

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Методичні вказівки
до виконання розділу курсової роботи
„Пальові фундаменти”
з дисципліни
„Основи та фундаменти”

Харків 2007

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Методичні вказівки
до виконання розділу курсової роботи
„Пальові фундаменти”
з дисципліни
„Основи та фундаменти”

Затверджено методичною
радою університету,
протокол № _____ від _____ 2007р.

Харків 2007

**Укладачі: В.П. Кожушко
 С.М. Краснов
 С.А. Бугаєвський**

Кафедра мостів, конструкцій і будівельної механіки

Методичні вказівки призначені для студентів денної форми навчання, що навчаються за спеціальностями «Мости і транспортні тунелі» та «Будівництво автомобільних доріг і аеродромів», і студентів заочної форми навчання, що навчаються за спеціальністю «Будівництво автомобільних доріг і аеродромів», які виконують другий розділ курсової роботи по проектуванню пальового фундаменту проміжної опори моста. Дані вказівки можуть бути використані і при дипломному проектуванні.

ЗМІСТ РОБОТИ

У другій частині курсової роботи треба розглянути питання проектування пальових фундаментів. Тип і матеріал паль при виконанні курсової роботи задаються викладачем після надання студентом розрахунків фундаменту мілкового закладення на природній основі. Як правило, при виконанні курсової роботи до розрахунку приймають висячі залізобетонні призматичні палі квадратного поперечного перерізу або висячі круглі залізобетонні пустотілі палі, які занурюються з закритим нижнім кінцем, а після занурення на проектну глибину заповнюються бетоном.

За вказівкою викладача можуть бути розроблені і інші варіанти, а саме: низькі і високі пальові ростверки на набивних, бурових або гвинтових палях.

При виконанні дипломного проекту треба вибрати декілька варіантів пальового фундаменту і провести їх порівняння за техніко-економічними показниками. При цьому необхідно передбачити технічно і економічно доцільні типи фундаментів для заданих геологічних і гідрогеологічних умов. Повинні бути розглянуті варіанти із дерев'яних або залізобетонних суцільних і пустотілих паль, фундаментів на набивних, бурових і гвинтових палях, з високими і низькими пальовими ростверками, з вертикальними, похилими або козловими палями, з всілякими засобами водовідливу або водо пониження при наявності поверхневих і підземних вод тощо [1-7].

Розрахунок пальових фундаментів треба проводити за двома групами граничних станів. Розрахунки за першою групою граничних станів повинні дати рішення про кількість і глибину занурень паль на основі визначення їх несучої здатності по ґрунту і матеріалу та в результаті перевірки несучої здатності пальового фундаменту як умовного суцільного.

При проектуванні пальового фундаменту потрібно розглянути основні положення по розробленню ґрунту котловану, типів кріплення його стін від обвалення ґрунту, методів водовідливу або водо пониження та викласти основні думки про технологію спорудження пальового фундаменту.

Пояснювальну записку і графічний матеріал слід виконувати згідно з існуючими правилами оформлення проектно-конструкторської документації.

Запроектований фундамент і опору треба представити в трьох проекціях на аркуші формату А2 з вказівками необхідної кількості розрізів, перерізів у масштабах 1:200; 1:100; 1:50; 1:10. Повинні бути наведені принципіальні схеми з технології спорудження фундаменту, конструкцій кріплення стін котлованів і конструкцій паль.

Проектування пальового фундаменту рекомендується виконувати у такій послідовності:

1. Треба вибрати тип і матеріал паль.
2. Заздалегідь призначити розміри плити пальового ростверку і глибину його закладення у ґрунт при проектуванні низьких пальових ростверків або позначку підосви плити при проектуванні високих пальових ростверків з урахуванням гідрогеологічних і геологічних умов.
3. Установити розрахункові навантаження на рівні підосви плити ростверку.
4. Оцінюючи ґрунтові умови, вибрати довжину палі.
5. Розрахувати несучу здатність палі по ґрунту і матеріалу.
6. Визначити орієнтовну кількість паль і провести коректування кількості паль і розмірів ростверку.

7. Визначити дійсне розрахункове вертикальне навантаження, яке передається на палю (з урахуванням власної ваги палі).
8. Скоректувати довжину палі з урахуванням сприйняття нею дійсного розрахункового вертикального навантаження і з розрахунком розмірів палі, які випускаються промисловістю, тобто треба визначити "замовлену" довжину палі.
9. Призначити спосіб об'єднання палі і плити ростверку, перевіряючи у необхідних випадках плиту ростверку проти продавлювання. Призначивши згідно з пунктом 8 "замовлену" довжину палі, треба скоректувати позначку її вістря.
10. Зробити розрахунок палі на сумісну дію вертикальних і горизонтальних сил і моментів. Цю перевірку слід виконувати тільки при дипломному проектуванні.
11. Провести перевірку несучої здатності ґрунтів, розглядаючи палевий фундамент як умовний суцільний.
12. Визначити осідання фундаменту як умовного суцільного. Горизонтальне переміщення верху опори, крен і інші деформації слід визначати тільки при виконанні дипломного проекту.
13. Підібрати палевідбійний агрегат для занурення палі на проектну глибину.
14. Визначити відмову (відказ) палі.
15. Навести (коротко) порядок спорудження палевого фундаменту і опори.

1. ВИБІР ТИПУ І МАТЕРІАЛУ ПАЛЬ

При виконанні курсової роботи розмір поперечного перерізу і тип паль задає керівник, а при виконанні дипломного проекту ці параметри студент приймає самостійно на основі техніко-економічних показників варіантів.

Із великої кількості видів паль [5] у фундаментах опор мостів найчастіше застосовують залізобетонні палі-оболонки з ненапруженою арматурою, а також бурові палі різних типів з високим і низьким пальовим ростверком.

