

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТРУКЦИОННОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА

ТКАЧУК И.В.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, vanu_tkachuk@mail.ru

Научный руководитель – П. В. Кривицкий, доцент кафедры строительных конструкций, доцент, канд. техн. наук

Предмет исследования: морфология трещинообразования и характер разрушения образцов; особенности и параметры структуры керамзитобетонных образцов.

Цели: Основной целью работы является изучение особенностей применения легких бетонов в несущих и ограждающих конструкциях, а также способности сопротивления заданным нагрузкам.

Материалы и методы: экспериментальные исследования выполнялись с учетом влияния рецептурных (расхода цемента, воды, последовательность загрузки материалов) и технологических (удобоукладываемость, время перемешивания смеси и время ее виброуплотнения) факторов на прочность на сжатие.

Результаты: Выполнен анализ механических характеристик керамзитобетона и особенностей свойств крупного заполнителя, влияющие на повышение прочности на сжатие.

Выводы: Полученные данные свидетельствуют разрозненности с действующими нормами, что требует дополнительного исследования материала и конструкций через проведение натурных испытаний.

ВВЕДЕНИЕ

Достаточно долгое время считалось, что легкие бетоны подходят исключительно для неармированных изделий и строительных конструкций. Для производства таких бетонов используют пористые заполнители различной фракции, как природного, так и искусственного происхождения. В роли природных заполнителей выступают пористые горные породы, сформированные в результате вулканической деятельности либо осадочным путем. Примерами являются вулканический шлак и туф. Искусственные пористые заполнители, такие как керамзит, аглопорит, перлит и шлаковая пемза, производятся посредством термической обработки минерального сырья. Стоит отметить, что керамзит занимает лидирующую позицию в объеме производства искусственных заполнителей для легких бетонов на территории Беларуси.

Анализ действующей нормативно-технической базы на территории Республики Беларусь в части проектирования, производства и применения легких бетонов, требует актуализации и структурной доработки. Современная база направлена на традиционные методы проектирования и не в полной мере учитывают современные материалы, модифицированные составы и технологии изготовления легких бетонов. Основные направления в части доработки должны быть направлены на актуализации и внедрении методик расчета и

проектирования; создание базы использования современных добавок и компонентов; повышение технической надежности проектных решений.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Механические характеристики керамзитобетона формируются в процессе его работы под действием нагрузок и в наибольшей степени определяются такими параметрами, как прочность и модуль деформаций. В соответствии с положениями действующих технических нормативных правовых актов (ТНПА)[1], прочность керамзитобетона оценивается при воздействии различных видов нагрузок — преимущественно при сжатии и растяжении.

На прочность керамзитобетона влияет крупность керамзита, что приводит к уменьшению крупности керамзита в конструкционном керамзитобетоне, по возможности. Попытки получить более высокую марку бетона путем увеличения расхода цемента за счет уменьшения расхода песка или путем повышения активного вяжущего, применения эффективности тепловой обработки и т.д. практически мало эффективны. Следовательно, в отличие от бетона нормального веса, на прочность конструкционного керамзитобетона оказывает большое влияние прочность самого заполнителя – керамзита.

Обзор литературных источников по данному вопросу показал следующие факты, установленные исследователями:

Согласно [2] прочность таких бетонов нелинейно связана с их плотностью, а повышение прочности легких бетонов в основном базируется на повышении прочности, плотности и жесткости цементно-песчаной матрицы.

На основании проведенных исследований И.Н. Ахвердов делает вывод, «... что прочность легких бетонов зависит, в основном, от активности цемента и пористости всей системы, которую, как и для обычных бетонов, предопределяет В/Ц соотношение» [3].

Г.А. Бужевич [4] отмечает, что «... свойства крупнопористого бетона, в принципе, зависят от тех же факторов, что и свойства плотных бетонов: от вида заполнителя, расхода их на 1 м³ бетона, способов приготовления и укладки бетонной смеси, условий твердения и др. Однако, влияние этих факторов в случае крупнопористых бетонов на пористых заполнителях несколько специфично».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Легкий бетон является сложным многофункциональным материалом, который должен иметь плотную, сплошную структуру, минимальную плотность, достаточную прочность, чтобы обеспечить требуемую несущую способность, а также отличаться повышенной устойчивостью к воздействиям атмосферных осадков.

