УДК 624.138
В.К.Жданюк, А.С.Лапченко, Я.І.Панасюк
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВЛАСТИВОСТІ КОМПЛЕКСНО УКРІПЛЕНОГО ҐРУНТУ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА КОНСТРУКТИВНИХ ШАРІВ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Досліджені властивості цементоґрунту з добавками поліпропіленової фібри та водного катіонного латексу Butonal NS 198. Встановлено залежності механічних та розрахункових характеристик фіброцементоґрунту, а також морозостійкості, від концентрації водного катіонного латексу Butonal NS 198 у його складі.

Ключові слова: *фіброцементоґрунт, поліпропіленова фібра, водний катіонний латекс Butonal NS 198, границя міцності при розколі, модуль пружності, показник дефектності структури, морозостійкість.*

Одним з важливих факторів зниження вартості дорожнього будівництва є заміна дорогих, привізних кам'яних матеріалів, які використовуються при будівництві шарів дорожнього одягу, місцевими. В якості місцевого матеріалу можна використовувати різні види ґрунтів. Однак, дуже часто, такі матеріали не здатні задовольнити відповідні критерії за міцністю та морозостійкістю при їх використанні в шарах дорожнього одягу автомобільних доріг. Найпоширенішим способом поліпшення властивостей ґрунтів вважається їх укріплення різними в'яжучими. Для цього традиційно використовуються мінеральні або органічні в'яжучі матеріали [1-4]. У той же час, укріплення ґрунтів з використанням тільки одного в'яжучого не завжди дає бажаний ефект. У випадку укріплення ґрунтів тільки органічними в'яжучими не завжди вдається отримати матеріал, який мав би необхідну міцність та деформативність, що може призводити до накопичення залишкових пластичних деформацій в конструктивних шарах дорожнього одягу. При укріпленні ґрунту тільки мінеральним в'яжучим можливо отримати матеріал, який має високу міцність, проте недостатню тріщиностійкість. До того ж, в цьому випадку не завжди можна забезпечити необхідну морозостійкість. Тому найбільш перспективними є способи укріплення ґрунтів з застосуванням комплексних в'яжучих матеріалів [5], або одного в'яжучого матеріалу і різних добавок, які видозмінюють структуру і, відповідно, властивості матеріалу [6,7].

В роботі досліджували супіщаний ґрунт укріплений цементом з додаванням поліпропіленової фібри та водного катіонного латексу Butonal NS 198. Для досліджень був прийнятий цементоґрунт з 0,05 % поліпропіленової фібри довжиною 18 мм, у який додатково вводили різну кількість водного катіонного латексу Butonal NS 198. Вибір концентрації та довжини фібри був обумовлений результатами попередніх досліджень [8], які свідчать про те, що при використанні волокон вказаної довжини досягається максимальна міцність на розтяг при згині фіброцементоґрунту. Концентрація портландцементу Балакліївського цементного заводу марки М 400 у складі фіброцементоґрунту складала 12 % від маси сухого ґрунту. Властивості цементоґрунту з добавкою 0,05 % поліпропіленової фібри і різної кількості водного катіонного латексу Butonal NS 198 оцінували за показниками, що нормовані в [9,10].

Експериментально отримані залежності границі міцності при стиску та при розколі фіброцементоґрунту від концентрації водного катіонного латексу Butonal NS 198 наведені на рис. 1. Отримана залежність границі міцності при стиску на 28 добу тужавіння від концентрації водного катіонного латексу має екстремальний характер. При цьому екстремум відповідає 3 % водного катіонного латексу Butonal NS 198. Із залежності видно, що показник границі міцності при стиску фіброцементоґрунту з 3 % добавки Butonal NS 198 від маси цементу збільшився в 1,18 рази, порівняно з контрольними зразками. Подальше збільшення кількості водного катіонного латексу Butonal NS 198 у складі фіброцементоґрунту (> 3 %) зменшує його границю міцності при стиску на 3 % при 5 % латексу і на 12 % при вмісті 10 % латексу, порівняно з максимальним значенням досліджуваного показника.

