

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВОК КАТІОННОГО ЛАТЕКСУ BUTONAL NS 198 І БАЗАЛЬТОВОЇ ФІБРИ НА МОРОЗОСТІЙКІСТЬ МАТЕРІАЛУ ЗІ ЩЕБЕНЕВО-ПІЩАНИХ СУМІШЕЙ ІЗ ЗАЛІЗИСТИХ КВАРЦИТІВ, УКРІПЛЕНИХ ЦЕМЕНТОМ

STUDY OF THE EFFECT OF ADDITIVES OF CATIONIC LATEX BUTONAL NS 198 AND BASALT FIBER ON THE FROST RESISTANCE OF CRUSHED STONE AND SAND MIXTURES OF IRON TAILINGS REINFORCED WITH CEMENT

Сунь Цзянь, аспірант, Жданюк В.К., д.т.н., проф. (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків)

Jian Sun, PhD student, Zhdaniuk V.K., Doctor of Engineering, Professor, (Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv)

Досліджено вплив добавок катіонного латексу Butonal NS 198 і базальтової фібри на показники міцності і морозостійкості матеріалу з щебенєво-піщаної суміші СЩ 40 із залізистих кварцитів, укріплених цементом. Експериментально встановлено зростання значень коефіцієнта залишкової міцності матеріалу з щебенєво-піщаної суміші модифікованої одночасно фіброю та латексом.

One of the directions that contributes to increasing the durability of road construction materials in road surface layers of highways is to increase their frost resistance. During freezing of a material made of crushed stone-sand-cement mixtures, saturated with water, its destruction occurs due to the anomaly of water known from physics. Research has established that in order to obtain a cement-containing material with high frost resistance, it must be prepared with the minimum necessary amount of water, compacted to the maximum density, harden under favorable conditions and contain the optimal volume of pores. Today, the influence of various factors on the frost resistance of materials made of gravel-sand mixtures reinforced with cement remains insufficiently studied, compared to such road construction materials as cement and asphalt concrete. In addition, the impact of the genesis of stone material in crushed stone-sand mixtures reinforced with cement on the resistance of the material in the road wear layer to cyclic freezing and thawing remains insufficiently studied. The purpose of this work is to study the effect of Butonal NS 198 cationic latex additives and basalt fiber on the strength and frost resistance indicators of crushed stone-sand mixtures made of ferruginous quartzite reinforced with cement.

According to the results of the research, it was established that the material made of crushed stone-sand mixtures of SSh 40 made of ferruginous quartzite with 4% cement shows a tendency towards a moderate increase in the values of the compressive strength limit and the ultimate splitting strength along the original in case of adding 0.5% basalt

fiber to its composition, as an individual modifying additive. In the case of simultaneous addition of 0.5% basalt fiber and different amounts of cationic latex, a similar pattern is observed. This indicates that the compressive strength and splitting strength indicators are not sufficiently sensitive as criteria for evaluating the effectiveness of the investigated fiber and latex additives at the concentrations adopted in the work. The results of the study of the frost resistance of the material made of crushed stone-sand mixtures reinforced with cement without fiber and latex additives show that the value of its compressive strength limit is 3.2 MPa, and after 10 freeze-thaw cycles it decreased to 1.9 MPa, which is 41% and is essential. This indicates insufficient frost resistance of the material from the crushed stone-sand mixture reinforced with 4% cement. In the case of adding basalt fiber and cationic latex to the composition of the material from crushed stone-sand mixtures reinforced with cement, the values of the residual strength coefficients after 10 freeze-thaw cycles increase significantly. This testifies to the positive effect of fiber and latex additives on increasing the resistance of the material structure to cyclic freezing and thawing, that is, on increasing the frost resistance of the complexly modified material.

