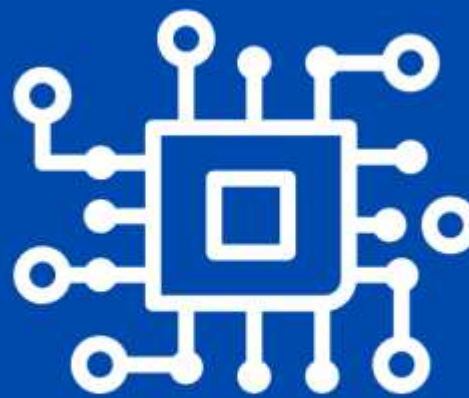




TECH SCIENCE

ISSN 3030-3702

**TEXNIKA FANLARINING
DOLZARB MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL
SCIENCES**



№ 11 (3) 2025

TECHSCIENCE.UZ

№ 11 (3)-2025

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES
OF TECHNICAL SCIENCES**

TOSHKENT-2025

BOSH MUHARRIR:

KARIMOV ULUG'BEK ORIFOVICH

TAHRIR HAY'ATI:

Usmankulov Alisher Kadirkulovich - Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax politexnika universiteti

Fayziyev Xomitxon – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Rashidov Yusuf Karimovich – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Adizov Bobirjon Zamirovich– Texnika fanlari doktori, professor, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti;

Abdunazarov Jamshid Nurmuxamatovich - Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Umarov Shavkat Isomiddinovich – Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Bozorov G'ayrat Rashidovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Maxmudov Muxtor Jamolovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Asatov Nurmuxammat Abdunazarovich – Texnika fanlari nomzodi, professor, Jizzax politexnika universiteti;

Mamayev G'ulom Ibroximovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Jizzax politexnika universiteti;

Ochilov Abduraxim Abdurasulovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Buxoro muhandislik-texnologiya instituti.

OAK Ro'yxati

Mazkur jurnal O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2025-yil 8-maydagi 370-son qarori bilan texnika fanlari bo'yicha ilmiy darajalar yuzasidan dissertatsiyalar asosiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM" mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB**

MASALALARI elektron jurnali
15.09.2023-yilda 130343-sonli
guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.
Elektron manzil:
scienceproblems.uz@gmail.com

Barcha huqular himoyalangan.

© Sciencesproblems team, 2025-yil

© Mualliflar jamoasi, 2025-yil

MUNDARIJA

Rahmonov Zaфар, Urunbaev Жасур

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КРОСС-ДИФФУЗИИ С НЕЛИНЕЙНЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ И ПЛОТНОСТНЫМИ4-15

Mullajonova Fotima

SIGNALLARGA RAQAMLI ISHLOV BERISHDA VEYVLET USULLARINING TAHLILI 16-23

Qutlimuratov Yusup

QISHLOQ XO'JALIGI ISHLAB CHIQRISHINI JOYLASHTIRISH MASALASIGA MASHINALI O'QITISH USULINI QO'LLASH..... 24-31

Мирзаев Отабек, Норчаев Жалолiddин

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РАСЧЕТ ПИТАЮЩЕГО ЦИЛИНДРА С УПРУГИМ ОБОЛОЧКАМИ В ЗОНЕ ПИТАНИИ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРЯДИЛЬНЫХ МАШИН 32-39

Хамзаев Дилшод

ИНФРАКРАСНЫЕ ВЛАГОМЕРЫ ХЛОПКА: ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ, ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ 40-45

Xolmirzayev Sattar, Axmedov Akmaljon

BAZALT VA PO'LAT TOLALI FIBROBETONNING MEKANIK XUSUSIYATLARI 46-50

Mavlonov Ravshanbek, No'manova Soxiba

KOMBINATSIYALASHGAN PO'LAT VA BAZALT KOMPOZIT ARMATURALI TEMIRBETON TO'SINLARNI NORMAL KESIM BO'YICHA MUSTAHKAMLIGI51-57

KOMBINATSIYALASHGAN PO'LAT VA BAZALT KOMPOZIT ARMATURALI TEMIRBETON TO'SINLARNI NORMAL KESIM BO'YICHA MUSTAHKAMLIGI

Mavlonov Ravshanbek Abdujabborovich

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD),

Namangan davlat texnika universiteti

Email: ravshanbek.mavlonov@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6956-8946

