Qabul qilindi: 25-oktabr 2026-yil • Ma’qullandi: 28-oktabr 2026-yil • Nashr qilindi: 5-noyabr 2026-yil

MODIFIKATSIYALANGAN SEROBETON TARKIBINI TANLASHDA MUSTAHKAMLIK VA MATERIAL SAMARADORLIGINI KOMPLEKS BAHOLASH

Xolmirzayev Sattor Abdujabborovich
texnika fanlari doktori professor, Namangan davlat texnika universiteti
Yusupov Shavkat Rayimjonovich
tadqiqotchi, Namangan davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada modifikator miqdorining serobetonning zichligi va mexanik xossalariga ta’siri baholandi. Etalon namunaning zichligi 2200 kg/m³, siqilishdagi mustahkamligi 60 MPa va egilishdagi mustahkamligi 12 MPa ni tashkil etdi. Modifikator miqdori ortishi bilan zichlik 2171 kg/m³, siqilishdagi mustahkamlik esa 57,5 MPa gacha kamaydi. 5% modifikatorli tarkibda siqilish va egilish mustahkamligining mos ravishda 99,5% va 98,3% qismi saqlanib qoldi. Natijalar serobeton tarkibini tanlashda zichlik, mustahkamlik va material samaradorligini kompleks baholash zarurligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: serobeton, oltingugurt bog‘lovchisi, modifikator, zichlik, siqilishdagi mustahkamlik, egilishdagi mustahkamlik, solishtirma mustahkamlik, material samaradorligi.

Аннотация. В статье оценено влияние содержания модификатора на плотность и механические свойства серобетона. Плотность контрольного образца составила 2200 кг/м³, прочность при сжатии - 60 МПа, а прочность при изгибе - 12 МПа. С увеличением содержания модификатора плотность снизилась до 2171 кг/м³, а прочность при сжатии - до 57,5 МПа. При содержании модификатора 5% сохранилось соответственно 99,5% прочности при сжатии и 98,3% прочности при изгибе. Полученные результаты показали необходимость комплексной оценки плотности, прочности и эффективности материала при выборе состава серобетона.

Ключевые слова: серобетон, серное вяжущее, модификатор, плотность, прочность при сжатии, прочность при изгибе, удельная прочность, эффективность материала.

Abstract. This article evaluates the effect of modifier content on the density and mechanical properties of sulfur concrete. The control specimen had a density of 2200 kg/m³, a compressive strength of 60 MPa, and a flexural strength of 12 MPa. With increasing modifier content, the density decreased to 2171 kg/m³, while the compressive strength decreased to 57.5 MPa. At a modifier content of 5%, 99.5% of the compressive strength and 98.3% of the flexural strength were retained. The results demonstrate the importance of a comprehensive assessment of density, strength, and material efficiency when selecting the composition of sulfur concrete.

Keywords: sulfur concrete, sulfur binder, modifier, density, compressive strength, flexural strength, specific strength, material efficiency.

KIRISH

Oltingugurt asosidagi betonlar suv ishtirokisiz shakllanishi, tez qotishi va agressiv muhitlarga nisbatan yuqori barqarorlik ko‘rsatishi sababli maxsus qurilish materiallari sifatida ilmiy qiziqish uyg‘otmoqda. Shu bilan birga, elementar oltingugurtning kristallanish xususiyatlari va materialning mo‘rtligi tarkibni modifikatsiyalash zaruratini yuzaga keltiradi [1, 2]. Zamonaviy tadqiqotlarda polimer, bitum va mineral komponentlar yordamida oltingugurt matritsasining tuzilishi va mexanik xossalarini boshqarish mumkinligi ko‘rsatilgan [3-5].

Modifikator miqdorini oshirish har doim ham mustahkamlikning monoton ortishiga olib kelmaydi. Aksincha, ma’lum miqdordan so‘ng tarkibning zichligi, bog‘lovchi–to‘ldiruvchi chegarasidagi tuzilish va deformatsion xususiyatlar o‘zgarishi mumkin. Shu sababli optimal tarkibni aniqlashda faqat maksimal mustahkamlik emas, balki mustahkamlikning saqlanish darajasi va zichlikka nisbatan material samaradorligi ham hisobga olinishi lozim. Mazkur ishning maqsadi tajriba tarkiblarini shu kompleks mezonlar asosida qiyosiy baholashdan iborat.

