

М.В.Бровкина (аспирант, каф. СКМ), В.В.Белов, д.т.н., проф.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С МАГИСТРАЛЬНЫМИ ТРЕЩИНАМИ

Целью данной работы является создание математической модели расчета железобетонных конструкций, которая позволит учесть многообразие факторов, влияющих на напряженно-деформированное состояние железобетонного элемента.

О целесообразности использования такой модели для инженерных расчетов сообщалось нами ранее в [1].

В зоне действия постоянных изгибающих моментов M в железобетонных элементах прямоугольного сечения $H \times B$ с двойным армированием предполагается образование и развитие регулярной системы нормальных трещин в растянутой зоне бетона с шагом $L_T = 2L$ (рис.1).

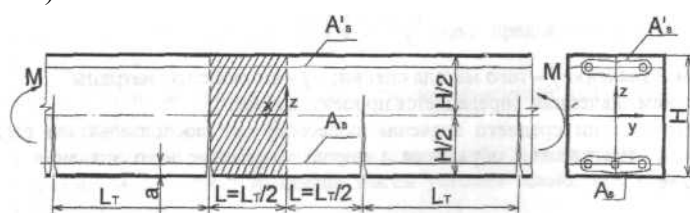


Рис. 1

После образования трещин изгибаемый элемент рассматривается как система деформирующихся блоков, разделенных равноотстоящими трещинами и взаимодействующих между собой через сохраняющий сплошность бетон, а также посредством сжатой и растянутой стержневой арматуры.

Напряженно-деформированное состояние нетрещиностойкого элемента является циклически симметричным относительно сечений с трещинами ($x = \pm L$) и сечений, равноудаленных от смежных трещин-близнецов ($x = 0$).

Проблема определения напряженно-деформированного состояния элемента сводится к решению контактной задачи для симметричной половины $H \times B \times L$ характерного блока.

Площадка контакта двух смежных блоков, в силу симметрии относительно сечений с трещинами, сохраняется плоской в процессе деформирования элемента.

Распределение продольных относительных деформаций ϵ_{bx} бетона по высоте сечения над трещиной принимается линейным. В центральном сечении расчетного блока продольные деформации бетона также считаются распределенными по линейному закону, но уже по всей высоте элемента H . Учитывается нелинейность распределения по высоте нормальных напряжений в сжатом бетоне как в сечении с трещиной, так и в центре блока.

При решении задачи работа растянутого бетона над трещиной за малостью не учитывается. Сжатые стержни арматуры работают совместно с окружающим бетоном вплоть до достижения элементом того или иного предельного состояния.

Деформирование сжатой и растянутой арматуры считается линейно-упругим. Взаимодействие растянутой арматуры с бетоном моделируется с помощью касательных напряжений сцепления $\tau_{сп}$ на контакте «арматура - бетон».

Для решения задачи составлена система из пяти уравнений: четыре уравнения равновесия и уравнение совместности перемещений. Основное решение заключается в оценке напряженно-деформированного состояния системы при заданной нагрузке и известных характеристиках сечения.

Полученная замкнутая система нелинейных уравнений дает возможность решать следующие инженерные задачи:

- определение локальных максимумов деформаций и напряжений и глубины трещины,
- оценка ширины раскрытия трещины $a_{кр}$,
- задаваясь для растягивающих напряжений бетона в центре блока (при $z = -\frac{H}{2}$) условием $\sigma_{bt}^c \leq R_{bt}$, можно уточнить шаг трещин рассматриваемого элемента,
- проверяя условие $\tau_o \leq 2 \cdot R_{bt}$, можно определить наступление предельного состояния по продергиванию растянутой арматуры,
- достижение растянутой арматурой предела текучести определяется проверкой условия $\sigma_s < R_s$,
- наступление предельного состояния для сжатого бетона определяется неравенством $\epsilon_b \geq \epsilon_{bt}$, либо $\sigma_b \geq R_b$,
- необходимость постановки поперечного армирования и его требуемая интенсивность определяется из условия образования трещин откола сжатой зоны бетона $\sigma_z \leq R_{bt}$, где σ_z - нормальные вертикальные напряжения в вершине трещины,
- определение кривизны продольной оси элемента в сечении с трещиной, а соответственно и изгибной жесткости нетрещиностойкого элемента

Для апробации предлагаемой модели были использованы результаты расчетов изгибаемых железобетонных элементов [3]. Качественное и количественное согласие результатов имеется.

Разработанная математическая модель дает реальную возможность оценить напряженно-деформированное и предельные состояния железобетонного элемента с единых методологических позиций.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бровкина М.В., Белов В.В. Физико-математическая модель оценки эксплуатационных и предельных состояний нетрещиностойких железобетонных элементов//XXX Неделя науки СПбГТУ: Материалы межвуз. науч. конф. - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2002. С.
2. Белов В.В. Силовое сопротивление массивных бетонных и железобетонных конструкций с трещинами и швами. — Автореф. дисс. докт. техн. наук, СПб, СПбГТУ, 1998.
3. Пересыпкин Е.Н. Расчет стержневых железобетонных элементов-М.: Стройиздат. 1988.
4. Попков,С.В. Сопротивление внецентренно-сжатых бетонных элементов при наличии трещин или швов в растянутой зоне. -Дисс...канд. техн. наук, Ленинград, ЛПИ, 1984.
5. Gyorgy L. Balazs. Bond model with non-linear bond-slip law//Studi e ricerche. - Politecnico di Milano,- 1987. №9.