No'manova Soxiba Ergashboevna

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD),

Namangan davlat texnika universiteti

Email: sohibanomanova@gmail.com

ORCID: 0009-0007-7622-0017

Annotatsiya. Kombinatsiyalashgan po'lat va bazalt kompozit armaturali temirbeton to'sinlarni normal kesim bo'yicha tadqiq qilishda jami 9 xil to'sinlar tayyorlandi va eksperimental sinovlar o'tkazildi. Mazkur to'sinlarning samaradorligi eksperimental sinovdan tashqari sonli tahlil yordamida baholandi. Barcha kombinatsiyalashgan armaturali to'sinlarda buzilish po'lat armaturaning oquvchanligi hamda siqiluvchi zonadagi betonning buzilishi bilan kuzatildi, lekin bazalt kompozit armaturalar uzilmasdan qoldi. Kombinatsiyalashgan armaturali temirbeton to'sinlar sinovidan olingan natijalar odatdagi po'lat armaturali temirbeton to'sin natijalari bilan o'zaro taqqoslandi va xulosalar olindi.

Kalit so'zlar: temirbeton, po'lat armatura, bazalt kompozit armatura, kombinatsiyalashgan armaturalash, normal kesim.

FLEXURAL STRENGTH OF COMBINED STEEL-BASALT FIBER REINFORCED POLYMER REINFORCED CONCRETE BEAMS

Mavlonov Ravshanbek Abdujabborovich

Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences,

Namangan State Technical University

Numanova Sokhiba Ergashboevna

Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences,

Namangan State Technical University

Annotation. A total of nine reinforced concrete beams with combined steel and basalt fiber reinforced polymer (BFRP) reinforcement were fabricated and tested to investigate their behavior under flexure. In addition to experimental testing, the performance of these beams was evaluated through numerical analysis. All combined-reinforced beams exhibited failure due to yielding of the steel reinforcement and crushing of the concrete in the compression zone, while the BFRP reinforcement did not fracture. The experimental results of the combined-reinforced beams were compared with those of conventional steel-reinforced concrete beams, and relevant conclusions were drawn.

Keywords: reinforced concrete, steel reinforcement, basalt reinforced polymer reinforcement (BFRP), combined reinforcement, flexural strength

