

Водонепроницаемость бетонного полотна

Н.З. Агафонова, Д.Р. Тайчинов, П.А. Подопрigorов

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: Повышение энергетической эффективности строительного процесса предполагает использование материалов с наименьшей материалоемкостью, в том числе, толщиной, а также с пониженным содержанием портландцементного клинкера при сохранении или улучшении технических характеристик изделий. В этом отношении перспективным является применение изделий из текстиль-бетонов, в том числе бетонного полотна.

Разработка композиционного вяжущего, содержащего компоненты, снижающие отрицательное давление в твердеющем бетоне, а следовательно усадочные деформации и трещинообразование, позволило получить изделия со следующими показателями водонепроницаемости: определенной по методике «мокрого пятна» 1,2 МПа; с коэффициентом фильтрации $5-7 \times 10^{-11}$ см/с; маркой бетона по водонепроницаемости W12.

Ключевые слова: текстиль-бетон, бетонное полотно, водонепроницаемость, усадка при твердении, трещинообразование, мелкозернистый бетон.

Введение

Современные требования к строительству предполагают применение эффективных и малоэнергоемких строительных материалов, обладающих высокими эксплуатационными характеристиками. В области изделий на основе клинкерного портландцемента, энергетическая эффективность включает, в первую очередь, снижение материалоемкости изделий и снижение расхода клинкера при сохранении на том же уровне, или улучшении характеристик изделий. В этом отношении перспективными являются изделия на основе текстиль-бетонов, в том числе и бетонное полотно [1-3]. Использование бетонного полотна допускает также системные решения его использования совместно с эффективными теплоизоляционными материалами [2-4].

Гибкое многослойное цемента-тканевое изделие (бетонное полотно) имеет широкое применение: как защитно-укрепляющие от водной и ветровой эрозии покрытия для берегов рек, каналов, при строительстве бассейновых хранилищ для сухих и жидких продуктов, в том числе нефтепродуктов, для

защиты фундаментов, поверхностей тоннелей, шахт, траншей и иных подземных объектов от воды, в дорожных работах при укреплении горных осыпепопасных участков и формирования водоотводных каналов и стоков, для гидротеплоизоляции крыш жилых и производственных зданий, трубопроводов, для формирования твердых поверхностей сложных форм и изделий иного, в том числе декоративного назначения. Так же данное изделие является средством для покрытия трещин и повреждений существующих бетонных конструкций [5-7].

Аналогичные бетонному полотну строительные изделия пока широко не производятся на территории РФ, большинство аналогов этого материала находятся на уровне научных разработок.

Наиболее близким техническим решением является гибкий многослойный цементно-полимерно-тканевый материал, включающий, по крайней мере, один слой сухой цементной смеси с наполнителями или без них, заключенный между нижним, тканым и верхним, нетканым - полимерными геотекстильными полотнами, выбранными так, что сквозь них не высыпается цементная смесь, скрепленными между собой волокнами путем иглопробивания. Состав мелкозернистого бетона срединного слоя включает (масс. %): цемент (50-60), порошок известняк (36-38), бутадиенстирольный каучук (2-4); микрокремнезем или высокоактивный метаксаолин (2-9).

Наиболее близок по функциональному назначению к предлагаемому изобретению техническим решением, принятым за прототип, является сырьевая смесь для высокопрочного бетона с нанодисперсной добавкой, содержащая компоненты (масс. %): портландцемент (25-25,6), кварцполевошпатный песок с модулем крупности 2,1 (32,5-33), гранитные отсеы фр. 2,5-5 мм (32,5-33), нанодисперсный порошок диоксида кремния Таркосил-05 (0,013-0,052) и воду (11).

Высокий расход портландцемента и усадочные деформации, происходящие на ранних стадиях твердения материала, обуславливающие недостаточную с точки зрения функциональной принадлежности водонепроницаемость бетона, являются основными недостатками сырьевой смеси для высокопрочного бетона. Это происходит по причине того, что используемые заполнители имеют более крупную фракцию, гидратация и твердение происходит в условиях дефицита влаги, необходимой для процесса гидратации. В результате этого, полученный материал имеет повышенную капиллярную пористость, что, в свою очередь, ухудшает и другие эксплуатационные показатели и, в первую очередь увеличивает водопроницаемость [8-10].

Методы исследований и результаты

Водонепроницаемость мелкозернистого бетона срединного слоя гибкого многослойного цемента-тканевого изделия и прототипа определялась в соответствии с ГОСТ 12730.5-2018 «Методы определения водонепроницаемости по методике «мокрого пятна» и по коэффициенту фильтрации». Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Определение водонепроницаемости мелкозернистого бетона срединного слоя «бетонного полотна» и прототипа.

Метод определения водонепроницаемости	Мелкозернистый модифицированный бетон	
	Для срединного слоя «бетонного полотна»	Прототип
- по «мокрому пятну», МПа	1,2	0,6
- коэффициенту фильтрации, см/с $\times 10^{-11}$	5–7	60–80
Марка бетона по водонепроницаемости	W12	W6

Снижение капиллярной пористости и проницаемости мелкозернистого бетона достигается за счет особо плотной упаковки компонентов бетонной

смеси на основе разрабатываемого композиционного вяжущего, что в результате дает возможность получить плотную структуру высокой прочности. В этом случае не только уменьшается время приготовления (ускоряется производство) мелкозернистого бетона, но и имеет место экономия материалов и энергетических ресурсов.

