

ПРИБЛИЖЕННЫЙ УЧЕТ РЕЖИМА ЗАГРУЖЕНИЯ ПРИ РАСЧЕТЕ ДЕФОРМАЦИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В статье [1] изложен усовершенствованный интерполяционный метод определения деформаций железобетонных элементов при кратковременном нагружении. На его основе, используя идею трансформированного времени нагружения [2] и более гибкие зависимости для описания деформаций ползучести во времени, можно с единых позиций, без накопления определять кривизну нормативных сечений при сочетании постоянных нагрузок и "кратковременных", в том числе и многократно-повторных нагрузок и разгрузок. Так, приемлемая сходимость с опытными данными при вычислении характеристики ползучести бетона в широком диапазоне времени (от долей секунды до десятков лет) обеспечивается при использовании выражения

$$\varphi_t = [\alpha + \beta \lg(\tau_i - \tau_{i-1})]^\gamma \leq 1,2, \quad (1)$$

где τ -- время действия нагрузки, мин.

На основании анализа экспериментальных исследований С.В.Киреевой, Т.Г.Чернойровой, В.И.Кротова и др. можно принять $\alpha = 0,765$, $\beta = 0,039$, $\gamma = 15$.

Характерно, что вплоть до напряжений $\sigma_b = (0,8...0,9) R_b$ выражение (1) удовлетворительно описывает полные деформации с учетом нелинейной ползучести даже при $\tau_i - \tau_{i-1}$ порядка нескольких минут.

Суть метода трансформированного времени легко представить на примере ступенчато возрастающей нагрузки (рис. 1). Деформации ползучести определяют при полной нагрузке рассматриваемого уровня, а история предшествующих этапов нагружения учитывается в том, что продолжительность действия данной нагрузки условно увеличивается (трансформируется). Например, для точки А на рис. 1, $t = \tau_A - \tau_{T2}$. Для возраста τ_A трансформированное время приложения полной нагрузки M_2 (рис. 1, а) можно приближенно определить как

$$\tau_{T2} \approx \frac{\sum \Delta M_i \tau_i}{\sum \Delta M_i} = \frac{M_1 \tau_1 + (M_2 - M_1) \tau_2}{M_2}.$$

Зная трансформированное время на предыдущем этапе нагружения, для сокращения вычислений при большом числе ступенек можно записать

$$\tau_{Ti} = \frac{M_{i-1} \tau_{T(i-1)} + \Delta M_i \tau_i}{M_i}.$$

Полное значение кривизны (рис. 1, в) определим как сумму кратковременной кривизны (по опорной кривой) и кривизны, вызванной ползучестью бетона:

Рис. 1. К определению кривизны сечения методом τ - χ :
 а — режим нагрузки; б — деформации ползучести; в — полные деформации

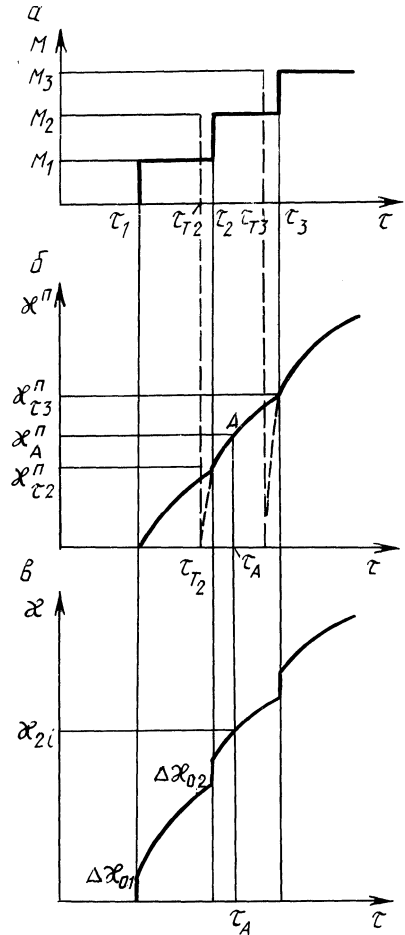
$$\kappa_j = \kappa_{0j} + \kappa_j^p;$$

