DOI: 10.65322/j.srd.05192026.120

UDK 666.94:691.223:620.17

# KVARS QUMINING GRANULOMETRIK TARKIBINING SEMENT QORISHMASI MUSTAHKAMLIGIGA TA'SIRINI EKSPERIMENTAL TADQIQ ETISH

***Saburov X.M.,*** *t.f.f.d. (PhD), dotsent,*
*Toshkent xalqaro moliyaviy boshqaruv va texnologiyalar universiteti,*
*Toshkent arxitektura-qurilish universiteti*
***Xursandov Elyor O'ktamovich,*** *mustaqil tadqiqotchi,*
*Toshkent arxitektura-qurilish universiteti*
***Rixsiboyeva Madinabonu Elmuradovna,*** *talaba,*
***Rixsiboyeva Maxmuda Erkin qizi,*** *talaba,*
*Toshkent xalqaro moliyaviy boshqaruv va texnologiyalar universiteti*

***Annotatsiya.*** *Maqolada kvars qumi granulometrik tarkibining sement qorishmasi fizik-mexanik xossalariga ta'siri eksperimental tadqiq etilgan. Tadqiqotda 0,1–0,5 mm, 0,5–1,0 mm va 1,0–2,0 mm fraksiyalardan turli nisbatlarda beshta qum aralashmasi tayyorlanib, ularning uyma zichligi, hisobiy bo'shliqliligi hamda sement qorishmasining 3, 7 va 28 sutkalik egilishdagi va siqilishdagi mustahkamligi baholangan. Tajribalarda «POP SEMENT» MChJda ishlab chiqarilgan B32,5 mustahkamlik sinfidagi sement qo'llanilgan. Natijalar qum fraksiyalari nisbatining zarrachalar joylashish zichligi va qorishma mustahkamligiga ta'sirini ko'rsatgan. Eng yuqori ko'rsatkichlar fraksiyalar 25:25:50 nisbatda aralashtirilgan №4 tarkibda qayd etilgan. Ushbu tarkibning uyma zichligi 1,601 g/sm³, hisobiy bo'shliqliligi 38,42 % ni tashkil etgan. Qorishmaning 28 sutkalik egilishdagi va siqilishdagi mustahkamligi mos ravishda 7,4 va 35,2 MPa ga yetib, nazorat tarkibidan 29,8 % va 1,15 % ga yuqori bo'lgan. Olingan natijalar kvars qumi granulometrik tarkibini maqbullashtirish sement qorishmasi mustahkamligini oshirishga xizmat qilishini hamda mahalliy xomashyo asosida polifraksion qum tarkiblarini ishlab chiqish uchun ilmiy-amaliy asos bo'lishini ko'rsatadi.*

***Аннотация.*** *В статье представлены результаты экспериментального исследования влияния гранулометрического состава кварцевого песка на физико-механические свойства цементного раствора. Для проведения исследований были подготовлены пять песчаных смесей с различным соотношением фракций 0,1–0,5 мм, 0,5–1,0 мм и 1,0–2,0 мм. Определены их насыпная плотность, расчётная пустотность, а также прочность цементного раствора при изгибе и сжатии в возрасте 3, 7 и 28 суток. В экспериментах использовался цемент класса прочности B32,5 производства ООО «POP SEMENT». Установлено, что соотношение фракций кварцевого песка влияет на плотность упаковки частиц и прочностные характеристики цементного раствора. Наилучшие результаты получены для состава № 4 с соотношением фракций 25:25:50. Насыпная плотность данного состава составила 1,601 г/см³, а расчётная пустотность — 38,42 %. Прочность цементного раствора при изгибе и сжатии в возрасте 28 суток достигла соответственно 7,4 и 35,2 МПа, что превышает показатели контрольного состава на 29,8 % и 1,15 %. Полученные результаты свидетельствуют о возможности повышения прочностных характеристик цементного раствора путём оптимизации гранулометрического состава кварцевого песка и могут служить научно-практической основой для разработки полифракционных песчаных смесей из местного сырья.*

***Abstract.*** *This study experimentally investigates the effect of quartz sand particle size distribution on the physical and mechanical properties of cement mortar. Five sand mixtures were prepared using different proportions of three particle size fractions: 0.1–0.5 mm, 0.5–1.0 mm, and 1.0–2.0 mm. Their bulk density and calculated void content were determined, and the flexural and*

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.120

*compressive strengths of the corresponding cement mortars were evaluated at 3, 7, and 28 days. Cement of strength class B32.5, produced by POP SEMENT LLC, was used throughout the experiments. The results demonstrated that the proportions of sand fractions influenced particle packing density and mortar strength. The best performance was achieved with Mixture No. 4, containing the three fractions in a ratio of 25:25:50, respectively. This mixture exhibited a bulk density of 1.601 g/cm³ and a calculated void content of 38.42%. At 28 days, the flexural and compressive strengths reached 7.4 MPa and 35.2 MPa, respectively, representing increases of 29.8% and 1.15% compared with the control mixture. The findings indicate that optimizing the particle size distribution of quartz sand can improve the mechanical performance of cement mortar and provide a scientific basis for developing polyfractional sand mixtures from locally available raw materials.*

***Kalit so‘zlar:*** *kvars qumi, granulometrik tarkib, polifraksion qum, sement qorishmasi, uyma zichlik, bo‘shliqlilik, egilishdagi mustahkamlik, siqilishdagi mustahkamlik.*

***Ключевые слова:*** *кварцевый песок, гранулометрический состав, полифракционный песок, цементный раствор, насыпная плотность, пустотность, прочность при изгибе, прочность при сжатии.*

***Keywords:*** *quartz sand, particle size distribution, polyfractional sand, cement mortar, bulk density, void content, flexural strength, compressive strength.*

