

Костін Д.Ю.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Арінушкіна О.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Тетера В.С.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Сунь Д.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВПЛИВ ГЕНЕЗИСУ ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ НА МОРОЗОСТІЙКІСТЬ КРУПНОЗЕРНИСТИХ ЩЕБЕНЕВО-ПІЩАНИХ СУМІШЕЙ, УКРІПЛЕНИХ ЦЕМЕНТОМ

У статті розглянуто вплив гранулометричного складу та генезису вихідної сировини на коефіцієнти морозостійкості щебенево-піщаних сумішей з максимальним розміром зерен щебеню 40 мм укріплених цементом.

На сьогодні для запобігання виникнення температурних тріщин в шарах основи дорожніх одягів найчастіше використовують щебенево-піщані суміші укріплені цементом або комплексним в'язучим з марками за міцністю М20 та М40. Під час виконання робіт з науково-технічного супроводу об'єктів поточного середнього, капітального ремонтів та реконструкції автомобільних доріг Державного та місцевого значення, згідно вимог чинних стандартів, у випробувальній лабораторії кафедри будівництва і експлуатації автомобільних доріг ХНАДУ виконували дослідження властивостей матеріалів із щебенево-піщаних сумішей укріплених цементом, а також визначення їх коефіцієнта морозостійкості. За цей час встановлено, що зерновий склад ЩПС суттєво впливає на кількість цементу, необхідну для отримання однакової за міцністю марки укріпленого матеріалу, а також його морозостійкість. Очевидно, що для матеріалів з укріплених цементом ЩПС, які використовують в шарах основи при будівництві дорожніх одягів, вимоги до величини коефіцієнта морозостійкості повинні бути ранжовані не лише від марки матеріалу за міцністю, а і від його гранулометричного складу.

Виконані дослідження показують, що щебенево-піщаним сумішам з гранітної сировини які укріплені цементом, властиві менші значення показника границі міцності при стиску в порівнянні з сумішами з залістих кварцитів, при однаковій концентрації цементу. За однаковій концентрації цементу укріплені суміші гранулометричного складу з максимальним вмістом зерен щебеню, мають більшу міцність в порівнянні з гранулометричним складом з мінімальним вмістом зерен щебеню. Досліджені значення показників морозостійкості відповідають вимогам чинного Державного стандарту, що висуваються до морозостійкості згідно відповідних марок за міцністю.

Ключові слова: Щебенево-піщана суміш, укріплення цементом, гранулометричний склад, марка за міцністю, морозостійкість.

Постановка проблеми. Під час виконання робіт з науково-технічного супроводу встановлено, що зерновий склад ЩПС суттєво впливає на кількість цементу, необхідну для отримання однакової за міцністю марки укріпленого матеріалу, а також його морозостійкість. Дана обставина, повинна бути врахована під час призначення того чи іншого матеріалу в конструктивний шар дорожнього одягу та під час нормування цього показника.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями довговічності щебенево-піщаних

сумішей укріплених цементом займалися вчені В.К. Жданюк, А.М. Онищенко, М.В. Гаркуша, А.С. Лапченко, С.Й. Солодкий, А. Білятинський, Д.Ю. Костін, Сунь Дзянь. Вони відображені в роботах [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8].

Постановка завдання. Згідно вимог чинних вимог щебенево-піщані суміші (ЩПС) укріплені цементом поділяють на крупнозернисті з максимальним розміром фракції 40 м, середньозернисті з максимальним розміром фракції 20 мм, дрібнозернисті з максимальним розміром зерен щебеню

10 мм та піщані з максимальним розміром кам'яного матеріалу до 5 мм. Раніше виконаними дослідженнями у випробувальній лабораторії кафедри будівництва і експлуатації автомобільних доріг ХНАДУ [1-4], встановлено, що зерновий склад ЩПС суттєво впливає на кількість цементу, необхідну для отримання однакової за міцністю марки укріпленого матеріалу, а також його морозостійкість. Ця обставина, аналіз нормативної бази та останніх публікацій підтверджує актуальність проведення досліджень в цьому напрямку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Метою даного дослідження було визначення впливу генезису мінеральних матеріалів та гранулометричного складу, що використовуються для приготування щебенево-піщаних сумішей, на показник морозостійкості укріплених цементом матеріалів.