$$\kappa_{0j} = \sum \Delta \kappa_{0j};$$

$$\kappa_j^p = \kappa_{0j} \varphi_{pi} \varphi_{\tau i} \varphi_{s i}';$$

$$\varphi_{pi} = \varphi_{\infty} \varphi_{ti} \varphi_{\tau i} \varphi_{s i}';$$

где φ_{pi} — коэффициент, учитывающий линейную ползучесть в форме, принятой в теории упруго-ползучего тела; φ_{∞} — предельное значение характеристики ползучести, принимаемое с использованием данных табл. 2.11 [3]; φ_{ti} , $\varphi_{\tau i}$ — коэффициенты, учитывающие длительность действия нагрузки (см. формулу (1)) и возраст бетона, $\varphi_{\tau i} = 3,2 / \sqrt{\tau_{\text{н}}} \leq 1,3$; $\tau_{\text{н}}$ — возраст бетона в момент приложения нагрузки рассматриваемого уровня, сут., $0,5 \leq \tau_{\text{н}} \leq 13$; φ_{pi} — коэффициент, приближенно учитывающий особенности влияния параметров железобетонного сечения на рост кривизны вследствие ползучести бетона сжатой зоны,



$$\varphi_p = \delta + (1 - \delta) \left(\frac{M_u - M_i}{|M_u - M_{ср}|} \right)^z \leq 1;$$

$\delta = \sqrt[3]{\xi}$; $p = 3$; $z = 0,5$; ξ_i определяется из расчета прочности сечения при продольной силе, соответствующей заданному этапу нагружения (N_i); φ_n — коэффициент учета нелинейной ползучести в зависимости от уровня нагружения β ,

$$\varphi_{ni} = 1 + (\varphi_{nci} - 1) \frac{\beta - 0,4}{0,4} \geq 1; \quad (2)$$

$\beta = M/M_u$; φ_{nci} — коэффициент φ_n для центрально сжатых неармированных бетонных образцов,

$$\varphi_{nci} = 2,2 - 0,2\varphi_{pi}; \quad (3)$$

$\varphi_{nci} \geq 1$; φ_s' — коэффициент, учитывающий сдерживающее влияние ненапрягаемой арматуры сжатой зоны:

$$\varphi_{s'} = \frac{1 - 0,2\mu' n \varphi_{\infty}}{1 + 1,5\mu' n}$$

Формулы (2) и (3) аппроксимируют табличные значения коэффициента учета нелинейной ползучести в [3].

Окончательно, например для точки А на рис. 1, запишем

$$\kappa_A = \kappa_{0A} k_I (\tau_{T2}; \tau_A),$$

где

$$k_I = 1 + \varphi_n (\tau_T; \tau_i) \varphi_{ni} \varphi_{pi}. \quad (4)$$

При наличии разгрузок режим нагружения по аналогии с [2] разделим на два вида с восходящей (M^+) и нисходящей (M^-) ветвями (рис. 2) и вычислим пары значений (τ_{Ti}^+ и τ_{Ti}^-). Тогда выражение (4) приближенно можно записать в виде

