

РАБОТА СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АГРЕССИВНОЙ СРЕДЕ

Кобринец В.М., Заволока Ю.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Наведені формули роботи стиснутих залізобетонних елементів у агресивному середовищі. Рішення поставлених задач можуть бути використані при проектуванні і на стадії експлуатації залізобетонних конструкцій, коли несиловий вплив зсунуто у часі відносно прикладення навантаження.

Такими элементами являются сжатые стержни ферм, колонны каркасов, стойки рамных конструкций и т.п.

Рассмотрим симметричный износ окружающей среды, при котором не нарушается напряженное состояние центрального сжатия (рис.1).

Первоначально фронт воздействия проникает на глубину, при которой арматура не подвергается коррозии.

Математическая модель коррозионного износа под воздействием газо-воздушной среды принята в таком виде [1]

$$h_k(t) = h_k(\infty) \cdot e^{-\frac{\beta}{t}} \quad (1)$$

Зависимость (1) получена при обследовании ГОК Норильска. Среда содержит газы литейного производства, $h_k(\infty) = 85 \text{ мм}$, $\beta = 30, 15, 7, 5$ - для слабо, средней и сильно агрессивной среды.

Площадь одного коррозионного слоя согласно рис.1в

$$A_k(t) = h_k(\infty) \cdot h_0 \cdot e^{-\frac{\beta}{t}} \quad (2)$$

Напряжения в бетоне определяются с учетом упругопластических деформаций итерационно.

1. Определение начальных напряжений, когда фронт воздействия еще не проник в тело колонны для времени $t_0 = 0$.

Расчет начинается с задания начального значения коэффициента упругопластических деформаций ν_0 .

При этом некоторый ориентир могут дать напряжения σ_0

$$\sigma_0 = \frac{P}{A_0} \quad (3)$$

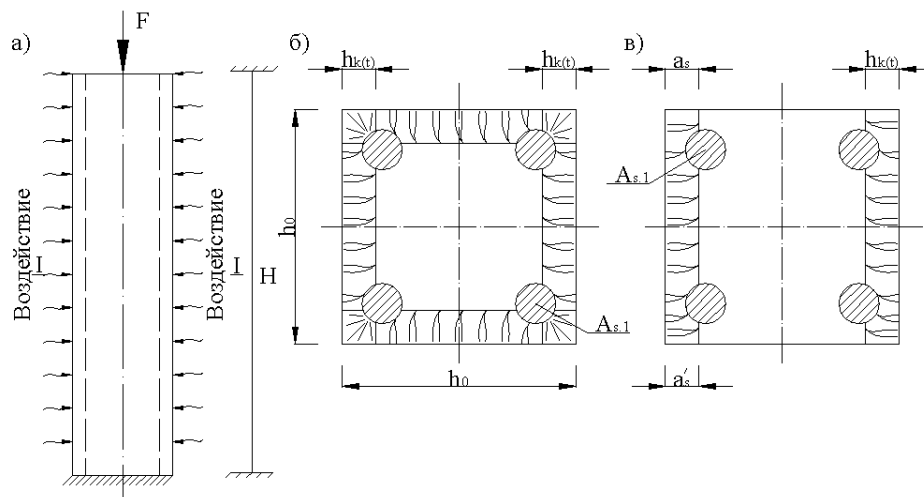


Рис.1 а) схема силового и несилового воздействия; б) износ по всему периметру; в) износ по части периметра

Алгоритм определения напряжений для $t_0 = 0$.

1.1. Вычислить σ_0 по (3).

1.2. Задать ν_0

1.3. Вычислить секущий модуль упругости бетона при $\nu = \nu_0$

$$E'_b = E_b \cdot \nu_0 \quad (4)$$

1.4. Вычислить коэффициент армирования

$$\mu_s = \frac{A_s}{A_b} \quad (5)$$

Здесь A_s - суммарная площадь арматурных стержней.

Площадь A_b - это площадь всего сечения A_0 за вычетом площади арматуры и коррозионных слоев

$$A_b = A_0 - A_s - A_k(t) \quad (6)$$

При $t_0 = 0$ $A_k(t) = 0$

1.5. Вычислить коэффициент α'_s при ν_0 .

$$\alpha'_s = \frac{E_s}{\nu E_b} \quad (7)$$

$$\sigma_{b(t_0)} = \frac{\sigma_0}{1 + \mu_s \cdot (\alpha'_s - 1)}, \quad (8)$$

1.6. Определить

1.7. Определить напряжения в арматуре

$$\sigma_s = \alpha'_s \cdot \sigma_{b(t_0)} \quad (9)$$

По напряжениям в бетоне $\sigma_{b(t_0)}$ определяется уровень напряжений

$$\eta_\sigma = \frac{\sigma_{b(t_0)}}{R_b} \quad (10)$$

По уровню напряжений вычисляется новое значение $\bar{\nu}$ по формуле (11), которая получена для двуквадратного закона деформирования [2]

$$\bar{\nu} = \frac{\eta_\sigma}{2(1 - \sqrt{1 - \eta_\sigma})} \quad (11)$$

Это новое значение нужно просуммировать с ν_0 и вычислить ν_1 .

$$\nu_1 = \frac{\nu_0 + \bar{\nu}}{2} \quad (12)$$

По ν_1 выполняется следующая итерация, начиная с формулы (4). Если результат будет отличаться от предыдущего больше, чем на 5 %, нужно выполнить последующие итерации до сходимости.