Для проведення досліджень було обрано крупнозернисту щебенево-піщану суміш укріплену цементом (ЩПС. Кр. Ц) згідно [9], мінеральна частина якої була представлена сировиною з залістистих кварцитів та гранітною сировиною. Вищезгадані матеріали були розділені на фракції, після чого готувалися суміші двох гранулометричних складів з максимальним і мінімальним вмістом щебеню, які мали умовні позначення I та II. Прийняті для подальших досліджень гранулометричні склади зображені на рисунках 1 та 2.

Дослідження морозостійкості виконувалось для сумішей зміцнених цементом у кількості 4, 6 та 8 %. Згідно чинних методів випробувань, було виготовлено серії зразків, які в водонасиченому стані були підвержені циклам заморожування-відтавання. Результати випробувань показали, що для всіх досліджуваних сумішей з вмістом 4 % вони відповідають майже максимальним граничним значенням що відповідають марки М20, з 6 % до марки М40, з 8 % до марки М60. Для всіх досліджуваних щебенево-піщаних сумішей укріплених цементом максимальна кількість циклів заморожування-відтавання становила – 25.

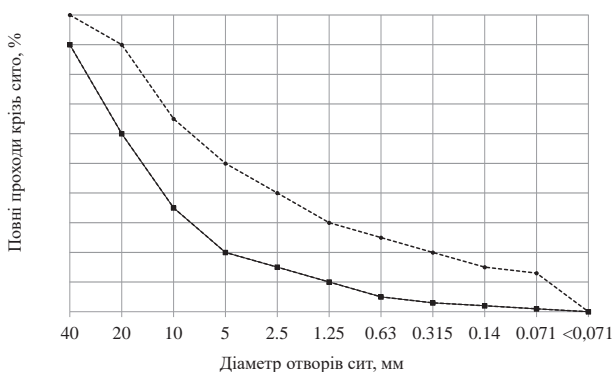


Рис. 1. Гранулометричний склад суміші ЩПС. Кр. Ц (I)

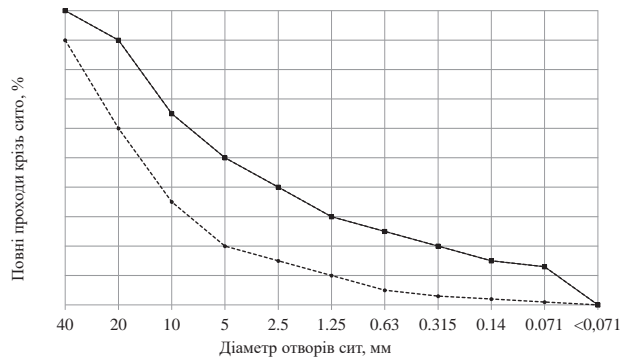


Рис. 2. Гранулометричний склад суміші ЩПС. Кр. Ц (II)

Фото деградації зразків укріплених щебенево-піщаних сумішей ЩПС. Кр. Ц (I) із залістистих кварцитів в залежності від кількості циклів заморожування-відтавання наведено на рисунках 3–5.



Рис. 3. ЩПС.КР.Ц(I) із залістистих кварцитів, укріплених 4 % цементу

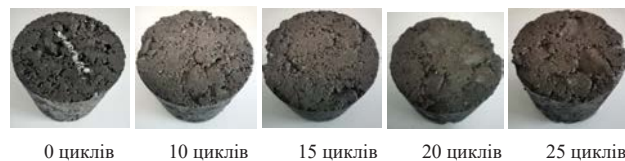


Рис. 4. ЩПС. КР. Ц (I) із залістистих кварцитів, укріплених 6 % цементу



Рис. 5. ЩПС. КР. Ц (I) із залістистих кварцитів, укріплених 8 % цементу

Значення показників границі міцності при стиску ЩПС.КР.Ц (I) з залістистих кварцитів, укріпленої цементом наведено на рисунку 1.6.

