

УДК 666.972.017:539.376

В. Н. ЗАВЯЛОВ, Н. А. НЕВГЕНЬ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ПОЛЗУЧЕСТЬ БЕТОНА ПРИ ПОСТОЯННЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ СЖАТИЯ И РАСТЯЖЕНИЯ

Экспериментально исследованы деформации ползучести бетона при постоянных напряжениях сжатия и растяжения. Установлено, что удельные относительные деформации ползучести бетона при рассмотренных уровнях нагружения бетона при растяжении близки к линейным, а при сжатии обладают определенной нелинейностью. Предложенный аналитический аппарат вполне удовлетворительно описывает опытные величины деформаций ползучести бетона при сжатии и растяжении на всем интервале времени наблюдения.

линейная и нелинейная ползучесть бетона, постоянные напряжения, сжатие и растяжение, удельные относительные деформации, уровень нагружения

В теории ползучести особое место уделяется изучению «простой ползучести», т. е. процесса длительного деформирования бетона при постоянно действующих во времени величинах приложенных нагрузок (напряжений). Это связано с тем, что при установлении аналитической связи между переменными напряжениями, изменяющимися во времени по различным законам, и деформациями ползучести бетона используется представление о его деформациях при постоянных (единичных) напряжениях в условиях простого одноосного сжатия (растяжения), выражаемых с помощью функции удельных относительных деформаций ползучести $S(\sigma, t, \tau)$.

В настоящее время наиболее полно изучена ползучесть бетона при действии сжимающих нагрузок. При действии же растягивающих напряжений ползучесть бетона изучена значительно хуже, что отчасти объясняется методическими трудностями, возникающими при проведении подобных сложных экспериментов. Между тем такие исследования крайне необходимы, так как в процессе эксплуатации конструкций в бетоне могут возникать как сжимающие, так и растягивающие напряжения. В связи с этим важное значение для оценки и теоретических обобщений таких исследований приобретает вопрос о соотношении деформаций ползучести бетона при сжатии и растяжении. Сведения по этому вопросу, имеющиеся в литературе, недостаточно полны для их сравнительного анализа и весьма противоречивы по своим выводам [1]. Противоречивость имеющихся экспериментальных данных о соотношении ползучести бетона при одноосном сжатии и растяжении объясняется значительными методическими трудностями, возникающими при проведении подобных экспериментов.

Для частичного решения вопроса о соотношениях деформаций ползучести бетона при сжатии и растяжении в лабораторном корпусе ДонНАСА было проведено несколько серий экспериментальных исследований длительного деформирования бетона. Составы бетонных смесей всех серий испытаний выбирались из условий получения бетона классов В30–В40, которые наиболее часто применяются в ответственных инженерных сооружениях. Для определения реологических характеристик бетона и аналитического описания процесса деформирования исследовались образцы-призмы с разными относительными уровнями действующих напряжений сжатия и растяжения. При этом методические особенности экспериментальных исследований позволяли определить как продольные, так и поперечные деформации бетона.

На рис. 1 и рис. 2 для образцов одной из серий опытов представлены семейства экспериментальных кривых относительных деформаций ползучести бетона при осевом сжатии и осевом растяжении. При этом на графиках показаны как деформации бетона в направлении действующих напряжений, так и в направлении им перпендикулярном.

© В. Н. Завялов, Н. А. Невгень, 2013

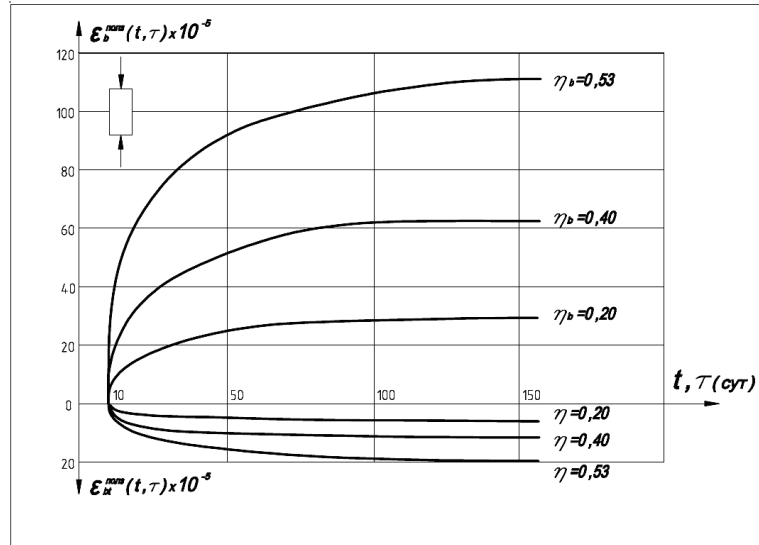


Рисунок 1 – Относительные деформации ползучести бетона при осевом сжатии.

