

Испытание конструкции производится при приложении сосредоточенных нагрузок, эквивалентных активному ветровому давлению и равномерно распределенной вертикальной нагрузке.

По результатам испытаний фактическая ширина раскрытия трещин при контрольной нагрузке для панели составила $a_{crс} = 0.1 \text{ мм}$, что не превышает контрольного значения ширины раскрытия трещин $[a_{crс}] = 0.25 \text{ мм}$.

По результатам испытаний фактические значения прогиба при приложении контрольной нагрузки составили: для панели $f = 7.3 \text{ мм}$, что не превышает значение предельного прогиба $[f] = 36 \text{ мм}$.

Выводы. По результатам расчета конструкции стеновой панели установлено, что при совместной работе внутреннего и наружного железобетонных слоев панели прочность нормальных сечений при воздействии активного и пассивного ветрового давления обеспечивается. При расчете на устойчивость гибких связей, обеспечивающих совместную работу железобетонных слоев стеновых панелей, несущая способность обеспечивается. В результате выполненных контрольных испытаний для определения прочности, жесткости и трещиностойкости стеновых панелей фактическая ширина раскрытия трещин, значения прогибов не превышают контрольных значений. Конструкции стеновых панелей по результатам расчета и испытаний обеспечивают требования норм по первой и второй группам предельных состояний.

1. ДБН В.2.6-31:2006. *Конструкції будівель та споруд. Теплова ізоляція будівель.* – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 70 с. 2. Король Е.А. *Трехслойные ограждающие железобетонные конструкции из легких бетонов и особенности их расчета: Монография.* – М.: Издательство АВС, 2001. – 256 с. 3. Стронгин Н.С., Баулин Д.К. *Легкобетонные конструкции крупнопанельных, жилых домов.* – М.: Стройиздат, 1984. – 184 с. 4. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 *Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування.* – К.: Міністерство будівництва, 2007. 5. СНиП 2.03.01-84 *“Бетонные и железобетонные конструкции”.* – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.

УДК 620.19

Н.В. Савицкий, И.Н. Матюшенко, С.Е. Шехоркина, Л.М. Лаухина

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, г. Днепропетровск

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОДУКТОВ КОРРОЗИИ АРМАТУРЫ НА БЕТОН ЗАЩИТНОГО СЛОЯ

© Савицкий Н.В., Матюшенко И.Н., Шехоркина С.Е., Лаухина Л.М., 2010

Подано інформацію про математичну модель для визначення тиску продуктів корозії арматури на бетон захисного шару.

Ключові слова: довговічність, корозія, арматура, захисний шар бетону.

The article contains information about the mathematical model for evaluation the reinforcement corrosion products pressure on the concrete cover.

Keywords: durability, corrosion, reinforcement, concrete cover.

Одним из основных критериев проектирования железобетонных конструкций является недопущение коррозии арматуры, в то время как в реальных условиях эксплуатации эти процессы нередко возникают и приводят к снижению долговечности конструкции.

Цель работы – разработка модели для определения давления продуктов коррозии арматуры на бетон защитного слоя.

При условии, что коррозия арматуры имеет общий характер, т. е. продукты коррозии равномерно распределены по всей поверхности арматурного стержня [2, 3], давление, которое оказывает ржавчина на окружающий арматуру бетон, может быть определено с использованием такой модели. Бетон рассматривается как толстостенный цилиндр с расположенным внутри арматурным стержнем.

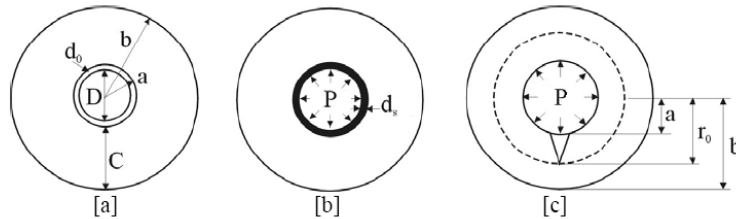


Рис. 1. Модель для определения давления продуктов коррозии на защитный слой бетона

На рис. 1:

– внутренний радиус бетонного цилиндра; $b = C + (D + 2d_0)/2$ – внешний радиус бетонного цилиндра; C – толщина защитного слоя бетона; D – диаметр арматуры; d_s – слой продуктов коррозии, оказывающий давление на бетон; d_0 – толщина слоя пор бетона на границе с поверхностью арматуры; P – давление слоя продуктов коррозии.

Давление продуктов коррозии на окружающий бетон определяется на основании теории упругости [5] как радиальные напряжения в любой точке поперечного сечения цилиндра по формуле:

$$P = \frac{2E_{ef}d_s}{(D + 2d_0) \left(\frac{b^2 + a^2}{b^2 - a^2} + u_c \right)}, \quad (1)$$

где u_c – коэффициент Пуассона для бетона; E_{ef} – эффективный модуль упругости бетона, который определяется по формуле:

$$E_{ef} = E_c / (1 + j_{cr}), \quad (2)$$

где E_c – модуль упругости бетона; j_{cr} – коэффициент ползучести бетона; d_s – слой продуктов коррозии, оказывающий давление на бетон.

