

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ФИБРОБЕТОНА КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ФАКТОР КАЧЕСТВА

КОЛЕДА Е.А., ЛЕОНОВИЧ С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Фибробетон является тем строительным материалом для которого отличительной особенностью является повышение характеристики трещиностойкости. Определение коэффициента интенсивности напряжений фибробетона позволяет правильно оценить стойкость материала при образовании и развитии трещин. В данной статье изложены некоторые методы и подходы для определения параметров трещиностойкости фибробетона.

В механике хрупкого разрушения существует несколько основных подходов определяющих критерии начала распространения трещины: энергетический, силовой и деформационный [1].

Основы механики хрупкого разрушения были заложены А. Гриффитсом, который показал, что рост трещины обязательно должен быть энергетически выгодным процессом (при котором количество запасенной в теле энергии уменьшается). Иначе, трещина развивается тогда, когда приращение поверхностной энергии, необходимой для образования новой поверхности трещины, оказывается меньше освободившейся части энергии деформации.

М.Я. Леонов, В.В. Панасюк, Д.С. Дагдейл предложили деформационный критерий разрушения, предположив, что разрушения материалов с трещиной произойдет, если раскрытие вершины трещины превысит предельную величину.

Силовой подход был сформулирован Дж. Р. Ирвином. Здесь рассматриваются условия равновесия действующих на трещину внешних (нагрузки) и внутренних сил, т.е. сил межатомного (межмолекулярного) сцепления.

При силовом подходе объектом особого внимания механики разрушения является вершина (кончик) трещины – место возникновения наибольшей концентрации напряжений и исходная точка дальнейшего разрушения материала. Интенсивность поля напряжений у

вершины трещины характеризует коэффициент интенсивности напряжений K (КИН). Таким образом, трещина начнет распространяться в том случае, если коэффициент интенсивности напряжений достигнет критического для данного материала значения. Последовательная реализация силового подхода привела к созданию достаточно строгой и завершённой теории линейной механики разрушения, являющейся хорошей основой для анализа хрупких разрушений материалов и инженерных конструкций.

Трещиностойкость – локальное физико-механическое свойство твердого тела характеризующее способность оказывать сопротивление распространению в нём трещины.

Для распространения трещин в высокопрочном бетоне нет особых препятствий. Однако в дисперсно-армированных бетонах препятствия в виде волокон затрудняют распространение трещины. Понятно, что под действием нагрузки развитие трещины неизбежно, но на преодоление каждой преграды в виде фибры затрачивается дополнительная энергия, поэтому процесс раскрытия трещин может постепенно затухать.

Таким образом, волокна в бетоне являются ингибитором распространения трещин. В фибробетонах вязкость повышается за счет наличия большого количества поверхностей раздела, которые могут стать тормозом на пути распространения трещин [2].

Рассеянию энергии движения трещины способствует:

- 1) разрушение границ раздела между волокном и матрицей;

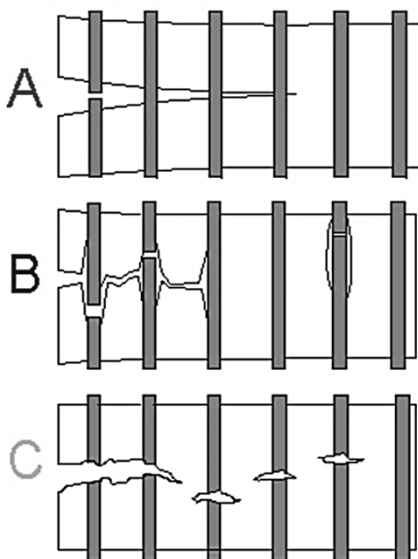


Рис. 1. Механические свойства компонентов и их связей, определяющих трещиностойкость композита, таких как: А – предел прочности матрицы – свойство понижено; В – прочность связи; С – предел прочности волокон.

2) вытягивание волокон из матрицы.

Последовательность действий двух этих механизмов оказывают дополнительное сопротивление трещинообразованию и развитию этого процесса. На вязкость разрушения фибробетонов влияет природа и свойства исходных составляющих, объемное соотношение фаз, прочность границы раздела фаз.

Эффективность дисперсного армирования в первую очередь зависит от соотношения модулей упругости армирующих волокон E_f и бетонной матрицы E_m . При $E_f/E_m > 1$ возможно получение фибробетонов с улучшенными прочностными характеристиками на растяжение и повышенной вязкостью разрушения. При $E_f/E_m < 1$ вероятнее всего повысится только ударная прочность и сопротивление истираемости материала.

