

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4\(43\)-27-39](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4(43)-27-39)
УДК 624.012.4

EDN: YCIFWG

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С НАХЛЕСТОЧНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ СЖАТОЙ АРМАТУРЫ В ОДНОМ РАСЧЕТНОМ СЕЧЕНИИ ПРИ ОСЕВОМ СЖАТИИ

С.А. ЗЕНИН^{1.✉}, канд. техн. наук
К.Л. КУДЯКОВ^{1,2}, канд. техн. наук
К.Д. СЫЧЕВ^{3,4}

¹ Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 5, г. Москва, 109428, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Ярославское шоссе, д. 26, г. Москва, 129337, Российская Федерация

³ АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 1, г. Москва, 109428, Российская Федерация

⁴ ООО «Проектное бюро АПЕКС», Дербеневская наб., д. 7, стр. 9, г. Москва, 115114, Российская Федерация

Аннотация

Введение. В действующих отечественных нормах к нахлесточным соединениям арматурных стержней, выполняемым в одном сечении конструкции, установлены более жесткие требования по длине нахлестки арматурных стержней по сравнению с нахлесточными соединениями вразбежку. Ввиду недостаточной изученности вопроса для сжатой арматуры данные требования не имеют в целом достаточного обоснования и приняты с некоторой осторожностью, что приводит к повышенному расходу арматуры. В связи с этим представляется необходимым исследовать различные возможные конструктивные решения нахлесточных стыков арматуры, выполняемых в одном расчетном сечении, и экспериментально проверить их влияние на прочность сжатых железобетонных элементов при действии статических нагрузок.

Цель. Проведение экспериментальных исследований несущей способности сжатых железобетонных элементов с различными вариантами нахлесточных стыков арматуры, расположенных в одном расчетном сечении.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводились путем испытания железобетонных элементов с центральным приложением статической сжимающей нагрузки. Исследования проводились с учетом положений действующих норм.

Результаты. Получены экспериментальные данные о прочности железобетонных элементов с различными вариантами нахлесточных соединений арматуры, расположенных в одном расчетном сечении, при осевом сжатии.

Выводы. По результатам экспериментальных исследований были определены разрушающие нагрузки, установлены схемы разрушения опытных образцов. Разрушение для всех опытных образцов происходило за пределами нахлесточного соединения. В зависимости от конструктивного решения образца значения разрушающих нагрузок для исследованных образцов с нахлесточными стыками арматуры были как ниже в среднем на 4 %, чем для образцов без стыков, так и выше них на 2–3 %.

Ключевые слова: железобетон, конструкции, прочность, соединение арматуры, нахлест, сжатие

Для цитирования: Зенин С.А., Кудяков К.Л., Сычев К.Д. Экспериментальные исследования прочности железобетонных элементов с нахлесточными соединениями сжатой арматуры в одном расчетном сечении при осевом сжатии. *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2024;43(4):27–39. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4\(43\)-27-39](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4(43)-27-39)

Вклад авторов

Зенин С.А., Сычев К.Д. – анализ нормативно-технической базы, подготовка программы испытаний, анализ результатов исследований, написание статьи.

Кудяков К.Л. – организация проведения экспериментальных исследований.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках договорных работ между АО «НИЦ «Строительство» и ФАУ «ФЦС».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 10.09.2024

Поступила после рецензирования 26.09.2024

Принята к публикации 03.10.2024

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH LAP JOINTS OF COMPRESSED REINFORCEMENT IN A SINGLE DESIGN SECTION UNDER AXIAL COMPRESSION

S.A. ZENIN^{1,✉}, Cand. Sci. (Engineering)

K.L. KUDYAKOV^{1,2}, Cand. Sci. (Engineering)

K.D. SYCHEV^{3,4}

¹Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 5, Moscow, 109428, Russian Federation

²Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation

³JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 1, Moscow, 109428, Russian Federation

⁴LLC APEX Project Bureau, Derbenevskaya nab., 7, bld. 9, Moscow, 115114, Russian Federation

Abstract

Introduction. Current Russian standards impose stricter requirements on the overlap length of reinforcing bars in lap joints executed within a single section of the structure compared to staggered lap joints. Due to insufficient research on this issue concerning compressed reinforcement, these requirements lack comprehensive justification and have been adopted with some caution, which leads to increased reinforcement consumption. This implies investigating various possible design solutions for lap joints of reinforcement bars made in a single design section and experimental verifying of their impact on the strength of compressed reinforced concrete elements under static loads.

Aim. To conduct experimental studies on the load-bearing capacity of compressed reinforced concrete elements with different variants of lap joints of reinforcement located in a single design section.

Materials and methods. Experimental studies were conducted by testing reinforced concrete elements subjected to centrally applied static compressive loads. The studies were carried out in accordance with the provisions of current standards.

Results. Experimental data were obtained regarding the strength of reinforced concrete elements with various types of lap joints of reinforcement located in a single design section under axial compression.