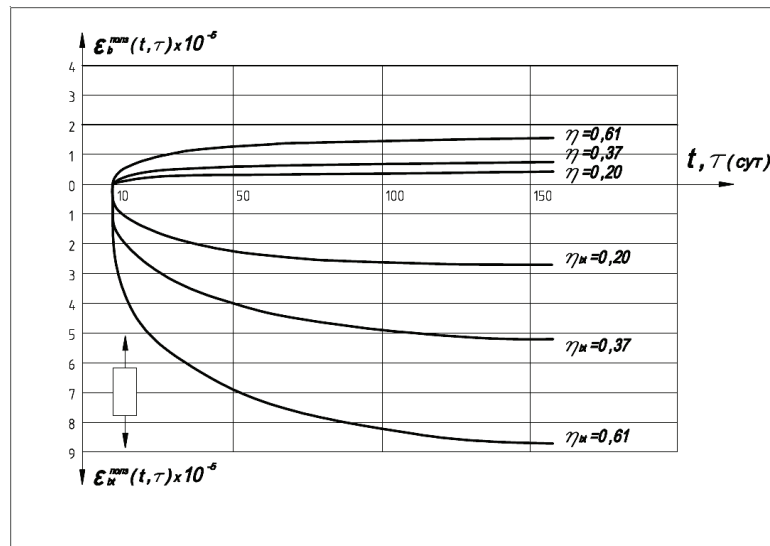


Рисунок 2 – Относительные деформации ползучести бетона при осевом растяжении.

Однако выполнить сравнительный количественный анализ реологических характеристик бетона при осевом сжатии и осевом растяжении, учитывая существенные различия в абсолютных величинах действующих в бетоне напряжений для этих семейств не представляется возможным. Поэтому от относительных деформаций ползучести бетона при осевом сжатии и осевом растяжении следует перейти к удельным относительным деформациям ползучести бетона, т. е. к деформациям ползучести бетона, вызванным единичными напряжениями.

$$C(\sigma, t, \tau) = \frac{\varepsilon_{x(y)}}{\sigma_{x(y)}}$$

На рис. 3 в одной и той же системе координат для бетона одного состава, загруженного в одном и том же возрасте, представлены два семейства одноосно сжатых (сплошная линия -----) и одноосно растянутых (-----) бетонных образцов. Пунктирной линией (- - - - -) показана линейная составляющая деформаций ползучести, выделенная традиционным способом [2]. Как следует из этих графиков, для рассмотренных уровней нагружения бетона $\eta_{b(bt)}$ удельные относительные деформации ползучести бетона при растяжении близки к линейным, а деформации ползучести бетона при сжатии обладают определенной нелинейностью, но, очевидно, могут быть описаны одними и теми же

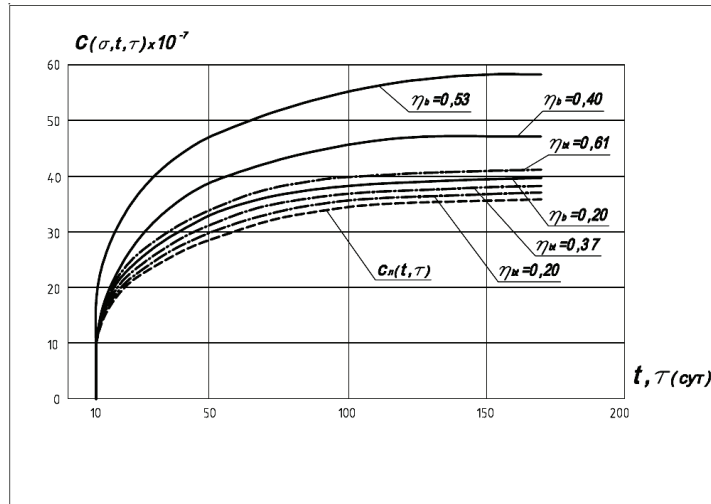


Рисунок 3 – Удельные относительные деформации ползучести бетона при постоянных напряжениях (----- сжатие; - - - - - растяжение).

аналитическими выражениями, что может существенно упростить дальнейшие экспериментально-теоретические исследования.

В настоящее время предложено несколько способов описания линейных и нелинейных составляющих удельных относительных деформаций ползучести бетона, отличающихся формой записи основных уравнений и учетом необратимости деформаций ползучести. При теоретической обработке экспериментальных данных в основу записи положено известное выражение С. В. Александровского [3], достаточно четко описывающее процесс неупругого деформирования тяжелого бетона:

$$C(\sigma, t, \tau) = C_l(t, \tau) + C_n(\sigma, t, \tau),$$

где $C_l(t, \tau)$ и $C_n(\sigma, t, \tau)$ – линейная и нелинейная составляющие удельных относительных деформаций бетона.

Как следует из выражения С. В. Александровского, нелинейная составляющая деформаций ползучести бетона определяется как разность между полными удельными деформациями ползучести и их линейной составляющей. При теоретической аппроксимации графиков экспериментальных кривых проще оперировать выражением для так называемых приведенных нелинейных деформаций ползучести, величина которых не зависит от действующих напряжений, а зависит только от возраста бетона при загрузке и момента наблюдения. Эти деформации можно записать в следующем виде:

$$C_n(t, \tau) = \frac{C_n(\sigma, t, \tau)}{F(\sigma)},$$

где $F(\sigma)$ – нелинейная функция напряжений.

