researcher of the laboratory of high-rise buildings and structures of the department of metal structures.
E-mail: soshnikova_lidia@mail.ru