

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №1 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-1>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/29TVN116.pdf>

DOI: 10.15862/29TVN116 (<http://dx.doi.org/10.15862/29TVN116>)

Статья опубликована 02.03.2016.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Несветаев Г.В., Беляев А.В. Самоуплотняющийся керамзитобетон классов В12,5 – В20 с маркой по средней плотности D1400 // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №1 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/29TVN116.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/29TVN116

УДК 691.32

Несветаев Григорий Васильевич

ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Россия, г. Ростов-на-Дону¹
Заведующий кафедрой «Технологии строительного производства»

Профессор

Доктор технических наук

E-mail: nesgrin@yandex.ru

Беляев Алексей Вячеславович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Россия, г. Москва

Старший преподаватель

E-mail: 89150323232@mail.ru

Самоуплотняющийся керамзитобетон классов В12,5 – В20 с маркой по средней плотности D1400

Аннотация. Легкие бетоны на пористых заполнителях позволяют изготавливать эффективные конструкции зданий и сооружений. Развитие монолитного строительства предопределяет целесообразность использования высокоподвижных, в т.ч. самоуплотняющихся бетонных смесей. Технология самоуплотняющихся легкобетонных смесей вследствие специфики массообменных процессов в бетонной смеси на пористых заполнителях и существенного различия плотностей компонентов смеси несколько сложнее в сравнении со смесями на плотных заполнителях. Исследована возможность получения высокоподвижных и самоуплотняющихся керамзитобетонных смесей. Обеспечение гранулометрии минеральной составляющей в сочетании с поризацией растворной составляющей и применением эффективных суперпластификаторов и стабилизаторов обеспечивает получение керамзитобетонов классов В12,5 – В20 с маркой по средней плотности D1400 из самоуплотняющихся бетонных смесей с маркой по текучести SF1, SF2 при соотношении R/ρ (ρ в т/м³) от 14,8 до 19,8.

Связь свойств самоуплотняющегося керамзитобетона соответствуют среднестатистическим показателям для легких бетонов на пористых заполнителях, а уровень свойств соответствует лучшим значениям для керамзитобетонов, полученных из умеренно-подвижных бетонных смесей, что обеспечивает возможность широкого применения

¹ 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

самоуплотняющегося керамзитобетона в строительном комплексе без существенной корректировки проектных решений.

Ключевые слова: легкий бетон; керамзитобетон; самоуплотняющийся бетон; гранулометрия заполнителей; суперпластификатор; предел прочности на сжатие; растяжение; раскалывание; срез; цилиндровая (призменная) прочность

Легкие бетоны на пористых заполнителях позволяют изготавливать эффективные конструкции зданий и сооружений и достаточно широко применяются в современном строительстве [1-8]. Развитие монолитного строительства предопределяет целесообразность использования высокоподвижных, в т.ч. самоуплотняющихся бетонных смесей, обеспечивающих высокую производительность и качество при минимальной трудоемкости бетонных работ, вследствие чего постоянно растет доля использования указанных бетонных смесей в строительном комплексе и объем исследований в области технологии самоуплотняющихся смесей и свойств бетонов [9-17]. Однако технология самоуплотняющихся легкобетонных смесей вследствие специфики массообменных процессов в бетонной смеси на пористых заполнителях и существенного различия плотностей компонентов смеси несколько сложнее в сравнении со смесями на плотных заполнителях, что предопределяет актуальность исследований влияния рецептурно-технологических факторов на свойства самоуплотняющихся смесей и бетонов на пористых заполнителях [18].

Исследована возможность получения высокоподвижных и самоуплотняющихся керамзитобетонных смесей. Поскольку поставленная задача получения керамзитобетонов с минимальной средней плотностью предопределяла использование пористых заполнителей с низкой плотностью в цементном тесте, следовательно, с низкой прочностью, то, принимая во внимание известный в технологии легких бетонов факт малой зависимости предела прочности бетона от прочности растворной составляющей свыше 30 МПа [21], для снижения средней плотности бетона использовался прием поризации растворной составляющей введением воздухововлекающей добавки. Составы изготавливались на двух цементах: ЦЕМ I 42,5 и ЦЕМ II 42,5, далее Ц1 и Ц2, различающихся нормальной густотой, соответственно 24,5 и 28,5%. Применялись суперпластификаторы Sika Visco Crete 5-600 (далее VC) и Sika plast E4 (далее E4). В составах на цементе Ц1 использовалась воздухововлекающая добавка Sika Aer 200 S (далее ВВД) и стабилизатор Stabi M21 (табл. 1). Расход цемента в составах составлял от 417 до 515 кг/м³, класс бетона В12,5 – В 20, марка бетона по средней плотности D1400. Вид и доза добавок приняты по результатам предварительных испытаний растворной составляющей керамзитобетонов по критериям текучести и воздухововлечения [19]. Керамзитовый заполнитель использовался фракций 0,63 – 5 мм (насыпная плотность 680 кг/м³), 5 – 10 мм (насыпная плотность 380 кг/м³) и 10 – 20 мм (насыпная плотность 290 кг/м³).

