

УДК 637.021

Ю.В.ГЛАЗУНОВ, канд. техн. наук

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г.Харьков

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Приводится теория прочности, в результате которой наиболее точно изучается работа бетона при динамическом нагружении и рассматривается влияние на эту работу различных технологических факторов.

На основе проведенных исследований можно высказать ряд гипотез и развить некоторые элементы теории, объясняющие причины разрушения бетона при динамическом нагружении, например, эффект повышения предела прочности с увеличением скорости нагружения. Эти теоретические положения обусловлены структурой бетона, учитывают ее неоднородность, наличие дефектов и различные свойства составляющих материалов.

Теория прочности должна не только учитывать структуру материала, но и статистические закономерности, так как разрушение бетона есть интегральное явление и конечный результат может изменяться в зависимости от сочетания дефектов структуры, погрешностей испытания и других факторов, а вероятность тех или иных возможностей сочетаний управляется законами статистики.

Экспериментальными исследованиями доказано, что влияние заполнителя на прочность бетона возрастает с увеличением его размеров; песок в меньшей степени влияет на прочность бетона, чем крупный заполнитель. С уменьшением содержания крупного заполнителя наблюдается некоторое снижение прочности бетона, так как увеличивается воздухововлечение в бетонную смесь.

С повышением скорости нагружения процессы релаксации напряжений в местах их концентрации и изменение вторичного поля напряжений не успевают протекать в полном объеме. В бетоне создается более неравномерное поле напряжений. Чем выше скорость нагружения, тем больше эта неравномерность – отдельные участки бетона оказываются сильно перенапряженными.

Для правильного проектирования составов, изготовления и применения бетона в конструкциях, испытывающих динамическое воздействие, большое значение имеет разработка такой теории прочности, которая позволяла бы предвидеть поведение бетона при динамическом нагружении и влияние на это поведение различных технологических факторов, под которыми подразумеваются качество цемента и заполнителей, состав бетона, условия его приготовления, уплотнения и твердения [1].

Изучая процесс разрушения бетона, предлагается рассмотреть три гипотезы прочности бетона [2]. Первая гипотеза основывается на распределении нормальных напряжений между цементным камнем и заполнителями в соответствии с их модулями упругости, т.е. предусматривает концентрацию напряжений в материалах с более высокими модулями упругости и разгрузку более слабых материалов. Согласно второй гипотезе разрушение бетона при сжатии происходит от среза по наклонным плоскостям. По третьей гипотезе бетон разрушается вследствие поперечного расширения при сжатии. При этом возможны три причины разрушения:

- 1) из-за разрыва цементного камня;
- 2) из-за нарушения сцепления между цементным камнем и заполнителем;
- 3) вследствие разрыва самих зерен заполнителя.

Экспериментальная проверка выдвинутых гипотез прочности бетона показала, что наиболее приемлемой являются третья и отчасти первая гипотезы.

Большое влияние на прочность бетона оказывает качество цементного камня, в частности, его плотность. Необходимо учитывать многие свойства бетона и составляющих его материалов (модуль упругости, прочность при растяжении и др.), а также зависимость свойств бетона от технологии при расчете на прочность бетонных конструкций.

Микроскопические и ультразвуковые методы исследований, получившие развитие в последнее время, показали, что задолго до разрушения бетона в нем образуются микротрещины разрыва [3].

Бетон является неоднородным материалом по строению. В образцах из бетона одного состава, приготовленных одинаковым способом, наблюдается различная прочность, поэтому выявленные зависимости статической прочности от разных фактур могут предсказать прочность бетона только с определенной степенью вероятности, зависящей от его однородности.

Если обобщить результаты и выводы ряда исследований, то современные представления о структуре и процессе разрушения бетона можно свести к нескольким основным положениям.

1. Прочность и деформативность бетона определяются, главным образом, структурой и свойствами цементного камня, который скрепляет зерна заполнителя в монолит. Структура и свойства цементного камня зависят от его минералогического состава, водоцементного отношения, тонкости помола цемента, возраста, условий приготовления и твердения, введенных добавок. Путем применения тех или иных

технологических приемов, например, виброперемешивания или введения добавок можно значительно изменить прочность и деформативность бетона. В отдельных случаях свойства бетона изменялись в 1,5-2 раза.