DOI: <https://doi.org/10.47390/ts-v3i11y2025No7>**Kirish.**

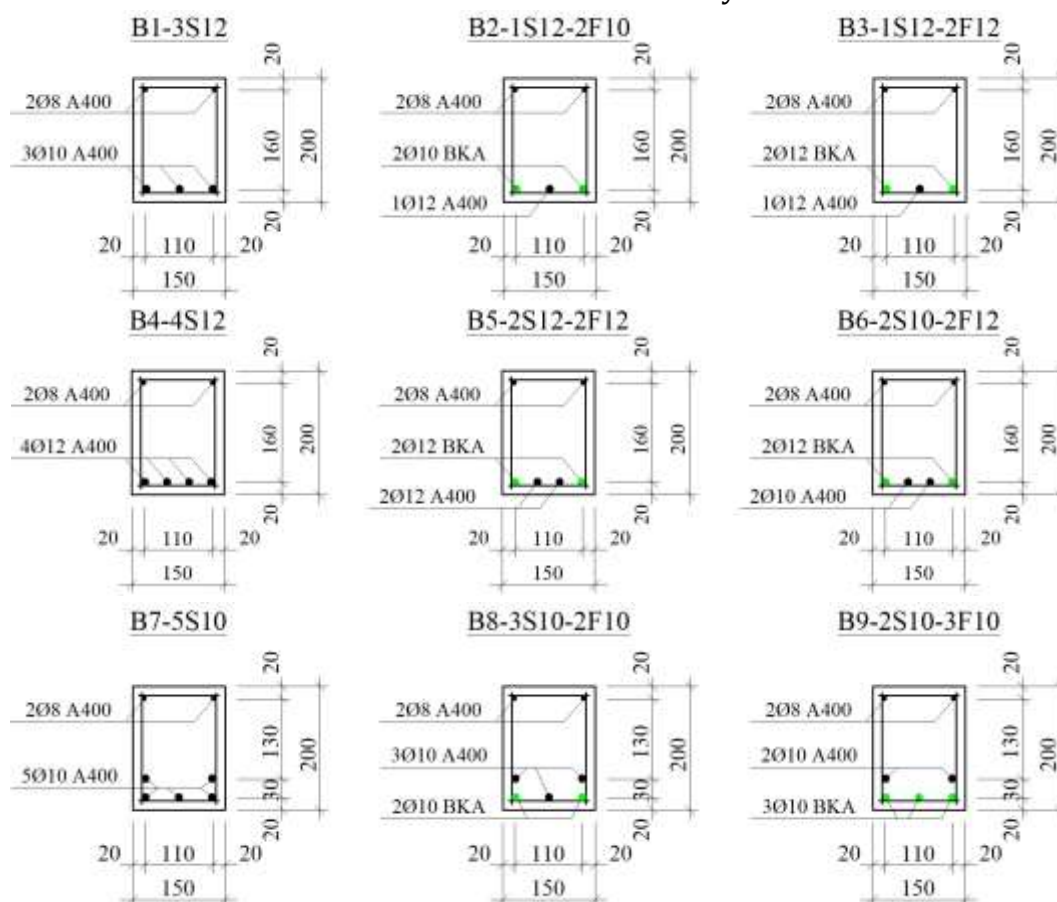
Temirbeton konstruksiyalar qurilish sanoatiga kirib kelgandan beri dunyo bo'yicha barcha turdagi bino va inshootlarning konstruktiv elementlarida qo'llanib kelmoqda. Shunga qaramay, muhandislik nuqtai nazaridan olganda, po'lat armaturalar korroziyaga moyil bo'lib, nam va o'ziga xos bo'lgan muhitda temir moddasining kislorod bilan reaksiyasi kuzatilib, yuk ko'taruvchi konstruksiyalarning yuk ko'tarish qobiliyatining kamayishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi [1-3]. Shu sababli ularning ekspluatatsiya davri va chidamliligi kamayadi, buning oqibatida konstruksiyalarni kuchaytirish va qayta tiklanishi uchun yana qo'shimcha xarajatlar paydo bo'ladi hamda konstruksiyaning umumiy tannarxini ortishiga katta ta'sir ko'rsatadi va bundan tashqari binolarning estetik talablariga javob bermay qoladi. Xozirgi kunda dunyoda temirbeton konstruksiyalarda po'lat armaturalarning o'rnini bosuvchi muqobil variant sifatida kompozit polimer armatura (KPA)lar ko'rilmogda. KPAlar po'lat armaturaga nisbatan yengilligi, korroziyabardoshligi, cho'zilishdagi yuqori mustahkamligi, elektr tokining o'tkazmaligi hamda magnit hususiyatga ega emasligi kabi afzalliklar bilan ajralib turadi [4-6]. Yuqorida sanab o'tilgan afzalliklardan farqli o'laroq, ularni beton konstruksiyalarda alohida qo'llanilganda elastiklik modulining pastligi va mo'rtligi asosiy kamchiligi sifatida qaralib, yuk ko'taruvchi konstruksiyalarda katta solqiliklarning hosil bo'lishi hamda darzlarning ko'proq tarqarilishi va kengroq ochilishiga sabab bo'ladi. Mazkur muammo tufayli qurilishda ularning qo'llanilishida ma'lum darajada cheklovlar mavjud. Ushbu muammoni bartaraf etish maqsadida egiluvchi temirbeton to'sinlarning cho'ziluvchi zonasida po'lat armatura bilan KPAlarning birgalikda kombinatsiyalashgan holatda qo'llash mumkin bo'ladi. Yuklama ostida ishlaganda ular o'zaro kamchiliklarini to'ldirish imkoniyati paydo bo'ladi [7-10].

