

РАЗЪЯСНЕНИЕ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ И РАСЧЕТ СРОКОВ ИХ СЛУЖБЫ ПО ПРИЗНАКУ КАРБОНИЗАЦИИ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

Аннотация

В статье приведено разъяснение расчета сроков службы мостовых конструкций по параметру карбонизации защитного слоя бетона.

Аннотация

Мақалада көпір конструкциялары бетонының қорғаныс қабатының карбонизациялау параметрі бойынша қызмет мерзімдерін есептеу түсіндірілген.

Abstract

The article provides an explanation of the calculation of the service life of bridge structures by the carbonization parameter of the protective layer of concrete.

Для железобетонных конструкций, эксплуатируемые в условиях интенсивного движения транспорта, утрата бетоном защитных свойств является условием для начала коррозии с последующим разрушением конструкции.

Замеры глубины карбонизации слоя показали, что ее математическое распределение подчиняется нормальному закону. Это позволяет рассчитать потерю защитных свойств слоя бетона на основе вероятностных подходов.

Вероятность того, что потеря толщины защитного слоя бетона достигает предельного значения и оказывает негативное влияние на поверхность арматуры можно записать в виде условия [1]:

$$P(a_{пр}) \geq P_n \quad (1)$$

где $a_{пр}$ – предельная величина защитного свойств слоя бетона, мм;

P_n – нормативное значение безотказности конструкции по показателю глубины карбонизации слоя бетона.

Учитывая, что плотность распределения глубины карбонизации и толщины защитного слоя бетона подчиняется нормальному закону, выражение (1) можно расширить в виде [1, с. 509]:

$$\frac{\bar{a}-x}{\sqrt{(V\bar{a}\cdot\bar{a})^2+(Vx\cdot x)^2}} \geq \gamma_n \quad (2)$$

где \tilde{a} , $V_{\tilde{a}}$ – математическое ожидание и коэффициент вариации распределения защитного свойства слоя бетона;

V_x , x – математическое ожидание и коэффициент вариации распределения глубины карбонизации слоя бетона.

γ_n – характеристика безопасности.

Величина γ_n , называемая характеристикой безопасности, в соответствии с нормальным законом распределения соответствует определенной степени надежности. Для мостов, обладающих высокой степенью ответственности, данный показатель равен 0,95. Это означает, что за период эксплуатации из ста мостовых балок 95 должны иметь показатель безопасности не ниже нормативного.

Для нормального распределения величин несущих конструкций с обеспеченностью 0,95 нижняя граница величины, гарантирующей вероятность показателя безопасности, равного 95%, определяется как:

$$\Phi(u_{\min}) = 0,95 - 0,5 = 0,45 \quad (3)$$

где $\Phi(u_{\min})$ – наименьшее значение показателя функции.

Из таблицы интегралов находим, что значению $\Phi(u_{\min}) = 0,45$ соответствует квантиль $u = 1,64$. Т.е. $\gamma_n = 1,64$. Например, для конструкций промзданий с надежностью 0,9 $\gamma_n = 1,28$.

Вероятность того, что за определенное время глубина слоя карбонизации бетона и средняя толщина защитного слоя окажутся одинаковыми равна $m=0,5$.

Тогда формулу (2) можно переписать в виде:

$$\frac{\tilde{a} - \dot{K}_{\text{э}} \cdot T_{\text{carb}}^m}{\sqrt{(V_{\tilde{a}} \cdot \tilde{a})^2 + (V_{\dot{K}_{\text{э}}} \cdot \dot{K}_{\text{э}} \cdot T_{\text{carb}}^m)^2}} \geq \gamma_n \quad (4)$$

где $\dot{K}_{\text{э}}$ и $V_{\dot{K}_{\text{э}}}$ – математическое ожидание и коэффициент вариации скорости карбонизации;

T_{carb}^m – срок службы конструкции, при котором защитный слой бетона потеряет свою функциональность по отношению к арматуре, т.е. $m=0,5$.

