

ТЕОРИЯ ПОЛЗУЧЕСТИ

КАРАПЕТЯН К. С., КОТИКЯН Р. А.

ОБ ОСНОВНОМ УРАВНЕНИИ ПОЛЗУЧЕСТИ ТЕОРИИ
УПРУГО-ПОЛЗУЧЕГО ТЕЛА

Согласно теории упруго-ползучего тела [1] осевая относительная деформация призматического бетонного бруса, находящегося под действием осевых напряжений $\sigma(t)$, приложенных в некотором возрасте бетона τ , выражается зависимостью

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E(t)} - \int_{\tau_0}^t \sigma(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[\frac{1}{E(\tau)} + C(t, \tau) \right] d\tau. \quad (1)$$

В данном уравнении $C(t, \tau)$ является мерой ползучести, то есть деформацией ползучести в момент времени t от единичного напряжения, приложенного в возрасте τ .

В работе [2] Александровский С. В. считает такое определение функции $C(t, \tau)$ неточным, так как по его мнению это в ряде случаев может привести к недоразумениям и даже к ошибкам. Чтобы доказать сказанное, он рассматривает уравнение (1) для воображаемого идеально-упругого тела, необладающего свойством ползучести, с изменяющимся во времени модулем упругости. В рассматриваемом случае, поскольку $C(t, \tau) = 0$, из уравнения (1) должен следовать закон Гука, однако, фактически получается

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E(t)} + \int_{\tau_0}^t \frac{E'(\tau)}{E^2(\tau)} \sigma(\tau) d\tau. \quad (2)$$

По мнению Александровского С. В. данное противоречие является следствием того, что в уравнении (1) $C(t, \tau)$ представляет собой не меру ползучести, а лишь ее часть. Чтобы устранить это противоречие, он предлагает для меры ползучести следующее выражение

$$C^*(t, \tau) = C(t, \tau) + \frac{1}{E(\tau)} - \frac{1}{E(t)}. \quad (3)$$

Здесь $C(t, \tau)$ представляет собой меру ползучести в нашем обычном понимании. Что касается $\frac{1}{E(\tau)} - \frac{1}{E(t)}$, то это есть разница удельных упругих деформаций бетонного бруса в момент времени τ приложе-

ния единичных напряжений и в момент времени наблюдения t . Для упругого тела, не обладающего ползучестью, Александровский С. В. принимает

$$C^*(t, \tau) = 0 \quad (4)$$

и тогда из уравнения (3) при условии (4) получает, что

$$C(t, \tau) = \frac{1}{E(t)} - \frac{1}{E(\tau)} \quad (5)$$

Таким образом, по Александровскому С. В. в рассматриваемом случае хотя „действительная мера ползучести“ $C^*(t, \tau)$ равна нулю, но ее часть $C(t, \tau)$ не равна нулю. И если теперь в уравнение (1) подставить значение $C(t, \tau)$ (5), то тем самым, как это указывает Александровский С. В., будет устранено то противоречие зависимости (1) для рассматриваемого случая, о котором указывалось выше.

Однако, логически, если для упругого тела, необладающего ползучестью $C^*(t, \tau)$ равно нулю, а $C(t, \tau)$ не равно нулю, то это значит, что по своему характеру $C(t, \tau)$ не является деформацией ползучести. Данное противоречие вызвано тем, что в выражении $C^*(t, \tau)$ (3) фигурируют деформации $\frac{1}{E(\tau)} - \frac{1}{E(t)}$, которые по своему характеру являются упруго-мгновенными и их никак нельзя считать частью меры ползучести.

Рассмотрим к чему может привести выражение $C^*(t, \tau)$ (3), когда имеем материал, обладающий ползучестью в следующих трех случаях:

- 1) модуль упругости материала во времени возрастает,
- 2) модуль упругости материала во времени не изменяется,
- 3) модуль упругости материала во времени уменьшается.

Реальным материалом, для которого все эти три случая характерны, является бетон.

