JOURNAL OF TRANSPORT

ISSUE 4, 2025 vol. 2
E-ISSN: 2181-2438
ISSN: 3060-5164

SLIB.UZ
Scientific library of Uzbekistan

RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI
Tashkent state transport university

JOURNAL OF TRANSPORT
RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

E-ISSN: 2181-2438
ISSN: 3060-5164
VOLUME 2, ISSUE 4
DECEMBER, 2025

jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 2, ISSUE 4 DECEMBER, 2025

The **"Journal of Transport"** established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo'lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at jot@tstu.uz.

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.

Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organizatsion
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

Strength and crack resistance of steel and bfrp hybrid reinforced concrete beams

R.A. Mavlonov[1][a], S.E. Numanova[1][b]
[1]Namangan state technical university, Namangan, Uzbekistan

Abstract: This article presents a study on the use of combined steel and basalt fiber reinforced polymer (BFRP) reinforcement in the tensile zones of reinforced concrete beams. In the research, the effects of combined reinforcement on the strength of the beams, their behavior under loading, and the formation and development of cracks were learned deeply. In addition, the failure modes of such beams and the factors affecting their failure were investigated. The work of beams with combined steel–BFRP reinforcement was compared with conventional reinforced concrete beams. On this basis, conclusions were drawn regarding the pros and cons of both types of beams, their differences in load-bearing capacity, and crack formation. Additionally, the article highlights the optimal placement of BFRP reinforcement in the beams. The research results show that combined reinforcement improves the long-term performance of reinforced concrete elements and enhances their load-bearing capacity.
Keywords: concrete, reinforced concrete, steel reinforcement, FRP reinforcement, BFRP reinforcement, strength, crack resistance

Kombinatsiyalashgan po‘lat va bazalt kompozit armaturali temirbeton to‘sinlarning mustahkamligi va darzbardoshligi

Mavlonov R.A.[1][a], No‘manova S.E.[1][b]
[1]Namangan davlat texnika universiteti, Namangan, O‘zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada temirbeton to‘sinlarning cho‘ziluvchi zonasida po‘lat va bazalt kompozit armaturalarning kombinatsiyalashgan holda qo‘llanishi bo‘yicha keng qamrovli tadqiqotlar o‘tkazilgan. Tadqiqot doirasida kombinatsiyalangan armaturalashning to‘sinlarning umumiy mustahkamligiga ta’siri, yuklama ostida ishlash xarakteri, darzlarning hosil bo‘lishi va rivojlanishi tahlil qilingan. Shuningdek, bu turdagi to‘sinlarning buzilish hollari, buzilishiga sabab bo‘luvchi omillar konstruksiyaviy nuqtayi nazaridan chuqur o‘rganilgan. Maqolada kombinatsiyalashgan po‘lat–bazalt kompozit armaturali to‘sinlarning ishlashi an’anaviy po‘lat armaturali temirbeton to‘sinlar bilan solishtirilgan. Ushbu taqqoslash natijasida har ikki turdagi to‘sinlarning afzalliklari ва kamchiliklari, yuklamani qabul qilishdagi farqlari, darzlarning shakllanish dinamikasi bo‘yicha xulosalar chiqarilgan. Bundan tashqari, maqolada kombinatsiyalashgan armaturalashda bazalt kompozit armaturalarni optimal joylashtirish yoritilgan. Tadqiqot natijalari kombinatsiyalangan armaturalashning temirbeton elementlarning uzoq muddatli ekspluatatsiya ko‘rsatkichlarining yaxshilanishini hamda yuk ko‘tarish qobiliyatini oshirishini ko‘rsatadi.
Kalit so‘zlar: beton, temirbeton, po‘lat armatura, kompozit armatura, bazalt kompozit armatura, mustahkamlik, darzbardoshlik

