

ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЙ ВЛАЖНОСТИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ СТРУКТУР

В.В. БРАТОШЕВСКАЯ¹, В.Н. МИРСОЯНОВ², Р.В. МИРСОЯНОВ²

¹ *Кубанский государственный аграрный университет,
350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Калинина, 13,
электронная почта: violetta-architector@yandex.ru*

² *Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,
электронная почта: mir6@mail.ru*

Исследовано влияние увлажнения и высушивания на структурно-механические свойства цементного камня и бетона. Многократные циклические колебания влажности, подобно знакопеременным нагрузкам при пульсации, вызывают в структурах напряжения различного знака. Уплотнение после первых циклов сопровождается дальнейшим расширением структуры материала, приводящим во многих случаях к ее разрушению. Наиболее стойкими из исследованных структур оказались те, которые быстрее релаксируют внутренние напряжения, вследствие повышенного содержания «податливой» гелеобразной фазы.

Ключевые слова: бетон, влажность, капиллярные силы, напряжения, деформации, релаксация, прочность.

Строительные материалы, эксплуатируемые в зоне изменяющегося уровня воды и в атмосферных условиях, испытывают непрерывные и частые изменения влажности. Знакопеременные процессы, связанные с колебаниями влажности, оставляют в материале определенные следы – обратимые и необратимые изменения в его структуре, что сопровождается изменением физико-механических свойств.

На всех этапах в процессе увлажнения и высыхания происходит непрерывное изменение свободной поверхностной энергии, причем сумма ее изменения в итоге всех циклов должна являться количественным показателем самопроизвольного изменения поверхности, определяющей физико-химическую активность структурообразующей фазы. Эту суммарную величину считают мерой прочностных изменений, происходящих в структуре при периодическом изменении влажности среды. Зависимость изменения свободной поверхностной энергии от числа циклов имеет положительное числовое значение, так как увеличение поверхности связано с развитием дефектов и возникновением превышает размеры поверхности, исчезающей при

установлении новых когезионно-адгезионных связей в процессе высыхания. Все это не только возможно, но и совершенно необходимо для огромного большинства тел с жесткими структурами, способными оказывать механическое сопротивление деформирующему действию молекулярно-поверхностных сил. В жестких структурах вторичные связи устанавливаются с использованием очень малых поверхностей. Такие условия в высыхающих материалах способствуют большей концентрации напряжений в дефектных участках и быстрому разрушению там структурных связей. Возможны даже разрывы отдельных элементов структуры, если они пересекают пути развития микро- и макротрещин. При этом с каждым новым циклом и с возрастанием поверхности твердой фазы снижается прочность материала и обнаруживается увеличение его размеров. Поэтому в ряде исследований стойкость материалов оценивается по необратимым деформациям. Это в определенной степени проявляется в цементе с высоким содержанием двухкальциевого силиката, где преобладает пластичная структура. Цементы с высоким содержанием трехкальциевого алюмината и образующие более жесткую кристаллизационную структуру при колебаниях влажности разрушаются значительно быстрее.

В атмосферных условиях периодическое увлажнение осуществляется в основном осадками, либо за счет конденсации влаги, особенно при резких суточных колебаниях температуры. Напряжения и рассмотренные выше процессы нарушения структуры в этих случаях усиливаются влиянием термических градиентов. Однако равномерность механических свойств и распределение напряжений зависит от соотношения между режимом испарения влаги и деформационно-релаксационными свойствами структуры. Если испарение и соответствующее развитие напряжений опережает деформации сжатия структуры в некоторых участках, то в ней возникают повышенные напряжения и нежелательные неравномерности, приводящие к местным перенапряжениям в других участках и разрывам.

В начале каждого цикла под влиянием проникающих молекулярных слоев воды напряжения, возникшие ранее при высыхании, релаксируют. Во <http://ntk.kubstu.ru/file/955>

второй части цикла, то есть в конце высыхания, напряжения при больших деформациях структуры восстанавливаются до исходных значений. Так, в переходах от цикла к циклу повторяется периодическая смена внутренне напряженного состояния структуры релаксацией напряжений [1]. Это хорошо подтверждается экспериментально воспроизводимыми колебаниями усадочных напряжений в различных структурах цементного камня при изменении влажности среды.

Интересно отметить, что даже жесткие структуры, которые всегда испытывают потерю прочности при многочисленных повторениях увлажнения и сушки в течение первых нескольких циклов, все же обнаруживают некоторое повышение прочности. Можно полагать, что это происходит за счет завершения незаконченного в первой сушке процесса еще возможного уплотнения и некоторой переориентации структурных составляющих под периодическим и направленным действием молекулярно-поверхностных сил. Процесс уплотнения при сушке, вероятно, связан с прогрессирующей необратимой усадкой.

