

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 kafedrasini professori
15. Rizayev A. N. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini professori
16. Xalilova R.X. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini 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 kafedrasini mudiri
22. Eshmamatova D.B. – Oliy matematika kafedrasini mudiri
23. Muxammadiyev N.R. – Bino va sanoat inshootlari qurilishi kafedrasini mudiri
24. Tursunov N.Q. – Materialshunoslik va mashinasozlik kafedrasini mudiri
25. Shermuxammedov U.Z. – Ko‘priklar va tonnellar kafedrasini mudiri
26. Lesov Q.S. – Temir yo‘l muhandisligi kafedrasini mudiri
27. Pirnazarov G‘.F. – Amaliy mexanika kafedrasini mudiri
28. Teshabayeva E.U. – Tabiiy fanlar kafedrasini professori
29. Chorshanbiyev Umar Ravshan o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini dotsent v.b.
30. Obidjonov Axror Jo‘raboy o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini assistenti



Strength investigation of modified vermiculite concrete

V. Soy¹, J. Turgaev², N. Takhirzhanov¹

¹Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

²Karakalpak state university, Nukus, Uzbekistan

Abstract: This paper presents the results of an experimental investigation into the effect of combined admixtures - superplasticizer, silica fume, and polypropylene fiber - on the mechanical properties of vermiculite-based lightweight concrete. The aim of the study was to enhance the compressive and flexural strength of the material while preserving its low density and thermal insulation properties. Three concrete mixtures with varying combinations of admixtures were prepared and tested. The findings revealed that the use of silica fume and superplasticizer increased compressive strength by up to 17%, while the addition of fiber further improved it by up to 26% compared to the reference sample. Flexural strength also increased by up to 20%, highlighting the benefits of microstructural reinforcement. The results demonstrate the effectiveness of the proposed composite modification approach, making the optimized vermiculite concrete suitable for use in structural insulating components in construction.

Keywords: vermiculite concrete, silica fume, superplasticizer, fiber reinforcement, compressive strength, lightweight concrete, material modification

Исследование прочности модифицированного вермикулитобетона

Цой В.М.¹, Тургаев Ж.А.², Тахиржанов Н.К.¹

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

²Каракалпакский государственный университет, Нукус, Узбекистан

Аннотация: В данной работе представлены результаты экспериментального исследования влияния комплексных модифицирующих добавок - суперпластификатора, микрокремнезема и дисперсной фибры - на прочностные характеристики вермикулитобетона. Целью исследования являлось повышение прочности на сжатие и изгиб при сохранении лёгкости материала. Для этого были изготовлены и испытаны три варианта составов с различным сочетанием добавок. Испытания показали, что введение микрокремнезема и суперпластификатора повышает прочность на сжатие на 17%, а добавление фибры позволяет достичь повышения до 26% по сравнению с контрольным образцом. Увеличение прочности на изгиб составило до 20%, что указывает на положительный эффект структурного армирования. Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности комплексной модификации состава легких бетонов с вермикулитом, что позволяет рекомендовать предложенные составы для применения в конструкционно-теплоизоляционных элементах зданий.

Ключевые слова: вермикулитобетон, микрокремнезем, суперпластификатор, фибра, прочность, модификация состава, лёгкие бетоны.

1. Введение

Современное строительство предъявляет всё более жёсткие требования к строительным материалам, особенно в условиях роста интереса к энергоэффективности, экологичности и снижению эксплуатационных затрат. Одним из перспективных направлений является применение лёгких бетонов с теплоизоляционными свойствами, к которым относится вермикулитобетон. Вермикулит, как вспученный природный минерал, характеризуется низкой плотностью, высокой пористостью и огнестойкостью. Это делает его ценным заполнителем для легких бетонов в гражданском и промышленном строительстве.

Однако классический вермикулитобетон имеет сравнительно низкие прочностные характеристики, особенно на сжатие и изгиб, что ограничивает его применение в конструктивных элементах. В связи с этим актуальной задачей является модификация его

состава за счёт введения высокоэффективных добавок, таких как суперпластификаторы, микрокремнезём и дисперсная фибра. Эти компоненты способны улучшить структуру цементного камня, повысить плотность структуры, улучшить сцепление и армирование, что в конечном итоге должно привести к увеличению прочности.

Целью данного исследования является количественная оценка влияния вышеуказанных добавок на прочность вермикулитобетона при изгибе и сжатии. Научная значимость работы заключается в установлении оптимального сочетания компонентов, обеспечивающего улучшенные эксплуатационные характеристики легкого бетона без значительного увеличения его плотности. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов при проектировании энергоэффективных конструкций и малонагруженных конструктивных элементов зданий.



2. Материалы и методы

Для исследования были выбраны три состава вермикулитобетона с постоянной пропорцией основных компонентов: цемент (ПЦ 500-Д0), крупнозернистый кварцевый песок, вода и вспученный вермикулит. Изменения касались наличия и количества следующих добавок:

суперпластификатор (СП) на основе поликарбоксилатов;
микрокремнезём (МК);
полипропиленовая фибра.

