

ОСОБЕННОСТИ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗОНАХ

Аннотация. В статье приведены примеры построенных крупномасштабных проектов административных зданий, расположенных в сейсмоопасных странах. Все представленные здания обеспечены системами сейсмической защиты в виде сейсмоизоляции.

Ключевые слова: высотные здания, сейсмостойкие сооружения, сейсмостойкость, устройства управления вибрацией, система управления колебаниями, демпфирование.

В последнее время значительно увеличилось количество землетрясений и иных стихийных бедствий. По данным сейсмологов, ежегодно на Земле происходит около миллиона землетрясений. В последние годы произошли катастрофические землетрясения: в Китае, Турции, Италии, Иране, на Гаити, у берегов Чили. Сильнейшее землетрясение, произошедшее 12 мая 2008 года на территории Китая, сопровождавшееся огромным количеством повторных толчков, вызвало практически полное разрушение зданий и сооружений и массовую гибель людей. Это землетрясение также известно как Вэньчуаньское. Его почувствовали и в соседних странах: Индии, Пакистане, Таиланде, Вьетнаме, Бангладеш, Непале, Монголии и России. Официальные источники заявляют, что на 04 августа 2008 погибло 69 197 человек. В связи с этими событиями возникла необходимость повышения требований к прочностным характеристикам сейсмостойких зданий и сооружений.

Проектирование сейсмостойких сооружений – достаточно сложная задача, так как сейсмические нагрузки являются не только внешними, но и генерируются самой конструкцией в процессе ее колебаний. Это обстоятельство обуславливает два пути повышения сейсмостойкости сооружений: традиционный и специальный.

Традиционные методы в основном связаны с уменьшением массы конструкций, повышением их прочностных и жесткостных характеристик, а также с выбором рациональных конструктивных и планировочных решений. Назначение же специальных методов сейсмозащиты – целенаправленное изменение динамической схемы работы сооружения, они наиболее актуальны для высоких зданий [7].

Япония, благодаря правительственной программе поддержки научных исследований по разработке инновационных технологий сейсмоизоляции зданий и выходу в свет норм проектирования сейсмоизолированных сооружений, вышла на первое место в мире по количеству построенных изолированных объектов – свыше 3000 сооружений. Одним из технических решений является повышение жесткости и устойчивости конструкций. Например, в офисном комплексе Nagumi Island Triton Square, в Японии, по периметру основного здания размещены устройства управления вибрацией, которые предохраняют несущие колонны и балки от сильного землетрясения (рис. 1). К тому же три расположенных близко здания объединены системой демпфирования. Это снижает раскачивание от ветровой нагрузки и позволяет поддерживать комфортные условия внутри помещений. Система демпферов приводится в действие автоматически и управляет относительным отклонением соседних зданий, когда сила ветра становится значительной [1]. Система управления колебаниями также применяется в Nikken Tokyo Building, в Японии, (строительство завершено в марте 2003-го) (рис. 2). Противоизгибные хомуты в сочетании с вязкостными демпферами в стенах позволяют добиться высокой сейсмической безопасности и слабых колебаний даже при сильных ветрах [2].

Здание префектуры Шидзуока, в Японии, построенное в 1970 году, было дооборудовано системой демпфирования. Оно стало первым в Японии высотным правительственным объектом (рис.3). Устройства, расположенные по периметру здания, придали ему и новый облик. Устройства управления колебаниями и несущие стены, находящиеся внутри здания, позволяют обойтись небольшим количеством колонн, что расширяет выбор интерьерных решений. Данные устройства представляют собой упругие панели на жесткой раме, установленные по всей высоте по обе стороны здания [3].

Еще одна инновация была внедрена в здание Midland Square (Нагоя), в Японии, это многоэтажная толстостенная стальная труба в центре 247-метрового здания выполняет те же функции, что и центральная колонна пагоды, обеспечивая одновременно и прочность, и гибкость строения (рис. 4). Midland Square – первое сверхвысокое здание, в котором первый и второй этажи, являющиеся основой ядра, усилены толстой листовой сталью с высокой прочностью растяжения (780 Н/мм^2). Кроме того, здание оснащено устройством ATMD, расположенным на 43-м этаже, а также масляными демпферами консольного типа, которые повышают комфортность пребывания в помещениях, сокращая амплитуду и продолжительность раскачивания.