1. Kirish

Qurilish sanoatida temirbeton konstruksiyalarning uzoq muddatga chidamliligi dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Temirbeton konstruksiyalarda betonning yemirilishi natijasida po‘lat armaturaning ochilib qolishi havo tarkibidagi kislorodning sekin-asta darzlardan kirib borishi natijasida asosini temir tashkil qilgan po‘lat armaturada temir oksidini hosil qiladi [1]. Temirbeton konstruksiyalarda kompozit polimer armaturalardan po‘lat armaturalarga muqobil sifatida foydalanish qurilish innovatsion yangilik sifatida kirib keldi. Uning korroziyaga chidamliligi, magnit maydon hosil bo‘lmasligi hamda elektr tokini o‘tkazmalik kabi afzalliklari uni qo‘llanish sohasini kengaytirmoqda. Bundan tashqari, kompozit polimer armaturalarning cho‘zilishdagi yuqori mustahkamligi hamda yengilligi o‘ziga ko‘proq jalb etmoqda. Shunga qaramasdan, ularning cho‘zilishdagi diagrammasi chiziqli qonuniyatni tashkil etib, uzilgunga qadar chiziqli qoladi [2-3].

Shu sababli, kompozit armatura bilan armaturalangan beton konstruksiyalar hech qanday ogoxlantirishsiz mo‘rt buzilishga moyil bo‘ladi [4]. Ushbu omil sababli loyihalash

[a] https://orcid.org/0000-0001-6956-8946
[b] https://orcid.org/0009-0007-7622-0017

me'yorlari kompozit armaturali beton elementlarda armaturani keragidan ortiqcha oʻrnatilishini talab qiladi, chunki shundagina mazkur toʻsinlarning buzilish ehtimolligi kamayib kamroq deformatsiyalanadi. Vaholanki, mazkur holat iqtisodiy jihatdan qoʻllab-quvvatlanmaydi. Kompozit armaturalar elastiklik modulining kichikligi, egiluvchi beton elementlarda solqilik va darzlarning ochilish kengligi bir xil koʻndalang kesimli va bir xil miqdorda armaturalangan poʻlat armaturali temirbeton toʻsinlarga nisbatan katta boʻlishiga sabab boʻladi. Natijada, kompozit armaturali beton toʻsinlarni ikkinchi guruh chegaraviy holatlari boʻyicha hisoblashda ba'zi muammolar paydo boʻladi [5, 6].

Temirbeton konstruksiyalardagi poʻlat armaturaning korroziyasi konstruksiyaning uzoq muddat ishlashiga toʻsqinlik qilib, xavf darajasini oshishiga ta'sir koʻrsatadi. Betonda yuqori ishqoriy muhit mavjudligi va armaturalar yuzasida passiv himoya plyonkasining hosil boʻlishi tufayli poʻlat armaturalar korroziyadan himoyalangan. Karbonatlanish tufayli betonning ishqoriyligi vaqt oʻtishi bilan kamayadi va kislorod, nam hamda turli agressiv kimyoviy moddalar tufayli armaturada zanglash jarayoni boshlanadi. [7] Biroq korroziya bir vaqtning oʻzida barcha armaturalarda sodir boʻlmaydi, dastlab chetki sirtga yaqin joylarda ayniqsa konstruksiyaning burchaklarida sodir boʻladi. Mazkur holat yuqori karbonatlanish tezligi, kislorod va namlikning oson kirishi va burchaklardagi betonning yemirilishga moyilligi yuqori boʻlganligi sababli sodir boʻladi. Tashqi sirtga yaqin joylashgan armaturalar himoya qatlamini tashkil etuvchi betonning yemirilishi armaturalarning ham korroziyasini tezlashtiradi [8-10].