**Kirish.** O‘zbekiston Respublikasida sement sanoatining rivojlanishi ishlab chiqarilayotgan mahsulotlarning sifat ko‘rsatkichlarini xalqaro va davlat standartlari asosida baholashga bo‘lgan talabni oshirmoqda. Xususan, sementning fizik-mexanik xossalarini, jumladan, egilishdagi va siqilishdagi mustahkamligini aniqlashda belgilangan granulometrik tarkib va sifat ko‘rsatkichlariga ega standart polifraksion kvars qumidan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi. Hozirgi vaqtda respublikamizda sement sinovlari uchun ishlatiladigan standart polifraksion qumga bo‘lgan ehtiyojning bir qismi Rossiya Federatsiyasidan import hisobiga qoplanmoqda. Jumladan, 2023-yil fevral oyida Rossiyaning «Evrostroykomplekt» korxonasi tomonidan O‘zbekistondagi «Ohangaronsement» AJga 6 tonna standart polifraksion qum yetkazib berilganligi qayd etilgan [1].

Standart polifraksion qumning import qilinishi mahalliy kvars xomashyosi asosida sement sinovlari uchun zarur bo‘lgan granulometrik tarkib va fizik xossalarga ega qum aralashmalarini ishlab chiqish masalasining dolzarbligini ko‘rsatadi. Bunda qum zarrachalarining o‘lchamlari va ularning o‘zaro nisbatlari zarrachalararo bo‘shliqlilik, uyma zichlik hamda sement qorishmasining mustahkamlik ko‘rsatkichlariga ta’sir etishi mumkin. Shu sababli mahalliy kvars qumining turli granulometrik fraksiyalarini maqbul nisbatlarda birlashtirish va ularning sement qorishmasi xossalariga ta’sirini eksperimental baholash muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

Menezes va hammualliflar [2] tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda kaolinni qayta ishlash jarayonida hosil bo‘ladigan qoldiqlardan terish qorishmalarida foydalanishning texnik jihatdan maqsadga muvofiqligi baholangan. Tadqiqotda asosiy e’tibor kaolin qoldiqlariga qaratilgan bo‘lsa-da, olingan natijalar qorishmalarning ekspluatatsion xususiyatlarini belgilashda xomashyo materiallarining fizik xossalari muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatgan. Xususan, to‘ldiruvchi zarrachalarining o‘lchamlari va granulometrik tarkibi sement qorishmasining mustahkamlik ko‘rsatkichlariga ta’sir etuvchi omillardan biri sifatida qayd etilgan.

Boshqa bir tadqiqotda tabiiy qum o‘rniga mayda to‘ldiruvchi sifatida tosh changidan foydalanilgan sement qorishmalarining mexanik va issiqlik-texnik xossalari o‘rganilgan [3]. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, qumning 15 % qismini tosh changi bilan almashtirish qorishma mustahkamligini 15,7 % ga oshirish imkonini bergan. Mualliflar ushbu natijani qo‘llanilgan to‘ldiruvchilarning maqbul granulometrik tarkibi bilan izohlagan. Bu holat mayda to‘ldiruvchilar

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.120

zarrachalarining o‘lchamlari va ularning taqsimlanishi sement qorishmalarining mexanik xossalarini yaxshilashda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Shuningdek, guruch qobig‘i kuli va karyer changi kabi muqobil xomashyo materiallaridan foydalanishga bag‘ishlangan tadqiqotlarda ham zarrachalarning granulometrik tarkibini aniqlash masalasiga alohida e’tibor qaratilgan [4]. Mazkur tadqiqotda mayda to‘ldiruvchilarning granulometrik tarkibi elak tahlili yordamida aniqlanib, uning tayyorlangan g‘ishtlarning mustahkamlik ko‘rsatkichlari bilan bog‘liqligi baholangan. Olingan natijalar sement asosidagi materiallarning mustahkamligini maqbullashtirishda nafaqat to‘ldiruvchining turi, balki uning granulometrik tarkibi ham muhim omil ekanligini tasdiqlaydi.

Quyma ishlab chiqarish sanoatining chiqindisi hisoblangan ishlatilgan qolip qumining beton mustahkamligi va mikrostrukturaviy xususiyatlariga ta’siri ham tadqiq etilgan [5]. Ushbu ishda to‘ldiruvchining granulometrik tarkibini aniqlash eksperimental tadqiqotlarning asosiy bosqichlaridan biri sifatida qaralgan. Natijalar kremnezemli qumning sifati va zarrachalar o‘lchamlari betonning mexanik xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatgan. Mazkur xulosalar sement qorishmalariga ham tatbiq etilishi mumkin bo‘lib, kvars qumining granulometrik tarkibini boshqarish orqali ularning mustahkamlik ko‘rsatkichlariga ta’sir etish imkoniyatini ko‘rsatadi.

Bundan tashqari, sement xamiri va sement qorishmasining yemirilish xususiyatlarini o‘rganishga bag‘ishlangan tadqiqotda kremnezemli qum zarrachalarining maksimal o‘lchami 1,2 mm ni tashkil etgani va ushbu omil materiallarning darz ketishga qarshiligiga ta’sir ko‘rsatgani aniqlangan [6]. Mazkur natijalar to‘ldiruvchi zarrachalarining o‘lchamlari bilan sement qorishmalarining mexanik xatti-harakati o‘rtasida murakkab bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatadi.

Baali va hammualliflar [7] tabiiy hamda sun’iy mayda to‘ldiruvchilardan tashkil topgan uch komponentli qum aralashmalaridan foydalanish orqali sement qorishmalarining xossalarini yaxshilash imkoniyatlarini eksperimental tadqiq etgan. Olingan natijalar to‘ldiruvchilarning granulometrik tarkibi sement qorishmasining mustahkamligi va ishlov berishga qulayligini belgilovchi muhim omillardan biri ekanligini ko‘rsatgan. Mualliflarning xulosalariga ko‘ra, mayda zarrachalarning maqbul miqdorda qo‘llanilishi to‘ldiruvchilarning joylashish zichligini oshirish, zarrachalararo bo‘shliqlarni kamaytirish va natijada qorishmaning mexanik xossalarini yaxshilashga yordam berishi mumkin.