Обчислені значення коефіцієнта морозостійкості наведено на рисунку 7.

Фото деградації зразків укріплених щебенево-піщаних сумішей ЩПС.Кр.Ц (I) із граніту в залежності від кількості циклів заморожування-відтавання наведено на рисунках 8–10.

Значення показників границі міцності при стиску ЩПС. КР. Ц (I) з граніту, укріпленої цементом наведено на рисунку 11.

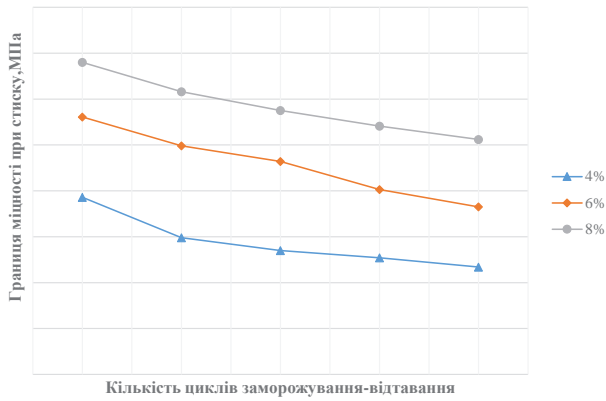


Рис. 6. Залежність зміни показників границі міцності при стиску ЩПС. КР. Ц (I) з залізистих кварцитів, укріпленої цементом

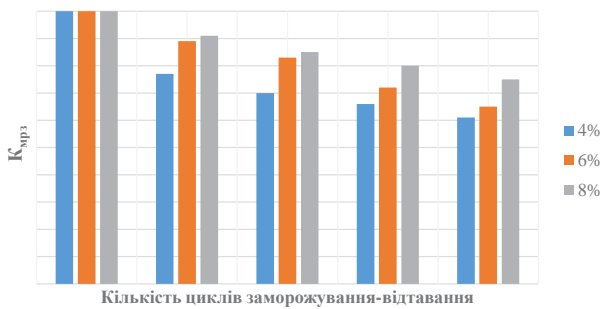


Рис. 7. Коefіцієнти морозостійкості ЩПС.КР.Ц (I) з залізистих кварцитів, укріпленої цементом



Рис. 8. ЩПС. Кр. Ц (I) із гранітних сумішей, укріплених 4 % цементу

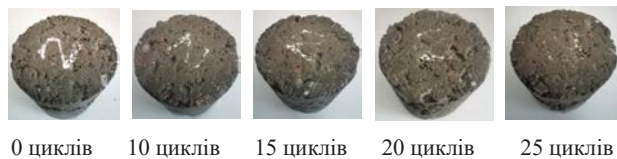


Рис. 9. ЩПС. Кр. Ц (I) із гранітних сумішей, укріплених 6 % цементу



Рис. 10. ЩПС. Кр. Ц (I) із гранітних сумішей, укріплених 8 % цементу

Обчислені значення коefіцієнта морозостійкості наведені на рисунку 12.

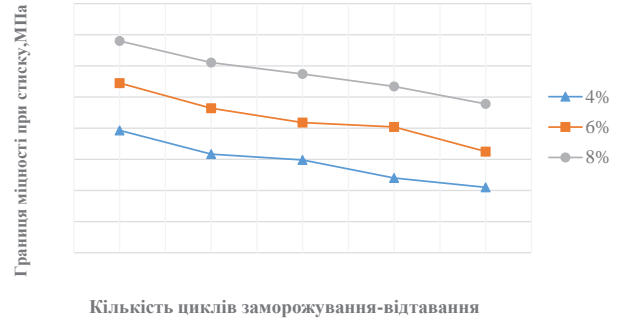


Рис. 11. Залежність зміни показників границі міцності при стиску ЩПС. КР. Ц (I) з граніту, укріпленої цементом

