

УДК 625.731.2

Заїченко В.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕОРГАНІЧНИХ ВЯЖУЧИХ НА ФІЗИКО – МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ УКРІПЛЕНИХ ГРУНТІВ

Анотація. Перспективним шляхом підвищення якості основ та ґрунтів земляного полотна є введення в їх склад добавок, що покращують та стабілізують фізико-механічні властивості та показники довговічності. Однією із таких добавок є *Infra Crete*[®], яка дозволяє підвищити фізико-механічні показники укріпленого цементом ґрунту. Проведений аналіз показав, що ґрунти стабілізовані цементом + *Infra Crete*[®], відповідають вимогам, що пред'являються до укріплених ґрунтів за Європейськими вимогами. В роботі наведено можливості отримання жорстких зв'язків ґрунту при укріпленні добавкою цементу + *Infra Crete*[®] та встановлено оптимальні розміри витрат даної добавки для укріплення ґрунту.

Ключові слова: укріплення ґрунтів, *Infra Crete*[®], фізико-механічні властивості ґрунтів.

Аннотация. Перспективным путем повышения качества основ и грунтов земляного полотна является введение в их состав добавок, которые улучшают и стабилизируют физико – механические свойства и показатели долговечности. Одной из таких добавок является *Infra Crete*[®], которая позволяет повысить физико – механические показатели укрепленного цементом грунта. Проведенный анализ показал, что грунты стабилизированные цементом + *Infra Crete*[®], отвечают требованиям, которые предъявляются к укрепленным грунтам за Европейскими требованиями. В работе приведены возможности получения жестких связей

грунтов при укрєпленнн добавккой цемент + Infra Crete[®] и установлены оптимальные размеры расходов данной добавки для укрєпления грунтов.

Ключевые слова: укрєпление грунтов, Infra Crete[®], физико - механические свойства грунтов.

Annotation. Perspective way to improve the quality of soils and foundations of the subgrade is to put in their composition of additives that improve and stabilize the physical - mechanical properties and durability performance. One of these supplements is Infra Crete[®], which increases physical - mechanical properties of hardened cement ground. The analysis showed that the soil stabilized with cement + Infra Crete[®], meet the requirements that apply to soil stabilization for European requirements. In the robot are given opportunities of hard connection of soil additive for strengthening cement + Infra Crete[®], and the optimal amount of expenditure of the additives to enhance the soil.

Keywords: strengthening of soils, Infra Crete[®], Physical - mechanical properties of soils.

В останні роки спостерігається суттєве збільшення об'єму дорожнього будівництва в Україні, зокрема в складних інженерно-геологічних умовах. Все частіше для будівництва використовуються ділянки, що складаються із так званих слабких ґрунтів – мули, заторфовані ґрунти, просадочні, набрякаючі, засолені ґрунти та ін.

Деякі із вказаних ґрунтів (мули, заторфовані ґрунти) в природному стані мають невисоку несучу здатність і підвищену стискальність. Для інших характерно суттєве погіршення механічних властивостей при певних впливах (наприклад, замочування просадочних ґрунтів, розсолєння засолених ґрунтів і ін.). Недооцінка цих явищ може привести до значних, часто нерівномірних осадок, а в гіршому випадку до втрати стійкості основи.

Сучасний стан науки, конструкторської та технологічної баз дають широкий вибір заходів стосовно будівництва в складних умовах. Багато з цих заходів виявляються чи не єдиними для вирішення тієї чи іншої задачі [1-2].

Перспективним шляхом підвищення якості основ та ґрунтів земляного полотна є введення в їх склад добавок, що покращують та стабілізують фізико-механічні властивості та показники довговічності.

Однією із таких добавок є **Infra Crete[®]**, яка як відомо за результатами вітчизняних та зарубіжних досліджень дозволяє підвищити фізико-механічні показники укріпленого цементом ґрунту. Проведений співробітниками кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії аналіз показав, що ґрунти стабілізовані цементом + **Infra Crete[®]**, відповідають вимогам, що пред'являються до укріплених ґрунтів за Європейськими вимогами.

