
Зависимость несущей способности от класса бетона на примере гибких железобетонных колонн с комбинированным армированием

В.Ю. Александров, А.Г. Умаров, Р.Г. Умаров

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Статья посвящена описанию зависимости несущей способности от класса бетона и различных комбинаций армирования на примере гибких железобетонных колонн. С этой целью был выполнен численный эксперимент и выявлены наиболее эффективные варианты комбинированного армирования.

Ключевые слова: колонна, комбинированное армирование, предварительное напряжение, гибкость, железобетон.

Поиск наиболее эффективных и экономически выгодных материалов и конструкций является важной и актуальной задачей. Снижение расхода стали может значительно повлиять на стоимость конструкций, а применение высокопрочной стали является одним из таких способов. В настоящее время имеется большой интерес к железобетонным конструкциям, в которых содержатся различные комбинации предварительно сжатой, предварительно растянутой и ненапрягаемой арматуры [1-3].

Степень влияния предварительного напряжения и вариантов сочетания растянутой, сжатой и ненапрягаемой арматуры на работу железобетонной колонны, также зависит от нескольких факторов, наибольшее значение из которых оказывает гибкость конструкции [4-6].

Так, в статье [7] рассмотрены конструкции небольшой гибкости и сделан вывод, что сочетание предварительно растянутой арматуры с ненапрягаемой показали наибольшую эффективность при всех вариациях относительного эксцентриситета.

Для определения зависимости несущей способности от класса бетона гибких железобетонных колонн с комбинированным армированием, был проведен численный эксперимент, в рамках которого просчитаны 18 колонн по программе расчета (рис.1), со схемой армирования, представленной на рис. 2.

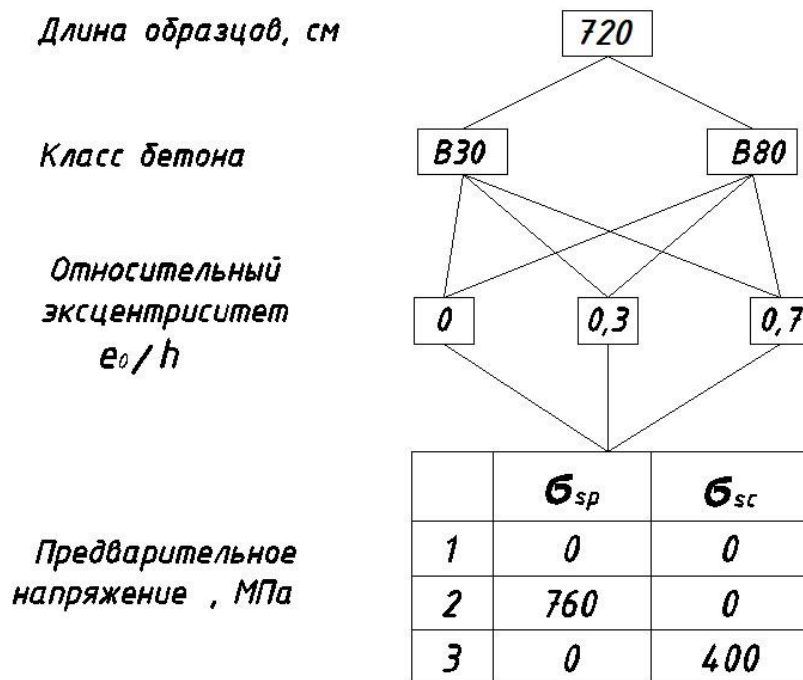


Рис.1 – Программа численного эксперимента

Постоянными, в программе численного эксперимента, были параметры: длина колонны - 720 см; сечение - 40 x 40 см; напрягаемая арматура - 2Ø18, класса А-800; ненапрягаемая арматура - 2Ø14, класса А-800. Варьировались следующие параметры: класс бетона (В30 и В80); относительный эксцентриситет ($e_0/h \approx 0; 0,3$ и $0,7$); предварительное напряжение (растяжение - $\sigma_{sp} = 760$ МПа, сжатие - $\sigma_{sc} = 400$ МПа).

Расчет был выполнен по недеформированной схеме [8-10], в программе «Колонна 2014», которая была разработана на кафедре «ЖБК» Донского государственного технического университета.