Треба знати, що всі типи мостових паль відрізняються від паль, що застосовуються в промисловому і цивільному будівництві, потужнішим армуванням. Забивні залізобетонні палі і палі-оболонки для мостового будівництва в залежності від типу армування можуть бути не тріщиностійкими, тріщиностійкими, витривалими. Конструкції паль, їх розрахункові характеристики, маркірування і область використання наведені в типовій документації на проектування мостів. У таблиці 1 наведені основні дані про типорозміри забивних призматичних паль суцільного перерізу, у таблиці 2 – дані про круглі порожнисті палі і палі-оболонки.

Стикування секцій діаметром 40-160см можна виконувати за допомогою болтів або зварювання, секцій паль-оболонок діаметром 300см з'єднуються тільки за допомогою фланцево-болтового стику.

При виконанні курсової роботи дозволяється призначати для пустотілих паль діаметром 40 і 60см довжину секцій від 4 до 10м з кроком 1м.

Найчастіше для пальових фундаментів використовують залізобетонні забивні призматичні палі перерізом 350x350 і 400x400мм, рідше палі перерізом 300x300мм.

Призматичні палі

Переріз палі, мм	Довжина палі, м	
	Армовані каркасною арматурою	Армовані попередньо- напруженою арматурою
300х300	4-42	9-15
350х350	6-16	10-19
400х400	8-18	13-20

Примітки: 1. Палі виготовляють довжиною кратною 1м.
2. У довжину палі не входить довжина вістря.

Круглі порожнисті палі і палі оболонки

Розмір	Порожністі круглі палі		Палі-оболонки		
	400	600	1200	1600	3000
Зовнішній діаметр, мм	400	600	1200	1600	3000
Товщина стілки, мм	80	100	120	120	120
Довжина секцій, мм	4,6,8,10	12	6,8,10,12	4,6,10,12	6

2. РОЗМІРИ НИЗЬКОГО ПАЛЬОВОГО РОСТВЕРКУ І НАВАНТАЖЕННЯ НА НЬОГО

Попередні розміри плити низького ростверку і глибину її закладення дозволяється приймати як для фундаменту мілкового закладення [5, 7].

Розміри плити ростверку можна прийняти такими, як у першій частині роботи, тобто як для фундаменту мілкового закладення.

Розрахункові навантаження для різних сполучень, діючих на рівні підшви ростверку, також дозволяється приймати як для фундаментів мілкового закладення на рівні його підшви.

При виконанні дипломного проекту призначення розмірів плити ростверку і визначення навантажень студент повинен зробити сам для конкретного моста, що ним детально розробляється.

3. ОЦІНКА ГРУНТОВИХ УМОВ І ПРИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ ПАЛІ

Оцінку ґрунтових умов майданчика будівництва розглянемо на прикладі, наведеному на рис. 1.

Фізико-механічні характеристики ґрунтів зведені в табл.3.

Таблиця 3

Розрахункові характеристики ґрунтів

Розрахункові навантаження	Група граничних станів			
	перша		друга	
	мінімальні	максимальні	мінімальні	максимальні
1	2	3	4	5
Перший шар ґрунту				
Питома вага γ , кН/м ³	17,76	20,44	18,34	19,86
Питома вага матеріалу частинок γ_s , кН/м ³	26	26	26	26

1	2	3	4	5
Природна вологість $W, \%$	20	20	20	20
Кут внутрішнього тертя φ , град	24	32	25	31
Модуль загальної деформації E_0 , кПа	10000	10000	10000	10000
Коефіцієнт пористості e	0,51	0,74	0,56	0,68
Ступінь вологості S_r	0,67	0,97	0,72	0,88
Питома вага з урахуванням зважувальної дії води $\gamma_{св}$, кН/м ³	9,20	10,60	9,47	10,26
Висновок [5.13]. Пісок дрібний, середньої щільності, насичений водою				
Другий шар ґрунту				
Питома вага ґрунту γ , кН/м ³	18,04	20,76	18,62	20,18
Питома вага матеріалу частинок γ_s , кН/м ³	26,5	26,5	26,5	26,5
Природна вологість $W, \%$	18	18	18	18
Вологість на межі розкочування $W_p, \%$	16	16	16	16
Вологість на межі текучості $W_t, \%$	30	30	30	30
Кут внутрішнього тертя φ , град	15	21	16	20
Питоме зчеплення, c кПа	21	39	25	35
Модуль загальної деформації E_0 , кПа	15000	15000	15000	15000
Коефіцієнт пористості e	0,51	0,73	0,55	0,66
Число пластичності I_p	14	14	14	14
Показник текучості I_t	0,14	0,14	0,14	0,14
Висновок [5.13]. Суглинок напівтвердий				

Третій шар ґрунту				
Питома вага γ , кН/м ³	18,51	21,29	19,10	20,70
Питома вага матеріалу частинок γ_s , кН/м ³	26,5	26,5	26,5	26,5
Природна вологість W , %	22	22	22	22
Вологість на межі розкочування W_p , %	18	18	18	18
Вологість на межі текучості W_t , %	42	42	42	42
Кут внутрішнього тертя φ , град	14	20	15	19
Питоме зчеплення c , кПа	29	55	34	50
Модуль загальної деформації E_0 , кПа	28000	28000	28000	28000
Коефіцієнт пористості e	0,52	0,75	0,56	0,69
Число пластичності I_p	24	24	24	24
Показник текучості I_L	0,17	0,17	0,17	0,17
Висновок [5,13]. Глина напівтверда				

Оцінюючи ґрунтові умови майданчика будівництва, можна зробити висновок, що перший шар ґрунту недоцільно приймати за несучий пласт. Цей шар вважається несучим, якщо нижні кінці паль не доходять до підосви шару на 1м (рис.1).

