

NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/01.04.2023.T.90.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH

NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

MAQSUD O'G'LI BAXTIYOR

**KO'NDALANG TEKIS EGILISHDAGI PO'LAT TOLALARI BILAN
KUCHAYTIRILGAN TEMIRBETON TO'SINNING KUCHLANGANLIK-
DEFORMATSIYALANUVCHANLIK HOLATI VA MUSTAHKAMLIGI**

05.09.01 - Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar

**texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Namangan – 2025

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiya avtoreferati
mundariyasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of Doctor of Philosophy (PhD)
on technical sciences**

Maqsud o‘g‘li Baxtiyor

Ко‘ndalang tekis egilishdagi po‘lat tolalari bilan kuchaytirilgan temirbeton to‘sinning kuchlanganlik-deformatsiyalanuvchanlik holati va mustahkamligi.....5

Максуд угли Бахтиёр

Напряженно-деформированное состояние и прочность железобетонной балки усиленной стальными волокнами при поперечном плоском изгибе.....21

Maksud ugli Bakhtiyor

Stress-strain state and strength of a steel fiber-reinforced concrete beam under transverse plane bending41

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ

List of published works46

NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/01.04.2023.T.90.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH

NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

MAQSUD O'G'LI BAXTIYOR

**KO'NDALANG TEKIS EGILISHDAGI PO'LAT TOLALARI BILAN
KUCHAYTIRILGAN TEMIRBETON TO'SINNING KUCHLANGANLIK-
DEFORMATSIYALANUVCHANLIK HOLATI VA MUSTAHKAMLIGI**

05.09.01 - Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar

**texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Namangan – 2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.3.PhD/T4012 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya ishi Namangan davlat texnika universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya ishi avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)), Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.namdtu.uz) va "ZiyoNet" Axborot-ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Razzakov Sobirjon Jurayevich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Begaliyev Ulug'bek Turdaliyevich
texnika fanlari doktori, professor

Yunusaliyev Elmurod Maxamatyakubovich
texnika fanlari doktori, dotsent

Yetakchi tashkilot:

Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti

Dissertatsiya himoyasi Namangan davlat texnika universiteti huzuridagi PhD.03/01.04.2023.T.90.02 raqamli Ilmiy Kengashning 2025 yil «21» iyun soat 10⁰⁰ da majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 160103, Namangan viloyati, Uychi tumani, Oqtosh MFY, Temurmaliq ko'chasi, 1-uy. Tel.: (99869) 484-12-51; faks: (99869) 481 13 59, e-mail: info@namdtu.uz).

Dissertatsiya bilan Namangan davlat texnika universitetining axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 16-raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: Namangan sh. I.Karimov ko'chasi 12-uy. Tel./faks: (+998) 69 234-14-85, e-mail: info@namdtu.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil «10» iyun kuni tarqatildi.
(2025-yil «18» yanvardagi 1/2025-1 raqamli reyestr bayonnomasi).

V.R.Xodjibayev

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, fizika-matematika fanlari doktori, professor

X.L.Alimov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi, texnika fanlari nomzodi, dotsent

A.I.Xamidov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, texnika fanlari nomzodi, professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan yangi qurilish materiallarini ishlab chiqarish va resurs hamda energiya tejamkor texnologiyalarni yaratish masalalariga alohida e'tibor berib kelinmoqda. Shu yo'nalishda qurilish amaliyotining jadal rivojlanishi bilan bino va inshootlarning temirbeton konstruksiyalarida fibrobeton materiallardan foydalanish salmog'i tobora ortib bormoqda. Fibrobetonning asosiy afzalliklaridan biri ulardan tayyorlangan egiluvchi fibrotemirbeton elementlarning oddiy beton elementlarga nisbatan mustahkamligining, darzbardoshligining yuqori bo'lishi va o'z navbatida material va energetik resurslarni tejash imkonini berishi hisoblanadi. Bugungi kunda ko'plab rivojlangan mamlakatlar, jumladan, Xitoy, Rossiya, Germaniya, Yaponiya, Janubiy Koreya kabi mamlakatlarda turli xildagi tolalardan foydalangan holda yuqori mustahkamlikdagi qurilish materiallarini yaratish, shuningdek, temirbeton konstruksiyalarning mustahkamligini oshirish asosida ishonchliligini ta'minlashga yo'naltirilgan ilmiy tadqiqotlarni olib borishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda bino va inshootlarning mustahkamligini oshirish, seysmik xavfsizligini ta'minlashga qaratilgan ko'plab ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Jumladan, turli kompozit va po'lat tolalardan foydalangan holda betonni dispers armaturalash, temirbeton konstruksiyalarning mustahkamligini va ishonchliligini oshirishga qaratilgan tadqiqotlarga ehtiyoj sezilmoqda. Bu esa o'z navbatida dispers armaturali konstruksiyalarni loyihalash, po'lat tolalar qo'shiladigan beton qorishmalarining tayyorlanish tartibini va undan fibrotemirbeton konstruksiyalarni ishlab chiqarish texnologiyasini yaratishni taqozo etadi. Shuningdek, beton uchun po'lat tolalarning maqbul uzunliklari va optimal miqdorlarini aniqlash, fibrobetonning fizik-mexanik xususiyatlarini tadqiq qilish, modellashtirish, egilishga ishlovchi fibrotemirbeton to'sinlarning mustahkamligini, darzbardoshligini va elastiklik modulini oshirish bo'yicha tadqiqotlar olib borish dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda qurilish materiallari sohasini yanada rivojlantirish, raqobatbardosh qurilish materiallarini ishlab chiqarish, bino va inshootlar mustahkamligini hamda seysmik xavfsizligini ta'minlashda foydalaniladigan yangi qurilish materiallarini ishlab chiqarishga katta e'tibor qaratilmoqda. 2024-2025-yillarda amalga oshirilishi belgilangan seysmik xavfsizlikni ta'minlash hamda bino va inshootlarning zilzilabardoshligini oshirish tizimini takomillashtirish bo'yicha «Yo'l xaritasi»¹da yangi materiallarni sinash, ularning xususiyatlarini o'rganish va qo'llanish sohasini aniqlash vazifalari belgilangan. Ushbu vazifalarni hisobga olib, betonning mustahkamligini oshirishda po'lat tolalardan foydalangan holda fibrobetonning tarkibini aniqlash, po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobetonning mexanik xossalarini tadqiq qilish hamda fibrotemirbeton to'sinlarning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini, mustahkamligini, darzbardoshligini o'rganish, shuningdek fibrotemirbetonning

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 17-apreldagi PQ-161-sonli "Bino va inshootlarning zilzilabardoshligini oshirish hamda seysmik xavfni monitoring qilish faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori.

mexanik xususiyatlarini hisoblashning yangi amaliy dasturlarini yaratish muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni, 2019-yil 23-maydagi PQ-4335-sonli “Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi, 2024-yil 17-apreldagi PQ-161-sonli “Bino va inshootlarning zilzilabardoshligini oshirish hamda seysmik xavfni monitoring qilish faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Qarorlari, shuningdek, mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II. “Energetika, energiya va resurs tejamkorlik” ustuvor yo‘nalishlari doirasida bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Po‘lat tolalar bilan dispers armaturalangan egiluvchi fibrotemirbeton to‘sinlarning kuchlanganlik-deformatsiyalanuvchanlik holatini, mustahkamligini va darzbardoshligini tadqiq qilish muammolari bilan jahondagi yirik tadqiqotchilar, jumladan, N.I.Radkova, G.D.Utkin, I.V.Travush, K.V.Talantova, S.F.Neutov, N.N.Chernousov, O.N.Xegay, D.Y.Yoo, Y.K.Kwak, H.H.Dinh, P.S.Song, X.Qin, H.Roshani, K.B.Ramkumar, S.A.Yıldız, M.Zhao, E.O.Lantsoght, A.Al-Alawi, S.S.Ibrahim, Y.W.Shewalul, E.E.Anike, S.Aldeen Odaa, C.Yixin, C.Li, Z.Marcalikova va boshqalar shug‘ullanib, mazkur tadqiqot yo‘nalishida salmoqli ilmiy ishlarni bajarganlar va muayyan darajada ilmiy natijalarga erishganlar.

O‘zbekiston Respublikasida temirbeton konstruksiyalari va tolalar asosida dispers armaturalangan fibrobeton yo‘nalishida yetakchi olimlar, shu jumladan, A.B.Ashrabov, A.A.Ashrabov, X.A.Akramov, B.A.Asqarov, I.Kasimov, I.U.Majidov, P.T.Mirzayev, Sh.R.Nizamov, S.R.Razzaqov, S.J.Razzakov, Ch.P.Raupov, V.F.Usmonov, S.A.Xodjayev, A.A.Xodjayev, S.A.Xolmirzayev, Sh.Shojalilov, S.S.Shaumarov, A.Sh.Martazayev va boshqalar beton va temirbeton konstruksiyalarning kuchlanganlik-deformatsiyalanuvchanlik holatini, mustahkamligini va darzbardoshligini tadqiq qilish kabi bir qator yo‘nalishlarda tadqiqotlar olib borib, turli yillarda o‘z tadqiqotlari asosida muhim nazariy va amaliy natijalarga erishganlar.

Dissertant tomonidan o‘tkazilgan ilmiy-tadqiqotlar tahlil natijalari, po‘lat tolalar asosida dispers armaturalangan egiluvchi fibrotemirbeton to‘sinlarning qo‘llanilishi bo‘yicha bajarilgan tadqiqotlar yetarli darajada emasligini va bu yo‘nalishlarda ilmiy izlanishlarni davom ettirish zarurligini hamda dolzarbligini ko‘rsatdi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejaları bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti, O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzurida 2020-yil 3-dekabr kuni kengaytirilgan tarzda o‘tkazilgan videoselektor yig‘ilishining 95-sonli majlis bayonining 24-bandida 2021-yil yakuniga xomashyo va energiya resurslarini tejovchi qurilish materiallarini ishlab chiqarish bo‘yicha innovatsion tadqiqotlarni

Namangan muhandislik-qurilish institutida amalga oshirish, shuningdek, Prezident Administratsiyasining 2020-yil 14-dekabrda 02-3540-sonli topshirig'ida qo'yilgan vazifalar hamda "A-14-11-Temirbeton konstruksiyali bino va inshootlar elementlarining mustahkamlik, zilzilabardoshlik va deformatsiyalanuvchanligiga ichki va tashqi omillarning kompleks ta'sirlarini tadqiq qilish" mavzusidagi amaliy loyiha ilmiy-tadqiqot ishlarining rejaları doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi ko'ndalang egilishdagi fibrotemirbeton to'sin konstruksiyalarining mustahkamligini po'lat tolalar bilan dispers armaturalash orqali oshirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

fibrobeton uchun po'lat tolaning maqbul miqdori va uzunliklarini aniqlash;

po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobetonning siqilishdagi va cho'zilishdagi mustahkamligini eksperimental tadqiqotlar orqali aniqlash;

po'lat tolalar asosida dispers armaturalangan egiluvchi fibrotemirbeton to'sinlarning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini va mustahkamligini aniqlash;

po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton to'sin konstruksiyalarida normal darzlarning hosil bo'lish va kengayish qonuniyatlarini laboratoriya sharoitida eksperimental sinovlar o'tkazish orqali tadqiq qilish;

po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan egiluvchi fibrotemirbeton to'sinlarni nazariy-eksperimental uslubiyotiga asoslangan elektron hisoblash mashina(EHM)lari uchun hisoblash dasturini ishlab chiqish.

Tadqiqotning obykti sifatida bino va inshootlarning egilishga ishlovchi temirbeton to'sin konstruksiyalari olingan.

Tadqiqotning predmetini po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan egilishga ishlovchi fibrotemirbeton to'sinlarning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holati va mustahkamligi tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida tolalar yordamida dispers armaturalash, chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash, chekli elementlar, modellashtirish, eksperimental sinash, tahlil va taqqoslash kabi usullardan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton to'sinlarda beton qorishmasi tarkibiga qo'shiladigan po'lat tolalarning maqbul miqdori beton massasiga nisbatan 1÷3 foizni, tolalar uzunligi esa 10÷20 mm ni tashkil etishi eksperimental usulda asoslangan va texnologik jarayon tartibi ishlab chiqilgan;

po'lat tolalar bilan dispers armaturalanganda fibrobetonning cho'zilishdagi mustahkamligi oddiy betonga nisbatan 30÷40 foizga yuqori bo'lishi aniqlangan va tajriba-sinov usuli yordamida asoslangan;

kuchlanganlik-deformatsiyalanuvchanlik holatini tadqiq qilish asosida fibrotemirbeton to'sinlarning yuk ko'tarish qobiliyati oddiy beton to'sinlarga nisbatan 20÷30 foizga ortishi ishonchli eksperimental usulda aniqlangan va nazariy jihatdan asoslangan;

po'lat tolalar bilan dispers armaturalanganda to'sinlarning darzbardoshligini oddiy temirbeton to'sinlarga nisbatan 2÷3 marta yuqori bo'lishiga po'lat tolalarning miqdori va uzunliklarining maqbul qiymatlarini aniqlash va qo'llash

orqali erishilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

po‘lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton to‘sinlar uchun po‘lat tolalarning miqdori va samarali maqbul uzunliklari ishlab chiqilgan;

po‘lat tolalar bilan kuchaytirilgan to‘sinlarning yuk ko‘tarish qobiliyatini aniqlash imkoniyatini beruvchi elektron hisoblash mashinalari uchun dastur ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Olingan ilmiy natijalarning ishonchliligi, tadqiqotlar zamonaviy uslub va vositalardan foydalangan holda amalga oshirilganligi, nazariy hisoblashlar va tajribalarni qurilish me‘yorlari va qoidalariga rioya qilgan holda amalga oshirilganligi, amaliy va nazariy tadqiqot hamda hisoblashning kompyuter dasturi asosida olingan natijalarning o‘zaro mos kelishi va amaliyotga joriy qilinganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy nazariy ahamiyati po‘lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton va fibrotemirbeton uchun po‘lat tolalarning maqbul miqdori va uzunliklarini aniqlanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati, po‘lat tolalar asosidagi fibrotemirbeton to‘sinlarning kuchlanganlik-deformatsiyalanuvchanlik holatini va mustahkamligini aniqlash imkoniyatini beruvchi dasturlar ishlab chiqilganligi hamda bu dasturlarni loyihalash amaliyotida qo‘llanilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Po‘lat tolalari bilan dispers armaturalangan ko‘ndalang egilishdagi temirbeton to‘sinning kuchlanganlik-deformatsiyalanuvchanlik holati va mustahkamligi bo‘yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

po‘lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton to‘sinlarni mustahkamlikka hisoblash dasturi “Kommunalta‘mirloyiha” MChJ tomonidan To‘raqo‘rg‘on tumanidagi 4-sonli umumta‘lim maktabining hududida joylashgan 300 o‘ringa mo‘ljallangan o‘quv binosini loyihalashga joriy etilgan (O‘zR Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 31.10.2024-yildagi №24-06/11490-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada 15% gacha iqtisodiy tejamkorlikka erishilgan;

po‘lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton ishlab chiqarish “Bunyodkor-3” MChJda joriy etilgan (O‘zR Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 31.10.2024-yildagi №24-06/11490-sonli ma‘lumotnoma). Natijada po‘lat tolalar bilan dispers armaturalash orqali fibrotemirbetonning siqilishdagi mustahkamligi 10÷40 foizga, cho‘chilishdagi mustahkamligi 30÷40 foizga, egilishdagi mustahkamligi 20÷30 foizga ortishi hisobiga xom-ashyo materiallarining tejallishiga erishilgan;

po‘lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton to‘sinlarni hisoblash dasturi “Namangan viloyat Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi hududiy nazorat inspeksiyasi”da loyihalash ishlari uchun joriy etilgan (O‘zR Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 31.10.2024-yildagi №24-06/11490-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada loyiha ishlariga qo‘llash orqali ish sifatini va mehnat unumdorligini 15÷20 foizgacha oshirishga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatiyasi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha olingan ilmiy-tadqiqot natijalari 6 ta xalqaro va 3 ta respublika ilmiy-amaliy

anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya ishi ilmiy natijalari bo'yicha jami 17 ta ilmiy maqolalar nashr etilgan. Jumladan, Scopus bazasida indekslanuvchi ilmiy jurnallarda 1 ta, yuqori impakt faktorli xorijiy jurnallarda 2 ta, O'zbekiston Respublikasi OAK tomonidan tavsiya etilgan va ro'yxatiga kiritilgan respublika jurnallarida 4 ta va O'zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligi tomonidan 1 ta kompyuter hisoblash dasturiga guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, beshta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 112 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida bajarilgan dissertatsiya tadqiqotining dolzarbligi va zarurati asoslangan, maqsad va vazifalar shakllantirilib, obyekt va predmetlari yoritilgan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyasi taraqqiyotining ustuvor yo'nalishlariga mosligi, olingan natijalarning ilmiy yangiligi va ilmiy- amaliy ahamiyati, ularni qurilish amaliyotida qo'llanilganligi hamda tadqiqot natijalarining nashri va dissertatsiyaning tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Muammoning o'rganilganlik holati va masalaning qo'yilishi** deb nomlangan birinchi bobida, ilmiy texnik adabiyotlarda tadqiqot mavzusiga doir chop etilgan ilmiy ishlarning analitik sharhlari izohlangan.

Fibrobeton - bu tolalar bilan mustahkamlangan kompozit qurilish materialidir. Po'lat tolali fibrobeton asosan uchta komponentdan iborat bo'ladi: mayda va yirik to'ldiruvchilar, po'lat tolalar va bog'lovchi materiallar. Fibrobeton yangi qurilish materiali bo'lib, o'zining yuqori mustahkamligi va umirboqiyiligining yuqoriligi tufayli rezervuarlar, transport, aloqa va metro tunnellarida foydalanib kelinmoqda. Shuningdek, fibrobetonning eng muhim vazifasi betonda mikro va makro darzlar paydo bo'lishini oldini oladi.

