

ВИКОРИСТАННЯ ГРУНТОЦЕМЕНТНИХ ПАЛЬ З ДОБАВКАЮ МІНЕРАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ СТОВПЧАСТИХ ФУНДАМЕНТІВ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. В даній статі викладено результати дослідження напружено-деформованого стану "армована основа – фундамент" з ґрунтоцементних палей з додаванням золи винесення.

Ключові слова: мінеральні добавки; ґрунтоцемент; зола-виносу.

Abstract. This article presents the results of the study of the stress-strain state of "reinforced base - foundation" of soil cement piles with the addition of ash.

Keywords: mineral additives; soil cement; ash-removal.

Вступ

В останні роки з розвитком технологій виготовлення набивних палей отримав впровадження новий метод влаштування штучних основ шляхом армування слабких ґрунтів вертикальними жорсткими елементами. Ефект такого армування основ полягає у тому, що у певному об'ємі слабого ґрунту частина його замінюється жорстким матеріалом із достатньо великим модулем деформації. Модуль деформації утвореної штучної основи можна прийняти у першому наближенні середньовиваженим. Він може регулюватися за рахунок зміни відстані між сусідніми елементами армування та їх розмірів.

Вертикальні жорсткі елементи можуть бути виготовлені за допомогою таких відомих технологій, як ґрутонабивної, буронабивної, струменевої і навіть занурення палей [1]. Вони виконують роль елементів армування, коли між їх головами і фундаментом немає безпосереднього контакту. Їх звичайно розділяє подушка із щебеню. [2]

Технологічність, економічність, невеликі енергоємність і матеріаломісткість – це основні показники, які обґрунтовують актуальність досліджень використання ґрунтоцементу при влаштуванні основ і фундаментів.

Ці передумови зумовлюють доцільність та актуальність подальшого дослідження стану стовпчастого фундаменту на армованих вертикальними елементами основах. Для економії матеріалів запропоноване використання у складі в'язучого ґрунтоцементних палей золи винесення.

Створення достовірної розрахункової моделі ґрунтової основи, що забезпечує достатню відповідність між результатами розрахунку і дійсністю – все ще одна із найважливіших проблем фундаментобудування. Одним з програмних комплексів, в якому можна реально змодельовати ґрунтове середовище навколо палей є Plaxis, який розроблений на основі методів скінченних елементів та умов просторової задачі.

Метою роботи є розроблення методики оцінювання напружено-деформованого стану "армована основа – фундамент" з ґрунтоцементних палей з додаванням золи винесення.

Аспірант Полтавського університету О. П. Новицький досліджував вплив пластифікуючих добавок на міцність ґрунтоцементу та шляхи зниження вартості влаштування фундаменту при використанні місцевого матеріалу, тобто ґрунтів, які залягають в основі об'єкта будівництва.

Вибір мінеральних добавок

При закріпленні ґрунтів в'язучими речовинами особливе значення для їх водостійкості та механічної міцності має вихідна зв'язність ґрунтів в природному стані, яка під дією додавання цементу, вапна чи інших в'язучих якісно змінюється та переходить зі зворотної до незворотної.

Використання в якості добавки золи винесення пропонувалось лише для бетонів. Дослідженнями і практикою встановлена ефективність введення сухих пилоподібних зол при

виготовленні бетонних і розчинних сумішей в якості активних мінеральних добавок і мікронаповнювачів.

Бетонні суміші з золами мають більшу зв'язність, кращі властивості перекачування, меншим водовідділенням і розшаруванням. Бетон має при цьому велику міцність, щільність, водонепроникність, стійкість до деяких видів корозії, меншу теплопровідність.

Найбільш ефективні як активні добавки в бетони кислі золи, що не володіють терпкими властивостями; їх активність проявляється у взаємодії з цементним в'язучим. Залежно від цієї характеристики по відношенню до конкретного цементу, водопотреби і легкоукладальності бетонної суміші, умов і тривалості твердіння вдається істотно скоротити витрату цементу.

