MAVJUD AVTOYO‘L KO‘PRIKLARI ORALIQ QURILMALARINING YUK KO‘TARISH QOBILIYATINI OSHIRISHDA KOMPOZIT POLIMER MATERIALLARNI QO‘LLASHNING O‘ZIGA XOS TOMONLARI

Axmedov Sherzod Baxodirovich[1], Amonov Yodgorjon Azim o‘g‘li[2]
[1]Avtomobil yo‘llaridagi sun’iy inshootlar kafedrasi dotsenti, PhD.
[2]“O’zyo’lko’prik” klasteri DM Markaziy laboratoriyasi 1-toifali muhandisi.

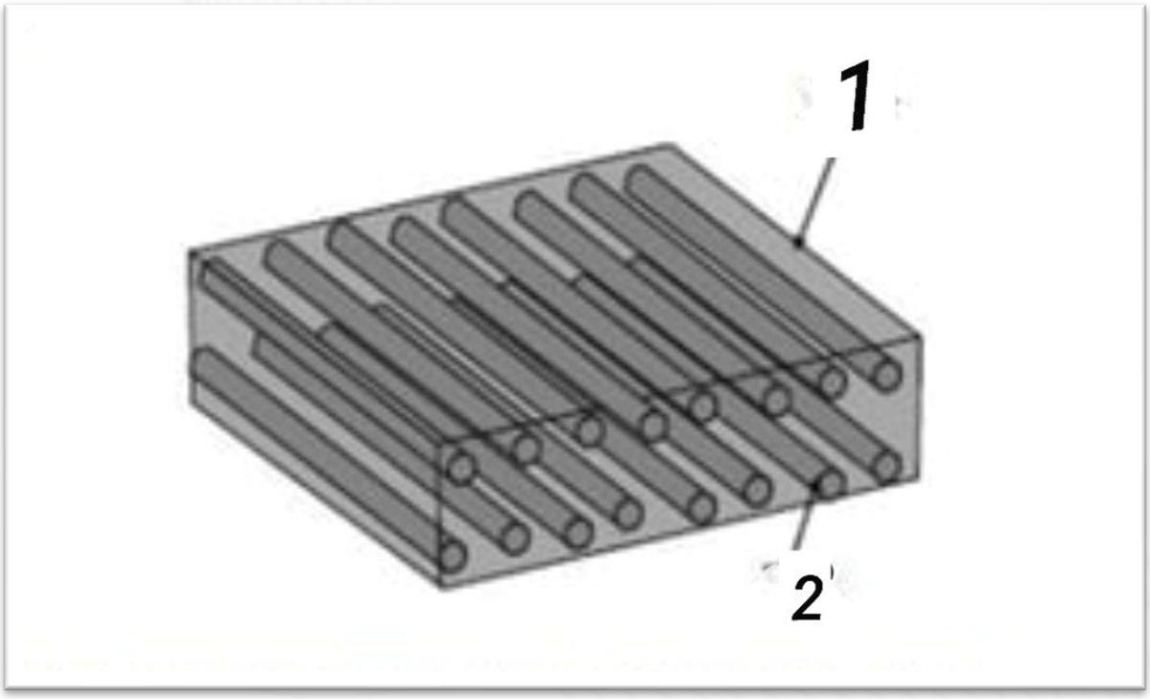
Received: 02.11.2025
Revised: 03.11.2025
Accepted: 04.11.2025