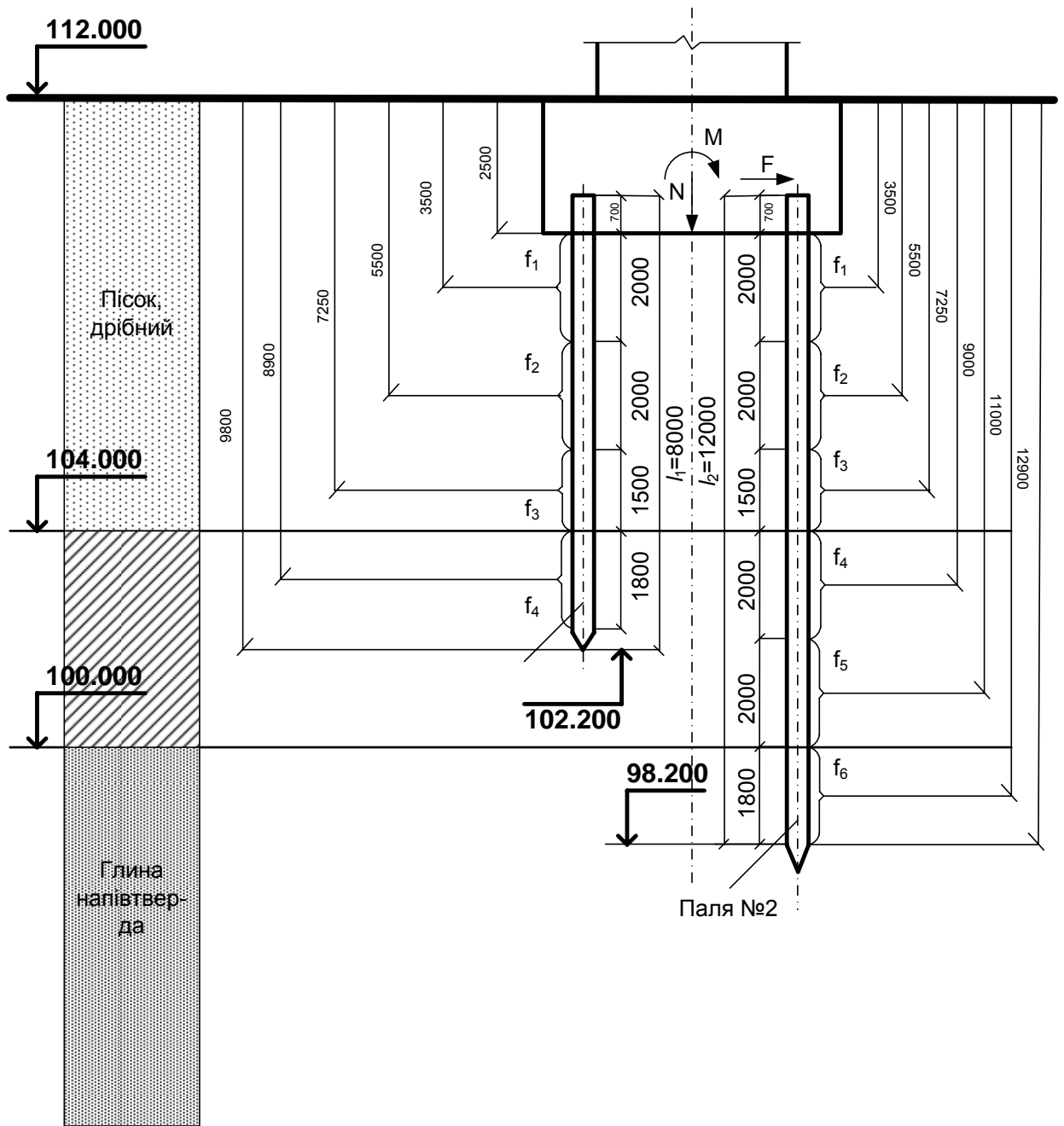


Рис.1 Схема розташування палей в шарах ґрунту

У цьому випадку довжина палі $l=4\text{м}$, а в ґрунті паля буде занурена на $3,5\text{м}$. При будівництві мостів бажана мінімальна глибина повинна дорівнювати 4м . Крім того, якщо проектувати для пальового фундаменту залізобетонні палі перерізом 350×350 або 400×400 мм, то їх мінімальна довжина складає відповідно 6 і 8м . Короткі палі також мають малу несучу здатність по ґрунту, що потребує для сприйняття зовнішніх зусиль великої кількості паль, для розміщення яких потрібно буде збільшити розміри плити ростверку в плані, а це, у свою чергу, приведе до значних об'ємів бетону і залізобетону на виготовлення пальового фундаменту.

У загальному випадку нижні кінці паль рекомендується забивати в крупно уламкові ґрунти, гравелісті, крупні і середньої крупності піски, в глинисті ґрунти з показниками текучості $I_t \leq 0,1$ не менше $0,5\text{м}$, а в інші нескельні ґрунти – не менше 1м .

Мінімальна розрахункова довжина палі, заглибленої у другий шар (див. рис.1) $l_1=8,0\text{м}$, а довжина палі, заглибленої в третій шар – $l_2=12,0\text{м}$.

У курсовій роботі треба розглянути два варіанти паль (довгу і коротку). При цьому матеріал, конструкцію і поперечний розмір палі призначає викладач. При виконанні дипломного проекту призначається декілька варіантів пальового фундаменту із різних матеріалів різної конструкції.

Після техніко-економічного порівняння варіантів треба вибрати раціональний тип пальового фундаменту.

У курсовій роботі для подальшого розрахунку треба вибрати той фундамент, який має менший об'єм матеріалів для його виготовлення.

За умовами взаємодії з ґрунтом палі поділяються на палі-стояки і висячі палі. До паль-стояків відносять палі усіх видів, які обпираються на скельні ґрунти, а також забивні палі, нижній кінець яких занурений у мало стисливий ґрунт. До мало стисливих ґрунтів відносять крупноуламкові ґрунти з піщаним заповнювачем і глини твердої консистенції, модуль загальної деформації, яких у водонасиченому стані не менший 50000 кПа

Палі-стояки передають навантаження на ґрунт нижнім кінцем (за рахунок лобового опору). До висячих паль відносяться палі всіх типів, які обпираються на стисливі ґрунти і передають навантаження на ґрунт як за

рахунок лобового опору, так і за рахунок сил бічного тертя по бічній поверхні палі.