Ключові слова: Катіонний латекс, базальтова фібра, щебенево-піщана суміш, залізистий кварцит, цемент, міцність, морозостійкість

Keywords: Cationic latex, basalt fibers, crushed stone and sand mixture, iron tailings, cement, strength, frost resistance

Вступ

Досвід використання в дорожньому будівництві щебенево-піщаних сумішей (ЩПС) укріплених цементом свідчить про підвищену міцність і довговічність влаштованих шарів дорожніх одягів автомобільних доріг, порівняно з шарами побудованими з не укріплених цементом щебенево-піщаних сумішей. Більша довговічність таких матеріалів в шарах дорожнього одягу за критерієм міцності забезпечується їхньою кристалізаційною структурою.

Одним із напрямків, що сприяє збільшенню довговічності дорожньо-будівельних матеріалів в шарах дорожнього одягу автомобільних доріг, є підвищення їхньої морозостійкості. При заморожуванні матеріалу з щебенево-піщано-цементних сумішей, насиченого водою, його руйнування відбувається внаслідок відомої з фізики аномалії води. Вода, що знаходиться в порах матеріалу, замерзає в них і, розширюючись, викликає появу надлишкового внутрішнього тиск на стінки пор. Тиск може створювати граничні розтягуючі напруження в стінках пір і призводити до істотних змін структури укріплених мінеральними в'язучими кам'яних матеріалів, що позначається на зниженні їхніх міцнісних властивостей. Дослідженнями встановлено [1], що для

отримання цементовміщуючого матеріалу високої морозостійкості він має бути приготовлений з мінімально необхідною кількістю води, ущільнений до максимальної густини, тверднути у сприятливих умовах та містити оптимальний об'єм пор. На сьогодні вплив різних чинників на морозостійкість матеріалів з щебенево-піщаних сумішей, укріплених цементом, залишається недостатньо дослідженим, порівняно з такими дорожньо-будівельними матеріалами як цементний та асфальтовий бетони. Окрім того, недостатньо дослідженим залишається вплив генезису кам'яного матеріалу в щебенево-піщаних сумішах, укріплених цементом, на стійкість матеріалу в шарі дорожнього одягу до циклічного заморожування-відтавання. Ця обставина ускладнює вибір ЩПС з тієї чи іншої гірської породи для укріплення цементом в різних кліматичних умовах експлуатації дорожніх одягів. На сьогодні недостатня вивченість властивостей матеріалів з укріплених цементом ЩПС із залізистих кварцитів, порівняно з гранітними [2,3], стримує більш широке їхнє застосування в дорожньому будівництві.

Метою даної роботи є дослідження впливу добавок катіонного латексу Butonal NS 198 і базальтової фібри на показники міцності і морозостійкості щебенево-піщаних сумішей із залізистих кварцитів, укріплених цементом.

Матеріали та методи випробувань

Матеріали

Для досліджень була прийнята щебенево-піщана суміш із залізистих кварцитів СЩ 40 з максимальним розміром зерен щебеню 40 мм, яка за властивостями відповідала вимогам [4]. Гранулометричний склад прийнятої для досліджень щебенево-піщаної суміші наведений на рис. 1. Як мінеральний в'язучий матеріал в процесі досліджень використовували силікатний цемент марки М400 виробництва Сінцзянського цементного заводу Qingsong, технічні характеристики якого наведено в таблиці 1. Як модифікуючу добавку до щебенево-піщаної суміші, укріпленої цементом, використовували водний катіонний латекс серії Butonal NS 198 виробництва компанії BASF (Німеччина), технічні характеристики якого наведені в таблиці 2. Базальтову фібру довжиною волокон 18 мм виробництва компанії Zhejiang Haining Anjie Composites Company використовували як армуючу добавку до щебенево-піщаної суміші з

цементом та катіонним латексом. Технічні характеристики базальтової фібри наведені в таблиці 3.

