



CONSTRUCTION AND GEOTECHNICS

Т. 11, № 4, 2020

<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2020.4.08

УДК 691.328

НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ 97-Й СЕРИИ

А.Б. Пономарев¹, Д.А. Татьянаников¹, С.А. Сазонова¹, В.П. Суетин²

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

²АО «СтройПанельКомплект», Пермь, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 01 октября 2020

Принята: 09 ноября 2020

Опубликована: 30 декабря 2020

Ключевые слова:

натурные испытания, плиты перекрытий, крупнопанельное домостроение, показатели прочности, жесткости и трещиностойкости, характер разрушения, прогибомеры, микроскоп МПБ.

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются объекты крупнопанельного домостроения, а именно плиты перекрытий. Ввиду того что существующее проектное решение по данным плитам было выполнено по старой нормативно-технической документации, для соблюдения требований современных нормативных документов в АО «СтройПанельКомплект» были предложены новые проектные решения для плит перекрытий 97-й серии. Основные конструктивные особенности плит после изменения проектных решений: увеличенная площадь сечения рабочей арматуры (с 6 до 8 мм), увеличенный защитный слой бетона до 25 мм. Поэтому перед началом массового изготовления данных плит АО «СтройПанельКомплект» совместно с кафедрой «Строительное производство и геотехника» ПНИПУ были проведены натурные испытания. Испытываемая плита ПЗ-6-501 является элементом перекрытий крупнопанельных жилых домов 97-й серии. Плита в здании опирается по четырем сторонам на внутренние и наружные стеновые панели, проектный класс бетона В15. Проектный класс рабочей арматуры А400. При испытаниях контролировались показатели, необходимые для оценки прочности, жесткости и трещиностойкости, а также характер разрушения, в том числе: значения нагрузок, вызывающих контролируемое предельное состояние; прогибы изделия; ширины раскрытия трещин. Для измерения прогибов применялись измерительные приборы и инструменты с ценой деления 0,01 мм, а именно прогибомеры 6ПАО. Для измерения ширины раскрытия трещин при проведении испытаний использовался микроскоп МПБ-2 с ценой деления 0,05 мм. Результаты проведенных испытаний изложены в настоящей статье.

© ПНИПУ

© Пономарев Андрей Будимирович – доктор технических наук, профессор, e-mail: spstf@pstu.ru. ORCID: 0000-0001-6521-9423.

Татьянаников Даниил Андреевич – кандидат технических наук, e-mail: danco777@mail.ru. ORCID: 0000-0002-9494-2546.

Сазонова Светлана Александровна – старший преподаватель, e-mail: feliks150@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6231-5214.

Суетин Виктор Петрович – генеральный директор АО «СтройПанельКомплект», e-mail: spk@spk.perm.ru.

Andrey B. Ponomarev – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: spstf@pstu.ru. ORCID: 0000-0001-6521-9423.

Daniil A. Tatiannikov – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: danco777@mail.ru. ORCID: 0000-0002-9494-2546.

Svetlana A. Sazonova – Senior Lecturer, e-mail: feliks150@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6231-5214.

Viktor P. Suetin – General Director, e-mail: spk@spk.perm.ru.

FULL-SCALE TESTS OF FLOOR SLABS OF LARGE-PANEL RESIDENTIAL BUILDINGS OF THE 97TH SERIES

A.B. Ponomarev¹, D.A. Tat'yannikov¹, S.A. Sazonova¹, V.P. Suetin²

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

²AO "StroyPanelKomplekt", Perm, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 01 October 2020
Accepted: 09 November 2020
Published: 30 December 2020

Keywords:

full-scale tests, floor slabs, large-panel residential buildings, indicators of strength, stiffness and crack resistance, nature of destruction, deflection meters, microscope MPB.

ABSTRACT

The authors consider objects of large-panel residential buildings, namely floor slabs, in this study. In view of the fact that the existing design of the slabs was carried out according to the old technical and regulatory documentation to comply with the requirements of modern regulatory documents «StroyPanelKomplekt» proposed new design solutions for the floor slabs of 97 series. The main design features of the slabs after the change in design solutions are: increased cross-sectional area of the working reinforcement (from 6 mm to 8 mm), increased concrete protective layer up to 25 mm. Therefore, before the start of mass production of these slabs, full-scale tests were carried out by «StroyPanelKomplekt» together with the department «Construction production and geotechnics» of PNRPU. The tested slab P3-6-501 is a floor element for large-panel residential buildings of the 97th series. The slab in the building is supported on four sides by internal and external wall panels, concrete design class B15. The design class of the working fittings is A400. During the tests, the indicators necessary for assessing the strength, stiffness and crack resistance, as well as the nature of destruction were controlled, including: the values of the loads causing the controlled limit state; product deflections; crack opening width. To measure the deflections, we used measuring instruments and instruments with a scale division of 0.01 mm, namely, 6PAO deflection meters. To measure the width of the crack opening during the tests, an MPB-2 microscope with a scale of 0.05 mm was used. The test results are presented in this article.