Таблица 1

Составы и свойства самоуплотняющихся керамзитобетонных смесей

№	Диаметр распыла, см/марка	О.К., см	Средняя плотность смеси/бетона ¹ , кг/м ³	Тип кривой на рис. 1, Добавки	Цемент, кг/м ³	Признаки расслоения
1	38/П5	22	1445/1300	1, VC, ВВД	Ц1, 419	есть
2	62/SF1	>26	1440/1295	2, VC, ВВД	Ц1, 418	есть
3	56/SF1	25	1475/1320	2, VC, ВВД	Ц1, 427	есть
4	61/SF1	>26	1495/1340	2, E4, ВВД	Ц1, 433	есть
5	62/SF1	>26	1460/1310	3, VC, ВВД	Ц1, 423	нет

№	Диаметр расплыва, см/марка	О.К., см	Средняя плотность смеси/бетона ¹ , кг/м ³	Тип кривой на рис. 1, Добавки	Цемент, кг/м ³	Признаки расслоения
6	60/SF1	>26	1445/1230	3, VC, ВВД	Ц1, 417	нет
7	60/SF1	>26	1540/1290	3, VC, нет	Ц2, 447	нет
8	67/SF2	>26	1515/1350	3, VC, ВВД	Ц1, 515	нет

Примечание: 1 – в сухом состоянии

Поскольку практически все известные рекомендации по гранулометрическому составу минеральной составляющей самоуплотняющихся бетонных смесей [20] касаются плотных заполнителей, для возможности применения их к смесям на пористых заполнителях выполнено приведение гранулометрического состава смеси на пористых заполнителях к составу на плотных заполнителях при сохранения неизменного объема частиц:

$$m_{\text{пр}} = \frac{\rho_{\text{пл}}}{\rho_{\text{пор}}}, \quad (1)$$

где $m_{\text{пр}}$ – приведенная масса пористого заполнителя;

$\rho_{\text{пл}}$ – плотность в куске плотного заполнителя;

$\rho_{\text{пор}}$ – плотность в цементном тесте пористого заполнителя.

Гранулометрический состав минеральной составляющей керамзитобетонных смесей после приведения представлен на рис. 1. Для получения высокоподвижных, особенно самоуплтяющихся керамзитобетонных смесей приведенный гранулометрический состав минеральной составляющей должен соответствовать требованиям для перекачиваемых смесей, что соответствует выводу [20] для смесей на плотных заполнителях. Из рис. 1 очевидно, что это условие отличается от известной кривой Фуллера в сторону увеличения объема дисперсных частиц, что предопределяет повышение объема вяжущего теста. Это правило хорошо известно в технологии самоуплотняющихся бетонов.

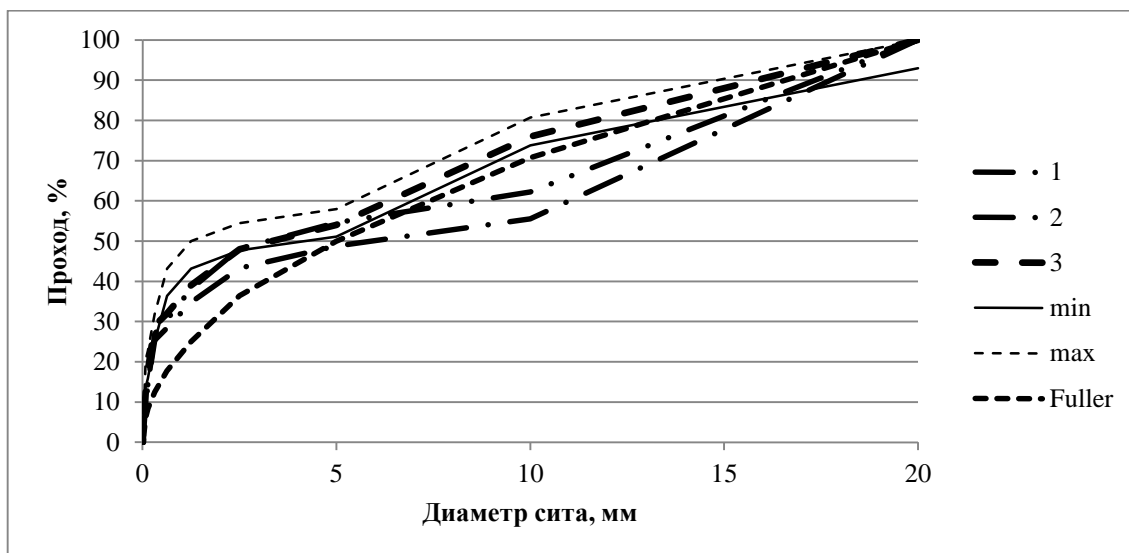


Рисунок 1. Гранулометрический состав минеральной части 1 – 3 – минеральная часть для составов 1 – 8 по табл. 1: Fuller – по кривой Фуллера ($S = 100 \sqrt{\frac{a}{D}}$); min, max – границы для перекачиваемых смесей [20]

На рис. 2 представлена зависимость предела прочности керамзитобетона в проектном возрасте от расхода цемента.

