

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ПОВРЕЖДЕННЫХ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДВУТАВРОВОГО СЕЧЕНИЯ

Клименко Е.В., Бараев А.В.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

**Постановка задачи исследования и актуальность.** Проблема оценки остаточной несущей способности и надежности элементов железобетонных конструкций в последнее время интенсивно нарастает в связи с тем, что возраст значительной части зданий и сооружений, построенных 50 и более лет назад, приближается к нормативному сроку службы. Существенное внимание уделяется техническому обследованию таких зданий и сооружений с целью определения их фактического технического состояния. С течением времени несущая способность железобетонных конструкций понижается вследствие накопления повреждений или появления и развития одного или нескольких дефектов, развивающихся в связи с техногенным влиянием, или воздействиями окружающей среды. Для предупреждения разрушений существующих зданий и сооружений, а также оптимизации решений, связанных с усилением и реконструкцией поврежденных железобетонных конструкций необходимо иметь информацию об их уровне остаточной несущей способности. В то же время действующие нормы – ДБН В.3.1-1-2002, а также СНиП 2.03.01-84\* не дают рекомендаций для оценки остаточной несущей способности поврежденных железобетонных элементов и предлагают исключать из расчета усиливаемую конструкцию, удельный вес разрушения бетона, или рабочей арматуры, которой составляет 50% и более. Несмотря на это, результаты анализа визуальных и инструментальных натурных обследований, показывают, что остаточный ресурс поврежденных железобетонных конструктивных элементов значительно недооценивается [2].

Целью данной работы является количественная оценка несущей способности поврежденных железобетонных элементов.

**Изложение основного материала.** Для реализации поставленной задачи было проведено моделирование сжатых поврежденных колонн двутаврового сечения из бетона класса В25 в ПК «Лира 9.6» с дальнейшей статистической обработкой полученных результатов в ПК «СОМРЕХ». Образцы армировались каркасами, состоящими из продо-

льной рабочей арматуры периодического профиля  $\varnothing 12$  мм А400С, расположенной по углам сечения и поперечной гладкой арматуры  $\varnothing 6$  мм А240С. Размеры сечения исследуемых образцов показаны на рис. 1. Повреждения сечений моделировались в средней трети колонн и характеризовались глубиной и углом наклона фронта повреждений. Фронт повреждений принимался прямолинейным.

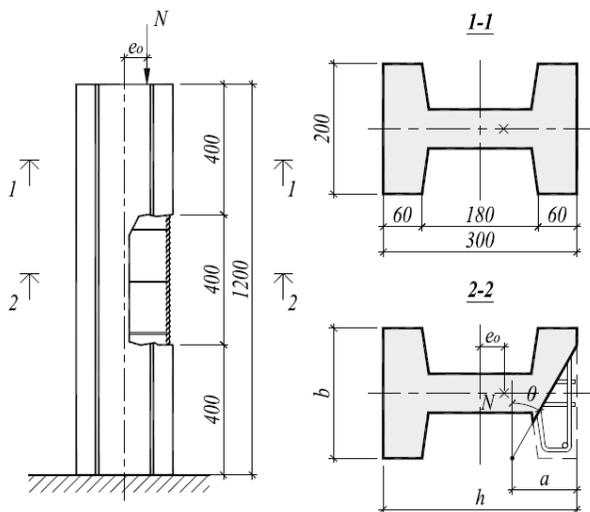


Рис.1 Схема армирования поврежденной колонны

В рамках анализа проводилось исследование влияния глубины и угла повреждения бетона сечения, а также относительного эксцентриситета  $e_0/h$  приложенного внешнего усилия на остаточную несущую способность образцов (табл. 1) по сокращенному плану трехфакторного эксперимента, состоящему из 15 вариантов сочетаний исследуемых факторов [1]. При этом принималось предположение, что рабочая арматура исключенной из части бетона сечения не получила повреждений, т.е. участвовала в восприятии внешнего сжимающего усилия, тем не менее, критерием окончательного прекращения работы колонн принималось разрушение бетона сжатой зоны (наибольшая концентрация напряжений наблюдалась на границе фронта повреждений). Расчет производился в нелинейной постановке. Образцы загружались ступенями по 20 кН.

Для количественной оценки потери несущей способности одновременно с поврежденными образцами были смоделированы 3 неповре-

женных образца, отличающихся только эксцентриситетом приложения нагрузки. Результаты сравнения представлены в таблице 2.

