

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПОВРЕЖДЕННЫХ СЖАТЫХ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Клименко Е.В., Дуденко Т.А., Довгань А.Д., М.Г.Мустафа

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

В результате воздействия внешних факторов и физического износа во многих бетонных элементах зданий и сооружений (колоннах, столбиках, элементах ферм) возникают повреждения. В результате этого они начинают работать по другим принципам. В существующих нормативных документах отсутствуют рекомендации по решению некоторых задач реконструкции. Поэтому, эта область является мало изученной и требует проведения численных и натурных экспериментов [1].

Анализ предыдущих исследований. В соответствии с действующим СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции» учет дефектов и повреждений обеспечивается уменьшением сечений, влиянием на прочность и деформативные характеристики бетона, на его сцепление с арматурой, на эксцентриситет поперечной силы». Для сильно поврежденных конструкций (при разрушении 50% и более сечения бетона или 50% и более площади сечения рабочей арматуры) элементы усиления следует рассчитывать на полную действующую нагрузку, при этом усиливаемая конструкция в расчете не учитывается. Но опыт показывает, что такие элементы обладают частичной несущей способностью. Задачей для последующего изучения является определение остаточной несущей способности поврежденных элементов с целью выбора более экономичного варианта усиления либо полной замены элемента. Проблема повреждения защитного слоя железобетона, учет сцепления арматуры с бетоном, железобетонных элементов и оценки их несущей способности является малоизученной.

Целью работы является определение теоретическим путём несущей способности поврежденных бетонных элементов.

Материал и результаты исследований. Достижение поставленной цели осуществлялось путём моделирования и расчета элементов с помощью программно-вычислительного комплекса SCAD и анализа полученных результатов исследований с помощью экспериментально-статистического моделирования.

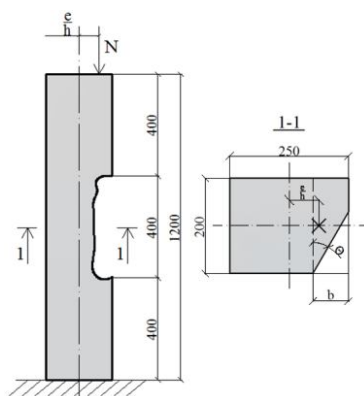


Рис.1. Расчетная схема экспериментального образца

Объектом исследований были образцы из бетона класса В 25 с размерами сечения 200 x 250 мм и высотой 1200 мм. Повреждение располагалось в средней трети столбика (рис. 1).

Для анализа принят трехуровневый, трехфакторный план эксперимента. Выбранные факторы варьирования приведены в таблице 1.

Таблица 1. - Факторы варьирования для трехфакторной модели эксперимента

Бетонные загрузались начиная с постепенно увеличивалась величины несущей	1	Факторы X_i		Уровни варьирования			Интервал варьирования	образцы ступенями, и нагрузка 10%. Найденные остаточной способности
		Код	Натуральные значения	«-1»	«0»	«1»		
		X_1	Угол откола $\Theta, ^\circ$	0	30	60	30	
		X_2	Высота откола b , см	2,5	7,5	12,5	5	
		X_3	Относительный эксцентриситет e_0/h	0	1/4	1/8	1/4	

сравнивались в процентном соотношении с несущей способностью не повреждённых элементов (табл.2)

Экспериментально-статистическое моделирование результатов эксперимента выполнялось с помощью программного комплекса COMPEX, разработанного на кафедре ПАТСМ Одесской государственной академии строительства и архитектуры (1991-2000 гг.) под руководством профессора Вознесенского В. А..

Использование этой системы позволило проанализировать и выделить значимые факторы, которые в большей степени влияют на несущую способность.

Таблица 2. - Матрица планирования эксперимента

№	Код образца	Несущая способность, кН	Потери несущей способности, %
1	-1-1-1	490,5	32,3
2	-1-1+1	407,12	30,25
3	-1+1-1	88,29	87,82
4	+1-1-1	696,51	3,93
5	-1+1+1	80,93	86,13
6	+1-1+1	568,98	2,52
7	+1+1-1	465,97	35,72
8	+1+1+1	385,04	34,03
9	+1 0 0	404,66	16,24
10	-1 0 0	169,21	64,98
11	0 1 0	188,84	60,91
12	0 -1 0	424,28	12,18
13	0 0+1	392,4	32,77
14	0 0 -1	446,36	38,43
15	0 0 0	377,68	21,82

Модель для анализа результатов имеет вид:

$$\ln \{N\} = 5.8 + 0.47x_1 - 0.49x_2 - 0.08x_3 + 0.2x_1^2 - 0.12x_2^2 + 0.27x_3^2 + 0.32x_1x_2 \quad (1)$$

Из уравнения видно, что наибольшее влияние на несущую способность поврежденного элемента оказывает x_1 – угол откола. Повышение высоты откола x_2 (b) и относительного эксцентриситета x_3 (e_0/h) приводит к падению несущей способности поврежденных бетонных элементов [2].

Были смоделированы случаи, когда наблюдалась наибольшая и наименьшая несущая способность поврежденных элементов, построены одно-, двух- и трехфакторные графики влияния варьируемых факторов на исследуемый показатель (рис. 2-4).