Conclusions. Experimental studies have determined the failure loads and the failure patterns in the test samples. Failure for all test samples occurred outside the lap joint. Depending on the design solution of the sample, the values of failure loads for the studied samples with lap joints of reinforcement were lower by an average of 4 % than for samples without joints or higher by 2–3 %.

Keywords: reinforced concrete, structures, strength, reinforcement joint, lap, compression

For citation: Zenin S.A., Kudyakov K.L., Sychev K.D. Experimental studies on the strength of reinforced concrete elements with lap joints of compressed reinforcement in a single design section under axial compression. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2024;43(4):27–39. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4\(43\)-27-39](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4(43)-27-39)

Authors contribution statement

Zenin S.A., Sychev K.D. – analysis of the regulatory and technical framework, preparation of a test procedure, analysis of research results.

Kudyakov K.L. – organization of experimental research.

Funding

The study was carried out within the framework of contractual works of JSC Research Center of Construction and Federal Center for Regulation, Standardization and Technical Assessment in Construction (FAU "FCC").

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 10.09.2024

Revised 26.09.2024

Accepted 03.10.2024

Введение

В настоящее время в железобетонных конструкциях широко используются нахлесточные соединения арматурных стержней без сварки. Популярность данного вида соединений обусловлена простотой и низкой трудоемкостью его устройства по сравнению, например, с механическими или сварными соединениями. Экономическая эффективность нахлесточного соединения особенно высока для арматуры небольших диаметров. В вертикальных конструкциях, воспринимающих преимущественно сжимающие нагрузки, такой вид соединений используют над узлом сопряжений с горизонтальными конструкциями. При этом разбежку стыков арматурных стержней часто не предусматривают, так как это приводит к увеличению трудоемкости монтажа, связанной с дополнительными затратами на размещение и фиксацией стержней на определенной высоте. В связи с этим распространено конструктивное решение по устройству нахлесточных соединений в вертикальных конструкциях в одном расчетном сечении, когда вертикальная арматура верхней конструкции устанавливается на выполненную горизонтальную конструкцию (например, плиту) и соединяется внахлест с выпусками вертикальной арматуры из нижележащей конструкции.

В российских нормах к нахлесточным соединениям арматурных стержней, выполняемым в одном сечении конструкции, установлены более жесткие требования по длине нахлестки арматурных стержней по сравнению с нахлесточными соединениями вразбежку. Ввиду недостаточной изученности вопроса в целом данные требования не имеют достаточного обоснования и приняты с некоторой осторожностью, что приводит к повышенному расходу арматуры.

Анализ положений отечественных и зарубежных нормативных документов показал, что не во всех нормах рассматривается фактор относительного содержания нахлесточных соединений сжатой арматуры в одном сечении железобетонного элемента. Среди рассмотренных нормативных документов этот вопрос учтен в отечественных нормах СП 63.13330.2018 [1], европейских нормах EN 1992-1-1 Eurocode 2 [2] и уже не действующем ModelCode1990 [3], который лег в основу европейских норм. Нормативные документы США ACI 318-19 [4], Германии DIN 1045-1 [5], а также ModelCode 2010 [6] таких указаний не содержат. В бюллетене *fib* № 72 [7] неоднократно подчеркивается, что известно лишь небольшое количество испытаний сжатых нахлесточных соединений стержней периодического профиля, несмотря на важность таких соединений с точки зрения прочности конструкции. Среди опытных исследований оценки влияния стыков сжатой арматуры внахлест в сжатых элементах можно отметить работы Кэрнса [8, 9], а также Пфистера и Мэттока [10], где приведены достаточно детальные описания опытных образцов и результатов исследований.

В связи с этим были проведены дополнительные экспериментальные исследования прочности сжатых железобетонных конструкций с нахлесточными соединениями, расположенными в одном сечении. Результаты настоящего исследования, наряду с уже имеющимися, но немногочисленными данными, могут быть использованы в дальнейшем для верификации численных моделей и оценки надежности предлагаемых методов расчетов и конструирования.

Целью работы является проведение экспериментальных исследований с оценкой несущей способности сжатых железобетонных элементов с различными вариантами нахлесточных стыков арматуры, а также оценка возможности уточнения и дополнения существующих методов расчета и конструирования нахлесточных стыков сжатой арматуры.

Материалы и методы

Перед проведением экспериментальных исследований для выявления основных факторов, влияющих на прочность элементов с нахлесточными соединениями сжатой арматуры, расположенными в одном сечении, был выполнен анализ существующей отечественной и зарубежной нормативно-технической базы, а также имеющихся опытных данных по этому вопросу. Результаты анализа приведены в работе [11]. На основе выполненного анализа была составлена программа экспериментальных исследований, в рамках которых в НИИЖБ им. А. А. Гвоздева были подготовлены и испытаны на сжатие опытные образцы с различными конструктивными решениями нахлесточных стыков арматуры.