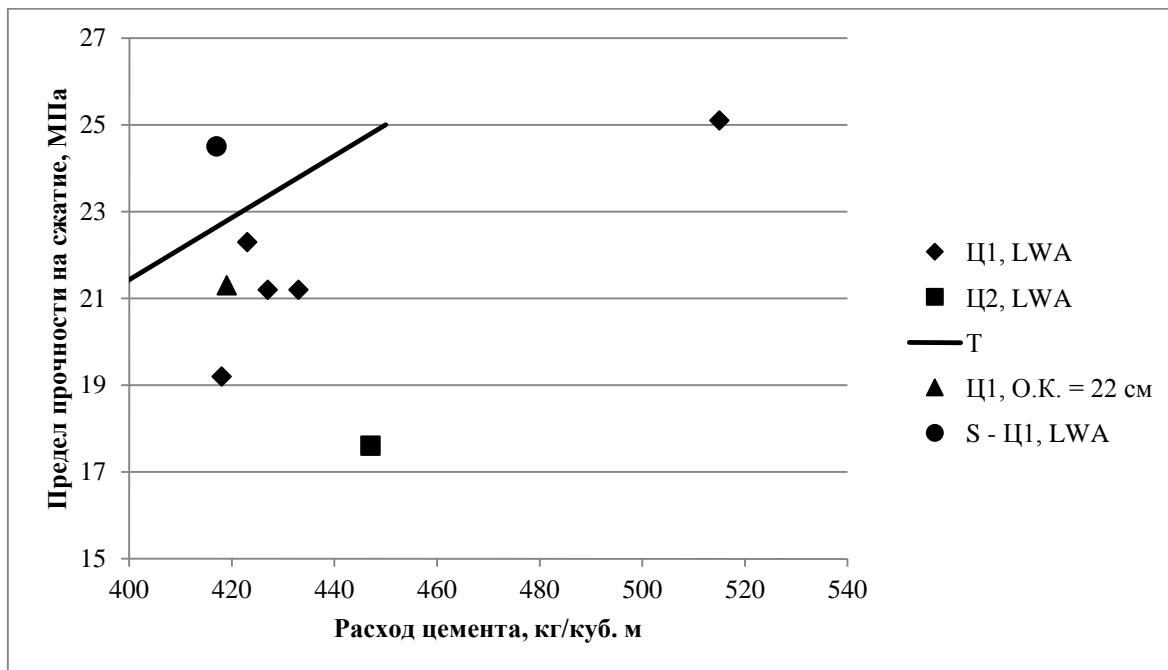


Рисунок 2. Зависимость предела прочности керамзитобетона от расхода цемента T – по справочным данным [21, 22] для бетонных смесей с маркой по удобоукладываемости П2, П3 ГОСТ 7473

Как следует из представленных на рис. 2 данных, при обеспечении соответствующей гранулометрии заполнителей возможно получение самоуплотняющихся керамзитобетонов с показателями прочности, не уступающими среднестатистическим данным [21, 22] для керамзитобетонов, полученных из смесей с маркой по удобоукладываемости П2, П3 (состав S-Ц1, LWA на рис. 1).

На рис. 3 представлена зависимость предела прочности на сжатие керамзитобетона от средней плотности (пористости). Как следует из представленных на рис. 3 данных, полученные классы бетона по прочности на сжатие В12,5 – В 20 соответствуют среднестатистическим данным [23], согласно которым марке по средней плотности D1400 соответствуют классы по прочности на сжатие В 12,5 – В 25. Согласно [21], соотношение R/ρ (ρ в т/м^3) при марке по средней плотности D1400 составляет от 12 до 19,5. У исследованных составов этот показатель изменяется в диапазоне от 14,8 (состав 2) до 19,8 (состав 6).



Рисунок 3. Зависимость предела прочности на сжатие керамзитобетона от средней плотности 1, S-Ц1, LWA – по экспериментальным данным; T – по формуле

$$R = f(P) = \kappa \exp\left(-5,15\left(1 - \frac{P}{2670}\right)\right) [21] \text{ при } \kappa = 312; T2 - \text{при } \kappa = 250$$

На рис. 4 представлена зависимость предела прочности керамзитобетона от предела прочности растворной составляющей и прочности пористого заполнителя.

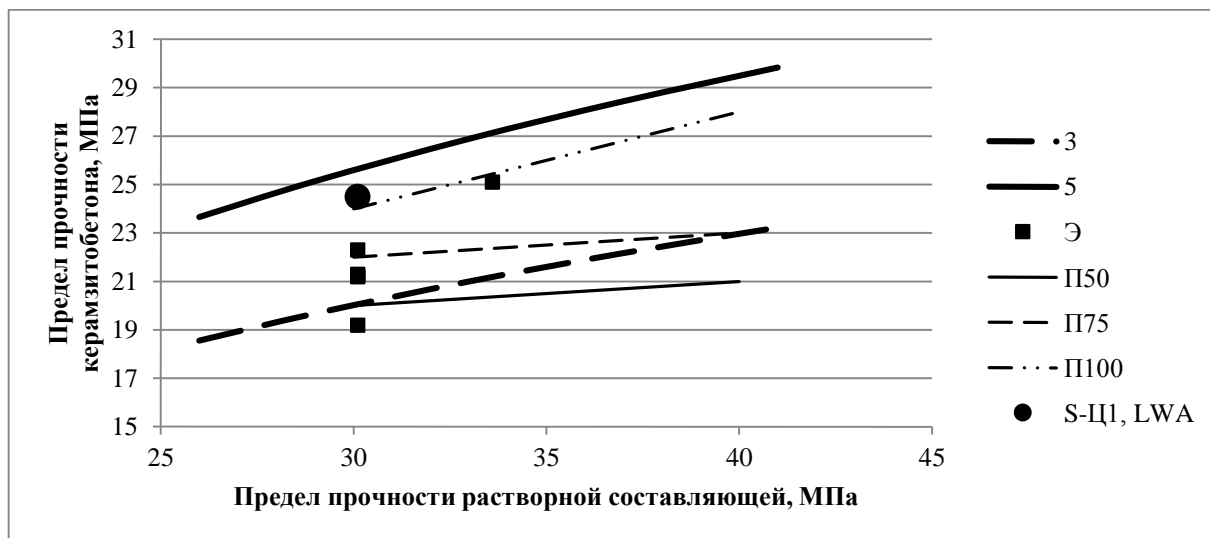


Рисунок 4. Зависимость предела прочности керамзитобетона от предела прочности растворной составляющей и пористого заполнителя 3,5 – по формуле

