

УДК 624.138

- © В.К. Жданюк, докт. техн. наук, професор,
- © А.С. Лапченко, канд. техн. наук, с.н.с.,
- © Я.І. Панасюк (ХНАДУ)

# ВЛАСТИВОСТІ ЦЕМЕНТОГРУНТУ З ДОБАВКАМИ ПОЛІПРОПІЛЕНОВОЇ ФІБРИ

**Анотація.** Досліджені особливості впливу добавок поліпропіленової фібри на границю міцності при стиску, розтягу при згині та розколі фіброцементогрунту. Наведено результати порівняльних досліджень властивостей фіброцементогрунту з волокнами різної довжини.

**Ключові слова:** цементогрунт, фіброцементогрунт, поліпропіленове волокно, механічні характеристики, армування.

**Аннотация.** Исследованы особенности влияния добавок полипропиленовой фибры на предел прочности при сжатии, растяжении при изгибе и расколе фиброцементогрунта. Приведены результаты сравнительных исследований свойств фиброцементогрунта с волокнами различной длины.

**Ключевые слова:** цементогрунт, фиброцементогрунт, полипропиленовое волокно, механические характеристики, армирование.

**Annotation.** Polypropylene fibers influence on compressive, tensile and split strength of soil reinforced by cement with fiber are investigated. Comparative studies results of the soil's properties reinforced by cement with fiber different lengths are shown.

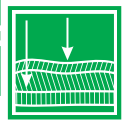
**Keywords:** soil reinforced by cement, soil reinforced by cement with fiber, polypropylene fiber, mechanical characteristics, reinforcement.

Відомо, що використання в конструкціях нежорстких дорожніх одягів ґрунтів, укріплених мінеральними в'язучими, збільшує стійкість усієї конструкції до накопичення залишкових деформацій і, відповідно, її довговічність. Використання місцевих ґрунтів, укріплених цементом, сприяє також зменшенню матеріалоемності конструкції дорожнього одягу за рахунок скорочення витрат кондиційних дорожньо-будівельних матеріалів та кошторисної вартості будівництва. Застосування цементогрунтів для будівництва дорожніх одягів є особливо актуальним для областей України, які не мають власних природних родовищ кам'яних матеріалів.

Проте, цементогрунти в шарах дорожнього одягу характеризуються недостатньо високою міцністю на розтяг при згині. Одним із способів підвищення міцності шарів дорожніх одягів із цементогрунтів, по аналогії з дисперсно-армованими цементними бетонами [1, 2], є введення до їх складу сучасних армуючих добавок, до яких можна віднести поліпропіленову фібру (волокна).

У процесі лабораторних досліджень для приготування фіброцементогрунтів використовували супісчаний ґрунт. В якості мінерального в'язучого використовували портландцемент марки М 400 виробництва Балакліївського цементного заводу. Концентрація цементу у складі фіброцементогрунту складала 12 % від маси сухого ґрунту. Для армування цементогрунту використовували поліпропіленове волокно, яке мало такі технічні характеристики: діаметр – 17–21 мкм; довжина – 6 мм, 12 мм та 18 мм; середня щільність – 910 кг/м<sup>3</sup>; міцність на розрив – 400 Н/мм<sup>2</sup>. Концентрація поліпропіленової фібри в складі цементогрунтової суміші становила 0,01–0,05 % за масою. Заформовані з фіброцементогрунтової суміші зразки тужавили в гідравлічній ванні. Їх випробовували на 7 та 28 добу. Вплив поліпропіленових волокон на цементогрунт оцінювали за показниками, що нормовані [3, 4].

