
Эффективные железобетонные колонны каркасно-монолитных зданий

Д.Р. Маилян, Валерио Арреола Лусия Дель Сокорро, А.Г. Умаров

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье рассмотрены наиболее распространенные типы колонн, используемые в Мексике: колонны составного сечения, колонны из высокопрочного бетона, предварительно напряженные бетонные колонны. Описан порядок расчета колонн и новые предложения по повышению эффективности строительства.

Ключевые слова: бетон, арматура, железобетон, высокопрочный бетон, предварительное напряжение, колонны, колонны составного сечения, эксцентриситет, напряжения, деформации.

За прошедшие годы, развитие технологий строительства привело к значительному прогрессу в эффективных методах строительства, предлагая более дешевые варианты. Одни из наиболее значительных изменений в строительстве зданий, которые могут оказывать наиболее заметное влияние на стоимость всей системы – изменения, касающиеся каркаса здания. В настоящее время основная задача строительных компаний состоит в том, чтобы строить качественно и с наименьшими затратами, удовлетворяя все потребности людей.

В связи с этим была поставлена задача - провести сравнительный анализ, основанный на критериях безопасности и экономичности, поскольку стоимость проекта является решающим фактором для потребителей, которая, в свою очередь, в значительной степени зависит от выбранных конструктивных элементов.

В данной статье будут рассмотрены наиболее распространенные типы колонн, используемые в Мексике и новые предложения по повышению эффективности строительства.

Колонны - это основные вертикальные элементы, которые воспринимают усилия сжатия и изгиба, и отвечают за передачу всех нагрузок от конструкций на фундамент. Они являются одними из наиболее важных элемен-

тов каркасных зданий, поэтому совершенствование их конструкций требует особого внимания.

Колонны могут быть разделены на две категории: короткие (жесткие) колонны, для которых прочность определяется прочностью материалов и геометрией поперечного сечения; и гибкие колонны, для которых прочность может быть значительно уменьшена из-за боковых прогибов [1].

Гибкие колонны более распространены в настоящее время, так как из-за более широкого использования высокопрочных материалов, возможно снижение размеров поперечных сечений элементов.

Предлагаются следующие типы колонн: колонны составного сечения, колонны из высокопрочного бетона, предварительно напряженные бетонные колонны.

Колонны составного сечения

Осевая прочность на сжатие железобетонного элемента в общем случае получается из вклада четырех факторов: бетонный сердечник, продольная арматура, оболочка из бетона более высокой прочности и спиральная арматура. Эти два последних фактора не могут существовать одновременно, поскольку спиральное армирование заметно действует только тогда, когда бетон оболочки имеет невысокие показатели прочности. Вклад в сопротивление, обеспечиваемое бетоном, как сердечника, так и оболочки, можно приближенно оценить, как произведение 85% сопротивления контрольного цилиндра на соответствующую площадь и вклад продольной стали как произведение предела текучести на площадь [2].

Если мы будем учитывать сильные стороны бетона сердечника и оболочки колонны, мы можем сделать работу колонн более эффективной.

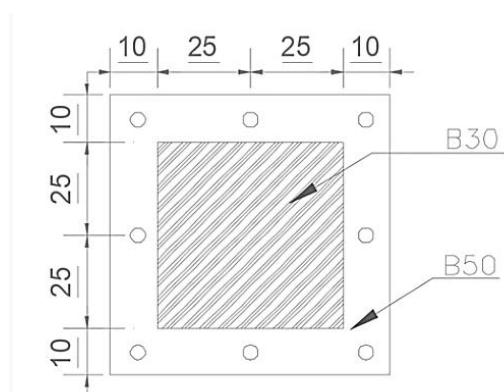


Рис.1 - Сечение колонны с менее прочным сердечником

С помощью бетона, с небольшим сопротивлением в сердечнике и бетона с большим сопротивлением во внешней зоне, который препятствует развитию поперечных деформаций, сопротивление бетона, расположенного в сердечнике, увеличивается в 1,5 раза. Этот тип колонны представляет большую экономию.

