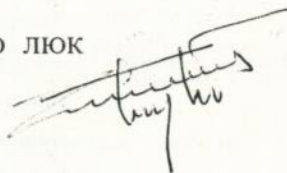


КИЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ЗІНСУ КОДЖО ЛЮК

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Іванчук' (Ivanchuk), written over a horizontal line.

УДК 624.131.524.4

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ
БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ
ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ ГРУНТІВ.

05.23.02 - Основи і фундаменти

Автореферат дисертації на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук.

КИЇВ 1997



00743566 (V)

Дисертацією є рукопис

Робота виконана - на кафедрі *Фундаментів Київського*
державного технічного університету будівництва і
архітектури (КДТУБА) Мін освіти України.

Науковий керівник - Доктор технічних наук, професор,
Бойко Ігор Петрович,
Завідувач кафедри основ і фундаментів КДТУБА.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор
Кризський Микола Михайлович,
Національний університет ім. Т.Шевченко,
професор кафедри гідрогеології
та інженерної геології.

- кандидат технічних наук, доцент
Циприанович Ігор Володимирович,
Київський міжнародний університет
цивільної авіації, доцент
кафедри аеропортів.

Провідна установа - Інститут геологічних наук НАН України
Відділ інженерної геології

Захист відбудеться " 18 " *березня* 1998 р. у 13 годині. на засіданні
спеціалізованої вченої ради К01. 18.08 "Будівельні матеріали і вироби, Основи і
фундаменти" Київського державного технічного університету будівництва і
архітектури за адресою:

252037, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31. З дисертацією можна
ознайомитися в бібліотеці університету.

Автореферат розісланий " 16 " *02* 1998 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
к.т.н., доцент,

Ракша В.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми.

Актуальність роботи полягає в тому, що фундаменти на палях широко застосовуються в складних ґрунтових умовах. При реконструкції або будівництві в складних умовах віддається перевага буронабивним палям.

Проведення випробувань паль пробним навантаженнями тривалі, трудомісткі і дорогі. Зниження термінів і вартості польових випробувань можна досягти шляхом суміщення випробувань ґрунтів у польових і лабораторних умовах. Тому тема дисертаційної роботи, в якій удосконалюється методика розрахунку буронабивних паль за даними лабораторних випробувань ґрунтів, є актуальною.

Об'єкт досліджень.

Розробка методики визначення несучої здатності буронабивних паль за даними опору ґрунтів на зсув.

Задача досліджень.

- пристосування конструкції лабораторних приладів для випробувань ґрунтів на зріз за спеціальною методикою;
- розробка методики випробувань ґрунтів для визначення тертя ґрунтів по бетону або по металу у залежності від матеріалу бічної поверхні палі;
- проведення випробувань зразків ґрунтів, відібраних на будівельних майданчиках по запропонованій методиці;
- розробка методики розрахунку несучої здатності буронабивних паль за результатами лабораторних випробувань ґрунтів;
- проведення випробувань паль-моделей, порівняльних статичних випробувань буронабивних паль на дослідних майданчиках;
- розробка програми для розрахунку несучої здатності буронабивних паль на ЕОМ;
- проведення чисельного моделювання опорів ґрунтів по бічній поверхні і під нижнім кінцем палі при нелінійному деформуванні основи;
- проведення порівняння результатів визначення несучої здатності буронабивних паль по різних методах.

Автор захищає:

- Методику розрахунку несучої здатності по бічній поверхні буронабивних паль.
- Результати визначення коефіцієнтів тертя ґрунтів по матеріалу бічної поверхні палі.
- Методику вибору розмірів паль на ЕОМ.

ЛНУВ ім. В. С. Степаненка
АН УкрАкадемія наук

Наукова новизна.

- Запропонована методика розрахунку несучої здатності буронабивних паль за результатами лабораторних випробувань ґрунтів у модифікованому зсувному приладі.

- Розроблена методика визначення розрахункових опорів ґрунтів по бічній поверхні буронабивних паль, що визначаються за даними випробувань ґрунтів у спеціальному приладі на зсув з урахуванням реального тертя.

- Досліджені межі зміни опору ґрунтів по бічній поверхні буронабивних паль у залежності від матеріалу її стовбура і технології виготовлення.

- Встановлено, що коефіцієнти тертя ґрунту, що вимірюються в спеціальному приладі, забезпечують ймовірне визначення опору ґрунту по бічній поверхні буронабивних паль.

- Виявлено, що формула Шлейхера може бути використана в інженерних розрахунках для визначення опору ґрунтів під нижнім кінцем буронабивних паль.