Для перевірки можливості підвищення фізико-механічних властивостей ґрунтів укріплених добавкою цемент + **Infra Crete[®]**, відповідно до вимог стандартів України, були поставлені такі завдання.

Завдання досліджень:

- встановлення можливості отримання жорстких зв'язків ґрунту при укріпленні добавкою цементу + **Infra Crete[®]**;
- встановлення оптимальних витрат даної добавки для укріплення ґрунту.

Відбір проб та визначення властивостей вихідних ґрунтів

Для вирішення поставлених завдань, на першому етапі досліджень, були відібрані проби різних ґрунтів для встановлення впливу мінералогічного складу, гумусових речовин та кислотності середовища на властивості укріпленого ґрунту.

Проби ґрунту масою 40-50 кг відбирались в м. Київ, вул. Кіквідзе, транспортувались, зберігались згідно вимог ДСТУ Б В.2.1-8-2001 (ГОСТ 12071-2000) [3].

Результати випробувань, що представлені в табл. 1, показали, що дані ґрунти мають підвищену кислотність та високий вміст органічних речовин. Згідно вимог нормативних документів [4] такі ґрунти придатні до укріплення цементом після нейтралізації їх кислотності вапном або іншими лужними речовинами. Тому, з метою порівняння ефективності застосування досліджуваної добавки цемент + **Infra Crete[®]**, дані ґрунти також укріплювали портландцементом марки М 400 (без додавання вапна).

Методика приготування зразків

З метою отримання порівняльних результатів, готували суміші досліджуваних ґрунтів з добавкою цемент + **Infra Crete[®]** та з добавкою портландцементу М400. Склад сумішей наведено в таблиці 2.

Орієнтовна кількість добавок призначалась згідно [4]. При приготуванні сумішей ґрунту з цементом + Infra Crete[®] та цементом в повітряно-сухий ґрунт вносили добавки, суміш перемішували та визначали оптимальну вологість та максимальну щільність скелету ґрунту. Результати визначення оптимальної вологості досліджуваних сумішей показали, що вона практично збігається із такою ж вологістю для вихідного ґрунту і відрізняється в сторону збільшення на 1-3 %.

Таблиця 1 – Результати визначення фізичних властивостей ґрунтів

Найменування показника	Ґрунти	
	проба №1	проба №2
Щільність часток ґрунту, г/см ³	2,53	2,57
Щільність скелету ґрунту при стандартному ущільненні, г/см ³	1.90	2.01
Оптимальна вологість ґрунту при стандартному ущільненні, %	12,0	12.05
Гігроскопічна вологість, %	0,19	0,41
Межа текучості, %	26,01	6,97
Межа розкочування (пластичності),%	22,02	5,31
Число пластичності	3,99	1,66
Гранулометричний склад, вміст фракцій, %:		
>2.0 мм	0,18	0,13
2,0 –1,0 мм	0,10	0,65
1,0-0,5 мм	0,62	3.99
0,5-0,25 мм	2.20	35.97
0,25-0,1 мм	12.79	32.71
0,1 – 0,05мм	23.71	9.41
0,05 – 0,01мм	41.30	12.24
0,01-0,005	8.27	408
<0,005мм	0.83	0.82
рН водної витяжки	5	5
Назва ґрунту	клас – природні дисперсні, група - зв'язні, вид – глинисті, різновид – супісок пілуватий	клас – природні дисперсні, група - зв'язні, вид – глинисті, різновид – супісок піщанистий

З сумішей ґрунту з добавками (табл. 2) та оптимальною кількістю води, виготовляли зразки-циліндри. Зразки-циліндри випробовували для визначення: міцності при стиску на 7-у добу після зберігання у вологих умовах та 28-у добу у водонасиченому стані.

Зразки, виготовлені з різних сумішей, зберігали у вологих умовах - поміщали у герметичну шафу над ємністю з водою. Межа міцності при стиску визначалась на зразках після капілярного водонасичення.

Капілярне водонасичення зразків проводились через шар вологого піску (15 см). Зразки насичують протягом 3-х діб.

