

УДК 691.53:666.973.2

к.т.н., доцент Кравченко С.А.,
к.т.н., доцент Постернак А.А., к.т.н., доцент Костюк А.И.,
Одесская государственная академия
строительства и архитектуры.

СВОЙСТВА КЕРАМЗИТОПЕРЛИТОБЕТОНА НА МНОГОКОМПОНЕНТНОМ ВЯЖУЩЕМ

Приведены результаты экспериментальных исследований по подбору оптимальных составов, прочностных и деформативных свойств керамзитоперлитобетона на многокомпонентном вяжущем.

Ключевые слова: *керамзитоперлитобетон, вяжущее, прочность, модуль упругости.*

Актуальность темы. Вопросы совершенствования структуры и свойств легких бетонов, а также их особенности и преимущества на смешанных заполнителях и композиционных вяжущих нашли отражение во многих отечественных и зарубежных исследованиях. Увеличить объем изготавливаемого бетона снизить стоимость можно путем применения многокомпонентного вяжущего в состав, которого кроме уменьшенного количества портландцемента, входят негашеная известь, зола-унос ТЭЦ и химические добавки [1,2].

В настоящее время на Украине и зарубежной практике накоплен значительный опыт использования пылевидной золы-уноса при производстве бетонов и конструкций из них [1].

Дополнительный экономический эффект можно получить при использовании для строительства зданий и сооружений легких бетонов на местных заполнителях Украины (керамзит, кералит, перлит, шлаковый щебень и т.д.) и конструкции на их основе по-прежнему актуальны и перспективны.

Цель и задачи исследования. Экспериментально доказать техническую возможность и экономическую целесообразность использования конструкционно-теплоизоляционного керамзитоперлитобетона на многокомпонентном вяжущем для применения в сборных конструкциях.

Материал исследования. В Одесской государственной академии строительства и архитектуры разработана технология малоцементных известосодержащих бетонов. В основе технологии лежит применение четырёхкомпонентного вяжущего, в состав которого, кроме портландцемента и молотой негашёной извести, входит также активная минеральная.

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.

Анализ литературных источников в подобном ряду исследований, а также результаты проведенных предварительных опытов [3] позволили выбрать следующие факторы и назначить уровни их варьирования:

1 - расход цементно-зольной смеси, соотношение 1:1, $\text{кг/м}^3 - X_1(300 \pm 100)$;

2 - расход извести, $\text{кг/м}^3 - X_2(125 \pm 25)$;

3 - агрегатно-структурный фактор $r - X_3(0,4 \pm 0,1)$.

Обработка результатов эксперимента с целью выявления закономерностей влияния исследуемых факторов $- X_1, X_2, X_3$ на плотность керамзитоперлитобетона и кубиковую прочность f_{ck} позволили получить с 95% надёжностью квадратичные уравнения регрессии p, f_{ck} (28).

На основании полученных зависимостей, а также исходя из требований, предъявляемых к лёгким бетонам [4], производили назначение оптимальных составов керамзитоперлитобетона на многокомпонентном вяжущем и кварцевом песке приведенные в табл.1.

По результатам экспериментальных исследований прочности свойств керамзитоперлитобетона на многокомпонентном вяжущем с 95% надёжностью получены квадратичные уравнения регрессии призмочной прочности в возрасте $t = 1$ п.п., 28, 180 и 360 суток. Уравнения по F – критерию

Фишера адекватны ($F_{ад} < F_{табл}$) и имеют информационную ценность ($F_{инф} > F_{табл}$).

$$f_{cd}(1 \text{ п.п.}) = 5,11 + 3,7X_1 + 1,06X_2 - 0,71X_3 + 0,7X_1X_2 - 0,1X_2X_3 + \\ + 0,14X_1^2 + 0,54X_3^2; \quad (1)$$

$$f_{cd}(28) = 5,87 + 4,27X_1 + 1,14X_2 - 0,93X_3 + 0,59X_1X_2 - 0,11X_1X_3 - \\ - 0,21X_2X_3 + 0,47X_2^2 + 0,42X_3^2; \quad (2)$$

