KOMBINATSIYALASHGAN PO‘LAT-KOMPOZIT ARMATURALI BETON TO‘SINLAR HISOBI

Mavlonov Ravshanbek Abdujabborovich
Namangan davlat texnika universiteti, PhD, katta o‘qituvchi
No‘manova Sohiba Ergashboyevna
Namangan davlat texnika universiteti, PhD, katta o‘qituvchi
Email: ravshanbek.mavlonov@gmail.com

Annotatsiya. Po‘lat armaturaning temirbeton elementlarda qo‘llanilishi uning korroziyaga moyilligi sababli temirbeton konstruksiyalarning uzoq yashovchanligiga ta’sir ko‘rsatsa, kompozit armaturalarning elastik modulining pastligi sababli o‘zini alohida holatda to‘sinda qo‘llash elementda hosil bo‘ladigan deformatsiya va solqiliklarni bevosita ortishiga olib keladi. Shu sababli ularni to‘sinning cho‘ziluvchi zonasida kombinatsiyalashgan holatda armaturalash orqali qo‘llash ikkisining ham o‘zaro kamchiliklarini to‘ldirish imkonini beradi. Kombinatsiyalashgan po‘lat-kompozit armaturali to‘sinlarni hisoblash esa me’yoriy xujjatlarda keltirilmagan. Ushbu maqolada kombinatsiyalashgan armaturali to‘sinlarni nazariy hisoblash yoritilgan.

Kalit so‘zlar: po‘lat armatura, kompozit armatura, kombinatsiyalashgan armatura, temirbeton to‘sin, buzilish holi, mustahkamlik, solqilik

Abstract. While the use of steel reinforcement in reinforced concrete elements affects the durability of reinforced concrete structures due to its susceptibility to corrosion, the low elastic modulus of Fiber reinforced polymer (FRP) reinforcement leads to a direct increase in deformation and deflection when it is used independently in beams. Therefore, using them in a combined arrangement in the tensile zone of a beam allows compensating for the drawbacks of each material. However, the calculation of beams reinforced with combined steel–composite reinforcement is not provided in the standards. This article presents the theoretical calculation of beams with combined reinforcement.

Key words: steel reinforcement, FRP reinforcement, combined reinforcement, reinforced concrete beam, failure mode, strength, deflection

Аннотация. Применение стальной арматуры в железобетонных элементах влияет на долговечность железобетонных конструкций из-за её склонности к коррозии, а низкий модуль упругости композитной арматуры при её самостоятельном использовании в балках приводит к увеличению деформаций и прогибов элемента. Поэтому армирование балки в растянутой зоне комбинированной сталекомпозитной арматурой позволяет компенсировать недостатки обоих материалов. Однако расчёт балок с комбинированной арматурой в нормативных документах не предусмотрен. В данной статье представлены теоретический расчёт балок с комбинированной

ISSN 3030-3907

арматурой.

Ключевые слова: стальная арматура, композитная арматура, комбинированная армирования, железобетонная балка, характер разрушения, прочность, прогиб

Kirish.

Jahonda qurilish sohasida konstruksiyalarning yuk ko‘tarish qobiliyatini oshirish, ularning hususiy og‘irligini kamaytirish, texnik, iqtisodiy hamda ekologik jihatdan samarador yechimlarni ishlab chiqish hozirgi kunda dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Xususan, temirbeton konstruksiyalarda keng qo‘llanib kelinayotgan po‘lat armaturalar yuqori mustahkamlikka ega bo‘lsa-da, korroziyaga moyilligi, vaznining og‘irligi va tannarxining qimmatligi sababli ayrim holatlarda qo‘llash bo‘yicha ba’zi muammolarni keltirib chiqarmoqda. Bugungi ekologik va iqtisodiy vaziyatda bunday muammolarni bartaraf etish maqsadida zamonaviy kompozit armaturalar, xususan bazalt kompozit armatura (BKA)lardan foydalanishga so‘nggi vaqtlarda alohida e’tibor qaratilmoqda [1-3].

