

УСАДОЧНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ КЕРАМЗИТОБЕТОНА: ОБЗОР

РЖЕВУЦКАЯ В. А.

Белорусско-Российский университет

Введение. Усадка бетона – это макроскопическое изменение объема бетона при твердении в воздушной среде [4]. Таким образом, процесс усадки бетона характеризуется нарушением гигрометрического равновесия влажного капиллярно-пористого бетона и воздуха с сопровождением физико-химических процессов, происходящих в гелевой структурной составляющей цементного камня [4]. Нарастание усадки бетона, как и нарастание прочности, происходит примерно пропорционально логарифму времени, таким образом, процесс развития усадочных деформаций можно описать логарифмической зависимостью [5]. В работах [1, 6, 8] конечные значения относительных деформаций усадки керамзитобетонных образцов при естественных условиях твердения составили $30 - 90 \times 10^{-5}$.

Состояние вопроса. Некоторые авторы [1, 3] делают вывод, что усадочные деформации легкого бетона на керамзитовом гравии относительно малы, однако для керамзитобетонов присущи большие деформации усадки и более высокая трещиностойкость, чем для равнопрочного бетона на плотном заполнителе [7, 9]. Это связано с тем, что в бетоне нормального веса процесс развития усадки возникает в цементном камне, а в легком бетоне на керамзитовом гравии усадка протекает не только в растворной составляющей цементного компонента, но и в зернах крупного заполнителя [1].

Учет влияния усадки бетона является очень важным параметром при проектировании железобетонных конструкций, т. к. развитие усадочных деформаций приводит возникновению начальных напряжений в бетоне и арматуре. Точную величину начальных напряжений установить проблематично ввиду того, что силы сцепления не являются постоянной величиной, а по мере твердения бетона они постепенно увеличиваются.

Предложение по снижению усадки керамзитобетона. Одним из вариантов снижения усадочных деформаций является дисперсное армирование.

Авторами [13] было рассмотрено влияние фибрового армирования на усадку при высыхании легкого бетона на керамзитовом гравии. В исследовании [13] авторы использовали пластиковую фибру, смесь пластиковой и стальной фибры, смесь полипропиленовой, пластиковой и стальной фибры. Наилучшие результаты показали варианты дисперсного армирования стальной фиброй и смесь полипропиленовой, пластиковой и стальной фибры, авторами [13] отмечено снижение усадки при высыхании по сравнению с эталонными керамзитобетонными образцами на 12,4 % и 19,5 %, соответственно.

В [10] установлено положительное влияние дисперсного армирования керамзитобетона стальной фиброй на усадочные деформации. Авторы [10] сделали вывод, что деформации аутогенной усадки снижаются при увеличении объемной концентрации стальной фибры в керамзитобетонной смеси, что хорошо согласуется с результатами исследований [11] (рис. 1).

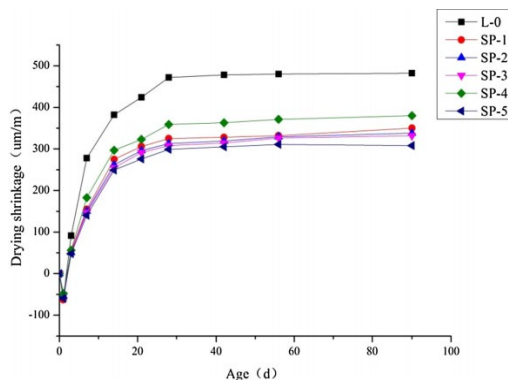


Рисунок 1. Значения усадочных деформаций при высыхании (drying shrinkage, мкм/м) керамзитобетона [11]:

L-0 – эталонный образец (без добавок); SP-1-SP-5 – с применением полипропиленовой фибры и поликарбоневой кислоты; age (d) – возраст бетона в сут

Однако некоторые исследователи [12, 18] утверждают об увеличении усадочных напряжений в бетоне, армированном стальной

фиброй, по сравнению с обычным бетоном вследствие увеличения воздушных пустот, в то время как другие авторы отмечают уменьшение усадки из-за жесткости, обеспечиваемой волокнами [16, 17, 19]. Эти противоречия указывают на то, что влияние стальных волокон на усадочные деформации вероятнее всего зависит от типа и дозировки волокон, а также от способа перемешивания керамзито-фибро-бетонной смеси.

В соответствии с результатами ранее проведенных исследований [14, 15] наличие полипропиленовой фибры в керамзитобетонной смеси позволяет улучшить прочностные и деформативные характеристики керамзитобетона.

Согласно полученным ранее результатам [5] установлено, что значения усадочных деформаций керамзитобетона, полученных при расчете по существующим моделям, значительно превышают экспериментальные значения (рис. 2). Помимо этого, в действующих нормативных документах нет поправочных коэффициентов для учета фибрового армирования при расчете усадочных деформаций, что обуславливает уточнение существующих расчетных моделей.

