

УДК 624.012.41

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОВРЕЖДЕННЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН ДВУТАВРОВОГО СЕЧЕНИЯ**

**ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПОШКОДЖЕНИХ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН ДВОТАВРОВОГО ПЕРЕРІЗУ**

**METHODS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF DAMAGED
I-SECTION SHAPED RC COLUMNS UNDER COMPRESSION
CAPACITY**

Бараев А.В., аспирант (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Барасв А.В., аспірант (Одеська державна академія будівництва та архітектури)

Baraiev A.V., postgraduate student (Odessa State Academy of Building and Architecture)

Изложена методика проведения эксперимента по определению несущей способности сжатых поврежденных бетонных колонн двутаврового сечения. Приведены результаты численного эксперимента, проведенного согласно изложенной методике. Получены аналитические и графические зависимости между несущей способностью колонн и степенью их повреждения, а также эксцентриситетом приложения нагрузки.

Викладена методика проведення експерименту з визначення несучої здатності стиснутих пошкоджених колон двотаврового перерізу. Наведені результати чисельного експерименту, проведеного згідно до викладеної методики. Отримані аналітичні і графічні залежності між несучою здатністю колон та ступенем їх пошкодженості, а також эксцентриситетом прикладеного навантаження.

The article provides methods for experimental determination of damaged I-shaped RC columns under compression. The results of numerical experiment in accordance to described methodology are listed. The analytical and graphical dependences between bearing capacity of the columns and the degree of damage and eccentricity of applied load are obtained.

Ключевые слова:

Железобетон, колонна, двутавр, сжатие, повреждения.

Залізобетон, колона, двотавр, стиск, пошкодження.

Reinforced concrete, columns, I-section, compression, damage.

Вступление. Многие здания и сооружения, построенные в прошлом веке, на сегодняшний день значительно изношены и приближаются к нормативному сроку службы. В связи с этим, проблема оценки остаточной несущей способности и надежности элементов железобетонных конструкций в последнее время становится все более актуальной. 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 [1]. 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.

Анализ последних исследований. Несмотря на рекомендации действующих нормативных документов, результаты анализа визуальных и инструментальных натурных обследований, показывают, что остаточный ресурс поврежденных железобетонных конструктивных элементов значительно недооценивается [2]. В [3] приведены результаты испытаний поврежденных железобетонных колонн прямоугольного сечения и предложен алгоритм расчета несущей способности подобных конструктивных элементов. В [4] изложены базовые предпосылки для анализа поврежденных железобетонных колонн круглого сечения.

Целью данной работы является формирование методики количественной оценки несущей способности поврежденных железобетонных элементов и ее апробация на основе численного эксперимента.

Методика проведения эксперимента. В качестве базового объекта исследования была выбрана модель колонны, являющаяся уменьшенной в 2 раза копией надкрановой части типовой двутавровой колонны для промышленного здания с кранами грузоподъемностью до 30 т (рис.1). Для оценки несущей способности колонны, получившей повреждения, принято три фактора: глубина повреждения, угол фронта повреждения и эксцентриситет прилагаемой нагрузки. Глубина и угол определяют величину и форму повреждения, в то время как эксцентриситет – характер приложенной

нагрузки. Все из вышеперечисленных факторов варьировались на трех уровнях (табл. 1)