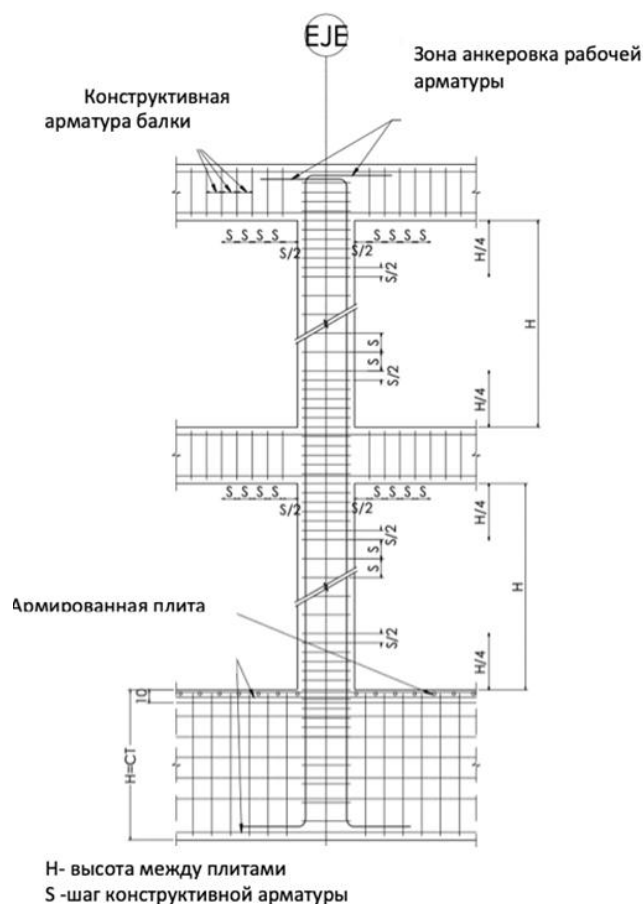


Рис.2 - Сечение колонны с менее прочным сердечником

Колонны из высокопрочного бетона

В настоящее время существуют высокопрочные бетоны класса В100 и более. Хотя на сегодняшний день нет точного определения высокопрочного бетона, так если класс бетона более В40, то можно считать, что он уже имеет повышенную прочность [3].

