

РАЗВИТИЕ ГРАДИЕНТОВ ВЛАЖНОСТНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В НЕРАВНОМЕРНО УВЛАЖНЕННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Хоменко А. А., *инж.*, Рогожа П. С., *студент*,
Острая Т. В., *к.т.н.*, *асс.*

*Одесская государственная академия строительства и
архитектуры, Украина*

Введение

Анализ условий эксплуатации строительных конструкций показывает, что наиболее распространенными являются локальные воздействия. Одностороннее или локальное увлажнение и высушивание, нагревание и охлаждение материала вызывает перераспределение напряжений в объеме изделия, что может приводить к расшатыванию структуры и, как следствие, выходу целой конструкции из строя [1, 2]. Наиболее распространенным является увлажнение и высушивание под действием природных условий, в зоне переменного уровня воды в гидротехнических сооружениях, под действием внутренней среды технологических помещений.

Установлено [3], что вода, водные растворы солей и ПАВ при действии на бетон конструкций вызывают увеличение деформативности на 100-150%. Авторы установили, что с увеличением глубины проникания жидких сред в бетонный или железобетонный элемент условный эксцентриситет вначале возрастает и достигает максимального значения при глубине проникания, равной половине сечения. При дальнейшем увеличении глубины проникания условный эксцентриситет уменьшается и при полном пропитывании элемента жидкой средой становится равным нулю. С увеличением уровня нагружения условный эксцентриситет при всех прочих равных условиях увеличивается.

Особенно актуальным является учет работы конструкции в условиях одностороннего увлажнения в гидротехническом строительстве. Причалы, стенки каналов, плавучие доки и др. сооружения постоянно подвергаются одностороннему увлажнению. При локальных объемных изменениях неизбежно развиваются градиенты влажности вследствие неоднородности структуры гетерогенного материала. Происходит перераспределение напряжений, которое должно привести к формированию специфической стоячей деформационной волны в изделии [4, 5]. Деформационная волна будет включать локальные объемные дефор-

магии и реакции на них всей системы. Как показывают результаты исследований [6], развитие деформационной волны не зависит от масштабного фактора. Скорость формирования волны (реакция изделия на локальные воздействия) значительно превышает скорость пропитывания или прогрева и приближается к скорости звука в данном материале. Таким образом, была определена задача исследования влияния локального изменения объема на распределение объемных деформаций в строительных изделиях в различных эксплуатационных условиях.

Методика проведения исследований

Для подтверждения выдвинутых предположений была проведена серия опытов. Исследования проводились с использованием стеновых блоков из газобетона для одностороннего увлажнения, бетонных балок для локального увлажнения и стальной пластины для одностороннего нагрева (рис. 1). Для определения величины деформаций были использованы микронные индикаторы часового типа с ценой деления 0,001 мм.

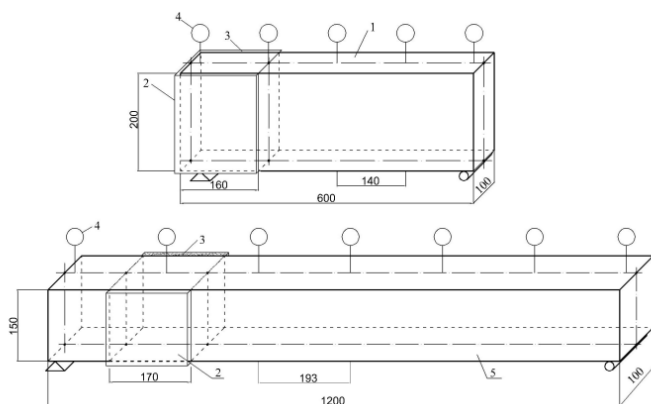


Рис. 1. Схема проведения экспериментов. 1 – стеновой блок из газобетона; 2 – зона увлажнения; 3 – материал для водонасыщения; 4 – микронный индикатор часового типа; 5 – неармированная бетонная балка

Увлажнение проводилось путем насыщения влагой тампонов в выделенных зонах, защищенных гидроизоляцией. После стабилизации деформаций набухания гидроизоляцию снимали, и определялся характер развития усадочных деформаций.

