

С.А. ЗЕНИН

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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ОБЖИМНЫМИ МУФТОВЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ АРМАТУРЫ

Аннотация

Введение. Как было указано в первой части статьи, опубликованной в журнале «Промышленное и гражданское строительство» (№ 12, 2023), актуальность работы обусловлена возросшим объемом применения муфтовых соединений продольной арматуры в железобетонных конструкциях. Проведенный анализ отечественной и зарубежной нормативно-технической базы показал, что имеется возможность для оптимизации муфтовых соединений в части устройства их разбежки. В указанной работе были описаны опытные образцы для проведения экспериментальных исследований по оценке влияния различных конструктивных решений разбежки муфтовых соединений растянутой арматуры на прочность нормальных сечений изгибаемых элементов. В настоящей статье выполнен анализ полученных опытных данных по прочности и предложены соответствующие рекомендации по проектированию изгибаемых железобетонных конструкций с муфтовыми соединениями.

Цель. Совершенствование системы градостроительной деятельности в части уточнения и дополнения действующих нормативных документов по проектированию железобетонных конструкций.

Материалы и методы. Исследования проводились с учетом современных требований, а также анализа результатов собственных экспериментов.

Результаты. Результатом работы является проведенный анализ полученных экспериментальных данных для изгибаемых железобетонных балок с муфтовыми соединениями растянутой арматуры. На основании анализа сформированы рекомендации по оптимизации конструктивных решений, уточнению требований входного контроля муфт.

Выводы. Учитывая, что в целом по результатам работы получена достаточно хорошая сходимость опытных и теоретических результатов, можно допустить пониженную величину разбежки муфтовых соединений для отдельных видов несущих железобетонных конструкций. Также выявлена необходимость ужесточения входного контроля соединительных муфт с целью обнаружения дефектов. Кроме того, отмечена необходимость проведения дальнейших исследований по данному вопросу.

Ключевые слова: железобетон, конструкции, прочность, муфтовое соединение арматуры, разбежка

Для цитирования: Зенин С.А. Экспериментальные исследования прочности изгибаемых железобетонных элементов с обжимными муфтовыми соединениями арматуры // *Бетон и железобетон*. 2024. № 3 (622). С. 5–12. DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-3\(622\)-5-12](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-3(622)-5-12)

Вклад автора

Автор берет на себя ответственность за все аспекты работы над статьей.

Финансирование

Финансирование НИОКР осуществлялось в рамках реализации программы прикладных научных исследований на 2023 год, утвержденной Минстроем России.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 16.07.2024

Поступила после рецензирования 29.07.2024

Принята к публикации 01.08.2024

S.A. ZENIN

Research 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

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE STRENGTH OF BENT REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH CRIMP COUPLINGS OF REINFORCEMENT

Abstract

Introduction. As indicated in the first part of the article published in the Industrial and Civil Engineering journal (No. 12, 2023), the relevance of the work is due to the increased volume of use of longitudinal reinforcement couplings in reinforced concrete structures. The analysis of the domestic and foreign regulatory and technical base has shown that there is an opportunity to optimize coupling connections in terms of arrangement of their spacing. In that work, prototypes were described for conducting experimental studies to assess the effect of various design solutions for the spacing of coupling joints of stretched reinforcement on the strength of normal sections of bent elements. This article analyzes the experimental strength data obtained and offers appropriate recommendations for the design of bent reinforced concrete structures with coupling joints.

Aim. Improvement of the urban planning system in terms of clarifying and supplementing of existing regulatory documents on the design of reinforced concrete structures.

Materials and methods. The research was carried out taking into account modern requirements, as well as the analysis of the results of their own experiments.

Results. The result of the work is an analysis of the experimental data obtained for bent reinforced concrete beams with coupling joints of stretched reinforcement. Based on the analysis, recommendations have been formed to optimize design solutions and clarify the requirements for the input control of couplings.

Conclusions. Considering that, in general, according to the results of the work, a fairly good convergence of experimental and theoretical results has been obtained, it is possible to assume a reduced value of coupling spacing for certain types of load-bearing reinforced concrete structures. The need to tighten the input control of couplings in order to detect defects has also been identified. In addition, the need for further research on this issue was noted.

Keywords: reinforced concrete, structures, strength, reinforcement coupling spacing, the distance between the rebar joints

For citation: Zenin S.A. Experimental studies of the strength of bent reinforced concrete elements with crimp couplings of reinforcement. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2024, no. 3 (622), pp. 5–12. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-3\(622\)-5-12](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-3(622)-5-12)

Author contribution statement

The author takes responsibility for all aspects of the paper.

