

УДК 625.851

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2021.92.2.80

ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКОУЛАМКОВИХ ГРУНТІВ, ЗМІЦНЕНИХ ЦЕМЕНТОМ, У ПРОЦЕСІ БУДІВНИЦТВА ШАРІВ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Фоменко О.О., Сєдов А.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. У конструюванні та будівництві дорожніх одягів необхідно максимально повно використовувати місцеві маломіцні кам'яні матеріали, зміцнені неорганічним в'язучим (цемент, вапно, активні золи та ін.). Особливо відчутна економічна доцільність застосування цементогрунтів для влаштування дорожніх одягів у районах, не забезпечених місцевими кам'яними матеріалами. У цих умовах вартість 1 м² цементогрунтового шару нерідко в 1,5–2 рази нижча від вартості 1 м² рівномірного шару з привізних матеріалів.

Ключові слова: дорожній одяг, великоуламкові ґрунти, цемент, міцність та морозостійкість, водонасичення.

Вступ

У процесі конструювання й будівництва дорожніх одягів необхідно максимально повно використовувати місцеві маломіцні кам'яні матеріали, зміцнені неорганічним в'язучим (цемент, вапно, активні золи та ін.) [1, 2].

У таких монолітних основ є низка переваг порівняно з класичними дискретними (щебеневими) основами:

- зсувостійкість, більш високий модуль пружності;
- функції переривання капілярів, що не дозволяють ґрунтовим водам проникати в тіло дорожнього одягу;
- підвищені теплоізоляційні показники, що покращує морозостійкість усієї конструкції.

Особливо відчутна економічна доцільність використання цементогрунтів для влаштування дорожніх одягів у районах, не забезпечених місцевими кам'яними матеріалами. У цих умовах вартість 1 м² цементогрунтового шару нерідко в 1,5–2 рази нижча за вартість 1 м² рівномірного шару із привізних матеріалів [4].

У використанні технології зміцнення ґрунтів неорганічними в'язучими матеріалами відпадає необхідність у залученні значної кількості транспорту, оскільки зміцнювати можна місцевий ґрунт, який знаходиться неподалік, а доставити до місця робіт тільки в'язучий матеріали. Розвантажувати цемент у машину для розподілу в'язучого можна безпосередньо на місці проведення робіт. Зміцнюючи місцеві ґрунти, можна отримувати міцну основу [2].

Аналіз публікацій

Ґрунти, придатні до зміцнення цементом, поширені значно більше, ніж кам'яні матеріали.

Для укріплення цементом застосовують усі види природних дисперсних ґрунтів, зокрема великоуламкові ґрунти з відносною деформацією здимання до 0,07 згідно з ДСТУ Б В.2.1-2.

Для влаштування дорожніх основ і покриттів можна застосовувати всі види й різновиди великоуламкових, піщаних і глинистих ґрунтів [3].

Нескельними ґрунтами вважаються великоуламкові, піщані й глинисті ґрунти. Великоуламкові ґрунти (щебінь, гравій, галька) є шматками, що утворилися внаслідок руйнування скельних порід, з розмірами частинок більше ніж 2 мм. Вони поступаються за міцністю скельним ґрунтам. Якщо великоуламкові ґрунти не схильні до дії ґрунтових вод, вони також є надійною основою.

Розподіл великоуламкових ґрунтів на різновиди за гранулометричним складом показаний у табл. 1.

Таблиця 1 – Розподіл великоуламкових ґрунтів на різновиди за гранулометричним складом

Різнovid	Розмір зернин, частинок, мм
Валунні та глибисті	частинок крупніше ніж 200 мм більше від 50 % за вагою
Галечникові та щебенисті	часток крупніше ніж 10 мм більше від 50 % за вагою
Гравійні та жорствяні	часток крупніше ніж 2 мм більше від 50 % за вагою

На основі аналізу й узагальнення численних експериментальних результатів, зібраних В. Малеванським під час випробування вапняків третинного періоду, широко поширених у південній частині України, можна зробити висновок, що за умови правильного

призначення максимального розміру частинок щільна суміш, яка отримана в процесі дроблення, у разі її зміцнення 5–7 % портландцементу набуває міцності більшої, ніж міцність щільної суміші, отриманої під час дроблення граніту – високоміцної виверженої породи.

Як показали багаторічні обстеження доріг, побудованих у кількох південних областях України, такий матеріал усуває переміщення окремих частинок під впливом змінних навантажень і природно-кліматичних факторів, має гарну розподільну здатність [5].

