

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОВРЕЖДЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Клименко Е.В., д.т.н., проф.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Бетонные и железобетонные конструкции в настоящее время – наиболее распространенные в практике строительства как промышленных, так и гражданских и жилых объектов. В ходе эксплуатации материалы конструкций подвергаются износу и с течением времени теряют свои эксплуатационные свойства. Такая потеря может быть существенной и конструкция, а значит и все здание или сооружение, может перейти в III (непригодное к нормальной эксплуатации) или даже IV (аварийное) техническое состояние. Наиболее точным определением технического состояния конструкций есть расчетный метод, предложенный в [1]. Однако, возникает проблема определения несущей способности бетонных и железобетонных элементов, поврежденных в процессе эксплуатации, поскольку действующие нормы не дают рекомендаций по определению такого важного показателя эксплуатационной пригодности. Исходя из этого, исследования есть актуальными, как с теоретической, так и с практической точки зрения.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых рассматривается данная проблема.

Широкомасштабные исследования [2] показали, что для бетонных и железобетонных конструкций одним из наиболее распространенных повреждений есть разрушение части поперечного сечения и изменение его по сравнению с проектным. При этом в железобетонных элементах происходит изменение напряженного состояния. В случае, когда фронт повреждения не параллелен ни одной из главных осей поперечного сечения сжатого элемента или не перпендикулярен плоскости изгиба, имеет место сложное напряженное состояние, а именно: косое внецентренное сжатие или косой изгиб. Примеры такого вида разрушений приведено на рис. 1.

Работа железобетонных конструкций на сложные виды деформаций достаточно полно изучена [3] и соответствующие указания по

определению несущей способности приведены в действующих нормах [4].



Рис. 1. Примеры разрушения железобетонных конструкций

Однако, в работе [3] и других авторов исследовались случаи косоугольного внецентренного сжатия и косоугольного изгиба, которые возникали из-за того, что силовая плоскость не совпадала ни с одной из главных осей сечения. При частичном повреждении сечения косоугольное внецентренное сжатие и косоугольный изгиб проявляется из-за несимметричности сечения. В Одесской государственной академии строительства и архитектуры проводятся экспериментально-теоретические исследования остаточной несущей способности сжатых и изгибаемых бетонных и железобетонных элементов различного профиля с частично поврежденным поперечным сечением [5-13].

Выделение нерешенной части общей проблемы, которой посвящается статья

Основой разработки методики определения остаточной несущей способности должно быть реальное напряженно-деформированное состояние поврежденных элементов и оценивание влияния основных факторов, которые влияют на этот показатель эксплуатационной пригодности.

Цели статьи

Основной целью статьи есть описание параметров напряженно-деформированного состояния во время проведения натурных экспериментов и оценивание реальной работы поврежденных железобетонных сжатых и изогнутых элементов различного профиля.

Изложение основного материала

В ходе исследований выполнялся численный и натурный эксперименты.

Для статистической достоверности полученных результатов выполнялось планирование эксперимента. Для каждого вида исследований (сжатые или изгибаемые элементы) и для каждого типа профиля (прямоугольный, тавровый, двутавровый или круглый) составлялся трёхфакторный, трёхуровневый план. Этому соответствовало 15 опытных образцов. В некоторых сериях количество образцов увеличивалось до 17 за счет изготовления и испытания трёх элементов-близнецов.

Варьируемыми факторами были, как правило, параметры повреждения (глубина его и угол наклона фронта повреждения к главной оси неповрежденного сечения) и один из факторов, существенно влияющих на работу элемента (процент армирования, относительный эксцентриситет и т.п.).

В ходе проведения натурального эксперимента устанавливалась несущая способность поврежденного бетонного или железобетонного элемента; относительные деформации бетона (посредством тензодатчиков базой 50 мм) и арматуры (тензорезисторы с базой 20 мм); прогибы изгибаемых балок. Общий вид испытаний сжатых элементов показан на рис. 2.



Рис. 2. Испытание сжатых опытных конструкций

Численное моделирование работы поврежденных бетонных и железобетонных конструкций осуществлялось в программном комплексе ЛИРА 9.6, а также ANSYS.