O'zbekiston Respublikasining quriq-issiq iqlim sharoitini hisobga olgan holda, po'lat tolalar asosidagi fibrobeton konstruksiyalar ishini eksperimental, nazariy o'rganish va tadqiq etish bo'yicha yetarlicha izlanishlar olib borilmagan. Shuning uchun, hozirgi kunda mamlakatimizda ishlab chiqarilayotgan po'lat tolalar asosidagi fibrobetonning fizik-mexanik xossalarini o'rganish hamda fibrotmirbeton konstruksiyalarni hisoblash va loyihalashda mahalliy tabiiy-iqlimiy sharoitlarning e'tiborga olinishi dolzarb hisoblanadi.

Dissertatsiyaning **“Fibrobeton uchun po'lat tolasining optimal miqdorini aniqlash”** deb nomlangan ikkinchi bobida fibrobeton uchun po'lat tolalarning optimal miqdorini aniqlash bo'yicha eksperimental tadqiqot natijalari, fibrobeton mustahkamligiga ta'sir etuvchi omillar ahamiyatini dispers tahlil yordamida baholash natijalari keltirilgan.

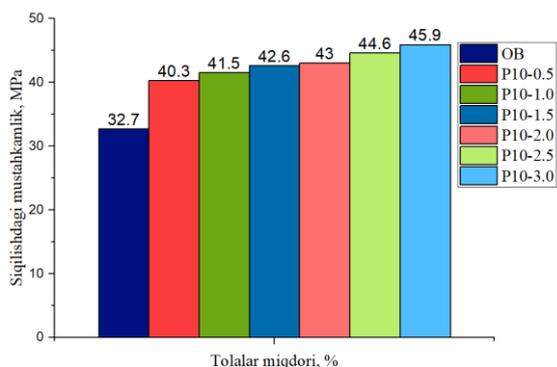
Mavjud ilmiy tadqiqot ishlarini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, hozirgacha po'lat tolalar bilan mustahkamlangan fibrobetonning fizik-mexanik xususiyatlari bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari yetarli darajada bajarilmagan, shu jumladan, po'lat tolasining optimal miqdorini aniqlash bo'yicha yetarli darajada

izlanishlar olib borilmagan.

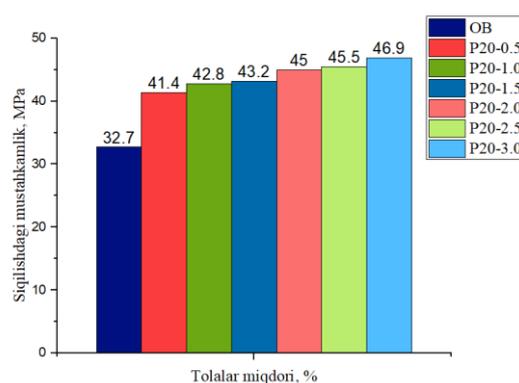
1-jadval. Po‘lat tolaning asosiy ko‘rsatkichlari

Po‘lat tola	Zichligi, kg/m ³	Cho‘zilishdagi mustahkamligi, MPa	Elastiklik moduli, GPa	Tolaning diametri, mm	Tolaning uzunligi, mm
	7850	2500	200	0.3	10, 20, 30, 40, 50

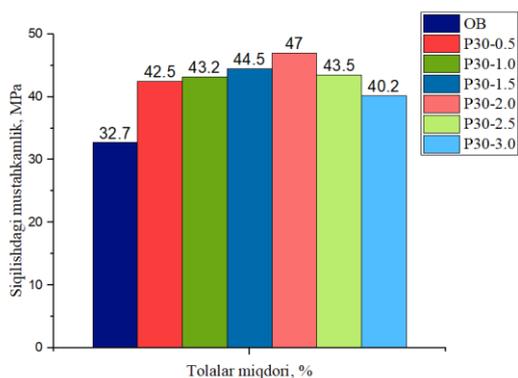
a)



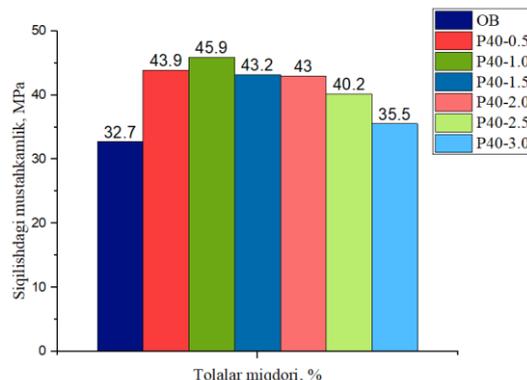
b)



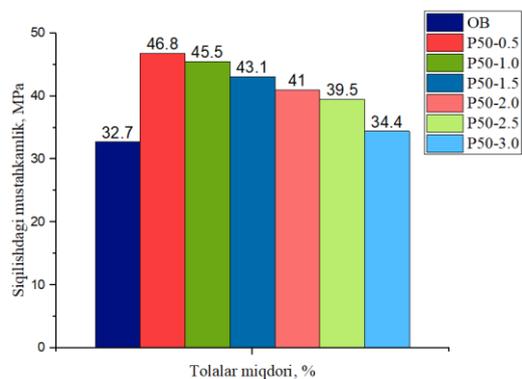
c)



d)



e)



1-rasm. Po‘lat tolalar qo‘shilgan betonning 28 kundagi mustahkamlik ko‘rsatkichlari grafiklari: a) 10 mm; b) 20 mm; c) 30 mm; d) 40 mm; e) 50 mm.

Ma‘lumki, betonning asosiy mustahkamlik ko‘rsatkichi siqilishga bo‘lgan

mustahkamligi bilan belgilanadi. Xususan, betonning sinfi ham shu asosda belgilanib, tadqiqotlarda po‘lat tolalar qo‘shilgan beton kub namunalarning siqilishga bo‘lgan mustahkamligi tadqiq qilindi. Fibrobeton uchun foydalanilgan po‘lat tolaning xossalriga doir ko‘rsatkichlar 1-jadvalda keltirilgan.

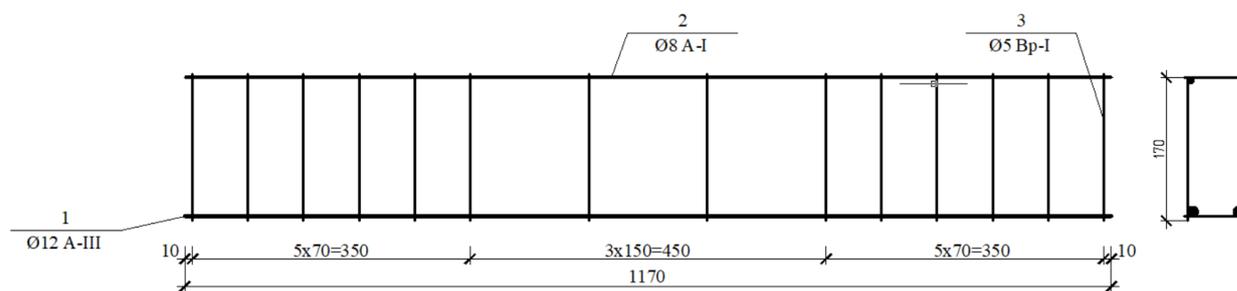
Beton tarkibiga po‘lat tolalarni qo‘shish orqali loyihaviy ko‘rsatkichi bo‘yicha B25 sinfdagi beton olish uchun laboratoriya sharoitida tajriba ishlari olib borildi. Tajribalarni o‘tkazish uchun 31 ta seriyada, tomonlari 100x100x100 mm bo‘lgan beton kub namunalar standart talablar asosida tayyorlangan.

Tajribalarda amaliy ahamiyatga ega bo‘lgan asosiy ilmiy natijalar olingan, ular bo‘yicha tahlillar amalga oshirilgan va tegishli jadval va grafiklarga kiritilgan. Po‘lat tolali va po‘lat tolasiz tayyorlangan beton kub namunalarning tajriba sinovlari orqali olingan natijalar 1-rasmda keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Po‘lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton to‘sinlarni eksperimental sinash natijalari”** deb nomlangan uchinchi bobida sinov-tadqiqot ishining vazifalari, tadqiqot namunalarni konstruksiyalash va tayyorlash, vositalar va o‘lchov asboblari, sinov modellarini tayyorlash natijalari keltirilgan.

Po‘lat tolalar asosidagi fibrotemirbeton to‘sinlarni eksperimental o‘rganish uchun 10 ta seriyada namuna to‘sinlari tayyorlangan. Birinchi seriyadagi namuna to‘sinlari po‘lat tolalar qo‘shilmagan oddiy temirbeton va qolgan seriyadagi namunalar po‘lat tolalar qo‘shilgan fibrotemirbetondan iborat bo‘lgan.

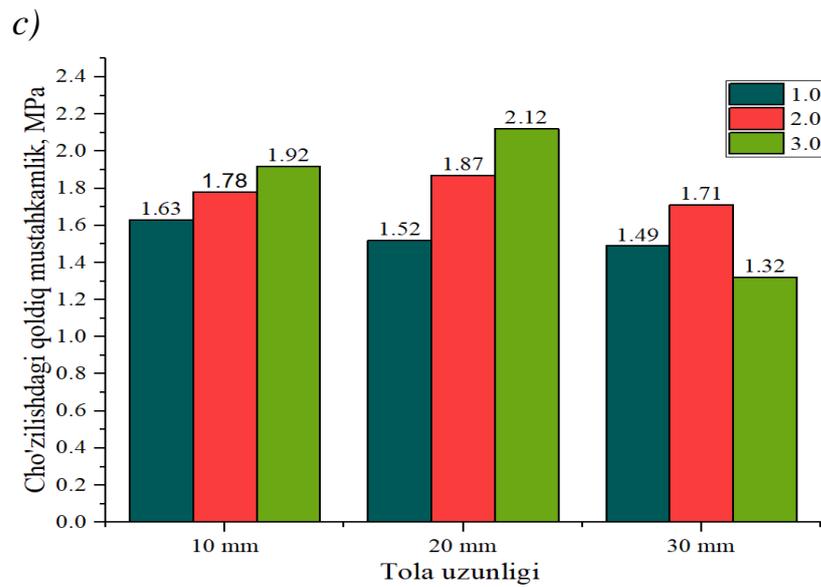
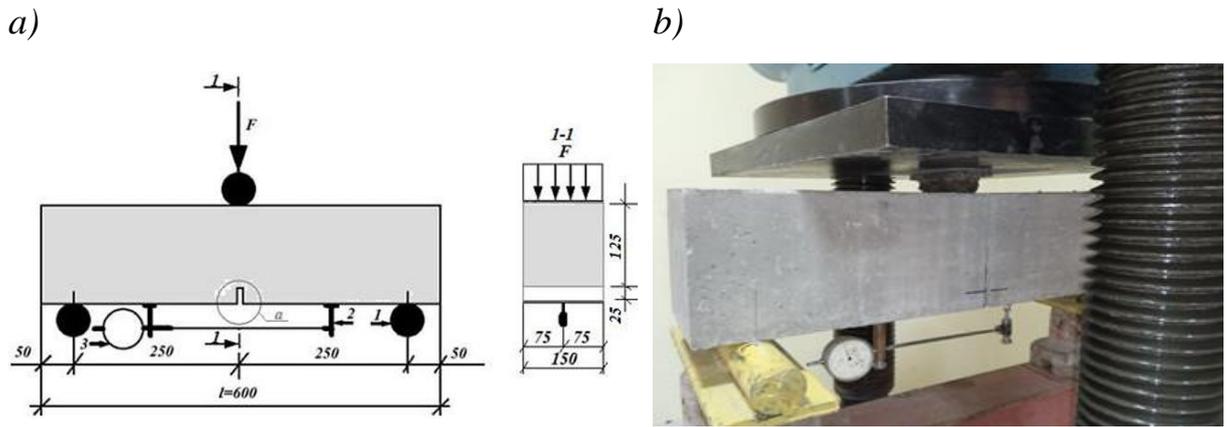
Fibrotemirbeton va temirbeton namuna to‘sinlarning kesim o‘lchamlari 100x200x1200 mmni hamda hisobiy uzunligi esa 1050 mmni tashkil etgan. Namuna to‘sinlarning cho‘ziluvchi qismida ishchi armatura sifatida diametri 12 mm va sinfi A-III bo‘lgan armaturalardan va to‘sinlarning siqiluvchi qismida esa diametri 8 mm bo‘lgan A-III sinfli armaturalardan foydalanilgan. Fazoviy karkas hosil qilishda ko‘ndalang armaturalarning sinfi B-I hamda uning diametri esa 5 mm bo‘lgan sim armaturalar ishlatilgan. Sinov-tadqiqot ishida foydalanilgan to‘sinlar va ularni armaturalash 2-rasmda ko‘rsatilgan.



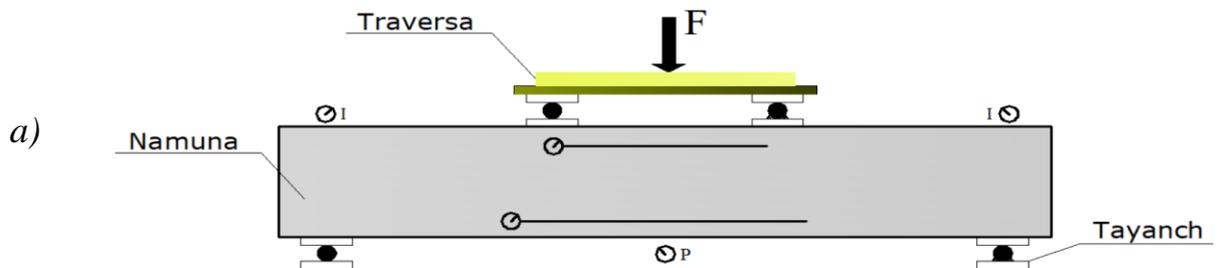
2-rasm. Sinov-tadqiqot ishida foydalanilgan to‘sinni armaturalash

Po‘lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobetonning cho‘zilishdagi qoldiq mustahkamligini aniqlash uchun DAST 59535-2021 talablari asosida kesim o‘lchamlari 150x150x600 mm bo‘lgan prizma namunalar tayyorlangan.

Shuningdek, sinov jarayonlarida cho‘zilishdagi qoldiq me‘yoriy mustahkamliklarining $R_{fb13,n}$ natijalari 3-rasmda keltirilgan.



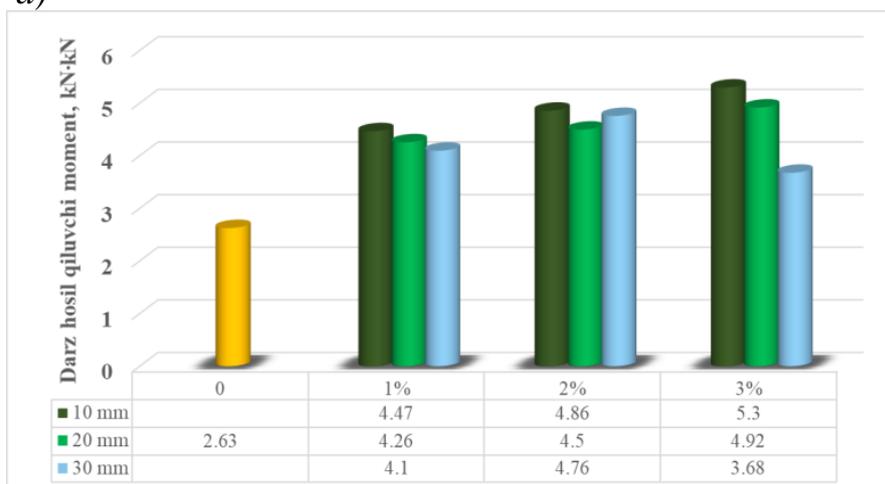
3-rasm. Fibrobetonning cho‘zilishdagi qoldiq qarshiligi:
a) sinash sxemasi; b) sinovdan keyingi umumiy ko‘rinishi; c) natijalar grafigi.



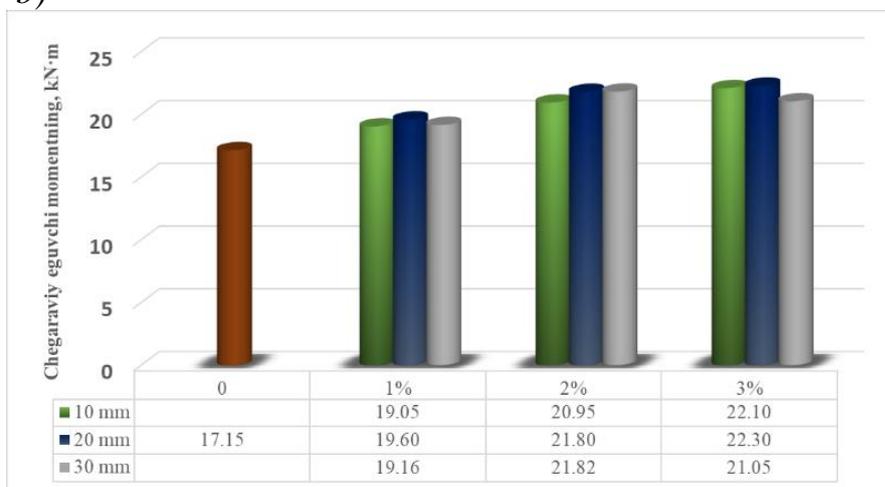
4-rasm. Fibrotemirbeton to‘sinni sinash jarayoni: a) yuk berish sxemasi; b) yuk berish jarayoni

To'sinlarni sinash metodikasi: Nazorat namunalardagi betonning nisbiy deformatsiyalarini aniqlash uchun siqiluvchi va cho'ziluvchi qismlariga o'lchash aniqligi 0.01 mm bo'lgan raqamli soat tipidagi indikatorlar va solqilikni aniqligi 0.1 mm bo'lgan progibomer hamda bazasi 30 sm bo'lgan ko'chma messura o'rnatildi. Armaturalardagi nisbiy deformatsiyalarni aniqlash uchun bazasi 50 sm bo'lgan ko'chma messura o'rnatildi. Namunalardagi darzlarni o'lchash uchun o'lchash aniqligi 0,05 mm bo'lgan mikroskopdan foydalanildi. Tajriba-sinov ishlarini temirbeton va fibrotemirbeton to'sinlarda o'rnatilgan o'lchov priborlarining yuk berish sxemasi va tajriba jarayonining umumiy ko'rinishi 4-rasmda ko'rsatilgan.

a)



b)



5-rasm. To'sinlarda darzlarning hosil bo'lishi: a) dastlabki darzlar hosil bo'lgandagi eguvchi moment; b) eng katta chegaraviy eguvchi moment.