© В.К. Жданюк, А.С. Лапченко, Я.І. Панасюк

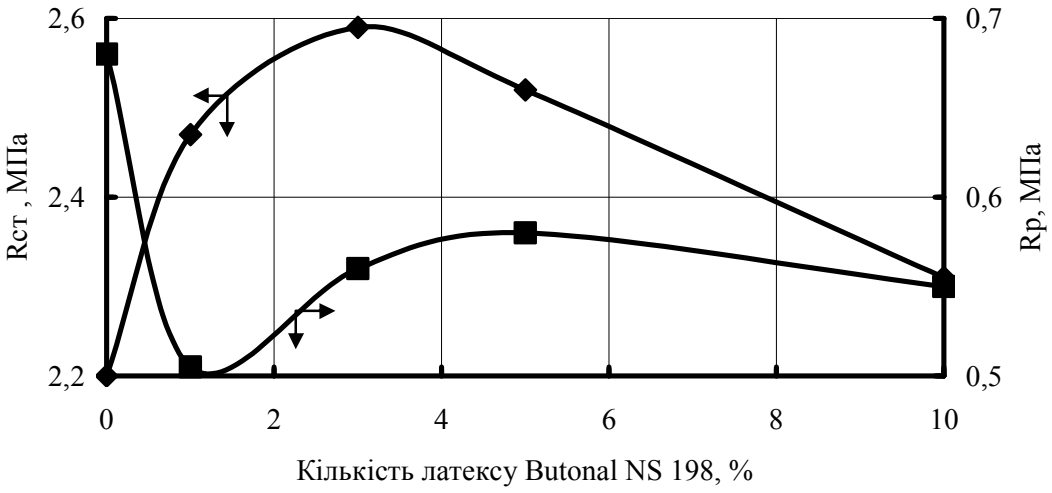

Рис. 1. Залежність границі міцності при стиску (◆) та при розколі (■) фіброцементоґрунту на 28 добу тужавіння від концентрації водного катіонного латексу Butonal NS 198

Одночасно, введення 1 % водного катіонного латексу Butonal NS 198 до складу фіброцементоґрунту призводить до зменшення показника границі міцності при розколі в 1,35 рази. Таке різке зменшення показника границі міцності при розколі може бути пов'язане з недостатньою зчеплюваністю армуючих волокон з цементоґрунтом (проковзування волокон при розколі зразків). Зменшення зчеплюваності полімерної фібри з цементоґрунтом може пояснюватись формуванням на поверхні поліпропіленових волокон тонкого шару з адсорбованих молекул латексу у процесі приготування суміші. Це добре узгоджується з роботами Лобанова К.О. та Пухаренко Ю.В. [11, 12], які підтверджують, що міцність композитного матеріалу зменшується при погіршенні зчеплюваності армуючих волокон з матрицею.

Подальше збільшення кількості водного катіонного латексу Butonal NS 198 у складі фіброцементоґрунту (> 1 %) дещо збільшує показник його границі міцності при розколі, порівняно з фіброцементоґрунтом з 1 % латексу.

Залежність розрахованого за результатами експериментальних досліджень показника дефектності структури ($R_{ст}$/ $R_р$) фіброцементоґрунту від кількості введеного до його складу катіонного латексу Butonal NS 198, що наведена на рис. 2, теж має екстремум. Із залежності видно, що при введенні до складу фіброцементоґрунту 1 % катіонного латексу Butonal NS 198 спостерігається різке зростання показника дефектності структури, яке пов'язане зі зниженням міцності зчеплюваності поліпропіленових волокон із затужавілим цементоґрунтом і, відповідно, зменшенням однорідності структури матеріалу та його міцності при розколі. З подальшим збільшенням концентрації добавки Butonal NS 198 відбувається поступове зменшення показника дефектності структури (при послабленому армуючому ефекті волокон), що свідчить про підвищення однорідності структури, ймовірно за рахунок зменшення у матеріалі кількості пор не заповнених латексом. При збільшенні однорідності структури матеріалу логічно було б очікувати збільшення його міцнісних характеристик, пороте при збільшенні концентрації добавки Butonal NS 198 до 10 % цього не спостерігається. Це можливо пов'язане з тим, що зі збільшенням концентрації латексу у фіброцементоґрунті зростає товщина полімерних плівок, які стають перепоною для зрощування кристалогідратних новоутворень та формування міцних кристалізаційних зв'язків. Очевидно, що при наявності одночасно органічного та мінерального в'яжучих у матеріалі формуються як кристалізаційні, так і коагуляційні зв'язки, кількісне співвідношення між якими може по різному впливати на його міцність та морозостійкість.

