

РАЗМЫКАНИЕ ТРЕЩИН СТЕРЖНЕВЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОСЛЕ ИХ ЗАЖАТИЯ

А. М. Кокарев, С. А. Кокарев

*Астраханский инженерно-строительный институт,
г. Астрахань (Россия)*

При циклических знакопеременных нагружениях стержневых железобетонных элементов после растяжения до образования и раскрытия трещин, происходит разгрузка растяжения с последующим их зажатием при сжатии до определенного уровня, с дальнейшей разгрузкой сжатия.

Описание процесса зажатия трещин дано в [1]. Далее происходит сжатие железобетонных элементов до определенного уровня нагрузки с последующей разгрузкой сжатия. Работа железобетонных элементов при сжатии описывается известным образом. Сжимающая сила воспринимается бетоном и арматурой. В данной работе рассматриваем кратковременное действие нагрузки.

Сжимающее усилие распределяется между бетоном и арматурой

$$N = N_b + N_s$$

где $N_b = \varepsilon_b E_b v_b A_b$ – усилие сжатия бетона (1); $N_s = \varepsilon_s E_s A_s$ – усилие сжатия арматуры (2).

Можно полагать, что после зажатия трещин деформации бетона и арматуры будут равными

$$\varepsilon_b = \varepsilon_s = \varepsilon_{bs} \quad (3)$$

При сжатии бетон деформируется нелинейно, арматура работает упруго. Сжимающее текущее усилие с учетом выражений (1), (2) может быть выражено следующим образом

$$N_{bsi} = \varepsilon_{bsi} E_b A_b (v_b + \mu_s \alpha);$$

Отсюда выразим текущие деформации при сжатии с зажатыми трещинами

$$\varepsilon_{bsi} = N_{bsi} / (E_b A_b (v_b + \mu_s \alpha)).$$

Деформация на начало разгрузки сжатия

$$\varepsilon_{bs}^{lc} = N^{lc} / (E_b A_b (v_b + \mu_s \alpha));$$

где N^{lc} – усилие на начало разгрузки сжатия; $v_b = v_{bu} + (1 - v_{bu}) \sqrt{1 - 0,5\eta_i - 0,5\eta_i^2}$ – коэффициент упругопластической деформации бетона при разгрузке сжатия [4], $v_{bu} = 480R_b / E_b$, $\eta_i = (N^{lc} - N_i) / N^{lc}$.

При разгрузке сжатия, до размыкания трещин, деформации железобетонных элементов изменяются согласно нелинейной зависимости, которую можно представить в следующем виде.

$$\varepsilon_{bsi}^{rc} = \varepsilon_{bs}^{lc} - (N^{lc} - N_i) / (E_b A_b (v_b^{rc} + \mu_s \alpha));$$

С момента размыкания трещин, влияние бетона на деформирование элемента существенно снижается и в первом приближении, можно пред-

положить, что деформирование железобетонных элементов с момента размыкания трещин происходит упруго. На момент размыкания трещин можно считать, что равенство (3) сохраняется.

Сдерживающее влияние бетона на деформирование элемента при размыкании трещин можно оценить следующим образом. За счет упругой работы арматуры бетон между трещинами окажется, растянут и величина растягивающих усилий в бетоне будет возрастать по мере уменьшения внешней сжимающей силы. При этом график изменения деформаций будет иметь слабо нелинейный характер, что подтверждается экспериментальными результатами, приведенными в [2, 3]. Влияние арматуры можно оценить по величине разности упругой и неупругой деформаций бетона и упругой деформации арматуры. Деформации железобетонного элемента при размыкании трещин при кратковременном действии нагрузки можно определить следующим образом

$$\varepsilon_{bs} = \varepsilon_s - \varepsilon_{bt} - \varepsilon_{cr}.$$

Выразив деформации ε_s , ε_{bt} , ε_{cr} через усилия, получим

$$\varepsilon_{bsi} = N_i(1 - (\mu\alpha/v_{btc} - \mu\alpha/v_{cr})) / (E_s A_s),$$

где N_i – текущее значение усилия после момента размыкания трещин; v_{btc} – коэффициент упругопластической деформации при растяжении бетона $v_{btc} = v_{bt0} + (1 - v_{bt0}) \eta_{rci}(1 + (1 - \eta_{rci})\eta_{rci})^2$; v_{bt0} – коэффициент упругопластической деформации при растяжении бетона при растяжении бетона в процессе размыкания трещин на момент полной разгрузки сжатия, $v_{bt0} = 0,3$; v_{cr} – коэффициент упругопластической деформации при размыкании трещин $v_{btc} = v_{bt0} + (1 - v_{bt0}) \eta_{rci} / (1 + (1 - \eta_{rci})\eta_{rci})^3$; v_{bt0} – коэффициент упругопластической деформации при размыкании трещин на момент полной разгрузки сжатия, $v_{bt0} = 0,1$; η_{rci} – уровень усилия размыкания трещин, $\eta_{rci} = N_i / N_{rc}$.

Деформации железобетонного элемента на момент размыкания трещин можно выразить следующим образом:

$$\varepsilon_{bs}^{rc} = N_{rc}(1 - \psi_{brc} \mu\alpha) / (E_s A_s),$$

ψ_{brc} – коэффициент, учитывающий деформации бетона при размыкании трещин, $\psi_{brc} = 0,75$.

Усилие на момент размыкания трещин определяется с учетом усилия зажатия [1]

$$N_{rc} = N_z(1 + (1 - \psi_{brc})) \eta_c.$$

В данной работе представлен один из вариантов описания деформирования стержневых железобетонных элементов на участках сжатия, разгрузки сжатия, размыкания трещин. Представленное описание вместе с работой [1] позволит получить аналитическое описание циклического деформирования, что даст возможность прогнозировать состояние железобетонных элементов в зависимости от их параметров и заданного режима нагружения.

Список литературы

1. Кокарев, С. А. К вопросу оценки деформаций зажатия трещин стержневых железобетонных элементов / С. А. Кокарев, А. М. Кокарев // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 8.
2. Ерышев, В. А. Метод расчета деформаций железобетонных стержневых и плитных конструкций при повторных, знакопеременных и других видах сложного нагружения : дис. ... д-ра техн. наук / В. А. Ерышев. – М. : НИИЖБ Госстроя СССР, 1997. – 353 с.
3. Кокарев, А. М. Деформация железобетонных элементов с трещинами при повторных и знакопеременных нагружениях и разгрузках : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. М. Кокарев. – М. : НИИЖБ Госстроя СССР, 1983. – 22 с.
4. Карпенко, Н. И. Исследование деформации ж/б балочных элементов при знакопеременных нагрузках / Н. И. Карпенко, В. А. Ерышев, Т. А. Мухамедиев // Исследование ж/б конструкций при статических, повторных и динамических воздействиях. – М. : НИИЖБ Госстроя СССР, 1984. – С. 56–72.