

УДК 624.044:624.041.6

А.И.КОСТЮК, канд. техн. наук

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ПРОЧНОСТЬ, ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ПАНЕЛЕЙ ПЕРЕКРЫТИЯ И ПОКРЫТИЯ ИЗ КЕРАЛИТОБЕТОНА

Приведены экспериментальные данные и анализ прочности, жесткости, трещиностойкости панелей перекрытия и покрытия из кералитобетона на карбонатном песке.

Наведено експериментальні дані та аналіз міцності, жорсткості, тріщиностійкості панелей перекриття і покриття з кералітобетону на карбонатному піску.

Experimental data and the analysis of durability, rigidity, crack resistance of panels of overlapping and covering from keralitoconcrete on carbonate sand.

Ключевые слова: прочность, трещиностойкость, кералитобетон.

Опытные панели марки П63.15-8Ат-Vл изготовлены на основе типовой серии 1.141-1, вып. 63 пустотных панелей перекрытий из кералитобетона [1] марки по средней плотности не выше D 1600 и класса по прочности на сжатие В12.5 [2]. Габаритные размеры панели 6280 x 1490 x 2200 мм.

Расход материалов на 1м³ бетона приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Расход материалов на 1м³ кералитобетона

Класс (марка) бетона	Марка цемента	Цемент, кг	Кералитовый гравий фр. 5- 20мм, кг/л	Кварцевый песок, кг/л	Вода, л	ОК см
В12.5 (М150)	400	360	$\frac{384}{853}$	$\frac{624}{470}$	235	4-6

Перед испытанием панелей была проведена теоретическая оценка их прочности, трещиностойкости и жесткости. Данные для испытаний по оценке эксплуатационной пригодности панелей приняты по серии 1.141-1, вып. 63.

Исходные данные:

Кералитобетон В12.5: $R_{с,ser} = 9,5$ МПа; $R_g = 7,5$ МПа;

$R_{gt, ser} = 1,0$ МПа; $R_{gt} = 0,66$ МПа; $E_g = 13,2 \cdot 10^3$ МПа.

Напрягаемая арматура класса Ат-V: $R_{sn} (R_{s,ser}) = 785$ МПа;

$R_s = 680$ МПа; $E_s = 19 \cdot 10^4$ МПа.

Категория трещиностойкости – третья, контрольная ширина раскрытия трещин 0,25 мм.

Нагрузки для расчетов приведены в табл. 2.

Теоретическую оценку эксплуатационной пригодности изделий осуществляли в соответствии со СНиП 2.03.01-84. Геометрические характеристики, расчеты прочности, жесткости и трещиностойкости приведены в табл. 3-5.

Таблица 2 – Нагрузки для расчетов

Вид нагрузки	Величина нагрузки в кН/м ²
1. Расчетная q	11,52 / 8,0
2. Полная нормативная q_n	9,71 / 6,25
3. Нормативная длительно действующая q_{nl}	8,73 / 5,27

Примечания:

1. В числителе приведены нагрузки с учетом собственного веса, в знаменателе – без него.
2. Полезные нагрузки соответствуют нагрузкам серии 1.141-1, вып. 63.
3. Нагрузка от собственного веса принята как $q_n^{sh} = \rho \cdot h = 1600 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,22 \text{ м} = 3,52 \text{ кН/м}^2$.

Результаты расчета прочности, приведенные в табл. 4 показывают, что независимо от уровня σ_{sp} панели П63.15-8Ат-V отвечают требованиям прочности. Расчетные значения прочности q_p^m во всех случаях превышают проектные значения q_p^{np} на 31,6-33,5%.

Как видно из табл. 5, с позиции трещиностойкости наиболее благоприятным значением предварительного напряжения является $\sigma_{sp} = 500 \text{ МПа}$. Однако в этом случае необходимо проверить сжимающие напряжения в бетоне в стадии обжатия σ_{gp} , отношение которых к передаточной прочности $R_{gp} = 9,5 \text{ МПа}$ для легких бетонов В12.5 следует принимать не более 0,3. То есть напряжения не должны превышать значений в 2,85 МПа.

Ширину раскрытия трещин не рассчитывали, т.к. при $\sigma_{sp} = 50 \text{ кН/см}^2$ от действия нормативной длительно действующей нагрузки M_{nl} трещин в рассматриваемых изделиях нет (условие образования трещин для конструкций 3-й категории трещиностойкости).

Расчет прогибов осуществляли согласно п. 1.20 СНиП 2.03.01-84 на действие длительно действующей нагрузки M_{nl} . Результаты расчетов приведены в табл. 5. Из данных расчетов видно, что при $\sigma_{sp} = 50 \text{ кН/см}^2$ панели П63.15-8А-Vл отвечают требованиям проекта по жесткости.