Namunalarni sinashda yuklarni ikki xil tartibda berildi. Nazariy hisoblar asosida aniqlangan buzuvchi kuch miqdorining 5 % darz hosil bo'lgunga qadar berilgan bo'lsa, buzuvchi kuchning 10 % miqdorini esa darz hosil bo'lgandan keyin berib borildi. Yuk berish bosqichlaridagi interval oralig'i 10 daqiqani tashkil etdi. Har bir bosqichda o'lchov vositalaridagi ko'rsatkichlar yozib borildi. Ya'ni, har bir bosqichdagi yuklamalarning qiymatlari, solqiliklar qiymatlari, armatura va betonlardagi deformatsiyalarning qiymatlari, darzlarning ochilishi hamda ularning rivojlanishi qayd etib borildi. Darzlarning ochilish enini aniqligi 0,05 mm bo'lgan

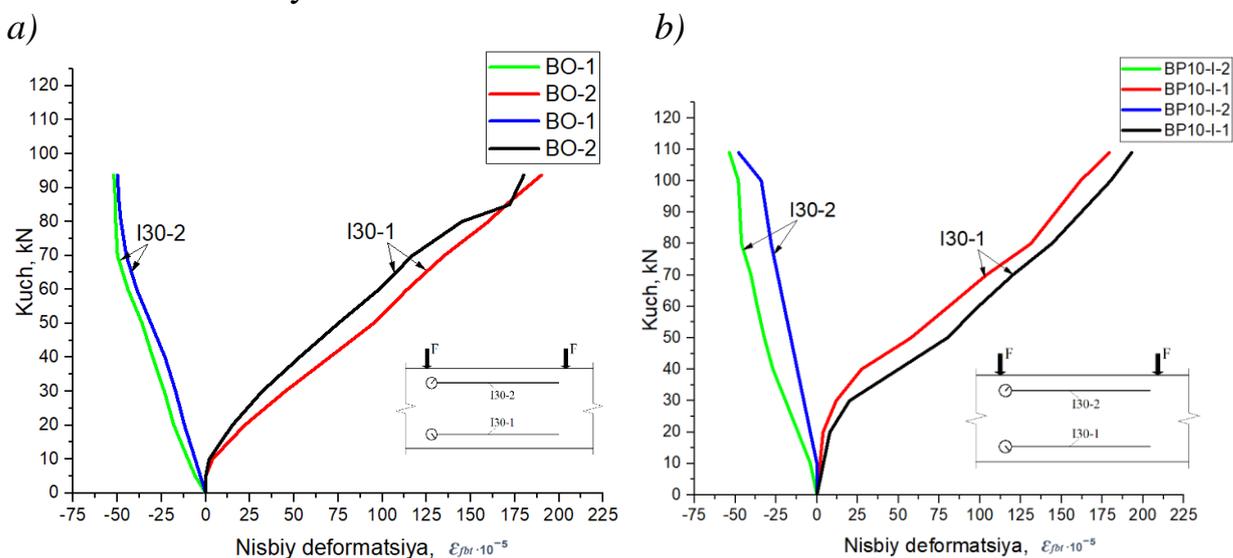
mikroskopda o'Ichandi. Buzuvchi kuchning qiymatlari 80-90 % ga yetganda priborlarni namunadan yechib olindi. Yuklamalar temirbeton va fibrotemirbeton to'sinlarni buzilgunga qadar berildi. Namunalarning buzilish jarayoni kuzatib borildi va natijalar 5-rasmda keltirilgan.

Tajriba natijalariga ko'ra, po'lat tolalar asosidagi fibrotemirbeton to'sinlardagi normal darzlarni hosil qiluvchi yuk miqdori oddiy temirbeton to'sinlarning normal darzlarni hosil qiluvchi yuk miqdoriga nisbatan 2-3 martaga ortishi kuzatildi.

Po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobeton va armaturadagi deformatsiyalarning rivojlanishi: Tajriba natijalarining tahlili shuni ko'rsatadiki, namuna to'sinlardagi betonning cho'zilish va siqilish qismlaridagi deformatsiyalari yuklanishlarning dastlabki bosqichlarida to'g'ri chiziqli holda bo'ldi.

I seriya namuna temirbeton to'sinlarda buzuvchi kuch miqdori 20 kN ga yetganda namunaning normal kesimidagi betonning siqilish deformatsiyalari $\varepsilon_{fb} = (15-24) \cdot 10^{-5}$ ga, cho'zilish deformatsiyalari esa $\varepsilon_{fbi} = (25-32) \cdot 10^{-5}$ qiymatlarga erishdi. Buzuvchi kuch miqdori 80-90 %ga yetganda namuna to'sinlardagi betonning siqilish deformatsiyalari $\varepsilon_{fb} = (170-185) \cdot 10^{-5}$ ga, cho'zilish deformatsiyalari $\varepsilon_{fbi} = (40-52) \cdot 10^{-5}$ qiymatlarga erishdi (6-rasm).

II seriya namuna to'sinlarda buzuvchi kuch miqdori 20 kN ga erishganda namunalarning normal kesimidagi betonning siqilish deformatsiyalari $\varepsilon_{fb} = (6-10) \cdot 10^{-5}$ ga, cho'zilish deformatsiyalari esa $\varepsilon_{fbi} = (8-15) \cdot 10^{-5}$ miqdorlarga teng bo'ldi (6-rasm). Yuk miqdorlari ortib borishi bilan betondagi siqilish va cho'zilish deformatsiyalar ham ortib bordi.



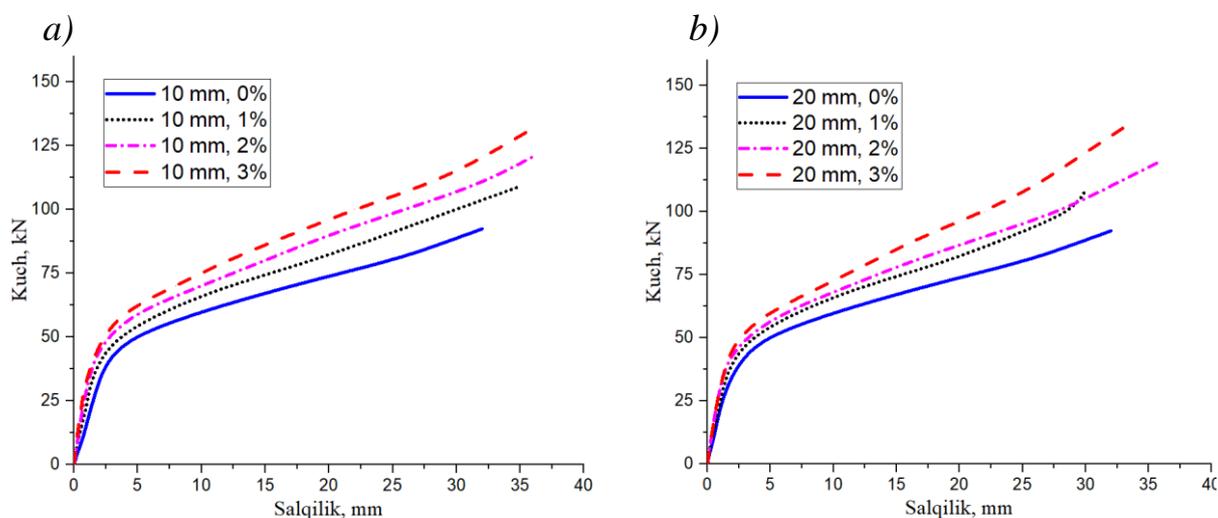
6-rasm. Namunalardagi betonlarning o'rtacha nisbiy siqilish va cho'zilish deformatsiyalari grafiklari: a)temirbeton to'sinlardagi; b)fibrotemirbeton to'sinlardagi.

Po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan va oddiy temirbetondan tayyorlangan temirbeton to'sin namunalarning tajriba sinov ishlari asosida olingan solqilik natijalari 7-rasmda keltirilgan.

Uzunliklari 10, 20 mm bo'lgan po'lat tolalarni 1,0; 2,0; 3,0 % miqdorlarda qo'shib dispers armaturalangan fibrobetonning cho'zilishdagi qoldiq mustahkamligi

R_{fbt3} ning qiymatlari $1,32 \div 2,12$ MPa oralig'ida bo'lishi aniqlandi.

Uzunligi 10 mm bo'lgan po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobetonning cho'zilishdagi mustahkamligi oddiy beton namunalarga nisbatan $30 \div 40$ % ortishi kuzatildi.



7-rasm. Namuna to'sinlarda salqilikning buzuvchi kuchga bog'liqlik grafigi: po'lat tolanning uzunligi a) 10 mm; b) 20 mm.

Uzunligi 20 mm bo'lgan po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobetonning cho'zilishdagi mustahkamligi oddiy beton namunalarga nisbatan $45 \div 55$ % ortishi aniqlandi.

Oddiy betondan tayyorlangan prizma namunalarning o'rtacha elastiklik modullariga nisbatan po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobeton namunalardagi elastiklik modullari 10-15 % ga ortdi.

Tajriba natijalariga ko'ra, po'lat tolalar asosidagi fibrotemirbeton to'sinlardagi normal darzlarni hosil qiluvchi yuk miqdori oddiy temirbeton to'sinlarning normal darzlarni hosil qiluvchi yuk miqdoriga nisbatan 2-3 martaga ortishi aniqlandi.

Eksperimental tadqiqotlar asosida olingan ilmiy natijalar shuni ko'rsatadiki, fibrotemirbeton to'sinlardagi yuk ko'tarish qobiliyati oddiy to'sinlardagi shu miqdorlarga nisbatan $15 \div 25$ % ga yuqori bo'lishiga erishildi.

Tajriba natijalariga ko'ra, temirbeton va fibrotemirbeton to'sinlarda armatura va betondagi nisbiy deformatsiyalar yuklanishlarning dastlabki bosqichlarida bir xil holda to'g'ri chiziqli shaklda bo'lishi aniqlandi. Yuklarning ortib borishi bilan oddiy temirbeton to'sinning nisbiy deformatsiyasi fibrotemirbeton to'sinning nisbiy deformatsiyasiga nisbatan yuqori bo'lishi kuzatildi.

Po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan va oddiy temirbetondan tayyorlangan temirbeton to'sin namunalarning tajriba-sinov ishlari asosida olingan solqiliklar ham yuklanishlarning dastlabki bosqichlarida bir xil holda o'sib borishi kuzatildi. Po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan va oddiy temirbetondan tayyorlangan temirbeton to'sin namunalarning tajriba-sinov ishlari asosida olingan salqiliklar ham yuklanishlarning dastlabki bosqichlarida bir xil holda o'sib borishi kuzatildi. Yuklarning miqdori ortib borgan sari armaturaning oquvchanlik

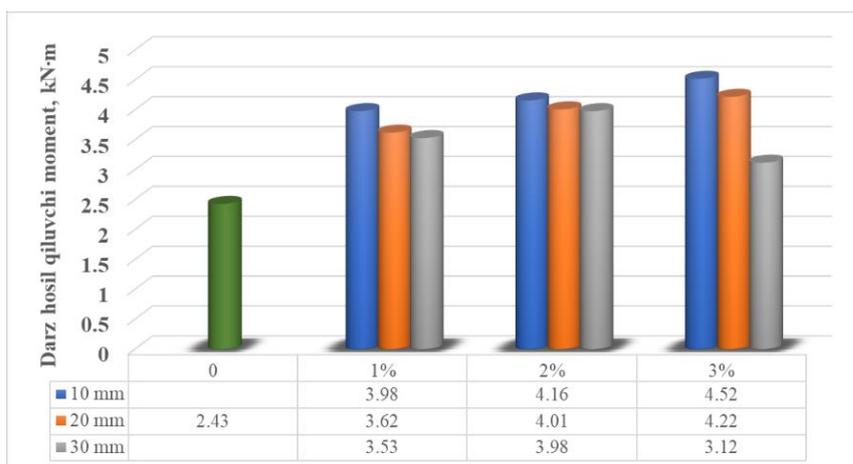
chegarasidan o'tgandan so'ng solqiliklarning qiymatlari keskin oshib borishi kuzatildi. Yuklarning bir xil miqdorlarida temirbeton to'sinlardagi solqilik fibrotemirbeton to'sinlarning solqiliklariga nisbatan katta bo'lishi aniqlandi.

Dissertatsiyaning "Po'lat tolalar asosida dispers armaturalangan fibrotemirbeton to'sinlarni mustahkamlikka hisoblash natijalari va kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holati" deb nomlangan to'rtinchi bobidagi nazariy hisoblash natijalari, po'lat tolali fibrotemirbeton to'sinlarni yuk ko'tarish qobiliyati va darzbardoshligini aniqlash boyicha olindi va hisoblandi.

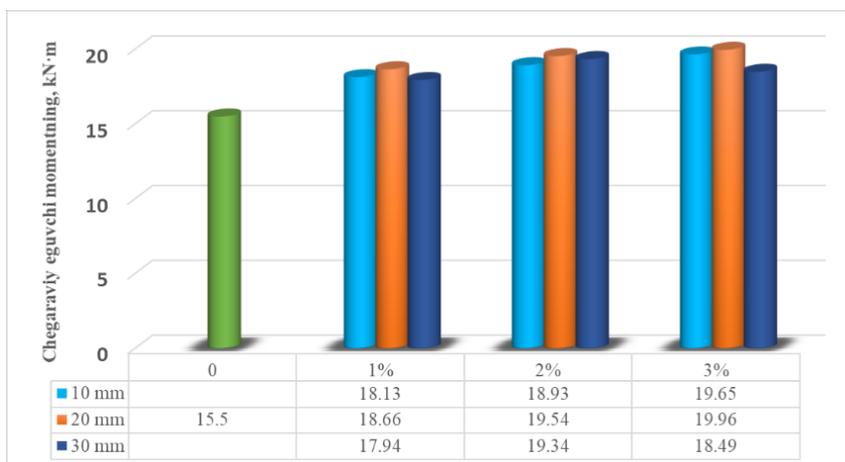
Fibrotemirbeton va temirbeton to'sinlarning bo'ylama o'qqa nisbatan normal darzlar hosil qiluvchi momentini aniqlashda, darz kengligining hisobiy qiymati yoki solqilik yo'l qo'yiladigan chegaraviy qiymatdan ortib ketsa, darz hosil qiluvchi momentni cho'ziluvchi fibrotemirbetonning noelastik deformatsiyasini hisobga olgan holda aniqlandi.

Namuna to'sinlarni nazariy hisoblash natijalariga ko'ra po'lat tolalar bilan dispers armaturalanmagan temirbeton to'sinlarning yuk ko'tarish qobiliyati 88,57 kN ni tashkil etdi. Betondagi miqdori 1,0% va uzunligi 10 mm bo'lgan po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton to'sinlarning yuk ko'tarish qobiliyati 103,60 kN ni tashkil etdi. Fibrotemirbeton to'sinlarning yuk ko'tarish qobiliyati oddiy temirbeton to'sinlarning yuk ko'tarish qobiliyatiga nisbatan 16,96 % ga ortdi.

a)



b)



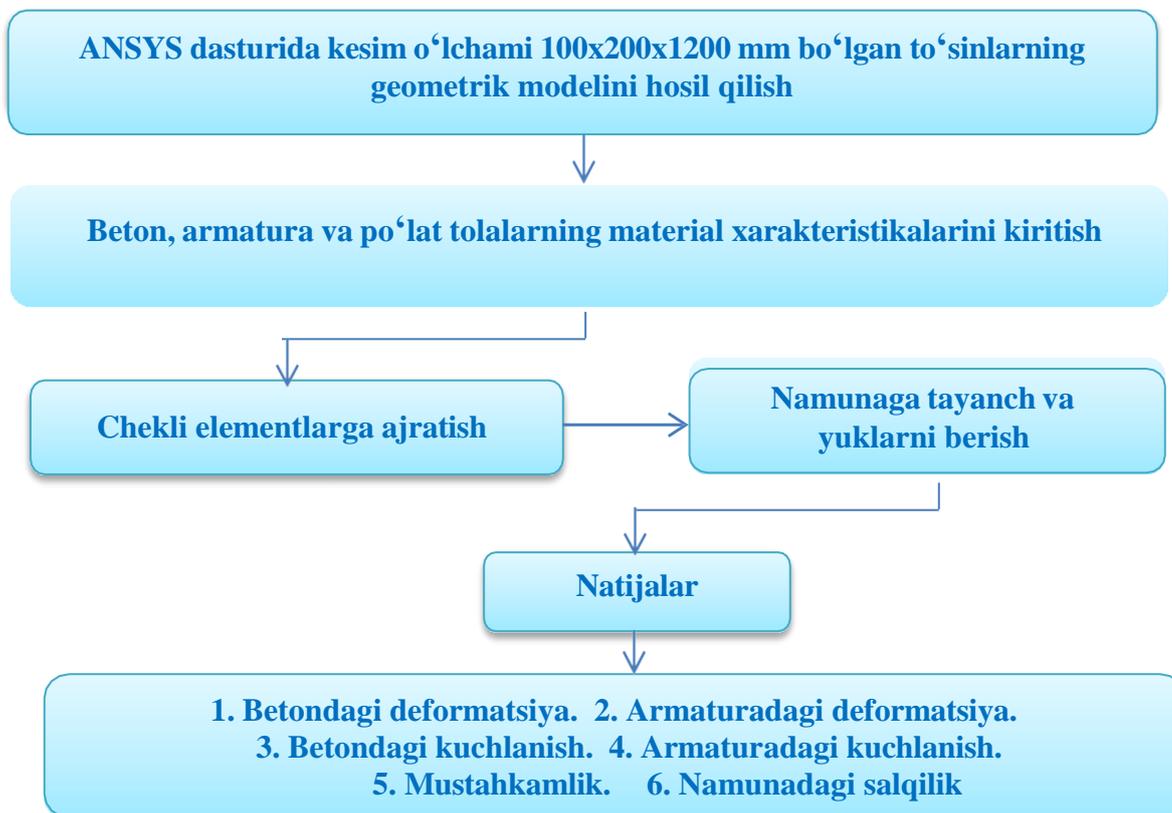
8-rasm. Nazariy hisoblash natijalari grafigi:

a)darz hosil qiluvchi moment; b)chegaraviy eguvchi moment.