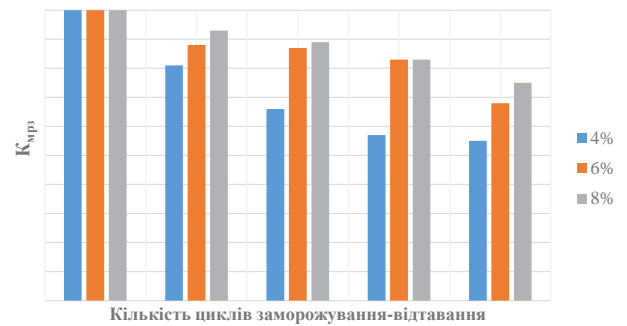


Рис. 12. Коefіцієнт морозостійкості ЩПС. КР. Ц (I) з граніту, укріпленої цементом

Фотографії деградації зразків щебенево-піщаних сумішей ЩПС.КР.Ц (II) із залізистих кварцитів в залежності від кількості циклів заморожування-відтавання наведені на рисунках 13–15.



Рис. 13. ЩПС. КР. Ц (II) із залізистих кварцитів, укріплених 4 % цементу



Рис. 14. ЩПС. КР. Ц (II) із залізистих кварцитів, укріплених 6 % цементу



Рис. 15. ЩПС. КР. Ц (II) із залізистих кварцитів, укріплених 8 % цементу

Значення показників границі міцності при стиску ЩПС.КР.Ц (II) з залізистих кварцитів, укріпленої цементом наведено на рисунку 16.

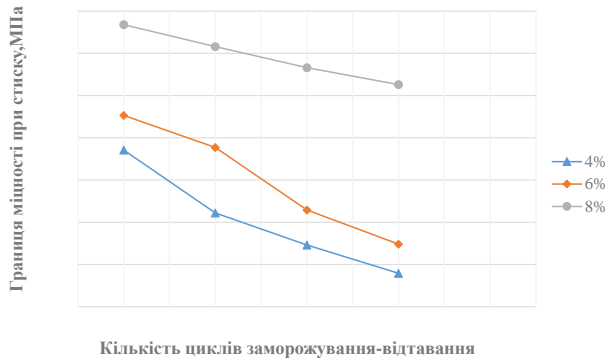


Рис. 16. Залежність зміни показників границі міцності при стиску ЩПС. КР. Ц (II) з залізистих кварцитів, укріпленої цементом

Обчислені значення коефіцієнта морозостійкості наведені на рисунку 17.

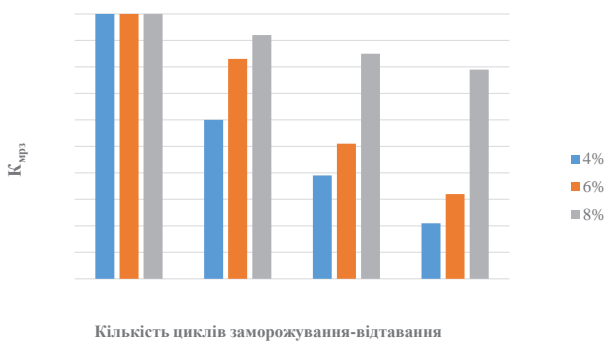


Рис. 17. Коефіцієнт морозостійкості ЩПС. КР. Ц (II) з залізистих кварцитів, укріпленої цементом

Фото зразків укріплених щебенево-піщаних сумішей із граніту ЩПС.Кр.Ц (II) в залежності від кількості циклів заморозування-відтавання наведено на рисунках 18–20.



Рис. 18. ЩПС.Кр.Ц (II) із гранітних мінеральних матеріалів, що укріплені 4 % цементу

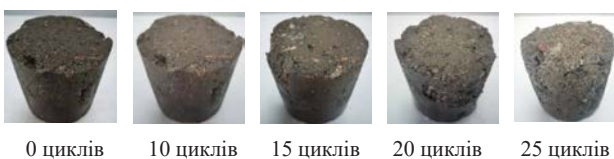


Рис. 19. ЩПС. Кр. Ц (II) із гранітних мінеральних матеріалів, що укріплені 6 % цементу



0 циклів 10 циклів 15 циклів 20 циклів 25 циклів

Рис. 20. ЩПС. Кр. Ц (II) із гранітних мінеральних матеріалів, що укріплені 8 % цементу

Значення показників границі міцності при стиску ЩПС.КР.Ц (II) з граніту, укріпленої цементом наведено на рисунку 21.

