

Н. А. НИКИФОРОВА, А. Ф. МАСЛЯЕВ (ДИИТ)

ВЗАИМОСВЯЗЬ УПРУГИХ И ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ КЕРАМЗИТОБЕТОНА И ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИХ

В статті розглянуто взаємний вплив пружних та міцнісних властивостей розчинних складових керамзитобетону на його фізико-механічні характеристики.

В статье рассмотрено взаимное влияние упругих и прочностных свойств растворных составляющих керамзитобетона на его физико-механические характеристики.

The paper is dealt with mutual influence of resilient and cohesion characteristics of the mortar ingredients of lightweight aggregate concrete on its physical and mechanical properties.

Широкое использование керамзитобетона является большим резервом его использования в качестве конструкционного материала. Применение легких заполнителей в конструктивных бетонах позволяет укрупнить конструкции и обеспечить снижение трудозатрат и экономии энергетических ресурсов при монтаже зданий и сооружений. Решение вопросов оптимизации структуры бетонов и совершенствования методов изготовления изделий из конструкционного керамзитобетона на сегодняшний день является актуальным для заводской технологии железобетона.

Для легкого конструкционного бетона в качестве крупного заполнителя наиболее целесообразно применение керамзита. На долю керамзита приходится около 65 % от общего производства пористых заполнителей. Обладая относительно большой прочностью, небольшой средней плотностью, большим количеством замкнутых пор, он является хорошим конструкционным материалом для легкого бетона.

Вместе с тем, керамзит является неоднородным материалом. Изменчивость технологического процесса, сырья, погодных условий влечет за собой значительные колебания прочности и средней плотности отдельных гранул. Свойства керамзитовых зерен изменяются в зависимости от влажности, крупности и формы. Чем меньше крупность и коэффициент формы зерна ближе к единице, тем выше прочность керамзита. Влияние крупности связано с тем, что мелкие зерна керамзита менее вспучены и, следовательно, более плотные. Крупные гранулы имеют большую пористость, менее морозостойки, более неоднородны.

В зависимости от характеристик и количества исходных материалов, а также в результате взаимного влияния составляющих формиру-

ется определенная структура керамзитобетона [1]. Взаимное влияние составляющих определяется тем, что изменяются физико-механические свойства растворной части и керамзитовых зерен. Вблизи поверхности раздела «цементный камень – керамзит» образуется контактная зона, свойства которой существенно отличаются как от свойств раствора, так и от свойств керамзита.

С момента затворения бетонной смеси сухой пористый заполнитель начинает поглощать из цементно-песчаного раствора влагу. В зависимости от количества цемента, начального водоцементного отношения и свойств керамзита его водопоглощение в бетоне составляет 7...14 % [2]. В результате происходит самовакумирование и самоуплотнение бетона. Однако, дальнейшая обратная миграция воды из керамзита в раствор ведет к разуплотнению контактной зоны. Внутри капилляров гранул керамзита происходят процессы гидратации с образованием кристаллогидратов, которые срастаются с материалом зерен керамзита и тем самым его упрочняют. В процессе дальнейшего твердения под действием усадочных деформаций цементного камня происходит обжатие зерен керамзита. Эффект предварительного обжатия усиливается встречным расширением заполнителя под действием влаги. Обжатие керамзитовых зерен цементным камнем до приложения внешней нагрузки повышает его растяжимость и прочность. Следовательно, фактические физико-механические свойства керамзита в бетоне не являются постоянными, а зависят от величины предварительного обжатия, которое определяется расходом цемента и начальным водоцементным отношением.

Прочность легких бетонов зависит от их плотности. Объем межзерновых пустот запол-

нителя-керамзита, не заполненный цементным тестом на 5 %, снижает прочность легкого бетона примерно на 20 % по сравнению с бетоном легкой структуры.

Для подтверждения теоретических и практических представлений о прочности легких бетонов предложено множество формул, которые можно разделить на три группы.

Первая группа – формулы, в которых прочность легкого бетона зависит от прочности свойств компонентов и их относительного содержания (формула Ю. Е. Корниловича):

$$R_{\text{б}} = R_{\text{р}}(1 - \varphi) + R_{\text{к}}\varphi, \quad (1)$$

где $R_{\text{р}}$ – прочность растворной составляющей; $R_{\text{к}}$ – прочность крупного пористого заполнителя (керамзита); φ – объемная концентрация крупного заполнителя.

