

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВЯЗЕВЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ

УДК 624.016.5

Кодыш Эмиль Наумович
Главный инженер ОКС ОАО «ЦНИИПромзданий», г.Москва,
доктор технических наук, профессор

Трекин Николай Николаевич
Начальник ОКС ОАО «ЦНИИПромзданий», г.Москва,
доктор технических наук, профессор

Многовековой опыт проектирования, накопленные знания по эксплуатации и тщательный анализ аварий позволили разработать нормативную базу, обеспечивающую необходимую эксплуатационную надежность гражданских зданий при действии стандартных нагрузок и воздействий: вертикальных – постоянные и временные; горизонтальных – ветровые; температурно-климатические; особые – сейсмические; взрывные волны, удары и т.д. Для особо ответственных объектов, например атомных электростанций, предусматривалась возможность восприятия удара от падения самолета на защитную оболочку.

Однако, в настоящее время зафиксировано значительное количество аварий и обрушений, возникающих при воздействиях ранее не предусмотренных нормативной документацией. К их числу можно отнести террористические акты, бытовые взрывы и механическое удаление опор (наезд автотранспорта). Для абсолютного большинства зданий безопасное восприятие подобных нагрузок не учитывалось по экономическим соображениям.

При разрушении несущей конструкции от запроектных воздействий, ударов от падающих элементов, перегрузки сопряженных конструкций вследствие изменившейся расчетной схемы может возникнуть лавинообразное обрушение, которое называется прогрессирующим.

В России, начиная с 70-х годов, в МНИИТЭП Ю.Н. Стругацким были начаты работы по созданию рекомендаций по защите крупнопанельных зданий от прогрессирующего обрушения. Особенно активизировались исследования в этом направлении после трагедии 11 сентября 2001 г. (обрушение башен-близнецов в Нью-Йорке). В европейские и американские действующие нормы были включены требования, препятствующие прогрессирующему обрушению: в Европе – Еврокод 2, Проектирование железобетонных конструкций (2003 г.); в США – Унифицированный критерий устройств UEC. Проектирование зданий, сопротивляющихся прогрессирующему разрушению (2005 г.).

Начиная с 2001 г. в Москве началось активное внедрение в проектирование зданий мероприятий по защите от прогрессирующего обруше-

ния. В настоящее время в Москве действует МГСН 4.19-2005 «Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в г. Москве», в котором даны рекомендации по учету нагрузок в чрезвычайных ситуациях, и Мосэкспертиза требует проверять все здания на устойчивость от прогрессирующего обрушения. Интересные работы опубликованы Алмазовым В.О., Мкртычевым О.В., Тамразяном А.Г. и др.

Кроме того, изданы «Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения», Москомархитектура, М., 2006г. и, наконец, готовятся к изданию «Рекомендации по методам расчета и конструирования высотных зданий разных конструктивных систем на прогрессирующее разрушение», разрабатываемые в ЦНИИЭПжилища.

Устойчивость здания проверяется расчетом конструкции на особое сочетание нагрузок, включающих постоянные и длительные нагрузки, а также одно из возможных непроектных (чрезвычайных) воздействий. При этом коэффициенты сочетаний и надежности по нагрузке следует принимать равными 1. Сами воздействия рекомендуется рассматривать в виде:

- повреждения перекрытий площадью до 80 м²;
- отсутствия на этаже одной из колонн;
- неравномерных осадок основания;
- карстовой воронки глубиной до 6 м (для карстового основания).

Для каркасных зданий рамной конструктивной схемы, возведенных из монолитного, сборного и сборно-монолитного железобетона, выполнение требований по устойчивости здания от прогрессирующего обрушения обеспечивается дополнительными конструктивными мерами, поскольку сама система приспособлена к изменению расчетной схемы в той степени, которой требует современный подход к ограниченной чрезвычайной ситуации.

Основными элементами, воспринимающими изменение расчетных схем, являются рамные узлы сопряжения колонн с ригелями или плитами перекрытия для безбалочных систем. Сопряжения имеют рабочую верхнюю и нижнюю арматуру, которая при удалении опоры или колонны способна воспринять усилия, возникающие в деформированной схеме. Этим требованиям отвечают монолитные и, в меньшей степени, сборно-монолитные перекрытия, которые имеют двойное армирование и работают совместно с ригелями и вертикальными несущими элементами.

Очевидно, что перекрытие в рамных сборных железобетонных каркасах не обладает подобными конструктивными связями, поэтому для адекватной реакции на изменение схемы работы несущих элементов перекрытия необходимо дополнительно объединить плиты между собой, что достигается, например, для многопустотных плит перекрытия с по-

мощью скруток по монтажным петлям. В этом случае, по принятой схеме деформированного состояния после обрушения одного или нескольких вертикальных несущих элементов не произойдет лавинообразное падение элементов и обрушение всего здания.

