

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

Нестеренко В.В., канд. техн. наук, доцент

Белорусский национальный технический университет

(г. Минск, Республика Беларусь)

Введение

Имеющийся в настоящее время опыт вероятностного расчета строительных конструкций подтверждает экономическую целесообразность расчета и проектирования конструкций на основе учета случайной природы исходных параметров.

В настоящей работе рассматривается степень точности расчета железобетонных балок серии 3.503.1–73 «Пролетные строения без диафрагм длиной 12, 15 и 18 метров из железобетонных балок таврового сечения с ненапрягаемой арматурой для автодорожных мостов» по действующим нормам проектирования [1].

На основе статистической обработки информации о параметрах, определяющих прочность балок, были проанализированы

распределения отношений $\frac{M^{act}}{M^{not}}$, где M^{act} – прочность балки,

вычисленная по средним фактическим значениям параметров конструкции $(R_{bm}^{act}, R_{sm}^{act}, A_{sm}^{act}, b_m^{act}, h_{0m}^{act})$; M^{not} – прочность балки,

вычисленная по средним проектным значениям прочности материалов $(R_{bm}^{not}, R_{sm}^{not}, A_s^{not}, b^{not}, h_0^{not})$.

Исходные данные. Фактическая и проектная изменчивость прочности бетона и арматуры была принята по [1] одинаковой. Изменчивость геометрических размеров поперечного сечения балок и толщины защитного слоя бетона установлена расчетным путем исходя из допусков по ГОСТ 21779-82 «Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски» и ГОСТ 13015.0-83 «Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Общие технические требования».

Полученные данные приведены в таблице 1. Изменчивость площади сечения арматуры принята равной 3,5 % [2].

Результаты вероятностного расчета. Обобщенные статистические характеристики для отношения $\frac{M^{act}}{M^{not}}$ определялись путем проведения численного эксперимента с помощью программного комплекса «Прогноз» при 1000 статистических испытаниях. В таблице 2 приведены результаты численного эксперимента. Для балки Б1–12–1 численный эксперимент выполнялся при разных значениях $\xi = \frac{x}{h_0}$.

Полученные средние значения $\left(\frac{M^{act}}{M^{not}}\right)_m$ характеризуют точность расчетов, а от стандартных отклонений σ_M и коэффициентов вариации V_M зависит надежность этих расчетов.

В таблице 3 представлены обобщенные статистические характеристики для параметров, определяющих прочность балок пролетного строения.

Из результатов численного эксперимента следует, что отношение $\left(\frac{M^{act}}{M^{not}}\right)_m$ изменяется в зависимости от ξ и прочности нормального сечения (величины пролета) балки. С увеличением значения ξ , отношение $\left(\frac{M^{act}}{M^{not}}\right)_m$ уменьшается, а точность и надежность расчетов повышается. С увеличением прочности сечения (величины пролета) балки, отношение $\left(\frac{M^{act}}{M^{not}}\right)_m$ увеличивается. При этом σ_M и V_M также возрастают.

Среднее значение отношения $\left(\frac{M^{act}}{M^{not}}\right)_m$ возрастают от 1,0215 для балки марки Б1–12–1 до 1,0654 для балки марки Б1–18–1. Существенно повлияло на значение и изменчивость отношения

$\left(\frac{M^{act}}{M^{not}}\right)_m$, в сторону увеличения, повышение сопротивления рабочей арматуры растяжению. Так, использование в балках марки Б1–12–3 рабочей арматуры класса А400 привело к увеличению, по сравнению с балками марки Б1–12–1, значения отношения $\left(\frac{M^{act}}{M^{not}}\right)_m$ на 4 %, а коэффициента изменчивости этого отношения в 3,5 раза.

У параметров, определяющих прочность балок, наибольшая изменчивость у высоты x сжатой зоны бетона сечения. Изменчивость x находится в пределах 26...37 % и зависит от изменчивости прочности бетона и арматуры.

Значения коэффициентов однородности несущей способности j и соответствующие им минимальные коэффициенты надежности γ_{min} приведены в таблице 4.

При вычислении значений j и γ_{min} , использовались следующие зависимости [3]:

$$j = \left(\frac{M^{act}}{M^{not}}\right)_m \cdot (1 - n \cdot V_M) = \left(\frac{M^{act}}{M^{not}}\right)_m \cdot (1 - 3 \cdot V_M), \quad \gamma_{min} = \frac{1}{j},$$

где n – число «стандартов», принимаемое в зависимости от требуемой обеспеченности.

Коэффициент надежности расчетной формулы прочности балок пролетного строения, заложенный в СНиП 2.05.03-84*, определялся по формуле

$$\gamma_{зан.} = \frac{M_m}{M_{cal}}, \quad (1)$$

где M_m – прочность, вычисленная по средним сопротивлениям материалов;

M_{cal} – прочность, вычисленная по расчетным сопротивлениям материалов.