© PNRPU

Введение

Среди существующих технологий возведения жилых зданий наиболее популярными и востребованными являются монолитное и крупнопанельное домостроение [1–4]. В настоящем исследовании авторами рассматриваются объекты крупнопанельного домостроения, а именно плиты перекрытий. Ввиду того что крупнопанельное домостроение базируется на типовых сериях, оно отличается скоростью возведения, высокой степенью индустриализации, хорошим качеством изготавливаемых конструкций.

Серия 97 крупнопанельных домов была создана в 70-х гг. прошлого столетия, после этого данная серия несколько раз корректировалась. Поскольку существующее проектное решение по данным плитам было выполнено по старой российской нормативно-технической документации [5] (СНиП 2.03.01–84*), для соблюдения требований современных нормативных документов (СП 63.13330.2012, СТО 36554501-006–2006) предприятием АО «СтройПанельКомплект» были предложены новые проектные решения для плит перекрытий 97-й серии. Основные конструктивные особенности плит после изменения проектных решений: увеличенная площадь сечения рабочей арматуры (с 6 до 8 мм), увеличенный защитный слой бетона до 25 мм. Поэтому перед началом массового изготовления данных плит специалисты предприятия «СтройПанельКомплект» совместно с учеными из Пермского национального исследовательского политехнического университета провели натурные испытания [6]. Армирование плиты ПЗ-6-501 представлено на рис. 1.

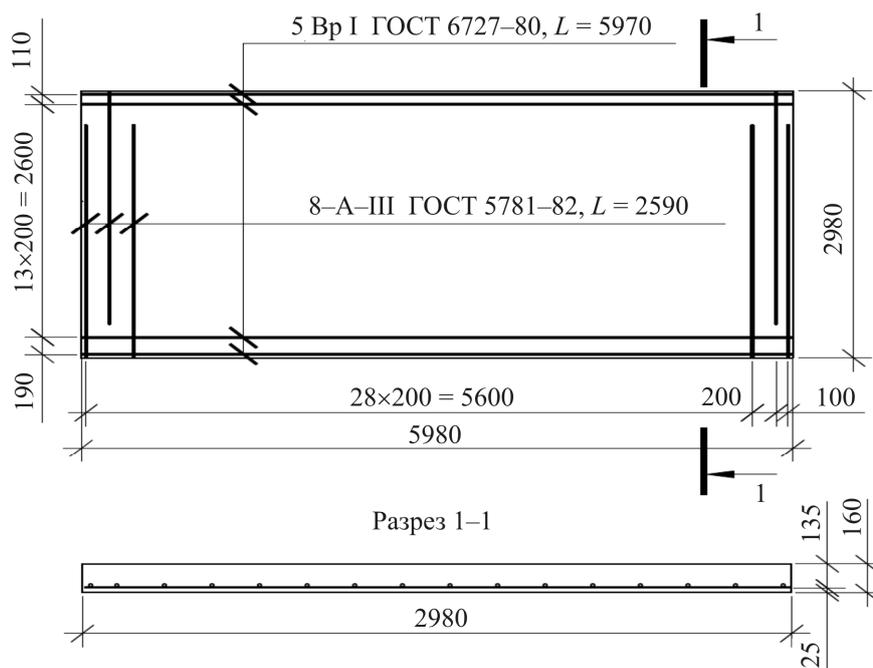


Рис. 1. Армирование плиты ПЗ-6-501
Fig. 1. Reinforcement of slab PZ-6-501

Методика испытаний

Цель испытаний заключалась в оценке показателей прочности, жесткости и трещиностойкости согласно ГОСТ 8829–2018. В результате испытаний были определены фактические значения разрушающих нагрузок при испытании изделий по прочности, фактические значения прогибов и ширины раскрытия трещин, всего было проведено 2 испытания [7, 8].

Характеристики плиты. Испытываемая плита ПЗ-6-501 является элементом перекрытий крупнопанельных жилых домов 97-й серии. Плита в здании опирается по четырем сторонам на внутренние и наружную стеновые панели [9], проектный класс бетона В15. Проектный класс рабочей арматуры – А400 [10]. Класс применяемой рабочей арматуры в плитах перекрытий в 1-м испытании был А500С, во 2-м испытании был применен класс арматуры А400. Фактические прочностные характеристики бетона, а также фактические прочностные и деформационные характеристики арматуры представлены в табл. 1.

Средства испытаний и вспомогательные устройства. Для проведения испытаний в качестве грузов использовались бетонные блоки типа ФБС. Перед проведением испытаний была определена их действительная масса [11]. Отклонение массы грузов от расчетных значений составило менее 2 % для каждого этапа нагружения, значения фактических нагрузок представлены в табл. 2.

