

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОВРЕЖДЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН

Клименко Е.В., Дуденко Т.А., Косянчук Н.П.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
г. Одесса*

В процессе эксплуатации зданий и сооружений происходит их износ, ввиду накопления повреждений от различных факторов. Основным видом повреждений, приводящим к ослаблению конструкций, являются механические повреждения в ходе эксплуатации, химические и коррозионные воздействия, старение материала, повреждения вследствие перегрузки конструкций, последствия которых приводят к необходимости реконструкции [1]. Принятие решения относительно усиления невозможно без оценки резерва силового сопротивления, оставшегося после эксплуатации зданий и сооружений, по всем видам предельных состояний. Так же в последние годы обозначена проблема восстановления эксплуатационных параметров бетонных и железобетонных конструкций, поврежденных в результате природных или техногенных аварий и катастроф, а так же железобетонных конструкций незавершенных объектов со значительным сроком климатических воздействий [2]. В существующих нормативных документах отсутствуют рекомендации по решению некоторых задач реконструкции. Поэтому, эта область является мало изученной и требует проведения численных и натурных экспериментов.

Для изучения данной проблемы было изготовлено 17 железобетонных колонн с повреждениями. Дополнительно выполнялось моделирование образцов в ПК ЛИРА 9.6.

Железобетонные образцы имеют следующие геометрические характеристики: размер сечения – 200 х 250 мм, высота колонны – 1200 мм. Искусственное повреждение располагается в средней трети (Рис. 1,а). Бетон класса В 15. Армирование выполнено в виде каркасов с рабочей арматурой А 400 Ø 16 и поперечными хомутами из арматуры А 240 с Ø 6. (Рис. 1, б).

Выбранные факторы и интервалы варьирования приведены в табл. 1. Для анализа принят трехуровневый, трехфакторный план эксперимента.

Таблица 1. Факторы варьирования для трехфакторной модели эксперимента

Факторы X_i		Уровни варьирования			Интервал варьирования
код	натуральные значения	«-1»	«0»	«1»	
X_1	Угол откола $\Theta, ^\circ$	0	30	60	30
X_2	Высота откола b_1 , см	2,5	7,5	12,5	5
X_3	Относительный эксцентриситет e_0/h	0	1/2	1	1/2

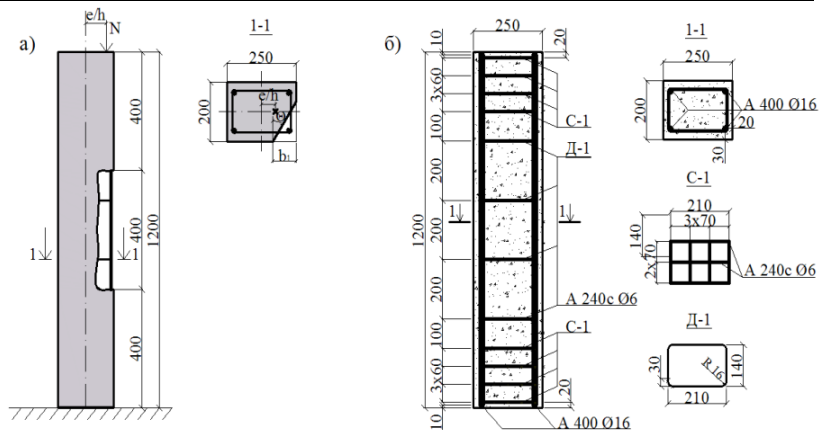


Рис.1. Опытный образец: а - общий вид поврежденного элемента; б - схема армирования

Испытания железобетонных элементов выполнялось на гидравлическом прессе типа 2ПГ-500, шкала 1 на 200т, цена деления 0,667 т. Общий вид установки для испытаний представлен на рисунке 2. Нагрузка на колонну передавалась через шарнир, установленный на металлическом оголовке.

Нагрузка прикладывалась ступенями $\Delta F=0,1F_{max}$ с выдержкой на каждой ступени по 10 минут. Деформации бетона и арматуры фиксировались на отметке 0,6 м тензорезисторами типа КФ-5 с базой основы 30 мм.

При испытании 17 опытных образцов были замечены определенные закономерности. На характер разрушения в большей части влияла точка приложения силы, то есть, третий фактор варьирования.

Центрально сжатые колонны имели наибольшую несущую способность среди всех исследуемых, а наименьшую имели колонны с относительным эксцентриситетом приложения силы равным 1. При нагрузке $\approx 0,4F_{разр.}$ фиксировались появление наклонных волосяных трещин. При последующем нагружении наблюдалось раскрытие

трещин, частичное отслаивание тонких бетонных пластинок (Рис. 3, а). Происходил скол бетона, находящегося непосредственно над повреждением (Рис. 3, б).



Рис. 2. Общий вид установки для испытания колонн.
а). б).



Рис.3. Разрушение образца: а – отслаивание бетонных пластинок;
б – скол бетона над повреждением.

В образцах, в которых имелась оголенная арматура, наблюдался её изгиб вследствие потери устойчивости (Рис.4, а).

Разрушение образцов с $e_0/h = 1/2$ происходило с образованием многочисленных трещин на задней грани колонны, что свидетельствовало о сложном напряженном состоянии образца, так как передняя грань испытывала сжатие, а задняя – растяжение (Рис.4,б). Максимальные напряжения фиксировались в центральном сечении.

При испытании образцов с $e_0/h = 1$ было отмечено, что разрушение происходит не в центральном сечении колонны, на отметке 0,6м, а в верхней трети колонны, в части, которая была скрыта под металлическим оголовком. Поэтому, последовательность появления трещин зафиксировать не удалось. Разрушение происходило именно в этой зоне колонны (Рис.4,в). Так же наблюдался скол бетона над повреждением.