Temirbeton toʻsinlarni kombinatsiyalashgan poʻlat-kompozit armatura bilan armaturalash orqali muayyan darajada kompozit armaturaning qoʻllanilish sohasini kengaytirish mumkin. Mazkur muammolarni yechish uchun egiluvchi elementlarni poʻlat va kompozit polimer armaturalar bilan kombinatsiyalashgan holatda armaturalash gʻoyasi paydo boʻldi. Eng qulay yechim kompozit armaturani choʻziluvchi zonaning eng ostki qismiga eng kichik himoya qatlamda oʻrnatishdan iborat [11]. Bunda poʻlat armaturalar kompozit armaturaga nisbatan chuqurroq himoya qatlamda joylashadi va poʻlatning korroziyaga moyilligini beton himoya qatlamini oshirish orqali kamaytiriladi. Buning natijasida, poʻlat armaturalar elementning yuk koʻtarish qobiliyatini ta'minlashga kamroq hissa qoʻshadi, lekin bikrlik va egiluvchanlikni ta'minlashda muhim rol oʻynaydi [12]. Shuningdek, poʻlat armaturaning mavjudligi darzlar sonini va ularning kengligini kamaytirishga xizmat qiladi. Shuning uchun, poʻlat va kompozit armaturalarni kombinatsiyalashgan holatda qoʻllash teminbeton toʻsinlarning chidamliligini va uzoq yashovchanligini odatdagi temirbeton nisbatan oshiradi [13].

Kombinatsiyalashgan poʻlat va kompozit armaturali temirbeton toʻsinlar bir qator afzalliklarga ega boʻlsada, ularning armaturalanishi mustahkamlik va egiluvchanlikni oshirish uchun optimal boʻlishi kerak. Ularning birgalikda ishlashi konstruksiyani xavfsiz ishlashini ta'minlashi kerak. Soʻnggi yillarda dunyo miqyosida poʻlat va kompozit armaturali temirbeton toʻsinlar ustida bir qator izlanishlar olib borildi va ularda mazkur toʻsinlarni nazariy hisoblash boʻyicha yangi usullar taqdim qilindi hamda optimal armaturalash aniqlandi [14-16].

2. Tadqiqot metodologiyasi

Turli Eksperimental tadqiqot namunalari tayyorlash uchun portlandsement, qum, chaqiqtosh va suv ishlatildi. Nazariy jihatdan betonning tarkibini B30 sinfga mos kelgan materiallardan foydalanildi. Beton qorishmasi uchun haqiqiy zichligi 3,1 g/sm^3, toʻkma zichligi 1,3 g/sm^3, me'yoriy quyuqligi 26%, donadorlik darajasi 8,2%, 28 sutkadagi siqilishdagi mustahkamlik chegarasi 43,0 MPa, egilishdagi mustahkamlimgi 7,1 MPa, solishtirma yuzasi 3000-3500 sm^2/g ni tashkil etgan "Namangansement" MChJ ning markasi M400 boʻlgan SEM II/A-K 32,5 N sementi, hamda mayda toʻldiruvchi sifatida yiriklik moduli Mk≈2.0, zichligi 2670 kg/m3, namligi 2,9 % boʻlgan Namangan kar'eridan olingan daryo qumi, shuningdek yirik toʻldiruvchi sifatida yirikligi 5-20 mm, zichligi 2650 kg/m3 boʻlgan chaqiqtoshlardan foydalanilgan. Beton qorishmasining tarkibi GOST 27006-2019 davlatlararo standart talablari asosida tanlandi.

Betonning siqilishdagi mustahkamligini aniqlash uchun qirralarining nominal oʻlchami 100x100x100 mm boʻlgan jami 3 ta seriyadagi kub namunalar GOST 10180-2012 xalqaro standart talablari asosida amalga oshirildi. Beton qorishmalari maxsus tayyorlangan qoliplarga joylashda belgilangan talablarga hamda beton qorishmasini zichlashga alohida e'tibor qaratildi. Tayyorlangan kub namunalar markalanib, normal sharoitda 28 sutka saqlandi. Beton kub namunalarning mustahkamlik koʻrsatkichlari 1-jadvalda keltirilgan.

Sinov uchun uzunligi $l=150$ *sm*, hisobiy uzunligi $l_0=140$ *sm* boʻlgan 9 ta seriyadagi jami 27 ta toʻsinlar tayyorlangan. Ularning koʻndalang kesim oʻlchamlari $bxh=15x20$ *sm* ga teng olingan. Toʻplangan yuklama toʻsinga $l_0/3$ masofada qoʻyilgan. Toʻsin chetidan tayanchgacha boʻlgan masofa 5 sm ga teng. Barcha toʻsinlarni normal kesim boʻyicha tadqiq qilingan (1,a-rasm).

