

**5-SHO'BA: QURILISH ILM-FANINI RIVOJLANTIRISH UCHUN  
INNOVATSION QURILISH MATERIALLARI, LOYIHALAR VA  
TEKNOLOGIYALARNI TADBIQ ETISHNING DOLZARB  
MUAMMOLARI VA MASALALARI**

**УЎК 624.012.45**

**ДАВРИЙ КЕСИМ ЮЗАЛИ АРМАТУРАНИНГ КОНСТРУКЦИОН  
КЕРАМЗИТОБЕТОН БИЛАН БОҒЛАНИШ МУСТАҲКАМЛИГИНИ ТАДҚИҚОТИ**  
*т.ф.н., доцент ЮСУПОВ Р.Р., докторант ХЎЖАЕВ Д.Х. (ТАҚУ)*

***Аннотация.** Мақолада даврий кесим юзали синфи А400 арматуранинг конструкцион керамзитобетон билан боғланиш мустаҳкамлиги экспериментал тадқиқотлари натижалари келтирилган. Ўзгарувчи омиллар сифатида арматура диаметри ва конструкцион керамзитобетоннинг сиқилишидаги мустаҳкамлиги қабул қилинган. Натижалар таҳлили ва хулосалар келтирилган.*

***Аннотация.** В статье представлены результаты экспериментальных исследований прочности сцепления арматуры периодического сечения класса А400 с конструкционным керамзитобетоном. В качестве переменных факторов принимались диаметр арматуры и прочность на сжатие конструкционного керамзитобетона. Приведены анализ результатов и выводы.*

***Annotation.** The article presents the results of experimental studies of the adhesion strength of reinforcement of a periodic section of class А400 with structural expanded clay concrete. As variable factors, the diameter of the reinforcement and the compressive strength of structural expanded clay concrete were taken. An analysis of the results and conclusions are given.*

***Калим сўзлар:** арматура, конструкцион керамзитобетон, синаш, натижа, таҳлил, мустаҳкамлик, боғланиш.*

***Ключевые слова:** арматура, конструкционный керамзитобетон, испытание, результат, анализ, прочность, сцепление.*

***Key words:** armature, expanded clay construction, test, result, analysis, strength, connection.*

**Кириш қисми.** Темирбетон конструкциясининг яхлитлиги, юк кўтариш қобилияти ва ишончилиги уларнинг эксплуатация даврида арматура стерженини бетон билан боғланиш мустаҳкамлигини таъминланганлиги билан аниқланади. Ушбу кўрсаткич икки материалдан ташкил топган темирбетон конструкциянинг юк кўтариш қобилиятини уларнинг биргаликдаги ишончли ишлаши белгилайди.

Эксплуатациядаги темирбетон конструкцияларнинг ҳолатини текшириш тажрибаси шуни кўрсатадики, шикастланган конструкциялар орасидаги нуқсонларнинг кўп қисмини улардаги арматуранинг бетон билан боғланишининг бузилиши натижасида пайдо бўлади. Бундай нуқсонлар темирбетон конструкцияларини тайёрлаш ва уларни эксплуатацияси жараёнида пайдо бўлиши мумкин.

**Материаллар хоссалари ва синаш усуллари.** Бетон намуналари сони ҳар бир бетон синфи учун 6 дона тайёрланди. Уларнинг 3 таси намуна ёши 28 кун бўлганда ва 60 кунда гидравлик прессларда сиқилишга синаб, уларнинг мустаҳкамлиги аниқланди. Бу синовлардан мақсад – лаборатория шароитининг бетон мустаҳкамлигига салбий таъсири борми деган саволга жавоб топиш эди.

Конструкцион керамзитбетоннинг рационал таркибларини белгилашда йирик ғовакли тўлдирувчининг сарфланадиган ҳажмини оширишга асосланган усулдан фойдаланилди [1], яъни унинг миқдори 0.85 м<sup>3</sup> дан кам эмас. Бу усул керамзитбетон структурасини (таркибини) шаклланишида ижобий таъсир этади, яъни бетон таркибидаги сувнинг кўп қисмини уларни ўзига тортади ва контакт зоналарнинг зичлиги ва мустаҳкамлигини ошишини таъминлайди. Бундан ташқари контакт зоналарни

солиштирма юзаси ва цемент – кум аралашмасининг мустаҳкамлиги ҳам ортади. Шу усулга асосланган керамзитбетонларнинг таркиблари 1-жадвалда келтирилган.