TADQIQOT MATERIALLARI VA USULLARI

Tahlil uchun etalon oltingugurtli beton, modifikatorning 5, 10 va 20% miqdoridagi uchta tarkibi hamda Prilaks asosidagi qiyosiy tarkib natijalari qabul qilindi. Tajriba ma’lumotlarida zichlik, siqilishdagi va egilishdagi mustahkamlik, kimyoviy chidamlilik hamda yeyiluvchanlik ko‘rsatkichlari qayd etilgan. Ushbu maqolada dastlabki o‘lchovlar o‘zgartirilmagan; qo‘shimcha ravishda mustahkamlikning etalonga nisbatan saqlanish koeffitsienti va zichlikka nisbatan solishtirma siqilish mustahkamligi hisoblandi.

$$K = R_i/R_0 \times 100\%; \qquad I = R_i/(\rho_i/1000),$$

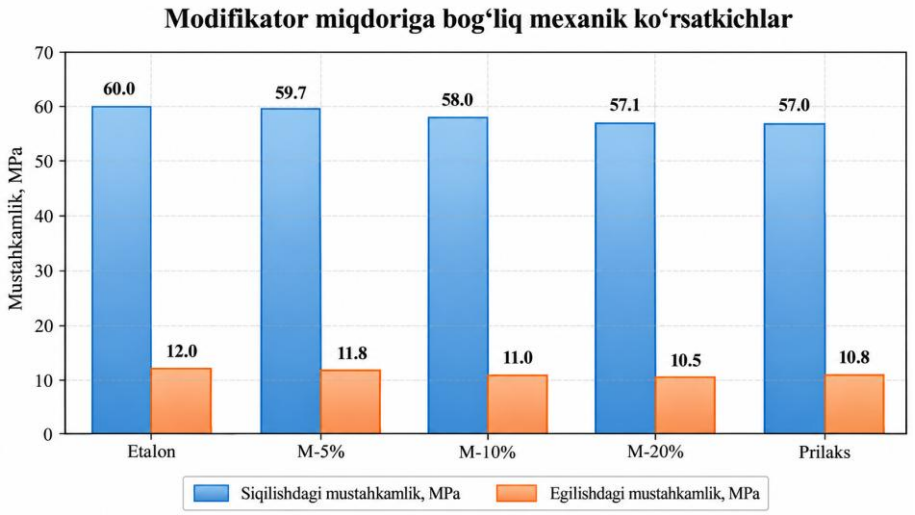
bu yerda R_i - ko‘rilayotgan tarkibning siqilishdagi mustahkamligi, R_0 - etalon mustahkamligi, ρ_i - tarkib zichligi; I - zichlikka nisbatan solishtirma mustahkamlik indeksi, MPa/(Mg/m³).

1-jadval

Tajriba tarkiblarining fizik-mexanik ko‘rsatkichlari

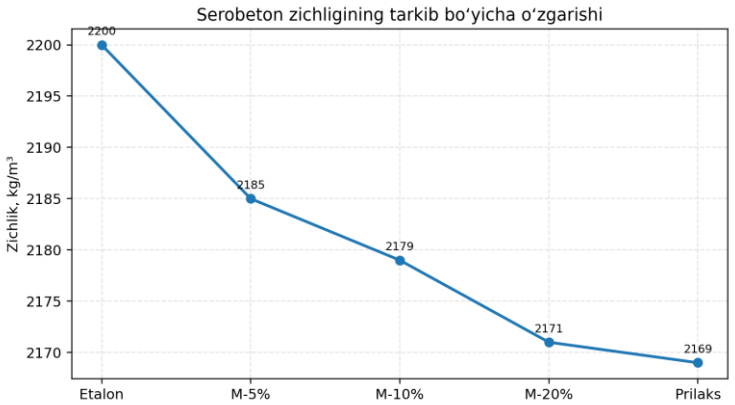
Tarkib	Zichlik, kg/m³	Siqilish, MPa	Egilish, MPa	Kimyoviy chidamlilik, %	Yeyiluvchanlik, g/sm²
Etalon	2200	60.0	12.0	83	0.30
M-5%	2185	59.7	11.8	83	0.33
M-10%	2179	58.0	11.0	83	0.35
M-20%	2171	57.5	10.5	83	0.35
Prilaks	2169	57.0	10.8	83	0.30

