

ЕСТЬ МНЕНИЕ

УДК 691.3

[https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-3\(622\)-45-51](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-3(622)-45-51)

В.А. АЛЬШИН

ГБУ города Москвы «Центр экспертиз, исследований и испытаний в строительстве»,
пр-кт Рязанский, д. 13, г. Москва, 109052, Российская Федерация

ПЕРЕХОДНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ПРИ ИСПЫТАНИИ НА ИЗГИБ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ РАСТВОРОВ И МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ЦЕМЕНТОБЕТОНОВ

Аннотация

Введение. Существующие цементные растворы и мелкозернистые цементобетоны¹ имеют один и тот же состав, однако, согласно ГОСТ, данные материалы испытываются по разным методикам оценки физико-механических свойств, которые не находятся в гармоничном соответствии друг с другом. Данное разногласие в оценке свойств приводит в замешательство контролирующие органы, которые получают данные, противоречащие друг другу.

Во введении дано описание появления расхождений в оценке свойств мелкозернистого цементобетона и цементного раствора. Представлено изменение понятий определений между изначальной классификацией и современной.

Цель. Нахождение переходных коэффициентов при испытании на трехточечный и четырехточечный изгибы образцов для растворов и мелкозернистых цементобетонов с учетом геометрических размеров образцов.

Материалы и методы. Подготовка образцов цементобетона различных классов из материалов соответствующим требованиям ГОСТ, описание различий методов определения трехточечного и четырехточечного изгибов, расчет и изготовление дополнительных установок с учетом геометрических размеров образцов, проведение испытаний на изгиб согласно стандартным методикам и с использованием изготовленных установок, сохраняющих пропорцию значений с учетом масштаба образца, а также расчет переходных коэффициентов для каждого класса.

Результаты. Результаты исследования показали, что переходные коэффициенты имеют значительное влияние на обработку результатов и оценку прочностных

характеристик растворов и мелкозернистых цементобетонов и могут повлиять на точность полученных данных.

Выводы. Исследование позволяет лучше понять механические свойства растворов и цементобетонов при изгибе, что может быть полезно при проектировании, строительстве сооружений и контроле качества.

Ключевые слова: мелкозернистый цементобетон, цементный раствор, методы испытания, физико-механические свойства, переходные коэффициенты, прочность на изгиб, прочность на сжатие

Для цитирования: Альшин В.А. Переходные коэффициенты при испытании на изгиб образцов для растворов и мелкозернистых цементобетонов // *Бетон и железобетон*. 2024. № 3 (622). С. 45–51. DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-3\(622\)-45-51](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-3(622)-45-51)

Вклад автора

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

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 09.07.2024

Поступила после рецензирования 08.08.2024

Принята к публикации 15.08.2024

¹ В данной статье используется терминология ГОСТов, указанных в списке литературы, которая может отличаться от терминологии, принятой в СП.

V.A. ALSHIN

SBI of the city of Moscow "Center for Expertise, Research and Testing in Construction",
Ryazansky Ave., 13, Moscow, 109052, Russian Federation

TRANSITION COEFFICIENTS DURING BENDING TESTING OF SAMPLES FOR MORTARS AND FINE-GRAINED CEMENT CONCRETES

Abstract

Introduction. Existing cement mortars and fine-grained cement concretes have the same composition, however, according to State Standard, these materials are tested using different methods for evaluating physical and mechanical properties that are not in harmonious accordance with each other. This disagreement in the evaluation of properties confuses the regulatory authorities, which receive data that contradict each other. The introduction describes the appearance of discrepancies in the assessment of the properties of fine-grained cement concrete and cement mortar. A change in the concepts of definitions between the original classification and the modern one is presented.

Aim. Finding the transition coefficients when testing for three-point and four-point bending of samples of mortars and fine-grained cement concrete, taking into account the geometric dimensions of the samples.

