

### 3-SHO'BA: SEYSMIK VA AVARIYAVIY TA'SIRLARDA BINO VA INSHOOTLARNING ISHONCHLILIGI VA XAVFSIZLIGI

УДК.624.012.45

#### КОМПОЗИТ МАТЕРИАЛ БИЛАН КУЧАЙТИРИЛГАН ТЕМИРБЕТОН ТЎСИН КОНСТРУКЦИЯСИНИ ЁРИҚБАРДОШЛИГИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ

*PhD, доцент С.А.ЮСУФХЎЖАЕВ, Д.А.САМАДОВА (ТАҚУ)*

**Аннотация:** Мазкур мақолада композит материал билан кучайтирилган ва кучайтирилмаган тўсинлар чегаравий ҳолатлар усули бўйича ҳисобланди ва олинган қийматлар экспериментал маълумотлар билан солиштирилди. Чегаравий ҳолатларнинг иккинчи гуруҳи бўйича ёриқлар очилиши меъёрий хужжатлар ҳисоби асосида аниқланганда кучайтирилган тўсинлардаги ёриқлар очилиши кучайтирилмаган тўсинларникига қараганда камлиги ўз аксини топди. Мавжуд меъёрлар бўйича ҳисоблаш қоидаларидан фойдаланиб топилган қийматлар композит материал воситасида кучайтирилган конструкциянинг синов натижаларидан олинган қийматларига мос келиши тасдиқланди.

**Аннотация:** В статье приведен расчет усиленных композитными материалами и неусиленных балок на прочность по предельным состояниям, а также приведены сопоставления итогов расчета с экспериментальными данными. По второй группе предельных состояний, когда раскрытие трещины определяют на основании расчета нормативных документов, раскрытие трещин в армированных балках меньше, чем у неармированных балок. В статье приведены выводы о том, что значения жесткости, определенные совершенствованной формулой расчета элемента усиленной композитной арматурой и результаты полученные экспериментальным путем совпадают.

**Annotation:** The article provides a calculation of strength of beams reinforced with composite materials and non-reinforced ones based on limit states, and also provides a comparison of the calculation results with experimental data. According to the second group of limit states, when crack opening is determined based on the calculation of regulatory documents, crack opening in reinforced beams is less than that of unreinforced beams. The article presents conclusions that the stiffness values determined by the improved formula for calculating an element of reinforced composite reinforcement and the results obtained experimentally coincide.

**Калим сўзлар:** чегаравий ҳолатлар, деформация, бикрлик, эгилиш, композит материал, тўсин, конструкция

**Ключевые слова:** предельные состояния, деформация, жесткость, изгиб, композиционные материалы, балка, конструкция

**Key words:** limit states, deformation, stiffness, bending, composite material, beam, structure

**Кириш қисми.** Бино ва иншоотларни эксплуатация қилиш жараёнида кўплаб омиллар қурилиш конструкцияларини конструктив жихатдан хоссаларининг ёмонлашишига олиб келади. Айниқса, бу ҳолат темирбетон конструкцияларда кўп кузатилади. Амалиёт темирбетон конструкцияларининг конструктив хоссаларининг ёмонлашишига коррозия сабаб бўлишини кўрсатади. Мазкур шикастланишлар, мос тарзда, темирбетон конструкцияларини тайёрлаш (бетоннинг химоя қатламини кичрайиши), шикастланиши жараёни кечиши оқибатида бетоннинг арматурага нисбатан химоя хоссаларини йўқотилиши билан белгиланади. Занглаш натижасида юзага келадиган шикастланишлар темирбетон конструкцияларини умрбоқийлигини камайтиради, бу ҳолат эса ўз навбатида қурилиш объектларининг хавфсиз эксплуатация қилиш вақтини камайтиради.

Юқори мустаҳкамликка эга бўлган композит толаларининг пайдо бўлиши билан конструкциянинг юк кўтариш қобилиятини ошириш ва тиклашнинг замонавий усул ва технологиялари яратилди. Улар ёрдамида қисқа муддат ичида ва кам маблағ сарфлаб

(оғир машина ва механизмлар жалб қилмасдан) бино ва иншоотларнинг хизмат муддатини узайтиришга эришиш мумкин.

