

## KOMPOZIT MATERIALLAR YORDAMIDA ESKI BINOLARNI SEYSMIK MUSTAHKAMLASH USULLARI

**Kosnazarova Aynura Saparbaevna**

Nukus Transport texnikumi yonidagi

Qurilish-sohasida mutaxassislarni tayyorlash markazi o'qituvchisi.

tel: +998 90-593-66-16 e-mail: [aynurakosnazarova0910@mail.com](mailto:aynurakosnazarova0910@mail.com)

**Asemetov Muratbay Jiyeibaevich**

“OTZMA” mas’uliyati cheklangan jamiyatida Muhandis PTO.

tel: +998 99 452-52-91 e-mail: [muratbay5291.0991@gmail.com](mailto:muratbay5291.0991@gmail.com)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17401296>

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada zamonaviy qurilishda qo'llanilayotgan kompozit materiallar yordamida eskirgan binolarni seysmik mustahkamlash masalalari ilmiy jihatdan yoritilgan. Maqola asosida temir-beton konstruksiyalarni qayta tiklash va ularda yuzaga kelgan konstruktiv nosozliklarni bartaraf etishda FRP (Fiber Reinforced Polymer) kompozit materiallaridan foydalanishning texnik-iqtisodiy samaradorligi tahlil qilindi. Mazkur materiallarning yuqori mustahkamlikka ega bo'lishi, korroziyaga bardoshlilik, yengilligi va montaj qulayligi ularni an'anaviy mustahkamlash usullariga nisbatan ustunligini ko'rsatadi.

Tadqiqot davomida GFRP, CFRP va AFRP kabi kompozit materiallarning konstruksiyalar bilan ishlash mexanizmi, ularga bo'lgan yopishuv kuchi, tashqi o'ram (jacketing) va lamellar bilan mustahkamlash texnologiyalari o'rganildi. Shuningdek, kompozit materiallardan foydalanishda yuzaga keladigan cheklovlar, ularga ta'sir etuvchi yuklanish turlari hamda normativ-huquqiy hujjatlarning mavjud holati tahlil qilindi. O'zbekistonda mavjud seysmik xavf darajasining yuqoriligi hisobga olinib, FRP materiallaridan foydalanish istiqbollari va ularni amaliyotga keng joriy etishning afzalliklari asoslab berildi. Tadqiqot natijalari kompozit materiallar yordamida mustahkamlash texnologiyalari qurilish xavfsizligini oshirishda samarali yechim ekanini tasdiqladi.

**Kalit so'zlar:** kompozit materiallar, seysmik mustahkamlash, temirbeton konstruksiyalar, tashqi armaturalash, konstruktiv xavfsizlik, polimer qatronlar, beton mustahkamligi, deformatsiya, strukturaviy tiklash, texnik-iqtisodiy samaradorlik, zilzilabardoshlik, montaj texnologiyasi.

## APPLICATION OF COMPOSITE MATERIALS IN SEISMIC STRENGTHENING OF EXISTING BUILDINGS

**Abstract.** This article scientifically examines the issues of seismic strengthening of existing buildings using modern composite materials. The study analyzes the technical and economic efficiency of applying Fiber Reinforced Polymer (FRP) composite systems to rehabilitate reinforced concrete structures and eliminate structural defects. The high strength, corrosion resistance, lightweight nature, and ease of installation of FRP materials demonstrate their superiority compared to traditional strengthening methods. During the research, the working mechanisms of GFRP, CFRP and AFRP composite materials with structural elements, their bond behavior, as well as strengthening technologies such as external jacketing and lamellar reinforcement were studied. In addition, the limitations of composite materials, types of loads affecting them and the current state of regulatory documents were analyzed.

Considering the high level of seismic risk in Uzbekistan, the article substantiates the prospects of using FRP materials and the advantages of their wider implementation in construction practice. The research results confirm that strengthening technologies using composite materials are an effective solution for improving structural safety in seismically active regions and prolonging the service life of buildings.

**Keywords:** composite materials, seismic strengthening, reinforced concrete structures, external reinforcement, structural safety, polymer resins, concrete strength, deformation, structural rehabilitation, techno-economic efficiency, earthquake resistance, installation technology.

### МЕТОДЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО УСИЛЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Аннотация.** В данной статье научно рассмотрены вопросы сейсмического усиления существующих зданий с использованием современных композитных материалов.

