

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С НАРУШЕННЫМ СЦЕПЛЕНИЕМ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ

Лазовский Д.Н.

Полоцкий государственный университет

При воздействии внешней среды, нефтепродуктов, высокотемпературного нагрева при пожаре на железобетонные конструкции их несущая способность снижается не только из-за изменения прочности материалов, но и от нарушения сцепления арматуры с бетоном. Согласно результатов экспериментальных исследований уменьшение несущей способности изгибаемых конструкций при нарушении сцепления арматуры с бетоном в пролете может достигать 30 % и более, при этом разрушение происходит по бетону сжатой зоны при $\xi < \xi_R$.

Для оценки несущей способности железобетонных элементов с нарушением сцепления арматуры с бетоном, как полным, так и частичным, предлагается методика расчета на основе нелинейных диаграмм деформирования бетона и арматуры.

Элемент разбивается на отдельные участки, в середине длины которых определяются действующие усилия от внешней нагрузки. Границы участков должны также проходить по сечениям начала и конца участков с нарушенным сцеплением арматуры с бетоном. На участках с нарушенным сцеплением арматуры с бетоном элемент следует рассматривать как статически неопределимую комбинированную систему, состоящую из железобетонного элемента и арматуры с нарушенным сцеплением. В результате железобетонный элемент на рассматриваемом участке превращается в сжато-изогнутый реактивной сжимающей силой дополнительного статически неопределимого усилия N_x в арматуре с нарушенным сцеплением. Расчетная схема элемента на участке с нарушенным сцеплением арматуры с бетоном приведена на рис. 1. При нарушении сцепления отдельного стержня арматуры по части площади контакта с бетоном (откол защитного слоя снизу) часть площади поперечного сечения стержня рассматривается как не имеющая сцепления с бетоном.

В сечениях в середине длины ступеней на основе гипотезы плоских сечений и диаграмм деформирования бетона и арматуры определяются напряжения и жесткость. При этом гипотеза плоских сечений применяется в понимании В.И.Мурашова, Я.М.Немировского, т.е. относится к среднему расчетному сечению. Нарушение сцепления арматуры с бетоном, являясь причиной увеличенной деформативности растянутой зоны, не позволяет использовать гипотезу плоских сечений для распределения деформаций по высоте сечения элемента. Однако, распределение деформаций в сжатой зоне над трещиной линейное. Для учета увеличенной деформативности растянутой зоны ступеней с нарушенным сцеплением арматуры с бетоном для расчета используется трансформированная диаграмма деформирования арматуры.

Жесткость каждой ступени по ее длине принимается постоянной и равной:

$$(EJ)_j = \sum_{i=1}^n E_{ij} A_i (y_{oi} - y_i)^2$$

Для сечений со сцеплением арматуры с бетоном жесткость определяется как для изгибаемого элемента, для сечений с нарушенным сцеплением — как для сжато-изогнутого реактивной сжимающей силой от усилия N_x в арматуре с нарушенным сцеплением.

Изгибаемый элемент со ступенчато-переменной жесткостью заменяется эквивалентным элементом постоянной жесткости:

$$(EJ)_{red} = \alpha_j (EJ)_j$$

где: $\alpha_j = \frac{(EJ)_{red}}{(EJ)_j}$ – коэффициент приведения для каждого участка.

Определение несущей способности изгибаемых железобетонных элементов с нарушенным сцеплением арматуры с бетоном в пролете производится из условий:

$$\frac{1}{r_1} \sum_{i=1}^n E_{i1} A_i (y_{01} - y_i)^2 = M_1$$

$$\frac{1}{r_1} \sum_{i=1}^n E_{i1} A_i (y_{01} - y_i) = 0$$

..... – для сечений со сцеплением арматуры с бетоном

$$\frac{1}{r_m} \sum_{i=1}^n E_{im} A_i (y_{0m} - y_i)^2 = M_m$$

$$\frac{1}{r_m} \sum_{i=1}^n E_{im} A_i (y_{0m} - y_i) = 0$$

$$\frac{1}{r_1} \sum_{i=1}^n E_{i1} A_i (y_{01} - y_i)^2 = M_1 - N_x (y_{01} - a_1)$$

