

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ГОРОДСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА СЕЙСМООПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

© Гайрбеков Сайд-Магомед Сайд-Эминович (а), Мажиев Майрбек Хасанович (а, с, d), Шахабов Шерван Илесович (а), Радиев Ибрагим Алиханович (а), Чагаев Имран Висрадиевич (а), Мажиева Амина Хасановна (а), Межидов Леча Юнусович (а), Мажиев Казбек Хасанович (а, b), Мажиев Аслан Хасанович (а, e)

- (а) Грозненский государственный научный технический университет им. Акад. М.Д. Миллионщикова, info@gstou.ru, Грозный
(b) КНИИ РАН, kniiran@mail.ru, Грозный
(с) Финансовый университет при Правительстве РФ, academy@fa.ru, Москва
(d) РАНХиГС при Президенте РФ, pkranepa@ranepa.ru, Москва
(e) Академия наук Чеченской Республики, academy_chr@mail.ru, Грозный

Аннотация. Статья посвящена проблеме городского строительства на сейсмоопасных территориях. Около 25% территории России относятся к категории сейсмоопасных. Сейсмические регионы включают более 1700 тыс. кв. км территории, а это примерно 10 % общей площади. В них проявляются землетрясения, имеющие интенсивность 6-9 баллов по 12-ти балльной шкале. Коллективом авторов были систематизированы конструктивные решения при городском строительстве на сейсмоопасных территориях.

Ключевые слова: сейсмоопасные территории, городское строительство, конструктивные решения.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DESIGN SOLUTIONS FOR URBAN CONSTRUCTION IN EARTHQUICK AREAS

© Gairbekov Said-Magomed Said-Eminovich (a), Mazhiev Mayrbek Khasanovich (a, c, d), Shakhabov Shervan Ilesovich (a), Raduev Ibragim Alikhanovich (a), Chagaev Imran Visradievich (a), Mazhieva Amina Khasanovna (a), Mezhidov Lecha Yunusovich (a), Mazhiev Kazbek Khasanovich (a,b), Mazhiev Aslan Khasanovich (a, e)

- (a) Grozny State Scientific Technical University named after. Academician M.D. Millionshchikova, info@gstou.ru, Grozny
(b) CI RAS, kniiran@mail.ru, Grozny
(c) Financial University under the Government of the Russian Federation, academy@fa.ru, Moscow
(d) RANEPА under the President of the Russian Federation, pkranepa@ranepa.ru, Moscow

(e) Academy of Sciences of the Chechen Republic, academy_chr@mail.ru, Grozny

Abstract. The article is devoted to the problem of urban construction in earthquake-prone areas. About 25% of Russia's territory is classified as earthquake-prone. Seismic regions include more than 1,700 thousand square meters. km of territory, which is approximately 10% of the total area. They exhibit earthquakes with an intensity of 6-9 points on a 12-point scale. A team of authors systematized design solutions for urban construction in earthquake-prone areas.

Key words: earthquake-prone areas, urban construction, design solutions.

ВВЕДЕНИЕ

Строительство сейсмостойких зданий и сооружений обязательно при освоении новых территорий, где есть риск возникновения землетрясения. Тем не менее, в сейсмоопасных регионах большое количество объектов жилищного фонда не соответствуют требованиям безопасности и действующим нормативам строительства в связи с физическим износом и увеличением расчетной сейсмичности. Поэтому, сегодня актуальной задачей является выбор наилучших конструктивных решений при городском строительстве на сейсмоопасных территориях.

МЕТОДОЛОГИЯ

При проведении исследования проведен анализ публикаций и стандартов в области строительства на сейсмоопасных территориях, анализ конструктивных решений.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сейсмическая опасность является особенно важной проблемой для строительной отрасли.

С введением в действие новых норм проектирования «Строительство в сейсмических районах» значительно расширились территории, отнесённые к сейсмоопасным. Произведено включение в сейсмоопасные 6-ти бальных территорий, так как землетрясения такой интенсивности способны приносить ущерб ряду существующих зданий, построенных без применения методов сейсмозащиты [1-9].