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості цементу

Властивості	Час схоплювання (хв.)		Міцність за стиску (МПа)		Міцність за вигину (МПа)	
	Час початкового схоплювання	Час остаточного схоплювання	3дні	28днів	3дні	28днів
Вимірне значення	176	213	26.3	49.3	4.3	6.9

Таблиця 2

Властивості катіонного латексу

Назва латексу	Зовнішній вигляд	Вміст твердої речовини (%)	РН	В'язкість (мПа·с)	Питома вага (г/см ³)	Температура склування Tg(DSC) (°C)
Butonal NS 198	Водна дисперсія білого кольору	64	5,3	300	0.96	-53

Таблиця 3

Властивості базальтової фібри

Щільність (г/см ³)	Діаметр волокна(μm)	Міцність на розрив (МПа)	Модуль пружності (Гра)	Подовження при розриві (%)	Стійкий до лугів, рівень збереження міцності на розрив (%)
2.65	18±2	3500	100	3.8	92.3

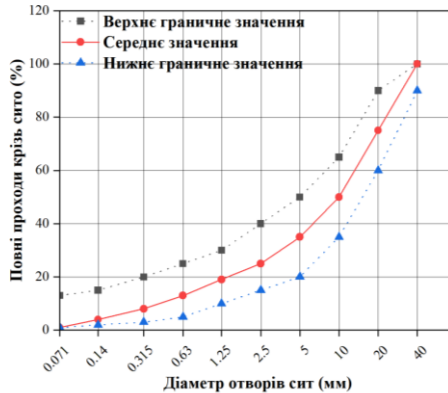


Рис. 1 Гранулометричний склад щебенево-піщаної суміші СЩ-40

Методи випробувань

Для проведення досліджень виготовляли щебенево-піщану суміш із залізистих кварцитів укріплену 4% цементу за оптимальної вологості з якої формували циліндричні зразки методом статичного ущільнення протягом 3 хвилин за тиску 160 кН. Також формували зразки з виготовлених щебенево-піщаних сумішей із залізистих кварцитів з 4 % цементу до складу яких додавали різну кількість катіонного латексу Butonal NS 198 від маси води і 0,05 % базальтової фібри від маси мінеральної частини для визначення ефективності їхнього впливу на показники міцності і морозостійкості. Твердіння відформованих циліндричних зразків розміром 100×100 мм відбувалося протягом 28 діб у стандартних умовах за температури $20 \pm 2^\circ\text{C}$ і вологості 95 %. Після завершення терміну твердіння зразки занурювали у воду на 48 годин. Для дослідження морозостійкості водонасичені зразки піддавали циклам заморожування-відтавання. У кожному циклі заморожування-відтавання час заморожування у морозильній камері за температури -20°C становив 20 год, а час відтавання у воді за температури $+20^\circ\text{C}$ - 4 год. Морозостійкість зразків з щебенево-піщаних сумішей із залізистих кварцитів, укріплених цементом, з добавками катіонного латексу Butonal NS 198 і базальтової фібри оцінювали за зміною величин границі міцності за одноосьового стиску і границі міцності за расколювання по твірній після 10 циклів заморожування-відтавання.

Результати та обговорення

Результати дослідження впливу різної концентрації катіонного латексу Butonal NS 198 і 0,05 % базальтової фібри на міцнісні показники та

коефіцієнти залишкової міцності матеріалу з щебенево-піщаних сумішей СЩ-40 із залізистих кварцитів, укріплених цементом, після 10 циклів заморожування-відтавання представлені на рис. 2 і рис. 3. Коефіцієнт залишкової міцності визначали як відношення границі міцності матеріалу після впливу на нього 10 циклів заморожування-відтавання до границі міцності матеріалу яку він мав до впливу на нього циклів заморожування-відтавання. Зміна зовнішнього вигляду зразків після 5 та 10 циклів заморожування-відтавання наведено на рис. 4.