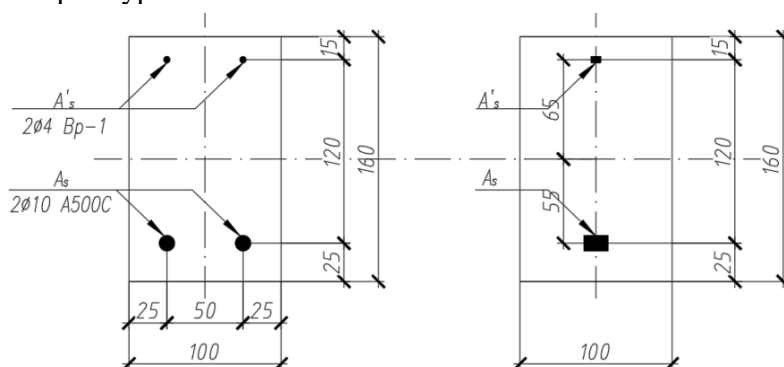
Кучайтиришнинг композит тизимлари оддий шароитларда ҳам сейсмик фаол ҳудудларда ҳам аъло натижалар кўрсатмоқда. Усулнинг бошқа усулларга нисбатан афзаллиги – содда, оддийлиги ва кам меҳнат сарфланишини талаб этишидадир.

Композит материаллари билан ташқи томондан кучайтириш тизимининг афзалликлари:

- композитли толаларнинг узилишга юқори чегаравий мустаҳкамлиги;
- конструкция ҳолатининг мавжуд эмаслиги;
- бардошлиликнинг юқори чегараси;
- текисланаётган қурилиш конструкцияларига минимал юк таъсир этиши;
- кучайтирилаётган элементлар монтажнинг тезлиги ва осонлиги (тез ва осон монтаж қилиниши);
- конструкциянинг кучайтирилаётган элементларининг эстетик ташқи кўринишининг сақлаб қолинишидир.

Тадқиқот учун темирбетон тўсин 100x160x1800 мм ўлчамда, В20 синфли бетондан тайёрланди. Наъмуналар қия ёриқлар пайдо бўлишининг олдини олиш ва нормал кесимларнинг минимал мустаҳкамланишини таъминлаш учун арматураланган. Тўсин қуйидагича арматураланган (1-расм):

- бўйлама ишчи стержен арматура 2Ø10 А – III;
  - бўйлама конструктив сим 2Ø4 Вр-1
- ( $R_{sc} = 365 \text{ МПа}$ ,  $A'_s = 25 \text{ мм}^2$ ,  $E'_s = 1.7 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ );
- кўндаланг арматура Ø6 А – I.



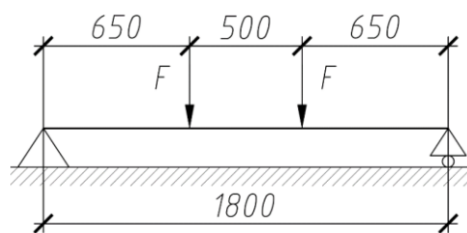
1-расм. Темирбетон тўсин кесими

Тажриба натижасига кўра ўрнатилган ишчи арматураларнинг хусусиятлари:

- оқувчанлик чегараси  $f_{yd} = 517,2 \text{ МПа}$
- чегаравий мустаҳкамлиги  $f_{yd} = 517,2 \text{ МПа}$
- эластиклик модули  $E_s = 20,5 \cdot 10^4 \text{ МПа}$
- оқувчанлик чегарасига мувофиқ олинадиган максимал деформация  $f_{yd} - \epsilon_{yd} = 242,7 \cdot 10^{-5}$ .

Кучайтирилмаган бетон синовдан ўтқазилган (55-216 кун) олдин қуйидаги хусусиятларга эга эди:  $f_{cd} = 21,69 \text{ МПа}$ ;  $f_{ck,cube} = 26,29 \text{ МПа}$ ;  $E_d = 27,3 \times 10^3 \text{ МПа}$ . Кучайтиригандан кейин (336-498 кун) бетоннинг хусусиятлари бироз ўзгарди:  $f_{cd} = 24,31 \text{ МПа}$ ;  $f_{ck,cube} = 29,53 \text{ МПа}$ ;  $E_d = 23,95 \times 10^3 \text{ МПа}$  [2].