Funding

R&D financing was carried out under the implementation of the program of applied scientific research for 2023, approved by the Ministry of Construction of the Russian Federation.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Received 16.07.2024

Revised 29.07.2024

Accepted 01.08.2024

Введение

Как было указано в первой части статьи [1], актуальность работы обусловлена возросшим объемом применения муфтовых соединений продольной арматуры в железобетонных конструкциях. Проведенный анализ отечественной и зарубежной нормативно-технической базы показал, что имеется возможность для оптимизации муфтовых соединений в части устройства их разбежки. В работе [1] были описаны опытные образцы для проведения экспериментальных исследований по оценке влияния различных конструктивных решений разбежки муфтовых соединений растянутой арматуры на прочность нормальных сечений изгибаемых элементов. В настоящей статье выполнен анализ полученных опытных данных и предложены соответствующие рекомендации по проектированию изгибаемых железобетонных конструкций с муфтовыми соединениями.

Целью работы является совершенствование системы градостроительной деятельности в части уточнения и дополнения действующих нормативных документов по проектированию железобетонных конструкций.

Материалы и методы

Исследования проводились с учетом современных требований, а также анализа результатов собственных экспериментов.

Результаты

В 2023 году в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева была выполнена работа по исследованию влияния разбежки обжимных муфтовых соединений арматуры на прочность нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов. В рамках данной работы были проведены экспериментальные исследования по данному вопросу. Всего было подготовлено и испытано 24 опытных образца, которые были поделены на две серии – с растянутой арматурой диаметром 25 мм и диаметром 32 мм (серии Б.25 и Б.32 соответственно). В каждой серии предусмотрены образцы без муфт (базовые образцы) и образцы с различной разбежкой муфтовых соединений. Детально конструктивные решения образцов, а также методика испытания приведены в первой части статьи [1]. Ниже приведен анализ полученных результатов опытных исследований.

Серия Б.25

Проведенные испытания опытных образцов серии Б.25 показали, что характер разрушения для всех образцов соответствует ожидаемому (по нормальному сечению). В табл. 1 приведены основные данные опытных образцов, а также выполнен сравнительный анализ опытных и теоретических значений несущей способности по нормальному сечению. Значительных отклонений в сериях между образцами-близнецами в данной серии не выявлено.

Таблица 1
Table 1

Основные данные и сравнение результатов испытаний опытных образцов серии Б.25 по прочности
Basic data and comparison of test results of prototypes of the B.25 series in strength

№ п/п	Шифр образца	Размеры поперечного сечения в пролете, мм		Разбежка муфт, мм	Пролет, l, мм	R_m , МПа	σ_T , МПа	A_s' , мм ²	A_s , мм ²	a, мм	a', мм	h_0 , мм	$m_{осн'}$, кг	$m_{обр'}$, кг	$P_{осн'}$, кН	$M_{осн'}$, кНм	M_T , кНм	$\frac{M_T}{M_{осн}}$	$M_{осн,ср'}$, кНм	$M_{T,ср'}$, кНм	$\frac{M_{T,ср'}}{M_{осн,ср'}}$
		b	h																		
1	Б.25.0.1	239	402	—	2850	43	571,4	157	982	53	42	349	3,14	7,18	537	191,56	179,4	0,94	189,93	179,60	0,95
2	Б.25.0.2	239	403	—	2850	43	571,4	157	982	53	46	350	3,14	7,18	544	194,01	180	0,93			
3	Б.25.0.3	238	402	—	2850	43	571,4	157	982	53	43	349	3,14	7,18	516	184,21	179,4	0,97			
4	Б.25.19.1	238	401	190	2850	43	571,4	157	982	53	42	348	3,14	7,18	497	177,56	178,8	1,01	179,43	178,90	1,00
5	Б.25.19.2	242	403	190	2850	43	571,4	157	982	53	34	350	3,14	7,18	503	179,66	180,2	1,00			
6	Б.25.19.3	238	399	190	2850	43	571,4	157	982	53	38	346	3,14	7,18	507	181,06	177,7	0,98			
7	Б.25.62.1	238	397	625	2850	43	571,4	157	982	53	35	344	3,14	7,18	530	189,11	176,6	0,93	187,13	177,70	0,95
8	Б.25.62.2	238	397	625	2850	43	571,4	157	982	53	45	344	3,14	7,18	521	185,96	176,6	0,95			
9	Б.25.62.3	237	403	625	2850	43	571,4	157	982	53	42	350	3,14	7,18	522	186,31	179,9	0,97			
10	Б.25.125.1	240	401	1250	2850	43	571,4	157	982	53	41	348	3,14	7,18	522	186,31	178,9	0,96	184,33	180,23	0,98
11	Б.25.125.2	239	406	1250	2850	43	571,4	157	982	53	48	353	3,14	7,18	513	183,16	181,7	0,99			
12	Б.25.125.3	240	403	1250	2850	43	571,4	157	982	53	40	350	3,14	7,18	514	183,51	180,1	0,98			

