

УДК 624.072.2.012.042

ОСТАТОЧНАЯ НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОВРЕЖДЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ТАВРОВОГО ПРОФИЛЯ

Клименко Е.В., *д.т.н., проф.,* **Чернева Е.С.,** *к.т.н., доц.,*
Король Н. Д., *асс.,* **Арез Мохаммед Исмаел,** *асп.,*
Антонишина И.В., *студ.*

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

В современном строительстве большую часть несущих конструкций промышленных и гражданских зданий, инженерных сооружений составляют железобетонные балки таврового сечения. Эти конструкции часто испытывают различного вида деформации, которые обусловлены рядом факторов: силового, конструктивного, технологического или эксплуатационного характера. Несмотря на широкое распространение железобетонных элементов таврового профиля в практике, исследований их работы и предложений по поводу расчета прочности с использованием реальных диафрагм работы бетона и арматуры на сегодняшний день выполнено недостаточно. Современные нормы по проектированию железобетонных конструкций (ДБН В.2.6-98:2009) предлагают использовать принципиально новый метод расчета их несущей способности, который базируется на использовании нелинейной деформационной расчетной модели. Причем, в отличие от норм СНиП 2.03.01-84* в сжатой зоне бетона принимается наиболее приближенный к реальности характер распределения напряжений – криволинейный.

Сложность определения остаточной несущей способности поврежденных железобетонных элементов возникает из-за их частичного повреждения, поскольку фронт разрушения не проходит параллельно осям симметрии, то плоский изгиб переходит в косой. Разрушение железобетонного элемента начинается тогда, когда в его наиболее опасных сечениях деформации в бетоне или арматуре достигают предельных значений.

Анализ ранее проведенных исследований. Оценке остаточной несущей способности железобетонных конструкций посвящены работы Алексеенко В.Н., Байды Д.Н., Бондаренко В.М., Ягупова Б.А. и др. [1...5]. Авторы дают рекомендации по определению остаточного

ресурса конструкций с учетом развития деформаций ползучести и кинетики накопления повреждений во времени.

К сожалению, действующими нормами [6, 7, 8] не учтена возможность определения остаточной несущей способности поврежденных железобетонных балок таврового сечения, хотя это могло значительно снизить затраты на их усиление, а изучение напряженно-деформированного состояния таких конструкций позволило бы проанализировать их дальнейшую работу совместно с конструкцией усиления.

Исходя из этого, **актуальным** является оценивание технического состояния поврежденного железобетонного изгибаемого элемента, т.е. определение той остаточной несущей способности, которой на определенный момент эксплуатации обладает данная конструкция. В дальнейшем при помощи сравнения остаточной несущей способности с величиной внешнего воздействия можно оценить техническое состояние данной конструкции и возможность её дальнейшей эксплуатации.

Целью статьи является моделирование работы поврежденной в процессе эксплуатации железобетонной балки таврового сечения в программном комплексе „Лира 9.4“ с использованием реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры для определения ее остаточной несущей способности.

Изложение основного материала. В данной работе смоделировано напряженно-деформированное состояние поврежденных балочных железобетонных элементов таврового сечения при помощи ПК «Лира 9.4» на основе изополей с использованием кусочно-линейной зависимости.

Рассматривалась однопролетная статически определимая шарнирно опертая балка, нагруженная двумя сосредоточенными силами, расположенными в третях пролета.

Моделированию подлежали балки железобетонные с размерами $400 \times 250 \times 2000$ мм, толщина полки 60 мм, толщина ребра 70 мм, выполненные из бетона класса С30/35 и рабочей арматуры $\varnothing 16$ класса А500С. Повреждения балок находились в полке (рис. 1).

На основании анализа априорной информации из литературных источников с учетом реальной возможности осуществления в качестве факторов варьирования приняты:

– поврежденная часть полки, выраженная отношением (b_{eff1}/b_{eff2}) , где b_{eff1} – величина повреждения; b_{eff2} – величина свесов полки;

– глубина повреждения a_1 , выраженная через отношение глубины повреждения полки к толщине полки (a_1/h_f^l) ;

– угол повреждения β , выраженный через отношение угла повреждения к углу наклона полки, равному 90° .