Всего было изготовлено и испытано 20 опытных образцов с арматурой двух диаметров – 14 и 20 мм, класс арматуры – А500. Образцы представляли собой призмы, размеры которых отличались в зависимости от диаметра соединяемой арматуры. Для образцов с арматурой диаметром 14 мм длина призм составляла 1000 мм с размерами основания 170 × 170 мм. Для образцов с арматурой диаметром 20 мм длина призм составляла 1300 мм с размерами

основания 180×180 мм. Образцы предусматривались из бетонов двух классов по прочности на сжатие. Также для каждого класса бетона и диаметра арматуры предусмотрены эталонные образцы – без нахлесточных соединений (образцы К.1, К.5, К.10 и К.15). Образцы с нахлесточными соединениями арматуры предусматривали различные конструктивные решения, позволяющие оценить влияние минимально допустимой длины нахлеста, равной $20d$ (d – диаметр соединяемой арматуры), расчетной длины нахлеста, а также различное содержание поперечной арматуры в зоне нахлеста. Нахлесточные соединения арматуры расположены в средней части опытных образцов.

По конструктивным решениям для анализа результатов образцы условно были разделены на четыре группы:

- группа 1: из бетона с призмной прочностью 34,1 МПа и стержнями диаметром 14 мм (образцы К.1–К.4);
- группа 2: из бетона с призмной прочностью 28,2 МПа и стержнями диаметром 14 мм (образцы К.10–К.14);
- группа 3: из бетона с призмной прочностью 34,1 МПа и стержнями диаметром 20 мм (образцы К.5–К.9);
- группа 4: из бетона с призмной прочностью 28,2 МПа и стержнями диаметром 20 мм (образцы К.15–К.20).

Маркировка опытных образцов и их характеристики по разработанной программе испытаний представлены в табл. 1. Конструктивные решения опытных образцов приведены на рис. 1, 2.

Дополнительно были изготовлены и испытаны контрольные образцы бетона и арматуры.

Испытания опытных образцов проводились на осевое сжатие на гидравлическом модернизированном прессе П-500, дооснащенном цифровым измерительным оборудованием и программным обеспечением на действие кратковременных нагрузок (рис. 3).

Опытный образец помещали в гидравлический пресс и перед испытанием проводили его центровку при помощи пробного нагружения не более 10 % от разрушающей нагрузки.

Регистрация деформаций сжатого бетона, а также напряжений в поперечной арматуре в зоне нахлесточного соединения арматуры в опытных образцах выполнялась с помощью системы установленных тензодатчиков. Тензодатчики расположены по боковым граням образцов в средней их части, а также на крайних хомутах в зоне нахлеста. Датчики на поверхности образцов также использовались для оценки равномерности нагружения при центрировании образца. Снятие показаний с тензодатчиков выполнялось при помощи измерительного многоканального цифрового комплекса.

Также при проведении испытаний была использована цифровая система измерений Vis-3D для оценки деформативности и образования трещин в опытных образцах.

Перед проведением испытания для каждого образца замерялись фактические размеры его поперечного сечения, длина образца, а после испытания уточнялась рабочая высота сечения и толщина защитного слоя бетона.

Нагрузка прикладывалась ступенями 1/10 от теоретической разрушающей нагрузки. На каждой ступени проводилась выдержка под нагрузкой около 3 мин. За это время выполнялся визуальный осмотр, отмечались нагрузки образования и развития трещин. Также снимались все показания тензометрии с опытного образца. При испытаниях нагрузка доводилась до исчерпания несущей способности (до разрушения) опытного образца.

Таблица 1

Характеристики образцов для испытаний

Table 1

Test sample specifications

№	Образец	Класс бетона	Про- дольная арматура, d_s , мм	Длина нахлеста, l_p , мм	Поперечная арматура		Размеры образца, $b \times h \times l$, мм
					кол-во хомутов в зоне нахлеста	по длине нахлеста	
1	K.1	Не ниже В30	4 Ø 14	–	–	Ø 10/210	170 × 170 × 1000
2	K.2			280	2	Ø 10/210	
3	K.3			280	2 + 2*	Ø 10/210	
4	K.4			280	3	Ø 10/140	
5	K.5		4 Ø 20	–	–	Ø 12/300	180 × 180 × 1300
6	K.6			400	3	Ø 12/200	
7	K.7			400	3 + 2*	Ø 12/200	
8	K.8			400	5	Ø 12/100	
9	K.9			500	3	Ø 12/200	
10	K.10	Не ниже В15	4 Ø 14	–	–	Ø 10/210	170 × 170 × 1000
11	K.11			480	2	Ø 10/210	
12	K.12			280	2	Ø 10/210	
13	K.13			280	2 + 2*	Ø 10/210	
14	K.14			280	3	Ø 10/140	
15	K.15		4 Ø 20	–	–	Ø 12/300	180 × 180 × 1300
16	K.16			680	3	Ø 12/200	
17	K.17			680	5	Ø 12/100	
18	K.18			400	3	Ø 12/200	
19	K.19			400	3 + 2*	Ø 12/200	
20	K.20			400	5	Ø 12/100	

Примечание: * – доп. хомуты за длиной нахлестки не далее чем 3d от концов.
Note: * – additional stirrups at the length of the lap not further than 3d from the ends.