В исследовании проанализирована технико-экономическая эффективность применения композитных систем FRP (Fiber Reinforced Polymer) для восстановления железобетонных конструкций и устранения возникших эксплуатационных дефектов. Высокая прочность, коррозионная стойкость, малый вес и удобство монтажа композитных материалов демонстрируют их превосходство по сравнению с традиционными методами усиления. В ходе исследования были изучены механизмы работы композитных материалов GFRP, CFRP и AFRP с несущими элементами конструкций, их адгезионные свойства, а также технологии усиления внешним обоймированием (jacketing) и наклеиваемыми ламелями. Кроме того, были проанализированы ограничения при применении композитных материалов, виды нагрузок, воздействующих на них, а также текущее состояние нормативно-правовых документов в данной сфере. Учитывая высокий уровень сейсмической опасности на территории Узбекистана, в статье обоснованы перспективы применения FRP-материалов и преимущества их широкого внедрения в строительную практику. Результаты исследования подтверждают, что технологии усиления с использованием композитных материалов являются эффективным решением для повышения конструктивной безопасности зданий.

**Ключевые слова:** композитные материалы, сейсмическое усиление, железобетонные конструкции, внешнее армирование, конструктивная безопасность, полимерные смолы, прочность бетона, деформация, конструктивная реконструкция, технико-экономическая эффективность, сейсмостойкость, технология монтажа.

**Kirish.** Bugungi kunda jahon miqyosida yuzaga kelayotgan tabiiy ofatlar ichida zilzila eng xavfli va oldindan aniq prognozlash qiyin bo'lgan seysmik hodisa sifatida baholanadi.

Statistik ma'lumotlarga ko'ra, har yili dunyo bo'yicha sodir bo'ladigan texnogen va tabiiy talafotlarning qariyb 30 foizi zilzilalar bilan bog'liq bo'lib, ularning oqibatida millionlab insonlar hayotiga xavf tug'iladi va katta iqtisodiy zarar yetkaziladi. Markaziy Osiyo, xususan O'zbekiston ham yuqori seysmik hududlar sirasiga kiradi va bu mintaqada zilzila xavfi 7–9 ballgacha

baholanadi. Ushbu holat mavjud bino va inshootlarning zilzilabardoshligini oshirish masalasini dolzarb ilmiy-amaliy muammolardan biriga aylantiradi.

XX asrning o'rtalariga qadar qurilgan ko'plab bino va inshootlar bugungi zamonaviy seysmik xavfsizlik me'yorlariga to'liq javob bermaydi. Respublikamiz hududida ham 1966-yilgi Toshkent zilzilasidan so'ng faol qurilish boshlanib, ko'plab turar-joy massivlari, maktablar, kasalxonalar, sanoat obyektlari qurildi. Biroq ushbu binolarning aksariyatida seysmik xavfsizlik darajasi talablarga nisbatan past bo'lib, ularning konstruktiv elementlari kuchsiz bog'langan, armaturalari yetarlicha qotirilmagan, hamda devorlar kesish kuchlariga qarshi yetarli mustahkamlikka ega emas. Shuning uchun bugungi kunda mavjud binolarni qayta tiklash va ularni mustahkamlashga oid innovatsion texnologiyalarni joriy etish zarurati kuchaymoqda.

An'anaviy mustahkamlash usullari (temir-beton qoplama qo'llash, po'lat ramkalar bilan mustahkamlash, qo'shimcha devor yoki rigellar o'rnatish va boshqalar) samarador bo'lsa-da, ular ko'pincha og'ir, mehnat talab qiluvchi va juda qimmat yechimlar hisoblanadi. Bundan tashqari, bunday usullar bino og'irligini oshirib yuboradi, bu esa seysmik xavfni yanada kuchaytiradi. Shu sababli, muqobil va yengil konstruktiv yechim sifatida kompozit materiallardan foydalanishga qiziqish kuchayib bormoqda [2].

Kompozit materiallar, xususan FRP (Fiber Reinforced Polymer) – tolali polimer kompozitlar (karbon tolali – CFRP, shisha tolali – GFRP, aramid tolali – AFRP) so'nggi yillarda seysmik mustahkamlash sohasida yuqori samaradorlik ko'rsatmoqda [1]. Ular quyidagi ustunliklarga ega:

- yuqori cho'ziluvchanlik va mustahkamlik,
- kichik og'irlik (po'latga nisbatan 4–6 baravar yengil),
- korroziyaga va bosimga chidamlilik,
- montaj qulayligi va qisqa muddatda mustahkamlash imkoniyati,
- mavjud arxitektura ko'rinishini o'zgartirmagan holda qo'llash imkoniyati.