Toʻsinlar fazoviy karkas bilan armaturalangan. Toʻsinlar normal kesim boʻyicha tadqiq qilinishini hisobga olinib, toʻsining oʻrta qismiga koʻndalang armaturalar oʻrnatilmagan. Tayanch oldi uchastkalarda koʻndalang armaturalar qadamini 5 sm qabul qilingan. Karkasning ioʻla uzunligi 145 sm ni, balandligi esa 18 sm ni tashkil etgan. Barcha toʻsinlarda siqiluvchi zonaga 2Ø8 A-III armatura oʻrnatilgan. Xomut sifatida esa Ø6 A-I sterjen armaturalar qoʻllanilgan (1, b-rasm).

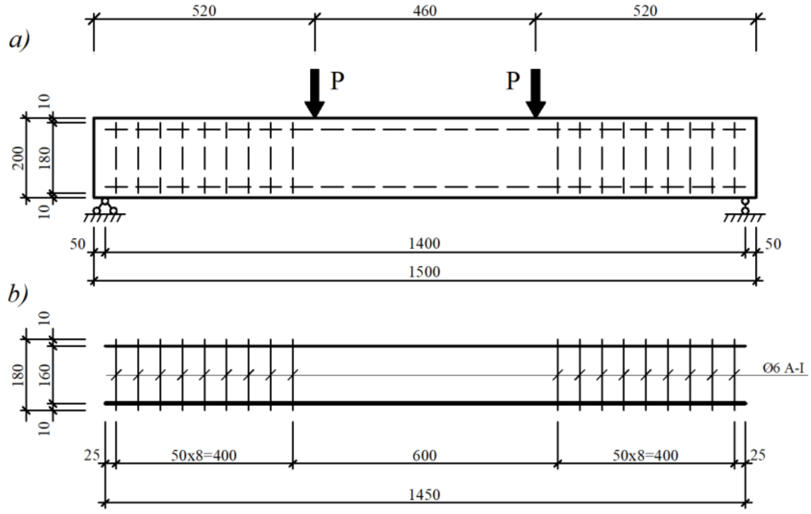
1-jadval

Beton kub namunalar mustahkamligini siqilishga sinash orqali olingan natijalar

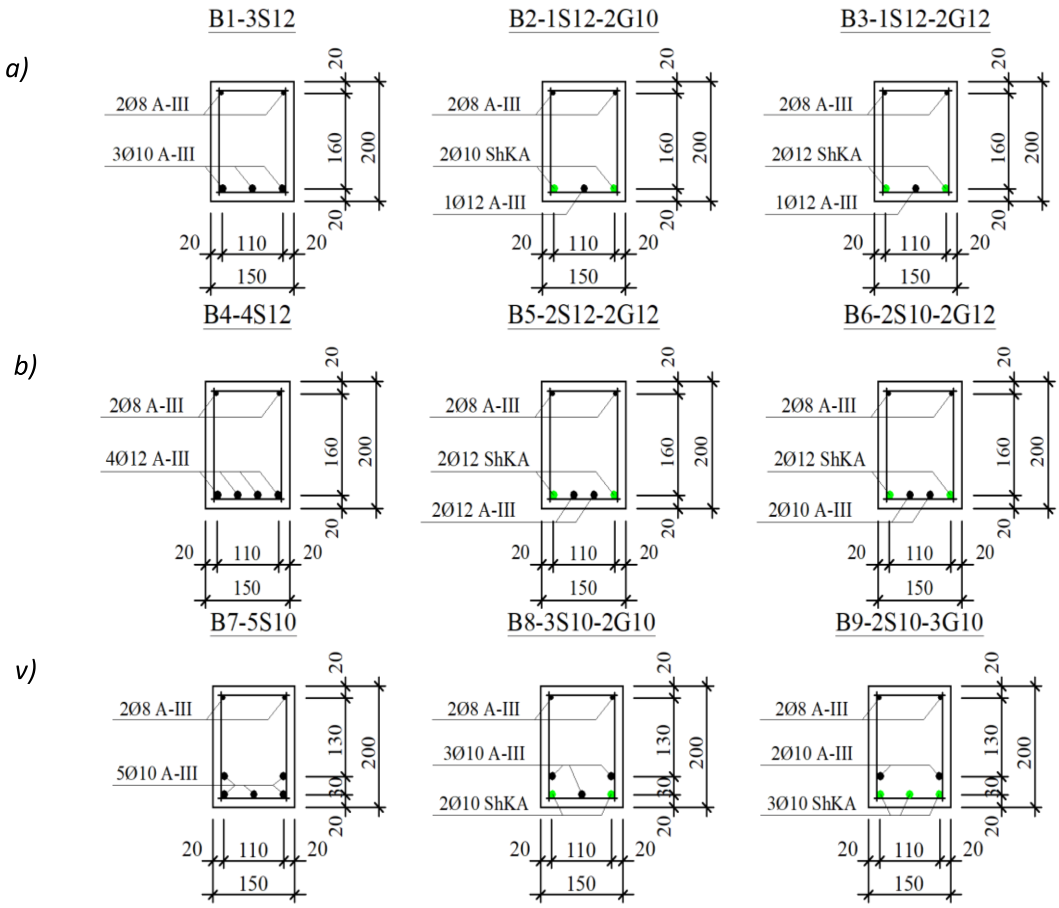
№	Kub namuna seriyalari	Oʻlchami $a \times b \times h$, mm	Buzuvchi kuch P, kN	Namuna mustahkam-ligi, R_i MPa	Oʻrtacha mustahkamlik, R_m MPa	Me'yoriy mustahkamlik R_n, MPa	Shartli beton sinfi	Elastiklik moduli E, MPa
1	1-seriya	102x100x101	377,89	35,9	34,4	31,2	B30	30449
2		100x101x99	349,47	33,2				
3		100x102x100	358,95	34,1				
4	2-seriya	100x99x101	383,16	36,4	34,9	31,7	B30	30568