На рисунке 1 представлены экспериментальные кривые зависимости прочности при изгибе образцов цементного камня различных способов твердения и образцов керамики от количества циклов переменного увлажнения и высушивания. Испытания проводились по циклам, соответственно, после высушивания и увлажнения.

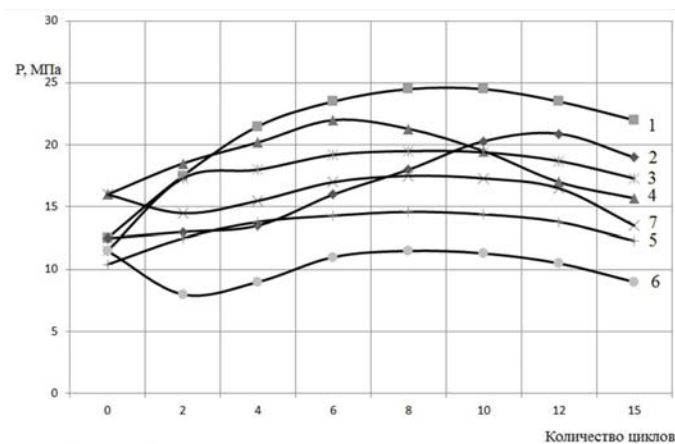


Рисунок 1 - Зависимость прочности от числа циклов поперечного увлажнения и высушивания: 1 - цементный камень нормального твердения в конце сушки, 2 - он же в конце увлажнения, 3 - автоклавированный в конце сушки, 4 - он же в конце увлажнения, 5 - пропаренный в конце сушки, 6 - он же в конце увлажнения, 7 керамика в конце сушки.

В течение нескольких циклов прочность сухих образцов возрастает и достигает максимума, после чего следует ее снижение. Рост прочности, как уже указывалось выше, происходит при увеличивающемся действии капиллярных сил в уплотняющихся структурах. Это хорошо подтверждается непрерывным ростом усадочных деформаций образцов цементного камня в соответствующих последующих циклах. На приводимых рисунках 2,3,4 прослеживается четкая взаимосвязь между деформациями и прочностью при увлажнении и высушивании образцов.

