

**НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ТА ДЕФОРМАТИВНІСТЬ
КЕРАМЗИТОПЕРЛИТОБЕТОННИХ ЗГІНАЛЬНИХ
ЕЛЕМЕНТІВ**

С.А.Кравченко, к.т.н., доц., О.О.Постернак, к.т.н., доц.

Одеська державна академія будівництва та архітектури, Україна

За последние годы внимание сосредоточено на разработке и применении конструкций с использованием новых материалов и компонентов, обладающих улучшенными технологическими и эксплуатационными свойствами.

Известно, что одной из актуальнейших задач в деятельности строительного комплекса страны является развитие производства конкурентоспособных изделий и конструкций для жилых, гражданских и промышленных зданий. Создание конструкций сниженной материалоемкости и требуемой долговечности с одновременной разработкой ресурсосберегающих технологий их изготовления – это одно из основных направлений успешного решения указанной задачи.

В Одесской Государственной Академии Строительства и Архитектуры разработана технология малоцементных известесодержащих бетонов. В основе технологии лежит применение четырёхкомпонентного вяжущего, в состав которого, кроме поргладцемента и молотой негашёной извести, входят также активная минеральная добавка (зола-унос) и гипс для изготовления и исследования изгибаемых элементов.

Материалы, использованные в исследованиях, имели следующие характеристики:

- керамзитовый гравий 5...10 мм, нефракционированный Кулиндоровского индустриального концерна “Инто-Строй”, марки по насыпной плотности М 600, условной прочностью в цилиндре, равной 2,8...3,0 МПа;
- песок кварцевый Кременчугского карьера;
- песок перлитовый ООО Перлит-Инвест – ГОСТ 10832-91;
- цемент М 400 Криворожского завода – ДСТУ Б В.2.7-112-2002;
- зола-унос Ладыжинской ТЭС – ГОСТ 25818-91;
- известь негашёная Кулиндоровского завода, содержание активной окиси кальция СаО-75%;
- суперпластификатор С-3–ТУ-2481-001-51831493-00.

Предварительно были получены оптимальные составы бетона с выходом на классы бетона по прочности на сжатие LC 8/10 и LC 12/15.

Испытание балок проводили с целью выявления их фактической несущей способности, трещиностойкости и деформативности. Результаты исследования балок приведены в табл. 1. Все балки изготавливались из класса бетона по прочности на сжатие C8/10 с различным процентом армирования и разрушились по нормальному сечению в зоне чистого изгиба. Разрушение балок из керамзитоперлитобетона на цементноизвестково-возольном вяжущем происходило при достижении в растянутой арматуре напряжений равных пределу текучести с последующим раздроблением бетона сжатой зоны. Полученные экспериментальные прогибы балок перед разрушением не превышали величину предельно допустимых прогибов: $f = l / 200$. Перед разрушением в сжатой зоне бетона происходило шелушение поверхности, вертикальные трещины в верхней части разветвлялись, переходя в горизонтальные трещины, наблюдалась тенденция к непрерывному росту деформаций.

Расчётные значения разрушающих моментов $M_u^{расч}$ определялись по формулам ДБН В.2.6 – 98:2009 с введением в расчёт фактической прочности бетона и предела текучести арматуры.

За опытный разрушающий момент M_u^{oi} принимали изгибающий момент от внешней нагрузки, при котором напряжения в растянутой арматуре достигали предела текучести. При этом начиналось разрушение бетона сжатой зоны. При уточнении опытного значения разрушающего момента использовали результаты измерения деформаций растянутой арматуры и бетона сжатой зоны, а также прогибов балок. Опыты показали, что при достижении момента разрушения во всех образцах проявлялись большие пластические деформации.

Сопоставление опытных разрушающих моментов M_u^{on} с расчётными $M_u^{расч}$ приведено в табл.1. Как видно из таблицы для всех серий наблюдается достаточно хорошая сходимость опытных и расчётных разрушающих моментов. Опытные разрушающие моменты балках серии 1 выше расчётных в среднем на 1 %, а в балках серии 2 на 4,1%. Максимальное отклонение M_u^{on} и $M_u^{расч}$ в балках 1 серии наблюдались в балке БК-2 и составило 1,3%, в балках 2 серии максимальное отклонение не наблюдалось.

Деформации бетона сжатой зоны ε_{bm}^{on} определяли по показаниям тензометров с ценой деления 0,01, установленных на верхней грани

бетона в зоне чистого изгиба. Замер деформаций производили на всех этапах загрузки балок. Для сравнения опытных значений ε_{bm}^{on} с их теоретическими значениями $\varepsilon_{bm}^{теор}$ последние вычисляли по действующим нормам ДБН в стадии работы с трещинами.