В качестве заполнителей в таких бетонах применяются материалы минерального происхождения с зернами пористой структуры, обладающие плотностью в сухом состоянии не более 2000 кг/м³ или насыпной плотностью не выше 1200 кг/м³. Эти заполнители могут быть как природными, так и полученными искусственным путем.

Исследование механических характеристик состояло из четырех ключевых этапов.

Этап 1: анализ механических характеристик керамзитобетона и особенностей свойств крупного заполнителя, влияющие на повышение прочности на сжатие;

Этап 2: оценка пригодности имеющегося керамзитового заполнителя на рынке производителей Республики Беларусь для изготовления конструкционного керамзитобетона;

Этап 3: анализ научно-технической литературы в области изучения оптимального проектирования состава керамзитобетонной смеси, установления критериев оптимальности и количественных зависимостей между ними, а также влиянию технологических факторов;

Этап 4: экспериментальные исследования с учетом влияния рецептурных (расхода цемента, воды, последовательность загрузки материалов) и технологических (удобоукладываемость, время перемешивания смеси и время ее виброуплотнения) факторов на прочность на сжатие.

Из проведенного анализа имеющихся исследований в вопросе оптимального проектирования состава керамзитобетонных смесей становится очевидным, что методика подбора состава конструктивных легких бетонов на керамзитовом гравии весьма усложнена в сравнении с подбором состава бетона нормального веса из-за значительного колебания значений удобоукладываемости керамзитобетона, в виду своей особенности быстрой потери подвижности по причине поглощения влаги заполнителем, а также по причине трудности точного расчета В/Ц соотношения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вопрос оптимальной технологии изготовления керамзитобетонных смесей занимает большую роль в возможности достижения требуемых прочностных качеств. Эту задачу практически решают, как на технологических линиях заводов-изготовителей керамзитового гравия, так и научные отечественные и зарубежные лаборатории.

Цель заключалась в изучения влияния геометрических параметров (формы, размеров) на механические характеристики, а именно, на прочность на сжатие.

По результатам экспериментов были установлены лучшие показатели прочности при упаковке керамзитового заполнителя в соотношении 65% керамзитового щебня и 35% керамзитового песка.

После обработки результатов были получены графики набора прочности образцов, которые предоставлены на рисунке.

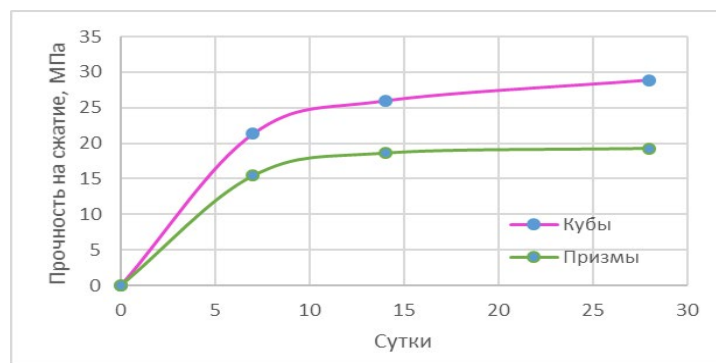


Рисунок 1 – График набора прочности испытываемых образцов

Как рассматривается в нормах [5] определение прочности бетона на сжатие R , МПа, вычисляют с точностью до 0,1 по формуле:

$$R = \alpha \frac{F}{A} K_w$$

где F – разрушающая нагрузка, Н;

A – площадь рабочего сечения образца, мм²;

α – масштабный коэффициент для приведения прочности бетона в образцах базовых размеров и формы;

K_w – поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий влажность образцов в момент испытания.

Таблица 1 – масштабные коэффициенты (согласно ГОСТ 10180-2012 [5]).