У курсовій роботі студенти повинні проектувати низькі пальові ростверки на висячих палях. При розробленні дипломного проекту можуть бути застосовані будь-які палі з будь-якими конструкціями пальового ростверку.

4. НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ПАЛЬ

Палі у складі пальового фундаменту або одиночної палі за несучою здатністю по ґрунту треба розраховувати, виходячи з умови [3,5,11]

$$N \leq \frac{F_d}{\gamma_k} = N_0, \quad (1)$$

де N – розрахункове навантаження, кН, яке передається на палю, тобто зусилля від розрахункових навантажень, які діють на палю при найневигоднішому сполученні зусиль. Власну вагу палі у цьому випадку не враховують.

F_d - несуча здатність палі по ґрунту, кН;

N_0 - граничне навантаження, що допускається на палю по ґрунту;

γ_k - коефіцієнт надійності [3,5,11], який дорівнює:

- 1,2 – при умові, що несуча здатність одиночної палі визначається в результаті польових статичних випробувань;
- 1,25 – при умові, що несуча здатність одиночної палі визначається за результатами статичного зондування, польових випробувань ґрунтів еталонною палею, палею-зондом або за результатами динамічних випробувань, проведених з урахуванням пружних деформацій ґрунту;
- 1,4 – якщо несуча здатність палі визначена за результатами динамічних випробувань, але без урахування пружних деформацій ґрунту, або несуча здатність визначена розрахунком.

При розрахунках пальових фундаментів під опори мостів коефіцієнт призначають в залежності від типу ростверку. Коефіцієнт γ_k дорівнює:

- 1,4 – для висячих паль і паль-стояків, які входять у низький ростверк, або для паль-стояків у складі високого ростверку незалежно від їх кількості, якщо палі сприймають навантаження стиснення;
- 1,25 – те ж, але несуча здатність паль визначена за результатами статичних випробувань або за результатами статичного зондування.

Якщо розглядається високий ростверк або низький ростверк на сильно стисливих ґрунтах, то при розрахунках висячих паль приймають такі величини γ_k :

- 1,4 (1,25) – при 21 і більше паль у фундаменті;
- 1,55 (1,4) – при 11-20 палях;
- 1,65 (1,5) – при 6-10 палях;
- 1,75 (1,6) – при 1-5 палях.

Величини в дужках наведені для випадків, коли несуча здатність паль визначена пальовими статичними випробуваннями або статичним зондуванням.

Якщо палі сприймають висмикуючи навантаження, то для будь-яких забивних паль (тобто висячих паль або паль-стояків) і для будь-яких ростверків у мостах (низьких або високих) γ_k приймається в залежності від кількості паль у фундаменті згідно з попереднім пунктом.

Для інших випадків γ_k наведені в джерелах [3,5].

При виконанні курсової роботи коефіцієнт γ_k треба призначити рівним 1,4.

Несучу здатність палі-стояка визначають за формулою:

$$F_d = \gamma_c \cdot R \cdot A, \quad (2)$$

де γ_c - коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті, який приймається рівним 1;
 A – площа обпирання палі на ґрунт (площа поперечного перерізу палі),
 м^2 ;

R – розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі-стояка, кПа (у старій системі т/м²); для забивних паль $R=20000$ кПа (2000 т/м²);

для інших типів паль і паль оболонки приймається за вказівками норм [3] або за даними, наведеними у [5,11].

Несучу здатність висячої палі за ґрунтом визначають за формулою:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{CR} \cdot R \cdot A + U \sum_{i=1}^n \gamma_{cf} \cdot f_c \cdot h_i), \quad (3)$$

R – розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі, кПа, який приймається для забивних паль згідно з даними джерел [3,5,11].

U - зовнішній периметр поперечного перерізу палі, м ;

f_i - розрахунковий опір i -го шару ґрунту біля бічної поверхні палі, кПа(т/м²), який приймається для забивних паль за [3,5,11];

h_i - товщина i -го шару ґрунту, який контактує з бічною поверхнею палі, м. Норми [3] рекомендують однорідні пласти ґрунту ділити на шари товщиною не більше 2м і завершувати розбивку у межах кожного пласта. Величини f_i треба визначати для середини i -го шару ґрунту;

γ_{CR} і γ_{cf} - коефіцієнти умов роботи ґрунту відповідно під нижнім кінцем і біля бічної поверхні палі, які враховують вплив способу занурення палі на розрахунковий опір ґрунту і які приймають для забивних паль за даними джерел [3,5,11].

Показники $R, f_i, \gamma_c, \gamma_{CR}$ і γ_{cf} для інших видів паль (крім забивних) і паль-оболонки визначають за нормами [3].

Приклад

Використовуючи схему поділу шарів ґрунту h_i , наведену на рис.1, визначимо несучу здатність висячих палей, занурених за допомогою дизель-молота у другий (палей №1) і третій (палей №2) шари.

Для палей №1 параметри, що входять у формулу (3), мають такі значення:

площа поперечного перерізу прямокутної залізобетонної палей
 $A = 0,35 \times 0,35 = 0,1225 \text{ м}^2$;

периметр $U = 0,35 \times 4 = 1,4 \text{ м}$.

Нижній кінець палей розташований на глибині 9,8м від поверхні ґрунту. Тоді для суглинку при $I_L=0,14$ [3,5,11] $R= 6345$ кПа.

Розрахункові опори (f_1-f_3) [3,5,11] треба знаходити для піску дрібнозернистого середньої щільності відповідно при глибинах розташування середини i -х шарів від поверхні ґрунту, що дорівнюють 3,5; 5,5 і 7,25м, а розрахунковий опір f_4 для суглинку з числом пластичності $I_L=0,20$ при глибині розташування шару, рівного 8,9м. Значення f_4 прийнято при $I_i=0,2$, так як при показнику $I_i=0,14$ значень f немає. Тоді $f_1= 36,5$ кПа; $f_2=41$ кПа; $f_3=43,25$ кПа; $f_4=63,35$ кПа.

