

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ИНИЦИИРОВАНИЯ ТРЕЩИН НА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Сильченко С.В., Выровой В.Н. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Рассмотрены вопросы влияния остаточного деформативного состояния на трещиностойкость цементного камня. Показано, что в зависимости от способов инициирования начальных трещин изменяется поле остаточных деформаций в образце. Это вызывает изменения вязкости разрушения более чем в 2 раза.

Введение.

Проведенный анализ показал, что способы инициирования трещины оказывают существенное влияние на формирование остаточного (начального, технологического, наследственного) поля деформаций в образце [1, 2, 3]. В случае получения исходной трещины методом заложения при формовании образца изменяются его геометрические характеристики, что вызывает изменение технологического поля деформаций. К геометрическим характеристикам образца следует отнести длину исходной трещины. Методика определения K_{Ic} предполагает введение поправочной функции, которая связывает длину трещины L с шириной образца b , и, при условии $L=(0,1...0,6)b$, обеспечивает одинаковые количественные значения вязкости разрушения [4]. Анализ позволил выявить, что распределение остаточных деформаций зависит от исходной длины трещины. Изменение остаточных деформаций должно привести к изменению свойств материала, включая его трещиностойкость. В связи с этим, была определена задача изучения влияния длины исходной трещины и способов ее инициирования на изменение трещиностойкости цементного камня.

Экспериментальные работы и их интерпретация.

Предварительные эксперименты показали, что при длине трещины, закладываемой при формовании образца, $L \geq 0,5b$, трещина разрушения развивается в период твердения вяжущего (от 24 до 72 часов твердения в нормальных условиях). Поэтому максимальная длина трещины составляла $L=1,7$ см ($L=0,43b$). Были приняты следующие длины трещины: $L_1=0,7$ см ($L_1=0,17b$); $L_2=1,2$ см ($L_2=0,3b$) и $L_3=1,7$ см

($L_3=0,43b$). Цементное тесто с В/Ц=0,27 укладывалось в формы размером 4x4x16 см. Предварительные опыты показали, что для обеспечения одинаковых размеров трещин, полученных методами заложения при формовании и распила готовых образцов, в качестве инициатора трещины можно использовать вырезанные по длине трещины парафинированное ножовочное полотно. Высота инициатора трещины составляла $h=4,5$ см, что позволило надежно фиксировать и извлекать вкладыши. Инициаторы трещины вставлялись в образцы через 30 мин после бетонирования и уплотнения. Из одного и того же замеса было получено 15 форм из расчета по шесть образцов для каждой длины трещины и три образца для определения прочности на растяжение при изгибе, $R_{ри}$, и прочности при сжатии, R_b . После твердения в нормальных условиях в течение 28 суток образцы извлекались партиями из камеры нормального хранения, производился распил части образцов до требуемого размера трещины, после чего проводилось определение K_{Ic} на образцах с различным способом иницирования трещин. Одновременно определялись механические характеристики и поврежденность образцов технологическими трещинами. Кроме того, образцы-половинки, полученные после определения K_{Ic} , испытывались на сжатие. Цель этих испытаний заключалась в установлении влияния остаточных полей деформаций на изменение прочности при сжатии.

Проведенные испытания показали, что прочность при сжатии образцов, испытанных стандартным методом, и прочность при сжатии половинок балочек, испытанных после определения K_{Ic} с трещинами, полученными методом распила, одинакова и составляет $R_b=55,4$ МПа ($R_{ри}=7,6$ МПа). При длине трещины, полученной методом заложения, $L^3=0,17b$, прочность при сжатии практически не отличается от значений R_b , полученных по стандартным методам и на образцах с трещиной, образованной распилом ($R_b^3=57,3$ МПа).

Увеличение длины заложеной трещины до $L^3=0,3b$ приводит к увеличению R_b на 8% ($R_b^3=62$ МПа). Дальнейшее увеличение длины трещины, заложеной при формовании образца, вызывая иное перераспределение остаточных деформаций, ведет к повышению R_b до 14% ($R_b^3=65,2$ МПа).

Изменение остаточного поля деформаций в образцах с трещинами, иницируемыми методом заложения при формовании, вызывает изменение поврежденности образцов технологическими трещинами. В данном случае можно утверждать, что изменение поврежденности связано с распределением технологических деформаций, поскольку образцы одного состава и одинаковых условий твердения отличаются

только геометрическими характеристиками и способами инициирования трещин. Для образцов без трещин и с трещинами, полученными методом распила, поврежденность составила $P=0,88$. Для образцов с $L^3=0,17b$ характерно распределение технологических трещин такое же, как и для образцов с трещинами, полученными методом распила. Поврежденность составила $P^3=0,89$. Увеличение длины заложной трещины до $L^3=0,3b$ вызывает изменение характера распределения структурных блоков по поверхности образца. Вдоль боковых граней и берегов трещины размер блоков несколько больше по сравнению с размером блоков в средней части поверхности. Поврежденность составила $P^3=0,93$. При $L^3=0,43b$ сохраняется тенденция по распределению структурных блоков от крупных на гранях образца и берегах заложной трещины до более мелких в средней части поверхности, что, по видимому, привело к снижению интегральной поврежденности до $P^3=0,97$.