$$R_B = (1,32R_3 + 3,65) \ln R_p - 2,26R_3 - 3,54 [21] \text{ при } R_3 \text{ соответственно } 5 \text{ и } 7,5 \text{ МПа; } \text{Э, S-Ц1, LWA} - \text{экспериментальные данные; П50 - П75 - по данным рис. 10 ГОСТ 9758-2012, п.27.1 соответственно для керамзитового гравия с маркой по прочности П50 - П75}$$

Как следует из представленных на рис.4 данных, лучший результат показали составы 6 и 8 (табл. 1). Согласно данным рис. 10 ГОСТ 9758-2012, прочность пористого заполнителя в этих составах может быть оценена соответствующей марке П100, при фактической П50 – П75. Вероятно, формирование плотной обоймы из растворной составляющей вокруг пористого заполнителя обеспечивает повышение его прочности.

На рис. 5 представлены данные о соотношении пределов цилиндровой (призмной) и кубиковой прочности самоуплотняющегося керамзитобетона с маркой по средней плотности D1400.

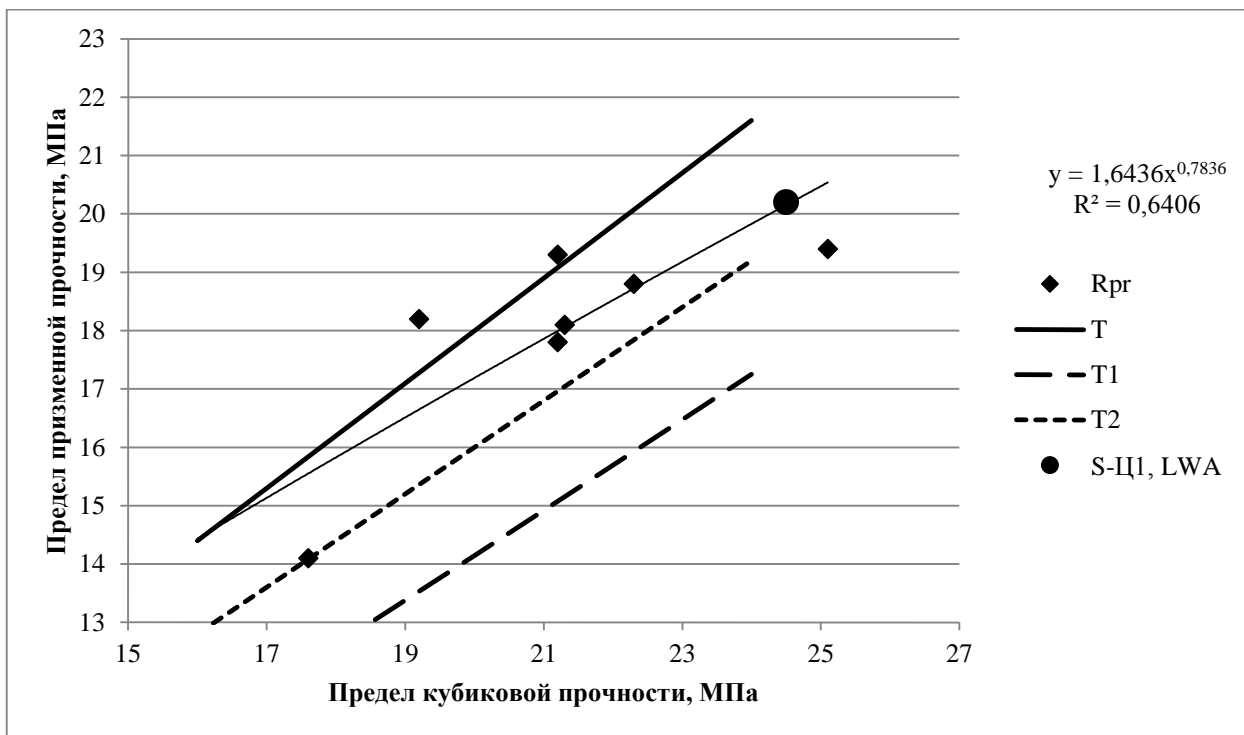


Рисунок 5. Соотношение пределов цилиндровой (призмной) и кубиковой прочности

$$T - R_{pr} = 0,9 \cdot R; T1 - R_{pr} = 0,54 \cdot R^{1,09} [21]; T2 - R_{pr} = 0,8 \cdot R$$

Из представленных на рис. 5 данных следует, что предел цилиндровой (призмной) прочности LWA бетонов не ниже значений $R_{pr} = 0,8 \cdot R$.

На рис. 6 представлены данные о соотношении пределов прочности на осевое растяжение и сжатие керамзитобетонов.

