

УДК 691.322:666.973.2:691:539.37

ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРАМЗИТОБЕТОНА НА КАРБОНАТНОМ ПЕСКЕ И ЦЕМЕНТНО-ЗОЛЬНОМ ВЯЖУЩЕМ

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

Приведены результаты экспериментального исследования по подбору составов керамзитобетона на карбонатном песке и цементно-зольном вяжущем. Установлено влияние факторов состава керамзитобетона в отдельности и во взаимодействии друг с другом с помощью экспериментально-статического планирования.

Одной из задач на современном этапе в области строительства является увеличение объемов применения легких бетонов.

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 [8, 9, 10]

На юге Украины и других регионах имеются залежи глин, пригодных для производства керамзита [3] и низкопрочных известняков-ракушечников, при разработке которых образуется значительное количество отходов в виде песка и щебня [4]. В этих условиях наиболее эффективным местным строительным материалами является керамзитобетон, в котором в качестве мелкого заполнителя использовали карбонатный песок.

Проведенные ранее исследования показали техническую возможность и экономическую целесообразность использования карбонатного песка в бетонах на искусственных пористых заполнителях, и в первую очередь в керамзитобетоне, составляющем около 70% общего объема легких бетонов.

Проблема использования легких бетонов, в частности керамзитобетонов, на цементно-зольном вяжущем с химическими добавками является весьма актуальной задачей, поскольку предусматривает экономию сырьевых ресурсов, цемента, утилизацию отходов производства и улучшения состояния окружающей среды [1, 11].

Оптимизация составов бетона на пористых заполнителях заключается в нахождении такого состояния его компонентов, которое обеспе-

чивало бы заданные требования, предъявляемые к керамзитобетонной смеси и бетону. Оптимизировать состав бетона на пористых заполнителях более сложно, чем для бетонов других видов, поскольку при переходе от смеси к бетону изменяется состав бетона, его структура и свойства [2, 12].

Исследование керамзитобетона на цементно-зольном вяжущем проводилось в лабораториях кафедры ЖБиКК ОГАСА и ЖЖБК ООО «Кулиндоровского индустриального концерна».

В исследованиях использовали: портландцемент ОАО «ЮГ цемент» марка 400; зола-унос Ладыжинской ТЭС с удельной поверхностью $S_{уд}=3000 \text{ см}^2/\text{г}$; керамзитовый гравий (Кулиндоровского завода из глин Фонтанского месторождения Одесской области) фракций 5...10 и 10...20мм в соотношении по объему $V_{5...10}/V_{10...20} = 1,5$; карбонатный песок Орловского месторождения Одесской области, полученный из отходов камнепечения известняка-ракушечника; пластификатор С-3 в качестве 0,6% от массы цемента.

Готовую смесь укладывали в формы и уплотняли на виброплощадке СМЖ 529. После выдержки 4ч. Образцы кубов загружали в универсальную пропарочную камеру КПУ-1. Пропарку изделий производили по режиму 3+7+2 при $t=85\pm 5^\circ$. Температурно-влажностные условия в помещении лаборатории: $t=20\pm 2^\circ$; влажность – $w=65\pm 5^\circ$. Кубы 10x10x10 см испытывали после пропарки и на 28 сутки.

Подбор составов керамзитобетона на карбонатном песке должен обеспечить получение конструкционного керамзитобетона заданной прочности при минимальном расходе цемента с возможно меньшей объемной плотностью.

При подборе составов использовали расчетно-экспериментальный метод в соответствии с рекомендациями [5, 6, 7], включающий следующие операции: выбор заполнителя; назначение предварительного расхода вяжущего; назначение зернового состава и расхода заполнителя; определение расхода воды, обеспечивающего удобоукладываемость бетонной смеси; установление зависимостей между расходом вяжущего и прочностью бетона; корректировка и назначение производственного состава.

Обработку экспериментальных данных проводили с помощью экспериментально-статического (ЭС) моделирования, которое позволяет оценить степень влияния каждого из выбранных факторов [13, 14, 15]. При исследовании составов был использован близкий к Д-оптимальному трехуровневый план типа V_4 . Исследуемые факторы и уровни их варьирования приведены в табл. 1.

Фактически составы бетона были близки к заданным (отклонение не превышало 1-2%), что дало возможность вести математическую обработку результатов эксперимента по планируемому показателю. В результате были рассчитаны уравнения регрессии в виде полиномов второй степени, выражающие зависимости влияния исследуемых факторов на свойства бетона.