Коефіцієнти γ_{CR} і γ_{cf} для забивної палей, занурюваної дизель-молотами без підмиву, дорівнюють 1 [3,5,11].

Несуча здатність палей №1 по ґрунту:

$$F_d = 1 \cdot [1 \cdot 6345 \cdot 0,1225 + 1 \cdot 1,4 \cdot (36,5 \cdot 2 + 41 \cdot 2 + 43,25 \cdot 2 + 63,35 \cdot 1,8)] = 777,3 + 1,4 \cdot (730 + 82,0 + 86,5 + 114,03) = 777,3 + 1,4 \cdot 355,53 = 777,3 + 497,7 = 1275 \text{ кН}$$

Розрахування навантаження, що допускається на палю:

$$N_0 = \frac{1275}{1,4} = 910,7 \text{кН} \approx 911 \text{кН}$$

Для палі №2 розрахунковий опір R визначаємо для глини з показником текучості $I_\tau=0,20$ при глибині занурення палі 13,8м, розрахункові опори f_4 і f_5 -для суглинку з показником текучості $I_\tau=0,14$ і глибинах 9 і 11м, а f_6 - для глини з показником $I_\tau=0,20$ для глибини 12,9м. Тоді $R= 654\text{кПа}$; $f_1= 36,5\text{кПа}$; $f_2= 41 \text{кПа}$; $f_3= 43,25\text{кПа}$; $f_4= 63,5\text{кПа}$; $f_5= 66,4\text{кПа}$; $f_6= 69,1\text{кПа}$.

$$\begin{aligned} F_d &= 1 \cdot [1 \cdot 6654 \cdot 0,1225 + 1 \cdot 1,4 \cdot (36,5 \cdot 2 + 41 \cdot 2 + 43,25 \cdot 1,5 + 63,5 \cdot 2 + 2 \cdot 66,4 + 1,8 \cdot 69,1)] = \\ &= 815,1 + 1,4 \cdot (73,0 + 82,0 + 86,5 + 127 + 132,8 + 124,38) = 815,1 + 1,4 \cdot 625,68 = \\ &= 815,1 + 876,0 = 1691,1 \text{кН} \approx 1691 \text{кН} \end{aligned}$$

$$N_0 = \frac{1691}{1,4} = 1207,9 \text{кН} \approx 1208 \text{кН}$$

Для даного перерізу палі, використовуючи типові проекти, необхідно визначити її несучу здатність за матеріалом стовбура. Палі і ростверки опор мостів згідно з вимогами норм [1] слід виготовляти з бетону класу не нижче В20.

Із двох величин несучої здатності (за ґрунтом і за матеріалом) для подальших розрахунків повинна прийматися менша.

5. ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПАЛЬ І РОЗТАШУВАННЯ ЇХ У РОСТВЕРКУ

Орієнтовну кількість паль, необхідну для сприйняття навантажень на пальовий фундамент, розраховують за формулою:

$$n = \frac{N_{\phi} \cdot K}{N_0}, \quad (4)$$

де N_{ϕ} - рівнодіюча вертикального навантаження на пальовий фундамент (приймається за даними роботи [12]);

K - коефіцієнт, який враховує вплив моментів, що діють на пальовий фундамент.

Коефіцієнт $K = 1-1,4$ і залежить від співвідношення $\frac{p_{\max}}{p_{\min}}$. Значення максимальних p_{\max} і мінімальних p_{\min} тисків на рівні підшви плити ростверку приймемо згідно з даними роботи [12].

Коефіцієнт K слід визначати за формулою (5).

$$K = \frac{3 \cdot p_{\max} + p_{\min}}{2 \cdot (p_{\max} + p_{\min})} \quad (5)$$

Тоді:

для сполучення 1 при $p_{\max} = 416,7$ кПа і $p_{\min} = 279,3$ кПа

$$K_1 = \frac{3 \cdot 416,7 + 279,3}{2 \cdot (416,7 + 279,3)} = \frac{1529,4}{1392} = 1,099;$$

для сполучення 2 при $p_{\max} = 421,5$ кПа і $p_{\min} = 421,5$ кПа

$$K_2 = 1;$$

для сполучення 3 при $p_{\max} = 470,3$ кПа і $p_{\min} = 196,3$ кПа

$$K_3 = \frac{3 \cdot 470,3 + 196,3}{2 \cdot (470,3 + 196,3)} = \frac{1607,2}{1333,2} = 1,206;$$

для сполучення 4 при $p_{\max} = 474$ кПа і $p_{\min} = 310,2$ кПа

$$K_4 = \frac{3 \cdot 474 + 310,2}{2 \cdot (474 + 310,2)} = \frac{1732,2}{1568,4} = 1,104;$$

для сполучення 5 при $p_{\max}=418,3$ кПа і $p_{\min}=365,8$ кПа

$$K_5 = \frac{3 \cdot 418,3 + 365,8}{2 \cdot (418,3 + 365,8)} = \frac{1620,7}{1568,2} = 1,033;$$

для сполучення 6 при $p_{\max}=407,4$ кПа і $p_{\min}=376,8$ кПа

$$K_6 = \frac{3 \cdot 407,4 + 376,8}{2 \cdot (407,4 + 376,8)} = \frac{1599}{1568,4} = 1,020.$$

Для сприйняття зовнішніх зусиль потрібна така кількість палів №1

Сполучення 1:

$$n = \frac{14197 \cdot 1,099}{911} = 17,1 \approx 17 \text{шт};$$

Сполучення 2:

$$n = \frac{17197 \cdot 1}{911} = 18,9 \approx 19 \text{шт};$$

Сполучення 3:

$$n = \frac{13597 \cdot 1,20}{911} = 17,9 \approx 18 \text{шт};$$

Сполучення 4:

$$n = \frac{15997 \cdot 1,104}{911} = 19,4 \approx 20 \text{шт};$$

Сполучення 5 і 6 потребують меншу кількість палів. Приймаємо 20 палів.

