

УДК 624.072.2:624.012.45:539.37

**К вопросу о напряженно-деформированном состоянии поврежденных железобетонных балок таврового сечения.**

**Клименко Е.В., д.т.н., проф.; Чернева Е.С., к.т.н.; Арез Мохаммед Исмаел, аспирант** (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

**Клименко Є.В., д.т.н., проф.; Чернева О.С., к.т.н.; Арез Мохаммед Исмаел, аспірант** (Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса)

**Klymenko Y.V., doctor of technical sciences, professor, Chernieva H.S., candidate of technical sciences, Arez Mohammed Ismael, aspirant** (The Odessa State Academy of Building and Architecture, Odessa)

**Проведен анализ влияния поврежденности железобетонных балок таврового сечения в зоне чистого изгиба на прочность и деформативность.**

**Проведено аналіз впливу пошкодженості залізобетонних балок таврового перерізу в зоні чистого згину на міцність та деформативність.**

**The effect of the reinforced concrete T-beams damage's in the pure bending area on strength and deformability is analyzed at the article.**

**Ключевые слова:**

Поврежденность, железобетон, балки, прочность, изгиб, деформация.

Пошкодженість, залізобетон, балки, міцність, згин, деформація.

Damage, reinforced concrete, beams, strength, bending, deformation.

**Состояние вопроса и задачи исследования.** Поврежденным элементам конструкций было посвящено большое количество научных работ, среди которых можно выделить работы [Бондаренко В.М.](#)[1], [Гузеев Е.А.](#)[2], [Алексеев С.Н.](#)[3], [Алмазов В.О.](#)[4], [Астафьев Д.О.](#)[5], [Бабушкин В.И.](#)[6], [Бондаренко С.В.](#)[7], [Гениев Г.А.](#)[8], [Клевцов В.А.](#)[9], [Мизернюк Б.М.](#)[10], [Рыбаков Ю.Д.](#)[11], [Сисин И.Л.](#)[12], [Пахомова Е.Г.](#)[13], [Пищулёв А.А.](#)[14,15], [Санжаровский Р.С.](#)[16], [Smith Roger W.](#)[17], [Adhikary V.V.](#) [18], [Hassan A.](#) [19], [J.Jayaprakash](#) [20], [Constantin E. Chaliotis and Constantin N. Pourzitidis](#) [21], [Wu Hao](#) [22], [Al-Bayati N.](#) [23] и др.

В статьях рассматриваются наиболее часто встречающиеся в практике случаи дефектного состояния различных железобетонных конструкций, признаки его внешнего проявления, описаны причины возникновения

дефектов. Приведены некоторые апробированные способы устранения повреждений, восстановления и усиления дефектных или обладающих недостаточной прочностью железобетонных конструкций.

В работе Мизернюк Б.М. [10] описаны дефекты и разрушения железобетонных конструкций, наблюдавшиеся в эксплуатируемых сооружениях при обследованиях, отобранные из большого числа работ, проводившихся Центральной лабораторией теории железобетона НИИЖБ и Бюро внедрения НИИЖБ, причины появления которых зависят от проектных предпосылок, исключая случаи брака производства.

Рыбаков Ю.Д. [11] рассмотрел различные дефекты, встречающиеся при монтаже железобетонных сборно-монолитных конструкций многоэтажных промышленных зданий. В работе приведены проверенные практикой способы усиления конструкций и исправлений возникающих дефектов.

Авторы работы [12] выявили характерные повреждения железобетонных подкрановых балок пролетом 12 м. и произвели оценку несущей способности и трещиностойкости подкрановой балки в расчетных сечениях от эксплуатационных нагрузок. Предложена конструкция усиления подкрановых балок.

В работе Smith Roger W [17] проведены экспериментальные исследования воздействия коррозии на структурное поведение железобетонных балок. Результаты эксперимента испытания балок показали, что несущая способность уменьшается с увеличением площади коррозии и показали постепенную потерю прочности в связи с увеличением площади коррозии.

Hassan A. изучал влияние коррозии на прочность, использовал образцы с четырьмя разными типами бетона и тремя различными типами стали. Зарубежный опыт [19] показывает, что прочность для коррозионной арматуры и нержавеющей стали была ниже, чем у арматур постоянного профиля из углеродистой стали. При низком уровне коррозии (примерно от 0,5 до 1% общей массы) наблюдается незначительное улучшение прочности. Прочность уменьшается с увеличением уровня коррозии для всех типов образцов.