So‘nggi vaqtlarda beton konstruksiyalarda po‘lat armaturaga muqobil sifatida BKA larga ko‘proq e’tibor qaratilmoqda. O‘ziga xos korroziyaga chidamliligi sababli BKA agressiv muhitda chidamlilik talablariga javob beradigan temirbeton konstruksiyalarda po‘lat armaturaga muqobil sifatida o‘z o‘rniga ega. BKA yuqori mustahkamlikka ega bo‘lib, cho‘zilishdagi qarshiligi 1100 MPa gacha yetadi, po‘latga (400 MPa) nisbatan solishtirganda bir necha marta katta. BKA po‘latdan farqli o‘laroq plastik oquvchanlik maydonchasining mavjud emasligi bilan tanilgan. BKA bilan armaturalangan beton konstruksiyalar yuklamaning me’yoriy qiymatlardan ortishi va darzlar, hamda haddan tashqari deformatsiyalar ostida ishlashi bo‘yicha odatdagi temirbeton kabi ishonchli hisoblanmaydi, chunki ularda plastikligi yo‘qligi bois chegaraviy shartlardan oshib ketadi. Boshqacharoq aytganda, elastiklik moduli kam bo‘lgan BKAda katta elastik deformatsiyalar kuzatiladi, biroq bu mo‘rt buzilishga qarshilik ko‘rsatmaydi. Mazkur hususiyat tufayli BKA ni beton to‘sinlarda qo‘llaganda armaturalash foizining ortib ketishi va ishonchlilik koeffitsientlarida katta zaxiralar olinishga to‘g‘ri keladi [4-7].

Ko‘plab davlatlarning kompozit armaturali beton konstruksiyalarni loyihalash bo‘yicha me’yoriy xujjatlarida BKA bilan armaturalash keltirilgan bo‘lsada, komopzit armaturaning mo‘rt xarakterdagi buzilishi mavjudligi bois beton konstruksiyalarda po‘lat armaturani to‘la almashtirishga tavsiya etib bo‘lmaydi. Beton elementlarni kombinatsiyalashgan po‘lat-kompozit armatura bilan armaturalash g‘oyasida po‘lat armatura elastiklikni ta’minlasa, cho‘zilishdagi mustahkamligi yuqori bo‘lgan kompozit armatura esa mustahkamlikni ta’minlaydi. Bu orqali faqat kompozit armaturabilan armaturalangan beton to‘sinlardagi mo‘rt buzilishni oldini olish mumkin. Kombinatsiyalashgan armaturalashda kompozit

ISSN 3030-3907

armaturalar asosiy vazifani bajarib chegaraviy holatni nazorat qiladi, po‘lat armatura esa buzilish holini belgilaydi. Po‘lat armatura beton elementda kompozit armaturaga nisbatan chuqurroq joylashadi va kattaroq himoya qatlamga ega bo‘ladi. Bu orqali u to‘sinning egiluvchanligini ta’minlaydi [8-11].

Gibrid po‘lat-KPA li beton to‘sinlar bir qator afzalliklarga ega bo‘lsada, ularning armaturalanishi mustahkamlik va egiluvchanlikni oshirish uchun optimal bo‘lishi kerak. Ularning birgalikda ishlashi konstruksiyani xavfsiz ishlashini ta’minlashi kerak. So‘nggi yillarda dunyo miqyosida po‘lat-KPA bilan armaturalangan beton to‘sinlar ustida bir qator izlanishlar olib borildi va ularda mazkur to‘sinlarni nazariy hisoblash bo‘yicha yangi usullar taqdim qilindi hamda optimal armaturalash aniqlandi [12-14].

Tadqiqot metodologiyasi.

Gibrid armaturalangan temirbeton to‘sinlarning yuk ko‘tarish qobiliyati nihoyasiga yetgandan so‘ng buzilishi odatdagi temirbeton to‘sinlardan hamda faqat kompozit armaturali beton to‘sinlardan keskin farq qiladi [15].

Po‘lat armaturali to‘sinlarda buzilishning ikki holi mavjud. 1-holda me’yorida armaturalangan elementlarning buzilishi cho‘ziluvchi zonadagi po‘lat armaturalardagi kuchlanish oquvchanlik chegarasiga erishgan so‘ng undagi deformatsiyalar ortishi natijasida cho‘ziluvchi zonada darzlarlar kengligi soni ortib boradi va oqibatda siqiluvchi zonadagi betonning ezilishi bilan yakunlanadi. 2-holda esa, me’yordan ortiq armaturalangan elementlarda buzilish siqiluvchi zonadagi betonning ezilishi natijasida ro‘y beradi. Cho‘ziluvchi zonada bo‘ylama armaturalar keragidan ortiq o‘rnatilgani bois ularning mustahkamligida foydalanilmaydigan zaxira qolib ketadi [16].