Materials and methods. Preparation of cement concrete samples of various classes of materials conforming to State Standard requirements, description of differences in methods for determining three-point and four-point bending, calculation and manufacture of additional installations taking into account the geometric dimensions of the samples, conducting bending tests according to standard methods and using manufactured installations preserving the proportion of values taking into account the scale of the sample, as well as calculation of transition coefficients for each class.

Results. The results of the study showed that the transition coefficients have a significant impact on the processing of the results and the assessment of the strength characteristics of mortars and fine-grained cement concretes and may affect the accuracy of the data obtained.

Conclusions. The study provides a better understanding of the mechanical properties of mortars and cement concretes during bending, which can be useful in the design, construction of structures and quality control.

Keywords: fine-grained cement concrete, cement mortar, test methods, physical and mechanical properties, transition coefficients, bending and compressive strength

For citation: Alshin V.A. Transition coefficients during bending testing of samples for mortars and fine-grained cement concretes. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2024, no. 3 (622), pp. 45–51. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-3\(622\)-45-51](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-3(622)-45-51)

Author contribution statement

The author takes responsibility for all aspects of the paper.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Received 09.07.2024

Revised 08.08.2024

Accepted 15.08.2024

Введение

Цементобетон (Ц/Б) и цементный раствор (Ц/Р) по-прежнему остаются наиболее используемыми материалами в гражданском и транспортном строительстве. Изначально считалось, что цементобетон – это материал, состоящий из цемента (Ц), воды (В), мелкого заполнителя (зачастую используется песок (П)) и крупного заполнителя в виде щебня (Щ) или гравия (Г), а также различных добавок (Д) [1], состав же цементных растворов подразумевал содержание цемента, воды, песка и добавок. Из-за разницы максимального размера частиц определение физико-механических свойств происходило по разным методикам, поскольку размеры образцов существенно отличались между Ц/Б и Ц/Р.

Ц/Р используются для небольших по объему работ (кладочные, штукатурные, ремонтные и т. д.) или для создание тонких слоев (защитный слой, стяжка для пола и т. д.). Ц/Б же используется для возведение массивных сооружений или конструкций, обладающих несущей способностью, благодаря возможности бетонирования большого объема за счет наличия крупного заполнителя. Однако с ростом технологий и новыми видами изделий для строительства появилась необходимость использования Ц/Р в больших объемах (производство бортовых камней, бетонирование густоармированных конструкций и т. д.), таким образом Ц/Р в некоторых случаях стали называть «песчаный бетон» или «пескобетон», затем было принято официальное название в виде мелкозернистого бетона (мЦ/Б) в ГОСТ 26633-91 [2]. Несмотря на закрепление в стандартах нового «материала», методы испытания не были пересмотрены и приведены к согласованности друг с другом. Так появилось разногласие между реальной оценкой физико-механических свойств материала, если мы материал, состоящий из Ц, В, П и Д, называем Ц/Р, то мы должны испытывать его по стандартам для Ц/Р, если же мы говорим, что данный материал является мЦ/Б, тогда будут проводиться испытания для Ц/Б. Полученные данные для Ц/Р и мЦ/Б всегда будут противоречить друг другу, хотя материал имеет один и тот же состав.

Изначальная классификация:

Цементный раствор = Цемент + Вода + Мелкий заполнитель + Добавки.

Цементобетон = Цемент + Вода + Мелкий заполнитель + Крупный заполнитель + Добавки.

Современная классификация:

Цементный раствор = Цемент + Вода + Мелкий заполнитель + Добавки.

Мелкозернистый цементобетон = Цемент + Вода + Мелкий заполнитель + Добавки.

Тяжелый цементобетон = Цемент + Вода + Мелкий заполнитель + Крупный заполнитель + Добавки.

Методология состоит из четырех основных пунктов:

1. Расчет установки трехточечного изгиба на образец-призму размерами 10 × 10 × 40 см и установки четырехточечного изгиба на образец-призму (балочку²) размерами 4 × 4 × 16 см, изготовление установок в соответствии с расчетом.