**Методика исследования.** Для экспериментальных исследований были изготовлены тавровые железобетонные балки длиной 2000мм и высотой 250мм, высотой полки 60мм, шириной полки 400мм, ширина ребра 70мм, в количестве 15шт. В зоне чистого изгиба в полке были заложены технологические повреждения в месте максимального изгибающего момента (рис.1).



Рис.1. Образцы поврежденных балок для испытаний

В рамках планируемого эксперимента принята трехфакторная модель с факторами варьирования:

Матрица планирования экспериментальных исследований, перечень факторов и их кодирование приведены в табл.1.

Таблица 1

Условия планирования эксперимента

Исследуемые факторы Y серии		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральное значение	Код	«-1»	«0»	«+1»	
Поврежденная часть полки $b_1/b_1'$	$X_1$	$0/165=$ $=0$	$82,5/165=$ $=0,5$	$165/165=$ $=1$	0,5
Глубина повреждения $a_1/h_f'$	$X_2$	$0/60=$ $=0$	$30/60=$ $=0,5$	$60/60=$ $=1$	0,5
Угол повреждения $\alpha$	$X_3$	$0/90=$ $=0$	$22,5/90=$ $=0,25$	$45/90=$ $=0,5$	0,25

В качестве факторов варьирования приняты:

- поврежденная часть полки, выраженная отношением  $(b_1/b_1')$ , где  $b_1$  – величина повреждения;  $b_1'$  – величина свесов полки;
- глубина повреждения  $a_1$ , выраженная через отношение глубины повреждения полки к толщине полки  $(a_1/h_f')$ ;
- угол повреждения, выраженный через отношение угла повреждения к углу наклона полки  $= 90^0$ .

Проведение эксперимента даст возможность исследовать основные факторы, которые влияют на несущую способность и напряженно-

деформированное состояние тавровых железобетонных балок, с повреждением в зоне чистого изгиба.

Опытные образцы будут испытываться по статической схеме однопролетной, свободно-опертой балки, нагруженной одной силой. Такая расчетная схема достигается путем ее опирания на шарнирно-подвижную опору. Опытные балки армированы таким образом, чтобы разрушение проходило по нормальному сечению в заранее установленной исследуемой зоне (рис.2). Для этого в зоне чистого изгиба будет исключена арматура поперечная и конструктивная на длину равную 1/3 части пролета между местами приложения сил.

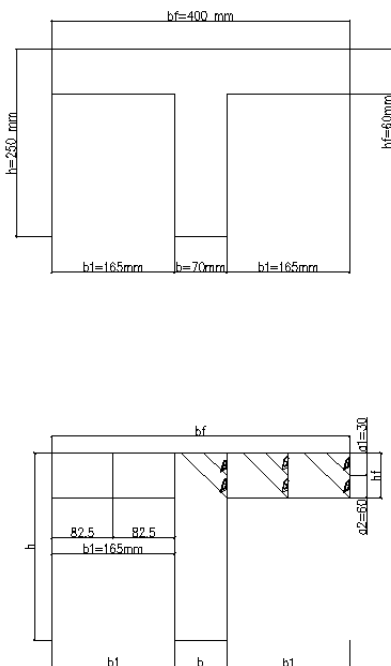


Рис. 2 Геометрические размеры балок

**Выводы:** Изучение напряженно деформированного состояния и прочности железобетонных тавровых балок является актуальной задачей и недостаточно изученной, так как тавровые балки являются наиболее важной частью железобетонных мостов. Мосты – это эффективный способ передвижения транспорта через водоемы, реки, способствующий уменьшению пробок в больших городах. В дальнейшем планируется получить результаты экспериментальных исследований поврежденных железобетонных балок таврового сечения и на основе полученных данных о прочности и трещиностойкости будет предложена достаточно простая и эффективная методика расчета для инженеров и научных сотрудников.