Для сприйняття цих же зовнішніх зусиль необхідно мати таку кількість палів №2

Сполучення 1:

$$n = \frac{14197 \cdot 1,099}{1208} = 12,9 \approx 13 \text{шт};$$

Сполучення 2:

$$n = \frac{17197 \cdot 1}{1208} = 14,2 \approx 14 \text{шт};$$

Сполучення 3:

$$n = \frac{13597 \cdot 1,20}{1208} = 13,6 \approx 14 \text{шт};$$

Сполучення 4:

$$n = \frac{15997 \cdot 1,104}{1208} = 14,6 \approx 15 \text{шт}.$$

Приймаємо $n=15$ палів.

Палі можна розташовувати в рядковому і шахматному порядках, симетрично і несиметрично відносно осей симетрії підосви плити ростверку, рівномірно (тобто з однаковими відстанями між осями палів у ряді) і нерівномірно.

При виконанні курсової роботи слід прийняти рівномірне рядкове симетричне розташування палів.

Відстань між осями вертикальних забивних висячих палів [3,5,11] на рівні їх нижніх кінців повинна бути не менше $3d$ (де d - діаметр круглого або сторона прямокутного перерізу стовбура палі). Для похилих палів відстань між їх осями на рівні підосви ростверку повинна складати не менше $1,5d$. Відстань між стовбурами бурових і набивних палів або оболонок повинна бути не менше $1m$.

Палі і оболонки на рівні підосви ростверку треба розставляти одна від одної на відстані, достатній для розташування необхідної кількості арматури, можливості якісного бетонування і зручної забивки палів або оболонок. Відстань від краю ростверку до ближньої (крайньої) палі або оболонки діаметром до $2m$ у просвіті повинна бути не менше $25cm$, а при оболонках діаметром більше $2m$ - не менше $10cm$.

Залізобетонний ростверк (якщо такий ростверк буде запропоновано) треба армувати на основі розрахунку його як залізобетонної конструкції. При цьому арматуру біля підосви ростверку укладають у кожному проміжку між рядами палів у двох взаємно перпендикулярних напрямках (рис.2).

Бетонний ростверк у його нижній частині (біля підосви) армують конструктивно. При цьому площу поперечного перерізу стержнів арматури вздовж і поперек осі моста треба приймати не менше $10cm^2$ на $1m$ довжини.

Мінімальна відстань між осями паль перерізом 350×350мм складає $3d=3\cdot35=105\text{см}$.

Для розташування 20 паль довжиною $\ell_1=8\text{м}$ і 15 паль довжиною $\ell_2=12\text{м}$ розміри плити ростверку достатні. Підрахуємо об'єм бетону і залізобетону на виготовлення кожного із запропонованих пальових фундаментів. Витрати матеріалів на паловий фундамент №1:

$$\text{об'єм плити ростверку } V_{\text{пл}} = 2,5 \cdot 4,8 \cdot 8,5 = 102\text{м}^3;$$

$$\text{об'єм паль } V_{\text{паль}} = 0,1225 \cdot 7,3 \cdot 20 = 17,885\text{м}^3.$$

Витрати матеріалів на паловий фундамент №2:

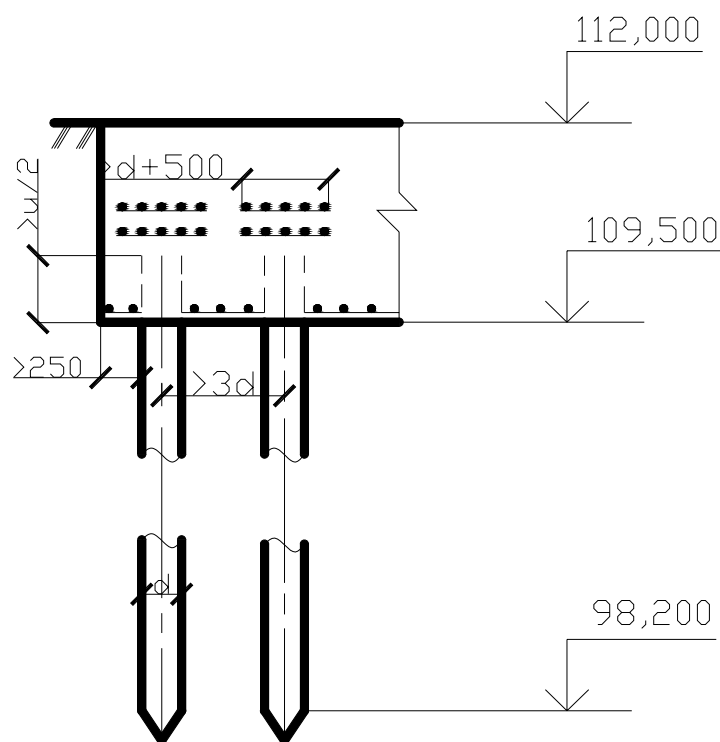


Рис.2. Розташування паль і один із способів об'єднання їх з плитою ростверку

Об'єм плити $V_{пл}=102 \text{ м}^3$;

Об'єм паль $V_{паль}=0,1225 \cdot 11,3 \cdot 15=20,76 \text{ м}^3$.

Таким чином, раціональним є пальовий фундамент №1, у якому передбачається 20 паль довжиною $\ell=8\text{м}$.

Розташування паль у плиті ростверку показано на рис.3. Розташування паль рядкове рівномірне симетричне.