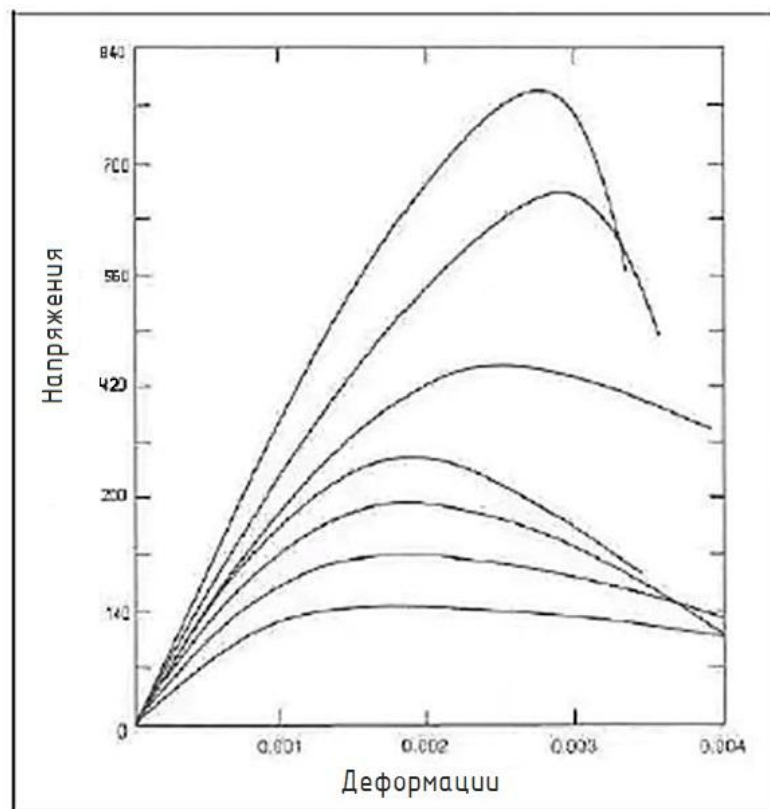


Рис.3 - Зависимость между напряжениями и деформациями различных видов бетона

Форма кривой напряжение-деформация меняется в зависимости от сопротивления бетона [4]. Можно видеть, что с увеличением сопротивления графики становятся ближе к прямой линии в начальной части и их нисходящие ветви становятся более выраженными, нисходящий участок диаграммы значительно уменьшается, в то время как деформация, соответствующая максимальному напряжению, тем больше, чем больше сопротивление. Поведение бетона становится более хрупким, разрушение происходит быстро. Это снижает надежность таких конструкций и заставляет вводить соответствующие понижающие коэффициенты.

Исследования показали экономичность, которую высокопрочный бетон представляет в высотных зданиях. В зданиях невысоких и средних по высоте, помимо уменьшения размера колонн и получения более прочного материала, было показано, что использование высокопрочного бетона выгодно с точки зрения боковой жесткости.

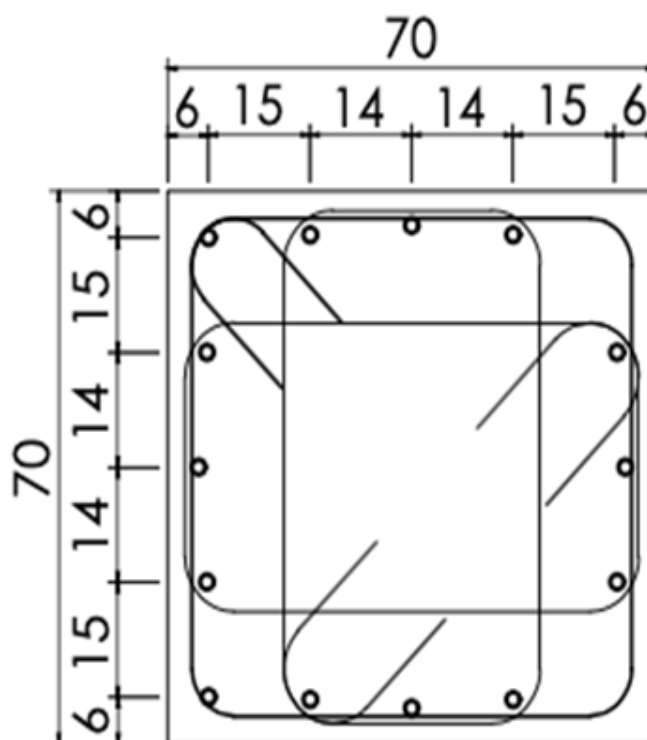


Рис.4 - Поперечное сечение высокопрочной колонны

Высокопрочные бетонные колонны подразделяются на:

- высокопрочные бетонные колонны под осевыми нагрузками;
- высокопрочные бетонные колонны при совместном действии осевой нагрузки и изгибающего момента.

В колоннах, испытывающих осевые нагрузки, влияние бетона имеет большое значение.

Низкая проницаемость высокопрочного бетона приводит к появлению усадочных деформаций в бетоне внешней оболочки, в то время как ядро остается относительно влажным. В результате в бетонной оболочке возникают растягивающие напряжения [5].