2. Приготовление образцов-призм и балочек из мЦ/Б классов Вtb3,2 и Вtb4,8 в соответствии с заранее определенными пропорциями.

3. Определение физико-механических свойств: измерение прочности образцов на трех- и четырехточечный изгиб для образцов-призм и балочек.

4. Сравнение результатов испытаний и определение переходных коэффициентов.

Основная часть

Как уже было сказано ранее, состав Ц/Р и мЦ/Б в большинстве случаев является одинаковым (рис. 1), однако испытания по определению прочности на сжатие и изгиб для Ц/Р проводят согласно ГОСТ Р 58767-2019 [3] (пункт 4.15: Прочность раствора на растяжение при изгибе и сжатии определяют по ГОСТ 310.4-81 [4]), а для мЦ/Б по ГОСТ 10180-2012 [5]. Отличительной особенностью для мЦ/Б является определение класса по одной из схем (А, Б, В или Г) с учетом различных условий относительно конструкций и числа участков испытаний по ГОСТ 18105-2018 [6], в то время как нормативная документация на Ц/Р совершенно не регламентирует учет числа участков испытаний и коэффициент вариации при назначении класса. В данной работе будут рассмотрены особенности определения прочности на изгиб.

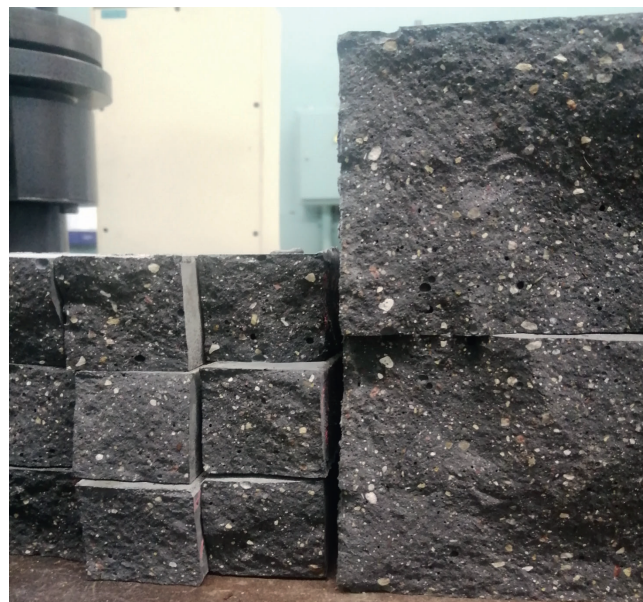


Рис. 1. Одинаковая структура и текстура цементного раствора и мелкозернистого цементобетона

Fig. 1. The same structure and texture of cement mortar and fine-grained cement concrete

² В данной работе для удобного восприятия между призмами разных размеров образец-призма размерами 4 × 4 × 16 см будет именоваться «балочкой».

Все вышесказанное приводит к тому, что прочность на изгиб определяется для Ц/Р через трехточечный изгиб (3Т), а для мЦ/Б через четырехточечный (4Т) (рис. 2).

Отличительной особенностью 4Т изгиба является наличие участка чистого изгиба (рис. 3). Поэтому при испытании на 3Т изгиб изгибающий момент будет выше, чем у 4Т, что зачастую приводит к более быстрому разрушению образца за счет более сфокусированного напряжения.

В рамках проведения экспериментальной части были рассчитаны и изготовлены установки для 3Т изгиба для призмы 10 × 10 × 40 см и 4Т для балочки 4 × 4 × 16 см (рис. 4), ориентированные на соответствие геометрическим параметрам согласно ГОСТ [3, 5].