Результаты

По результатам экспериментальных исследований установлен характер разрушения, определены разрушающие нагрузки, установлена схема трещинообразования, определены деформации укорочения образцов, а также получены данные по тензометрии для дальнейшей обработки и анализа.

Проведенные испытания опытных образцов показали, что характер разрушения всех образцов носил пластичный характер. Разрушение во всех случаях происходило за пределами нахлесточного соединения, то есть в трети длины образцов.

Как указывалось выше, для анализа результатов опытные образцы были условно разделены на четыре группы. Сравнительный анализ результатов основывался на оценке прочности нормального сечения эталонных образцов в каждой группе: K.1, K.5, K.10 и K.15, в которых отсутствовали нахлесточные соединения арматуры, а также прочности остальных элементов с различными конструктивными решениями нахлестки.

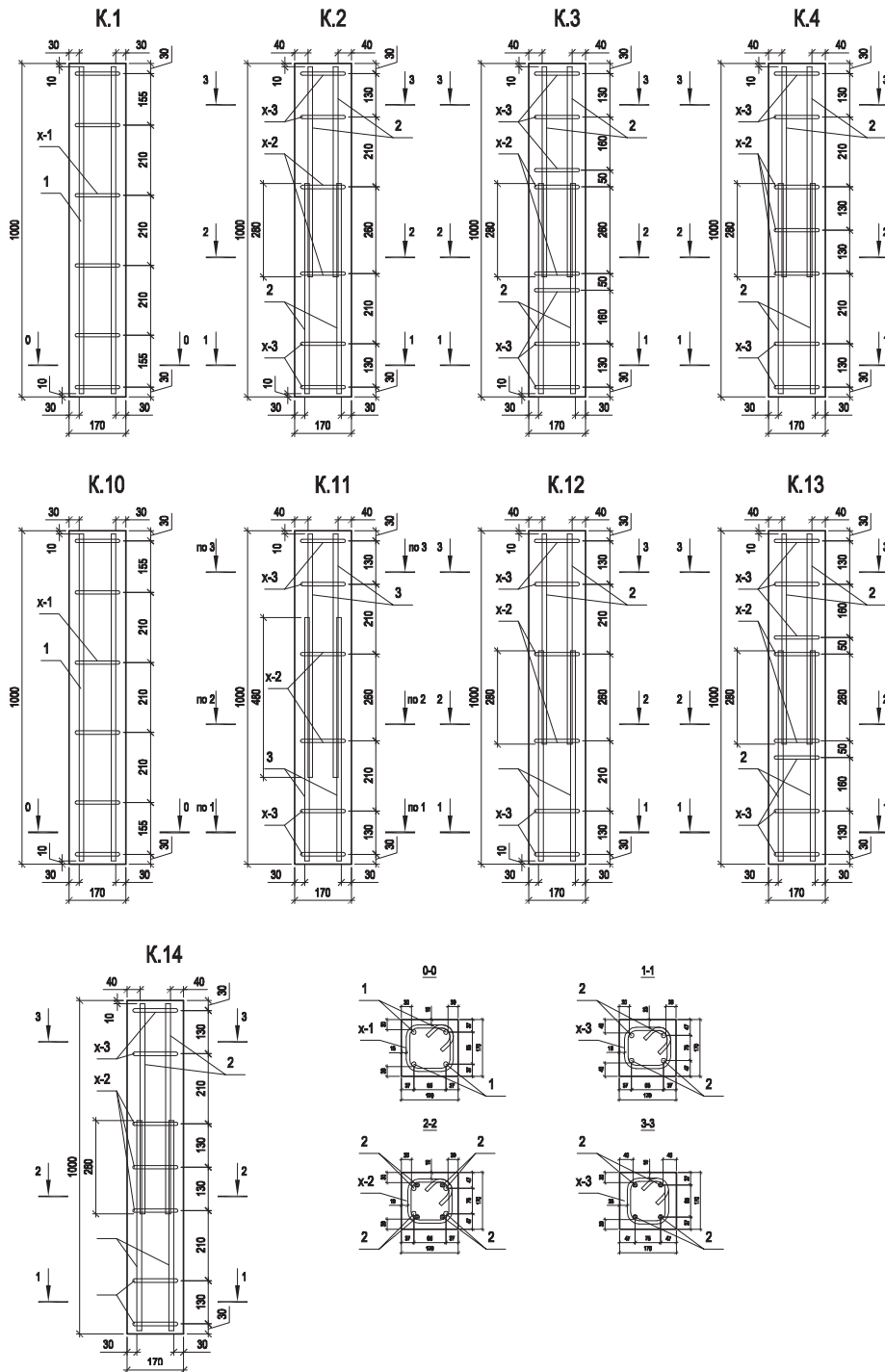


Рис. 1. Конструктивные решения серий опытных образцов с арматурой диаметром 14 мм

