

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ИЗМЕНЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННОСТИ КСМ ПРИ МНОГОКРАТНОМ ЗАМОРАЖИВАНИИ И ОТТАИВАНИИ

Закорчемная Н.О., к.т.н., Закорчемный Ю.О., к.т.н., доц., Выровой В.Н. д.т.н., проф., Суханов В.Г. к.т.н., доц.

Одесская академия строительства и архитектуры, Украина

Введение. Способность сохранять основные свойства при действии попеременного замораживания и оттаивания в насыщенном водой состоянии характеризует морозостойкость бетонов. При представлении строительных материалов как капиллярно-пористых систем основное внимание уделяется процессам и явлениям, которые возникают в порах и капиллярах различного размера при замерзании в них воды. К основным факторам, влияющим на морозостойкость капиллярно-пористых систем, отнесены: – давление льда на стенки пор и капилляров; – гидравлическое давление незамерзшей воды и ее миграция к ослабленным местам; – капиллярные эффекты, связанные с изменением температуры фазового перехода воды в зависимости от сечения капилляров; – осмотические явления, связанные с возникновением градиентов концентрации поровой жидкости при образовании льда; – кристаллизационное давление, возникающее при выделении из пересыщенной поровой жидкости кристаллов растворенного вещества. В случае принятия модели бетона как двухкомпонентной системы, состоящей из матрицы в которой распределены включения (от цементного камня до бетона) основное внимание уделяется различию по абсолютным значениям коэффициентов температурного расширения материалов матрицы и включений.

Перечисленные явления, которые происходят в капиллярно-пористых материалах и градиенты температурных деформаций отдельных компонентов материала, приводят к появлению разрывов (несплошностей, микротрещин), что может свидетельствовать о начале морозного разрушения.

Постановка задачи. Проведенный анализ показал, что при замерзании свободной воды, занимающей часть объема начальной трещины, увеличивающийся в объеме лед давит на берега, что ведет к увеличению ширины раскрытия трещины. При этом может происходить формоизменение берегов или увеличение длины трещины. В том и другом случае происходит увеличение объема трещины, что инициирует внутренние процессы влагообмена и массопереноса и способствует развитию очередного этапа изменения параметров начальной трещины. Это подтверждает предположение, что ТТ являются неравновесными элементами структуры КСМ в условиях многократного замораживания и оттаивания. В тоже время единичная трещина не позволяет в полной мере проанализировать морозное разрушение строительных материалов. По данным [1], технологические трещины (ТТ) возникают на всех уровнях структурных неоднородностей и присутствуют в материале до приложения к нему эксплуатационных нагрузок. Таким образом, технологические трещины образуют своеобразную разветвленную сеть, что предполагает их взаимодействие и взаимовлияние при замерзании в их объеме свободной воды. Такое взаимодействие и взаимовлияние должно определять структурные изменения КСМ и, тем самым, их способность сопротивляться морозному разрушению. В связи с этим была определена задача по изучению и анализу изменения поврежденности материала с учетом взаимодействия и взаимовлияния трещин при замерзании в них свободной воды.

Методика исследований. При анализе примем следующие допущения и ограничения: – начальная (технологическая) трещина находится в материале, способном деформироваться при давлении замерзающей воды; – материал рассматривается как капиллярно-пористая система, которая обладает изотропными свойствами и оценивается с

Образовавшиеся новые трещины, кроме того, что вызывают перераспределение деформаций и напряжений в окружающем материале, качественно отличаются от начальных трещин. Качественное отличие заключается, по нашему мнению, в наличии двух зон, заполненных льдом.

Кроме того, объединение трещин участками, содержащими связную воду, вызывает увеличение объема этих участков. Это вызывает снижение давления внутри трещины. Для образовавшейся прямолинейной трещины снижение давления ведет к развитию деформаций сдвига на участках берегов, примыкающих к ледяным «пробкам». Это может привести к нарушению целостности материала и образованию новых трещин. Более сложное распределение деформаций наблюдается в случае образования криволинейной трещины.

Разнонаправленное внешнее по отношению к берегам давление может привести к развитию деформаций сдвига не только на границе с ледяными «пробками», но и в местах изменения направления роста трещины T_1 . Если принять, что по всей длине ширина раскрытия образовавшейся трещины составила 0,4 мм, объем трещины увеличился в среднем на 3%. Таким образом, согласно известным зависимостям, давление снизилось на 34 мм.рт.ст. Это ведет к перераспределению форм связи воды внутри трещины и подсос капиллярной жидкости из окружающего капиллярно-пористого материала.

При очередном цикле замораживания распределение воды по формам связи в эксплуатационных трещинах будут происходить как и в ТТ с последующими процессами изменения их геометрических параметров.

Предложенные схемы укрупнения трещин при замерзании свободной воды показывают возможные механизмы образования трещин разрушения (магистральных трещин), что интенсифицирует процессы достаточно быстрого морозного разрушения КСМ. При этом поврежденность материала эксплуатационными трещинами должна изменяться незначительно. С учетом взаимодействия и взаимовлияния трещин друг на друга при замерзании в них свободной воды, следует рассмотреть и иные варианты изменения геометрических параметров трещин в условиях многократного морозного воздействия.

Для анализа выделим фрагмент материала в структуру которого включены ТТ с различными геометрическими параметрами и которые по разному ориентированы друг относительно друга, рис.2.

