

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ РИСКА ОТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Ордобаев Б.С., Сеитов Б.М.

Кыргызско-Российский Славянский университет, Бишкек, Кыргызстан

Аннотация: Приведены новые идеи и инженерные мысли о решении проблем по обеспечению сейсмостойкости зданий и сооружений, а также принципы проектирования строительства сейсмостойких строительных конструкций и зданий.

Ключевые слова: сейсмостойкость, наплыв, разлом, гибкость здания, земная кора, бетон.

ENGINEERING METHODS REDUCE THE RISK OF EARTHQUAKE

Ordobaev B.S., Seitov M.B.

Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek, Kyrgyzstan, ordobaev@mail.ru

Abstract: In article are brought new ideas and engineering thoughts about decision of the problems on provision seismic stability buildings and buildings, as well as principles of the designing construction seismic stability building design and buildings.

Key words: earthquake resistance, flood, fault, building flexibility, earth's crust, concrete.

Землетрясения приносят большие человеческие жертвы и огромные материальные убытки. При землетрясении в Японии (01.09.1923г.) погибло 150 тыс. чел. и полностью разрушено около 130 тыс. зданий. Землетрясение в Чили (23.01.1939г.) привело к гибели около 40 тыс. чел. При землетрясении в Ганьсью (Китай) (16.12.1920г.) погибло 100 тыс. чел., 28 декабря 1958 г. в Мессине (Италия) погибло 100 тыс. чел. и т.д.

Землетрясение, как известно, характеризуется короткими толчками, исчисляющимися в доли секунды, в несколько секунд. Но этого времени достаточно, чтобы разрушить все слабо укрепленные, не обладающие особой прочностью и гибкостью здания и сооружения. Действительная причина землетрясений обусловлена перемещением блоков земной коры, которые теснейшим образом связаны с процессами тектонического порядка. Эти всплески - удары распространяются от точки сдвига, наплыва, разлома на громадные пространства в виде детонационных отзвуков и полос. Разрушительные землетрясения происходят и на территории Средней Азии, в том числе в нашей Республике и в России.

Современное строительство в условиях сейсмического риска тесно связано такими направлениями как сейсмология, сейсмостойкость и сейсмоустойчивость здания и сооружения. Ниже рассмотрим кратко каждый из направлений.

Сейсмология – наука о землетрясениях, зародилась примерно 100 лет назад. Разрушительные действия землетрясений описаны еще в античной литературе. В середине XVII в. гениальный русский ученый М. В. Ломоносов [5] дал первую гипотезу возникновения землетрясения: «...вековые колебания суши, наступления и отступления морей, постоянное движение береговой линии» объясняются «трясением земли». Многие сведения о землетрясениях, происходивших в Армении и соседних с ней странах, начиная с V в. до нашей эры, содержатся в богатой рукописной литературе Матенадарана [6] Армянской Республики (Матенадаран - государственное хранилище древних рукописей). О катастрофическом землетрясении в районе Арарата, в результате которого образовалась большая пропасть на склоне Большого Масиса, сообщает армянский историк V в. Мовсес Хоренаци. О землетрясениях в Армении, Грузии, Турции и в других соседних странах кроме армянских историков упоминают также зарубежные путешественники XII-XIII вв. Рубруквич, Вагнер, Барбаро Венецианский, Марко Поло и другие [2]. С последних лет прошлого столетия проблема изучения сейсмостойкости зданий и сооружений приобрела научный характер. Традиционные методы и средства защиты зданий и сооружений от сейсмических воздействий включают большой комплекс различных мероприятий, направленных на повышение несущей способности строительных конструкций. Проектирование, которых осуществляется на основании выработанных отечественным и зарубежным опытом строительства норм и правил (СНиП) [7], гарантирующих сейсмостойкость зданий и сооружений в районах с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов.