Примечания:

R_m – средняя кубиковая прочность бетона;

σ_T – предел текучести продольной растянутой арматуры;

A_s, A_s' – площадь растянутой и сжатой арматуры соответственно;

$m_{осн}$ – масса оснастки;

$m_{обр}$ – масса опытного образца;

a, a' – толщина защитного слоя бетона у растянутой и сжатой граней соответственно;

h_0 – рабочая высота сечения;

$P_{оп}$ – опытная разрушающая нагрузка;

$M_{оп}$ – изгибающий момент в нормальном сечении от опытной разрушающей нагрузки;

M_T – теоретический предельный изгибающий момент в нормальном сечении.

Сравнительный анализ опытных образцов показал, что значения разрушающих нагрузок для соответствующих близнецов в сериях близки, разница практически отсутствует и составляет не более 5 %. Схема разрушения всех образцов была одинаковой – по раздроблению бетона в сжатой зоне. При достижении нагрузки порядка 90–95 % от разрушающей в арматуре развивались пластические деформации с образованием продольных трещин в растянутой зоне в местах расположения муфт. При этом ввиду конструктивной особенности всех образцов, заключающейся в отсутствии поперечной арматуры в зоне чистого изгиба, разрушение образцов заканчивалось выпучиванием арматуры в сжатой зоне их поперечного сечения.

Для выполнения сравнительного анализа величин изгибающих моментов от разрушающих нагрузок были определены теоретические значения предельных изгибающих моментов согласно СП 63.13330.2018 [2] по фактическим характеристикам материалов. Для сечений образцов с муфтовыми соединениями (серии Б.25.19, Б.25.62 и Б.25.125) предельные значения моментов определялись по характеристикам соединяемой арматуры.

Отклонение значений изгибающих моментов при разрушении от теоретических значений моментов при малых значениях разбежки муфтовых соединений, равных длине муфты (Серия Б.25.19), не превышает 2 %. Для образцов с увеличенной длиной разбежки, равной половине длины нахлеста (серии Б.25.62), отклонения разрушающих моментов от теоретических значений несколько больше и составляют 3–5 % в большую сторону. Образцы серии Б.25.125 с разбежкой муфт, равной длине нахлеста в соответствии с [2], показали, что опытные значения изгибающих моментов при разрушении выше соответствующих

теоретических значений на 1–4 %. Также можно отметить, что для базовых образцов серии Б.25.0 (без муфт) теоретические значения изгибающих моментов ниже опытных в среднем на 5 %.

В целом по результатам проведенных испытаний образцов можно увидеть весьма хорошую сходимость между опытными результатами для всех образцов и результатами теоретических расчетов, выполненных по методике [2]. Снижение величины разбежки муфтовых соединений растянутой арматуры с величины, требуемой нормами [2] и равной длине нахлеста, до величины, равной длине муфты, практически не оказало влияния на несущую способность нормальных сечений изгибаемых элементов. Разница между разрушающими нагрузками по всем образцам серии не превышает 9 %. Средние теоретические значения соответствующих несущих способностей по нормальному сечению, полученные для экспериментальных образцов, не превышают опытных значений, разница составляет в среднем около 3 % (рис. 1).

Величина отклонения значений разрушающих изгибающих моментов образцов с муфтовыми соединениями от базовых образцов без муфт составляет от 1 до 6 % в меньшую сторону (рис. 2). При этом образцы с наименьшей разбежкой Б.25.19 показали наибольшее снижение – 6 %, а образцы с разбежкой, равной длине нахлеста и ее половине (Б.25.125 и Б.25.62 соответственно), показали значения, в целом соответствующие базовым образцам. Таким образом, для рассмотренных образцов серии Б.25 в целом практически не наблюдается тенденция по снижению несущей способности нормальных сечений образцов с муфтовыми соединениями. При этом величина этого снижения крайне невысокая и сопоставима с погрешностью расчетов и измерений.

