

УДК 624.012.45

Д.А.ГОРОДЕЦКИЙ, А.А.РАССКАЗОВ

*Государственный научно-исследовательский институт автоматизированных систем в строительстве, г.Киев***К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА (КОЛОННЫ, ПИЛОНЫ, ДИАФРАГМЫ)**

Рассматривается упругая работа вертикальных элементов каркаса, жестко связанных с плитами перекрытий и фундаментной стеной. Даются рекомендации по их моделированию и конструированию с применением программных комплексов «ЛИРА» и «МОНОМАХ».

Вертикальные элементы каркаса, жестко связанные с плитами перекрытий и фундаментной стеной, создают достаточно жесткую конструкцию. Вертикальные нагрузки могут значительно перераспределяться между вертикальными элементами, горизонтальные нагрузки обуславливают не только изгибающие моменты в вертикальных элементах, но и появление в них вертикальных усилий. В этом случае плиты перекрытий вовлекаются в работу как на изгиб, так и на сдвиг. Отмеченный эффект продемонстрирован на рис.1. Здесь условно «вырезана» двухметровая полоса многоэтажного здания, т.е. величина ветровой нагрузки, жесткости горизонтальных элементов, моделирующих работу плит перекрытий, и другие параметры примерно соответствуют конструктивной схеме фрагмента здания двухметровой ширины.

На рис.1, *а* даны усилия в вертикальных элементах нижнего этажа и горизонтальное перемещение U_a точки *a* для схемы, в которой принята жесткая связь плит перекрытий и вертикальных элементов.

На рис.1, *б* приведены те же характеристики НДС для схемы, в которой принято, что перекрытия воспринимают только мембранную группу усилий, т.е. они передают только горизонтальные нагрузки на вертикальные элементы. Как видно, первая схема более жесткая, перемещения верха здания в полтора раза меньше, чем во второй схеме. Плиты перекрытий здесь работают на сдвиг как своеобразные шпонки между вертикальными элементами, и хотя их жесткость на сдвиг невелика, их большое количество обуславливает дополнительную жесткость конструкции за счет вовлечения в работу крайних колонн и диафрагм на нормальные усилия.

На рис.1 при анализе эпюр изгибающих моментов на колоннах можно наблюдать известный «рамно-связевой» эффект. Он вызван тем, что от горизонтальных нагрузок деформированная схема диафрагмы (рис.2, *а*) и рамы (рис.2, *б*) имеют разные формы, что обуслов-

ливают возникновение более значительных изгибающих моментов в колоннах на верхних этажах. В безригельных каркасах этот эффект смягчается отсутствием ярко выраженных рам. Однако в случае его неучета такой эффект может привести к возникновению микротрещин в верхних колоннах, поскольку нормальные силы в верхних этажах могут не обеспечить необходимое обжатие, что может привести к нежелательному увеличению деформативности каркаса, а значит, к ухудшению условий работы плит перекрытий, так как защемление плит в колонне будет частично нарушено.

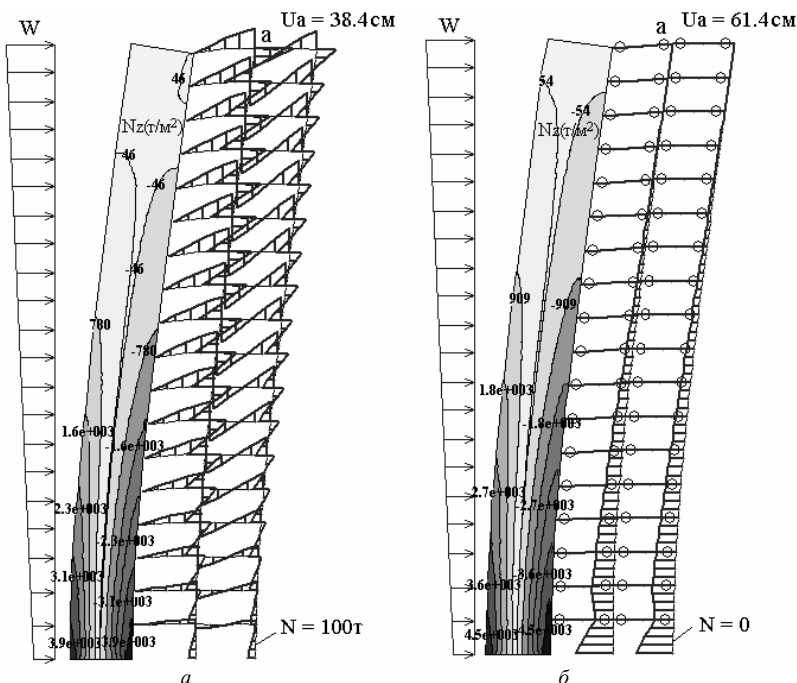


Рис.1

Другой эффект может оказаться крайне неблагоприятным для работы колонн, расположенных в периферийных зонах здания. Чтобы снять большие моменты и сдвиговые усилия, возникающие в крайних колоннах, можно рекомендовать конструировать их в виде пилонов, располагая большую сторону пилона вдоль контура плиты перекрытия, т.е. уменьшая ее жесткость в плоскости действия сдвиговых усилий (рис.3). При этом совместная работа фундаментной плиты и вышележащих перекрытий будет обеспечиваться за счет работы