Керамзитобетонлар таркиби

1-жадвал

Керамзит-бетон синфи	1 м <sup>3</sup> учун материаллар сарфи					Сув/цемент нисбати	
	Портланд-цемент, кг	Майда кум, кг	Керамзит (л) фракциялари (мм)				Ҳажмий оғирлиги кг/м <sup>3</sup>
			Кум 0-5	5-10	10-20		
B12.5	275	520	130	400	600	1500	0.65
B15	350	500	117	400	560	1635	0.57
B25	475	600	-	300	540	1710	0.52

*Изоҳ. Керамзитбетон қоршимасининг оқувчанлиги стандарт конус бўйича 2-4 смга тенг.*

Керамзитбетон қоршимасини тайёрлаш учун қуйидаги материаллардан фойдаланилди:

- портландцемент М400, 28 кундаги мустаҳкамлиги 41.5 МПа;

- маҳаллий керамзит, ҳажмий – тўкма массаси 550 – 570 кг/м<sup>3</sup>, стандарт цилиндрда сиқилгандаги мустаҳкамлиги 3.0÷3.8 МПа;

- майда кум, йириклик модули  $M_{кр}=1.5\div 1.7$ ;

- ҳажмий – тўкма оғирлиги 1400 кг/м<sup>3</sup>;

- сув – умумий тармоқдан олинган сув.

Керамзитобетон мустаҳкамлигини ўрганиш учун металл қолипларда қирра ўлчамлари 15 см бўлган куб намуналари тайёрланди, қолипдан бўшатиладиган сўнг синаш кунига қадар лаборатория шароитларида ( $t=20\pm 5$  °С,  $W=70\pm 5$  %) сақланди. Худди шундай ўлчамлардаги куб намуналарига марказий жойлаштирилган синфи А400 бўлган арматура стерженлари билан тажриба намуналари ҳам тайёрланди. Уларни тайёрлашдан мақсад даврий кесим юзали арматураларнинг конструкцион керамзитбетон билан боғланиш мустаҳкамлигини тадқиқот қилиш. Бу намуналар ҳам металл қолиплардан бўшатиладиган сўнг лаборатория шароитларида синов кунига қадар сақланди.

Керамзитбетон мустаҳкамлиги ГОСТ 10180 – 2012 [2] бўйича намуналарни гидравлик пресда синаш орқали 28 ва 60 кунда аниқланди. 2-жадвалда бетон мустаҳкамлигининг ўртача (3 та намуна бўйича) қийматлари келтирилган.

Бетонлар мустаҳкамликлари (назорат синовлари натижалари)

2-жадвал

Бетон тури	Бетон синфи	Мустаҳкамлик, МПа	Намуналар ёши, кун	Зичлик, кг/м <sup>3</sup>
Керамзитбетон	B12.5	16.2	28	1450
		16.5	60	1440
	B15	21.5	28	1600
		22.0	60	1580
	B25	32.0	28	1680
		32.8	60	1650

Ушбу жадвалда келтирилган натижаларга кўра бетонларнинг белгиланган таркиблари мустаҳкамлик бўйича кутилган натижаларни таъминлайди ва улардан асосий тадқиқотлар намуналарини тайёрлаш мумкин. Намуналар сақланадиган лаборатория шароитлари бетонлар мустаҳкамлигига салбий таъсир кўрсатмади, чунки ёши 60 кунлик намуналарда мустаҳкамликнинг пасайиши кузатилмади.

Арматураларнинг механик хоссаларини аниқлаш уларнинг намуналарини ГОСТ 12004 – 81 талаблари бўйича чўзиш орқали амалга оширилди. Бундай синовлар ГРМ – 1 гидравлик машиналарда Турин инвест инжиниринг лабораториясида ўтказилди.

