

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific Library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

16-iyun, 2025



engineer.tstu.uz

**“QURILISHDA YASHIL IQTISODIYOT, SUV VA ATROF-MUHITNI ASRASH
TENDENSIYALARI, EKOLOGIK MUAMMOLAR VA INNOVATSION
YECHIMLAR” MAVZUSIDAGI RESPUBLIKA MIQYOSIDAGI
ILMIY-AMALIY KONFERENSIYA
TASHKILIY QO‘MITASI**

1. Abdurahmonov O.K. – O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi ijtimoiy rivojlantirish departament rahbari, Toshkent davlat transport universiteti rektori
2. Gulamov A.A – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
3. Shaumarov S.S – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
4. Suvonqulov A.X. – O‘zsuvta’minoti AJ raisi
5. Xamzayev A.X. – O‘zbekiston ekologik partiyasi raisi
6. Maksumov N.E. – O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi sohasida nazorat qilish inspeksiyasi boshlig‘i o‘rinbosari
7. Baratov D.X. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
8. Turayev B. X – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
9. Norkulov S.T. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
10. Adilxodjayev A.E. – Universitetdagi istiqbolli va strategik vazifalarni amalga oshirish masalalari bo‘yicha rektor maslahatchisi
11. Negmatov S.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK ilmiy rahbari, O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Akademigi
12. Abed N.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK raisi
13. Merganov A.M – Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo‘limi boshlig‘i
14. Ibadullayev A. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası professori
15. Rizayev A. N. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası professori
16. Xalilova R.X. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası professori
17. Babayev A.R. – “Qurilish muhandisligi” fakulteti dekani
18. Boboxodjayev R.X – Tahririy nashriyot va poligrafiya bo‘limi boshlig‘i
19. Talipov M.M – Ilmiy nashrlar bilan ishlash bo‘limi boshlig‘i
20. Maxamadjonova Sh.I. - Matbuot xizmati kontent-menedjeri
21. Umarov U.V. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası mudiri
22. Eshmamatova D.B. – Oliy matematika kafedrası mudiri
23. Muxammadiyev N.R. – Bino va sanoat inshootlari qurilishi kafedrası mudiri
24. Tursunov N.Q. – Materialshunoslik va mashinasozlik kafedrası mudiri
25. Shermuxammedov U.Z. – Ko‘priklar va tonnellar kafedrası mudiri
26. Lesov Q.S. – Temir yo‘l muhandisligi kafedrası mudiri
27. Pirnazarov G‘.F. – Amaliy mexanika kafedrası mudiri
28. Teshabayeva E.U. – Tabiiy fanlar kafedrası professori
29. Chorshanbiyev Umar Ravshan o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası dotsent v.b.
30. Obidjonov Axror Jo‘raboy o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası assistenti



Properties of geopolymer concrete using fly ash

A.T. Ilyasov¹, A.K. Nazibekov², B.T. Azirbaev¹

¹Karakalpak State University, Karakalpakstan, Uzbekistan

²Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This study provides details on the development of a process for the preparation of fly ash based geopolymer concrete. One of the components of geopolymer is the starting material. Starting materials are materials containing silicon and aluminium, such as fly ash, ground granular blast furnace slag, silica, metakaolin, rice husk ash and others. Many studies use fly ash as the starting material. Fly ash serves as an artificial pozzolan. The aim of the study is to determine the main parameters affecting the properties of fly ash based mix and geopolymer concrete.

Keywords: Geopolymer concrete, compressive strength, fly ash, aggregates, alkaline liquid.

Tarkibida uchuvchan kul ishlatilgan geopolimer betonning xossalari

Ilyasov A.T.¹, Nazibekov A.K.², Azirbaev B.T.¹

¹Qoraqalpogʻ davlat universiteti, Qoraqalpogʻiston, Oʻzbekiston

²Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, Oʻzbekiston

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda uchuvchan kul asosida geopolimer beton tayyorlash jarayonini ishlab chiqish boʻyicha batafsil maʼlumotlar keltirilgan. Geopolimerning tarkibiy qismlaridan biri boshlangʻich materialdir. Boshlangʻich materiallar - tarkibida kremniy va alyuminiy boʻlgan materiallar, masalan, uchuvchan kul, maydalangan donador domna shlaki, kremnezem, metakaolin, sholi qobigʻi kuli va boshqalar. Koʻpgina tadqiqotlarda dastlabki material sifatida uchuvchan kul ishlatiladi. Uchuvchan kul esa sunʼiy putssolan vazifasini bajaradi. Tadqiqotning maqsadi uchuvchan kul asosidagi qorishma va geopolimer beton xossalriga taʼsir etuvchi asosiy parametrlarni aniqlashdan iborat.