Kombinatsiyalashgan po'lat va kompozit armaturali temirbeton to'sinlarda po'lat armaturalar elastiklik modulining yuqoriligi to'sinning elastikligini ta'minlasa, korroziyabardoshligi va cho'zilishdagi qarshilig yuqori bo'lgan KPA lar to'sinning uzoq yashovchanligini hamda mustahkamligini oshirishga xizmat qiladi. Kombinatsiyalashgan po'lat-kompozit armaturali temirbeton to'sinlarning yuklama ostida ishlash xarakteri odatdagi po'lat armaturali temirbeton to'sin va to'la kompozit armaturali beton to'sinlardan farq qiladi [11-13]. So'nggi yillarda ko'plab tadqiqotchilar tomonidan kombinatsiyalashgan po'lat-kompozit armaturali temirbeton to'sinlar ustida izlanishlar olib borildi. Phan Duy N. [1] ta'kidlaydiki, shisha kompozit armatura (ShKA) po'lat armaturani oquvchanlik maydonchasida ushlab turadi, ya'ni uzilmaydi. ShKANing armaturalash koeffitsienti hamda po'lat armaturaning oquvchanlik chegarasiga to'g'ri kelgan yuklama orasidagi bog'lanish chiziqli bo'ladi. Shu sababli, kombinatsiyalashgan po'lat-kompozit armaturali temirbeton to'sinlarning yuk ko'tarish qobiliyati ShKANing miqdori ortishiga to'g'ri proporsionaldir. Shuningdek kombinatsiyalashgan po'lat-kompozit armaturali temirbeton to'sinlarning buzilishida oltita hol bo'lishini aniqlagan. Wei B. [2] ga ko'ra, kombinatsiyalashgan po'lat-kompozit armaturali temirbeton to'sinlarning buzilishi po'lat armaturada oquvchanlik kuzatilgandan so'ng siqiluvchi zonadagi beton ezilgan, lekin ShKA uzilmasdan qolgan. Jami 12 turdagi to'sinlar tayyorlangan bo'lib, ulardan 10 tasi kombinatsiyalashgan po'lat-kompozit armaturali temirbeton to'sinlar, bittasi po'lat armaturali temirbeton to'sin hamda to'la ShKA bilan armaturalangan beton to'sin. Sun Z. [3] olib borgan tadqiqotlarga ko'ra, 5 xil kombinatsiyalashgan po'lat-kompozit armaturali temirbeton to'sinlar ustida eksperimental

sinovlar o'tkazgan. Ularning ikkitasi po'lat armaturali temirbeton to'sin bo'lsa, uchtasi armaturalarning uchlari siqiluvchi zona tomonga bukilgan to'sinlardir. Uchlari bukilgan armaturalarda beton bog'lanishning ortishiga hisobiga elementning darzbardoshligi yaxshilangani kuzatilgan. Yoon [4] kombinatsiyalashgan po'lat-kompozit armaturali temirbeton to'sinlarning bikrligi va egiluvchanligi oshganini ta'kidlagan. Eksperiment orqali olingan darzbardoshlik momenti nazariy qiymatlarda kichik bo'lgan. Aiello M.A. [5] kombinatsiyalashgan po'lat va aramid kompozit armaturali to'sinlar ustida tadqiqotlar olib borgan. Uning xulosalariga ko'ra to'sinning bikrligi po'lat armaturali temirbeton to'sinlarga nisbatan yuqori bo'lgan. El Refai A. [6] ning ta'kidlashicha, armaturalash foizining oshishi, to'sinlarning yuk ko'tarish qobiliyatiga sezilarli ta'sir ko'rsatgan. Ge W. [7] po'lat armaturali oddiy temirbeton to'sin, bazalt kompozit armaturali (BKA) beton to'sin hamda kombinatsiyalashgan po'lat-kompozit armaturali temirbeton to'sinlar sinovini amalga oshirgan. Uning ta'kidlashicha kombinatsiyalashgan armaturali to'sinlarning yuk ko'tarish qobiliyati oddiy temirbeton va to'la kompozit armaturali to'sin bilan deyarli bir xil bo'lgan.

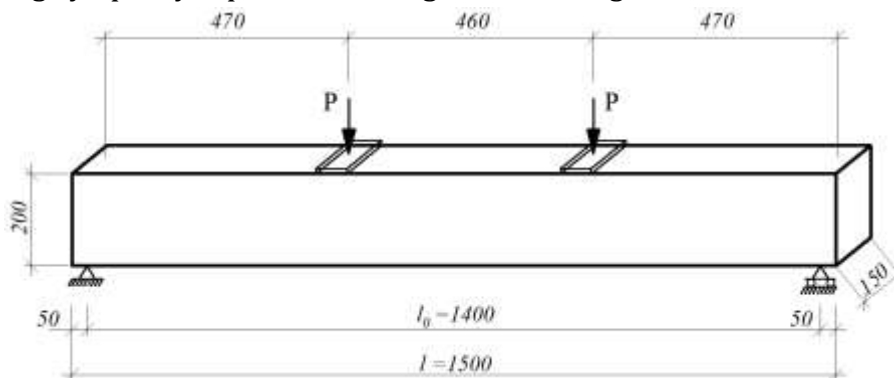
Usullar.