Достовірність наукових результатів і положень забезпечується:

- співставленням отриманих результатів з експериментальними даними паль-моделей;

- перевіркою збіжності результатів, отриманих за запропонованою методикою, з результатами натурних випробувань буронабивних паль на пробні статичні навантаження;

- порівнянням із результатами, що отримані при розрахунку за методиками інших авторів.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає в:

- раціональному визначенні розмірів паль, що дозволить знизити витрати бетону на влаштування пальових фундаментів;

- визначенні несучої здатності буронабивних паль на стадії проектування, що дозволить скоротити натурні випробування буронабивних паль до 80 %;

- раціональному використанні несучої здатності буронабивних паль;

- визначенні несучої здатності буронабивних паль у будь-якій будівельній організації, де є лабораторія для визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів;

- скороченні дорогих випробувань паль статичним навантаженням, які дотепер залишаються найбільш достовірними методами визначення несучої здатності паль, що фактично виконуються уже на стадії будівництва.

Апробація роботи.

Матеріали даного дослідження доповідались на 56, 57, 58 науково-технічних конференціях Київського державного технічного університету будівництва й архітектури, на II-й Українській науково-технічній конференції

по механіці ґрунтів і фундаментобудуванню в м. Полтаві 17-19 жовтня 1995 р., на III-й Українській науково-технічній конференції по механіці ґрунтів і фундаментобудуванню в м. Одесі 17-19 вересня 1997 р., на семінарах кафедри основ та фундаментів КДТУБА.

Публікація.

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 4 статті.

Обсяг роботи.

Дисертація складається з вступу, п'яти розділів і загальних висновків, списку літератури з 156 найменувань і двох додатків, 126 сторінок у тому числі 79 сторінок друкованного тексту, 21 рисуноків і 15 таблиць.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступній частині дається обґрунтування актуальності і практичної цінності роботи. Сформульовані мета, задача і методи досліджень.

У першому розділі виконаний аналітичний огляд конструкцій, що існують і методів визначення несучої здатності буронабивних паль, що є головним, чинником для проектування палевих фундаментів. Відзначається, що буронабивні палі є одними із простих за технологією провадження робіт. При їх виготовленні зникає необхідність в ущільненні бетонної суміші, що дозволить економити енергію. Їх влаштовують в будь-яких ґрунтових умовах. Ці позитивні властивості роблять буронабивні палі найперспективнішими у багатьох країнах, особливо в країнах Африки, зокрема в Республіці Бенін, де неможливо застосовувати забивні палі в зв'язку з відсутністю заводів залізобетонних виробів та спеціальних засобів. А великі території столиці, які вкриті слабкими ґрунтами, забезпечують буронабивними палям широке застосування завдяки їх прогресивній технології.

Методи визначення несучої здатності паль звичайно діляться на дві групи: аналітичні та інженерні.

Аналітичні методи ґрунтуються на теорії граничної рівноваги, на теорії лінійного деформівного півпростору та на теорії пружнопластичної течії. Інженерні методи - це методи статичного зондування палями-зондами, статичними випробуваннями та за вимогами норм. Методи статичного зондування дозволяють визначити як фізичні та механічні характеристики ґрунтів, так і несучу здатність основи. Метод статичних випробувань паль дозволяє визначити несучу здатність паль шляхом безпосередніх вимірювань величин прикладених навантажень до палі, але слід зауважити, що вони дорого коштують.

Дослідженню несучої здатності паль присвячені праці Б.В. Бахолдіна, А.А. Бирюковича, І.П. Бойка, С.Я. Баженкова, А.Л. Готман, А.О. Григорян, М.С. Грутмана, Б.І. Далматова, А.М. Дзагова, А.І. Догодайла,

М.П. Ермошкіна, М.Л. Зоценка, Л.С. Метелюка, Ю.І. Ковальова, М.М. Кризьського, Ф.К. Лапшина, В.М. Мамонова, А.В. Паталесва, Г.М. Петренка, І.Ф. Потапенка, С.М. Рака, Д.А. Романова, В.С. Сажина, С.О. Слюсаренка, Г.П. Таланова, Л.М. Тімофєєвої, І.В. Циприановича, В.Б. Швеца, Дорра, А.Кезді, А. Скемптона, А. Риза, Г. Мейергофа, Б. Бромса, Р.Д. Челіса та ін.. Аналіз робіт цих вчених показав, що аналітичні методи дотепер не дають надійних результатів. Дослідження несучої здатності буронабивних паль проводилося при використанні методу розрахунку основ при нелінійному деформуванні ґрунтів. Ці методи теж дають наближені результати.

Аналіз сучасної літератури показує, що в цілому проблема розрахунку несучої здатності буронабивних паль ще не достатньо вивчена, а особливо для країн, що розвиваються, необхідна проста і доступна методика.