Форма и размеры образца, мм	Масштабные коэффициенты при испытании				
	на сжатие всех видов бетонов, кроме ячеистого α	на растяжение при раскалывании γ		на растяжение при изгибе тяжелого бетона δ	на осевое растяжение β
		тяжелого бетона	мелкозернист- ого бетона		
Куб (ребро) или квадратная призма (сторона поперечного сечения)					
70	0,85	0,78	0,87	0,86	0,85
100	0,95	0,88	0,92	0,92	0,92
150	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
200	1,05	1,10	1,05	1,15	1,08
250	1,08	—	—	1,25	—
300	1,10	—	—	1,34	—
Цилиндры [диаметр × высоту (длину)]					
100×200	1,16	0,98	0,99	—	—
150×300	1,20	1,13	1,08	—	—
200×400	1,24	—	—	—	—
250×500	1,26	—	—	—	—
300×600	1,28	—	—	—	—
<p>Примечания</p> <p>1 Для ячеистого бетона со средней плотностью менее 400 кг/м³ масштабный коэффициент α принимают равным 1,0 независимо от размеров и формы образцов.</p> <p>2 Для ячеистого бетона со средней плотностью 400 кг/м³ и более масштабный коэффициент α для выбуренных образцов-цилиндров диаметром и высотой 70 мм и выпиленных образцов-кубов с ребром длиной 70 мм принимают равным 0,90, для образцов-цилиндров диаметром и высотой 100 мм и образцов-кубов с ребром длиной 100 мм — равным 0,95.</p> <p>3 Применение экспериментальных масштабных коэффициентов α, β, γ и δ по приложению Л, отличающихся от единицы в сторону увеличения или уменьшения более чем это указано в настоящей таблице для отдельных видов бетонов и размеров образцов, не допускается.</p>					

По данным собственных экспериментальных исследований было получено, что коэффициент α составил 0,67..0,72, что свидетельствует о некотором расхождении с данными ТНПА, поэтому требуется его уточнение для конкретных составов.

ВЫВОДЫ

Прочность и деформативность бетона определяются главным образом структурой и свойствами цементного камня, который скрепляет зерна заполнителя в монолит. В последнее время было показано, что путем применения тех или иных технологических приемов, например, активацией цементного теста или введением добавок, можно значительно изменить прочность и деформативность бетона. В отдельных случаях свойства бетона

изменялись в 1,5...2 раза. Свойства бетона существенно зависят от вида и качества заполнителя, а также от его состава. Прочности бетонов, приготовленных на цементе одинакового качества, при постоянном водоцементном отношении, но на разных заполнителях, могут отличаться в 1,5...2 раза.

Результат исследований показывает возможность получения легких конструкционных бетонов на основе керамзитобетона с высокими механическими характеристиками, которые обеспечат снижение собственного веса элементов из легких бетонов и уменьшат расход материалов, а также стоимость проекта на других этапах работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетонные и железобетонные конструкции : СП 5.03.01-2020. – Введ. 20.05.2022. – Минск : Научно-проектно-производственное республиканское унитарное предприятие «Стройтехнорм» (РУП «Стройтехнорм»), 2022. – 244 с.
2. Faust, Th. High strength lightweight-aggregate concrete / Th. Faust, G. Konig // Proceedings 2nd International Ph.D. – Symposium in Civil Engineering. Budapest: Technical University of Budapest. – 1998. – 8 p.
3. Ахвердов, И.Н. О научных проблемах в области легких бетонов. В книге «Аглопорит и аглопоритобетон» / И.Н. Ахвердов. – Минск, 1964. – С. 12-20.
4. Бужевич, Г.А. Исследование по крупнопористому бетону на пористых заполнителях / Г.А. Бужевич. – М. : Госстройиздат, 1962. – 142 с.
5. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: ГОСТ 10180–2012. – Введ. 01.02.2016. – Минск : Научно-исследовательским центром «Строительство» (АО «НИЦ «Строительство»), 2023. – 17 с.