В современном мире конструктивные решения при городском строительстве на сейсмоопасных территориях развиваются в направлении эффекта «парения» дома без жесткого соединения с фундаментом, что позволяет отстроиться от колебаний земли. Используются для этого такие технологии:

- амортизаторы на роликовых подшипниках;
- инерционные, пружинные опоры-демпферы;
- приподнятые основания на воздушных подушках;
- вибрационный контроль и успокоители колебаний.

Данные конструктивные решения являются достаточно дорогостоящими.

Наиболее распространенными являются более экономные и при этом достаточно надежные конструктивные решения:

1) Основа компактных высотных зданий – железобетонный монолитный «сердечник», где арматура компенсирует нагрузки на растяжение, а бетон на сжатие.

В соответствии с п. 6.14.14 СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* (с Изменениями N 2, 3)» «сейсмостойкость каменных стен здания следует повышать сетками из арматуры, созданием комплексной конструкции, предварительным напряжением кладки или другими экспериментально обоснованными методами».

Кладки следует армировать сетками в горизонтальных швах и отдельными вертикальными стержнями или каркасами, размещаемыми в теле кладки или штукатурных слоях. Вертикальная арматура должна быть непрерывной и соединяться с антисейсмическими поясами. Не допускается соединение арматуры внахлест без сварки. В случае размещения вертикальной арматуры в штукатурных слоях она должна быть связана с кладкой хомутами, расположенными в горизонтальных швах кладки.

Вертикальные железобетонные элементы (сердечники) должны соединяться с антисейсмическими поясами.

Железобетонные включения в кладку комплексных конструкций, открытые не менее чем с одной стороны, следует устраивать с минимальным размером сечения не менее 120 мм.

При устройстве закрытых железобетонных сердечников минимальный размер их сечения должен быть не менее 150 мм. При этом необходимо предусматривать конструктивные мероприятия, обеспечивающие контроль заполнения бетоном железобетонных сердечников.

При проектировании стен комплексной конструкции из кирпича усиленные монолитными железобетонными включениями антисейсмические пояса и их узлы сопряжения со стойками следует рассчитывать и конструировать как элементы каркасов с учетом работы заполнения. В этом случае предусмотренные для бетонирования стоек пазы должны быть открытыми не менее чем с двух сторон. Если стены комплексной конструкции из кирпича выполняют с железобетонными включениями по торцам простенков, продольная арматура должна быть надежно соединена хомутами, уложенными в горизонтальных швах кладки. Бетон включений должен быть класса не ниже В12,5, кладка должна выполняться на растворе марки не ниже М50, а количество продольной арматуры не должно превышать 0,8% площади сечения бетона простенков» [1-3, 9].

В классификации по конструктивным решениям, здания, помимо разделения на антисейсмические отсеки должны учитывать схему, где конструкции позволят ускорить затухание колебаний.

В существующей классификации сейсмозащиты по конструктивным решениям существуют две схемы. Первая, называемая «жесткой», где вертикальные элементы при значительных сейсмических нагрузках, но, уязвимой к нагрузкам на сдвиг. Вторая, называемая «Гибкой», подразумевает работу конструкций при значительных сейсмических нагрузках на изгиб.

При проектировании и расчете фундамента руководствуются повышением сейсмостойкости в элементе подошвы. Так, при использовании ленточного фундамента, увеличивают ширину подошвы, с целью минимизации сдвиговых усилий и изгибающих моментов. Также, для повышения надежности, устраиваются дополнительные армопояса по нижней и верхней площадке блоков. Для защиты от коррозии укрепляющих стальных элементов места соединения заделывают бетоном [8].

2) Здания сложной формы и большой площади, либо с перепадами высот более 5 м конструктивно делятся на простые сегменты.