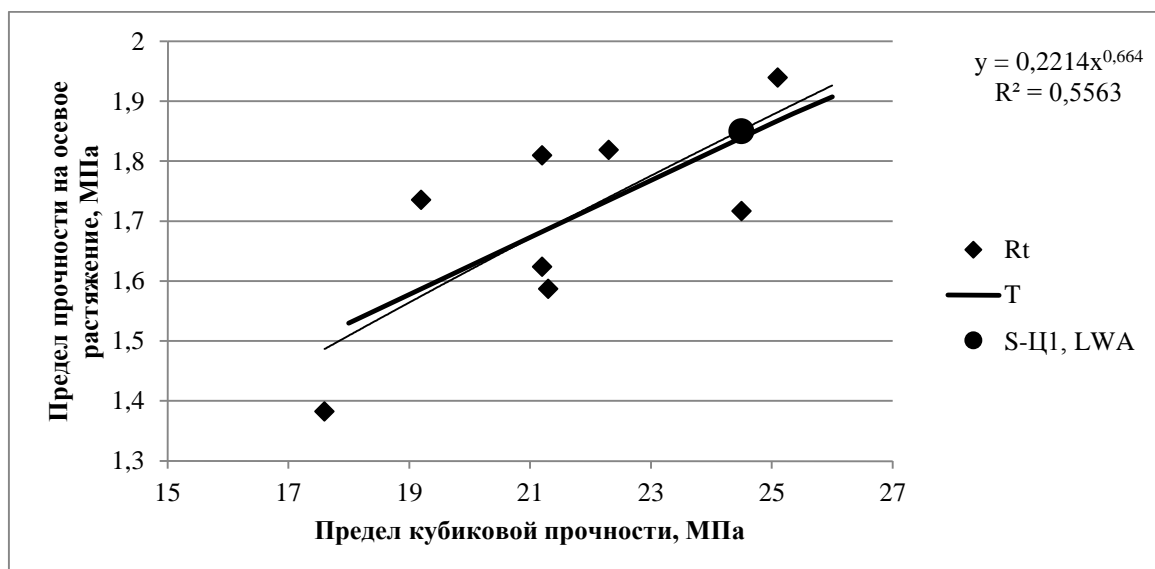


Рисунок 6. Зависимость предела прочности на осевое растяжение от предела прочности на сжатие R_t , S-Ц1, LWA – по экспериментальным данным; T – по формуле $R_t = 0,27 \cdot R^{0,6} [21]$

Как следует из представленных на рис. 6 данных, соотношение прочностей на растяжение и сжатие самоуплотняющегося керамзитобетона в принципе соответствует среднестатистическим данным для легких бетонов.

На рис. 8 представлены результаты определения предела прочности керамзитобетона на срез и на сцепление с тяжелым бетоном (адгезия). Испытания выполнялись на составных образцах-призмах, включающих три куба 100x100x100 мм, из которых два крайних куба из тяжелого бетона зрелого возраста (более 3 месяцев), центральный куб – из самоуплотняющегося керамзитобетона, уложенного между кубами тяжелого бетона. Возраст керамзитобетона в момент испытаний 28 сут. Схема испытания представлена на рис. 7. Условный предел прочности независимо от схемы разрушения составного образца рассчитывался по формуле:

$$\sigma = \frac{F}{A}, \quad (2)$$

где F – значение разрушающей нагрузки;

A – площадь среза, 100 см².

Расчетный предел прочности бетона на срез R_{cut} определялся по формуле Мерша [21]:

$$R_{cut} = 0,5 \cdot \sqrt{R \cdot R_t}, \quad (3)$$

где R – предел прочности на сжатие, R_t – предел прочности на осевое растяжение.

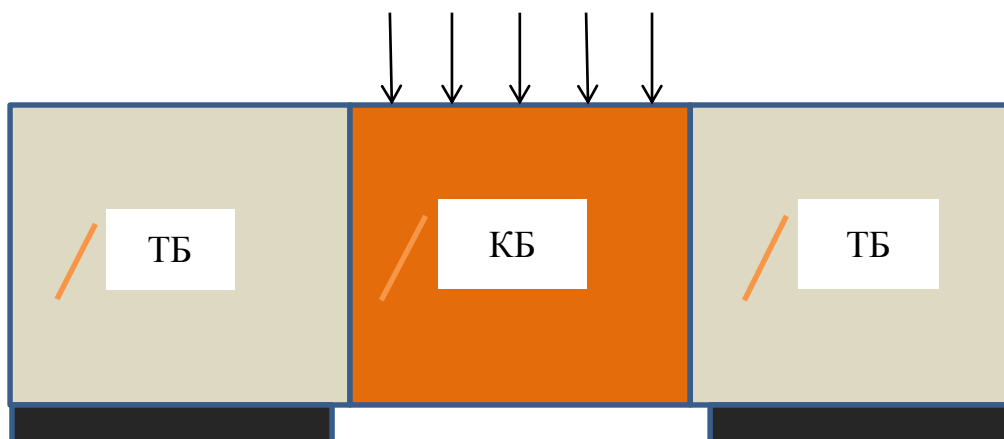


Рисунок 7. Схема испытаний составного образца ТБ – тяжелый бетон; КБ – керамзитобетон

Разрушение составных образцов происходило по двум схемам:

- по керамзитобетону, в дальнейшем этот вид разрушения именуется срезом и принимается $\sigma = R_{cut}$;
- по контакту «тяжелый бетон – керамзитобетон», в дальнейшем этот вид разрушения именуется сцеплением и принимается $\sigma = R_{bond}$.

