

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ БАЛОК ИЗ ЦЕМЕНТНО-ЗОЛЬНОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА

Дорофеев В.С., Зинченко С.В., Столевич А.С. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Приведены результаты экспериментальных исследований балок из цементно-зольного керамзитобетона при кратковременном действии нагрузки и сопоставлены с теоретическими.

Одной из задач на современном этапе в области строительства является снижение веса конструкций зданий и сооружений путем применения новых, более эффективных материалов и конструкций, среди которых важное место занимают конструкции из легкого бетона.

Исследования и производственный опыт показывают, что преимущества строительства в целом ряде существенно предусматривается применением легких бетонов, особенно в тех случаях, когда имеется достаточно мощная база для производства местных пористых заполнителей [1,2].

Проблема использования легких бетонов, в частности цементно-зольного керамзитобетона на карбонатном песке с химическими добавками, является весьма актуальной задачей, поскольку предусматривает экономию сырьевых ресурсов, цемента, утилизацию отходов производства и улучшения состояния окружающей среды [3,4].

Применение в разных областях строительства легких бетонов на пористых заполнителях и конструкций на их основе вызывает большой интерес во многих странах.

В исследованиях использовали: портландцемент ОАО «ЮГ цемент» марка 400; зола-унос Ладьжинской ТЭС с удельной поверхностью $S_{уд}=3000 \text{ см}^2/\text{г}$; керамзитовый гравий фракций 5...10 и 10...20мм в соотношении по объему $V_{5...10}/V_{10...20} = 1,5$; карбонатный песок; пластификатор С-3.

Готовую смесь укладывали в формы и уплотняли на виброплощадке. После 4 часовой выдержки, образцы загружали в пропарочную камеру. Пропарку элементов производили по режиму 3+7+2 при $t=85\pm 5^\circ$.

Основные размеры, схема армирования опытных образцов балок и схема проведения кратковременных испытаний представлены на рис. 1.

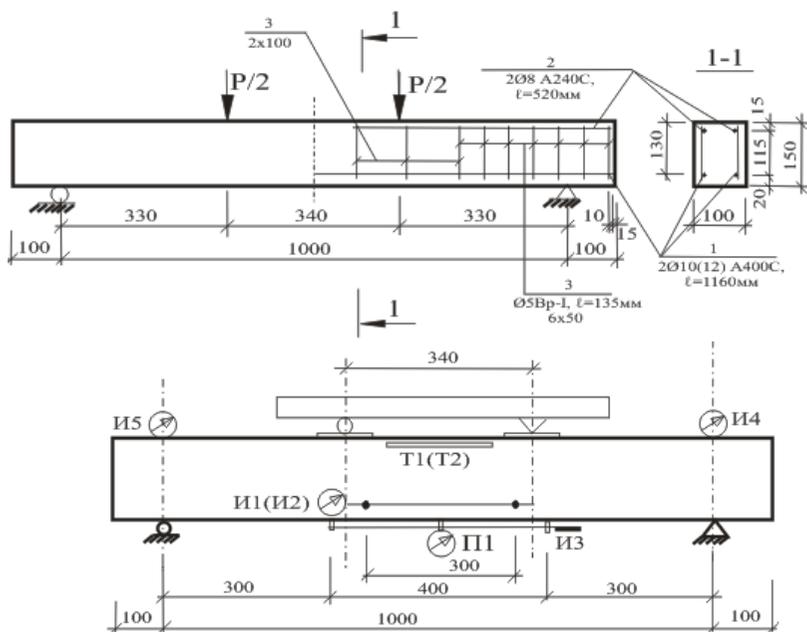


Рис. 1. Схемы армирования и испытания железобетонных балок

Железобетонные балки изготавливали из цементно-зольного керамзитобетона на карбонатном песке классов В15, В20, составы которых приведены [5,6].

Испытание пропаренных керамзитобетонных балок проводили в возрасте бетона 115 суток. Сосредоточенные силы прикладывали в трех пролетах. Процент армирования принят $\mu = 1,21\%$ и $\mu = 1,74\%$. Одновременно с балками испытывали кубы и призмы для получения физико-механических характеристик опытных образцов, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики бетона

Серии	R(28), МПа	R _b (28), МПа	E _b (28), МПа	R(115), МПа	R _b (115), МПа	E _b (115), МПа
I, II	20,7	18,1	13,48	27,5	21,3	14540
III, IV	26,6	23,1	14,08	30,5	25,2	15220

Несущую способность опытных балок определяли максимальной нагрузкой, которую выдерживали образцы в процессе испытания. Разрушение образцов происходило по нормальным сечениям в зоне чисто-

го изгиба, в результате пластических деформаций в растянутой арматуре, приводящих к раздроблению бетона сжатой зоны.