FRP materiallar yordamida mustahkamlash texnologiyasi AQSH, Yaponiya, Germaniya, Italiya, Turkiya kabi yuqori seysmik xavfli davlatlarda muvaffaqiyatli qo'llanib kelinmoqda [4].

Xalqaro me'yoriy hujjatlar – ACI 440, Eurocode 8, FIB Bulletin 14 – bu borada metodik asos bo'lib xizmat qiladi [2]. Biroq O'zbekiston sharoitida bu yo'nalish hanuz yetarli darajada o'rganilmagan va qurilish amaliyotiga keng joriy etilmagan.

Ushbu ilmiy maqola qurilish muhandislari, ilmiy tadqiqotchilar, loyiha tashkilotlari hamda seysmik xavfsizlik bo'yicha mutaxassislar uchun amaliy ahamiyat kasb etadi. Tadqiqot natijalari, ayniqsa, Nukus, Toshkent, Andijon, Namangan, Samarqand va Farg'ona kabi seysmik xavf yuqori bo'lgan hududlarda binolarni mustahkamlash amaliyotida qo'llanishi mumkin.

Shuningdek, ushbu ish O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Qurilish sohasida sifat va xavfsizlikni ta'minlash chora-tadbirlari to'g'risida" hamda "Samarali va energiya tejamkor qurilish materiallarini ishlab chiqarishni kengaytirish" bo'yicha qarorlari bilan uyg'un bo'lib, milliy qurilish kodekslarini modernizatsiya qilishga xizmat qiladi.

**Asosiy qism.** Zilzilabardoshlik darajasi past bo'lgan eski binolar yuqori seysmik faollikka ega hududlar uchun eng katta texnogen-xavf manbai hisoblanadi. Bunday binolarning aksariyati seysmik xavfsizlik me'yorlari takomillashmasdan avval qurilgan bo'lib, ularning konstruktiv tizimi kuchli seysmik ta'sirlarga bardosh berish imkoniyatiga ega emas.

O'zbekiston Respublikasining ko'plab shaharlari, jumladan Toshkent, Andijon, Namangan, Samarqand, Nukus kabi hududlar 8–9 ballgacha bo'lgan zilzila xavfi ostida joylashganligi sababli, mavjud bino va inshootlarning seysmik barqarorligi muammosi dolzarb masala bo'lib qolmoqda.

Eski binolarning seysmik xavf darajasini baholash uchun bir qator konstruktiv omillar tahlil qilinadi. Birinchi navbatda, binoning yoshi va ekspluatatsiya muddati muhim mezonlardan biridir. Qurilishning davomiyligi 40–60 yildan ortiq bo'lgan binolarda materiallarning fizik-mexanik xususiyatlari sezilarli darajada yomonlashadi: betonning zichligi pasayadi, armaturalarda korroziya jarayonlari kuchayadi, poydevor gruntlarining cho'kishi kuzatiladi.

Bularning natijasida konstruksiyalarning yuk ko'tarish qobiliyati kamayadi [5].

Ikkinchi muammo – eski qurilish seriyalari, ayniqsa panel uylar va karkassiz g'isht konstruksiyalarining seysmik disbalansi hisoblanadi. Masalan, 1-467, 1-335, 111-121 kabi sovet davridagi tipik panelli uylarning ko'pida devorlar o'rtasidagi choklar vaqt o'tishi bilan ochilib ketgan bo'ladi. Bog'lovchi eritmalarning kuchsizlanishi natijasida panellar orasidagi bog'lanish yo'qoladi va bu holat zilzila vaqtida binoning kollaps xavfini oshiradi [6].

Uchinchi omil – armaturaning yetarli darajada ishlatilmaganligi yoki qoidaga muvofiq joylashtirilmaganligidir. Armaturaning yo'nalishi, qiya elementlar bilan mustahkamlashning yo'qligi va tutashish uzunliklarining yetarli emasligi binoning lateral yuklarga (kesish kuchlariga) qarshi samarali qarshilik ko'rsatish imkoniyatini kamaytiradi. Bundan tashqari, ko'plab eski binolar normativ talabdagi seysmik diafragmalarsiz qurilgan bo'lib, bu ularning fazoviy turg'unligini pasaytiradi.