1. Бондаренко В.М. Развитие инженерных методов расчета силового сопротивления железобетонных конструкций, ослабленных коррозионными повреждениями/ В.М. Бондаренко, О.Б. Чупичев//РААСН 1994-1998. – М.: РААСН, 1999. - С. 97-102.
2. Гузев Е.А. Расчет напряженно деформированного состояния нормальных сечений железобетонных изгибаемых элементов с учетом кинетики сульфатной коррозии бетона. Защита бетона и железобетона от коррозии/ Е.А. Гузев, Н.В. Савицкий, А.А.Тытук. - М., 1990. - С. 59-65.
3. Алексеев С.Н. и др. Долговечность железобетона в агрессивных средах/ С.Н. Алексеев. - М.:Стройиздат,1998. - 217с.
4. Алмазов В.О. Современные подходы к оценке долговечности железобетонных конструкций (зарубежный опыт)/ В.О. Алмазов, А.В. Забегаев // Долговечность и защита конструкций от коррозии: Сборник научных трудов. - М.: НИИЖБ, 1999. - С.37-43.
5. Астафьев Д. О. Расчёт реконструируемых железобетонных конструкций/ Д.О. Астафьев. – СПб.: Изд-во СПбГАСУ, 1995. -158с.
6. Бабушкин В.И. Физико-химические процессы коррозии бетона и железобетона/ В.И. Бабушкин. -М.: Стройиздат, 1968.-187с.
7. Бондаренко С.В. Теория сопротивления строительных конструкций режимным нагрузениям/ С.В. Бондаренко. - М.: Стройиздат, 1984. - 352с.
8. Гениев Г.А. Практический метод расчета длительной прочности бетона/ Г.А. Гениев // Бетон и железобетон. – М.: 1995.- № 4. С.4-6.
9. Клевцов В.А. Методы обследования и усиления железобетонных конструкций/ В.А. Клевцов // Бетон и железобетон. – М.:1995. -№2.-С. 17-24.
10. Мизернюк Б.М. Некоторые требования к проектированию элементов железобетонных конструкций на основе изучения дефектов эксплуатируемых сооружений/ Б.М. Мизернюк. - Москва, Стройиздат, 1981. – С.4-50.
11. Рыбаков Ю.Д. Из опыта обследования и усиления сборно-монолитных железобетонных конструкций/ Ю.Д. Рыбаков. – М.: Стройиздат, 1981. – С.51-59.
12. Сисин И.Л. Эксплуатационные особенности железобетонных подкрановых балок пролетом 12м/ И.Л. Сисин, А.Р. Баштанник. – М.: Стройиздат, 1981 – С. 60-65.
13. Пахомова Е.Г. К оценке напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций при коррозионных повреждениях/ Е.Г. Пахомова // Сб. статей междунаучно-техн. конф. "Эффективные строительные конструкции". - Пенза, 2005. - С.236-240.
14. Пищулёв А.А. К вопросу определения прочности бетона, ослабленного дефектами/ А.А. Пищулёв// Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика: материалы 64-й Всероссийской научно-техническойконференции по итогам НИР университета за 2006г. – Самара: СГАСУ, 2007. - С.459-460.
15. Пищулёв А.А. К вопросу определения ресурса несущей способности изгибаемых железобетонных элементов, имеющих коррозионные повреждения сжатой зоны бетона/ А.А. Пищулёв // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика: материалы 65-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР университета за 2007г. – Самара: СГАСУ, 2008. - С.444-446.
16. Санжаровский Р.С. Усиления при реконструкции зданий и сооружений. Устройство и расчёты усиления зданий при реконструкции/ Р.С. Санжаровский, Д.О. Астафьев, В.М. Улицкий, Ф. Зибер. - СПб.: СПбгос. архит.-строит. ун-т., 1998. - 637с.
17. Smith Roger W. The effects of corrosion on the performance of reinforced concrete beams/ Roger W Smith// Theses and dissertations.- 2007. - 149pp.
18. Adhikary B.B., Mutsuyoshi H. Behaviour of concrete beams strengthened in shear with carbon fibre sheets/ B.B. Adhikary, H. Mutsuyoshi// Journal of composites for construction. -2004. - 8(3). – P.258-264.
19. Hassan A. Bond of Reinforcement in Concrete with Different Types of Corroded Bars/ A. Hassan// MASC Thesis. – Toronto: Ryerson University, 2003. – P.14-19.
20. J. Jayaprakash. An

Experimental Investigation on Shear Enhancement of Partially Cracked RC Beams with Bi Directional Carbon Fabrics/ J. Jayaprakash, A.A. Abdul Aziz, A.A. Abang, A.A. Ashrabort// Sixth International Congress, Global Construction-Ultimate Concrete Opportunities, 5-7, July 2005. – UK, 2005. – P. 56-60. **21** Constantin E. Chaliotis. Rehabilitation of Shear-Damaged Reinforced Concrete Beams Using Self-Compacting Concrete Jacketing/ Constantin E. Chaliotis and Constantin N. Pourzitidis. - ISRN Civil Engineering. – 2012. – P.12. **22**. Wu Hao. Bond Degradation and Residual Flexural Capacity of Corroded RC Beams// Theses and dissertations. -2012. - 708pp. **23**. Al-Bayati N. The Effect of Corrosion on Shear Behaviour of Self-consolidating Concrete Beams./ N. Al-Bayati// MASC Thesis. – Toronto: Ryerson University, 2009. – P.20-25.