По результатам испытаний образцов серии Б.25

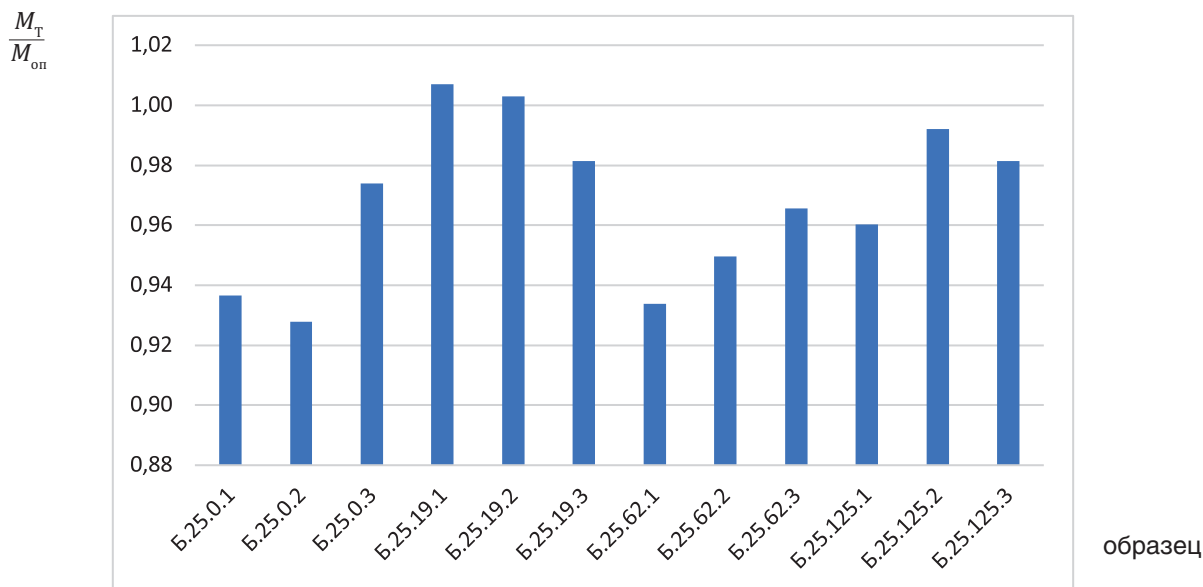


Рис. 1. Соотношение теоретического изгибающего момента к опытному для образцов серии Б.25
Fig. 1. The ratio of the theoretical bending moment to the experimental one for samples of the B.25 series

можно сказать, что при сохранении равнопрочности обжимных муфтовых соединений растянутой арматуры величина их разбежки практически не оказывает влияние на прочность нормального сечения изгибаемого элемента.

Серия Б.32

Проведенные испытания опытных образцов серии Б.32 так же, как и образцов серии Б.25, показали, что характер разрушения для всех образцов соответствует ожидаемому и получен по нормальному сечению. В табл. 2 приведены основные данные опытных образцов, а также выполнен сравнительный анализ опытных и теоретических значений несущей способности по нормальному сечению.

Следует отметить, что при испытаниях одного из образцов серии Б.32.24 было получено пониженное значение разрушающей нагрузки (образец Б.32.24.2). Причины такого отклонения разобраны ниже, поэтому в табл. 2 приведен анализ результатов испытаний по прочности за исключением данного образца, так как изначально для таких случаев в серии предусмотрено по три образца-близнеца.