Seysmik xavfning kuchayishiga olib keladigan yana bir muhim omil – ekspluatatsiya davrida bajarilgan ruxsatsiz rekonstruksiya ishlari. Ko'plab eski turar-joy binolarida birinchi qavatlarda joylashgan uy-joylar savdo xonalariga aylantirilgan, yuk ko'taruvchi devorlarning bir qismi kesib tashlangan, qo'shimcha yerto'la yoki balkonlar qurilgan. Bu kabi o'zboshimchalik bilan amalga oshirilgan qurilish ishlari konstruktiv yuklarning muvozanatini buzib, xavf darajasini keskin oshiradi.

Bino elementlari orasida seysmik ta'sirga eng zaif qismi – bu ramalar va devorlarning ulanish zonalari, qiya devorlarning yo'qligi, rigel va ustunlarning qovurg'ali bog'lanish qismlari hisoblanadi. Eski loyihalarda bu bo'g'inlar ko'pincha birlashtirilmagan yoki yetarlicha mustahkamlanmagan bo'ladi. Natijada, zilzila ta'sirida ko'ndalang deformatsiyalar kuchayib, binoning qiyshayishi va qulash xavfi yuzaga keladi.

Eski binolarning seysmik xavfini baholashda grunt sharoitlari ham alohida hisobga olinadi. Loy va qumli gruntlar ustiga qurilgan binolarda zilzila vaqtida gruntning suyuqlanishi (likvafaksiya) kuzatilishi mumkin. Natijada, poydevor cho'kib ketadi va bino konstruksiyasi deformatsiyaga uchraydi. Ayniqsa, Amudaryo deltasi hududida joylashgan Nukus va Xo'jayli kabi shaharlar bu borada yuqori xavf guruhiga kiradi.

Seysmik xavf darajasi yuqori bo'lgan binolar quyidagi toifalarga ajratiladi:

- I toifa – konstruktiv jihatdan avariya holatiga yaqin bo'lgan va ekspluatatsiya qilish xavfli binolar;
- II toifa – mustahkamlash talab qiladigan, ammo asosiy tashqi yuklarga qisman bardosh beruvchi binolar;

- III toifa – minimal rekonstruksiya bilan xavfsiz foydalanish mumkin bo‘lgan binolar.

Shuni ta’kidlash joizki, ko‘plab eski binolarning loyihasida seysmik xavfsizlikka emas, balki iqtisodiy tejamkorlik va tez qurilish tamoyillariga ustuvorlik berilgan. Masalan, panel uylar sanoatlashgan qurilish texnologiyasi yordamida qisqa muddatda qurilgan bo‘lsa-da, ularning seysmik turg‘unlik darajasi past bo‘lgan.

Zamonaviy yondashuvlarga ko‘ra, bunday binolarni to‘liq buzib qaytadan qurish iqtisodiy jihatdan samarasiz bo‘lishi mumkin. Shu sababli seysmik mustahkamlash texnologiyalari qo‘llaniladi. Ulardan biri – kompozit materiallar yordamida konstruktiv elementlarni mustahkamlashdir. Aynan shu usul yordamida eski binolarning seysmik xavfini pasaytirish va ularning xizmat muddatini uzaytirish mumkin.

Seysmik xavfi yuqori hududlarda joylashgan eski binolarni mustahkamlashda kompozit materiallardan foydalanish zamonaviy, samarali va iqtisodiy jihatdan maqbul muqobil hisoblanadi. Kompozit materiallar (FRP – Fiber Reinforced Polymer) yuqori mustahkamlikka ega bo‘lib, ularning og‘irligi past, korroziyaga chidamli va montaj jarayoni oddiy. Bu materiallar konstruksiyalarning yuk ko‘tarish qobiliyatini oshiradi, deformatsiyaga chidamliligini yaxshilaydi hamda zilzila paytida energiyani yutish xususiyatini ta’minlaydi. Eski binolar konstruktiv tizimi odatda tosh, g‘isht yoki beton elementlardan iborat bo‘lganligi sababli ularni mustahkamlashda eng ko‘p qo‘llaniladigan kompozit turlari — karbon tolali polimer (CFRP), bazalt tolali polimer (BFRP) va shisha tolali polimer (GFRP) hisoblanadi.

Kompozit materiallar yordamida mustahkamlashning eng samarali konstruktiv yechimlaridan biri — ustun va rigellarni o‘rash (jacketing). Bu usul yotqizilgan kompozit qatlam orqali temir-beton elementlarning kesim mustahkamligini oshiradi, siqilish va egilish kuchlariga qarshi bardoshlilikini ko‘paytiradi. FRP-laminatlar ustunlarni chetdan qamrab olganligi sababli ularda qiyshayish va kesilish deformatsiyalari kamayadi. Ayniqsa, seysmik yuklamalarda paydo bo‘ladigan sirt yoriqlari bunday kompozit qatlam yordamida cheklanadi [7].