Для измерения деформаций плит перекрытий применялись измерительные приборы и инструменты с ценой деления 0,01 мм (прогибомеры 6ПАО). Для измерения ширины раскрытия трещин использовался микроскоп МПБ-2 с ценой деления 0,05 мм [12]. Схемы расстановки прогибомеров представлены на рис. 2.

Таблица 1

Прочностные и деформационные характеристики бетона и арматуры
 испытываемых плит перекрытий

Table 1

Strength and deformation characteristics of concrete and reinforcement of tested floor slabs

Номер испытаний	Класс арматурной стали	Диаметр по сертификату, мм	Фактический диаметр образцов, мм	Прочностные характеристики по ГОСТ 34028–2016			Выписки из журнала испытаний арматурной			Класс бетона по проекту	Средняя в серии прочность на сжатие по протоколу, МПа
				предел текучести, Н/мм ²	временное сопротивление, Н/мм ²	относительное удлинение, %	средний в серии предел текучести, Н/мм ²	среднее в серии временное сопротивление, Н/мм ²	относительное удлинение, %		
1	A500C	10	9,9	500	600	≥14	572,5	722,5	22,0	B15	21,6
		8	8,0				612,5	790	27,5		
		6	6				647,5	760	25,0		
2	A400	10	10,0	390	590	≥14	475	782,5	22,0	B15	18,7
		8	8,2				412,5	655	33,7		
		6	6,1				497,5	727,5	26,7		

Таблица 2

Значения фактических нагрузок при испытаниях плит перекрытий

Table 2

Values of actual loads when testing floor slabs

Этапы нагружения	Фактические нагрузки, кг		Контролируемый параметр	Величина контролируемого параметра, мм
	№ 1	№ 2		
1	1285	1245		
2	2535	2480		
3	3720	3715		
4	4890	4950	Прогиб	20
5	6185	6185		
6	7435	7430	Ширина раскрытия трещин	0,25
7	8680	8665		
8	9925	9910		
9	11 145	11 125		
10	12 400	12 360		
11	13 635	13 580	1-й случай разрушения	
12	14 855	14 820		
13	16 090	16 060		
14	17 325	17 300		
15	18 520	18 520	2-й случай разрушения	
16	20 340	20 960		
17	22 190	23 400		
18	24 020	25 855		
19	25 875	28 420		
20	28 390	–		

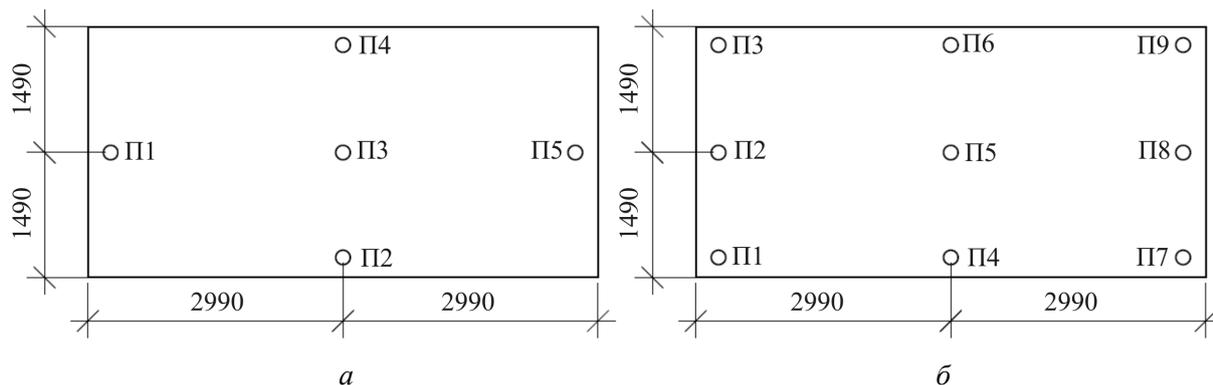


Рис. 2. Схема расстановки прогибомеров: *a*, *б* – испытания № 1, 2 соответственно;
 П1-П9 – прогибомеры бПАО
 Fig. 2. Schema of deflection meters: *a*, *b* – tests No. 1, 2, respectively;
 P1-P9 – deflection meters бПАО

Методика проведения испытаний. Основные положения для проведения испытаний были приняты по ГОСТ 8829–2018.

Стенд для испытания был выполнен из бетонных блоков. По трем сторонам плиты перекрытий были установлены шарнирные подвижные шаровые опоры, а посередине трех сторон – шарнирные подвижные линейные опоры, две из которых, расположенные на противоположных сторонах, допускают поворот в одном направлении, а третья, расположенная на примыкающей стороне – поворот в противоположном направлении, схема стенда представлена на рис. 3 [13, 14].