Kombinatsiyalashgan po'lat-kompozit armaturali temirbeton to'sinlarning ishlashi oddiy po'lat armaturali to'sinlardan farq qiladi. Ya'ni kombinatsiyalashgan armaturali to'sinlarda kompozit armaturalarning mavjudligi uning yuklama ostida ishlash xarakterida sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Eksperimental va nazariy natijalar, jumladan deformatsiya, mustahkamlik ko'rsatkichlari, darzlarning hosil bo'lishi va buzilish hollari kombinatsiyalashgan armaturali to'sinlarni ustida olib borilgan tadqiqot orqali olindi. To'sinlarni sonli modellashtirish uchun ANSYS dasturidan foydalanildi.



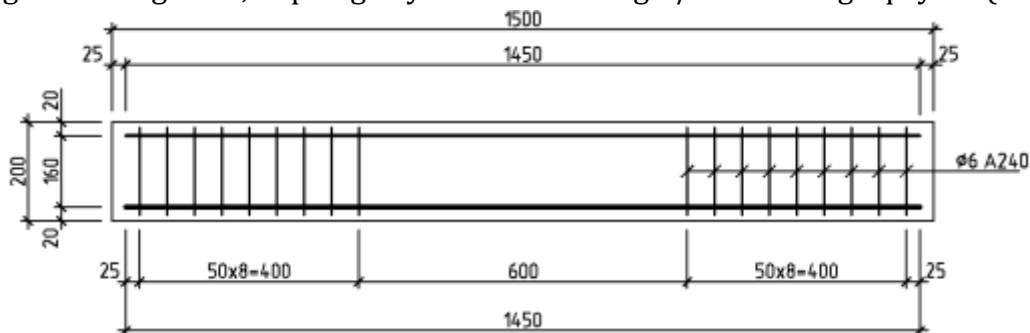
1-rasm. To'sinlarning ko'ndalang kesimi va ularda bo'ylama armaturalarning joylashuvi
Umumiy 3 guruhga bo'lingan 9 turdagi jami 27 ta to'sinlar eksperiment yo'li bilan

sinaldi. 1-guruh to'sinlar (B1-3S12, B2-1S12-2F10 va B3-1S12-2F12)da cho'ziluvchi zonaga bir qator uch dona armatura joylashtirildi. 2-guruh to'sinlarda (B4-4S12, B5-2S12-2G12 va B6-2S10-2G12) cho'ziluvchi zonaga bir qator to'rtta armatura va 3-guruh uchun (B7-5S10, B8-3S10-2G10 va B9-2S10-3G10) jamiy beshta armatura ikki qator joylashtirildi. B1-3S12, B4-4S12 va B7-5S10 to'sinlar har bir guruh uchun nazorat to'sini hisoblanib, to'la po'lat armaturadan tashkil topgan. Ular kombinatsiyalashgan armaturali to'sinlar uchun etalon sifatida qabul qilingan. Po'lat armaturaning korroziyaga moyilligini e'tiborga olib, BKAlar cho'ziluvchi sirtga yaqin, ayniqsa burchaklarga o'rnatilishiga alohida e'tibor berildi (1-rasm).



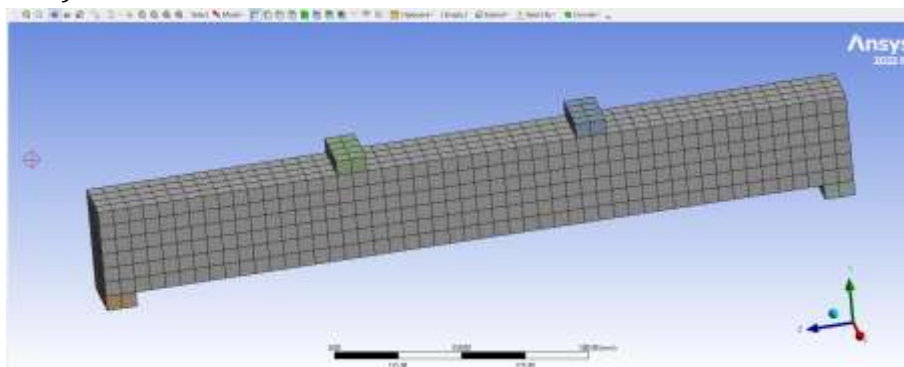
2-rasm. To'sinning geometrik o'lchamlari va sxemasi

