

УДК 624.21.012.4 (043.3)

**ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИОННЫХ ПРОДОЛЬНЫХ ТРЕЩИН
НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И БЕЗОПАСНОСТЬ
ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТОВ
ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**THE EFFECT OF CORROSION OF LONGITUDINAL CRACKS
ON THE BENDING DEFORMATION PROPERTIES
OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**

К.В. ШАМШИНА, В.Н. МИГУНОВ, И.Г. ОВЧИННИКОВ, В.Е. РУМЯНЦЕВА

K.V. SHAMSHINA, V.N. MIGUNOV, I.G. OVCHINNIKOV, V.E. RUMYANTSEVA

(Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Тюменский индустриальный университет,
Ивановский государственный политехнический университет)

(Penza State University of Architecture and Construction,
Perm National Research Polytechnical University,
Industrial University of Tyumen,
Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: kisek90@mail.ru; viktor5043@rambler.ru; bridgesar@mail.ru; varrym@gmail.com

В статье описаны методика и результаты длительных экспериментальных исследований жесткости, прогибов и ширины раскрытия нормальных трещин в изгибаемых железобетонных конструкциях с коррозионными продольными трещинами, оказывающими непосредственное влияние на безопасность предприятий текстильной промышленности. Представлены соотношения для жесткости балок при приложении к ним кратковременных изгибающих моментов. Приведены графики изменения жесткости и прогибов во времени с полученными корреляционными зависимостями.

The article describes the technique and results of long-term experimental studies of stiffness, deflections and width of normal cracks of bent concrete structures with corrosion longitudinal cracks. Relations of rigidity of beams at application to them of the short-term bending moments are presented. Graphs of changes in stiffness and deflections over time with the obtained correlation dependences are presented.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, коррозионные продольные трещины, безопасность, жесткость, прогибы, нормальные трещины.

Keywords: reinforced concrete structures, corrosion longitudinal cracks, stiffness, deflections, normal cracks.

Конструктивное решение зданий и сооружений текстильной промышленности определяет широкое использование несущих железобетонных конструкций, подвергающихся в процессе эксплуатации воздействию технической жидкой хлоридсодержащей среды, вызывающей коррозию арматуры и образование коррозионных продольных трещин в защитном слое бетона, приводящих к снижению сцепления арматуры с бетоном. Все вышеизложенное оказывает непосредственное влияние на безопасность эксплуатации конструкции, а значит и всего комплекса в целом. Поэтому экспериментальное исследование кинетики развития указанных коррозионных повреждений представляет научный и практический интерес.

В настоящей работе приведены результаты экспериментального исследования изменения жесткости, прогибов и расчетных нормальных трещин в защитном слое бетона, перпендикулярных рабочей арматуре железобетонных конструкций с коррозионными продольными трещинами в защитном слое бетона при действии длительной постоянной изгибающей нагрузки.

Образцы изготовлены из тяжелого бетона на портландцементе марки 400 с водоцементным отношением В/Ц = 0,45, гранитном щебне фракции 5...10 мм и кварцевом песке с модулем крупности $M_{кр} = 2,2$. Балки с размерами по длине и поперечному сечению соответственно 192 см и 14×21 см и толщине защитного слоя бетона $\delta_{зсб} = 40$ мм армированы плоским арматурным каркасом с одним рабочим стержнем диаметром $\varnothing = 12$ мм класса А400 и конструктивной арматурой диаметром $\varnothing = 5$ мм класса В500. В центральной части по длине балок в зоне чистого изгиба на расстоянии 600 мм хомуты отсутствуют.

Перед началом длительных лабораторных испытаний экспериментальные образцы №1 и №2 имели коррозионные продольные трещины в защитном слое бетона соответ-

ственно в зоне чистого изгиба и по всей длине балок с максимальной шириной раскрытия соответственно $a_{T_1}^{max} = 1450$ мкм и $a_{T_2}^{max} = 700$ мкм. В балке №3 коррозионная продольная трещина отсутствует [1]. Класс бетона опытных образцов составляет В 49,4.