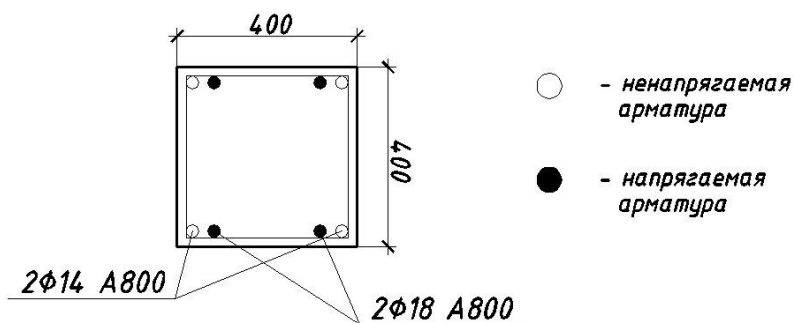


Рис.2 – Схема армирования элемента

Результаты численного эксперимента:

Класс бетона - В30, колонны длиной 720 см

Таблица №1

$e_0/h = 0,025$				
	N, кН	e_0 , см	$e_0*\eta$, см	f, см
1	3151,21	1,333	2,406	1,073
2	2786,61	1,333	2,144	0,811
3	3380,58	1,333	2,463	1,13
$e_0/h = 0,325$				
	N, кН	e_0 , см	$e_0*\eta$, см	f, см
4	1395,93	13	19,598	6,598
5	1348,77	13	18,657	5,657
6	1524,88	13	19,781	6,781
$e_0/h = 0,725$				
	N, кН	e_0 , см	$e_0*\eta$, см	f, см
7	692,13	29	38,045	9,045
8	724,27	29	37,44	8,44
9	815,07	29	38,857	9,857

N, кН

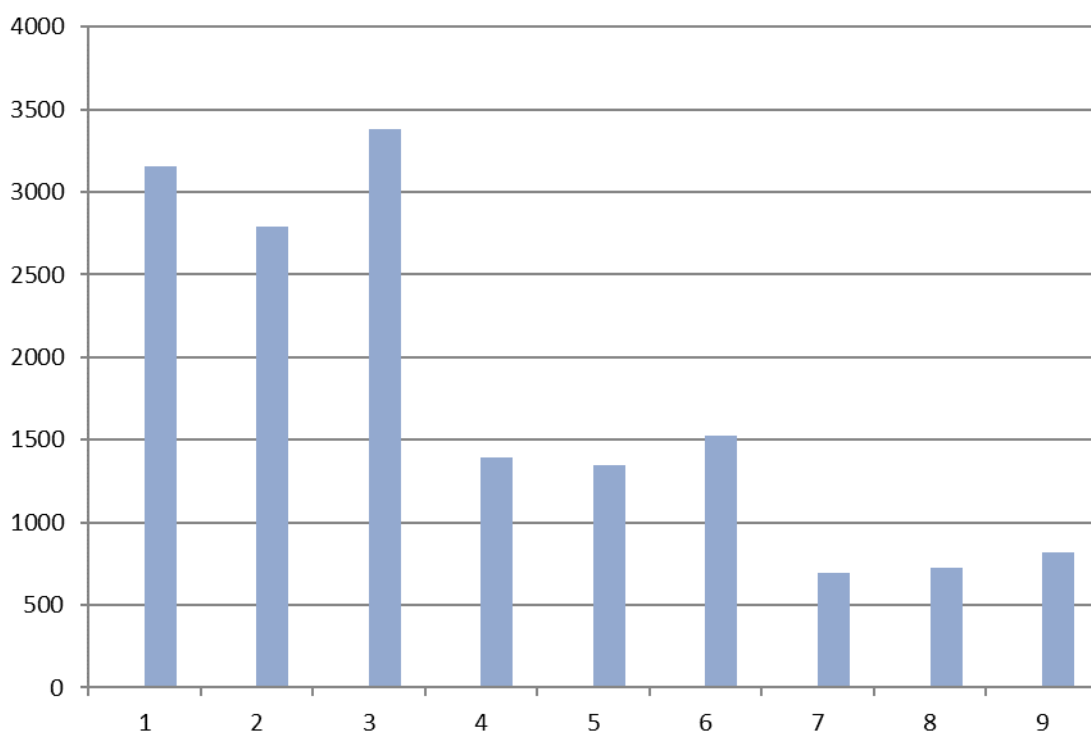


Рис.3 – Несущая способность колонн из бетона класса В30

Класс бетона - В80, колонны длиной 720 см

Таблица №2

$e_0/h = 0,025$				
	N, кН	e_0 , см	$e_0*\eta$, см	f_s , см
1	6924,68	1,333	5,051	3,717
2	6752,63	1,333	4,609	3,275
3	7114,03	1,333	4,987	3,654
$e_0/h = 0,325$				
	N, кН	e_0 , см	$e_0*\eta$, см	f_s , см
4	2146,93	13	21,677	8,677
5	2284,34	13	21,784	8,784
6	2304,47	13	21,914	8,914
$e_0/h = 0,725$				
	N, кН	e_0 , см	$e_0*\eta$, см	f_s , см
7	851,51	29	37,813	8,813
8	995,01	29	38,748	9,748
9	1014,81	29	39,009	10,009