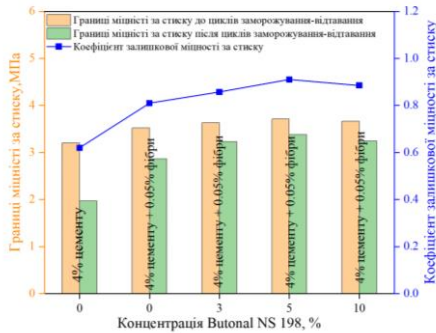


Рис. 2 Залежність границі міцності за стиску і коефіцієнта залишкової міцності за стиску зразків матеріалу з щебенево-піщаних сумішей СЩ-40 із залізистих кварцитів, укріплених цементом, з 0,05 % базальтової фібри від концентрації латексу Butonal NS 198

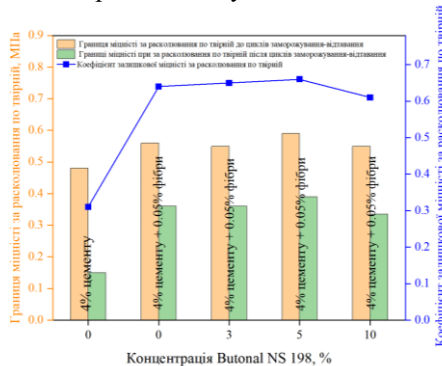


Рис. 3 Залежність границі міцності за розколювання по твірній і коефіцієнта залишкової міцності за розколювання по твірній зразків матеріалу з щебенево-піщаних сумішей СЩ-40 із залізистих кварцитів, укріплених цементом, з 0,05 % базальтової фібри від концентрації латексу Butonal NS 198



0 циклів 5 циклів 10 циклів

(а) СЦ 40 + 4 % цементу



0 циклів 5 циклів 10 циклів

(б) СЦ 40 + 4 % цементу + 3 % Butonal NS 198 + 0,05 % базальтової фібри



0 циклів 5 циклів 10 циклів

(в) СЦ 40 + 4 % цементу + 5 % Butonal NS 198 + 0,05 % базальтової фібри



0 циклів 5 циклів 10 циклів

(г) СЦ 40 + 4 % цементу + 10 % Butonal NS 198 + 0,05 % базальтової фібри

Рис. 4 Загальний зовнішній вигляд зразків до та після циклів заморозування-відтавання

Із наведених на рис. 2 і 3 результатів досліджень видно, що додавання 0,05 % базальтової фібри до складу укріплених 4 % цементу щебенево-піщаних сумішей призводить до незначного збільшення значень границі міцності за стиску (на 9 %) і дещо більшого зростання границі міцності за розколювання по твірній (на 14 %). Також видно, що вплив циклів заморожування-відтавання призводить до зменшення значень границі міцності за стиску і границі міцності за розколювання по твірній всіх досліджуваних матеріалів. Найбільше зниження показників міцності і коефіцієнта залишкової міцності після 10 циклів заморожування-відтавання властиве матеріалу з щебенево-піщаних сумішей із залістистих кварцитів, укріплених цементом, до складу якого не додавали фібру і латекс. У випадку одночасного додавання до складу досліджуваного матеріалу базальтової фібри і катіонного латексу спостерігається зростання значень коефіцієнтів запасу міцності за стиску і за розколювання по твірній, порівняно з матеріалом без вказаних складників. Найбільше зростання значень коефіцієнта залишкової міцності за стиску і коефіцієнта залишкової міцності за расколювання по твірній (збільшилися на 29 % і 35 % відповідно) властиве матеріалу до складу якого входить 4 % цементу, 5 % катіонного латексу від маси води та 0,05 % базальтової фібри від маси мінеральної частини, порівняно з матеріалом з щебенево-піщаної суміші СЩ-40 із залістистих кварцитів укріплених 4 % цементу без латексу і базальтової фібри. Із наведених на рис. 4 результатів досліджень видно, що після 5 та 10 циклів заморожування-відтавання зразкам матеріалу з щебенево-піщаної суміші СЩ-40 із залістистих кварцитів укріплених 4 % цементу з катіонним латексом і базальтовою фіброю характерна менша пошкоджувальність їхньої поверхні, порівняно з СЩ-40 із залістистих кварцитів укріплених 4 % цементу без латексу і базальтової фібри. Експериментально встановлено, що втрата маси зразками матеріалу після 10 циклів заморожування-відтавання зменшується зі збільшення вмісту катіонного латексу у його складі.