Вторая группа формул связывает прочность бетона с деформативными свойствами компонентов (формула А. И. Ваганова):

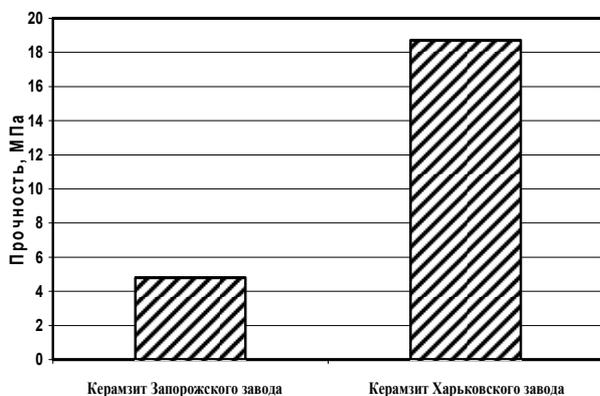
$$R_{\text{б}} = E_{\text{б}} \cdot \varepsilon_{\text{с}} = \frac{1}{\mu} \cdot E_{\text{з}} \cdot \varepsilon_{\text{р}}, \quad (2)$$

где $E_{\text{б}}$ – модуль деформации бетона в момент разрушения; $\varepsilon_{\text{с}}$ – предельная сжимаемость заполнителя; $\varepsilon_{\text{р}}$ – предельная растяжимость заполнителя; μ – коэффициент Пуассона.

Третья группа формул учитывает прочность компонентов, их объемное содержание и деформативные свойства (формула Б. Г. Скрамтаева):

$$R_{\text{б}} = R_{\text{р}} \cdot \left[1 + \left(\frac{E_{\text{з}}}{E_{\text{р}} - 1} \right) \cdot \varphi \right], \quad (3)$$

где $E_{\text{з}}$ и $E_{\text{р}}$ – соответственно, модули упругости заполнителя и раствора.



Существенное влияние прочности пористого заполнителя-керамзита приводит к меньшему относительному влиянию на прочность легкого бетона таких факторов, как В/Ц и активность цемента.

В целях экономного использования цемента минимальная прочность керамзитового гравия должна составлять 0.1 от требуемой прочности бетона $R_{\text{б}}$. Оптимальную прочность керамзитового гравия назначают в пределах (0.1...0.16) $R_{\text{б}}$. Завышение прочности керамзита приведет к увеличению объемной массы керамзитобетона, в результате чего будет утрачено его главное преимущество перед обычным тяжелым бетоном. На прочность бетона оказывает влияние соотношение модулей упругости керамзита и растворной части. Его оптимальное значение 0.9.

Таким образом, прочность легкого бетона зависит от активности вяжущего, прочностных и деформативных характеристик цементного камня и заполнителей, концентрации их в объеме материала, качества контактной зоны, от формы, характера поверхности и размеров частиц заполнителей.

Проведены исследования по определению прочностных и упругих характеристик раствора и керамзитобетона (рис. 1, 2).

Анализ взаимосвязи между прочностными и упругими свойствами растворной части бетона и самого бетона показал, что у раствора модуль упругости зависит от того, какая составляющая в нем преобладает. При соотношениях цемента к песку от 1 : 1 до 1 : 6 модуль упругости не меняется и составляет 10×10^3 МПа. При соотношении 3 : 1 модуль раствора снижается до 5×10^3 МПа. Прочность раствора увеличивается с увеличением количества в нем цемента (рис. 3). При соотношении Ц : П более 1 : 5 прирост прочности раствора составляет 0.8...1.0 МПа.

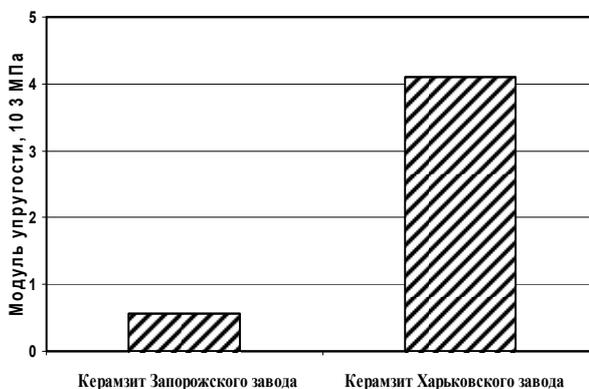
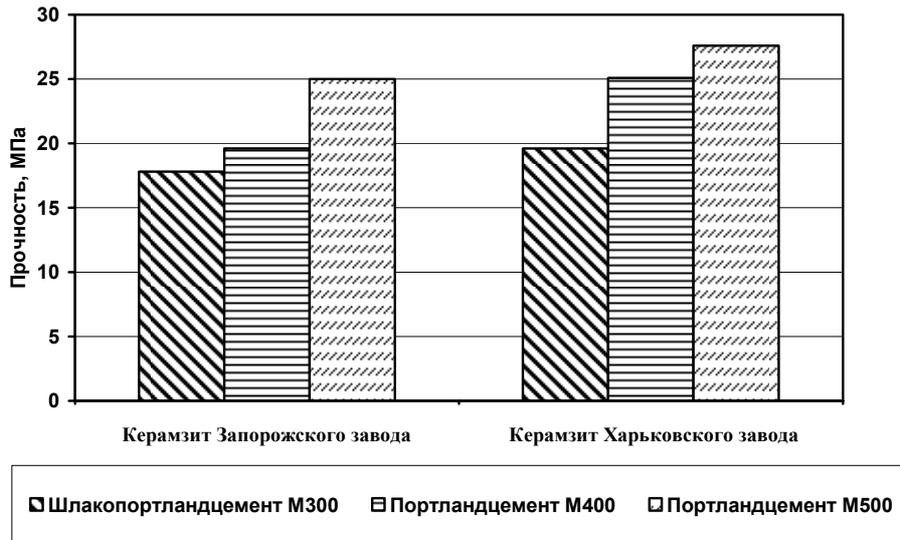


