



ТИПЫ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИМЕНЯЕМЫХ В СООРУЖЕНИЯХ

Рахимов Абдуазиз^{1а}, доцент, к.т.н.

Усмонова Зиёдахон^{1б}, магистр;

Исканова Холида^{1б}, магистр;

*¹Самаркандский государственный архитектурно-строительный
университет имени Мирзо Улугбека*

Аннотация. В статье рассмотрены основные типы сейсмоизоляционных систем, применяемых в строительстве для защиты зданий и сооружений от разрушений при землетрясениях. Приведены принципы их работы, классификация, преимущества и области применения. Особое внимание уделено современным гибридным и маятниковым системам, обеспечивающим высокую эффективность при минимальных затратах.

Ключевые слова: строительство, сейсмозащита, резинометаллические опоры, амортизаторы, энергоемкость, антисейсмическое устройство, демпфирующие или фрикционные элементы.

Введение

Сейсмостойкость зданий и сооружений является одним из ключевых направлений современного инженерного проектирования, особенно в регионах с высокой сейсмической активностью. Рост урбанизации, усложнение архитектурных форм и увеличение плотности застройки диктуют необходимость применения новых, более надёжных технологий защиты конструкций от разрушительного воздействия землетрясений. В этих условиях особое место занимает технология сейсмоизоляции, которая за последние десятилетия превратилась в наиболее эффективный метод обеспечения устойчивости зданий к динамическим нагрузкам. (1) (2) (3)



Сейсмоизоляция направлена на то, чтобы снизить передачу сейсмических колебаний от основания к надземной части сооружения. В отличие от традиционных методов, основанных на увеличении жесткости конструкции, сейсмоизоляционные системы стремятся уменьшить влияние землетрясений путём изменения динамических свойств здания. Это достигается благодаря установке специальных упругих, демпфирующих или фрикционных элементов между фундаментом и надземной частью сооружения. Такое конструктивное решение позволяет частично «отсоединить» здание от движения грунта, что значительно снижает ускорения и перемещения, возникающие при сейсмических воздействиях. (2) (4)

Современные сейсмоизоляционные технологии не только обеспечивают высокую степень защиты от разрушений, но и способствуют сокращению затрат на восстановительные работы после землетрясений. Практика применения подобных систем в Японии, Новой Зеландии, США, Турции и других сейсмоопасных странах демонстрирует их высокую эффективность и долгосрочную надёжность. Благодаря этому сейсмоизоляция получает всё более широкое распространение в мировом строительстве и становится неотъемлемой частью проектирования социально значимых объектов, жилых зданий и сооружений сложной конфигурации.

Современные системы изоляции позволяют не только уменьшить ускорения и перемещения здания, но и существенно снизить затраты на восстановление после землетрясений. (5) (6) (7)

Основной принцип заключается в разделении конструкции на две части: верхняя (надземная) — здание или сооружение;

нижняя (фундаментная) — основание, взаимодействующее с грунтом. Между ними устанавливаются специальные упругие, демпфирующие или фрикционные элементы.



Суть сейсмоизоляции заключается в установке между фундаментом и зданием упругих, фрикционных или комбинированных элементов, которые позволяют конструкции двигаться относительно грунта. Таким образом, энергия землетрясения не передаётся напрямую зданию, а рассеивается или компенсируется за счёт гибкости и демпфирования опорных устройств.

Основная часть

1. Понятие и назначение сейсмоизоляции

Сейсмоизоляционная система — это инженерное решение, направленное на снижение воздействия землетрясений на конструкцию здания или сооружения. Основная идея заключается в том, чтобы «отделить» движение здания от движения грунта так, чтобы при сейсмическом толчке надземная часть сооружения испытывала минимальные колебания. Этого удаётся достичь благодаря использованию специальных опор — упругих, демпфирующих или фрикционных. (1) (8) (9)

Такие элементы располагаются между фундаментом и надземной частью здания, образуя гибкое связующее звено. Во время землетрясения грунт совершает интенсивные горизонтальные перемещения, но изолирующие устройства поглощают значительную часть энергии, преобразуют её в безопасные деформации или рассеивают за счёт трения.

Основные функции сейсмоизоляции:

- снижение горизонтальных ускорений;
- уменьшение деформаций несущих элементов здания;
- предотвращение хрупких разрушений;
- улучшение эксплуатационной надёжности сооружения.

2. Принцип работы сейсмоизоляционной системы

Работа системы основана на изменении динамических характеристик здания:

- увеличении периода собственных колебаний;



- снижении резонансных эффектов;
- уменьшении жесткости взаимодействия с грунтом.

Проще говоря, сейсмоизоляция делает здание более «мягким» основанием, из-за чего высокочастотные землетрясения оказывают на него значительно меньший эффект. Таким образом, конструкция остается практически неподвижной во время толчков, в то время как грунт под фундаментом может смещаться на значительные величины.