Условие (2) позволяет определить срок службы защитного слоя бетона с обеспеченностью 0,95. Тогда срок службы по карбонизации защитного слоя можно переписать в виде:

$$T_{\text{carb}} = \left(\frac{\tilde{a}}{\dot{K}_{\text{э}}} \cdot \frac{1 - \sqrt{1 - (1 - \gamma_n^2 V_{\tilde{a}}^2) \cdot (1 - \gamma_n^2 V_{\dot{K}_{\text{э}}}^2)}}{1 - \gamma_n^2 V_{\dot{K}_{\text{э}}}^2} \right)^{1/m} \quad (5)$$

Определим время карбонизации защитного слоя бетона мостовой балки пролетом 21 м и сравним с нормативным сроком $T_n=80$ лет при следующих условиях:

- толщина защитного слоя бетона $\tilde{a}=45$ мм;
- коэффициент вариации толщины защитного слоя карбонизации (учтем среднее значение для мостовых конструкций) $V_{\tilde{a}}=0,25$ (2, табл.5.1);
- характеристика безопасности $R_n=0,95$ $\gamma_n=1,64$;
- математическое ожидание скорости карбонизации (учтем среднее значение) $K_{\tilde{a}}=5,0$ мм/год^{0.5};
- коэффициент вариации скорости карбонизации (учтем минимальное значение для мостовых конструкций) $V_{K_{\tilde{a}}}=0,3$.

Расчет ведем по формуле при (5) при $m=0,5$:

$$T_{carb} = \left(\frac{45}{2} \cdot \frac{1 - \sqrt{(1 - (1 - 1,64^2 \cdot 0,3^2)) \cdot (1 - 1,64^2 \cdot 0,25^2)}}{1 - 1,64^2 \cdot 0,3^2} \right)^2 = 135 \text{ лет}$$

Т.е. $T_{carb} = 135 > T_n = 80$ лет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чирков В.П. Прикладные методы теории надежности в расчетах строительных конструкций. – М.: Маршрут, 2006. – 620с.
2. Методика расчетного прогнозирования срока службы железобетонных пролетных строений автодорожных мостов – М.: Росавтодор, 2002.

УДК 624.1

**Кумар Д.Б. (КазНУ им. Аль-Фараби)
Мурзалина Г.Б. (КУПС)
Турдали Б. (КУПС)**

РАЗЪЯСНЕНИЕ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ И РАСЧЕТ СРОКОВ ИХ СЛУЖБЫ ПО ПРИЗНАКУ ВЫНОСЛИВОСТИ АРМАТУРЫ

Аннотация

В статье приведено разъяснение расчета сроков службы мостовых конструкций балок по выносливости арматуры.

Аннотация

Мақалада көпір конструкцияларының арматураның шыдамдылығы бойынша жұмыс мерзімін анықталуы түсіндірілген.

Abstract

The article provides an explanation of the calculation of the service life of bridge structures of beams for endurance of reinforcement

Рассчитываемый по моделям и выносливости срок службы плиты позволяет прогнозировать время ремонта, а также время, необходимое для изменения условия движения на мосту.

В общем случае расчет производится на основе гипотезы линейного суммирования усталостных напряжений и определяется по формуле [1]:

$$T = \frac{1}{n_1 \int_{\sigma_0} \frac{p(\sigma) d\sigma}{N(\sigma, \sigma_n)}} \quad (1)$$

где $N(\sigma, \sigma_n)$ — кривая выносливости арматуры, зависящая от класса арматуры, концентрации напряжений, уровня постоянных напряжений, условий работы арматуры в теле бетона;

σ_0 — напряжения, ниже которых не происходит накопление усталостных напряжений.