Иллюстрация длительных лабораторных испытаний балок на воздействие постоянной изгибающей нагрузки с четырехточечным приложением сосредоточенных нагрузок представлена на рис. 1.



Рис. 1

Нагрузка от сжатия двух пружин обеспечивала получение изгибающего момента $M_{изг} = 0,721 M_{разр}$ на каждой балке. Деформации сжатых пружин контролировались прогибомерами Аистова ПАО-5 с ценой деления 10 мкм. По окончании кратковременного нагружения до опытной изгибающей нагрузки максимальная ширина раскрытия коррозионной продольной трещины на балке №1 и на балке №2 соответственно увеличилась на 450 микрон до $a_T^{max} = 1900$ мкм и на 300 микрон до $a_T^{max} = 1000$ мкм.

После 925 суток испытания максимальная ширина коррозионных продольных трещин возросла на балке №1 в 2,222 раза и на балке №2 – в 2,308 раза. На балке №3 появление продольных трещин в защитном слое бетона не отмечено. Жесткость балок определяется по величинам изгибающего момента и кривизне в зоне чистого изгиба [1].

Соотношения значений кратковременной жесткости балок в зависимости от прило-

жения к ним кратковременных изгибающих моментов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Нагрузка, кг	Изгибающая нагрузка		$\frac{D_3}{D_3} / \frac{D_1}{D_3} / \frac{D_2}{D_3}$
	M, кг·см	$\frac{M}{M_p}$	
200	13200	0,131M _p	1/0,80/0,49
300	19800	0,197M _p	1/0,84/0,45
400	26400	0,262M _p	1/0,88/0,72
500	33000	0,328M _p	1/0,84/0,74
600	39600	0,393M _p	1/0,91/0,86
700	46200	0,459M _p	1/0,91/0,81
800	52800	0,525M _p	1/0,88/0,82
900	59400	0,590M _p	1/0,88/0,80
1000	66000	0,656M _p	1/0,98/0,86
1100	72600	0,721M _p	1/0,96/0,92

Примечание. M_{разр} = 100650 кг·см; D₁ – жесткость балки №1; D₂ – жесткость балки №2; D₃ – жесткость балки №3.

Кинетика изменения жесткости балок в течение времени испытания показана на рис. 2 (условные обозначения: Δ – балка №1 с функциональной зависимостью $V = 2,3 + 4e^{-0,0015t}$; □ – балка №2 с функциональной зависимостью $V = 1,8 + 4,2e^{-0,00155t}$; о – контрольная балка №3 с функциональной зависимостью $V = 4 + 25e^{-0,0014t}$).

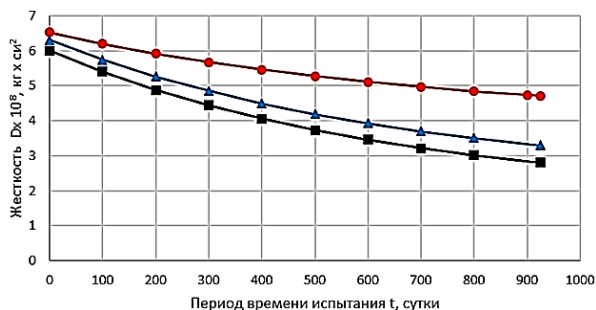


Рис. 2

Относительное изменение жесткости балки №1 (V₁) и балки №2 (V₂) по отношению к жесткости балки №3 (V₃) после 925 суточного испытания соответственно равняется 0,704V₃ и 0,598V₃. Период времени полного затухания изменения жесткости для балок №1 и №2 относительно балки №3 составляет $n = 20 \text{ лет} / 16 \text{ лет} = 1,25$.

Прогибы в центральной части по длине балок определяются по реперным точкам с помощью универсального штангенциркуля со стационарно расположенным индикато-

ром часового типа с точностью отсчета десять микрон [2].