В другому розділі розглядаються теоретичні основи методики розрахунку несучої здатності окремих буронабивних паль із литого бетону за результатами лабораторних випробувань ґрунтів. Для визначення несучої здатності паль прийняті такі гіпотези:

- при виготовленні буронабивних паль бетон давить на бічну поверхню свердловини і з боку ґрунту з'являється реакція, що, відповідно до теорії граничної рівноваги, по чисельному значенню дорівнює горизонтальному тиску бетону по бічній поверхні свердловини;

- опір ґрунту по бічній поверхні палі дорівнює горизонтальній реакції ґрунту, зменшеній шляхом введення коефіцієнта тертя, визначеного в лабораторних умовах;

- опір ґрунту під нижнім кінцем палі утворюється при певній осадці. Тому потрібно визначати опір ґрунту під нижнім кінцем палі по другому граничному стану.

Також прийняті такі припущення:

1. Епора тиску бетону в будь-якому ґрунті має трикутну форму.

2. При випробуванні буронабивних паль статичним втискуючим навантаженням, тертя ґрунту відбувається по матеріалу бічній поверхні стовбура палі.

3. Коефіцієнт для зниження горизонтальної реакції ґрунту приймати за коефіцієнт тертя ґрунту по поверхні стовбура палі в залежності від його матеріалу.

У фундаментабудуванні питанню визначення несучої здатності буронабивних паль багато дослідників присвятили свої роботи, а саме: В.П. Бабічев, С.Я. Боженков, І.П. Бойко, А.П. Бірюков, В.П. Дмоховський, Дорр, А.М. Дзагов, Ю.І. Ковальов, А.В. Лалетин, Г.М. Петренко, У.С. Сажин, С.О. Слюсаренко, Г.П. Таланов, М.М. Соколов та ін.. На відмінність від усіх

вище перерахованих дослідників, автор для визначення несучої здатності по бічній поверхні буронабивних паль, взяв за основу той факт, що бетонна суміш давить по бічній поверхні свердловини і таким чином створює в ґрунті гидростатичний тиск, що ущільнює ґрунт як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямках. Тиск у ґрунті $\sigma_{гр}$ досягає значення тиску бетону на бічній поверхні свердловини σ_6 , рис. 1, 2.

$$\sigma_{гр} = \sigma_6 = \gamma_6 \cdot h_6, \quad \text{кПа} \quad (1)$$

де γ_6 - питома вага бетону, кН/м³;

h_6 - висота стовбура бетону, що знаходиться в ґрунті, м;

Питомий опір по бічній поверхні палі для однорідних ґрунтів визначається за формулою:

$$f_i = \sigma_{дi} \cdot K_{грi}^{\pm}, \quad \text{кПа} \quad (2)$$

де $K_{грi}^{\pm}$ - коефіцієнт тертя ґрунту по бетону палі в i -ій точці основи.

Якщо ґрунт неоднорідний, тоді тиск ґрунту по бічній поверхні визначається за формулою:

$$\sigma_{гр} = \gamma_6 \cdot \sum_{i=1}^n h_i, \quad \text{кПа} \quad (3)$$

де h_i - потужність елементарного прошарку, м.

У розрахунку несучої здатності по бічній поверхні бажано приймати усереднені дані. Таким чином, розрахунковий опір ґрунту по бічній поверхні визначається за формулою:

$$f_{ср} = \sigma_{ср} \cdot K_{грср}^{\pm}, \quad \text{кПа} \quad (4)$$

де $\sigma_{ср}$ - середній тиск ґрунту по бічній поверхні палі визначається за формулою:

$$\sigma_{ср} = \frac{1}{2} \gamma_6 \cdot \sum_{i=1}^n h_i = \frac{\gamma_6 \cdot h_6}{2}, \quad \text{кПа} \quad (5)$$

Тоді середній розрахунковий опір по бічній поверхні визначається за формулою:

$$f_{ср} = \sigma_{ср} \cdot K_{грср}^{\pm} = \frac{\gamma_6 \cdot h_6}{2} K_{грср}^{\pm}, \quad \text{кПа} \quad (6)$$

де $K_{грср}^{\pm}$ - середньозважене значення коефіцієнта тертя по бетону.

$$K_{грср}^{\pm} = \frac{K_{гр1} \cdot h_1 + K_{гр2} \cdot h_2 + \dots + K_{грn} \cdot h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n}, \quad (7)$$

Несуча здатність по бічній поверхні визначається за формулою:

$$F_f = U \cdot f_{ср} \cdot \ell, \quad \text{кН} \quad (8)$$

Приймаючи $h_6 = \ell$

$$F_f = 0,5 \cdot K_{грср}^{\pm} U \gamma_6 \cdot \ell^2, \quad \text{кН} \quad (9)$$

де U - периметр перетину палі, м;

ℓ - розрахункова довжина палі, м.