Бир биридан 500 мм масофада иккита симметрик тўпланган куч билан юкланган, 1800 мм узунликдаги бир оралиқли эркин икки таянчга таянган тўсиннинг статик схемаси қабул қилинган. Статик схема 2-расмда кўрсатилган.



2-расм. Темирбетон тўсиннинг статик схемаси

Тадқиқот босқичлари:

1. Тадқиқотнинг биринчи босқичи тўсинни кучайтирмасдан синовдан ўтказиш ва уни юкнинг фойдаланиш чегарасигача етказиш (БО-2). Бундай ҳолат бетоннинг чўзилган зонасида ишчи арматура билан бир жойда кенглиги 0,4 ммдан катта бўлган нормал ёриқ очилишига ёки нисбий эгилишнинг қиймати 1/150 дан ошишига олиб келади.

2. Аввал синовдан ўтказилган тўсин Sika CarboDur S-512 (1-жадвал) лентаси билан кучайтирилгандан сўнг, у бир марта статик юк таъсирида емирилгунга қадар текширилган (БО-2 (П1)) [2].

3. Тўсинлардан бири (П1) Sika CarboDur S-512 композит лентаси билан синовдан ўтказилмасдан мустақамланди, натижада емирилишга олиб келди.

Sika CarboDur S-512 тасмасининг геометрик характеристикалари

1-жадвал

Тури	Кенглиги, мм	Қалинлиги, мм	Кўндаланг кесими, мм <sup>2</sup>
Sika CarboDur S-512	50	1,2	60

Sika CarboDur S-512 нинг мустақамлик ва деформация хусусиятлари:

- Эластиклик модули  $E_f = 1,65 \times 10^5$  МПа.

Чўзилишга бўлган мустақамлиги  $R_f = 2800$  МПа.

Темирбетон тўсин ва углепластик лентанинг ҳисобий кўрсаткичлари

2-жадвал

$b$ , мм	$h$ , мм	$a$ , мм	$a'$ , мм	$R_b$ , МПа	$E_b \cdot 10^4$ , МПа	$R_s$ , МПа	$E_s \cdot 10^5$ , МПа
100	160	25	15	21,69/24,31	2,73/2,395	517,2	2,05
$A_s$ , мм <sup>2</sup>	$R_{sc}$ , МПа	$E_s \cdot 10^5$ , МПа	$A_s'$ , мм <sup>2</sup>	$R_{fn}$ , МПа	$E_f \cdot 10^5$ , МПа	$A_f$ , мм <sup>2</sup>	
157,1	365	1,7	25,1	2800	1,65	60	

Изоҳ:  $R_b$  ва  $E_b$ нинг қийматлари бетоннинг ёшига кўра қўлланилади, “/” орқали ёзилган яъни “55-216 кун/336-498 кун”.

Чегара ҳолатларнинг иккинчи груҳи бўйича ҳисоблаш қуйидаги тўсинлар учун ўтказилди:

1. Кучайтирилмаган БО-2 тўсин назарий чегаравий момент  $\bar{M} = 9,63$  кНм билан ҳисобланди.

2. П1 тўсин аниқ чегаравий момент  $\bar{M} = 19,87$  кНм билан ҳисобланди.

Қуйида кучайтирилмаган тўсин БО-2 ни ҳисоблаш намунаси келтирилган. Ҳисоблаш учун тавсиялар 2-жадвалда келтирилган.

Элементнинг бўйлама ўқи учун нормал ёриқлар ҳосил қилувчи моментини аниқлаш.

Қаршилик momenti  $W_{red}$ :

$$W_{red} = \frac{I_{red}}{y_t} = \frac{38,198 \cdot 10^6}{76,84} = 497075 \text{ мм}^3$$

Бу ерда  $I_{red}$  ва  $y_t$  - берилган элемент кесими тортишиш марказига нисбатан инерция моменти ва бетоннинг чўзилган толасидан элемент кўндаланг кесими оғирлик марказигача бўлган масофа.