$$\kappa_I^{\pm} = 1 + \varphi_i^{\pm},$$

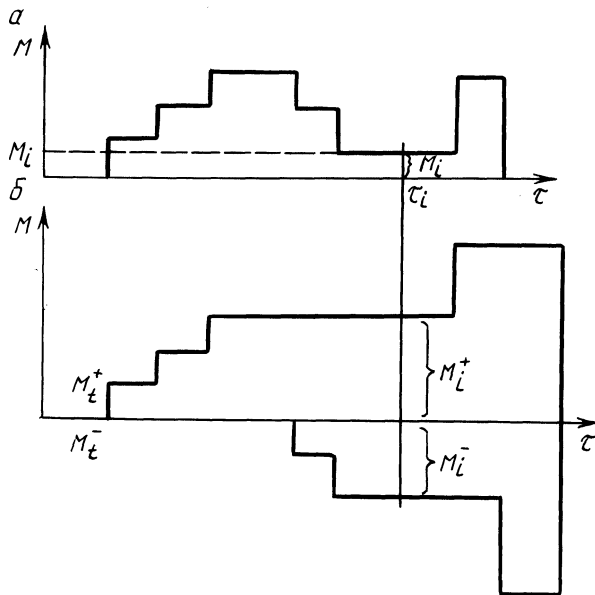


Рис. 2. Схематическое представление фактического режима нагружения: а — фактический режим; б — восходящая и нисходящая ветви нагружения

$$\text{где } \varphi_i^{\pm} = \frac{M_i^+ \varphi_t(\tau_T^+; \tau_i) \varphi_n \varphi_{\tau}^+ + M_i^- \varphi_t(\tau_T^-; \tau_i) \varphi_{\tau}^-}{M_i} \varphi_{\infty} \varphi_{\rho_i} \varphi'_s. \quad (5)$$

Отсутствие множителя φ_n при M^- в выражении (5) связано с необратимостью деформаций нелинейной ползучести.

Таким образом, всю историю нагружения, включая "кратковременные" этапы, следует представить в ступенчатом виде.

При кратковременных нагрузках ступеньки по времени должны быть достаточно малы (порядка нескольких минут), как это предлагалось, например, в [4]. При этом история предшествующих нагружений, включая кратковременные нагрузки и разгрузки, будет учтена с помощью выражения (5).

Фактическая кривая деформирования железобетонного сечения в условиях длительных ступенчатых нагружений располагается "внутри" опорной кратковременной кривой и не может выходить за ее пределы. Примем, что на определенном этапе во времени или при кратковременном догружении они пересекутся. Это означает, что дальнейший рост деформаций возможен только по ниспадающему участку опорной кривой вплоть до точки * (см. рис. 1 [1]) как при длительных, так и при кратковременных нагрузках [1]. В первом случае усилия во времени будут перераспределяться за счет других сечений статически неопределимой системы. Как и ранее, кривизну при $\kappa_i > \kappa_u$ определяют, интерполируя в пределах $u - *$, задаваясь $M_* < M_i < M_u$. При этом если продольная сила N не меняется, то и опорная кривая остается без изменений. В случае, если от очередной порции нагрузки происходит изменение N , то как и на восходящей ветви корректируют координаты узлов интерполяции u и *.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полная диаграмма деформирования сечений железобетонных элементов / В.Г.Казачек, С.Г.Быковский и др. — Мн., 1988. — Вып. 14. — С. 35—38. 2. Карпенко Н.И. Определение деформаций ползучести бетона способом τ_T // Строит. механика и расчет сооружений. — 1979. — № 5. — С. 39—43. 3. Проектирование железобетонных конструкций / А.Б.Голышев, В.Я.Бачинский и др.; Под ред. А.Б.Голышева. — Киев, 1985. — 496 с. 4. Гвоздев А.А., Чистяков Е.А., Шубик А.В. Исследование деформаций и несущей способности гибких сжатых железобетонных элементов с учетом длительности воздействия нагрузки // Прочность и жесткость железобетон. конструкций. — М., 1971.

УДК 624.012.45

В.В.НЕСТЕРЕНКО

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДОПУСКАЕМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ НА ЕДИНИЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЦЕНТРИФУГИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН КОЛЬЦЕВОГО СЕЧЕНИЯ

С каждым годом увеличивается объем производства центрифугированных колонн кольцевого сечения, расширяются области их применения. Накоплен большой опыт внедрения центрифугированных колонн в строительстве одно-