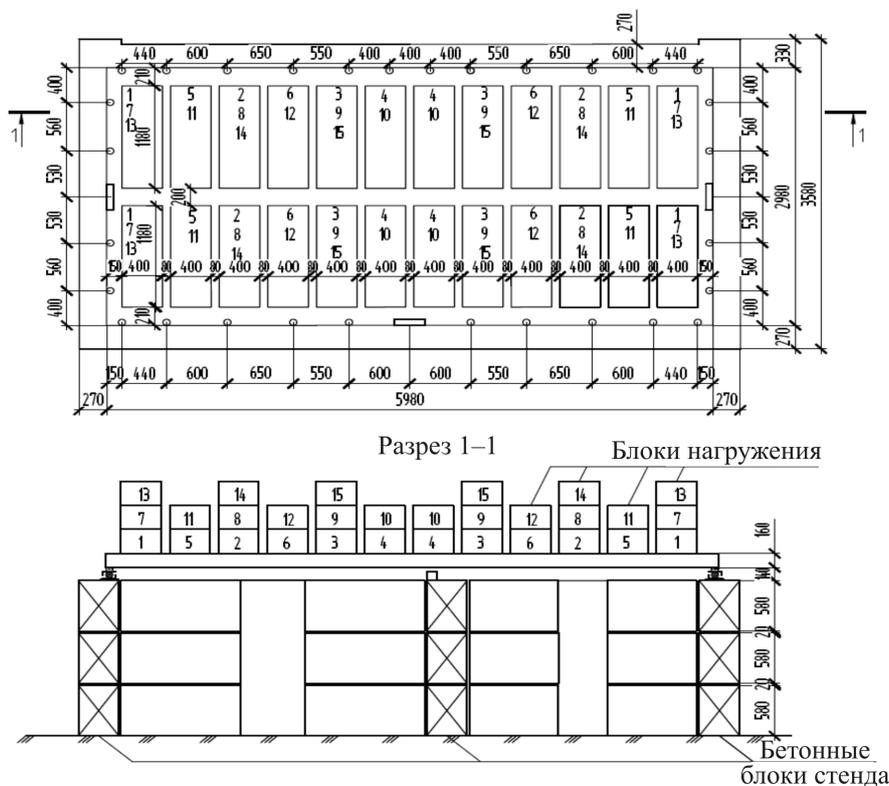


Рис. 3. Схема испытательного стенда (грузы пронумерованы в порядке установки на испытываемое изделие)
 Fig. 3. Test bench layout (weights are numbered in the order of installation on the tested product)

При испытаниях контролировались показатели, необходимые для оценки прочности, жесткости и трещиностойкости, а также характер разрушения, в том числе: значения нагрузок, вызывающих контролируемое предельное состояние; прогибы изделия; ширины раскрытия трещин.

Значения нагрузок в процессе испытаний регистрировались по массе штучных грузов, используемых для нагружения (см. табл. 2).

Нагрузка прикладывалась поэтапно ступенями. После приложения каждой ступени нагрузки испытываемое изделие выдерживалось под нагрузкой не менее 10 мин.

Согласно ГОСТ 8829–2018, ширину раскрытия трещин необходимо измерять на уровне рабочей арматуры. В ходе проведения испытаний ширина раскрытия трещин измерялась в уровне нижней поверхности плиты, что позволяет оценивать трещиностойкость плиты с дополнительным запасом.

После завершения нагружения (15 ступеней) было принято решение: при испытании № 1 количество этапов нагружения увеличить до 20, при испытании № 2 – до 19, общий вид стенда до и после проведения испытаний представлено на рис. 4. Дополнительные этапы нагружения проводились без выдержки.



Рис. 4. Общий вид стенда на последнем этапе нагружения
Fig. 4. General view of the test bench at the last stage of loading

Результаты проведения испытаний

В ходе проведения испытания № 1 на плиту перекрытий была передана нагрузка 28,39 т. Признаков разрушения конструкции зафиксировано не было. При испытании № 2 на плиту перекрытия была передана нагрузка 28,42 т, разрушение наступило при нагрузке 25,855 т. Основные результаты сведены в табл. 3.

Таблица 3

Основные результаты испытаний

Table 3

Main test results

Номер испытаний	Образование первых трещин на нижней поверхности, при нагрузке, кг	Появление трещин под углами плиты – отрыв от опор, при нагрузке, кг	Максимальная ширина раскрытия трещин, мм
1	14 855 (12-й этап)	20 340 (16-й этап)	0,2 (15-й этап)
2	9910 (8-й этап)	11 125 (9-й этап)	0,3 (14-й этап)

Фиксация и замер ширины раскрытия трещин производился для первого испытания до 15-го этапа включительно, для второго испытания – до 14-го этапа. Схема расположения трещин для испытаний представлена на рис. 5.