https://doi.org/10.56143/2181-2438-2025-4-176-181 Research, Innovation, Results

5		102x101x101	346,32	32,9				
6		100x100x99	372,63	35,4				
7	3-seriya	100x101x101	386,32	36,7	33,3	30,2	B30	30097
8		99x100x101	344,21	32,7				
9		100x101x100	321,05	30,5				



1-rasm. To'sinning geometrik o'lchamlari va armatura karkasi



2-rasm. Tajriba to'sinlarining ko'ndalang kesimlari va armatura karkaslarining joylashishi

https://doi.org/10.56143/2181-2438-2025-4-176-181

Jami 9 ta seriyadagi to‘sinlar cho‘ziluvchi zonaga o‘rnatiladigan armaturalar sonidan kelib chiqib 3 ta partiyaga bo‘lingan. 1-partiya to‘sinlar (B1-3S12, B2-1S12-2G10 va B3-1S12-2G12) da cho‘ziluvchi zonaga 3 tadan armatura o‘rnatilgan. B1-3S12 to‘sinda 1-partiya to‘sinlar uchun nazorat to‘sini hisoblanib faqat po‘lat armatura bilan armaturalangan. B2-1S12-2G10 va B3-1S12-2G12 to‘sinlar gibrid armaturalangan to‘sinlar bo‘lib, ularning burchaklaridan mos ravishda 2 tadan diametri 10 va 12 mm li ShKA lar o‘rnatilgan (2, a-rasm).

2-partiya to‘sinlar (B4-4S12, B5-2S12-2G12 va B6-2S10-2G12)da cho‘ziluvchi zonaga 4 tadan armatura bir qator qilib o‘rnatilgan. B4-4S12 odatdagi po‘lat armaturali nazorat temirbeton to‘sini, B5-2S12-2G12 va B6-2S10-2G12 gibrid armaturali to‘sinlardir. Bu ikik to‘sinlarning burchaklarida 2 tadan diametri 12 mm li ShKA armatura va o‘rta qismida mos ravishda diametri 12 va 10 mm bo‘lgan armaturalar o‘rnatilgan (2, b-rasm).