Результати виконаних експериментальних досліджень свідчать про те, що поліпропіленова фібра довжиною 6 мм практично не впливає на границю міцності при стиску фіброцементогрунту, порівняно

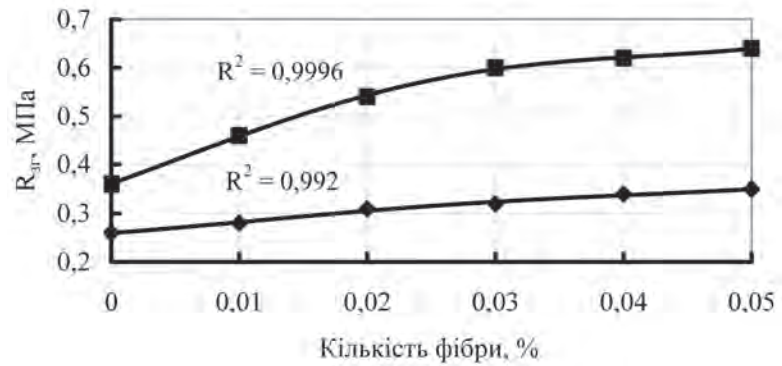


із цементогрунтом без фібри. Так, на 7 добу міцність при стиску контрольних зразків (цементогрунт без фібри) становила 1,71 МПа, при додаванні 0,01 % поліпропіленової фібри – 1,75 МПа, 0,02 % – 1,85 МПа, 0,03 % – 1,72 МПа, 0,04 % – 1,68 МПа, 0,05 % – 1,68 МПа. На 28 добу тужавіння міцність при стиску досліджуваного цементогрунту та фіброцементогрунтів збільшилась, відповідно, у 2,14 рази (контрольні зразки), у 2,06 рази (0,01 % фібри), у 1,96 рази (0,02 % фібри), у 2,13 рази (0,03 % фібри); у 2,20 рази (0,04 % фібри), у 2,05 рази (0,05 % фібри), порівняно з міцністю на 7 добу.

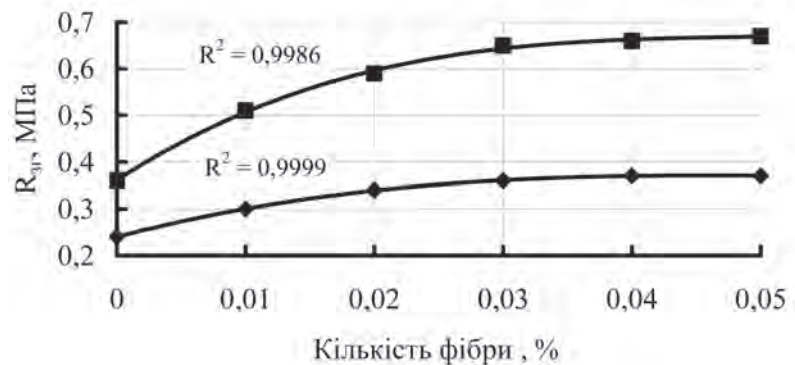
Збільшення довжини поліпропіленових волокон у складі фіброцементогрунтів дещо підвищує їх границю міцності при стиску. Так, границя міцності при стиску фіброцементогрунтів на 28 добу тужавіння при концентрації фібри 0,01 % довжиною 6 мм становила – 3,60 МПа, при довжині 12 мм – 3,87 МПа, а при довжині 18 мм – 3,90 МПа. При додаванні 0,05 % фібри довжиною 6 мм до цементогрунту міцність при стиску на 28 добу тужавіння становила – 3,45 МПа, при довжині волокна 12 мм – 3,78 МПа, а при довжині 18 мм – 3,80 МПа.

Наведені на **рис. 1–3** результати визначення границі міцності на розтяг при згині цементогрунту та фіброцементогрунтів показують, що збільшення концентрації фібри від 0 % до 0,05 % призводить до зростання цього показника як на 7 добу, так і на 28 добу тужавіння. При цьому, ця тенденція зберігається для фіброцементогрунтів з добавками пропіленових волокон різної довжини.

