

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АУТРИГГЕРНЫХ ЭТАЖЕЙ НА СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ

Автор: Анастасия ПОПА

Технический Университет Молдовы

Резюме: В статье выполнена оценка роли аутриггерных этажей в обеспечении пространственной устойчивости зданий. Она посвящена исследованию свойств аутриггеров и аутриггерных систем в целом. Рассмотрены вопросы расположения аутриггеров по высоте здания, а также их влияние на горизонтальную жесткость.

Ключевые слова: Аутриггерная система, высотное здание, поперечная жесткость, ядро жесткости, опрокидывающий момент.

1. Обоснование

В связи с постоянно растущими ценами на землю, все больше заказчиков стремятся к повышению полезной площади за счёт увеличения этажности здания.

Как правило, высотные здания строятся на густо застроенных территориях, где их обрушение может нанести огромный ущерб не только самому зданию и людям, находящимся в нем, но и окружающим постройкам, поэтому особенно важно обеспечить надежность конструкции.

Все многоэтажные здания имеют, по крайней мере, одно центральное ядро, в котором размещены лифты, лестницы, технические шахты и прочие системы обслуживания. Панорамный обзор, открывающийся с высоты, является одной из привлекательных особенностей высотных строений. Поэтому ядро обычно располагают в центральной части здания, а пространства рядом с внешними стенами отводят под размещение самих обитателей.

Подобное расположение центрального ядра «смещает» центр поперечной жесткости ближе к центрам продольной ветровой и боковых сейсмических нагрузок, сводя, тем самым, к минимуму силы скручивания. В районах с повышенной сейсмической активностью многие высотные здания имеют двойную конструктивную систему, иногда называемую «ядро и каркас» или «труба в трубе». Она придает конструкции значительную жесткость на скручивание, но недостаточно противостоит опрокидывающему моменту.

Когда поперечное сечение центрального ядра относительно большое, оно может обеспечить достаточное сопротивление опрокидывающему моменту и, одновременно, препятствовать «дрейфу» здания. Однако работа центрального ядра становится менее эффективной с увеличением соотношения его высоты к поперечному сечению.

Когда данная величина достигает значение коэффициента 8 и работа структуры здания по контролю за его «дрейфом» и сопротивлению опрокидывающему моменту становится чрезмерной, тогда рассматривается вопрос о введении в несущую структуру аутриггерной системы. Данная ситуация встречается при проектировании как жилых, так и офисных высотных зданий. Но в жилых зданиях эта проблема возникает при более низкой высоте постройки. Это связано с тем, что поперечное сечение ядра жилого здания небольшое, так как в нем размещены только лифты и лестницы, тогда как в ядре офисного здания расположено множество технических систем.

Для придания центральному ядру постоянных свойств по высоте, его сопротивление «дрейфу» от изгиба или опрокидывающих моментов должно увеличиваться втрое относительно роста высоты. Но простое утолщение стен ядра для придания большей жесткости приводит к уменьшению арендуемой площади. Введение аутриггеров снижает зависимость здания от системы центрального ядра и увеличивает полезное пространство между ним и наружными колоннами.



Рис.1 Взаимодействие ядра и аутриггеров

2. Система аутриггеров в здании

Аутриггерные системы в строительстве исторически возникли в виде аналога устройств, применяемых в морских парусниках и гребных судах для противодействия опрокидывающим моментам при воздействии ветра и волн.

Аутриггер [Outrigger]- дословно, выносная опора/ дополнительная опора, увеличивающая устойчивость передвижного устройства или конструктивной системы (например, каноэ, автокрана или здания) против опрокидывания.

В системе высотного здания ядро жесткости аналогично мачте судна. Аутриггеры в этом случае служат внешними опорами, которые расширяют базу здания и уменьшают опрокидывающий момент при горизонтальных воздействиях от ветра и землетрясения. Ядро жесткости располагается в центральной части здания. От него в периферийном направлении размещаются аутриггеры, которые в процессе строительства соединяются с несущими колоннами внутри здания или с колоннами, расположенными по фасадным граням объекта.