Для проведения испытаний по определению прочности на изгиб были изготовлены 12 образцов-призм и 12 образцов-балочек проектного класса мЦ/Б Вtb3,2 и Вtb4,8 из следующих материалов:

- 1) Цемент – ЦЕМ II/A-Ш 42,5 Н;
- 2) Песок – кварцевый с модулем крупности 2,4;
- 3) Добавка – NMP-PCЕ 0807 (на основе поликарбосилатов);
- 4) Вода, соответствующая требованиям ГОСТ 23732-79 [7].

Задача экспериментальной части заключалась в нахождении масштабных коэффициентов между балочкой и призмой при однотипном изгибе, а после этого – в нахождении переходных коэффициентов между испытаниями. Для этого были проведены испытания на образцах, достигших проектного класса на 28 сутки.

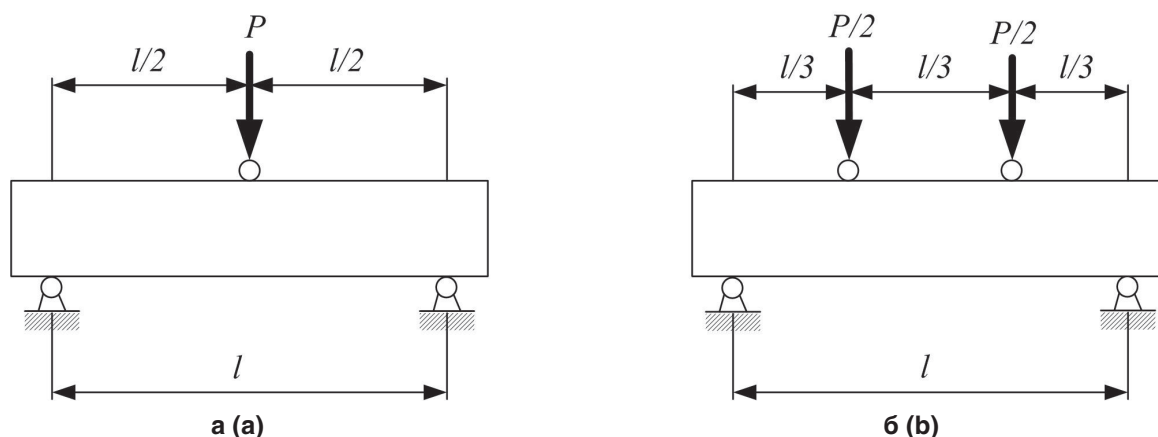


Рис. 2. а – схема испытания на трехточечный изгиб; б – схема испытания на четырехточечный изгиб
Fig. 2. a – three-point bending test scheme; b – four-point bending test scheme