Kalit so‘zlar:
polimer,kompozit,ugleplastik,laminat,tola,elastik, qatron

Annotatsiya. Metal profillari, sterjenlar va po‘lat listlarni qo‘llab bajariladigan kuchaytirish an’anviy usullarning samaradorligi yetarlicha emas ,chunki bu elementlar juda oson korroziyaga chalinadi. Korrozion shikastlanishlar elementlarning kesimini kamatirib ,ularning yuk ko‘tarish qobiliyatini kamaytiradi va oraliq qurilmani almashtirishga ham olib kelishi mumkin.Korroziyaning rivojlanish tezligi bir qator omillarga bog’liqdir;metallning kimyoviy tarkibi,uni qayta ishlanishi va himoyasi ,tajovuzkor muhitning turi,harorat,kuchlanish holati va boshqalarni keltirish mumkin.Metall sirtining namlanishi korroziyaning boshlanishini bosh omilidir. Temirbeton metall listlarni qoplash yo‘li bilan kuchaytirilsa tashqi muhitning tasiri bilan metalda korroziya vujudga kelishi juda qisqa fursatlarda boshlanishi mumkin,bu esa konstruksiyaning zaiflashishi davom etishini bildiradi.Shu sababli konstruksiyalarni kuchaytirishda kompozit polimer materiallarni qo’llash eng samarali usullardan biri hisoblanadi.

Yaqin yillarda konstruksiyalarni mustahkamlash uchun innovatsion materiallar va ularni qo‘llash bo‘yicha turli xil ilmiy yangiliklar talaygina.Ulardan biri butun dunyo bo‘ylab mashxur bo‘lib borayotgan MTP bo‘lib, hozirgi kunda muhandis-quruvchilar tomonidan yangi va o‘ta ishonchli material sifatida takidlanmoqda (Fib 14, 2001).Oxirgi bir necha o‘n yillikda korriziyaga chidamli, o‘ta mustahkam va yengil materiallar *mustahkam tolali polimer (MTP)* nomi bilan atalib boshlandi.Ushbu materillar dastlab samalyotsozlik va mashinasozlikda keyinchalik qurilish-muhandisligida konstruksiyalarni kuchaytirish maqsadida an’anaviy usullarda qo‘llanib kelinayotgan po‘lat listlarni o‘rnini bosuvchi alternative sifatida tanlab olindi. Shu kungacha xorijiy-mamlakatlar qurilish-muhandisligida MTP materiallari konstruksiyalarni kuchaytirish va mustahkamlashda mashxur materialga aylanib ulgurdi.MTP materiallari yangi bino

va inshootlarda emas aksincha mavjuda bino va inshootlar konstruksiyalarini kuchaytirish maqsadida foydalaniladi.MTP materiallari asosan ikki maqsadda foydalaniladi:1) Konstruksiyalarga tushadigan yuklar me'yori konstruksiyaning loyihaviy ko'rsatkichlaridan ortib ketadigan bo'lsa ushbu konstruksiyalarni yuk ko'tarish qobilyatini yangi meyorlarga moslash maqsadida yo bino va inshootlardan foylanish maqsadlari o'zgarsa;2) Mavjud konstruksiyaning loyihaviy ko'rsatkichlari tashqi aggressive muhitning ta'sirida (armaturaning korroziyaga uchrashi) pasayib ketgan hollarda uning dastlabki loyihaviy ko'rsatkichlarini tiklash maqsadida, qurilish jarayonida yo'l qo'yilgan xato va kamchiliklar bo'lsa. **MTP materiallar**–polimer qatron tarkibida ishlaydigan ko'plab yuqori mustahkamlikka ega ingichka tolalar (iplar yoki eshilgan ip) dan tashkil topgan materiallardir(Rasm 1.1).Ular zavod sharoitida ishlab chiqiladi.



1.1 rasm. Tolalari bir tomonga yo'nalgan MTP materialining sxematik ko'rinishi. 1-matritsa (polimer qatron) 2-tola

Ushbu materialda tolalarning asosan 3 turi ishlatiladi:

1) uglerod tolali; 2)shisha tolali; 3)aramid tolali

Yuqorida keltirilgan toalalarning barchasi uzulgunicha bo'lgan jarayonda chiziqli elastikdir. Ushbu tolalarning fizik mexanik xossalari 1.1-jadvalda keltrilgan.