To‘la kompozit armaturali beton to‘sinlar buzilishining 3 ta holi kuzatiladi. 1-holda cho‘ziluvchi zonadagi armaturalarning uzilishi. 2-holda armatura keragidan ortiq qo‘llanilganda cho‘ziluvchi zonadagi armaturalardagi kuchlanishlar ularning chegaraviy mustahkamligidan kichik bo‘ladi va uzilmaydi, lekin siqiluvchi zonadagi betonning ezilish natijasida buzilish ro‘y beradi. 3-holda esa cho‘ziluvchi zonadagi armaturaning uzilishi va siqiluvchi zonadagi betonning ezilishi bir vaqtda ro‘y berib, mo‘rt xarakterdagi buzilish kuzatiladi [5].

Kombinatsiyalashgan po‘lat-kompozit armaturali temirbeton to‘sinlarda 3 xil turdagi material qo‘llanilganligini hisobga olinsa, ularning buzilishi turli xil kombinatsiyalarda hosil bo‘ladi. Bunda ham yuqoridagi to‘sinlar kabi siqiluvchi zonadagi betonning ezilishi, po‘lat armaturalardagi kuchlanish o‘zining oquvchanlik chegrasiga erishishi hamda BKAning uzilishi kabi holatlar bilan namoyon bo‘ladi [9].

Yuqorida ta’kidlab o‘tilganidek, po‘lat va BKA bilan gibrid armaturalangan temirbeton to‘sinlarning buzilishini nazariy jihatdan o‘rganish hamda hisoblash

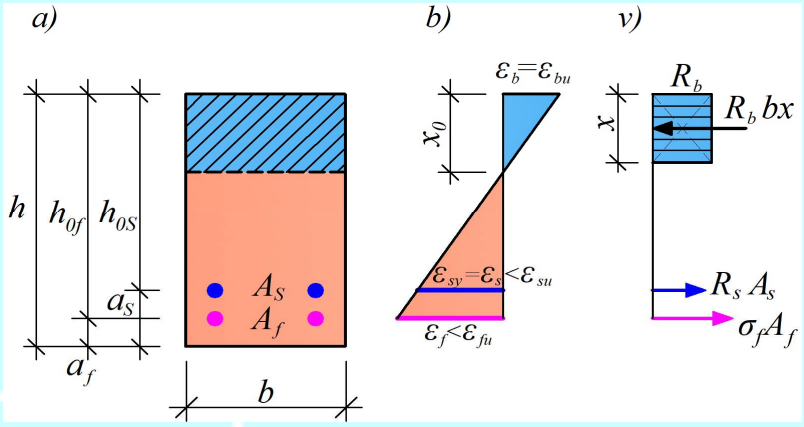
ISSN 3030-3907

usullarini ishlab chiqish kompozit armaturali beton to‘sinlar hamda po‘lat armaturali temirbeton to‘sinlarda farq qiladi. Analitik hisob natijalari asosida kombinatsiyalashgan po‘lat-kompozit polimer armaturali to‘sinlar buzilishining 6 ta holi kuzatiladi. Mazkur buzilishi hollarining 1, 2 va 3-hollarida temirbeton to‘sinning ko‘ndalang kesimida beton kesim yuzasiga nisbatan po‘lat va kompozit polimer armaturalar yuzasi kam bo‘lsa, 5 va 6-hol me’yoridan ortiq armaturalashni ko‘zda tutadi. 4-hol esa real xayotga yaqin armaturalashni e’tiborga oladi. Mazkur buzilishlarnig 3 va 5-holi neytral holat deb nomlanib, bunda 2 yoki 3 ta materialning bir vaqtda buzilishi kuzatiladi, ya’ni siqiluvchi zonadagi betonning buzilishi, cho‘ziluvchi zonada joylashgan po‘lat armaturada oquvchanlikning kuzatilishi hamda kompozit polimer armaturalarning uzilishi. Kombinatsiyalashgan po‘lat-kompozit armaturalarni chegaraviy holatlarning birinchi guruhi bo‘yicha hisoblashda egiluvchi elementlarni kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatining 3-bosqichiga asoslangan, ya’ni temirbeton to‘sinning cho‘ziluvchi zonasida darz hosil bo‘lgandan so‘ng, cho‘ziluvchi zonadagi zo‘riqishlarni faqat bo‘ylama ishchi armaturalar qabul qiladi deb faraz etiladi. Bunda cho‘ziluvchi zonadagi betonning qarshiligi e’tiborga olinmaydi [8].

Muhokama va natijalar.

Mazkur maqolada kombinatsiyalashgan po‘lat-kompozit armaturali beton to‘sinlar buzilishining 4-holini hisoblash keltirilgan hamda mazkur hisoblashlar orqali olingan natijalar tahlil qilindi.

Xuddi po‘lat armaturali temirbeton to‘sinda uchragani kabi me’yorida armaturalangan elementning buzilish holi. Bunda dastlab po‘lat armaturadagi kuchlanish o‘zining oquvchanlik chegarasidagi mustahkamlikka yetadi va zo‘riqishlar kompozit armaturaga uzatilishi natijasida unda deformatsiyalar ortib boradi, lekin uzilmaydi. Biroq siqiluvchi zonadagi beton buziladi. Kompozit armatura mustahkamligidan yetarlicha foydalanilmasdan undan zaxira qoladi.



1-rasm. Kombinatsiyalashgan armaturali temirbeton to‘sinlar buzilishining 4-holi uchun hisobiy sxema: a) to‘sinning ko‘ndalang kesimi va armaturalarning joylashishi; b) nisbiy deformatsiyalar sxemasi; v) ekvivalent kuchlanishlar diagrammasi

ISSN 3030-3907

1-rasmdan to‘sindagi chegaraviy eguvchi momentni cho‘ziluvchi zonadagi ShKAning og‘irlik markazidan o‘tgan o‘qqa nisbatan moment olish orqali aniqlash mumkin:

$$M_u = R_b bx(h_{0f} - x/2) - \sigma_{sy} A_s (h_{0f} - h_{0s}) \quad (1)$$

Ko‘ndalang kesimda joylashgan barcha kuchlarni X o‘qiga nisbatan proeksiya olib ifodani (2) hosil qilish mumkin:

$$R_b bx = \sigma_{sy} A_s + \sigma_f A_f \quad (2)$$

bu yerda: σ_f - ShKAdagi kuchlanish, uni $\sigma_f = \varepsilon_f E_f$

(3) dan aniqlanadi:

$$\sigma_f = \varepsilon_f E_f \quad (3)$$

ShKA dagi nisbiy deformatsiyani 3-rasmga asosan nisbiy deformatsiya diagrammasiga asosan aniqlanadi:

$$\frac{\varepsilon_f}{h_{0f} - x_0} = \frac{\varepsilon_{bu}}{x_0}$$

$$\varepsilon_f = \frac{\varepsilon_{bu}(h_{0f} - x_0)}{x_0} \quad (4)$$

(3) va (4) ni (2) ga qo‘yilsa (6) hosil bo‘ladi:

$$R_b bx = \sigma_{sy} A_s + \frac{\varepsilon_{bu}(h_{0f} - x/\omega)}{x/\omega} E_f A_f \quad (5)$$

bu yerda: $\omega = 0.85$ siqiluvchi zonadagi joylashgan betondagi parabolik shaklli epyurani to‘g‘ri to‘rtburchak shaklga keltirish koeffitsienti

$0 < x < h_{0s}$ ni hisobga olib siqiluvchi zonaning balandligini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$x = \frac{\sqrt{(A_s\sigma_{sy} - \alpha_f \varepsilon_{bu})^2 + 4R_b \omega b h_{0f} \alpha_f \varepsilon_{bu}} + \sigma_{sy} A_s - \alpha_f \varepsilon_{bu}}{2R_b b} \quad (6)$$

bu yerda: $\alpha_f = A_f E_f$.

Xulosa.

Ushbu maqolada kominatsiyalashgan po‘lat-kompozit armaturali temirbeton to‘sinlarni qurilish amaliyotida qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan 4-buzilish holining hisobi keltirildi. 1, 2 va 3-hollarda to‘sinning armaturalash koeffitsienti juda kichik qiymatni tashkil etib, amalda qo‘llanilmaydi. 5 va 6-hollarda esa armaturalash kojffitsientining qiymati me’yoriy qiymatlardan sezilarli katta qiymatga ega bo‘ladi. Bunday holda cho‘ziluvchi zonada joylashgan armaturalar mustahkamligidan yetarlicha foydalanilmay qoladi. Bu esa iqtisodiy jihatdan o‘zini oqlamaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Bingyan Wei, Xiongjun He, Ming Zhou, Huayi Wang, Jia He. Experimental

ISSN 3030-3907

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. 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

3. 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

4. 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

6. 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

7. 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

8. Seongeun Kim & Seunghun Kim (2019): Flexural Behavior of Concrete Beams with Steel Bar and FRP Reinforcement, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, https://doi.org/10.1080/13467581.2019.1596814

9. 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

10. 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

11. 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

12. 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

13. Yang Yang, Ze-Yang Sun, Gang Wu, Da-Fu Cao and Zhi-Qin Zhang. Flexural

ISSN 3030-3907

capacity and design of hybrid FRP-steel-reinforced concrete beams, Advances in Structural Engineering 1–15, 2019. https://doi.org/10.1177/1369433219894236
14. 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
15. 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
16. 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
17. 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