Використання програмного комплексу

Моделювання роботи стовпчастого фундаменту та ґрунтоцементних паль виконуватиметься за допомогою програмного комплексу Plaxis 3D, який базується на використанні чисельного методу скінчених елементів.

Plaxis являє собою цільовий пакет геотехнічних програм для скінчено-елементного аналізу напруженого стану системи «будівля-основа» в плоскій і просторовій постановці. Всі моделі матеріалів, що використовуються, базуються на залежності між швидкістю зміни ефективних деформацій і швидкістю проходження деформацій.

Характеристика використовуваних матеріалів

Вихідними матеріалами для виготовлення ґрунтоцементу приймаємо цемент, ґрунт - суглинок, воду. Цемент виготовлений згідно з вимогами ДСТУ Б В. 2.7-46-96. В якості мінеральної добавки застосовуємо золу-виносу Ладижинської ТЕС.

В якості в'язучого для виготовлення експериментальних зразків і їх дослідження використовувався портландцемент марки М400.

Портландцемент марки М400 являє собою композицію компонентів мінерального походження, що знаходяться в агрегатному стані. У складі суміші переважають оксиди кальцію, магнію, оксиди алюмінію, заліза, кремнію. Частка мінеральних складових досягає 98%.

Цемент М400 відповідно до вимог ГОСТ 31108-2003 повинен відповідати наступним характеристикам:[3]

- межа міцності на стиск (через 28 діб) - не менше 30 МПа;
- початок (час) схоплювання - не менше 60 хвилин, міцність (до 98%) досягається після закінчення 28 днів;
- щільність в розпушеному стані - 1000-1200 кг на кубічний метр;
- рівномірність зміни обсягу - не більше 10 мм;
- морозостійкість - робочий діапазон температур -60 - +300 градусів, 70 циклів повного заморожування / відтавання;
- водостійкість цементу, повністю набрав міцність – висока.

Портландцемент має такі характерні ознаки, як більш сповільнені терміни тужавіння, помірна динаміка наростання ранньої міцності, висока міцність у більш пізні терміни твердіння.

Для виготовлення досліджуваних зразків ґрунтоцементу був використаний ґрунт – суглинок лесований, жовто-коричневий, твердий, високопористий, карбонатний, просадочний.

Для приготування ґрунтоцементних зразків використовуватиметься вода гідрокарбонатно-кальцієва, слабомінералізована, слаболужна, показник рН = 8, яка не містить шкідливих домішок, що перешкоджає нормальному твердінню цементу.

Зола-виносу - полімінеральний тонкодисперсний порошок, побічний продукт спалювання твердого палива на ТЕЦ. Фізико-механічні властивості золи-виносу такі [4]:

- гідравлічна активність 0,4 МПа;
- насипна густина 1150 кг/м³;
- істинна густина 1,95 г/см³;
- питома поверхня 2000...3000 см²/г.

Результати мікроскопічних досліджень свідчать, що мікроструктура низько кальцієвої золи-винос (70-80 %) являється скловидна алюмосилікатна фаза у вигляді частинок кулеподібної форми розміром до 100 мкм. Хімічний склад золи-виносу подано у таблиці 1.

Таблиця 1 - Хімічний склад золи-виносу Ладизинської 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, % за даними	55,3	1,4	22,34	5,42	2,52	0,12	2,46	5,96	0,75	2,46	0,38	0,33

Хімічний та мінералогічний склади відповідають основним вимогам, що висуваються до золи для бетонів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Випробування проводились згідно з ДСТУ Б В.2.7-214:2009 як для бетонів з урахуванням ДСТУ Б В.2.1-4-96. Визначення міцності ґрунтоцементу полягає у вимірюванні мінімальних зусиль, що руйнують спеціально виготовлені контрольні зразки при їх статичному навантаженні з постійною швидкістю росту навантаження.