В сборных связевых каркасах все горизонтальные соединения несущих элементов в основном рассчитаны на нагрузки, возникающие при монтаже и при действии ветра. Соответственно эти соединения не способны воспринять нагрузки, которые возникают при запроектных воздействиях. Поэтому для связевых каркасов необходим другой подход к обеспечению сопротивления прогрессирующему разрушению.

В первую очередь требуется корректировка возможной схемы разрушения несущих элементов. Вариант, рассматриваемый для рамных систем, т.е. разрушение только тех элементов, на которые было совершено запроектное воздействие, например, убирается колонна, а остальные элементы – ригели и плиты перекрытия висят в деформированном состоянии, в данном случае неприемлем. Для обеспечения этой схемы необходимо в зонах опирания ригелей на колонны устройство связей в двух уровнях – по линии опирания и на уровне гребня ригеля. Соответственно армирование ригеля должно быть выполнено с учетом возможного возникновения продольных растягивающих усилий. Кроме того, плиты перекрытия должны быть соединены между собой и с ригелем для исключения их возможного падения.

Обеспечение устойчивости в такой ситуации для связевой системы означает трансформирование ее частично в рамную или рамно-связевую, т.е. приводит к изменению расчетной схемы всего каркаса. Общеизвестно, что подобный тип каркасов разрабатывался на основе максимальной дифференциации несущих элементов по назначению и фиксированного их взаимодействия в пространственной системе каркаса. Так сопряжения всех вертикальных несущих элементов каркаса с дисками перекрытий принято шарнирным либо с незначительным фактическим защемлением, которое необходимо, например, на стадии монтажа. Все горизонтальные нагрузки передаются на вертикальные элементы жесткости. Максимальное усилие растяжения по линии ригелей не превышает 10 т.

В предлагаемой схеме для связевой конструктивной системы можно рассмотреть обрушение части перекрытия вместе с удаленной колонной, а верхние же ярусы деформируются и висят. Наличие дополнительных связей удлиняет время обрушения, что может позволить провести эвакуацию людей с участка обрушения перекрытий. Перекрытие нижележащего этажа возможно запроектировать с учетом дополнительной вертикальной нагрузки от обрушаемого перекрытия. Но при этом, следует ограничивать зону обрушения по площади в плане, которая очерчена ячейками, примыкающими к рассматриваемой колонне.

Таким образом, для обеспечения требуемых схем деформирования конструкций в чрезвычайной ситуации предлагается комплекс мер, снижающих ущерб:

- объединение всех сборных элементов податливыми связями, особенно плит перекрытия;
- жесткий контроль соединений ригеля с колонной по линии опирания верхнего соединения ригелей между собой и с колоннами;
- повышение несущей способности всех закладных деталей, особенно в связевых элементах и диафрагмах жесткости;
- установка дополнительных вертикальных элементов жесткости и их системное расположение в плане с учетом возникающих усилий в деформированном состоянии.

Проведенные расчеты на примере 15-этажного жилого здания связевой конструктивной схемы из сборного железобетона серии 1.020-1/87, показал, что при удалении средней колонны первого этажа наиболее нагруженной ячейки деформации оставшейся верхней колонны составили порядка 25 см. При этом в ригелях верхнего по отношению к разрушенной колонне яруса возникали усилия растяжения более 10 т. Очевидно, что воспринять такое растяжение ригели не способны. Ярусы ячейки перекрытия будут разрушаться, пока не уравниваются усилия в связях и вертикальная нагрузка в изменившейся деформированной схеме.

Если колонна находится в промежутке между диафрагмами жесткости, то возможно возникновение частичного арочного эффекта, который может способствовать сохранению конструкций.

Проведенные расчеты подтвердили, что вопрос обеспечения устойчивости против прогрессирующего обрушения для связевых систем из сборного железобетона требует детальной разработки дополнительных конструктивных мероприятий, при которых, не изменяя конструктивную систему, можно обеспечить нормируемую устойчивость. Кроме того, целесообразно комплексно рассмотреть вопросы живучести зданий при запроектных воздействиях и разработать нормативный документ, в котором желательно классифицировать здания по степени ответственности (согласно СНиП), конструктивным решениям и материалам, а также времени, необходимом для эвакуации людей, и предложить на основе этого дифференцированные конструктивные требования по обеспечению устойчивости здания против прогрессирующего обрушения.