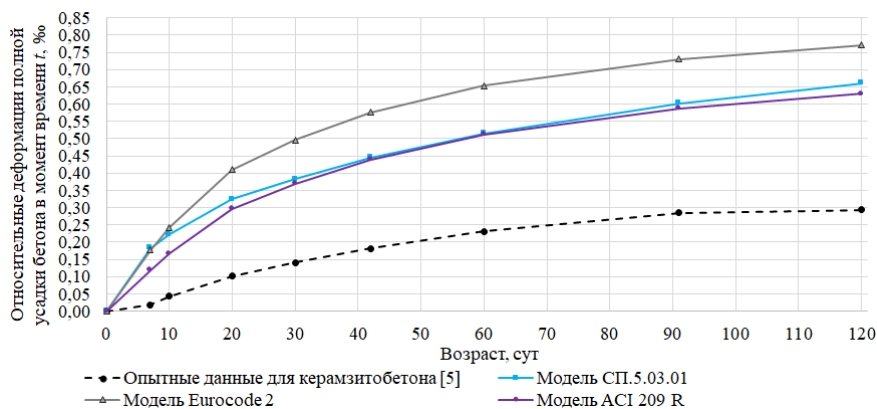


Рисунок 2. Развитие относительных деформаций полной усадки керамзитобетона в момент времени t [5]

Заключение. Дисперсное армирование предложено как возможный вариант снижения деформаций усадки керам-зитобетона.

Отмечено, что применение существующих расчетных моделей для аналитического определения деформаций усадки керамзитобетона и керамзитового фибробетона не гарантирует получение корректных значений, что обуславливает проведение дополнительных исследований с целью усовершенствования существующих расчетных моделей и ввод поправочных эмпирических коэффициентов.

Список использованных источников:

1. Кравченко, С. А. Экспериментальное исследование усадки, ползучести и потерь напряжения в арматуре элементов из керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем / С. А. Кравченко, А. А. Постернак // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2014. – № 56. – С. 124 – 128.
2. Крамаренко, А. В. Сравнительный анализ стеновых блоков из керамзитобетона, пенобетона и газобетона / А. В. Крамаренко, Т. В. Тимошкин // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 402 – 404.
3. Курятников, Ю. Ю. Вопросы разработки керамзитобетона для монолитного строительства / Ю. Ю. Курятников, Р. С. Кочетков // Вестник Тверского государственного технического университета. – 2019. – Т. 3, № 3. – С. 15 – 20.
4. Пирадов, А. Б. Конструктивные свойства легкого бетона и железобетона / А. Б. Пирадов. – М.: Стройиздат, 1973. – 133 с.
5. Ржевущая, В. А. Относительные деформации полной усадки керамзитобетона / В. А. Ржевущая, Ю. Г. Москалькова // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки, 2021. – № 16. – С. 99 – 105.
6. Штерн, В. О. Конструктивные свойства керамзитожелезобетона и особенности работы изгибаемых элементов из него : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / В. О. Штерн. – Челябинск, 1990. – 17 с.
7. Bremner, T. W. Lightweight concrete / T. W. Bremner // Developments in the Formulation and Reinforcement of Concrete (Second Edition). – 2008. – P. 307 – 323.
8. Drying shrinkage properties of expanded polystyrene (EPS) lightweight aggregate concrete: A review / M. Maghfouri // Case Studies in Construction Materials. – 2017. – Vol. 16. – P. e00919.

9. Effect of clay content on shrinkage of cementitious materials / H. Zhao [et al.] // *Construction and Building Materials*. – 2022. – Vol. 157. – P. 125959. – doi: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125959
10. Experimental study on autogenous and drying shrinkage of steel fiber reinforced lightweight-aggregate concrete / S. Zhao [et al.] // *Advances in Materials Science and Engineering*. – 2016. – Vol. 2016. – P. 1 – 9.
11. Gong, J. Influence of shrinkage-reducing agent and polypropylene fiber on shrinkage of ceramsite concrete / J. Gong, W. Zeng, W. Zhang // *Construction and Building Materials*. – 2018. – Vol. 159. – P. 155 – 163.
12. Graeff, A. G. Long-term performance of recycled steel fibre reinforced concrete for pavement applications: a thesis ... the degree of Doctor of Philosophy / A. G. Graeff; University of Sheffield. – Sheffield, 2011. – 350 p.
13. Hussein, Z. M. Shrinkage and impact strength of fibre-reinforced artificial lightweight aggregate concrete / Z. M. Hussein, W. I. Khalil, H. K. Ahmed // *Materials Science and Engineering*. – 2020. – Vol. 671, iss. 1. – P. 1 – 11.
14. Maskalkova, Yu. G. Compressive strength of expanded clay fiber-reinforced concrete / Yu. G. Maskalkova, V. A. Rzhnevskaya // *AlfaBuild*. – 2021. – Vol. 19. – No. 4. – 9 p. – doi: 10.34910/ALF.19.4.
15. Maskalkova, Y. G. The effective reinforcement ratio of expanded clay concrete by polypropylene fiber / Y. G. Maskalkova, V. A. Rzhnevskaya // *Construction of Unique Buildings and Structures*. – 2020. – Vol. 93. – No. 8. – 11 p. – doi: 10.18720/CUBS.93.3.
16. Prediction of concrete shrinkage occurring prior to external loading and effect on short-term constitutive modeling and design / V. Gribniak [et al.] // *Advances in Structural Engineering*. – 2016. – Vol. 16, iss. – P. 1061 – 1080.
17. Shrinkage effect on short-term deformation behavior of reinforced concrete – when it should not be neglected / V. Gribniak [et al.] // *Materials & Design*. – 2013. – Vol. 51. – P. 1060 – 1070.
18. Younis, K. H. Restrained shrinkage behaviour of concrete with recycled materials : a thesis ... the degree of Doctor of Philosophy / K. H. Younis; University of Sheffield. – Sheffield, 2014. – 326 p.
19. Zhang, W. Drying shrinkage and microstructure characteristics of mortar incorporating ground granulated blast furnace slag and shrinkage reducing admixture / W. Zhang, Y. Hama, S. H. Na // *Construction and Building Materials*. – 2015. – Vol. 93. – P. 267 – 277.