

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСАДКИ,  
ПОЛЗУЧЕСТИ И ПОТЕРЬ НАПРЯЖЕНИЯ В АРМАТУРЕ  
ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ КЕРАМЗИТОБЕТОНА НА  
МНОГОКОМПОНЕНТНОМ ВЯЖУЩЕМ**

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

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
Украина*

Влияние на работу конструкций длительных процессов усадки и ползучести керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем и кварцевом песке должно соответствовать современным нормативным требованиям предъявляемым к изготовлению конструкций.

Исследования проведенные ранее показали, что легкие бетоны, удовлетворяющие прочностным требованиям, имеют повышенную усадку и ползучесть, а, следовательно, и повышенные потери предварительного напряжения от усадки и ползучести.

Деформации усадки являются одной из важных характеристик любого бетона, учет ее особенно необходим в условиях массового производства изделий из него. Известно, что у плотных тяжелых бетонов усадочные явления протекают лишь в цементном компоненте растворной составляющей. Тяжелый мелкий и крупный заполнитель сам усадки не претерпевает, а только препятствует проявлению усадочных деформаций в цементном камне. В бетонах на пористых заполнителях, в том числе и в керамзитобетонах, усадочные явления могут протекать не только в цементном камне, но и в гранулах заполнителя. Поэтому в таких бетонах процесс развития усадочных деформаций оказывается более сложным, чем в тяжелых бетонах [1, 2, 3, 4]. Влияние рецептурных и технологических факторов бетонов на пористых заполнителях рассмотрено в работах [5, 7, 8].

На величину деформации ползучести влияет возраст бетона к моменту загрузки, уровень напряжений в бетоне и продолжительность действия нагрузки.

На ползучесть керамзитобетона также влияет количество применяемого керамзита в бетоне. Так как заполнители тяжелого бетона значительно прочнее керамзита, то ползучесть пористого заполнителя во всех случаях получается больше, чем ползучесть тяжелого бетона [1, 4].

В Одесской Государственной Академии Строительства и Архитектуры были проведены исследования длительной деформативности конструкционного керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем и потерь напряжения в стержневой арматуре керамзитожелезобетонных 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;

- 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%;

- гипс строительный – ДСТУ Б В.2.7-104-2000;

- суперпластификатор С-3–ТУ-2481-001-51831493-00.

Керамзитобетонную смесь укладывали в формы и уплотняли на вибростоле. После выдержки 2...4 ч. отформованные изделия с контрольными образцами (кубы, призмы) загружали в пропарочные камеры. Пропарку изделий производили при температуре 80°С.

Изучение длительных деформаций свойств бетона осуществлялось на неармированных призматических образцах размерами **100 × 100 × 400** мм с неизолированной от высыхания поверхностью. Изучение потерь в арматуре – на железобетонных стержневых (размерами **100 × 100 × 900** мм) образцах, находящихся под действием центрально приложенных усилий предварительного натяжения и балках размерами **100 × 220 × 2200** мм с одиночным армированием, находящихся под действием усилий предварительного натяжения арматуры и внешней длительно-действующей нагрузки. За начало отсчёта деформаций принят возраст, соответствующий моменту достижения бетоном 70% проектной прочности. При постановке опытов была использована теория планирования эксперимента и математико-статистические методы анализа результатов.

Установлено, что керамзитобетон классов С8/10 – С20/25 на многокомпонентном вяжущем является эффективным местным материалом пригодным для использования в предварительно напряжённых несущих конструкциях зданий и сооружений за счёт использования отходов промышленного производства входящего в состав вяжущего бетона и меньшей плотности .

Опытные конечные величины, характеризующие длительную деформативность бетонов в нормальных температурно-влажностных условиях, составили:

$$\varepsilon_{\text{yc}} = (40 \div 60) \times 10^{-5}$$

$$C_{\infty}(t, \tau) = (1,251 \div 2,467) \times 10^{-5}$$

Нами были получены регрессионные модели второго порядка, связывающие величины деформаций усадки и меру ползучести с факторами состава и сделан вывод о возможности широкого регулирования длительных свойств путём рационального подбора компонентов состава керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем.

$$\varepsilon_{\text{yc}}(360) = (0,257 MKB - 0,0003 MKB^2 + 163,75r - 147,7r^2 - 41,31)10^{-5}$$

$$C_{\infty}(360) = [MKB(1,06MKB - 1133,3)10^{-5} + r(0,2955r + 2,5015) - 0,00422MKB r + 4,751]10^{-5}.$$

где: Вяж (кг) – расход вяжущего на 1 м<sup>3</sup> бетона;

$$r = \frac{V_{\text{песка}}}{\sum V_{\text{кварцевых материалов}}} - \text{агрегатно-структурный фактор};$$

Установлено, что пропаривание позволяет уменьшить деформации усадки на величину, достигающую 31,5%, а меру ползучести – на 2 – 63%. Снижение меры ползучести за счёт термовлажностной обработки будет тем больше, чем меньше расход цемента и чем выше объём растворной части бетона. Одновременно, пропаривание ведёт к снижению (до 24,8 %) величин модуля упругости керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем.