Таблица 1

Результаты испытания балок

Серия	Обозначение	M_u^{on} ,	$M_u^{расч}$,	$\frac{M_u^{on} - M_u^{расч}}{M_u^{расч}}$	M_{crc}^{on}	$M_{crc}^{расч}$	$\frac{M_{crc}^{on} - M_{crc}^{расч}}{M_{crc}^{расч}}$
		Нм	Нм	×100, %		Нм	Нм
1	2	3	4	5	6	7	8
1	БК-1	6250	6060	3,2	2690	2594	3,7
	БК-2	5980		1,3	2490		4,0
2	БК-3	8060	7790	3,5	3100	2945	5,3
	БК-4	8170		4,8	3120		5,8

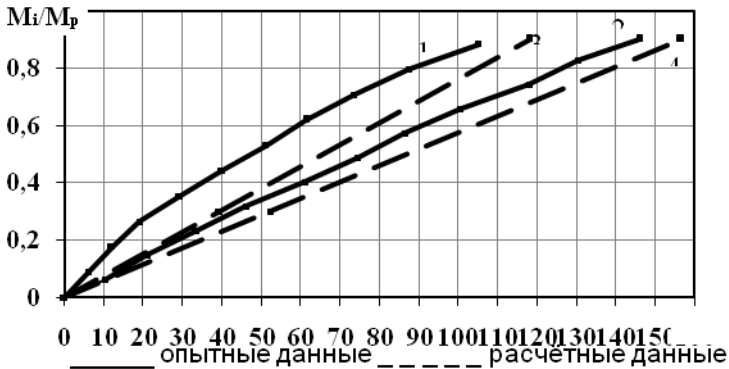
Опытные деформации сжатой грани бетона и их сравнение с деформациями, вычисленными по ДБН В.2.6-98:2009, приведены в табл.2. и на рис. 1

Из полученных зависимостей (рис.1) видно, что экспериментальные значения укорочения крайнего волокна бетона для балок с процентом армирования $\mu = 0,013$ заметно меньше их величин, вычисленных по ДБН. Расхождение между ними имеет место на всём протяжении нагружения конструкции и в некоторых случаях $\varepsilon_{bm}^{теор}$ превышает ε_{bm}^{on} в 1,02 - 1,05 раза. Такое положение может иметь место в том случае, если принятая в нормах величина параметра ψ_b для балок с меньшим процентом армирования превышает его опытное значение. Однако имеется общая закономерность, заключающаяся в том, что с повышением армирования разрывы между опытными и теоретическими значениями деформаций бетона сокращаются, что может быть вызвано влиянием повышения армирования на уменьшение неоднородности деформаций бетона сжатой зоны.

Таблица 2

Деформации бетона сжатой грани балок

Серия	Марка балки	$\varepsilon_{bm}^{on} \cdot 10^{-5}$	$\varepsilon_{bm}^{теор} \cdot 10^{-5}$	$\varepsilon_{bm}^{on} / \varepsilon_{bm}^{теор}$
1	2	3	4	5
1	БК-1	124	118	1,05
	БК-2	121		1,02
2	БК-3	161	156	1,03
	БК-4	164		1,05

Рис.1 Зависимость средних деформаций сжатой грани бетона ε_{bm}^{on} от изгибающего момента при различном армировании

Физически это приводит к выравниванию средних и пиковых деформаций сжатого бетона и, как следствие этого, - к увеличению коэффициента неравномерности сжатия крайнего волокна ψ_b сжатия крайнего волокна ψ_b . Зависимость деформаций арматуры ε_{sm}^{on} от величины изгибающего момента приведена на рис.2. Здесь значения ε_{sm}^{on} получены по результатам поэтапного замера удлинений арматуры. Теоретическую величину деформаций $\varepsilon_{sm}^{теор}$ вычисляли по формулам ДБН с использованием принятых в нормах параметров деформативности.

Из приведенного выше графика $\varepsilon_s - M_i$ видно, что опытные значения деформаций арматуры практически на всех этапах загрузки меньше их расчётных значений в среднем на 73 % для балок с процентом армирования $\mu = 0,013$ и на 65 % для балок с $\mu = 0,019$.

При нагрузке, близкой к моменту образования трещин в растянутой зоне бетона, происходило заметное развитие деформаций. Отмечено, что перед образованием трещин с увеличением нагрузки деформации в растянутой зоне резко возрастали. Первые трещины появились при нагрузках, составляющих для балок 1-ой серии $(0,39-0,44) M_u^{on}$, а для 2-ой серии $(0,56-0,61) M_u^{on}$.

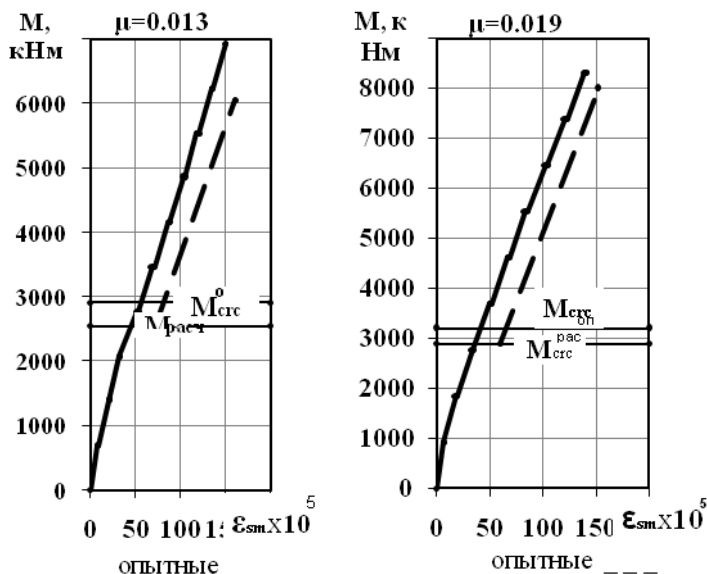


Рис.2. Зависимость деформаций растянутой арматуры от изгибающего момента

Предельные деформации бетона в растянутой зоне составили в среднем $33 \cdot 10^{-5}$, что в 1,5 раза превышает максимальное относительное удлинение, принятое в ДБН и равное $2f_{ctd,ser} / E_c$.

