УДК 639

Ф.Х. Ахметзянов – кандидат технических наук, доцент
Кафедра железобетонных и каменных конструкций
Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

АНАЛОГИЯ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ БЕТОНА С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ (В БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ) СО СВОЙСТВАМИ ТЕЛ, ОПИСЫВАЕМЫМИ В ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ

АННОТАЦИЯ

В статье на основе экспериментальных данных исследователей указывается наличие микропластичности в микроструктуре бетона. На основе предложенного постулата о реализации повреждаемости бетона по траекториям наименьшей прочности утверждается справедливость принципа Мизеса. Считая, что псевдодеформации – это предельное состояние пластичности, делается вывод о возможности использования модели пластичности и получения соотношений состояния для повреждаемого бетона.

F.K. Akhmetsjanov – candidate of technical sciences, associate professor
Department of Reinforced Concrete and Stone
Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

ANALOGY OF SOME PROPERTIES OF CONCRETE WITH DAMAGES (IN THE CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE ELEMENTS) WITH PROPERTIES OF SOLIDS DESCRIBED IN THE THEORY OF PLASTICITY

ABSTRACT

The author's experimental data indicated the presence of microplasticity in microstructure of concrete. On the basis of offered postulate regarding realization of concrete damages on trajectories of the least durability the validity of Mises's principle is established. Considering, that pseudo-deformations are final conditions of plasticity, an opportunity of plasticity model usage and obtaining of ratio of damaged concrete conditions is concluded.

Цель статьи – приведение данных по результатам анализа свойств бетона, идентичных с пластичностью упруго-пластических тел, позволяющих приблизиться к использованию некоторых методов теории пластичности для описания деформативности повреждаемого бетона в строительных конструктивных элементах.

1. Отдельные известные постулаты и принципы теории пластичности механики сплошного деформируемого твердого тела приложимы для повреждаемых бетонных и железобетонных элементов вследствие общности процесса деформирования при механическом нагружении. Появлению и последующему развитию трещин предшествует микропластичность в кристаллах цементного камня [1], [2], [3], несмотря на то, что в макрообъемах бетон – квазихрупкое тело [4]. Наличие микропластичности обуславливается в кристаллах цементного камня существенной плотностью дислокаций до $10^{11}\ldots10^{12}$ см$^{-2}$ [5]. Как показывают расчеты [3], напряжения в кристаллах при наблюдаемой плотности дислокаций достигают $3{,}2\cdot10^{-2}\ldots2{,}7\cdot10^{-3}$ МПа и достаточны для субмикротрещинообразования (в пределах кристалла). То есть микроповреждаемость реализуется в предельном состоянии пластичности кристаллов.

Поскольку повреждаемость – свойство материала приобретать при нагрузках и воздействиях «псевдодеформации», из-за возникающих и развивающихся несплошностей в виде трещин (иногда пар), то следствием является нарушение взаимодействия (кулонового) между элементарными структурными частицами материала.

Можно принять постулат, что повреждаемость в бетоне реализуется по траекториям наименьшей прочности (в однородном потоке напряжений). Поэтому, как и в теории пластичности, для повреждаемого бетона можно считать справедливым принцип максимума Мизеса: при фиксированных параметрах e_{ij}^{pcrc}, q_i для любого данного значения компонент приращения псевдопластической деформации de_{ij} имеет место неравенство

$$s_{ij}de_{ij}^{pcrc} \geq s_{ij}^{*}\cdot de_{ij}^{p} \qquad (1)$$

где s_{ij} – действительные компоненты напряжения, а s_{ij}^{*} – компоненты любого возможного напряженного состояния, допускаемого данной функцией

нагружения [6]

$$f\left(s_{ij}^{*}, e_{ij}^{p}, q_i\right) \le 0 \qquad (2)$$

Считаем, что полная деформация при деформировании повреждаемого бетона слагается из трех частей: упругой, пластический и псевдо:

$$e_{bij} = e_{ij}^{e} + e_{ij}^{p} + e_{ij}^{crc} \qquad (3)$$

При кратковременных разгрузках остаточные деформации, замеряемые датчиками, слагаются из неупругой части деформаций:

$$e_{ij}^{pcrc} = e_{ij}^{p} + e_{ij}^{crc} \qquad (4)$$

Из принципа максимума применительно к повреждаемому бетону следует закон направленности приращения неупругой деформации (выражение (4)) по градиенту к поверхности нагружения. Отсюда, как в теории пластичности, можем записать:

$$de_{ij}^{pcrc} = dl\,\frac{df}{ds_{ij}}\,e_{ij}^{pcrc} = n\,\frac{df}{ds_{ij}} \qquad (5)$$

По аналогии с соотношениями теории упругопластического состояния материала [6] можно записать для повреждаемого бетона:

$$de_{x}^{pcrc} = \frac{1}{E}\left[ds_x - m\left(ds_y + ds_z\right)\right] + dl\,\frac{df}{ds_x}$$

$$de_{xy}^{pcrc} = \frac{1}{j}dt_{xy} + \frac{1}{2}dl\,\frac{\partial f}{dt_{xy}} \quad (x,y,z) \qquad (6)$$

$$f\left(s_{ij}, e_{ij}^{pcrc}, q_i\right) = 0$$

здесь q_i – параметр, характеризующий зависимость изменения функции нагружения от пути нагружения.

Условия нагружения (что неупругие деформации по выражению (4) не возникают при нейтральном нагружении и разгрузке) определяются соотношением:

$$\frac{df}{\partial s_{ij}}\,ds_{ij} \le 0 \qquad (7)$$

Так, используя модель пластического тела, вводимую через определение функции нагружения f и аналогично с принципом максимума работы деформирования при повреждаемости бетона, можно получить соотношения состояния при деградации (возникновении повреждений) бетона.

Литература

1. Зайцев Ю.В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения. – М.: Стройиздат, 1982. –196 с.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Высшая школа, 1978. – 455 с.
3. Ахметзянов Ф.Х. Особенности физической структуры цементного камня и микроструктурная повреждаемость. Сообщения 1 и 2. / Сборник статей международной научной конференции “Эффективные строительные конструкции. – РААСН, Пенза, 2004.
4. Ахметзянов Ф.Х. К особенностям деформирования, повреждаемости, изменения физико-механических характеристик бетона в конструкциях.// Известия вузов. Строительство, 1993, № 2.
5. Макридин Н.И., Максимова И.Н., Прошин А.П., Соломатов В.Н., Соколова Ю.А. Структура, деформативность, прочность и критерии разрушения цементных бетонов. – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 2001. – 280 с.
6. Ивлев Д.Д., Ершов Л.В. Метод возмущений в теории упругопластического тела. – М.: Наука, 1978. – 208 с.