

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕТОНА ПРИ ЕГО ЗАМЕДЛЕННОЙ ОБРАТИМОЙ ДЕФОРМАЦИИ

М. ЛОРДКИПАНИДЗЕ, Т. ДЖОДЖУА

Были проведены исследования особенностей работы бетона во времени и природы его характеристик с позиции адсорбционной теории ползучести бетона и твердых тел, обоснованной и выдвинутой В.К.Балавадзе и развитой совместно с д.т.н. М.Лордкипанидзе. В виде теоретического графика представлены результаты исследований, подтвержденные впоследствии данными экспериментов.

Следует подчеркнуть, что особенности работы бетона во времени и его предельные характеристики, полученные теоретически, полностью подтверждаются данными экспериментов.

Ключевые слова: бетон, прочность, ползучесть, деформация, модуль упругости

Нами были проведены исследования особенностей работы бетона во времени и природы его характеристик с позиции адсорбционной теории ползучести бетона и твердых тел, обоснованной и выдвинутой В.К.Балавадзе и развитой совместно с д.т.н. М.Лордкипанидзе [1].

На рис.1 в виде теоретического графика представлены результаты исследований, подтвержденные впоследствии данными экспериментов (рис. 2). Подвергнем осевому сжатию или растяжению бетонную призму с измерением деформаций, выраженных в координатах σ, ϵ с началом в точке 0^1 и, зарегистрировав момент начала деформирования бетона в точке 0 , приложим мгновенно минимальную мгновенно разрушающую нагрузку. Зафиксируем D и N . Отсчеты будем брать не с 0^1 , а с 0 - действительного начала координат, ибо бетон начал работу с этой точки. Соединив 0 с N , получим треугольник $0DN$, выражающий прочностную характеристику работоспособности бетона данного состава и возраста, где $0D$ соответствует действительному пределу прочности бетона R , представляющему собой максимальное напряжение, получаемое как частное от деления мгновенно приложенной минимальной мгновенно разрушающей нагрузки на площадь рабочего сечения бетонного элемента. Следовательно, R бетона является вполне определенной прочностной характеристикой и фиксирует повышение прочности в зависимости от степени стесненности деформации растяжения бетона, так как к моменту мгновенного разрушения бетона в нем не могут появиться и развиваться необратимые микротрещины. Соответствующая R предельная деформация $\epsilon_{пр.}$, являясь целиком упругой, имеет только присущую ей особенность: для данного бетона и при данной степени стесненности $\epsilon_{пр.}$ постоянна, не зависит от возраста бетона. $0N$ выражает прямолинейную зависимость между σ и ϵ бетона, тангенс угла наклона которой к оси абсцисс представляет собой его модуль упругости. Это указывает на следующее: 1) бетон работает по закону Гука вплоть до достижения им R , и модуль его упругости, величина постоянная, не зависит от степени его напряженности; 2) необратимые микротрещины в бетоне появляются и развиваются только после достижения им R ; 3) нет ослабления межчастичного сцепления в присутствии ПАВ в области упругого деформирования; 4) верхней границей упругого деформирования бетона является его R ; 5) разрушение бетона происходит двояко: если деформация ползучести незатухающая - по достижении R и одновременно соответствующей $\epsilon_{пр.}$ при условии повышения нагрузки. Поясним физическую сущность указанных двух случаев

разрушения бетона. Через N проведем вертикаль, перпендикулярную оси абсцисс. Для данного бетона при данной степени стесненности независимо от возраста указанная вертикаль, которая со временем дорастает до N^1 , ограничивает все предельные максимальные деформации независимо от характера нагружения.

В отличие от центрального растяжения бетона, при осевом сжатии имеет место стесненность деформации растяжения из-за трения торцов бетона о щеки пресса. Поэтому, если трение устранить, точки перелома кривых $0e^1, 0b^1$ и $0r^1$ на σ, ϵ (рис.1) обоих бетонов расположатся на вертикали Nn , будут одновременно фиксировать конечные точки (e^1, b^1, r^1) максимальных предельных деформаций и момент разрушения бетона. При этом чем больше скорость нагружения бетона, тем они выше. Если к бетонным призмам мгновенно приложить нагрузки, соответствующие точкам перелома e^1, b^1 и r^1 , то мгновенно получим на прямой $0N$ точки e, b и r , фиксирующие упругие предельные деформации от нагрузки. Однако разрушение не наступит, пока начавшаяся ползучесть в указанных точках не дойдет до соответствующих точек e^1, b^1, r^1 , т.е. пока суммарные максимальные деформации не дойдут до вертикали Nn , и они должны быть равны деформации DN и так же упруги, как и последняя. Таким образом, разрушение бетона происходит только по достижении им R и $\epsilon_{пр}$. Однако это имеет место только при условии незатухающей ползучести бетона, т.е. по достижении предела прочности сразу же следует дополнительное напряжение. Все это указывает на то, что в области упругого деформирования бетон работает по закону Гука. Получение же криволинейных зависимостей обусловлено тем, что при этом по оси абсцисс откладываются не деформации от нагрузки, а суммарные деформации, вызываемые также дополнительным напряжением, которое не откладывается по оси ординат.