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{i \neq j} b_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

Таблица 1. Уровни варьирования факторов

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральный вид	Кодированный вид	-1	0	+1	ΔX
Расход цемента Ц, кг/м ³	X ₁	250	300	350	±50
Расход золы-унос З, кг/м ³	X ₂	90	120	150	±30
Расход песка П, кг/м ³	X ₃	270	360	450	±90
Расход керамзита К, кг/м ³	X ₄	550	700	850	±150

Влияния факторов состава на плотность бетона и прочность на 28 суток описываются ЭС модели (2) и (3) соответственно, которые рассчитывались с использованием типовой версии программы COMPEX-99 [13, 14].

$\ln(\rho) =$	7,363	+0,034x ₁	+0,011x ₁ ²	+0,004x ₁ x ₂	±0x ₂ x ₃
		+0,015x ₂	±0x ₂ ²	-0,005x ₁ x ₃	±0x ₂ x ₄
		+0,097x ₃	-0,015x ₃ ²	±0x ₁ x ₄	-0,004x ₃ x ₄
		+0,054x ₄	±0x ₄ ²		
$\ln(R_{28}) =$	3,036	+0,190x ₁	±0x ₁ ²	-0,054x ₁ x ₂	+0,052x ₂ x ₃
		+0,088x ₂	±0x ₂ ²	±0x ₁ x ₃	±0x ₂ x ₄
		±0x ₃	-0,049x ₃ ²	±0x ₁ x ₄	±0x ₃ x ₄
		+0,059x ₄	±0x ₄ ²		

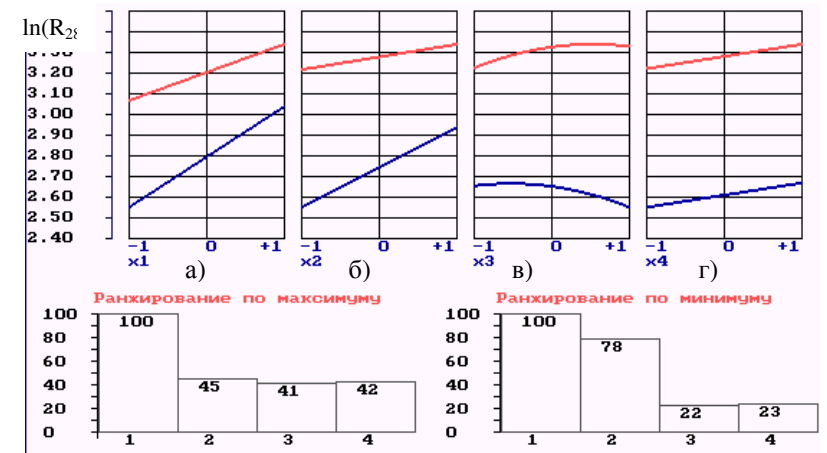


Рис. 1. Влияние факторов состава в зоне максимума и минимума на кубиковую прочность на 28 суток.

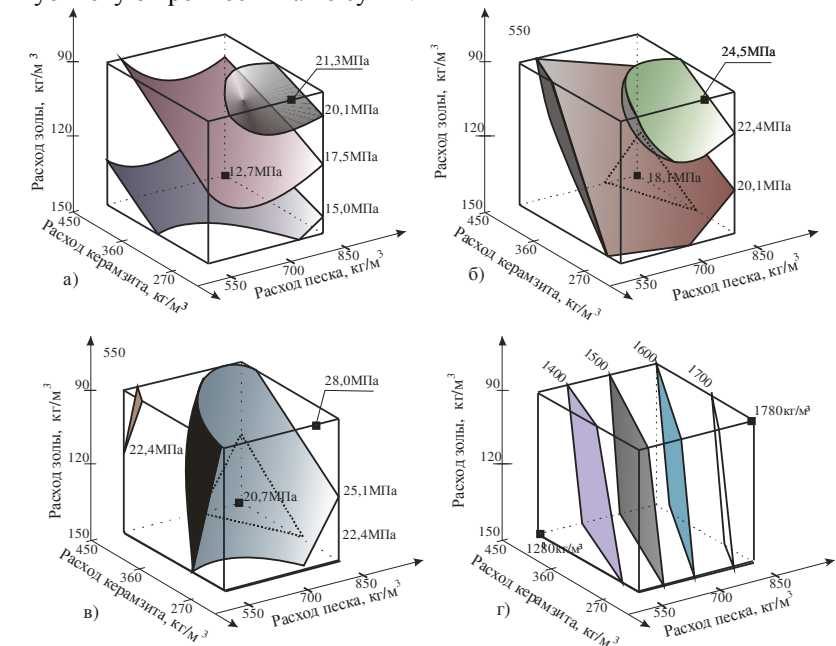


Рис. 2. Влияние факторов состава: а; б; в; - на кубиковую прочность в возрасте 28 сут., соответственно при Ц = 250; 300; 350 кг/м³; г - на плотность бетона при расходе цемента 250 кг/м³.