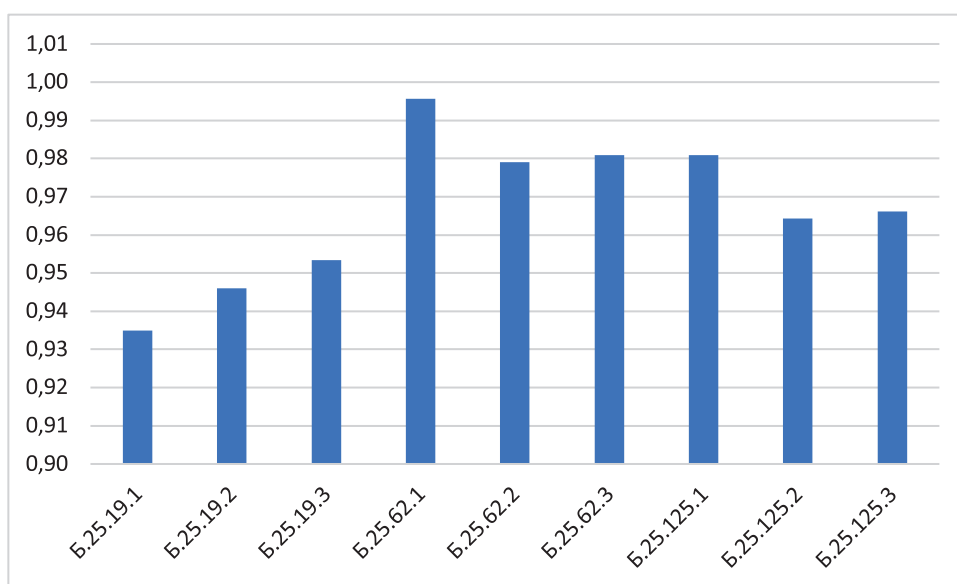
Сравнительный анализ опытных образцов показал, что значения разрушающих нагрузок для соответствующих близнецов в сериях близки, разница составляет не более 16 % (табл. 2). Схема разрушения всех образцов была одинаковой – по раздроблению бетона в сжатой зоне. Исключение при разрушении составляет только образец Б.32.24.2, для которого разрушение произошло ранее ожидаемого при нагрузке ниже теоретического значения на 16 %. Анализ образца показал, что причиной разрушения послужил разрыв муфты (рис. 3).

Следует отметить, что контрольные образцы муфтовых соединений прошли соответствующие проверки прочности и деформативности согласно ГОСТ 34227-2017 [3] и разрушение в них произошло по арматуре. После испытания образца был вырезан фрагмент муфтового соединения с разрушенной муфтой, который был испытан на растяжение. Окончательное разрушение соединения прошло по трещине, образовавшейся в ней в процессе испытания опытного образца. Рассмотрение разрушенной муфты показало, что к ее раннему разрушению привел внутренний дефект в виде инородного включения, допущенный при производстве трубного проката. В связи с этим результаты испытаний данного образца были исключены из анализа по прочности.



Рис. 3. Разборка нижней грани опытного образца Б.32.24.1 с разрушенной муфтой
Fig. 3. Disassembly of the lower face of the Б.32.24.1 prototype with a destroyed coupling

$$\frac{M_{\text{оп}}}{M_{\text{Б.25.0}}}$$



образец

Рис. 2. Отклонение разрушающих изгибающих моментов образцов с различной разбежкой муфт к среднему значению разрушающего изгибающего момента образцов без муфт серии Б.25

Fig. 2. Deviation of the destructive bending moments of samples with different coupling spacing to the average value of the destructive bending moment of samples without couplings of the Б.25 series

Таблица 2
Table 2

Сравнение результатов испытаний опытных образцов серии Б.32 по прочности
Comparison of the test results of the Б.32 series prototypes in terms of strength

№ п/п	Шифр образца	Размеры поперечного сечения в пролете, мм		Разбежка муфт, мм	Пролет, l, мм	R_m , МПа	σ_T , МПа	A_s' , мм ²	A_s , мм ²	a, мм	a', мм	h_{0T} , мм	$m_{осн}$, кг	$m_{обр}$, кг	$P_{оп}$, кН	$M_{оп}$, кНм	M_T , кНм	$\frac{M_T}{M_{оп}}$	$M_{оп,ср}$, кНм	$M_{T,ср}$, кНм	$\frac{M_{T,ср}}{M_{оп,ср}}$
		b	h																		
1	Б.32.0.1	235	403	—	3200	43	591	628	1609	59	42	344	9,61	8	822	293,86	287,3	0,98	291,53	288,03	0,99
2	Б.32.0.2	235	403	—	3200	43	591	628	1609	59	39	344	9,61	8	817	292,11	287,3	0,98			
3	Б.32.0.3	238	405	—	3200	43	591	628	1609	59	41	346	9,61	8	807	288,61	289,5	1,00			
4	Б.32.24.1	246	399	240	3200	43	591	628	1609	60	41	339	9,61	8	783	280,21	283	1,01	287,56	281,45	0,98
5	Б.32.24.2	237	399	240	3200	43	591	628	1609	60	46	339	9,61	8	679	243,81	282,4	1,16			
6	Б.32.24.3	242	396	240	3200	43	591	628	1609	60	44	336	9,61	8	825	294,91	279,9	0,95			
7	Б.32.80.1	238	403	800	3200	43	591	628	1609	59	44	344	9,61	8	805	287,91	287,6	1,00	287,21	286,77	1,00
8	Б.32.80.2	244	397	800	3200	43	591	628	1609	59	46	338	9,61	8	796	284,76	282,3	0,99			
9	Б.32.80.3	243	407	800	3200	43	591	628	1609	60	43	347	9,61	8	808	288,96	290,4	1,00			
10	Б.32.155.1	238	405	1550	3200	43	591	628	1609	60	39	345	9,61	8	791	283,01	288,2	1,02	281,26	288,60	1,03
11	Б.32.155.2	238	405	1550	3200	43	591	628	1609	60	37	345	9,61	8	772	276,36	288,2	1,04			
12	Б.32.155.3	242	406	1550	3200	43	591	628	1609	60	39	346	9,61	8	795	284,41	289,4	1,02			