Предварительно напряженные бетонные колонны

Предварительно напряженные бетонные колонны являются очень эффективными, поскольку они обладают высокой прочностью, высокой стойкостью к нагрузке, они способны выдерживать значительные растягивающие напряжения [6]. Преднапряженные колонны не имеют сегодня такого большого применения как преднапряженные балки и плиты, которые являются элементами, работающими на изгиб. В колоннах может показаться иррациональным вызывать предварительное сжатие элемента, который будет впоследствии работать на сжатие при эксплуатационных нагрузках. Однако при достаточно большой гибкости элементов преднапряженные колонны становятся эффективными за счет высокого сопротивления продольному изгибу [7]. Эти усилия создают: ветер, землетрясения, сдвиговые силы, передаваемые плитами. Для изучения поведения колонн, необходимо изучить взаимосвязь между действующей нагрузкой и изгибающим моментом, когда нагрузки увеличиваются от нуля до максимума, так как это позволяет оценить поведение во всем интервале загрузки. Это отношение разработано для критического состояния колонны и называется путь к отказу. Соотношение нагрузки и момента позволяет определить так называемую диаграмму взаимодействия, которая является весьма важной, поскольку она указывает на отказ секции колонны при любом отношении момента нагрузки [8]. Для определения этой диаграммы предлагаются следующие гипотезы:

- распределение деформации в бетоне изменяется линейно в пределах зоны сжатия.
- диаграммы деформации напряжения для бетона и стали известны.
- разрушение сечения не происходит, пока относительные деформации в бетоне в крайнем волокне не достигнет 0,003.

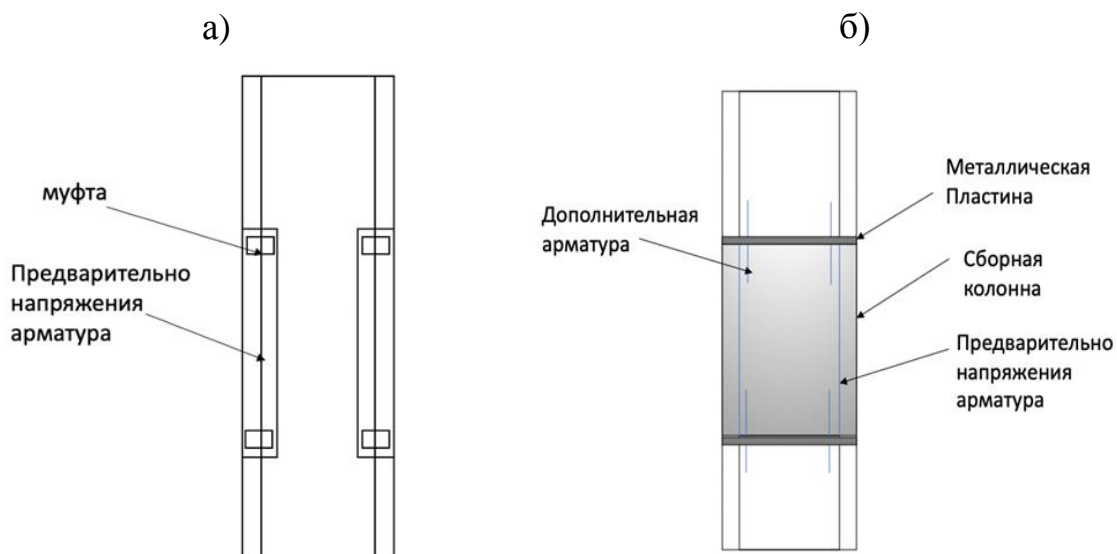


Рис.5 - Колонны с локальным предварительным напряжением арматуры:
а) монолитная средняя часть; б) сборная средняя часть

При сжатии с небольшим эксцентриситетом разрушение происходит в результате исчерпания прочности материалов [9]. Гибкая колонна - это элемент, подвергающийся воздействию комбинированных нагрузок и напряжений (сжатие и изгиб), который деформируется не только в продольном, но и в поперечном направлении и создает дополнительные моменты. Следовательно, такие колонны характеризуются большей вероятностью выхода из строя из-за неустойчивости после достижения максимальной нагрузки до разрушения бетона, то есть поведение конструкции больше не контролируется разрушением материала. В соответствии с вышеизложенным ожидается, что относительные деформации, вызванные разрушающей нагрузкой на наиболее сжатой поверхности бетона, составляют менее 0,003.