Kalit soʻzlar: Geopolimer beton, siqilishga mustahkamlik, uchuvchan kul, toʻldiruvchilar, ishqorli suyuqlik

1. Kirish

“Geopolimer betonlar” anʼanaviy betonlarni almashtirish yoki toʻldirish orqali ekologik barqaror qurilishning muhim elementini shakllantirish potentsialiga ega boʻlgan noorganik polimerlar asosidagi kompozitlardir. Geopolimerli betonda geopolimer bogʻlovchi (bizning holatda uchuvchan kul) strukturaviy mustahkamlikka erishish uchun kremnezem va glinozemning polikondensatsiyasidan foydalanadi. Beton konstruksiyalarida portlandsementdan foydalanish sement ishlab chiqarishda atmosferaga koʻp miqdorda karbonat angidrid ajralib chiqishi sababli sementga nisbatan kamroq uglerod iziga ega boʻlgan muqobil bogʻlovchi modda topish muhimdir. Sementning qisman yoki toʻliq oʻrni bosuvchi yaratilgan bogʻlovchi moddalar “geopolimer” nomini oldi. Geopolimer beton - bogʻlovchi sifatida portlandsement ishtirokini talab qilmaydi. Buning oʻrniga, kremniy (Si) va alyuminiyga (Al) boy boʻlgan uchuvchi kul kabi dastlabki materiallar bogʻlovchi olish uchun ishqoriy suyuqliklar bilan faollashtiriladi. Shunday qilib, portlandsementsiz beton olinadi. Oddiy portlandsement yoki putssolan sementlardan farqli oʻlaroq, geopolimer matritsa va mustahkamlikni shakllantirish uchun kalsiy-kremnezem-gidratlarni hosil qilmaydi, ammo geopolimerlashda hosil boʻlgan alyumosilikatli gel toʻldiruvchini bogʻlaydi va geopolimer betonning mustahkamligini taʼminlaydi. Dastlabki materiallar va ishqoriy suyuqliklar geopolimerning ikkita asosiy tarkibiy qismi boʻlib, uning mustahkamligi

materiallarning tabiati va suyuqlik turiga bogʻliq. Asosan kremniy (Si) va alyuminiy (Al) ni amorf shaklda oʻz ichiga olgan har qanday material geopolimer ishlab chiqarish uchun mumkin boʻlgan boshlangʻich material hisoblanadi. Dastlabki materiallar sifatida metakaolin yoki kuydirilgan kaolin, tabiiy Al-Si minerallari, qizdirilgan minerallar va kalsiylanmagan materiallarning kombinatsiyasi, uchuvchan kul va metakaolinning kombinatsiyasi va maydalangan domna shlaki va metakaolinning kombinatsiyasi ishlatilishi mumkin. Metakaolin reaktiv eritmasida erish tezligining yuqoriligi, Si/Al nisbatini nazorat qilish osonligi va oq rangi tufayli tokchali geopolimer mahsulotlarini ishlab chiquvchilar tomonidan afzal koʻriladi. Biroq, koʻplab beton ishlab chiqarish uchun metakaolin juda qimmat. Past kalsiyli (ASTM F sinfi) uchuvchan kul, yuqori kalsiyli (ASTM C sinfi) uchuvchan kulga nisbatan, boshlangʻich material sifatida afzalroqdir. Yuqori molekulalar gel shaklida kondensatsiyalanadi va zarrachalar sirtiga ishqoriy taʼsir koʻrsatadi, soʻngra katta teshiklarga kengayadi. Bu jarayon natijasida, mayda zarrachalar - boʻsh yoki qisman boshqa, yanada maydaroq kullar bilan toʻldirilgan - tashqaridan ichkariga va ichkaridan tashqariga ikki tomonlama ishqoriy taʼsirga uchraydi. Shu sababli, reaksiya mahsulotlari sferik qobiq ichida ham, tashqarisida ham hosil boʻladi va bu jarayon kul zarrachasi toʻliq yoki deyarli toʻliq sarflanguncha davom etadi.