Jadval ma’lumotlari modifikator miqdori ortishi bilan zichlik va mustahkamlikning bir xil tezlikda o‘zgarmasligini ko‘rsatadi. 5% modifikatorli tarkibda zichlik etalonga nisbatan taxminan 0,68% kamaygan bo‘lsa-da, siqilishdagi mustahkamlik atigi 0,5% pasaygan. Bu holat kichik miqdordagi modifikatsiyada mexanik ko‘rsatkichlarni deyarli saqlab qolish mumkinligini ko‘rsatadi.



1-rasm. Modifikator miqdoriga bog‘liq mexanik ko‘rsatkichlar

Siqilish va egilish mustahkamligi bo‘yicha 5% modifikatorli tarkib etalonga eng yaqin natijani bergan. Modifikator miqdori 10 va 20% gacha oshirilganda siqilishdagi mustahkamlik mos ravishda 58,0 va 57,5 MPa ga tushgan. Egilishdagi mustahkamlikda pasayish nisbatan sezilarliroq bo‘lib, 20% tarkibda 10,5 MPa qayd etilgan. Bu natija optimal miqdorni tanlashda faqat modifikatorning mavjudligi emas, uning dozasi ham hal qiluvchi omil ekanini ko‘rsatadi.



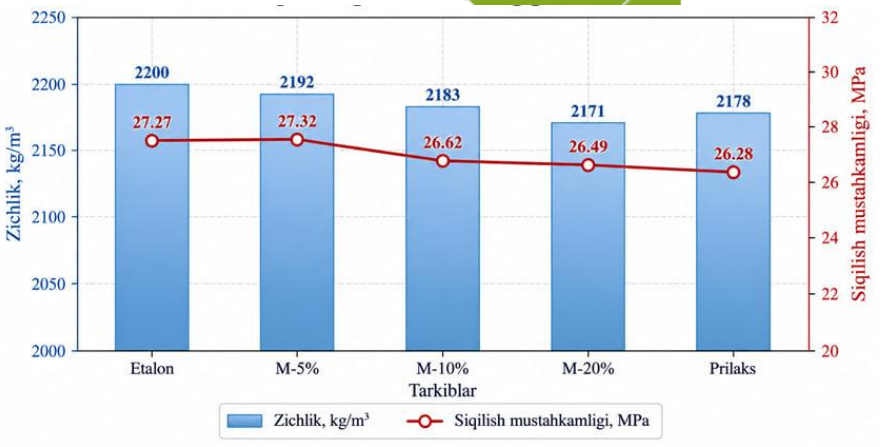
2-rasm. Serobeton zichligining tarkib bo‘yicha o‘zgarishi

2-jadval

Hisobiy samaradorlik ko‘rsatkichlari

Tarkib	Zichlik o‘zgarishi, %	Siqilish mustahkamligi saqlanishi, %	Egilish mustahkamligi saqlanishi, %	Solishtirma indeks, MPa/(Mg/m³)
Etalon	0.00	100.0	100.0	27.27
M-5%	-0.68	99.5	98.3	27.32
M-10%	-0.95	96.7	91.7	26.62
M-20%	-1.32	95.8	87.5	26.49
Prilaks	-1.41	95.0	90.0	26.28

Hisobiy tahlil shuni ko‘rsatadiki, 5% modifikatorli tarkib siqilish mustahkamligining 99,5% va egilish mustahkamligining 98,3% qismini saqlaydi. Solishtirma mustahkamlik indeksi etalonda 27,27 MPa/(Mg/m³), 5% tarkibda esa 27,32 MPa/(Mg/m³) atrofida bo‘ladi. Demak, zichlikning kichik kamayishi hisobiga birlik hajmiy massa uchun mustahkamlik samaradorligi yomonlashmagan. 10–20% diapazonda esa absolyut mustahkamlikning pasayishi bu afzallikni cheklaydi.