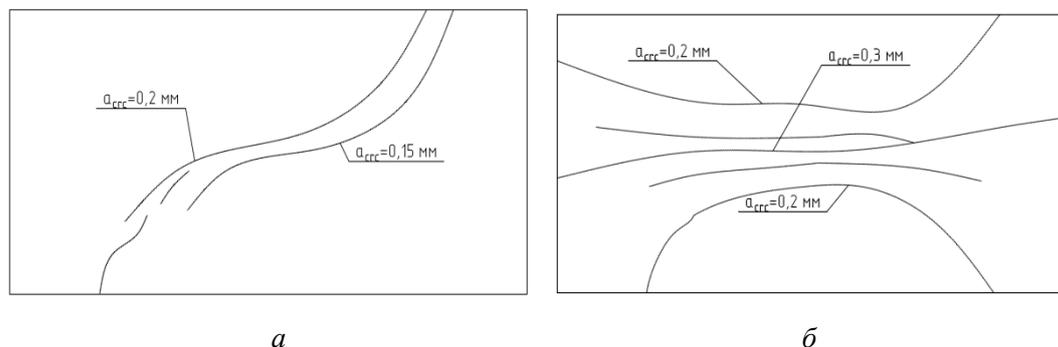


Рис. 5. Схема расположения трещин на нижней поверхности плиты:
 а, б – испытания № 1, 2 соответственно

Fig. 5. The layout of cracks on the bottom of the slab: a, b – tests No. 1, 2, respectively

Оценка прочностных характеристик плит перекрытий. По результатам испытания № 1 плита перекрытий ПЗ-6-501 не была доведена до разрушения. Нагрузка, переданная на плиту ПЗ-6-501 на последнем этапе нагружения, составила 28,39 т ($P_{\text{test}} > 28,39$ т).

По результатам испытания № 2 разрушающая нагрузка на плиту перекрытий ПЗ-6-501 составила $P_{\text{test}} = 25,855$ т. Разрушение наступило вследствие текучести стали растянутой арматуры в нормальном сечении, сопровождающейся раскрытием трещин в бетоне на 1,5 мм.

Для оценки прочности необходимо выполнение условия

$$\frac{P_{\text{test}}}{P_{\text{cont}}} \geq 0,95. \quad (1)$$

Согласно ГОСТ 8829–2018 значение контрольной нагрузки $P_{\text{cont}} = 13,244$ т. Тогда для испытания № 1

$$\frac{P_{\text{test}}}{P_{\text{cont}}} = \frac{28,39 + 6,88}{13,244 + 6,88} = 1,75 > 0,95,$$

6,88 т – собственный вес плиты в пределах расчетного пролета.

Для испытания № 2

$$\frac{P_{\text{test}}}{P_{\text{cont}}} = \frac{25,855 + 6,88}{13,244 + 6,88} = 1,63 > 0,95.$$

В соответствии с критерием (1) при испытаниях № 1, 2 плиты перекрытий признаются удовлетворяющими требованиям по прочности.

Дополнительно для оценки прочности плит перекрытий выполнен расчет коэффициента C согласно табл. Б1 ГОСТ 8829–2018. Нормируемый коэффициент C для испытаний № 1, 2 составляет 1,3.

При испытании № 1 плита перекрытий не была доведена до разрушающей нагрузки, для расчета коэффициента C примем максимальную нагрузку 28,39 т, таким образом, фактическое значение коэффициента $C_1 = (28,39 + 6,88)/15,479 = 2,28$.

Для испытания № 2, при разрушающей нагрузке 25,855 т, фактическое значение коэффициента $C_2 = (25,855 + 6,88)/15,479 = 2,11$, где 15,479 т – расчетная нагрузка с учетом собственного веса плиты.

Согласно [15] превышение нормируемого значения коэффициента C при испытании опытных образцов железобетонных конструкций свидетельствует об излишних запасах, заложенных при проектировании.

Оценка жесткостных характеристик плит перекрытий. По результатам испытания № 1 стрела прогиба плиты перекрытий составила 2,22 мм при передаче нагрузки 18,52 т.

По результатам испытания № 2 стрела прогиба плиты перекрытий составила 4,73 мм при передаче нагрузки 17,3 т.

Предельная величина прогиба плиты перекрытий пролетом $l = 5610$ мм в соответствии с СП 20.13330 «Нагрузки и воздействия»

$$f_{ult} = l/193,5 = 29 \text{ мм.}$$

Таким образом, прогибы, зафиксированные при двух испытаниях, не превышают предельной величины.

Зависимость стрелы прогиба от этапов нагружения отражена на графиках (рис. 6).