Расчётный момент трещинообразования определяли по ДБН. Анализ опытных и расчётных моментов трещинообразования (табл.1) показал, что для половины испытанных балок опытный момент на 3,2 – 4,8% превышает расчётный, а для другой половины на 1,3 % меньше.

Соотношение опытных и расчётных моментов трещинообразования ($M_{crc}^{on} / M_{crc}^{расч}$) в среднем составляет 1,03.

Ширина раскрытия трещин замерялась на боковых гранях балок на уровне центра тяжести растянутой арматуры. Измерения проводились, начиная с нагрузки, при которой образовывалась трещина, и приблизительно до 0,8 от разрушающей. Средняя ширина раскрытия трещин вычислялась по данным 7-9 замеров.

Средняя ширина раскрытия трещин в зоне чистого изгиба балок при эксплуатационной нагрузке находилась в пределах 0,07-0,18 мм, увеличиваясь с уменьшением коэффициента армирования. Наибольшее значение a_{crc} при этой нагрузке составило 0,24 мм для балок 1-ой серии.

При анализе опытных значений ширины раскрытия трещин выявлена достаточно высокая изменчивость a_{crc} . Коэффициент вариации для a_{crc} составил 0,38, что находится в соответствии с обобщёнными данными экспериментов по лёгким бетонам.

Сравнение опытных значений a_{crc} с нормативными, вычисленных по формуле ДБН показало, что нормативные превышают их в 1,2 раза. Это вполне справедливо, так как определяемое нормами значение a_{crc} представляет собой ширину раскрытия трещин с 95% обеспеченностью.

Анализ опытных данных расстояний между трещинами l_{crc} в зоне чистого изгиба балок показал, что эта величина не постоянна и изменяется в пределах $\pm 50\%$ при среднем значении l_{crc} около 6 см.

Опытные прогибы балок 1 и 2 серии при действии эксплуатационных нагрузок составили 15,9 – 19,2 мм и 22,1 – 24,8 мм.. Расхождение между опытными и расчётными прогибами находилось в пределах от 19,9 до 23,8 %. Соотношение опытных и расчётных прогибов в среднем для балок 1-ой серии $f^{on} / f^{расч} = 1,06$, а для балок 2-ой серии $f^{on} / f^{расч} = 1,08$.

Следовательно, прогибы балок с достаточной точностью могут считываться по ДБН с учётом действительных свойств материалов и параметров жёсткости.

На основании выше приведенного исследования можно сделать следующие **выводы**:

1. Расчёт несущей способности изгибаемых элементов из керамзитоперлитобетона на цементноизвестково-золевом вяжущем можно производить по ДБН В.2.6-98:2009.

2. Расчёт трещиностойкости и деформативности изгибаемых элементов из керамзитоперлитобетона на цементноизвестковозольном вяжущем рекомендуется проводить по ДБН, используя уточнённые значения расчётных параметров f_{cd} ; f_{ctd} ; E_c ; ν ; ξ , ε_{bm} , ε_{sm} .

Summary

The results of experimental researches of bearing strength are resulted, deformations and cracking bending elements from light weight concrete on multicomponent astringent and quartz sand.

Література

1. Опекунов В.В. Конструкционно- теплоизоляционные бетоны / В.В. Опекунов. – К.: Академ-периодика, 2002. — 270 с.
2. Кравченко С.А. Исследование конструкций из керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем / С.А. Кравченко, А.А. Постернак, И.А. Столевич, А.И. Костюк// Науково-технічний збірник “Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди”. – Рівне, 2011. – вип.22.– С. 393 - 399.
3. ДБН В.2.6 – 98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення., Київ 2011.
4. Рекомендации по применению в бетонах золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций / НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1986. – 80 с.
5. Кравченко С.А. Экспериментальное исследование усадки, ползучести и потерь напряжения в арматуре элементов из керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем/ С.А. Кравченко, А.А. Постернак// Вісник ОДАБА: зб. наук. праць, вип. №. 56, Одеса, ОДАБА, 2014. – С.124 – 128.
6. Кравченко С.А. Оценка несущей способности и деформативности моделей и фрагментов внутренних стеновых панелей из керамзитоперлитобетона на многокомпонентном вяжущем/ С.А. Кравченко, А.А. Постернак А.І. Костюк, А.И. Столевич // Вісник ОДАБА: зб. наук. праць, вип. №. 56, Одеса, ОДАБА, 2014. – С.124 – 128.