Способы и методики определения характеристик трещиностойкости бетона изложены в ГОСТ 29167-91 «Бетоны. Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении». В данном стандарте характеристики трещиностойкости определяются при равновесных и неравновесных механических испытаниях. Изложенные методы вполне приемлемы и для определения характеристик трещиностойкости сталефибробетона.

Для определения параметров трещиностойкости высокопрочного бетона и высокопрочного сталефибробетона также предлагается методика Леоновича С.Н., Попова О.В., Пирадова К.А [2].

Сущность метода заключается в определении максимальных нагрузок, разрушающих контрольные образцы при сжатии и вычислении критических значений интенсивности напряжений – основных характеристик трещиностойкости при этих нагрузках: энергетического критерия G с (эффективная энергия разрушения), силового критерия K_c (критический коэффициент интенсивности напряжений).

Данная методика позволяет определить критические коэффициенты интенсивности напряжений для двух случаев: нормального отрыва (наиболее опасного для роста и распространения трещин) и поперечного сдвига.

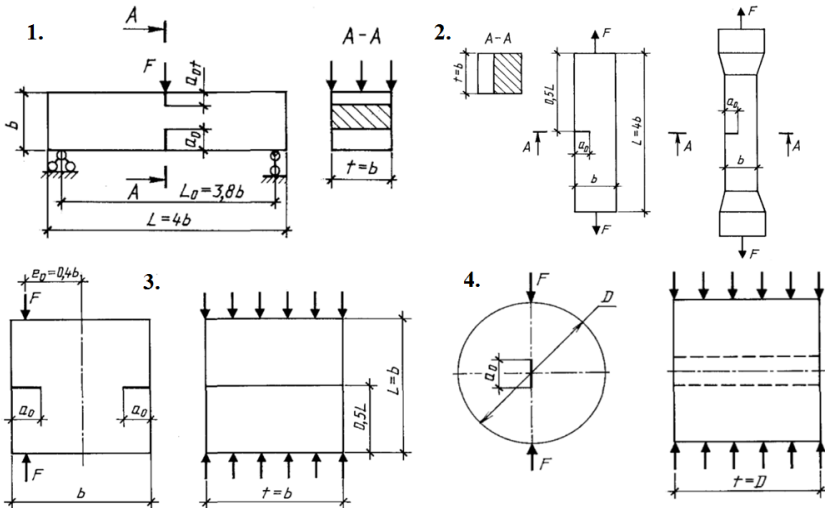


Рис. 2. Определение характеристик трещиностойкости по ГОСТ 29167–91: 1– призма квадратного поперечного сечения для испытания на изгиб силой F в середине пролета; 2– призма квадратного поперечного сечения для испытания на осевое растяжение силой F ; 3 – куб для испытаний на внецентренное сжатие силой F ; 4 – цилиндр для испытаний растяжение при раскалывании

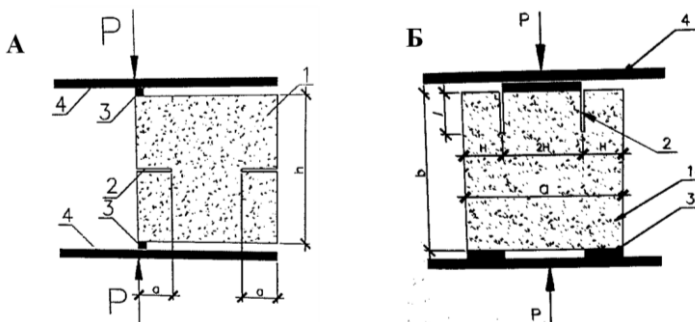


Рис. 3. Схема определения критического коэффициента интенсивности напряжений А – при нормальном отрыве, Б – при поперечном сдвиге: 1–изделие, 2–надрезы, 3–металлические пластины, 4–плиты пресса

Стоит отметить нововведение в «Model Code 2010», которое касается классификации фибробетона, позволяющей проектировщикам определять в проектах нормативные требования к применяемому фибробетону, а производители, в свою очередь, могут требовать характеристики и качество материала [3].

Процедура определения класса для конкретного состава фибробетона сводится к проведению серии испытаний образцов-балок 150x150x600 на растяжение при изгибе по трехточечной схеме загрузки, что аналогично испытаниям представленным в ГОСТ 29167-91.