При уточнении опытного значения разрушающего момента использовали результаты измерения деформаций растянутой арматуры, бетона сжатой зоны и прогибы балок. Вместе с тем учитывали визуальные признаки: наличие трещин в сжатой зоне, значительное раскрытие трещин в растянутой зоне, быстрое нарастание деформаций. Опыты показали, что при достижении момента разрушения во всех образцах проявились большие пластические деформации бетона.

Сравнение опытных предельных моментов с расчетными, по СНиП 2.03.01-84* показало, что расхождения в отдельных сериях образцов достигают в среднем ~5% [6].

В зависимости от процента армирования первые поперечные трещины в зоне чистого изгиба появлялись при различных относительных уровнях нагружения. Для балок класса В15 при $\mu = 1,21\%$ первые трещины появились при нагрузке, составляющей 0,15...0,17 от опытной разрушающей и для балок с $\mu = 1,74\%$ - при нагрузке, составляющей 0,15...0,16 от разрушающей. В балках класса В20 при $\mu = 1,21\%$ первые трещины появились - 0,22...0,23 от разрушающей, а при $\mu = 1,74\%$ - 0,21...0,22 от разрушающей. Объясняется это тем, что с повышением процента армирования разрушающая нагрузка увеличивается в большей степени, чем нагрузка, при которой образовались трещины.

В зоне чистого изгиба направление трещин ориентировано нормально к оси балки и распределение трещин по длине достаточно равномерное. Процесс образования и развития их в основном заканчивался при нагрузке, составляющей 90% от разрушающей. При приближении нагрузки к разрушающей, трещины начинали интенсивно раскрыться, происходило раздробление бетона сжатой зоны.

Ширину раскрытия трещин измеряли на боковых гранях балок на уровне центра тяжести растянутой арматуры. Измерения проводили с начала появления первых трещин и до 0,8...0,9 от разрушающей нагрузки. Увеличение диаметра арматуры приводит к увеличению момента образования трещин и существенно уменьшает ширину их раскрытия, а также увеличивается высота сжатой зоны бетона.

Максимальная ширина раскрытия трещин в керамзитобетонных балках была $a_{ср} = 0,2$ мм. Для балок I и III- серий при $\mu = 1,21\%$ ширина раскрытия трещин составила в среднем 0,1-0,142 мм, а в сериях II и IV с $\mu = 1,74\%$ – в среднем 0,08-0,113 мм.

В изгибаемых элементах при нагрузке близкой к моменту образования трещин в растянутой зоне бетона происходило заметное развитие деформаций. При этом деформации бетона растянутой грани продол-

жали повышаться, в то время как деформации бетона между этими сечениями начали уменьшаться. Это обусловлено возникновением микротрещин, которые вначале охватывают только защитный слой бетона, затем при повышении напряжений проникали до уровня арматуры, вызывая неравномерное распределение деформаций по ее длине.

Для бетона эпюра деформаций, при начальном нагружении, имеет четкое треугольное очертание, то есть напряжения одинаковы по длине чистого изгиба, в дальнейшем приобретает легкую криволинейность, что объясняется повышенной пластичностью керамзитобетона.

Наличие трещин в растянутой зоне конструкций отражается на характере деформации бетона сжатой зоны, бетон сжимается над трещинами больше, чем между трещинами. Неравномерность распределения деформаций бетона сжатой зоны характеризуется коэффициентом ψ_b . Для керамзитобетонных балок его значение изменялось от 0,8...0,93. Следует заметить, что расхождение ψ_b для разных процентов армирования характеризуется степенью усреднения деформаций над трещиной, так как с увеличением процента армирования расстояние между трещинами уменьшается.

Опытные и теоретические величины деформаций бетона сжатой грани балок при эксплуатационной нагрузке ($M = 0,625M_p$) указаны в табл. 2.

Таблица 2
Деформации бетона сжатой грани балок и деформации арматуры

Серия	Марка балки	$\varepsilon_{bm_5}^o \cdot 10^{-4}$	$\varepsilon_{bm_5}^T \cdot 10^{-4}$	$\frac{\varepsilon_{bm}^o}{\varepsilon_{bm}^T}$	$\varepsilon_{sm_5}^o \cdot 10^{-4}$	$\varepsilon_{sm_5}^T \cdot 10^{-4}$	$\frac{\varepsilon_{sm}^o}{\varepsilon_{sm}^T}$
I	БК-I-1	158	147	1,07	104	101	1,03
	БК-I-2	149		1,01			1,01
	БК-I-3	155		1,05			1,06
II	БК-II-1	141	139	1,01	95	89	1,07
	БК-II-2	145		1,05			0,97
	БК-II-3	136		0,98			1,05
III	БК-III-1	196	186	1,05	137	132	1,04
	БК-III-2	193		1,04			1,08
	БК-III-3	199		1,07			1,02
IV	БК-IV-1	184	178	1,03	129	126	1,02
	БК-IV-2	175		0,98			1,05
	БК-IV-3	182		1,02			1,03