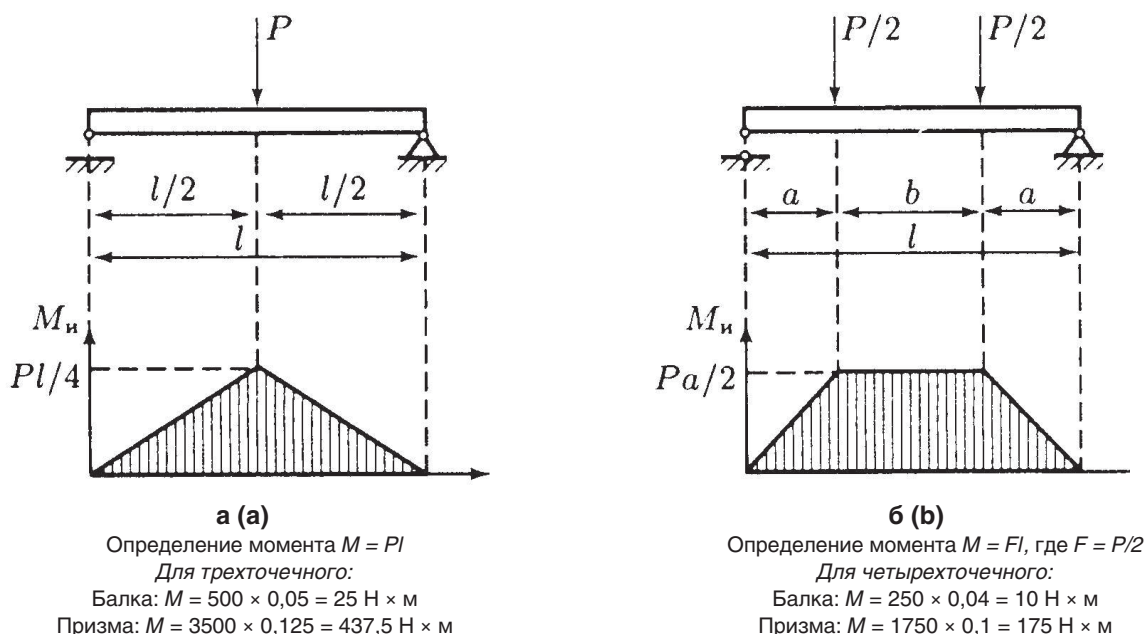


Рис. 3. Схема испытания на трехточечный изгиб (а) и схема испытания на четырехточечный изгиб (б) с эпюрами моментов и примерами их расчета
Fig. 3. The three-point bending test scheme (a) and the four-point bending test scheme (b) with diagrams of moments and examples of their calculation