Мета і постановка завдання

Міцність великоуламкових ґрунтів залежить від структури порід та щільності укладання. Найбільшу міцність мають уламки магматичних порід, найменшу – осадових. Метою є дослідження властивостей великоуламкових ґрунтів, зміцнених цементом.

Дослідження властивостей великоуламкових ґрунтів, зміцнених цементом

Несучі шари основ дорожніх одягів забезпечують спільно з покриттям перерозподіл і зниження на розташовані нижче додаткові шари або ґрунт земляного полотна тиску від автотранспорту й ваги дорожнього одягу, що не викликає граничних деформацій у підстильному ґрунті, а за умови рухливих ґрунтів ще й охороняють їх від морозного здимання. Тому й матеріали, що використовуються для влаштування основ дорожніх одягів повинні забезпечувати виконання цих функцій протя-

гом усього періоду експлуатації дороги за мінімальних експлуатаційних витрат. Тому для забезпечення надійної опірності дорожньої конструкції зростаючим руйнівним навантаженням протягом усього терміну служби необхідно, щоб енергія структурних зв'язків у матеріалі несучого шару також постійно збільшувалася. У цьому випадку в ідеалі наростання міцності несучого шару можна порівняти зі збільшенням руйнівних навантажень, що діють на нього.

Тільки за цих умов із мінімальними експлуатаційними витратами можливо забезпечити надійну й тривалу роботу дорожніх конструкцій. Це має стати однією з основних вимог до властивостей матеріалу, застосовуваного для влаштування основ дорожніх одягів [6–8].

На міцність та морозостійкість цементоґрунту впливає не тільки марка цементу, але і його мінеральний склад. У процесі зміцнення ґрунтів цементами однакових марок, але різного мінерального складу будуть отримані цементоґрунти з різними властивостями.

Для проведення експериментів були використані великоуламкові ґрунти (табл. 2).

Для дослідження був обраний портландцемент марки М400 Балакліївського цементного заводу (табл. 3). Для вивчення показників фізико-механічних властивостей застосовували стандартні методи досліджень. Границю міцності під час стискання водонасичених зразків визначають згідно з ДСТУ Б В.2.7-214. Морозостійкість визначається відповідно до ДСТУ Б В.2.7-89.

Таблиця 2 – Зерновий склад великоуламкових ґрунтів

Умовне позначення суміші	Максимальна крупність зерен	Повний залишок мінеральних зерен, у відсотках за масою, на ситі з розміром отворів, мм									
		40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071
СЦ 40	40	4	11	36	55	59	64	79	86	93	97
СЦ 20	20	-	5	32	52	59	65	82	90	93	98

Таблиця 3 – Характеристика цементу

Найменування матеріалу	Активність цементу, МПа	НГ цементного тіста	Склад, %				Склад гіпсу, %	Питома поверхня, м ² /кг
			C ₃ S	C ₂ S	C ₄ AF	C ₃ A		
Цемент ПЦ І 400	48,5	25,0	61,00	20,0	11,5	7,5	5,0	320

У визначенні морозостійкості кількість циклів призначається залежно від марки матеріалу: М 20 – 10 циклів, М 40 – 15 циклів, М 60 – 25 циклів, М 75 – 50 циклів.

Результати експериментальних досліджень показників міцності та кінетики структуроутворення великоуламкових ґрунтів із різною концентрацією цементу наведені на рис. 1, 2.

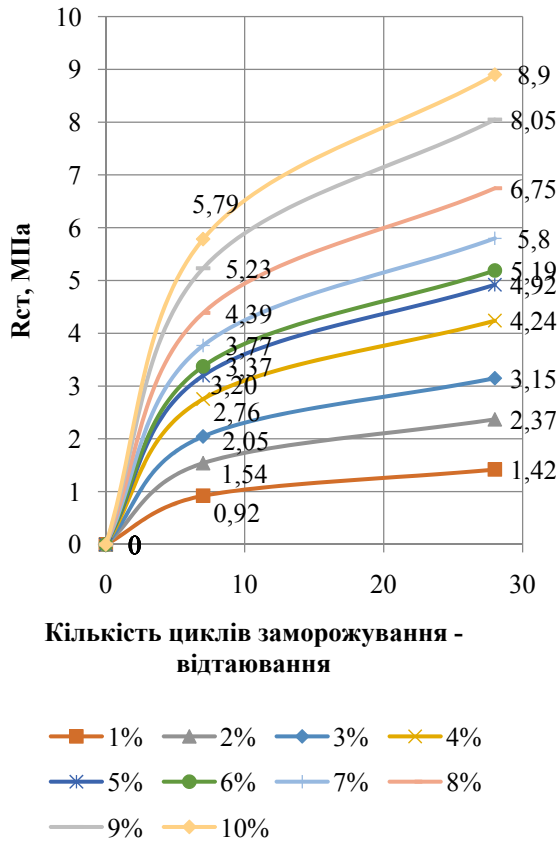


Рис. 1. Кінетика структуроутворення суміші СС 20, укріпленої цементом, за показником границі міцності під час стискання

