

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В УСЛОВИЯХ МНОГОКРАТНОГО УВЛАЖНЕНИЯ И ВЫСУШИВАНИЯ

Сильченко С.В., Резникова Л.И., Макарова С.С. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Показано, что трещиностойкость цементного камня в условиях многократного увлажнения и высушивания зависит не только от его состава, но и от способов инициирования начальной трещины в образцах. Предложено учитывать распределение остаточных деформаций при оценке стойкости образцов из цементных композиций.

Введение.

Значительная часть бетонных и железобетонных изделий и конструкций эксплуатируется в условиях многократного увлажнения и высушивания. Многочисленные исследования показали, что при этом возникают знакопеременные влажностные деформации, вызывая расшатывание структуры материала и снижение его стойкости [1, 2]. В работах [3, 4] к важным структурным параметрам композиционных строительных материалов отнесены технологические трещины (ТТ) и внутренние поверхности раздела (ВПР). Ранее проведенные исследования [5] показали, что при многократном увлажнении и высушивании в образцах из цементного камня возникают и развиваются локальные и интегральные знакопеременные влажностные деформации. К локальным деформациям относят деформации, которые проявляются на берегах ТТ и ВПР, и вызывают их подрастание, трансформацию друг в друга или объединение. Это вызывает структурные изменения в материале, которые оцениваются через изменение коэффициента поврежденности. Распределение интегральных деформаций зависит от геометрических характеристик образца и, как показали исследования [6], в значительной степени определяют его трещиностойкость (вязкость разрушения, коэффициент интенсивности напряжений). Начальное распределение ТТ и ВПР зависят от качественного и количественного составов наполнителей [3] и предопределяют развитие локальных влажностных

деформаций. Кроме того, начальный состав цементных композиций определяет величину интегральных начальных (остаточных, технологических) деформаций. Таким образом, начальная поврежденность материала (ТТ+ВГР), распределение и величина остаточных деформаций в образцах (конструкциях) в значительной степени предопределяют трещиностойкость цементного камня. Так как знакопеременные влажностные деформации вызывают изменение поврежденности цементного камня и изменение распределения интегральных деформаций, то можно предположить, что это ведет к изменению трещиностойкости по мере увеличения количества циклов увлажнения и высушивания. Поэтому представляют интерес анализ и исследования влияния геометрических характеристик образцов, количества и удельной поверхности наполнителей на изменение стойкости цементных композиций, оцениваемой по изменению вязкости разрушения, претерпевающих многократное увлажнение и высушивание.

Методика организации эксперимента.

В опытах использовали цемент, полученный размолотом в лабораторной шаровой мельнице с добавлениями двуводного гипсового камня в количестве 3% из клинкера Одесского цементного завода. В качестве наполнителя использовался молотый до удельных поверхностей $S_y=100, 300$ и $500 \text{ м}^2/\text{кг}$ кварцевый песок. Количество наполнителей составляло 10, 20 и 30% по массе. При определении K_{1c} использовали образцы размером $4 \times 4 \times 16$ см с инициированными трещинами. В силу того, что согласно нормативным документам [7] трещину можно инициировать или методом распила затвердевшего образца, или методом заложения при формовании образца, то в наших исследованиях применялись оба рекомендованных способа. Геометрические характеристики образцов изменялись путем изменения длины L ($L_1=7$ мм; $L_2=14$ мм; $L_3=21$ мм). Контролировали изменение поврежденности, прочностных характеристик, K_{1c} образцов с различными способами инициирования начальной трещины различной длины. Распределение остаточных и влажностных деформаций анализировали графо-аналитическим методом и методом фотоупругости на модельных системах. Стойкость оценивали по коэффициентам стойкости K_c – отношению контролируемых характеристик после определенного количества циклов увлажнения и высушивания к соответствующим характеристикам образцов, не претерпевающим знакопеременные влажностные деформации. В данной работе стойкость оценивали по $K_c^3=K_{1c}^{п3}/K_{1c}^3$ и $K_c^p=K_{1c}^{пp}/K_{1c}^p$, где K_c^3 – коэффициент стойкости образцов с трещиной, полученной

методом заложения имитатора при формировании образцов; K_c^P – коэффициент стойкости образцов с трещиной, образованной методом распила затвердевших образцов. Испытания проводились через 25, 50 и 100 циклов увлажнения в течение 8-ми часов и сушки в течение 16-ти часов при $T=370K$.

Опыты проводились по плану типа «треугольник на квадрате». В качестве независимых переменных приняты: длина начальной трещины $X_1=14\pm 7$ мм; количество наполнителей $X_2=20\pm 10\%$ от массы цемента; удельная поверхность наполнителей $X_3=300\pm 200\text{м}^2/\text{кг}$. Расчет коэффициентов математических моделей и их геометрическое отображение проводился в системе «COMPEX» [8].

