



VOLLOSTONIT MIKRO TO'LDIRGICHLI SEMENT TARKIBINI OPTIMALLASHTIRISH

*Qorabekov Shohijahon Uyg'un o'g'li magistr (TAQU),
Qodirova Dilorom Sharipovna t.f.n. dotsent (TAQU),
(+998 77 253 12 99. shohijahonqorabekov@mail.com)*

Annotatsiya. Ushbu maqolada klinkerning bir qismini tabiiy mineral qo'shimcha – vollastonit bilan almashtirishning sement toshining mustahkamlik ko'rsatkichlariga ta'siri o'rganilgan. Tadqiqot davomida vollastonit miqdori 0%, 5%, 10% va 15% miqyosida o'zgartirilib, namunalar 2, 7 va 28 kunlik muddatlarda egilish va siqilishga chidamlilik bo'yicha sinovdan o'tkazildi. Laboratoriya natijalari vollastonitning 10% gacha qo'shilishi sementning gidratatsiya jarayonini optimallashtirishi va mikrotuzilmani mustahkamlashini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: Sement, vollastonit, klinker, mustahkamlik, egilish, siqilish, mikrotuzilma, mineral qo'shimcha.

Аннотация. В данной статье изучено влияние замещения части клинкера природной минеральной добавкой – волластонитом на прочностные характеристики цементного камня. В ходе исследования содержание волластонита варьировалось в пределах 0%, 5%, 10% и 15%, а образцы подвергались испытаниям на прочность при изгибе и сжатии в возрасте 2, 7 и 28 суток. Лабораторные результаты показали, что добавление до 10% волластонита оптимизирует процесс гидратации цемента и укрепляет микроструктуру.

Ключевые слова: Цемент, волластонит, кlinkер, прочность, изгиб, сжатие, микроструктура, минеральная добавка.



Abstract. This article investigates the effect of partial replacement of clinker with a natural mineral additive – wollastonite on the strength characteristics of cement stone. During the research, the wollastonite content was varied at levels of 0%, 5%, 10%, and 15%, and the samples were tested for flexural and compressive strength at 2, 7, and 28 days. Laboratory results indicated that the addition of up to 10% wollastonite optimizes the cement hydration process and strengthens the microstructure.

Keywords: Cement, wollastonite, clinker, strength, bending (flexural), compression, microstructure, mineral additive.

Zamonaviy qurilish materialshunosligining eng ustuvor va dolzarb yoʻnalishlaridan biri — sement sanoatining ekologik samaradorligini oshirish hamda ishlab chiqarish jarayonida energiya resurslarini optimallashtirish hisoblanadi. Global miqyosda sement ishlab chiqarish jarayoni antropogen karbonat angidrid (CO₂) emissiyasining taxminan 7-8 foizini tashkil etishi, klinker miqdorini kamaytirish va uni muqobil mineral qoʻshimchalar bilan almashtirish masalasini strategik ahamiyatga ega muammoga aylantirmoqda. Ushbu muammoni hal etishning eng samarali usuli sement klinkerini turli faol mineral qoʻshimchalar bilan qisman modifikatsiyalashdir.

Tadqiqot obyekti sifatida tanlangan wollastonit (CaSiO₃) minerali oʻzining noyob fizik-kimyoviy va morfologik xususiyatlari bilan ajralib turadi. Wollastonit — triklinik singoniyada kristallanuvchi, zanjirli tuzilishga ega boʻlgan tabiiy kalsiy metasilikatidir. Uning sement toshi strukturasi taʼsiri fundamental ravishda ikki tomonlama xususiyatga ega. Birinchidan, mineral zarralarining oʻziga xos ignasimon (atsikulyar) kristal strukturasi sement toshida mikrodarajadagi "diskret armaturalash" effektini yaratadi. Bu esa kompozit materialning egilishga boʻlgan mustahkamligini va yoriqbardoshligini sezilarli darajada oshiradi.



Ikkinchidan, vollastonit zarralari gidratatsiya jarayonida nukleatsiya markazlari vazifasini o‘tab, sement klinkerining gidratlanish kinetikasini tezlashtiradi va zichroq kalsiy-silikat-gidrat (C-S-H) gelining hosil bo‘lishiga xizmat qiladi. Ushbu ilmiy maqolada klinker tarkibini vollastonit minerali bilan 5 foizdan 15 foizgacha bo‘lgan miqyosda almashtirishning sement kompozitlari mexanik mustahkamlik ko‘rsatkichlariga ta’siri, laboratoriya sharoitida olingan eksperimental natijalar asosida tahlil qilinadi.