В последнее время при возведении сооружений все чаще используются залитые бетоном стальные трубчатые колонны, рассчитанные на повышенные нагрузки [4].



Рис.1. Harumi Island Triton Square, Япония, 2001



Рис. 2. Nikken Tokyo Building, Япония, 2003



Рис. 3. Шидзуока, Япония, 1970



Рис. 4. Midland Square (Нагоя), 2007



Рис. 5. Tokyo Midtown, Япония, 2007



Рис. 6. Iidabashi First Building, Япония, 2003

Уровень сейсмостойкости Токуо Midtown был увеличен с помощью сейсмочувствительных и сейсмоизолированных конструкций с применением совершенно уникальных подходов (рис. 5). Во-первых, цоколи четырех

высотных зданий устроены как единая конструкция площадью 230 кв. м, что само по себе – большая редкость. Кроме того, применялись различные конструкционные и строительные новшества, такие как швы бетонирования для противодействия усадке бетона. В практике Nikken Sekkei это был первый случай проверки ультразвуком стального каркаса общим весом 80 000 тонн [5].

Выражением архитектурного потенциала конструкции является конструктивная технология, которая играет ключевую роль в обеспечении высокой сейсмостойкости. Iidabashi First Building многоцелевое здание с различной частотой расположения колонн и устройством конструкций верхних и нижних этажей (рис. 6). Так, в высотке Iidabashi First Building железобетонная жилая часть расположена выше офисных этажей со стальным каркасом. Поэтому в случае землетрясения этажи, расположенные выше сейсмоизолирующего слоя, раскачиваются меньше. Это, в свою очередь, снижает сейсмическое воздействие на нижние этажи. Просторный атриум Iidabashi First Building служит примером удачного использования данной технологии. Однако периодически необходимо тщательно проверять те конструктивные элементы, которые пронизывают сейсмоизолированный этаж, испытывающий наибольшее раскачивание. Кроме того, нужно учитывать особенности участка застройки [6].

Выводы

В кратком обзоре, приведенном выше, показаны примеры проектирования зданий в Японии с использованием инновационных систем сейсмозащиты. Были рассмотрены современные методы сейсмоизоляции зданий. Одним из эффективных способов обеспечения надежности высотных зданий и сооружений является применение сейсмоизоляции и демпфирующих устройств. Применение инновационных систем сейсмозащиты позволяет в 2-3 раза снизить сейсмическую нагрузку на здание. Использование систем управления колебаниями увеличивает затраты, но повышает показатели сейсмостойчивости (в том числе не несущих конструкций и оборудования).

Методы сейсмозащиты бывают:

- традиционными (повышение несущей способности основных конструктивных элементов за счет увеличения их размеров и прочности);
- специальными:
- активная (дополнительный источник энергии);
- и пассивная: сейсмогашение и сейсмоизоляция.

Таким образом, применение сейсмоизоляции и сейсмогашения при правильном проектировании может значительно повысить такие характеристики как:

- надежность здания;
- сохранность и надежность оборудования;
- экономические показатели зданий;

- отсутствие необходимости восстановительных работ после сильных землетрясений;
- комфорт для жителей.

Литература

1. Architector [Электронный ресурс]: Harumi Island Triton Square, Япония, 2001.
2. Architektonika [Электронный ресурс]: Nikken Tokyo Building, Япония, 2003.
3. Archi [Электронный ресурс]: Шидзуока, Япония, 1970.
4. Ais.by [Электронный ресурс]: Midland Square (Нагоя), 2007.
5. Abok [Электронный ресурс]: Tokyo Midtown, Япония, 2007.
6. Skyscraperpages [Электронный ресурс]: Iidabashi First Building, Япония, 2003.
7. Журнал высотных технологий Tall Buildings 1/10.

Анотація. У статті надаються зразки зведення великомасштабних проектів адміністративних будівель, що розташовані у сейсмічно безпечних країнах. Усі ці будівлі забезпечені системами сейсмічного захисту у вигляді сейсмоізоляції.

Ключові слова: висотні будівлі, сейсмічностійкі спорудження, сейсмічностійкість, прилади керування вібрацією, система керування коливаннями, демпфирування.

Abstract. The article gives examples of large-scale projects built office buildings located in earthquake-prone countries. All the buildings are provided with systems of seismic protection in the form of seismic isolation.

Key words: high-rise buildings, earthquake resistant structures, seismic resistance, vibration control device, the control system vibrations, damping.