

РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИ ПОВРЕЖДЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН ДВУТАВРОВОГО СЕЧЕНИЯ

Олейниченко А.А., студент гр.ГС-504 м

Научные руководители - д.т.н., проф Клименко Е.В.,
аспирант Бараев А.В.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Изложены основные предпосылки, способ расчета и алгоритм определения остаточной несущей способности механически поврежденных железобетонных колонн двутаврового сечения.

Введение. В процессе эксплуатации большинство железобетонных колонн зданий и сооружений подвергаются влиянию различных неблагоприятных факторов: увеличению эксплуатационных нагрузок, прямым механическим воздействиям, физическому износу, которые приводят к возникновению различного рода повреждений. 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 колонны двутаврового сечения высотой 1,2 м, изготовленные из бетона класса С25/30, армируемые

четырьмя продольными стержнями периодического профиля $\varnothing 12$ мм А400С и хомутами из гладкой арматуры А240С, с шагом 200 мм.

Основные предпосылки расчета. Действующий ныне ДБН В.2.6.-2011 [5] в общем случае для определения несущей способности, перемещений, перераспределения усилий в статически неопределимых конструкциях предлагает определять напряженно-деформированное состояние железобетонных сечений исходя из нелинейной диаграммы «напряжения-деформации», которая описывается уравнениями

$$\frac{\sigma_c}{f_{cRk,c,d}} = \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\eta}, \text{ или } \sigma_c = f_{cRk,c,d} \sum_{k=1}^{\xi} \alpha_k \eta^k. \text{ Так же допускается приме-}$$

нение упрощенной зависимости «напряжения-деформации» бетона, если они являются эквивалентными или более консервативными (результаты расчета дают больший запас). Так же нормы в п.п. 3.1.6.2 при выполнении поверочных расчетов прямоугольных сечений, или близких к нему, допускают равномерный характер распределения нормальных напряжений в сжатой зоне (Рис. 1).

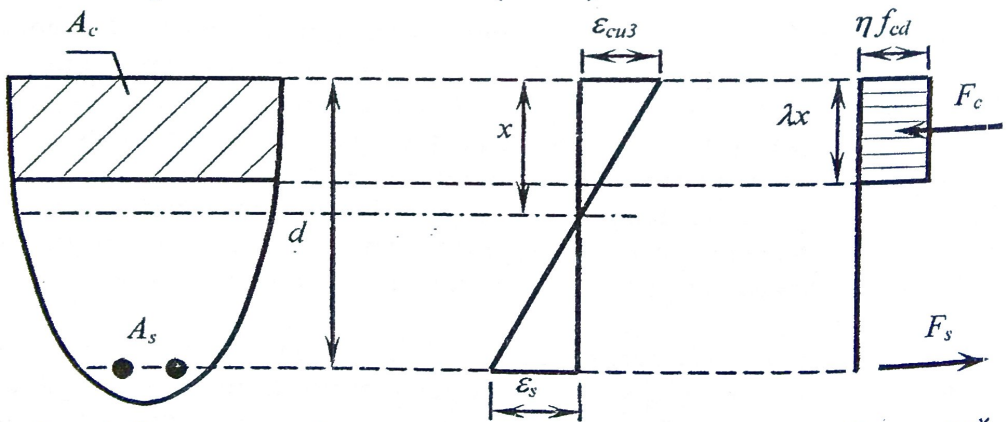


Рис. 1. Равномерный характер распределения напряжений в сжатой зоне.

Коэффициент, определяющий расчетную высоту сжатой зоны бетона принимается равным $\lambda=0,8$, а коэффициент, учитывающий влияние различных факторов на прочность бетона рекомендовано принимать $\eta=1,0$.

Так как рассматриваемые железобетонных колонны являются поврежденными в ходе эксплуатации, то их расчет можно рассматривать как поверочный, а следовательно, возможно применение упрощенной предпосылки о равномерном распределении напряжений по высоте сжатой зоны. Таким образом, можно сформулировать основные предпосылки расчета:

1. Принимается гипотеза плоских сечений, т.е. после деформирования сечения остаются плоскими, а по высоте сечения деформации изменяются по линейной зависимости.

2. Сопротивление бетона растяжению принимают равным нулю, усилия в растянутой зоне полностью воспринимаются арматурой.

3. Сопротивление бетона сжатию представляется напряжениями, равными f_{cd} и равномерно распределенными по сжатой зоне бетона.

4. Напряжения в арматуре определяют в зависимости от высоты сжатой зоны бетона.

5. Растягивающие напряжения в арматуре принимают не более расчетного сопротивления растяжению f_t .

6. Сжимающие напряжения в арматуре принимают не более расчетного сопротивления сжатию f_{yd} .

В ходе расчета необходимо определить неизвестные величины предельной нагрузки N , высоты сжатой зоны x , напряжения в арматуре σ_{si} .

При рассмотрении случая косоугольного внецентренного сжатия дополнительным принимается условие, что точка приложения внешней силы, равнодействующей сжимающих усилий в бетоне и арматуре и равнодействующей усилий в растянутой арматуре должны лежать на одной прямой [2] п.п. 3.28 (Рис. 2).