В соответствии с п. 6.1.2 СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* (с Изменениями N 2, 3)» «здания и сооружения следует разделять антисейсмическими швами в случаях, если: - здание или сооружение имеет сложную форму в плане; - смежные участки здания или сооружения имеют перепады высоты 5 м и более, а также существенные отличия друг от друга по жесткости и (или) массе. Допускается устройство антисейсмических швов между высокой частью и 1-2-этажными пристраиваемыми частями зданий путем шарнирного опирания перекрытия пристройки на консоль высокой части. Глубина опирания должна быть не менее суммы взаимных перемещений и минимальной глубины опирания с обязательным устройством аварийных связей. Для случаев, когда устройство осадочного шва не требуется, допускается не устраивать антисейсмические швы между зданием и стилобатом при расчетном обосновании совместности их работы и выполнении соответствующих конструктивных мероприятий» [5].

Практика показывает, что наиболее устойчивыми являются дома с максимально простой симметричной конфигурацией, равномерным распределением нагрузок и достаточной жесткостью конструкций. В случае сейсмической активности в них меньше всего разрушений [1-8].

Наиболее безопасной является круглая форма сооружений, далее квадрат и равно-сторонний многоугольник. Асимметричные пристройки, выступы, башни и другие архитектурные дополнения смещают центр тяжести, повышая сейсмическую уязвимость.

Круглые и квадратные здания проигрывают в эстетике ассиметричным и прямоугольным. Поэтому при проектировании их делят конструктивно на замкнутые отдельные отсеки простой формы, которые объединены антисейсмическими швами.

Для этого, в высоких зданиях сложной формы и большой площади возводятся двойные ряды несущих стен, рамы и парные колонны. Под воздействием подземных толчков каждый устойчивый сегмент резонирует отдельно. При землетрясении шансы здания полностью уцелеть значительно возрастают [1,2].

Сейсмостойкость зданий обеспечивается за счет выбора оптимальной в сейсмическом отношении зоны строительства объекта, используемых материалов и конструктивно-планировочной системы, применением методик по принятию специальных конструктивных мер, результатами произведенных расчетов ограждающих и несущих конструкций с целью повышения сейсмостойкости конструкций городских построек, а также детально выверенным планом строительно-монтажных работ.

Количество альтернатив вариаций сейсмозащиты стандартного объекта при городском строительстве при полном переборе возможных вариантов конструктивных решений может исчисляться сотнями и даже тысячами. Конечно же сформировать тысячи альтернативных вариантов реализации строительного процесса просто не представляется возможным без применения компьютерных технологий проектирования зданий и сооружений и алгоритмов вариантной проработки решений, реализованных в их рамках [1-4].

ВЫВОДЫ

В современном мире конструктивные решения при городском строительстве на сейсмоопасных территориях развиваются в направлении эффекта «парения» дома без жесткого соединения с фундаментом, что позволяет отстроиться от колебаний земли. Используются для этого такие технологии: амортизаторы на роликовых подшипниках; инерционные, пружинные опоры-демпферы; приподнятые основания на воздушных подушках; вибрационный контроль и успокоители колебаний.

Данные конструктивные решения являются достаточно дорогостоящими.

Среди более экономных конструктивных решений при городском строительстве на сейсмоопасных территориях наиболее распространенными являются: основа компактных высотных зданий – железобетонный монолитный «сердечник», где арматура компенсирует нагрузки на растяжение, а бетон на сжатие; здания сложной формы и большой площади, либо с перепадами высот более 5 м конструктивно делятся на простые сегменты.