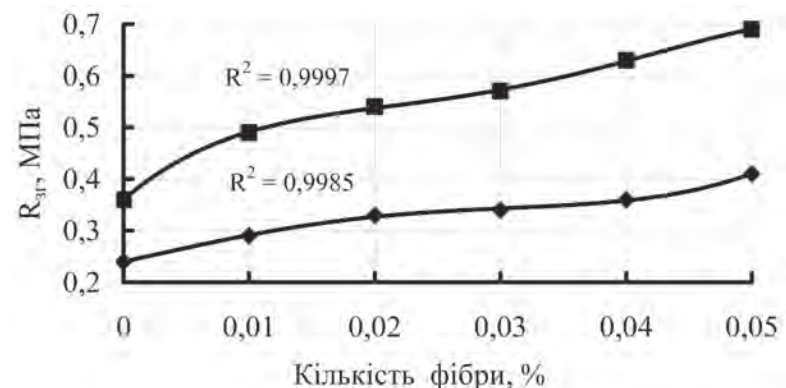
При цьому, інтенсивність зростання міцності на розтяг при згині фіброцементогрунту зменшується зі збільшенням у його складі концентрації фібри (**рис. 1–3**). Так, при додаванні 0,01 % фібри міцність на розтяг при згині фіброцементогрунту збільшилась у 1,36 рази, порівняно із цементогрунтом, а при додаванні 0,05 % фібри – у 1,09 рази, порівняно з фіброцементогрунтом з вмістом 0,04 % фібри. Це свідчить про те, що при концентрації фібри 0,05 % у складі цементогрунту практично забезпечується максимальна міцність на розтяг при згині фіброцементогрунту. Подальше збільшення вмісту фібри призводить до погіршення рівномірного розподілення її у об'ємі фіброцементогрунту.



**Рис. 1.** Залежність границі міцності на розтяг при згині цементогрунту від вмісту поліпропіленової фібри довжиною 6 мм (◆ – 7 доба тужавіння, ■ – 28 доба тужавіння)



**Рис. 2.** Залежність границі міцності на розтяг при згині цементогрунту від вмісту поліпропіленової фібри довжиною 12 мм (◆ – 7 доба тужавіння, ■ – 28 доба тужавіння)



**Рис. 3.** Залежність границі міцності на розтяг при згині цементогрунту від концентрації поліпропіленової фібри довжиною 18 мм (◆ – 7 доба тужавіння, ■ – 28 доба тужавіння)

Таблиця 1

## Показники міцності та дефектності структури цементогрунту з різною концентрацією поліпропіленової фібри в його складі

Кількість фібри, %	Характеристики на 28 добу тужавіння								
	6 мм			12 мм			18 мм		
	$R_{ct}$	$R_p$	$R_{ct}/R_p$	$R_{ct}$	$R_p$	$R_{ct}/R_p$	$R_{ct}$	$R_p$	$R_{ct}/R_p$
0	3,66	0,18	20,33	3,79	0,18	21,06	3,79	0,18	21,06
0,01	3,60	0,23	15,65	3,87	0,26	14,88	3,90	0,25	15,60
0,02	3,60	0,27	13,32	3,80	0,30	12,66	3,64	0,27	13,48
0,03	3,66	0,30	12,20	3,90	0,33	11,82	3,75	0,29	12,90
0,04	3,69	0,31	11,90	3,70	0,33	11,21	3,70	0,32	11,56
0,05	3,45	0,32	10,78	3,78	0,34	11,11	3,80	0,35	10,85

Аналіз отриманих результатів досліджень показує, що при однаковій концентрації поліпропіленової фібри у складі фіброцементогрунту значення його границі міцність на розтяг при згині на 7 та 28 добу тужавіння дещо зростають зі збільшенням довжини армуючого волокна. Так, при 0,05 % поліпропіленового волокна довжиною 6 мм міцність на розтяг при згині фіброцементогрунту на 7 добу тужавіння становить 0,35 МПа, при довжині волокна 12 мм – 0,37 МПа, а при довжині волокна 18 мм – 0,41 МПа. На 28 добу тужавіння міцність на розтяг при згині фіброцементогрунту при довжині фіброволокон 6 мм та концентрації 0,05 % становить 0,64 МПа, при довжині 12 мм – 0,67 МПа та при довжині 18 мм – 0,69 МПа.

