IQRO JURNALI , IQRO JOURNAL, ИКРО ЖУРНАЛИ
ISSN:2181-4341| wordlyknowledge.uz/index.php/iqro
Volume 23. Issue 02. Sentabr ,2026

ВЛИЯНИЕ БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРЫ И ЗОЛЫ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО БЕТОНА

Пирматов Рахматулло Хамидуллаевич
к.т.н профессор,
Ташкентский государственный транспортный Университет

Матякубов Дониёр Фарход угли
выпускник магистратуры,
Ташкентский международный университет Кимё,
Республика Узбекистан
https://doi.org/10.5281/zenodo.22795102

Аннотация

В статье рассмотрена возможность комплексной модификации цементного бетона с использованием базальтовой фибры и золы рисовой шелухи. На основе анализа современных научных исследований рассмотрено влияние указанных материалов на физико-механические и эксплуатационные свойства бетона. Установлено, что базальтовая фибра выполняет функцию дисперсного армирования, способствуя повышению сопротивления растяжению и изгибу, ограничению развития трещин и увеличению деформационной способности бетона. Зола рисовой шелухи, содержащая значительное количество реакционноспособного аморфного диоксида кремния, проявляет пуццолановую активность и способствует формированию дополнительных продуктов гидратации цемента. Это может приводить к уплотнению структуры цементной матрицы, снижению проницаемости и повышению долговечности бетона. Совместное применение данных компонентов представляет перспективное направление разработки ресурсосберегающих бетонных композитов.

Ключевые слова: бетон, базальтовая фибра, зола рисовой шелухи, дисперсное армирование, пуццолановая активность, прочность, трещиностойкость, долговечность.

Введение

Бетон является одним из наиболее распространённых строительных материалов благодаря высокой прочности при сжатии, доступности исходного сырья и технологичности. Вместе с тем традиционный цементный бетон характеризуется относительно низкой прочностью при растяжении, хрупкостью и склонностью к образованию трещин. В связи с этим актуальной задачей современного строительного материаловедения является разработка способов повышения прочности, трещиностойкости и долговечности бетона.

Одним из эффективных способов улучшения свойств бетонных композитов является применение дисперсного армирования. Среди различных видов волокон особый интерес представляет базальтовая фибра, обладающая высокой механической прочностью, химической стойкостью и термической устойчивостью. Исследования показывают, что её

влияние наиболее заметно при растяжении, изгибе и развитии трещин, тогда как изменение прочности при сжатии зависит от состава бетона и содержания волокна [1, 2].

Другим перспективным материалом является зола рисовой шелухи (Rice Husk Ash, RHA), получаемая при контролируемом сжигании рисовой шелухи. Благодаря высокому содержанию аморфного SiO_2 такая зола способна проявлять пуццолановую активность и использоваться в качестве дополнительного цементирующего материала [5–7].

Базальтовая фибра в бетоне

Основной механизм действия базальтовой фибры связан с дисперсным армированием цементной матрицы. При возникновении трещины волокна, пересекающие её, препятствуют дальнейшему раскрытию и передают часть возникающих напряжений через границу «волокно–цементная матрица». Благодаря этому повышается сопротивление бетона развитию трещин и увеличивается энергия разрушения.

Согласно современным обзорам, базальтовая фибра может положительно влиять на прочность при растяжении и изгибе, а также на трещиностойкость бетона [1, 2]. Однако чрезмерное содержание волокна способно снизить удобоукладываемость смеси и привести к неравномерному распределению фибры. Поэтому её эффективность определяется не только количеством, но также длиной, диаметром и условиями перемешивания.

Зола рисовой шелухи

Зола рисовой шелухи представляет интерес как вторичное сырьё для производства цементных композитов. Её основным преимуществом является высокое содержание диоксида кремния. При правильном режиме термической обработки значительная часть кремнезёма сохраняется в аморфной форме, что обеспечивает его реакционную способность.

Аморфный SiO_2 взаимодействует с гидроксидом кальция, образующимся при гидратации цемента, с формированием дополнительного C–S–H-геля:

$$\mathbf{SiO_2 + Ca(OH)_2 + H_2O \rightarrow C–S–H.}$$

Образование дополнительных продуктов гидратации способствует уплотнению цементной матрицы и потенциальному снижению её проницаемости. Исследования показывают, что применение RHA может положительно влиять на прочность и долговечность бетона при правильно подобранном содержании добавки [5–8].

При этом эффективность золы существенно зависит от температуры её получения, продолжительности сжигания, содержания аморфного SiO_2 и тонкости помола. Чрезмерное количество RHA может увеличить водопотребность смеси и отрицательно повлиять на её удобоукладываемость.