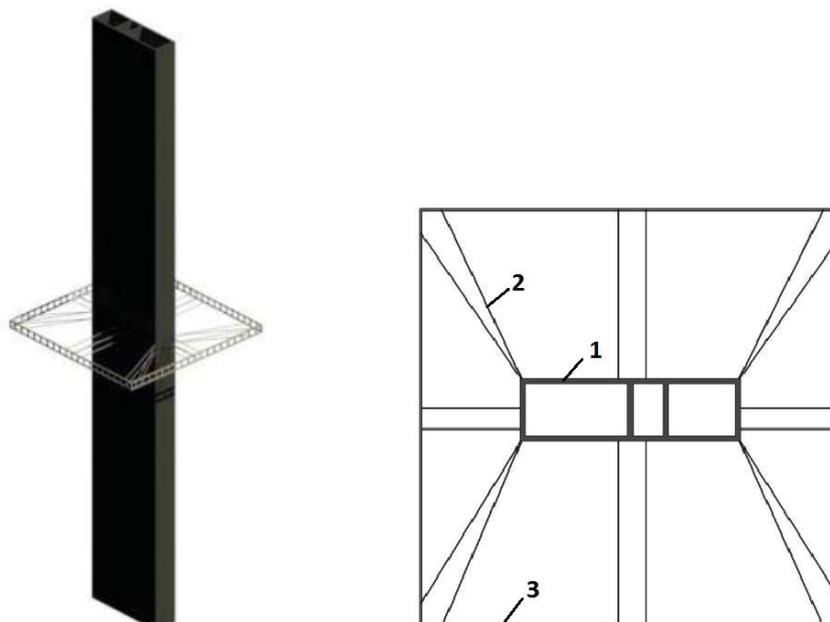


Рис.2 Общий вид аутриггерной системы
1- ядро жесткости; 2- аутриггер; 3- решетчатый пояс.

Для зданий, превышающих определенную высоту (более 40 этажей), традиционно применяемые рамно- связевые системы, воспринимающие изгибные и сдвиговые деформации, или конструктивные системы с ядрами жесткости, уже не обеспечивает соответствующую горизонтальную жесткость, способную сопротивляться поперечным нагрузкам при землетрясении, и становятся неэффективными.

В этом случае поперечная жесткость здания может быть увеличена путем обеспечения связи ядра жесткости с внешними колоннами с помощью сквозных аутриггерных решеток (аутриггеров). Расположение аутриггерной связи в плане увеличивает эффективную ширину конструкции и значительно улучшает поперечную жесткость здания.

Аутриггеры, как правило, располагаются в плане ортогонально по отношению к ядру жесткости здания. Однако возможны и более сложные системы формирования аутриггерной решетки.

Соединение аутриггеров с центральным ядром жесткости, как правило, осуществляется жестко, а связь с внешними колоннами обычно принимается шарнирной. Такая особенность объясняется тем, что вертикальные перемещения колонн значительно выше, чем деформативность ядра жесткости, и создание податливых связей обеспечивает неравномерность восприятия действующих нагрузок.

3. Определение местоположения аутриггеров в здании

Степень, с которой аутриггерная система повышает жесткость здания и улучшает его устойчивость, сильно зависит от количества и местоположения ее аутриггерных опор.

Чем больше аутриггеров, тем меньше возможность возникновения поперечного скручивающего момента, что, в свою очередь, ведет к повышению устойчивости. Однако установка каждого дополнительного набора аутриггеров имеет и свои минусы, так как увеличиваются время и усилия для их возведения. Это также нарушает рабочий ритм, установленный при монтаже типовых этажей.

Затраты и выгоды должны быть тщательно взвешены.

Аутриггеры обычно располагаются только на технических этажах и этажах-убежищах, если такие существуют.

С помощью очень упрощенных примеров можно проиллюстрировать влияние расположения аутриггеров по высоте здания на амплитуду «дрейфа» крыши.

