

УДК 624.012.41

РАССЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИ ПОВРЕЖДЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН ДВУТАВРОВОГО СЕЧЕНИЯ

РОЗРАХУНОК НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ МЕХАНІЧНО ПОШКОДЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН ДВОТАВРОВОГО ПЕРЕРІЗУ

MECHANICALLY DAMAGED I-SECTION SHAPED RC COLUMNS CAPACITY CALCULATION

Клименко Е.В., д.т.н., Бараев А.В., аспирант (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Klimenko Y.V., Doctor of Technical science, Baraiev A.V., postgraduate (Odessa State Academy of Building and Architecture)

Изложены основные предпосылки и способ расчета остаточной несущей способности механически поврежденных железобетонных колонн двутаврового сечения. Приведена система уравнений, полностью описывающая НДС рассматриваемых элементов.

The article provides general backgrounds and the method of calculation of mechanically damaged I-section shaped RC columns residual capacity. The system of equations which totally describes the stress-strain state of considered elements is given.

Введение. Большинство железобетонных колонн зданий и сооружений в процессе эксплуатации подвергается влиянию различных неблагоприятных факторов: увеличению эксплуатационных нагрузок, прямым механическим воздействиям, физическому износу, которые приводят к возникновению различного рода повреждений, наиболее распространенным из которых является непосредственно уменьшение сечения. В связи с этим возникает задача о целесообразности и выборе методов усиления того, или иного поврежденного конструктивного элемента, которая не может быть эффективно решена без сведений о его остаточной несущей способности.

Анализ последних исследований. Действующие нормативные документы: [1], [2] не содержат четких рекомендаций по расчету фактической несущей способности поврежденных железобетонных элементов и предлагают опираться на результаты анализа визуальных и инструментальных натурных обследований, что зачастую приводит к тому, что остаточная несущая

способность значительно недооценивается [3]. В работе [4] приведены результаты испытаний поврежденных железобетонных колонн прямоугольного сечения и предложен алгоритм расчета несущей способности подобных конструктивных элементов.

Целью данной работы является формулировка предпосылок расчета и формирование на основе этих предпосылок системы уравнений, позволяющих определить несущую способность поврежденных железобетонных колонн двутаврового сечения.

Объектом исследования являются двутаврового сечения высотой 1,2 м, изготовленные из бетона класса С25/30 (рис. 2) армируемые четырьмя продольными стержнями периодического профиля $\varnothing 12$ мм А400С и хомутами из гладкой арматуры А240С, с шагом 200 мм.

Основные предпосылки расчета. В [5] приведены результаты численного эксперимента по исследованию несущей способности двутавровых железобетонных колонн с различной степенью повреждения и варьирующимся эксцентриситетом приложения внешнего усилия. Расчеты в ПК «Лира САПР» позволяют утверждать, что нейтральная ось имеет вид прямой и в случае косоугольного повреждения (фронт повреждения расположен под положительным углом к полке двутавра) не параллельна фронту повреждения (рис. 1).

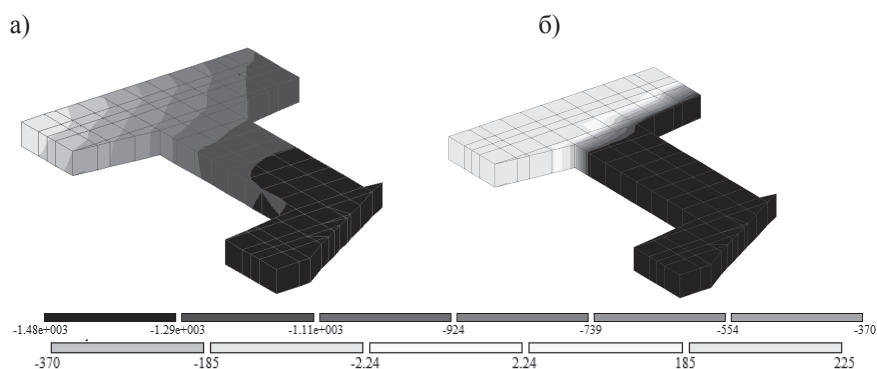


Рис. 1. Напряженно-деформированное состояние в среднем сечении поврежденной колонны по высоте: а – центрально нагруженной; б – нагруженной с эксцентриситетом $0,5h$.