Примечания:

 R_m — средняя кубиковая прочность бетона;

 σ_T — предел текучести продольной растянутой арматуры;

 A_s, A_s' — площадь растянутой и сжатой арматуры соответственно;

 $m_{осн}$ — масса оснастки;

 $m_{обр}$ — масса опытного образца;

a, a' — толщина защитного слоя бетона у растянутой и сжатой граней соответственно;

 h_0 — рабочая высота сечения;

 $P_{оп}$ — опытная разрушающая нагрузка;

 $M_{оп}$ — изгибающий момент в нормальном сечении от опытной разрушающей нагрузки;

 M_T — теоретический предельный изгибающий момент в нормальном сечении.

Образец Б.32.24.2 из анализа исключен.

Значения разрушающих нагрузок для соответствующих близнецов в сериях с учетом отбраковки результата образца Б.32.24.2 близки, разница составляет не более 5 %. При достижении нагрузки порядка 90–95 % от разрушающей в арматуре остальных образцов развивались пластические деформации с образованием продольных трещин в растянутой зоне в местах расположения муфт. Как и в образцах серии Б.25, ввиду конструктивной особенности всех образцов, заключающейся в отсутствии поперечной арматуры в зоне чистого изгиба, разрушение образцов серии Б.32 заканчивалось выпучиванием арматуры в сжатой зоне их поперечного сечения.

Отклонение значений изгибающих моментов при разрушении от теоретических значений моментов при малых значениях разбежки муфтовых соединений, равных длине муфты (Серия Б.32.24), не превышает 5 %. Для образцов с увеличенной длиной разбежки, равной половине длине нахлеста (образцы серии Б.32.80), отклонения разрушающих моментов от теоретических значений практически отсутствуют. Образцы серии Б.32.155 с максимальной разбежкой муфт, равной длине нахлеста в соответствии с [2], показали, что опытные значения изгибающих моментов при разрушении немного ниже соответствующих теоретических значений — в среднем на 3 %. Также можно отметить, что для базовых образцов серии Б.32.0 (без муфтовых соединений) теоретические значения изгибающих моментов практически отвечают опытным значениям.

В целом по результатам проведенных испытаний образцов можно увидеть весьма хорошую сходимость между опытными результатами для всех образцов и результатами теоретических расчетов, выполненных по методике [2]. Снижение величины разбежки муфтовых соединений растянутой арматуры с величины, требуемой нормами [2] и равной длине нахлеста, до величины, равной длине муфты, практически не оказало влияния на несущую способность нормальных сечений изгибаемых элементов. Разница между разрушающими нагрузками не превышает 7 %. Средние теоретические значения соответствующих несущих способностей по нормальному сечению, полученные для экспериментальных образцов, в целом весьма близки к опытным значениям, разница практически отсутствует. Графически отклонения фактических изгибающих моментов при разрушении от теоретических представлены на рис. 4.

Величина среднего отклонения значений разрушающих изгибающих моментов образцов с муфтовыми соединениями от базовых образцов без муфт составляет от 1 до 4 % в меньшую сторону (рис. 5). При этом образцы с наименьшей и средней разбежкой (Б.32.24 и Б.32.80 соответственно) показали значения, в целом соответствующие базовым образцам, а образцы с разбежкой, равной длине нахлеста (Б.32.155), показали значения ниже базовых в среднем на 4 %. Таким образом, аналогично серии Б.25 для образцов серии Б.32 в целом отсутствует тенденция по