3-rasm. Zichlikka nisbatan solishtirma siqilish mustahkamligi

Adabiyotlarda ham modifikatorning samarasi uning turi va miqdoriga kuchli bog‘liqligi qayd etilgan. Mohamed va El Gamal oltingugurtni polimer qo‘shimchalar bilan modifikatsiyalash kristallanish jarayonini boshqarish va yirik kristallar hosil bo‘lishini

cheklash uchun muhimligini ko‘rsatgan [2]. 2024-yildagi keng qamrovli sharhda serobetonning mustahkamligi va ekspluatatsion xossalarini yaxshilash uchun turli modifikatsiya usullari tizimlashtirilgan [3]. Bitum va tosh uni bilan modifikatsiyalangan tarkiblar bo‘yicha tadqiqotda optimal kompozitsiya nazoratga nisbatan siqilish mustahkamligini sezilarli oshirishi mumkinligi ko‘rsatilgan [4].

Rafie va hammualliflarining 2026-yilgi ishida HDPE va LLDPE 5–20% oralig‘ida o‘rganilib, eng yuqori mexanik natijalar 5% polimer miqdorida kuzatilgan [5]. Ushbu holat mazkur tajribadagi 5% modifikatorli tarkibning etalonga eng yaqin mustahkamlikni saqlashi bilan umumiy qonuniyat jihatidan uyg‘un: modifikatorni ortiqcha oshirish mexanik samarani avtomatik ravishda yaxshilamaydi. Biroq turli tadqiqotlardagi modifikator kimyosi va boshlang‘ich tarkiblar farq qilgani sababli sonli qiymatlarni bevosita tenglashtirish to‘g‘ri emas.

XULOSALAR

1. Etalon serobetonning zichligi 2200 kg/m³, siqilishdagi mustahkamligi 60 MPa va egilishdagi mustahkamligi 12 MPa ni tashkil etdi.

2. 5% modifikatorli tarkibda zichlik 2185 kg/m³ gacha kamaygan bo‘lsa-da, siqilish mustahkamligining 99,5% va egilish mustahkamligining 98,3% qismi saqlanib qoldi.

3. Modifikator miqdorini 10-20% gacha oshirish zichlikni kamaytirish bilan birga absolyut mexanik mustahkamlikning bosqichma-bosqich pasayishiga olib keldi.

4. Zichlikka nisbatan solishtirma mustahkamlik indeksi tarkiblarni kompleks baholash uchun qo‘shimcha mezon sifatida taklif qilindi; 5% tarkib ushbu mezon bo‘yicha muvozanatli natija ko‘rsatdi.

5. Optimal modifikator miqdorini tanlashda faqat bitta ko‘rsatkich emas, balki zichlik, siqilish va egilish mustahkamligi, kimyoviy chidamlilik hamda maqsadli ekspluatatsiya sharoitlarini birgalikda hisobga olish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mohamed A.-M.O., El Gamal M. Hydro-mechanical behavior of a newly developed sulfur polymer concrete. Cement and Concrete Composites. 2009;31(3):186–194. DOI:

10.1016/j.cemconcomp.2008.12.006.

2. Amanova N., Turaev K., Shadhar M.H. et al. Sulfur-based concrete: Modifications, advancements, and future prospects. Construction and Building Materials. 2024;435:136765. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2024.136765.

3. Structure formation, rheology and properties of sulfur concrete mixtures and sulfur concrete modified with bitumen and stone flour. Case Studies in Construction Materials. 2024;20:e02917. DOI: 10.1016/j.cscm.2024.e02917.

4. Rafie B., Marar K.H., Akçaoğlu T. Evaluating the Effects of Two Modifiers on the Mechanical Properties of Sulfur Concrete Using a Novel, High-Capacity Lab-Scale Mixer for Sustainable Construction. Turkish Journal of Civil Engineering. 2026;37(4):49–73. DOI: 10.18400/tjce.1761213.

5. New Sulfur Organic Polymer-Concrete Composites Containing Waste Materials: Mechanical Characteristics and Resistance to Biocorrosion. Materials. 2019;12(16):2602.

