

Особенности расчета железобетонных колонн при равномерном расположении стержней продольной арматуры по периметру сечения колонны

Долгун Н.С.

Научный руководитель – Рак Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Введение

В данной статье рассмотрены особенности расчета сечений, нормальных к продольной оси колонн безбалочных каркасов зданий, при равномерном расположении стержней продольной арматуры по периметру сечения колонны.

Наиболее нагруженные колонны нижних этажей имеют эксцентриситет приложения продольной силы меньше случайного, обусловленного случайными причинами, которые не могут быть оценены расчетом. К таким причинам следует отнести неоднородность свойств бетона по сечению, начальное искривление сжатого элемента, отклонение его от вертикали, неучтенные горизонтальные силы [1].

Согласно действующих в Республике Беларусь норм железобетонных конструкций [2] при расчете сжатых элементов следует принимать минимальный эксцентриситет равным $e_0 = h/30$, но не менее 20 мм, при этом h является высотой сечения.

При расчете железобетонных элементов со случайным эксцентриситетом нейтральная ось располагается за пределами сечения, т.е. бетон всего сечения сжат, а напряжения в менее сжатой арматуре не достигают расчетной прочности арматуры, что соответствует области деформирования 4 [3].

Расчет таких элементов с использованием деформационной модели расчета является сложной задачей и заключается в нахождении такого положения нейтральной оси сечения, при котором выполняется условие равновесия внешних и внутренних продольных сил [3].

Решение этой задачи при использовании линейно параболической диаграммы деформирования бетона приведено в методических указаниях [4] для случая сосредоточенного расположения продольной арматуры у наиболее сжатой и менее сжатой грани сечения.

В случае равномерного распределения расположения стержней продольной арматуры по периметру сечения колонны расчет рекомендуется производить по общей деформационной модели [3].

Представляется что, более рационально решить задачу, используя упрощенную деформационную модель [4]. В этом случае расположенные на одной высоте стержни арматуры объединяют в группы (рисунок 1), для каждой из которых определяют относительные деформации арматуры, исходя из гипотезы плоских сечений.

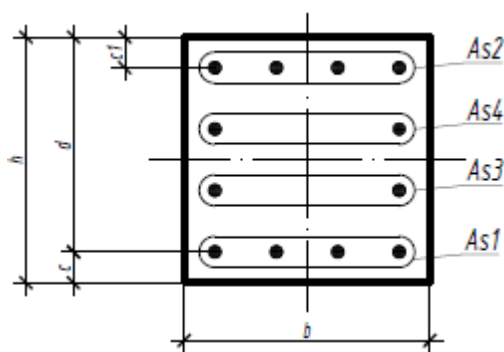


Рисунок 1. Объединение стержней арматуры в 4 группы при расчете по упрощенной деформационной модели (УДМ4)

Представляется что, более рационально решить задачу, осуществив несколько иную группировку стержней, объединяя расположенные в более сжатой половине сечения стержни в одну группу, а расположенные в менее сжатой половине в другую (рисунок 2). При этом считается, что все стержни группы расположены в уровне центра тяжести стержней этой группы.

В данной работе поставлена задача сравнить результаты вычислений несущей способности нагруженных со случайным эксцентриситетом сжатых железобетонных элементов при различных способах объ-

единения стержней арматуры на примере колонны первого этажа 11-этажного жилого здания, возводимого по конструктивной системе КУБ при сетке колонн 6×6 м.