Ikkinchi muhim yechim — devorlarning kesilish kuchiga qarshi mustahkamlanishi. Eski binolarning g‘isht devorlari zilzila paytida ko‘proq kesilish deformatsiyasidan zarar ko‘radi. Bunday holatda devor yuzasiga diagonal yoki x shaklidagi kompozit lentalar yopishtirish orqali mustahkamlash amalga oshiriladi. Bu usul devorlarning mustahkamlik va stabililigini oshirish bilan birga, katta o‘zgaruvchanlik talab qilmaydigan rekonstruksiya ishlarini bajarishga imkon beradi [8].

Uchinchi konstruktiv yechim — plita va qavatlararo bog‘lanmalarni kuchaytirish. Ayrim eski binolarda qavatlararo bog‘lanma yetarli darajada mustahkam emasligi sababli zilzila energiyasi konstruksiya bo‘ylab to‘g‘ri taqsimlanmaydi. Bu muammoga yechim sifatida plita pastki qismiga CFRP yoki GFRP lentasi yopishtiriladi, natijada egilish qattiqligi oshadi va qavatlararo o‘zaro uyg‘un ishlash ta’minlanadi [9].

Umuman olganda, FRP materiallardan foydalaniladigan mustahkamlash yechimlari an’anaviy beton yoki metall qoplama usullariga qaraganda tezroq bajariladi, bino ekspluatatsiyasini to‘xtatmasdan amalga oshirish mumkin, hamda qo‘shimcha og‘irlik kiritmaydi. Shu sababli kompozit materiallar seysmik mustahkamlash bo‘yicha xalqaro normativlarda tavsiya etilgan va amaliyotda keng qo‘llanila boshlagan.



Eski binolarni kompozit materiallar yordamida seysmik mustahkamlashda samarali konstruktiv yechim ishlab chiqish uchun hisoblash va modellashtirish asosiy bosqichlardan biri hisoblanadi. Mustahkamlashdan oldin bino konstruktiv tizimining seysmik barqarorligini baholash, kuchlanish–deformatsiya holatini aniqlash, xavfli zonalarini topish hamda tanlangan kompozit elementlarning optimal joylashuvini belgilash talab qilinadi. Bularning barchasi zamonaviy hisoblash usullari va kompyuter modellashtirish dasturlari asosida olib boriladi.

Hisoblash jarayoni bir necha asosiy bosqichlardan iborat:

Konstruksiyaning dastlabki texnik holatini baholash – devorlar, ustunlar, rigellar, poydevor va qavat plitalarining mustahkamligi tekshiriladi, materiallarning mexanik xususiyatlari aniqlanadi. Bu bosqichda ko‘p hollarda nisbiy elastiklik moduli, mustahkamlik chegarasi, zichlik va Poisson koeffitsiyenti hisobga olinadi.

Seysmik yuklamalarni aniqlash – mahalliy seysmik rayonlashtirish xaritalari asosida bino uchun hisobiy tezlanish va dinamik ta’sir kuchlari aniqlanadi. Hisoblash BNQ 2.03-08 va Eurocode 8 standartlari asosida olib boriladi.

Kuchlanish-deformatsiya tahlili – kompozit material qo‘llanmagan holatdagi konstruksiyaning tabiiy tebranish shakllari va gorizontol yuklamalarga turg‘unligi baholanadi.

Mustahkamlash sxemasini ishlab chiqish – FRP materiallar qaysi elementlarga, qanday yo‘nalishda va qancha qalinlikda qo‘llanishi loyihalashtiriladi.

Natijaviy konstruktiv tahlil – mustahkamlashdan keyingi barqarorlik va yuk ko‘tarish qobiliyati taqqoslanadi [13].

Kompozit materiallar (FRP) uchun klassik elastiklik nazariyasi qo‘llaniladi, biroq ularning anizotrop xususiyatga ega ekanligi hisobga olinadi. Hisoblashlarda FRP-laminatlarning kuchlanish holati quyidagi formulaga asosan baholanadi:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{va} \quad \varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

Bu yerda:  $\sigma$ – kuchlanish,  $F$ – tashqi kuch,  $A$ – FRP kesim yuzi,

–  $\varepsilon$ – nisbiy deformatsiya,  $E$ – elastiklik moduli.