Результаты исследований.

При анализе результатов исследований примем, что в случае, если $K_c \geq 0,7$, то трещиностойкость после определенного количества циклов увлажнения и высушивания удовлетворяет требованиям по этому свойству.

Анализ полученных экспериментальных результатов, коэффициентов математических моделей показал, что на изменения K_{c3} и K_c^P влияют состав наполнителей, длина начальной трещины и, особенно, способы ее инициирования. В качестве примера (рис.1) показано влияние удельной поверхности наполнителя при его количестве $H=10\%$ по массе, длине начальной трещины $L=14$ мм на изменение K_c^3 (рис.1, а) и K_c^P (рис.1, б).

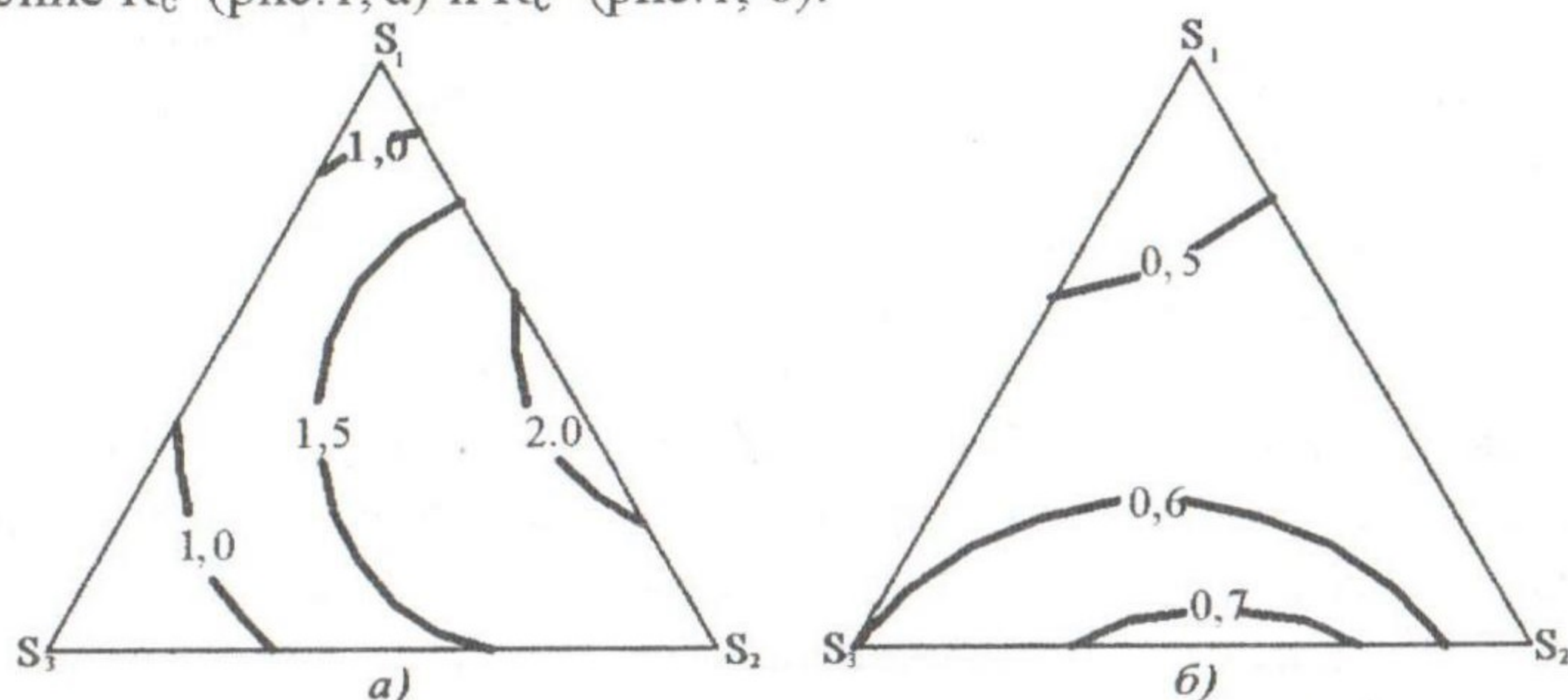


Рис.1. Влияние удельной поверхности наполнителей и способов образования начальных трещин на стойкость цементных композиций, оцениваемой по K_{1c} : а- K_c^3 ; б- K_c^P .

Сравнение K_c^3 и K_c^P после 50-ти циклов увлажнения и высушивания позволяет констатировать, что изменение трещиностойкости в значительной степени зависят от способов инициирования начальной трещины. В случае использования метода заложения имитатора трещины при формировании образцов, K_c для всех составов $K_c > 1,0$. При

образовании трещин методом распила затвердевших образцов существует незначительная область составов наполнителей, которые обеспечивают условие $K_c > 0,7$ (рис. 1, б).