На рис. 1 показано влияние каждого фактора на $\ln\{N\}$ в зоне максимальных и минимальных значений. Относительный и абсолютный приросты для анализируемого критерия составляют: относительный $\delta\{N\} = 10.7$ раза и $\Delta\{N\} = 639$ кН.

При повышении угла откола Θ от 0^0 до 60^0 несущая способность бетонных образцов увеличивается. С увеличением высоты откола несущая способность образца падает, а при $X_1 \min$ ($b = 2,5$ см) получаем максимальные значения анализируемого критерия.

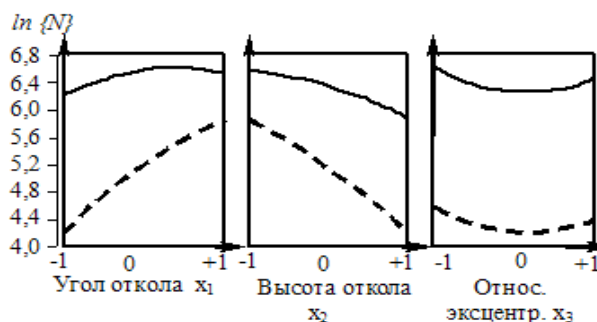


Рис. 2. Однофакторные графики

Наибольшая несущая способность образцов получена при центральном приложении силы, наименьшая – с относительным эксцентриситетом $e_0/h = 1/4$.

По рассчитанной модели (1) было построено девять двухфакторных диаграмм. Для анализа рассмотрим совместное влияние X_1 – угла откола и X_2 – высоты откола при разном варьировании относительного эксцентриситета X_3 (Рис. 3).

Рассматривая двухфакторные диаграммы можно сделать вывод, что при увеличении угла откола и снижении высоты откола несущая способность образцов возрастает, а при уменьшении угла откола и увеличении высоты откола она уменьшается во всех трёх случаях вне зависимости от изменения относительного эксцентриситета.

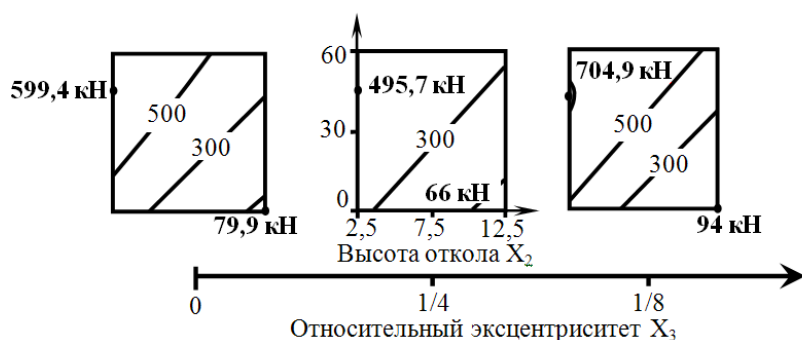


Рис. 3. Влияние варьируемых факторов на несущую способность (N , кН) поврежденных бетонных элементов

Подтверждением этому служит модель для анализа (1), исходя из которой можно сделать заключение, что фактор варьирования X_3 имеет наименьшее влияние из всех выбранных факторов, а наиболее значимыми являются X_1 и X_2 .

На рис. 4 представлена трехфакторная диаграмма совместного влияния варьируемых факторов на несущую способность (N , кН) поврежденных бетонных элементов.

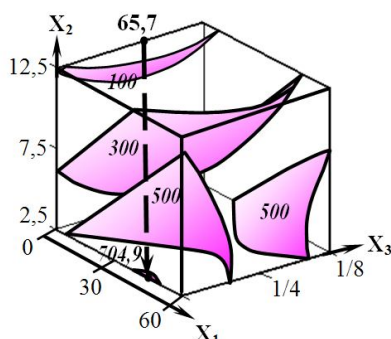


Рис.4. Трехфакторная диаграмма

Анализ диаграммы совместного влияния факторов (Рис. 4) показывает, что максимальная несущая способность образцов наблюдается при угле откола $\Theta = 42^\circ$, высоте откола равной $b = 2,5$ см и относительном эксцентриситете $e_0/h = 0$. Соответственно минимальная N будет при $\Theta = 0^\circ$, $b_1 = 12,5$ см и $e_0/h = 0,287$.

Выводы

Моделирование экспериментальных образцов в проектно-вычислительном комплексе SCAD дало возможность определить несущую способность поврежденных элементов и ознакомиться с их работой. Наибольшая концентрация напряжений наблюдалась в местах откола бетона. Использование экспериментально-статистического моделирования при обработке данных в ПК COMPEX позволило оценить влияние на несущую способность каждого из выбранных факторов по отдельности и в разнообразных комбинациях. В дальнейших исследованиях интерес представляет изучение работы поврежденных железобетонных элементов и влияние армирования как четвертого фактора на несущую способность.

SUMMARY

The results of numeral experiment on determination of bearing strength of the damaged concrete elements and treatment of results with the use of experimental-statistic design in this article.

Литература

1. Голышев А. Б., Ткаченко И. Н. Проектирование усилений несущих железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений. – К.: Логос, 2001. – 172 с.

2. Вознесенский В. А. , Ляшенко Т. В., Огарков Б.Л. Численные методы решения строительнотехнологических задач на ЭВМ. – К., Высшая школа, 1989. – 328с.