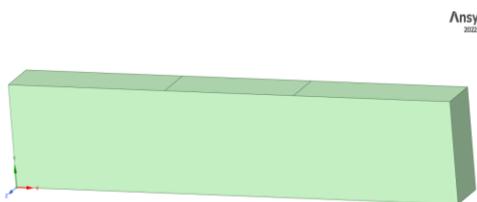
Po‘lat tolalar qo‘shilgan fibrotemirbeton to‘sinlarda darz hosil qiluvchi momentlarning boshlanish vaqtlari oddiy og‘ir betondan tayyorlangan temirbeton to‘sinlarga nisbatan kechroq bo‘lishi aniqlandi. Temirbeton va fibrotemirbeton to‘sinlarning nazariy hisob ishlari asosida olingan natijalardagi darz hosil qiluvchi va chegaraviy eguvchi momentlarning qiymatlari 8-rasmda keltirilgan.

Bunda po‘lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton to‘sinlarning yuk ko‘tarish qobiliyati oddiy to‘sinlarning yuk ko‘tarish qobiliyatiga nisbatan 15-25 % oshganligi aniqlandi. Namuna to‘sinlarni nazariy hisoblash natijalariga ko‘ra oddiy betondan tayyorlangan temirbeton to‘sinlarning darz bardoshligiga nisbatan po‘lat tolalar asosidagi fibrotemirbeton to‘sinlarning darz bardoshligi 2-3 marta yuqori bo‘lishi kuzatildi.

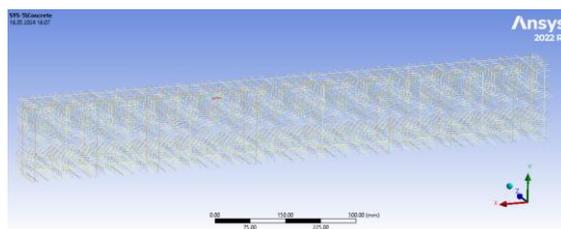
Dissertatsiyaning **“Po‘lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton to‘sinlarni ANSYS dasturi yordamida modellashtirish va iqtisodiy samaradorlik”** deb nomlangan beshinchi bobida ANSYS dasturida temirbeton va po‘lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton to‘sinlarni modellashtirish vazifalari belgilangan va keltirilgan (9-13-rasmlar):



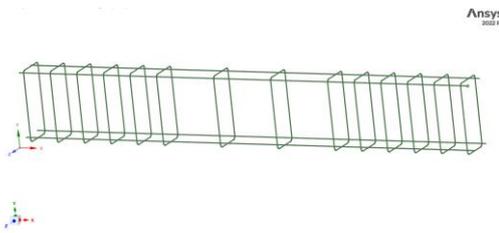
9-rasm. ANSYS dasturida tadqiqot namunalarini mustahkamlikka hisoblash



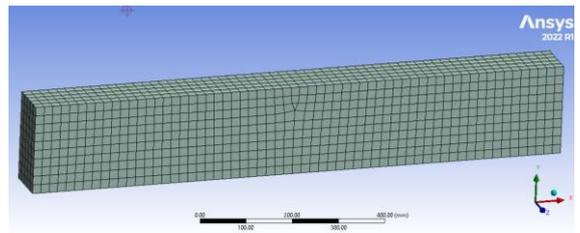
10-rasm. Namuna to‘sinning modeli



11-rasm. Fibrotemirbeton to‘sindagi po‘lat tolalarning modeli



12-rasm. Namuna to‘sinlarni armaturalash modeli



13-rasm. Chekli elementlarga ajratilgan to‘sinlarning ko‘rinishi

Tajriba, nazariy va analitik-sonli natijalarni taqqoslash ishlarining amalga oshirilganligi. Eksperiment, nazariy hisoblash va ANSYS dasturida olingan natijalar 2-jadvalda keltirilgan:

2-jadval. Temirbeton va fibrotemirbeton to‘sinlarning buzuvchi moment natijalarini taqqoslash

Belgilanishi	BO	BP10-I	BP10-II	BP10-III	BP20-I
$M_{ult}^{eks}, kN\cdot m$	17.15	19.05	20.95	22.10	19.60
$M_{ult}^{naz}, kN\cdot m$	15.5	18.13	18.93	19.65	18.66
$M_{ult}^{ana}, kN\cdot m$	18.10	20.73	21.8	22.65	20.86
$\Delta = \frac{M_{ult}^{eks} - M_{ult}^{naz}}{M_{ult}^{eks}} \cdot 100\%$	9.62	4.82	9.64	11.08	4.79
$M_{crc}^{eks}, kN\cdot m$	2.63	4.47	4.86	5.30	4.26
$M_{crc}^{naz}, kN\cdot m$	2.43	3.98	4.16	4.52	3.62
$\Delta = \frac{M_{crc}^{eks} - M_{crc}^{naz}}{M_{crc}^{eks}} \cdot 100\%$	7.60	10.96	14.40	14.71	15.02
Belgilanishi	BP20-II	BP20-III	BP30-I	BP30-II	BP30-III
$M_{ult}^{eks}, kN\cdot m$	21.80	22.30	19.16	21.82	21.05
$M_{ult}^{naz}, kN\cdot m$	19.54	19.96	17.94	19.34	18.49
$M_{ult}^{ana}, kN\cdot m$	21.48	22.52	20.98	21.53	21.16
$\Delta = \frac{M_{ult}^{eks} - M_{ult}^{naz}}{M_{ult}^{eks}} \cdot 100\%$	10.36	10.49	6.36	11.36	12.16
$M_{crc}^{eks}, kN\cdot m$	4.50	4.92	4.10	4.76	3.68
$M_{crc}^{naz}, kN\cdot m$	4.01	4.22	3.53	3.98	3.12
$\Delta = \frac{M_{crc}^{eks} - M_{crc}^{naz}}{M_{crc}^{eks}} \cdot 100\%$	10.89	14.22	13.90	16.38	15.22

M_{ult}^{eks} , M_{ult}^{naz} , M_{ult}^{ana} - tajriba, nazariy va ANSYS dasturi yordamida olingan fibrotemirbeton to‘sinlarda buzuvchi momentlarning belgilanishi;

M_{crc}^{eks} , M_{crc}^{naz} - tajriba va nazariy tadqiqotlar asosida olingan fibrotemirbeton to‘sinlarda dastlabki darzlarning hosil bo‘lishidagi momentlarning belgilanishi.

3-jadval. 1m³ B30 sinfdagi taranglanuvchi sement asosidagi beton uchun sarf-harajatlar

Material	O‘lchov birligi	Material sarfi	Narxi, so‘m	Jami narxi, so‘m
Sement NS-20	kg	406	1848	750288
Qum 0-5 mm	kg	646	69	44574
Chaqiq tosh 5-20 mm	kg	1094	45	49230
Suv	l	190	7	1330
Jami		2336		845422

Fibrotemirbetonning iqtisodiy samaradorligi. Olib borilgan tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, po‘lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobeton va taranglanuvchi sement asosidagi betonni ishlab chiqarishda qo‘llanadigan materiallarning tarkibi va bu materiallarning tannarxlarini hisoblash natijalari 3 va 4-jadvallarda keltirilgan.

4-jadval. 1m³ B30 sinfdagi fibrobeton uchun sarf-harajatlar

Material	O‘lchov birligi	Material sarfi	Narxi, so‘m	Jami narxi, so‘m
Sement PS-400	kg	378	600	226800
Qum 0-5 mm	kg	646	69	44574
Chaqiq tosh 5-20 mm	kg	1094	45	49230
Suv	l	190	7	1330
Po‘lat tolasi	kg	23	21600	496800
Jami		2332		818734

Po‘lat tolalar asosidagi fibrobetonning mustahkamligi va darzbardoshligining yuqori bo‘lishi, bu fibrobetonni suv o‘tkazmasligi yuqori bo‘lishi talab etiladigan mustahkamlikdagi sement asosidagi beton konstruksiyalarda, ya’ni rezervuarlar, transport, aloqa va metro tunnellari hamda shunga o‘xshagan qotish jarayonida kirishmaydigan sementlarni talab qiladigan inshootlarda qo‘llash mumkinligini ko‘rsatdi.

XULOSALAR

1. Eksperimental tadqiqotlar yordamida fibrobeton uchun po‘lat tolalarning optimal uzunlik va miqdorlarini aniqlash uchun uzunligi 10÷50 mm (gradatsiya 10) bo‘lgan po‘lat tolalarni betonga 0,5÷3 % (gradatsiya 0,5) miqdorlarida qo‘shilganda, po‘lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobetonning siqilishdagi mustahkamligi tolalar qo‘shilmagan namunalarning siqilishdagi mustahkamligiga nisbatan 10-40% ga ortishi, shuningdek, fibrobetonning mustahkamligini ortishida po‘lat tolalarning uzunligiga nisbatan uning miqdorlari asosiy omil bo‘lishi aniqlandi. Bu fibrobeton konstruksiyalardagi armaturalash foizini kamaytirish imkoniyatini yaratadi.

2. Oddiy betondan tayyorlangan namunalarning o‘rtacha elastiklik modullariga nisbatan po‘lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobetondagi elastiklik moduli 10-15 % ga katta bo‘lishi eksperimental tadqiqotlar natijasida aniqlandi. Bundan ko‘rinadiki, po‘lat tolalar bilan dispers armaturalangan

betonning mustahkamligi tekis dispers armaturalanishi hisobiga oshadi va armaturalashda bir jinslilikni ta'minlanishiga xizmat qiladi.

3. Po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobetonning va po'lat tola qo'shilmagan betondan tayyorlangan namunalarning buzilishi hamda yemirilish xarakteri farq qildi, ya'ni, po'lat tola qo'shilmagan betonda mo'rt buzilish kuzatildi va asosiy darz hosil bo'lishi bilan qismlarga ajralib buzilishi kuzatildi. Dispersli namunalar sinovdan keyin ham uning qismlari beton matritsasining deformatsiyalangan tolalar bilan bog'langan holatda qolishi-ushlashi aniqlandi. Bu betondagi yemirilishga qarshilikni oshganligidan dalolat beradi.

4. Tajriba va nazariy hisoblash natijalariga ko'ra, oddiy betondan tayyorlangan temirbeton to'sinlarning darzbardoshligiga nisbatan po'lat tolalar asosidagi fibrotemirbeton to'sinlarning darzbardoshligi 2-3 martaga yuqori bo'lishi aniqlandi. Bu temirbeton to'sinlarining ishonchliligini ta'minlanganligidan dalolat beradi.

5. Eksperimental tadqiqotlar asosida olingan ilmiy natijalar shuni ko'rsatadiki, fibrotemirbeton to'sinlardagi yuk ko'tarish qobiliyati oddiy to'sinlardagi shu miqdorlarga nisbatan 20÷30 % ga ortishi va yuqori bo'lishi ishonchli eksperimental sinovlar yordamida asoslandi. Fibrotemirbetonning yuk ko'tarish qobiliyatini sezilarli ravishda ortishi temirbeton to'sinlarning kesim o'lchamlari va armaturalardan samarali foydalanish mumkinligini ko'rsatadi.

6. Tajribalar natijalariga ko'ra, temirbeton va fibrotemirbeton to'sinlarda armatura va betondagi nisbiy deformatsiyalar yuklanishlarning dastlabki bosqichlarida bir xil holda to'g'ri chiziqli shaklda bo'lishi va yuklarning ortib borishi bilan oddiy temirbeton to'sinning nisbiy deformatsiyasi fibrotemirbeton to'sinning nisbiy deformatsiyasiga nisbatan yuqori bo'lishi kuzatildi va aniqlandi. Bu oddiy betondan tayyorlangan temirbeton to'sinlarning buzilishi fibrotemirbeton to'sinlarning buzilishiga nisbatan tez sodir bo'lishini ko'rsatadi.

7. Nazariy hisoblash ishlari natijalariga ko'ra, po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton to'sinlarning yuk ko'tarish qobiliyati og'ir betondan tayyorlangan temirbeton to'sinlarning yuk ko'tarish qobiliyatiga nisbatan 16-28 % ortganligini ko'rsatdi va shu bo'yicha ilmiy natijalar olindi. Bu natija po'lat tolalardan foydalanish samarasini belgilaydi va shu bilan birga temirbeton to'sinlarni kuchaytirish imkoniyatini beradi.

8. ANSYS dasturi yordamida po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton to'sinlar materiallarining noxiziqli xususiyatlarini hisobga olgan holda nazariy modellashtirildi va to'sinlarning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatlari, mustahkamliklari, solqiliklarini aniqlash imkoniyatini berdi. Shu bilan birga, po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton to'sinlarning yuk ko'tarish qobiliyati oddiy betondan tayyorlangan temirbeton to'sinlarga nisbatan 15-25 % ga yuqori bo'lishi aniqlandi. Bu eksperimental tadqiqotlar natijalarini nazariy jihatdan ham tasdiqlanganligini ko'rsatadi.

9. Iqtisodiy samaradorlikni tahlil qilish orqali zavod sharoitida temirbeton konstruksiyalarni ishlab chiqarishda po'lat tolalarni qo'llashdan kutilayotgan iqtisodiy samara 1m^3 beton uchun 26 688 so'mni tashkil etishi aniqlandi. Agar zavodda bir kunda 100 m^3 beton ishlab chiqarilsa, tadqiq qilinayotgan po'lat tolalarni qo'llashdan kutilayotgan iqtisodiy samara bir oyda 58 713 600 so'm ni, bir yilda 704 563 200 so'm ni tashkil etadi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/01.04.2023.Т.90.02
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
НАМАНГАНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

**НАМАНГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

МАКСУД УГЛИ БАХТИЁР

**НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОЧНОСТЬ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ, УСИЛЕННОЙ СТАЛЬНЫМИ
ВОЛОКНАМИ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ПЛОСКОМ ИЗГИБЕ**

05.09.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2023.3.PhD/T4012.

Диссертация выполнена в Наманганском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации написан на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)), размещён на веб-странице Научного Совета (www.namdtu.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель:

Раззаков Собиржон Жураевич

доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Бегалиев Улугбек Турдалиевич

доктор технических наук, профессор

Юнусалиев Элмурод Махаматякубович

доктор технических наук, доцент

Ведущая организация:

Каракалпакский государственный университет имени Бердаха

Защита диссертации состоится «21» июня 2025 г. в 10⁰⁰ часов на заседании Научного Совета PhD.03/01.04.2023.T.90.02 Наманганского государственного технического университета по присуждению ученых степеней (Адрес: 160103, г. Наманганская область, Уйчинский район, МСГ «Октош» ул Темурмалик, дом 1. Tel.: (99869) 484-12-51; faks: (99869) 481 13 59, e-mail: info@namdtu.uz .

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Наманганского государственного технического университета (зарегистрирован за №16). Адрес: 160103, г.Наманган, улица Ислама Каримова, дом 12. Tel./faks: (+998) 69 234-14-85, e-mail: info@namdtu.uz .

Автореферат диссертации разослан «10» июня 2025 г.

(реестр протокола рассылки № 1/2025-1 «18» январь 2025 г.)

В.Р.Ходжибаев

Председатель Научного Совета по присуждению ученых степеней, д.ф-м.н., профессор

Х.Л.Алимов

Ученый секретарь Научного Совета по присуждению ученых степеней, к.т.н., доцент

А.И.Хамидов

Председатель Научного семинара по присуждению ученых степеней, к.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской (PhD) диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время особое внимание уделяется разработке новых высокопрочных строительных материалов и созданию ресурсо- и энергосберегающих технологий. В этом направлении, с быстрым развитием строительной практики, все больше возрастает значимость использования фибробетонных материалов в железобетонных конструкциях зданий и сооружений. Одним из ключевых преимуществ фибробетона является то, что изготовленные из него изгибаемые фиброармированные бетонные элементы обладают более высокой прочностью и трещиностойкостью по сравнению с обычными бетонными элементами, что, в свою очередь, позволяет сэкономить материальные и энергетические ресурсы. Сегодня многие развитые страны, такие как Китай, Россия, Германия, Япония и Южная Корея, активно проводят научные исследования, направленные на создание высокопрочных строительных материалов с использованием различных видов волокон, а также на повышение надежности железобетонных конструкций за счет увеличения их прочности.

Во всем мире проводится множество научных исследований, направленных на повышение прочности зданий и сооружений и обеспечение их сейсмической безопасности. В частности, необходимы исследования, направленные на дисперсное армирование бетона с использованием различных композитных и стальных волокон, повышение прочности и надежности железобетонных конструкций. Это, в свою очередь, требует проектирования конструкций с дисперсным армированием, приготовления бетонных смесей с добавлением стальной фибры и создания технологии производства из них фибробетонных конструкций. Также актуальными задачами являются определение оптимальных длин и оптимального количества стальных фибр для бетона, изучение и моделирование физико-механических свойств фибробетона, проведение исследований по повышению прочности, пластичности и модуля упругости фибробетонных балок, подвергаемых изгибу.