Под влиянием исследуемых факторов абсолютное изменение плотности, рассчитанное по полной модели (1), составляет $\Delta\rho = \rho^{\max} - \rho^{\min} = 1780 - 1280 = 500 \text{ кг/м}^3$.

Из рис. 2. г. видно, что на увеличение плотности характерно влияют - увеличение расхода керамзита и карбонатного песка.

Кубические диаграммы (рис. 2. а, б, в) построены для выявления характера влияния керамзита, песка и золы-унос при различном расходе цемента (250; 300; 350 кг/м³) соответственно на кубиковую прочность. Полученные изолинии показывают рост прочности как при увеличении расхода цемента, так и при увеличении карбонатного песка и золы.

Однофакторные зависимости, построенные по (3) таким образом, что их линии проходят через точки минимума и максимума, то есть отображают влияние варьируемых факторов состава в экстремумах, показаны на рис. 1.

При анализе графиков ранжирования по максимуму и минимуму из рис. 1. можно заметить то, что на прочность при ранжировании по максимуму влияют практически одинаково: керамзит, песок и зола-унос, наиболее характерное влияние происходит за счет цемента. Если рассмотреть ранжирование по минимуму, то для этого варианта характерно влияет на прочность расход цемента и золы, что нельзя сказать о керамзите и песке.

Выводы:

1. Установлено влияние факторов состава на плотность и кубиковую прочность бетона, получены общие адекватные модели для расчета этих величин.

2. Исследуемый керамзитобетон на карбонатном песке и цементно-зольном вяжущем при полученных прочностях от 12,7 МПа до 28,0 МПа можно рассматривать как конструкционный бетон, который является целесообразным для изготовления конструкций.

3. Результаты исследований позволяют определить диапазоны изменения факторов, в которых их влияние на прочность и плотность либо положительное, либо отрицательное.

4. Использование золы-уноса и карбонатного песка в легких бетонах является наиболее перспективным способом экономного потребления цемента и заполнителей.

Литература

1. 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.
2. Дворкин О.Л. Расчет составов легких бетонов на пористых заполнителях.// Ресурсоекономічні матеріали, конструкцій, будівлі та споруди. – Рівне, 2006. – Вип. 14. – С. 43 – 49.
3. Каленов Е.М. Повышение качества керамзита.– Киев.: Будівельник, 1984. – 64 с.
4. Еременок П.Л. Комплексное использование пыльных известняков в строительстве. Доклад по опубликованным работам на соискание ученой степени д.т.н. – Одесса, 1966. – 99 с.
5. Рекомендации по производству и применению керамзитобетона на известняковом песке для конструктивных элементов жилых домов: НИЛЭП ОИСИ. – М.: Стройиздат, 1986. – 64 с.
6. Рекомендации по выбору крупных пористых заполнителей для конструктивных легких бетонов марок 150...500. НИИЖБ. – М., 1972. – 30 с.
7. Рекомендации по применению в бетонах золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций/ НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1986. – 80 с.
8. 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 – ресурсо- и энергосберегающие конструкции и технологии. – Киев, 1988. – С. 311-315.
9. Легкие бетоны. Проектирование и технология. А. Шорт, П.В. Аблес, Б.К. Бардхен Рой и др. Пер. с англ. Под редакцией Ярмановского В.Н.: Стройиздат, 1981. – 240 с.
10. Бабич Е.М. Конструкции из легких бетонов на пористых заполнителях. - Киев: "Вища школа", 1988. – 207 с.
11. Высоцкий С.А., Смирнов В.П. Экономия портландцемента при изготовлении бетонов с добавкой золы ТЭС.//Бетон и железобетон. – 1987. - №1.
12. Симонов М.З. Основы технологии легких бетонов. – М.: Стройиздат, 1973. – 584 с.
13. Вознесенский В.А. Современные методы композиционных материалов. - Киев: "Будівельник", 1983. - 144 с.
14. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов //В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Я.П. Иванов, И.И. Николов. -К.: "Будівельник", 1989. – 240 с.
15. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. - М.: Высш. школа, 1982. - 224 с.