2. Определение напряжений для времени $t_i > t_0$.

2.1. Принять ν_1 из предыдущего расчета, уменьшив его на 5-7%.

2.2. Вычислить E'_b по (4) и α'_s по (7)

2.3. Вычислить коэффициент коррозионного износа

$$\mu_k(\infty) = \frac{8,5 \text{ см}}{h_b \text{ см}} \quad (13)$$

2.4. Вычислить напряжения в бетоне для заданного времени t_i

$$\sigma_{b(t_i)} = \frac{\sigma_0}{1 + \mu_s \cdot (\alpha'_s - 1) - 2\mu_k(\infty) \cdot e^{-\beta t_i}} \quad (14)$$

Со временем площадь колонны вследствие коррозионного износа уменьшается

$$A_{b(t_i)} = A_0 - h_b 17 e^{-\beta t_i} - A_s, \quad (15)$$

а коэффициент армирования увеличивается

$$\mu_{s(t_i)} = \frac{A_s}{A_{b(t_i)}}, \quad (16)$$

что может отразиться на $\sigma_b(t)$.

2.5. Вычислить уровень напряжений по (10).

2.6. Вычислить новое значение $\bar{\nu}$ по (11), затем ν_i по (12) после чего идти к п. 2.2 для выполнения следующей итерации. Расчет вести до сходимости.

2.7. Вычислить напряжения в арматуре по (9) с заменой t_0 на t_i .

3. Определение времени исчерпания несущей способности по бетону.

Напряжения в бетоне по мере продвижения фронта воздействия среды со временем возрастают и могут достичь расчетного сопротивления. Исчерпание несущей способности происходит при $\sigma_b = R_b$ и $\nu = 0,5$

$$t_{н.с.} = \frac{\beta}{\ln \left[\frac{2 \cdot \mu_{k(\infty)}}{1 + \mu_s(t_{н.с.}) \cdot \left(\frac{2E_s}{E_b} - 1 \right) - \frac{\sigma_0}{R_b}} \right]} \quad (17)$$

Но вычисление $t_{н.с.}$ осложняется тем, что оно само зависит от $t_{н.с.}$. Задавая первое значение $t_{н.с.}$ нужно вычислить μ_s по (16) подставить его в (17) и вычисление выполнить последовательно приближаясь конечному значению.

Здесь нужно учесть, что воздействие ограничено по глубине проникновения коррозионного износа глубиной $h_k(\infty) = 8,5 \text{ см}$. Поэтому $A_b(\infty)$ по (15) и $\mu_s(\infty)$ по (16) имеет ограничения снизу и сверху.

Значит, есть граница и для $t_{н.с.}$. Это может быть ориентиром для задания первого значения $t_{н.с.}$.

4. Определение первоначальной площади колонны в момент приложения нагрузки и после воздействия среды, чтобы обеспечить несущую способность к концу заданного времени эксплуатации t_3 .

$$A_{t_0, t_3} = A_0 \left[\frac{C_0}{R_b} + \mu_{k(\infty)} e^{-\beta t_0} - \mu_s(t_3) \left(\frac{2E_s}{E_b} - 1 \right) \right] \quad (18)$$

Площадь A_0 принимается в расчете до начала влияния агрессивной окружающей среды.

Выводы

1. Вычисления по пунктам 1-4 нужно уточнить, если арматура окажется в зоне воздействия, тогда необходимо учесть уменьшение площади арматуры вследствие коррозии.

2. Решения поставленных задач могут быть использованы при проектировании и на стадии эксплуатации когда несиловое воздействие сдвинуто по времени относительно приложения нагрузки.

Summary

Formulas of calculation of state, dependences of time of reliable operation and necessary area of section of an element are given.

1. Сетков В.Ю., Шибанова К.С., Шумилкин Ю.А., Захаров В.З. Долговечность железобетонных балок перекрытия промышленных зданий и сооружений предприятий Норильского горнометаллургического комбината // Изв. вузов. Строительство и архитектура.-1986. №2.- с.4-6.

2. Дорофеев В.С., Борданов В.Ю. Расчет изгибаемых элементов с учетом полной диаграммы деформирования бетона – Одесса: Издательство ОГАСА.- 210с.