Кесим юзанинг пластик қаршилик моменти:

$$W_{pl} = 1,3 \cdot W_{red} = 1,3 \cdot 497075 = 646198 \text{ мм}^3$$

Бетоннинг чўзилишга бўлган ҳисобий қаршилигининг қиймати:

$$R_{bt,ser} = 0,25 \cdot k \cdot \sqrt[3]{R_{b,cube}^2} = 0,25 \cdot 0,8 \cdot \sqrt[3]{26,29^2} = 1,768 \text{ МПа}$$

Бу ерда  $R_{b,cube} = 26,29$  МПа - куб мустаҳкамлик, намуналарни синаш пайтида олинган.

Чўзилган бетоннинг нотекис деформациясини ҳисобга оладиган ёриқ пайдо қилувчи момент:

$$M_{crc} = R_{bt,ser} \cdot W_{pl} = 646198 \cdot 1,768 = 1,14 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

БО-2 ва П1 тўсиннинг ҳисоби қуйидаги жадвалда жамланди.

3 - жадвал

Тўсиннинг номланиши	$\bar{M}$ , кНм	$y_t$ , мм	$I_{red} \cdot 10^6$ , мм <sup>4</sup>	$W_{red} \cdot 10^6$ , мм <sup>3</sup>	$W_{pl} \cdot 10^6$ , мм <sup>3</sup>	$k$	$R_{bt,ser}$ , МПа	$M_{crc}$ , кНм
БО-2	9,63	76,84	38,198	0,497	0,646	0,8	1,768	1,142
П1	19,87	74,69	41,064	0,550	0,715	0,8	1,911	1,366

Элемент нормал бўйлама ўқи бўйича очилган ёриқ кенглигини ҳисоблаш.

Қуйида  $M_{crc} = 1,14$  кНм момент таъсирида БО-2 тўсин учун ёриқ очилиш кенглигининг ҳисоб-китоби келтирилган.

Кучланиш  $\sigma_s$  қуйидаги формула билан топилади [5]:

$$\sigma_s = \frac{M(h_0 - x_m)}{I_{red}} \cdot \alpha_s = \frac{1,14(135 - 56,86)}{9,23 \cdot 10^6} \cdot 14,18 = 137,13 \text{ МПа}$$

Чўзилган бетон кесим юзаси  $A_{bt}$  нинг қиймати ёриқ ҳосил бўлиш моменти қоидаларидан фойдаланиб, бетоннинг чўзилган зонаси баландлиги  $x$  билан аниқланади [5].

Ҳар қандай вазиятда  $A_{bt}$  нинг қиймати кесимнинг юзасига тенг деб қабул қилинади агар унинг баландлиги  $2a$  дан кичик ва  $0,5h$  дан катта бўлса.

$$A_{bt} = (h - x_m) \cdot b = (160 - 56,86) \cdot 100 = 10314 \text{ мм} > 0,5 \cdot h \cdot b = 8000;$$

$$A_{bt} = 0,5 \cdot h \cdot b = 8000$$

Ёриқлар орасидаги масофа  $l_s$  нинг қиймати қуйидаги формула билан топилади:

$$l_s = 0,5 \cdot \frac{A_{bt}}{A_s} \cdot d_s = 0,5 \cdot \frac{8000}{157,1} \cdot 10 = 254,65 \text{ мм}$$

Бу ерда  $d_s$  – арматуранинг номинал диаметри.

Очилган нормал ёриқнинг кенглиги  $a_{crc,i}$  ( $i = 1, 2 \dots n$ ) қуйидаги формула билан топилади:

$$a_{crc,i} = \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \cdot \psi_s \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot l_s = 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 0,2 \cdot \frac{137,13}{2,05 \cdot 10^5} \cdot 254,65 = 0,017 \text{ мм}$$

Бу ерда  $\varphi_1 = 1,0$  – қисқа муддатли юк коэффициенти;

$\varphi_2 = 0,5$  – арматура даврий профили коэффициенти;

$\varphi_3 = 1,0$  – эгиловчи элемент коэффициенти.