В нашей республике большое внимание уделяется дальнейшему развитию отрасли строительных материалов, производству конкурентоспособных новых строительных материалов, используемых для обеспечения прочности и сейсмической безопасности зданий и сооружений. В “Дорожной карте”¹ по совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности и повышению сейсмостойкости зданий и сооружений, реализация которой запланирована на 2024-2025 годы, определены задачи по испытанию новых материалов, изучению их свойств и определению области применения. При выполнении этих задач, определение состава фибробетона с использованием стальных волокон для повышения прочности бетона, исследование механических свойств фибробетона, дисперсно-армированного стальными волокнами, изучение напряженно-

¹Постановление Президента Республики Узбекистан от 17 апреля 2024 года № ПП-161 «О мерах по повышению сейсмостойкости зданий и сооружений, а также совершенствованию деятельности по мониторингу сейсмической опасности».

деформируемого состояния, прочности, трещиностойкости фибробетонных балок, а также создание новых практических программ для расчета механических свойств фибробетона считается одной из важнейших задач.

Данное диссертационное исследование в определенной степени направлено на выполнение задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 “О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 – 2026 годы”, Постановлениях Президента Республики Узбекистан от 23 мая 2019 года ПП-4335 “О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов” и 17 апреля 2024 года ПП-161 “О мерах по повышению сейсмостойкости зданий и сооружений, а также совершенствованию деятельности по мониторингу сейсмической опасности”, а также в других нормативно-правовых документах, принятых для данной сферы.

Соответствие исследований с приоритетными направлениями развития науки и технологий в республике. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан II. «Энергетика, энергосбережение и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Проблемами исследования напряжённо-деформационного состояния, прочности и ударопрочности дисперсно-армированных стальными волокнами гибких фибробетонных балок занимались крупнейшие исследователи мира, в том числе Н.И.Радкова, Г.Д.Уткин, И.В.Травуш, К.В.Талантова, С.Ф.Неутов, Н.Н.Черноусов, О.Н.Хегай, Д.Й.Йоо, Й.К.Квак, Х.Х.Динх, П.С.Сонг, Х.Цинь, Ч.Рошани, К.Б.Рамкумар, С.А.Йылдизель, М.Чжао, Э.О.Лансогт, А. Аль-Алави, С.С.Ибрагим, Ю.Ш.Шевалул, Э.Э.Анке, С.Алдин Одаа, С.Иксинь, С.Ли, З.Маркаликова и др., в этом направлении исследований проделана значительная научная работа и достигнут определенный уровень научных результатов.

В Республике Узбекистан ведущие ученые в области железобетонных конструкций и дисперсно-армированного фибробетона на основе волокон, в том числе А.В.Ашрабов, А.А.Ашрабов, Х.А.Акрамов, Б.А.Аскарлов, И.Касимов, И.У.Мажидов, П.Т.Мирзаев, Ш.Р.Низамов, С.Р.Раззаков, С.Ж.Раззаков, Ч.П.Раупов, В.Ф.Усманов, С.А.Ходжаев, А.А.Ходжаев, С.А.Холмирзаев, Ш.Шожалилов, С.С.Шаумаров, А.Ш.Мартазаев и др., проводят исследования в ряде областей, таких как исследование прочности и ударопрочности. Они, в разные годы, на основе своих исследований, получили важные теоретические и практические результаты.

Результаты проведенного диссертантом анализа научно-исследовательских работ показали недостаточность проведенных исследований по применению дисперсно-армированных изгибаемых фибробетонных балок на основе стальных волокон и необходимость, а также актуальность продолжения научных исследований в этих направлениях.

Связь диссертационного исследования с научно-

исследовательскими планами высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с пунктом 24 протокола расширенного видеоселекторного совещания № 95, проведенного при Президенте Республики Узбекистан 3 декабря 2020 года, по внедрению в Наманганском инженерно-строительном институте до конца 2021 года инновационных исследований по производству композиционных материалов, экономящих сырьевые и энергетические ресурсы, и распоряжения Администрации Президента № 02-3540 от 14 декабря 2020 года, а также в рамках планов научных исследований, изложенных в практическом проекте по теме «А-14-11 Исследование комплексного воздействия внутренних и внешних факторов на прочность, сейсмостойкость и деформативность железобетонных конструктивных элементов зданий и сооружений».

Целью исследования является повышение прочности балочных конструкций из фибробетона при поперечном изгибе за счет дисперсного армирования стальными волокнами.

Задачи исследования:

определение оптимального количества и длины стального волокна для фибробетона;

определение прочности фибробетона дисперсно-армированного стальными волокнами при сжатии и растяжении экспериментальными исследованиями;

определение напряженно-деформированного состояния и прочности дисперсно-армированных изгибаемых фибробетонных балок на основе стальных волокон;

исследование закономерности образования и расширения нормальных трещин в конструкциях из фиброжелезобетонных балок с дисперсно-армированными стальными волокнами, путем проведения экспериментальных испытаний в лабораторных условиях;

разработка программы расчета ЭВМ на основе теоретическо-экспериментальной методики изгибаемых фиброжелезобетонных балок с дисперсным армированием стальными волокнами.

Объектом исследования являлись железобетонные балочные конструкции зданий и сооружений, подверженные изгибу.

Предметом исследования является напряженно-деформированное состояние и прочность фибробетонных балок, работающих на изгиб дисперсно- армированных стальными волокнами.

Методы исследования. В процессе исследования были использованы такие методы, как дисперсионное армирование с использованием волокон, расчет по предельным состояниям, конечные элементы, моделирование, экспериментальное испытания, анализ и сравнение.

Научная новизна исследования состоит в следующем:

экспериментально обосновано, что в дисперсно-армированных стальными волокнами фибробетонных балках оптимальное количество стальных волокон составляет 1–3% от массы бетона, а длина волокон должна

быть 10–20 мм и разработан порядок технологического процесса изготовления такой смеси;

определено что использование стальных волокон для дисперсного армирования повышает предел прочности фибробетона при растяжении на 30–40% по сравнению с традиционным бетоном, что подтверждено экспериментальными испытаниями;

на основании изучения напряженно-деформированного состояния экспериментальным методом доказано, что фиброармированные железобетонные балки обладают на 20–30% большей несущей способностью по сравнению с традиционными бетонными балками;

определением и применением при дисперсном армировании оптимальных количеств и длины стальных волокон достигнуто повышение трещиностойкости балок в 2-3 раза по сравнению с обычными железобетонными балками.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны количество стальных волокон и эффективные длины для фибробетонных балок с дисперсным армированием стальными волокнами;

программное обеспечение ЭВМ было разработано для определения несущей способности балок с дисперсным армированием стальными волокнами.

Достоверность результатов исследования. Достоверность полученных научных результатов объясняется тем, что исследования проводились с использованием современных методов и инструментов, теоретические расчеты и эксперименты проводились в соответствии со строительными нормами и правилами, объясняются полученные результаты на основе компьютерной программы совместимостью практических и теоретических научных результатов и внедрением их в практику.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования объясняется определением оптимального количества стальных волокон для фибробетона и фиброжелезобетона с дисперсно-армированным стальными волокнами.

Практическая значимость результатов исследований объясняется тем, что разработаны программы, позволяющие определять напряженность и деформируемость, прочность фиброжелезобетонных балок на основе стальных волокон, применение этих программ в практике проектирования.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по прочности и деформируемости железобетонных балок с поперечным изгибом, дисперсно-армированных стальными волокнами:

программа расчета прочности дисперсно-армированных фибробетонных балок со стальной фиброй, внедрена в ООО «Коммуналтаъмирлойиха» в процессе проектирования 300-местного учебного корпуса, расположенного на территории общеобразовательной школы №4 Туракурганского района (Справка Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан от 31.10.2024

под номером 24-06/11490). В результате был достигнут экономический эффект до 15%;

на ООО «Бунёдкор-3» внедрён в производство фибробетон, армированный стальной фиброй (справка Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан от 31.10.2024 под номером 24-06/11490). За счет дисперсного армирования стальной фиброй прочность фибробетона на сжатии увеличивается на 10÷40%, прочность на растяжение на 30÷40%, прочность на изгиб на 20÷30% и в результате достигнута экономия сырья;

программа расчета фибробетонных балок, дисперсно армированных стальной фиброй, внедрена для проектных работ в «Региональной инспекции по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству Наманганской области». (Справка Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан от 31.10.2024 под номером 24-06/11490). В результате за счет применения его в проектной работе удалось повысить качество работы и производительность труда на 15-20 процентов.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований по теме диссертации обсуждались на 6 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследований. Всего по теме диссертации опубликовано 17 научных работ. В том числе, 1 статьи в базе журналов Scopus, 2 в зарубежных журналах с высоким импакт-фактором, 4 в республиканских журналах входящих в перечень ВАК и получено 1 свидетельство для программы ЭВМ от Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Состав и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 112 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В введении обоснованы актуальность и востребованность выполненного диссертационного исследования, изложены цели и задачи, объект и предмет исследования, совместимость с приоритетными направлениями развития науки и технологии Республики, научная новизна и научно-практическая значимость полученных результатов, применение результатов исследований в производстве, сведения об утверждении результатов исследований и научных статей, опубликованных по теме диссертации, а также сведения о структуре и объеме диссертации.

В первой главе диссертации под названием «**Состояние изученности проблемы и постановка задачи**» приведены аналитические обзоры научных работ, опубликованных в научно-технической литературе по теме исследования.

Фибробетон – это композитный строительный материал, армированный волокнами. Стальной волоконный фибробетон состоит в основном из трех

компонентов: мелких и крупных заполнителей, стального волокна и вяжущих материалов. Фибробетон-новый строительный материал, который используется в резервуарах, транспорте, коммуникациях и туннелях метро из-за его высокой прочности и высокой ударной вязкости. Также важнейшей функцией фибробетона является предотвращение появления микро и макротрещин в бетоне.

Очень мало научных работ посвящено экспериментальному, теоретическому изучению и исследованию работы фибробетонных конструкций на основе стальных волокон с учетом сухожарких климатических условий Республики Узбекистан. Поэтому изучение физико-механических свойств фибробетона на основе стальных волокон, производимого в настоящее время в нашей стране, а также учет местных природно-климатических условий при расчете и проектировании фибробетонных конструкций являются актуальными.

Во второй главе диссертации под названием «**Определение оптимального количества стального волокна для фибробетона**», представлены результаты экспериментального исследования по определению оптимального количества стального волокна для фибробетона, оценки значимости факторов, влияющих на прочность фибробетона с помощью дисперсионного анализа.

Анализ имеющихся научно-исследовательских работ показывает, что до сих пор научно-исследовательские работы по физико-механическим свойствам фибробетона, армированного стальными волокнами, были выполнены недостаточно, в том числе не было проведено достаточных исследований по определению оптимального количества стального волокна.

Таблица 1. Основные показатели стального волокна

Стальное волокно	Плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа	Модуль упругости, ГПа	Диаметр волокна, мм	Длина волокна, мм
	7850	2500	200	0.3	10, 20, 30, 40, 50

Как известно, основной показатель прочности бетона определяется его прочностью на сжатие. В частности, на этом основании определялся и класс бетона, в исследованиях изучалась прочность на сжатие кубических образцов бетона с добавлением стальных волокон. Показатели по свойствам стального волокна, используемого для фибробетона, приведены в таблице 1.

Экспериментальные работы проводились в лабораторных условиях для получения бетона класса В25 по проектным показателям путем добавления в бетон стальных волокон. Для проведения опытов в 31 серии были изготовлены бетонные кубические образцы со сторонами 100x100x100 мм по стандартным требованиям.

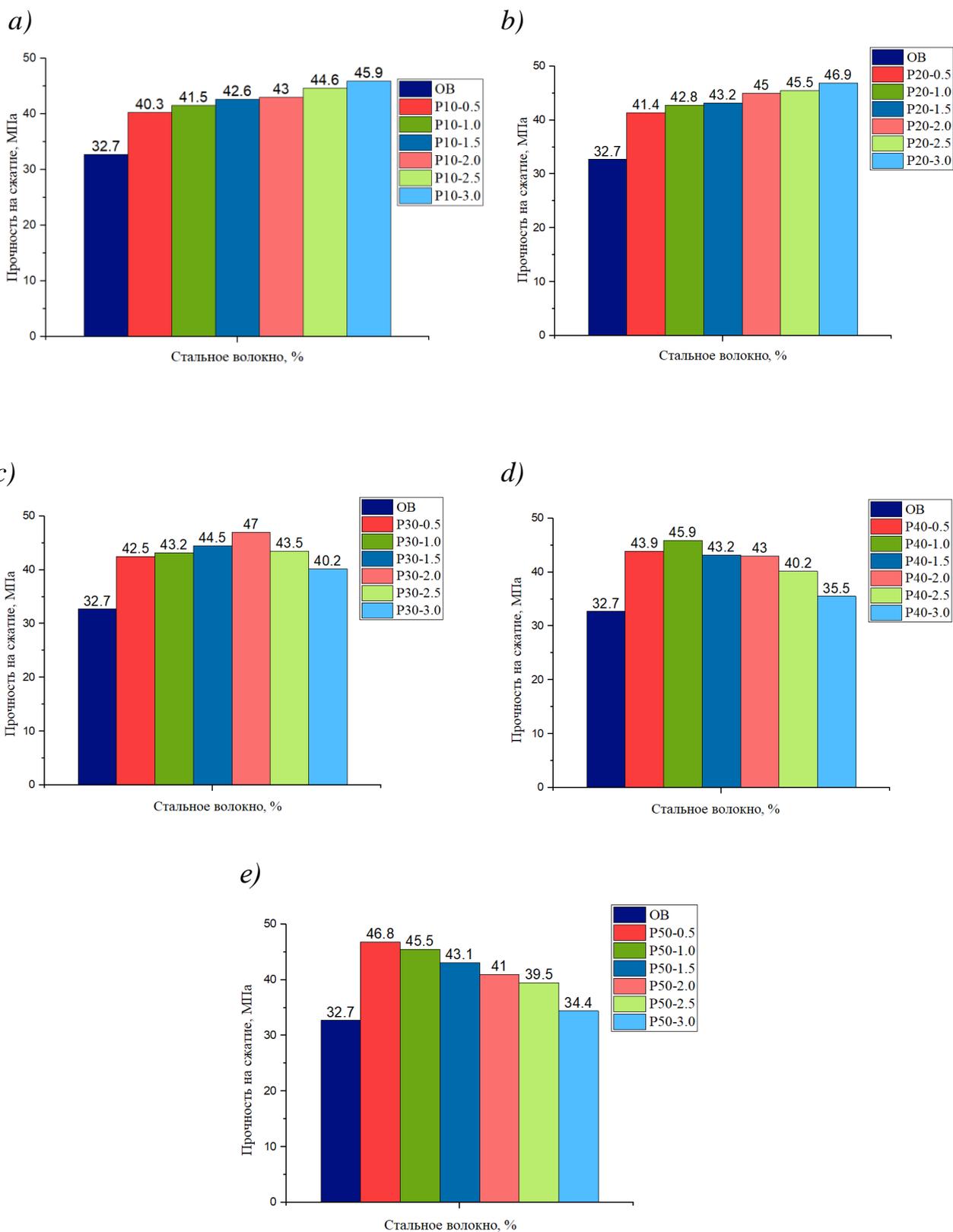


Рис.1. Графики показателей прочности бетона с добавлением стальных волокон за 28 дней: а) 10 мм; б) 20 мм; в) 30 мм; д) 40 мм; е) 50 мм.

В экспериментах были получены основные научные результаты, имеющие практическое значение, по ним был проведен анализ, занесен в соответствующие таблицы и графики. Результаты экспериментальных испытаний образцов бетонных кубов, изготовленных из стального волокна и

без стального волокна, показаны на рисунке 1.

В третьей главе диссертации, озаглавленной как “Результаты опытных испытаний дисперсно-армированных фибро-железобетонных балок со стальными волокнами”, представлены задачи опытно-исследовательской работы, результаты исследований по конструированию и изготовлению образцов, средств и измерительных приборов, изготовлению испытательных моделей.

Для экспериментального изучения фибро-железобетонных балок на основе стальных волокон были изготовлены образцы балок 10 серий. Образцы балок первой серии состоят из обычного железобетона без добавления стальных волокон, а образцы оставшейся серии состоят из фибробетона с добавлением стальных волокон.

Размеры поперечного сечения балок фибросталебетонных образцов составляли 100x200x1200 мм, а расчетная длина-1050 мм. В качестве рабочей арматуры к растягиваемому участку балок образца использовались арматуры диаметром 12 мм и класса А-III. А к сжимаемому участку балок применяли арматуру класса А-III диаметром 8 мм. При формировании пространственного каркаса использовались поперечные арматуры класса В-I, а также проволочные арматуры диаметром 5 мм. Балки и их арматура, использованные в контрольно-исследовательской работе, показаны на рисунке 2.