Namunalarning ko'ndalang kesim o'lchamlari $b \times h = 150 \times 200$ mm, to'la uzunligi $l = 1500$ mm, hisobiy uzunligi $l_0 = 1400$ mm ni tashkil etdi. To'sinlarni normal kesim bo'yicha tadqiq qilinganligini e'tiborga olib, to'plangan yuklama to'sining $l_0/3$ masofasiga qo'yildi (2-rasm).



3-rasm. To'sinda armatura karkasining joylashuvi

Ko'ndalang armatura sifatida Ø6 A240 sinfli armaturalardan foydalanildi. Tayanch oldi uchastkalarda ularning qadami 50 mm olingan bo'lsa, o'rta qismida o'rnatilmadi. Bo'ylama va ko'ndalang armaturalarning o'zaro tutashgan joylarini diametri 0,9 mm bo'lgan simlar bilan bog'landi (3-rasm).



4-rasm. To'sinni ANSYS dasturidagi modeli

To'sinlarni ANSYS dasturida modellashtirishda, chekli elementlar o'lchamini 25 mm

qilib belgilandi. Betonning nochiziqli bo'lgan xususiyatlarini e'tiborga olish uchun Druker-Prager usulida Solid185 funksiyasidan foydalanildi. Armaturalarni modellashtirishda Beam188 funksiya qo'llanildi (4-rasm).

Natijalar va muhokama.

Kombinatsiyalashgan po'lat-kompozit armaturali temirbeton to'sinlarning buzilishida 6ta hol kuzatiladi. Shundan 4-hol qurilish amaliyotiga mos kelib, unda buzilish quyidagi holtda namoyon bo'ladi. Dastlab po'lat armaturalardagi kuchlanish o'zining oquvchanlik chegarasiga erishadi, unday so'ng siqiluvchi zonadagi betonning ezilishi kuzatiladi. To'sin bikrligining keskin kamayishi natijasida solqilik juda tez rivojlanadi. Buning natijasida kompozit armatura uzilmasdan qoladi. 1, 2 va 3-hollarda beton ko'ndalan kesim yuzasi katta lekin armatura kam o'rnatilgan holga to'g'ri kelsa, 5 va 6-hollarda armatura miqdori ko'p bo'lganligi bois, me'yoridan ortiq armaturalangan element sifatida qaraladi.

1-jadvalda kombinatsiyalashgan po'lat va BKAli temirbeton to'sinlarning normal kesim bo'yicha eksperimental va ANSYS dasturida o'tkazilgan sonli tahlil natijalari keltirilgan. Har bir to'singa tegishli ravishda buzuvchi yuk (P_u) va chegaraviy moment (M_u) qiymatlari aniqlangan. Eksperimental sinov natijalari bo'yicha buzuvchi yuk qiymatlari 109 kN dan 136,5 kN gacha, chegaraviy moment esa 25,43 kN·m dan 31,85 kN·m gacha o'zgaradi. ANSYS dasturida olingan natijalar esa mos ravishda 105,7 kN dan 128,1 kN gacha va 24,66 kN·m dan 29,89 kN·m gacha oraliqda o'zgargan.

Natijalar tahlili shuni ko'rsatadiki, sonli modellashtirish natijalari eksperimental ma'lumotlarga juda yaqin, ammo qiymatlar o'rtasida 3...8 % atrofida chetlanish mavjud. Bu farqning yuzaga kelishiga quyidagi omillar sabab bo'lishi mumkin:

ANSYS modelida beton va armaturalarning nochiziqli xususiyatlari va bir jinsli struktura qabul qilingani;

eksperiment jarayonida esa betonning ichki strukturasi, armatura bilan betonning o'zaro bog'lanishi va notekis yuklanish kabi omillar natijalarga ta'sir qilgan bo'lishi mumkin.