Fig. 1. Structural solutions of series of test samples with 14 mm diameter reinforcement

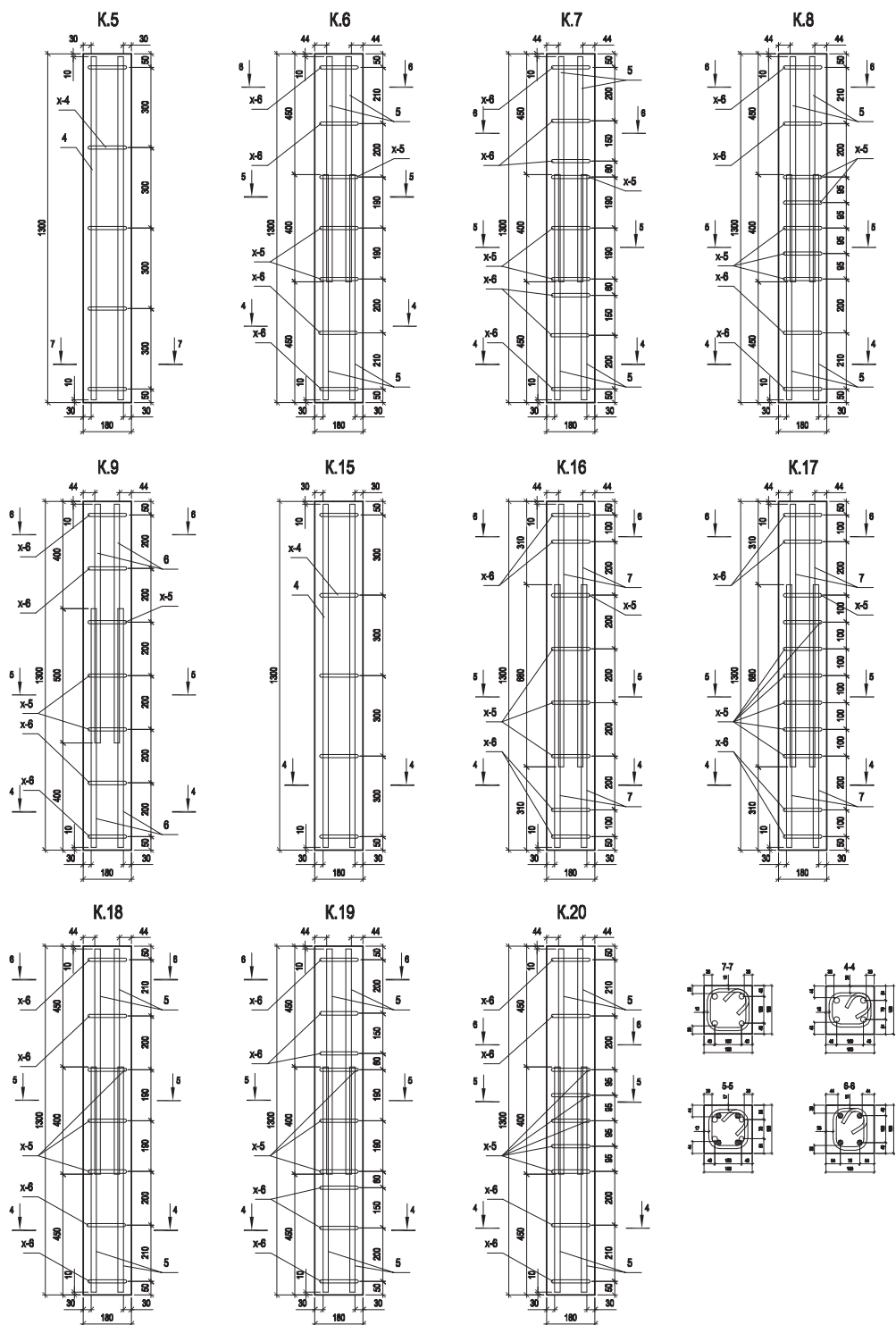


Рис. 2. Конструктивные решения серий опытных образцов с арматурой диаметром 20 мм
Fig. 2. Structural solutions of series of test samples with 20 mm diameter reinforcement



Рис. 3. Общий вид испытаний опытных образцов
Fig. 3. General view of testing the samples

Как показал сравнительный анализ, в зависимости от конструктивного решения образца значения разрушающих нагрузок для исследованных образцов с нахлесточными стыками арматуры могут быть как ниже в среднем на 4 %, чем для образцов без стыков, так и выше них на 2–3 % (рис. 4–7).

По результатам испытаний образцы с длиной нахлестки арматуры, отвечающей минимально допустимому значению по конструктивным требованиям, равному $20d$, в большинстве случаев показали прочность, идентичную эталонному образцу в группе. При этом образцы со сгущением шага поперечной арматуры по длине нахлеста показали наименьшие значения несущей способности, которые ниже на 2–14 % по сравнению с эталонными образцами как при минимальной длине нахлеста, так и при увеличенной.