2. Materiallar metod

a. Uchuvchan kul

Uchuvchan kulning miqdori geopolimerni faollashtirish jarayonida muhim ahamiyatga ega. Yuqorida ta'kidlanganidek, geopolimer betonning mustahkamligi uchuvchan kulning miqdori ortishi bilan kuchayadi. Shuningdek, uchuvchan kulning yuqori darajadagi maydaligi qizdirish muddatining dastlabki bosqichlaridayoq ishlov berish qobiliyati va mustahkamlikning yuqori bo'lishini ta'minlaydi. Shu sababli, geopolimer beton uchun qorishma nisbatlarini ishlab chiqishda asosiy e'tibor uchuvchan kulning miqdori va maydaligiga qaratiladi.

b. Alkanin faollashtiruvchilari

Uchuvchan kul asosidagi geopolimer betonlarni faollashtirish uchun natriy gidroksid va natriy silikat eritmalarining qorishmasi qo'llaniladi. Geopolimer betonning siqilishga bo'lgan mustahkamligi yangi qorishmaning qovushqoqligi ortishi bilan natriy gidroksid va/yoki natriy silikat eritmasi konsentratsiyasining ko'payishi natijasida oshishi kuzatilgan. Natriy gidroksid eritmasi konsentratsiyasining molyarlik (M) bo'yicha ortishi betonning siqilishga bo'lgan mustahkamligini oshiradi, ammo uni mo'rtroq qiladi. Natriy silikat suv shishasi yoki suyuq shisha deb ham ataladi va u suyuq (gel) ko'rinishda mavjud bo'ladi. Tadqiqotda Na_2O va SiO_2 o'rtasidagi nisbati 2,0 ga teng bo'lgan natriy silikat ishlatilgan. Geopolimer beton tayyorlashda bog'lovchi modda sifatida natriy silikat qo'llaniladi. Odatda, natriy gidroksid qattiq holatda granularlar va bo'lakchalar ko'rinishida ishlab chiqariladi.

Natriy gidroksidning narxi moddaning tozalik darajasiga qarab o'zgarib turadi. Geopolimer betonimiz bir jinsli material bo'lganligi va uning asosiy jarayoni natriy silikatni faollashtirishdan iborat bo'lgani uchun, eng arzon narxdagi, ya'ni tozaligi 94% - 96% gacha bo'lgan natriy gidroksiddan foydalanish maqsadga muvofiq.

c. **Suv.** Kimyoviy reaksiyada polimerlanish jarayonida suv qorishma dan ajralib chiqadi. Geopolimer qorishmasida suvning vazifasi betonni plastik holatda ishlov beriladigan qilish bo'lib, qotgan holatda uning mustahkamligini oshirishga xizmat qilmaydi. Shuningdek, bir xil ishlov berish darajasida boshlang'ich materialning maydaligi ortishi bilan suvga bo'lgan ehtiyoj ham ko'payadi. Demak, ishlov berish darajasi, uchuvchi kulning maydaligi va mayda to'ldiruvchining gradatsiyasiga qarab kerakli ishlov berish darajasiga erishish uchun zarur bo'lgan suvning minimal miqdori tanlanadi.

d. To'ldiruvchilar

To'ldiruvchilar- bu betonda to'ldiruvchi sifatida qo'llaniladigan va uning hajmining 70-85 foizini tashkil etadigan inert mineral materialdir. Shu sababli, geopolimer beton tayyorlashda mayda va yirik to'ldiruvchilar shunday aralashtiriladiki, beton massasida bo'shliqlar kamroq qoladi. Bunda mayda to'ldiruvchilar saralanib, mayda hamda yirik to'ldiruvchilarning mos nisbatini tanlash orqali erishiladi. Geopolimer betonning ishlov beriluvchanligiga, xuddi sement betonga o'xshab, mayda to'ldiruvchining gradatsiyasi ham ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun, taklif etilayotgan qorishmani proporsiyalash usulida mayda to'ldiruvchining gradatsiyasidan kelib chiqib, mayda va umumiy to'ldiruvchilar nisbati tanlanadi.

1-jadval

Geopolimer beton qorishmalari uchun qorishmani proporsiyalash

Qorishma	To'ldiruvchining umumiy tarkibi (%)	Uchuvchan kul (Kg/m^3)	Yirik to'ldiruvchi (Kg/m^3)		Mayda to'ldiruvchi (Kg/m^3)	NaOH (Kg/m^3) miqdori		Na_2SiO_3 (Kg/m^3)
			20 mm	16 mm		granula	suv	
Qorishma 1	74	427	808	435	533	14.7	41.3	141
Qorishma 2	76	394.52	829.92	446.88	547.20	13.6	38.5	129.63
Qorishma 3	78	361.69	851.76	458.64	561.60	12.5	35.05	118.83