N, кН

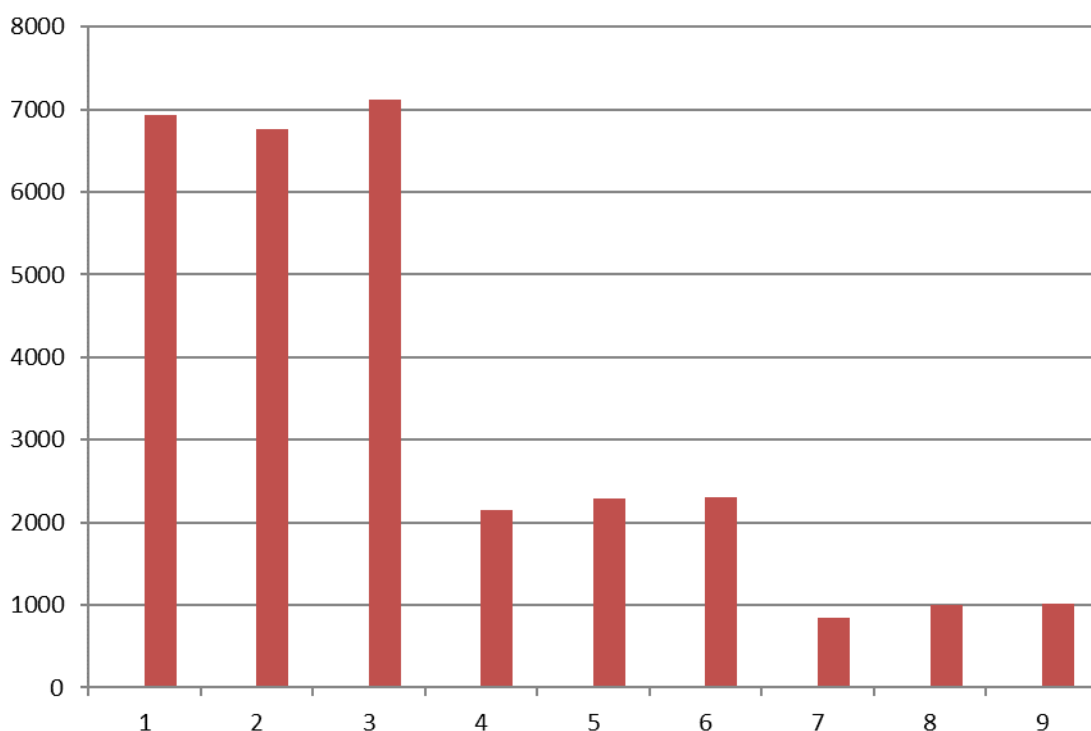


Рис.4 – Несущая способность колонн из бетона класса В80

Прирост несущей способности с увеличением класса бетона ($\frac{N_u^{80}}{N_u^{30}}$):

Таблица №3

$e_0/h = 0,025$			
	N_u^{30} , кН	N_u^{80} , кН	$\frac{N_u^{80}}{N_u^{30}}$
1	3151,21	6924,68	2,20
2	2786,61	6752,63	2,42
3	3380,58	7114,03	2,10
$e_0/h = 0,325$			
	N_u^{30} , кН	N_u^{80} , кН	$\frac{N_u^{80}}{N_u^{30}}$
4	1395,93	2146,93	1,54
5	1348,77	2284,34	1,69
6	1524,88	2304,47	1,51
$e_0/h = 0,725$			
	N_u^{30} , кН	N_u^{80} , кН	$\frac{N_u^{80}}{N_u^{30}}$

7	692,13	851,51	1,23
8	724,27	995,01	1,37
9	815,07	1014,81	1,25



Рис.5 – Отношение несущей способности колонн из бетона класса В80 и В30

В колоннах длиной 720 см с бетоном **класса В30** (табл. №1, рис. 3), при всех вариациях относительного эксцентриситета, сочетание предварительно сжатой и ненапрягаемой арматуры оказалось наиболее эффективным.

