

АНАЛІЗ РОБОТИ ГРУНТОЦЕМЕНТНИХ ПАЛЬ З ГРУНТОМ ЗА ДОПОМОГОЮ ІСНУЮЧИХ ТЕОРЕТИЧНИХ МЕТОДІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. В даній роботі наведено результати польових випробувань ґрунтоцementeнтних палей, отримані за допомогою статичних вдавлюючих навантажень. Проведені аналітичні обрахунки деформацій одиночних палей і виконане їх порівняння з результатами польових випробувань. За результатами виконаних розрахунків проаналізований вплив відносної жорсткості матеріалу ствола і ґрунту навколо палі на її несучу здатність. В якості показника відносної жорсткості розглядалось співвідношення модуля деформації матеріалу ствола до приведеного модуля деформації ґрунту навколо палі: $E_{ств.}/E_{гр.}$.

Ключові слова: ґрунтоцемент, паля, жорсткість, несуча здатність.

Abstract. This paper presents the results of field tests of soil-cement piles obtained by static compressive loads. Analytical calculations of deformations of single piles are carried out and their comparison with results of field tests is executed. According to the results of the calculations, the influence of the relative stiffness of the trunk material and the soil around the pile on its bearing capacity is analyzed. The ratio of the modulus of deformation of the barrel material to the reduced modulus of deformation of the soil around the pile was considered as an indicator of relative stiffness: E_t/E_s .

Keywords: soil cement, piles, stiffness, bearing capacity.

Вступ

Використання у практиці проектування і будівництва ґрунтоцементних палей замість бетонних є одним із перспективних способів досягнення економії при влаштуванні фундаментів такого типу.

Проведені у роботі [1] експериментальні дослідження висячих натурних ґрунтоцементних палей, виконаних за бурозмішувальною технологією, дозволяють зробити висновок, що несуча здатність таких палей по ґрунту може бути визначена за відомими методиками норм [2] як для відповідних бурових палей.

Другим аспектом при розрахунку ґрунтоцементних палей є визначення їх міцності по матеріалу ствола. Цей розрахунок дуже важливий, оскільки практичний досвід показує, що в реальних умовах руйнування часто відбувається саме по матеріалу тіла палі.

Механічні характеристики матеріалу ґрунтоцементних палей залежать від багатьох факторів, зокрема складу ґрунту, кількості цементу, водоцементного відношення, швидкості підйома монітора або шнека. Варіюючи технологічними параметрами можна одержати механічні характеристики палей в досить широкому діапазоні.

Більшістю авторів пропонується така методика проектування ґрунтоцементних палей.

1. В процесі проектування встановлюється мінімально можлива міцність матеріалу палі виходячи з практичного досвіду влаштування палей в аналогічних геологічних умовах.

2. Визначається несуча здатність палі по ґрунту і матеріалу ствола за вимогами норм. Допустиме навантаження на палю приймається виходячи з меншого значення.

3. На об'єкті здійснюють влаштування дослідних палей, відбирають зразки ґрунтоцементу з подальшим визначенням його міцності і модуля деформації лабораторними або експрес методами. На підставі одержаних результатів корегуються технологічні параметри влаштування палей.

Для розробки практичних рекомендацій з удосконалення методики теоретичних розрахунків роботи ґрунтоцементних палей з ґрунтом проаналізуємо можливості наявних нормативних методик.

В даній роботі розв'язані такі задачі:

- розглянути існуючі дані польових випробувань ґрунтоцементних палей, отримані за допомогою статичних вдавлюючих навантажень;

- провести аналітичні обрахунки деформацій одиночних палей за нормативними методиками і порівняти їх з результатами польових випробувань.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для достовірності одержаних результатів порівняльні розрахунки виконані на прикладі майданчиків, де були виконані різними авторами натурні випробування ґрунтоцементних паль.