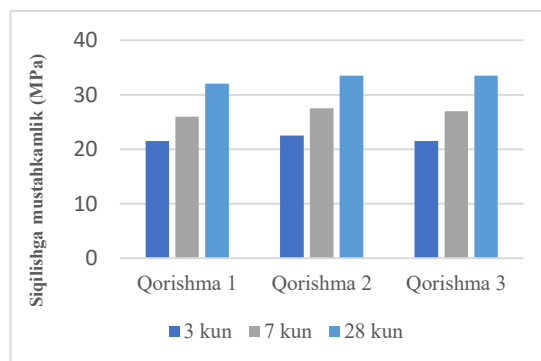
3. Natijalar va muhokama

Geopolimer beton qorishmasi qorishma nisbatlaridan foydalanib tayyorlandi. Uchuvchan kul asosidagi yangi geopolimer beton qovushqoq, bog'lanuvchan, to'q rangli va shishasimon ekanligi aniqlandi. Yangi tayyorlangan geopolimer beton o'z tabiatiga ko'ra qovushqoq bo'lib, polimerlanish jarayonida undan suv chiqib ketadi. So'ngra kublar 70°C haroratda 24 soat davomida termik qotish uchun pechga joylashtirildi. Haroratning keskin o'zgarishini oldini olish maqsadida beton kublar xona haroratigacha sovutiladi. Har bir qorishma uchun to'qqizta kub tayyorlandi va ular 3, 7 hamda 28 kunlik qotish davridan so'ng siqilishga mustahkamlik sinovidan o'tkazildi. Bu yerda sinov davri kublarni pechdan olishdan to siqilishga mustahkamlik sinovigacha bo'lgan vaqtni anglatadi. 2-jadvalda geopolimer betonning 3, 7 va 28 kunlik qotish davridan keyin har uchala qorishma uchun olingan siqilishdagi mustahkamligi ko'rsatilgan.

2-jadval

Barcha qorishmalarning siqilishdagi mustahkamligi

Qorishmalar	Siqilishga mustahkamlik (MPa)		
	3 kun	7 kun	28 kun
Qorishma 1	21.5	26	32
Qorishma 2	22.5	27.5	33.5
Qorishma 3	21.5	27	33.5



1-rasm. Barcha qorishmalarning siqilishdagi mustahkamligi

Grafik turli qorishmalardan tayyorlangan geopolimer betonning siqilishga bo'lgan mustahkamligini ko'rsatmoqda. 3 kundan keyingi siqilishga bo'lgan mustahkamlik bo'yicha eng yuqori natija 2- qorishma, ya'ni umumiy to'ldiruvchining 76 foizli tarkibi uchun olingan. 7 kundan keyingi siqilishga bo'lgan mustahkamlik bo'yicha ham eng yuqori natija 2- qorishmada qayd etilgan. 28 kunlik yetilish davridagi holatda esa eng yuqori mustahkamlik 2 va 3- qorishmalar, ya'ni umumiy to'ldiruvchining 76 va 78 foizli tarkiblari uchun kuzatilgan. Natijalar shuni aniq ko'rsatadiki, geopolimer betonning mustahkamligi umumiy to'ldiruvchining foiz miqdori ma'lum chegaragacha ortishi bilan ortadi, so'ngra umumiy to'ldiruvchining foiz miqdorini yanada oshirish bilan mustahkamlik yana pasaya boshlaydi. Geopolimer betondagi umumiy to'ldiruvchining foiz miqdorini oshirish betonning qayta ishlanuvchanligini pasaytiradi. Yuqoridagi natijadan ko'rinib turibdiki, 2- qorishma, ya'ni 76% umumiy to'ldiruvchili qorishma, 70 °C haroratda 3 kun, 7 kun va 28 kun davomida siqilishga bo'lgan eng yuqori mustahkamlik qiymatini beradi. Ushbu natija umumiy to'ldiruvchining foiz miqdorini o'zgartirish orqali olindi.

4. Xulosa

Olingan natijalar asosida quyidagi xulosalarga kelishimiz mumkin:

1. Geopolimer beton cho'kish sinovlarida yaroqli bo'lib chiqdi. Ishqorli suyuqliklarning molyar konsentratsiyasi geopolimer betonning ishlash xususiyatlariga ta'sir etmaydi.
2. Biroq, umumiy to'ldiruvchining foiz miqdori oshishi bilan geopolimer betonning ishlash qobiliyati pasayib boradi.
3. Geopolimer beton tarkibidagi umumiy to'ldiruvchining foiz miqdori ma'lum bir chegaragacha oshirilganda, uning siqilishga bo'lgan mustahkamligi ortadi.
4. Ushbu ma'lum chegaradan so'ng (bizning holatda umumiy to'ldiruvchining 74 foizi) umumiy to'ldiruvchining foiz miqdori oshishi bilan mustahkamlik pasayib boradi.