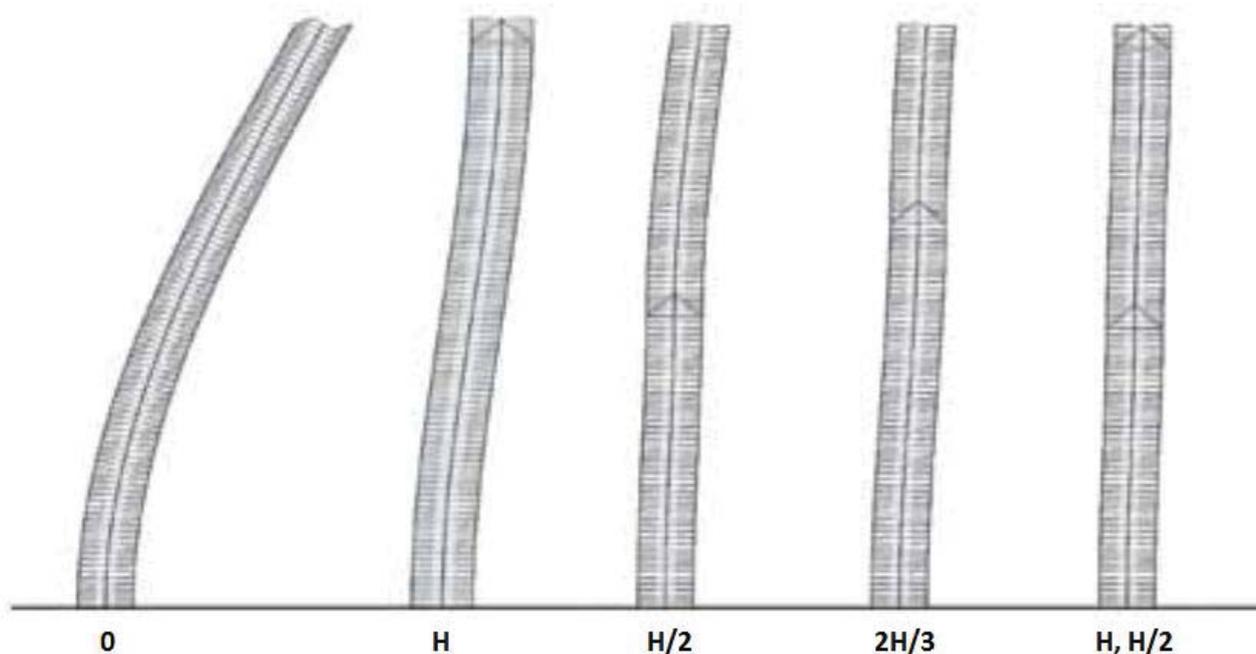


Рис.3 Влияние аутриггеров на амплитуду «дрейфа» крыши

Здесь приведена только одна поперечная сила, приложенная к вершине здания, а центральное ядро, с точки зрения его работы на изгиб, принимается однородным по всей высоте. А также сопротивление аутриггеров и центрального ядра на сдвиг приняты равными бесконечности. В данных примерах, при равном числе аутриггеров, изменяя только их местоположение, можно уменьшить амплитуду «дрейфа» крыши более чем на 50%.

Наличие такого широкого спектра потенциально оптимальных уровней демонстрирует всю сложность, присущую процессу поиска места для размещения аутриггеров. Конечно, для реальных строительных конструкций решения не столь просты, так как там действуют распределенные поперечные силы, свойства центрального ядра изменяются по высоте и т. д.

Еще одна сложность заключается в том, что аутриггерные системы являются неопределенными. То есть жесткость аутриггеров на любом уровне здания зависит от работы ферм на данном уровне и от

количества колонн, работающих с аутриггерами на разных уровнях. В результате, оптимальное местоположение аутриггеров и размеры их элементов во многом зависят от характера изменения соотношения размера колонн с высотой.

Таким образом, все рекомендации по расположению аутриггеров в высотном здании основаны на ряде предположений относительно центрального ядра, колонн, жесткости аутриггеров, распределения продольных нагрузок и на других параметрах.

4. Выводы

В ходе проведенного исследования было определено, что использование аутриггерных систем позволяет успешно возводить высотные здания в зоне большой сейсмической активности.

Устройство пояса жесткости в здании позволяет уменьшить горизонтальные перемещения по всей высоте и в его верхней части и свести к минимуму колебания, возникающие от воздействия ветровой и сейсмической нагрузки.

Использование эффективной конструкции аутриггера позволяет существенно увеличить жесткость здания, сократить стоимость конструкции, благодаря уменьшению толщины ядра здания и площади армирования, необходимых в случае недостатка жесткости.

Библиография

1. Wang H., Qian H., Fan F., Zhi X. *Analysis and control method of optimum scheduling of outrigger-brace installation for super high-rise buildings*. China Civil Engineering Journal, Vol. 47, Issue 7, 2014, p. 1-8.
2. Немчинов Ю. И. *Сейсмостойкость высотных зданий и сооружений : монография.* – К.: Гудименко С. В., 2015.– 583 с.
3. Немчинов Ю. И. *Сейсмостойкость зданий и сооружений.* – К.: Гудименко С. В., 2008.– 480 с.
4. Хи С. Ч., Тхорнтон Т., Гоман Х., Аруп Х. К., Невилл М. *Проектирование аутриггерных систем. Высотные здания, №5, 2013, с. 5-8.*