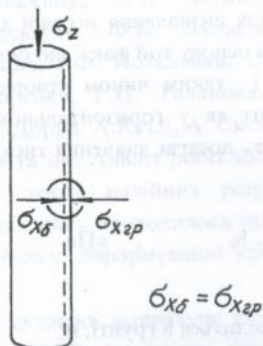


Рис.1. Схема тиску бетону на бокову поверхню свердловини:
 - вертикальний тиск бетону;
 - горизонтальний тиск бетону по бічній поверхні;
 - горизонтальна реакція ґрунту

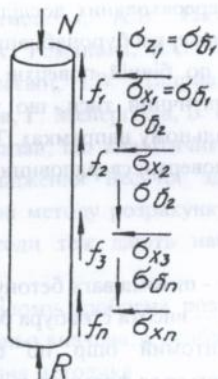


Рис.2. Схема тиску ґрунту на палю:
 - відростатичний тиск для литого бетону;
 - опір ґрунту по бічній поверхні палі;
 - вдавлююче навантаження на палю

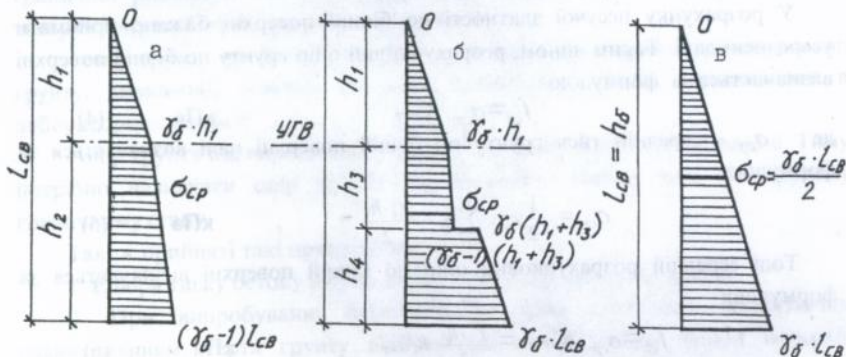


Рис.3. Розрахункова схема для визначення середнього тиску ґрунту по бічній поверхні палі:

- при присутності води:

в/ несучий шар водопроникний ; б/ несучий шар водонепроникний ;

- при відсутності води, в/ .

За результатами досліджень І.П. Бойка, максимальний опір палі по бічній поверхні відбувається при порівняно малих переміщеннях ($S > 10+20$ мм), тоді як опір ґрунту під нижнім кінцем палі мобілізується після 40 мм. Особливо це спостерігається при випробуванні статичним втискуючим навантаженням буронабивних паль.

Якщо розглянути роботу нижнього кінця буронабивної палі при її завантаженні, то її можна порівняти із випробуванням паль-штампів або випробувань ґрунтів глибинними штампами при визначенні модуля деформації ґрунту.

Під нижнім кінцем буронабивної палі спочатку формується пружне ядро, аналогічно забивній, а потім паля одержує попереднє осідання. У більшості випадків графік досліджень буронабивних паль статичним навантаженням має такий вигляд $S=f(N)$.

З роботи І.П. Бойка та А.І. Работнікова випливає, що граничний опір по бічній поверхні реалізується при переміщеннях 5...20 мм, тоді як опір під нижнім кінцем палі ще наростає. У зв'язку з цим розрахунковий опір ґрунту R під нижнім кінцем палі повинен бути обмежений осіданням палі і вимогами нормативних документів.

З огляду на аналогію методики випробування ґрунтів палями-штампами при визначенні модуля деформації ґрунтів E визначають по формулі Шлейхера.

$$E = w \cdot d \cdot (1 - \nu^2) P / S \quad , \quad (10)$$

З формули визначення модуля спільної деформації E_0 , можливо визначення тиску P при припустимій осадці S , що прирівнюється до опору ґрунту під нижнім кінцем буронабивних паль $P=R$, і визначається із рівняння:

$$P = \frac{S \cdot E}{w \cdot d \cdot (1 - \nu^2)} = R \quad , \quad (11)$$

де w - коефіцієнт для круглого штампа, який дорівнює 0.8;

d - діаметр палі, м;

ν - коефіцієнт Пуассона ґрунту (несучого прошарку);

P - тиск під нижнім кінцем палі, кПа;

S - осадка палі, $S=0.02$ м;

E - модуль деформації ґрунту (несучого прошарку), кПа.

Несуча здатність під нижнім кінцем палі F_R визначається по формулі:

$$F_R = R \cdot A = \frac{S \cdot E}{w \cdot d \cdot (1 - \nu^2)} \cdot A \quad , \quad \text{кН} \quad (12)$$

де A - площа перетину палі, м.

У такий спосіб несуча здатність бурунабивної палі визначається по формулі

$$F_d = F_R + F_f \quad (13)$$

В залежності від місця розташування рівня ґрунтових вод і виду несучого прошарку, розрахунковий опір по бічній поверхні визначається по різному.

