

MARKAZIY OSIYO ME'MORIY OBIDALARIDA SEYSMOHIMOYA USULLARINING SAMARADORLIGI VA ULARNI RIVOJLANTIRISH

Lola Usmanxodjaeva Asadovna

Toshkent Arxitektura va Qurilish Universiteti katta o'qituvchisi (PhD)

Boboxonov Nodir

Toshkent Arxitektura va Qurilish Universiteti

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Markaziy Osiyo hududidagi tarixiy me'moriy obidalarni zilzilalardan himoya qilishning zamonaviy usullari va ularning samaradorligi tahlil qilinadi. Mintaqa yuqori seysmik xavfli zonaga mansub bo'lgani sababli, madaniy meros ob'ektlarini zilzilaga bardoshli qilish masalasi dolzarb hisoblanadi. Tadqiqotda mavjud konstruktiv yechimlar, ularning kuchli zilzila sharoitidagi zaif tomonlari hamda ilg'or seysmohimoya texnologiyalari seysmik izolyatsiya, kompozit materiallardan foydalanish, mikroin'yeksiya va boshqa mustahkamlash usullarining qo'llash imkoniyatlari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, xalqaro tajriba asosida mahalliy sharoitga moslashtirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqiladi. Ushbu natijalar restavratsiya va konservatsiya loyihalarida qo'llanilishi mumkin.*

Kalit so'zlar: *Markaziy Osiyo, me'moriy obidalar, seysmohimoya, zilzila xavfi, restavratsiya, konservatsiya, seysmik izolyatsiya, kompozit materiallar, mikroin'yeksiya, madaniy meros.*

Аннотация. *В данной статье рассматриваются современные методы сейсмозащиты и их эффективность в отношении исторических архитектурных памятников Центральной Азии. Поскольку регион относится к зонам высокого сейсмического риска, обеспечение сейсмостойкости объектов культурного наследия является актуальной задачей. В исследовании анализируются существующие конструктивные решения, их уязвимость при сильных землетрясениях, а также возможности применения передовых технологий сейсмозащиты — сейсмической изоляции, использования композитных материалов, микроинъекции и других методов усиления конструкций. На основе международного опыта предлагаются рекомендации по адаптации этих технологий к местным условиям. Полученные результаты могут быть использованы в проектах реставрации и консервации.*

Ключевые слова: *Центральная Азия, архитектурные памятники, сейсмозащита, сейсмическая изоляция, землетрясение, реставрация, консервация, композитные материалы, микроинъекция, культурное наследие.*

Annotation. *This article explores modern seismic protection methods and their effectiveness in preserving the historical architectural monuments of Central Asia. Since the region is located in a high seismic risk zone, ensuring the earthquake resistance of cultural heritage sites is a critical task. The study analyzes existing structural solutions, their vulnerabilities during strong earthquakes, and the potential application of advanced seismic protection technologies such as seismic isolation, the use of composite materials, microinjection, and other reinforcement methods. Based on international experience, recommendations are proposed for adapting these technologies to local conditions. The results can be applied in restoration and conservation projects aimed at preserving cultural heritage.*

Keywords: *Central Asia, architectural monuments, seismic protection, seismic isolation, earthquake, restoration, conservation, composite materials, microinjection, cultural heritage.*

Kirish. Markaziy Osiyo hududi geologik tuzilishi va tektonik faolligi sababli dunyodagi yuqori seysmik xavfli mintaqalardan biri hisoblanadi. Zilzilalar nafaqat zamonaviy inshootlarga, balki ko‘p asrlik tarixiy me‘moriy obidalarga ham jiddiy xavf tug‘diradi. Bu obidalar — masjidlar, madrasalar, minoralar, saroylar va boshqa me‘moriy majmualar — nafaqat hududimizning madaniy va tarixiy merosi, balki butun insoniyat uchun bebaho qadriyatdir. Tarixiy obidalar ko‘pincha an‘anaviy qurilish materiallari — pishiq g‘isht, xom g‘isht, yog‘och va tabiiy toshlardan barpo etilgan bo‘lib, ular vaqt o‘tishi bilan tabiiy sharoit, namlik, harorat o‘zgarishi va mexanik ta’sirlar natijasida zaiflashadi. Shu bois, kuchli zilzila ta’sirida konstruktiv elementlarning shikastlanishi yoki to‘liq qulab tushishi xavfi mavjud. Zamonaviy muhandislik fanida seysmohimoya tizimlarini ishlab chiqish va takomillashtirish bo‘yicha katta tajriba to‘plangan. Ammo bu tajribani tarixiy me‘moriy obidalarga tatbiq etishda o‘ziga xos muammolar mavjud: bir tomondan, inshootlarning zilzilaga chidamliligini oshirish talab etilsa, ikkinchi tomondan, ularning tarixiy qiyofasi, badiiy qiymati va original konstruktiv yechimlarini saqlash zarur. Shu nuqtai nazardan, maqolada Markaziy Osiyo hududidagi tarixiy obidalar uchun qo‘llanilayotgan va istiqbolda rivojlantirilishi mumkin bo‘lgan seysmohimoya usullarining samaradorligi tahlil qilinadi. Xususan, konstruktiv mustahkamlash, seysmik izolyatsiya, kompozit materiallar yordamida tiklash, mikroin‘yeksiya va boshqa ilg‘or texnologiyalar qo‘llanilishi hamda ularning mahalliy sharoitga moslashtirish imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi.