$l - l$ — плоскость, параллельная плоскости действия изгибающего момента, или плоскость, проходящая через точки приложения продольной силы и равнодействующих внутренних сжимающих и растягивающих усилий;

1 — точка приложения равнодействующей усилий в сжатой арматуре и в бетоне сжатой зоны;

2 — точка приложения равнодействующей усилий в растянутой арматуре.

Так как в [5] нет конкретных рекомендаций относительно определения положения нейтральной линии, то воспользуемся рекомендациями пособия [6] п. 3.76.: при расчете элементов на косоугольное сжатие рекомендует подбирать положение прямой, ограничивающей сжатую зону, последовательным приближением из уравнений

$$R_b A_b - \sum \sigma_{si} A_{si} \pm N = 0; \text{ и } \sigma_{si} = \frac{\sigma_{st,ii}}{1 - \frac{x}{l_i}} \left(\frac{\omega}{\rho_i} - 1 \right) + \sigma_{спi};$$

принимая угол наклона этой прямой γ постоянным и равным углу наклона нейтральной оси, определенной как для упругого материала.

Учитывая вышесказанное, расчет можно представить в виде следующего алгоритма (Рис. 3):

1. Постановка целей расчета: нахождение x , N , σ_{si} , γ .

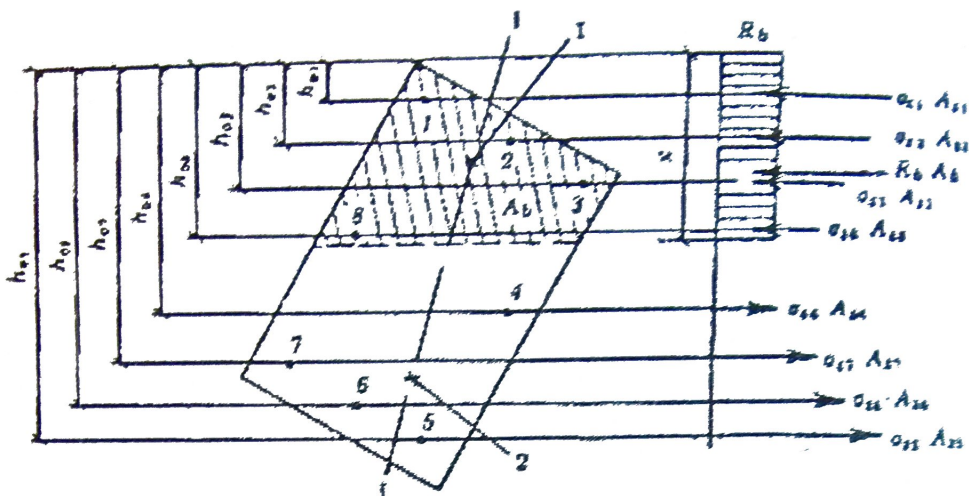


Рис. 2. Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси железобетонного элемента, в общем случае расчета по прочности.

2. Для нахождения четырех неизвестных величин необходимо составить четыре уравнения. Первое – уравнение параллельности силовых плоскостей, второе и третье – сумма моментов сил и проекция всех сил на одну из осей, четвертое – эмпирическая формула для нахождения напряжений в арматурных стержнях.

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{N e_y}{N e_x} \cdot \frac{I_x}{I_y} \quad (1)$$

$$N e \leq f_{cd} S_D - \sum \sigma_{zi} S_{zi} \quad (2)$$

$$N = f_{cd} A_c - \sum \sigma_{zi} A_{zi} \quad (3)$$

$$\sigma_{zi} = \frac{\sigma_{s0,i}}{1 - \frac{e}{h_{oi}}} \left(\frac{\omega}{\epsilon_i} - 1 \right) \quad (4)$$

3. Тангенс угла наклона нейтральной линии – это фактически произведение отношений проекции эксцентриситета на оси x и y на отношение моментов инерции поврежденного сечения, которые определяем как моменты инерции сложного составного сечения. Определив тангенс угла наклона нейтральной линии θ находим величины $\frac{e}{h_{oi}} = \frac{x}{h_{oi}}$, где 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 (рис.2).

4. Выражаем напряжения в арматуре σ_{si} как функцию от x , воспользовавшись формулой (4).

5. Приравняв второе и третье уравнение методом последовательного подбора и уточнения, определяем величины x и N .

6. Зная высоту сжатой зоны можно найти величины напряжений в арматуре в численном виде, подставив значение x в уравнения напряжений σ_{si} .

Если напряжения в арматуре превышают предельные значения, то принимаем, что напряжения равны f_{yd} и f_i и пересчитываем с учетом этой поправки.

Выводы

Данный алгоритм позволяет определить остаточную несущую способность заданной поврежденной железобетонной колонны двутаврового сечения.

Литература

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 Є.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. Бетонні та залізобетонні конструкції (II-аред): ДБН В.2.6.-2011. – [Чинний від 2011-06-01]. – К.:МІНРЕГІОНБУД України, 2009. – 101 с. (Державні будівельні норми України).
6. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84), М.: Госстрой СССР, 1986. – 194с.