

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПОЯСОВ ЖЕСТКОСТИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Андрющенко А.Н.

Научный руководитель – профессор Яров В.А.

Сибирский федеральный университет

В высотном строительстве находят применение горизонтальные пояса жесткости. Преимуществом таких конструктивных систем является то, что в работу вступают периметральные колонны. Вследствие чего изгибающий момент, создаваемый горизонтальной нагрузкой, частично воспринимается ядром здания, а частично колоннами, препятствующими горизонтальному перемещению ядра.

Для изучения пространственной работы элементов горизонтального пояса жесткости высотного здания с центральным ядром жесткости были выполнены численные исследования 40-ка этажного здания.

Исследовалась совместная работа горизонтального пояса и центрального ядра жесткости здания при загрузении его различными комбинациями нагрузок. Особое внимание уделялось выявлению напряженного состояния несущих элементов здания с учетом взаимодействия их с элементами горизонтального пояса жесткости.

В статье рассматриваются результаты численных исследований двух расчетных моделей высотных зданий: модель ствольного здания без горизонтального пояса жесткости (рис. 1а) и модель ствольного здания с горизонтальными поясами жесткости, расположенными на 20-ом и 40-ом этажах здания (рис. 1б).

Расчетные схемы (рис.1а,б) представляют собой пространственную модель, в которой контурные колонны моделировались стержневыми элементами, центральное ядро жесткости и горизонтальные пояса жесткости (рис. 1в), и плиты перекрытий – набором четырех и трех узловых изопараметрических конечных элементов.

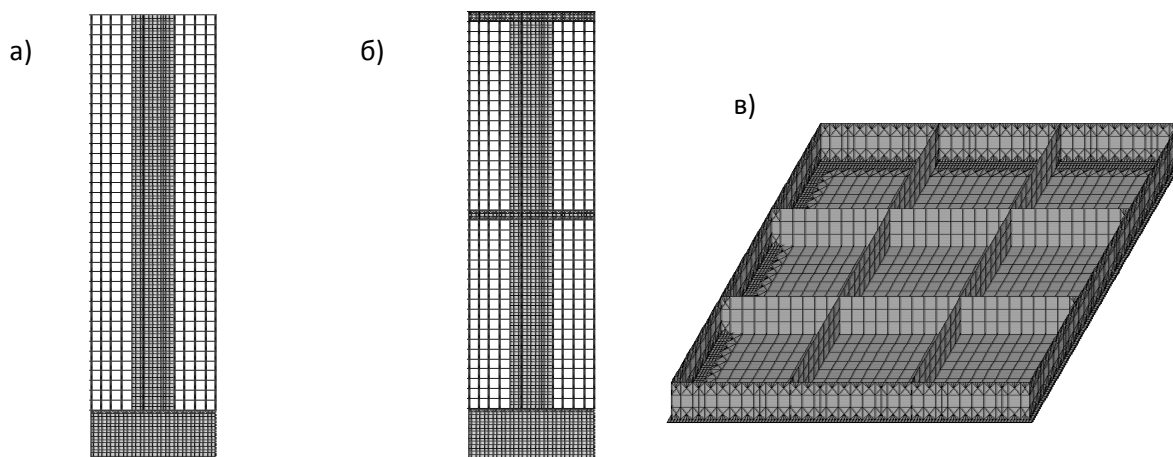


Рис. 1. Расчетные модели:

а – расчетная схема высотного здания без горизонтального блока жесткости;

б – расчетная схема высотного здания с горизонтальными поясами жесткости;

в – горизонтальный пояс жесткости

Моделирование материалов несущих конструкций в программной среде осуществлялось параметрически.

Граничные условия – жесткое защемление центрального ядра и периферийных колонн в фундаментах.

Взаимосвязь стержневых и пластинчатых конечных элементов в расчетных схемах зданий обеспечивалась наличием общих узлов, что учитывалось при разбиении сетки конечных элементов.

Напряженно-деформированное состояние горизонтального пояса жесткости оценивалось от действия следующих нагрузок:

- собственный вес конструкций;
- полезная нагрузка на перекрытия;
- ветровая нагрузка.

Для оценки влияния горизонтальных поясов жесткости на напряженно-деформированное состояние здания проанализируем результаты расчета. В модели здания, где были использованы горизонтальные пояса жесткости, моменты M_x в ядре жесткости и усилия N в колоннах в основании здания уменьшились 1,2-1,4 раза. Частичное защемление верха системы отражается на форме эпюры моментов. Модель здания не работает больше как чистая консоль, поскольку имеет защемление вверху и внизу. В результате получается S-образная кривая деформаций с нулевым изгибающим моментом в точке перегиба. В уровне каждого пояса жесткости поворот модели здания затруднен. Жесткость в этих уровнях определяет скачки на эпюре изгибающих моментов. На уровне основания изгибающий момент снижается в связи с появлением осевых усилий от горизонтальных нагрузок. При этом горизонтальное перемещение здания уменьшается с 46,8 мм у здания без поясов жесткости, до 29,5 мм с поясами жесткости.