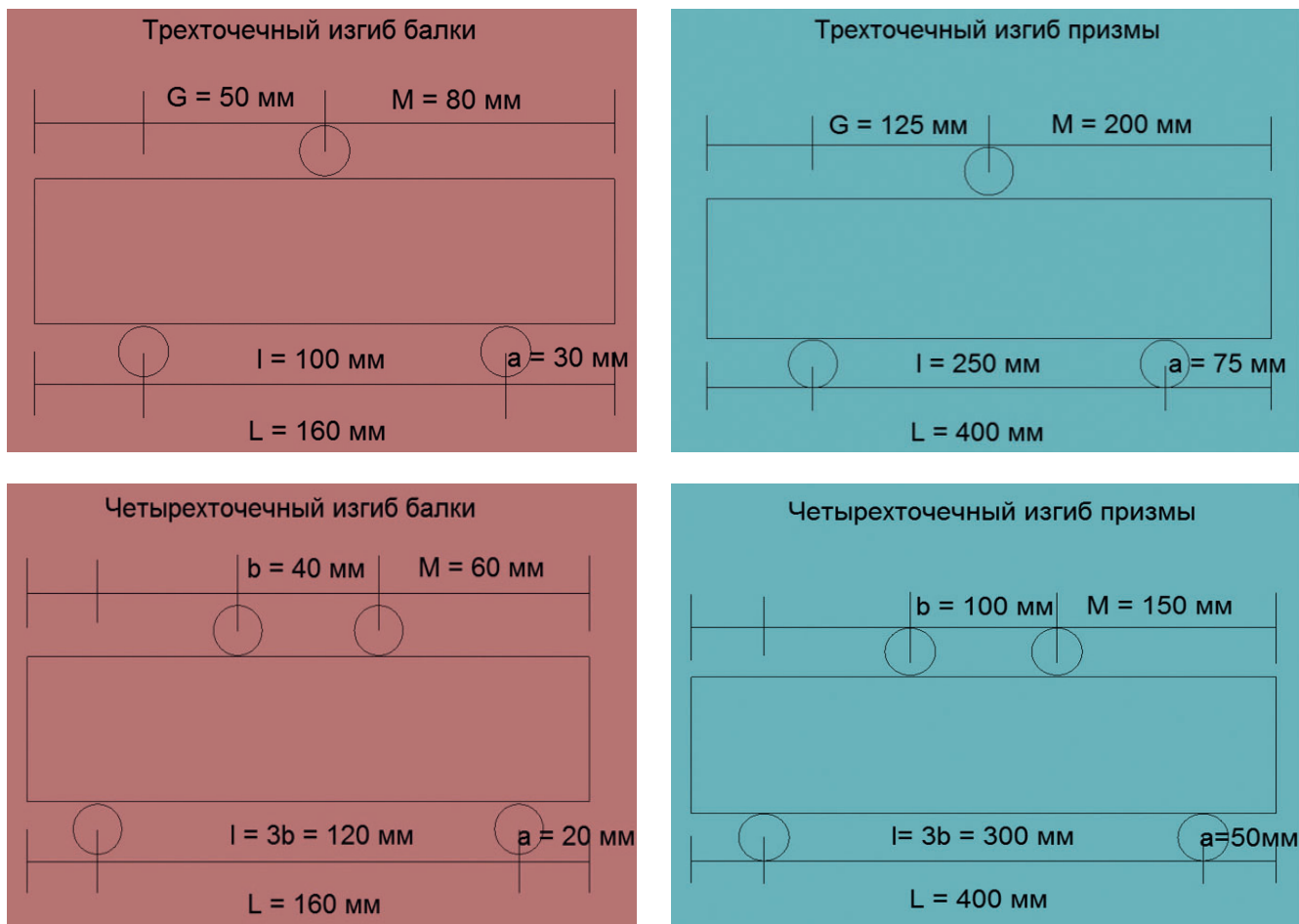


Рис. 4. Расчетные схемы установок для определения 3Т и 4Т изгибов балочки и призмы
 Fig. 4. Calculation schemes of installations for determining the three-point and four-point bending of the beam and prism

Таблица 1
 Table 1

Результаты испытаний призм и балочек на 3Т изгиб для составов Вtb3,2 и Вtb4,8
 The results of the tests of Vtb3,2 and Vtb4,8 compositions beams for the three-point bending

№	Наименование	Размеры образцов			Разрушающая нагрузка, кН	Прочность, МПа	Средняя прочность, МПа	Масштабный коэффициент, δ	Прочность с δ, МПа	Средняя прочность с δ, МПа
		a	b	l						
1	Балочка	4,0	4,0	10,0	3,34	7,84	8,07	0,47	3,68	3,81
2		4,0	4,0	10,0	3,57	8,36			3,93	
3		4,0	4,0	10,0	3,42	8,02			3,77	
4	Призма/Vtb3,2	10,0	10,0	25,0	10,60	3,98	4,11	0,92	3,66	3,78
5		10,0	10,0	25,0	11,30	4,24			3,90	
6*		10,0	10,0	25,0	5,60	2,10			1,93	
7	Балочка	4,0	4,0	10,0	5,26	12,33	13,01	0,396	4,88	5,15
8		4,0	4,0	10,0	6,38	14,95			5,92	
9		4,0	4,0	10,0	5,01	11,74			4,65	
10	Призма/Vtb4,8	10,0	10,0	25,0	15,35	5,76	5,61	0,92	5,30	5,17
11		10,0	10,0	25,0	14,55	5,46			5,02	
12		10,0	10,0	25,0	15,06	5,65			5,20	

* При испытании третьей серии образцов крепежное устройство на прессе сломалось, поэтому данные этой серии не учитываются в дальнейших расчетах.

Результаты

На созданной установке на 3Т изгиб для призмы были испытаны 3 серии образцов. Полученные средние значения испытаний серий приведены в табл. 1, на их основе был использован масштабный коэффициент δ по [5] для перехода к эталонному образцу-призме размерами 15 × 15 × 60 см.

Для завершения экспериментальной части и перехода к обработке данных были испытаны призмы и балочки на 4Т изгиб для составов Btb3,2 и Btb4,8 (табл. 2).