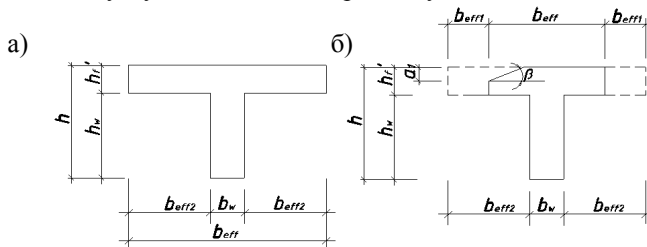


Рис 1. Поперечное сечение неповрежденной балки (а) и балки с поврежденной полкой (б)

Уровни и интервал варьирования данных факторов сведены в табл. 1.

Таблица 1
Факторы варьирования для трехфакторной трехуровневой модели планирования эксперимента

| Исследуемые факторы Y серии | | Уровни варьирования | | | Интервал варьирования |
|---|-------|------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| натур. значение | код | «-1» | «0» | «+1» | |
| Угол повреждения $\beta/90^\circ$ | X_1 | $0^\circ/90^\circ = 0$ | $22,5^\circ/90^\circ = 0,25$ | $45^\circ/90^\circ = 0,5$ | 0,25 |
| Глубина повреждения a_1/h_f' , мм | X_2 | $0/60 = 0$ | $30/60 = 0,5$ | $60/60 = 1$ | 0,5 |
| Поврежденная часть полки b_{eff1}/b_{eff2} , мм | X_3 | $0/165 = 0$ | $82,5/165 = 0,5$ | $165/165 = 1$ | 0,5 |

Моделирование проводилось в следующей последовательности:

1. Была смоделирована балка с помощью следующих конечных элементов:

- Тип 44. Универсальный четырехугольный КЭ оболочки.
- Тип 210. Физически нелинейный универсальный пространственный стержневой КЭ.
- Тип 231. Физически нелинейный параллелепипед.
- Тип 234. Физически нелинейный универсальный пространственный шестиузловой изопараметрический КЭ.
- Тип 261. Одноузловой КЭ односторонней упругой связи.

2. Задана жесткость материалов.

3. Задана нагрузка на балку.
4. Упаковка схемы.
5. Расчет.

Последовательный анализ изополей напряжений в материалах реальной конструкции позволяет достоверно оценить влияние исследуемых конструктивных факторов на их несущую способность, определить характер дальнейшего деформирования и разрушения (рис.2).