У таблиці 1 наведений перелік таких майданчиків і геометричні параметри випробуваних паль. На майданчику 1 було виготовлено 3 групи паль по 2 у кожній. До складу першої входили бетонні буронабивні палі із бетону В25, які слугували контрольною групою для точного визначення несучої здатності всіх паль по ґрунту. Оскільки ці палі виготовлені з бетону, їх руйнування за матеріалом виключене.

До другої групи входили палі з неармованого ґрунтоцементу, міцність яких за матеріалом значно нижча. До третьої групи входили армовані ґрунтоцементні палі, процент армування яких підбирався з огляду на міцність ґрунтоцементу та очікувану несучу здатність палі по ґрунту.

На майданчиках 2-4 випробовувались лише неармовані ґрунтоцементні палі.

Таблиця 1 - Вид паль, геометричні та механічні параметри паль та відомості про ґрунти під нижнім кінцем та по бічній поверхні

№ досл іду	Майданчики розміщення дослідних паль	Параметри паль				Ґрунт під нижнім кінцем палі	Ґрунти по бічній поверхні палі
		характеристики ґрунтоцементу		довжина, м	діаметр, м		
		R, МПа	E, МПа				
1	м. Суми, вул. Курська, 111, [1]	1,8	611	6,0	0,5	Суглинок, $I_L=0,2$; $E=3.7$ МПа	Суглинок, $I_L=0,2$; $E=19$ МПа
2	м. Полтава [3]	4,2	300	8,0	0,5	Суглинок, $I_L=0,3$; $E=9.8$ МПа	Суглинок, $I_L=0,16-0,27$; $E=10$ МПа
3	м. Полтава, вул. Бідного, 12, [3]	4,8	350	6,0	0,5	Пісок, $E=26$ МПа	Пісок, суглинок, $I_L=0,62-0,66$; $E=4$ МПа
4	м. Полтава [4]	2,5	300	6,0	0,5	Водонасичені лесові суглинки, $E=8$ МПа	Водонасичені лесові суглинки, $E=8$ МПа

При статичних випробуваннях паль [5] граничний опір визначають як навантаження, під впливом якого осідання палі дорівнює одній п'ятій від граничного значення середнього осідання фундаменту проектованої будівлі, але не більше 40 мм. При наявності достовірної теоретичної методики визначення залежності осідання палі від навантаження такий прийом можна було б застосувати для уточнення несучої здатності палі, визначеної за емпіричними формулами норм [2].

Оскільки головною відмінністю ґрунтоцементних паль від бетонних є значно менша жорсткість ствола, то для побудови залежностей осідання-навантаження обираємо методи розрахунку осідань, які враховують модуль деформації матеріалу ствола палі.

У чинних українських нормах [2] це метод стержня в пружному півпросторі, у російських нормах це метод розрахунку осідань для одиночних паль, регламентований СП 24.13330.2011 [6].

За результатами випробувань та розрахунків будувались графіки осідання-навантаження для всіх дослідних паль.

На рис. 1 наведені результати розрахунку осідань за методикою українських норм [2] у порівнянні з результатами натурних випробувань для майданчику 1.

На рис. 2 наведені результати розрахунку осідань за методикою російських норм [39] у порівнянні з результатами натурних випробувань для майданчику 1.