Cheng va hammualliflar [8] chiqindilarni yoqish qurilmalarining pastki qismida hosil bo‘ladigan kulning (incinerator bottom ash, IBA) turli maydalik darajalarida sement qorishmalarining xossalariga ta’sirini o‘rgangan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, kul zarrachalarining o‘lchamlari qotgan sement qorishmasining siqilishdagi mustahkamligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatgan. Xususan, mayda zarrachalardan foydalanish material tarkibiy qismlari orasidagi bog‘lanishni yaxshilash va mustahkamlik ko‘rsatkichlarini oshirishga yordam berishi mumkinligi aniqlangan. Ushbu natijalar sement asosidagi materiallarning talab etilgan mexanik xossalarini ta’minlashda zarrachalar o‘lchamlarini nazorat qilish muhimligini ko‘rsatadi.

Benabed va hammualliflar [9] sement qorishmalaridagi mayda to‘ldiruvchini granulometrik tarkibi nisbatan tor diapazonda taqsimlangan cho‘l barxan qumi bilan almashtirish imkoniyatlarini tadqiq etgan. Olingan natijalar barxan qumining qo‘llanilishi o‘z-o‘zidan zichlanuvchi sement qorishmalarining yangi tayyorlangan holatdagi xossalari va qotgandan keyingi mustahkamligiga ta’sir ko‘rsatishini aniqlagan. Mazkur tadqiqot to‘ldiruvchilarning granulometrik tarkibini maqbullashtirish sement qorishmalarining texnologik va mexanik xossalarini yaxshilashda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Sudarshan va hammualliflar [10] hamda Xu va hammualliflar [11] tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda ham zarrachalar xususiyatlarining sement asosidagi materiallar samaradorligiga ta’siri o‘rganilgan. Jumladan, Sudarshan va hammualliflar yuqori samarali tolalar bilan armaturalangan betonning xossalarini tadqiq etgan bo‘lsa, Xu va hammualliflar sement bilan

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.120

mustahkamlangan marjon qumi tarkibidagi mikrokapsulalarning o‘z-o‘zini tiklash xususiyatlarini baholagan. Ushbu tadqiqotlar turli material tizimlarida zarrachalarning o‘lchamlari va taqsimlanishi talab etilgan fizik-mexanik xossalarni shakllantirishda muhim omil ekanligini ko‘rsatadi.

Amer va hammualliflar [12] sement qorishmasining siqilishdagi mustahkamligiga qum zarrachalari o‘lchamlarining ta’sirini bevosita eksperimental tadqiq etgan. Tadqiqot davomida qum zarrachalarining o‘lchamlariga ko‘ra uchta guruh shakllantirilib, ularning sement qorishmasi mexanik xossalariga ta’siri tahlil qilingan. Olingan natijalarga asoslanib, sement qorishmasining siqilishdagi mustahkamligini oshirishda qumning granulometrik tarkibini maqbullashtirish muhim ahamiyatga ega ekanligi ta’kidlangan.

Yuqoridagi ilmiy tadqiqotlar tahlili sement qorishmalarining mustahkamligi va ekspluatatsion xossalarini belgilashda to‘ldiruvchilarning granulometrik tarkibi muhim o‘rin tutishini ko‘rsatadi. Xususan, zarrachalar o‘lchamlari va ularning taqsimlanishi qorishma strukturasining shakllanishiga, zarrachalarning joylashish zichligiga hamda materialning mexanik xossalariga ta’sir etishi mumkin. Shu sababli sement asosidagi materiallarning fizik-mexanik ko‘rsatkichlarini maqbullashtirishda to‘ldiruvchilarning granulometrik xususiyatlarini kompleks baholash zarur hisoblanadi.

**Materiallar va tadqiqot usullari**

*Tadqiqotda foydalanilgan materiallar.* Ushbu tadqiqotda bog‘lovchi material sifatida «POP SEMENT» MChJ tomonidan ishlab chiqarilgan CEM II 32,5; 42,5 mustahkamlik sinfli sementdan foydalanildi. Sement qorishmalarining mustahkamlik ko‘rsatkichlarini qiyosiy baholash maqsadida ikki turdagi polifraksion kvars qumi tanlandi. Nazorat namunalarini tayyorlashda Rossiya Federatsiyasining Yekaterinburg shahrida joylashgan «ТОП УРАЛ» MChJ tomonidan ishlab chiqarilgan, GOST 6139 talablariga muvofiq standart sinov qumi sifatida qo‘llaniladigan polifraksion kvars qumidan foydalanildi [13].

Tajriba namunalarini tayyorlashda esa Chirchiq hududidagi mahalliy kvars xomashyosini qayta ishlash asosida olingan polifraksion qum qo‘llanildi. Mazkur qum xomashyoni boyitish, granulometrik fraksiyalarga ajratish hamda 0,1–0,5; 0,5–1,0 va 1,0–2,0 mm o‘lchamdagi fraksiyalarni birlashtirish orqali tayyorlandi.

*Kvars qumini granulometrik fraksiyalarga ajratish tartibi.* Mahalliy kvars qumining granulometrik tarkibini aniqlash va uni alohida fraksiyalarga ajratish uchun GOST 8735-88 standartining 3-bo‘limida belgilangan elak tahlili usulidan foydalanish nazarda tutildi [14]. Ushbu usul qum zarrachalarini o‘lchamlari bo‘yicha saralash va har bir fraksiyaning massa ulushini aniqlashga asoslangan.