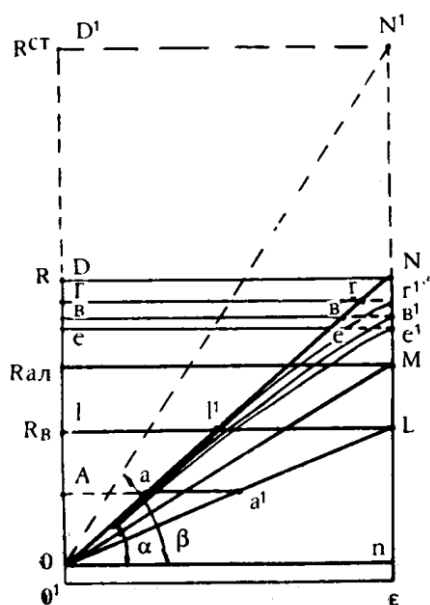


Рис. 1.

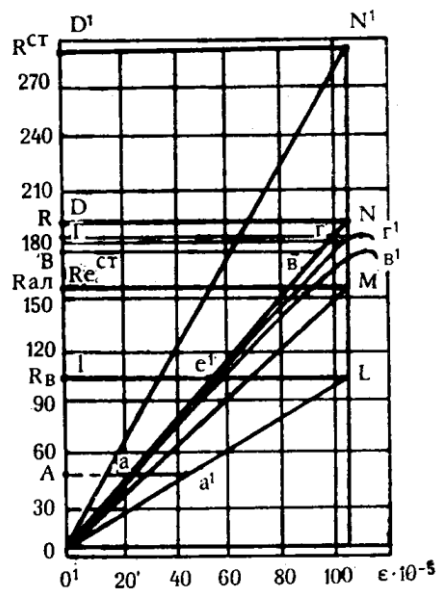


Рис. 2.

Исходя из сказанного следует, что деформация ползучести со временем все увеличивается и на уровне точки M становится максимально предельной. Если выше точки M деформация ползучести была незатухающей, то в этой точке она затухает и ниже от нее уменьшается прямо пропорционально нагрузке по прямой OM . На уровне M одновременно с достижением максимальной предельной

деформации ползучести бетона, а следовательно, и с ее затуханием завершается рост прочности бетона во времени, и с достижением R и $\varepsilon_{пр}$. из-за затухшей ползучести не будет дополнительного напряжения, и не произойдет разрушение бетона. Следовательно, в данном случае разрушение бетона происходит не по достижении R и $\varepsilon_{пр}$, а после него при условии повышения нагрузки.

Прочностной характеристикой долговечности бетона в рассматриваемой точке M его напряженно-деформированного состояния является предел длительного сопротивления бетона, представляющий собой то предельное напряжение от нагрузки, при котором нет разрушения и одновременно достигнуты: затухание деформации ползучести, ее максимальная предельная величина, завершение роста прочности бетона во времени и его действительный предел прочности R . Однако разность $R_{ст}-R_{дл}$ расходуется на ползучесть бетона. Поэтому важнейшей задачей повышения полезной прочности, необходимой на поддержание несущей способности бетона, является уменьшение деформации его ползучести.

Теперь рассмотрим случай при стесненности деформации растяжения бетона. Если при отсутствии трения точки кривых σ, ε располагаются на вертикали N_p и одновременно являются конечными точками предельных деформаций, то при наличии трения вертикаль переместится вправо, а точки перелома займут положение правее и выше. Точки же пересечения этих кривых с новой вертикалью будут действительными конечными точками предельных деформаций. В данном случае, достигнув предельных деформаций, бетон не разрушается, хотя в нем уже появились и развились необратимые микротрещины. Разрушение бетона сдерживается трением и начнется только тогда, когда будет превзойдена сила трения. Разрушение собственно бетона происходит в момент появления необратимых микротрещин, т.е. когда деформация достигнет новой вертикали. Точка M так же, как и все находящиеся точки выше на вертикали, переместится еще правее и выше. Однако разрушение бетона наступит не по достижении максимальной предельной деформации, а после него. Разрушение должно было быть неизбежным, на что указывают точки, находящиеся выше M . Однако в отличие от них, в точке M не действует дополнительное напряжение ползучести ввиду затухания. Сопротивление сил трения и молекулярного сцепления развитию необратимых микротрещин оказывается вполне достаточным для предотвращения разрушения стесненного трением бетона.

Предельной характеристикой долговечности бетона является предел выносливости R_b , представляющий собой то максимальное напряжение бетона данного возраста, подвергшегося действию повторных нагрузок, при котором происходят затухание ползучести и достижение R и ему соответствующей $\varepsilon_{пр}$, а разрушения нет. Если действием повторных нагрузок на бетон данного возраста быстро достигнем максимальной предельной деформации, но при этом будем и дальше действовать повторными нагрузками, то с течением времени повысятся как возраст бетона, так и его прочность. Чтобы сохранить максимальную деформацию постоянной, т.к. она будет уменьшаться, необходимо повысить величину повторных нагрузок, вплоть до момента окончания роста прочности бетона. При этом достигается $R_{ст}$ и $R_b=R_{дл}$. Следовательно, максимальная предельная деформация бетона данного состава при повторных нагрузках так же, как и при постоянной, величина постоянная и не зависит от возраста бетона.

В заключение следует подчеркнуть, что особенности работы бетона во времени и его предельные характеристики, полученные теоретически (рис.1), полностью подтверждаются данными экспериментов (рис. 2).

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Балавадзе В.К. Новое о прочности и деформативности бетона. Тбилиси. 1985.
2. Лордkipанидзе М. Замедленная обратимая деформация конструкционных материалов. Тбилиси:изд-во Технического университета. 2008.

МЕРАБ ЛОРДКИПАНИДЗЕ, Доктор техн.наук, профессор
(+995 32) 2180951; Mob.: 558776559
E-mail: tami@dsl.ge