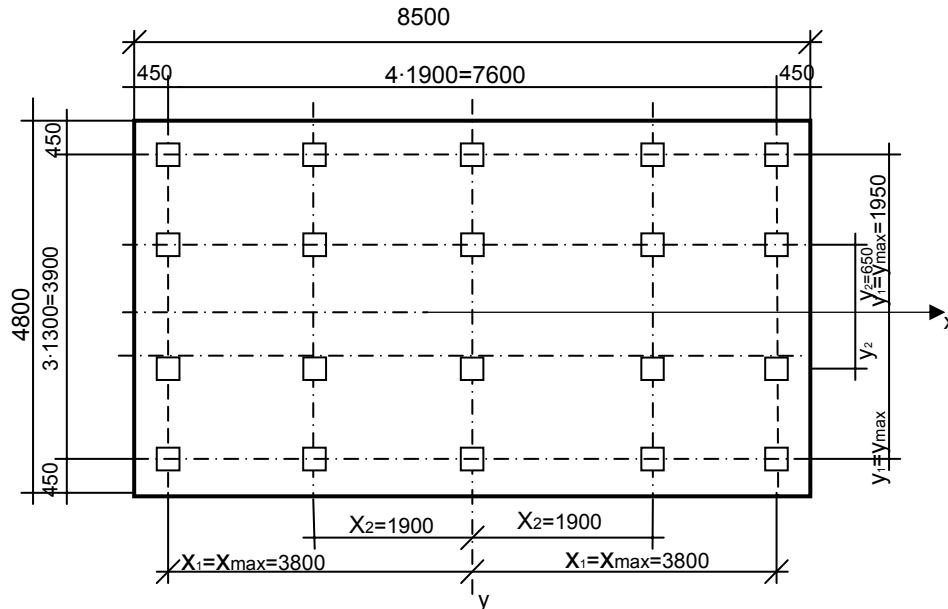


Рис. 3 - Схема розташування паль у ростверку

6. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПАЛІУ

Розрахункове навантаження на максимально навантажену палю треба визначити за формулою [3,5,11]

$$N_{пал} = \frac{N_{\phi}}{n} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\sum_{i=1}^n Y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{\sum_{i=1}^n X_i^2}, \quad (6)$$

де N_{ϕ} , M_x , M_y , - відповідно розрахункова (стискувальна) сила, розрахункові моменти відносно головних центральних осей X і Y ; X_i і Y_i - відповідно відстань від головних осей до осі i -ї палі;

x_{max} і y_{max} - відстань від головних осей до осі палі, на яку передається найбільше навантаження.

Приклад (див. рис.3)

$$x_{\max} = 3,8\text{м}$$

$$y_{\max} = 1,95\text{м}$$

$$\sum_{i=1}^{20} X_i^2 = 2 \cdot 4(x_1^2 + x_2^2) = 8 \cdot (3,8^2 + 1,9^2) = 8 \cdot (14,44 + 3,61) = 144,4 \text{ м}^2$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i^2 = 2 \cdot 5(y_1^2 + y_2^2) = 10 \cdot (1,95^2 + 0,65^2) = 10 \cdot (3,8025 + 0,4225) = 42,25 \text{ м}^2$$

Підставивши значення отриманих параметрів у формулу (6), одержимо величин дійсних зусиль на палю:

Сполучення 1

$$N = \frac{14197}{20} + \frac{2250 \cdot 1,95}{42,25} = 7456 + 104 = 850 \text{ кН}$$

Сполучення 2

$$N = \frac{17197}{20} = 860 \text{ кН}$$

Сполучення 3

$$N = \frac{13597}{20} + \frac{4478 \cdot 1,95}{42,25} = 680 + 207 = 887 \text{ кН}$$

Сполучення 4

$$N = \frac{15997}{20} + \frac{2678 \cdot 1,95}{42,25} = 800 + 124 = 924 \text{ кН}$$

Сполучення 5

$$N = \frac{15997}{20} + \frac{1521 \cdot 3,8}{144,4} = 800 + 40 = 840 \text{ кН}$$

$$\text{Паля перевантажена на } \frac{924 - 911}{911} \cdot 100 = 1,4\% \leq 10\%$$

Приймаємо пальовий фундамент, що має 20 паль довжиною $\ell=8\text{м}$.

7. ОБ'ЄДНАННЯ ПАЛІ З ПЛИТОЮ РОСТВЕРКУ. І ПРИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ПЛИТИ

Мінімальну товщину плити h призначають не менше $(h_0 + h_1)$, де h_0 - глибина замурування палі у плиту (рис.4); h_1 - глибина, яка призначається із умови не продавлювання палею плити.

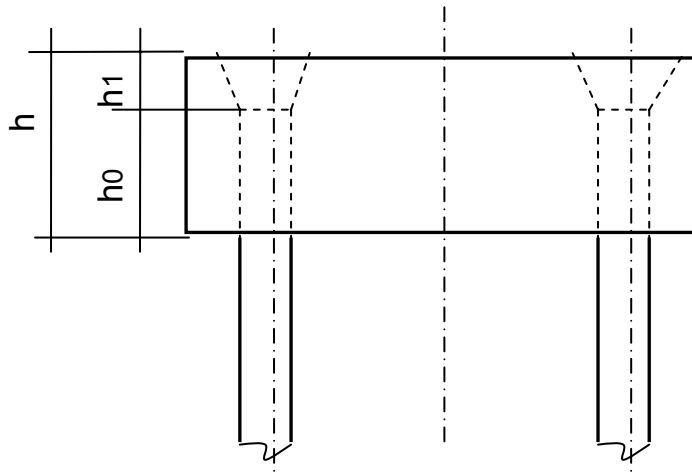
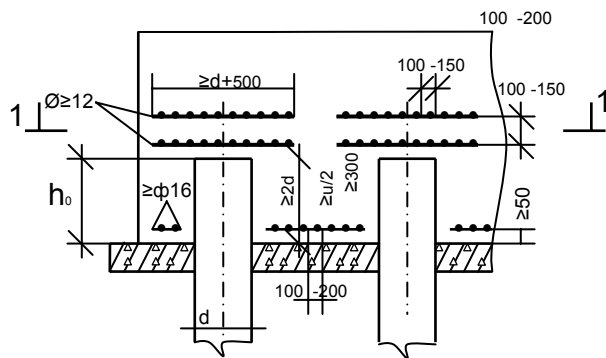