Таблиця 2 – Варіанти укріплення ґрунтів добавками цементу та цементу + Infra Crete®

№ проби	№ суміші	Назва, кількість добавки: Ц, % від маси ґрунту;	Назва, кількість добавки: Infra Crete®, % від маси Ц	№ проби	№ суміші	Назва, кількість добавки: Ц, % від маси ґрунту;	Назва, кількість добавки: Infra Crete®, % від маси Ц
№ 1 (світлий)	1	5	-	№2 (темний)	1	5	-
	2	9	-		2	9	-
	3	13	-		3	13	-
	4	5	1		4	5	1
	5	9	1		5	9	1
	6	13	1		6	13	1
	7	5	2		7	5	2
	8	9	2		8	9	2
	9	13	2		9	13	2
	10	5	3		10	5	3
	11	9	3		11	9	3
	12	13	3		12	13	3

Методика та результати випробувань

Межа міцності при стиску визначалась на циліндричних зразках за допомогою гідравлічного пресу із швидкість вільного ходу поршня 3 мм/хв. [4].

Межу міцності при стиску обчислювали за формулою

$$R = \frac{P}{F}, \quad (1)$$

де P - руйнівне навантаження;

F – початкова площа основи зразка.

Межа міцності при стиску обчислювалася з точністю до 0,5 кгс/см² як середнє арифметичне результатів випробувань трьох зразків. Розбіжність між результатами випробувань окремих зразків не перевищувала 15%.

Результати визначення межі міцності на стиск ґрунтів укріплених добавками наведено на рис. 1-8.

Проведені дослідження різних складів укріплених ґрунтів показали, що добавка до цементу InfraCrete суттєво впливає на показники міцності.

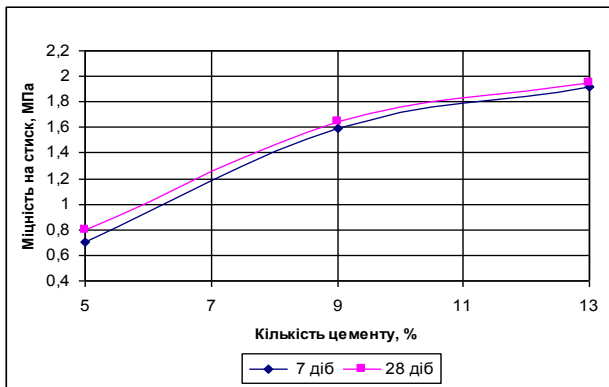


Рис. 1. Залежність межі міцності зразків на стиск від кількості цементу для складів №№ 1, 2, 3 (ґрунт № 1 - супісок пилюватий)

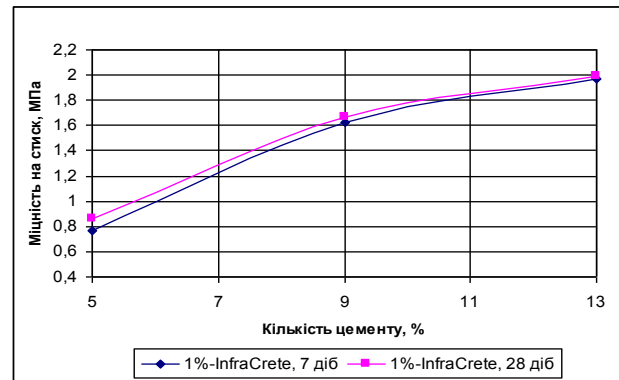


Рис. 2. Залежність межі міцності зразків на стиск від кількості цементу і добавки InfraCrete для складів №№ 4, 5, 6 (ґрунт № 1 - супісок пилюватий)