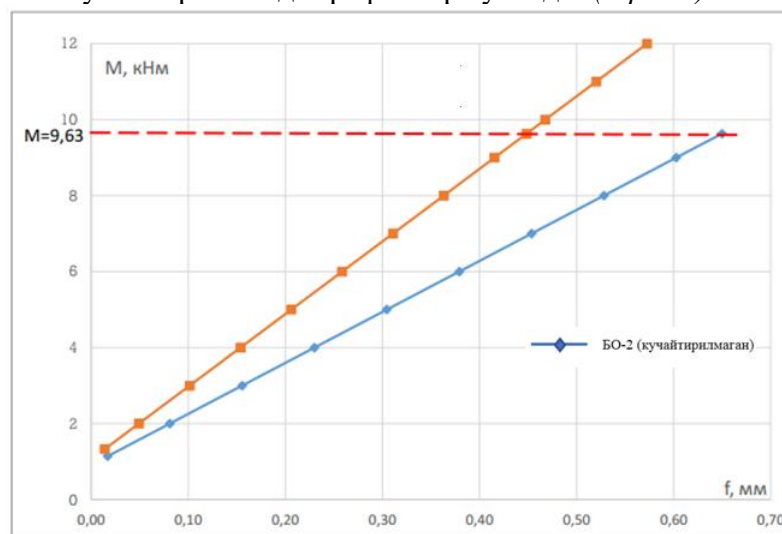
Эгиловчи темирбетон элементларни деформациясини баҳолаш учун меъёрий хужжатларнинг ҳисоблаш методикаларидан фойдаланиб, кучайтиришдан олдин ва кейин БО-2 ва П1 тўсинлар учун ёриқлар очилиши ҳисобланди. Кучайтиришдан олдин ва кейин олинган ёриқлар қийматлари 4 - жадвалда келтирилган.

БО-2 ва П1 тўсинлардаги ёриқ очилиши қиймати

4-жадвал

$M$ кНм	$a_{сгс}^{БО-2}$ , мм	$a_{сгс}^{П1}$ , мм	$\delta$ , %
1,14/1,33	0,02	0,01	18,35
2,00	0,08	0,05	39,38
3,00	0,16	0,10	34,77
4,00	0,23	0,15	33,15
5,00	0,30	0,21	32,32
6,00	0,38	0,26	31,82
7,00	0,45	0,31	31,48
8,00	0,53	0,36	31,24
9,00	0,60	0,42	31,06
9,63	0,65	0,45	30,99

Олинган маълумотлар асосида графиклар тузилди. (3-расм)



3 – расм – БО-2 ва П1 тўсинларда момент таъсридан ёриқ очилиши графиги

**Хулоса.** Мазкур тадқиқот ишида темирбетон эгилувчи тўсин элементларининг меъёрий ҳужжатларга асосланиб амалга оширилган ҳисоби келтирилди. Олинган натижалар экспериментал маълумотлар билан солиштирилди. Натижада ҳисоблаш усулини асослаш ва тўлдириш, қўйилган масалани ҳал этиш ва хулосаларни шакллантириш имконияти пайдо бўлди: Кучайтирилган тўсинлардаги ёриқ очилишининг ҳисобий қийматлари кучайтирилмаган конструкциядаги худди шундай қийматдан 18,35 – 30,99% га кам. Меъёрларда келтирилган иккинчи гуруҳ чегаравий ҳолат бўйича ҳисоблаш усули конструкция кучайтирилган ҳолатда унинг умумий бикрлиги ортишини акс эттиради.