Сейсмостойкость – характеристика зданий и сооружений, описывающая степень их устойчивости к землетрясениям. Она является важным параметром в сейсмостойком

строительстве, разделе гражданского строительства, который специализируется в области поведения зданий и сооружений под сейсмическим воздействием. В местностях, где землетрясения были особенно часты (например, Япония), защита от сейсмических явлений достигалась путём максимального облегчения построек, использования вместо камня таких материалов, как древесина и бамбук, а также лёгких ширм вместо капитальных стен. Первыми строителями, обратившим особое внимание на сейсмостойкость капитальных построек, были инки. Особенности архитектуры инков является необычайно тщательная и плотная (так, что между блоками нельзя просунуть и лезвие ножа) подгонка каменных блоков (часто неправильной формы и очень различных размеров) друг к другу без использования строительных растворов, наклонённые внутрь стены со скруглёнными углами и лёгкие соломенные крыши. Благодаря этим особенностям кладка инков не имела резонансных частот и точек концентрации напряжений, обладая дополнительной прочностью свода. При землетрясениях небольшой и средней силы такая кладка оставалась практически неподвижной, а при сильных – камни «плясали» на своих местах, не теряя взаимного расположения и при окончании землетрясения, укладывались в прежнем порядке. От падения соломенной крыши жителей городов инков предохранял тканый тент, перекрывавший потолок. Однако не следует навязывать зданию непосильную задачу – сопротивляться сокрушительному землетрясению. Лучше дать этому зданию, с помощью сейсмической изоляции, возможность как бы парить над трясущейся землей. Сейсмические изоляторы считаются наиболее эффективной технологией в сейсмостойком строительстве. Анализ сейсмостойкости основывается на основных принципах динамики сооружений. В течение десятилетий, самым распространённым методом анализа сейсмостойкости являлся метод спектров реакции, который получил свое развитие в настоящее время.

Однако спектры реакции хороши лишь для систем с одной степенью свободы. Использование пошагового интегрирования с трехмерными диаграммами сейсмостойкости оказываются более эффективным методом для систем со многими степенями свободы и со значительной нелинейностью и условиях переходного процесса кинематической раскачки.

Сейсмоустойчивость – способность построек и конструкций выдерживать землетрясения с минимальными повреждениями. Сейсмоустойчивость объекта, прежде всего, зависит от его высоты, его веса в целом, конструктивной системы, которая принимает на себя сейсмическое воздействие, сейсмических регионов, где строится объект, включая и микросейсмическую регионализацию. Так как в зонах малой сейсмической активности могут существовать геологические разломы, которые могут представлять повышенную геодинамическую опасность отдельных объектов, особенно высотных зданий. Для обеспечения сейсмоустойчивости важен, выбор места постройки следует избегать близости к линиям сброса. Также вносятся, изменения в фундамент конструкций создаются «подушки» из бетона или полимерных материалов, благодаря которым здания скользят или «плавают» во время землетрясения и не разламываются по тем линиям, где создается наибольшее напряжение. Наиболее перспективное направление повышения сейсмоустойчивости – это сейсмоизоляция зданий. В мире наблюдаются следующие тенденции: первая – это применение в чистом виде сейсмоизоляции зданий, которая устраивается, как правило, в нижних этажах из резинометаллических опор самой различной модификации, с низким и высоким демпфированием, с сердечником из свинца и без него, с применением различных материалов, также фрикционные скользящие опоры маятникового типа, которые применяются в мире очень широко; второе направление применение демпфирования (гашения колебаний), которое известно очень давно и постоянно совершенствуется. Для высотного строительства, как правило, используется сочетание с сейсмоизоляцией в нижнем этаже, а по высоте здания устанавливают демпфирование.

Профессор Университета Колорадо Роджер Билхэм [8] опубликовал свой доклад, в котором говорилось, что при современном росте урбанизации и увеличении населения, к середине XXI века потребуется более миллиарда жилых строений, а человечество столкнется с новым оружием массового уничтожения – таким оружием станет... обыкновенный жилой дом. Объясняя свой парадоксальный вывод, ученый ссылается на то, что власти и архитекторы не уделяли и не будут в будущем уделять должного внимания возведению сейсмоустойчивых зданий, а также укреплению уже имеющихся. Причина банальна – для строительства таких зданий требуются существенно большие затраты.