Тажрибаларда амалдаги стандартга жавоб берувчи маҳаллий арматура стерженлари қўлланилди.

**Натижалар ва уларнинг таҳлили.** Арматуранинг бетон билан боғланиши уларнинг ўзаро биргаликда силжишга қаршилик кўрсатишини таъминлайди. Бу қаршилик кўп омилларга боғлиқлиги ўтказилган тадқиқотлар натижалари билан тасдиқланган. Бу омиллар орасида бетоннинг тури ҳам муҳим ҳисобланади. Хусусан, конструкцион керамзитобетон учун арматура билан боғланиш масалалари ҳали етарли даражада ўрганилмаган. Бу йўналишда ўтказиладиган ҳар қандай тадқиқотлар ўзининг долзарблиги билан баҳоланади, чунки конструкцион керамзитобетонни олдиндан кучайтириладиган темирбетон конструкцияларида қўллаш ўз самарасига эга. Уларни республикаимиз шароитида қўллаш бино ва иншоотларнинг зилзилабардошлигини оширади. Бу ўз навбатида темирбетон конструкцияларининг ишончлилик даражасини кўтаришда муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Бу тадқиқотлардан асосий мақсад арматуранинг конструкцион керамзитобетон билан боғланиш мустаҳкамлигига унинг диаметри ва бетон синфининг таъсирини ўрганиш ва ҳулосалар қилишдан иборат, чунки бу ҳақида илмий изланишлар натижалари деярли йўқ.

Ўтказилган синовлар керамзитобетон кубларнинг марказида жойлашган арматура стерженини босиб чиқаришга асосланган.

Ушбу синовлар жараёнида зўриқишнинг ортиши натижасида арматура билан керамзитобетон орасидаги контакт боғлари аста узила бошлайди, микродарзлар ҳосил бўлади ва кўндаланг чўзувчи деформацияларининг тез ривожланиши оқибатида намунадан арматура босиб чиқарилади.

Конструкцион керамзитобетон синфи В12.5 бўлган намуналардан арматура боғланиш нисбатан камлиги ҳисобига уларни бузмай сиқиб чиқади. Мустаҳкамлик синфлари В15 бўлган керамзитобетон намуналардан арматура намунани иккита бўлақларга, синфи В25 бўлганда эса намунани уч бўлақларга бўлиб бузилиши кузатилди. Албатта, бундай бузилиш характери керамзитобетоннинг чўзилишга бўлган мустаҳкамлиги ва унинг чегаравий чўзилиш деформацияларига боғлиқдир. Бузилишнинг аввали арматура билан бетон орасидаги нозик боғларнинг узилишидан бошланади, чунки улар юзага келган критик кучланишларга бардош бера олмайдилар. Шундан сўнг арматуранинг пастки томонга ҳаракати тезлашади, охири намуна юзасида бўйлама дарзлар ҳосил бўлиши кузатилди.

Олинган синов натижалари бўйича уринма кучланишлар арматурадаги чегаравий зўриқишни анкерланган арматуранинг юзасига нисбати сифатида ҳисобланди.

Тадқиқотлар бўйича синов натижалари 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвал

Керамзитбетон синфи	Керамзитбетонни синов кундаги мустаҳкамлиги, МПа	Статистик тақсимот параметрлари	Арматура диаметри, мм	
			12	18
В12,5	17,2	$\tau_{сц}$	6,1	5,5
	18,0	$S_m$	6,7	3,65
	15,5	$\nu$	6,1	7,2
Ўртача қиймат	16,9		-	-
В15	21,6	$\tau_{сц}$	7,5	6,4
	22,6	$S_m$	3,06	6,45
	21,8	$\nu$	4,85	7,3

Ўртача қиймат	22,0		-	-
B25	34,6	$\tau_{\text{сц}}$ $S_m$ $\nu$	9,9	8,8
	33,4		3,6	4,62
	32,8		8,4	4,95
Ўртача қиймат	33,6		-	-

Изоҳ.  $\tau_{\text{сц}}$  – боғланиш мустаҳкамлигининг ўртача арифметик қиймати, МПа;  $S_m$  – ўртача квадратик оғиш;  $\nu$  – вариция коэффициентини, %

3 – жадвалда келтирилган тадқиқот натижалари бўйича шуни айтиш мумкин, арматура стержени билан конструкцион керамзитбетон орасидаги туташув юзалари юқори мустаҳкамликка эга ва уларнинг бирга ишлаши ишончли даражада содир бўлади. Бундай жараённинг юзага келишига ўз навбатида конструкцион керамзитбетоннинг таркибининг ўзига ҳослиги ва унинг деформациялари ҳисобланади.