Порядок расчета колонн следующий:

1. Определить осевую нагрузку и максимальный момент и рассчитать суммарный эксцентриситет.
2. Принять поперечное сечение (тип и размеры).
3. Принять количество преднапряженной арматуры.
4. Предполагаем, что деформации в наиболее растянутых волокнах равны деформациям при погашении усилий преднапряжений.

5. Принять условие эксплуатационного нагружения в следующих параметрах: чистое сжатие, сжатие плюс изгиб, чистый изгиб и условие потери устойчивости.
6. Найти соответствующие значения осевой нагрузки и изгибающего момента для предполагаемого сечения.

Двухосные - угловые колонны зданий являются конструктивными элементами, подверженными осевому нагружению вокруг оси X и оси Y. Кроме того, не осевое нагружение возникает из-за несбалансированных нагрузок в соседних пролетах и почти всегда в опорах моста. Это приводит к тому, что на указанные элементы воздействуют момент M_{XX} и момент M_{YY} . Кроме того, нейтральная ось сечения наклонена по отношению к поперечному сечению, и угол наклона зависит от взаимодействия моментов разрушения и полной нагрузки [10].

Литература

1. Clark L.E., Gerstle K.H., Tuijn L.C. Effect of strain gradient on the stress-strain curve of mortar and concrete // *ACI Journal*.-1967. № 8, pp. 358-362.
2. Aoyama H., Naguchi H. Mechanical properties of concrete under load cycles idealizing seismic actions // *Comit Euro-International du beton. Bulletin d'information*, 131, Rome, 1979.-p. 131.
3. Rasch Chr. Spannung-Dehnungs-Linien des Betons und Spannungsverteilung in der Biegedruckzone bei konstanter Dehnungsgeschwindigkeit // *Deutscher Ausschuss für Stahlbeton.-Heft 154*.-Berlin, - 1962, p. 236.
4. Avilés, J. and Pérez-Rocha, L.E. (2010). "Regional subsidence of Mexico City and its effects on seismic response," *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 30(10): pp. 734-738.

5. Sargin M. Stress-strain relations for concrete and the analysis of structural concrete sections // SM Study, № 4, Solid Mechanics Division, University of Waterloo., Ontario, - Canada, - 1981, pp. 35-38.
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. Orozco Zepeda, F. E., Temas Fundamentales del Concreto Presforzado. Editado por Instituto Mexicano del Cement y del Concreto, A. C. 2006.-p. 161.
9. 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/.
10. Cervantes de Salazar, F. (1978). La Vida en México en 1554, 1555: México, D.F., Editorial Porrúa, 233 p.

References

1. Clark L.E., Gerstle K.H., Tuijn L.C. AVI Journal.-1967. № 8, pp. 358-362.
2. Aoyoma H., Naguchi H. Mechanical properties of concrete under load cycles idealizing seismic actions. Comit Euto-International du beton. Bulletin d'information, 131, Rome, 1979. p. 131.
3. Rasch Chr. Spannung-Dehnungs-Linien des Betons und Spannungsverteilung in der Biegedruckzone bei Konstanter

- Dehnungsgeschwindigkeit. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Heft 154. Berlin, 1962, p. 236.
4. Avilés, J. and Pérez-Rocha, L.E. (2010). Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 30(10): pp. 734-738.
 5. Sargin M. SM Study, № 4, Solid Mechanics Division, University of Waterloo., Ontario, Canada, 1981, pp. 35-38.
 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. Orozco Zepeda, F. E., Temas Fundamentales del Concreto Presforzado. Editado por Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. 2006. p. 161.
 9. Mailyan D.R., Nesvetayev G.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №4-2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1334/.
 10. Cervantes de Salazar, F. (1978). La Vida en México en 1554, 1555: México, D.F., Editorial Porrúa, 233 p.