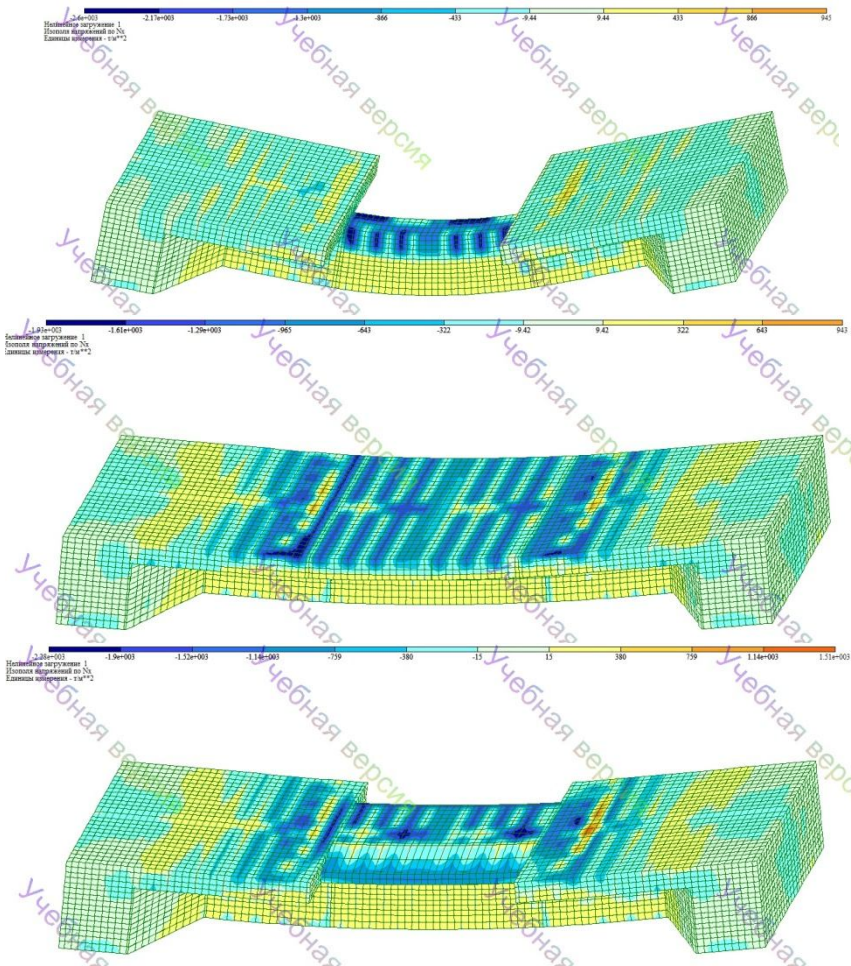


Рис.2. Изополя напряжений σ_x .

Вывод: Представленное к рассмотрению компьютерное моделирование работы поврежденных железобетонных балок таврового сечения с учетом нелинейной работы бетона при помощи ПК «Лира 9.4» позволяет приблизиться к намеченной цели – определению остаточной несущей способности элемента. Однако данное моделирование является трудоемким и длительным методом. В дальнейшем необходимо разработать доступный и статистически достоверный инженерный метод решения этой задачи.

SUMMARY

An example of the determination of residual load-bearing capacity of damaged during operation of T-section reinforced concrete beams. To implement the program complex tasks used Lira using real strain diagrams of materials.

Литература

1. Алексеенко В. Н. Прочность железобетонных балок при действии поперечных сил после пожара: автореферат дис. кандидата технических наук : 05.23.01 / Научно-исслед., проектно-конструкторский и технологич. ин-т бетона. - Москва, 1990 – 22 с.
2. Байда Д.М. Залишкова несуча здатність залізобетонних балок після їх часткового руйнування: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.23.01 „Будівельні конструкції“ / Д.М. Байда – Київ, 2005. – 20 с.
3. Бондаренко В.М. К вопросу о предельных состояниях поврежденных коррозией железобетонных конструкций / В.М. Бондаренко, Б.А. Ягупов // Бетон и железобетон. – 2010. – № 3. – С. 28-31.
4. Бондаренко В.М. Некоторые вопросы несилевых повреждений конструктивной безопасности и живучести железобетонных сооружений / В.М. Бондаренко, Б.А. Ягупов // Бетон и железобетон. – 2007. – № 1. – С. 18-21.
5. Ягупов Б.А. Расчетные предпосылки комплексной оценки силового сопротивления железобетонных конструкций при интенсивных коррозионных воздействиях / Б.А. Ягупов // Бетон и железобетон. – 2008. – № 3. – С. 16-18.
6. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування: ДБН В.2.6-98:2009. - [Чинний від 2011-07-01]. - К.: МінрегіонбудУкраїни, 2009. –97 с. – (Національний стандарт України).
7. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. –[Чинні від 1997-11-27] –К.: Держ. комітет буд-ва, архіт. та житлової політики України, Держнаглядохоронпраці України, 1997. – 145 с.
8. Техническая диагностика. Термины и определения. ГОСТ 20911-89. – [Чинний від 1991-01-01]. – М.: ГК СССР по управлению качеством продукции и стандартами. – 1989. – 132 с.