Как следует из представленных на рис. 8 данных, отмечается тенденция к снижению измеренной величины R_{cut} с увеличением расчетного значения предела прочности на срез по формуле Мерша, что, вероятно, связано с влиянием вовлеченного воздуха в керамзитобетоне,

поскольку для состава без воздухововлекающей добавки (NA на рис. 8) различие между измеренным и расчетным значением не превышает 10%.

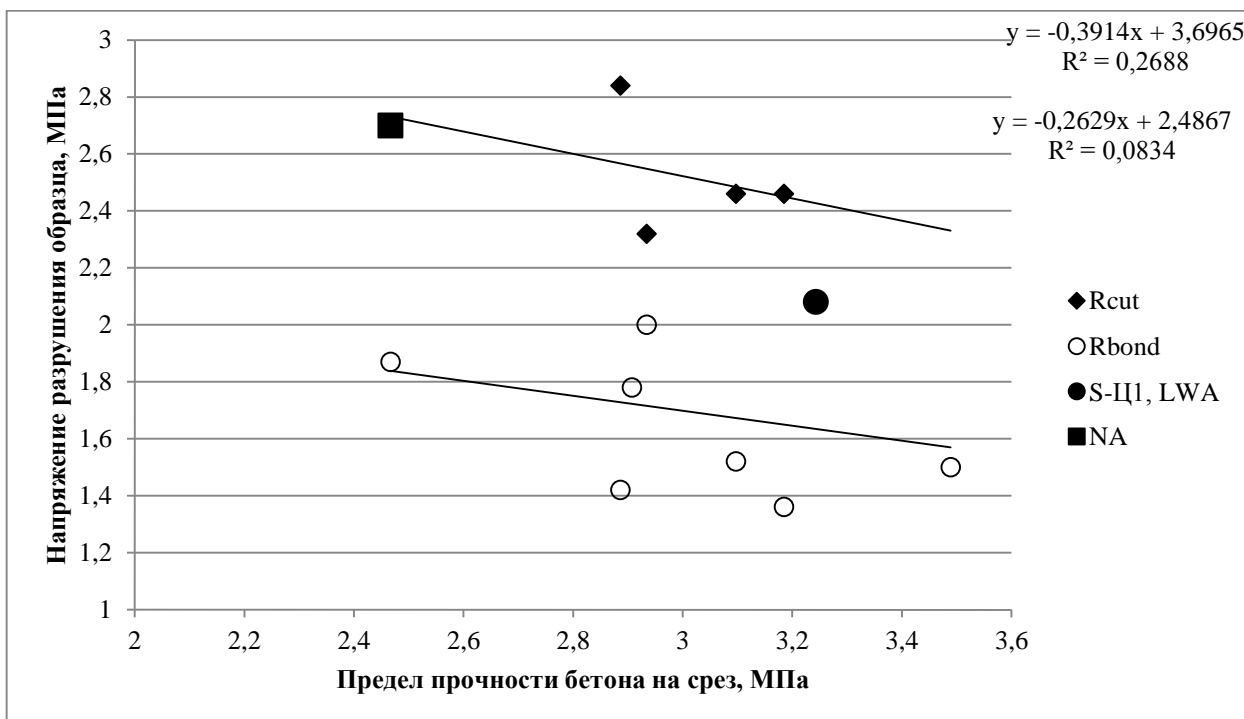


Рисунок 8. Зависимость условного напряжения при разрушении образца от предела прочности керамзитобетона на срез R_{cut} – экспериментальные значения предела прочности на срез, R_{bond} , S-Ц1, LWA – экспериментальные значения адгезии керамзитобетона и тяжелого бетона.

Из представленных на рис.8 данных следует, что соотношение между величиной адгезии и пределом прочности на срез составило 0,67.

Выводы:

1. Обеспечение гранулометрии минеральной составляющей для перекачиваемых смесей в сочетании с поризацией растворной составляющей и применением эффективных суперпластификаторов и стабилизаторов обеспечивает получение керамзитобетонов классов В12,5 – В20 с маркой по средней плотности D1400 из самоуплотняющихся бетонных смесей с маркой по текучести SF1, SF2.