На основании проведенных расчетов можно заключить, что армирование напрягаемой арматурой Ат-V панелей П63.15-8Ат-Vл отвечает требованиям основного проекта по прочности, жесткости и трещиностойкости.

При испытании панелей контролировались показатели, необхо-

димые для оценки прочности, жесткости и трещиностойкости, а именно: значения нагрузок, вызывающих контрольное предельное состояние, прогибы конструкции, появление и ширину раскрытия трещин, а также смещение концов напряженной арматуры [3].

Таблица 3 – Геометрические характеристики

Марка плиты	A_{sp}/\varnothing , см ² /мм	α_p	A_{reds} , см ²	y_0 , см ²	y' , см ²	J_{reds} , см ⁴	W_{reds} , см ³	W_{pl} , см ³	$\frac{r}{e_p}$	M_n^{zw} , кН м	M_n , кН м	M_{nl} , кН м
П63-15-8Ат Вл	$\frac{9,05}{8\varnothing 12\text{Ат-V}}$	14,71	3345	10,67	11,33	138600	12990	22732	$\frac{3,30}{8,07}$	24,2	68,11	61,24

Таблица 4 – Прочность

Марка плиты	A_{sp}/\varnothing , см ² /мм	σ_{sp} , МПа	ζ_R	$\zeta_{0,2}$	γ_{s6}	$\gamma_{s6}R_{ss}$, МПа	X , см	M_p^m , кНм	q_p^m , кН/м ²	q_p^{np} , кН/м ²	$\frac{q_p^{pm} - q_p^{np}}{q_p^{np}} \%$
П63-15-8Ат Вл	$\frac{9,05}{8\varnothing 12\text{Ат-V}}$	400 450 500	0,457 0,468 0,481	0,315	1,093 1,098 1,104	743,2 746,6 750,7	6,679 6,710 6,741	108,1 108,5 108,9	15,4 15,46 15,52	11,52	31,56 33,06 33,54

Таблица 5 – Трещиностойкость, жесткость

Марка плиты	σ_p	$\sigma_{\text{пр}}$	$\sigma_{\text{сп}}$	$M_{\text{свс}}$	$M_{\text{свс}}$	$M_{\text{свс}}$	$1/r^2$	$1/r$	$1/r^3$	$1/r^4$	$1/r$	f	$[f]$
	МПа			кНм	$M_{\text{пл}}$	M_n	(1/см) 10 ⁵					см	см
П63-15- 8Ат Вл	400	1,23	0,76	52,23	0,853	0,767	11,79		1,439	0,194	11,6	4,645	3,0
	450	1,59	0,61	57,38	0,937	0,843	10,96	8,049	1,679	0,392	10,57	4,233	
	500	1,93	0,45	62,52	1,021	0,918	8,049		1,919	0,589	5,541	2,219	

Нагрузку на панели прикладывали при помощи штучных грузов (бетонных блоков) ступенями. Загружение панелей блоками производилось в направлении опор к середине. После приложения каждой доли нагрузки панели выдерживали под этой нагрузкой 30...35 мин.

Определение прочности и деформативности бетона на сжатие контрольных образцов – кубов и призм проводили в возрасте 28-33 сут. одновременно с испытаниями панелей. Контроль прочности образцов проводили в соответствии с ГОСТ 10180.

Средняя кубиковая прочность составила $R = 16,3$ МПа; призмная прочность $R_g = 13,2$ МПа, $E_g = 13630$ МПа, $\rho = 1570$ кг/м³.

Как видно из табл. 6, 7 плиты перекрытий отвечают установленным требованиям по прочности, трещиностойкости и деформативности [4].

