

ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАЛИТОБЕТОНА И КОНСТРУКЦИЙ НА ЕГО ОСНОВЕ

Столевич И.А. (*Одесская Государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса*)

Приведены сведения о заполнителях. Решены задачи оптимизации составов. Получены зависимости по нормированию прочностных и деформативных свойств. Изучена работа бетонных и железобетонных конструкций.

Опережающее развитие конструкций из бетонов на пористых заполнителях обуславливается их высокой эффективностью, связанной с возможностью регулирования технологических и других свойств, при снижении массы зданий и сооружений.

Возможность использования для их изготовления дешевых местных заполнителей из отходов различных производств позволяет решать и проблему охраны окружающей среды.

Физико-химические процессы поризации илов при обжиге позволяют отнести грунты, разрабатываемые при дноуглублении, к ценному исходному сырью для производства пористых заполнителей.

Исследования термических и физико-механических свойств проб донных отложений проводились в лабораторных печах обжига ЧерноморНИИпроекта, НИИКерамзита, НИИСТРОМа и в промышленных печах в гильзах на Кулиндоровском керамзитовом заводе (Одесса).

Исходным сырьем опытно-промышленных испытаний служил бросовый грунт – ил портов Белгород-Днестровский и Южный, полученный при ремонтно-эксплуатационном и капитальном дноуглублении подходных каналов и портовых акваторий.

Полученный пористый материал получил название «кералит» - аналог керамзиту, а бетон на его основе – кералитобетон. Проведенные патентные исследования показали, что кералитобетон является новой разновидностью легких бетонов, не имеющих аналогов в мировой практике.

Мелким заполнителем в кералитобетоне использовали карбонатный песок (отходы камнепиления известняков-ракушечников) и кварцевый песок.

Экспериментальные исследования состояли из двух этапов с применением математико-статистических методов планирования эксперимента, обработки опытных значений и принятия решений по полученным зависимостям, используя близкие к Д-оптимальному планы типа H_{45} , B_4 (I этап) и планы типа 2^3 и Бокса-Бенкена типа 3^3 (II этап). В качестве факторов на разных этапах были приняты: расход цемента C , кг/м³ ($X_1 = 375 \pm 175$); $X_1 = 400 \pm 150$); агрегатно-структурный фактор r ($X_2 = 0,625 \pm 0,375$); жесткость смеси $Ж$, е ($X_3 = 35 \pm 31$); время перемешивания смеси t , мин ($X_4 = 5 \pm 3$); время уплотнения t , с ($X_5 = 105 \pm 75$); расход воды B , л ($X_3 = 250 \pm 50$), бетон естественного твердения и пропаренный, возраст загрузки длительной нагрузкой t_0 ($X_3 = 7, 28, 115$).

Уровни варьирования назначали таким образом, чтобы они охватывали необходимый и достаточный диапазон своих значений и чтобы были совместимы.

В качестве контролируемых параметров были назначены: изменение В/Ц при заданной подвижности кералитобетонной смеси, показатель расслаиваемости смеси, кубиковую R , призмную R_b прочности и модуль упругости E_b в возрастах п.п. 3, 7, 28, 115, 185, 300 и 500 сут., плотность $\rho_{сyx}$, объем межзерновых пустот, границы области микротрещинообразования R_{crc}^0 и R_{crc}^v , предельные деформации сжатия ε_{bcu} , относительные деформации усадки ε_{sc} и ползучести ε_{ce} .

Уравнения регрессии 2-й степени по принятым планам обеспечивают прочность прогнозирования исследуемых параметров во всем факторном пространстве.

Для упрощения полученных квадратичных уравнений регрессии с позиций математико-статистического анализа была исследована линейная зависимость вида

$$y = b_0 + b_1x \quad (1)$$

При назначении аргумента « x » учитывали результаты анализа указанных уравнений, а также необходимость учета существенного влияния на прочность и деформативность, но не включенного по условиям эксперимента расхода воды. Окончательно аргументом назначен

$X = \frac{B}{C} + r$, который был принят в качестве «обобщенного фактора состава», и получены уравнения регрессии вида:

$$R_{(28)} = 34,8 - 7,9\left(\frac{B}{C} + r\right); \quad (2)$$

$$R_{b(28)} = 41,3 - 14,7\left(\frac{B}{C} + r\right); \quad (3)$$

$$E_{(28)} \cdot 10^{-3} = 19,5 - 4,71\left(\frac{B}{C} + r\right); \quad (4)$$

$$\rho = 1478 - 137\left(\frac{B}{C} + r\right); \quad (5)$$

$$\varphi_b = 0,933 + 0,0028R - 0,000154R^2; \quad (6)$$

$$R_b(t) = (50,4 - 16,8e^{-0,0033t}) - 15,8\left(\frac{B}{C} + r\right); \quad (7)$$

$$E_b(t) = E_{b(\infty)} \cdot [1 - e^{-\alpha t}]; \quad (8)$$

$$E_{b(\infty)} = 18380 - 3972\left(\frac{B}{C} + r\right); \quad (9)$$

$$\alpha = 0,87 - 0,34\left(\frac{B}{C} + r\right); \quad (10)$$

$$\varepsilon_{bcu} = [182 + 85\left(\frac{B}{C} + r\right)] \cdot 10^{-5}; \quad (11)$$