Таблица 1

Проектная прочность, МПа	Агрегатно-структурный фактор, г	Расход материалов на 1 м ³ бетона							
		Цемент, кг/м ³	Известь, кг/м ³	Зола, кг/м ³	Керамзит, кг/м ³	Песок перлитовый, кг/м ³	Песок кварцевый, кг/м ³	С-3, %	Вода, л
5,0	0,3	110	160	100	450	70	120	0,3	225
7,5	0,3	160	130	150	440	80	130	0,3	240
10,0	0,4	190	130	210	520	140	210	0,3	305
12,5	0,5	210	150	200	480	195	280	0,3	325

$$f_{cd}(180) = 7,47 + 4,52X_1 + 1,38X_2 - 0,79X_3 + 0,73X_1X_2 - 0,35X_2X_3 - 0,2X_1^2 + 0,8X_2^2 + 0,3X_3^2; \quad (3)$$

$$f_{cd}(360) = 8,52 + 4,6X_1 + 1,38X_2 - 0,74X_3 + 0,59X_1X_2 + 0,21X_1X_3 - 0,54X_2X_3 - 0,3X_1^2 + 0,25X_2^2 + 0,5X_3^2. \quad (4)$$

С увеличением возраста керамзитоперлитобетона на многокомпонентном вяжущем ($t > 28$ сут.) характер влияния исследуемых факторов на призменную прочность изменяется. Особенно ярко это выражено для бетона с большей концентрацией керамзитового гравия.

Для упрощения квадратичных уравнений регрессии, была использована зависимость вида $y = b_0 + b_1x$ при назначении аргумента “ x ” исходили из необходимости учёта существенно влияющего на прочность, но не включенного в качестве фактора расхода воды. Окончательно аргументом назовем $x = (B/MKB) + t$, который можно принять в качестве обобщённого фактора состава. По результатам анализа установлено, что случайные величины $x = (B/MKB) + t$ подчиняются закону нормального распределения. Нулевая гипотеза о равенстве нулю генерального коэффициента корреляции $H_0: \rho_{xy} = 0$ отвергнута в пользу альтернативной $H_0: \rho_{xy} \neq 0$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$, что свидетельствует о наличии линейной связи между $f_{cd}(t)$ и $(B/MKB) + t$ в каждом из принятых возрастов керамзитобетона. Это позволило, используя методику регрессионного анализа, для каждого из принятых

возрастов керамзитоперлитобетона получить линейные уравнения регрессии вида:

$$f_{cd}(1. \text{ п. п. }) = 19,8 - 14,2[(B/MKB) + r]; \quad (5)$$

$$f_{cd}(28) = 23,5 - 16,8[(B/MKB) + r]; \quad (6)$$

$$f_{cd}(180) = 25,3 - 17,1[(B/MKB) + r]; \quad (7)$$

$$f_{cd}(360) = 26,2 - 17,2[(B/MKB) + r]. \quad (8)$$

По результатам экспериментальных исследований с 95% надёжностью получены квадратичные уравнения регрессии модуля упругости керамзитоперлитобетона на многокомпонентном вяжущем и кварцевом песке в возрасте $t = 1$ п.п., 28, 180 и 360 суток. Уравнения по F – критерию Фишера адекватны ($F_{ад} < F_{табл}$) и имеют информационную ценность ($F_{инф} > F_{табл}$).

$$E_{cd}(1. \text{ п. п. }) \times 10^{-3} = 5,82 + 1,63X_1 + 0,27X_2 - 1,38X_3 + 0,35X_1^2 - 0,34X_2^2 + 1,49X_3^2; \quad (12)$$

$$E_{cd}(28) \times 10^{-3} = 6,55 + 1,74X_1 + 0,33X_2 - 1,54X_3 - 0,15X_2X_3 + 0,17X_1^2 - 0,39X_2^2 + 1,69X_3^2; \quad (13)$$

$$E_{cd}(180) \times 10^{-3} = 7,33 + 1,86X_1 + 0,3X_2 - 1,66X_3 + 0,19X_1X_2 - 0,18X_2X_3 + 0,11X_1^2 - 0,36X_2^2 + 1,99X_3^2; \quad (14)$$

$$E_{cd}(360) \times 10^{-3} = 7,92 + 1,88X_1 + 0,3X_2 - 1,61X_3 + 0,19X_1X_2 - 0,13X_1X_3 - 0,19X_2X_3 + 0,12X_1^2 - 0,55X_2^2 + 2,22X_3^2. \quad (15)$$

