

## ПАРАМЕТРЫ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА С ТРЕЩИНАМИ

*Яременко А.Ф., Гапшенко В.С., Еньков Е.У.*

Важными параметрами теории деформирования железобетона с трещинами [1] являются коэффициенты, учитывающие наличие касательных напряжений в арматуре и силы зацепления "бетонных мостиков" вдоль трещин  $\lambda_i$ , а также работу растянутого бетона на участке между трещинами  $\psi_{si}$ . Изучению особенностей напряженно-деформированного состояния плоскостных элементов железобетонных конструкций и экспериментальному обоснованию величин этих коэффициентов посвящены исследования Н.И.Карпенко [1,5], Л.М.Григорьянц [2], Н.А.Гусейнова [3], А.Ф.Яременко [6,8], Е.У.Енькова [4], А.Я.Мельника [6,7], В.С.Гапшенко [8].

В испытанных образцах-дисках варьировались методики и схемы загрузки, прочность бетона, диаметры и шаг арматурных сеток, углы наклона трещин к арматуре и их количество. Армирование железобетонных дисков производилось ортогональными или косоугольными сетками. Приложение нагрузки было ступенчатым, соотношение продольной и поперечной сжимающей нагрузок было различным.

Изучению подлежали следующие факторы: деформации арматуры непосредственно в трещине и средние; деформации полос бетона вдоль и поперек трещин; деформации железобетона в направлении, перпендикулярном к трещинам; ширина раскрытия трещин и, в некоторых случаях, сдвиг берегов трещин; величины трещинообразующих и разрушающих нагрузок.

Опыты [1,2,3] произведены при кратковременном, а [4,6,7,8] — при длительном действии нагрузки.

Обработка экспериментальных данных по предлагаемой методике позволила уточнить величины сил зацепления "бетонных мостиков" в трещине  $V_{zn}$ ; относительную податливость арматурных стержней тангенциальным перемещениям  $\delta_{si}$ , а также влияние уровней «растяжение-поперечное обжатие» и длительности действия нагрузки на значения коэффициентов  $\lambda_i$  и  $\psi_{si}$  ( $i=x,y$ ).

Для двухслойного ортогонального армирования напряжения в арматуре направлений  $x$  и  $y$  в сечении с трещиной, наклонной к оси  $x$  под углом  $\alpha$ , могут быть представлены в виде [1]:



$$\sigma_{si} = \frac{\sigma_n}{\mu_{si}} \lambda_i, \quad (1)$$

где:  $\sigma_n$  - главные нормальные напряжения на площадке с трещиной;  
 $\mu_{si}$  - коэффициенты армирования.

Нормальные напряжения в арматуре  $\sigma_{si}$  вычислены через измеренные в опытах относительные деформации арматуры в трещине  $\varepsilon_{si}$ , причем при двухосном «растяжении-сжатии» из полных деформаций  $\varepsilon_{si}$  должны быть вычтены деформации, вызванные поперечным обжатием. Экспериментальные значения коэффициентов  $\lambda_i$  определены из формулы (1). При этом имеют место соотношения:

$$\frac{1}{\lambda_x} = 1 + \frac{E'_{sy} \mu_{sy}}{E'_{sx} \mu_{sx} \delta_{sy}} \operatorname{ctg}^2 \alpha + \frac{E_{cr} + G_{cr} \operatorname{ctg}^2 \alpha}{E'_{sx} \mu_{sx}}, \quad (2)$$

$$\frac{1}{\lambda_y} = 1 + \frac{E'_{sx} \mu_{sx}}{E'_{sy} \mu_{sy} \delta_{sx}} \operatorname{tg}^2 \alpha + \frac{E_{cr} + G_{cr} \operatorname{tg}^2 \alpha}{E'_{sy} \mu_{sy}}, \quad (3)$$

где:  $E_{cr}$  и  $G_{cr}$  - секущие модули деформации связей зацепления берегов трещин («бетонных мостиков» [1]);  $E'_{sx}$  и  $E'_{sy}$  - секущие модули деформации арматуры.

Влияние ползучести бетона на величину отношения податливости стержней тангенциальным смещениям к податливости осевым перемещениям  $\delta_{si}$  учтено на основании обработки экспериментальных данных, полученных на образцах при длительном нагружении [4-7]. Оказалось, что  $\delta_{si}$  не зависит практически от угла  $\alpha$ , но существенно зависит от уровня растягивающих напряжений  $\eta_n^\sigma$ . При этом

$$\delta_s = 0.75 \alpha \eta_n^\sigma [1 + \varphi(t, t_0)] \quad (4)$$

Соответствие экспериментальных и вычисленных с помощью (2-4) средних деформаций арматуры и деформаций арматуры в сечении с трещиной вполне удовлетворительное.

### Литература.

1. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. - М.: Стройиздат, 1976. - 204с.
2. Григорьянц Л.М. Экспериментальное исследование напряженного состояния арматуры и бетона при наличии наклонных трещин. В кн.: Строительные конструкции, здания и сооружения / ЦНИИЭПсельстрой, вып.17. - М., 1977.



3. Гусейнов Н.А. Исследование деформаций и прочности железобетонных элементов с трещинами при напряженном состоянии «растяжение-сжатие». - В кн.: Прочность, жесткость и трещиностойкость железобетонных конструкций / НИИЖБ. - М., 1979, с.44-57.
4. Еньков Е.У. Физические зависимости плоского напряженного состояния железобетона с трещинами в условиях ползучести и экспериментальное обоснование соответствующих параметров. - В сб.: Строительные конструкции. - К., Будівельник, 1979, с.54-57.
5. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. - М.: Стройиздат, 1996. - 416с.
6. Яременко А. Ф., Мельник А.Я. Длительное деформирование железобетонных дисков с трещинами. В сб.: Строительные конструкции. - К., Будівельник, 1979, вып. 35, с. 40-44.
7. Мельник А.Я. Распределение напряжений в арматуре железобетонных дисков с трещинами. - Изв. Вузов. Сер. Стр-во и архит. 1980, №10, с. 16-19.
8. Яременко А.Ф., Гапшенко В.С. Кратковременная и длительная прочность растянуто-сжатых дисков с трещинами. Бетон и железобетон, 1986, №12, с. 23-24.