После того, как в 2010 году случилась страшная трагедия на Гаити, ученые отметили, что многих жертв можно было бы избежать, если бы на острове уделялось должное внимание строительству сейсмоустойчивых зданий. Профессор Чак ДеМетс из Northwestern University заявил, что свою роль в появлении такого количества жертв сыграло

безответственное строительство. Здания, не рассчитанные на столь мощный удар, складывались как картонные домики, становясь могилами для людей. Вывод профессора подтверждают следующие факты: землетрясение в Армении 1988 года с магнитудой 6,9 баллов по шкале Рихтера унесло жизни 25 тысяч человек, а годом спустя, при аналогичном землетрясении в Калифорнии погибли только 63 человека. Эти цифры, как считает Чак ДеМетс, наглядно иллюстрируют огромную роль сейсмоустойчивых зданий в спасении жизней во время землетрясений. Изначально в Ленинакане (современное название – Гюмри) велось лишь монолитное домостроение. Однако это – многоступенчатая работа. Необходимо было искать новые пути развития технологий строительства. И они были найдены. Специально для Ленинакана были разработаны сборные конструкции, которые выдержали бы землетрясения до 9 баллов. Специалисты компании "Стройтехника" принимали участие в ликвидации последствий землетрясения и при строительстве сейсмоустойчивых зданий в Армении.

Стоит заметить, что даже происшествий более чем 20-и лет со дня землетрясения в Армении технология не потеряла своей актуальности, хотя, без сомнения, появились и новые пути решения проблемы обеспечения сейсмоустойчивости зданий.

Как сообщает портал Science NOW, одну из самых революционных идей предлагает группа французско-британских ученых. Они рассчитывают сделать здания... невидимыми для землетрясений. На эту идею ученых навела стелс-технология в авиации, позволяющая самолетам оставаться невидимыми для радаров. Только в данном случае речь идёт о "невидимости" зданий для сейсмических волн. Как известно, эта технология основывается на сочетании использования специального материала и специфической формы поверхности. Вкупе эти свойства делают самолеты невидимыми для радаров, частично отклоняя, а частично - поглощая сигналы. При создании "невидимых" зданий принцип такой же. Ученые рассчитали, каким должен быть "волнорез", состоящий из меди, пластика и других материалов. "Волнорезы" по проекту ученых, должны рассеивать катастрофическую энергию землетрясений. Во время экспериментов на защищённые сооружения направляли волновые возмущения, моделирующие сейсмоволны при землетрясении. Устройства в виде колец поглощали и рассеивали волны, практически, не пропуская их внутрь кольца. Не исключено, что именно эта технология ляжет в основу строительства сейсмоустойчивых домов в будущем.

Существуют и другие методы защиты. Один из них – в буквальном смысле, "выращивание" сейсмоустойчивых домов. Как сообщает портал LiveScience, одна из групп ученых пришла к выводу, что некоторые деревья могут расти в условиях аэропного культивирования, а также воздушного культивирования. Необходимые для роста дерева питательные вещества поступают не с корнями из земли, а разбрызгиваются в воздухе. При этом данные деревья имеют пластичные корни и с помощью металлических рамок им можно придать любую форму. Как только дерево-дом выросло до нужных размеров, его укореняют в земле. Надземная часть корня, соответствующая строго заданной форме, лифгинифицируется, с возрастом становится все прочнее и крупнее. Ее можно использовать как основу под строительство экологически безопасного и сейсмоустойчивого дома. Первый такой дом ученые планируют "сдать" через 10 лет.

Один из распространённых способов сейсмоустойчивого строительства – возведение зданий на фундаменте с большим запасом несущей прочности. Например, в России по такому принципу построены экспериментальные дома в городе Усть-Лабинск. Здесь возводят 4-5-этажные здания на усиленном фундаменте, соответствующем дому в 9 этажей для обычных сейсмоусловий. Для того чтобы успешно противостоять землетрясениям ученые разрабатывают и новые строительные материалы. В частности, представители высшей школы из Мичигана создали новый вид бетона, получивший название "эластичный" бетон. Он, как следует из названия, отличается повышенной эластичностью и гибкостью. Интересной особенностью материала можно считать способность самовосстанавливаться под воздействием дождя или снега. Эти необычные свойства бетону обеспечиваются добавлением минералов, которые входят в состав морских раковин. Возникшие в результате нагрузки трещины в этом удивительном бетоне, со временем затягиваются, и прочность материала остается неизменной.

Однако и некоторые известные с древности строительные материалы отличаются сейсмоустойчивостью. В частности, к таким материалам относится глина. В Таджикистане построено немало сейсмоустойчивых зданий именно из этого материала, с добавлением древесины эластичных сортов дерева, таких как, например, тутовник. Для строительства такого здания, прежде всего, изготавливают деревянную стойку, нижнюю и верхнюю

обвязочную балку (именно так веками строили дома в Средней Азии), а затем, во время постепенного возведения глиняных стен, в них "вплетаются" ветки деревьев. Описанная технология применяется в Таджикистане, очевидно, из-за необходимости экономить на строительной технике и материалах. И её недостатком можно признать то, что это возможно только в малоэтажном строительстве. Ещё одна инновация в отрасли строительных материалов - применение высокопрочной арматуры при строительстве зданий и сооружений. В настоящее время осуществляется производство сейсмостойчивой арматуры класса прочности 500 МПа.