FRP laminatlar odatda yopishtirish kuchlanishi bo‘yicha cheklovlar bilan hisoblanadi, chunki yopishtiruvchi qatlam (epoksi smola) eng zaif bo‘g‘in hisoblanadi [12]. U uchun quyidagi cheklov qo‘yiladi:

$$\tau_{max} \leq \tau_{lim}$$

ya’ni yopishish kuchlanishi me’yoriy qiymatdan oshmasligi kerak.

Modellashtirish chegaralangan elementlar usuli (ChEU) orqali amalga oshiriladi. Bu usul quyidagi imkoniyatlarni beradi:

- konstruksiyaning seysmik yuklamalar ta’siridagi dinamik javobini aniqlash,
- noaniq deformatsiyalar zonasini aniqlash,
- mustahkamlashdan oldingi va keyingi holatlarni taqqoslash.

Ko‘p hollarda SAP2000, ETABS, ANSYS va ABAQUS dasturlaridan foydalaniladi. FRP modellashtirilganda laminat qatlamlari “shell” yoki “membrane” element sifatida kiritiladi [10].

Hisoblashda quyidagi metodlar ishlatiladi:

- Statik ekvivalent usul – past balandlikdagi binolar uchun.
- Modal tahlil – bino tebranish shakllarini hisoblaydi.

- Spektral tahlil – tezlanish spektri yordamida gorizontall kuchlarni aniqlaydi.
- Vaqt bo'yicha dinamik tahlil – kuchli seysmik ta'sirga ega hududlar uchun [11].

Xulosa qilib aytganda, hisoblash va modellash mustahkamlashning ilmiy asosini belgilab beradi. To'g'ri bajarilgan tahlil kompozit materiallarning optimal miqdorini tanlash, iqtisodiy samaradorlikni oshirish va eng muhimi – mustahkamlangan binolarning seysmik xavfsizligini ta'minlash imkonini beradi.

O'zbekistonda kompozit mustahkamlash texnologiyalarini keng joriy etishning bir qancha imkoniyatlari mavjud:

- Texnik imkoniyatlar – FRP (Carbon, Glass, Basalt) kompozit materiallari ichida bazalt tolali polimerlar (BFRP) xomashyosi aynan O'zbekiston hududidagi tabiiy bazalt tog' jinslaridan olinishi mumkin. Bu esa mahalliyashtirish imkonini beradi [14].

- Iqlimiy moslik – kompozit materiallar yuqori korroziyaga chidamliligi va yengil vazni bilan mamlakatning keskin kontinental iqlim sharoitida qo'llashga mos.

- Tezkor montaj – an'anaviy temir-beton yoki po'lat karkasli mustahkamlashga nisbatan qurilish muddatini 2–3 baravar qisqartiradi.

Iqtisodiy jihatdan, kompozit materiallar dastlab qimmatroq ko'rinsa-da, ularning o'rnatilishida maxsus og'ir texnika talab etilmasligi, transport xarajatlarining pastligi, ekspluatatsiya davrida texnik xizmat ko'rsatish ehtiyojining deyarli yo'qligi tufayli umumiy loyiha qiymatini 20–25% ga kamaytirish mumkin. Ayniqsa, yashab turgan binolarni evakuatsiyasiz mustahkamlash imkoniyati qo'shimcha iqtisodiy afzallik beradi [16].

Huquqiy asos nuqtayi nazaridan, O'zbekiston Respublikasida seysmik xavfsizlik bo'yicha DBQ 2.01.03–19, O'z DSt 3045 va KMK 2.03.03–96 kabi me'yoriy hujjatlar mavjud bo'lsa-da, kompozit materiallardan foydalanish bo'yicha alohida reglamentlar yetarli darajada ishlab chiqilmagan [15]. Shu sababli ushbu yo'nalishda ilmiy-tadqiqot ishlarini kuchaytirish, milliy me'yoriy hujjatlarni yangilash va tajriba-hisoblash laboratoriyalarini tashkil qilish zarur [17].

Umuman olganda, kompozit materiallardan foydalanib mustahkamlash texnologiyasi O'zbekistonda yuqori texnik-iqtisodiy samaradorlikka ega bo'lib, kelgusida seysmik xavfsizlik strategiyasining muhim yo'nalishiga aylanishi mumkin.