Обсуждение результатов исследований

Одностороннее увлажнение газобетонного блока привело к формированию деформационной волны вдоль образца. На рис. 2 приведены графики развития деформаций в случае одностороннего увлажнения в течение 24 часов, что привело к стабилизации влажностных деформаций и реакций на них ненагруженных участков блока. В зоне увлажнения произошло набухание материала до 0,075 мм/м. По мере удаления от зоны локального увлажнения деформации набухания уменьшаются и в центральной части блока переходят в деформации сжатия, в 3,7 раз меньшие по сравнению с деформациями набухания и постепенно уменьшаются по мере приближения к торцу блока. В результате локального увлажнения сформировалась стоячая волна деформаций, которая включает в себя полуволну влажностных деформаций набухания и затухающую волну в виде деформаций сжатия.

Высыхание приводит к развитию деформаций усадки увлажненной части блока. Затухание деформаций усадки произошло после высушивания в течение 24 часов при относительной влажности воздуха $\varphi = 60\%$ и температуре $T = 22^\circ\text{C}$. Деформации усадки увлажненной части блока вызвали перераспределение деформаций по всей его длине. Произошло формирование новой деформационной волны, в которую входят усадочные деформации и деформации, вызванные реакцией на локальные влажностные деформации, рис. 3.

Локальное увлажнение бетонной балки в течение 7 суток привело к деформациям набухания увлажненной зоны до 0,12 мм/м, которые уменьшаются по мере удаления от зоны увлажнения и переходят в деформации усадки ненагруженной части балки до 0,179 мм/м. Деформации сжатия затухают по мере приближения к торцу балки (рис. 4). Высыхание образца привело к частичной компенсации деформаций набухания и, в результате, к формированию новой деформационной волны, рис. 5. Усадочные деформации в центральной части балки увеличиваются, как реакции на локальные деформации усадки увлажненного участка.

Для более широкого представления о развитии деформаций при локальных объемных изменениях были проведены опыты с односторонним нагревом стальной пластины размерами $240 \times 120 \times 30$ мм. В результате одностороннего воздействия в течение 10 минут деформации увеличения объема составили 0,087 мм/м, что привело к перераспределению напряжений и реакции на локальные объемные изменения ненагретой части пластины. Деформации сжатия составили 0,249 мм/м. После прогревания образца деформации сжатия компенсировались увеличением объема, рис. 6.

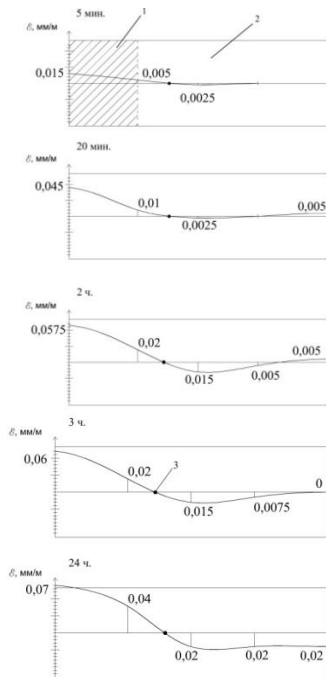


Рис. 2. Развитие деформаций при одностороннем увлажнении стенового блока из газобетона. 1 – зона увлажнения; 2 – образец; 3 – точка перехода деформаций набухания в деформации усадки