Таблица 6

Марка плиты (№)	Этап загрузки	Нагрузка кгс/ м²	Прогибы, мм							Деформации	
			Показания прогибомера			Осадка опор			Прогиб	бетона	арм-ры
			П ₁	П ₂	$\overline{П}$	О ₁	О ₂	$\overline{О}$	$f = \overline{П} \cdot \overline{О}$	ε_e	ε_s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ПК63.15-8 Ат-VЛ (I)	1	324	4,17	3,43	3,90	0,65	0,59	0,59	3,41	16,40	16,80
			4,17	3,43	3,90	0,65	0,59	0,59	3,41	16,40	16,80
	2	517	7,49	8,08	7,79	1,70	1,02	1,36	6,43	29,50	30,25
			7,49	8,08	7,79	1,70	1,02	1,36	6,43	29,50	30,25
	3	582	9,10	11,63	10,37	2,73	2,12	2,42	7,95	32,78	35,29
			9,10	11,63	10,37	2,73	2,12	2,42	7,95	32,78	35,29
	4	775	13,45	16,38	14,92	3,03	2,12	2,57	12,35	45,90	52,10
			13,55	16,45	15,00	3,03	2,12	2,57	12,43	45,90	52,10
	5	1099	22,95	26,91	24,93	3,58	2,54	3,06	21,87	81,96	97,47
			23,11	26,95	25,03	3,59	2,56	3,08	21,95	81,96	97,47
	6	1163	26,85	30,63	28,74	6,23	2,80	4,51	24,23	85,24	114,28
			27,48	30,92	29,20	6,24	2,82	4,53	24,67	85,24	114,28
	7	1422	43,25	48,23	45,74	10,18	4,10	7,14	38,60	131,11	201,10
			43,85	48,41	46,13	10,19	4,23	7,21	38,92	131,11	201,10
	8	1551	53,35	51,73	52,54	10,48	6,11	8,29	44,25	154,09	215,12
			54,14	52,06	53,10	10,62	6,14	8,38	44,72	154,09	215,12
	9	1616	69,71	78,10	73,90	10,80	7,21	9,01	64,89	-	-
	10	Плита после этапа 9 была разгружена									

$q_p^k = 1310 \text{ кг/м}^2; q_f^k = 593 \text{ кг/м}^2;$
 $f_k = 14,8 \text{ мм}; f_{др}/f_{np} = 0,99; f_{дон} = 16,3 \text{ мм};$
 $q_{crc}^k = 692 \text{ кг/м}^2; \alpha_{crc}^k = 0,25 \text{ мм}.$

Таблица 7

Марка плиты (№)	Этап загрузки	Нагрузка кгс/ м²	Прогибы, мм							Деформации	
			Показания прогибомера			Осадка опор			Прогиб	бетона	арм-ры
			П ₁	П ₂	$\overline{П}$	О ₁	О ₂	$\overline{О}$	$f = \overline{П} \cdot \overline{О}$	ε_e	ε_s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ПК63.15- 8Ат- VЛ (II)	1	324	4,03	3,87	3,95	0,69	0,53	0,61	3,34	15,81	15,92
			4,03	3,87	3,95	0,69	0,53	0,61	3,34	15,81	15,92
	2	517	7,22	6,86	7,04	1,52	1,12	1,32	5,72	28,32	29,14
			7,22	6,86	7,04	1,52	1,12	1,32	5,72	28,32	29,14

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	3	582	9,03 9,03	8,01 8,01	8,52 8,52	2,64 2,64	1,66 1,66	2,15 2,15	6,37 6,37	31,52	35,87
	4	775	14,64 14,64	13,12 13,12	13,91 13,91	2,71 2,71	1,77 1,77	2,24 2,24	11,67 11,67	37,70	44,12
	5	1099	24,31 24,34	21,61 23,50	22,96 23,92	3,42 3,44	2,42 2,44	2,92 2,94	20,04 20,98	79,18	98,92
	6	1163	27,28 27,30	26,68 27,14	26,98 27,22	5,38 5,39	2,70 2,73	4,04 4,06	22,94 23,16	84,37	112,41
	7	1422	42,54 43,48	41,70 42,42	41,95 42,95	7,04 7,05	6,62 6,69	6,83 6,87	35,12 36,08	126,22	198,53
	8	1551	52,48 52,61	47,00 49,15	49,74 50,88	8,12 8,18	7,20 7,26	7,66 7,72	42,08 43,16	148,05	214,42
	9	1616	61,37	53,55	57,46	9,26	7,56	8,50	48,96	-	-
	10	Плита после этапа 9 была разгружена									

На основании анализа выполненных экспериментов можно сделать следующие выводы.

Испытания предварительно напряженных плит перекрытия длиной 6,3 м из кералитобетона на карбонатном песке показали, что они удовлетворяют требованиям соответствующих норм в отношении их прочности, трещиностойкости и деформативности.

Катковременные испытания предварительно напряженных многослойных плит перекрытия п 63.15-8Ат-Vл опытные значения прогибов ниже нормативных на 30%, ширина раскрытия трещин составила 0,05-0,1 мм, что меньше $a_{cr}^k = 0,25$ мм.

1. Инструкция по изготовлению конструкций и изделий из бетонов, приготавливаемых на пористых заполнителях: СН 483-76. – М., 1977. – 24 с.

2. Вилков К.И. Конструкционный керамзитобетон при обычных и сложных деформациях. – М.: Стройиздат, 1984. – 240 с.

3. ГОСТ 8829. Конструкции и изделия железобетонные сборные. Методы испытаний и оценка прочности, жесткости и трещиностойкости. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 26 с.

3. Гвоздев А.А. и др. Прочность, структурные изменения и деформации бетона. – М.: Стройиздат, 1978. – 297 с.

Получено 03.10.2013