Совместное применение базальтовой фибры и RHA

Наибольший интерес представляет совместное использование базальтовой фибры и золы рисовой шелухи. Данные материалы воздействуют на бетон различными

механизмами: фибра обеспечивает армирование и ограничение распространения трещин, а RHA изменяет структуру цементной матрицы посредством пуццолановой реакции.

Таким образом, потенциально может быть реализован комплексный эффект: **уплотнение цементной матрицы за счёт RHA + дисперсное армирование за счёт базальтовой фибры**. Более плотная матрица может способствовать улучшению структуры зоны контакта с волокном, а фибра, в свою очередь, способна компенсировать хрупкость цементного композита.

Однако следует отметить, что результаты исследований отдельных компонентов нельзя автоматически считать доказательством синергетического эффекта их совместного применения. Для традиционного цементного бетона такое взаимодействие требует дополнительного экспериментального подтверждения. Исследования совместного использования RHA и базальтового волокна уже проводились, в частности, для геополимерных бетонных систем [9].

Перспективы применения

Использование золы рисовой шелухи имеет не только техническое, но и экологическое значение, поскольку позволяет использовать сельскохозяйственный отход и частично уменьшить расход цемента. Применение базальтовой фибры, в свою очередь, позволяет повысить трещиностойкость и деформационную способность бетонных материалов.

Для условий Республики Узбекистан представляет интерес возможность создания бетонных композитов на основе местного минерального сырья и доступных сельскохозяйственных отходов. Перспективным направлением является разработка составов, включающих цемент, местные заполнители, базальтовую фибру и золу рисовой шелухи.

Заключение

Анализ научных публикаций показывает, что базальтовая фибра и зола рисовой шелухи являются перспективными компонентами для модификации цементного бетона. Базальтовая фибра преимущественно улучшает сопротивление бетона растяжению и изгибу, ограничивает развитие трещин и повышает способность материала воспринимать деформации. Зола рисовой шелухи благодаря пуццолановой активности способствует образованию дополнительного C–S–H-геля и уплотнению цементной матрицы.

Совместное применение данных компонентов представляет интерес как способ комплексного воздействия на структуру и механические свойства бетона. При этом оптимальное содержание материалов должно определяться с учётом характеристик конкретного цемента, заполнителей, фибры и золы. Использование RHA также позволяет повысить степень переработки сельскохозяйственных отходов и снизить расход традиционного цементного вяжущего.

Таким образом, система «цементный бетон – базальтовая фибра – зола рисовой шелухи» может рассматриваться как перспективное направление разработки более трещиностойких, долговечных и ресурсосберегающих строительных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zheng Y., Zhang Y.F., Zhuo J., Zhang Y., Wan C. et al. A review of the mechanical properties and durability of basalt fiber-reinforced concrete // Construction and Building Materials. – 2022. – Vol. 359. – Article 129360.
2. Al-Rousan E.T., Khalid H.R., Rahman M.K. Fresh, mechanical, and durability properties of basalt fiber-reinforced concrete (BFRC): A review // Developments in the Built Environment. – 2023. – Vol. 14. – Article 100155.
3. Li Y., Zhang J., He Y., Huang G., Li J., Niu Z., Gao B. A review on durability of basalt fiber reinforced concrete // Composites Science and Technology. – 2022. – Vol. 225. – Article 109519.
4. Xu W., Lo T.Y., Memon S.A. Microstructure and reactivity of rice husk ash // Construction and Building Materials. – 2012. – Vol. 29. – P. 541–547.
5. Siddika A., Mamun M.A.A., Alyousef R. Rice husk ash as a supplementary cementitious material in concrete – A comprehensive review // Construction and Building Materials. – 2018. – Vol. 143. – P. 131–143.
6. Habeeb G.A., Mahmud H.B. Study on properties of rice husk ash and its use as cement replacement material // Materials Research. – 2010. – Vol. 13. – No. 2. – P. 185–190.
7. Ganesan K., Rajagopal K., Thangavel K. Rice husk ash blended cement: Assessment of optimal level of replacement for strength and permeability properties of concrete // Construction and Building Materials. – 2008. – Vol. 22. – P. 1675–1683.
8. Nair D.G., Jagadish K.S., Fraaij A. Reactive pozzolanas from rice husk ash: An alternative to cement for rural housing // Cement and Concrete Research. – 2006. – Vol. 36. – No. 6. – P. 1062–1071.
9. Abbass M., Singh G. Durability of rice husk ash and basalt fibre based sustainable geopolymer concrete in rigid pavements // Materials Today: Proceedings. – 2022.