Standartga muvofiq, granulometrik tarkibni aniqlash uchun 2000 g qum namunasi olinadi va quritish shkafida (105 ± 5) °C haroratda doimiy massagacha quritiladi. Quritilgan namuna dastlab 10 va 5 mm teshikli elaklardan o‘tkazilib, yirik zarrachalar ajratiladi. Keyinchalik qumning granulometrik tarkibi 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 va 0,16 mm o‘lchamli standart elaklar yordamida aniqlanadi.

Mazkur tadqiqotda sement qorishmasining fizik-mexanik xossalariga granulometrik tarkibning ta’sirini o‘rganish uchun qumni qo‘shimcha ravishda uchta fraksiyaga ajratish ko‘zda tutildi: 0,1–0,5 mm, 0,5–1,0 mm va 1,0–2,0 mm. Ushbu fraksiyalarni olish uchun 2,0; 1,0; 0,5 va 0,1 mm o‘lchamli laboratoriya elaklaridan foydalaniladi. Elaklar yuqoridan pastga qarab teshik o‘lchamining kamayish tartibida joylashtiriladi. Elash jarayonida har bir elakda ushlanib qolgan qum zarrachalari alohida yig‘iladi va tortiladi.

*Kvars qumining uyma zichligini aniqlash tartibi.* Turli granulometrik tarkibga ega kvars qumlarining uyma zichligi GOST 8735-88 «Qurilish ishlari uchun qum. Sinov usullari» standartining 9.1-bandida belgilangan metodika asosida aniqlandi [14]. Ushbu usul qumning zichlashtirilmagan holatdagi birlik hajmiga to‘g‘ri keladigan massasini aniqlashga asoslangan.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.120

Sinovlar laboratoriya tarozisi, quritish shkafi va hajmi 1 dm³ bo‘lgan silindrsimon metall o‘lchov idishi yordamida amalga oshirildi. Dastlab kvars qumi namunalari doimiy massagacha quritilib, 5 mm teshikli elakdan o‘tkazildi. So‘ngra quritilgan qum oldindan massasi aniqlangan o‘lchov idishiga uning yuqori chetidan 10 sm balandlikdan erkin to‘kildi. Idish yuzasida hosil bo‘lgan ortiqcha qum metall chizg‘ich yordamida tekislandi. Bunda qumni qo‘shimcha zichlashtirishga yo‘l qo‘yilmadi.

Kvars qumining haqiqiy zichligini aniqlash GOST 8735-88 «Qurilish ishlari uchun qum. Sinov usullari» standartida belgilangan piknometrik usul asosida amalga oshiriladi [14]. Ushbu usul qum zarrachalarining massasini ular egallagan haqiqiy hajmga nisbatan aniqlashga asoslangan.

Sinov uchun olingan kvars qumi namunasi 105 ± 5 °C haroratda doimiy massagacha quritilib, xona haroratigacha sovitiladi. Tayyorlangan namuna oldindan massasi aniqlangan piknometrga joylashtiriladi va distillangan suv bilan to‘ldiriladi. Qum zarrachalari orasidagi havo pufakchalarini chiqarib yuborish maqsadida aralashma qaynatiladi. Shundan so‘ng piknometr sovitilib, belgilangan chiziqqacha distillangan suv bilan to‘ldiriladi va massasi aniqlanadi. Olingan natijalar standartda belgilangan tartibda qayta ishlanib, qumning haqiqiy zichligi aniqlanadi.

*Standart polifraksion qum asosida sementning siqilishdagi mustahkamligini aniqlash metodikasi.* Mahalliy kvars xomashyosidan tayyorlangan polifraksion qumning sement qorishmalari mustahkamligini aniqlash natijalariga ta’sirini baholash maqsadida qiyosiy eksperimental tadqiqotlar GOST 30744-2001 «Sementlar. Polifraksion qumdan foydalangan holda sinash usullari» standarti asosida tashkil etildi [15]. Tadqiqotlarda Rossiya Federatsiyasida ishlab chiqarilgan standart polifraksion kvars qumi nazorat materiali, mahalliy kvars xomashyosidan tayyorlangan polifraksion qum esa tajriba materiali sifatida qabul qilindi. Qum turlarining sinov natijalariga ta’sirini alohida baholash uchun har ikkala tarkibda bir xil partiyadagi sementdan foydalanildi va qorishma komponentlarining massaviy nisbatlari o‘zgarmas saqlandi.

Sement qorishmalari sement va polifraksion qumning 1:3 massaviy nisbatida, suv-sement nisbati esa 0,50 bo‘lgan sharoitda tayyorlandi. Har bir qorishma uchun 450 g sement, 1350 g polifraksion qum va 225 g suv olindi. Qorishmalarni tayyorlashda dastlab aralashtirgich idishiga suv va sement kiritilib, past aylanish tezligida 30 soniya davomida aralashtiriladi. Keyingi 30 soniya davomida polifraksion qum bir tekis qo‘shiladi. Shundan so‘ng aralashma yuqori tezlikda 30 soniya aralashtirilib, 90 soniyalik tanaffus amalga oshiriladi. Ushbu tanaffusning dastlabki 15 soniyasida idish devorlariga yopishgan qorishma markazga yig‘iladi. Yakuniy bosqichda aralashma yuqori tezlikda yana 60 soniya davomida aralashtirilib, bir jinsli sement qorishmasi hosil qilinadi.

Tayyorlangan qorishmalardan 40×40×160 mm o‘lchamdagi prizma shaklidagi namunalar tayyorlanadi. Qorishma metall qoliplarga ikki qatlamda joylashtirilib, har bir qatlam silkituvchi stol yordamida 60 ta zarba berish orqali zichlanadi. Zichlash jarayoni yakunlangach, qolip yuzasidagi ortiqcha qorishma olib tashlanadi va namunalarning ustki yuzasi tekislanadi. Har bir qum turi va sinov muddati uchun uchtadan prizma shaklidagi namuna tayyorlandi.