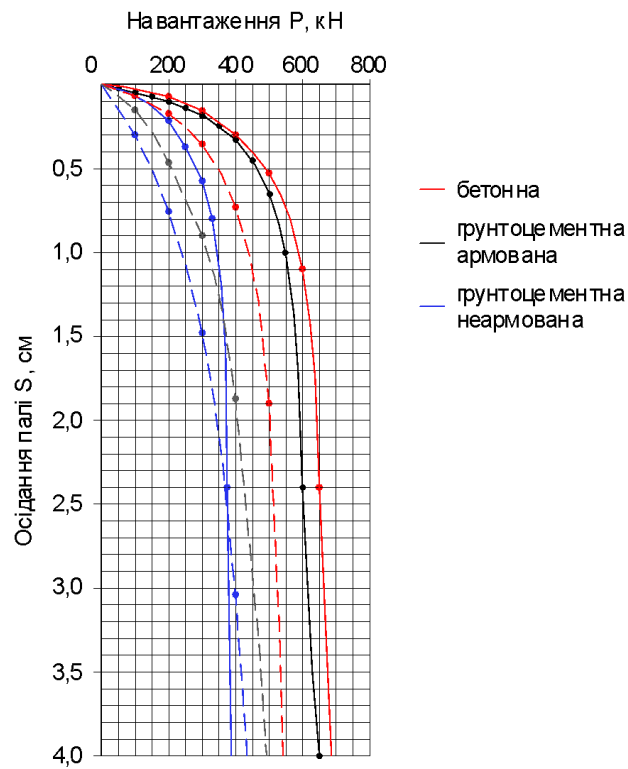


Рис. 1 - Залежність осідання – навантаження для дослідних паль майданчику №1 (з використанням методики українських норм [2]): суцільні лінії – результати натурних випробувань; пунктирні лінії – результати розрахунку за нормами

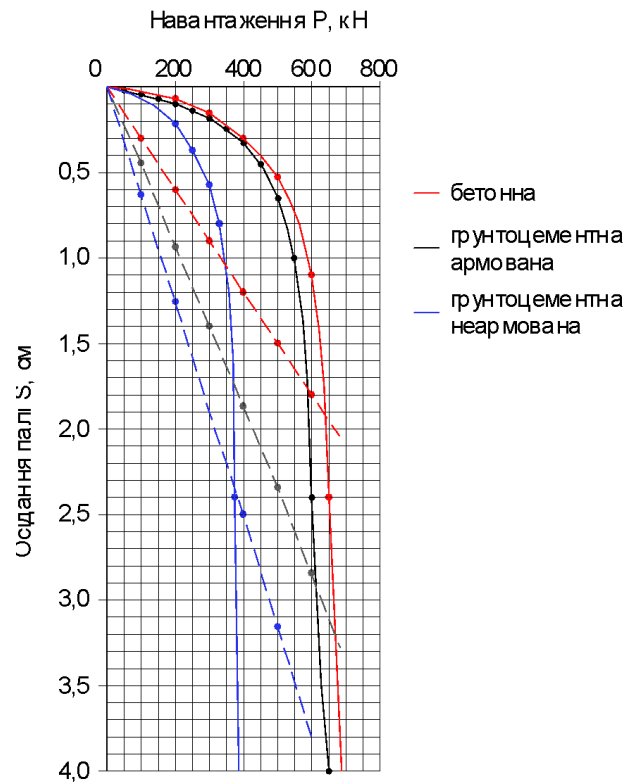


Рис. 2 - Залежність осідання – навантаження для дослідних паль майданчику №1 (з використанням методики російських норм [6]): суцільні лінії – результати натурних випробувань; пунктирні лінії – результати розрахунку за нормами

З порівняння рис. 1 та 2 видно, що методика переміщення стержня в пружному півпросторі, яка враховує нелінійний характер деформацій основи палі за межами межі пропорційності, при розрахунках осідання паль має переваги у порівнянні з методикою російських норм, заснованою на пружній моделі ґрунту незалежно від прикладеного навантаження. В зв'язку з цим для подальшого аналізу використовувалась методика українських норм.

Розрахунки залежностей осідання - навантаження були виконані і для інших майданчиків, де випробовувались лише неармовані ґрунтоцементні палі. Результати представлені на рис. 3, 4.