Tolalarning fizik –mexanik xossalari (Feldman 1989,Kim1995)

(1.1 jadval)

Material nomi	Elastiklik moduli (Gpa)	Mustahkamligi (MPa)	Nisbiy deformatsiya (%)
Uglerod tolali			

Yuqori mustahkam Oʻta mustahkam Yuqori modul Oʻta yuqori modul	215-235 215-235 350-700 500-700	3500-4800 3500-6000 2100-2400 2100-2400	1.4-2.0 1.5-2.3 0.5-0.9 0.2-0.4
Shisha tolali E S	 70 85-90	 1900-3000 3500-4800	 3.0-4.5 4.5-5.5
Aramid tolali Quyi modul Yuqori modul	 70-80 115-130	 3500-4100 3500-4000	 4.3-5.0 2.5-3.5

Polimer tolalaring uzunligi diametriga nisbatan yuzlab marta katta boʻlgan ingichka tolalardan tashkil topgan.Armaturalovchi tolalar ishlab chiqaruvchining ratsional tanloviga muvofiq maksimal samaradorlikka erishish uchun matritsa tarkibiga ma'lum bir foiz miqdorida va yoʻnalishda joylashtirilishi mumkin[3].Tolalar turli xil yoʻnalishda kiritilishi mumkin:

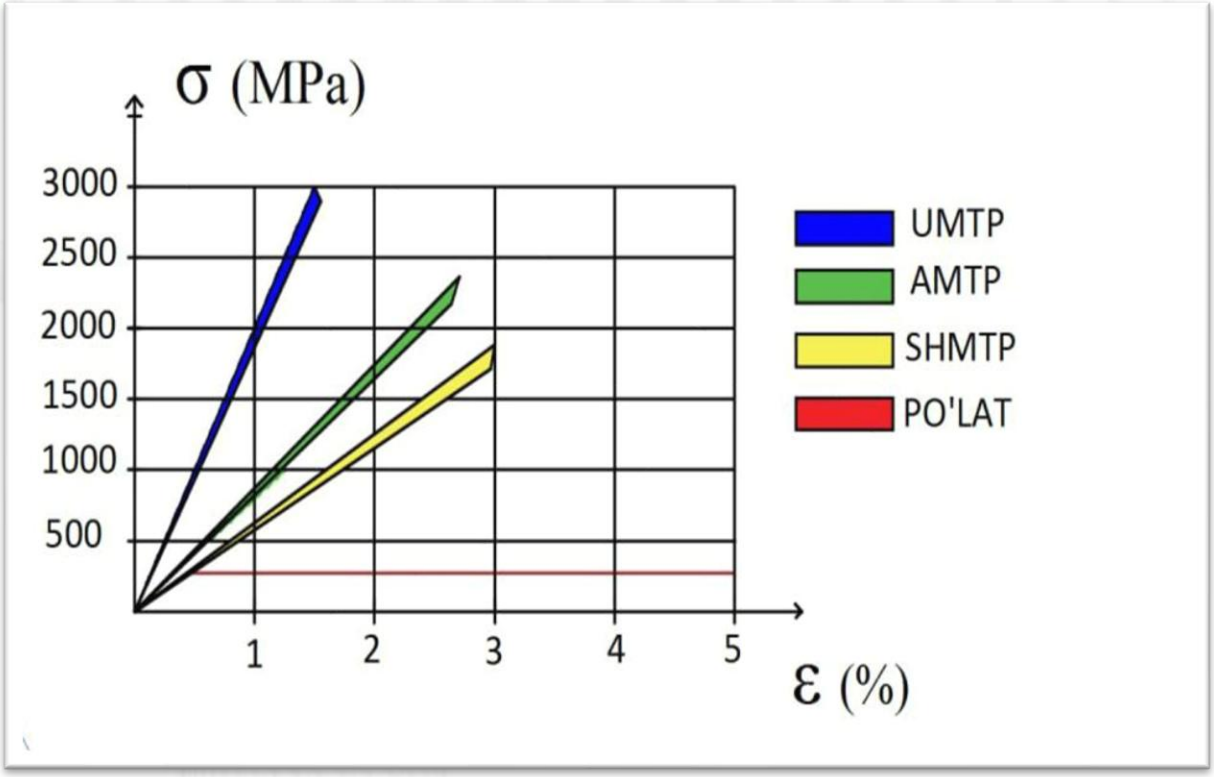
a) bir tomonga yoʻnalgan (1.6 rasm); b) ikki tomonga (bir biriga perpendikulyar) holatda yoʻnalgan; c) tasodifiy tomonga yoʻnalgan;