Кроме того:

- Принимается гипотеза плоских сечений: сечения плоские и нормальные к оси колонны до деформации остаются плоскими и нормальными к ее оси после деформации, а по высоте сечения деформации изменяются по линейной зависимости.
- Усилия в растянутой зоне полностью воспринимаются арматурой.

- Сопротивление бетона сжатой зоне определяется полиномом пятой степени согласно [6]

$$\sigma_{\varepsilon} = f_{\text{сд}} \sum_{k=1}^5 \alpha_k \eta^k \quad (1)$$

- Напряжения в арматуре принимают в зависимости от высоты сжатой зоны бетона.
- Растягивающие напряжения в арматуре не превышают расчетное сопротивление растяжению .
- Сжимающие напряжения в арматуре не превышают расчетное сопротивление сжатию .
- Условие параллельности силовых плоскостей согласно [2]: точка приложения внешней силы A , равнодействующая сжимающих усилий в бетоне и арматуре B , а так же равнодействующая усилий в растянутой арматуре должны лежать на одной прямой (рис. 2).

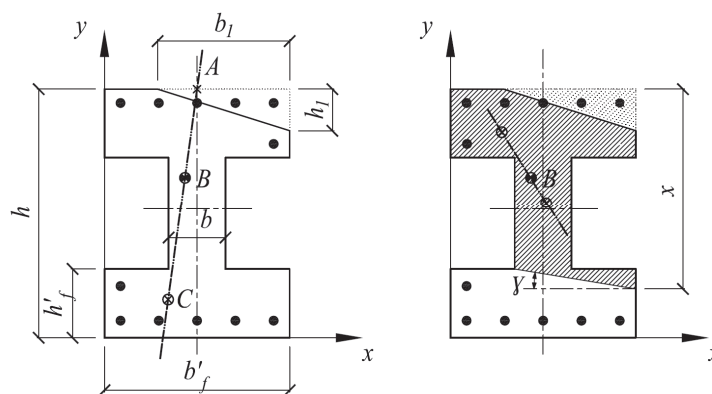


Рис. 2. Условие параллельности силовых плоскостей.

Неизвестными величинами являются высота сжатой зоны x , угол наклона нейтральной линии к оси сечения γ , две координаты центра масс сжатой зоны бетона и несущая способность колонны. Для нахождения пяти неизвестных необходимо составить систему из пяти уравнений:

1. Уравнение равновесия относительно оси z (рис. 3):

$$N - \int_{h-x}^h \sigma_{\varepsilon} dA + \sum_i^n \sigma'_{\varepsilon i} A'_{\varepsilon i} = 0 \quad (2)$$

где $\sigma_{si} A'_{si}$ – напряжение в i -ом сжатом арматурном стержне. Стоит отметить, что при решении конкретной задачи, значение $\int_{h-x}^h \sigma_c dA$ может быть проинтегрировано численно.

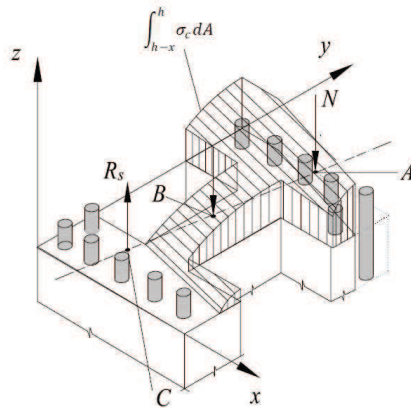


Рис. 3. Условие равновесия по оси z с учетом нелинейной работы бетона сжатой зоны.

2. Равенство нулю суммы моментов осей x и y (рис. 4):

$$N \times (e + 0.5h) - \int_{h-x}^h \sigma_c dA \times y_c - \sum_i^n \sigma'_{si} A'_{si} \times a'_i + \sum_i^n \sigma_{si} \times A_{si} \times a_i = 0; \quad (3)$$

$$N \times 0.5b'_f - \int_{h-x}^h \sigma_c dA \times x_c - \sum_i^n \sigma'_{si} A'_{si} \times b'_i + \sum_i^n \sigma_{si} \times A_{si} \times b_i = 0; \quad (4)$$

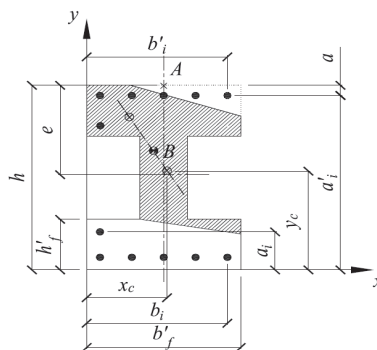


Рис. 4. Определение суммы моментов сил относительно осей x и y .