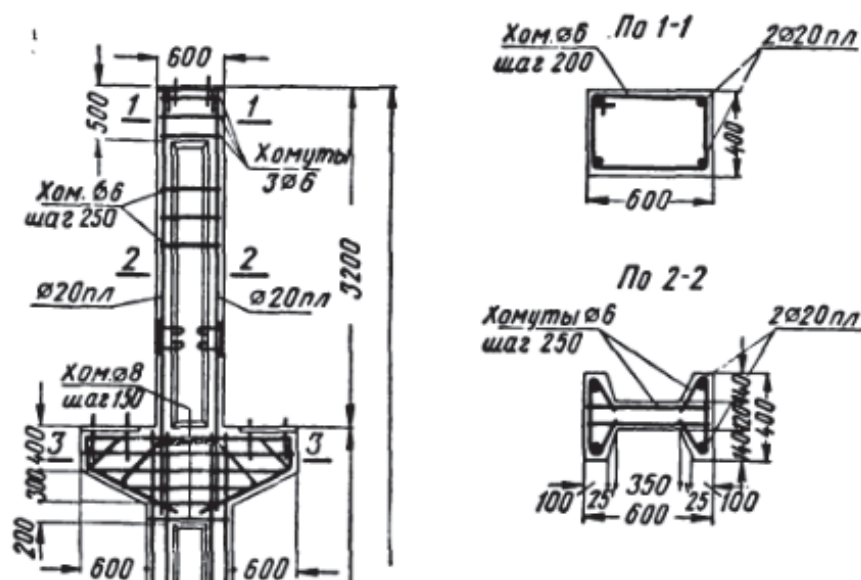


Рис. 1. Надкрановая часть двутавровой колонны промышленного здания

Таблица 1

Варьирование входных факторов

Входной фактор			Уровни вар-я			Размах вар-я	Интервал вар-я
код	значение	ед. изм.	«-1»	«0»	«1»		
x_1	Угол наклона фронта повреждения θ	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

Эксперимент проводился по сокращенному плану трехфакторного эксперимента, состоящему из 15 вариантов сочетаний исследуемых факторов [5] (табл. 2). Общий вид поврежденной модели образца представлен на рис. 2.

Таблица 2

План эксперимента

Сочетание факторов			Угол наклона фронта повреждения, град	Глубина повреждения, см	Относительный эксцентриситет, см
x_1	x_2	x_3			
-1	-1	-1	0	2	0
-1	1	-1	0	10	0
0	0	-1	30	6	0
1	-1	-1	60	2	0
1	1	-1	60	10	0
-1	0	0	0	6	1/8
0	-1	0	30	2	1/8
0	0	0	30	6	1/8
0	1	0	30	10	1/8
1	0	0	60	6	1/8
-1	-1	1	0	2	1/4
-1	1	1	0	10	1/4
0	0	1	30	6	1/4
1	-1	1	60	2	1/4
1	1	1	60	10	1/4

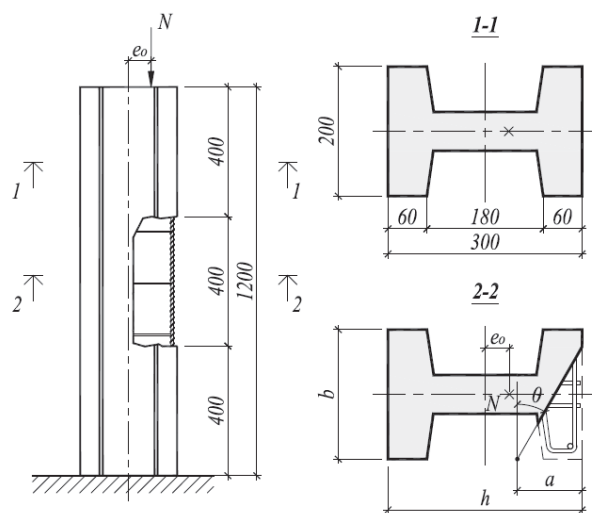


Рис. 2. Модель поврежденной колонны

Образцы армировались каркасами, состоящими из продольной рабочей арматуры периодического профиля $\varnothing 12$ мм А400С, расположенной по углам сечения, и поперечной гладкой арматуры $\varnothing 6$ мм А240С. Повреждения сечений моделировались в средней трети колонн. Фронт повреждений принимался прямолинейным. Одной из предпосылок расчета являлось 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).

Результаты численного эксперимента. Для реализации поставленной задачи было проведено моделирование сжатых поврежденных колонн двутаврового сечения из бетона класса С25/30 в ПК «Лири 9.6» с дальнейшей статистической обработкой полученных результатов в ПК «СОМРЕХ».

Расчет производился в нелинейной постановке. Образцы загружались ступенями по 20 кН. Для количественной оценки потери несущей способности одновременно с поврежденными образцами были смоделированы 3 неповрежденных образца, отличающихся только эксцентриситетом приложения нагрузки. Результаты сравнения представлены в таблице 3.