2. Связь свойств самоуплотняющегося керамзитобетона соответствуют среднестатистическим показателям для легких бетонов на пористых заполнителях, а уровень свойств соответствует лучшим значениям для керамзитобетонов, полученных из умеренно-подвижных бетонных смесей, что обеспечивает возможность широкого применения самоуплотняющегося керамзитобетона в строительном комплексе без корректировки проектных решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева, Л.В. Перспективы производства и применения вспученного перлита как заполнителя для легких бетонов // Строительные материалы. - 2006. - №6. - С. 74-77.
2. Горин, В.М. Перспективы применения керамзитобетона на современном этапе жилищного строительства / В.М. Горин, В.С. Токарева, М.К. Кабанова, А.М. Кривопапов, Ю.С. Вытчиков // Строительные материалы. - 2004. - №12. - С. 22-23.
3. Горин, В.М. Применение керамзитобетона в строительстве – путь к энерго- и ресурсоэффективности, безопасности зданий и сооружений // Строительные материалы. - 2010. - №8. - С. 8-10.
4. Ортлихер, Л.П. XXI век – век легких бетонов // Актуальные проблемы современного строительства: Материалы Всероссийской 31-й научно-технической конференции, Пенза, 25-27 апреля, 2001, ч.4. Строительные материалы и изделия – Пенза: изд-во ПГАСА. 2001. - С. 76-77.
5. Петров, В.П. У пористых заполнителей есть будущее! // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 2006. - №2. - С. 40-42.
6. Давидюк, А.Н. Легкие конструкционно-теплоизоляционные бетоны на стекловидных пористых заполнителях. – М.: Красная звезда, 2008. – 208 с.
7. Давидюк, А.Н. Эффективные бетоны для современного высотного строительства / А.Н. Давидюк, Г.В. Несветаев. - М.: Издательство ООО «НИПКЦ Восход-А», 2010. – 148 с.
8. Ярмаковский, В.Н., Кондращенко В.И. Конструкционные легкие бетоны. Состояние и перспективы развития // Строительное материаловедение – теория и практика. М.: Рос. инж. акад. - 2006. - С. 206-209.
9. Каприелов, С.С., Новые модифицированные бетоны / С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд, Г.С. Кардумян. - М.: «Типография «Парадиз», 2010. – 258 с.
10. Баженов, Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. - М: АСВ, 2006. – 368 с.
11. Калашников, В.И. Расчет состава высокопрочных самоуплотняющихся бетонов / В.И. Калашников // Строительные материалы. – 2008. – №10. – С. 4 – 6.
12. Несветаев, Г.В., Самоуплотняющиеся бетоны: прочность и проектирование состава / Г.В. Несветаев, А.Н. Давидюк // Строительные материалы. – 2009. - №5. – С. 54 – 57.
13. Несветаев, Г.В. Самоуплотняющиеся бетоны: некоторые факторы, определяющие текучесть смеси / Г.В. Несветаев, А.Н. Давидюк, Б.А. Хетагуров // Строительные материалы. – 2009. - №3. – С. 54 – 57.
14. Несветаев, Г.В. О проектировании состава высокопрочного самоуплотняющегося бетона / Г.В. Несветаев, Г.С. Кардумян // Бетон и железобетон. – 2012. - №6. – С. 8-11.
15. Батудаева, А.В., Высокопрочные модифицированные бетоны из самовыравнивающихся смесей / А.В. Батудаева, Г.С. Кардумян, С.С. Каприелов // Бетон и Железобетон. – 2005. - №4. – С. 14-18.

16. Okamura, H., Ouchi, M. Self-Compacting Concrete / H. Okamura, M. Ouchi // Journal of Advanced Concrete Technology. - 2003. - №1. - P. 5-15.
17. Domone, P.L. A review of the hardened mechanical properties of self – compacting concrete // Cement and Concrete Composition. - 2007. - № 1. - P.1 – 12.
18. Бычков, М.В. Легкий самоуплотняющийся бетон как эффективный конструкционный материал / М.В. Бычков, С.А. Удодов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2013. - №4.
19. Беляев, А.В. Оценка совместимости некоторых добавок для самоуплотняющихся бетонных смесей / Строительство – 2015. – Ростов-н/Д: РГСУ, 2015. – С. 91-92.
20. Несветаев, Г.В. Проектирование макроструктуры самоуплотняющейся бетонной смеси и ее растворной составляющей / Г.В. Несветаев, Ю.Ю. Лопатина // Наукоедение. Том 7, №5, (2015): <http://naukovedenie.ru/PDF/48TVN515.pdf>.
21. Несветаев, Г.В. Бетоны: учебно-справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. – 381 с.
22. Васильков, С.Г. Искусственные пористые заполнители и легкие бетоны на их основе: справочное пособие / С.Г. Васильков, С.П. Онацкий, М.П. Элинзон. - М.: Стройиздат, 1987. - 304 с.
23. Цементы, бетоны, строительные растворы и сухие смеси. Ч.1: Справ. Под ред. П.Г. Комохова. – С.-Пб.: НПО «Профессионал», 2007. – 804 с.

Nesvetaev Grigoriy Vasil'evich

Rostov State University of Civil Engineering, Russia, Rostov-on-Don
E-mail: nesgrin@yandex.ru

Belyaev Aleksey Vyacheslavovich

Moscow State University of Civil Engineering, Russia, Moscow
E-mail: 89150323232@mail.ru

Deformation properties of self compacting expanded clay aggregate concrete

Abstract. Lightweight aggregate concretes with porous aggregates allow to make efficient design of buildings and structures. The development of monolithic construction determines the appropriateness of the use of concrete mixtures with high slump value, including self-compacting concrete. The technology of self-compacting concrete mixtures due to the nature of mass transfer processes in the concrete mix with porous aggregates and significant difference of densities of the mixture components is more complicated in comparison with mixtures on ordinary aggregates. The possibility of obtaining high-active and self-compacting lightweight aggregate concrete mixes was determined. Ensuring granulometry mineral component combined with air admixtures in mortar matrix and the effective use of superplasticizers and stabilizers provides lightweight aggregate concrete classes LC12/13 – LC 20/22, LC 1,4 from self-compacting concrete with flow classes SF1, with ratio of R / ρ (ρ in $t\ m^3$) from 14.8 to 19.8.