3-partiya to‘sinlar (B7-5S10, B8-3S10-2G10 va B9-2S10-3G10)da cho‘ziluvchi zonaga 5 tadan armatura ikki qator qilib o‘rnatilgan. Bo‘ylama holatda armatura 2 qator joylashtirilganda ularning oralig‘idagi masofa 30 mm qabul qilingan. Bunda B8-3S10-2G10 va B9-2S10-3G10 larda po‘lat va ShKA lar kombinatsiyalashgan holatda qo‘llanilgan. Barcha 3-partiya to‘sinlarda armaturalash foizi bir-biriga teng bo‘lgan. B8-3S10-2G10 to‘sining burchaklarida diametri 10 mm li ShKA qo‘llanilgan bo‘lsa, B9-2S10-3G10 to‘sinning cho‘ziluvchi sirtiga yaqin joylashgan 3 ta armaturaning barchasi kompozit armaturadan tashkil topgan (2, v-rasm).

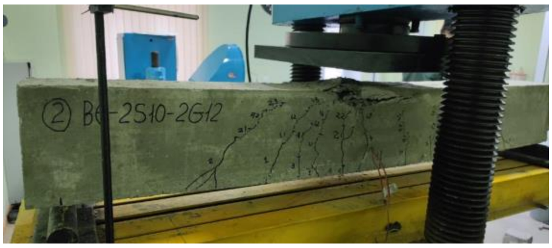
3. Natijalar

Eksperimental sinovlar natijalariga ko‘ra, kombinatsiyalashgan po‘lat-kompozit armatura bilan armaturalangan temirbeton to‘sinlar 4-holga xos bo‘lgan buzilish kuzatildi. Bu buzilish turi amaliyotda eng ko‘p uchraydigan va real konstruksiyalarda sodir bo‘ladigan holatga to‘g‘ri keladi. 1-, 2- va 3-hollarda to‘sinning ko‘ndalang kesimiga nisbatan bo‘ylama armatura miqdori yetarli emasligi sababli konstruksiyada mo‘rt buzilish ro‘y beradi, 5- va 6-hollarda esa armatura me’yordan ortiq qo‘llanilgan bo‘lib, bunday holatlar qurilish amaliyotida iqtisodiy va konstruktiv jihatdan maqbul sanalmaydi. Shu bois, 4-hol texnik va amaliy nuqtayi nazardan real xayotga yaqin buzilish turi sifatida baholanadi (6-rasm).

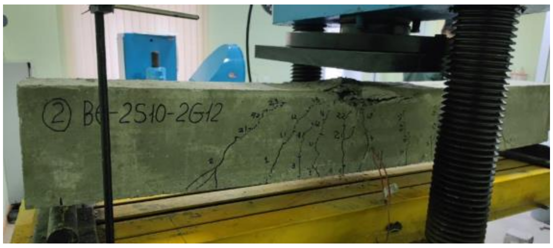
Tajribalarda 4-hol kuzatilganda po‘lat armaturadagi cho‘zilishdagi kuchlanishlar oquvchanlik bosqichiga yetgach, to‘sinning siqiluvchi zonasidagi beton ezilishi natijasida buzilish sodir bo‘lgani aniqlandi. Bundan tashqari, to‘sin tarkibidagi shisha kompozit armatura (ShKA) bu bosqichda uzilmasdan qoldi. Kompozit armaturaning uzilmasligi konstruksiyaning buzilish bosqichida ham ma’lum darajada yukni qabul qilib turishini ta’minladi.

Shuningdek, kompozit armaturaning cho‘ziluvchanligi po‘lat armaturaning oquvchanlik chegarasidan kattaligi va elastik xususiyatga ega ekani sababli, to‘sin buzilgandan so‘ng konstruksiyadagi solqilikning ma’lum qisman dastlabki holatga qaytgani kuzatildi. Bu esa gibrid armaturali to‘sinlarning avariya holatida qoldiq mustahkamlik va elastik tiklanish qobiliyati yuqoriligini ko‘rsatadi.