Также анализ результатов испытаний показал, что установка дополнительных хомутов за длиной нахлеста сжатой арматуры на расстоянии $2,5–3d$ не оказала влияния на несущую способность опытных образцов.

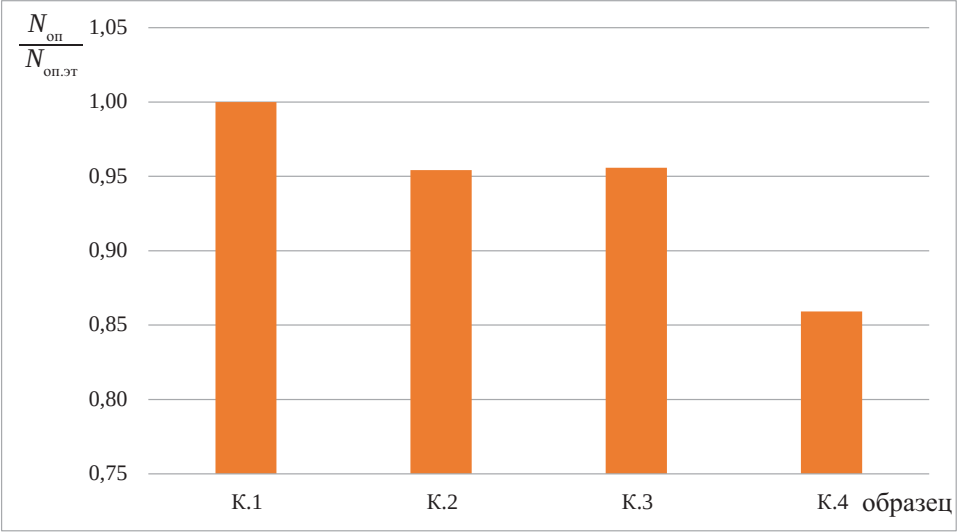


Рис. 4. Соотношение опытных значений разрушающих нагрузок образцов к разрушающей нагрузке эталонного образца группы 1 (K.1–K.4)

Fig. 4. Ratio of experimental failure loads of samples to the failure load of the reference sample of group 1 (K.1–K.4)

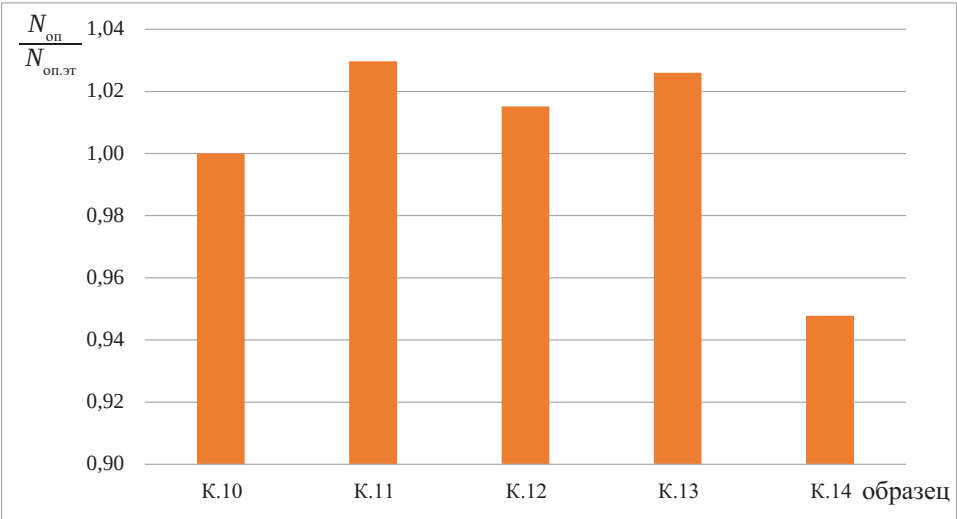


Рис. 5. Соотношение опытных значений разрушающих нагрузок образцов к разрушающей нагрузке эталонного образца группы 2 (K.10–K.14)

Fig. 5. Ratio of experimental failure loads of samples to the failure load of the reference sample of group 2 (K.10–K.14)