Для исследованных бетонов достаточно корректным для функции напряжений оказалось выражение, предложенное С. В. Александровским, Н. А. Колесниковым, О. М. Попковой [3, 4, 5], в виде:

$$F(\sigma) = \left(\frac{\sigma}{\sigma_0}\right)^m,$$

где σ – действующее в бетонном образце напряжение;
 σ_0 – некоторое постоянное напряжение, принятое равным 0,1 МПа.

В процессе теоретической обработки и описания экспериментальных данных реологического поведения бетона с использованием указанного аналитического аппарата было получено вполне удовлетворительное соответствие сравниваемых опытных и теоретических величин деформаций ползучести бетона при осевом сжатии и осевом растяжении для каждой из экспериментальных серий на всем интервале времени наблюдения.

В результате анализа результатов экспериментальных исследований ползучести бетона при сжатии и растяжении можно предположить, что:

– линейная составляющая удельных относительных деформаций ползучести $\dot{\epsilon}_l(t, \tau)$ является постоянной реологической характеристикой бетона данного состава, загруженного в данном возрасте, и не зависит от величины и знака действующих напряжений;

– нелинейная составляющая удельных относительных деформаций ползучести является переменной реологической характеристикой бетона данного состава, загруженного в данном возрасте и зависит от величины действующих напряжений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский, С. В. Ползучесть бетона при периодических воздействиях [Текст] / С. В. Александровский, В. Я. Багрий. – Москва : Стройиздат, 1970. – 168 с.
2. Яценко, Е. А. Экспериментальные исследования нелинейной ползучести бетона [Текст] / Е. А. Яценко // Научные труды КИСИ. – 1962. – Вып. 20. – С. 42–54.
3. Александровский, С. В. Нелинейные деформации ползучести бетона при сложных режимах загрузки [Текст] / С. В. Александровский, О. М. Попкова // Бетон и железобетон. – 1970. – № 1. – С. 27–31.
4. Александровский, С. В. Нелинейная ползучесть бетона при ступенчато изменяющихся напряжениях [Текст] / С. В. Александровский, Н. А. Колесников // Бетон и железобетон. – 1971. – № 6. – С. 24–27.
5. Колесников, Н. А. Деформации ползучести бетона при ступенчато изменяющейся нагрузке [Текст] / Н. А. Колесников // Проблемы ползучести и усадки бетона : (Прикладные задачи теории железобетона, связанные с длительными процессами) : Второе Всесоюз. совещ., Ереван, 1974 г. : Материалы совещ. / Под ред. С. В. Александровского. – М. : Стройиздат, 1974. – С. 67–70.

Получено 22.12.2012

В. М. ЗАВЯЛОВ, М. О. НЕВГЕНЬ ПОВЗУЧИСТЬ БЕТОНУ ПРИ ПОСТІЙНИХ НАПРУЖЕННЯХ СТИСКАННЯ І РОЗТЯГУВАННЯ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Експериментально досліджено деформації повзучості бетону при постійних напруженнях стискання і розтягування. Встановлено, що питомі відносні деформації повзучості бетону при розглянутих умовах навантаження бетону при розтягуванні близькі до лінійних, а при стисканні мають певну міру нелінійності. Запропонований аналітичний апарат цілком задовільно описує дослідні величини деформацій повзучості бетону при стисканні і розтягуванні на всьому інтервалі часу спостереження. **лінійна і нелінійна повзучість бетону, постійне напруження, стиск і розтягування, питомі відносні деформації, рівень навантаження**

VACHESLAV ZAVALOV, NICOLAY NEVGEN CREEP OF CONCRETE AT PERMANENT TENSIONS OF COMPRESSION AND TENSION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Deformations of creep of concrete have been experimentally analyzed at permanent tensions of compression and tension. It has been set that specific relative deformations of creep of concrete at the considered levels of lading of concrete at tension are near to linear, and at a compression possess certain non-linearity. The offered analytical vehicle fully satisfactorily describes the experimental sizes of deformations of creep of concrete at a compression and tension on all interval of time of supervision.

linear and nonlinear creep of concrete, permanent tensions, compression and tension, specific relative deformations, level of lading

Зав'ялов В'ячеслав Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження поведінки залізобетону в умовах дії підвищених температур і агресивного середовища.

Невгенъ Микола Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження поведінки залізобетону в умовах дії підвищених температур і агресивного середовища.

Завялов Вячеслав Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование поведения железобетона в условиях воздействия повышенных температур и агрессивной среды.

Невгенъ Николай Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование поведения железобетона в условиях воздействия повышенных температур и агрессивной среды.

Vacheslav Zavalov – PhD (Eng.), Associate Professor, Reinforced-Concrete Constructions, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of conduct of the reinforced concrete in the conditions of influence of enhance able temperatures and aggressive environment.

Nicolay Nevgen – PhD (Eng.), Associate Professor, Reinforced-Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of conduct of the reinforced concrete in the conditions of influence of enhance able temperatures and aggressive environment.