- При влаштуванні бурунабивної палі у ґрунтових умовах, де РГВ за межею робочої довжини палі - несуча здатність палі визначається за формулою:

$$F_d = \frac{S \cdot E}{w \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{\pi \cdot d}{4} + 0,5 \pi \cdot d \cdot K_{TRCP}^{\delta} \cdot \gamma_{\delta} \cdot \ell^2 \quad , \text{ кН} \quad (14)$$

- Коли рівень ґрунтових вод у межах робочої довжини палі, розглядаються два випадки:

а) несучий прошарок водопроникний, тоді загальна несуча здатність палі визначається за формулою

$$F_f = \frac{\pi \cdot d \cdot K_{TRCP}^{\delta}}{2} [\gamma_{\delta} h_1^2 + \gamma_{\delta} h_f \cdot h_2 + (\gamma_{\delta} - 1) h_2^2] \quad , \text{ кН} \quad (15)$$

де h_1 - висота від початку робочої довжини палі до рівня ґрунтових вод,

h_2 - висота від рівня ґрунтових вод до нижньої підшви палі.

б) несучим прошарком є водонепроникний ґрунт, тоді загальна несуча здатність палі визначається за формулою:

$$F_d = \frac{S \cdot E \cdot \pi \cdot d}{4 \cdot \omega \cdot (1 - \nu^2)} + \frac{\pi \cdot d \cdot K_{TRCP}^{\delta}}{2} \cdot [\gamma_{\delta} h_1^2 + \gamma_{\delta} h_f \cdot h_3 + (\gamma_{\delta} - 1) (h_1 + h_3) h_3 + \gamma_{\delta} (h_1 + h_3) h_4 + \gamma_{\delta} \ell_{ef} \cdot h_4] \quad , \text{ кН} \quad (16)$$

де h_1 - як у формулі (15),

h_3 - висота від рівня ґрунтових вод до шару несучого прошарку,

h_4 - висота від шару несучого прошарку до нижньої підшви палі.

Розрахункові схеми для визначення середнього тиску по бічній поверхні палі приведені на рис .3 .

У третьому розділі проводилися дослідження коефіцієнтів тертя ґрунтів по бетону і по металу в залежності від матеріалу бічної поверхні палі. Визначалися коефіцієнти тертя на модернізованому приладі конструкції Маслова - Лур'є. Для цього в нижню обойму встановлювався металевий диск або каблучка з бетоном, які були попередньо виготовлені, потім регулювали її так, щоб метал або бетон був на поверхні зрізу.

Проводилися випробування зразків пісаних і глинистих ґрунтів, відібраних на будівельних майданчиках м. Києва при нормальному тиску σ , що задається в залежності від глибини перебування інженерно-геологічного елемента по робочій довжині палі і потужності ПГЕ. Отримані результати дозволили побудувати графіки залежності опору ґрунтів зрізу по бетону від горизонтального переміщення $\tau = f(\delta)$. Аналіз цих графіків показав, що при

переміщенні від 0 до 3 мм опір ґрунтів зсуву по бетону зростає, а при значеннях, які більше 3 мм, є постійним.

Досліджені залежності опорів ґрунтів зсуву по бетону від нормального тиску на зразки $\tau = f(\sigma)$. За допомогою отриманих результатів визначалися коефіцієнти тертя ґрунтів по бетону за формулою:

$$K_{TP}^{\sigma(M)} = \frac{\tau}{\sigma(0.1 + 0.5)} \quad (17)$$

де τ - граничний опір ґрунтів зсуву; σ - нормальний тиск на пробу ґрунту, $\sigma = 0.1 \div 0.5$ МПа.

Дана формула використовується для визначення коефіцієнтів тертя ґрунтів по бетону та по металу для піщаних та глинистих ґрунтів. У зв'язку з цим, коефіцієнт тертя є комплексною характеристикою, яка враховує тертя та зчеплення ґрунтів.

Штампові випробування при кінематичному навантаженні, результати яких наведені в праці І.П. Бойка, та графік, одержаний за цими результатами, показують, що крива $S = f(N)$ зростає до якогось значення навантаження N . У цих умовах відбувається мобілізація тертя ковзання, а потім тертя знижується на 20-40%. У цих умовах виявляється тертя кочення. На зсувовому приладі спостерігається таке ж явище. Тому одержані значення коефіцієнтів тертя відповідають тертю при ковзанні. У розрахунку рекомендується використовувати коефіцієнти при коченні, які складають 70-80% коефіцієнтів тертя при ковзанні. Далі аналізувалися коефіцієнти тертя ґрунтів по бетону, одержані іншими авторами. За результатами досліджень Дорра, коефіцієнт тертя ґрунту по бетону змінюється в інтервалі від 0.1 до 0.5 незалежно від виду ґрунту; за нормами коефіцієнт тертя ґрунтів по бетону залежить від виду та стану ґрунту і може змінюватися від 0.2 до 0.55.

