4. Мусаев, А.А. Quod est veritas. Трансформация взглядов на систем-ную составляющую наблюдаемого процесса/А.А. Мусаев // Труды СПИ-ИРАН. 2010. – №15. – С. 53–74.
5. Пригожин, И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой./ И. Пригожин, И. Стенгерс – М.: Едиториал УРСС, 2014. – 304с.
6. Itô, K. Essentials of stochastic processes/ К. Itô – Providence: AMS, 2006. – 170р.
7. Макшанов, А.В. Робастные методы обработки результатов измерений./А.В. Макшанов, А.А. Мусаев – М.: МО СССР, 1980. – 144с.
8. Сейдж, Э.П. Оптимальное управление системами/ Э.П. Сейдж, Ч.С. Уайт/ Пер. с англ. под ред. Б.Р. Левина. М.: Радио и связь, 1982. 392 с.
9. Калман, Р. Очерки по математической теории систем /Р. Калман, П. Фалб, М. Арбиб/ Пер. с англ. под ред. Я.З. Цыпкина. – М.: Мир, 1971. – 400 с.

Скворцова Е. О., Касимов Р.Г.

К вопросу защиты монолитных зданий от прогрессирующего обрушения

Оренбургский государственный университет

(Россия, Оренбург)

doi:10.18411/spc-22-05-2019-03

idsp: sciencepublic-22-05-2019-03

Аварии зданий и сооружений в отечественной и зарубежной практике строительства и эксплуатации явление относительно редкое, вероятность аварий рядовых объектов в год $10^{-6} \dots 10^{-5}$. В большинстве случаев аварии зданий и сооружений приводят к разрушениям (обрушениям) и повреждениям на локальных участках и в редких случаях к прогрессирующему разрушению строительного объекта (последовательному разрушению несущих строительных конструкций, приводящему к обрушению всего сооружения или его частей).

Механизм прогрессирующего обрушения можно представить в виде следующей схемы (рис. 1).

Рисунок 1 – Механизм прогрессирующего обрушения

Результатом аварийных ситуаций могут быть тяжелые материальные, социальные и экологические последствия. Поэтому, участвовавшие в последнее время аварии зданий и сооружений в результате ошибок проектирования, возведения, нарушения правил эксплуатации и высокая степень износа эксплуатируемых объектов капитального строительства требуют разработки принципиально новой концепции защиты проектируемых строительных объектов, способных воспринять современные воздействия природного и техногенного характера [1]. В Российской Федерации это требование определяется действующим ФЗ–384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [2]. В том числе в настоящее время действует СП

385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения.» [3].

Различие конструктивных схем зданий и сооружений, примененных материалов несущих конструкций, этажность и протяженность по-разному сказывается на характер разрушения при действии предельных нагрузок и деформаций, и особых воздействий. Наиболее устойчивы к прогрессирующему обрушению и обладают наибольшей надежностью бескаркасные монолитные здания [4,5].

Основные средства защиты монолитных зданий от прогрессирующего обрушения [3]:

1. В зданиях следует отдавать предпочтение монолитным и сборно-монолитным перекрытиям, которые должны быть надежно соединены с вертикальными несущими конструкциями здания стальными связями.

2. Соединения сборных элементов с монолитными конструкциями, препятствующие прогрессирующему обрушению зданий, должны проектироваться неравнопрочными, при этом элемент, предельное состояние которого обеспечивает наибольшие пластические деформации соединения, должен быть наименее прочным. Для выполнения этого условия рекомендуется рассчитать все элементы соединения, кроме наиболее пластичного, на усилие в 1,5 раза превышающее несущую способность пластичного элемента, например, анкеровку закладных деталей и сварные соединения рекомендуется рассчитывать на усилие в 1,5 раза больше, чем несущая способность самой связи. Замена пластичных элементов более прочными недопустима.