Показатели качества (плотность, прочность, водонепроницаемость) бетона на основе композиционного вяжущего, имеющего в своем составе механоактивированный вулканический туф и водоудерживающую добавку на основе эфиров целлюлозы, оказались выше значения контрольных образцов, принятых для сравнения. Повышение плотности прежде всего объясняется образованием дополнительного количества минералов за счет сохранения влаги в твердеющей системе.

Гидросиликаты и гидроалюминаты кальция образуются на поверхности зерен мелкого заполнителя и вулканического туфа заполняя собой свободные объемы, тем самым, снижая пористость и формируя плотную структуру бетонного камня. Тонкомолотые активированные частицы вулканического туфа вступают в реакцию с $\text{Ca}(\text{OH})_2$, который образуется при гидратации алита и белита, с образованием гидросиликатов кальция, что уплотняет образующуюся структуру.

Введение в состав бетонной смеси пуццолановой добавки в виде тонкоизмельченного и активированного механическим способом вулканического туфа и водоудерживающей добавки на основе эфиров целлюлозы позволяют снижать испарение воды из твердеющей системы, уменьшить усадочные деформации и, следовательно, образование трещин.

Заключение

Введение в состав композиционного вяжущего, являющегося основой бетонного полотна, вулканического механоактивированного туфа и эфира целлюлозы позволяет обеспечить внутренний уход за гидратирующимся

материалом на ранних стадиях его твердения, с обеспечением снижения усадочного деформаций, а, следовательно, трещинообразования. Это повышает качество и долговечность бетонного полотна.

Основными областями применения бетонного полотна являются защитно-укрепляющие покрытия от водной и ветровой эрозии берегов рек, каналов, строительство бассейновых хранилищ для сухих и жидких продуктов, в том числе нефтепродуктов; защита фундаментов, поверхностей тоннелей, шахт, траншей и иных подземных объектов от воды.

Литература

1. Бессонов И.В., Жуков А.Д., Поудел Р.С., Маторин А.А. Влияние структуры и состава на свойства бетонного полотна // Строительные материалы. 2023. № 6. С. 27–32. DOI: 10.31659/0585-430X-2023-814-6-27-32
2. Thomas, S., Ter-Zakaryan, K. A., Zhukov, A. D., Bessonov, I. V. Modified polyethylene foams for insulation systems //Polymers. – 2023. – Т. 15. – №. 20. – P. 4104.
3. Shitikova M. V., Popov I. I., Bobrova E. Yu., Zhukov A. D. Energy Efficiency of Technical Thermal Insulation // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019, Vladivostok, 01–04 октября 2019 года. – Vladivostok: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. – P. 893491. – DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934917. – EDN AZXZIQ.
4. Романенко И.М., Петровнина И.Н., Еличев К.А., Козицын В.С. Влияние условий твердения бетона на прочностные показатели // Инженерный вестник Дона, 2022, №3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2022/7531/.
5. Окольникова Г. Э., Баранкова А. М., Дурутлу К., Костина А. А. Использование текстильного армирования в конструкциях //Системные технологии. – 2022. – №. 1 (42). – С. 166-170.

6. Лесовик Р. В., Агеева М. С., Никулина А. С., Матюхина А. А., Попов Д. Ю. Особенности получения текстиль-бетонов //Наукоемкие технологии и инновации. – 2016. – С. 232-235.

7. Тарасова Е. В., Козлов В. В., Каретникова С. В. Текстиль-бетон-материал будущего //Новые технологии в учебном процессе и производстве. – 2020. – С. 268-269.

8. Попов Д. Ю. Состояние и перспективы применения текстиль-бетона //Промышленное и гражданское строительство. – 2018. – №. 3. – С. 51-57.

9. Лесовик В. С., Попов Д. Ю., Глаголев Е. С. Текстиль-бетон-эффективный армированный композит будущего //Строительные материалы. – 2017. – №. 3. – С. 81-84.

10. Стенечкина К.С. Применение декоративных бетонов для отделки зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2022, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2023/8272.

References

1. Bessonov I.V., Zhukov A.D., Poudel R.S., Matorin A.A. Stroitel'nye materialy. 2023. No. 6. pp. 27–32. DOI: 10.31659/0585-430X-2023-814-6-27-32

2. Thomas, S., Ter-Zakaryan, K. A., Zhukov, A. D., Bessonov, I. V. Polymers. 2023. T. 15. №. 20. P. 4104.

3. Shitikova M. V., Popov I. I., Bobrova E. Yu., Zhukov A. D. 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019, Vladivostok, 01–04 oktyabrya 2019 goda. Vladivostok: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. p. 893491. DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934917. EDN AZXZIQ.

4. Romanenko I.M., Petrovnina I.N., Elichev K.A., Kozicyn V.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2022/7531/.



5. Okolnikova G. E., Barankova A. M., Durutlu K., Kostina A. A. Use of textile reinforcement in structures. System Technologies. 2022. No. 1 (42). pp. 166-170.
6. Lesovik R.V., Ageeva M.S., Nikulina A.S., Matyukhina A.A., Popov D.Yu. Science-intensive technologies and innovations. 2016. pp. 232-235.
7. Tarasova E. V., Kozlov V. V., Karetnikova S. V. Textile-concrete material of the future. New technologies in the educational process and production. 2020. pp. 268-269.
8. Popov D. Yu. Industrial and civil construction. 2018. № 3. pp. 51-57.
9. Lesovik V. S., Popov D. Yu., Glagolev E. S. Building materials. 2017. No. 3. pp. 81-84.
10. Stenechkina K.S. Inzhenernyj Vestnik Dona, 2022, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2023/8272.

Дата поступления: 15.01.2024

Дата публикации: 2.03.2024