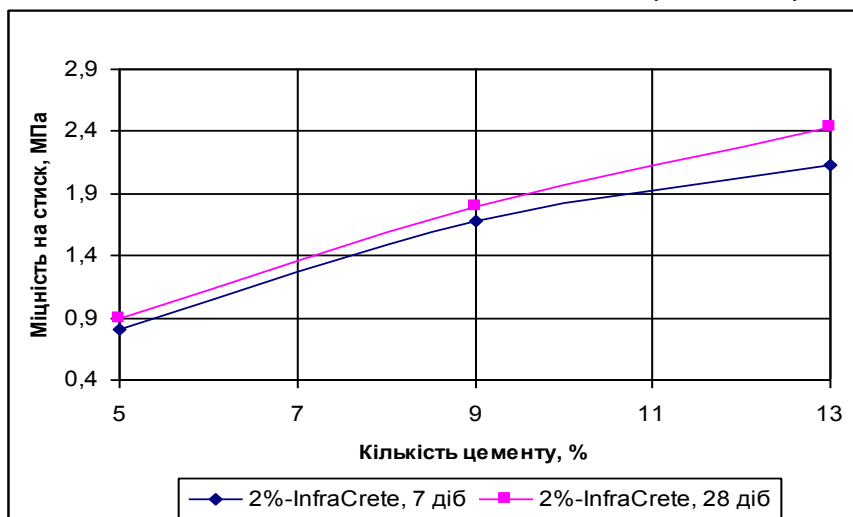


Рис. 3. Залежність межі міцності зразків на стиск від кількості цементу і добавки InfraCrete для складів №№ 7, 8, 9 (ґрунт № 1 - супісок пилюватий)

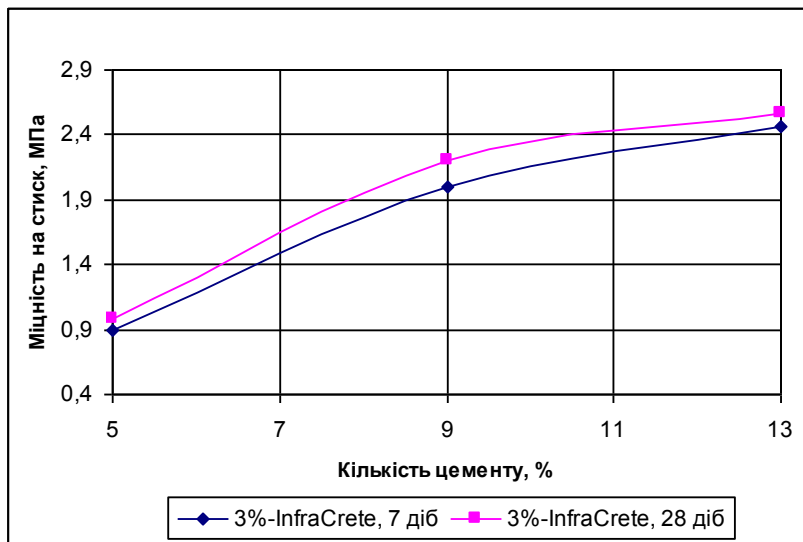


Рис. 4. Залежність межі міцності зразків на стиск від кількості цементу і добавки InfraCrete для складів №№ 10, 11, 12 (грунт № 1 - сугісок пілуватий)

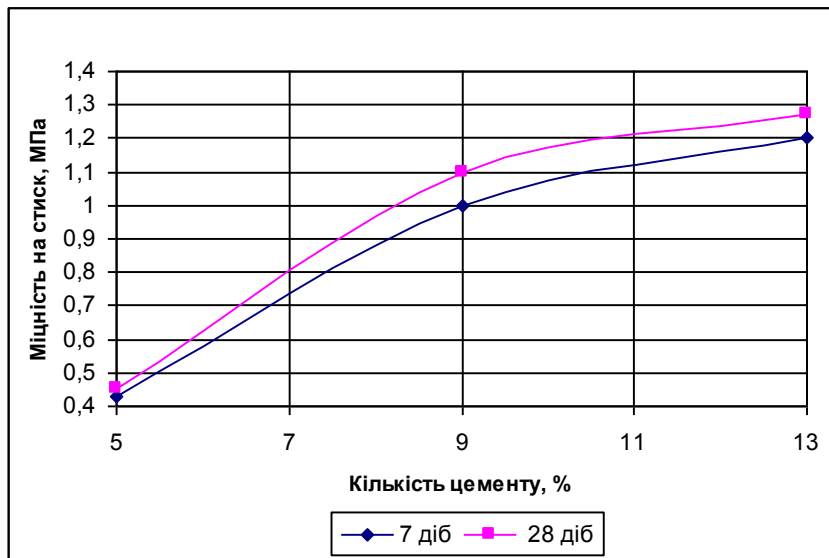


Рис. 5. Залежність межі міцності зразків на стиск від кількості цементу для складів №№ 1, 2, 3 (грунт № 2 - сугісок піщанистий)