В практическом плане расчет срока службы по исчерпанию выносливости арматуры на основе применения гипотезы линейного суммирования повреждений с учетом изложенных соображений выполняют по формуле [1, с.592]:

$$T = \frac{N_1}{n_1} \cdot \left(\frac{1 + \gamma V_s}{\eta_s} \right)^m \quad (2)$$

где V_s — коэффициент вариации прочности арматуры, принимаемый на основе анализа статистической обработки результатов испытаний на разрыв образцов арматуры, поступавших на завод-изготовитель, при вариантном проектировании могут быть приняты коэффициенты вариации, отраженные в нормативных документах;

m — параметр кривой выносливости арматуры, принимаемой согласно табл. [2]:

γ — характеристика безопасности, для обеспеченности расчетного срока службы $P=0.99$, которую можно принять в расчетах при воздействии повторных нагрузок, $\gamma = -2,33$;

n_1 — число циклов нагружения;

$N_1 = 2 \cdot 10^6$;

η_s — коэффициент, характеризующий уровень напряжений в арматуре с учетом статистической изменчивости нагрузки, определяемый по следующей формуле:

$$\eta_s = \frac{\sigma_s}{\alpha \sigma_u} \quad (3)$$

σ_s — напряжение в арматуре от эксплуатационной нагрузки;

α — коэффициент, зависящий от уровня напряжений, постоянной нагрузки $\alpha_n = \frac{\sigma_n}{\sigma_u}$ и от коэффициента вариации эксплуатационной нагрузки V_σ ,

значения коэффициента α приведены в табл. [1, с.593].

Расчетный срок службы по исчерпанию выносливости арматуры, определенный согласно (2), должен быть не менее нормативного.

Рассчитаем срок службы пролетного строения мостовой балки пролетом 21 м при следующих данных:

- длина пролета $L=20,4$ м;
- годовое число циклов нагружения $n_1=17\ 000$ циклов в соответствии с табл. 4 п.3.4 [2];

- коэффициент вариации эксплуатационной нагрузки $V\sigma = 0,1$;
- класс арматуры канаты К-7 диаметром 15мм по [3] с временным сопротивлением $\sigma_u=1670$ МПа [3] и коэффициентом вариации прочности арматуры $Vs=0,066$ – для высокопрочной гладкой проволоки;

- напряжения в арматуре от полной нагрузки и предварительного натяжения $\sigma_s = 832$ МПа;

- напряжения в арматуре от предварительного натяжения и постоянной нагрузки $\sigma_n = 804$ МПа.

Значения коэффициента α определяем по табл. 4.3 [2]: при $\alpha_n = 804/1670 = 0,481$ и $V\sigma = 0,1$ величина $\alpha = 0,600$.

тогда $\eta_s = 832 / (0,600 \cdot 1670) = 0,83$.

Отношения напряжений в арматуре от полной нагрузки и от минимальных, ниже которых не требуется расчет сроков службы, к временному сопротивлению арматуры соответственно равны: $\sigma_s/\sigma_u = 832/1670 = 0,498$, $\sigma_1/\sigma_u = 0,490$. Тогда $m = 38$ (табл.4.3 [2]).

Так как $\sigma_s > \sigma_1$ значение срока службы по исчерпанию выносливости напрягаемой арматуры согласно формуле (2) равно:

$$T = \frac{2 \cdot 10^6}{17\ 000} \left(\frac{1 - 2,33 \cdot 0,066}{0,83} \right)^{38} = 245 \text{ лет}$$

$T > T_y = 118$ лет

где $T_y = 118$ лет – условный срок службы по табл.4 п.3.4 [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чирков В.П. Прикладные методы теории надежности в расчетах строительных конструкций. – М.: Маршрут, 2006. – 620с.

2. Методика расчетного прогнозирования срока службы железобетонных пролетных строений автодорожных мостов – М.: Росавтодор, 2002.

3. ГОСТ 13840-68. Канаты стальные арматурные 1х7. Технические условия – М., Издательство стандартов, 1995г.