Бунинг тасдиқи сифатида қуйидаги олинган натижаларни келтириш мумкин[3]. Конструкцион керамзитбетоннинг бошланғич эластиклик модули ва унинг чегаравий сиқилиш деформациялари бетон мустаҳкамлигидан ташқари фойдаланилган ғовакли тўлдирувчининг хусусиятларидан ва бетон қоришмаси таркибидаги цемент+қум аралашмасининг солиштирма оғирлигига ҳам боғлиқлиги ўрнатилган.

Конструкцион керамзитбетоннинг бошланғич эластиклик модулини ва унинг чегаравий сиқилишини ҳисобий йўл билан аниқлаш учун мос равишда қуйидаги математик моделлар олинган:

$$\frac{1}{E_b(t_0)} \times 10^4 = 0,626 - 0,426 \cdot r_0 + 24 \frac{r_0}{R(t_0)}, \text{ МПа} \quad (1)$$

$$\varepsilon_{bc} = \frac{R_b(t_0)}{E_b(t_0)} + 205 \cdot 10^{-8} \cdot r_0 \left[ \frac{R_b(t_0)}{E_b(t_0)} \right], \quad (2)$$

бу ерда:

$r_0$  – бетон қоришмаси таркибидаги цемент+қум аралашмасининг солиштирма оғирлиги;  $R(t_0)$  – керамзитбетоннинг юкланиш momentiдаги мустаҳкамлиги, МПа.

Ўтказилган тадқиқотлар натижаларига мувофиқ [4,5], конструкцион керамзитбетоннинг чегаравий чўзилиши қиймати  $20 \div 30 \times 10^5$  га тенг, бу кўрсаткич оғир бетоннинг шундай хусусиятидан тахминан икки баробар кўплигини кўрсатади. Бундай бетонлар таркибида ғовакли тўлдирувчининг сарфи  $0,86 \div 0,96 \text{ М}^3 / \text{М}^3$  оралиғида бўлганда, уларнинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги ва чегаравий чўзилиши ортади ҳамда О.Я. Берг[6] бўйича дарз пайдо бўлиши даражаларининг кўтарилишини таъминлайди.

Маълумки, арматуранинг бетонлар билан боғланиш мустаҳкамлигини аниқловчи омиллардан бири – бу цемент гелининг елимловчи қобиляти, яъни унинг бетон таркибида сарфи ҳисобланади. Бу масала бўйича экспериментал тадқиқотлар натижаларини тахлили шуни кўрсатадики, диаметри 12 мм бўлган стержень арматуранинг конструкцион керамзитбетон билан боғланиш мустаҳкамлигини қуйидаги модель орқали ҳисоблаш мумкин:

$$\tau_{\text{сц}} = 1,3 \cdot K_a \cdot r_0 \cdot \sqrt{R_b(t_0)}, \text{ МПа} \quad (3)$$

бу ерда:

$r_0$  – бетон қоришмаси таркибидаги цемент+қум аралашмасининг солиштирма оғирлиги;

$R(t_0)$  – керамзитбетоннинг юкланиш momentiдаги мустаҳкамлиги, МПа;

$K_a$  – арматура юза шаклининг таъсирини инобатга олувчи коэффициентини;

$K_a = 1,0$  – силлиқ юзали арматура учун;