Из этих уравнений видно, что наибольшее влияние оказывает расход вяжущего (X_1 и X_2) по сравнению с r (X_3), хотя оба они в значительной степени влияют на указанную величину.

Для упрощения квадратичных уравнений регрессии была использована зависимость для описания достаточно надёжной статической связи $y = E_{cd}(t)$ и $x = (B/MKB) + r$ и был проведен математико-статистический анализ, в результате которого нулевая гипотеза о равенстве нулю коэффициента корреляции $H_0: \rho_{xy} = 0$ отвергнута в пользу альтернативной $H_0: \rho_{xy} \neq 0$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$, что свидетельствует о наличии линейной связи между $E_{cd}(t)$ и $(B/MKB) + r$ в каждом из принятых возрастов бетона.

В результате применения регрессионного анализа для каждого из принятых возрастов бетона получены линейные уравнения регрессии вида:

$$E_{cd}(1. \text{ п. п. }) \times 10^{-3} = 19,4 - 12,5[(B/MKB) + r]; \quad (16)$$

$$E_{cd}(28) \times 10^{-3} = 21,1 - 13,4[(B/MKB) + r]; \quad (17)$$

$$E_{cd}(180) \times 10^{-3} = 23,2 - 14,5[(B/MKB) + r]; \quad (18)$$

$$E_{cd}(360) \times 10^{-3} = 23,7 - 14,3[(B/MKB) + r]. \quad (19)$$

Статистические расчёты показали, что характер влияния исследуемых факторов на модуль упругости не зависит статистически значимо от возраста керамзитобетона: $F_{max}^{ад} < F_{max}^{табл}$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Выводы. Проведенные исследования показывают, что применение извести и активных минеральных добавок, а в частности золы-уноса позволяют снизить расход цемента. Рецептурно-технологические факторы оказывают существенное влияние на формирование основных свойств керамзитоперлитобетона на многокомпонентном вяжущем и кварцевом песке. Учёт влияния указанных факторов с достаточной для практики точностью рекомендуется осуществлять, используя квадратические уравнения регрессии и линейные уравнения. Значения призменной прочности f_{cd} и модуля упругости E_{cd} отличаются от рекомендуемых ДБН В.2.6 – 98:2009. Поэтому величины f_{cd} и E_{cd} рекомендуется определять по выражениям (2), (13) и (6), (17).

Список использованной литературы

- 1.Высоцкий С.А., Смирнов В.П. Экономия портландцемента при изготовлении бетонов с добавкой золы ТЭС.// Бетон и железобетон. – 1987. - №1.
2. Бабич Е.М. Конструкции из легких бетонов на пористых заполнителях. - Киев: "Вища школа", 1988. – 207 с.
- 3.СтолевичА.С.,Макаров С.В., Столевич И.А., Мадии К.М., Кравченко С.А. Конструкционные легкие бетоны//ВісникОдеськоїдержавної академії будівництва та архітектури. Вип. № 17 ОдесаЗовнішнєрекламсервіс. 2005. – С. 246-255.

Анотація

Наведені данні експериментальних досліджень по підбору оптимальних складів, міцнісних і деформативних властивостей керамзитоперлітобетона на багатокомпонентному в'язучому.

Ключові слова: керамзитоперлітобетон, в'язуче, міцність, модуль пружності.

Annotation

Results of experimental researches on selection of optimum structures, durabilities and deformations properties light weight concrete on multicomponent knitting.

Keywords: light weight concrete, knitting, durability, module of deformation.