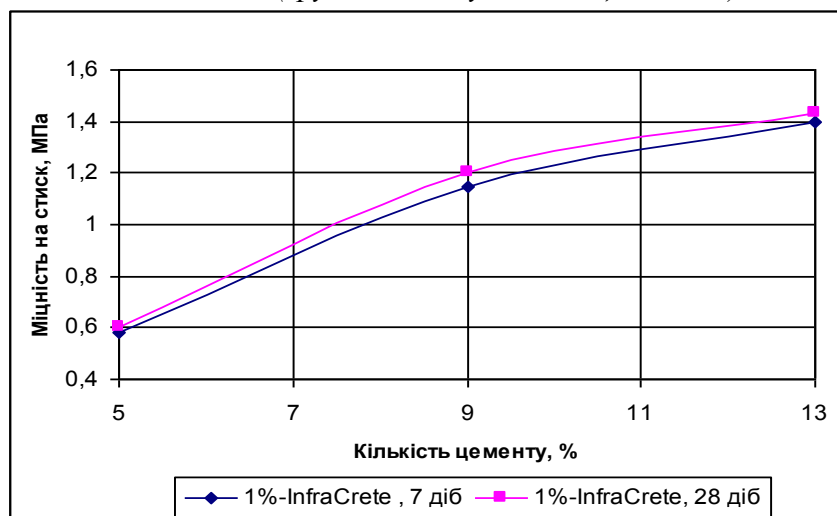


Рис. 6. Залежність межі міцності зразків на стиск від кількості цементу і добавки InfraCrete для складів №№ 4, 5, 6 (грунт № 2 - сугісок піщанистий)

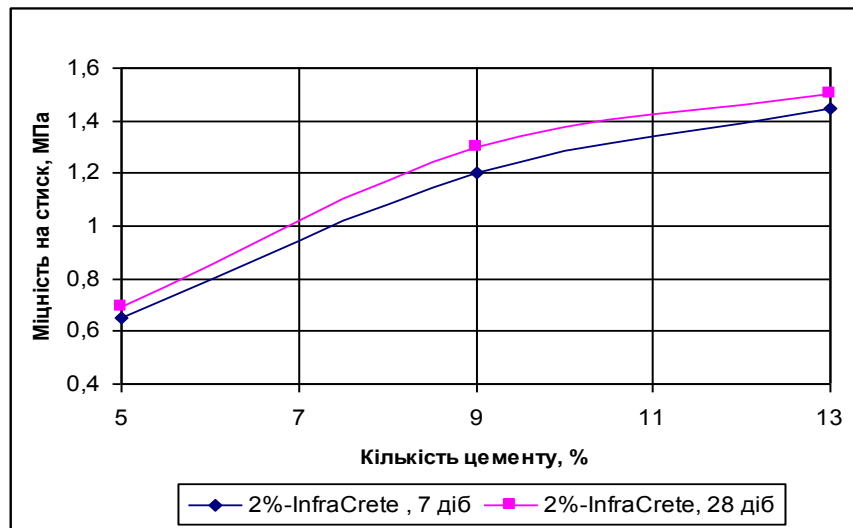


Рис. 7. Залежність межі міцності зразків на стиск від кількості цементу і добавки InfraCrete для складів №№ 7, 8, 9 (грунт № 2 - супісок піщанистий)