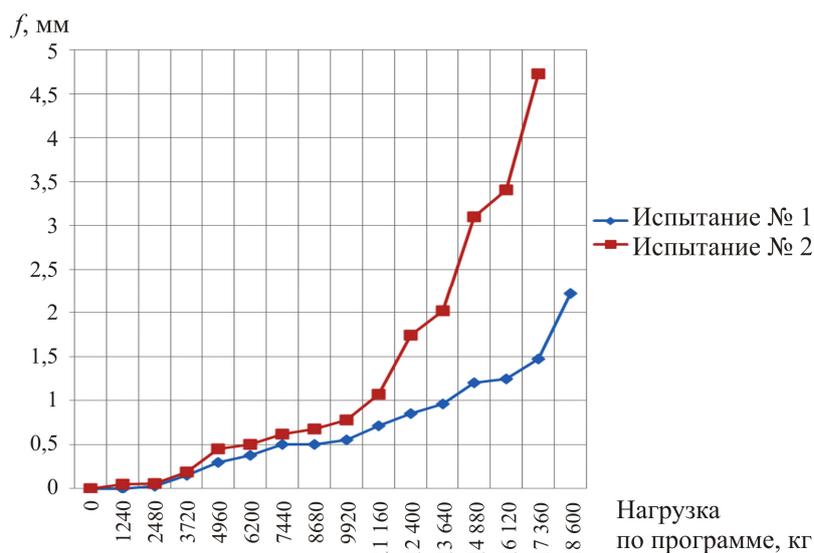


Рис. 6. Зависимость стрелы прогиба плиты от этапов нагружения
 Fig. 6. Dependence of the slab deflection on the loading stages

Для оценки эксплуатационной пригодности (жесткости) необходимо выполнение условия

$$\frac{f_{test}}{f_{ult}} \leq 1. \quad (2)$$

При контрольной нагрузке (4-й этап нагружения) значение прогиба для испытания № 1 составляет $f_{test} = 0,3$ мм, для испытания № 2 $f_{test} = 0,45$ мм (контролируемый параметр 20 мм). Тогда для испытания № 1

$$\frac{f_{test}}{f_{ult}} = \frac{0,3}{29,77} = 0,01 < 1.$$

Для испытания № 2

$$\frac{f_{\text{test}}}{f_{\text{ult}}} = \frac{0,45}{29,77} = 0,015 < 1.$$

В соответствии с критерием (2) при испытаниях № 1, 2 плиты перекрытий признаются удовлетворяющими требованиям по эксплуатационной пригодности (жесткости).

Оценка трещиностойкости плит перекрытий. По результатам испытания № 1 первые волосяные трещины на плите перекрытий образовались при нагрузке 14,855 т. Наибольшая ширина раскрытия трещин, равная $a_{\text{срс}} = 0,2$ мм, была зафиксирована при нагрузке 18,52 т.

По результатам испытания № 2 первые волосяные трещины на плите перекрытий образовались при нагрузке 9,91 т. Наибольшая ширина раскрытия трещин, равная $a_{\text{срс}} = 0,3$ мм, была зафиксирована при нагрузке 17,3 т.

Для оценки эксплуатационной пригодности (трещиностойкости) необходимо выполнение условия

$$\frac{\alpha_{\text{test}}}{\alpha_{\text{cont}}} \leq 1. \quad (3)$$

Согласно ГОСТ 8829–2018, $\alpha_{\text{cont}} = 0,25$ мм, при контрольной нагрузке (6-й этап нагружения) ширина раскрытия трещин для испытания № 1 $\alpha_{\text{test}} = 0,00$ мм, для испытания № 2 $\alpha_{\text{test}} = 0,00$ мм. Тогда для испытания № 1

$$\frac{\alpha_{\text{test}}}{\alpha_{\text{cont}}} = \frac{0,00}{0,25} = 0 < 1.$$

Для испытания № 2

$$\frac{\alpha_{\text{test}}}{\alpha_{\text{cont}}} = \frac{0,00}{0,25} = 0 < 1.$$

В соответствии с критерием (3) при испытаниях № 1, 2 плиты перекрытий признаются удовлетворяющими требованиям по эксплуатационной пригодности (трещиностойкости).

Выводы

По результатам проведенных испытаний нагружением плит перекрытий ПЗ-6-501 сделаны следующие выводы:

1. Плиты перекрытий при испытаниях № 1, 2 признаются удовлетворяющими требованиям по прочности, жесткости и трещиностойкости.
2. Повышенные показатели прочности, жесткости и трещиностойкости при испытаниях № 1, 2 обусловлены излишними запасами при проектировании конструкций плит перекрытий.
3. Более высокие показатели прочности, жесткости и трещиностойкости демонстрирует плита перекрытий при испытании № 1 с использованием рабочей арматуры класса А500С [16–18].

Авторы выражают благодарность всему коллективу АО «СтройПанельКомплект» за организацию и помощь в проведении натурных испытаний.