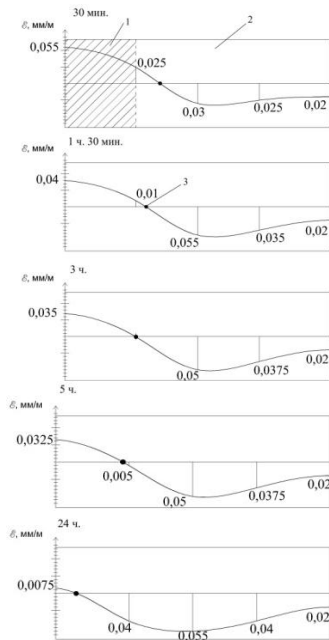


Рис. 3. Развитие деформаций при высыхании после одностороннего увлажнения стенового блока из газобетона. 1 – зона увлажнения; 2 – образец; 3 – точка перехода деформаций набухания деформации усадки

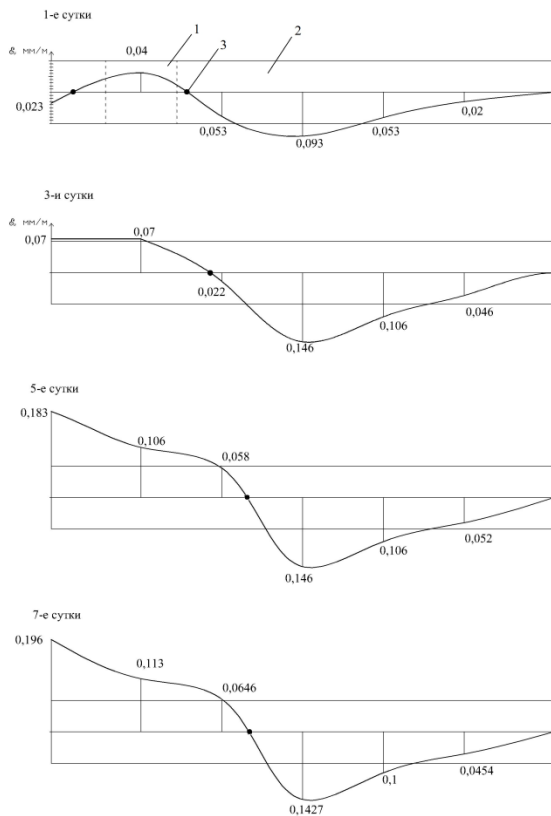


Рис. 4. Развитие деформаций при локальном увлажнении балки. 1 – зона увлажнения; 2 – образец; 3 – точка перехода деформаций набухания в деформации усадки

По мере изменения объема локальных зон в результате перераспределения напряжений внутри изделия смещается точка перехода деформаций набухания в деформации сжатия. Эта точка наиболее интересна в связи с тем, что здесь происходит переход между напряжениями различного знака, что угрожает развитием деформаций сдвига и увеличением риска образования трещин в указанной зоне. Смещение точки перехода может вызвать изменение структуры материала.