Основные типы сейсмоизоляционных систем: это, эластомерные опоры (резинометаллические подушки) - чередующиеся слои резины и стальных пластин, иногда с центральным свинцовым сердечником. Они обеспечивают упругость в горизонтальной плоскости и жесткость по вертикали, который деформируется при землетрясении и гасит энергию.

Фрикционные скользящие опоры — это тип опорных устройств, применяемых в строительстве (чаще всего в мостах, зданиях, трубопроводах и других инженерных сооружениях), которые обеспечивают возможность горизонтального перемещения конструкции за счёт трения между скользящими поверхностями. (10)

Фрикционные системы основаны на контролируемом скольжении между поверхностями из нержавеющей стали и фторопласта (PTFE). Верхняя часть опоры перемещается по нижней при воздействии горизонтальных усилий. Сопротивление движению определяется коэффициентом трения между поверхностями (обычно 0,03–0,10). Опора при этом передаёт вертикальную нагрузку и частично — горизонтальную, если движение ограничено.

Фрикционных скользящих опор бывают:

*Свободные (односторонние) — позволяют движение в одном направлении.



*Свободные всесторонние — допускают движение в любой горизонтальной плоскости.

*Направленные (с ограничением) — допускают движение только вдоль заданной оси.

*Фиксированные — не допускают скольжения (устанавливаются в одной точке конструкции для восприятия горизонтальных усилий).

Наиболее известный тип — FPS (Friction Pendulum System), в котором опора имеет сферическую форму, а движение происходит по дуге маятника, которые уменьшают передачи сейсмических ускорений за счёт контролируемого скольжения между поверхностями.

Преимущества системы: регулируемое трение, высокая энергоемкость и самоцентрирование. Недостаткам относятся чувствительность к загрязнению и влажности.

Комбинированные системы объединяют преимущества фрикционных и эластомерных опор. Например, HDRB (High Damping Rubber Bearing) — резинометаллическая опора с повышенным внутренним трением. Такие системы обеспечивают одновременно упругость, демпфирование и устойчивость (3).

Преимущества системы является: универсальность, высокая надёжность и регулируемые параметры. Они применяются крупных общественных и инфраструктурных зданиях.

Маятниковые сейсмоизоляционные опоры работают по принципу маятникового движения. Маятниковые опоры (pendulum isolators) создают эффект увеличения периода колебаний сооружения. При колебаниях грунта верхняя часть сооружения скользит по сферической поверхности, а сила тяжести возвращает её в исходное положение. Изменяя радиус сферы, можно регулировать период колебаний и эффективность изоляции. (11) (12)



Преимущества таких систем - высокая эффективность при сильных землетрясениях и низкие ускорения. Недостаткам относятся сложность изготовления и высокая стоимость. (9)

Системы демпферов не столько изолируют, сколько поглощают энергию колебаний. Применяются в сочетании с другими типами опор. Используются не только для изоляции, но и для гашения остаточных колебаний.

Основные типы демпферов:

*вязкие демпферы (VD) — заполнены вязкой жидкостью, сопротивляющейся движению;

*металлические демпферы (yield dampers) — поглощают энергию за счёт пластической деформации;

*фрикционные демпферы — работают по принципу трения между пластинами;

*магнитореологические (MR) — управляемые электромагнитным полем, применяются в «умных» зданиях. Преимущества таких систем - эффективное гашение колебаний и возможность регулирования. Недостаткам относятся высокая стоимость и необходимость обслуживания.

Сейсмоизоляционные системы применяются: в высотных зданиях, мостах, в больницах, музеях, электростанциях — где необходимо сохранить оборудование;

Заключение

Сейсмоизоляционные системы представляют собой современный и научно обоснованный метод обеспечения сейсмической безопасности зданий и сооружений. Благодаря использованию упругих, демпфирующих и фрикционных элементов удаётся существенно снизить воздействие сейсмических колебаний на конструкцию и избежать серьёзных разрушений. Применение таких систем делает возможным проектирование безопасных,



долговечных и экономически эффективных объектов в регионах повышенной сейсмической активности.

Мировая практика подтверждает, что сейсмоизоляция является наиболее перспективной технологией в сфере инженерной защиты зданий. Она обеспечивает сохранность конструкций, защищает жизнь и здоровье людей, помогает предотвратить крупные материальные потери. В условиях постоянного роста урбанизации и усложнения городской инфраструктуры значение сейсмоизоляции будет только возрастать, а её внедрение станет обязательным элементом устойчивого развития территорий.

Современные сейсмоизоляционные системы являются ключевым элементом повышения безопасности зданий в районах с высокой сейсмической активностью. Наибольшую эффективность показывают гибридные и маятниковые системы, сочетающие способность изоляции и демпфирования.