За отриманими результатами експериментальних досліджень розраховано показник дефектності структури, як відношення границі міцності матеріалу при стиску до границі міцності на розтяг при розколі  $R_{ct}/R_p$  [5]. Показник дефектності структури свідчить про міцність структурних зв'язків та однорідність матеріалу. Чим слабкіші структурні зв'язки, чим більше число дефектів і мікротріщин у матеріалі та його неоднорідність, тим більший показник дефектності структури. Дослідження показали (табл. 1), що у фіброцементогрунті показник дефектності структури тим менший, чим більша кількість поліпропіленової фібри присутня у його складі. Так, порівняно із цементогрунтом, показник дефектності структури фіброцементогрунту з 0,01 % фібри довжиною 18 мм менший на 26 %, з 0,02 % фібри – на 36 %, з 0,03 % фібри – на 38,7 %, з 0,04 % фібри – на 45 %, а з 0,05 % фібри – на 48,5 %. При цьому, довжина армуючих поліпропіленових волокон, при однаковій їх концентрації, практично не впливає на показник дефектності структури фіброцементогрунту.

## Висновки

Результати експериментальних досліджень дозволяють констатувати, що показник границі міцності при стиску є малочутливим критерієм оцінки ефективності поліпропіленової фібри у складі цементогрунту, порівняно з границею міцності на розтяг при згині, границею міцності на розтяг при розколі та показником дефектності структури. Введення полі-

пропіленової фібри до складу цементогрунту позначається на зростанні величини показника границі міцності на розтяг при згині та розколі, а також на зменшенні показника дефектності структури матеріалу. При введенні до складу фіброцементогрунту 0,05 % поліпропіленової фібри довжиною 6 мм границя міцності на розтяг при розколі та згині зростає на 77,8 %, а показник дефектності структури зменшується на 88,6 %, порівняно із цементогрунтом без фібри. При тій же концентрації, фібра довжиною 18 мм забезпечує зростання вказаних показників міцності на 94,4 % та зменшення показника дефектності структури на 94,1 %. Значно більші значення показників міцності при розтягу фіброцементогрунтів, порівняно з цементогрунтом без фібри, свідчать про доцільність їх застосування в шарах основи дорожніх одягів автомобільних доріг. Завдяки використанню фіброцементогрунтів у конструкціях дорожніх одягів можливо підвищити їх довговічність, зменшити матеріалоемність та кошторисну вартість будівництва.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Арончик В.Б. Определение минимальной длины армирующего волокна для дисперсно-армированного бетона / Арончик В.Б., Калнайс А.А. – Рига.: “Звайзне”, 1974. – 154 с.
2. Деревянко В.Н. Структурно-функциональные модели композитов, армированных дискретными волокнами / В. Н. Деревянко, Е. Г. Кушнир, О.В. Шаповалова // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Днепропетровск: ПГАСА, 2009. – № 10. – С. 10–16.
3. ВБН В.2.3–218–541:2010. Влаштування шарів дорожніх одягів з ґрунтів, укріплених в'язучими матеріалами. – Київ: Державна служба автомобільних доріг України, 2010. – 39 с.
4. ВБН В.2.3–218–542:2010. Проектування і будівництво основ та покриттів автомобільних доріг із кам'яних матеріалів, промислових відходів і ґрунтів, укріплених цементом. – Київ: Державна служба автомобільних доріг України, 2010. – 45 с.
5. Грушко И.М. Прочность бетонов на растяжение / Грушко И.М., Ильин А.Г., Чихладзе Э.Д. – Харьков: “Вища школа”, 1973. – 155 с.