Elastiklik va mustahkamlikni tolalar ta'minlaganligi sababli kompozitlar koʻpincha anizotropik boʻladi.Konstruksiyalarda mustahkamlikni ta'minlash uchun asosan tolalari bir tomonga yoʻnalgan kompozit materiallardan foydalaniladi.65 % i uglerod toladan iborat boʻlgan va tolalari bir tomonga yoʻnalgan kompozit materialning taqribiy elastiklik moduli va mustahkamligi 1.2-jadvalda keltirilgan.Taqqoslash maqsadida oʻrtacha mustahkamlikdagi poʻlatning ham elastiklik moduli va mustahkamligi ushbu jadvalda keltirilib oʻtilgan.

MTP materiallari va poʻlatning fizik-mexanik xossalari (Fib 2001)

(1.2 jadval)

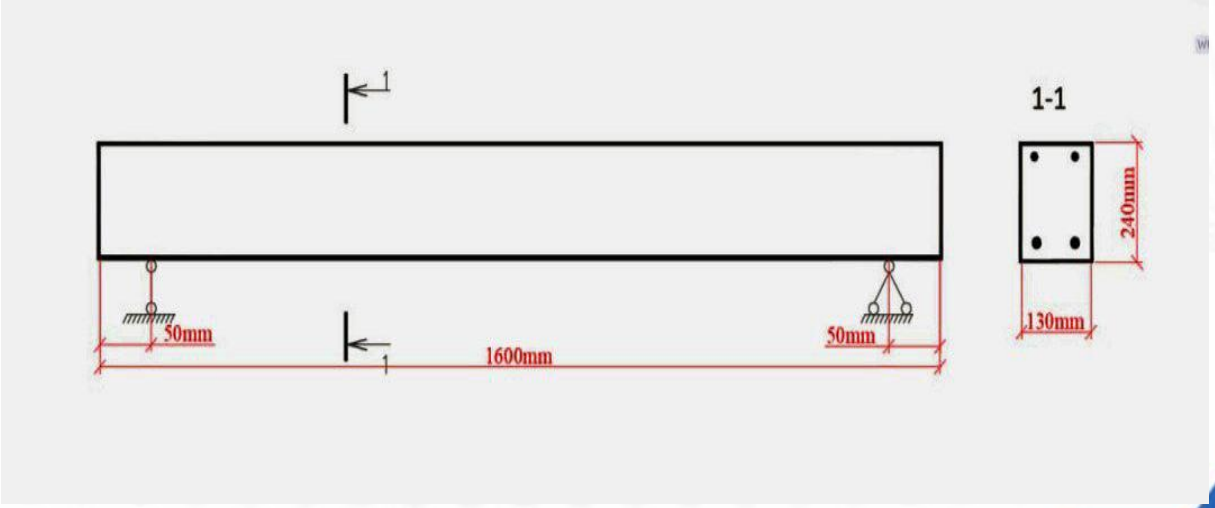
Material	**Elastiklik moduli (GPa)**	**Mustahkamligi (MPa)**	**Nisbiy uzayish deformatsiyasi (%)**
Tolali polimer material	E_f	R_f	ε_{fu}
Quyi modulli UTMP material	170	2800	1.6
Yuqori modulli UTMP material	300	1300	0.5
Oʻrtacha mustahkamlikdagi poʻlat	200	400	25



1.2rasm. Turli turdagi kompozit materiallar va po‘lat uchun bir o‘q bo‘yicha kuchlanish diagrammalari .UTMP=Ugleplastikli MTP, AMTP=Aramidoplastikli MTP, SHMTP=Shishaplastikli MTP (Manba: Fib 2001).