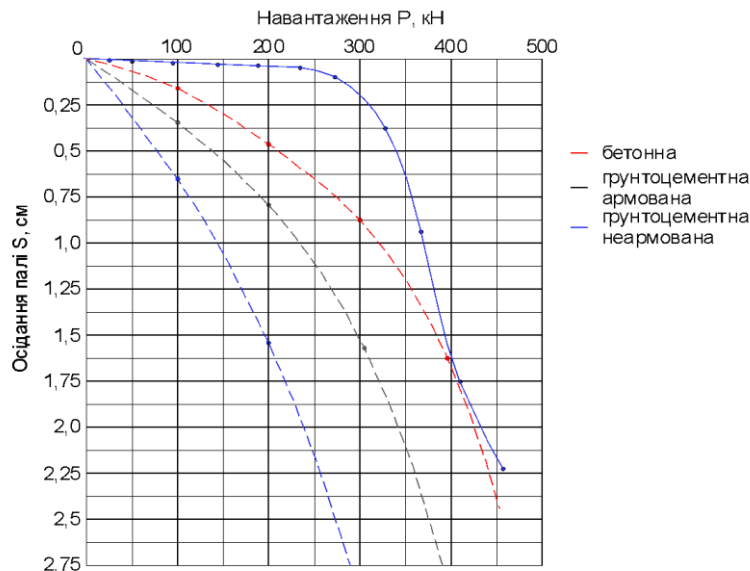


Рис. 3 - Залежність осідання – навантаження для дослідних паль майданчику №2: суцільні лінії – результати натурних випробувань; пунктирні лінії – результати розрахунку за нормами [2]

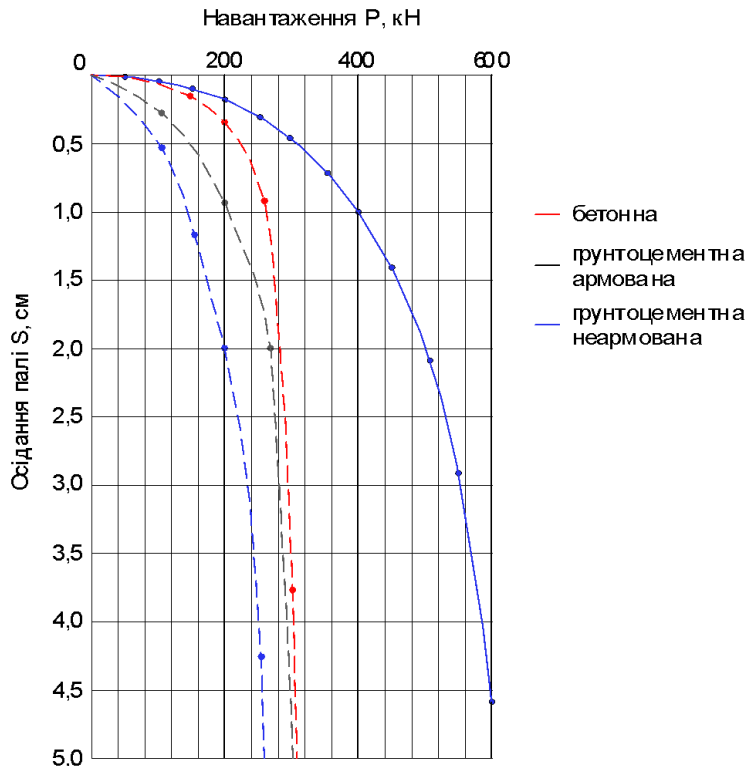


Рис. 4 - Залежність осідання – навантаження для дослідних паль майданчику №3: суцільні лінії – результати натурних випробувань; пунктирні лінії – результати розрахунку за нормами [2]

За результатами виконаних розрахунків був проаналізований вплив відносної жорсткості матеріалу ствола і ґрунту навколо палі на її несучу здатність. В якості показника відносної жорсткості розглядалось співвідношення модуля деформації матеріалу ствола до приведеного модуля деформації ґрунту навколо палі: $E_{ств.}/E_{гр.}$. Для ґрунтоцементних паль без армування цей параметр знаходиться в межах 25-100, для армованих ґрунтоцементних паль – 100-150, для бетонних паль – 2000-4000.

Навантаження, яке може витримати конкретна паля за аналізом залежностей осідання – навантаження, визначалося при досягненні межі осідання $s = 20$ мм.

На рис. 5 наведена залежність несучої здатності паль від відносної жорсткості $E_{ств.}/E_{гр.}$.