B3-1S12-2G12



B6-2S10-2G12



B8-3S10-2G10

B9-2S10-3G10

6-rasm. To‘sinlarning yuklama ostida buzilishi

1-guruh (B1-3S12, B2-1S12-2G10 va B3-1S12-2G12) to‘sinlarda kombinatsiyalashgan po‘lat va komopozit armaturali to‘sinlarning yuk ko‘tarish qobiliyati bir xil armaturalash foiziga teng bo‘lgan po‘lat armaturali temirbeton to‘sinlarga nisbatan 8,3 % gacha, 2- guruh (B4-4S12, B5-2S12-2G12 va B6-2S10-2G12) to‘sinlarda 2 % gacha va 3-guruh to‘sinlarda 10,4 % gacha katta bo‘lishi aniqlandi.

2-jadval

To'sin namunalarda darzbardoshlik momenti qiymatlari

To'sinning markal anishi	Buzuvchi kuch P_u, kN	Solqilik f, mm	M_{crc}^{exp}, kN·m	M_u^{exp}, kN·m	$M_{crc}^{exp} / M_u^{exp}$
B1-3S12	109.7	29.9	4.61	25.60	0.18
B2-1S12-2G10	107.3	28.1	4.26	25.04	0.17
B3-1S12-2G12	119.6	30.2	4.47	27.91	0.16
B4-4S12	135.3	29.7	5.37	31.57	0.17
B5-2S12-2G12	138.1	23.4	4.83	32.22	0.15
B6-2S10-2G12	121.5	29.8	4.25	28.35	0.15
B7-5S10	116.2	25.0	5.15	27.11	0.19
B8-3S10-2G10	129.7	29.7	4.84	30.26	0.16
B9-2S10-3G10	118.1	28.1	4.41	27.56	0.16

To'sinlarni eksperimental sinov natijasida po'lat armatura bilan armaturalangan to'sinlarda darzlarning hosil bo'lishi gibrid armaturali to'sinlarga nisbatan kechroq rivojlandi, ya'ni to'sin yuk ko'tarish qobiliyatining 17...19 % da dastlabki vizual darzlar kuzatildi. Lekin gibrid armaturali to'sinlarda 15...17 % ni tashkil etdi (2-jadval).

4. Xulosa

Eksperimental sinov natijalariga ko'ra uchta seriyadagi to'sinlarning qiyosiy tahlili shuni ko'rsatadiki, kombinatsiyalashgan po'lat va kompozit armaturali to'sinlarning mustahkamligi odatdagi temirbeton to'sinlarga nisbatan 10 % gacha katta bo'lishi kuzatildi. To'sinlarning buzilishi 4-holga to'g'ri keldi, ya'ni po'lat armaturadagi kuchlanishlar oquvchanlik chegarasiga yetganda siqiluvchi zonada betonda ezilish sodir bo'ldi va ShKAning uzilmasdan qoldi. Lekin darzbardoshligi oddiy temirbetonga nisbatan pastligi aniqlandi. Olingan natijalar kombinatsiyalashgan armaturalashning qo'llanilishi egilishga ishlovchi elementlarning xizmat muddatini sezilarli darajada uzaytirishini, hamda qayta tiklash va ta'mirlash xarajatlarini kamaytirishini anglatadi. Shuningdek, ularning chidamliligi bunday konstruksiyalarning, ayniqsa korroziyaga moyil muhitda, barqaror ishlashini ta'minlaydi.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Bingyan Wei, Xiongjun He, Ming Zhou, Huayi Wang, Jia He. Experimental study on flexural behaviors of FRP and steel bars hybrid reinforced concrete beams. Case Studies in Construction Materials 20 (2024) e02759, https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02759

[2] Ravshanbek Mavlonov, Sobirjon Razzakov, and Sohiba Numanova. Stress-strain state of combined steel-FRP reinforced concrete beams. E3S Web of Conferences 452, 06022 (2023) IPFA 2023, https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345206022

[3] Ahmed El Refai, Farid Abed, Abdullah Al-Rahmani. Structural performance and serviceability of concrete beams reinforced with hybrid (GFRP and steel) bars. Construction and Building Materials 96 (2015) 518–529, http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.063

[4] Hawileh, R., Finite element modeling of reinforced concrete beams with a hybrid combination of steel and aramid reinforcement, Materials and Design (2014), doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2014.10.004