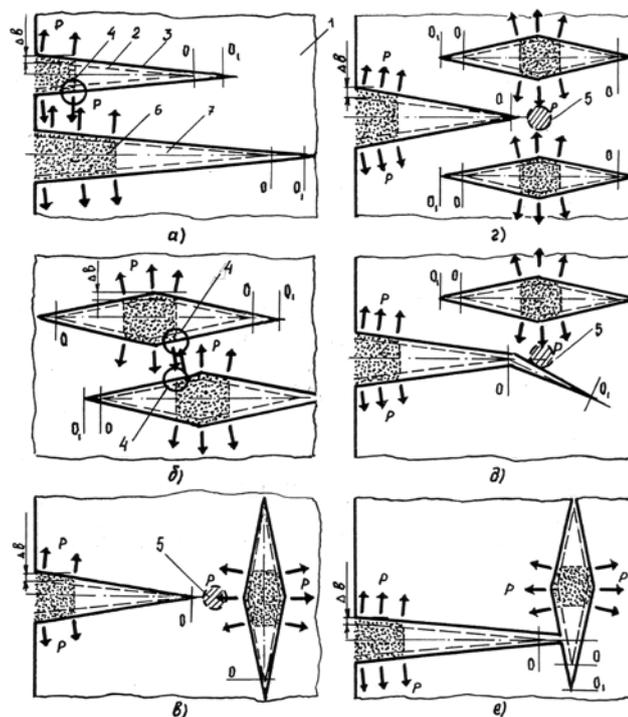


Рис. 2. Схема возможного взаимодействия трещин при замерзании в них свободной воды.

а, б – взаимодействия трещин с развитием деформаций и напряжений сдвига; в, г, д – взаимодействие трещин с возникновением деформаций и напряжений сжатия; е – превращение трещин в VIP;

1 – материал; 2 – начальная трещина; 3 – трещина после подрастания; 4 – области развития деформаций сдвига; 5 – зоны деформаций сжатия; 6 – лед; 7 – связанная вода.

В случае если рядом расположены трещины различной длины, можно предположить, что на берегах меньшей трещины будут возникать деформации сдвига, рис.2.а.

Деформации и напряжения сдвига могут возникать при различном ориентировании трещин, рис.2.б.

Давление от увеличения объема замерзающей воды может создать на пути движения другой трещины деформации сжатия по схеме, рис.3.в. Это затормозит движение трещины с возможным увеличением ширины ее раскрытия и с изменением направлением дальнейшего роста.

Деформации сжатия должны затормозить рост трещины в случае, когда направление ее роста направлено между другими трещинами, рис.2.г.

При одностороннем действии деформаций и напряжений сжатия возможно отклонение направления роста трещины по схеме, рис.2.д.

Не исключены ситуации, при которых одна трещина выклинивается на берег другой трещины, рис.2.е. В таких случаях начальная трещина T_1 теряет основной признак, отличающих трещину от несовершенств другого вида – устье. Автоматически происходит сброс неравномерно распределенных напряжений с увеличением ширины раскрытия трещины T_1 и нарушении целостности берега трещины T_2 . Трещина T_1 превращается в качественно другой элемент структуры материала – внутреннюю поверхность раздела. При этом спонтанно изменяется внутренний объем трещины T_2 , что ведет к возникновению градиентов давления в различных ее объемах, разделенных «пробками»

льда. Происходит нарушение равновесного состояния трещины T_2 , что должно вызвать изменение условий ее дальнейшего роста.

Приведенные схемы взаимодействия и взаимовлияния начальных трещин при замерзании в них свободной воды далеко не исчерпывают всех возможных вариантов изменения параметров ТТ. Они лишь являются иллюстрацией возможного механизма изменения общей поврежденности материала без образования достаточно крупной эксплуатационной трещины, как предвестника морозного разрушения. Таким образом, при замерзании свободной воды в начальных трещинах может происходить изменение поврежденности материала за счет дробления трещин, изменения направления их роста и превращение во внутренние поверхности раздела. В таком случае происходит накопление трещин в единице объема материала с увеличением количества циклов замораживания. Морозное разрушение в данном случае можно связать с объемным разрушением материала, при котором после определенного количества циклов, достигается критическая концентрация трещин. При достижении критической концентрации трещин может произойти их слияние с образованием магистральной трещины, имеющей преимущества своего развития.

Выводы. Проведенный анализ показал, что замерзание свободной воды в объеме трещин ведет к взаимодействию рядом расположенных трещин, что изменяет распределение деформаций и напряжений в окружающем материале. Взаимодействие трещин определяет их взаимное влияние на дальнейшее поведение при морозных нагрузках. Механизм взаимовлияния трещин определяется геометрическими параметрами трещин, расстоянием между ними и ориентированием друг относительно друга.

Проведенные исследования и анализ показали, что при взаимодействии трещин при замерзании в них свободной воды трещины могут изменять направление роста, объединяться, дробиться и тормозить свое дальнейшее развитие. Кроме того, как показал анализ, трещины, при выклинивании на берега других трещин, переходят в ранг внутренних поверхностей раздела.

Все перечисленные ситуации изменения параметров начальных трещин превращает их в эксплуатационные трещины и вызывает изменение поврежденности материала при его замораживании и оттаивании.

SUMMARY

The mechanism of cooperation of cracks is rotined at in them of free-drying and situations at cracks are able to be combined into larger units are analysed, crushed, to change the trajectory of the growth and stopped, that conduces to the of parameters the networks of cracks and to the general change of damaged of material.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суханов В.Г. Роль трещин в структурном развитии материала конструкций / В. Г. Суханов, В. Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А.С. Чернега. - Вісник ОДАБА, випуск N 35. Одессе: Зовнішрекламсервіс, 2009. - с.192-199.