Shakllantirilgan sement qorishmasi namunalari dastlab (20±1) °C harorat va kamida 90 % nisbiy namlik sharoitida saqlandi. Qorishma tayyorlangan vaqtdan boshlab (24±1) soat o‘tgach, namunalar qoliplardan chiqarilib, (20±1) °C haroratdagi suvda belgilangan sinov muddatigacha saqlandi. Sement qorishmalarining mustahkamlik rivojlanishini baholash maqsadida namunalar 3, 7 va 28 sutkalik muddatlarda egilish va siqilishga sinovdan o‘tkazildi.

**Natijalar va ularning muhokamasi.** Kvars qumining granulometrik tarkibi sement qorishmasining fizik-mexanik xossalarini belgilovchi muhim omillardan biri hisoblanadi. Qum tarkibidagi turli o‘lchamdagi zarrachalarning o‘zaro nisbati ularning joylashish zichligi, zarrachalararo bo‘shliqlar hajmi hamda sement xamirining qum donalari orasida taqsimlanishiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli sement qorishmasining mustahkamlik ko‘rsatkichlarini

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.120

baholashda qumning nafaqat mineralogik tarkibini, balki uning granulometrik xususiyatlarini ham hisobga olish muhim ahamiyatga ega.

Mazkur tadqiqotda kvars qumining granulometrik tarkibi bilan uning uyma zichligi, bo‘shliqliligi va sement qorishmasining mustahkamligi o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash maqsadida turli fraksion tarkibdagi qum aralashmalari shakllantirildi. Buning uchun kvars qumi 0,1–0,5 mm, 0,5–1,0 mm va 1,0–2,0 mm o‘lchamli uchta fraksiyaga ajratilib, ularning massa bo‘yicha ulushlari o‘zgartirildi. Natijada granulometrik tarkibi bir-biridan farqlanuvchi beshta tajriba aralashmasi tayyorlandi.

Tajriba tarkiblari fraksiyalar nisbatining qum zarrachalari joylashishiga ta’sirini qiyosiy baholash imkonini beradigan tarzda tanlandi. Bunda birinchi tarkibda uchala fraksiya deyarli teng miqdorda, ikkinchi, uchinchi va to‘rtinchi tarkiblarda esa mos ravishda mayda, o‘rta va yirik fraksiyalardan biri ustun bo‘lishi ko‘zda tutildi. Beshinchi tarkibda mayda va o‘rta fraksiyalar ulushi oshirilib, yirik fraksiya miqdori kamaytirildi. Tayyorlangan qum aralashmalarining granulometrik tarkibi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

**Kvars qumi fraksiyalarining tajriba tarkiblari**

| Tarkib | 0,1–0,5 mm, % | 0,5–1,0 mm, % | 1,0–2,0 mm, % |
|---|---|---|---|
| №1 | 33,3 | 33,3 | 33,4 |
| №2 | 50 | 25 | 25 |
| №3 | 25 | 50 | 25 |
| №4 | 25 | 25 | 50 |
| №5 | 40 | 40 | 20 |

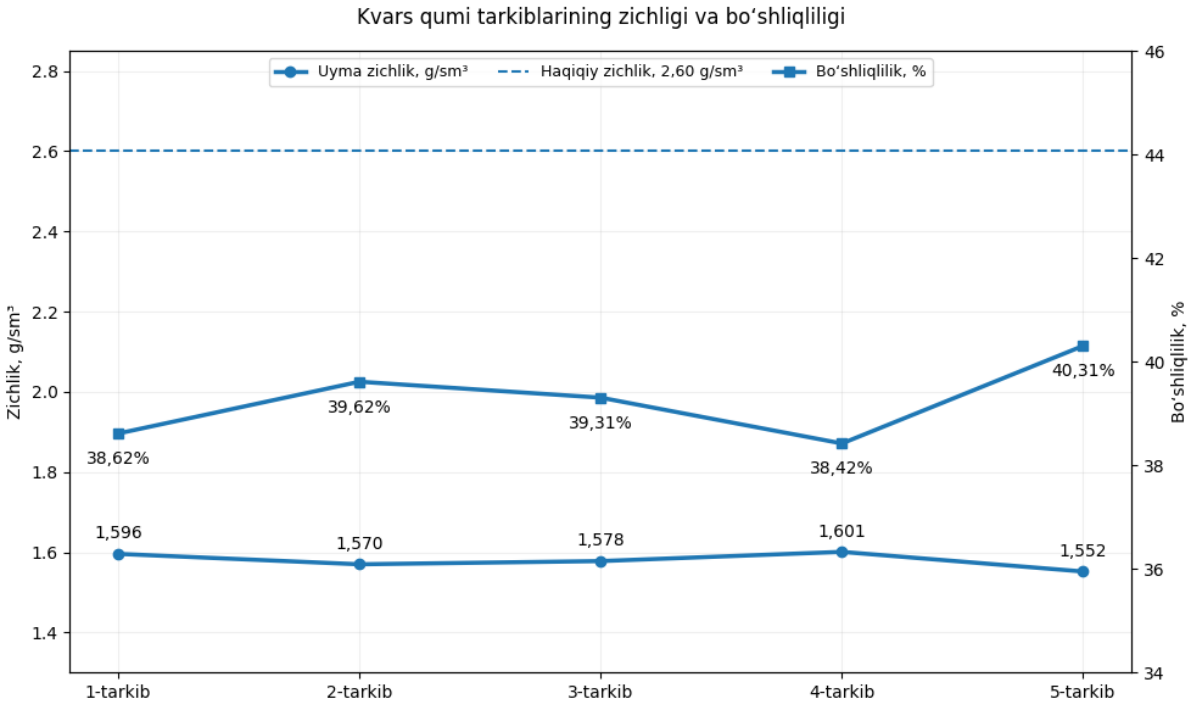
1-jadval ma’lumotlaridan ko‘rinadiki, tajriba tarkiblarida kvars qumining uchta granulometrik fraksiyasi turli massa nisbatlarida birlashtirilgan bo‘lib, ularning umumiy ulushi 100 % ni tashkil etadi. Bu granulometrik tarkibning qum fizik xossalariga ta’sirini qiyosiy baholash imkonini beradi.