Проведем анализ напряженного состояния горизонтальных поясов жесткости и плит перекрытий, примыкающих к ним от комбинации нагрузок (собственный вес конструкции, полезная нагрузка и ветровая нагрузка). Деформированная форма пояса жесткости представлена на рис. 2.

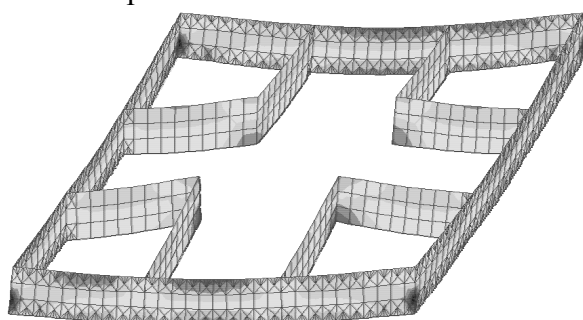


Рис. 2. Деформированная форма пояса жесткости

Концентрации напряжений наблюдаются в зонах примыкания пояса жесткости к ядру здания. Наибольшие значения нормальных напряжений N_x в верхнем горизонтальном поясе достигают -1,34 МПа на сжатие и 0,723 МПа на растяжение, нормальные напряжения N_y достигают -1,545 МПа на сжатие и 0,738 МПа на растяжение. Наибольшие значения нормальных напряжений N_x в среднем горизонтальном поясе достигают -4,096 МПа на сжатие и 1,235 МПа на растяжение, нормальные напряжения N_y достигают -8,776 МПа на сжатие и 1,186 МПа на растяжение. Распределение нормальных на-

пряжений в плитах перекрытий достаточно равномерное, концентрации наблюдаются в местах сопряжения с колоннами и ядром жесткости. В плите верхнего пояса жесткости максимальные значения напряжения достигают - 1,544 МПа (рис. 3а), а в плите среднего - 5,583 МПа (рис. 3б). Поэтому особое внимание необходимо уделять армированию угловых зон и узлов сопряжения пластинчатых элементов. Учитывая знакопеременный характер напряжений необходимо применять предварительное напряжение арматуры.

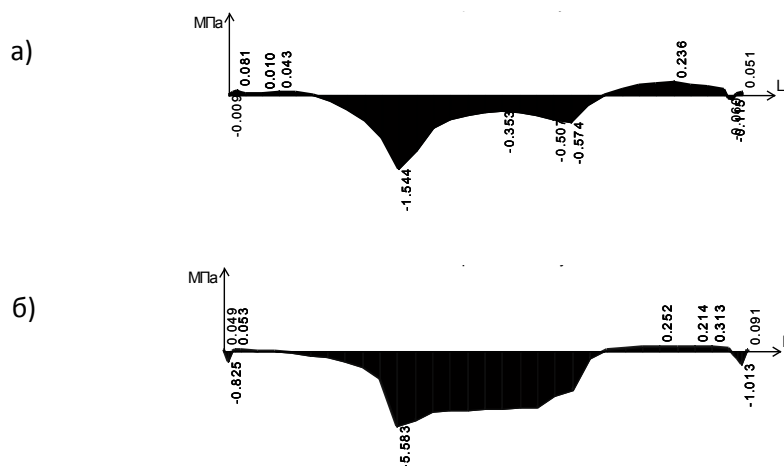


Рис. 3. Эпюры напряжений в плите перекрытия сопряженной с горизонтальным поясом жесткости:

а – плита верхнего этажа; б – плита среднего этажа

В дальнейшем планируется разработать наиболее оптимальную модель горизонтального пояса жесткости. В настоящее время автором проводятся численные исследования по изучению работы горизонтального пояса жесткости в зданиях цилиндрической формы, так как в таких зданиях в пространственную работу эффективно включаются все несущие конструкции. Преимущество такой модели пояса жесткости заключается еще и в том, что цилиндрическая форма создает меньшую поверхность сопротивления ветровому напору, и величина ветрового давления на нее существенно снижается. Расчеты этой модели произведены с учетом пульсационной составляющей ветровой нагрузки и сейсмических воздействий, также учтена физическая нелинейность железобетона.