[5] Ruan, X., Lu, C., Xu, K., Xuan, G., Ni, M., Flexural behavior and serviceability of concrete beams hybrid-reinforced with GFRP bars and steel bars, Composite Structures (2019), doi: https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111772

[6] Ravshanbek Mavlonov, and Sobirjon Razzakov. Numerical modeling of combined reinforcement concrete beam. E3S Web of Conferences 401, 03007 (2023) CONMECHYDRO – 2023. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340103007

[7] Mavlonov R.A., Mirzamakhmudov A.R. Calculation of FRP Reinforced Concrete Beam // International Journal of Academic Engineering Research (IJAER) ISSN: 2643-9085. Vol. 7 Issue 11, November - 2023, Pages: 25-31. http://ijeais.org/wp-content/uploads/2023/11/IJAER231107.pdf

[8] Gu Xingyu, Dai Yiqing, Jiang Jiwang. Flexural behavior investigation of steel-GFRP hybrid-reinforced concrete beams based on experimental and numerical methods. Engineering Structures 206 (2020) 110117, https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.110117

[9] Devaraj, R.; Olofinjana, A.; Gerber, C. Making a Case for Hybrid GFRP-Steel Reinforcement System in Concrete Beams: An Overview. Appl. Sci. 2023, 13, 1463. https://doi.org/10.3390/app13031463

[10] Yang Yang, Ze-Yang Sun, Gang Wu, Da-Fu Cao and Zhi-Qin Zhang. Flexural capacity and design of hybrid FRP-steel-reinforced concrete beams, Advances in Structural Engineering 1–15, 2019. https://doi.org/10.1177/1369433219894236

[11] Hiep Dang Vu, Duy Nguyen Phan. Experimental and Theoretical Analysis of Cracking Moment of Concrete Beams Reinforced with Hybrid Fiber Reinforced Polymer and Steel Rebars. Advances in Technology Innovation, vol. 6, no. 4, 2021, pp. 222-234. https://doi.org/10.46604/aiti.2021.7330

[12] Mavlonov R.A., Razzakov S.J. Calculation of Combined Steel-FRP Reinforced Concrete Beam on the First Group of Limit States. Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2024; 27 (1): 43–53. DOI 10.32683/1815-5987-2024-27-91-1-43-53

[13] Mavlonov R.A., Razzakov S.J. Numerical modeling of combined reinforcement concrete beam // E3S Web of Conferences 401, 03007, CONMECHYDRO – 2023. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340103007

[14] Mavlonov R.A., Razzakov S.J. Strength and Crack Resistance of Hybrid Steel-BFRP Reinforced Concrete Beams // Miasto Przyszłości ISSN-L: 2544-980X. Vol. 50 – 2024. https://miastoprzyszlosci.com.pl/index.php/mp/article/view/4319

[15] Razzakov S.J., Mavlonov R.A., Mukhtorjonov A.F. Numerical Modelling Of Deformability Of Hybrid

Steel-FRP Reinforced Concrete Beams In ANSYS // Best Journal of Innovation in Science, Research and Development, ISSN 2835-3579. Vol. 3, Issue 7 – 2024. https://www.bjisrd.com/index.php/bjisrd/article/view/2682/2466

Mualliflar to‘g‘risida ma’lumot/ Information about the authors

Mavlonov Ravshanbek Abdujabborovich/ Ravshanbek Mavlonov	Namangan davlat transport universiteti “Bino va inshootlar qurilishi” kafedrasi katta o‘qituvchisi, t.f.f.d., (PhD) E-mail: ravshanbek.mavlonov@gmail.com Tel.:+99893 493-61-00 https://orcid.org/0000-0001-6956-8946
No‘manova Sohiba Ergashboyevna / Sohiba Numanova	Namangan davlat transport universiteti “Qurilish muhandisligi” kafedrasi katta o‘qituvchisi, t.f.f.d., (PhD) E-mail: sohibanomanova@gmail.com https://orcid.org/ 0009-0007-7622-0017

CONTEXT / MUNDARIJA