

Журавлёва Татьяна Алексеевна,

студент магистратуры,

кафедра «Промышленное гражданское строительство и городское хозяйство»,

ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»,

г. Тольятти, Самарская область, Россия

ДИАГРАММНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, УСИЛЕННЫХ ПРИСОЕДИНЕНИЕМ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

На основе деформационной модели предложена методика расчёта усиления железобетонной конструкции путём присоединения стальных элементов с учётом применения диаграмм деформирования материалов, составляющих саму усиливаемую конструкцию, а именно бетона, стальных арматуры и элементов (уголков). Данный подход основан на первоначальных допущениях и предпосылках нелинейной деформационной модели при видоизменении выражений, которые отражают полную информацию о характеристиках жёсткости усиливаемой конструкции, а также её усиливающей части отдельно. Преимущества нелинейной деформационной модели заключается в следующих позициях: сохранение единства расчёта на прочность и удовлетворение эксплуатационных требований, т.е. по двум группам предельных состояний; возможность упрощения ведения расчётов с применением компьютерных технологий и непосредственное применение диаграмм деформирования составляющих усиливаемой железобетонной конструкции без дополнительных упрощений и допущений.

Ключевые слова: усиление, присоединение стальных элементов, стальной уголок, поперечное сечение, железобетонный элемент.

Tatyana A. Zhuravlyova,

master's degree student,

“Industrial and civil construction” department,

FSBEI of HE “Tolyatti State University”,

Tolyatti, the Samara Region, Russia

DIAGRAMMATIC METHOD OF CALCULATING CONCRETE-STEEL STRUCTURES RUGGEDIZED BY ATTACHED STEEL ELEMENTS

The article proposes a method of calculating the ruggedization of concrete-steel construction increased by means of attaching steel elements. It is important to consider the diagrams of materials deformation, which compose the ruggedized construction: concrete, steel rods and elements (angle bars). This method of calculating bases on original assumptions and suppositions of nonlinear deformation model under the conditions of modification of expressions reflecting complete information about the characteristics of ruggedized construction safety, as well as of its ruggedizing part. The advantages of nonlinear deformation model: saving calculation method unified and meeting the performance requirements, i.e. by two groups of extreme limit states. Other advantages are an opportunity to simplify calculation by means of computer technologies and direct application of diagrams of deformation of ruggedized concrete-steel construction without additional simplifications and admissions.

Keywords: ruggedization, steel elements attachment, steel angle bar, crosscut, concrete-steel element.

Накопление результатов экспериментов в области деформирования железобетонных конструкций при различных видах нагружения, «полное» исследование диаграмм зависимостей напряжений от деформаций для составляющих железобетонной конструкции (бетона, стальной арматуры), а также развитие норм проектирования железобетонных конструкций позволяет с высокой точностью производить расчёт путём применения диаграммного метода на основе нелинейной деформационной модели [1, с. 28]. Использование такого подхода к расчёту железобетонных конструкций широко распространено не только на территории Российской Федерации, но и за рубежом.

В строительных правилах по проектированию бетонных и железобетонных конструкций указано, что расчёт усиления железобетонных конструкций необходимо производить по общим правилам расчёта самих железобетонных конструкций. Данное указание обеспечивает применение диаграммного метода при проектировании усиления железобетонных конструкций, в данном случае – присоединением стальных элементов (уголков).

Для реализации нелинейной деформационной модели необходимо разделить расчётное поперечное сечение усиливаемой железобетонной конструкции, нормального к продольной её оси, на участки насколько это возможно малой величины, для исключения резко ступенчатого распределения деформаций по сечению. Распределение деформаций по участкам составляющих поперечного сечения производится согласно гипотезе плоских сечений, а напряжения зависят от диаграмм деформирования материалов, составляющих данное поперечное сечение. Связь внутренних усилий, возникающих в поперечном сечении железобетонной конструкции, и его общих деформаций прямо пропорциональна значению характеристик жёсткости:

$$\{M\} = [D] \cdot \{\varepsilon\}, \quad (1)$$

или

$$\begin{Bmatrix} M_x \\ N \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} \\ D_{12} & D_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \left(\frac{1}{r}\right)_x \\ \varepsilon_0 \end{Bmatrix}, \text{ где} \quad (2)$$

где $\{M\}$ – это значение внутренних усилий (изгибающего момента M_x и продольной силы N), возникающих в поперечном сечении железобетонной конструкции;

$[D]$ – это значение характеристик жёсткости поперечного сечения, нормального к продольной оси железобетонной конструкции;

$\{\varepsilon\}$ – значение общих деформаций, включающих в себя значение кривизны $\left(\frac{1}{r}\right)_x$ и относительной деформации продольной оси ε_0 .

Второй компонент в формуле (1) включает в себя различные значения характеристик жёсткости, а именно: изгибная жёсткость плоскости изгиба (формула 3), жёсткость, обусловленная влиянием изменения момента при удлинении или укорочении продольной оси железобетонной конструкции (формула 4); жёсткость, связывающая удлинение или укорочением элемента (формула 5) [3].