Таблица 1

Изменчивость отдельных параметров поперечного сечения балок

Марка балки по серии 3.503.1-73	Высота сечения (класс точности 7)			Ширина полки (класс точности 7)			Толщина защитного слоя бетона		
	Среднее значение, мм	Поле допуска, мм	V, %	Среднее значение, мм	Поле допуска, мм	V, %	Среднее значение, мм	Поле допуска, мм	V, %
Б1-12-1	900	14	0,26	1300	16	0,21	40	20	8,3
Б1-12-3									
Б1-18-1	1050	15	0,24						

Таблица 2

Результаты численного эксперимента

Марка балки по серии 3.503.1-73	$\xi = \frac{x}{h_0}$	$\left(\frac{M^{act}}{M^{not}}\right)_m$	Тип сглаживающей кривой	σ_M	$V_M, \%$	Обеспеченность $\left(\frac{M^{act}}{M^{not}}\right)_m$
Б1-12-1	0,06	1,0215	Пирсона 4	0,06	5,9	0,999978
	0,10	1,0071	Пирсона 4	0,02	2,0	1,000000
	0,15	1,0030	Пирсона 7	0,01	1,0	1,000000
	0,20	1,0016	Пирсона 7	0,004	0,4	1,000000
Б1-12-3	0,08	1,0498	Пирсона 4	0,15	14,3	0,999991
Б1-18-1	0,06	1,0654	Пирсона 3	0,18	16,9	0,999991

Таблица 3

Обобщенные статистические характеристики параметров
прочности балок

Марка балки по серии 3.503.1-73	Расстояние от рабочей арматуры до нижней грани сечения балки		Рабочая высота сечения h_0		Высота сжатой зоны бетона x			
	Среднее значение, мм	$V, \%$			Изменчивы R_b, R_s, A_s, h_0, b		Изменчивы R_b, R_s	
			Среднее значение, мм	$V, \%$	Среднее значение, мм	$V, \%$	Среднее значение, мм	$V, \%$
Б1-12-1	8,8	1,4	81,2	0,1	4,6	26,3	4,6	25,6
Б1-12-3	8,8		81,2		6,3	36,9	6,3	35,8
Б1-18-1	10,2		94,8		5,4	28,9	5,4	31,5

Таблица 4

Результаты оценки надежности расчета прочности балок

Марка балки по серии 3.503.1-73	$\xi = \frac{x}{h_0}$	$\left(\frac{M^{act}}{M^{not}} \right)_m$	V_M	j	γ_{min}	$\gamma_{зан.}$
Б1-12-1	0,06	1,0215	0,059	0,841	1,19	1,18
Б1-12-3	0,08	1,0498	0,143	0,599	1,67	1,23
Б1-18-1	0,06	1,0654	0,169	0,525	1,90	1,18

Заключение. В результате выполненных расчетов установлено, что значения минимального коэффициента надежности γ_{min} для балок пролетного строения автомобильных дорог по серии 3.503.1-73 разные и зависят от марки балки, а балки пролетного строения, рассчитанные по формуле СНиП 2.05.03-84*, не вполне равнопрочны и равнонадежны.

Целесообразно внести коррективы в расчет прочности балок для того, чтобы надежность расчета была по возможности более

высокой. В качестве простейшей поправки, могущей уточнить применение формул норм, можно ввести дополнительные коэффициенты условий работы.

Литература

1. Мосты и трубы. Строительные нормы и правила: СНиП 2.05.03-84*. – Введ : 01.01.1986. – М.: ЦИТП Госстроя СССР; Госстрой СССР, 1991. – 279 с.

2. Лычев, А.С. Надежность железобетонных конструкций: учебно-методическое пособие для студентов пятого курса инженерно-строительных институтов / А.С. Лычев, В.П. Корякин. – Куйбышев: Куйбышевский ИСИ, 1974. – 124 с.

3. Таль, К.Э. О надежности расчета несущей способности изгибаемых железобетонных элементов / К.Э.Таль, И.Г. Корсунцев // Бетон и железобетон. – 1967. – № 4. – С. 34–36.

УДК 624.21.04

ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ БАЛОЧНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ НА ПРИМЕРЕ МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ ПОНЯ НА АВТОДОРОГЕ Р-3

Николаевич А.И.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

(г. Минск, Республика Беларусь)

В последние 15–20 лет наблюдается повсеместное разрушение сборных железобетонных элементов мостового полотна (тротуарные и карнизные блоки, бордюрные камни) и далее плиты проезжей части и торцов сборных несущих элементов пролетных строений (вследствие негерметичности деформационных швов) в результате морозо-солевой агрессии противогололедных реагентов.

Кроме того, до 2006 года классы грузоподъемности для мостовых сооружений на большей части дорог Республики Беларусь должны были обеспечивать возможность пропуска нормативных временных нагрузок А11 и НК-80, а в 2006 году значения указанных нагрузок