Таблица 1

Составы			
№	1	2	3
Единица измерения	всё в граммах		
Цемент	1000	1000	1000
Песок	1105	1105	1105
Вода	859	858	900
Вермикулит	680	680	680
СП	5	10	10
МК	17	17	17
Фибра	-	-	13

Изготовление образцов производилось путём ручного замеса и уплотнения бетонной смеси в металлические формы размером 40×40×160 мм. Образцы хранились в стандартных условиях (20±2 °С, влажность 95%) в течение 28 суток. Испытания проводились по ГОСТ 10180-2012. Прочность на изгиб определялась при трёхточечном нагружении всей длины балочки. Прочность на сжатие определялась на половинках балочек с площадью 1600 мм². Для каждого состава было испытано не менее трёх образцов, а результаты усреднены. Визуально оценивалась однородность структуры, наличие пустот и равномерность распределения фибры.

3. Результаты

Дополнительные наблюдения:

У образца №2, содержащего микрокремнезём и повышенную дозу суперпластификатора, наблюдается прирост прочности на сжатие на 17.4% по сравнению с контрольным образцом. Введение фибры в образец №3 дало дополнительное увеличение прочности: 20.7% к образцу №2 и 42% к образцу №1.

№	1	2	3
Прочность на изгиб, МПа	7.48	7.73	8.56
Прочность на сжатие, МПа	23.0	27.0	32.6
Отношение $R_{сж} / R_{изг}$	3.07	3.49	3.81

Прочность на изгиб увеличилась соответственно на 3.3% (№2 к №1) и 10.7% (№3 к №2), что подтверждает вклад фибры в повышение трещиностойкости.

Визуальная оценка образцов показала более плотную структуру у образцов №2 и №3, с меньшим количеством воздушных пор и равномерным распределением фибры. У образца №3 поверхность разрушения при изгибе носила менее хрупкий характер,

с разветвлёнными трещинами и зонами пластической деформации.

4. Обсуждение

Полученные результаты позволяют утверждать, что добавки микрокремнезёма, суперпластификатора и фибры действуют синергетически и оказывают значительное влияние на структуру и прочность вермикулитобетона.

Влияние суперпластификатора:

Суперпластификатор снижает водоцементное отношение, увеличивает удобоукладываемость и способствует лучшему распределению частиц цемента. Это приводит к более полной гидратации и уменьшению количества капиллярных пор. Уже при увеличении дозировки суперпластификатора с 5 до 10 кг/м³ (образец №1 → №2) наблюдается прирост прочности.

Роль микрокремнезёма:

Микрокремнезём (МК) отличается высокой пуццолановой активностью. Его частицы вступают в реакцию с гидроксидом кальция, образуя дополнительные гелевые соединения, заполняющие поры и капилляры. Это приводит к значительному уплотнению структуры цементного камня. Кроме того, микрокремнезём действует как микрофиллер, повышая прочность на сжатие за счёт уменьшения макро- и микропористости. В образце №2 это дало ощутимый прирост прочности на 17.4%, даже при незначительном изменении прочности на изгиб.

Влияние фибры:

Наиболее выраженный эффект наблюдается при введении фибры (образец №3). Полипропиленовая фибра длиной 6–12 мм действует как внутренняя арматура, эффективно препятствуя распространению микротрещин и перераспределяя напряжения в зоне разрушения. Это особенно важно для легких бетонов, которые по своей природе более склонны к хрупкому разрушению. Прочность на изгиб увеличилась на 10.7% по сравнению с фиброй без фибры (№3 к №2), а прочность на сжатие — на 20.7%.

Отношение прочности на сжатие к изгибной:

Отношение $R_{сж}/R_{изг}$ возросло от 3.08 до 3.81, что остаётся в пределах нормы для конструкционно-теплоизоляционных бетонов. Увеличение этого показателя при добавлении микрокремнезёма и фибры свидетельствует о переходе материала из области преимущественно теплоизоляционного к материалу с потенциальными конструкционными функциями.

Влияние повышенного водосодержания:

Интересным является тот факт, что при увеличении количества воды в образце №3 (900 мл против 858–859 мл) прочностные характеристики не только не снизились, но и возросли. Это объясняется компенсирующим эффектом микрокремнезёма и армированием фиброй, которые совместно улучшают структуру, несмотря на теоретически повышенную водоцементную составляющую.

Возможности дальнейшего анализа:

Проведение микроструктурного анализа (СЭМ, рентгенофазовый анализ) позволило бы подтвердить эффект уплотнения структуры цементного камня.

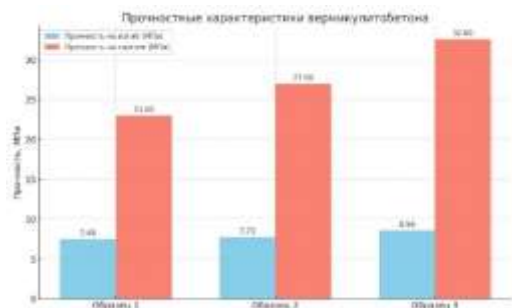


Рис. 1. Прочность образцов вермикулитбетона

Исследование модуля упругости, усадки, ползучести и устойчивости к циклам замораживания/оттаивания даст более полное представление о поведении материала в реальных условиях эксплуатации.