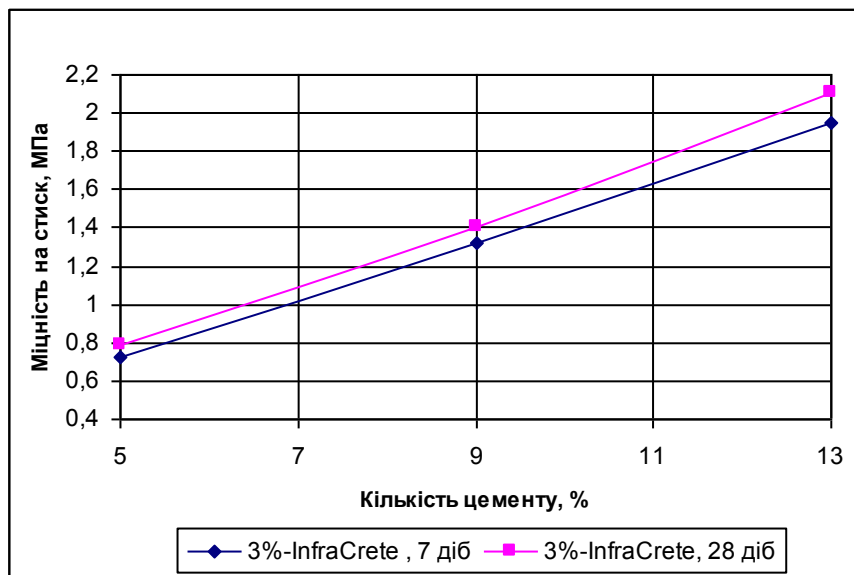


Рис. 8. Залежність межі міцності зразків на стиск від кількості цементу і добавки InfraCrete, для складів №№ 10, 11, 12 (грунт № 2 - супісок піщанистий)

Міцність зразків із укріпленого супіску пилюватого (проба № 1) при використанні добавки до цементу InfraCrete зростає у порівнянні зі складами №1, №2, №3 (грунт + цемент) для складів (із використанням InfraCrete) №4, 5, 6 на 5-10%, для складів №7, 8, 9 на 10-20%, для складів №10, 11, 12 на 20-25%.

Міцність зразків із укріпленого супіску піщанистого (проба № 2) при використанні добавки до цементу InfraCrete зростає у порівнянні зі складами №1, №2, №3 (грунт + цемент) для складів (із використанням InfraCrete) №4, 5, 6 на 5-10%, для складів №7, 8, 9 на 15-35%, для складів №10, 11, 12 на 20-45%.

Висновки

1. Проведені дослідження добавки *InfraCrete*® та виконаний літературний аналіз показали, що ґрунти стабілізовані *InfraCrete*®, відповідають вимогам, що пред'являються до укріплених ґрунтів за як Європейськими вимогами так і за вимогами стандартів України.

2. Зміна показників міцності ґрунтів укріплених добавкою *InfraCrete*® в межах (5-45%) в залежності від кількості добавки та різновиду ґрунту свідчить про можливість активного регулювання його властивостей в конкретних виробничих умовах.

3. Попередні дослідження свідчить про доцільність застосування *InfraCrete*® для виконання будівництва, реконструкції, а також ремонту з метою забезпечення довговічності і економічності споруд, зменшення матеріалоємності та термінів будівництва.

Література

1. ДСТУ Б В.2.1-8-2001 (ГОСТ 12071-2000) . Ґрунти. Відбирання, упакування, транспортування і зберігання зразків. Київ.: 2002. – 16с.
2. ГОСТ 5180-84. Ґрунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: 1986. - 24с.
3. ГОСТ 12536-79. Ґрунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. М.: 1980. - 24с.
4. ВБН В.2.3-218-002-95. Проектування і будівництво основ та покриттів автомобільних доріг із кам'яних матеріалів, промислових відходів і ґрунтів, укріплених цементом. Київ.: 1995.-46 с.
5. ГОСТ 22733-77 . Ґрунты.. Метод лабораторного определения максимальной плотности. М.: 1979. - 10 с.
6. ГОСТ 23740-79. Ґрунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ. М.: 1979. – 21 с.
7. ДСТУ Б В.2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95) . Ґрунти. Класифікація. Київ.: 1997. – 42 с.
8. ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытаний. М.: 1989. - 32 с.