Birinchi tarkibda mayda, o‘rta va yirik fraksiyalar deyarli teng taqsimlangan bo‘lib, u taqqoslash uchun asos sifatida tanlangan. Ikkinchi tarkibda 0,1–0,5 mm o‘lchamli mayda fraksiya, uchinchi tarkibda 0,5–1,0 mm o‘lchamli o‘rta fraksiya, to‘rtinchi tarkibda esa 1,0–2,0 mm o‘lchamli yirik fraksiya ulushi 50 % ni tashkil etgan. Beshinchi tarkibda mayda va o‘rta fraksiyalarning umumiy ulushi 80 %, yirik fraksiya esa 20 % bo‘lgan.

Fraksiyalarning bunday taqsimlanishi zarrachalarning o‘zaro joylashishi, bo‘shliqlar hajmi va uyma zichligiga ta’sir ko‘rsatadi. Yirik zarrachalar orasidagi bo‘shliqlarning mayda va o‘rta zarrachalar bilan to‘ldirilishi qumning joylashish zichligini oshirishi mumkin. Biroq mayda fraksiyalar ulushining ortishi zarrachalarning solishtirma sirt yuzasini ko‘paytirib, sement xamiriga bo‘lgan talabni oshirishi ehtimoli mavjud.

Granulometrik tarkibning ushbu xossalarga ta’sirini baholash maqsadida beshta qum aralashmasining uyma zichligi aniqlanib, zarrachalarning haqiqiy zichligi 2,60 g/sm³ deb qabul qilingan holda bo‘shliqlilik ko‘rsatkichlari hisoblandi. Natijalarga ko‘ra, uyma zichlik 1,552–1,601 g/sm³, hisobiy bo‘shliqlilik esa 38,42–40,31 % oralig‘ida o‘zgargan. Bu farqlar qum fraksiyalari nisbatining zarrachalar joylashish zichligiga ta’sirini ko‘rsatadi.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.120



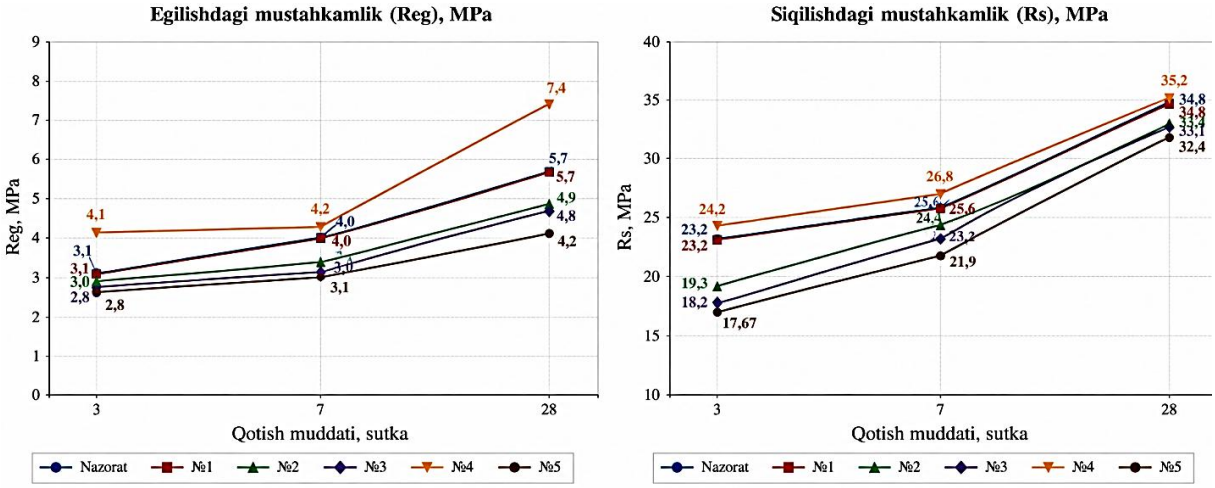

**1-rasm. Kvars qumi tarkiblarining uyma zichligi va bo‘shliqliligi**

1-rasmda keltirilgan natijalarga ko‘ra, kvars qumining granulometrik tarkibi uning uyma zichligi va bo‘shliqlilik ko‘rsatkichlariga ta’sir ko‘rsatadi. Tajriba tarkiblari orasida eng yuqori uyma zichlik 4-tarkibda kuzatilib, 1,601 g/sm³ ni, eng past bo‘shliqlilik esa 38,42 % ni tashkil etdi. Bu ushbu tarkibda turli o‘lchamdagi qum zarrachalarining nisbatan zich joylashganligini ko‘rsatadi. Aksincha, 5-tarkibda uyma zichlik 1,552 g/sm³ gacha kamayib, bo‘shliqlilik 40,31 % ga yetdi. Taqqoslash asosi sifatida qabul qilingan 1-tarkibga nisbatan 4-tarkibning uyma zichligi 0,31 % ga oshgan, bo‘shliqliligi esa 0,20 foiz punktga kamaygan.