Relationship between the properties of self-compacting LWA concrete corresponds to average indicators for the lightweight aggregate concrete with porous aggregates and the level of the properties corresponds to the best values for lightweight aggregate concretes, made from mixtures with slump 6 – 14 cm O.K. that allows the widespread use of self-compacting LWA concrete at the building complex without significant adjustment of design decisions.

Keywords: lightweight aggregate concrete; expanded clay concrete; self-compacting concrete; aggregates particle size; superplasticiser; compressive strength; tensile strength; splitting tensile strength; cut strength; cylinder (prism) strength

REFERENCES

1. Alekseeva, L.V. Prospects for production and use of expanded perlite as an aggregate for lightweight concrete // *Building materials*. - 2006. - №6. - p. 74-77.
2. Gorin, V.M. Perspectives of expanded clay on the modern stage housing / V.M. Gorin, V.S. Tokarev, M.K. Kabanov, A.M. Krivopalov, Y.S. Vytchikov // *Building materials*. - 2004. - №12. - p. 22-23.
3. Gorin, V.M. Application of expanded clay in construction - the path to energy and resource efficiency, security of buildings and constructions // *Building materials*. - 2010. - №8. - p. 8-10.
4. Orentlikher, L.P. XXI century - the century of light concrete // *Actual problems of modern construction: Proceedings of the 31st Scientific Conference, Penza, April 25-27, 2001*, p. 4. *Building materials and products* - Penza: PGASA. – 2001. - p. 76-77.
5. Petrov, V.P. Lightweight aggregates have a future! // *Building materials, equipment, technologies of XXI century*. - 2006. - №2. - p. 40-42.
6. Davidyuk, A.N. Lightweight construction-insulating concrete made with vitreous lightweight aggregates. - M.: Red Star, 2008. - 208 p.
7. Davidyuk, A.N. Effective concrete for modern high-rise building / A.N. Davidyuk, G.V. Nesvetaev. - M.: Publishing LLC "NIPKTS Sunrise A", 2010. – 148 p.
8. Yarmakovskiy, V.N. Structural lightweight concrete. State and prospects of development / V.N. Yarmakovskiy, V.I. Kondratenko // *Construction Materials - theory and practice*. M.: Ross. Ing. Acad, 2006. – p. 206-209.
9. Kapriylov, S.S. New modified concrete / S.S. Kapriylov, A.V. Sheynfeld, G.S. Kardumyan. - M.: "Typography" Paradise ", 2010. – 258 p.
10. Bazhenov, Y.M. Modified high-quality concrete / Y.M. Bazhenov, V.S. Demyanova, V.I. Kalashnikov. - M: DIA, 2006. – 368 p.
11. Kalashnikov, V.I. The calculation of the composition of high-strength self-compacting concrete / V.I. Kalashnikov // *Building materials*. - 2008. - №10. - p. 4 - 6.
12. Nesvetaev, G.V. SCC: the strength and composition of the design / G.V. Nesvetaev, A.N. Davidyuk // *Building materials*. - 2009. - №5. - p. 54 - 57.
13. Nesvetaev, G.V. SCC: some of the factors that determine the fluidity of the mixture / G.V. Nesvetaev, A.N. Davidyuk, B.A. Hetagurov // *Building materials*. - 2009. - №3. - p. 54 - 57.
14. Nesvetaev, G.V. On the design of the composition of high-strength SCC / G.V. Nesvetaev, G.S. Kardumyan // *Concrete and reinforced concrete*. - 2012. - №6. - p. 8-11.
15. Batudaeva, A.V. High-modified concrete of self-leveling compounds / A.V. Batudaeva, G.S. Kardumyan, S.S. Kapriylov // *Concrete and reinforced concrete*. - 2005. - №4. - p. 14-18.
16. Okamura, H. Self-Compacting Concrete / H. Okamura, M. Ouchi // *Journal of Advanced Concrete Technology*. - 2003. - №1. - p. 5-15.
17. Domone, P.L. A review of the hardened mechanical properties of self – compacting concrete // *Cement and Concrete Composition*. - 2007. - № 1. – p. 1 – 12.

18. Bychkov, M.V. Lightweight aggregate self-compacting concrete as an effective material of construction / M.V. Bychkov, S.A. Udodov // Internet magazine "Naukovedenie". - 2013. - №4.
19. Belyaev, A.V. Assessing the compatibility of certain admixtures for self-compacting concrete / "Construction – 2015". – Rostov-on-Don: RSBU, 2015. - p. 91-92.
20. Nesvetaev, G.V. Design macrostructure of self-compacting concrete and its mortar component / G.V. Nesvetaev, Yu.Yu. Lopatin // Naukovedenie. Volume 7, №5, (2015): <http://naukovedenie.ru/PDF/48TVN515.pdf>.
21. Nesvetaev, G.V. Concrete: teaching handbook. 2nd ed., Revised and added. Rostov-on-Don: Phoenix, 2013. – 381 p.
22. Vasilkov, S.G. Artificial porous aggregates and lightweight concrete on their basis: Reference book / S.G. Vasilkov, S.P. Onatsky, M.P. Elinzon. - M.: Stroyizdat, 1987. - 304 p.
23. The cement, concrete, mortar and dry mixes. Part 1: Right. Ed. P.G. Komohov. - S.-Pb.: NGO "Professional", 2007. – 804 p.