

В.В.Габрусенко,

Общество железобетонщиков Сибири и Урала, г. Новосибирск

К ВОПРОСУ О ВЫСОТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В СИБИРИ

Длительное нахождение (проживание или работа) в высотных домах, к которым по современной классификации относятся здания высотой более 75 м, вредно для здоровья людей – это уже давно стало известно медикам. Высотные здания, к тому же, экономически не оправданы – это стало известно ещё в 1960-е годы.

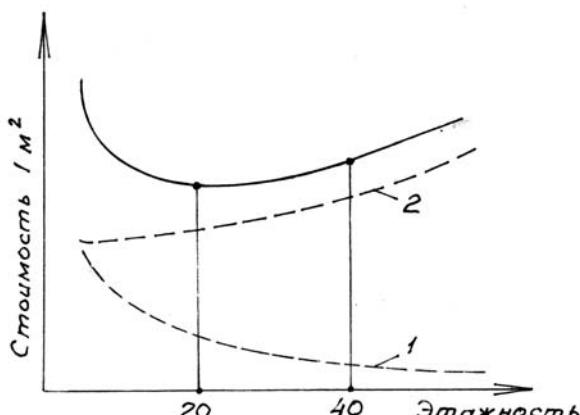


Рис. 1. Стоимость 1 м^2 перекрытия этажа C в зависимости от числа этажей n : 1 – стоимость земли, 2 – стоимость строительства, 3 – суммарная стоимость

Стоимость зданий складывается из двух главных статей расходов – стоимости земли и стоимости строительства. Если стоимость земли в пересчете на квадратный метр перекрытия падает по закону гиперболы (кривая 1 на рис. 1), то стоимость строительства в пересчете на тот же квадратный метр растет по закону, близкому к пологой параболе (кривая 2). В сумме они дают седловидную кривую (кривая 3), нижняя точка которой и определяет оптимальную высотность. Эта точка находится в пределах 20...25 этажей. Понятно, что приведенные кривые построены для мегаполисов с высокими ценами на землю, население которых далеко перевалило за миллион. Чем меньше город, тем ниже стоимость земли, тем меньше и оптимальная высота зданий.

Тем не менее высотные здания продолжают строить – и вопреки экономике, и вопреки мнению медицины. Главным двигателем высотного строительства служит самореклама (тщеславие) крупных компаний, инвестирующих строительство «под себя». Второй двигатель, правда, намного менее мощный – желание украсить город, создать притягательные «доминанты». В России имеется весьма удачный пример подобного рода – семь высотных зданий «сталинской архитектуры», построенных в Москве в начале 1950-х годов. К сожалению, это едва ли не единственный удачный пример в нашей стране.

Новосибирск, соорудив в последние годы несколько домов высотой до 22-24-х этажей и накопив кое-какой опыт их проектирования и строительства, тоже устремился в небо: уже начато строительство 30-этажного здания, не за горами и более высокие объекты.

Однако насколько такое «устремление» подкреплено надежными конструктивными решениями и надежной технологией строительно-монтажных работ, пока остается за скобками. Если строительство сохранится круглогодичным, а не станет сезонным, то уместно помнить о том, что среднеянварская температура воздуха на юге Западной Сибири составляет -20°C , в северных странах Европы – около нуля, а на севере Франции $+5^\circ\text{C}$ (о Греции, Италии и Испании можно не упоминать). Поэтому слепое копирование европейского опыта, без учета наших климатических условий, может иметь печальный финал в виде аварий и обрушений зданий.

Под этим – «климатическим» углом зрения и рассмотрим некоторые вопросы строительства из железобетона – материала более долговечного и обладающего существенно более высокой огнестойкостью по сравнению со сталью, да к тому же более дешевого. По мнению западных экспертов, надежная защита металла от воздействия высоких температур при пожаре удорожает строительство в геометрической прогрессии по отношению к высоте здания, поэтому в Западной Европе здания с несущими конструкциями из металла выше 7-ми этажей не строят. Эта особенность была установлена и при первом высотном строительстве в Москве – в домах с металлическим каркасом расход бетона (для защиты металла от огня) оказался почти таким же, как в домах с железобетонным каркасом, а расход металла – в 1,3...1,6 раза больше. Похожее соотношение было получено и при проектировании 34-этажной гостиницы в Киеве.

В высотном строительстве применяют разные конструктивные системы, как по отдельности, так и в сочетании друг с другом. Вот лишь самые основные.