Tadqiqotda qo‘llanilgan portlandsement klinkeri o‘zining mineralogik tarkibi bo‘yicha o‘rtacha alyuminatli sinfga mansub bo‘lib, tarkibidagi asosiy klinker minerallari amaldagi standart talablariga to‘liq javob beradi. Mineral qo‘shimcha sifatida ishlatilgan vollastonit minerali (Koytosh koni) o‘zining yuqori kimyoviy tozaligi va yaqqol ifodalangan atsikulyar, ya’ni ignasimon kristal strukturasi bilan ajralib turadi. Eksperiment davomida aralashmaning bir xilligini (gomogenligini) ta’minlash maqsadida, vollastonit zarralarining disperslik darajasi sement klinkerining solishtirma sirt yuzasi ko‘rsatkichlariga yaqinlashtirildi.

Namunalarni tayyorlash metodikasi. Laboratoriya sinovlari uchun namunalar tayyorlashda klinkerning ma’lum bir qismini vollastonit minerali bilan o‘rin almashish prinsipi qo‘llanildi. Tajriba doirasida quyidagi to‘rtta asosiy tarkibiy nisbat shakllantirildi: nazorat namunasi (V-0) – 100% klinker; ikkinchi tarkib (V-5) – 95% klinker va 5% vollastonit; uchinchi tarkib (V-10) – 90% klinker va 10% vollastonit; to‘rtinchi tarkib (V-15) – 85% klinker va 15% vollastonit. Barcha namunalar uchun suv-sement nisbati (S/S) o‘zgarmas miqdorda saqlanib, aralashmalar standart tebranish stollarida bir xil chastotada zichlashtirildi. Namunalar 40x40x160 mm o‘lchamdagi standart prizma shaklida tayyorlandi.

Sinov usullari. Tayyorlangan namunalar dastlabki 24 soat davomida qoliplarda saqlandi, so‘ngra qoliplardan bo‘shatilib, namlik darajasi 90-95% bo‘lgan maxsus gidratatsiya kameralariga joylashtirildi. Namunalarning fizik-mexanik xususiyatlari, xususan, egilish va siqilish mustahkamligi ko‘rsatkichlari sementning



qotish muddatlariga muvofiq ravishda 2, 7 va 28 kunlik davrlarda aniqlandi. Egilish mustahkamligi sinovlari ikki tayanchli laboratoriya qurilmasida bajarildi, siqilish mustahkamligi esa hosil bo'lgan prizma bo'laklarini gidravlik press qurilmalarida yuklama berish orqali amaldagi davlat standartlari (GOST) talablariga binoan hisoblab chiqildi. O'tkazilgan laboratoriya tadqiqotlari natijasida sement klinkerini turli miqdordagi vollastonit minerali bilan almashtirish sement toshining fizik-mexanik ko'rsatkichlariga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatishi aniqlandi. Tajriba natijalari namunalarning egilish va siqilish mustahkamligi barcha qotish muddatlarida (2, 7 va 28 kun) nazorat namunalariga nisbatan o'zgaruvchan dinamikaga ega ekanligini ko'rsatdi.

Egilishga mustahkamlik ko'rsatkichlari tahlili. Eksperimental ma'lumotlarga ko'ra, vollastonit qo'shilishi sement toshining egilishga chidamliligini barcha tarkiblarda oshirgan. Ayniqsa, 10% vollastonit bilan modifikatsiyalangan namunada (V-10) 28 kunlik qotish muddatida eng yuqori ko'rsatkich — 8,2 MPa qayd etildi. Bu ko'rsatkich nazorat namunasiga (6,8 MPa) nisbatan 20,5% ga yuqoridir. Bunday o'sish vollastonit kristallarining o'ziga xos ignasimon morfologiyasi bilan izohlanadi. Atsikulyar zarralar sement matritsasi bo'ylab bir tekis taqsimlanib, mikrodarajadagi karkas hosil qiladi va cho'zilish kuchlanishlarini o'ziga qabul qilib, yoriqlar rivojlanishiga to'sqinlik qiluvchi "mikro-armatura" vazifasini o'taydi.