**XULOSA.** Zilzilalar xavfi yuqori bo'lgan O'zbekiston kabi mintaqalarda mavjud bino va inshootlarning xavfsiz ekspluatatsiyasi masalasi strategik ahamiyatga ega. Mamlakatdagi mavjud turar-joy fondining katta qismi 1960–1990-yillarda qurilgan bo'lib, ularning loyihalanishida eski qurilish me'yorlari – KMK 2.01-03 asos bo'lgan. Bu konstruksiyalar bugungi O'zbekiston Respublikasining seysmik xavfsizlik talablariga to'liq javob bermaydi. Shu bilan birga, vaqt o'tishi bilan materiallarning fizik-mexanik xususiyatlari pasayishi, korroziya, betonning mustahkamligini yo'qotishi, armatura bilan bog'lanish kuchining kamayishi kabi degradatsion omillar ushbu binolarning seysmik barqarorligini yanada pasaytirgan. Shuning uchun mavjud binolarni mustahkamlash, ularning zilzilabardoshligini oshirish – milliy miqyosdagi ustuvor vazifa hisoblanadi.

Zamonaviy ilm-fan va texnika taraqqiyoti asosida ishlab chiqilgan mustahkamlash texnologiyalari ichida kompozit materiallardan foydalanish eng istiqbolli yo'nalishlardan biri bo'lib tan olinmoqda.

Ular orasida uglerod tolali polimer (CFRP), shisha tolali polimer (GFRP) va bazalt tolali polimer (BFRP) keng tarqalgan. Ushbu materiallarning asosiy afzalliklari – yuqori tortilish mustahkamligi, korroziyaga chidamlilik, yengil vazn, oʻrnatish qulayligi, oʻtkazuvchanlikning pastligi va uzoq xizmat muddatidir. FRP materiallari yordamida mustahkamlash texnologiyasi koʻplab xalqaro amaliyotlarda, xususan AQSh, Yaponiya, Germaniya, Italiya, Turkiya va Rossiyada muvaffaqiyatli qoʻllanib kelinmoqda.

Kompozit mustahkamlash texnologiyalarining samaradorligi bir nechta ilmiy-texnik jihatlar bilan asoslanadi:

Deformatsiyalik qobiliyatni oshiradi – CFRP laminatlar yordamida temir-beton elementlarning qiyshayish va choʻzilish zonasida yuzaga keladigan choʻqqi kuchlanishlar kamayadi, bu esa konstruksiya quvvatini sezilarli oshiradi.

Seysmik energiyani soʻrish qobiliyatini kuchaytiradi – FRP taqvimlanishi bilan deformatsiyalar elastiklik chegarasidan oʻtmasdan tarqatiladi.

Armatura korroziyasidan mustaqil tizim yaratadi – FRP materiallar metall armaturaga nisbatan korroziyaga uchramaydi.

Qoʻshimcha ogʻirlik kiritmaydi – kompozitlar yengil boʻlgani uchun konstruksiyaga ortiqcha yuk tushirmaydi. Bu zilzilaga bardoshlilikni oshiradi.

Ekspluatatsiya davrida ta'mirlash ehtiyojini kamaytiradi – uzoq muddat xizmat qilish imkoniyati mavjud.

Maqolada koʻrib chiqilgan tahlillardan kelib chiqqan holda quyidagi umumiy xulosalar chiqarish mumkin:

1. Oʻzbekistonda mavjud koʻplab bino va inshootlar eskirgan hamda seysmik mustahkamlashga muhtoj. An'anaviy usullar – temir-beton qoplamalar, poʻlat payvandlangan ramkalar yoki qattiqlik diafragmalari yordamida mustahkamlash koʻp vaqt talab qiladi, ekspluatatsiya jarayonini toʻxtatadi va iqtisodiy jihatdan qimmatga tushadi.

2. FRP kompozit materiallar yordamida mustahkamlash texnologiyasi tezkor, samarali va iqtisodiy jihatdan maqbul yechim boʻlib, ayniqsa yashab turgan koʻp qavatli uylarni evakuatsiyasiz mustahkamlash imkonini yaratadi. Bu ichki migratsiyani oldini olishga xizmat qiladi va ijtimoiy barqarorlikni ta'minlaydi.

3. Kompozit materiallar bilan mustahkamlash texnologiyasi tashqi ta'sirchilar – zilzila, vibratsiya va shamol bosimiga nisbatan yuqori qarshilikka ega boʻlgan konstruktiv tizim yaratadi. FRP laminatlari temirbeton elementlar bilan yuqori adgeziya hosil qilgani uchun birgalikda ishlash effektini kuchaytiradi.