Рис. 1. Прочностные и упругие свойства керамзита

1)



2)

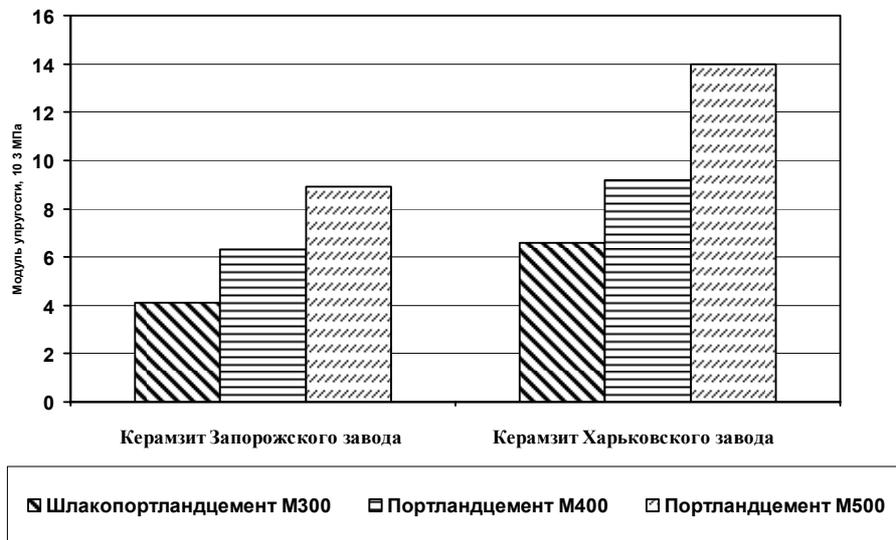


Рис. 2. Прочностные и упругие свойства бетонов в зависимости от свойств керамзита и марки цемента:
 1) прочностные; 2) упругие.
 Состав раствора 1 : 3 , количество керамзита $K = \text{const} = 1000$

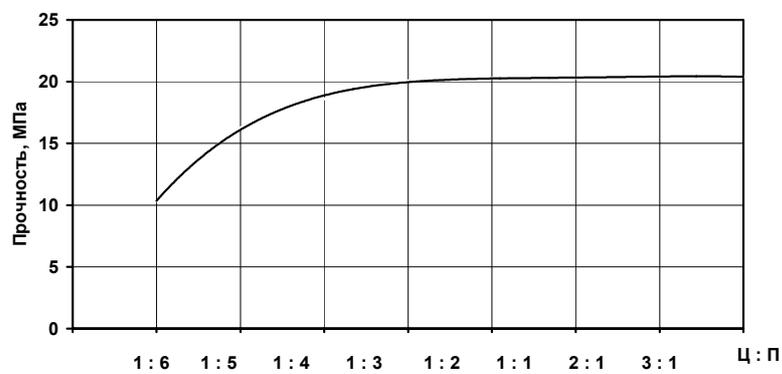


Рис. 3. Зависимость прочности растворной составляющей от соотношения расхода цемента к песку

В бетоне при увеличении содержания крупного заполнителя увеличение соотношения между расходом цемента и песка повышает модуль упругости бетона.

Модуль упругости керамзитобетона в значительной степени зависит от заполнения межзерновых пустот песка цементным тестом. При полном заполнении межзерновых пустот (Ц : П составляет более 1 : 3) модуль упругости керамзитобетона возрастает в 1.5 раза.

Прочность керамзитобетона определяется прочностью растворной составляющей, которая зависит от способа уплотнения, количества и марки цемента. Рациональные значения прочности растворной составляющей получены при соотношении Ц : П от 1 : 3 до 1 : 2.

Таким образом, марку керамзитобетона при одинаковой степени уплотнения возможно повысить с 200 до 250 за счет увеличения активности цемента или путем повышения прочности керамзита в 4 раза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дворкин Л. И. Основы бетоноведения / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – СПб.: ООО «Стройбетон», 2006. – 692 с.
2. Иванов И. А. Влияние однородности керамзита на свойства керамзитобетона / И. А. Иванов, В. В. Нефедов // Бетон и железобетон, 1978, № 6. – С. 13-15.

Поступила в редколлегию 25.01.2008.