

А.Р. Нурутдинов, О.В. Мирзоев /
A.R. Nurutdinov, J.V. Mirzoyev

Сейсмостойкие сооружения **EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES**

Annotation: This article touches upon the design of earthquake resistant structures, the structures that can mitigate the effect of earthquakes. The main philosophy of earthquake resistant construction is not to design a building that wouldn't be damage even during the rare but strong earthquake, but to design a building that wouldn't collapse, so that people have time to escape the building.

Basically, there are two ways to achieve earthquake resistance – conventional approach and the basic approach. Conventional approach depends upon providing the building with strength, stiffness and inelastic deformation capacity which are great enough to withstand a given level of earthquake-generated force. This can be accomplished by selection of an appropriate structural configuration and careful detailing of structural members, such as beams and columns, and the connections between them.

Basic approach depends upon underlying more advanced techniques for earthquake resistance is not to strengthen the building, but to reduce the earthquake generated forces acting upon it. This can be accomplished by decoupling the structure from seismic ground motion. It is possible to reduce the earthquake induced forces in it by three ways: increase natural period of structures by Base Isolation; increase damping of system by Energy Dissipation Devices; mitigate earthquake effects completely by using Active Control Devices.

Ключевые слова: землетрясение; сейсмостойкий; магнитуда; сейсмическая изоляция фундамента; гаситель энергии; рассеивание энергии; инерция; усиление.

Key words: earthquake; earthquake resistant; magnitude; base isolation; damper; energy dissipation; inertia; retrofitting.

Тысячелетиями землетрясения подвергали человечество опасности. Эта разрушающая сила когда-то считалась гневом богов за неверность людей. Но сейчас мы

можем объяснить причины, вызывающие землетрясения и можем проектировать эффективные механизмы для уменьшения вреда, наносимого землетрясениями.

Инженеры не пытаются сделать здание настолько сейсмоустойчивым, чтобы оно не получало повреждений даже в ходе редких, но сильных землетрясений; возведение таких зданий было бы слишком трудоемким и дорогостоящим. Вместо этого целью проектирования является сделать здание сейсмостойким; такое здание противостоит влиянию подземных толчков, даже если оно может получить значительный ущерб, оно не разрушится при сильном землетрясении. Таким образом, сейсмостойкие здания обеспечивают безопасность людей и внутренней части здания, тем самым предотвращая катастрофу, что является главной задачей сейсмостойкого проектирования во всем мире.

Целью сейсмостойкого проектирования является то, чтобы ущерб от землетрясения находился в допустимых пределах, а также, чтобы повреждения происходили в местах, не представляющих «опасности» для устойчивости всего сооружения.

Сейсмостойкие здания, особенно их главные элементы, должны быть сконструированы с учетом необходимой пластичности. Такие здания могут колебаться в горизонтальном направлении во время землетрясения и, таким образом, переносить землетрясения с некоторым ущербом, но без обрушения.

В большинстве случаев применяется обычный метод по обеспечению сейсмической стойкости, также используется базовый метод, в настоящее время существуют активные устройства управления, которые могут противодействовать влиянию землетрясения на здание.

Суть обычного метода заключается в том, чтобы спроектировать здание прочным, с обеспечением достаточной жесткости элементов, и способным

воспринимать неупругие деформации в таких пределах, чтобы здание могло выдержать нагрузку определенной величины, создаваемую землетрясением. Этого можно достичь выбором подходящей структурной конфигурации и тщательным конструированием элементов конструкции, таких как балки и колонны, и связей между ними.

Базовый метод предполагает применение более современной техники по противодействию землетрясению, не путем увеличения прочности здания, а путем уменьшения сил, действующих на здание в результате землетрясения. Этого можно добиться нарушением связи между зданием и подвижным основанием. Существует *три способа уменьшения воздействия нагрузки, создаваемой землетрясением*, на здание: увеличение периода собственных колебаний здания за счет *сейсмической изоляции фундамента*, увеличение затухания колебаний системы за счет *механизмов рассеивания энергии*, полное подавление воздействия землетрясения на здание за счет применения *активных устройств управления*.

Сооружение с *сейсмической изоляцией фундамента* опирается на ряд несущих опор, которые размещаются между зданием и фундаментом. Принцип работы сейсмически изолированного фундамента объясняется на примере здания опирающегося на катки, работающие без трения. Когда происходит толчок, катки свободно вращаются, при этом здание, опирающееся на них, остается в покое. Таким образом, сила, возникающая в результате подземных ударов, не действует на здание, сооружение не испытывает на себе влияния землетрясения.