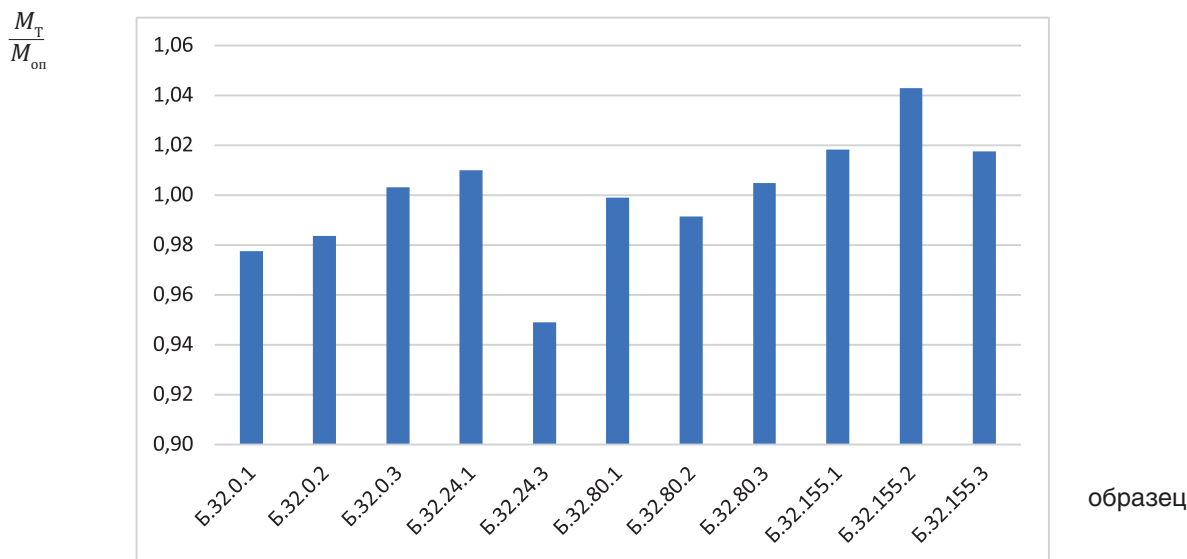


Рис. 4. Соотношение теоретического изгибающего момента к опытному для образцов серии Б.32
Fig. 4. The ratio of the theoretical bending moment to the experimental one for samples of the B.32 series

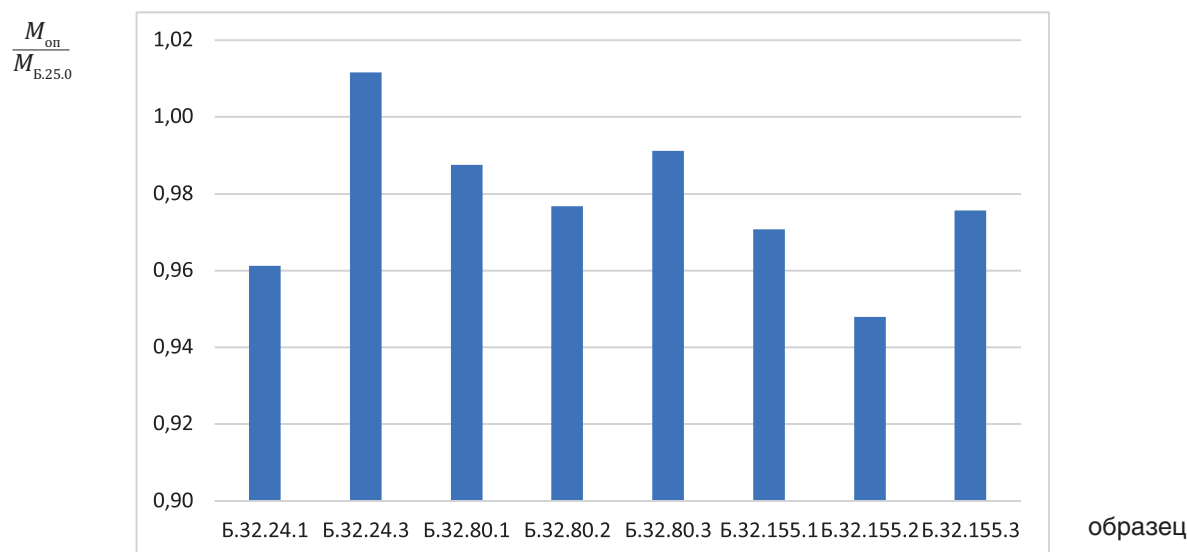


Рис. 5. Отклонение разрушающих изгибающих моментов образцов с различной разбежкой муфт к среднему значению разрушающего изгибающего момента образцов без муфт серии Б.32
Fig. 5. Deviation of the destructive bending moments of samples with different coupling spacing to the average value of the destructive bending moment of samples without couplings of the B.32 series

существенному снижению несущей способности нормальных сечений образцов с муфтовыми соединениями. Величина этого снижения крайне невысокая, составляет в среднем около 2 %, что сопоставимо с погрешностью расчетов и измерений.