5. Заключение

Проведенное исследование продемонстрировало, что применение суперпластификатора, микрокремнезема и фибры позволяет существенно улучшить механические характеристики вермикулитбетона. Оптимальным является состав, содержащий все три добавки, при этом достигается прочность на сжатие 32,6 МПа и изгибная прочность 8,56 МПа, что позволяет рекомендовать его для применения в теплоизолирующих конструктивных элементах.

В дальнейшем целесообразно провести комплексное исследование долговечности, водостойкости, морозостойкости, а также усадочных деформаций, что обеспечит всестороннюю оценку поведения вермикулитбетона в реальных условиях эксплуатации. Также рекомендуется изучить влияние других типов фибры (базальтовой, стеклянной, металлической) и возможных композиций с различными типами цемента.

Использованная литература / References

[1] Mohammadi, Y., Mousavi, S. S., Rostami, F., Danesh, A., & Sarand, N. I. (2015). The Effect of Silica Fume on the Properties of Self-Compacted Lightweight Concrete. *Current World Environment*, 10(Special Issue 1), 48. <https://doi.org/10.12944/CWE.10.Special-Issue1.48>

[2] Othuman Mydin, M. A. (2015). Effect of Silica Fume and Wood Ash Additions on Flexural and Splitting Tensile Strength of Lightweight Foamed Concrete. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, 74(1), 47-52. <https://doi.org/10.11113/jt.v74.3653>

[3] Abd, S. M., & Jassam, D. G. (2019). Improving Mechanical Properties of Lightweight Foamed Concrete Using Silica Fume and Fibers. *Journal of Engineering and Sustainable Development*, 23(6), 1-12. <https://jeasd.uomustansiriyah.edu.iq/index.php/jeasd/article/view/285>

[4] Jssem, M., & Fawzi, N. M. (2024). Effect of Expanded Perlite Aggregate and Silica Fume on Some Properties of Lightweight Concrete. *Journal of Engineering*, 30(05), 172-185. <https://doi.org/10.31026/j.eng.2024.05.11>

[5] Wang, Q. L., & Bao, J. C. (2012). Effect of Silica Fume on Mechanical Properties and Carbonation Resistance of Concrete. *Applied Mechanics and Materials*, 238, 161-164.

<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.238.161>

[6] Wang, X. H., Jacobsen, S., Lee, S. F., He, J. Y., & Zhang, Z. L. (2010). Effect of Silica Fume, Steel Fiber and ITZ on the Strength and Fracture Behavior of Mortar. *Materials and Structures*, 43(1-2), 125-139. <https://doi.org/10.1617/s11527-009-9475-1>

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

Цой Владимир Михайлович Ташкентский государственный транспортный университет Доктор технических наук, профессор, e-mail: volodya_tsoy@inbox.ru <https://orcid.org/0009-0009-7560-2691>

Тургаев Жамбул Адилбаевич Каракалпакский государственный университет, доктор философии технических наук (PhD), доцент, e-mail: turgaev1986@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-2483-9727>

Тахиржанов Нурсултан Кайратович Ташкентский государственный транспортный университет. Базовый докторант. e-mail: taxirjanovnursultan@gmail.com <https://orcid.org/0009-0004-4251-7101>



V. Soy, J. Turgaev, N. Takhirzhanov <i>Strength investigation of modified vermiculite concrete.....</i>	142
N. Mukhammadiev, M. Mukhammadrasulov, D. Tursinaliev <i>Flexible concrete (ECC) and its potential for sustainable construction in Uzbekistan</i>	145
S. Komilov <i>The main factors in determining optimal operating modes when compacting road foot grills with vibrating catocs.....</i>	148
S. Komilov <i>Method of detecting interaction paramaters between the physical model valet and grunt.....</i>	151
A. Abdusattarov, N. Ruzieva <i>Methodological approaches to the implementation of the calculation of shell pipelines beyond the limits of elasticity under cyclic loading.....</i>	154
G. Khalfin <i>Current trends and innovative solutions in the construction sector.....</i>	161
U. Akishev, K. Lesov <i>Comprehensive assessment of the probability and severity of accidents at the mines of Donskoy gok using the Kinney method.....</i>	164
G. Khalfin <i>The introduction of the latest technologies and devices in the field of railway transport conditions.....</i>	168
A. Islomov <i>The maintenance of rails is a minor factor contributing to the extension of the service life of the railway track.....</i>	171
A. Islomov <i>Impact of high-speed trains on the service life of the rails.....</i>	174
A. Abdujabarov, M. Khamidov, M. Mekhmonov <i>Study and mitigation measures for the effects of stresses and vibrodynamic forces on rails resulting from the movement of freight train wheels.....</i>	177
I. Hikmatova, F. Zokirov <i>Determination of the displacements of the conjugated ends of the span structures of bridge structures and recommendations for selecting modern designs of deformation joints.....</i>	182