Дальнейшее развитие технологий направлено на создание управляемых адаптивных систем, способных автоматически менять жёсткость и трение в зависимости от интенсивности колебаний.

Список литературы

1. Rakhimov, Abduaziz; Madiev, Farrukh; Beknazarov, Murod; Rakhimov, Laziz; Xudayberdiyev, Ab'erkul; Khaydarov, Shokhbozjon; Achildiev, Rasul; ,Dynamic testing of the pile-in-pipe seismic isolation system with disengaging ties,AIP Conference Proceedings,3304.
2. Rakhimov, Abduaziz; Rakhimov, Laziz; Khaydarov, Shokhbozjon; Beknazarov, Murod; Achildiyev, Rasul; Madiev, Farrukh; ,Experimental studies of the pile-in-pipe seismic isolation system with disconnecting connections,AIP Conference Proceedings,3244,1,040020,.
3. Rakhimov, A., & Khaidarov, S. (2023). Theoretical and Experimental Studies of Seismic Protection Systems with Disconnecting Connections. Trends and



- Prospects of Urban Development, 1(1), 234-236. Retrieved from <https://inlibrary.uz/index.php/prospects-ur>.
4. Naeim F., Kelly J.M. Design of Seismic Isolated Structures. — Wiley, 1999.
5. Raximov, A. R., & Shukurlaev, D. D. (2023). Adaptivnye sistemy seysmozashchity sooruzheniy. Problems of architecture and construction (scientific technical journal), 1(2), 679-681.. (in Russian). (б.д.).
6. Khaydarov, Shokhbozjon; Madiev, Farrukh; Achildiyeu, Rasul; Beknazarov, Murod; ,Settlement planning project. Types of population centers and their development factors. Ways of planning and development of settlements,AIP Conference Proceedings,3244,1,04001.
7. Kelly J.M. Base Isolation: A Review. — Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 2012.
8. Muysinovich, Madiev Farrukh; ,INTERSECTION DRIVING OPPORTUNITIES,"JOURNAL OF ENGINEERING, MECHANICS AND MODERN ARCHITECTURE",,2,458-460,2023,.
9. Madiev, Farrukh; Navruza, Saidova; ,Creation of Road Plans for Various Terrains Using the Modern Credo Software Complex,American Journal of Technology and Applied Sciences,25,,22-26,2024,.
10. Madiev, F. M., & Khaydarov, S. Z. (2020). SHAKHRISABZ CITY—ARCHITECTURAL HISTORICAL RESPONSIBILITIES. FM Madiev, & SZ Khaydarov (Muh.), Zbiór artykułów naukowych recenzowanych. da, 6, 58-61.
11. Кузнецов Е. Н. Сейсмоизоляция зданий и сооружений. — СПб.: Лань, 2021.
12. Mosa, A. A. Z. H. (2023). KO'P QATLAMLI PCB NING TEBRANISH N-XUSUSIYATLARI: MODELLASHTIRISH VA EKSPERIMENTAL TADQIQOTLAR. Ilmiy forum: innovatsion fan, 32.
13. Федоров А. П. *Современные системы защиты зданий от землетрясений.* — М.: АСВ, 2020.



14. Tulakov, E., Kurbonov, A., Inoyatov, D., Eshatov, I., & Abdullayeva, S. (2024). Study on the heat and vapor transfer resistance of the basement's outer walls and calculation of moisture regime: A case study of Uzbekistan. In E3S Web of Conferences (Vol. 5.
15. Raximov, A. R., Shukurlaev, D. D. (2023). Adaptive systems of seismic protection of equipment. Problems of architecture and construction (scientific technical journal), 1(2), 679-681. (in Russian). .
16. Rakhimov, A. R., Madiev, F. M. (2023). Application of seismic isolation systems for buildings in seismic areas. Problems of architecture and construction (scientific technical journal), 1(2), 675-678. (in Russian).
17. Мадиев, Фаррух; ,Implementation of international standards in trade regulation by the state,Новый Узбекистан: успешный международный опыт внедрения международных стандартов финансовой отчетности,1,5,31-34,2022,.
18. Рахимов, Абдуазиз Рахмонович; Мадиев, Фаррух Муйсинович; ,ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ,PROBLEMS OF ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION (SCIENTIFIC TECHNICAL JOURNAL),1,2,675-678,2023,.
19. Muysinovich, Madiev Farrukh; ,Features of optimal planning of traffic in historical cities of Uzbekistan,PROBLEMS OF ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION,1,1,7-15,2024,.
20. Рахимов, А., & Хайдаров, Ш. (2023). Теоретические и экспериментальные исследования систем сейсмозащиты с выключающимися связями. Тенденции и перспективы развития городов, 1(1), 234–236. извлечено от <https://inlibrary.uz/index.php/prospects-urban-developmen>.