$$D_{11} = \sum_i A_{bi} \cdot z_{bxi}^2 \cdot E_b \cdot \nu_{bi} + \sum_j A_{sj} \cdot z_{sxj}^2 \cdot E_s \cdot \nu_{sj} + \sum_m A_{scm} \cdot z_{scxm}^2 \cdot E_{sc} \cdot \nu_{scm} \quad (3)$$

$$D_{12} = \sum_i A_{bi} \cdot z_{bxi}^2 \cdot E_b \cdot \nu_{bi} + \sum_j A_{sj} \cdot z_{syj}^2 \cdot E_s \cdot \nu_{sj} + \sum_m A_{scm} \cdot z_{scxm}^2 \cdot E_{sc} \cdot \nu_{scm} \quad (4)$$

$$D_{22} = \sum_i A_{bi} \cdot z_{bxi} \cdot z_{byi} \cdot E_b \cdot \nu_{bi} + \sum_j A_{sj} \cdot z_{sxj} \cdot z_{syj} \cdot E_s \cdot \nu_{sj} + \sum_m A_{scm} \cdot z_{scxm} \cdot z_{scym} \cdot E_{sc} \cdot \nu_{scm} \quad (5)$$

где $\sum_i A_{bi}$, $\sum_j A_{sj}$, $\sum_m A_{scm}$ – сумма площадей участков бетона, стальной арматуры и стального уголка соответственно;

z_{bxi} , z_{byi} – расстояние от центра тяжести бетонного участка до оси x , y соответственно (рисунок 1);

z_{sxj} , z_{syj} – расстояние от центра тяжести участка стальной арматуры до оси x , y соответственно (рисунок 1);

z_{scxm} , z_{scym} – расстояние от центра тяжести стального элемента (уголка) до оси x , y соответственно (рисунок 1);

E_b, E_s, E_{sc} – начальный модуль деформаций бетона, стальной арматуры и стального уголка соответственно;

$\nu_{bi}, \nu_{sj}, \nu_{scm}$ – коэффициент упругости i -ых участков бетона, j -ых участков стальной арматуры и m -ых участков стального уголка соответственно.

При усилении железобетонных конструкций характеристики жёсткости $D_{11}, D_{12}, D_{21}, D_{22}$ включают в себя три составляющие, которые учитывают бетон, стальную арматуру, стальные уголки.

Жёсткость и общие деформации обладают физической взаимосвязью.

Расчёт на основе нелинейной деформационной модели должен строиться путем последовательного приближения к конечному результату. Возможные варианты реализации деформационной модели представлены в работе [2]. Наиболее рациональный подход с уточнением коэффициентов упругости применим для рассматриваемого в статье случая.

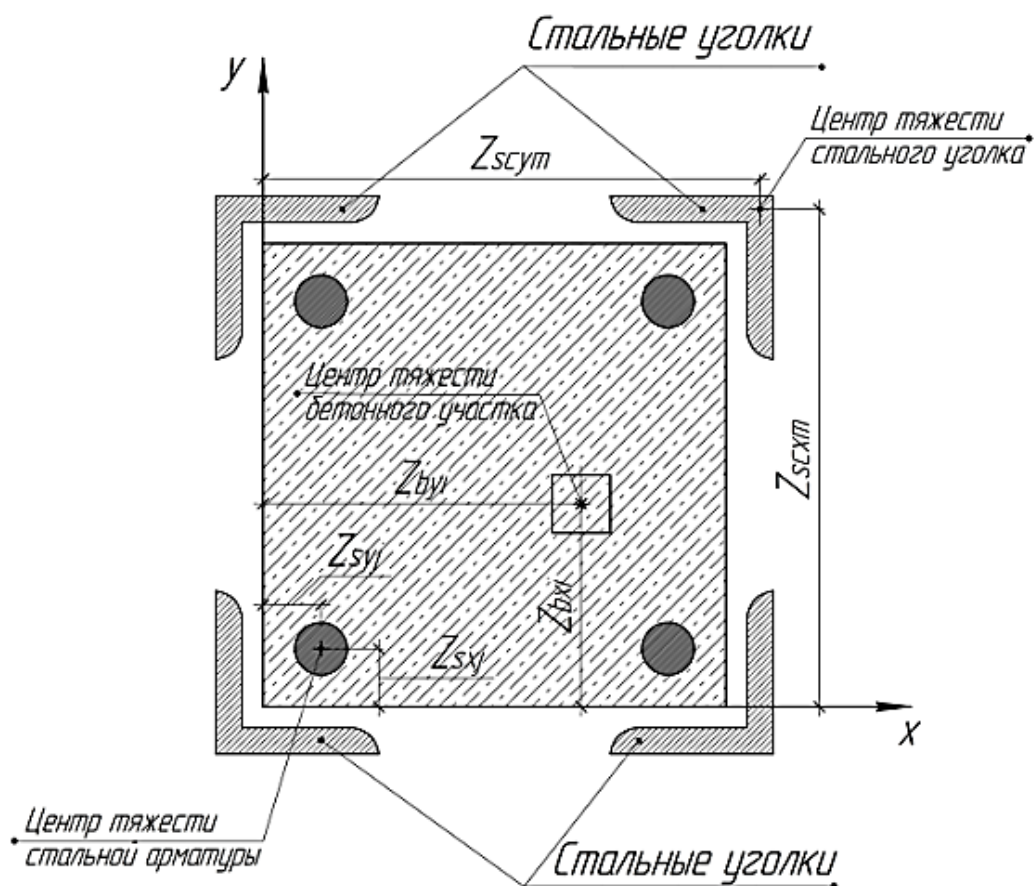


Рисунок 1 – Расчётная схема нормального сечения железобетонной конструкции, усиленной путем присоединения стальных уголков

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003;
2. Тошин Д.С., Анисимова М.П. Поиск оптимального способа реализации итерационного приближения при расчете по деформационной модели // Научное обозрение. – 2016. – № 17. – С. 25-29;
3. Журавлёва Т.А. Расширенный порядок расчета усиления железобетонных элементов на основе деформационной модели // Молодой ученый. – 2017. – №29. – С. 13-15.