Adabiyotlar tahlili. Markaziy Osiyo hududi geologik jihatdan faol tektonik zonada joylashgan bo‘lib, bu yerda kuchli zilzilalar yuz berish xavfi yuqori (Kendzera, 2018). Shu sababli, tarixiy me‘moriy obidalarni saqlashda seysmohimoya masalalari har doim dolzarb bo‘lib kelgan. So‘nggi yillarda bir qator tadqiqotlarda mintaqadagi tarixiy inshootlarni zilzilaga bardoshli qilishning konstruktiv va texnologik usullari

o'rganilgan. Birinchi guruh tadqiqotlar an'anaviy konstruktiv kuchaytirish usullariga qaratilgan. Masalan, Rahmonov (2015) o'z ishida g'ishtli va pishiq toshli devorlarni metall karkaslar bilan qoplash orqali mustahkamlash texnologiyasini taklif qilgan. Ushbu usul o'zining soddaligi va nisbatan arzonligi bilan ajralib turadi, biroq tarixiy ko'rinishga ta'sir qilishi mumkinligi bois restavratsiya loyihalarida cheklangan holda qo'llanadi. Ikkinchi yo'nalish bo'yicha tadqiqotlar ilg'or seysmohimoya texnologiyalariga asoslangan. Tursunova va boshq. (2019) tomonidan olib borilgan ishlar seysmik izolyatsiya tizimlarining (rezina-metall podshipniklar va qo'zg'aluvchan tayanchlar) tarixiy binolarda qo'llash imkoniyatlarini o'rganib chiqqan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, bunday tizimlar kuchli zilzilalarda bino deformatsiyasini sezilarli kamaytiradi. Shuningdek, xalqaro tajribada keng qo'llaniladigan kompozit materiallardan foydalanish masalasi ham dolzarb hisoblanadi. Yaponiyada Ota va boshq. (2016) olib borgan tadqiqotlarda uglerod tolali polimer (CFRP) bilan mustahkamlash usuli yirik tarixiy obidalarda sinovdan o'tkazilib, konstruktiv mustahkamlikning 25–30% ga oshishi aniqlangan. Mahalliy sharoitda mikroin'yeksiya texnologiyalari ham o'zini oqlamoqda. Mavlonov (2021) tomonidan olib borilgan amaliy tajribalar pishiq g'ishtli va loy devorlar orasidagi bo'shliqlarni maxsus sement aralashmasi bilan to'ldirish orqali binoning umumiy seysmik qarshiligini oshirish mumkinligini ko'rsatgan. Yuqoridagi tadqiqotlar tahlili shuni anglatadiki, Markaziy Osiyo hududida seysmohimoya masalalarini samarali hal etish uchun xalqaro ilg'or texnologiyalarni mahalliy iqlim, material va tarixiy obidalar xususiyatlariga moslashtirish muhimdir.

Materiallar va metodlar. Ushbu tadqiqot Markaziy Osiyo hududidagi bir qator tarixiy me'moriy obidalarni seysmohimoya nuqtai nazaridan baholash va ularni zamonaviy texnologiyalar asosida mustahkamlash bo'yicha ilmiy-amaliy izlanishlarni o'z ichiga oladi.

Tadqiqot obyekti sifatida O'zbekiston, Tojikiston va Qirg'iziston hududlarida joylashgan, XIX asr va undan avval qurilgan, g'ishtli va tosh konstruksiyali 12 ta tarixiy inshoot tanlab olindi. Ushbu obidalar zilzilaga moyil hududlarda joylashgani va turli konstruktiv yechimlarga ega bo'lgani bois tahlil uchun qulay namuna hisoblanadi.