**Таблица 1 - Варьирование входных факторов**

Входной фактор			Уровни вар-я			Размах вар-я	Интервал вар-я
код	значение	ед. изм.	«-1»	«0»	«1»		
1	2	3	4	5	6	7	8
$x_1$	Угол наклона фронта повреждения $\theta$	град	0	30	60	60	30
$x_2$	Глубина повреждения $a$	см	2	6	10	8	4
$x_3$	Относительный эксцентриситет $\frac{e_0}{h}$	-	0	1/8	1/4	1/4	1/8

Статистическая обработка экспериментальных данных, проведенная с использованием ПК «COMPEX», позволила получить зависимость между несущей способностью образцов и величинами каждого из заданных входных факторов в аналитическом виде:

$$\ln Y = 5,822 + 0,117x_1 - 0,118x_1^2 + 0,01x_1x_2 - 0,095x_2 - 0,040x_2x_3^{(1)} - 0,178x_3 +$$

Анализ выражения (1) показывает, что наибольшее влияние на несущую способность исследуемых образцов имеет эксцентриситет приложения нагрузки. Влияние величины глубины повреждения необходимо рассматривать совместно со значениями угла наклона фронта повреждения, т.е. влияние глубины откола в значительной степени может нивелироваться либо возрастать с изменением угла наклона фронта повреждений на всем исследуемом промежутке.

Кроме того, было определено влияние каждого из факторов на несущую способность в зоне максимальных и минимальных значений (Рис. 2). Анализируя полученные однофакторные диаграммы, можно сделать вывод, что остаточная несущая способность образцов увеличивается с увеличением угла откола и падает при увеличении глубины

повреждения и эксцентриситета приложения нагрузки. Минимальное значение  $\ln Y = 5,198$  получено при  $x_{min} = \left(0; 10; \frac{1}{4}\right)$  и максимальное  $\ln Y = 6,080$  при  $x_{max} = (32,1; 0; 0)$ , что полностью подтверждает влияние исследуемых факторов на несущую способность образцов.

**Таблица 2 – Потери несущей способности**

№ опыта	Код			Несущая способность		
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	поврежд. образец, кН	неповрежд. образец, кН	потери несущей способности, %
1	2	3	4	5	6	7
1	-1	-1	-1	380	560	32.1
2	-1	1	-1	280		50.0
3	0	0	-1	420		25.0
4	1	-1	-1	400		28.6
5	1	1	-1	420		25.0
6	-1	0	0	260	420	38.1
7	0	-1	0	360		14.3
8	0	0	0	340		19.0
9	0	1	0	320		23.8
10	1	0	0	340		19.0
11	-1	-1	1	300	360	16.7
12	-1	1	1	180		50.0
13	0	0	1	280		22.2
14	1	-1	1	300		16.7
15	1	1	1	280		22.2

### **Выводы**

Моделирование работы экспериментальных образцов в ПК «Лира 9.6» с последующей статистической обработкой результатов позволило оценить степень влияния на несущую способность таких факторов, как величина и угол откола бетона, а также эксцентриситета прилагаемой нагрузки. В дальнейшем необходимо уточнение теоретических изысканий посредством проведения натурального эксперимента.

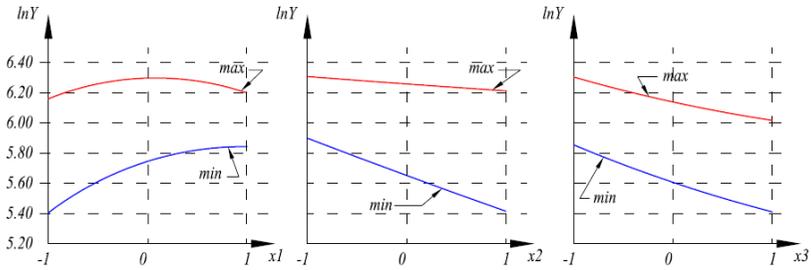


Рис.2 Влияние факторов на несущую способность образцов в зоне максимума и минимума

### Summary

In the article are listed the results of numerical modelling of bearing capacity determination for the damaged reinforced concrete I-section columns. The analytical and graphical dependences between bearing capacity of the columns and the degree of damage and eccentricity of applied load are obtained.

### Литература

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции – М.: Стройиздат, 1991.-767 с.
2. Клименко Є.В. Технічний стан будівель та споруд – У.: Уманське комунальне видавничо-поліграфічне підприємство, 2010. – 284 с.
3. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Огарков Б.Л. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ. – К.: Высшая школа, 1989. – 328 с.