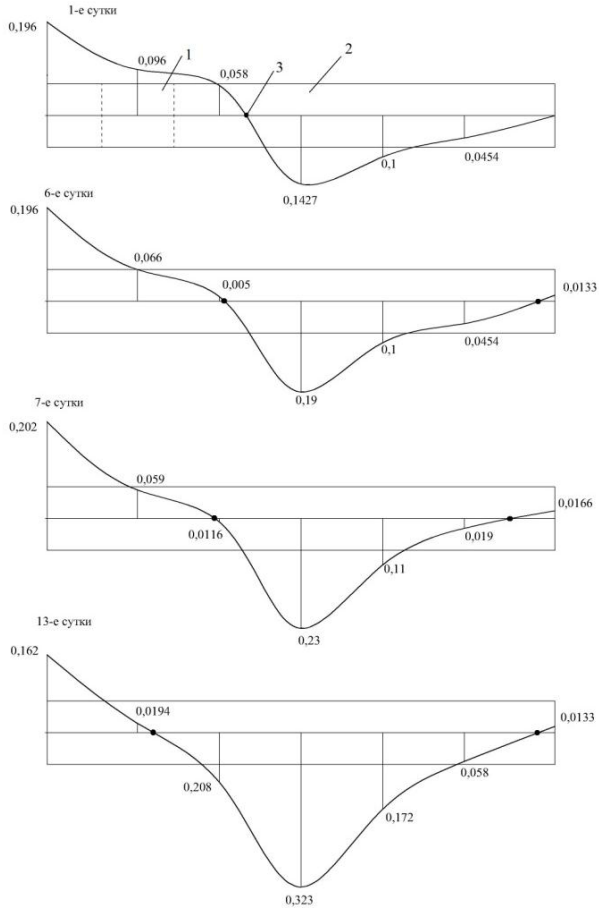


Рис. 5. Развитие деформаций при высушивании балки после локального увлажнения. 1 – зона увлажнения; 2 – образец; 3 – точка перехода деформаций набухания в деформации усадки

Выводы

Одностороннее и локальное увлажнение привело к формированию деформационных волн вдоль образцов. По мере изменения геометрии изделия за счет увлажнения деформации увеличения объема вызывают перераспределение напряжений в объеме изделия, что проявляется в реакции ненагруженных участков изделий на локальные объемные

деформации. Величина деформаций зависит от вида материала, характера и продолжительности увлажнения.

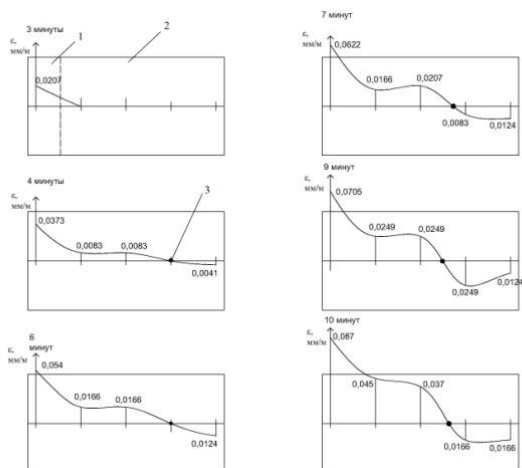


Рис. 6. Развитие деформаций при одностороннем нагреве стальной пластины. 1 – зона локального нагрева; 2 – образец; 3 – точка перехода деформаций увеличения в деформации уменьшения объема

Анализ полученных результатов показывает, что деформационная волна формируется неравномерно. Структурные неоднородности гетерогенного материала и адгезионные связи оказывают влияние на амплитуду и частоту колебаний волны. Формирование деформационной волны не связано с видом воздействия, а зависит от вида материала изделия, который определяет кинетику деформирования. Деформационная волна при локальных воздействиях включает в себя объемные деформации локальных зон и реакции на них всего изделия, как целостной системы.

Summary

This article presents the analysis the development of deformations in two cases of local volume change in the material. Data on the character of the strain distribution in the local wetting of various building products were obtained.

Литература

1. Выровой В. Н. Композиционные материалы и конструкции: структура, самоорганизация, свойства / Выровой В. Н., Дорофеев В. С., Суханов В. Г. ; Одесса. ТЭС. 2010.

2. Дорофеев В. С. Технологическая поврежденность строительных материалов / Дорофеев В. С., Выровой В. Н. Одесса. Город мастеров. 1998.

3. Борисенко В. М. Одностороннее воздействие жидких агрессивных сред на работу конструкций / В. М.Борисенко, Е. А. Гузев // Бетон и железобетон. – 1986 – №3. с. 23-24.

4. Мишутин А. В. Температурно-влажностные деформации бетона тонкостенных конструкций гидротехнических и плавучих сооружений / А. В. Мишутин // Вестник ОГАСА – 2008. – №31. – с. 237-244.

5. Мишутин А. В. Повышение долговечности бетонов морских железобетонных плавучих и стационарных сооружений / Мишутин А. В., Мишутин Н. В. ; Одесса. Эвен. 2011.

6. Жуковский В. К. Механизм формирования деформационных волн в сложноорганизованных материалах при локальном тепловом воздействии / В. К. Жуковский, Ю. М. Заволока, А. Р. Гохман и др. – Одесса. Зовнішнєклассервіс, 2013. – с. 100-106.