Qum zarrachalari orasidagi bo‘shliqlilik sement qorishmasining strukturasi va siqilishdagi mustahkamligiga ta’sir etuvchi muhim omillardan biridir. Bo‘shliqlilik yuqori bo‘lganda zarrachalar orasidagi bo‘shliqlarni to‘ldirish uchun ko‘proq sement xamiri talab qilinishi mumkin. Bu esa qorishmaning suvga bo‘lgan talabi, zichligi va mustahkamlik ko‘rsatkichlariga ta’sir qiladi. Aksincha, granulometrik tarkibning maqbul tanlanishi qum zarrachalarining zich joylashishini ta’minlab, sement qorishmasining strukturasini yaxshilashga xizmat qilishi mumkin. Shu sababli qumning bo‘shliqlilik darajasi sementning siqilishdagi mustahkamligini sinash natijalariga va ular asosida aniqlanadigan sement mustahkamlik markasiga bilvosita ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Lekin bu bog‘liqlikni tasdiqlash uchun ushbu granulometrik tarkibdagi qumlar asosida tayyorlangan sement qorishmalarining mustahkamligini bir xil sinov sharoitlarida eksperimental taqqoslash zarur.

Kvars qumining granulometrik tarkibi sement qorishmasining mustahkamlik ko‘rsatkichlariga ta’sirini aniqlash maqsadida beshta tajriba tarkibi tayyorlandi. Tadqiqot natijalarining taqqoslanuvchanligini ta’minlash uchun barcha tarkiblarda «POP SEMENT» MChJ tomonidan ishlab chiqarilgan B32,5 mustahkamlik sinfiga mansub bir xil sementdan foydalanildi. Har bir tarkib bo‘yicha GOST talablariga muvofiq uchta 40×40×160 mm namuna tayyorlanib, ularning 3, 7 va 28 sutkalik egilishdagi hamda siqilishdagi mustahkamligi aniqlandi. Olingan natijalarning o‘rtacha qiymatlari hisoblanib, 2-rasmda keltirildi.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.120




**2-rasm. Kvars qumining granulometrik tarkibiga bog‘liq holda sement qorishmasining egilishdagi va siqilishdagi mustahkamligi**

2-rasmda keltirilgan natijalar asosida, kvars qumining granulometrik tarkibi sement qorishmasining egilishdagi va siqilishdagi mustahkamlik ko‘rsatkichlariga ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Tadqiqotlarda barcha tarkiblar uchun «POP SEMENT» MChJ tomonidan ishlab chiqarilgan B32,5 sinfli sementdan foydalanildi. Import standart qum asosida tayyorlangan nazorat namunasining (2-rasmda «Nazorat») 28 sutkalik egilishdagi mustahkamligi 5,7 MPa, siqilishdagi mustahkamligi esa 34,8 MPa ni tashkil etdi. Eng yuqori natijalar 4-tarkibda kuzatilib, 28 sutkalik egilishdagi mustahkamlik 7,4 MPa ga, siqilishdagi mustahkamlik esa 35,2 MPa ga yetdi. Ushbu ko‘rsatkichlar nazorat tarkibiga nisbatan mos ravishda 29,82 % va 1,15 % yuqoriligi aniqlandi. Aksincha, 5-tarkibda 28 sutkalik egilishdagi mustahkamlik 4,2 MPa, siqilishdagi mustahkamlik esa 32,4 MPa ni tashkil etib, nazoratga nisbatan mos ravishda 26,32 % va 6,90 % ga kamayishi aniqlandi.

Olingan natijalarni qumning fizik xossalari bilan taqqoslash shuni ko‘rsatadiki, eng yuqori mustahkamlikka ega 4-tarkibda uyma zichlik 1,601 g/sm³, bo‘shliqlilik esa 38,42 % ni tashkil etdi. Eng past mustahkamlik kuzatilgan 5-tarkibda esa uyma zichlik 1,552 g/sm³ gacha kamayib, bo‘shliqlilik 40,31 % ga oshdi. Bu holat qum zarrachalarining zich joylashishi sement qorishmasining mustahkamlik ko‘rsatkichlariga ijobiy ta’sir qilishi mumkinligini ko‘rsatdi. Granulometrik tarkibning maqbul tanlanishi zarrachalar orasidagi bo‘shliqlarni kamaytirib, sement xamirining samarali taqsimlanishiga va qorishma strukturasining shakllanishiga yordam berishi aniqlandi. Shuning hisobiga bir xil sementdan foydalanilgan sharoitda qumning granulometrik tarkibi va bo‘shliqliligi sement qorishmasining mustahkamlik sinovlari natijalariga ta’sir etuvchi muhim omillar ekanligi kuzatildi.

**Xulosa.** O‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijasida kvars qumining granulometrik tarkibi uning uyma zichligi, bo‘shliqliligi hamda sement qorishmasining egilishdagi va siqilishdagi mustahkamlik ko‘rsatkichlariga sezilarli darajada ta’sir qilishi aniqlandi.

Tadqiqotda kvars qumining 0,1–0,5 mm, 0,5–1,0 mm va 1,0–2,0 mm o‘lchamli fraksiyalaridan turli nisbatlarda beshta tajriba tarkibi tayyorlandi. Olingan natijalarga ko‘ra, fraksiyalar nisbatining o‘zgarishi qumning uyma zichligini 1,552–1,601 g/sm³, bo‘shliqliligini esa 38,42–40,31 % oralig‘ida o‘zgarishiga olib keldi.