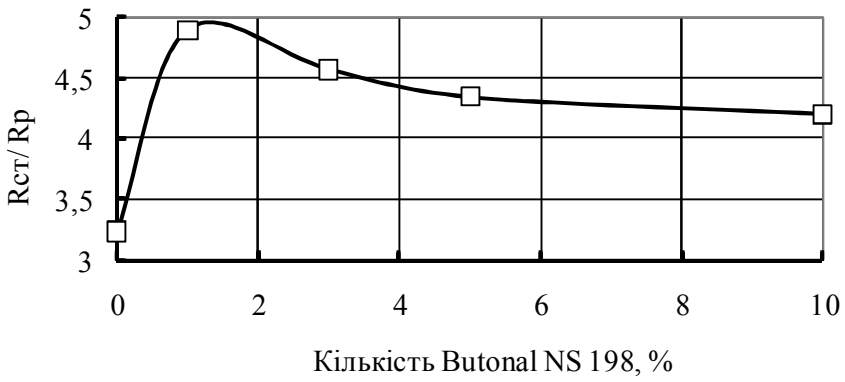

Рис. 2. Залежність показника дефектності структури фіброцементоґрунту від концентрації водного катіонного латексу Butonal NS 198

Експериментальне визначення згідно [13] модуля пружності, як розрахункової характеристики, необхідної для розрахунку конструкцій дорожніх одягів автомобільних доріг, вказує на залежність його величини від вмісту водного катіонного латексу Butonal NS 198 у складі фіброцементоґрунту. Експериментально отримані результати свідчать про те, що модуль пружності фіброцементоґрунту зменшується при введенні у його склад латексу Butonal NS 198. Так, модуль пружності досліджуваного фіброцементоґрунту без добавки Butonal NS 198 становить 2970 МПа, при додаванні 1 % латексу він зменшується до 2125 МПа, при 3 % становить 2265 МПа, а при 5 % – 2585 МПа. При цьому, за абсолютними значеннями модуля пружності фіброцементоґрунт з 3-5 % водного катіонного латексу Butonal NS 198 відноситься до III класу міцності згідно з ВБН В.2.3-218-54:2010.

Результати експериментальних досліджень морозостійкості фіброцементоґрунту (наведені в таблиці 1), показують, що коефіцієнт морозостійкості, який визначався як відношення міцності зразків при стиску після певної кількості циклів заморожування-відтавання до міцності при стиску контрольних зразків, залежить від вмісту водного катіонного латексу Butonal NS 198 у його складі. З наведених у таблиці 1 даних видно, що збільшення кількості водного катіонного латексу Butonal NS 198 у складі фіброцементоґрунту призводить до підвищення його морозостійкості. Наприклад, після 60 циклів заморожування-відтавання фіброцементоґрунт з 3 % Butonal NS 198 має на 20 % більший коефіцієнт морозостійкості ніж фіброцементоґрунт без латексу, а з 10 % Butonal NS 198 - на 40 %.