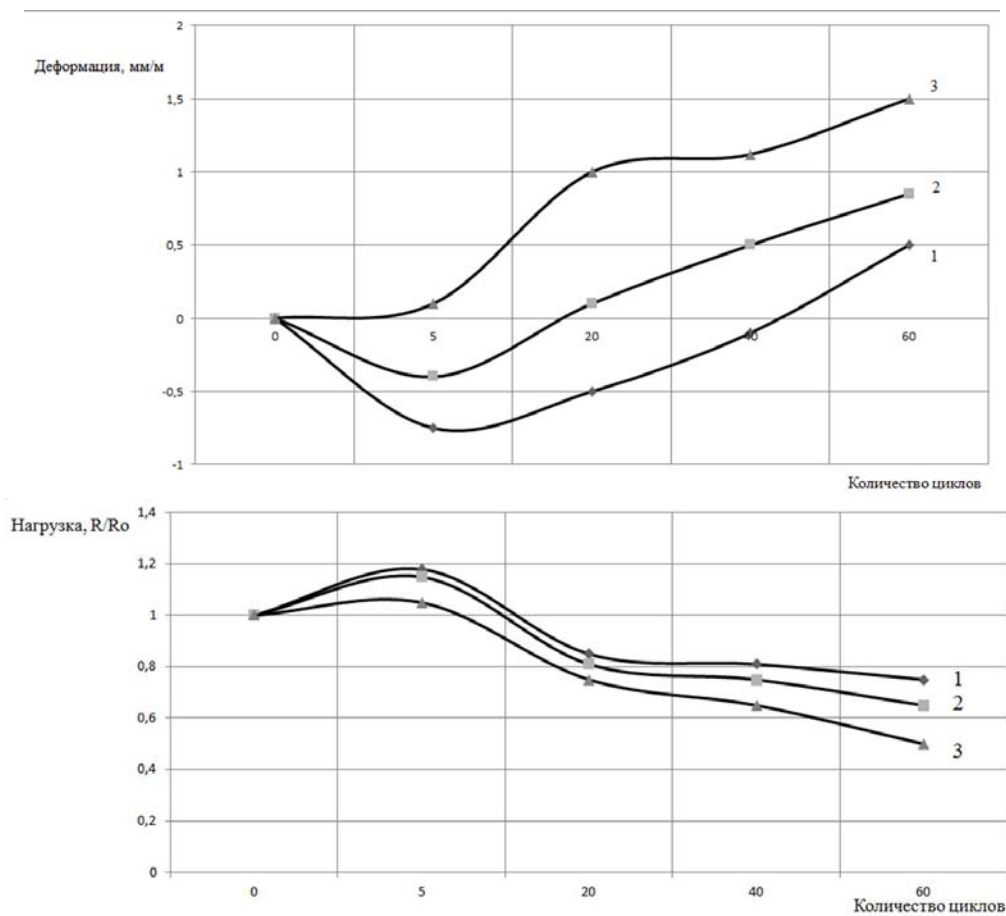


Рисунок 2 - Характер изменения разрушающей нагрузки при изгибе и деформации цементного камня, твердеющего в различных условиях, при колебаниях влажности: 1 - нормальное твердение, 2 - пропаренные, 3 - автоклавной обработки.

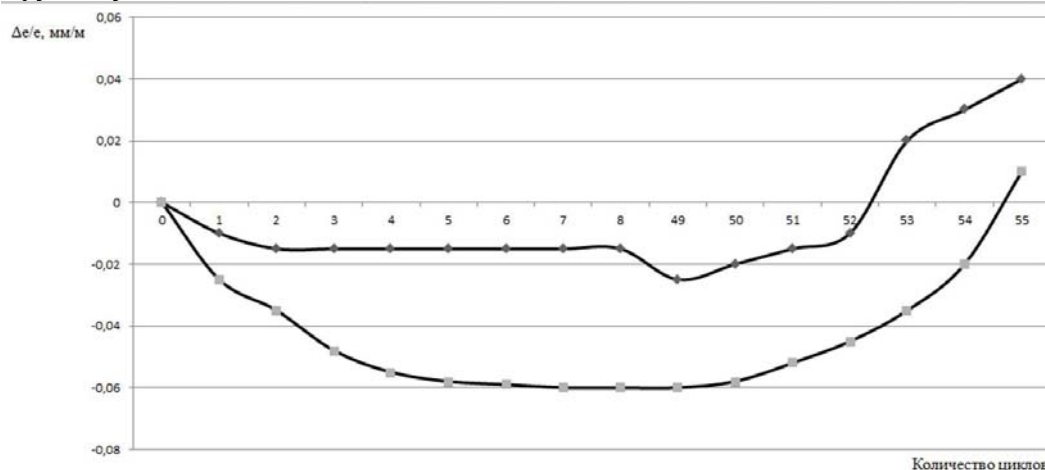


Рисунок 3 - Зависимость деформаций цементного камня от циклов увлажнения - высыхания.

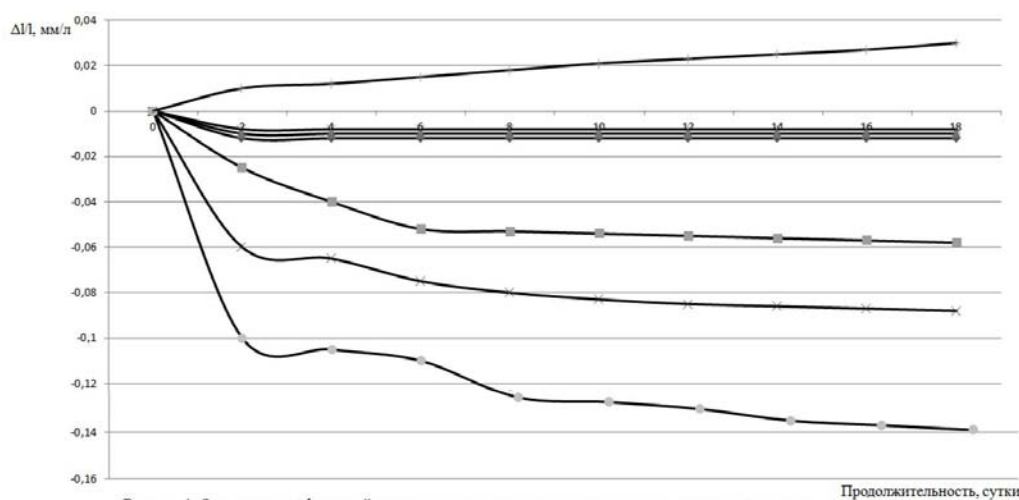


Рисунок 4 - Зависимость деформаций цементного камня от продолжительности циклов и их количества: А - продолжительности цикла 1 сутки, Б - 2 суток, В - 3-суток, Г - 4 суток, 1,2 - кривые для влажного и сухого состояния образцов при цикле, равном 1 суткам, 3,4 - 2 суткам, 5,6 - 3 суткам, 7,8 - 4 суткам.

Прочность пропаренных и автоклавированных, а также керамических образцов, после увлажнения в течение первых циклов несколько падает с последующим ростом при изгибе, наибольшее падение показали автоклавированные и пропаренные образцы, они же обнаружили большие остаточные деформации по сравнению с образцами нормального твердения.