Библиографический список

1. Евсеева Е.И. Современные проблемы развития жилищного строительства в России // Приволжский научный вестник. – 2015. – № 6–2. – С. 16–18.
2. Селютина Л.Г., Купоносова Ю.Н. Решение жилищной проблемы в России на основе модернизации крупнопанельного домостроения // Приволжский научный вестник. – 2016. – № 5. – С. 111–113.
3. Демкин Н.И., Южаков С.Н., Батыршин А.А. Опыт модернизации крупнопанельных жилых домов с наружной однослойной газобетонной стеной // Жилищное строительство. – 2015. – № 5. – С. 46–51.
4. Раевская А.А., Быков А.О., Платицына А.И. Энергоэффективность жилых зданий серии 111-97 // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. победителей VII Междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 59–62.
5. Рыжков Д.С., Татьянников Д.А. Актуальность применения композитных материалов при усилении несущих конструкций // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2020. – № 2. – С. 54–60.
6. Nguyen T.T., Tan K.H., Burgess I.W. Behaviour of composite slab-beam systems elevated temperatures: Experimental and numerical investigation // Engineering Structures. – 2015. – № 82. – P. 199–213.
7. Результаты испытания нагружением сборно-монолитного перекрытия, опертого на несущие стены многоэтажного здания / С.В. Басаков, А.И. Мордич, А.А. Карякин, С.А. Соинин, И.С. Дербенцев, П.В. Попп // Промышленное и гражданское строительство. – 2018. – № 2. – С. 35–42.
8. Натурные испытания многопустотной плиты с фибролитовыми пустотообразователями / Д.Н. Сурсанов, С.А. Сазонова, А.Б. Пономарев, А.В. Лысков // Жилищное строительство. – 2014. – № 10. – С. 27–32.
9. Зулпуев А.М., Бактыгунов К. Расчет на прочность сборных железобетонных плит перекрытий, опертых по контуру // Территория науки. – 2016. – № 1. – С. 63–68.
10. Experimental and Numerical Assessment of Flexural and Shear Behavior of Precast Prestressed Deep Hollow-Core Slabs / E. Micheli, P. Bernardi, R. Cerioni, B. Belletti // International Journal of Concrete Structures and Materials. – 2020. – № 14 (1). – 31.
11. Сурсанов Д.Н., Сазонова С.А., Пономарев А.Б. Анализ результатов натурных испытаний шпоночного соединения на срез // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2015. – № 2. – С. 7–23.
12. Сопегин Г.В., Сурсанов Д.Н., Пономарев А.Б. Анализ результатов натурных испытаний стеновых панелей на осевое сжатие // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2016. – № 4 (24). – С. 114–127.
13. Грановский А.В., Чупанов М.Р. Экспериментальные исследования несущей способности плит перекрытий кессонного типа // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 5. – С. 436–48.
14. Pujol S., Muttoni A., Ruiz M.F. Reinforced concrete slab shear prediction competition: entries and discussion // ACI Structural Journal. – 2010. – Т. 107, № 2. – С. 249–251.

15. Рекомендации по оценке прочности, жесткости и трещиностойкости опытных образцов железобетонных конструкций. – М., НИИЖБ Госстроя СССР, 1987. – С. 36.

16. Экспериментальные исследования несущей способности нормальных сечения железобетонных изгибаемых элементов с арматурой класса А600 / Ю.Б. Потапов, Ю.Ф. Рагатнев, Д.В. Памфилов, М.М. Джавид // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2015. – № 2 (38). – С. 26–33.

17. Experimental study of the bearing capacity of normal sections of reinforced concrete flexural members with steel bar A600 / Yu.B. Potapov, Yu.E. Rogatnev, D.V. Panfilov, M.M. Jawid // Scientific Heard of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. – 2015. – № 4 (28). – С. 16–24.

18. Test on the anchoring components of steel shear keys in precast shear walls / S.-D. Shen, P. Pan, W. Li, Q. Miao, R. Gong // Smart Structures and Systems. – 2019. – № 24 (6). – С. 783–791.

References

1. Evseeva E.I. Sovremennye problemy razvitija zhilishhnogo stroitel'stva v Rossii [Modern problems of the development of housing construction in Russia]. *Privolzhskij nauchnyj vestnik*, 2015, no. 6–2, pp. 16–18.

2. Seljutina L.G., Kuponosova Ju.N. Reshenie zhilishhnoj problemy v Rossii na osnove modernizacii krupnopanel'nogo domostroenija [Solving the housing problem in Russia based on the modernization of large-panel housing construction]. *Privolzhskij nauchnyj vestnik*. 2016, no. 5, pp. 111–113.

3. Demkin N.I., Juzhakov S.N., Bатыршин A.A. Opyt modernizacii krupnopanel'nyh zhilyh domov s naruzhnoj odnoslojnoj gazobetonnoj stenoy [Experience of modernization of large-panel residential buildings with an external single-layer aerated concrete wall]. *Zhilishhnoe stroitel'stvo*, 2015, no. 5, pp. 46–51.