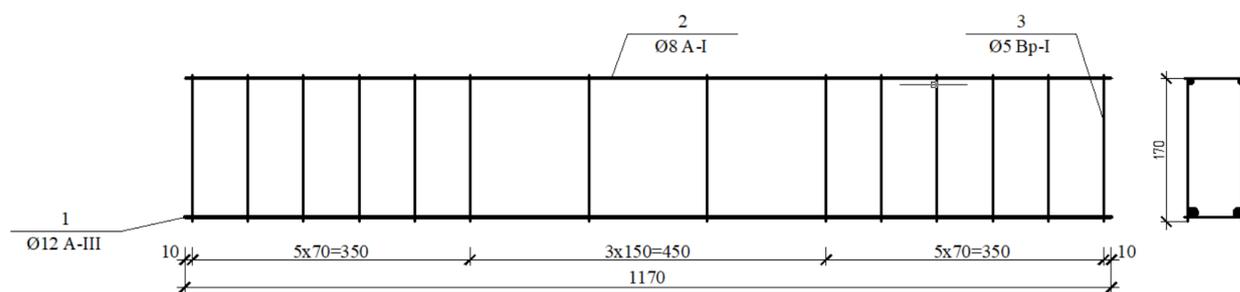
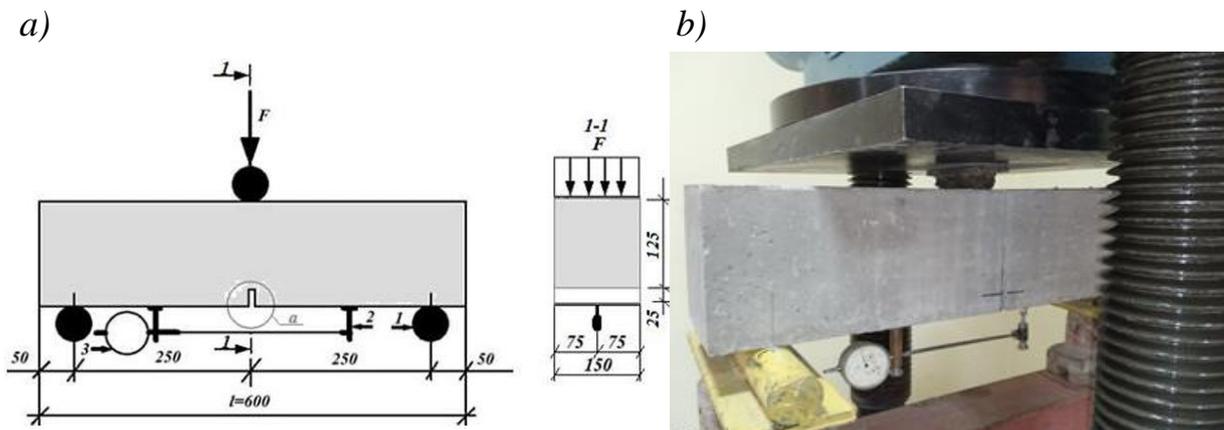


Рис.-2. Армирование балки использованной в экспериментальной работе

Для определения остаточной прочности на растяжение фибробетона, армированного стальными фибрами, были изготовлены призматические образцы с размерами поперечного сечения 150x150x600 мм в соответствии с требованиями ГОСТ 59535-2021.



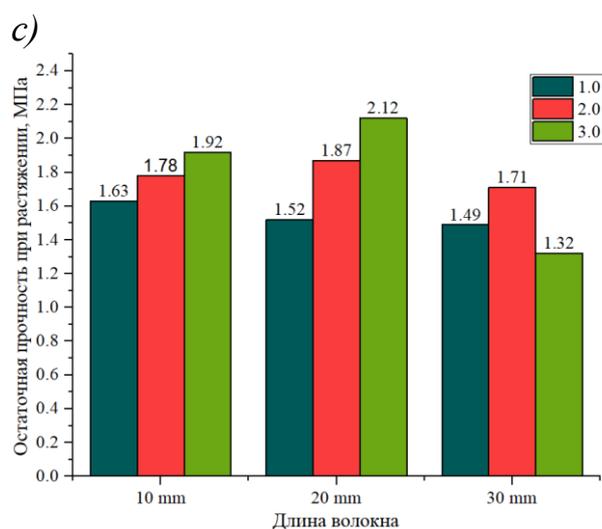
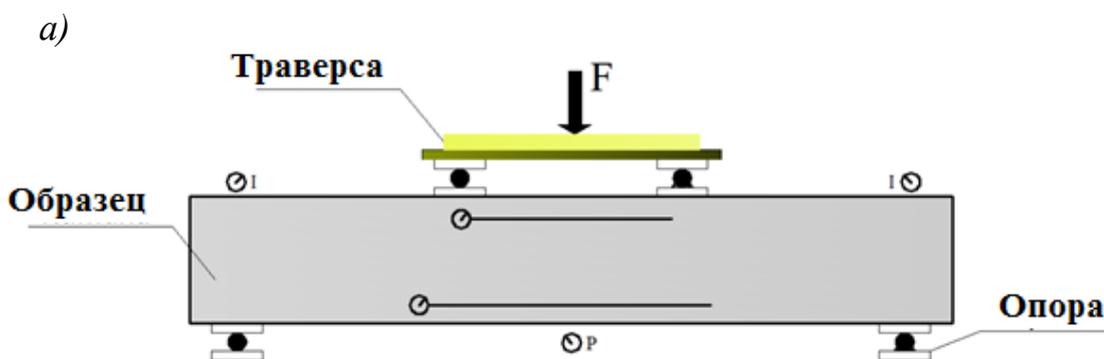


Рис.3. Остаточное сопротивление фибробетона при растяжении: а) испытательная схема; б) общий вид после тестирования; с) график результатов.

Результаты определения $R_{fb3,n}$ остаточной прочности на растяжение в ходе испытаний представлены на рисунке 3.

Методика испытаний балок: для определения относительных деформаций бетона в контрольных образцах на сжимаемые и растягивающиеся части устанавливались индикаторы цифрового часового типа с точностью измерения 0,01 мм и прогибомер с точностью измерения уплотнения 0,1 мм, а также переносная мессура с основанием 30 см. Для выявления относительных деформаций арматуры устанавливают переносную мессуру с основанием 50 см.



б)

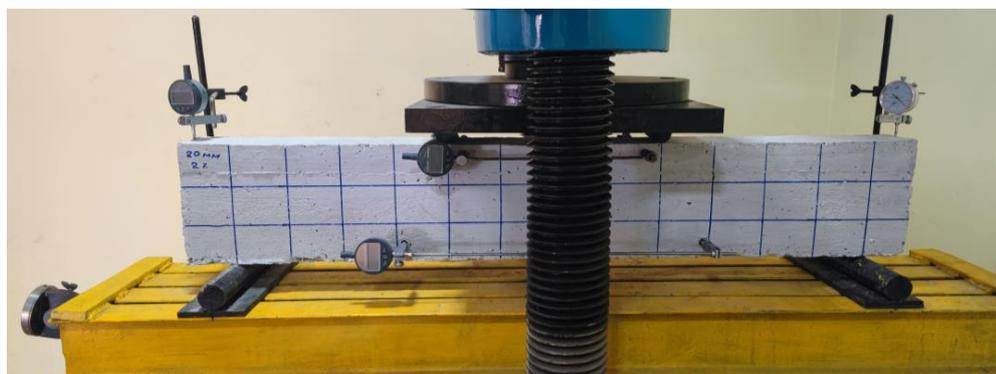
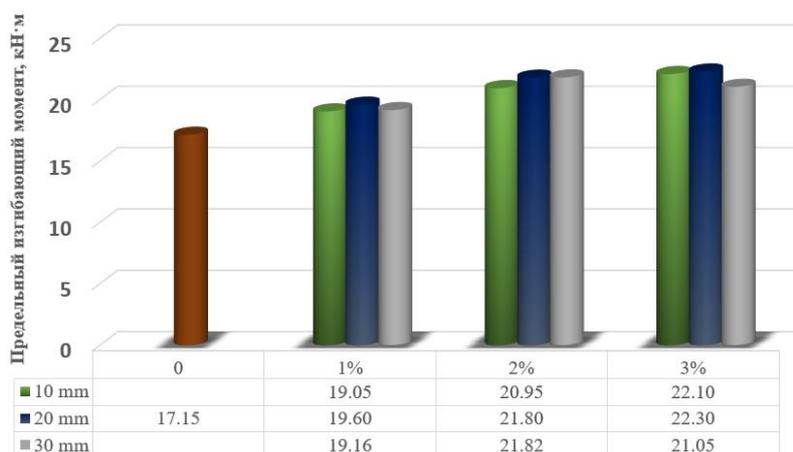


Рис.4. Вид фиброжелезобетонной балки: а) схема нагружения; б) процесс нагружения.

Для измерения трещин в образцах использовался микроскоп с точностью измерения 0,05 мм. Схема нагрузки и обзор процесса проведения опытно-испытательных работ измерительными приборами, установленными на железобетонных и фиброжелезобетонных балках, показаны на рисунке 4.

При испытании образцов нагрузки давались в двух разных порядках. 5% величины разрушающей силы, определяемой на основании теоретических расчетов, давалось до образования трещины, а 10% величины разрушающей силы давалось после образования трещины. Интервал между этапами загрузки составлял 10 минут. На каждом этапе записывались показатели на измерительных приборах. То есть регистрировались значения нагрузок на каждом этапе, значения крутизны, величины деформаций арматуры и бетона, вскрытия трещин и их развития. Ширина отверстия трещин измерялась под микроскопом с точностью 0,05 мм. Приборы снимали с образца, когда значения разрушающей силы достигали 80-90%. Нагрузки давались до разрушения железобетонных и фибро-железобетонных балок. Наблюдался процесс деградации образцов, и результаты показаны на рисунке 5.

а)



б)

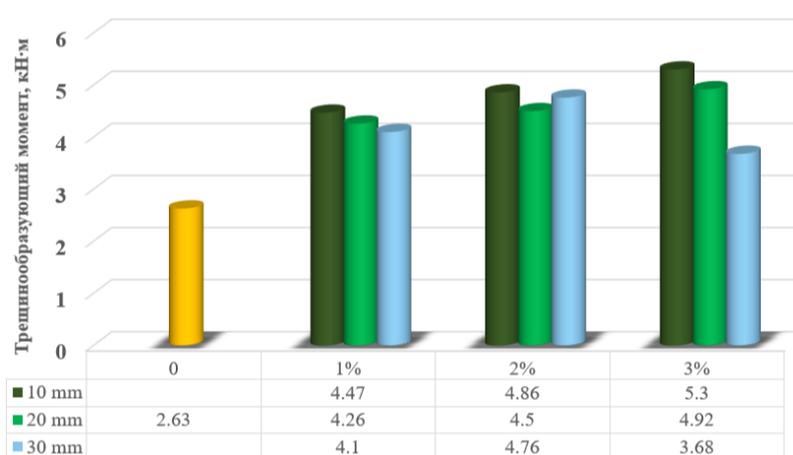


Рис.5. Образование трещин в балках: а) изгибающий момент при образовании начальных трещин; б) максимальный предельный изгибающий момент.

По результатам эксперимента наблюдалось увеличение в 2-3 раза величины нагрузки, образующей нормальные трещины на фиброжелезобетонных балках на основе стальных волокон, по сравнению с величиной нагрузки, образующей нормальные трещины на обычных железобетонных балках.

Развитие деформаций в фибробетоне и арматуре, дисперсно-армированном стальными волокнами: анализ результатов эксперимента показывает, что деформации бетона в балках образца при растяжении и сжатии были прямолинейными на начальных этапах нагрузки.

Деформация сжатия бетона нормального сечения образца при достижении величины разрушающей силы в железобетонных балках серии I достигали величин к $\varepsilon_{fb} = (15-24) \cdot 10^{-5}$, а деформация растяжения-величин $\varepsilon_{fbr} = (25-32) \cdot 10^{-5}$. Когда величина разрушающей силы достигает 80-90%, деформация сжатия бетона в балках образца достигает к $\varepsilon_{fb} = (170-185) \cdot 10^{-5}$, а $\varepsilon_{fbr} = (40-52) \cdot 10^{-5}$ деформация растяжения достигает значений (рис.6).

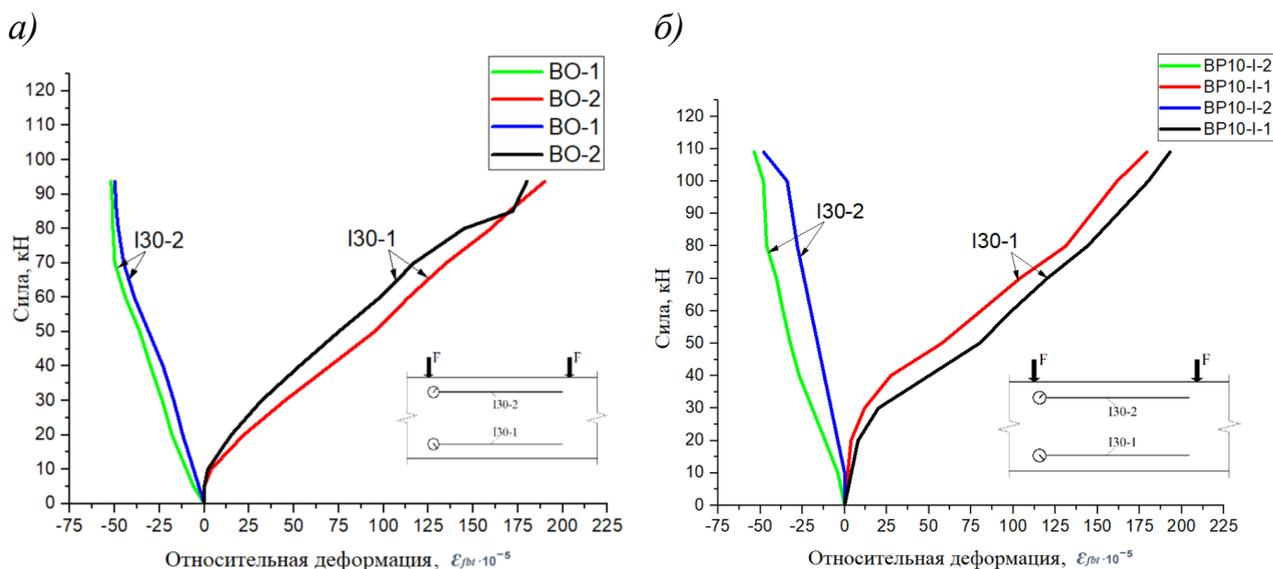


Рис.6. Графики средних относительных деформаций сжатия и растяжения бетонов в образцах: а) в железобетонных балках; б) в фиброжелезобетонных балках

Деформация сжатия бетона нормального сечения образцов при достижении величины разрушающей силы в балках образцов II серии равнялась к $\varepsilon_{fb} = (6-10) \cdot 10^{-5}$, а $\varepsilon_{fbr} = (8-15) \cdot 10^{-5}$ деформация растяжения-величинам (рис.6). По мере увеличения количества нагрузок деформация сжатия и растяжения бетона также увеличивалась.

Железобетонная балка с дисперсионным армированием стальными волокнами и из обычного железобетона. Результаты испытаний, полученные на основе опытно-испытательных работ образцов, приведены на рисунке 7.

Путем добавления стальных волокон длиной 10,20 мм в количествах 1,0; 2,0; 3,0% было установлено, что значение остаточной прочности на растяжение дисперсно-армированного фибробетона находятся в пределе

1,32÷2,12 МПа.

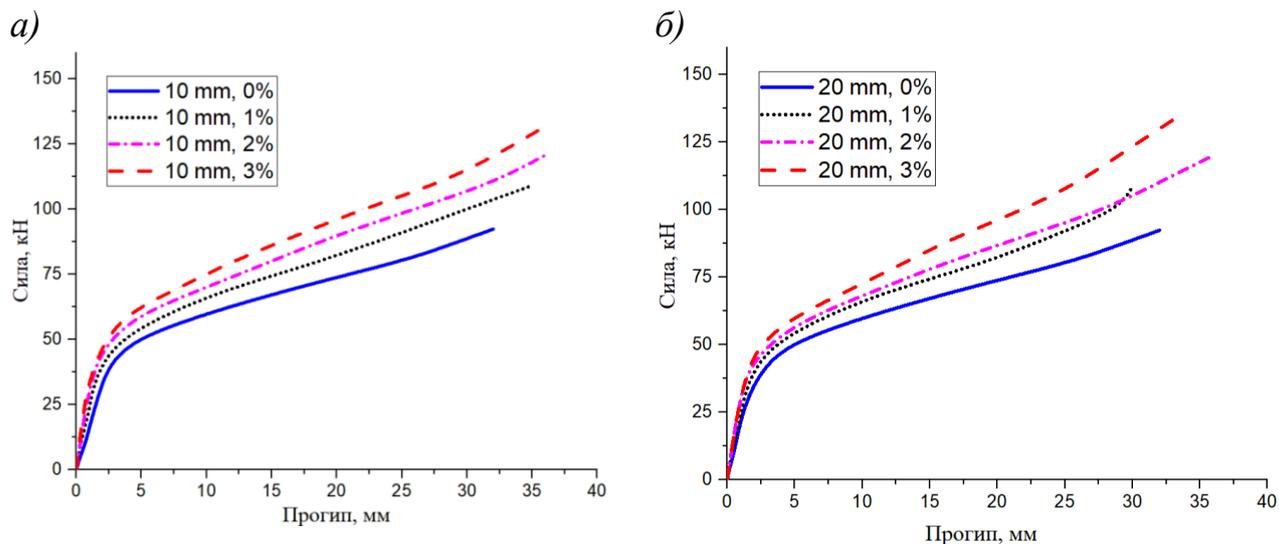


Рис.7. График зависимости прогиба от разрушающей силы в образцах балок: длина стального волокна а) 10 мм; б) 20 мм.

Прочность на растяжение фибробетона, дисперсно армированного стальными волокнами длиной 10 мм, увеличилась на 30÷40% по сравнению с обычными бетонными образцами. Установлено, что прочность на растяжение фибробетона, армированного стальными волокнами длиной 20 мм, увеличивается на 45÷55% по сравнению с обычными бетонными образцами.

По сравнению со средними модулями упругости призматических образцов из обычного бетона, модули упругости в образцах из фибробетона, армированных стальными волокнами, увеличились на 10-15%.

По результатам эксперимента установлено, что величина нагрузки, образующей нормальные трещины в фиброжелезобетонных балках на основе стальных волокон, увеличивается в 2-3 раза по сравнению с величиной нагрузки, образующей нормальные трещины на обычных железобетонных балках.

Научные результаты, полученные на основе экспериментальных исследований, показывают, что несущая способность в фиброжелезобетонных балках на 15÷25% выше, чем в обычных балках в тех же количествах.