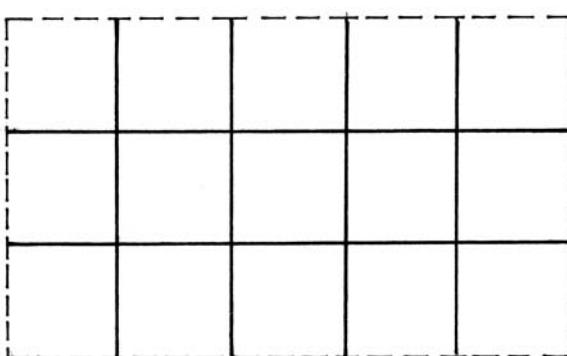


Рис. 2. Бескаркасная система

Бескаркасные системы (рис. 2) обладают наиболее высокой пространственной жесткостью, позволяющей хорошо сопротивляться горизонтальным деформациям при действии ветровой нагрузки на большой высоте. Перекрытия в зданиях могут опираться на продольные и поперечные стены или на те и другие одновременно. Однако такие системы имеют относительно узкую область применения — преимущественно для гостиниц и жилых домов, что связано с ограниченными планировочными возможностями.

Бескаркасные здания могут быть панельными и монолитными. Еще в Советскую эпоху осуществлялось массовое строительство 17-этажных панельных домов, были проработаны и 25-этажные решения (все они с нееусущими наружными панелями).

Панельный вариант в сибирских условиях имеет немало привлекательных черт и, в первую очередь, минимум мокрых процессов на открытом воздухе. Вполне возможно, что панельный вариант может оказаться жизнеспособным и для зданий высотой более 25 этажей, но для этого нужна тщательная проработка и экспериментальная проверка стыков панелей, особенно горизонтальных, которые испытывают наиболее высокие усилия от действия вертикальных и ветровых нагрузок, ускоренно растущих по мере роста высоты здания.

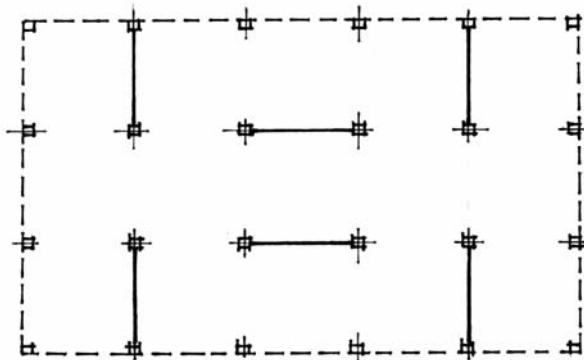


Рис. 3. Связевая и рамно-связевая системы

У монолитного варианта имеется один «фамильный» недостаток — сквозные трещины в стенах, вызванные температурными деформациями, которые возникают после термообработки бетона в зимнее время (температурный перепад при этом может превышать 60°C). Трещины в процессе строительства могут возникать также и от сезонного перепада температур, и от усадки бетона. Они, по существу, вводят в диски стен линейные шарниры и меняют схему расчетных сечений. Пока высота монолитных зданий ограничивается 12–16-ю этажами, эти изменения серьезных опасений не вызывают. Насколько опасны трещины при большей высоте, ответ могут дать только результаты расчета. Для этого, однако, необходимо выполнить предварительные расчеты температурных и усадочных деформаций и определить места расположения ожидаемых трещин — задача достаточно сложная, достоверность результатов которой будет зависеть от правильно предложенной математической модели.

Связевые и рамно-связевые каркасные системы (рис. 3) могут иметь разные конструктивные варианты — сборные, монолитные и сборно-монолитные, с вертикальными связями в виде железобетонных перегородок-диафрагм или стержней. В связевых системах принято четкое разделение функций: колонны воспринимают вертикальную нагрузку, а связи — ветровую. В рамно-связевых системах, имеющих жесткие сопряжения перекрытий с колоннами, ветровую нагрузку частично воспринимают и колонны.

В **сборном** варианте наиболее узким местом являются стыки колонн. Решения, основанные на сварке выпусков арматуры с последующим обетонированием

выпусков (серии ИИ-04 и 1.020), оказались недостаточно технологичными и в существующем виде вряд ли будут приемлемыми для высотного строительства. Практика показывает, что в маленьких выемках, насыщенных арматурой, монолитный бетон (если это бетон, а не раствор) с трудом поддается уплотнению, имеет рыхлую структуру, в результате чего несущая способность колонн снижается. Особенно плохо заполняются щели между торцами колонн вокруг центрирующих выступов. Недостаток резко усугубляется при обетонировании в зимнее время, поскольку свежеуложенный бетон, имеющий огромную относительную поверхность теплопотери по контакту с холодной арматурой и холодным бетоном колонн, невозможно прогреть равномерно — всегда остается большой риск недобора бетоном критической прочности в контактном слое.