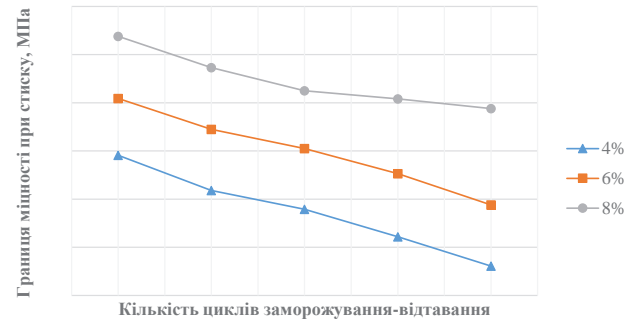


Рис. 21. Залежність зміни показників границі міцності при стиску ЩПС. КР. Ц (II) з граніту, укріпленої цементом

Обчислені значення коефіцієнта морозостійкості наведені на рисунку 22.

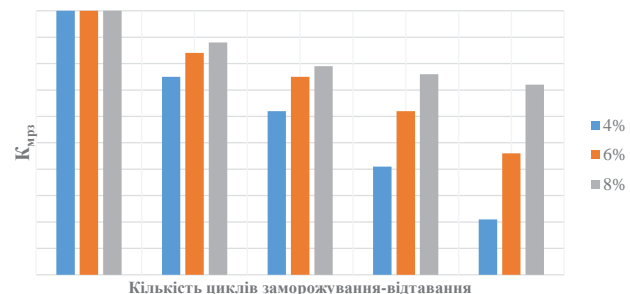


Рис. 22. Коефіцієнт морозостійкості ЩПС. КР. Ц (II) з граніту, укріпленої цементом

Отримані результати дослідження показують, що щебенево-піщаним сумішам з гранітної сировини які укріплені цементом, властиві менші значення показника границі міцності при стиску в порівнянні з сумішами з залізистих кварцитів, при однаковій концентрації цементу. Також, при однаковій концентрації цементу укріплені суміші гранулометричного складу I (з максимальним вмістом зерен щебеню) мають більшу міцність в порівнянні з гранулометричним складом II (з мінімальним вмістом зерен щебеню).

Результати досліджень підтверджують той факт, що зі збільшенням циклів заморожування-відтавання коефіцієнт морозостійкості зменшується. Щебенево-піщаним сумішам з гранітної сировини що укріплені цементом, властиві більші значення коефіцієнта морозостійкості, в порівнянні з щебенево-піщаними сумішами з залістистих кварцитів.

Порівнюючи отримані значення показників морозостійкості з нормованими згідно [1], можна зробити висновок, що всі досліджувані суміші відповідають вимогам, що висуваються до морозостійкості згідно відповідних марок за міцністю.

Висновки. Щебенево-піщаним сумішам з гранітної сировини, що укріплені цементом, властиві менші значення показника границі міцності при

стиску в порівнянні з сумішами з залістистих кварцитів, при однаковій концентрації цементу. При однаковій концентрації цементу укріплені суміші граничного гранулометричного з максимальним вмістом зерен щебеню, мають більшу міцність в порівнянні з граничним гранулометричним складом з мінімальним вмістом зерен щебеню. Щебенево-піщаним сумішам з гранітної сировини що укріплені цементом, властиві більші значення коефіцієнта морозостійкості, в порівнянні з щебенево-піщаними сумішами з залістистих кварцитів. Отримані значення показників морозостійкості відповідають вимогам чинного Державного стандарту, що висуваються до морозостійкості згідно відповідних марок за міцністю.