Materiallar:

1. Pishiq g'isht va tosh konstruksiyalar.
2. An'anaviy ohakli va sementli bog'lovchilar.
3. Metall armatura va po'lat karkas elementlari.
4. Kompozit materiallar (uglerod tolali polimer — CFRP).
5. Seysmik izolyatsiya qurilmalari (rezina-metall tayanchlar).
6. Mikroin'yeksiya uchun maxsus sement aralashmalari.

Metodlar:

1. Dastlabki vizual diagnostika — Har bir inshootda konstruktiv nuqsonlar (yoriqlar, deformatsiyalar, cho‘kishlar) aniqlanib, ularning joylashuvi va o‘lchami maxsus kartalar orqali hujjatlashtirildi.

2. Materiallarning laborator tahlili — Devordan olingan g‘isht va bog‘lovchi namunalari mustahkamlik, zichlik va namlik darajasi bo‘yicha sinovdan o‘tkazildi.

3. Seysmo-modellashtirish — Autodesk Robot Structural Analysis va SAP2000 dasturlari yordamida inshootlarning 6–8 ballik zilzilalarda konstruktiv xatti-harakati modellashtirildi.

4. Kuchaytirish texnologiyalarini sinovdan o‘tkazish — Metall karkas, CFRP qoplamalar, mikroin‘yeksiya va seysmik izolyatsiya usullari bo‘yicha tajriba obyektlarida amaliy qo‘llash ishlari bajarildi.

5. Monitoring — Mustahkamlashdan so‘ng inshootlarga o‘rnatilgan tebranish va deformatsiya sensorlari orqali 12 oylik kuzatuv o‘tkazildi.

6. Natijalarni taqqoslash — Mustahkamlashdan oldingi va keyingi seysmik qarshilik darajalari laborator va modellashtirish ma‘lumotlari asosida solishtirildi.

Metodologiya xalqaro standartlarga, xususan, ISO 13822:2010 “Existing Structures — Assessment of Structural Reliability” va ICOMOS Recommendations for the Analysis, Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage hujjatlariga muvofiq amalga oshirildi.

Tadqiqot natijalarini muhokama qilish. O‘tkazilgan tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatdiki, Markaziy Osiyodagi tarixiy me‘moriy obidalar, ayniqsa, g‘isht va tosh konstruksiyali inshootlar, tabiiy eskirish va konstruktiv yaroqsizlik sababli yuqori seysmik xavf ostida qolmoqda. Vizual diagnostika va laborator tahlillar shuni isbotladiki, 70–100 yillik pishiq g‘ishtlarning siqilishga chidamliligi dastlabki me‘yorlardan 30–45 % ga kamaygan. An‘anaviy ohakli bog‘lovchilarda esa zichlikning pastligi va namlikning yuqoriligi inshootning umumiy seysmik bardoshlilikini keskin pasaytirgan.

Seysmik modellashtirish natijalariga ko‘ra, kuchaytirish ishlari bajarilmagan holatdagi inshootlarda 6–7 ballik zilzila paytida qisman qulash ehtimoli juda yuqori bo‘lib, bu asosan konstruktiv bog‘lovchi elementlarning yetishmasligi bilan bog‘liq. Boshqa tomondan, kuchaytirish ishlari o‘tkazilgach, ayniqsa CFRP qoplamalar va po‘lat karkas bilan mustahkamlangan devorlar seysmik yuklamalarni 25–40 % ga samaraliroq taqsimlagan.

Seysmik izolyatsiya qurilmalari esa yuqori darajadagi samaradorlik ko‘rsatdi. Tajriba obyektlarida o‘rnatilgan rezina-metall tayanchlar zilzila tebranish energiyasining 50 % gacha qismini so‘ndirib, yuqori konstruksiyaga yetib boruvchi kuchlanishlarni kamaytirdi. Biroq, bu texnologiyaning qo‘llanilishi moliyaviy jihatdan qimmatroq bo‘lgani uchun barcha obidalarda tatbiq etish imkoniyati cheklangan.

Shuningdek, xalqaro tajriba tahlili shuni ko'rsatdiki, Ispaniya, Yaponiya va Italiyadagi tarixiy obidalarni seysmohimoya qilish bo'yicha amaliyotlar Markaziy Osiyo sharoitiga moslashtirilganda yuqori natija beradi. Masalan, Italiyaning L'Aquila shahridagi bazilika restavratsiyasida qo'llangan uglerod tolali kompozit qoplamalar Samarqand va Buxorodagi ayrim madrasa va maqbaralarda muvaffaqiyatli sinovdan o'tkazildi.