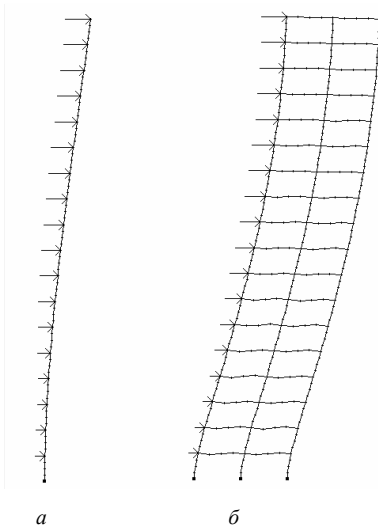


Рис. 2

диафрагм, а для верхних колонн влияние «рамно-связевого» эффекта будет смягчаться. Естественно, в этом случае деформативность каркаса будет несколько завышена. Однако, как правило, жесткость каркаса на горизонтальные нагрузки обеспечивается с большим запасом. При компьютерном моделировании диафрагм последние могут представляться как стержни или как пластинчатые элементы.

На рис.4 представлены различные расчетные модели одноэтажной диафрагмы (пилона). Модель (рис.4, а) часто применяется при автоматической триангуляции общей схемы здания с применением редкой сетки. Здесь не надо опасаться большой поте-

ри точности из-за крупной сетки, так как по высоте диафрагма имеет большое количество этажей и такое расчленение обычно оказывается достаточным. Если принимается решение в пользу более густой сетки, то предпочтительней будет расчленение типа, показанного на рис.4, б, вместо типа, показанного на рис.4, г, которое лучше применять при подробном исследовании диафрагмы. Иногда диафрагма может быть заменена стержнем (это решение наиболее предпочтительно для общей схемы здания, хотя и затруднительно в реализации), а учет ширины диафрагмы при ее стыковке с другими элементами реализуется жесткими вставками (рис.4, в).

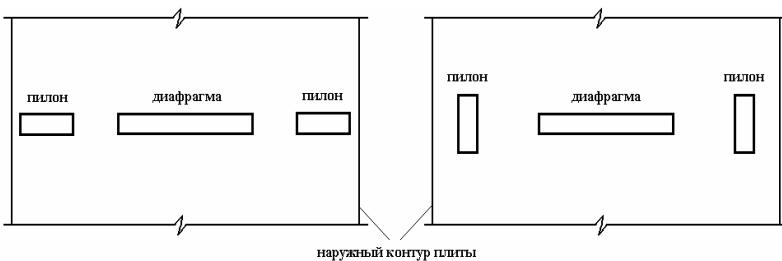


Рис.3

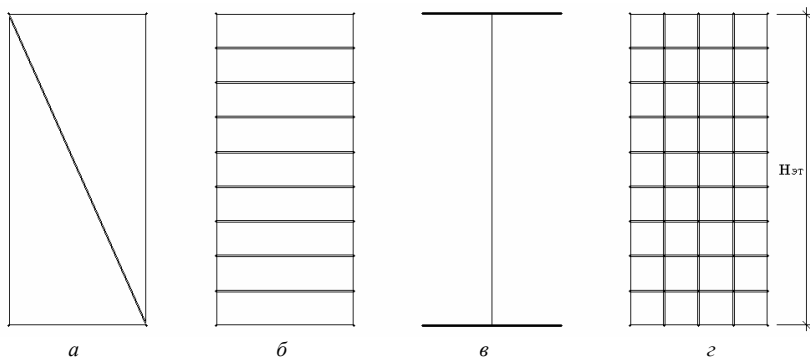


Рис.4

При автоматической триангуляции диафрагм или при «ручной» разбивке их на конечные элементы могут использоваться как оболочечные конечные элементы, так и элементы балки-стенки. Опыт показывает, что результаты расчета общей схемы здания на горизонтальные нагрузки в этих случаях практически одинаковые. Объяснение этого обстоятельства соответствует известным представлениям об аналогичности расчета ферм с жесткими или шарнирными узлами.

В случае, если диафрагма имеет большое количество нерегулярно расположенных отверстий, можно рекомендовать использовать принцип фрагментации, заключающийся в вычлениении из общей схемы поперечника и замены отброшенных частей конструкции действующими в местах отчленения усилиями. В дальнейшем в таком фрагменте уже может быть использована более густая сетка и определены места концентрации усилий.