Eng maqbul natijalar 4-tarkibda, ya’ni 25 % mayda (0,1–0,5 mm), 25 % o‘rta (0,5–1,0 mm) va 50 % yirik (1,0–2,0 mm) fraksiyalardan tashkil topgan aralashmada kuzatildi. Ushbu tarkibda qumning uyma zichligi 1,601 g/sm³, bo‘shliqliligi esa 38,42 % ni tashkil etib, boshqa tarkiblarga nisbatan zarrachalarning zichroq joylashishini ta’minladi.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.120

Bir xil B32,5 sinfli sementdan foydalanilgan sharoitda 4-tarkib asosida tayyorlangan qorishmaning 28 sutkalik egilishdagi mustahkamligi 7,4 MPa, siqilishdagi mustahkamligi esa 35,2 MPa ni tashkil etdi. Mazkur ko‘rsatkichlar nazorat tarkibiga nisbatan mos ravishda 29,8 % va 1,15 % ga yuqori bo‘ldi. Eng past natijalar 5-tarkibda kuzatilib, 28 sutkalik egilishdagi mustahkamlik 4,2 MPa, siqilishdagi mustahkamlik esa 32,4 MPa ni tashkil etdi.

Tadqiqot natijalari qum zarrachalarining joylashish zichligi va bo‘shliqliligi sement qorishmasining mustahkamlik ko‘rsatkichlari bilan bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi. Xususan, yirik fraksiya ulushi 50 % bo‘lgan 4-tarkibda eng past bo‘shliqlilik va eng yuqori mustahkamlik qayd etildi. Bu holat granulometrik tarkibni maqbullashtirish orqali qum zarrachalarining joylashishini yaxshilash va sement qorishmasining fizik-mexanik xossalariga ijobiy ta’sir ko‘rsatish mumkinligini ko‘rsatadi.

Shunday qilib, sementning mustahkamligini standart qorishma asosida baholashda kvars qumining granulometrik tarkibini nazorat qilish muhim ahamiyatga ega. Tadqiq etilgan tarkiblar orasida 25:25:50 nisbatdagi fraksion aralashma eng samarali natijalarni namoyon etdi. Olingan natijalar mahalliy kvars qumi asosida sement sinovlari uchun granulometrik tarkibi boshqariladigan qum aralashmalarini ishlab chiqishda foydalanilishi mumkin.

**Foydalanilgan adabiyotlar**

1. ООО «Евростройкомплект». Отгрузка полифракционного песка в Узбекистан // Официальный сайт компании «Евростройкомплект». – 2023. – Электронный ресурс.

2. Menezes R. R., Neves G. A., Souza J., Melo W. A., Ferreira H. S., Ferreira H. C. Pozolanic activity of kaolin processing residues for use in masonry mortars // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. – 2009. – Vol. 13, No. 6. – P. 795–801. – DOI: 10.1590/S1415-43662009000600019.

3. Kumar P., Gogineni A., Sahu A., Vengamma B., Saisree K. Experimental investigation of mortar containing stone dust as fine aggregate through mechanical and thermal performance analysis // Structural Concrete. – 2026. – Early View. – DOI: 10.1002/suco.70729.

4. Adedeji J. A., Suleiman M. K., Adegboyega I. A., Bashingi N., Yaro N. S. A. Experimental investigation of bricks produced with rice husk ash and quarry dust as cement and sand replacements // Materials Proceedings. – 2026. – Vol. 33, No. 1. – Article 1. – DOI: 10.3390/materproc2026033001.

5. Archaneswar Kumar K., Rajasekhar K., Sashidhar C. Experimental research on the effects of waste foundry sand on the strength and micro-structural properties of concrete // Civil Engineering Journal. – 2022. – Vol. 8, No. 10. – P. 2172–2189. – DOI: 10.28991/CEJ-2022-08-10-010.

6. Zhu Y., Xu S. L. Fracture properties of cement paste and mortar: An experimental investigation // Proceedings of the 6th International Conference on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures (FraMCoS-6). – Catania, Italy, 2007.

7. Baali L., Naceri A., Rahmouni Z., Noui Mehidi M. W. Experimental study of the possibility to make a mortar with ternary sand (natural and artificial fine aggregates) // Physics Procedia. – 2011. – Vol. 22. – P. 275–285. – DOI: 10.1016/j.phpro.2011.11.044.

8. Cheng A., Hsu H.-M., Chao S.-J., Lin W.-T., Chen H.-H., Lin C.-T. Properties of cement-based materials containing melting incinerator bottom ash // Advanced Materials Research. – 2011. – Vol. 250–253. – P. 834–838. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.250-253.834.

9. Benabed B., Azzouz L., Kadri E.-H., Kenai S., Belaidi A. S. E. Effect of fine aggregate replacement with desert dune sand on fresh properties and strength of self-compacting mortars // Journal of Adhesion Science and Technology. – 2014. – Vol. 28, No. 21. – P. 2182–2195. – DOI: 10.1080/01694243.2014.950625.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.120

10. Sudarshan N. M., Chandrasekhar Rao T. Mix design and flexural response of ultra high performance fiber reinforced concrete (UHPFRC) // Materials Today: Proceedings. – 2018. – Vol. 5, No. 11, Part 3. – P. 25420–25429. – DOI: 10.1016/j.matpr.2018.10.347.

11. Xu D., Chen W., Fan X. Experimental investigation of particle size effect on the self-healing performance of microcapsule for cemented coral sand // Construction and Building Materials. – 2020. – Vol. 256. – Article 119343. – DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119343.

12. Rmdan Amer A. A., Mustafa Al Bakri Abdullah M., Yun Ming L., Faheem Mohd Tahir M., Wazien Ahmad Zailani W., Ahmad Faris M. Low density, high compressive strength: Experimental investigation with various particle sizes of sand for different mix designs of cement mortar manufacturing // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 864, No. 1. – Article 012010. – DOI: 10.1088/1757-899X/864/1/012010.

13. ГОСТ 6139-2020. Песок для испытаний цемента. Технические условия. – М., 2020.

14. ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1988.

15. ГОСТ 30744-2001. Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного стандартного песка. – М., 2001.