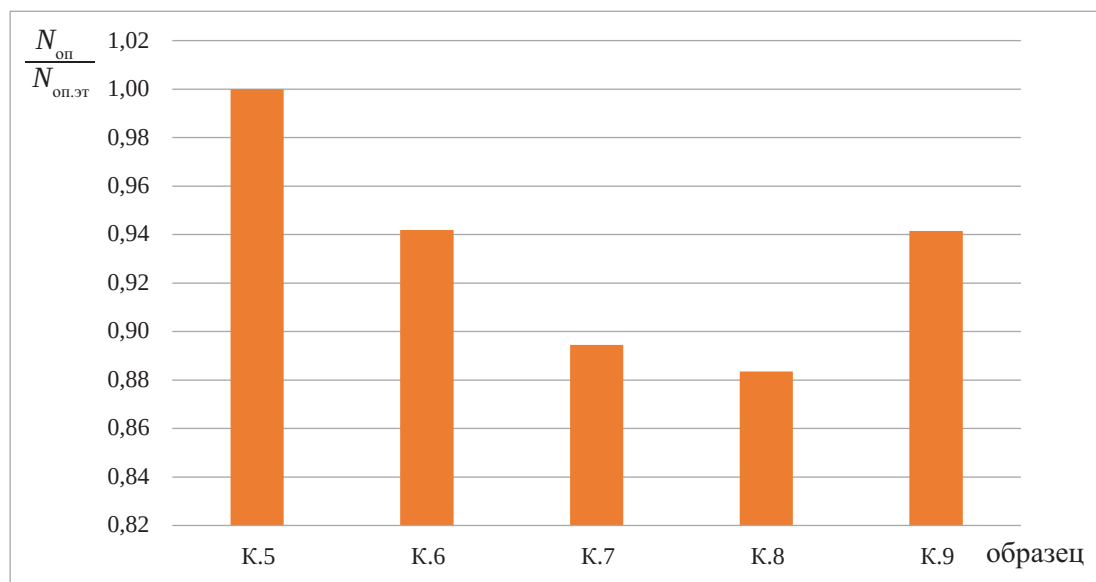


Рис. 6. Соотношение опытных значений разрушающих нагрузок образцов к разрушающей нагрузке эталонного образца группы 3 (K.5–K.9)

Fig. 6. Ratio of experimental failure loads of samples to the failure load of the reference sample of group 3 (K.5–K.9)

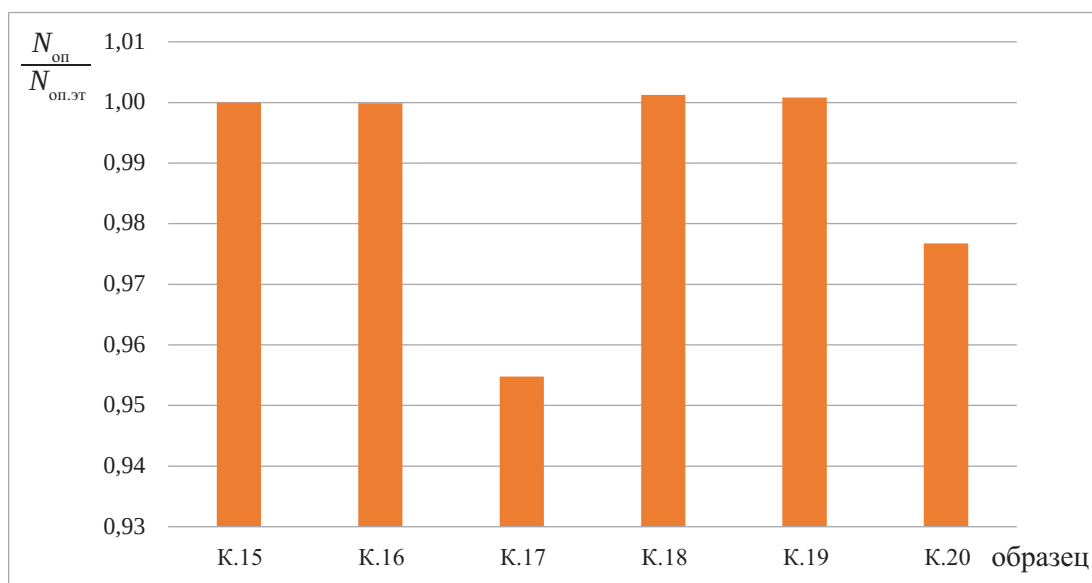


Рис. 7. Соотношение опытных значений разрушающих нагрузок образцов к разрушающей нагрузке эталонного образца группы 4 (K.15–K.20)

Fig. 7. Ratio of experimental failure loads of samples to the failure load of the reference sample of group 4 (K.15–K.20)

Выводы

На основании проведенного анализа нормативно-технической документации установлено, что ввиду недостаточной изученности вопроса в действующей нормативной базе требования по назначению длины нахлестки сжатой арматуры в одном расчетном сечении не имеют достаточного обоснования и приняты с некоторой осторожностью, что приводит к повышенному расходу арматуры.

В связи с этим были проведены дополнительные экспериментальные исследования прочности сжатых железобетонных конструкций с нахлесточными соединениями, расположенными в одном сечении. По результатам экспериментальных исследований установлен характер разрушения, определены разрушающие нагрузки, установлена схема трещинообразования, определены деформации укорочения образцов, а также получены данные по тензометрии для дальнейшей обработки и анализа. Разрушение для всех опытных образцов происходило за пределами нахлесточного соединения.

Анализ опытных данных показал, что в зависимости от конструктивного решения образца значения разрушающих нагрузок для исследованных образцов с нахлесточными стыками арматуры могут быть как ниже в среднем на 4 %, чем для образцов без стыков, так и выше них на 2–3 %. При этом образцы с длиной нахлестки арматуры, отвечающей минимально допустимому значению по конструктивным требованиям, равному $20d$, в большинстве случаев показали прочность, идентичную образцам без нахлесточного соединения сжатой арматуры.