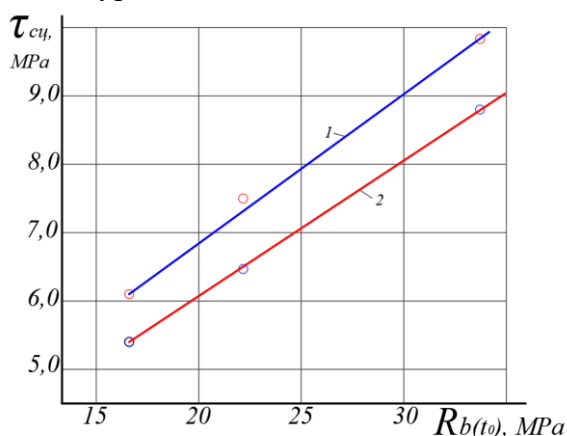
$K_a = 1,9$  – даврий юзали арматура учун;

1,9 – ғовакли тўлдирувчи хусусиятларига боғлиқ коэффициент.

Ушбу модел  $R_b(t_0) \geq R_{b,28}$  дан юқори бўлиши керак ҳамда керамзитбетон сиқилишга мустаҳкамлиги синфи бўйича В12.5 дан то В25 гача таалуқлидир.

Олинган натижаларнинг ўзаро боғлиқлиги ушбу расмда келтирилган. Арматура диаметри 12 мм учун унинг керамзитбетон билан боғланиш мустаҳкамлигини (3) формула бўйича ҳисобий қийматлари 3-жадвалдаги тажриба қийматларининг ўзаро нисбати 0,93 га тенг, яъни улар орасидаги фарқ ўртача 7 % га тенг.

Арматура диаметри 18 мм бўлганда унинг боғланиш мустаҳкамлигининг арматура диаметри 12 мм даги боғланиш мустаҳкамлигига нисбатининг ўртача қиймати ҳисоблар натижалари бўйича 0,9 тенг, яъни ўртача 10 % га кам эканлиги аниқланди.



1-расм. Стержен арматуранинг керамзитбетон билан боғланиш мустаҳкамлигини унинг синфига боғлиқлиги. 1 – арматура диаметри 12 мм, 2 – арматура диаметри 18 мм

**Хулоса.** Ўтказилган экспериментал-назарий тадқиқотларнинг натижалари асосида куйидаги хуласаларни шакллантириш мумкин:

- конструкция керамзитбетоннинг синфи А400 бўлган стержен арматура билан боғланиш мустаҳкамлиги унинг мустаҳкамлиги ва арматура диаметрига бўғлиқ;

- олинган натижаларнинг тарқоқлиги жуда катта эмас, чунки статистик таққослаш параметрларидан вариация коэффициентининг юқори қиймати 7,3% дан ошмаган. Бу ўз навбатида синов натижаларининг керамзитбетон учун қониқарли эканлигидан далолат беради;

- арматура диаметрининг 12 мм дан 18 мм га ошиши ўртача 12% га боғланиш мустаҳкамлигининг камайишига олиб келган;

- керамзитбетон синфининг В12,5 дан В25 га ошиши натижасида бир ҳил солиштириш ҳолати учун боғланиш мустаҳкамлиги 60% гача ошган.

Арматура стержени синфи А400 учун унинг керамзитбетон билан боғланиш мустаҳкамлигини қонуниятлари деярли бир ҳил, фақат фарқ уларнинг қийматларида кўринади.

#### Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Ходжаев С.А. Технологические особенности напрягающего керамзитобетона для железобетонных кровельных панелей безрулонных крыш. Автореферат. Дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. М., 1981.

2. ГОСТ 10180-2012. Межгосударственный стандарт. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Стандартинформ, М., 2018.

3. Шаджалилов Ш. Особенности работы предварительно напряженных элементов из керамзитобетона в районах с сухим-жарким климатом. Автореферат Дисс. канд. техн. наук, 05.23.01 Одесса, 1988, 22стр.

4. Юсупов Р.Р., Шаджалилов Ш. Конструктивные свойства керамзитобетона с использованием мелкого песка. –Бетон и железобетон, №7, 1983, с.24-25.

5. Щербаков Е.Н., Хубова Н.Г., Шаджалилов Ш. Влияние сухого-жаркого климата на прочностные и деформационные характеристики конструкционного керамзитобетона. – В сб.: Влияние климатических условий и режимов нагружения на деформации и прочность конструктивных бетонов и элементов железобетонных конструкций. Тбилиси, ГрузНИИстром, 1985, с.86.