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

$$mF = 5,822 + 0,117x_1 - 0,118x_1^2 + 0,01x_1x_2 - 0,095x_2 - 0,040x_2x_3 - 0,178x_3 + 0,024x_3^2 \quad (1)$$

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 $mF = 5,198$ получено при $x_{min} = (0; 10; 1/4)$ и максимальное $mF = 6,080$ при $x_{max} = (32,1; 0; 0)$, что полностью подтверждает влияние исследуемых факторов на несущую способность образцов.

Таблица 3

Потери несущей способности

№ опыта	Сочетание факторов			Несущая способность		
	x_1	x_2	x_3	поврежд. образец, кН	неповрежд. образец, кН	потери несущей способности, %
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

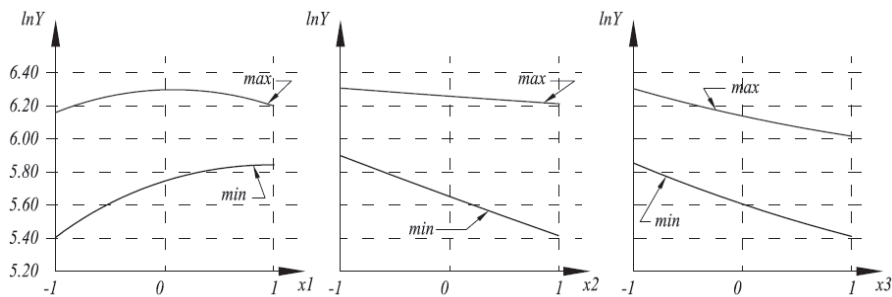


Рис. 3. Влияние факторов на несущую способность образцов в зоне максимума и минимума

Выводы. Предложенная методика позволяет определить несущую способность поврежденных сжатых двутавровых элементов. Моделирование работы экспериментальных образцов в ПК «Ли́ра 9.6» позволило получить аналитическую зависимость между несущей способностью элементов, величиной повреждения и эксцентриситетом приложения нагрузки. В дальнейшем интерес представляет уточнение теоретических изысканий посредством проведения натурального эксперимента.

1. Клименко Е.В. Анализ причин поврежденности бетонных и железобетонных колонн/ Клименко Е.В., Дуденко Т.А., Чернева Е.С. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: ОДАБА, 2010 – Вип. 42. – с.169-172
2. Клименко С.В. Технічний стан будівель та споруд/ Клименко С.В. – Одеса, ОДАБА, 2010. – 284 с.
3. Клименко С.В. До питання розрахунку пошкоджених залізобетонних колон/ Клименко С.В., Дуденко Т.А. // Вісник Національного університету Львівська політехніка – Л.: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – с. 169-172.
4. Matiyu Oreshkovich Basic assumptions for the research of stress-deformation state of damaged reinforced concrete columns of circular cross-section/ Tehnički glasnik 2013 – с. 263 - 268
5. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ./ Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Огарков Б.Л. // – К.: Высшая школа, 1989. – 328 с.

УДК 624.0.12.464.3

РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ОДНО- І ДВОШАРОВИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ, ОПЕРТИХ ПО КОНТУРУ

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ОДНО- И ДВУХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ, ОПЕРТЫХ ПО КОНТУРУ

CALCULATION OF STRENGTH ONE - AND TWO-LAYER REINFORCED CONCRETE SLABS SUPPORTED ON A CONTOUR

Барашиков А.Я., д.т.н., професор, Сморгалов Д.В., асистент (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ)

Барашиков А.Я., д.т.н., професор, Сморгалов Д.В., асистент (Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев)

Barashikov A.J., doctor of technical sciences, professor, Smorkalov D.V., assistant ((Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv)

Наведено результати експериментальних досліджень одно - і двошарових плит під дією поперечного короткочасного навантаження. Виконано розрахунок і співставлення міцності плит, оснований на деформаційному методі з результатами експериментальних досліджень.

Приведены результаты экспериментальных исследований одно - и двухслойных плит под действием поперечного кратковременной нагрузки. Выполнен расчет и сопоставление прочности плит, основанном на деформационном методе с результатами экспериментальных исследований.