Изменение способа инициирования исходной трещины и ее длины изменяет характер распределения остаточных деформаций, что сказывается, как показали опыты, на поврежденности образцов одного состава и их прочностные характеристики. Поэтому логично предположить, что в данном случае, между поврежденностью и R должна существовать определенная зависимость.

Анализ показал, что уменьшение поврежденности на 10% ведет к повышению R_b на 18%. Однако, по нашему мнению, в данном случае можно говорить о зависимости как поврежденности, так и прочности при сжатии от характера распределения остаточных деформаций. Подтверждением этого могут быть опыты с образцами, размер заложной трещины которых составлял $L^3=0,5b$ и $L^3=0,55b$. Трещина разрушения, которая возникла в результате разнонаправленных деформаций, связанных с уменьшением объема твердеющего вяжущего, на противоположных берегах заложной трещины, разделила образцы на две половины в первые трое суток твердения.

Поврежденность технологическими трещинами разрушенных образцов находилась в пределах $P=0,97...0,99$. Прочность при сжатии полученных половинок-балочек составляла $R_b=64...68$ МПа. Таким образом, речь должна идти не о причинной связи между поврежденностью образца и его прочностью при сжатии, а о влиянии остаточных деформаций на формирование как дискретных структурных блоков, так и прочностных характеристик.

Разнонаправленные деформации на противоположных берегах трещин, инициируемых методом заложения при формовании, вызывают появление деформаций растяжения в материале у конца

трещины. Анализ показал, что относительная величина и распределение деформаций зависят от площади поверхности берегов трещин, которые определяются длиной исходной трещины. Это позволяет предположить, что длина трещины, заложенной при формировании образца, должна определять трещиностойкость материала. Проведенные опыты показали, что при иницировании трещины методом распила затвердевшего образца, его трещиностойкость практически не зависит от принятой в опытах длины исходной трещины.

Изменение способа иницирования трещины вызывает изменение величины K_{Ic} . Так, уже при длине трещины $L^3=0,17b$ трещиностойкость образцов снижается на 20% по сравнению с трещиностойкостью образцов с трещинами, полученными методом распила. Увеличение длины заложенной трещины до $L^3=0,3b$ вызывает снижение K_{Ic} до 45%. При длине $L^3=0,43b$ трещиностойкость образцов снижается в 2,6 раза по сравнению с образцами с трещиной одинаковой длины, полученной методом распила.

Заключение.

Проведенные опыты показали, что формирование свойств материала, включая его трещиностойкость, в значительной степени определяются его геометрическим оформлением в образец. Заложение трещины при формировании образца вызывает перераспределение остаточных деформаций, что оказывает влияние на поврежденность материала технологическими трещинами, механические свойства и трещиностойкость. При снижении поврежденности и повышении прочности при сжатии, увеличение длины заложенной трещины резко снижает трещиностойкость цементного камня. В силу того, что знакопеременные деформации, возникающие в период эксплуатации материала в условиях многократного увлажнения и высушивания, взаимодействуют определенным образом с полем технологических деформаций, то последние должны оказывать существенное влияние на трещиностойкость материала в таких условиях.

При выборе способов иницирования исходной трещины для определения трещиностойкости цементного камня следует учитывать, что при длине трещины $L \geq 0,5b$ происходит ее самопроизвольное развитие до трещины разрушения в начальные периоды твердения вяжущего. Изменение полей остаточных деформаций в зависимости от длины исходной трещины, образованной при формировании образца, ведет к изменению поврежденности технологическими трещинами цементного камня (в нашем случае до 10%) и к увеличению прочности

при сжатии до 18%. Увеличение длины исходной трещины, образованной методом заложения, от $L^3=0,17b$ до $L^3=0,43b$ вызывает снижение трещиностойкости в 2,6 раза по сравнению с трещиностойкостью образцов с исходными трещинами, полученными распилом затвердевших образцов.

Литература. 1. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости / В.И. Соломатов, В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А.В. Сиренко. – К.Будівельник, 1991. – 144с. 2. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций. – Одесса: Город мастеров, 1998. – 168с. 3. Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Фиц С.Б. Бетон в условиях ударных воздействий. – Одесса: Внешрекламсервис, 2004. – 270с. 4. Партон В.З. Механика разрушения: от теории к практике. – М.: Наука, 1990. – 240с.