1-jadval. To'sinni normal kesim bo'yicha sinovi natijalari

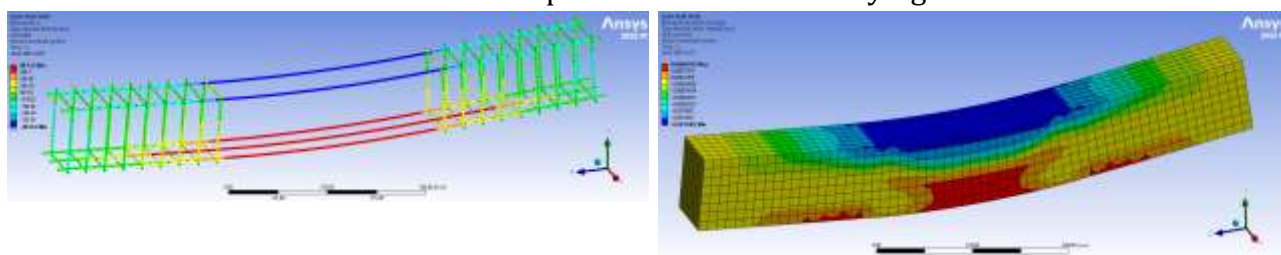
To'sinning belgilanishi	Eksperiment		ANSYS	
	Buzuvchi yuk P_u , kN	Chegaraviy moment M_u , kN·m	Buzuvchi yuk P_u , kN	Chegaraviy moment M_u , kN·m
B1-3S12	109	25.43	111	25.9
B2-1S12-2F10	114	26.6	107	24.97
B3-1S12-2F12	135	31.5	113,5	26.48
B4-4S12	136,5	31.85	128,1	29.89
B5-2S12-2F12	125	29.17	118,6	27.67
B6-2S10-2F12	121	30.1	112,4	26.23
B7-5S10	116	27.07	108,7	25.36
B8-3S10-2F10	116,5	27.18	106,5	24.85

B9-2S10- 3F10	126,5	29.52	105,7	24.66
------------------	-------	-------	-------	-------

5 va 6-rasmlarda kombinatsiyalashgan armaturali temirbeton to'sinlarning tajriba sharoitidagi hamda ANSYS dasturi orqali olingan sonli modellashtirish natijalaridagi buzilish shakllari keltirilgan. Mazkur ikki holatni tahlil qilish natijasida, to'sinlarning buzilish tavsifi va jarayoni juda o'xshash ekanligi aniqlandi.



5-rasm. To'sinlarni eksperimental sinovdan keyingi ko'rinishi



6-rasm. To'sin va armatura karkasini ANSYS dasturida yuklama ostidagi deformatsiyalanishi

Har ikkala holda ham asosiy buzilish betonning siqiluvchi zonasida ezilib ketishi va cho'ziluvchi zonada katta deformatsiyalar yuzaga kelishi bilan tavsiflanadi. Bu holat temirbeton to'sinlar uchun xos bo'lgan normal kesim bo'yicha buzilish turi hisoblanadi.

Tajriba natijalarida siqiluvchi zonaning yuqori qismida betonning maydalanishi, mikrodarzlarning birlashib, kengayib borishi va yakunda betonning ezilib buzilishi kuzatilgan. Shu bilan birga, cho'ziluvchi zonadagi po'lat armatura yoki BKA katta deformatsiyalarni qabul qilgan, ammo kompozit armaturalar uzilmasdan katta deformatsiya uchragan holda qolgan.

Sonli modellashtirish natijalari ham xuddi shu yuqoridagi holatni tasdiqlaydi: ANSYS dasturida siqiluvchi betonda ezilish aniq namoyon bo'ldi, cho'ziluvchi qismda esa eng katta deformatsiyalar kuzatildi. Bu esa modelda qo'llangan material parametrlari va chegaraviy shartlar real tajriba sharoitiga mos kelganini ko'rsatadi.

Shuningdek, tajriba va modellashtirish natijalaridagi buzilish, ya'ni neytral o'qning o'zgarishi va cho'ziluvchi zonadagi deformatsiya o'zaro bir-biriga bo'lib, bu kombinatsiyalashgan armaturali to'sinlardagi eksperimental sinovlarning ishonchliligini ko'rsatadi.

Xulosa.