Сухие стыки, с гнездами в верхних колоннах для выпусков арматуры нижних колонн, стали широко применяться в последние годы для зданий повышенной этажности рамно-связевой системы. Они лишены указанных выше недостатков, однако вопрос их применимости в высотных зданиях остается открытым. Очевидно, здесь необходимы всесторонние экспериментальные исследования стыков при нагружении их весьма значительными усилиями — изгибающими моментами, продольными и поперечными силами.

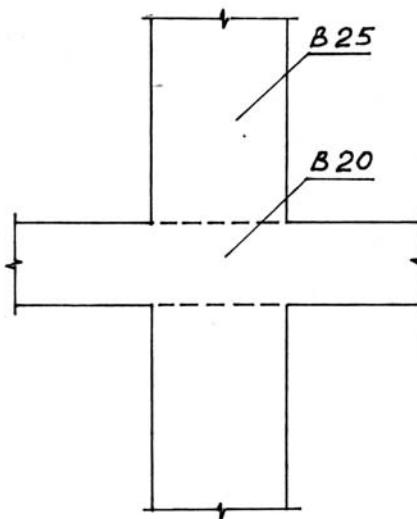


Рис. 4. Соединение перекрытия с колонной в монолитном варианте

В монолитном варианте имеются свои технологические проблемы. Пока классы бетона колонн и перекрытий отличаются друг от друга не более чем на одну ступень, особых беспокойств не возникает. Например, если колонны выполняются из бетона класса B25, а перекрытия из бетона класса B20 (рис. 4), колонны, по существу, сохраняют равнопрочность: в средней части длины у них наибольшая прочность бетона при наименьшем значении коэффициента продольного изгиба ϕ , по концам — прочность бетона минимальна, зато $\phi = 1$. (Такие решения встречаются в зданиях до 17-ти этажей с частой сеткой колонн.) Однако с ростом этажности будет увеличиваться и разрыв в потребных прочностях бетона — если для перекрытий классы бетона в основном останутся на прежнем уровне, то для колонн они могут возрасти до B60 и выше. Следовательно, прежде чем браться за такие здания, нужно решить непростую технологическую задачу — обеспечить непрерывное наполнение колонн бетоном высокой прочности и одновременно обеспечить надежное сцепление бетона колонн с бетоном перекрытий. Понятно, что при зимнем бетонировании решение этой задачи становится еще сложнее.



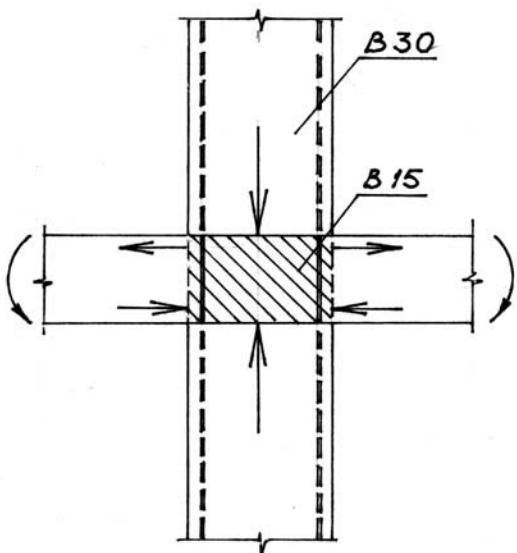


Рис. 5. Соединение монолитного перекрытия со сборной колонной

В сборно-монолитном варианте (а он используется преимущественно в рамно-связевых каркасах) проблемными являются узлы сопряжения перекрытий с колоннами – самые ответственные узлы каркасов. В последнее время стали распространяться откровенно порочные решения таких узлов (рис. 5): в прорезь, устраиваемую в стволе сборной колонны (бетон класса В30), заводится монолитная плита перекрытия из бетона класса В15.

На вопрос, какой из этих двух бетонов определяет несущую способность колонны, проектировщики отвечают: – Бетон класса В30, поскольку бетон класса В15, заполнивший прорезь, работает в условиях объемного сжатия и его прочность возрастает, по крайней мере, в два раза. Такое объяснение не имеет под собой оснований. В действительности здесь, кроме продольного сжатия, возникает огромный узловый момент, который вызывает в верхней части сечения перекрытия растягивающие усилия, а эти усилия не только не способствуют объемному сжатию, но и снижают прочность бетона даже по сравнению с одностенным сжатием.