Еще одной особенностью вертикальных элементов современных каркасов являются широко применяемые непрямоугольные формы сечений колонн (крестовых, уголковых, тавровых). Как правило, главные оси этих сечений не совпадают с глобальными осями, относительно которых ведется расчет. Влияние этого обстоятельства продемонстрировано на рис.5, где представлены результаты расчета П-образной рамы, у которой стойки имеют уголковое сечение. В связи с тем, что ни одна из главных осей сечений стоек не совпадает с плоскостью рамы, узлы последней имеют перемещения, ортогональные плоскости рамы и действия нагрузки (рис.5, а). Если узлы рамы закрепить из плоскости, то в наложенных связях появляются соответствующие усилия (рис.5, б). Этот эффект обуславливает появление ортогональных к направлению действия нагрузок усилий в элементах каркаса не только

от закручивания (в случае если равнодействующая горизонтальных усилий не проходит через центр жесткостей), но и от наличия колонн с указанными выше сечениями.

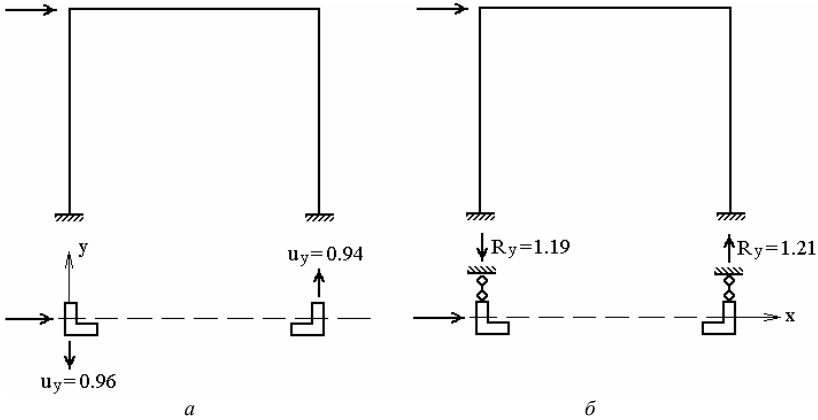


Рис.5

В программном комплексе «ЛИРА» реализована процедура, автоматически учитывающая такой эффект при определении углов чистого вращения, вычислении усилий относительно главных осей с последующим определением усилий относительно заданных осей.

Для подбора арматуры в таких сечениях в программных комплексах «ЛИРА» и «МОНОМАХ» разработаны универсальные алгоритмы, реализующие общие положения предельного равновесия и необходимые требования СНиП (ограничение высоты сжатой зоны, случайные эксцентриситеты и т.п.).

Как правило, армирование узлов сопряжения вертикальных элементов с плитами выполняется таким образом, чтобы обеспечить упругое защемление, т.е. совместную работу всех элементов каркаса.

Это обстоятельство, как указывалось выше, уменьшает деформативность каркаса на горизонтальные воздействия, а также уменьшает пролетные моменты в плитах и, следовательно, их деформативность. Однако при этом и без того наиболее нагруженные узлы сопряжения вертикальных элементов с плитами могут оказаться переармированными. Тут необходима установка арматуры для восприятия больших поперечных сил, а, кроме того, необходима установка большой верхней арматуры. Поэтому в случае, когда нормативная деформативность всего каркаса обеспечена только диафрагмами, а толщина плит достаточна, чтобы обеспечить прочность и деформативность перекрытия

при шарнирном опирании на вертикальные элементы, эти узлы целесообразнее делать шарнирными, т.е. дополнительную арматуру, обеспечивающую упругое защемление, не ставить.

При выборе вариантов расстановки диафрагм предпочтение следует отдавать большему количеству коротких диафрагм, так как в длинных диафрагмах (более 4 м) могут образовываться усадочные вертикальные трещины.

Получено 28.11.2005

УДК 624.074.7

О.В.ПУСТОВОЙТОВ, О.М.ПУСТОВОЙТОВА,
Н.А.ПСУРЦЕВА, кандидаты техн. наук
Харьковская национальная академия городского хозяйства

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ

Рассматривается перспективная технология использования трубопроводных систем в качестве транспортировки различных материалов. Показаны преимущества предлагаемого метода изготовления трубопроводов над их традиционными способами.

В настоящее время трубопроводная транспортировка нефти, нефтепродуктов, природного газа, воды и других жидких и газообразных сред получила самое широкое распространение как в нашей стране, так и за рубежом [1]. Кроме того, расширилось новое, более перспективное направление использования трубопроводов – транспортировка по ним таких материалов, как гравий, уголь и др.

В отличие от обычных способов транспортировки грузов различными средствами автотранспорта, а также сетью железнодорожных сообщений данный способ транспортировки практически не требует расходов энергоресурсов. По трубопроводам перекачивают на большие расстояния воду, уголь в виде водных суспензий (углепроводы), инертные сыпучие материалы. На десятки километров транспортируют минеральную воду, молоко и другие продукты.

Трубопроводный транспорт используется в следующих направлениях: гидротранспорт насыпных грузов в смеси с водой; гидротранспорт угля в потоке воды или нефти; гидротранспорт грузов в контейнерах (капсулах); пневмотранспорт грузов в контейнерах.

Сегодня стоит задача не только продолжить сооружение мощных и сверхмощных гозонефтепроводов, но и строить широкую сеть продуктопроводов различных диаметров и давлений. Одним из важнейших факторов увеличения эффективности промышленных трубопро-