3. Для повышения сопротивления прогрессирующему обрушению здания рекомендуется:

- надпроемные перемычки, работающие как связи сдвига, проектировать так, чтобы они разрушались от изгиба, а не от действия поперечной силы;
- шпоночные соединения в сборно-монолитных конструкциях проектировать так, чтобы прочность отдельных шпонок на срез была в 1,5 раза больше их прочности при смятии;
- обеспечивать достаточность длины анкеровки арматуры при ее работе как связи сдвига.

4. Минимальная площадь сечения (суммарная для нижней и верхней арматуры) горизонтальной арматуры, как продольной, так и поперечной в железобетонных перекрытиях и покрытии должна составлять не менее 0,25 % от площади сечения бетона. При этом арматура должна быть непрерывной и стыковаться в соответствии с требованиями действующих нормативных документов на проектирование железобетонных конструкций.

5. Горизонтальные связи бетонных и железобетонных навесных наружных панелей с несущими элементами здания должны воспринимать растягивающие усилия не менее 10кН (1тс) на 1 м. длины панели при высоте этажа 3,0 м. и 12кН (1,2тс) на 1 м. длины панели при высоте этажа 3,5 м.

6. Вертикальная междуэтажная арматура пилона (колонны, стены) должны воспринимать растягивающие усилия не менее 10кН (1тс) на каждый квадратный метр грузовой площади этого пилона.

Основные положения проектирования зданий, защищенных от прогрессирующего обрушения можно представить следующей схемой (рис. 2).

Рисунок 2 – Схема основных положений проектирования зданий, защищенных от прогрессирующего обрушения

В общем виде защиту зданий от прогрессирующего обрушения можно обеспечить следующими методами (рис. 3).

Таким образом, необходимо сделать следующие выводы:

1. Прогрессирующему обрушению подвержены здания всех конструктивных систем. Наиболее устойчивы к прогрессирующему обрушению и обладают наибольшей жизнестойкостью бескаркасные монолитные здания.
2. Определение гипотетически возможных схем разрушения узлов и конструкций позволяет разработать технологический способ увеличения пространственной жесткости зданий и сопротивления прогрессирующему разрушению.

Рисунок 3 – Методы защиты несущих систем от прогрессирующего обрушения

3. На основе анализа поведения строительных конструкций при разрушении зданий и сооружений возможно проектирование более стойких конструкций, поиск экономически выгодных решений для строительства зданий и сооружений различных конструктивных систем с целью повышения их безопасности и эксплуатационной надежности, обеспечение защиты от возможного прогрессирующего обрушения, в том числе усиление и приведение к работоспособному состоянию уже поврежденных зданий.

4. Существует много подходов к решению проблемы противодействия прогрессирующего разрушения: обеспечение ключевых элементов от разрушения путем увеличения их прочности или применения защитных мероприятий; повышение общей структурной целостности, пластичности, неразрезности, добавление лишних связей; или проведение расчетов при воображаемом удалении каждого несущего элемента. Последний подход является наиболее обоснованным, т.к. при этом рассматриваются расчетом все опасные варианты локальных повреждений. Однако, остается вопрос, как выполнять расчет, чтобы при обеспечении защиты от прогрессирующего разрушения получилось более экономичное решение. Для этого необходимо, в первую очередь, правильно понимать поведение конструкции при удалении некоторого несущего элемента.

1. Котляревский, В.А. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий : учеб. пособие. Книга 6. / под ред. : В. А. Котляревского / В. А. Котляревский, А. В. Р. Д. Октябрьский, И. Е. Сеницына и др. – Москва : Издательство АСВ, 2003. – 408 с.
2. Федеральный Закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» №384-ФЗ. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902192610>. – 6.03.2019
3. СП 385.1325800.2018 Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/551394640>. – 5.04.2019
4. Алмазов, В. О. Динамика прогрессирующего разрушения монолитных многоэтажных каркасов / В. О. Алмазов, Као Зуй Кхой. – Москва : АСВ, 2013. – 128 с.
5. Руденко Д.В., Руденко В.В. Защита каркасных зданий от прогрессирующего обрушения// Инженерно-строительный журнал. – 2009. – №4. – С. 38-41.