По результатам эксперимента установлено, что относительные деформации арматуры и бетона на железобетонных и фиброжелезобетонных балках на начальных этапах нагрузок имеют одинаковую прямолинейную форму. При увеличении нагрузок наблюдалась более высокая относительная деформация обычной железобетонной балки по сравнению с относительной деформацией фиброжелезобетонной балки.

Отмечено, что полученные на основе экспериментальных работ прогибы образцов железобетонных балок из обычного железобетона и дисперсно-армированные стальными волокнами растут одинаково на начальных этапах нагружения.

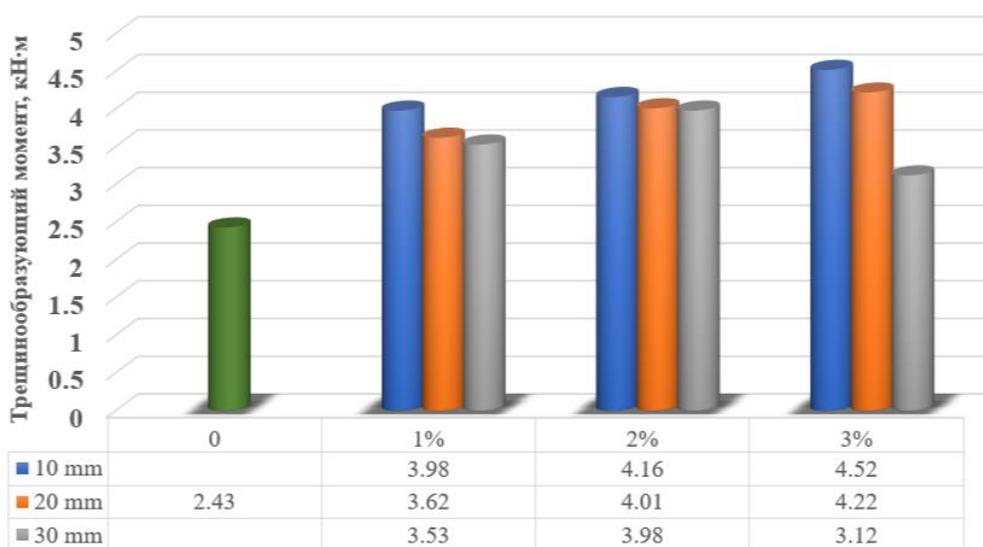
Было отмечено, что с увеличением нагрузки значения жесткости резко

возрастают после того, как арматура проходит предел текучести. Установлено, что прочность железобетонных балок превышает прочность фиброжелезобетонных балок при одинаковой величине нагрузок.

В четвертой главе диссертации под названием “**Результаты расчета дисперсноармированных фибробетонных балок на основе стальных волокон на прочность и напряженно-деформационное состояние**”, по результатам теоретических расчетов был произведен расчет по определению несущей способности и трещиностойкости стальных фибробетонных балок.

При определении трещинообразующего момента фибробетона и железобетонных балок относительно продольной оси, если расчетное значение ширины трещины или провисания превышает допустимое предельное значение, трещинообразующий момент определяют с учетом неупругой деформации растянутого фибробетона.

а)



б)

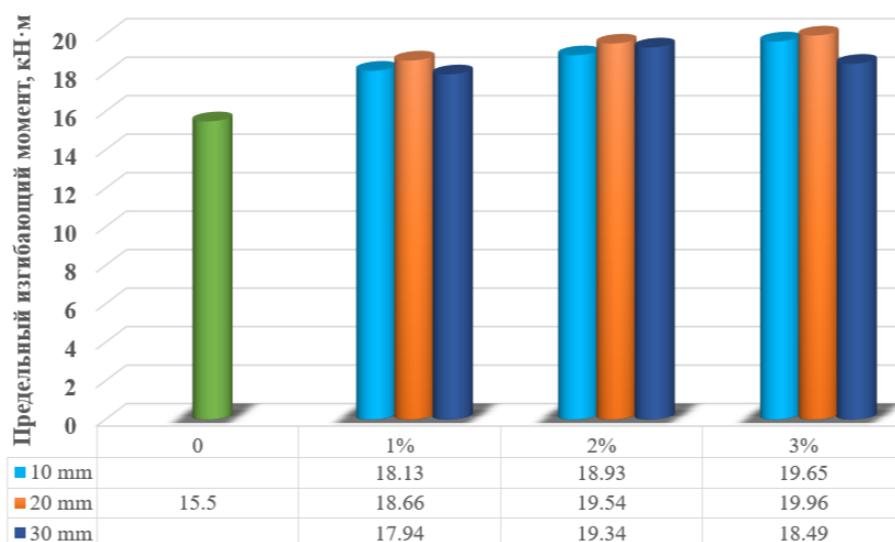


Рис.8. График результатов теоретических расчетов:
а) трещинообразующий момент; б) предельный изгибающий момент.

По результатам теоретического расчета образцовых балок грузоподъемность железобетонных балок без дисперсионного армирования стальными волокнами составила 88,57 кН. Несущая способность фиброжелезобетонных балок, дисперсно армированных стальными волокнами с содержанием 1,0% в бетоне и длиной 10 мм, составила 103,60 кН. Несущая способность фиброжелезобетонных балок увеличилась на 16,96% по сравнению с несущей способностью обычных железобетонных балок.

Установлено, что время наступления трещинообразующих моментов в фибробетонных балках с добавлением стальных фибр более позднее, чем в железобетонных балках из обычного тяжелого бетона. Значения трещинообразующих и предельных изгибающих моментов в результатах, полученных на основе теоретических расчетов железобетонных и фибробетонных балок, представлены на рисунке 8.

Установлено, что несущая способность фибробетонных балок, дисперсно-армированных стальными волокнами, увеличилась на 15–25% по сравнению с несущей способностью обычных балок. По результатам теоретических расчетов образцов балок установлено, что прочность сталефибробетонных балок в 2-3 раза выше прочности железобетонных балок из обычного бетона.

В пятой главе диссертации под названием «**Моделирование и экономическая эффективность фибробетонных балок с дисперсной стальной фиброй с использованием программы ANSYS**» были определены задачи при моделировании железобетонных и фибробетонных балок с дисперсной стальной фиброй в программе ANSYS (рисунки 9-13):

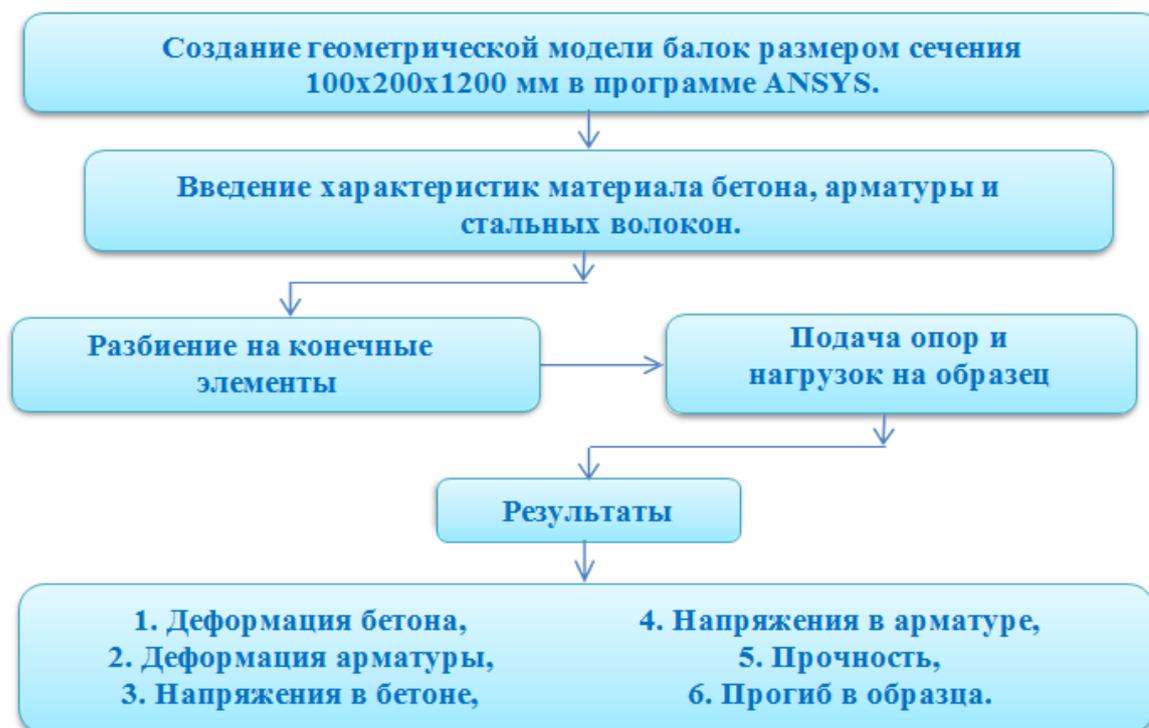


Рис.9. Расчет прочности исследовательских образцов с помощью программного обеспечения ANSYS

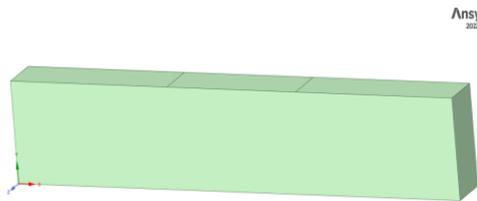


Рис.10. Модель образца балки

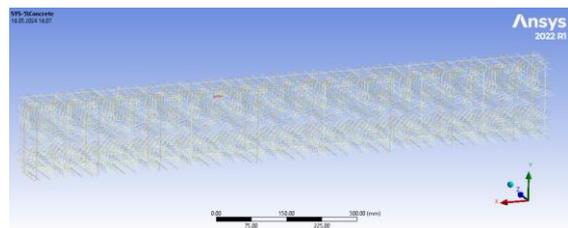


Рис.11. Модель стальных волокон в фибробетонной

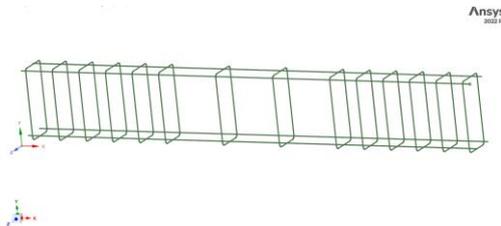


Рис.12. Пример модели армирования балки

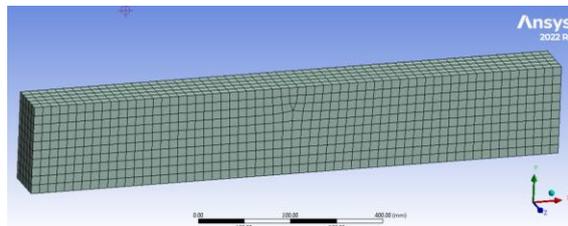


Рис.13. Вид балок с разделених на конечными элементами

Сравнение экспериментальных, теоретических и аналитико-численных результатов. Эксперимент, теоретические расчеты и результаты, полученные в программе ANSYS, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Сравнение результатов разрушающего момента железобетонных и фибробетонных балок

Обозначение	ВО	ВР10-I	ВР10-II	ВР10-III	ВР20-I
$M_{ult}^{eks}, kN\cdot m$	17,15	19,05	20,95	22,10	19,60
$M_{ult}^{naz}, kN\cdot m$	15,5	18,13	18,93	19,65	18,66
$M_{ult}^{ana}, kN\cdot m$	18,10	20,73	21,8	22,65	20,86
$\Delta = \frac{M_{ult}^{eks} - M_{ult}^{naz}}{M_{ult}^{eks}} \cdot 100\%$	9,62	4,82	9,64	11,08	4,79
$M_{crc}^{eks}, kN\cdot m$	2,63	4,47	4,86	5,30	4,26
$M_{crc}^{naz}, kN\cdot m$	2,43	3,98	4,16	4,52	3,62
$\Delta = \frac{M_{crc}^{eks} - M_{crc}^{naz}}{M_{crc}^{eks}} \cdot 100\%$	7,60	10,96	14,40	14,71	15,02
Обозначение	ВР20-II	ВР20-III	ВР30-I	ВР30-II	ВР30-III
$M_{ult}^{eks}, kN\cdot m$	21,80	22,30	19,16	21,82	21,05
$M_{ult}^{naz}, kN\cdot m$	19,54	19,96	17,94	19,34	18,49
$M_{ult}^{ana}, kN\cdot m$	21,48	22,52	20,98	21,53	21,16
$\Delta = \frac{M_{ult}^{eks} - M_{ult}^{naz}}{M_{ult}^{eks}} \cdot 100\%$	10,36	10,49	6,36	11,36	12,16
$M_{crc}^{eks}, kN\cdot m$	4,50	4,92	4,10	4,76	3,68

$M_{crc}^{naz}, kN\cdot m$	4,01	4,22	3,53	3,98	3,12
$\Delta = \frac{M_{crc}^{eks} - M_{crc}^{naz}}{M_{crc}^{eks}} \cdot 100\%$	10,89	14,22	13,90	16,38	15,22

M_{ult}^{eks} , M_{ult}^{naz} , M_{ult}^{ana} определение разрушающих моментов в фибробетонных балках, полученных экспериментальным, теоретическим и с помощью программного обеспечения ANSYS;

M_{crc}^{eks} , M_{crc}^{naz} -определение моментов образования начальных трещин в фибробетонных балках, полученных на основе экспериментальных и теоретических исследований.

Таблица 3. Затраты на 1 куб.м бетона на основе самоупрочающего цемента класса В30

Материал	Единица измерения	Расход материала	Цена, сум	Общая стоимость
Цемент НЦ-20	кг	406	1848	750288
Песок 0-5 мм	кг	646	69	44574
щебень 5-20 мм	кг	1094	45	49230
вода	л	190	7	1330
общий		2336		845422

Экономическая эффективность фибробетона. По результатам проведенных экспериментальных исследований состав материалов, применяемых при изготовлении фибробетона дисперсно-армированного стальными волокнами и бетона на основе самоупрочающего цемента, и результаты расчета себестоимости этих материалов приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 4. Затраты на 1м³ фибробетона класса В30

Материал	Единица измерения	Расход материала	Цена, сум	Общая стоимость
Цемент ПЦ-400	кг	378	600	226800
Песок 0-5 мм	кг	646	69	44574
щебень 5-20 мм	кг	1094	45	49230
вода	л	190	7	1330
Стальное волокно	кг	23	21600	496800
общий		2332		818734

Высокая прочность и трещиностойкость фибробетона на основе стальных волокон показали, что этот фибробетон можно использовать в бетонных конструкциях на основе цемента с прочностью, требующей

высокой водонепроницаемости, то есть в конструкциях, требующих резервуаров, транспорта, коммуникаций и туннелей метро, а также в конструкциях, требующих цементов, которые не попадают в аналогичный процесс затвердевания.

ВЫВОДЫ

1. Для определения оптимальной длины и количества стальных волокон для фибробетона с помощью экспериментальных исследований при добавлении в бетон стальных волокон длиной 10÷50 мм (градация 10) в количествах 0,5÷3 % (градация 0,5) прочность на сжатие фибробетона, армированного дисперсными стальными волокнами, увеличивается на 10-40% по сравнению с прочностью на сжатие образцов без добавления волокон, а также прочность фибробетона по отношению к длине стальных волокон, его количество является основным фактором. Это позволяет снизить процент армирования в фибробетонных конструкциях.

2. В результате экспериментальных исследований установлено, что модуль упругости в фибробетоне, армированном стальными волокнами, на 10-15% больше, чем в среднем по модулям упругости образцов из обычного бетона. Из этого видно, что прочность дисперсно-армированного бетона со стальными волокнами, увеличивается за счет равномерного распределения и это служит обеспечению однородности матрицы.

3. Разрушение и износ образцов, изготовленных из бетона с дисперсной арматурой из стальных волокон и без добавления стальных волокон, имели различия в характере. То есть, в бетоне без стальных волокон наблюдалось хрупкое разрушение с образованием основной трещины, что приводило к расколу на части. В образцах с дисперсной арматурой было установлено, что после испытания части образцов оставались связаны с деформированными волокнами в матрице бетона. Это свидетельствует о повышенной устойчивости бетона к эрозии.

4. По результатам экспериментальных и теоретических расчетов установлено, что трещиностойкость фиброжелезобетонных балок на основе стальных волокон в 2-3 раза выше по сравнению с трещиностойкостью железобетонных балок из обычного бетона. Это свидетельствует о том, что надежность железобетонных балок гарантирована.

5. Научные результаты, полученные на основе экспериментальных исследований, свидетельствуют о том, что увеличение несущей способности в фиброжелезобетонных балках на 20÷30% и выше по сравнению с теми же величинами в обычных балках. Это было обосновано надежными экспериментальными испытаниями. Значительное увеличение несущей способности фибробетона показало, что размеры поперечного сечения железобетонных балок и арматура могут быть эффективно использованы.

6. По результатам опытов было замечено и установлено, что в железобетонных и фибробетонных балках относительная деформация арматуры и бетона на начальных этапах нагрузок имеют одинаковую прямолинейную форму, а при увеличении нагрузок относительная

деформация обычной железобетонной балки выше, чем относительная деформация фибробетонной балки. Это говорит о том, что разрушение железобетонных балок из обычного бетона происходит относительно быстро по сравнению с разрушением фиброжелезобетонных балок.

7. По результатам теоретических расчетов было показано, что несущая способность фиброжелезобетонных балок, дисперсно-армированных стальными волокнами, увеличилась на 16-28% по сравнению с несущей способностью железобетонных балок из тяжелого бетона, на основании чего были получены научные результаты. Этот результат определяет эффект от использования стальных волокон и в то же время дает возможность усилить железобетонные балки.