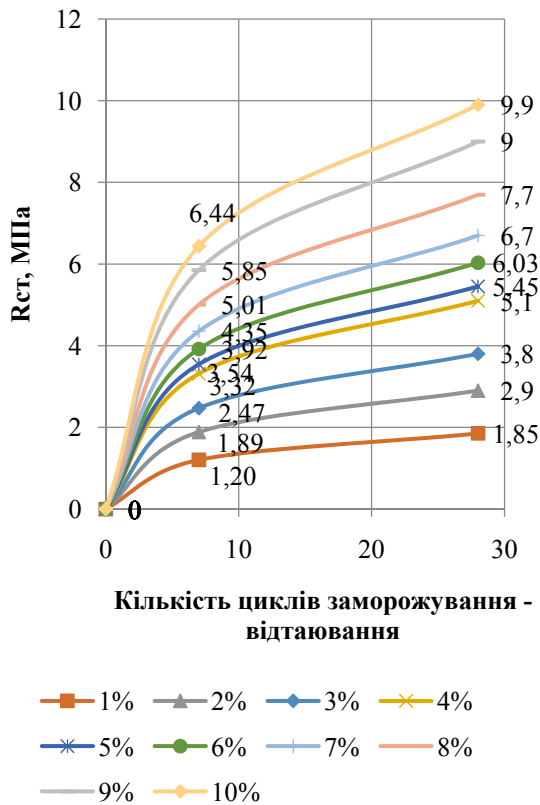


Рис. 2. Кінетика структуроутворення суміші СС 40, укріпленої цементом, за показником границі міцності в процесі стискання

Аналіз результатів експериментальних досліджень вказує на те, що в разі збільшення вмісту цементу в складі сумішей показники їхньої міцності зростають.

Аналіз гранулометричних складів, прийнятих для досліджень, показує, що під час переходу від суміші СС 20 до СС 40, за умови однакової концентрації цементу зі збільшенням крупності фракцій у складі сумішей їхня міцність зростає. Як показують результати досліджень, залежності межі міцності під час стискання зразків і водонасичення від вмісту цементу (рис. 3–5), для влаштування шарів основ дорожніх одягів капітального типу відповідає суміш із домішкою 4% цементу за масою суміші у віці 28 днів твердіння.

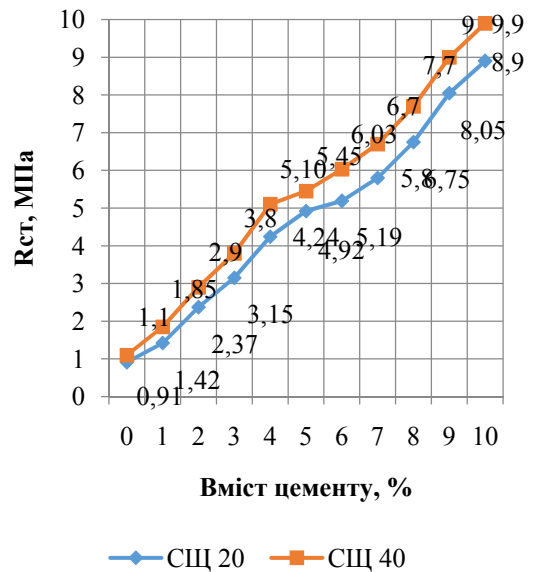


Рис. 3. Міцність під час стискання зразків великоуламкових ґрунтів залежно від вмісту цементу за умови 28-добового набору міцності

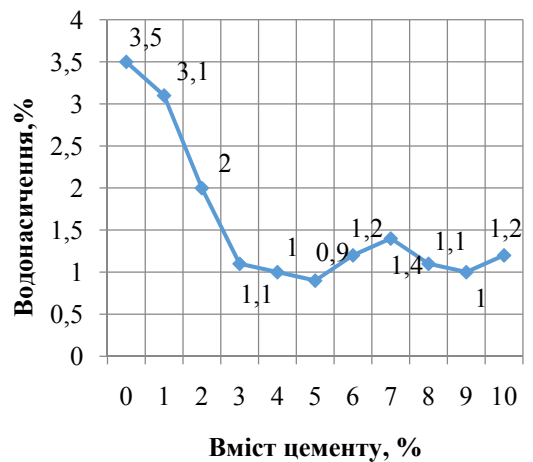


Рис. 4. Водонасичення зразків залежно від вмісту цементу за умови 28-добового набору міцності