Висновки

За результатами досліджень встановлено, що матеріал з щебенево-піщаних сумішей СЩ 40 із залістистих кварцитів з 4 % цементу демонструє тенденцію до помірнього зростання значень границі міцності за стиску і границі міцності за розколювання по твірній у разі додавання до його складу 0,5 % базальтової фібри, як індивідуальної модифікуючої добавки. У разі одночасного додавання 0,5 % базальтової фібри та різної кількості катіонного латексу спостерігається аналогічна закономірність. Це свідчить про те, що показники границі міцності за стиску і границі міцності за розколювання по твірній є недостатньо чутливими як критерії оцінки

ефективності впливу досліджуваних добавок фібри та латексу за прийнятих в роботі концентрацій.

Результати дослідження морозостійкості матеріалу з щебенево-піщаних сумішей укріплених цементом без добавок фібри та латексу показують, що значення його границі міцності за стиску становить 3,2 МПа, а після 10 циклів заморожування-відтавання зменшилося до 1,9 МПа, що складає 41 % і є суттєвим. Це вказує на недостатню морозостійкість матеріалу з щебенево-піщаної суміші, укріпленої 4 % цементу. У випадку додавання базальтової фібри і катіонного латексу до складу матеріалу з щебенево-піщаних сумішей укріплених цементом значення коефіцієнтів залишкової міцності після 10 циклів заморожування-відтавання суттєво зростають. Це свідчить про позитивний вплив добавок фібри і латексу на підвищення стійкості структури матеріалу до циклічного заморожування-відтавання, тобто на зростання морозостійкості комплексно модифікованого матеріалу.

References

1. Berh O.Ia. Vysokomitsnyi beton. M: Transport, 1971.-189s.
2. Zhdaniuk V.K., Kostin D.Iu., Arinushkina O.O., Pavliutin K.O. Doslidzhennia mitsnosti shchebenevo-pishchanykh sumishei, ukriplenykh portlandtsementom // Materialy vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Suchasni tekhnologii budivnytstva u ekspluatatsii avtomobilnykh dorih» Kharkiv: KhNADU, 2016. S. 53-57.
3. Zhdaniuk V.K., Kostin D.Iu., Arinushkina O.O. Doslidzhennia vplyvu kombinovanykh v'язhuchykh na vlastyvoli shchebenevo-pishchanykh sumishei // Mizhnarodnyi zbirnyk (za haluziamy znan «Mashynobuduvannia ta metaloobrobka», «Inzhenerna mekhanika», Metalurhiia ta metaloznavstvo») Lutsk: LNTU, 2016. Vyp. 46. 7 s.
4. HBN V.2.3-37641918-554:2013 Avtomobilni dorohy. Shary dorozhnogo odiahu z kamianykh materialiv, vidkhodiv promyslovosti i hruntiv, ukriplenykh tsementom. Proiektuvannia ta budivnytstvo.

Література

1. Берг О.Я. Високоміцний бетон. М: Транспорт, 1971.-189с.
2. Жданюк В.К., Костін Д.Ю., Арінушкіна О.О., Павлютін К.О. Дослідження міцності щебенево-піщаних сумішей, укріплених портландцементом // Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні технології будівництва й експлуатації автомобільних доріг» Харків: ХНАДУ, 2016. С. 53-57.
3. Жданюк В.К., Костін Д.Ю., Арінушкіна О.О. Дослідження впливу комбінованих в'язучих на властивості щебенево-піщаних сумішей // Міжнародний збірник (за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», Металургія та металознавство») Луцьк: ЛНТУ, 2016. Вип. 46. 7 с.
4. ГБН В.2.3-37641918-554:2013 Автомобільні дороги. Шари дорожнього одягу з кам'яних матеріалів, відходів промисловості і ґрунтів, укріплених цементом. Проектування та будівництво.