Досліджені залежності коефіцієнтів тертя від нормального тиску та побудовано графіки $K_{TP}^{\sigma} = f(\sigma)$. Аналіз цих графіків показав, що зміна величини нормального тиску K_{TP}^{σ} на значення коефіцієнта тертя практично не впливає. Далі приведені в табл.1.2 результати, отриманих автором у лабораторії КДТУБА. Проводилися розрахунки несучої здатності буронабивних паль по запропонованій методиці й отримані надійні результати.

У четвертому розділі проводився розрахунок несучої здатності буронабивних паль за методикою норм. Результати розрахунку в порівнянні з одержаними за запропонованою методикою є набагато заниженими. З метою визначення несучої здатності буронабивних паль було проведено статичні їх випробування у польових умовах на експериментальних майданчиках

Коефіцієнт тертя ґрунтів по бетону .

Вид ґрунту	Коефіцієнт тертя ґрунтів по бетону $K_{тр}^s$	
При ковзанні		
Піски :	Вологі	Маловологі
Середньої крупності	0.58	0.50
Дрібні	0.57	0.49
Пилуваті	0.55	0.49
Супісок	0.5	
Суглинок	0.46	
Глина	0.40	
Лес	Замочені	Природної вологості
	0.44	0.50
При кочінні		
Піски :	Вологі	Маловологі
Середньої крупності	0.50	0.44
Дрібні	0.49	0.42
Пилуваті	0.47	0.42
Супісок	0.38	
Суглинок	0.34	
Глина	0.28	
Лес	Замочені	Природної вологості
	0.31	0.35

в м. Києві. У виробничій практиці, при випробуванні паль статичним пробним навантаженням, навантаження доводиться до значення, більшого за розрахункове, і випробування припиняється, оскільки при великих осіданнях (більше 40 мм), несуча здатність не використовується. Однак при такому підході недостатньо використовується несуча здатність палі. Питоме навантаження є значно більшим, ніж навантаження, одержані внаслідок статичних випробувань за таким підходом. Тому за запропованою методикою прагнули визначити повне граничне навантаження, а потім, згідно до норми, приймалося осідання таким, що дорівнює 20 мм.

За допомогою отриманих результатів побудовані графіки "осадка - навантаження". Визначена несуча здатність при переміщенні голови палі на 20 мм. Порівнювалися несуча здатність паль, отримана: за вимогами норм, по запропонованій методиці і по даним статичних випробувань паль.

Коефіцієнт тертя ґрунтів по металу.

Вид ґрунту	Коефіцієнт тертя ґрунтів по металу K_{τ}	
	При ковзанні	
Піски :	Вологі	Маловологі
Середньої крупності	0.36	0.31
Дрібні	0.34	0.29
Пилуваті	0.32	0.27
Супісок	0.34	
Суглинок	0.28	
Глина	0.24	
Лес	Замочені	Природної вологості
	0.28	0.30
При кочінні		
Піски :	Вологі	Маловологі
Середньої крупності	0.30	0.26
Дрібні	0.28	0.24
Пилуваті	0.27	0.23
Супісок	0.24	
Суглинок	0.20	
Глина	0.17	
Лес	Замочені	Природної вологості
	0.20	0.22

Відхилення результатів статичних випробувань від розрахункових складає 20 %. З метою вивчення опору ґрунтів по бічній поверхні паль і перевірки отриманих коефіцієнтів тертя ґрунтів по металу і по бетону, були випробувані металеві і бетонні палі-моделі у спеціальному приладі в лабораторних умовах.

При заданій пригрузці проводилися випробування паль-моделей на навантаження, що висмикує. Для цього виготовлені бетонні палі-моделі діаметром 7.8 см, довжиною 50 см. Запропоновано методику випробувань паль-моделей у піщаному середовищі. При кожній пригрузці визначалося граничне навантаження, що висмикує. За допомогою отриманих даних була

побудована крива залежності експериментального опору по бічній поверхні палі від еквівалентного тиску.

Отримані результати показують, що відхилення розрахункових опорів по бічній поверхні палі-моделі за формулою (9) відрізняється від експериментальних на 1.6 ... 9.0 %, що цілком припустимо для пальових фундаментів.

Досліджувалося відношення експериментальних опорів по бічній поверхні бетонної палі моделі $f_{\text{експ.б.}}$, до експериментальних опорів по бічній поверхні металевої палі моделі $f_{\text{експ.м.}}$. Співвідношення коефіцієнта тертя ґрунту по бетону до коефіцієнта тертя ґрунту по металу, отримані при даних дослідженнях, змінюються від 1.48 до 1.63.