Кинетика изменения прогибов изгибаемых балок в процессе испытания представлена на рис. 3 (условные обозначения: Δ – балка №1 с функциональной зависимостью $f = 11308 - 4000e^{-0,0038t}$; □ – балка №2 с функциональной зависимостью $f = 13446 - 4900e^{-0,003t}$; о – балка №3 с функциональной зависимостью $f = 10408 - 3380e^{-0,003}$).

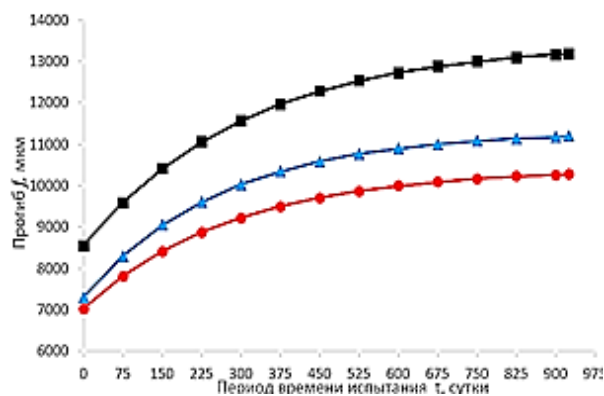


Рис. 3

Относительная величина прогибов балки №1 (f₁) и балки №2 (f₂) по отношению к прогибу балки №3 (f₃) после 925 суток испытания равна соответственно 1,089f₃ и 1,284f₃. Увеличение периода времени полного затухания изменения прогибов для балок с коррозионными продольными трещинами к полному периоду времени затухания прогиба

контрольной балки №3 составляет $n = 12,3$ года/11,8 лет = 1,042.

Отношение средних расстояний между расчетными нормальными трещинами в зоне чистого изгиба на балке №1(l_1) и на балке №2(l_2) к балке №3(l_3) после длительного испытания соответственно составляет $0,655l_3$ и $0,794l_3$. Отношения значений коэффициентов, рассчитываемых как частное от ширины раскрытия нормальных трещин в конце периода испытания к начальной величине ширины раскрытия, максимально раскрытых нормальных трещин и нормальных трещин с $a_{сгс} = 0,200$ мм для балки №1, балки №2 и балки №3 соответственно имеют вид 1,866:1,878:1 и 2,4:2,0:1.

ВЫВОДЫ

1. Впервые в практике исследования длительной работы изгибаемых железобетонных конструкций во времени авторами рассмотрена актуальная задача экспериментального изучения влияния коррозионных продольных трещин в защитном слое бетона на жесткость, прогибы и ширину раскрытия нормальных трещин, следовательно, на безопасность эксплуатации конструкции.

2. Полученные экспериментальные данные определяют влияние коррозионных продольных трещин и их параметров на изме-

нение жесткости, прогибов и ширину раскрытия нормальных трещин. Построенные корреляционные зависимости изменения жесткости и прогибов от времени действия постоянных изгибающих моментов объективно определяют работу изгибаемых железобетонных конструкций с коррозионными продольными трещинами в процессе эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мигунов В.Н., Овчинников И.И., Овчинников И.Г. Экспериментально-теоретическое моделирование армированных конструкций в условиях коррозии. – Пенза: ПГУАС, 2014.

2. Мигунов В.Н. Экспериментальное моделирование влияния продольных трещин на долговечность, жесткость и прочность железобетонных элементов. – Пенза: ПГУАС, 2016.

REFERENCES

1. Migunov V.N., Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G. Eksperimental'no-teoreticheskoe modelirovanie armirovannykh konstruktсий v usloviyakh korrozii. – Penza: PGUAS, 2014.

2. Migunov V.N. Eksperimental'noe modelirovanie vliyaniya prodol'nykh treshchin na dolgovechnost', zhestkost' i prochnost' zhelezobetonnykh elementov. – Penza: PGUAS, 2016.

Рекомендована кафедрой нанотехнологий, физики и химии ИВГПУ. Поступила 26.11.18.