Наблюдали увеличение значений деформации бетона сжатой зоны $\varepsilon_{\text{bm}}^0$ в балках серий (III – IV) и превышают значения $\varepsilon_{\text{bm}}^0$ балок серий (I-II), в среднем в 1,3 раза. Деформации растянутой арматуры $\varepsilon_{\text{sm}}^0$ в балках серий (III – IV) превышают значения $\varepsilon_{\text{sm}}^0$ балок серий (I-II), в среднем в 1,3-1,4 раза. Средние значения $\varepsilon_{\text{sm}}^0/\varepsilon_{\text{sm}}^T$ для балок I - II и III - IV серий, соответственно, равны 1,03 и 1,04.

Предельные деформации бетона сжатой зоны составили для балок I серии $\bar{\varepsilon}_{\text{bu}}^0 = 253 \cdot 10^{-5}$, для балок II серии $\bar{\varepsilon}_{\text{bu}}^0 = 232 \cdot 10^{-5}$, III серии $\bar{\varepsilon}_{\text{bu}}^0 = 320 \cdot 10^{-5}$, IV серии $\bar{\varepsilon}_{\text{bu}}^0 = 294 \cdot 10^{-5}$.

В процессе испытаний происходило уменьшение сечения, повышение деформаций бетона и прогибов. Возникновение трещин в растянутой зоне балок сопровождалось нарастанием прогибов, но без резких видимых скачков при переходе от упругой стадии работы к работе по второй стадии с трещинами. Расчет прогибов выполняли в соответствии с СНиП 2.03.01-84*.

Экспериментально исследовав балки, армированных стержневой арматурой класса А400С, в рабочей стадии ($M=0,625M_u^0$) от кратковременного действия нагрузки, получены прогибы, которые достигали величин $\sim 4..6$ мм, что составило около $(1/200 \dots 1/160)l_0$.

Соотношение опытных и расчетных прогибов составляет в среднем для балок I серии $f_0/f_T = 1,017$, для балок II серии $f_0/f_T = 1,0$, III серии $f_0/f_T = 1,06$, IV серии $f_0/f_T = 1,03$.

При увеличении нагрузки более $(0,625M_u^0)$ наблюдается значительное расхождение между опытными и расчетными прогибами, это объясняется тем, что принятые величины расчетных параметров и упрощенные выражения для их определения, не распространяются на стадию работы элементов, близкую к разрушению.

Выводы

Установлено, что в изгибаемых железобетонных элементах из цементно-зольного керамзитобетона на карбонатном песке 1,2м при кратковременном действии нагрузки опытные значения моментов трещинообразования на 1,68...6,7% превышают теоретические; максимальная ширина раскрытия трещин составила 0,2мм; прогибы при эксплуатационной нагрузке $(0,625M_u^0)$ достигли 4...6мм.

Summary

The given of experimental researches of beams are at the action from ceramist-ash ceramsite concrete under short-term loading and compared to theoretical.

Литература

1. Столевич А.С., Макаров С.В., Суханов В.Г., Костюк А.И. Исследование закономерностей влияния рецептурно-технологических факторов на основные свойства керамзитобетонной смеси и бетона.//Бетон и железобетон – ресурс- и энергосберегающие конструкции и технологии. – Киев, 1988. – С. 311-315.

2. Бабич Е.М. Конструкции из легких бетонов на пористых заполнителях. - Киев: "Вища школа", 1988. – 207 с.

3. Высоцкий С.А., Смирнов В.П. Экономия портландцемента при изготовлении бетонов с добавкой золы ТЭС.//Бетон и железобетон.– 1987.- №1.

4. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Эффективность минеральных и химических добавок в бетонах.// Ресурсоекономічні матеріали, конструкцій, будівлі та споруди. – Рівне, 2005. – Вип. 13. – С. 12 – 22.

5. Зинченко С.В., Столевич И.А., Столевич А.С., Дорофеев В.С. Легкие бетоны на пористых заполнителях для конструкций //Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. № 36 Одеса Зовнішнєрекламсервіс. 2009. – С. 179-186.

6. Зинченко С.В. Прочность и деформативность конструкций из цементно-зольного керамзитобетона: Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. - Одесса, 2010. – 187 с.