$$\frac{1}{r_1} \sum_{i=1}^n E_{i1} A_i (y_{01} - y_i) = -N_x$$

..... – для сечений без сцепления арматуры с бетоном

$$\frac{1}{r_k} \sum_{i=1}^n E_{ik} A_i (y_{0k} - y_i)^2 = M_k - N_x (y_{0k} - a_1)$$

$$\frac{1}{r_k} \sum_{i=1}^n E_{ik} A_i (y_{0k} - y_i) = -N_x$$

$$\frac{N_x \cdot l_1}{E_{s1} \cdot A_{s1}} + N_x \sum_{p=1}^q \frac{l_p}{\left(\sum_{i=1}^n E_i A_i \right)_p} + \left[\alpha_{N_x} (y_{0,\alpha} - a_1) - \beta_{N_x} (y_{0,\beta} - a_1) \right] = \left[\alpha (y_{0,\alpha} - a_1) - \beta (y_{0,\beta} - a_1) \right]$$

- где: n – количество элементарных площадок в сечении;
 m – количество сечений со сцеплением арматуры с бетоном;
 k – количество сечений с нарушенным сцеплением арматуры с бетоном;
 l_1 – длина участка с нарушенным сцеплением арматуры с бетоном;
 l_p – длина p -той ступени участка с нарушенным сцеплением арматуры с бетоном;
 A_{s1} – площадь сечения арматуры с нарушенным сцеплением с бетоном;
 a_1 – расстояние от нижней грани сечения до центра тяжести арматуры с нарушенным сцеплением;

$\alpha_{N_x}, \beta_{N_x}$ – углы поворота сечений соответственно в начале и конце участка с нарушенным сцеплением арматуры с бетоном от внецентренного приложения усилия;

α, β – углы поворота сечений соответственно в начале и конце участка с нарушенным сцеплением арматуры с бетоном от действующей нагрузки.

Для эквивалентного элемента методом начальных параметров определяются угловые перемещения $\alpha_{N_x}, \beta_{N_x}, \alpha, \beta$ сечений, совпадающих с началом и концом участка с нарушенным сцеплением арматуры с бетоном. Из последнего выражения условий определяется значение N_x . Уточняются жесткости ступеней элемента и расчет повторяется при вычислении значений N_x . По достижении требуемой точности вычисления N_x увеличивается нагрузка на элемент на одну ступень и расчет повторяется. Максимальное значение нагрузки, при котором процесс последовательных приближений сходится для всех рассматриваемых сечений, соответствует несущей способности железобетонного элемента с нарушенным сцеплением арматуры с бетоном в пролете.

Для определения выражения к трансформированию диаграммы растяжения арматуры в зависимости от схемы нагружения, степени нарушения сцепления и свойств материалов в настоящее время проводятся экспериментально-теоретические исследования. Это позволит на основе выше изложенной методики производить оценку несущей способности железобетонных элементов с нарушенным сцеплением арматуры с бетоном в пролете.

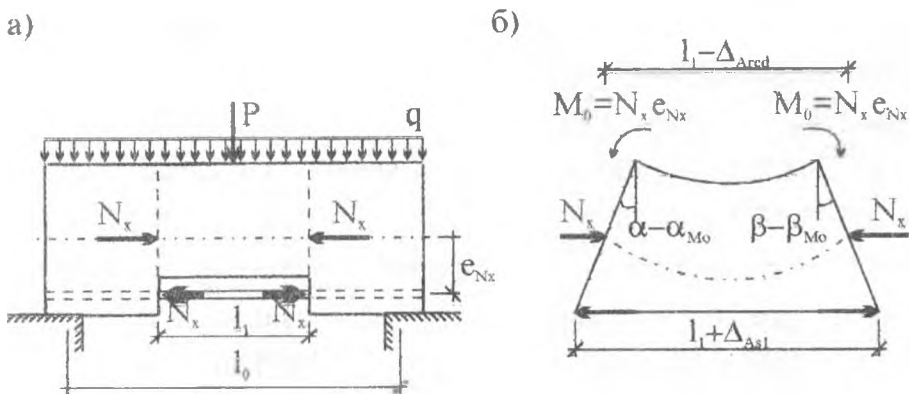


Рис. 1. Расчетная схема и схема деформаций изгибаемого элемента с нарушенным сцеплением арматуры с бетоном в пролете:

- а) расчетная схема;
- б) схема деформаций.