У п'ятому розділі запропонована програма Luc.lome для розрахунку несучої здатності буронабивних палі по запропонованій методиці на ЕОМ. Метою даної програми є автоматизація розрахунку несучої здатності буронабивних палі за запропонованою методикою. В кінці 20 століття наука і техніка стрімко розвиваються. Широке використання мають ЕОМ для вирішення різних завдань у всіх галузях, зокрема і в галузі фундаментобудування. З цією метою нами з участю інженера інформатики Ж.П. Лієну складено програму Luc.lome для розрахунку несучої здатності палі за запропонованою методикою. Основними параметрами, необхідними для розрахунку, є діаметр палі d та її довжина ℓ . Перше завдання полягає в їх визначенні. Для цього задавався діапазон змінювання діаметра:

$$0.2 < d < 0.8 \text{ м} \quad (18)$$

Для кожного значення d визначають довжину палі за формулою:

$$\ell_{\text{св}} = \ell_1 + 1 + n \cdot d \quad (19)$$

де ℓ_1 - довжина до покрівлі несучого шару, 1 м - мінімальна глибина в несучому шарі, n - крок змінювання довжини палі, d - діаметр перерізу палі. У формулі величина $1 + n \cdot d$ не повинна перевищувати товщини несучого шару h , тому потрібні додаткові умови:

$$1 + n \cdot d \leq h \text{ та } h \geq 3 \text{ м} \quad (20)$$

За дотримання цих умов, визначається довжин палі при заданому діаметрі. Згідно до розробленої методики визначається несуча здатність палі. Тоді існує сукупність розв'язань даної задачі за допомогою комп'ютера, які пропонуються інженеру. Далі необхідно оптимізувати ці розв'язання так, щоб, знаючи проектне навантаження $N_{\text{пр.}}$, можна було вибрати раціональні параметри палі. Оптимізація провадиться за умовою:

$$1.08 N_{\text{пр.}} \leq N \leq 1.15 N_{\text{пр.}} \quad (21)$$

де N - навантаження на палю.

Для раціонального використання бетону необхідно додатково оптимізувати параметри палі за мінімальним об'ємом бетону.

Ця програма написана на мові Турбо-Паскаль і працює на будь-якому комп'ютері з операційною системою MS-DOS 6.2 і вище, потребує 640 kB оперативної пам'яті. Програмний продукт дає інженеру-будівельнику можливість на етапі проектування отримувати результати, що цілком узгоджуються з результатами статичних випробувань.

В даний час у практику проектування впроваджуються методи чисельного моделювання і розрахунок пальових фундаментів проводиться з урахуванням пружнопластичної роботи ґрунтової основи. Чисельним реалізаціям моделей ґрунтового середовища, що враховують її пластичні властивості, присвячені роботи О.К. Бугрова, І.П. Бойка, В.О. Іллічова та ін. Використана в цій роботі математична модель ґрунтового середовища, що базується на дилатанційній теорії В.Н. Ніколаєвського. Враховані особливості чисельної реалізації, які за методом скінчених елементів розроблені І.П. Бойко. З метою оцінки даних визначень розрахункових опорів ґрунтів на бічній поверхні паль, що обчислюються по запропонованій методиці, було проведене чисельне моделювання взаємодії бічної поверхні паль із піщаною основою в спеціальному лотку. Для цього використовувалася програма "Росинка".

На основі отриманих даних при чисельних моделюваннях і при дослідженнях бетонної палі-моделі діаметром 0. 078 м, і довжиною 0.4 м на навантаження, що висмикує, були побудовані порівняльні графіки. Далі для оцінки вірогідності результатів дослідження опору піску на бічній поверхні бетонної палі-моделі по запропонованій методиці, порівнювались значення, які були отримані по різним методикам. Відхилення складає 15 %.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз методів розрахунку несучої здатності буронабивних паль засвідчив, що аналітичні методи дотепер ще не знайшли широкого застосування в будівельній практиці через велику розбіжність отримуваних результатів. Точність розрахункових методів визначення несучої здатності буронабивних паль може підвищуватися за рахунок дослідження реальних властивостей ґрунтів на кожному конкретному будівельному майданчику.
2. Несуча здатність по бічній поверхні визначається з урахуванням тиску бетону на стінки свердловини і коефіцієнту тертя ґрунту по бетону, що легко визначається в лабораторії разом з іншими фізико-механічними характеристиками.
3. Розглядаючи буронабивну палю як глибинний штамп і з огляду на той факт, що несуча здатність палі визначається у фазі пружної роботи ґрунтової основи, визначали опір ґрунтів по п'яті палі за формулою Шлейхера при осадці 2 см.

4. Розроблена методика розрахунку несучої здатності буронабивних паль за результатами лабораторних досліджень ґрунтів.

5. На зсувному приладі конструкції Маслова-Лур'є визначалися коефіцієнти тертя ґрунтів по бетону і по металу за спеціальною методикою.