8. С помощью программы ANSYS было проведено теоретическое моделирование с учетом нелинейных свойств материалов фиброжелезобетонных балок с дисперсионным армированием стальными волокнами и дана возможность определения напряженно-деформируемых состояний, прочности, упругости балок. При этом установлено, что несущая способность фиброжелезобетонных балок, дисперсно армированных стальными волокнами, на 15-25% выше, чем у железобетонных балок из обычного бетона. Это свидетельствует о том, что результаты экспериментальных исследований были подтверждены и теоретически.

9. При анализе экономической эффективности было установлено, что ожидаемый экономический эффект от применения стальных волокон при производстве железобетонных конструкций в заводских условиях составит 26 688 сум за 1 м³ бетона. Если на заводе будет производиться 100 м³ бетона в день, то ожидаемый экономический эффект от применения исследуемых стальных волокон за месяц составит 58 713 600 сум, а за год - 704 563 200 сум.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/01.04.2023.T.90.02
FOR AWARDING ACADEMIC DEGREES AT
NAMANGAN STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

NAMANGAN STATE TECHNICAL UNIVERSITY

MAKSUD UGLI BAKHTIYOR

**STRESS-STRAIN STATE AND STRENGTH OF A STEEL FIBER-
REINFORCED CONCRETE BEAM UNDER TRANSVERSE PLANE
BENDING**

05.09.01 – Building constructions, buildings and structures

ABSTRACT

of the Doctor of Philosophy (PhD) Dissertation in Technical Sciences

Namangan – 2025

The topic of Doctor of Philosophy (PhD) dissertation is registered under number B2023.3.PhD/T4012 by Supreme Attestation Commission at the Ministers of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan.

The dissertation was conducted at Namangan State Technical University.

The abstract of the dissertation is in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)). It is available at the web page of the Scientific Council (www.namdtu.uz) and information-educational portal "ZiyoNet" (www.ziynet.uz).

Scientific advisor: **Razzakov Sobirjon Juraevich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents: **Begaliyev Ulugbek Turdaliyevich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Yunusaliev Elmurod Makhamatyakubovich
Doctor of Technical Sciences, Docent

Leading organization: **Karakalpak State University named after Berdakh**

The defense of the dissertation will take place on «21» June's, 2025 at 10⁰⁰, at the Scientific Council PhD.03/01.04.2023.T.90.02, Namangan State Technical University. (address: 160103, Temurmalik street, Oktosh MFY, Uychi district, Namangan region. Phone.: (99869) 484-12-51; Fax: (99869) 481-13-59; e-mail: info@namdtu.uz).

The dissertation is available at Information Resource Center of Namangan State Technical University (registered No.16). (address: 12, I.Karimov street, Yangi Namangan district, Namangan city, Namangan region. Phone/Fax: (99869) 234-14-30; e-mail: info@namdtu.uz).

The abstract of the dissertation was sent out on «10» June, 2025.
(mailing report No. 1/2025-1, dated January 18th 2025).

V.R.Khodjibaev

Chairman of the Scientific Council for awarding academic degrees, doctor of physics and mathematics, professor

Kh.L.Alimov

Scientific secretary of the Scientific Council for awarding academic degrees, candidate of technical sciences, docent

A.I.Khamidov

Chairman of the Scientific Seminar under the Scientific Council for the award, candidate of technical sciences, professor

INTRODUCTION (Abstract of the Doctor of Philosophy (PhD) Dissertation)

The purpose of the study is to increase the strength of fiber-reinforced concrete beam structures under transverse bending through dispersed reinforcement with steel fibers

The tasks of research are:

Determination of the optimal quantity and length of steel fibers for fiber-reinforced concrete

Determination of the strength of fiber-reinforced concrete with dispersed reinforcement by steel fibers under compression and tension through experimental studies

Determination of the stress-strain state and strength of flexural fiber-reinforced concrete beams with dispersed reinforcement by steel fibers

Investigation of the formation and propagation of normal cracks in fiber-reinforced concrete beam structures with dispersed reinforcement by steel fibers through experimental testing under laboratory conditions

Development of a computer program based on a theoretical-experimental methodology for calculating flexural fiber-reinforced concrete beams with dispersed reinforcement by steel fibers.

The object of the study is considered to be reinforced concrete beam structures of buildings and structures working under bending.

The subject of the study is stress-strain state and strength of fiber concrete beams, working under bending with dispersed reinforcement of steel fibers.

Research methods. The following methods were used in the research: dispersed reinforcement with fibers, limit state calculation, finite element analysis, modeling, experimental testing, analysis, and comparison.

The scientific novelty of the study is as follows:

It was experimentally proved that the optimal amount of steel fibers added to the concrete mixture in fiber-reinforced concrete beams with dispersed reinforcement with steel fibers is 1÷3 percent of the concrete mass, and the fiber length is 10÷20 mm, and a technological process procedure was developed;

It was determined that the tensile strength of fiber-reinforced concrete with dispersed reinforcement with steel fibers is 30÷40 percent higher than that of ordinary concrete and was substantiated using the experimental-testing method;

Based on the study of the state of stress-strain, the load-bearing capacity of fiber-reinforced concrete beams increased by 20÷30 percent compared to ordinary concrete beams, which was reliably experimentally determined and theoretically substantiated;

When dispersed reinforcement with steel fibers, the fracture toughness of beams was 2÷3 times higher than that of ordinary reinforced concrete beams, which was achieved by determining and applying the optimal values of the amount and length of steel fibers.

Approval of research results. The results of research on the topic of the dissertation were discussed at 6 international and 3 national scientific-practical conferences.

Publication of research results. A total of 17 scientific works were published on the topic of the dissertation. Including, Including, 1 articles in Scopus database, 2 articles in foreign journals with a high impact factor, 4 articles in republican journals recommended by Supreme attestation committee, and 1 certificates for computer programs from Intellectual Property Agency of the

Republic of Uzbekistan.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, 5 chapters, a conclusion, references and appendices. The volume of the dissertation is 112 pages.

CONCLUSIONS

1. To determine the optimal length and quantity of steel fibers for fiber-reinforced concrete, experimental studies were conducted by adding steel fibers with lengths of 10÷50 mm (in increments of 10) in quantities of 0.5÷3% (in increments of 0.5) to the concrete. The compressive strength of fiber-reinforced concrete with dispersed steel fibers increased by 10-40% compared to the compressive strength of samples without fiber addition. Additionally, it was found that the strength of fiber-reinforced concrete relative to the length of steel fibers and their quantity is a primary factor. This allows for a reduction in the percentage of reinforcement in fiber-reinforced concrete structures. As a result of experimental studies, it was found that the modulus of elasticity in fiber-reinforced concrete, reinforced with steel fibers, is 10-15% higher than the average modulus of elasticity of specimens made from ordinary concrete. This shows that the dispersion reinforcement with steel fibers ensures the uniformity of reinforcement by means of even dispersion, enhancing the strength of the concrete.

2. As a result of experimental studies, it has been established that the modulus of elasticity in fiber-reinforced concrete with steel fibers is 10-15% higher than the average modulus of elasticity of conventional concrete samples. This demonstrates that the strength of dispersed reinforced concrete with steel fibers increases due to uniform distribution, which ensures the homogeneity of the matrix. Based on experimental and theoretical calculations, it was found that the crack resistance of fiber-reinforced concrete beams with steel fibers is 2-3 times higher compared to the crack resistance of reinforced concrete beams made of ordinary concrete. This indicates that the reliability of reinforced concrete beams is guaranteed.

3. The failure and wear of samples made from concrete with dispersed reinforcement using steel fibers and without the addition of steel fibers exhibited differences in behavior. Specifically, in concrete without steel fibers, brittle failure was observed with the formation of a main crack, leading to splitting into pieces. In samples with dispersed reinforcement, it was found that after testing, parts of the samples remained connected by the deformed fibers within the concrete matrix. This indicates increased resistance of the concrete to erosion. According to the results of the experiments, it was observed and established that in reinforced concrete and fiber-reinforced concrete beams, the relative deformations of the reinforcement and concrete at the initial stages of loading follow the same linear pattern. However, as the load increases, the relative deformation of the ordinary reinforced concrete beam is higher than that of the fiber-reinforced concrete beam. This indicates that the failure of reinforced concrete beams made of ordinary concrete occurs relatively quickly compared to the failure of fiber-reinforced concrete beams.

4. Based on the results of experimental and theoretical calculations, it has been established that the crack resistance of steel fiber-reinforced concrete beams is 2-3

times higher compared to the crack resistance of reinforced concrete beams made of conventional concrete. This indicates that the reliability of reinforced concrete beams is guaranteed. Using ANSYS, theoretical modeling was performed, taking into account the nonlinear properties of materials in fiber-reinforced concrete beams with dispersed reinforcement of steel fibers, allowing for the determination of stress-strain states, strength, and elasticity of the beams. It was established that the load-bearing capacity of fiber-reinforced concrete beams, dispersedly reinforced with steel fibers, is 15-25% higher than that of reinforced concrete beams made of ordinary concrete. This indicates that the results of the experimental studies were also confirmed theoretically.

5. The scientific results obtained from experimental studies indicate that the load-bearing capacity of fiber-reinforced concrete beams increases by 20÷30% or more compared to that of conventional beams. This was substantiated by reliable experimental tests. The significant increase in the load-bearing capacity of fiber-reinforced concrete demonstrates that the cross-sectional dimensions of reinforced concrete beams and the reinforcement can be effectively utilized.

6. Based on the experimental results, it was observed and established that in reinforced concrete and fiber-reinforced concrete beams, the relative deformation of the reinforcement and concrete at the initial stages of loading follows the same linear pattern. However, as the load increases, the relative deformation of conventional reinforced concrete beams becomes higher than that of fiber-reinforced concrete beams. This indicates that the failure of reinforced concrete beams made of conventional concrete occurs relatively faster compared to the failure of fiber-reinforced concrete beams.

7. Based on the results of theoretical calculations, it was demonstrated that the load-bearing capacity of fiber-reinforced concrete beams, dispersed-reinforced with steel fibers, increased by 16-28% compared to the load-bearing capacity of reinforced concrete beams made of heavy concrete. This finding forms the basis of the scientific results obtained. This outcome highlights the effectiveness of using steel fibers and, at the same time, provides an opportunity to strengthen reinforced concrete beams.

8. Using the ANSYS software, theoretical modeling was conducted, taking into account the nonlinear properties of the materials of fiber-reinforced concrete beams with dispersed reinforcement using steel fibers. This allowed for the determination of stress-strain states, strength, and elasticity of the beams. It was established that the load-bearing capacity of fiber-reinforced concrete beams with dispersed steel fiber reinforcement is 15-25% higher than that of reinforced concrete beams made of conventional concrete. This confirms that the results of experimental studies were also theoretically validated.

9. When analyzing economic efficiency, it was determined that the expected economic benefit from using steel fibers in the production of reinforced concrete structures under factory conditions will amount to 26,688 soums per 1 m³ of concrete. If the factory produces 100 m³ of concrete per day, the expected economic benefit from the use of the studied steel fibers will amount to 58,713,600 soums per month and 704,563,200 soums per year.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YHATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (chast I; part I)

1. Maksud ugli B., Razzakov S. Experimental investigation of steel fiber dispersed reinforced concrete beams // EPJ Web Conf. Volume 318, 2025, III International Conference on Advances in Applied Physics and Mathematics for Energy, Environment and Earth Science (AAPM-III 2025). <https://doi.org/10.1051/epjconf/202531801010>

2. B.Maksud ugli., S.Razzakov. A.Martazaev., Numerical Simulation of Fiber-Reinforced Concrete Beams Based on Steel Fibers Using Ansys Software // Miasto Przyszłości ISSN-L: 2544-980X. Vol. 53 - 2024. <https://miastoprzyszlosci.com.pl/index.php/mp/article/view/4805/4503> (№12 Index Copernicus, №13 Bielefeld Academic Search Engine, №14 ResearchBib)

3. B.Maksud ugli., S.Razzakov. A.Martazaev // Calculation of Strength of Reinforced Concrete Beams with Steel Fibers // Best journal of innovation in science, research and development, ISSN: 2835-3579, Vol.3 Issue:10, - 2024. <https://www.bjisrd.com/index.php/bjisrd/article/view/2854/2693>.(№12 Index Copernicus, №13 Bielefeld Academic Search Engine, №25 Directory of Open Access Journals, №13 CrossRef, №14 ResearchBib)

4. B.Maqsud o'g'li., S.J.Razzaqov, A.Sh.Martazaev, Po'lat tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobetonning cho'zilishdagi mustahkamligi // Farg'ona politexnika instituti ilmiy-texnika jurnali. ISSN 2181-7200, 2023 y. Maxsus 4-son. b. 120-128 (05.00.00; №20)

5. Razzaqov.S.J., B.Maqsud o'g'li. Po'lat tolalari bilan dispers armaturalangan betonni cho'zilishdagi mustahkamligini aniqlash // "Arxitektura, qurilish va dizayn ilmiy-amaliy jurnali" TAQU, Toshkent, 2023 y №3. b.237-242 (05.00.00; №4)

6. Razzaqov.S.J., B.Maqsud o'g'li. Po'lat tolalari bilan dispers armaturalangan betondagi tolaning optimal miqdorini aniqlash // Me'morchilik va qurilish muammolari ilmiy texnik jurnal. Mirzo Ulug'bek nomidagi SamDAQU, Samarqand - 2023, №2. b. 165-168. (05.00.00; №14)

7. B.Maqsud o'g'li., SH.Xakimov. Metal fibrotolalari bilan dispers armaturalangan temir- beton // Farg'ona politexnika instituti ilmiy-texnika jurnali. ISSN 2181-7200, 2022 yil. Maxsus 2-son. b. 88-95 (05.00.00; №20)

II bo'lim (chast II; part II)

8. Razzaqov.S.J., B.Maqsud o'g'li. Po'lat tolalari bilan dispers armaturalangan betonning cho'zilishdagi qoldiq qarshiligi // "Qurilishda innovatsiyalar, binolar va inshootlarning seysmik xavfsizligi" mavzusidagi Xalqaro miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik konferensiya. NamMQI, Namangan 2024 yil 27-28 noyabr. b. 105-109

9. Razzaqov.S.J., B.Maqsud o'g'li. Fibrotemirbeton to'sinlarni ansys dasturi yordamida modellashtirish va natijalar tahlili // "Bino va inshootlarning seysmik xavfsizligi, energiya samaradorligi, zamonaviy qurilishda innovatsion texnologiyalar" mavzusidagi Xalqaro ilmiy-texnik anjuman. TAQU, Toshkent 2024 yil 22-23 oktabr. b. 466-469

10. Razzaqov S.J., Xolboev Z., B.Maqsud o'g'li. Fibrotemirbeton to'sinlarni ansys dasturi yordamida kuchlanganlik- deformatsiyalanuvchanlik holatini modellashtirish // "Ta'lim, fan va ishlab chiqarish integratsiyasi: muammo va yechimlar" mavzusida Xalqaro ilmiy-amaliy konferentsiya. NamMQI, Namangan 2024 yil 16-17- oktabr. b. 267-270

11. B.Maqsud o'g'li., Martazaev A.Sh., Jurayeva A.S. Analysis of research on fiber reinforced concrete dispersed with steel fibers // "Fan-taraqqiyot 2024: muammolar va rivojlanish tendensiyalari" mavzusida Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to'plami, NamMQI, Namangan 2024-yil, 11-12 iyun b. 365-368

12. Razzaqov.S.J., B.Maqsud o'g'li. Fibrobetonning cho'zilishdagi mustahkamligi // "Qurilishda innovatsiyalar, binolar va inshootlarning seysmik xavfsizligi" mavzusidagi Xalqaro miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik konferensiya. NamMQI, Namangan 2023 yil 14 dekabr. b. 457-464

13. Razzaqov.S.J., B.Maqsud o'g'li. Betonning prizmatik mustahkamligini aniqlash // "Qurilishda innovatsiyalar, binolar va inshootlarning seysmik xavfsizligi" mavzusidagi Xalqaro miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik konferensiya. NamMQI, Namangan 2023 yil 14 dekabr. b. 604-610

14. B.Maqsud o'g'li., RazzaqovS.J., Martazaev A.Sh. Po'lat tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobeton bo'yicha o'tkazil tadqiqot ishlari tahlili // "Innovatsion qurilish materiallarini ishlab chiqarish istiqbollari va qurilishda innovatsiyalar" mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy konferensiya NamMQI, Namangan 2024-yil, 23-may,.b.51-56

15. B.Maqsud o'g'li. Fibrobeton uchun po'lat tolasining optimal miqdori va uzunligini aniqlash // "Zamonaviy arxitektura, binolar va inshootlarning mustahkamligi, ishonchliligi va seysmik xavfsizlik muammolari" mavzusidagi Respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to'plami. NamMQI, Namangan, 9 iyun, 2023y. b.231-233

16. B.Maqsud o'g'li. Po'lat tolali fibrobeton tajribasini o'tkazish uchun namunalarni tayyorlash // "Zamonaviy arxitektura, binolar va inshootlarning mustahkamligi, ishonchliligi va seysmik xavfsizlik muammolari" mavzusidagi Respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy konferentsiya materiallari to'plami. NamMQI, Namangan, 9 iyun, 2023y. b.237-240

17. Razzaqov.S.J., B.Maqsud o'g'li. Po'lat tolalari bilan kuchaytirilgan to'sinlarning yuk ko'tarish qobiliyatini aniqlash // EHM dasturi uchun mualliflik guvohnomasi DGU 22450, 8.02.2023. Toshkent

Avtoreferat «Qurilish va ta'lim»
ilmiy-amaliy jurnal tahririyatidan o'tkazildi va
matnlarning mosligi tekshirildi

Bosishga ruxsat etildi: 9.06.2025-yil.
Bichimi 60x84 $\frac{1}{16}$, «Times New Roman» garniturasida.
Shartli bosma tabog'i 3. Adadi: 80. Buyurtma: № 09/06.
Namangan shahar Hamroh ko'chasi 71^A-uy.
“Yashin sanoat” bosmaxonasida chop etildi.