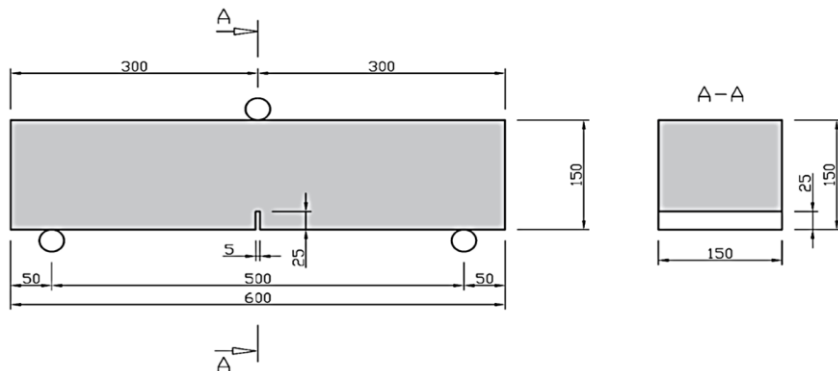


Рис. 4. Схема испытания образца на растяжение при изгибе по «Model Code 2010»

Особенностью испытаний является необходимость построения графика «Нагрузка - Деформация» или «Нагрузка - Раскрытие трещины» с непрерывным режимом записи в процессе испытаний для возможности качественной и количественной оценки работы материала после образования трещин.

Область малых деформаций соответствует ширине раскрытия устья трещины 0,5 мм или прогибу 0,75 мм (1/600 длины пролета испытываемого образца) при испытании образцов-балок без надреза. Область предельных деформаций соответствует ширине раскрытия устья трещины 2,5 мм или прогибу 3,0 мм (1/150 длины пролета испытываемого образца).

В процессе испытаний определяются: максимальное значение нагрузки, предшествующее раскрытию первой трещины (предел пропорциональности) F_L ; значение нагрузки для области малых деформаций $F_{0,5}$; значение нагрузки для предельных деформаций $F_{2,5}$. Класс фибробетона обозначается числом и строчной латинской буквой. Число характеризует прочность $R_{F0,5}$ с округлением в меньшую сторону с кратностью 0,5 МПа, латинская буква задает соотношение характеристик $R_{F2,5}/R_{F0,5}$.

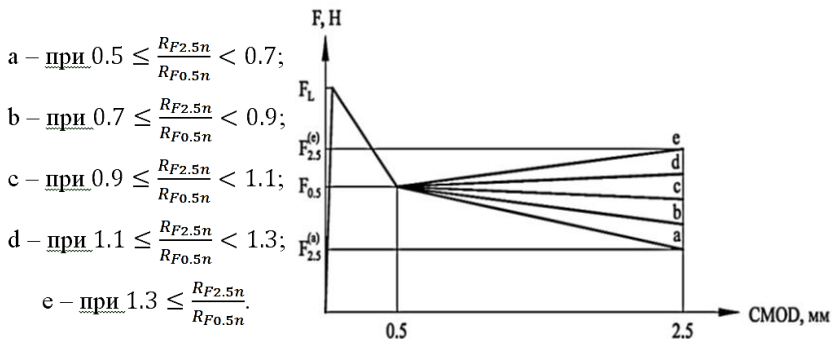


Рис. 5. Приведенный график — « F – $CMOD$ » для назначения класса дисперсно-армированного бетона по остаточной прочности на растяжение при изгибе

Коэффициент интенсивности напряжений является одним из наиболее важных показателей трещиностойкости такого материала как фибробетон, так как способность фибробетона к препятствию развития трещин является основным преимуществом над обычным бетоном. По этой причине способы и методы определения данного показателя должны наиболее полно раскрывать все особенности работы под нагрузкой и качество фибробетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эберхардштайнер Й., Леонович С.Н., Зайцев Ю.В. Прочность и трещиностойкость конструкционных строительных материалов при сложном напряженном состоянии: монография / под общ. науч. ред. С.Н. Леоновича. – Минск: БНТУ, 2013. – 552 с.
2. Леонович С.Н., Литвиновский Д.А., Ким Л.В. Прочность, трещиностойкость и долговечность конструкционного бетона при воздействии высоких температур: монография / Инженерная школа ДВФУ. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2015. – 148 с.
3. Зерцалов М.Г., Хотеев Е.А. Экспериментальное определение характеристик трещиностойкости фибробетона // Вестник МГСУ. 2014 №5. С. 91–99.