Поскольку количество альтернатив вариаций сейсмозащиты стандартного объекта при городском строительстве при полном переборе возможных вариантов конструктивных решений может исчисляться сотнями и даже тысячами, при информационном моделировании строительных объектов при городском строительстве важной задачей является подбор вариантов конструктивных решений, которые связаны с применением различных методов сейсмозащиты в различных инженерно-геологических и природно-климатических условиях и которые будут учитывать плотность существующей застройки и другие факторы. Следовательно, наиболее оптимальное конструктивное решение при городском строительстве на сейсмоопасных территориях в каждом конкретном случае стоит подбирать при помощи информационного моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мажиев Х.Н., Батаев Д.К.-С., Газиев М.А., Мажиев К.Х., Мажиева А.Х. Материалы и конструкции для строительства и восстановления зданий и сооружений в сейсмических районах. – Грозный, 2014. – 652 с.
2. Алексеенко В.Н. Проектирование, строительство и эксплуатация зданий в сейсмических районах [Текст]: учебное пособие / В.Н. Алексеенко, О.Б. Жиленко. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 226 с.
3. Мажиев К.Х., Мажиева А.Х. Применение сейсмоизоляции для повышения сейсмостойкости зданий в г. Грозный. МОЛОДЕЖЬ, НАУКА, ИННОВАЦИИ. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Том 2. – Грозный: ГГНТУ, 2013. – С.291-297.
4. Захаров С.А. Классифицирование систем и методов защиты зданий и сооружений в сейсмически активных районах [Текст] / С.А. Захаров // Экономика строительства. – 2023. - № 4. – С. 167-171.
5. Мажиев Х.Н., Батаев Д.К.-С., Духаев Х.-М.С., Мажиев К.Х., Мажиева А.Х. Регулирование сейсмической нагрузки на здания и сооружения сейсмоизолирующими устройствами. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. Махачкала, 2013. – Том 30 (3). – С.54-61.
6. Мажиев Х.Н., Мажиев К.Х., Мажиева А.Х., Шестаков И.И., Кадаев И.Х., Мажиев А.Х., Мажиев А.Х. Опыт строительства зданий с системами сейсмоизоляции в Чеченской

Республике // БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОГО ФОНДА РОССИИ. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ. материалы Международных академических чтений. Курский государственный университет. Курск, 2021. С.17-31.

7. Мустакимов В.Р. Проектирование сейсмостойких зданий [Текст]: учебное пособие для СПО / В.Р. Мустакимов. – Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 343 с.

8. Павленко В.В. Подходы к строительству в сейсмически активных зонах [Текст] / В.В. Павленко // Экономика строительства. – 2023. – № 2. – С. 108-114.

9. СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* (с Изменениями N 2, 3)».

REFERENCES

1. Mazhiev Kh.N., Bataev D.K-S., Gaziev M.A., Mazhiev K.Kh., Mazhieva A.Kh. Materials and structures for the construction and restoration of buildings and structures in seismic areas. – Grozny, 2014. – 652 p.

2. Alekseenko V.N. Design, construction and operation of buildings in seismic areas [Text]: textbook / V.N. Alekseenko, O.B. Zhilenko. – Moscow: INFRA-M, 2023. – 226 p.

3. Mazhiev K.Kh., Mazhieva A.Kh. Application of seismic insulation to improve the seismic resistance of buildings in Grozny. YOUTH, SCIENCE, INNOVATION. Materials of the 2nd All-Russian Scientific and Practical Conference. Volume 2. – Grozny: GGNTU, 2013. – P.291-297.

4. Zakharov S.A. Classification of systems and methods for protecting buildings and structures in seismically active areas [Text] / S.A. Zakharov // Construction Economics. – 2023. - No. 4. – P. 167-171.

5. Mazhiev Kh.N., Bataev D.K-S., Dukhaev Kh-M.S., Mazhiev K.Kh., Mazhieva A.Kh. Regulation of seismic load on buildings and structures using seismic isolating devices. Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical science. Makhachkala, 2013. – Volume 30 (3). – P.54-61.

6. Mazhiev Kh.N., Mazhiev K.Kh., Mazhieva A.Kh., Shestakov I.I., Kadaev I.Kh., Mazhiev A.Kh., Mazhiev A.Kh. Experience in the construction of buildings with seismic isolation systems in the Chechen Republic // SAFETY OF THE RUSSIA BUILDING FUND. PROBLEMS AND SOLUTIONS. materials of International Academic Readings. Kursk State University. Kursk, 2021. P.17-31.

7. Mustakimov V.R. Design of earthquake-resistant buildings [Text]: textbook for SPO / V.R. Mustakimov. – Moscow: IP Ar Media, 2022. – 343 p.

8. Pavlenko V.V. Approaches to construction in seismically active zones [Text] / V.V. Pavlenko // Construction Economics. – 2023. – No. 2. – P. 108-114.

9. SP 14.13330.2018 “Construction in seismic areas. Updated edition of SNiP II-7-81* (with Amendments No. 2, 3).”