Полученные экспериментальные результаты могут служить, по нашему мнению, подтверждением влияния остаточного деформативного состояния на поведение образцов при действии на них знакопеременных влажностных деформаций. Влажностные деформации набухания и усадки, накладываясь на остаточное поле деформаций, могут усиливать или снижать сопротивляемость материала развитию трещин. К сожалению, при работе с литературой, нам не удалось получить информацию и возможность учета начальных (остаточных, технологичных) деформаций при действии на материал последующих эксплуатационных нагрузок различного вида. В то же время, экспериментально установленные факты изменения K_{1c} в зависимости от характера распределения остаточных деформаций и изменение трещиностойкости при усталостном нагружении показывают, что технологические деформации оказывают существенное влияние на эксплуатационные возможности материала, оформленного в различные конструктивные элементы.

Существенное повышение K_c^3 не позволяет рекомендовать метод инициирования начальной трещины, образованной способом заложения имитатора при формовании образцов, для оценки трещиностойкости материала при его многократном увлажнении и высушивании. Полученные экспериментальные данные могут показать достаточную стойкость по K_c^3 при интенсивном снижении K_c^P . По нашему мнению, на изменение стойкости оказывает значительное влияние поле остаточных деформаций. Взаимодействие влажностных деформаций с остаточными деформациями в большинстве случаев повышает сопротивляемость материала развитию трещин при определении вязкости разрушения. Поэтому, для гарантированной оценки снижения трещиностойкости, в нашем случае цементного камня, претерпевающего многократные знакопеременные влажностные деформации, можно рекомендовать оценку изменения трещиностойкости проводить по изменению вязкости разрушения на образцах с начальной трещиной, полученной методом распила.

Проведенные исследования ставят задачу дальнейшего изучения влияния остаточного деформативного состояния образцов (конструктивных элементов, конструкций и изделий) на их физико-механические и эксплуатационные характеристики. Совместное решение задач рационального состава цементных композиций, оформленных в рациональные конструктивные формы, открывает, по

нашему мнению, перспективные возможности повышения технических характеристик и увеличения сопротивляемости развитию трещин при эксплуатации в экологически сложных условиях.

Выводы.

Проведенные исследования позволяют заключить, что стойкость образцов из цементного камня различного состава с разными геометрическими характеристиками и способами инициирования начальных трещин с увеличением количества циклов увлажнения и высушивания снижается. Анализ экспериментальных результатов показал, что стойкость образцов с трещиной, образованной методом заложения при формовании, в несколько раз превышает стойкость образцов с трещиной, полученной методом распила. Поэтому, для принятия гарантированных решений по рекомендации составов наполнителей, обеспечивающих $K_c > 0,7$, рекомендовано использовать образцы с трещиной, образованной методом распила.

Литература.

1. Александровский С.В. Расчет Бетонных и железобетонных конструкций на температурные и влажностные воздействия. - М.: Стройиздат, 1966. - 444с.
2. Цилосани З.Н. Усадка и ползучесть бетона. - Тбилиси: Мецниереба, 1979. - 230с.
3. Выровой В.Н., Довгань И.В., Семенова С.В. Особенности структурообразования и формирования свойств полимерных композиционных материалов. - Одесса: «ТЭС», 2004. - 168с.
4. Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Фиц С. Бетон в условиях ударных воздействий. - Одесса: Внешрекламсервис, 2004. - 271с.
5. Сильченко С.В., Выровой В.Н., Резникова Л.И., Дорофеев А.В. Изменение поврежденности цементного камня в условиях многократного увлажнения и высушивания // Вісник ОДАБА. - Вип. 20. - Одеса: Місто майстрів. - 2005. - С.334-340.
6. Сильченко С.В., Выровой В.Н. Влияние способов инициирования трещин на трещиностойкость цементного камня // Вісник ОДАБА. - Вип. 15. - Одеса: Місто майстрів. - 2004. - С.264-268.
7. ГОСТ 29167-91. Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении.
8. Методические указания по моделированию систем «смеси, технология-свойства» с использованием ЭВМ в курсовом и дипломном проектировании по кафедре ПАТСМ / Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Абакумов В.В., Абдыкалыков А. – Одесса: Облполиграфиздат, 1985. – 63с.
9. Методические указания по моделированию систем «смеси, технология-свойства» с использованием ЭВМ в курсовом и дипломном проектировании по кафедре ПАТСМ / Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Абакумов В.В., Абдыкалыков А. – Одесса: Облполиграфиздат, 1985. – 63с.