Siqilishga mustahkamlik ko'rsatkichlari tahlili. Siqilishga bo'lgan mustahkamlik dinamikasi shuni ko'rsatadiki, vollastonit miqdori 10% gacha bo'lganda mustahkamlik ko'rsatkichlari nazorat namunalaridan yuqori bo'ladi. Xususan, 10% vollastonit qo'shilgan namunaning 28 kunlik siqilish mustahkamligi 48,1 MPa ni tashkil etib, maksimal natijani ko'rsatdi. Bu holat vollastonit zarralarining sement toshidagi mikrog'ovaklarni to'ldirib, struktura zichligini oshirishi (fillering effect) hamda gidratatsiya jarayonida qo'shimcha nukleatsiya markazlarini yaratishi bilan bog'liq.



Biroq, vollastonit miqdori 15% ga yetkazilganda siqilish mustahkamligi barcha muddatlarda pasayishi kuzatildi (28 kunda 40,5 MPa). Bu pasayish tarkibdagi faol klinker miqdorining haddan tashqari kamayishi va tizimda gidratatsiya mahsulotlari (C-S-H geli) yetishmasligi bilan tavsiflanadi. Shunday qilib, siqilish mustahkamligi uchun mineral qo'shimchani optimal miqdori 10% ekanligi ilmiy jihatdan tasdiqlandi.

Mustahkamlik ortishining kinetik xususiyatlari. Shuni ta'kidlash joizki, vollastonitli namunalar erta muddatlarda (2 kunlik qotishda) ham yuqori aktivlik ko'rsatdi. Masalan, 15% vollastonitli namunada 2 kunlik egilish mustahkamligi 4,0 MPa ga yetib, nazorat namunasi (3,4 MPa) dan sezilarli darajada o'zib ketdi. Bu vollastonitning sementning boshlang'ich gidratatsiya kinetikasini tezlashtirish qobiliyatidan dalolat beradi va tezkor qurilish texnologiyalari uchun istiqbolli hisoblanadi.

Namunalarning egilishga va siqilish bo'lgan mustahkamlik jadvali

Namuna nomi	Egilishga mustahkamlik (MPa)			Siqilishga mustahkamlik (MPa)		
	2 kun	7 kun	28 kun	2 kun	7 kun	28 kun
Vollastonit 0%	3,4	4,2	6,8	23,5	34,4	45,6
Vollastonit 5%	3,8	5,1	7,7	25,7	33,5	46,2
Vollastonit 10%	3,9	5,9	8,2	24,2	34,9	48,1
Vollastonit 15%	4	5,1	7,2	22,4	31,9	40,5

Xulosa .O'tkazilgan ilmiy tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

Sement tarkibiga vollastonitni 10% gacha qo'shish uning egilish va siqilishga bo'lgan mustahkamligini mos ravishda 20% va 5.5% ga oshiradi.



Vollastonit qo'shimchasi erta muddatlarda (2 kunlik) gidratatsiya jarayonini tezlashtiradi, bu esa yuqori boshlang'ich mustahkamlikni ta'minlaydi.

Iqtisodiy va texnik jihatdan 10% vollastonit qo'shimchasi optimal hisoblanadi. 15% va undan ortiq miqdor sementning markaviy mustahkamligini pasayishiga olib kelishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ashurov M.B. Генетические и минеральные типы волластонитовых руд месторождения Койташ (Западный Узбекистан). ТОШКЕНТ – 2019

2. Nematov N.Sh., Bazarov, U. A., & Xodjaev, R. M. (2017). Sementning mexanik xususiyatlarini yaxshilashda vollastonitning roli. O'zbekiston qurilish va arxitektura ilmiy jurnali, 18(2), 45-53.

3. Smith B.D. (2018). The use of wollastonite in cement compositions. Journal of Materials Science, 51(8), 2339-2347.

4. Li X., Zhang L., & Zhang, J. (2016). Effect of wollastonite on the mechanical properties of cement-based composites. Journal of Materials Science, 51(5), 2264-2272.

5. Гаврилов А.С., & Кузнецов, В.М. (2017). Применение волластонита в качестве микрозаполнителя в строительных смесях. Строительные материалы, №6, с. 22–26.

6. Чеботарёв А.Н., & Колосов, Ю.А. (2020). Волластонит в технологии тонкомолотых минеральных наполнителей. Известия вузов. Строительство, №2, с. 17–23.

7. Kunal K., & Reddy, G.R. (2019). Use of mineral additives such as wollastonite in cementitious composites. Materials Today: Proceedings, 17(1), 347–353.

8. Liu B., & Zhao, Y. (2015). Study on hydration properties of cement with wollastonite addition. Journal of Wuhan University of Technology - Materials Science Edition, 30(2), 289–294.