3.2.Temir-beton tajriba sinov namunalarini kompozit material yordamida yuk ko‘tarish qobilyatini oshirishning nazariy asoslari

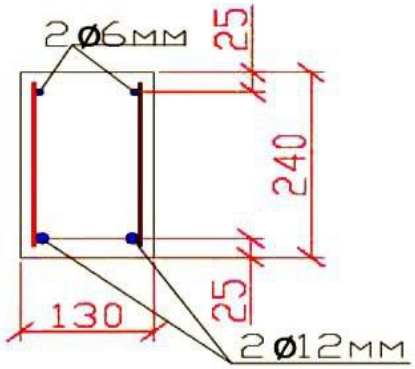
Tajriba o‘tkaziladigan temir beton to‘sinning sxematik modeli o‘lchamlari 1600x240x130mm bo‘lib,temirbeton to‘sin (B35 (M450),armatura 2Ø12mm va 2Ø6=1530mm dan iborat.



3.2-rasm .Temir beton sinov-tajriba namunalarining bo‘ylama va ko‘ndalang kesim ko‘rinishlari

Ko‘ndalang kesim o‘lchamlari rasmda keltirilgan *b* = 1500 мм,

h=2400мм, a = 25 мм, a' = 25 мм;
Cho‘ziluvchi armatura AIII A400(R_s=335, E_s = 2 *10^5 МПа);
Siqiluvchi armatura AI A240 (R_s=225, E_s = 2 *10^5 МПа);
Armatura kesim yuzasi A_s = 226 мм^2 (2Ø12), A_s' = 57 мм^2 (2Ø6);
Beton sinfi B35 (R_b =19,5 МПа, E_b = 33,5·10^3 МПа);



3.3-rasm.Namuna ko‘ndalang kesim harakteristikalari

Egiluvchi elementlar ko‘ndalang kesim bo‘yicha mustahkamligi СП 63.13330.2012 ga asosan hisoblanadi

$$M \le M_o$$

Bu yerda:M – tashqi yukdan hosil bulgan eguvchi moment;
M_u – elementning kundalang kesim yuzasi qabul qilishi mumkin bo‘lgan chegaraviy eguvchi moment qiymati;
M_u – elementning kundalang kesim yuzasi qabul qilishi mumkin bulgan chegaraviy eguvchi moment qiymati quyidagi formula yordamida aniqlanadi
$\xi = \frac{x}{h} \le \xi_{R,f}$ shartga amal qilingan xolda quyidagicha aniqlanadi

$$M_o = R_b b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A_s'(h_0 - a')$$

Siqilish zonasi balandligi quyidagicha aniqlanadi:

$$x = \frac{R_s A_s - R_{sc} A_s'}{R_b b} = \frac{335 \cdot 226 - 225 \cdot 57}{19{,}5 \cdot 130} = 24{,}8mm$$

ξ_R quyidagi formuladan topiladi:

$$\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{0{,}8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b2}}} = \frac{0{,}8}{1 + \frac{0{,}00167}{0{,}0035}} = 0{,}54$$

bu yerda:$\varepsilon_{s,el}$ –Kuchlanish ostida cho‘ziluvchi armaturada hosil bo‘ladigan nisbiy deformatsiya;
ε_{b2} – betonning siqilish zonasida hosil bo‘ladigan nisbiy deformatsiya, СП 63.13330.2012 bo‘yicha qabul qilinadi.

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{335}{2 \cdot 10^5} = 0{,}00167;$$

$$h_0 = h - a = 240 - 25 = 215mm$$

Shartni tekshiramiz:

$\xi = \frac{x}{h_0} \le \xi_R$ $\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{24{,}8}{215}$=0,115

0,115<0,54, shartni qanoatlantiryapdi.