Объем продуктов коррозии на единицу длины арматурного стержня можно вычислить по формуле:

$$V = p(d_s^2 + D \cdot d_s), \quad (3)$$

$$V = \frac{m_{rust}}{r_{rust}}, \quad (4)$$

где m_{rust} – масса ржавчины, r_{rust} – плотность ржавчины.

Приравняв выражения (3) и (4) и решив полученное уравнение относительно d_s , получим:

$$d_s = \frac{1}{2} \left(\sqrt{D^2 + \frac{4m_{rust}}{p \cdot r_{rust}}} - D \right), \quad (5)$$

Подставляя (5) в (1) и учитывая, что толщина пленки продуктов коррозии является функцией времени, получим зависимость давления продуктов коррозии на защитный слой бетона от их толщины:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{2E_{ef} \frac{1}{2} \left(\sqrt{D^2 + \frac{4m_{rust}}{p \cdot r_{rust}}} - D \right)}{(D + 2d_0) \left(\frac{b^2 + a^2}{b^2 - a^2} + u_c \right)}. \quad (6)$$

Моделирование воздействия продуктов коррозии на окружающий арматуру бетон было выполнено в программном комплексе MathCAD14. В результате получены графики роста слоя продуктов коррозии и вызванного ними давления на бетон в зависимости от массы ржавчины.

На рис. 2–3 приведены результаты моделирования при коррозии арматуры в бетоне с $V/C=0.6$, диаметр арматуры 10 мм, толщина защитного слоя 25 мм при коррозии арматуры при относительной влажности воздуха 60 % и 80 %.

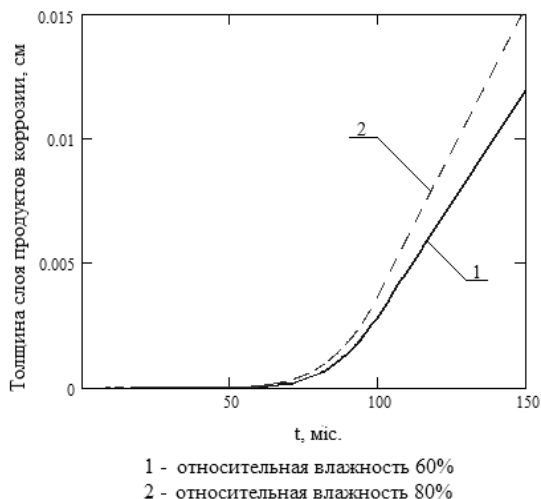


Рис.2. График роста слоя ржавчины на поверхности арматуры в результате коррозии в бетоне с $V/C=0.6$ при относительной влажности воздуха 60 % и 80 %

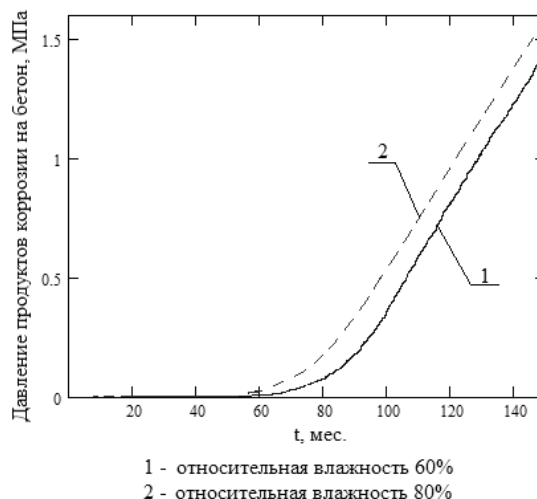


Рис.3. График роста давления продуктов коррозии на бетон с $V/C=0.6$ при относительной влажности воздуха 60 % и 80 %

Выводы. Выведена зависимость давления продуктов коррозии арматуры на бетон от толщины их слоя на ее поверхности. Получены графики для толщины слоя ржавчины на поверхности арматуры и давления на окружающий бетон. Полученные зависимости могут быть использованы для расчета и прогнозирования долговечности железобетонных конструкций.

1. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1986. – 48 с. 2. Алексеев С.Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне. – М.: Стройиздат, 1968. – 231 с. 3. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С.Н.Алексеев, Ф.М.Иванов, С.Модры, П.Шисль. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с. 4. Москвин В.М., Алексеев С.Н., Вербецкий Г.П., Новгородский В.И. Трещины в железобетоне и коррозия арматуры. – М.: Стройиздат, 1971. – 144 с. 5. Liu, Y. Modeling the Time-to-Corrosion Cracking of the Cover Concrete in Chloride Contaminated Reinforced Concrete Structures. PhD Thesis. – Virginia, USA, 1996. – 128 pp. 6. J.J. Zheng, C.Q. Li and W. Lawanwisut. Modeling of Crack Width in Concrete Structures Due to Expansion of Reinforcement Corrosion. International Conference on Durability of Building Materials and Components LYON [France] 17–20 April 2005.