Многие сейсмические изоляторы выглядят как большие резиновые прокладки, хотя некоторые типы основаны на скольжении одной части здания относительно другой. К тому же сейсмическая изоляция здания не подходит для всех сооружений. В основном данный метод применяется для зданий малой и средней этажности,

возводимых на твердых грунтах; высотные здания или здания, возводимые на слабых грунтах, не могут иметь сейсмическую изоляцию фундамента.

Основной причиной повреждения здания при землетрясении является деформация в результате действия сил инерции.

Здание с сейсмической изоляцией фундамента сохраняет свою первоначальную прямоугольную форму. Оно не претерпевает деформаций, и ущерб, наносимый зданию в результате действия сил инерции, снижается.

Другим способом предотвращения ущерба, наносимого зданиям при землетрясении, является установка *сейсмических гасителей колебаний* в элементах конструкции, таких как диагональные связи. Такие гасители работают так же, как гидравлические амортизаторы в автомобиле – большая часть мгновенных толчков поглощается гидравлической жидкостью, и только малая часть передается ходовой части автомобиля. Когда сейсмическая энергия передается через них, гасители поглощают часть нее, таким образом, уменьшая амплитуду колебаний здания.

Наиболее часто используемые сейсмические амортизаторы: гидравлический амортизатор (энергия поглощается жидкостью на силиконовой основе, проходящей через конструкцию поршневого цилиндра.); фрикционный демпфер (энергия поглощается за счет силы трения, возникающей между соприкасающимися поверхностями); пружинистый амортизатор (энергия поглощается металлическими элементами при их деформации), вязкоупругий демпфер (энергия поглощается за счет использования регулируемого сдвига твердых тел)

Таким образом, оборудовав здание дополнительными устройствами, имеющими высокую способность поглощать вибрации, мы можем в значительной степени сократить сейсмическую энергию, передаваемую зданию.

После развития пассивных устройств, таких как сейсмическая изоляция фундамента, следующим логическим шагом явилось управление этими устройствами наиболее оптимальным образом при помощи внешнего источника энергии. За последние годы удалось достичь значительного прогресса в проектировании *активных устройств управления* для гражданского строительства.

Основным подходом при строительстве обычной сейсмостойкой конструкции являлось пассивное реагирование на землетрясение. В отличие от этого при строительстве по методике «динамических интеллектуальных домов» здание само активно противостоит землетрясению, пытаясь контролировать вибрации. Сенсорные датчики, расположенные как внутри, так и снаружи здания, передают информацию на главный компьютер, который может производить обработку данных и делать выводы, так, как будто здание обладает интеллектом, поминутно соотнося свои собственные характеристики с изменяющимися данными по сейсмической активности.

Система активных устройств управления включает три основных элемента: сенсорный датчик для измерения внешних воздействий/или поведения конструкции, компьютеры и программное обеспечение для вычисления усилия на основе внешних воздействий/или поведения конструкции, силовые приводы для обеспечения необходимых усилий в системе управления.

Таким образом, система активных устройств управления должна иметь внешний источник энергии для приведения в движение силовых приводов. С другой стороны, пассивные системы не требуют внешнего источника энергии, их эффективность зависит от настройки системы под ожидаемое внешнее воздействие и поведение конструкции. В результате пассивные системы являются эффективными только для тех типов вибраций, под которые

они приспособлены. Отсюда, преимуществом системы активных устройств управления является более широкое применение, так как усилия в системе управления разработаны на основе действующего внешнего воздействия и поведения конструкции.

Список использованных источников:

1. *Bouvier P.* Earthquake resistant structures [Электронный ресурс] // Inspired Architecture, 2012. – Режим доступа: <http://articles.architectjaved.com>, свободный.
2. *Алексеев М.Н., Тимофеев П.П.* Англо-русский геологический словарь / М.Н Алексеев – М.: Изд-во Русский Язык, 1988. – 541 с.
3. Строительство в сейсмических районах, актуализированная редакция СНиП II-7-81*// Свод правил. – 2011. – 84 с.
4. *Reid R.* How to Make Buildings & Structures Earthquake Proof [Электронный ресурс] // REIDsteel, 2013. – Режим доступа: <http://www.reidsteel.com>, свободный.
5. Сейсмостойкое здание [Электронный ресурс] // Поиск патентов и изобретений, зарегистрированных в РФ и СССР, 2014. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru>, свободный.