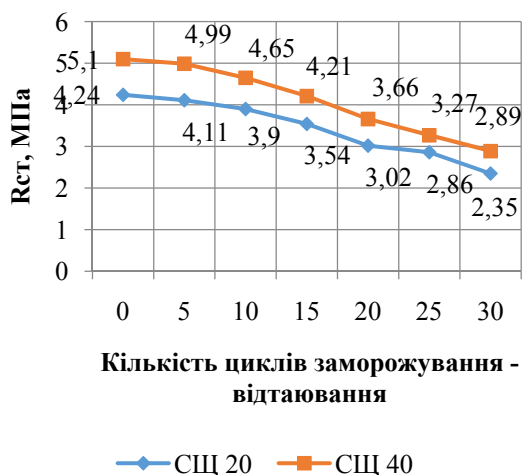


Рис. 5. Міцність під час стискання водонасичених зразків, укріплених 4 % цементу, у випробуваннях на морозостійкість

Висновки

Найбільш активною частиною цементогрунтової суміші, яка забезпечує створення нової структури укріпленого ґрунту, є цемент. Унаслідок взаємодії цементу з водою, із присутніми в ґрунті солями та частково з дрібнодисперсною частиною ґрунту, у зміцненому ґрунті виникає нова водостійка кристалізаційна структура. Міцність цієї структури визначається здебільшого складом та якістю цементу.

Під час оброблення ґрунту цементом процеси гідратації, а також інші хімічні реакції будуть посилюватися або уповільнюватися залежно від хімічного та мінерального складів цементу, природи ґрунту та його фізико-хімічного стану в момент оброблення.

Отримані результати водонасичення зразків свідчать, що показник водонасичення залежить від вмісту цементу.

У цьому випадку мінімальні значення водонасичення в середньому 1,1 % за масою суміші спостерігаються у зразків із вмістом цементу від 3 % за масою суміші й вище, що пов'язано з досягненням оптимального гранулометричного складу матеріалу.

Результати визначення морозостійкості суміші, зміцненої 4 % цементу, показують, що ця суміш у віці 28 діб може застосовуватися в шарах основ дорожніх одягів капітального типу в районах із середньомісячною температурою повітря найбільш холодного місяця – від мінус 15 °С до мінус 30 °С.

У процесі зміцнення ґрунтів цементами однакових марок, але різного мінерального складу будуть отримані цементогрунти з неоднаковими властивостями. Отже, кінцеве

рішення про придатність цементу та його дозування приймають за результатами випробувань зразків цементогрунту. У кожному конкретному випадку рішення про використання високомарочних цементів або домішок, які підвищують міцність та морозостійкість цементогрунту, має бути економічно обґрунтовано.

Література

1. Безрук В.М., Ритов М.Н., Глаголева К.М., Чернов И.К. Дорожные основания и покрытия из укрепленных грунтов: учебник. Москва: Транспорт, 1966. 128 с.
2. Безрук В.М., Гурячков И.Л., Луканина Т.М., Агапова Р.А. Укрепленные грунты. (Свойства и применение в дорожном и аэродромном строительстве): учебник. Москва: Транспорт, 1982. 231 с.
3. Дорожные одежды с применением грунтов укрепленных вяжущими материалами. Зб. трудов СоюзДОРНИИ. Москва: Транспорт, 1970. Вып. 39. С. 21–30.
4. Тарасова М.В., Троценко И.А. Технико-экономическая эффективность применения различных грунтов, укрепленных цементом, в АПК. Вестник ОмГАУ. № 4 (24). 2016. С. 259–264.
5. Шари дорожнього одягу з кам'яних матеріалів, відходів промисловості і ґрунтів, укріплених цементом. Проектування та будівництво. ГБН В.2.3-37641918-554:2013. [Чинний від 2013-11-01]. Київ: Держбуд України, 2013. 43 с. (Національний стандарт України).
6. Волков М.И. Методы испытаний строительных материалов: учебник. Москва: Стройиздат, 1974. 315 с.
7. Тулаев А.Л., Корошев М.В., Исаев В.С. Дорожные одежды с использованием шлаков: учебник. Москва: Транспорт, 1986. 221 с.
8. Чудинов С.А. Исследования влияния технологических факторов на прочность цементогрунтов. Вестник Марийского государственного технического университета. Серия «Лес. Экология. Природопользование». 2010. № 1 (8). С. 46–52.