6. Берг О.Я. физические основы теории прочности бетона и железобетона. М., Госстройиздат, 1962.

#### УЎК 624.012.45

### АРМАТУРАНИНГ БЕТОН БИЛАН БОҒЛАНИШИДАГИ КУЧЛАНГАНЛИК-ДЕФОРМАЦИЯ ХОЛАТЛАРИ докторант ХЎЖАЕВ Д.Х. (ТАҚУ)

**Аннотация.** Арматуранинг бетон билан боғланиш мустаҳкамлиги кўпгина конструктив омилларга боғлиқ бўлиб, унинг ҳақиқий қиймати юкланишдан ҳосил бўладиган кучланганлик-деформация ҳолатини белгилайди. Бундай конструктив омиллар ичида арматура синфи ва диаметри, оғир ва енгил бетонларнинг мустаҳкамлиги асосий ҳисобланади. Тажриба намуналаридан арматурани тортиб чиқариш жараёнида юкнинг босқичма-босқич ортиши натижасида юзага келадиган ўзгаришлар таҳлил қилинган.

**Аннотация.** Прочность сцепления арматуры с бетоном зависит от многих конструктивных факторов, а ее фактическая величина определяет напряженно-деформационное состояние, возникающее в результате нагружения. Среди таких конструктивных факторов основными являются класс и диаметр арматуры, прочность тяжелого и легкого бетона. Проведен анализ изменений, вызванных постепенным увеличением нагрузки при выдергивании арматуры из экспериментальных образцов.

**Annotation.** The strength of the connection of reinforcement with concrete depends on many design factors, and its actual value determines the stress-strain state resulting from loading. Among such design factors, the main ones are the class and diameter of the reinforcement, the strength of heavy and light concrete. The analysis of changes caused by a gradual increase in load when pulling out reinforcement from experimental samples is analyzed.

**Калим сўзлар:** арматура, бетон, синаш, кучланиш, деформация, натижа, таҳлил, ўзгариш.

**Ключевые слова:** арматура, бетон, испытание, напряжение, деформация, результат, анализ, изменение.

**Key words:** armature, concrete, test, stress, strain, result, analysis, change.

**Кириш.** Боғланишнинг тўлиқ кучи арматура кўндаланг қовурғаларининг таяниши ва стержен ўқи бўйлаб таъсирида ҳосил бўлган ишқаланиш оқибатида ташкил топган деб қараш мумкин. Бу омилларнинг асосида яна бир омил – бетон таркибидаги цемент қоришмасининг хусусияти орқали содир бўлувчи химик ёпишқоқликни кўрсатиш мумкин.

Стержен арматураларининг бетон билан боғланиш мустаҳкамлиги уларнинг биргаликда ишончли ишлашини кўп йиллар давомида бино ва иншоотларнинг қурилишида кенг ишлатиб келинаётгани мисол бўла олади. Бундай арматуралар орасидаги ҳалқали профилга эга бўлган стерженларда камчилик сифатида улардаги кўндаланг қовурғаларнинг туташ қисмларида кучланишларнинг жамланиши (концентрацияси) мавжудлиги ҳисобланади. Улар бундай арматуранинг чарчаш мустаҳкамлигининг пасайишига олиб келиши аниқланган. Ушбу ҳолатни бартараф қилиш мақсадида арматура профилларини такомиллаштириш бўйича кўп тадқиқотлар ўтказилган [1,2,3,4,6,7]. Натижаларга кўра, арматуранинг бетон билан биргаликда ишончли ишлашини кўндаланг қовурғалардаги боғланиш таъминлаб беради.

Г.Ремнинг [5] хулосаларига биноан арматура кўндаланг қовурғалари баландлиги паст бўлганда эзилиш жараёнида бетон сифати, баланд бўлганда эзилиш кучланишининг нотекис тарқалиши ҳамда арматуранинг силжишида юзага келувчи ажратувчи (распор) кучлар аҳамиятли ҳисобланади.