Критеріями експерименту призначили модуль деформації E та міцність ґрунтоцементу на стиск R. Методика виготовлення ґрунтоцементної суміші полягає в наступному. Цемент та вода у необхідній кількості перемішуються вручну до отримання однорідного стану, так званого цементного молока. Кількість цементу беремо 20 % від ваги сухого ґрунту. Водцементне відношення (В/Ц) приймаємо 0,6 – 1,0. Потім в отриманий розчин додається ґрунт з певною вологістю та зола-виносу –отримана суміш повинна перемішуватись до однорідної маси протягом 5 хвилин. Після перемішування ґрунтоцементна суміш викладатиметься у форми з розмірами 10x10x10 см.

На другу добу після формування кубики витягатимуться з форм і зберігатимуться до випробування у воді протягом 28 діб (час набору міцності). Випробування зразків (кубиків, циліндрів) на стиск виконуватиметься за допомогою преса та компресійного приладу. На кожне випробування буде виготовлено по 5 зразків однієї серії (однаковий вміст ґрунту, цементу, В/Ц). Прикладення навантаження проводитиметься до руйнування зразка.

У результаті випробувань отримане значення міцності на стиск та модуль деформації ґрунтоцементу та ґрунтоцементу з мінеральною добавкою. Результати випробувань зразків-кубиків занесене до таблиць та відповідно до них зроблено графіки міцності ґрунтоцементу звичайного та з домішками.

Висновок

Застосування золи винесення як добавки до ґрунтоцементу раніше не пропонувалось.

У наведених вище методах розрахунку армованих основ автори близько підійшли до розгляду даного питання, але при цьому використання вертикального армування в аспекті підвищення розподільчої здатності основ будівель та споруд вивчені не в повній мірі. Проведені деякі лоткові випробування, але достатньої кількості натурних випробувань поки що не має. Тому вирішено виконати моделювання армованого масиву ґрунту за допомогою ПК Plaxis 3D Foundation. Зокрема розглянути залежність несучої здатності від кроку та діаметру вертикальних армуючих елементів.

Отже, у результаті проведених досліджень з вдосконалення методики розрахунку армованих вертикальними елементами основ можна зробити такі висновки:

1. при збільшенні кроку вертикальних армуючих елементів – ґрунтоцементних паль – несуча здатність фундаменту зменшується.
2. при збільшенні кроку вертикальних армуючих елементів – ґрунтоцементних паль – осідання збільшуються.

3. еквівалентний модуль деформації зменшується із збільшення кроку армуючих вертикальних елементів, це пояснюється збільшенням відстані між палями в армованій основі.
4. еквівалентні осідання зростають при збільшенні кроку вертикальних армуючих елементів .

СПИСОК ВИКОРИСАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зоценко М.Л., Борт О.В., Бідношия М.В., Петраш Р.В. До оцінки механічних властивостей ґрунтоцементу залежно від умісту його складових. // Зб. наук. праць (галузеве машино буд., буд-во)/ Полт. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – Полтава: ПНТУ, 2007. – Вип. 19. – С. 44-52
2. Использование золы-уноса ТЭС в качестве добавки при изготовлении бетонных и железобетонных конструкций и изделий. - Режим доступа: http://www.cpi-web.ru/Archive/using_zola_7_05.htm
3. ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия. – Режим досупу: <http://docs.cntd.ru/document/gost-31108-2003>
4. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л., Корнейчук Ю. А. Эффективные цементно-золевые бетоны. — Ровно, 1998. — 196 с.

Діденко Олександра Євгенівна — студентка групи Б-18м, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: didenkoalexandraa@gmail.com

Науковий керівник: *Друкований Михайло Федорович* — к.т.н, професор кафедри "Будівництва, міського господарства та архітектури". Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Didenko Oleksandra - student of the group B-18m, faculty of heat and power engineering and gas supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: didenkoalexandraa@gmail.com
Supervisor: *Drukovaniy Mikhailo Fedorovich* - Ph.D., Professor of the Department of "Building, Urban and Architecture". Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia.