

ВПЛИВ ЗОЛИ ВИНЕСЕННЯ НА МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОЦЕМЕНТУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даній роботі описано та аргументовано вміст золи винесення в якості мінеральної добавки до складу ґрунтоцементу. Наведено результати дослідження впливу вмісту золи винесення як мінеральної добавки у складі ґрунтоцементу на міцнісні характеристики, з метою визначення оптимального відсотку заміщення вя'язучої речовини для збільшення економічної та екологічної ефективності матеріалу з мінімальними втратами міцнісних характеристик ґрунтоцементу.

Ключові слова: ґрунтоцемент, зола-винесення, міцність, мінеральні добавки.

Abstract

This paper describes and argues the content of fly ash as a mineral additive in the composition of soil cement. The results of a study of the influence of the content of fly ash as a mineral additive in the composition of soil cement on the strength characteristics are presented, in order to determine the optimal percentage of binder replacement to increase the economic and environmental efficiency of the material with minimal loss of strength characteristics of soil cement.

Keywords: soil cement, fly ash, strength, mineral additives.

Вступ

У сучасному світі та в Україні активно ведеться розбудова міст з кожним роком та все більше загострюється питання нестачі вільного простору для забудови, адже міста зростають та забудова стає все щільнішою. Все частіше постає питання забудови ділянок з несприятливими чи складними інженерно-геологічними умовами. При недостатній несучій здатності природних ґрунтів слід застосовувати інженерні заходи щодо покращення властивостей ґрунтової основи до необхідного рівня на місці їх залягання або підсилення за рахунок влаштування в них несучих конструктивних елементів, а враховуючи велику вартість залізобетонних чи бетонних конструкцій ґрунтоцементні елементи все більше набирають популярності.

Ґрунтоцемент як матеріал має велику популярність та широкий спектр використання через його переваги, але й недоліки також присутні, основними з яких є відносно невелика міцність у порівнянні з бетонними та залізобетонними конструкціями [1-2], висока пористість, та відносно велика вартість за рахунок використання дороговартісного вя'язучого. Тому різними авторами [1-2] пропонуються різні добавки по типу хвостів збагачення (відходи від збагачення корисних копалин), вапна, різних типів пластифікаторів, а також автором [3] пропонується метод вібрування для покращення характеристик міцності ґрунтоцементу. Перспективним напрямком зниження вартості ґрунтоцементу є використання домішок для зниження кількості вя'язучого, зокрема золи-винесення (Fly Ash), як побічного продукту енергетичного сектору та промислового виробництва, яка являє собою дрібнодисперсний матеріал, що утворюється в процесі спалювання твердого палива. Як відомо зола-винесення успішно використовувалась як мінеральна добавка до бетонів, яка покращувала властивості матеріалу [5, 6].

Саме тому в даній роботі пропонується дослідити вплив вмісту золи-винесення на міцнісні характеристики ґрунтоцементу при заміщенні частину вя'язучої речовини для зниження вартості матеріалу в цілому.

Програма дослідження та вихідні матеріали

Вихідними матеріалами для виготовлення ґрунтоцементу було прийнято цемент, золу винесення Київської ТЕС, ґрунт, воду.

В якості ґрунту (рис. 1) був використаний суглинок лесоподібний, твердий, просадочний,

високо пористий, жовто-коричневий з характеристиками:

- щільність ґрунту $\rho = 1,6 \text{ г/см}^3$;
- вологість ґрунту $W = 0,113$;
- вологість на межі пластичності $W_p = 0,181$;
- вологість на межі текучості $W_L = 0,263$.

Для виготовлення зразків в якості в'язучого прийнято цемент марки М400. Цемент виготовлений згідно ДСТУ Б В. 2.7-46-96. Цемент марки М400 відноситься до виду портланд цементу, до складу якого входять породи карбонатної та глинистих груп, оксиди алюмінію, кальцію, заліза, магнію, кремнію, тонкий клінкерний помел, гіпс та мінеральні добавки. Ці складові служать для покращення характеристик таких як еластичність, міцність, швидкість тужавіння.

Вода, яка використовувалась не містить шкідливих домішок які могли б зашкодити процесу тужавіння ґрунтоцементу, показник $pH = 8$, вода була слабо лужна, слабомінералізована, гідрокарбонатно-кальцієва.

В якості мінеральної добавки використовували золу-винесення Київської ТЕС. Зола-винесення - це побічний продукт, який утворюється внаслідок спалювання твердих палив на ТЕС, вона являє собою дрібнодисперсний порошок. Основні фізико-механічні властивості :

- гідравлічна активність $0,4 \text{ МПа}$;
- питома поверхня $2000 \dots 3000 \text{ см}^2/\text{г}$;
- насипна густина 1150 кг/м^3 ;
- істинна густина $1,95 \text{ г/см}^3$.

Хімічний та мінералогічний склад відповідають основним вимогам, що висуваються до золи-винесення, що використовується як добавка до бетонів.

Таблиця 1 - Хімічний склад золи винесення Київської ТЕС

Оксиди	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅
Масова частка оксидів, %	55,3	1,4	22,34	5,42	2,52	0,12	2,46	5,96	0,75	2,46	0,38	0,33

Для дослідження впливу золи-винесення на міцнісні характеристики ґрунтоцементу було виконано випробування кубиків та призм на стиск R з різним відсотком заміщення в'язучої речовини на золу-винесення. Випробування проводились згідно ДСТУ Б В.2.7-214:2009 як для бетонів з урахуванням ДСТУ Б В.2.1-4-96.

Метою експериментальних досліджень було визначення максимального відсотка заміщення в'язучої речовини на золу-винесення з мінімальними втратами міцнісних характеристик ґрунтоцементу відносно зразка без вмісту золи-винесення.

Для методики виготовлення ґрунтоцементної суміші було прийнято пропорцію 1:5 (20% в'язучої речовини від ваги ґрунту), а також водоцементне відношення 0,7-1,0. Для отримання ґрунтоцементної суміші змішувались цемент та вода у відповідності до прийнятого водоцементного відношення, після чого в отриманий розчин додавалися ґрунт та зола-винесення у необхідній кількості з поступовим перемішуванням на протязі 5-7 хвилин (до утворення однорідної маси), після чого отриману ґрунтоцементну суміш викладали у форми з ущільненням (рис 2). Згідно до нормативної документації було виконано 6 замісів по три зразки з різним відсотковим заміщенням в'язучого на золу-винесення. Програму дослідження наведено в таблиці 2, враховуючи досвід авторів [5-7]. Після викладення ґрунтоцементної суміші в форми, зразки витримувались у формах на протязі 3-х діб в лабораторних умовах, після чого були переміщені у воду та витримувались на протязі 28 діб (рис 3). Після витримування зразків у воді було проведено випробування кубиків та призм на стиск R за допомогою пресу (рис. 4), а також отримано дані для побудови графіків (рис.5 та 6).



Рис. 1 – Ґрунт, який використовувався



Рис. 2 – Процес виготовлення та укладання



Рис. 3 – Витримання зразків



Рис. 4 – Процес випробування

Таблиця 2 – Програма дослідження

№ п/п	Цемент гр.	Зола гр.	Грунт гр	Вода гр	Зола % від в'язучого	Цемент % від ґрунту
Кубічні зразки						
1	1300	0	6500	1300	0	20
2	1170	130	6500	1300	10	18
3	1040	260	6500	1300	20	16
4	910	390	6500	1300	30	14
5	780	520	6500	1300	40	12
6	650	650	6500	1300	50	10
Призматичні зразки						
1	1200	0	6000	1200	0	20
2	1080	120	6000	1200	10	18
3	960	240	6000	1200	20	16
4	840	360	6000	1200	30	14
5	720	480	6000	1200	40	12
6	600	600	6000	1200	50	10

Результати дослідження

В результаті проведення дослідження за допомогою пресу було отримано дані, на основі яких побудовано графіки (рис.5 та 6).

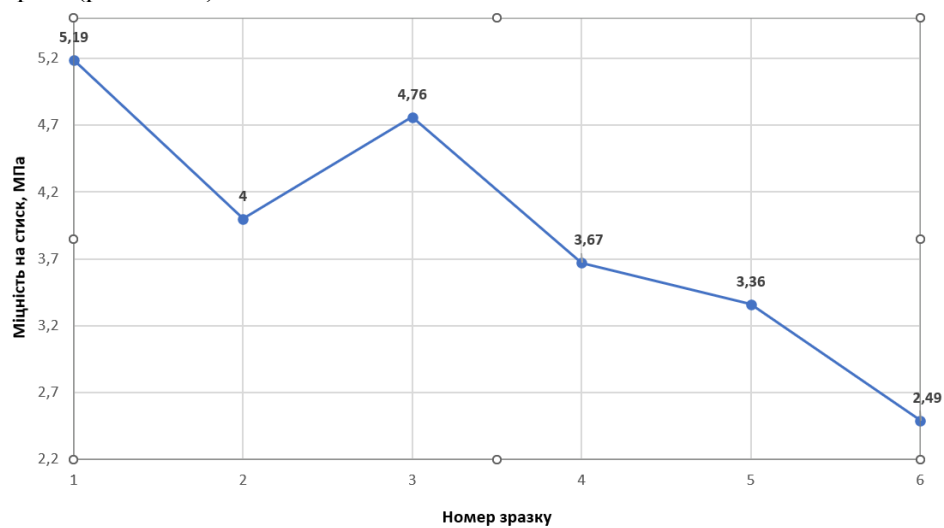


Рис. 5 – Графік міцності кубічних зразків

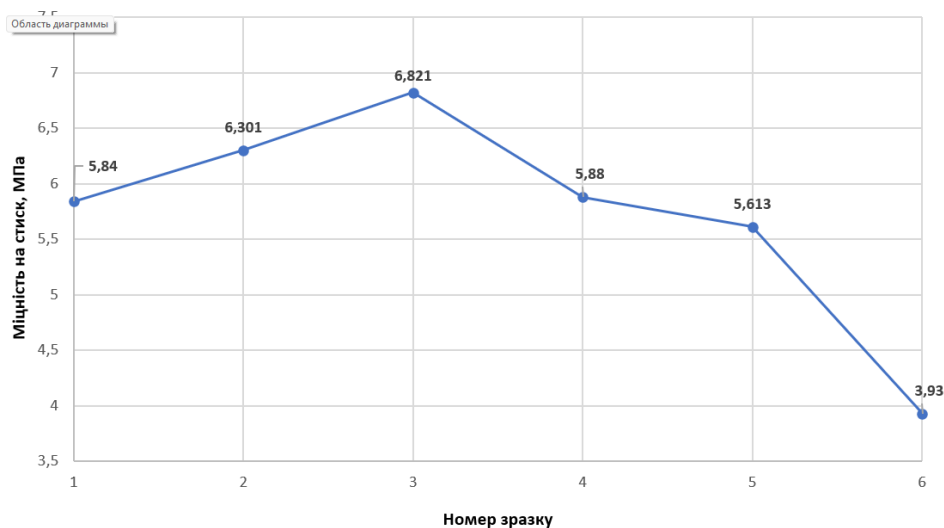


Рис.6 – Графік міцності призматичних зразків

Проаналізувавши отримані дані з графіків видно, що зразки, в яких заміщували 10% від ваги в'язучого на золу-винесення, міцність на стиск в кубічних зразках коливається в межах 3,79-4,3 МПа, в зразках, які містили 20% золи від в'язучого, міцність на стиск коливається в межах 4,4-5,15 МПа, а в зразках з 30% вмісту золи винесення від в'язучого міцність становила 3,54-3,86 МПа, а при збільшенні вмісту золи-винесення до 40-50% міцність ґрунтоцементних зразків починає знижуватись до 2,36 МПа. В призматичних зразках спостерігаємо збільшення міцності при додаванні золи-винесення в межах від 10% до 30%, після чого міцність поступово зменшується, максимальний показник становив 6,821 МПа при заміщенні 20% в'язучого золою виносу.

Висновки

Застосування золи-винесення, як мінеральної добавки до складу ґрунтоцементу, має позитивний ефект. При лабораторних дослідженнях зразків ґрунтоцементу на міцність встановлено оптимальну кількість золи-винесення, що знаходиться в межах 10-30% від ваги в'язучого, при цьому міцність ґрунтоцементних елементів суттєво не змінюється. Використання золи-винесення у складі ґрунтоцементу дає позитивний економічний та екологічний ефекти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зоценко М. Л., Винников Ю. Л., Зоценко В. М. Бурові ґрунтоцементні палі, які виготовляються за бурозмішувальним методом: монографія. Харків: «Друкарня Мадрид», 2016. 94 с
2. Новицький О. П. Вплив пластифікуючих добавок на міцність ґрунтоцементу / Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2012. Вип. 4 (34) – с. 171 – 177
3. Нестеренко Т. М. Вплив вібрування на механічні характеристики ґрунтоцементу / Будівельні конструкції: міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). – Вип. 75. Кн. 2. – К.: ДП НДІБК, 2011. С. 656 – 660
4. Петраш, Р. В. Спільна робота ґрунту та елементів армування, які виготовлені за бурозмішувальною технологією: дис. на здобуття наук. ст. канд. техн. наук: 05.23.02 / ПолтНТУ, Полтава, 2009. – 216 с.
5. Маєвська І. В., Очеретний В. П., Гончарук М.С. Визначення впливу добавок золи-винесення на властивості ґрунтоцементу / Іноваційні технології в будівництві. Міжнародна н/т конф. ВНТУ, Вінниця, 2018. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2018/paper/view/6020>
6. Гріщенко Р. П., Маєвська І. В. Аналіз міцності ґрунтоцементу при частковій заміні ґрунту на золу винесення. / Енергоефективність в галузях економіки України. Міжнародна н/т конф. ВНТУ, Вінниця, 2019. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2019/paper/viewFile/8263/6946>.
7. Блащук Н.В. Маєвська І. В. (2020) Використання золи винесення у складі ґрунтоцементу. Вилучено з: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/allfbtegp-2020/paper/download/9154/7828>

Шевчук Олексій Михайлович — аспірант групи 192-22а, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: omshevchuk@gmail.com

Блащук Наталя Вікторівна — доцент кафедри “Будівництва, міського господарства та архітектури”. Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: blaschuk@vntu.edu.ua

Oleksii Mykhailovych Shevchuk — postgraduate student of group 192-22a, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: omshevchyk@gmail.com

Natalia Viktorivna Blashchuk — associate professor of the Department of “Construction, Urban Management and Architecture”. Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: blaschuk@vntu.edu.ua