4. Raevskaja A.A., Bykov A.O., Platicyna A.I. Jenergojeffektivnost' zhilyh zdaniy serii 111-97 [Energy Efficiency of Residential Buildings 111-97 Series]. *V sbornike: Sovremennye tehnologii: aktual'nye voprosy, dostizhenija i innovacii: sbornik statej pobeditelj VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. 2017, pp. 59–62.

5. Ryzhkov D.S., Tat'yannikov D.A. Aktual'nost' primenenija kompozitnyh materialov pri usilenii nesushhijh konstrukcij [Relevance of the use of composite materials for strengthening load-bearing structures]. *Transport. Transportnye sooruzhenija. Jekologija*. 2020, no. 2, pp. 54–60.

6. Nquyen T.T., Tan K.H., Burgess I.W. Behaviour of composite slab-beam systems elevated temperatures: Experimental and numerical investigation. *Engineering Structures*, 2015. no. 82, pp. 199–213.

7. Basakov S.V., Mordich A.I., Karjakin A.A., Sonin S.A., Derbencev I.S., Popp P.V. Rezul'taty ispytaniya nagruzheniem sborno-monolitnogo perekrytija, opertogo na nesushhie steny mnogojetazhnogo zdanija [Results of loading testing of a precast-monolithic floor supported on the load-bearing walls of a multi-storey building]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2018, no. 2, pp. 35–42.

8. D.N. Sursanov, S.A. Sazonova, A.B. Ponomarev, A.V. Lyskov. Naturnye ispytaniya mnogopustotnoj plity s fibrolitovymi pustotoobrazovateljami [Full-scale tests of a hollow-core slab with fibrolite void formers]. *Zhilishhnoe stroitel'stvo*. 2014, no. 10, pp. 27–32.

9. Zulpuev A.M., Baktygunov K. Raschet na prochnost' sbornyh zhelezobetonnyh plit perekrytij, opertyh po konturu [Strength calculation of prefabricated reinforced concrete floor slabs supported along the contour]. *Territorija nauki*, 2016, no. 1, pp. 63–68.

10. Micheline E., Bernardi P., Cerioni R., Belletti B. Experimental and numerical assessment of flexural and shear behavior of precast prestressed deep hollow-core slabs. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 2020, no. 14 (1), p. 31.

11. Sursanov D.N., Sazonova S.A., Ponomarev A.B. Analiz rezul'tatov naturnyh ispytanij shponochnogo soedinenija na srez [Analysis of the results of full-scale shear tests of the keyed connection]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura*. 2015, no. 2, pp. 7–23.

12. Sopegin G.V., Sursanov D.N., Ponomarev A.B. Analiz rezul'tatov naturnyh ispytanij stenovyh panelej na osevoe szhatie [Analysis of the results of field tests of wall panels for axial compression]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Prikladnaja jekologija. Urbanistika*. 2016, no. 4 (24), pp. 114–127.

13. Granovskij A.V. Chupanov M.R. Jeksperimental'nye issledovaniya nesushhej sposobnosti plit perekrytij kessonnogo tipa [Experimental studies of the bearing capacity of caisson-type floor slabs]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2015, no. 5, pp. 436–48.

14. Pujol S., Muttoni A., Ruiz M.F. Reinforced concrete slab shear prediction competition: entries and discussion // *ACI Structural Journal*, 2010, vol. 107, no. 2, pp. 249–251.

15. Rekomendacii po ocenke prochnosti, zhestkosti i treshhinostojkosti opytnyh obrazcov zhelezobetonnyh konstrukcij [Recommendations for assessing the strength, stiffness and crack resistance of prototypes of reinforced concrete structures]. Moscow, NIIZhB Gosstroja SSSR, 1987, 36 p.

16. Potapov Ju.B., Ragatnev Ju.F., Pamfilov D.V., Dzhauid M.M. Jeksperimental'nye isledovaniya nesushhej sposobnosti normal'nyh sechenija zhelezobetonnyh izgibaemyh jelementov s armaturoj klassa A600 [Experimental studies of the bearing capacity of the normal section of reinforced concrete bending elements with A600 class reinforcement]. *Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura*, 2015, no. 2 (38), pp. 26–33.

17. Potapov Yu.B., Rogatnev Yu. E., Panfilov D.V., Jawid M.M. Experimental study of the bearing capacity of normal sections of reinforced concrete flexural members with steel bar A600. *Scientific Heard of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture*, 2015, no. 4 (28), pp. 16–24.

18. Shen, S.-D., Pan, P., Li, W., Miao, Q., Gong, R. Test on the anchoring components of steel shear keys in precast shear walls. *Smart Structures and Systems*, 2019, no. 24 (6), pp. 783–791.