

УДК 624.072.2.012

Н.В.Андреев (асп., каф. СКИМ), В.В.Белов, д.т.н., проф.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В БЕТОНЕ И АРМАТУРЕ ПРИ РАСЧЕТЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Проблемам оценки долговечности железобетонных конструкций уделяют все больше внимания в строительном мире. В настоящее время острота данной проблемы в Российской Федерации определяется значительной долей зданий, сооружений и объектов инфраструктуры, имеющих повышенный износ.

Железобетонные конструкции в процессе эксплуатации подвергаются комплексу одновременно и разновремененно действующих химических, физических и механических воздействий, следствием которых является снижение способности конструкций выполнять требуемые функции. Несомненно, необходим учет данных воздействий при прогнозировании срока службы новых и эксплуатируемых железобетонных конструкций.

Предлагаемый подход, использующий при расчете долговечности конструкций факторы деградации материалов, иллюстрируется на примере нетрещинностойкого прямоугольного железобетонного элемента сечением $B \times H$, испытывающего изгиб, внецентренное сжатие-растяжение. При этом деформирование происходит в условиях образования регулярной системы нормальных макротрещин, разделяющих элемент на блоки. Предполагается циклическая симметрия напряженно-деформированного состояния блочной системы как относительно сечений с трещинами, так и центральных сечений между трещинами, т.е. статистически нерегулярная система трещин, которая образуется в реальных конструкциях, без существенных погрешностей заменяется детерминированно регулярной системой. Гипотеза плоских сечений принимается только для центральных сечений (рис. 1).

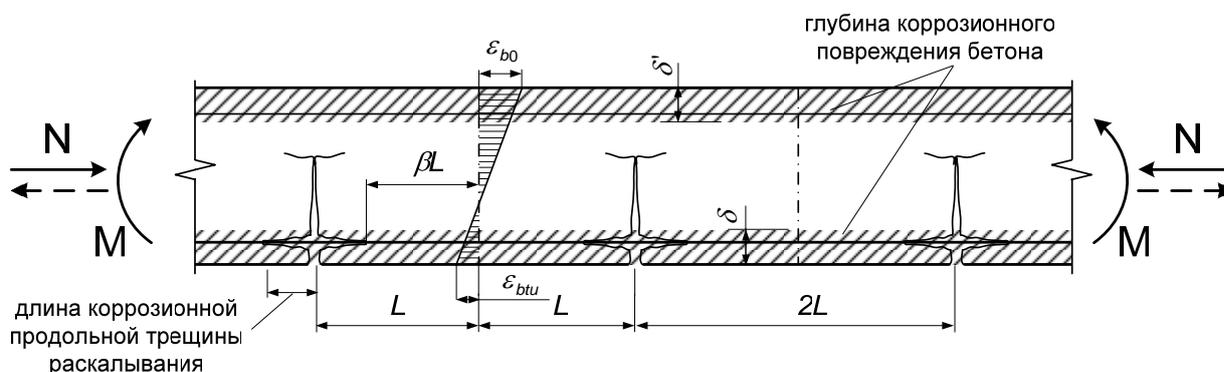


Рис. 1. Блочная модель деформирования железобетонного элемента

Предполагается, что верхняя и нижняя поверхности бетона подвержены коррозии на глубину δ . Глубина повреждения зависит от агрессивной среды и может быть выражена следующими формулами [1]:

– при воздействии хлоридов:

$$\delta(t) = \sqrt{12 \cdot D \cdot t} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{c_{th}}{c_s}} \right) \approx \sqrt{\left(12 \cdot \frac{10^{-7} \text{ см}^2}{10^{-8} \text{ см}^2} \right) \cdot t} \cdot 0,586; \quad (1)$$

– при карбонизации:

$$\delta(t) = c_{env} \cdot e_{air} \cdot 1860 \cdot R_g^{-1,7} \cdot \sqrt{t} . \quad (2)$$

Площадь сечения пораженной коррозией арматуры представляется в виде формулы:

$$A_{s,cor} = A_s(1 - \omega_s) \quad (3)$$

где ω_s – коэффициент коррозионного повреждения, зависящий от скорости коррозии. В свою очередь, скорость распространения коррозии арматуры зависит от защитного слоя бетона. Отсутствие или наличие трещин влияет на скорость коррозии арматуры.

Предполагается, что образующиеся продукты коррозии, которые имеют объем больший, чем исходный металл, создают избыточное давление p_{cor} . Принимая величину увеличения в 2 раза, получаем выражение для давления продуктов коррозии:

$$p_{cor} = \gamma_{cor} \cdot \frac{v \cdot t \cdot \left(1 - \frac{v \cdot t}{d_s}\right)}{1 - \frac{2 \cdot v \cdot t}{d_s}} . \quad (4)$$

С другой стороны, поперечное давление p зависит от ширины раскрытия δ_n продольной трещины [2]:

$$p = R_g \cdot \left(0,37 - 3,46 \frac{\delta_n}{d_s}\right) \quad (5)$$

Входящими параметрами модели долговечности являются текущие значения внутренних усилий от механических нагрузок, законы изменения прочностных и деформативных свойств бетона и арматуры в тех или иных режимах эксплуатации. Учитывается неоднородность свойств бетона и арматуры в связи с их коррозионным поражением по объему расчетного блока.

Разрешающая система уравнений состоит из уравнений равновесия, уравнений совместности и физических зависимостей коррозионно-поврежденных бетона и стальной арматуры. Используя зависимости изменения прочностных и деформативных свойств бетона и арматуры, а также характеристик сцепления бетона и арматуры от времени, появляется возможность численно оценить срок реализации комплекса предельных состояний.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Леонович С.Н. Коррозия арматуры: общие подходы к расчеты долговечности железобетонных конструкций // Вестник БГТУ. Строительство и архитектура. – 2002. №1(13). – с. 38-43.
2. P.Gambarova, G.Rosati, B.Zatto. Beams with corroded reinforcement: evaluation of the effect of cross-section losses and bond deterioration by finite element analysis. Studi e Ricerche, vol.10, pp. 34-40, 1989.