Границы области микроразрушений кералитобетона в возрасте 28 суток могут быть определены по линейным уравнениям регрессии:

$$R_{crc}^0 = [0,571 - 0,064(\frac{B}{Ц} + r)]R_b; \quad (12)$$

$$R_{crc}^v = [0,982 - 0,030(\frac{B}{Ц} + r)]R_b; \quad (13)$$

Развитие во времени процесса усадки кералитобетона достаточно достоверно может быть аппроксимировано зависимостью (14) в любой момент времени $t > 1$.

$$\varepsilon_{sc}(t, t_w) = [144,7(\frac{B}{Ц} + r) - 73,1] \cdot [1 - e^{-0,0101(\frac{B}{Ц} + r)(t-1)}] \quad (14)$$

Предельное значение меры ползучести в возрасте 28 суток можно определить по линейному уравнению (15).

$$C(\infty, 28) = 1,317(\frac{B}{Ц} + r)^{2,1} \quad (15)$$

На Кулиндоровском заводе железобетонных изделий были изготовлены и испытаны из кералитобетона опытные партии стеновых камней, стеновых блоков, плит перекрытия и покрытия и контрольные кубы.

Результаты испытаний. Средняя прочность камней СКУ-1 составила 3,01 МПа, СКУ-2 – 3,08 МПа, контрольных кубов – 3,12 МПа, призм – 3,0 МПа, морозостойкость – F25.

Среднее значение прочности блоков – 8,3 МПа, кубов и призм, соответственно, 10,6 МПа и 9,7 МПа, модуля упругости – 7650 МПа, коэффициента Пуассона – 0,23, появление трещин при нагрузке – 0,92 $N_{разр.}$, плотность в высушенном до постоянного веса состоянии – 1140 кг/м³.

Плиты перекрытий и покрытий - предварительно-напряженные, по серии 1.141-1, вып. 63, марки П63.15-8Ат-Vл, сплошного сечения, из кералитобетона, класса по прочности на сжатие – В12,5, плотностью Д1600. Средние результаты испытаний: прочность кубиковая - $R = 16,3$ МПа, призмная - $R_b = 14,2$ МПа, $E_b = 13630$ МПа, $\rho = 1570$ кг/м³. Контрольная разрушающая нагрузка - $q_p^k = 1310$ кг/м²,

опытная разрушающая нагрузка на девятом этаже составила $q_{разр.}^{on} = 1616 \text{ кг/м}^2$, контрольный прогиб при контрольной нагрузке $q_f^k = 593 \text{ кг/м}^2$ составляет $f_k = 14,8 \text{ мм}$. Фактический прогиб при контрольной нагрузке q_f^k составил $f_k^{on} = 7,95 \text{ мм}$. Первые трещины появились при нагрузке $q^{on} = 1422 \text{ кг/м}^2$.

Выводы

1. Кералитобетон является местным строительным материалом и может быть рекомендован как конструкционный, прочностью до 25 МПа.
2. Получены удобные для практического использования временные зависимости прочности, плотности, деформативности, микротрещинообразования, предельных деформаций сжатия, деформаций усадки и ползучести от факторов состава.
3. Опытные конструкции – камни, блоки, плиты перекрытий и покрытий – при испытании показали хорошие результаты.
4. Разработаны и изданы технические условия:
 - Грунты илистые морские для производства кералитового гравия, щебня и песка;
 - Гравий, щебень и песок кералитовые;
 - Камни кералитобетонные;
 - Блоки кералитобетонные стеновые крупные;
 - Плиты сплошные из легких бетонов на основе кералита для перекрытий и покрытий жилых и общественных зданий.

Литература

1. Столевич И.А. Прочность, трещиностойкость, деформативность кералитобетона и конструкций на его основе: Диссертация канд. тех. наук. — Одесса, 2005. -272с.
2. Чуприн Р.Н. и др. Сырьевая смесь для получения легкого заполнителя// а.с. 16664762. БИ№27. - М., 1991.
3. Чуприн В.Н. Технология утилизации морских илов при дноуглублении акваторий. Монография. Одесса; «Маяк», 1993. 148с. (Ю.ЦАНУ).
4. Рекомендации по применению методов математического планирования эксперимента в технологии бетона. - М.: НИИЖБ, 1982. - 44 с.