#### Адабиётлар

1. Конончук А.П. “Работа нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов, усиленных композитными материалами на действия малоциклового нагружения”, дис. канд. техн. наук: 05.23.01 /Конончук Александр Петрович. – Львов, 2013.
2. Юсуфхўжаев С.А., Самадова Д.А. “Композит материал билан кучайтирилган темирбетон тўсин конструкциясини мустаҳкамлигини тадқиқ қилиш”, INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION 2023/1.
3. Бокарев С.А Экспериментальные исследования изгибаемых железобетонных элементов, усиленных композитными материалами / С.А. Бокарев, Д.Н. Смердов // Известия вузов. Строительство – 2010.
4. Смердов М.Н. Экспериментальные исследования прочности и деформативности изгибаемых железобетонных элементов, армированных в сжатой и растянутой зоне

неметаллической композиционной арматурой / М.Н. Смердов, Д.Н Смердов, А.О Климентьев / / Транспорт Урала. – 2014

5. ШНК 2.03.14-18 Композит полимер арматуры бетон конструкциялар, ЎРҚВ Т-2018.

6. Usmanhodjayeva L.A, Djalolova D.N, Samadova D.A, Alimov X.T, & Mamarajabov M. (2023). Use Of Bim Technologies in Designing Construction Structures of Buildings. Texas Journal of Engineering and Technology, 21, 81–83. Retrieved from <https://zienjournals.com/index.php/tjet/article/view/4175>

**УДК 624.012.45**

## **УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН ВНЕШНИМИ КОМПОЗИТНЫМИ СТЕРЖНЯМИ**

*д.т.н., проф, Акрамов Х.А. (ТАСУ), PhD, доцент Давлятов Ш.М., докторантлар Кимсанов Б.И., Назиров А.С. (ФерПИ)*

**Аннотация:** Колонна является важнейшим элементом конструкции, передающим нагрузку от перекрытий на фундамент, и ее надлежащая прочность имеет первостепенное значение. Выход из строя колонны может привести к обрушению всей каркасной конструкции. Целью данного исследования является проверка эффективности метода укрепления колонны.

**Annotatsiya:** Ustun orayopma konstruksiyasidan tushayotgan yuklarni poydevorga uzatuvchi eng muhim konstruktiv element bo'lib, uning mustahkamligi katta ahamiyatga ega. Ustunning shkastlanishi binoni tashkil etuvchi konstruksiyalarning qulashiga olib kelishi mumkin. Ushbu tadqiqotning maqsadi ustunni mustahkamlash usulining samaradorligini tekshirishdir.

**Abstract:** The column is the most important structural element transmitting floor loads to the foundation, and its proper strength is of paramount importance. Failure of a column can lead to the collapse of the entire frame structure. The purpose of this study is to test the effectiveness of the column strengthening method.

**Ключевые слова:** несущая конструкция, композиционные материалы, методы усиления, технология, железобетонные колонны, внешние композитные стержни.

**Введение.** Усиление применяется в конструктивной системе для повышения ее сейсмостойкости за счет увеличения прочности или пластичности. Существует множество методов усиления. В настоящее время наиболее часто используемые методы включают наложение ферро цемента, внешнее армирование и технику центрального стержня. Реконструкция слабого здания не является разумным подходом и может создать огромную нагрузку на национальную экономику. Многие существующие железобетонные (железобетонные) конструкции нуждаются в усилении из-за возросшего спроса, коррозии стальных стержней, недостаточного технического обслуживания, изменений в функциях конструкции, изменений в своде правил и воздействия неблагоприятных обстоятельств, таких как землетрясения и взрывы. Усиление колонны может потребоваться и в связи с увеличением этажности, разницей прочности бетона в полевых условиях, несоответствием процента и типа арматуры требованиям норм, наклоном колонны и осадкой. в фундаменте превышает допустимые проектные пределы. Если не уделить должного внимания усилению здания, это приведет к огромным потерям в плане жизни и богатства. Усиление здания или его компонентов — лучший альтернативный подход к улучшению его сейсмических характеристик [1].

**Методы.** В этом исследовании были построены две квадратные колонны одной контрольной и одной усиленной колонной, как показано на рисунке 1. И контрольные, и усиленные колонны были подвергнуты одной и той же настройке осевой нагрузки для проверки эффективности метода усиления. Колонны были усилены внешними композитными стержнями, прикрепленными к существующим основным стержням. Они были рассчитаны на минимальную площадь стали (4шт Ø6АIII). Использовался