Обсуждение результатов

На основе проведенной экспериментальной части была сформирована итоговая табл. 3 с данными результатов на два проектных класса, из которой видно, что прочность цементного раствора без привязки к эталонному образцу в 2 и более раза выше, чем у мЦ/Б. На практике это приводит к существенным разногласиям в оценке свойств материала, поскольку методы проведения испытания и результаты их обработки не взаимосвязаны между собой.

Ситуация усугубляется внесением разногласий между четким разделением Ц/Р и мЦ/Б самими стандартами, в ГОСТ Р 70307-2022 [8] предлагается использовать переходные коэффициенты к образцам Ц/Р (балочка 4 × 4 × 16 см или куб с ребром 7 см) в пункте 9.1, а определение класса прочности с учетом этих коэффициентов осуществлять, как и для мЦ/Б, по ГОСТ 18105-2018 [6] по схеме Г в пункте 9.5. В некоторых стандартах и вовсе размытое понятие между Ц/Р и мЦ/Б, так, например, в ГОСТ 30740-2000 [9] в пункте 8.3 предлагается проводить испытания на образцах-балочках размером 160 × 40 × 40 мм из мелкозернистого бетона класса по прочности на растяжение при изгибе не ниже Btb6,4. Данная проблема присутствует во множестве стандартов и связана зачастую с непониманием того, есть ли действительно разница между Ц/Р и мЦ/Б.

Для предоставления возможности специалистам проводить реальную оценку испытываемого материала на основании проведенного исследования были рассчитаны переходные коэффициенты (табл. 4) между 3Т и 4Т изгибом с учетом формы и размеров образцов.

Таблица 2
Table 2

Результаты испытаний призм и балочек на 4Т изгиб для составов Btb3,2 и Btb4,8
The results of the tests of Btb3,2 and Btb4,8 compositions beams for the four-point bending

№	Наименование	Размеры образцов			Разрушающая нагрузка, кН	Прочность, МПа	Средняя прочность, МПа	Масштабный коэффициент, δ	Прочность с δ , МПа	Средняя прочность с δ , МПа
		a	b	l						
1	Балочка	4,0	4,0	12,0	4,13	7,80	8,47	0,467	3,64	3,95
2		4,0	4,0	12,0	4,78	9,00			4,20	
3		4,0	4,0	12,0	4,56	8,60			4,02	
4	Призма/Btb3,2	10,0	10,0	30,0	12,81	3,80	4,27	0,92	3,50	3,93
5		10,0	10,0	30,0	15,37	4,60			4,23	
6		10,0	10,0	30,0	14,60	4,40			4,05	
7	Балочка	4,0	4,0	12,0	8,45	15,80	15,43	0,4	6,32	6,17
8		4,0	4,0	12,0	7,98	15,00			6,00	
9		4,0	4,0	12,0	8,26	15,50			6,20	
10	Призма/Btb4,8	10,0	10,0	30,0	22,32	6,70	6,80	0,92	6,16	6,26
11		10,0	10,0	30,0	23,01	6,90			6,35	
12		10,0	10,0	30,0	22,66	6,80			6,26	

Таблица 3
Table 3

Итоговые результаты испытаний экспериментальной части
Final test results of the experimental part

№	Шифр класса	Метод испытания	Средняя прочность, МПа	Прочность с $\delta = 0,92$, МПа
1	Btb3,2	Трехточечный (балочка)	8,07	–
2		Четырехточечный (балочка)	8,47	–
3		Трехточечный (призма)	4,11	3,78
4		Четырехточечный (призма)	4,27	3,93
5	Btb4,8	Трехточечный (балочка)	13,01	–
6		Четырехточечный (балочка)	15,43	–
7		Трехточечный (призма)	5,61	5,16
8		Четырехточечный (призма)	6,80	6,26