При моделировании в ПК ЛИРА построение расчетной схемы осуществлялось путем создания модели образца из объемных конечных элементов. Арматурный каркас задавался физически нелинейными пространственными стержневыми конечными элементами (КЭ) 210 типа. Бетон задавался физически нелинейным универсальным пространственным 8-узловым изопараметрическим КЭ 236 типа с размером грани от 1 до 2 см. В результате такого моделирования были получены поля напряжений, а также устанавливалась предельная несущая способность поврежденных конструкций.

Для анализа экспериментально-статистических моделей применялась система COMPEX, разработанная на кафедре ПАТСМ Одесской государственной академии строительства и архитектуры (1991-2000 гг.). В программном комплексе были рассчитаны трехфакторные экспериментально-статистические модели исследуемых факторов варьирования по методу наименьших квадратов с последовательным регрессионным анализом. После построения моделей производился анализ влияния каждого фактора на исследуемый образец. Заключаящим этапом является построение одно-, двух- и трехмерных диаграмм с изоповерхностями. В результате статистически обоснованно оценено влияние каждого из варьируемых факторов, а также их взаимовлияние.

На рис. 3 показан пример распределения нормальных сжимаемых напряжений в бетонном сжатом поврежденном элементе.

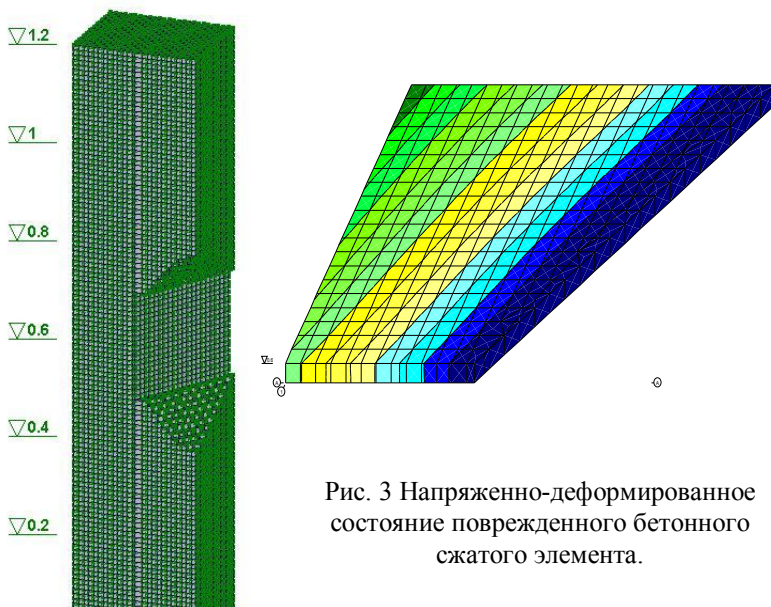


Рис. 3 Напряженно-деформированное состояние поврежденного бетонного сжатого элемента.

Основные предпосылки предлагаемого расчета:

1. Принимается гипотеза плоских сечений.
2. Сопротивление бетона растяжению принимают равным нулю, усилия в растянутой зоне полностью воспринимаются арматурой.
3. Сопротивление бетона сжатию представляется напряжениями, равными f_{cd} и равномерно распределенными по сжатой зоне бетона.
4. Напряжения в арматуре определяют в зависимости от высоты сжатой зоны бетона.
5. Растягивающие напряжения в арматуре принимают не более чем расчетное сопротивление растяжению f_t .
6. Сжимающие напряжения в арматуре принимают не более расчетного сопротивления сжатию f_{yd} .



Рис. 4. Потеря устойчивости сжатой арматуры

При этом учитывалось влияние прогиба сжатого стержня, расположенного в зоне повреждения (рис. 4).

Для каждого случая расчета составляется (с учетом вышеизложенных предпосылок) необходимое количество уравнений. Так, для случая внецентренного сжатия железобетонного элемента прямоугольного сечения с косым повреждением (когда фронт повреждения не параллелен ни одной главной оси) рассматривается пять уравнений:

1. Уравнение равновесия относительно оси x .