Следует отметить, что амплитуда изменения прочности от цикла к циклу наблюдалась большей у образцов нормального твердения, меньше – у пропаренных и еще меньше у автоклавированных. Все это, естественно, связано с физико-химическими процессами, происходящими в кристаллической и особенно в гелеобразной составляющей/..

Упрочнение цементного камня при попеременном увлажнении и высушивании с уменьшением линейных размеров образцов в первых циклах ранее объяснялось дополнительной гидратацией и кристаллизацией. Интересны в этом отношении данные, полученные при испытании керамических образцов, где указанные процессы гидратации и кристаллизации не происходят, а ход кривой на рисунке 1 аналогичен. В коротком цикле (1 сутки) упругие силы не успевают возвращать размеры образцов к первоначальным, а с увеличением длительности цикла образцы возвращаются к начальным размерам (3 суток), а в цикле (4 суток) размеры образцов уже превосходили начальные.

Следовательно, в зависимости от длительности цикла в цементном камне деформации могут быть: частично необратимыми, обратимыми и с превышением начальных размеров [2].

Из изложенного можно сделать вывод о том, что попеременное увлажнение и высушивание подобно действию пульсирующих нагрузок. Изменение структуры начинается с развития микродефектов, прорастания микротрещин и кончается разрушением материала. До начала микроразрушений в течение каждого периода увлажнения цементного камня и после исчезновения капиллярных сил происходит его расширение под действием сил упругого сопротивления.

При последующем высушивании вначале наблюдается медленная, а затем ускоренная усадка с замедлением в конце высушивания.

При появлении микротрещин в начальный момент сушки ожидаемая усадка не наблюдается, а продолжается некоторое расширение.. Однако по истечении определенного времени расширение все же сменяется обычной усадкой. Это происходит вследствие неравномерности действия капиллярных сил в поверхностном слое структуры.

В дальнейшем при попеременном увлажнении и высушивании процесс образования новых и увеличения размеров имеющихся микротрещин усиливается. Это приводит к нарушению сплошности структуры, уменьшает ее упругое сопротивление механическому воздействию внешних сил. Именно поэтому в последующих циклах увлажнения и высушивания в большей степени <http://ntk.kubstu.ru/file/955>

обнаруживается расширение – увеличение объема за счет разрушения цементного камня с уменьшением усадки в конце сушки.

Вышеизложенное показывает, что в различных структурах повышение прочности в начальных циклах имеет один и тот же механизм. В дальнейшем с развитием трещин и увеличением их количества материалы постепенно теряют свою прочность под действием адсорбционно-сольватных слоев жидкой фазы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Братошевская В.В., Мирсоянов В.Н., Мирсоянов Р.В. Исследование деформативных свойств бетона при разной степени его нагружения: Потенциал современной науки, N 2, март 2015-Липецк, 2015.-136 с.

2. Братошевская В.В., Мирсоянов В.Н., Мирсоянов Р.В. Об оценке стойкости дисперсных структур бетона: Сб. Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения, N9, декабрь 2015-Липецк 2015 -120 с.

REFERENCES

1. Bratoshevskaya V.V., Mirsoyanov V.N., Mirsoyanov R.V. Issledovanie deformativnykh svoystv betona pri raznoy stepeni ego nagruzheniya: Potentsial sovremennoy nauki, N 2, mart 2015-Lipetsk, 2015.-136 s.

2. Bratoshevskaya V.V., Mirsoyanov V.N., Mirsoyanov R.V. Ob otsenke stoykosti dispersnykh struktur betona: Sb. Sovremennaya nauka: aktualnye problemy i puti ikh resheniya, N9, dekabr 2015-Lipetsk 2015 -120 s.

THE INFLUENCE OF HUMIDITY FLUCTUATIONS ON THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF CAPILLARY-POROUS STRUCTURES

V.V. BRATOSHEVSKAYA¹, V.N. MIRSOYANOV², R.V. MIRSOYANOV²

¹ *Kuban State Agrarian University,
13, Kalinina str., Krasnodar, Russian Federation, 350044,
e-mail: violetta-architector@yandex.ru*

² *Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya str., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: mir6@mail.ru*

The influence of wetting and drying on structural and mechanical properties of cement stone and concrete. Repeated cyclic humidity variations like alternating loads with surge, cause in the structures of the voltage of different sign. Seal after the first cycles accompanied by a

further extension of the material structure, leading in many cases to its destruction. The most persistent of the investigated structures were those that quickly relaxes internal stresses, due to the high content of "pliable" gel-like phase.

Key words: concrete, moisture, capillary forces, tension, deformation, relaxation, strength.