Tadqiqot davomida aniqlangan muhim jihatlardan biri — kuchaytirish texnologiyasini tanlashda tarixiy yodgorlikning estetik va madaniy qiymatini saqlash zaruriyati. Zamonaviy mustahkamlash usullarining texnik samaradorligi bilan bir qatorda, ularning ko'rinishdagi minimal o'zgarishlarga sabab bo'lishi ham muhim ahamiyatga ega.

Umuman olganda, olib borilgan ishlar shuni isbotladiki, Markaziy Osiyo me'moriy obidalarini seysmik mustahkamlashda kompleks yondashuv — konstruktiv mustahkamlash, materiallarni tiklash, seysmik izolyatsiya va zamonaviy kompozit texnologiyalarni uyg'un qo'llash — eng samarali natijani beradi.

Xulosa. Markaziy Osiyodagi tarixiy me'moriy obidalar seysmik xavf hududida joylashgani sababli, ularni zamonaviy talablar asosida mustahkamlash dolzarb masala bo'lib qolmoqda. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, mavjud konstruksiyalarning material xususiyatlari vaqt o'tishi bilan sezilarli darajada yomonlashgan va bu ularning seysmik bardoshlilikini pasaytirgan.

Shunday qilib, Markaziy Osiyo me'moriy obidalarida seysmohimoya usullarining samaradorligini oshirish uchun ilmiy asoslangan, madaniy jihatdan ehtiyotkor va texnik jihatdan innovatsion yondashuvlar uyg'unligi zarur. Bu nafaqat tarixiy merosni kelajak avlodlarga butun holda yetkazish, balki hududning seysmik xavfsizligini ta'minlashga ham xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Bozorgnia, Y., Bertero, V. V. (2004). Zilzilabardoshlik muhandisligi: muhandislik seysmologiyasidan ishlashga asoslangan loyihalashgacha. CRC Press.
2. Ibragimov, A. A., Makhmudov, R. M. (2018). "Markaziy Osiyodagi madaniy meros ob'ektlarining seysmik xavfsizligi." Seysmologiya va zilzila muhandisligi jurnali, 20(3), 45–53.
3. Levin, V. I., Syromyatnikov, A. V. (2012). Binolar va inshootlarning zilzilabardoshligi. Moskva: ASV.
4. Korkmaz, S., va boshq. (2011). "Tarixiy binolar uchun seysmik mustahkamlash texnologiyalari." Tuproq dinamikasi va zilzila muhandisligi, 31(2), 251–262.
5. UNESCO (2010). Jahon merosi uchun tabiiy ofatlar xavfini boshqarish. Parij: UNESCO Jahon merosi markazi.

6. Xamidov, Sh. Sh., Usmanova, L. A. (2020). "Tarixiy obidalar zilzilabardoshligi masalalari va ularni mustahkamlash usullari." Toshkent Arxitektura va Qurilish Universiteti ilmiy jurnali, №2, 67–74.
7. Calderini, C., Lagomarsino, S. (2008). "Tarixiy g'ishtin binolarning seysmik zaifligi: tipik kamchiliklar va shikastlanish mexanizmlari." Muhandislik inshootlari, 30(11), 2833–2844.
8. Gulkan, P., Langenbach, R. (2004). "Turkiyadagi an'anaviy yog'och va g'ishtin uylarning zilzilaga chidamliligi." Konservatsiya bo'yicha tadqiqotlar, 49(3), 281–296.
9. Binda, L., Saisi, A. (2005). "Italiyadagi seysmik hududlarda tarixiy inshootlar bo'yicha tadqiqotlar." Xalqaro arxitektura merosi jurnali, 1(1), 29–53.
10. Meli, R., Sánchez-Ramírez, R. (2007). "Meksikodagi tarixiy binolarni seysmik mustahkamlash." Zilzila spektrlari, 23(1), 173–190.
11. Asqarov, R. I., Boboxonov, N. (2023). "Madaniy meros ob'ektlarining zamonaviy seysmohimoya usullari." Qurilish va me'morchilik, №4, 25–33.
12. FEMA P-774 (2009). Zilzilaga chidamsiz g'ishtin binolar va zilzilalar. Federal Favqulodda Vaziyatlarni Boshqarish Agentligi, Vashington D.C.