4. Ushbu texnologiyani Oʻzbekistonda keng joriy etish boʻyicha ilmiy asoslar mavjud. Respublika hududida bazalt zaxiralarining yuqoriligi BFRP kompozitlarini mahalliy xomashyo asosida ishlab chiqarish imkonini beradi. Bu ichki bozorni importdan qisman mustaqil qilish bilan birga, qurilish iqtisodiyotining diversifikatsiyasiga xizmat qiladi.

5. FRP texnologiyalarini samarali qoʻllash uchun me'yoriy hujjatlarni takomillashtirish zarur. Loyihalash, hisoblash va montaj boʻyicha aniq reglamentlar ishlab chiqilishi zarur.

Amaliyotga xalqaro standartlar – ACI 440 (AQSh), Eurocode 8 (Yevropa), JSCE (Yaponiya) asosida milliy normalar kiritilishi lozim.

6. Bu yoʻnalishda kadrlar tayyorlash va tajriba laboratoriyalarini rivojlantirish muhim.



Qurilish universitetlari bazasida FRP materiallar bilan ishlash bo'yicha maxsus laboratoriyalar tashkil etilishi, magistratura va doktorantura bosqichida ilmiy tadqiqot ishlarini kengaytirish kerak.

7. Davlat tomonidan seysmik xavfsizlik siyosatini amalga oshirish doirasida, mavjud binolarni mustahkamlash bo'yicha kompozit materiallar yordamida tadbirlarni qo'llab-quvvatlash mexanizmlari ishlab chiqilishi foydali bo'ladi. Bunga imtiyozli kreditlar, mahalliy ishlab chiqaruvchilarga subsidiyalar, import bojxona imtiyozlari kabi chora-tadbirlar kiradi.

Yuqorida keltirilgan fikrlar shuni ko'rsatadiki, kompozit materiallardan foydalanish eski binolarni seysmik mustahkamlashda juda samarali, ilmiy asoslangan va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq yechimdir. Bu texnologiya O'zbekiston qurilish tizimida seysmik xavfsizlik darajasini oshirish, inson hayotini muhofaza qilish va barqaror urbanizatsiyani rivojlantirish uchun muhim strategik ahamiyatga ega.

#### **Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.**

1. ACI Committee 440. "Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures" (ACI 440.2R-17), American Concrete Institute, 2017.
2. Hollaway, L.; Teng, J. "Strengthening and Rehabilitation of Civil Infrastructures Using FRP Composites", Woodhead Publishing, 2008.
3. G'ulomov, A.A. "Qurilish konstruksiyalarini mustahkamlash" – Toshkent: O'QUV QO'LLANMA, 2018. – 152 b.
4. Мурадов А.А. "Усиление железобетонных конструкций композитными материалами", Монография. Москва: Стройиздат, 2019.
5. Аванесов С. "Повышение сейсмостойкости зданий и сооружений", Учебное пособие. Москва, 2016.
6. Ismatullayev S., Abduvaliyev B. "Temirbeton konstruksiyalar nazariyasi". Toshkent: TAYANCH, 2019. – 240 b.
7. Qodirov M. "Binolar va inshootlarning zilzilabardoshligini oshirish". Toshkent: Fan, 2017.
8. fib Bulletin 14. "Externally bonded FRP reinforcement for RC structures", International Federation for Structural Concrete, 2001.
9. Tulyaganov B. "Qurilish materiallari" – O'quv qo'llanma. Toshkent, 2020.
10. Баженов Ю.М., Калашников В.В. "Материалы и технологии строительных конструкций", Учебник. Москва: АСВ, 2014.
11. Серов В.В. "Композитные материалы в строительстве", Санкт-Петербург, 2018.
12. CEN. EN 1998 Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance. Brussels, 2004.
13. Bakis, C. et al. "Fiber-Reinforced Polymer Composites for Construction – State-of-the-Art Review", ASCE Journal of Composites for Construction, 2002.
14. Qo'shqarov R., Ergashev Z. "Kompozit materiallardan qurilishda foydalanish istiqbollari", Ilmiy maqola, TSTU, 2022.

15. KMK 2.01.03-96 “O‘zbekiston hududining seysmik rayonlashtirilishi” – Qurilish me’yorlari
16. Карпенко Н.И. "Надежность и усиление строительных конструкций", Москва: Стройиздат, 2015.
17. Teng, J.G., Chen, J.F., Smith, S.T. "FRP-Strengthened RC Structures", Wiley & Sons, 2003.