При одинаковых: составах, прочности и условиях твердения – конечные значения деформаций усадки керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем и обычного керамзитобетона на кварцевом песке будут одинаковы. Мера линейной ползучести керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем на 10 - 15,6% ниже, чем у обычного керамзитобетона на кварцевом песке.

Изменение во времени величины модуля упругости керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем для большинства составов подчиняется типичным для керамзитобетона закономерностям, которые были отмечены в проведенных опытах В.Г. Суханова, А.И. Костюка и И.А. Столевича.

Исключение составляют бетоны с повышенным содержанием растворной части (425 – 550 кг), модуль упругости которых на всём протяжении опыта увеличивается. Прирост по отношению к  $E_{cd}(28)$  достигает в возрасте 360 суток 5 – 13,5%. Необходимо отметить, что полученные из опыта значения  $E_{cd}(28)$  керамзитобетона на многокомпо-

нентном вяжущем хорошо согласуются с данными ДБН В.2.6 – 98:2009.

В опытах с керамзитобетонными предварительно напряжёнными сжатыми и изгибаемыми элементами установлено, что при плавной передаче на бетон усилий натяжения стержневой арматуры класса А 400С сцепление между поверхностью арматуры и бетоном не нарушается.

Величины пластических потерь зависят от значений начальных относительных напряжений сжатия бетона  $k_{\sigma} = \sigma_c / f_{cd}(t_0)$  и от вида мелкого заполнителя. Форма эпюры напряжений в бетоне тем существеннее сказывается на величинах пластических потерь, чем выше значение  $k_{\sigma}$ . Величины деформаций бетона верхней зоны и выгибы балок при отпуске натяжения от вида заполнителя не зависят.

Конечные значения усадочных деформаций ненапрягаемых образцов зависят от наличия арматуры и величины коэффициента армирования  $\rho_f$ . С увеличением класса бетона конечные значения  $\varepsilon_{ic}$  увеличиваются при  $\rho_f = 0$  и уменьшаются при  $\rho_f > 0$ . Рост коэффициента армирования ведёт к уменьшению конечных значений  $\varepsilon_{yc}$ , что связано с усадочным растрескиванием керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем. Для оценки потерь от усадки в арматуре предварительно напряжённых элементов могут быть использованы значения  $\varepsilon_{yc}$ , измеренные на арматуре ненапрягаемых образцов – близнецов.

Связь между полными (усадка плюс ползучесть) потерями в арматуре и начальным уровнем напряжения сжатия керамзитобетона (не превышающим 0,8) определяется линейной зависимостью:

$$\sigma_n(t) = E_s [\delta k_{\sigma} + \varepsilon_{yc}(t)]$$

где:  $E_s$  – модуль упругости напрягаемой арматуры;

$\varepsilon_{yc}(t)$  – усадочные деформации, измеренные в возрасте  $t$  на арматуре ненапрягаемых образцах – близнецах ;

$\delta$  – коэффициент пропорциональности.

После нагружения балок внешней длительнодействующей нагрузкой прирост  $\sigma_n(t)$  практически прекращается.

Оптимальные значения начальных относительных напряжений сжатия керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем находятся в диапазоне  $0,2 < k_{\sigma} \leq 0,8$ . При этом конечные величины полных потерь в арматуре не превышают 35 – 38%  $\sigma_{01}$ .

## ***Выводы***

1. Установлены удобные зависимости для практического использования при определении деформативности керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем;
2. Проведенные исследования позволили оценить основные характеристики длительных свойств керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем, необходимые для реализации в преднапряжённых конструкциях зданий и сооружений.

## **Summary**

**The results of studies of shrinkage, creep and loss tension of reinforcement elements on light weight concrete on multicomponent knitting and quartz sand.**

## ***Литература***

1. Симонов М.З. Бетон и железобетон на пористых заполнителях. – М.: Изд-во лит. по стр., 1955. – 556 с.
2. Бужевич Г.А. Легкие бетоны на пористых заполнителях. – М.: Стройиздат, 1970. – 272 с.
3. Пирадов А.Б. Конструктивные свойства бетона и железобетона. М.: Стройиздат, 1973. – 133-136 с.
4. Кудрявцев А.А. Ползучесть и усадка новых видов легких бетонов // Проблемы ползучесть и усадка бетона : Сб. науч. трудов. М.: Стройиздат, 1974. – 117–122с.
5. Мешкаускас Ю.И. Конструктивный керамзитобетон. – М.: Стройиздат, 1977. – 83-88 с.
6. ДБН В.2.6 – 98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення., Київ 2011.
7. Рекомендации по учету ползучести и усадки бетона при расчете бетонных и железобетонных конструкций / НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1988. – 121с.