Список литературы

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения (с Изменением № 1) [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/554403082>
2. EN 1992-1-1. Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1: General rules and rules for buildings [internet]. Available at: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1992.1.1.2004.pdf>.
3. CEB-FIB Model Code 1990: Design Code; 1993. <https://doi.org/10.1680/ceb-fipmc1990.35430>
4. ACI 318-19. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (Reapproved 2022). American Concrete Institute; 2019. <https://doi.org/10.14359/51716937>
5. DIN 1045-1:2008-08. Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Planung, Bemessung und Konstruktion. <https://doi.org/10.31030/3446676>
6. FIB Model Code for Concrete Structure 2010; 2013. <https://doi.org/10.1002/9783433604090>
7. Cairns J., Balázs G.L., Cairns J., Eligehausen R., Lettow S., Metelli G., et al. *fib Bulletin 72. Bond and anchorage of embedded reinforcement: Background to the fib Model Code for Concrete Structures 2010; 2014 May.* <http://doi.org/10.35789/fib.bull.0072>
8. Cairns J.W. The Strength of lapped joints in reinforced concrete columns [PhD thesis]. The University of Glasgo; 1976.
9. Cairns J. Bond Strength of Compression Splices: A Reevaluation of Test Data. ACI Journal Proceedings. 1985;82(4):510–516. <https://doi.org/10.14359/10363>
10. Pfister J.F., Mattock A.H. High Strength Bars as Concrete Reinforcement, Part 5: Lapped Splices in Concentrically Loaded Columns. Journal. PCA Research and Development Laboratories. 1963;5(2):27–40.
11. Зенин С.А., Сычев К.Д. К назначению длины нахлесточных соединений сжатой арматуры в одном расчетном сечении железобетонных элементов. Бетон и железобетон. 2024;623(4):18–28. [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-4\(623\)-18-28](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-4(623)-18-28)

References

1. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions (with Change No. 1) [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/554403082>. (In Russian).
2. EN 1992-1-1. Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1: General rules and rules for buildings [internet]. Available at: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1992.1.1.2004.pdf>.
3. CEB-FIB Model Code 1990: Design Code; 1993. <https://doi.org/10.1680/ceb-fipmc1990.35430>
4. ACI 318-19. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (Reapproved 2022). American Concrete Institute; 2019. <https://doi.org/10.14359/51716937>
5. DIN 1045-1:2008-08. Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Planung, Bemessung und Konstruktion. <https://doi.org/10.31030/3446676>
6. FIB Model Code for Concrete Structure 2010; 2013. <https://doi.org/10.1002/9783433604090>
7. Cairns J., Balázs G.L., Cairns J., Elgehausen R., Lettow S., Metelli G., et al. fib Bulletin 72. Bond and anchorage of embedded reinforcement: Background to the fib Model Code for Concrete Structures 2010; 2014 May. <http://doi.org/10.35789/fib.bull.0072>
8. Cairns J.W. The Strength of lapped joints in reinforced concrete columns [PhD thesis]. The University of Glasgow; 1976.
9. Cairns J. Bond Strength of Compression Splices: A Reevaluation of Test Data. ACI Journal Proceedings. 1985;82(4):510–516. <https://doi.org/10.14359/10363>
10. Pfister J.F., Mattock A.H. High Strength Bars as Concrete Reinforcement, Part 5: Lapped Splices in Concentrically Loaded Columns. Journal. PCA Research and Development Laboratories. 1963;5(2):27–40.
11. Zenin S.A., Sychev K.D. To assign the length of overlapping joints of compressed reinforcement in one design section of reinforced concrete elements. Beton i Zhelezobeton = Concrete and Reinforced Concrete. 2024;623(4):18–28. (In Russian). [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-4\(623\)-18-28](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-4(623)-18-28)

Информация об авторах / Information about the authors

Сергей Алексеевич Зенин , канд. техн. наук, заведующий лабораторией теории железобетона и конструктивных систем, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: lab01@mail.ru

Sergei A. Zenin , Cand. Sci. (Engineering), Head of the Laboratory of Reinforced Concrete Structures and Structural Systems, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: lab01@mail.ru

Константин Львович Кудяков, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории коррозии и долговечности бетонных и ж/б конструкций, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»; доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций, НИУ МГСУ, Москва

Konstantin L. Kudyakov, Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher, Laboratory of Corrosion and Durability, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction; Associate Professor, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow

Константин Денисович Сычев, аспирант, АО «НИЦ «Строительство»; главный специалист-конструктор, ООО «Проектное бюро АПЕКС», Москва

Konstantin D. Sychev, Graduate Student, JSC Research Center of Construction; Chief Design Specialist, LLC APEX Design Bureau, Moscow

 Автор, ответственный за переписку / Corresponding author