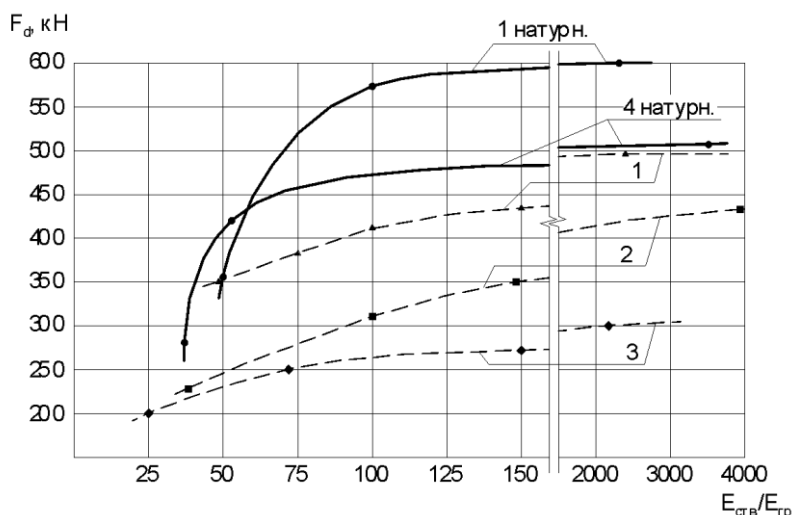


Рис. 5 – Залежність несучої здатності паль від співвідношення модуля деформації палі та оточуючого ґрунту, $E_{ств.}/E_{гр.}$ (цифрами вказані номери дослідних паль за табл. 1). Суцільні лінії – результати натурних випробувань; пунктирні лінії – результати розрахунку за нормами [2]

Висновок

Виконаний аналіз впливу відносної жорсткості матеріалу ствола ґрунтоцементної палі і ґрунту навколо палі на її несучу здатність. В якості показника відносної жорсткості розглядалось співвідношення модуля деформації матеріалу ствола до приведеного модуля деформації ґрунту навколо палі: $E_{ств.}/E_{гр.}$. Для ґрунтоцементних паль без армування цей параметр знаходиться в межах 25-100, для армованих ґрунтоцементних паль – 100-150, для бетонних паль – 2000-4000.

Збільшення жорсткості ствола ґрунтоцементної палі за рахунок армування доволі швидко призводить до збільшення її несучої здатності. Подальше зростання жорсткості за рахунок збільшення кількості цементу здійснюється повільно. В зв'язку з цим для використання ґрунтоцементних паль в якості несучих елементів оптимальним є варіант із вмістом цементу у суміші до 15-30% та армуванням ствола.

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. Основи та фундаменти споруд: ДБН В.2.1-10-2009 зі зміною №1 та №2. - [Чинний від 2012-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 161 с. – (Національні стандарти України).
3. 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 / Р.В. Петраш. – Полтава: ПолтНТУ, 2009. – 190 с.
4. Зоценко М. Л. Ґрунтоцементні палі, що виготовляються бурозмішувальним методом / Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2013. Вип. 3 (38), т.2 – с. 110 – 122.
5. ДСТУ Б В.2.1-27:2010 Основи та фундаменти споруд. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань. [Чинний від 2011-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 11 с.
6. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты : актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – [Введен в действие с 2011-05-20]. – М.: Минрегион России, 2010. – 86 с.

Біда Максим Володимирович — студент групи Б-19м, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: maksbida1608@gmail.com

Науковий керівник: **Маєвська Ірина Вікторівна** — доцент кафедри "Будівництва, міського господарства та архітектури". Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: irina.mayevskaja@gmail.com

Bida Maksim Volodimirovich- student of the group B-19m, faculty of heat and power engineering and gas supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: maksbida1608@gmail.com

Supervisor: **Maievskaya Irina Victorivna** - associate professor of the Department of "Building, Urban and Architecture". Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, e-mail: irina.mayevskaja@gmail.com