M_u ni aniqlaymiz:

$$M_o = R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A_s^{'}(h_0 - a^{'}) =$$

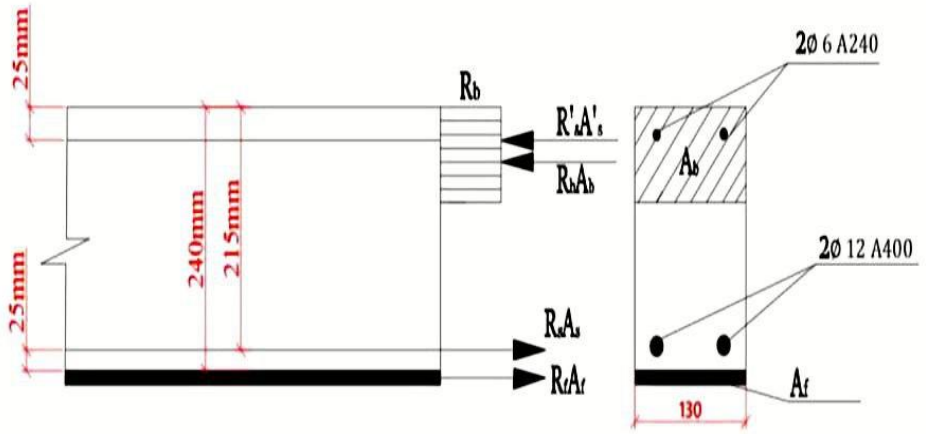
$$19{,}5 \cdot 130 \cdot 24{,}8(215 - 0{,}5 \cdot 24{,}8) + 225 \cdot 57(215 - 25) = 15{,}37kNm$$

Ya'ni mavjud tajriba-sinov namunaning chegaraviy eguvchi moment miqdori $M_o = 15.37kNm\ ekan.$

Tajriba-sinov namunalarini kompozit material bilan kuchatirgan holda normal kesim bo'yicha mustahkamlikka hisoblash.

Bu yerda ,to'sinning cho'zilish zonasi pastki qismiga bir qator va bir qatlam qilib yopishtirilgan Carbon Wrap fizik-mexanik xossalari quyidagicha:$R_{f,n}$=3100МПа, E_f=$E_{f,n}$=170000 МПа,t_f=0.45мм va kengligi 130 мм.

Kompozit material bilan kuchaytirilgan egiluvchi element ko'ndalang kesimini СП164.1325800 bo'yicha mustahkamlikka hisoblash.



3.4-rasm. Tajriba -sinov namunasini kompozit material yordamida kuchaytirish sxemasi

$$M \le M_u$$

Ko'ndalang kesimi to'g'ri to'rtburchak bo'lgan egiluvchi elementlar uchun mustahkamlik chegarasi M_u ushbu shartni qanoatlantirgan holda $\xi = \frac{x}{h_0} \le \xi_{R,f}$

Quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$M_u = R_b b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A_s^{'}(h_0 - a^{'}) + R_f A_f a$$

Bunga ko'ra siqilish zonasi x quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$x = \frac{R_s A_s - R_{sc} A_s^{'} + R_f A_f}{R_b b} = \frac{335 \cdot 226 - 225 \cdot 57 + 702{,}6 \cdot 60}{19{,}5 \cdot 130} = 41{,}44mm$$

Значение $\xi_{R,f}$ определяем по формуле:

$$\xi_{R,f} = \frac{x_{R,f}}{h} = \frac{\omega}{1 + \frac{\varepsilon_{f,u} + \varepsilon_b^0}{\varepsilon_{b2}}} = \frac{0{,}8}{1 + \frac{0{,}004 + 0{,}0049}{0{,}0035}} = 0{,}225$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{41,44}{215} = 0,19$$

$$\xi < \xi_R$$

bu yerda ω –beton siqiluvchi zonasi harakteristikasi, sinfi B60 gacha bo‘lgan og‘ir beton uchun 0,8 deb qabul qilinadi, B70 – B100 sinfli og‘ir beton uchun esa 0,7 qabul qilinadi;

$\varepsilon_{f,ult}$ – kompozit materialning chegaraviy nisbiy deformatsiyasi;

ε_{b2} –siqiluvchi betonning nisbiy deformatsiyasi;

ε^0 –beton siqilish zonasining kuchaytirishgacha bo‘lgan davrda nibiy deformatsiyasi,6.2.13 СП 164.1325800 ning 6.2.4 punkti bo‘yicha aniqlanadi;

endi: $\varepsilon_{f,u}$ ning qiymatini aniqlaymiz

$$\varepsilon_{f,u} = \frac{R_f}{E_f} = 0,004$$

Materialning cho‘zilishdagi hisobiy qarshiligi R_f quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$R_f = \frac{\gamma_{f*}\gamma_{f2} * R_{f,n}}{\gamma_f} = \frac{0,85 \cdot 0,32 \cdot 3100}{1,2} = 702,6MPa$$

bu yerda γ_f – kompozit materialning ishonch

1,2 –uglerodkompozit uchun;

γ_{f1} – kompozit materialning tashqi muhit ta’sirida ishlashiga oid koeffitsiyent,СП164.1325800 ning 3-jadvalidan olinadi;

γ_{f2} –kompozit materialning beton bilan tishlashish koeffitsiyenti;

$$\gamma_{f2} = \frac{1}{2,5\varepsilon_{f,u}}\sqrt{\frac{R_b}{nE_f t_f}} = \frac{1}{2,5 \cdot 0,012}\sqrt{\frac{19,5}{1 \cdot 170000 \cdot 1.2}} = 0,32 \leq 0,9$$

bu yerda $\varepsilon_{f,u}$ –kompozit materialning chegaraviy nisbiy deformatsiyasi, R_f ga asosan aniqlangan,γ_{f2}=1 ga teng deb qabul qilingan holda;

n–Kompozit material qatlamlar soni;

t_f–kompozit material qalinligi,мм;

$$\varepsilon_b^0 = \frac{M_0}{E_{b1}I_{red}}x_0 = \frac{18 \cdot 10^3}{8815,7 \cdot 10^6 \cdot 0,00017}0,414 = 0,0049$$

Bu yerda: M_0–konstruksiyaga kuchaytirishdan oldin ta’sir qilyotgan yukdan hosil bo‘lgan eguvchi moment;

E_{b1}–siqilish zonasidagi betoning deformatsiya moduli;

I_{red}–kesimning og‘irlik markaziga nisbatan inersiya momenti;

x_0 – siqilish zonasi balandligi;

Betonning elastiklik moduli:

$$E_{b1} = \frac{E_b}{1 + \phi_{b,cr}} = \frac{33,5 \cdot 10^3}{1 + 2,8} = 8815,7MPa$$

bu yerda $\varphi_{b,cr}$- betonning oquvchanlik koeffitsiyenti, СП63.13330 ning 6.1.16 bandi bo‘yicha qabul qilinadi;

Kesimning og‘irlik markaziga nisbatan inersiya momenti:

$$I_{red} = I + \alpha\left(I_s + I_s^{'}\right) = 0,00015 + 5,9(0,0000031 + 0,00000025) = 0,00017m^4$$

betonning inersiya momenti:

$$I = \frac{bh^3}{12} = 0{,}00015m^4$$

Cho‘ziluvchi armatura inersiya momenti:

$$I_s = n(\frac{\pi d^4}{64} + (\frac{h}{2} - a)^2 = 3(\frac{3{,}14 \cdot 0.012^4}{64} + (\frac{0{,}24}{2} - 0{,}025)^2 \frac{3{,}14 \cdot 0{,}012^2}{4}) = 0{,}0000031.m^4$$

Siqilish zonasi inersiya momenti:

$$I_s = n(\frac{\pi d^4}{64} + (\frac{h}{2} - a^{'})^2 = 3(\frac{3{,}14 \cdot 0{,}006^4}{64} + (\frac{0{,}24}{2} - 0{,}025)^2 \frac{3{,}14 \cdot 0{,}006^2}{4}) = 0{,}00000025.m^4$$

Keltirish koeffitsiyenti:

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{200000}{33500} = 5{,}9$$

$M_u$ning qiymatini aniqalymiz:

$M_u = R_b b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A_s^{'} \left(h_0 - a^{'}\right) + R_f A_f a = 19{,}5 \cdot 130 \cdot 41{,}44(215 - 0{,}5 \cdot 41{,}44) + 225 \cdot 57(215 - 25) + 702{,}6 \cdot 60 \cdot 25 = 23{,}9kNm$

$$M_o = 15{,}37kNm$$

$$M_u = 23{,}9kNm$$

Nazariy hisob kitoblarimizda namunalarning yuk ko‘taruvchanligi 8,53 kNm ga oshdi yoki boshqacha qilib aytganda 55% ga. Kompozit materiallar yordamida temir betonni kuchaytirish natijasida uning mexanik xususiyatlari sezilarli darajada yaxshilandi. Bu usul betonning chidamliligi, yuk ko‘tarish qobiliyati hamda yoriqlarga chidamliligini oshiradi. Kompozit materiallar korroziyaga chidamli bo‘lib, ularning og‘irligi pastligi inshootlarning umumiy vaznini kamaytirishga ham yordam beradi. Shu bilan birga, temir beton infratuzilmasining uzoq muddatli xizmat qilish muddatini uzaytirish va ta’mirlash xarajatlarini kamaytirishda samarali yechim ekanligi isbotlandi. Ushbu yondashuv zamonaviy qurilish materiallari sohasida yangi imkoniyatlar yaratib, mustahkam va iqtisodiy jihatdan samarali strukturalarni barpo etishda muhim rol o‘ynaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1.Akhmedov, S., Aripov, K., Ospanov, R., Mirzaolimov, I., & Kenjayev, T. Strength of reinforced concrete T beams of bridges einforced with external reinforcement from fabric polymeric composites. E3S Web of Conferences 401, 01068 (2023). https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340101068

2.Akhmedov, S., Saatova, N., Radjabov, T., Shojalilov, S., & Safarov, S. Investigation of stress transfer through cracks concrete elements. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340103023

3.Axmedov.Sh.B. Strength of elements strengthened with external fiber polymerreinforcement. International Journal of Advanced Research in Science, Enjineering and technology.Vol.6(9), India, (2019)

4.Ahmedov, S. B., Rajabov, T. Y., Shojalilov, S. S., Ergashev, A. T., & Mirzaolimov, I. Y. Multivariate Statistical Modeling of Strength and Parameters of Diagrams σb–εb for Expanded Clay Concrete. AIP Conference Proceedings 2637, 050005 (2022). https://doi.org/10.1063/5.0120127

5.Axmedov, S. B., & Ashrabov, A. A. On sheer force transfer across the cracks in RC elements. Journal of AN RUz "Problems of mechanics", 4, 25-29. (2016).

6. Ishanxodjaev A. A., Bekmirzaev D. A., Ospanov R. S., Axmedov Sh. B., Usmonov D. T. Influence of the inertia force of underground pipeline systems under seismic loads. AIP Conference Proceedings Vol. 2637, (2022) https://doi.org/10.1063/5.0119606

7.Ахмедов Ш.Б., Амонов Ё.А., Разработка методов армирования существующих железобетонных мостов на автомобильных дорогах базальтовыми композиционными материалами. ISSN: 3030-3931, Impact factor: 7,241 (2025). https:// worldlyjournals.com/index.php/Yangiizlanuvchi/article/view/16516