Таблиця 1

Значення коефіцієнта морозостійкості фіброцементоґрунту з різною концентрацією водного катіонного латексу Butonal NS 198

Кількість циклів заморожування-відтавання	Кількість катіонного латексу Butonal NS 198 у складі фіброцементоґрунту, %				
	0	1	3	5	10
0	1	1	1	1	1
10	0,90	0,93	0,93	0,93	0,93
20	0,81	0,83	0,86	0,87	0,90
30	0,76	0,79	0,81	0,83	0,85
60	0,55	0,63	0,66	0,74	0,77

Отримані результати експериментальних досліджень дозволяють констатувати, що при комплексному укріплені супіщаного ґрунту цементом, пропіленовою фіброю та водним катіоннім латексом серії Butonal NS 198 відбувається зростання показників його міцності. Поліпропіленова фібра у складі цементоґрунту забезпечує зростання його границі міцності при розколі. Додаткове введення до складу фіброцементоґрунту водного катіонного латексу забезпечує підвищення границі міцності при стиску та коефіцієнта морозостійкості, а також одночасне зниження показників границі міцності при розколі та модуля пружності. Регулюючи кількісне співвідношення цементу, катіонного латексу та армуючої поліпропіленової фібри можливо отримати комплексно укріплений ґрунт, як матеріал для будівництва конструктивних шарів дорожніх одягів автомобільних доріг, з підвищеними показниками міцності та тривалої морозостійкості.

1. Кузнецов В.А. Исследование эффективности и области применения цементогрунта при строительстве дорог в условиях Западной Сибири // Труды СоюздорНИИ. – Вып. 14. – 1966. – С. 65-84.
2. Ястребова Л.Н. Процессы структурообразования грунтов с битумными эмульсиями и влияние на них природы эмульгатора / Ястребова Л.Н., Плотникова И.А. // Труды СоюздорНИИ. – Вып. 5. – 1965. – С. 70-88.
3. Фурсов С.Г. Строительство конструктивных слоев дорожных одежд из грунтов, укрепленных вяжущими материалами / С.Г. Фурсов // Автомобильные дороги и мосты. – Вып. 3. – 2007. – С. 17-21.
4. Расулов А.А. Технология получения и структурно-механические свойства полимер-песчаного покрытия для закрепления подвижных песков: Автореферат дис. … кандидата тех. наук: 05.23.05 / Расулов А.А. – Харьков, 1988. – 18 с.
5. Голеско В.А. Исследование механических свойств укрепленных грунтов и рациональное использование их в дорожных одеждах: Автореферат дис. … кандидата тех. наук: 05.23.05 / Голеско В.А. – Харьков, 1979. – 26 с.
6. Голубева Е.А. Регулирование свойств дорожного цементогрунта методом модифицирования полимерными добавками: Автореферат дис. … кандидата тех. наук: 05.23.05 / Голубева Е.А. – Улан-Удэ, 2009. – 22 с.
7. Брехман А.И. Модификация укрепленных грунтов при строительстве сельских автомобильных дорог // Известия КазГЛСУ. – № 2 (14). – 2010. – С. 313-318.
8. Жданюк В.К. Властивості цементоґрунту з добавками поліпропіленової фібри / Жданюк В.К., Лапченко А.С., Панасюк Я.І. // Автошляховик України. – № 1 (225). – 2012. – С. 30-32.
9. ВБН В.2.3-218-541:2010 Влаштування шарів дорожніх одягів з ґрунтів, укріплених в’яжучими матеріалами. - Київ: Державна служба автомобільних доріг України, 2010. – 39 с.
10. ВБН В.2.3-218-002-95 Проектування і будівництво основ та покриттів автомобільних доріг із кам’яних матеріалів, промислових відходів і грунтів, укріплених цементом. - Київ: Українська державна корпорація по будівництву, ремонту та утриманню автомобільних доріг, 1995. – 45 с.
11. Лобанов И.А. Дисперсно-армированные бетоны, область их применения, пути качественного улучшения свойств / Лобанов И.А. // Производство строительных изделий и конструкций. – Л.: ЛИСИ, 1976. – С. 1-22.
12. Пухаренко Ю.В. Принципы формирования структуры и прогнозирование прочности фибробетонов / Ю. В. Пухаренко // Строительные материалы. – 2004. – №10. – С. 47-50.
13. ВБН В.2.3-218-186-2004. Дорожній одяг нежорсткого типу. Київ: Державна служба автомобільних доріг України «УКРАВТОДОР», 2004. – 71 с.

© В.К. Жданюк, А.С. Лапченко, Я.І. Панасюк