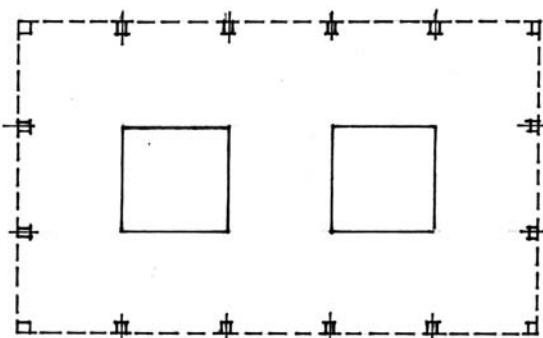


Рис. 6. Каркасно-ствольная система.

Такие узлы обладают и еще одним, не менее существенным недостатком – качество уплотнения бетона, а тем более – качество его прогрева при зимнем бетонировании остается неизвестным, ибо в узлах бетон недоступен для проверки его фактической прочности: сверху и снизу он закрыт колоннами, а с боков плитами. Причем при зимнем бетонировании именно эти узлы находятся в самых неблагоприятных условиях, поскольку сверху и снизу контактируют с массивными холодными телами (бетоном сборных колонн).

Совершенно очевидно, что здания вообще, а высотные в особенности, следует проектировать так,

чтобы любой узел или участок был доступен для контроля качества в процессе строительства (операционного контроля).

Каркасно-ствольные системы (рис. 6) обладают большей жесткостью, чем каркасные, а потому они более предпочтительны в высотном строительстве. Ствол (ядро жесткости), используемый для размещения вертикального транспорта и коммуникаций, воспринимает всю или основную часть ветровой нагрузки. Он может быть выполнен из сборных панелей или из монолитного железобетона. В зависимости от конструкции узлов сопряжения перекрытий с колоннами каркаса – шарнирного или жесткого, колонны могут воспринимать только вертикальные нагрузки или, одновременно, часть ветровых.

При сооружении ствола возникают те же проблемы, что и при сооружении бескаркасных зданий, а при сооружении каркаса – те же, что и при сооружении каркасных зданий.

Каркасно-коробчатые системы отличаются тем, что роль ствола выполняют наружные стены. Они представляют собой плоские рамы с часто расположенным колоннами и жестко соединенными с нимиriegелями – подоконными участками стен. И у этих систем те же сложности.

Наибольшей пространственной жесткостью обладают **коробчато-ствольные** системы («труба в трубе»). Такие системы применяют для особо высоких зданий, которые Новосибирску, будем надеяться, пока не грозят.

В заключение отметим одно немаловажное обстоятельство. В прежние времена любую сборную железобетонную конструкцию, прежде чем утвердить ее в качестве типовой, подвергали всесторонней проверке – технологической (отработка технологии) и экспериментальной (натурные испытания). Это относилось даже к 3-метровым прогонам и обычным баллонным плитам, возможные аварии которых при эксплуатации могли иметь хоть и горькие, но все же локальные последствия. Сегодня принимаются куда более ответственные конструктивные решения вообще без экспериментальных обоснований, и ошибки в них будут стоить намного дороже.

Выводы.

1. Существующие конструктивные решения зданий повышенной этажности имеют ряд существенных недостатков, усиливающихся в условиях сурового сибирского климата, и не могут быть автоматически перенесены на высотные здания без проведения всесторонних исследований – теоретических (численных) и экспериментальных (на физических моделях и на натурных фрагментах).

2. При высотном строительстве особое внимание должно быть обращено на конструкции стыков сборных колонн, стыков панелей в бескаркасных зданиях и узлов соединения перекрытий с колоннами в монолитных и сборно-монолитных каркасах.

3. При проектировании высотных бескаркасных зданий из монолитного железобетона необходимо учитывать влияние внутренних напряжений, возникающих в результате термообработки бетона в зимнее время, в результате сезонного перепада температур в период возведения и в результате усадки бетона.

4. При проектировании любых зданий, а высотных в особенности, должны быть полностью исключены такие решения, при которых невозможен доступ к каким-либо элементам и узлам для проведения операционного контроля качества.

Литература

- Попкова О.М. Конструкции высотных зданий за рубежом (обзор). – ЦНИИС, М., 1973.
- Печенов А.Н. Расчет и конструирование многоэтажных каркасно-панельных зданий. – Киев, 1975.