Список літератури:

1. 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 металобробка», «Інженерна механіка», «Металургія та металознавство») Луцьк: ЛНТУ, – 2016. Вип. 46. – 7 с.
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. Арінушкіна О.О., Жданюк В.К. Укріплені цементом щебенево-піщані суміші для будівництва дорожніх одягів автомобільних доріг. // Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА – 2016. № 1(83). – С. 120-125.
4. Костін Д.Ю., Арінушкіна О.О. Сунь Цзянь. Дослідження морозостійкості щебенево-піщаних сумішей, зміцнених цементом // Вісник ХНАДУ. Харків: ХНАДУ – 2023. вип.103. – С. 198-204.
5. Sun J., Zhdaniuk V., He Y., Bielatynskiy A. Study on Application of Iron Tailings in Cement Stabilized Macadam // Key Engineering Materials, 2023. – p. 231-246.
6. Солодкий С. Й. Ефективність дорожніх основ під бетонні покриття із матеріалів, укріплених цементом / С. Й. Солодкий, І. Ю. Думич, Ю. В. Турба // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. – 2019. № 912. – С. 183-186.
7. Онищенко А.М., Гаркуша М.В., Лапченко А.С. Методика розрахунку колієстійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу з урахуванням укріплення основи // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Національний транспортний університет. – 2015. Випуск № 93. – С. 67-78.
8. Жданюк В.К., Сунь Дзянь. Дослідження впливу добавок катіонного латексу та базальтової фібри на розрахункові характеристики щебенево-піщаних сумішей із залістистих кварцитів, зміцнених цементом// Вісник ХНАДУ. Харків: ХНАДУ – 2024. вип.104. – с. 81-87.
9. Матеріали щебеневої та гравійної для дорожнього будівництва. Технічні умови. Частина 3. Матеріали, укріплені мінеральними в'язучими»: ДСТУ 9177-3:2022. – [Чинний від 2023-01-01]. – К.: УкрНДНЦ, 2023. – 20 с. – (Державний стандарт України).
10. Ґрунти, укріплені в'язучим. Методи випробувань. ДСТУ Б В.2.7-309:2016 [Чинний від 2017-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 30 с. – (Державний стандарт України).

Kostin D. Yu., Arinushkina O. O., Tetera V. S., Sun D. THE INFLUENCE OF THE INITIAL RAW MATERIAL GENESIS ON THE FROST RESISTANCE OF CEMENT STABILIZED AGGREGATE MIXTURES

The influence of the granulometric composition and genesis of the raw material on the frost resistance coefficients of cement stabilized aggregate mixtures with a maximum size of crushed stone grains of 40 mm is studied in the article.

Today for the prevention of the temperature cracks appearance in the base layers of road pavement the aggregate mixtures stabilized by cement or a complex binder up to the M20 and M40 strength grades are most often used. During the performance of works on scientific and technical support of objects of the current, capital repairs and reconstruction of highways of state and local importance, in accordance with the requirements of current standards, in the testing laboratory of the Department of Highway Building and Maintenance of the

Kharkiv National Automobile and Highway University the research of the properties of materials from cement stabilized aggregate mixtures as well as determination of their frost resistance coefficient was carried out. It has been established that the grain composition of the aggregate mixtures has a significant influence on the amount of cement required to obtain the same grade of stabilized material with the same strength, as well as its frost resistance. It is obvious that for the cement-stabilized aggregate mixtures materials, which are used in the base layers of road pavements construction, the requirements for the value of the frost resistance coefficient should be ranked not only by the brand of the material in terms of strength, but also by its granulometric composition.

The conducted studies show that cement stabilized aggregate mixtures from granite raw materials are characterized by lower values of the compressive strength index compared to mixtures from ferruginous quartzite, with the same concentration of cement. At the same concentration of cement, reinforced mixtures of granulometric composition with the maximum content of crushed stone grains have higher strength indexes in comparison with the granulometric composition with a minimum content of crushed stone grains. The studied values of frost resistance indicators meet the requirements of the current State Standard, which are put forward to frost resistance according to the corresponding strength brands.

Key words: *Aggregate mixture, cement stabilizing, granulometric composition, strength grade, frost resistance.*