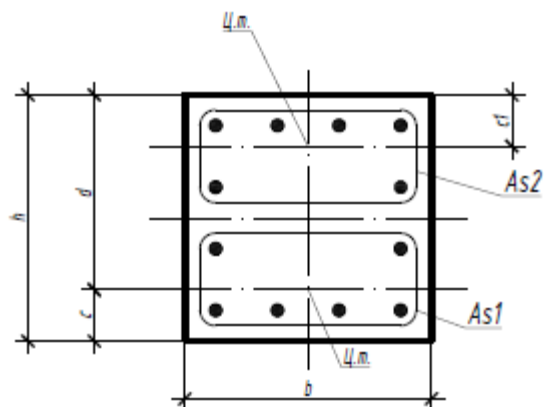


Рисунок 2. Объединение стержней арматуры в 2 группы при расчете по упрощенной деформационной модели (УДМ2)

Рассчитываемая колонна имеет сечение 400×400 мм, изготавливается из бетона нормальной плотности класса $C^{30}/_{37}$, армирована 12 стержнями $\varnothing 20$ арматуры класса S500, равномерно (с шагом 100 мм) расположенными по периметру, отстоящему от наружных грани колонны на 50 мм. Остальные параметры железобетонного сечения, характеризующие расположение арматуры, приведены в таблице. Расчетное продольное сила колонне составило 5530 кН, Эксцентриситет приложения продольной силы принят равным 20 мм согласно [2].

Расчеты выполнялись с помощью табличного процессора MS Excel, на котором был реализована методика [4]. Основные результаты расчета представлены в таблице. Анализ результатов расчетов показал, что получаемые по модели УДМ 2 параметры напряженного состояния (высота сжатой зоны, усилия в бетоне и арматуре, средние напряжения в арматуре) отличаются от получаемых по модели УДМ4 не более, чем 0,3 %.

Таблица. Основные параметры и результаты расчетов

Параметры	ρ_4	ρ_2	ρ_4 / ρ_2
Параметры сечения			
h , мм	400	400	
b , мм	400	400	
c , мм	50	83,3	
c_1 , мм	50	83,3	
Площадь арматуры A_{s1} , мм ²	1256	1884	
Площадь арматуры A_{s2} , мм ²	1256	1884	
Площадь арматуры A_{s3} , мм ²	628		
Площадь арматуры A_{s4} , мм ²	628		
Рабочая высота сечения d , мм	350	316,67	
Параметры нагрузки			
Продольная сила N_{Ed} , кН	5530	5530	
Эксцентриситет e_0 , мм	20	20	
Результаты расчетов			
Изгибающий момент относительно арматуры A_{s1} , M_{Ed1} , кНм	940,1	755,79	1,244
Относительная высота сжатой зоны ξ	1,38333	1,52540	
Высота сжатой зоны ξd , мм	484,16	483,05	1,002
Усилие в бетоне, кН	4311,61	4308,10	1,001
Напряжения в арматуре A_{s1} , МПа	172	213	
Напряжения в арматуре A_{s2} , МПа	435	435	
Напряжения в арматуре A_{s3} , МПа	299		
Напряжения в арматуре A_{s4} , МПа	427		
Усилие в арматуре, кН	1218,39	1221,90	0,997
Средние напряжения в арматуре, МПа	323,35	324,28	0,997
M_{Rd1} , кНм	952,91	764,13	1,247
Примечание: ρ_4 – значения параметров по модели УДМ4; ρ_2 – значения параметров по модели УДМ2			

Выводы

Предлагаемая при расчете сжатых со случайным эксцентриситетом железобетонных элементов (при равномерном расположении стержней продольной арматуры по периметру сечения) группировка стержней отдельно по более сжатой и менее сжатой половине сечения позволяет получить такую же несущую способность как при расчете при послойном расположении стержней.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям / А.С. Залесов [и др.]; – М.: Стройиздат, 1988. – 320 с.
2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий: ТКП EN 1992-1-1-2009* (02250). Еврокод 2 / М-во архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2015. – 205 с.
3. Железобетонные конструкции. Основы теории расчета и конструирования: учебное пособие для студентов строительных специальностей / под ред. Т. М. Пецоляда и В. В. Тура. – Брест, БрГТУ, 2003. – 380 с., ил.

4. Проектирование монолитных железобетонных конструкций многоэтажного здания: учебно-методическое пособие для выполнения курсового проекта по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции» для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» / Т.М. Пецольд [и др.]; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Железобетонные и каменные конструкции». – Минск: БНТУ, 2017. - 149, [1] с. : ил., табл.