Foydalanilgan adabiyotlar / References

- [1] Pacheco-Torgal, F., Castro-Gomes, J., Jalali, S. "Alkali-activated binders: a review part I, historical background, terminology, reaction mechanisms and hydration products", Construction and Building Materials, 22 (2008), 1305-1314. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.10.015>
- [2] Van Deventer, J. S. J., Provis, J. L., Duxson, P., Lukey, G. C. "Reaction mechanisms in the geopolymeric conversion of inorganic waste to useful products", Journal of Hazardous Material, A139 (2007), 506-513. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.02.044>

[3] Patankar, S.V., Jamkar, S.S., Ghugal, Y.M.: Effect of water-to-geopolymer binder ratio on the production of fly ash based geopolymer concrete. International Journal of Advanced Technology in Civil Engineering, (2013), 2(1), 9-83. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.4792.1284>

[4] Lloyd N.A and Rangan.B.V. "Geopolymer Concrete with Fly Ash". Coventry University and the University of Wisconsin Milwaukee Centre for By-products Utilization, Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies. June 2010. https://www.researchgate.net/publication/228825101_Geopolymer_Concrete_with_Fly_Ash

[5] Фаликман В.Р., Охотникова К.Ю. Геополимерные вяжущие и бетоны в современном строительстве // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. No 4-1 (35). С. 93-97

[6] Каргин А.А., Маликов И.М. Геополимерный бетон // Россия молодая: сб. мат. XI Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2019. С. 60613.

[7] Гончарова М.А., Матченко Н.А. Разработка составов геополимерного бетона для конструкционного материала // Научные исследования: от теории к практике. 2015. Т. 2. No 4 (5). С. 15-18.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot / Information about authors

**Ilyasov
Allanazar
Torexanovich**

Qoraqalpoq davlat universiteti "Shahar qurilishi va xo'jaligi" kafedrası professori,
e-mail: allanazarilyasov368@gmail.com
Tel.: +998977473086
<https://orcid.org/0000-0001-6973-4545>

**Nazibekov
Azamat
Kuatbayevich**

Toshkent davlat transport universiteti "Bino va sanoat inshootlari qurilishi" kafedrası doktoranti,
e-mail: azamatnazibekov@gmail.com
Tel.: +998913879093
<https://orcid.org/0009-0008-9666-6320>

**Azirbayev
Babur
Tenelbaevich**

Qoraqalpoq davlat universiteti "Shahar qurilishi va xo'jaligi" kafedrası o'qituvchi-stajyori,
e-mail: baburazirbayev@gmail.com
Tel.: +998933686111
<https://orcid.org/0009-0002-1334-8690>

M. Miralimov, K. Urazov, K. Juraev

*Calculation of the walls of the Road Bridge Approach lift trailer to strength, located on the 165-km section of the M-39 Highway on the Syrdarya-Jizzakh line.....*99

F. Abdukodirov, T. Khasanov

*Application of modern computational methods in bridge support modeling: capabilities of the Lira-CAD software tool.....*102

D. Zokirov

*Technology of underwater laying of concrete mortar in the construction of bridge structure foundations.....*106

A. Adylkhodjaev, A. Babajanov

*Effectiveness assessment of monofunctional hardening accelerators in low-temperature curing concrete.....*109

A. Adilkhodzhaev, A. Baymurzaev

*Fiber concrete. Prospects for development and application.....*113

J. Jiemuratov

*High-strength fine-grained concrete based on natural zeolite.....*115

O. Mirzakhidova, K. Lesov, A. Uralov

*Organization and technology of manual laying of geosynthetic materials in technological "WINDOWS" without removing the rail grating.....*119

O. Mirzakhidova, K. Lesov, A. Uralov, M. Kenzhaliev

*Increasing the stability of the track in areas of rail joints through the use of geosynthetic reinforcing materials.....*124

Z. Kakharov, I. Purtseladze

*Leak detection methods on main pipelines.....*127

A. Abdujabarov, M. Mekhmonov

*Development of mobile structures to protect railway tracks from rockfall.....*130

A. Ilyasov, A. Nazibekov, B. Azirbaev

*Properties of geopolymer concrete using fly ash.....*133

R. Auezbaev, P. Lepesbaeva

*Production and application of ceramovermiculite materials based on layered vermiculite in Uzbekistan.....*136

D. Mirzajonov, E. Shipacheva

*Multifunctional residential complex as a new type of residential building.....*139

