

МОДЕЛЬ ДЕФОРМИРОВАНИЯ КОРРОЗИОННО-ПОВРЕЖДЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ТРЕЩИНАМИ

Объекты строительства при эксплуатации могут испытывать одновременно физические, химические, биологические, атмосферные, силовые и другие виды воздействий. Комбинированное воздействие нагрузки и внешней среды приводят к ускоренному процессу коррозионного разрушения. Однако, теория долговечности строительных конструкций, получила развитие в основном с позиций химии процессов коррозии долговечности отдельных материалов. В частности, широко известны работы В.М.Москвина, Ф.М.Иванова, С.Н.Алексеева, Е.А.Гузеева [1]. Немногочисленные же предложения по расчету конструкций, работающих в агрессивных средах, имеют частный характер, так как основаны на эмпирических соотношениях (например, А.И.Попеско [2]).

Ниже представлена модель деформирования железобетонных элементов, работающих с нормальными трещинами или швами в условиях агрессивной окружающей среды.

Из многочисленных опытов известно, что при таких условиях происходит образование и развитие регулярной системы трещин в растянутой зоне бетона. Преимущественно трещины располагаются на примерно одинаковом расстоянии $L_{\text{срс}} = 2L$ одна от другой, имеют одинаковую глубину $H_{\text{срс}}$ и ширину раскрытия $a_{\text{срс}}$ (рис.1).

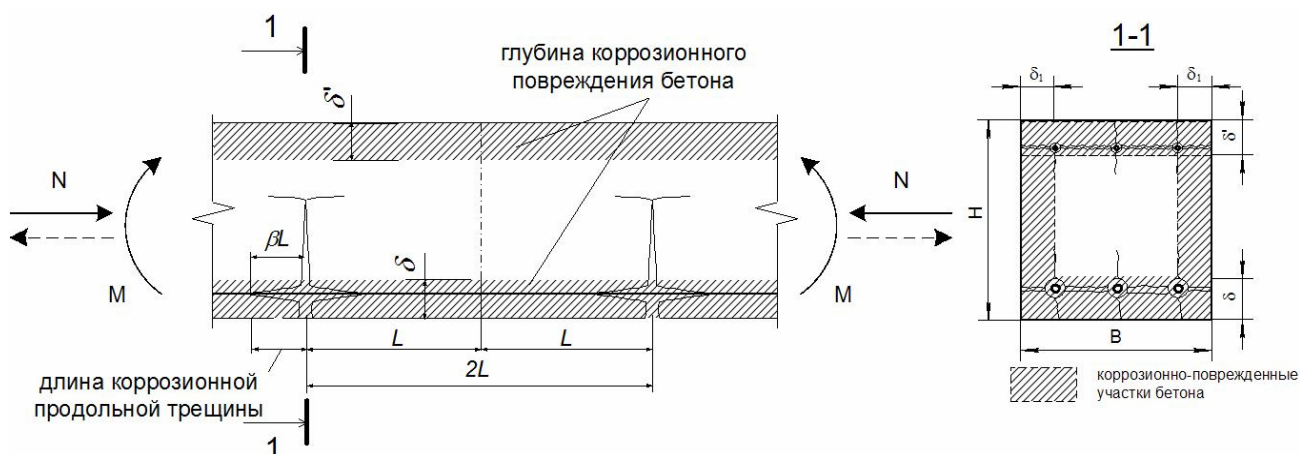


Рис. 1. Схема стержневого элемента при силовых и коррозионных воздействиях

После образования трещин изгибаемый элемент можно рассматривать как регулярную систему деформирующихся блоков, разделенных равноотстоящими трещинами и взаимодействующих между собой через сохраняющий сплошность бетон, а также посредством сжатой A'_s и растянутой A_s стержневой арматуры. При этом напряженно-деформированное состояние нетрещиностойкого элемента является циклически симметричным относительно сечений с трещинами ($x = \pm L$) и сечений, равноудаленных от смежных трещин-близнецов ($x = 0$). При таком подходе проблема определения напряженно-деформированного состояния элемента сводится к решению плоской задачи для симметричной половины $S \times L$ характерного блока.

Пренебрегая за малостью поперечными смещениями и ограничиваясь рассмотрением одноосного напряженного состояния, получаем разрешающую систему уравнений, которую составляют условия статической эквивалентности $\Sigma N = 0$, $\Sigma M = 0$, а также кинематические зависимости для центрального сечения блока $x = 0$ и для сечения с трещиной $x = L$.

Для удобства разрешающая система уравнений приводится к безразмерной канонической форме с нормированием неизвестных:

- относительная высота сжатой зоны бетона $\xi = H_c/H_0$;
- уровень относительных деформации наиболее сжатого бетона в сечении с трещиной ϵ_b/ϵ_{bu} ;
- относительные деформации растянутой арматуры в сечении с трещиной ϵ_s/ϵ_{SR} .

Решение системы уравнений позволяет с единых методологических позиций оценить наступление следующих предельных состояний:

- достижение растянутой арматурой в трещине предела текучести по условию $\sigma_s = R_s$;
- исчерпание несущей способности сжатого бетона в сечении с трещиной по условиям $\varepsilon_b = \varepsilon_{bu}$ либо $\sigma_b = R_b$;
- разрушение системы сцепления с продергиванием растянутой арматуры из условия $\tau_0 = k \cdot R_{bt}$;
- образование вторичных трещин откола сжатой зоны бетона, исходящих из вершины нормальной трещины, по условию $\sigma_z = R_{bt}$;
- образование продольных коррозионных трещин в окрестностях арматурных стержней при $p = R_{bt}$;
- чрезмерность раскрытия трещин $a_{crc} = a_{crc,ult}$;
- чрезмерность прогибов $f = f_{ult}$.

Негативное влияние агрессивных сред на железобетонный элемент моделируется следующими параметрами:

- зоны деградированного бетона с различными глубинами поражения агрессивными средами $\delta, \delta', \delta_1$ (см. рис.1);
- уменьшение диаметра стержней арматуры d_s, d'_s ;
- образование и развитие продольной коррозионной трещины с длиной $\beta \cdot L$ ($\beta < 1$).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М.Москвин, Ф.М.Иванов, С.Н.Алексеев, Е.А.Гузеев; Под общ. ред. В.М.Москвина. – М.: Стройиздат, 1980. – 536 с., ил.
2. Работоспособность железобетонных конструкций, подверженных коррозии/ А.И.Попеско; СПбГАСУ. – СПб., 1996. -182 с.