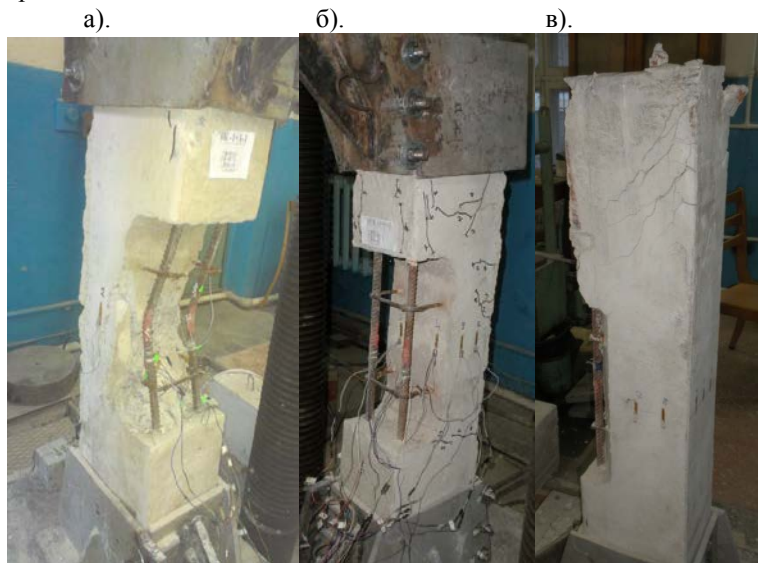


Рис.4. Испытанные образцы: а – потеря устойчивости арматуры; б – типичное разрушение образца с $e_0/h = 1/2$; в – типичное разрушение образца с $e_0/h = 1$.

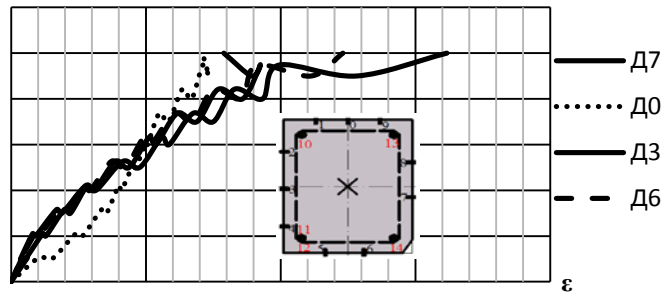
При проведении экспериментальных исследований согласно принятой методике испытаний проводилось измерение относительных деформаций на отметке 0,6м. Разрушающие нагрузки, полученные при натурном эксперименте, для некоторых образцов представлены в таблице 2.

Измерения позволили построить графики зависимости относительных деформаций от нагрузки, которые наглядно отображают напряженно-деформируемое состояние поврежденных элементов. Для примера приведены графики относительных деформаций в бетоне и арматуре для образца К 1-1-1 (Рис.5).

Таблица 2. Несущая способность опытных образцов

№ п/п	Маркировка образца	Несущая способность $N_{\text{exp}}, \text{т}$	Несущая способность $N_{\text{лира}}, \text{т}$	$N_{\text{exp}}/N_{\text{лира}}$
1	-1+1-1	12	11	1,09
2	+1-1-1	31,68	25,5	1,24
3	0 -1 0	13,34	10,00	1,34
4	+1+1+1	6,00	5,00	1,2

$\Delta N/N$ Относительные деформации бетона К 1-1-1



Относительные деформации арматуры
К 1-1-1

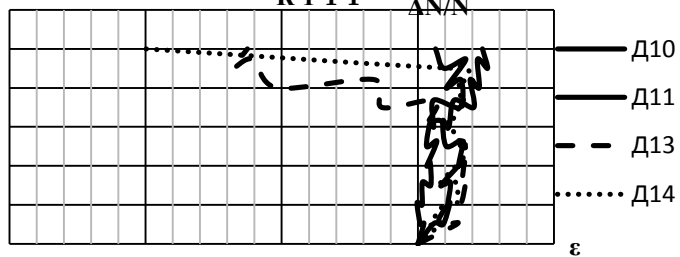


Рис.5. Графики зависимости относительных деформаций от нагружения

Выводы

Выполнен натурный эксперимент: изготовлено 17 железобетонных образцов с повреждениями. С помощью призм и кубиков определены расчетные характеристики бетона, которые легли в основу расчета в ПК ЛИРА. Испытания колонн показало, что образцы разрушаются не одинаково. Наиболее значимым в этом случае является эксцентриситет приложения силы.

В ходе работы основным заданием было определение остаточной несущей способности повреждённых элементов. Поставленная задача решалась путём моделирования и расчета бетонных элементов с помощью программного комплекса ЛИРА 9.6. Были смоделированы и рассчитаны опытные образцы согласно матрицы эксперимента. Найденные величины несущей способности сравнивались в процентном соотношении с несущей способностью, полученной при натурном эксперименте. Подобные расчеты подходят в качестве проверочных расчетов, помогают определить несущую способность элементов с точностью $\approx 15-20\%$.

Полученные величины прочности и деформативности будут применимы при оценке технического состояния повреждённых элементов, их остаточной несущей способности, они позволят разработать конструктивные решения об их усилении и реконструкции.

Summary:

In this article the results of experiment on determination of carrying capacity of the damaged columns are given.

Литература

1. Чемпион С. Дефекты и ремонт бетонных и железобетонных сооружений / Чемпион С. – М: Стройиздат, 1967. – 152с.
2. Козачёк В. Г. Обследование и испытание зданий и сооружений/ Козачёк В. Г. Нечаев Н. В. – М.: Высшая школа, 2004. – 447с.