Произошедшее землетрясение в Японии подтолкнуло ученых Страны восходящего Солнца и самих выступить в СМИ с заявлением о том, какими должны быть сейсмостойчивые здания и какие принципы необходимо соблюдать при их строительстве. Следует использовать симметричные конструктивные схемы. При строительстве требуется равномерно распределять жесткость конструкции и массу. Однородность и монолитность конструкции обеспечивается благодаря применению укрепленных сборных элементов. К особенностям строительства стоит отнести и создание антисейсмических швов – двойные стены или двойные ряды несущих стоек. Не допускается при строительстве использовать перегородки из ручной кирпичной кладки в зданиях выше пяти этажей. В качестве строительных материалов для сейсмостойчивых зданий рекомендуются панельные блоки, изготовленные с применением вибрации в специальных заводских условиях. В растворы необходимо добавлять пластификаторы и адгезирующие добавки, которые повышают сцепление раствора со строительным материалом. Еще одно правило возведения сейсмостойчивых зданий – бетонные или кирпичные перегородки должны армироваться и анкериться по всей длине. Предпочтительные формы объектов при строительстве в сейсмоопасной зоне – прямоугольный, круглый, квадратный или шестиугольный дом. Строения в виде книжек, с вытянутыми одной или двумя сторонами категорически не подходят. Фундаменту во время строительства всегда должно придаваться особое значение, особенно если речь идет о сейсмостойчивых зданиях. Известна методика применения сейсмоизолирующих подушек из бетона и полимерных материалов, когда возникнет эффект скольжения по ним здания во время землетрясения. Сегодня строительная отрасль создала определенные аксиомы строительства сейсмостойчивых зданий. В частности, жесткость и массу необходимо равномерно распределять на различных участках здания. Строить нужно из прочных конструкций, необходимы антисейсмические швы – несущие стены должны быть надежными. Для зданий, которые могут подвергнуться землетрясению, необходимо в фундаменте создавать «подушки» из бетона или полимеров. Лучшая форма зданий в сейсмически опасной зоне – круглые, прямоугольные, квадратные или шестиугольные формы. Данные инновационные технологии позволяют бороться с землетрясениями. Однако научная мысль не стоит на месте, японское землетрясение доказало всему миру огромное значение строительства сейсмостойчивых зданий.

При всем обилии проведенным и проанализированных наблюдений, место, время и магнитуда будущих разрушительных землетрясений даже в хорошо изученных регионах по-прежнему оказывается неожиданным. А пока нет ответа на этот и многие другие вопросы, у человечества есть только один способ обезопасить себя – развивать и совершенствовать сейсмостойкое строительство на территориях, которые подвержены влиянию сильных землетрясений. Многие из описанных в статье принципов строительства сейсмостойчивых зданий относятся к будущему. Пока же очевидно одно, и землетрясение в Японии это подтвердило, на сегодняшний день не существует технологии и строительного материала, который на 100% смог бы противостоять самому сильному землетрясению. Создавать инновационные технологии и материалы в сейсмостойком строительстве – задача ученых, инженеров и строителей.

Использованная литература

1. Коричинский И.Л. Основы проектирования зданий в сейсм. районах. – М., 1961. – 488 с.
2. Карцивадзе Г.Н. Сейсмостойкое строительство за рубежом. – М., 1962. – 225 с.
3. Карапетян Б.К. Сейсмические воздействия на здания и сооружения. – М., 1978. – 159 с.
4. Казина Г.А., Килимник Л.Ш. Конструкции сейсмостойких зданий в зарубежном строительстве (обзор). – М.: ЦИНИС Госстроя СССР, 1974. – 60 с.
5. Медведев С. В. Инженерная сейсмология. – М.: Госстройиздат, 1962. – 284 с.
6. Назаров А.Г. Инженерного анализа сейсмических сил. – Ереван, 1959. – 141 с.
7. Строительство в сейсмических районах СНиП II-7-81. – М.: Стройиздат, 1982. – 75с.