2. Уравнение суммы моментов относительно оси x .
3. Уравнение суммы моментов относительно оси y .
4. Статический момент сжатой зоны бетона, относительно оси x .
5. Статический момент сжатой зоны бетона, относительно оси y .

Вывод

Совместное решение системы уравнений даёт возможность определить остаточную несущую способность поврежденного в процессе эксплуатации бетонного или железобетонного элемента, а значит, оценить возможность его дальнейшей нормальной эксплуатации или необходимость усиления.

Summary

The results of researches of the concrete and reinforce-concrete compressed and bent reinforce-concrete elements damaged in the process of exploitation are pointed. Preconditions of calculation of their remaining bearing strength are pointed, that extend operating of norms on the difficult types of deformations.

Литература

1. Клименко Є.В. Технічний стан будівель та споруд: монографія / Є.В. Клименко – Одеса: ОДАБА, 2010. – 284 с.
2. Бліхарський З.Я. Залізобетонні конструкції в агресивному середовищі за дії навантаження та їх підсилення: монографія / З.Я. Бліхарський – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 296 с.
3. Торяник М.С. Косое внецентренное сжатие и косоу изгиб в железобетоне / Торяник М.С. – К.: Госстройиздат УССР, 1961. – 156 с.
4. Державні будівельні норми України: Конструкції будинків і споруд, бетонні та залізобетонні конструкції, основні положення проектування, Київ, Мінрегіонбуд України, В.2., 2009. с. 6-98.
5. Клименко Е.В. К вопросу о расчете прочности поврежденных изгибаемых железобетонных элементов // Е.В. Клименко, Е.А. Остра / Ресурсоэкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Зб. наук.

праць / Національний університет водного господарства та природокористування. – Рівне, 2010. –Вип.20. –С. 481-486.

6. Клименко Є.В. До питання про роботу пошкоджених залізобетонних конструкцій // Є.В. Клименко, М.В. Мельник / Вісник Одеської державної академії будівництва та арх-тектури. / Одеська державна академія будівництва та архітектури, –Одеса: ОДАБА, 2010. – Вип.39, ч. 1 –С. 337-342.

7. Клименко Е.В. Экспериментальные исследования работы поврежденных сжатых бетонных элементов // Е.В. Клименко, Г.М. Мустафа / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Зб. наук. праць / Національний університет водного господарства та природокористування. – Рівне, 2011. –Вип.22. –С. 808-813.

8. Клименко Е.В. К вопросу о напряженно-деформированном состоянии поврежденных железобетонных балок таврового сечения // Е.В. Клименко, Е.С. Чернева, А.И. Мохаммед / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Зб. наук. праць / Національний університет водного господарства та природокористування. – Рівне, 2013. –Вип.25. –С. 308-313.

9. Клименко Є.В. Характер руйнування пошкоджених таврових балок // Є.В. Клименко, О.С. Чернева, А.І. Мохаммед / Вісник Нац. ун-ту „Львівська політехніка“ „Теорія і практика будівництва“. – 2013. – № 755. – С. 179-183.

10. Клименко Е.В. Расчет поврежденных железобетонных колонн // Е.В. Клименко, Т.А. Дуденко / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Зб. наук. праць / Національний університет водного господарства та природокористування. – Рівне, 2013. –Вип.27. –С. 448-453.

11. Клименко Е.В. Результаты экспериментальных исследований поврежденных железобетонных колонн круглого сечения // Е.В. Клименко, М. Орешкович, Т.М. Гульчук / Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. / Одеська державна академія будівництва та архітектури, – Одеса: ОДАБА, 2013. – Вип.51, –С. 129-141.

12. Клименко Е.В. Поврежденные бетонные сжатые конструкции: работа, расчет: монография // Е.В. Клименко, Г.М. Мустафа / Одесса: Одесский нац. ун-т им. И.И. Мечникова, 2014. – 169 с.

13. Клименко Е.В. Работа поврежденных сжатых бетонных элементов / Е.В. Клименко, М.Г. Мустафа // Зб. наук. праць: Сер.

галузеve машинобудування, будівництво. – Полтава: ПолтНТУ
ім. Юрія Кондратюка, 2012. – Вип. 3 (33). – С. 96-99.