Mazkur maqolada po'lat va bazalt kompozit armatura (BKA) bilan kombinatsiyalashgan temirbeton to'sinlarning normal kesim bo'yicha yuk ko'tarish qobiliyati va deformatsion tavsiflari o'rganildi. Tadqiqotda jami olti xil kombinatsiyalashgan armaturali to'sinlar tayyorlanib, ularning natijalari oddiy po'lat armaturali to'sinlar bilan eksperimental sinovlar va sonli tahlil (ANSYS) orqali taqqoslab baholandi.

Olingan natijalarga ko'ra, kombinatsiyalashgan po'lat va BKA to'sinlarning buzilishi asosan cho'ziluvchi zonadagi po'lat armaturalarda kuchlanishning oquvchanlik chegarasiga yetishi va shundan keyin siqiluvchi zonadagi betonning ezilishi bilan tavsiflanadi. BKAlar esa mustahkamligi yuqori bo'lgani uchun uzilmasdan qoldi.

Sonli modellashtirish natijalari eksperimental qiymatlarga yaqin bo'lib, bu model parametrlarining to'g'ri tanlangani va modellashtirish usulining ishonchli ekanligini

tasdiqlaydi. Shu bilan birga, olingan natijalar kombinatsiyalashgan armaturali temirbeton to'sinlarning mustahkamlik va deformatsion xosilalarini sonli tahlil orqali samarali va ishonchli baholash mumkinligini ko'rsatadi.

Adabiyotlar/Литература/References:

1. Phan ND, Vu DH. Analytical identification of failure modes and design-oriented formulations in hybrid FRP/steel reinforced concrete beams. *Int J Civ Eng.* 2022;1. doi:10.1007/s40999-022-00796-z.
2. Wei B, He X, Zhou M, Wang H, He J. Experimental study on flexural behaviors of FRP and steel bars hybrid reinforced concrete beams. *Case Stud Constr Mater.* 2024;20:e02759. doi:10.1016/j.cscm.2023.e02759.
3. Sun Z, Fu L, Feng D, Vatuloka AR, Wei Y, Wu G. Flexural behavior of concrete beams reinforced with bundled hybrid steel/FRP bars. *Eng Struct.* 2019;197:109443. doi:10.1016/j.engstruct.2019.109443.
4. Yoon YS, Yang JM, Min KH, Shin HO. Flexural strength and deflection characteristics of high-strength concrete beams with hybrid FRP and steel bar reinforcement. *Genetics.* 2011.
5. Aiello MA, Ombres L. Structural performances of concrete beams with hybrid (FRP-steel) reinforcements. *J Compos Constr.* 2002;6(2):133-140. doi:10.1061/(ASCE)1090-0268(2002)6:2(133).
6. El Refai A, Abed F, Al-Rahmani A. Structural performance and serviceability of concrete beams reinforced with hybrid (GFRP and steel) bars. *Constr Build Mater.* 2015;96:518-528. doi:10.1016/j.conbuildmat.2015.08.063.
7. Ge W, Zhang J, Cao D, Tu Y. Flexural behaviors of hybrid concrete beams reinforced with BFRP bars and steel bars. *Constr Build Mater.* 2015;87:28-37. doi:10.1016/j.conbuildmat.2015.03.113.
8. Mavlonov R, Razzakov S. Numerical modeling of combined reinforcement concrete beam. *E3S Web Conf.* 2023;401:03007. doi:10.1051/e3sconf/202340103007.
9. Safan MA. Flexural behavior and design of steel-GFRP reinforced concrete beams. *ACI Mater J.* 2013;110(6):677-686. doi:10.14359/51686335.
10. Mavlonov R, Razzakov S, Numanova S. Stress-strain state of combined steel-FRP reinforced concrete beams. *E3S Web Conf.* 2023;452:06022. doi:10.1051/e3sconf/202345206022.
11. Qu W, Zhang X, Huang H. Flexural behavior of concrete beams reinforced with hybrid (GFRP and steel) bars. *J Compos Constr.* 2009;13(4):350-359.
12. Lau D, Pam H. Experimental study of hybrid FRP reinforced concrete beams. *Eng Struct.* 2010;32(12):3857-3865.
13. Elamary AS, Abd-Elwahab RK. Numerical simulation of concrete beams reinforced with composite GFRP-steel bars under three-point bending. *Struct Eng Mech.* 2016;57(5):937-951.

TECHSCIENCE.UZ

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

№ 11 (3)-2025

TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL SCIENCES

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda 130346-
sonli guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM"
mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com