Свойства бетона существенно зависят от вида и качества заполнителя, а также от его состава. Прочность бетонов, приготовленных на цементе одинакового качества, при постоянном водоцементном отношении, но на разных заполнителях может различаться в 1,5-2 раза.

2. Разрушение бетона происходит постепенно. Вначале возникают перенапряжения, а затем микротрещины в отдельных микрообъемах. Развитие этого процесса сопровождается перераспределением напряжений и вовлечением в трещинообразование все большего объема материала, вплоть до образования сплошного разрыва того или иного вида, зависящего от формы образца или конструкций, ее размеров и других факторов. На последней стадии нагружения процесс микроразрушений становится неустойчивым и имеет лавинный характер.

3. Разрушение бетона при сжатии обусловлено развитием микротрещин отрыва, направленных параллельно действующему усилию. Происходит кажущееся увеличение объема образца, но в действительности нарушается сплошность материала. Процесс развития микротрещин определяется структурой бетона, в частности размером и числом дефектных мест в ней, а также видом и режимом приложенной нагрузки.

4. Большое влияние на процесс разрушения оказывает жидкая фаза в бетоне. Облегчая развитие пластических деформаций, деформаций ползучести и микротрещин, ослабляя структурные связи в бетоне, вода снижает его прочность (не следует путать отрицательное влияние водонасыщения на прочность бетона с положительным влиянием воды на процесс его твердения). Степень влияния этого фактора зависит от скорости приложения нагрузки.

В зависимости от структуры и влажности бетона и примененных материалов может несколько изменяться количественная связь между этими характеристиками и напряжениями в бетоне, но общий характер диаграмм сохраняется.

Рассматривая особенности процесса разрушения при быстром нагружении, выделим из большого многообразия причин и факторов только те, которые являются наиболее определяющими в данном случае. Как известно, действительная прочность материала намного меньше прочности, получаемой расчетами теоретической физики на основе молекулярного взаимодействия.

С развитием методов исследования (микроскопических, рентгенографических и др.) в реальных материалах было обнаружено большое количество дефектов самых различных размеров и форм. В результате этих исследований получила развитие теория дислокаций, рассматривающая дефекты атомной решетки кристаллических тел и хорошо объясняющая ряд свойств металлов. Однако на свойства материалов, особенно таких неоднородных, как бетон, оказывают влияние и более крупные дефекты.

Таким образом, поведение бетона при динамическом нагружении обуславливается, как и при статических испытаниях, рядом структурных и статистических факторов, однако влияние их в этом случае может проявляться иначе. Важно раскрыть влияние различных структурных элементов и технологических факторов на свойства бетона при быстром нагружении. На основе этого можно будет указать пути совершенствования технологии бетона с целью получения материала, наилучшим образом сопротивляющегося различным динамическим воздействиям.

Для разрушения бетона, т.е. образования сплошной трещины отрыва требуется достаточное развитие процесса микротрещинообразования и достижение определенной предельной деформации. Чем короче время нагружения, тем большее напряжение необходимо приложить, чтобы образовалась трещина отрыва и материал разрушился. Таким образом, динамический предел прочности бетона оказывается выше статического предела прочности, а степень этого превышения зависит от времени или скорости приложения нагрузки.

На конечную прочность бетона влияет не только образование в структуре бетона в процессе нагружения новых дефектов и микротрещин, но и первоначальная дефектность структуры, так как для возникновения сплошной трещины отрыва необходимо, чтобы накопилось определенное интегральное количество дефектов, которое включает первоначальные и образовавшиеся при нагружении дефекты.

Анализ теории динамической прочности бетона показал, что необходимо провести ряд экспериментальных исследований для подтверждения некоторых положений указанных теорий.

1. Карпенко Н.И. Модели деформирования бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1998. – 272 с.

2. Меркин А.П. Ячеистые бетоны: научные и практические предпосылки дальнейшего развития // Строительные материалы. – 1995. – №2. – С.11-15.

3. Бабушкин В.И., Кондращенко Е.В., Костюк Т.А., Момот В.И. Коллоидно-химические аспекты повышения активности цемента для получения ячеистых и плотных бетонов и растворов без тепловой обработки // Цемент Украины. – 1998. – №1. – С.20-24.

Получено 18.06.2003