3. Статические моменты сжатой зоны бетона относительно осей x_1 и y_1 (рис. 5):

$$\sum_{i=1}^n A_i \times y_i = 0; \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n A_i \times x_i = 0; \quad (6)$$

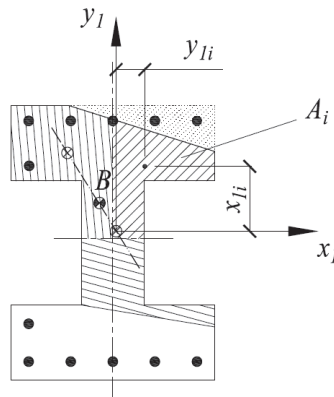


Рис. 5. Выражение координат центра тяжести сжатой зоны бетона в зависимости от геометрии поврежденного сечения.

Согласно [7] в уравнениях (2) и (3)

$$\sigma_{si} = \frac{\sigma_{sc,n}}{1 - \frac{\omega}{1.1}} \times \left(\frac{\omega}{\xi_i} - 1 \right); \quad (7)$$

где $\xi_i = \frac{x}{h_{oi}}$ выражено через высоту сжатой зоны бетона и h_{oi} – расстояние от оси, проходящей через центр тяжести сечения рассматриваемого i -го стержня и параллельной прямой, ограничивающей сжатую зону, до наиболее удаленной точки сжатой зоны сечения. Определить величины h_{oi} возможно из геометрии сечения, зная величину защитного слоя бетона a и введя угол наклона сжатой зоны бетона γ (рис. 6).

$$h_{oi} = (p + q) \times \cos \gamma \quad (8)$$

$$p = (b - b_1) \times \operatorname{tg} \gamma \quad (9)$$

$$q = h_f' - a(1 + \operatorname{tg} \gamma) \quad (10)$$

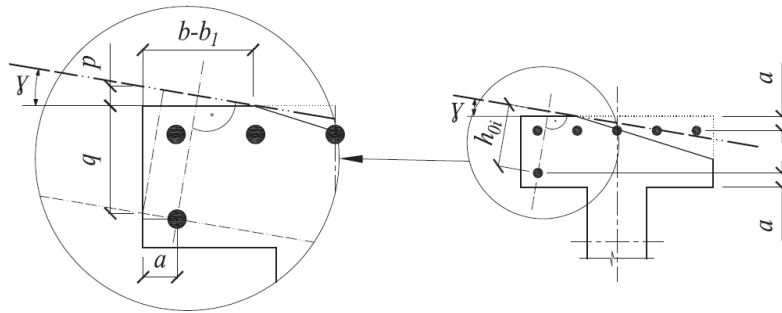


Рис. 4. Пример определения величины h_{0i} .

Выводы. Решение системы уравнений (2)...(5) позволяет определить остаточную несущую способность заданной поврежденной железобетонной колонны двутаврового сечения. В дальнейшем интерес представляет апробация методики путем сравнения рассчитанной несущей способности с натурными испытаниями образцов-колонн.

1. Бетонні та залізобетонні конструкції (II-а ред.): ДБН В.2.6.-2011 – [Чинний від 2011.06.01] – К.: 2009. –101с. 2. Бетонные и железобетонные конструкции. СНиП 2.03.01 – 84* [Чинний від 1984.08.20]. 3. Клименко С.В. Технічний стан будівель та споруд/ Є.В. Клименко – Одеса, ОДАБА, 2010. – 284 с. 4. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд: ДБН В.3.1-1-2002. [Чинний від 2003.01.01] – К.: 2003. – 82с. 5. Клименко С.В. До питання розрахунку пошкоджених залізобетонних колон/ Є.В. Клименко, Т.А Дуденко. // Вісник Національного університету Львівська політехніка – Л.: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – с. 169-172. 6. Бараев А.В. Исследование несущей способности поврежденных железобетонных колонн двутаврового сечения/ Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди Випуск 28 – Р.: ПП Барішева Н.К., с.121-127. 7. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции – М.: Стройиздат, 1991. – 767 с.