References

1. Bezruk V.M., Ritov M.N., Glagoleva K.M., Chernov I.K. Dorozhnye osno-vaniya i po-krytiya iz ukreplennykh gruntov: uchebnik. Moskva: Transport, 1966. 128 s.
2. Bezruk V.M., Guryachkov I.L., Lukanina T.M., Agapova R.A. Ukreplennye grunty. (Svoystva i primeneniye v dorozhnom i aerodromnom stroitel'stve): uchebnik. Moskva: Transport, 1982. 231 s.
3. Dorozhnye odezhdyy s primeneniem gruntov ukreplennykh vyazhushchimi materialami. Zb. Trudov SoyuzDORNII. Moskva: Transport, 1970. Vyp. 39. S. 21–30.

4. Tarasova M.V., Trotsenko I.A. Tekhniko-ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya razlichnykh gruntov, ukreplennykh tsementom, v APK. Vestnik OmGAU. № 4 (24). 2016. S. 259–264.
5. Shari dorozhn'ogo odyagu z kam'yanikh materialiv, vidkhodiv promislovosti i rruntiv, ukriplennykh tsementom. Proektuvannya ta budivnitstvo. GBN V.2.3-37641918-554:2013. [Chinniy vid 2013-11-01]. Kyiv: Derzhbud Ukraïni, 2013. 43 s. (Natsional'niy standart Ukraïni).
6. Volkov M.I. Metody ispytaniy stroitel'nykh materialov: uchebnik. Moskva: Stroyizdat, 1974. 315 s.
7. Tulaev A.L., Koroshev M.V., Isaev V.S. Dorozhnye odezhdyy s ispol'zovaniem shlakov: uchebnik. Moskva: Transport, 1986. 221 s.
8. Chudinov S.A. Issledovaniya vliyaniya tekhnologicheskikh faktorov na prochnost' tsementogrunтов. Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya «Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie». 2010. № 1 (8). S. 46–52.

Фоменко Олена Олександрівна, асистент каф. будівництва та експлуатації автомобільних доріг, тел. +38 050-107-08-02, lensanfom@ukr.net,

Сєдов Андрій Віталійович, к.т.н., доц. каф. будівництва та експлуатації автомобільних доріг, тел. +38 050-301-14-75, avs.1708@ukr.net, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Use of coarse-grained soils reinforced with cement in the construction of pavement layers

Abstract. Problem. *When designing and building pavements, it is necessary to make full use of local low-strength stone materials reinforced with inorganic binders (cement, lime, activated ash, etc.). The economic feasibility of using cement soils for paving in areas not provided with local stone materials is particularly significant. Under these conditions, the cost of 1 m² of cement-soil layer is often 1.5-2 times lower than the cost of 1 m² of a uniform layer of imported materials. layer of imported materials. When using the technology of soil strengthening with inorganic binders, there is no need for a significant*

amount of transport, as it is possible to strengthen the local soil, which is located nearby, and only binders can be delivered to the work site. It is possible to unload cement in the car for distribution of binder directly on a place of carrying out works. Strengthening local soils can provide a solid foundation. Soils suitable for cement hardening are much more common than stone materials. The strength of coarse-grained soils depends on the constituent rocks and the density of laying. Fragments of igneous rocks have the greatest strength, sedimentary rocks have the lowest. The most active part of the cement-soil mixture, which provides the creation of a new structure of the reinforced soil, is cement. As a result of the interaction of cement with water, with salts present in the soil and partially with the fine part of the soil, a new water-resistant crystallization structure appears in the strengthened soil. The strength of this structure is determined mainly by the composition and quality of cement. During soil treatment with cement, hydration processes, as well as other chemical reactions will increase or slow down depending on the chemical and mineral compositions of cement, the nature of the soil and its physicochemical state at the time of treatment. When strengthening soils with cements of the same brands, but of different mineral composition, cement soils with different properties will be obtained. Therefore, the final decision on the suitability of cement and its dosage is made based on the results of tests of cement soil samples. In each case, the decision to use high-quality cements or additives that increase the strength and frost resistance of the cement soil must be economically justified.

Key words: *pavement, fragile soils, cement, strength and frost resistance, water saturation.*

Fomenko Olena, Lecturer at the Department of Road Construction and Maintenance, tel. +38 050-107-08-02, lensanfom@ukr.net,

Siedov Andrii, Ph.D., Assoc. Prof. Department of Road Construction and Maintenance, tel. +38 050-301-14-75, avs.1708@ukr.net,

Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.