В первом случае, поскольку модуль упругости во времени возрастает, $\frac{1}{E(\tau)} > \frac{1}{E(t)}$. Поэтому разность $\frac{1}{E(\tau)} - \frac{1}{E(t)}$ положительна и

$$C^*(t, \tau) > C(t, \tau).$$

Во втором случае, поскольку модуль упругости во времени не изменяется, $\frac{1}{E(\tau)} = \frac{1}{E(t)}$. Поэтому разность $\frac{1}{E(\tau)} - \frac{1}{E(t)} = 0$ и

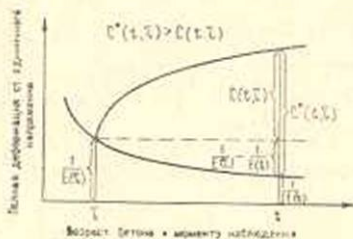
$$C^*(t, \tau) = C(t, \tau).$$

В третьем случае, поскольку модуль упругости во времени уменьшается, $\frac{1}{E(\tau)} < \frac{1}{E(t)}$. Поэтому разность $\frac{1}{E(\tau)} - \frac{1}{E(t)}$ отрицательна и

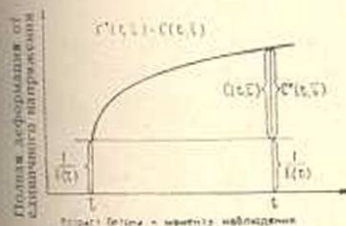
$$C^*(t, \tau) < C(t, \tau).$$

Все эти три случая графически представлены на фиг. 1, 2 и 3. Наиболее характерными из рассмотренных случаев являются первый и последний (фиг. 1 и 3).

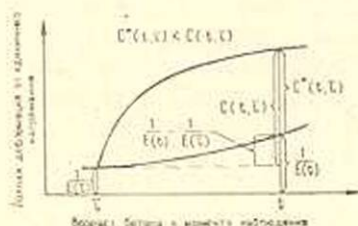
В первом случае увеличение модуля упругости во времени приводит к увеличению меры ползучести. Между тем известно, что упрочнение и уменьшение деформативной способности бетона во времени никак не может привести к увеличению меры ползучести.



Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

В третьем случае, наоборот, уменьшение модуля упругости во времени приводит к уменьшению меры ползучести, что также далеко от действительности. Поскольку в данном случае $C^*(t, \tau) < C(t, \tau)$, это значит, что $C^*(t, \tau)$ к моменту t даже меньше фактических деформаций ползучести материала, нагруженного в возрасте τ (фиг. 3).

Следует также отметить, что если бы даже предлагаемое Александровским С. В. выражение меры ползучести $C^*(t, \tau)$ было лишено тех недостатков, о которых указывалось выше, при решении задач оно не вносит никаких изменений в ядро интегрального уравнения типа Вольтерра. Так например, в данном случае

$$\frac{\partial}{\partial \tau} C^*(t, \tau) = \frac{\partial}{\partial \tau} \left[C(t, \tau) + \frac{1}{E(\tau)} - \frac{1}{E(t)} \right] = \frac{\partial}{\partial \tau} \left[C(t, \tau) + \frac{1}{E(\tau)} \right], \quad (6)$$

то есть получается ядро уравнения (1).

Կ. Ս. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ռ. Ա. ԿՈՏԻԿՅԱՆ

ԱՌԱՋԳՈՒՍՈՂՔԱՅԻՆ ՄԱՐՄՆԻ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ՍՈՂՔԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ
ՀԱՎԱՍՏՐՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ն փ ն ի մ

Հոգւածում $g(t, \tau)$ է տրվում, որ առաձգա-սողքային մարմնի տեսության սողքի հիմնական հավասարման մեջ $C(t, \tau)$ սողքի չափը ξ ի կարող փոխարինվել Ս. Վ. Ալեքսանդրովսկու առաջարկած $C^*(t, \tau)$ արտահայտությամբ քանի որ $C^*(t, \tau)$ -ն հիմնավորված է, իր մեջ պարունակում է պարզ հաշվարկներ և, բացի դրանից, ոչ մի փոփոխություն չի մտցնում (1) Վերականգնողի ախտի ինտենզիվ հավասարման կորիզի մեջ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Арутюнян Н. Х. Некоторые вопросы теории ползучести. Гостехиздат, М., 1952.
2. Александровский С. В. О методике исследований ползучести и влажностных деформаций бетона. Труды координационного совещания „Методика лабораторных исследований деформаций и прочности бетона, арматуры и железобетонных конструкций“. Госстройиздат, М., 1962.