**Таблица 4
Table 4**

**Переходные коэффициенты между испытаниями
Transition coefficients between tests**

№	Шифр класса	Метод испытания	Переходные коэффициенты между испытаниями			
			Трехточечный (балочка)	Четырехточечный (балочка)	Трехточечный (призма)	Четырехточечный (призма)
1	Btb3,2	Трехточечный (балочка)	1	1,04	0,51	0,53
2		Четырехточечный (балочка)	0,96	1	0,49	0,51
3		Трехточечный (призма)	1,96	2,04	1	1,05
4		Четырехточечный (призма)	1,88	1,95	0,96	1
5	Btb4,8	Трехточечный (балочка)	1	1,18	0,43	0,52
6		Четырехточечный (балочка)	0,84	1	0,36	0,44
7		Трехточечный (призма)	2,32	2,75	1	1,21
8		Четырехточечный (призма)	1,91	2,26	0,83	1

Заключение

В заключении стоит сказать, что, по мнению автора, необходимо привести Ц/Р и мЦ/Б к гармоничному соответствию друг с другом или объединить их в один материал и проводить контроль качества в соответствии с этим.

Список литературы

- ГОСТ 26633-85. Бетон тяжелый. Технические условия. Москва: Издательство стандартов, 1988.
- ГОСТ 26633-91. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2005.
- ГОСТ Р 58767-2019. Растворы строительные. Методы испытаний по контрольным образцам. Москва: Стандартинформ, 2020.
- ГОСТ 310.4-81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии. Москва: Издательство стандартов, 1981.
- ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Москва: Стандартинформ, 2013.
- ГОСТ 18105-2018. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. Москва: Стандартинформ, 2019.
- ГОСТ 23732-79. Вода для бетонов и растворов. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2009.
- ГОСТ Р 70307-2022. Бетоны мелкозернистые и растворы строительные. Методы определения прочности в тонкостенных и тонкослойных конструкциях. Москва: Российский институт стандартизации, 2022.
- ГОСТ 30740-2000. Материалы герметизирующие для швов аэродромных покрытий. Общие технические условия. Госстрой России, ГУП ЦПП, 2001.

References

- State Standard 26633-85. Heavy-weight concrete. Specifications. Moscow: Publishing House of Standards, 1988. (In Russian).
- State Standard 26633-91. Heavy-weight and sand concretes. Specifications. Moscow: Standartinform Publ., 2005. (In Russian).

- State Standard R 58767-2019. Mortars. Test methods using reference specimens. Moscow: Standartinform Publ., 2020. (In Russian).

- State Standard 310.4-81. Cements. Methods of bending and compression strength determination. Moscow: Publishing House of Standards, 1981. (In Russian).

- State Standard 10180-2012. Concretes. Methods for strength determination using reference specimens. Moscow: Standartinform Publ., 2013. (In Russian).

- State Standard 18105-2018. Concretes. Rules for control and assessment of strength. Moscow: Standartinform Publ., 2019. (In Russian).

- State Standard 23732-79. Water for concretes and mortars. Specifications. Moscow: Standartinform Publ., 2009. (In Russian).

- State Standard R 70307-2022. Fine-grained concrete and mortars. Methods for determining strength characteristics in thin-walled and thin-layer structures. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2022. (In Russian).

- State Standard 30740-2000. Sealing materials used in joints of aerodrome coats. General specifications. Federal Agency for Construction and Housing and Communal Services (Gosstroy), SUI Project Production Center, 2001. (In Russian).

**Информация об авторе /
Information about the author**

Владимир Алексеевич Альшин, инженер, отдел обследования и экспертиз несущих и ограждающих конструкций, ГБУ города Москвы «Центр экспертиз, исследований и испытаний в строительстве», Москва e-mail: alshin.v@mail.ru тел.: 8 (925) 914-92-49

Vladimir A. Alshin, Engineer, Department of Inspection and Examination of Load-Bearing and Enclosing Structures, SBI of the city of Moscow "Center for Expertise, Research and Testing in Construction", Moscow e-mail: alshin.v@mail.ru tel.: 8 (925) 914-92-49