6. Отримані чисельні значення коефіцієнтів тертя ґрунтів по бетону і по металу свідчать, що коефіцієнт тертя не залежить від значення вертикального тиску на пробу ґрунту, а залежить від виду ґрунту (у межах тиску 0,5 МПа).

7. Розрахунок несучої здатності буронабивних паль по даній методиці проводився на трьох об'єктах м. Києва. Отримані результати показали, що розрахункові дані добре узгоджуються з результатами статичних досліджень паль. Розбіжність складає 1-20 %.

8. Написана програма Luc. Lome для розрахунку несучої здатності буронабивних паль на ЕОМ, що дозволяє проектувальнику раціонально вибрати перетин і довжину та отримати несучу здатність паль.

9. Опір піску по бічній поверхні і під нижнім кінцем, які отримані при чисельних моделюваннях, узгоджуються з розрахунковими. Методика розрахунку несучої здатності буронабивних паль за результатами лабораторних випробувань ґрунтів забезпечує надійні результати і може широко використовуватися на практиці.

10. Визначення несучої здатності паль на стадії проектування дозволить скоротити статичні випробування паль пробним статичним навантаженням на 80 %, а раціональне проектування пальових фундаментів дозволить скоротити витрати матеріалів на влаштування фундаментів.

Основні положення дисертації викладені в наступних публікаціях:

1. Зінсу К.Л. Опір ґрунтів по бічній поверхні буронабивних паль. Будівництво України № 4. Київ 1997. с 35-37.

2. Бойко І.П., Потапенко І.Ф., Зінсу К.Л. Методика розрахунку несучої здатності буронабивних паль за результатами лабораторних випробувань ґрунтів: Зб. доповідей II Української Науково-технічної конференції по механіці ґрунтів і фундаментобудуванню, ч. III. Полтава, 1995. З 24-26.

3. Бойко І.П., Потапенко І.Ф., Зінсу К.Л. Визначення коефіцієнта тертя ґрунтів по матеріалу стовбура буронабивних паль: зб. доповідей III Української Науково-технічної конференції по механіці ґрунтів і фундаментобудуванню, Одеса, 1997, с.270.

4. Бойко І.П., Потапенко І.Ф., Зінсу К.Л. Методики визначення опору ґрунтів по бічній поверхні паль-моделей на спеціальному приладі в лабораторних умовах: Зб. доповідей III Української Науково-технічної конференції по механіці ґрунтів і фундаментобудуванню, Одеса, 1997, с.271-272.

Анотація

Зінсу Коджо Люк. Методика розрахунку несучої здатності буронабивних паль за результатами лабораторних випробувань ґрунтів. Дисертація на здобуття наукового степеню кандидата технічних наук. Рукопис. Київський державний технічний університет будівництва та архітектури, Київ, 1997.

Досліджений опір ґрунтів по бічній поверхні буронабивних паль на основі тиску бетону на ґрунтові стінки свердловин і визначені коефіцієнти тертя ґрунтів по бетону. Запропонована методика визначення опору ґрунту під нижнім кінцем буронабивної палі. Розроблена методика розрахунку несучої здатності буронабивних паль за результатами лабораторних випробувань ґрунтів. Проведені порівняння отриманих результатів за даною методикою із результатами норм, статичних досліджень та даних чисельного моделювання. Відхилення не перевищує 20 % в порівнянні з статичними випробуваннями.

Запропонована методика дає надійні результати і може бути використана в будь-якій країні, де є лабораторія основ та фундаментів.

Аннотация

Зинсу Коджо Люк. Методика расчета несущей способности буронабивных свай по результатам лабораторных испытаний ґрунтов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.02 "Основания и фундаменты". Рукопись. Киевский государственный технический университет строительства и архитектуры, Киев, 1997.

Исследовано сопротивление ґрунтов по боковой поверхности буронабивных свай на основе давления бетона на ґрунтовую стенку скважины и определены коэффициенты трения ґрунтов о бетон. Предложена методика определения сопротивления ґрунтов под нижним концом буронабивных свай. Разработана методика расчета несущей способности буронабивных свай по результатам лабораторных испытаний ґрунтов. Проведено сравнение полученных результатов по данной методике с результатами СНИП, статических испытаний и данных численного моделирования. Отклонение не превышает 20 % по сравнению с статическим.

Предлагаемая методика дает надежные результаты и может быть использована в любой стране, где есть лаборатория оснований и фундаментов.

ANNOTATION

Zinsu Codjo Luc . Method of analysis the bearing capacity of cast - in- situ piles in accordance to results of laboratory soils tests. The Ph.D. thesis in the specialty 05.23.02 Soil mechanics and foundations. The Kyiv State Technical University of Construction and Architecture, Kyiv, 1997.

ABSTRACT

11/10

AB 39.598
AB 39.598