По результатам испытаний образцов серии Б.32 можно сказать, что, как и для серии Б.25, при сохранении равнопрочности обжимных муфтовых соединений растянутой арматуры величина их разбежки практически не оказывает влияния на прочность нормального сечения изгибаемого элемента.

Выводы

Учитывая, что в целом по результатам работы получена достаточно хорошая сходимость опытных и теоретических результатов в части прочности нор-

мального сечения, можно допустить пониженную величину разбежки муфтовых соединений для растянутой арматуры в изгибаемых элементах. При этом представляется необходимым ввести ограничение на минимально допустимое значение разбежки, равной длине муфты. Для обжимных муфт эта величина должна учитывать удлинение муфты, получаемое после обжатия. С целью апробации данного решения его рекомендуется учесть в СП 430.1325800. 2018 [4].

В результате работы разрушение одного из опытных образцов произошло при нагрузке, не достигшей теоретического значения на 15 %, по причине разрыва муфты. При этом контрольные образцы муфтовых соединений, испытанные по ГОСТ 34227-2017 [3], показали достаточную прочность и деформативность.

После вырезания разрушенного муфтового соединения из опытного образца было установлено, что разрушение произошло по причине скрытого дефекта в муфте. В связи с этим в ГОСТ 34278-2017 [5] рекомендуется внести дополнительные мероприятия по ужесточению входного контроля соединительных муфт с целью обнаружения и выявления дефектов.

Одновременно следует отметить необходимость дальнейших исследований по данному вопросу, в частности по оценке влияния разбежки муфтовых соединений на прочность нормальных сечений центрально и внецентренно сжатых железобетонных элементов.

Список литературы

1. Зенин С.А., Кудин О.В., Кудяков К.Л., Хлебников С.К. Влияние разбежки обжимных муфтовых соединений на прочность сечений изгибаемых железобетонных элементов // *Промышленное и гражданское строительство*. 2023. № 12. С. 17–22. DOI: <https://doi.org/10.33622/0869-7019.2023.12.17-22>
2. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Москва: Стандартинформ, 2020.
3. ГОСТ 34227-2017. Соединения арматуры механические для железобетонных конструкций. Методы испытаний. Москва: Стандартинформ, 2017.
4. СП 430.1325800.2018. Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования. Москва: Стандартинформ, 2019.
5. ГОСТ 34278-2017. Соединения арматуры механические для железобетонных конструкций. технические условия. Москва: Стандартинформ, 2017.

References

1. Zenin S.A., Kudinov O.V., Kudakov K.L., Yurin E.Y., Khlebnikov S.K. The effect of the expansion of coupling joints on the strength of sections of bendable reinforced concrete elements. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo = Industrial and Civil Engineering*. 2023, no. 12, pp. 17–22. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.33622/0869-7019.2023.12.17-22>
2. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions. Moscow: Standartinform Publ., 2020. (In Russian).
3. State Standard 34227-2017. Mechanical reinforcement couplers for reinforced concrete structures. Test methods. Moscow: Standartinform Publ., 2017. (In Russian).
4. SP 430.1325800.2018. Monolithic structural systems. Design rules. Moscow: Standartinform Publ., 2019. (In Russian).
5. State Standard 34278-2017. Mechanical reinforcement couplers for reinforced concrete structures. Specifications. Moscow: Standartinform Publ., 2017. (In Russian).

Информация об авторе / Information about the author

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

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



Вышло в свет учебное пособие «Долговечность бетона».

Автор пособия – заведующий лабораторией коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», доктор технических наук, профессор, академик Российской инженерной академии, Почетный строитель России и г. Москвы, дважды лауреат премии Правительства РФ **Валентина Федоровна Степанова**.

В пособии приведена теория коррозии бетона и металла, рассматривается правильный подход к выбору строительных материалов, приготовлению бетона и железобетона, обеспечивающих требуемую долговечность конструкций. Даны основные признаки коррозии бетона в жидких агрессивных средах, механизм коррозии арматуры. Показаны способы повышения коррозионной стойкости бетона и обеспечения сохранности арматуры на стадии проектирования состава бетона в процессе приготовления и эксплуатации конструкций. Приведены математические модели коррозии бетона, позволяющие совершенствовать технологию получения бетонов повышенной долговечности.

Пособие ориентировано на студентов, обучающихся по направлению «Строительство», а также будет полезно всем специалистам, занимающимся изучением бетона и железобетона.