В колоннах длиной 720 см с бетоном **класса В80** (табл. №2, рис. 4), результаты аналогичные.

Увеличение несущей способности при повышении класса бетона с В30 до В80 видно в таблице №3 и рисунке 5:

- прирост несущей способности в 2,1-2,4 раз, при $e_0/h= 0$.
- прирост несущей способности в 1,5-1,7 раз, при $e_0/h= 0,3$.
- прирост несущей способности в 1,2-1,4 раз, при $e_0/h= 0,7$.

Проведенный численный эксперимент показал целесообразность применения комбинированного армирования - все стойки, рассмотренные в экс-

перименте, с комбинированным армированием более эффективны, чем стойки с ненапрягаемой арматурой. При этом, в зависимости от относительного эксцентриситета внешних сил и гибкости, необходимо выбирать наиболее эффективный вид комбинированного армирования.

Литература

1. Мекеров Б.А., Маилян Р.Л. Аналитические описания для диаграммы растяжения высокопрочной арматурной стали. Новые виды арматуры и ее сварка. // Доклады Всесоюзного совещания в Волгограде. М. – 1982. С. 166-171.
2. Бурцева О.А., Косенко Е.Е., Косенко В.В., Нефедов В.В., Черпаков А.В. Моделирование напряженного состояния арматурных стержней, применяемых при производстве преднапряженных железобетонных конструкций // Инженерный вестник Дона, 2011, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/549.
3. Metin Husem, Selim Pul. Investigation of strain models for confined high strength concrete // «Sadhama» Vol. 32, Part 3, June 2007, pp. 243-253. – India.
4. Wisena Perceka, Wen-Cheng Liao, Yo-de Wang. High Strength Concrete Columns under Axial Compression Load: Hybrid Confinement Efficiency of High Strength Transverse Reinforcement and Steel Fibers // Materials (Basel). 2016, Vol. 264 (doi: 10.3390/ma9040264).
5. Маилян Д.Р., Несветаев Г.В. Зависимость относительной несущей способности колонн от относительного эксцентриситета // Инженерный вестник Дона, 2012, №4-2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1334/.
6. Чубаров В.Е., Умаров А.Г., Маилян В.Д. К расчету железобетонных колонн со смешанным армированием // Инженерный вестник Дона, 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3988.

7. Умаров А.Г., Умаров Р.Г., Блягоз А.М. Сопоставительный анализ влияния класса бетона на несущую способность железобетонных колонн небольшой гибкости со смешанным армированием // Инженерный вестник Дона, 2020, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2020/6487.
8. Сухайль Н.Ж. Гибкие железобетонные стойки с неравномерно предварительно обжатými сечениями: дис. ... канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 1985. 299 с.
9. Макаренко Л.П., Фенко Г.А. О снижении прочности бетона на растяжение после длительного обжатия // Бетон и железобетон. 1970. №7. С. 18-20.
10. Польской П.П., Мерват Хишмах, Микуб Ахмад. К вопросу о деформативности балок из тяжелого бетона, армированных стеклопластиковой и комбинированной арматурой // Инженерный вестник Дона, 2012, №4-2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1308.

References

1. Mekеров В.А., Мailyan R.L. Doklady Vsesoyuznogo soveshchaniya v Volgograde. M. 1982. pp. 166-171.
2. Burtseva O.A., Kosenko E.E., Kosenko V.V., Nefedov V.V., Cherpakov A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/549.
3. Metin Husem, Selim Pul. «Sadhama» Vol. 32, Part 3, June 2007, pp. 243-253. India.
4. Wisena Perceka, Wen-Cheng Liao, Yo-de Wang. Materials (Basel). 2016, Vol. 264 (doi: 10.3390/ma9040264).
5. Mailyan D.R., Nesvetayev G.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №4-2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1334/.



6. Chubarov V.E., Umarov A.G., Mailyan V.D. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3988.
7. Umarov A.G., Umarov R.G., Blyagoz A.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2020/6487.
8. Sukhayl' N.ZH. Gibkiye zhelezobetonnyye stoyki s neravnomerno predvaritel'no obzhatymi secheniyami [Flexible reinforced concrete racks with unevenly pre-compressed sections]: dis. ... kand. tekhn. nauk Rostov-na-Donu, 1985. 299 p.
9. Makarenko L.P., Fenko G.A. Beton i zhelezobeton. 1970. №7. pp. 18-20.
10. Pol'skoy P.P., Mervat Khishmakh, Mikub Akhmad. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №4-2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1308.