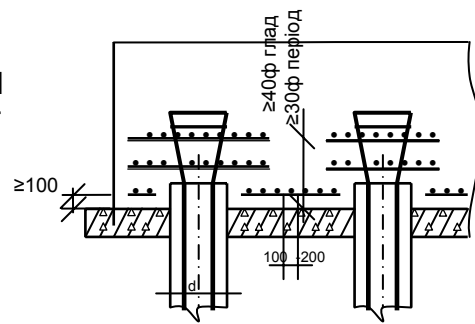
Рис. 4 Визначення мінімальної товщини плити

У фундаментах цивільних і промислових будівель мінімальна товщина $h_1 \geq 25$ см, у фундаментів мостів $h_1 \geq 50-75$ см, а дійсна товщина призначається розрахунком на продавлювання. Величина занурювання палі у плиту залежить від способу об'єднання палі з плитою і розмірів поперечного перерізу палі. Норми [3] дозволяють як вільне, так і жорстке об'єднання палі з плитою. У мостобудуванні рекомендується жорстке об'єднання палі з плитою. У цьому випадку паля повинна заходити в ростверк вище шару бетону, який укладений підводним способом на глибину h_0 , яка призначається розрахунком і яка складає не менше половини периметра призматичної палі(рис.5,а), не менше $2d$ циліндричної палі (якщо діаметр поперечного перерізу палі $d \leq 0,6$ м) і не менше 1,2м – для палі з $d \geq 0,6$ м.

а)



б)



1-1

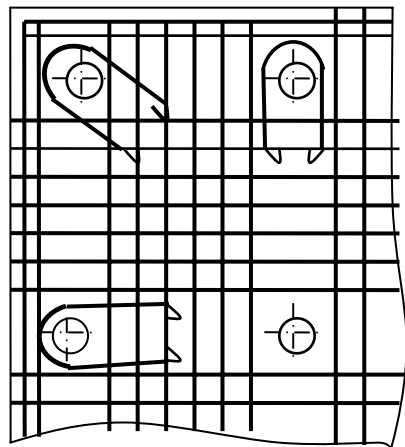


Рис. 5 - Способи об'єднання паль з плитою ростверку: а – шляхом заведення палі на глибину h_0 ; б – за допомогою випусків арматури

У фундаментах цивільних і промислових будівель паля при жорсткому об'єднанні повинна входити у ростверк не менше ніж на 30см. Дозволяється об'єднувати палі за допомогою випусків арматури (рис.5,б). У цьому випадку тіло палі треба заводити у плиту ростверку або насадку пальної опори на глибину не менше 10см і передбачати випуски арматури не менше 30 діаметрів арматури періодичного профілю і не менше 40 діаметрів гладкої арматури.

У палях, що працюють на висмикування, довжина замурування арматури у ростверк визначається розрахунком на висмикування. При вільному обпиранні ростверку на палі і при монолітній плиті замурування голови палі у ростверк h_0 повинна бути не менше 5-10см. Це об'єднання плити з палями при розрахунках вважається шарнірним об'єднанням. Якщо існуючі

фундаменти підсилюють буроін'єкційними палями, довжину замурування палі у фундамент визначають розрахунком згідно з вимогами норм [3] або призначають конструктивно (5 діаметрів палі). При недостатній товщині фундаменту передбачається розширення палі у місці її примикання до ростверку.

На крайніх палях опор ставлять анкерні хомути.

Товщина плити h (див. рис.4) при проектуванні фундаментів цивільних і промислових споруд, як правило, дорівнює 70-80см (мінімальна товщина 30см), в опорах крупних споруд повинна бути не менше 100см; у мостах при товщині стовбура палі до 0,6м – 140-200см, при більших розмірах поперечного перерізу палі – 200-300см.

При застосуванні масивних опор. У яких плита ростверку в плані має мінімальні розміри, її товщину можна зменшити, вважаючи, що на продавлювання працює і нижня частина опори. Голови палі можна частково замурувати у тіло опори.

Через голову палі на бетон плити може передаватися тиск, що перевищує розрахунковий опір бетону на осьовий стиск. У цьому випадку потрібне підсилення бетону плити у районі голів палі арматурними сітками (див.рис.5) із стержнів діаметром 12мм довжиною, що дорівнює товщині палі плюс 50см і не менше $2,5d$ палі. При перевищенні розрахункового опору плити до 20% ставлять одну арматурну сітку безпосередньо над головою палі; при перевищенні опору на 20-30% ставлять ще одну сітку на відстані 10-15см від першої (нижньої). Відстань між стержнями сітки, як правило, призначають 10см для сіток над палями і 15см для сіток над оболонками і стовпами. Якщо ж тиск, який передається палею на бетон плити, перевищує розрахунковий опір бетону плити більше ніж на 30%, то треба підвищувати клас бетону.

Форма плити ростверку обумовлюється формою над фундаментної частини. Найпростіша форма – прямокутна, яка і пропонується при виконанні курсової роботи.

Частіше всього в пальових фундаментах плиту влаштовують монолітною, бо важко ставити збірну плиту при великій кількості паль. У мостобудуванні для плит застосовують бетон класу В20 і вище [1]. Збірні плити ростверків цивільних і промислових будинків виготовляють із бетону класу В15 і вище, монолітні – із бетону не нижче класу В12,5.

Розміри плити в плані на рівні обрізу часто визначаються розмірами надфундаментної частини; розміри плити також призначають у залежності від кількості паль. При співвідношенні розмірів плити $l/h \leq 4$ її вважають жорсткою, в інших випадках вона називається гнучкою. У курсовій роботі слід призначати жорстку плиту. Бетонна (жорстка) плита внизу підсилюється арматурою у вигляді плоскої сітки (див.рис.5) із стержнів однакового діаметра в обох напрямках, площа яких у мостах повинна бути не менше 10см^2 на 1 пог.м плити. Мінімальний діаметр арматури $\phi 16\text{мм}$; стержні арматури ставлять на відстані 10-20см один від одного. Захисний шар бетону в збірних плитах ростверку опор моста повинен бути не менше 30см, у монолітних плитах при наявності бетонної підготовки – не менше 40см, при відсутності бетонної підготовки – не менше 70см [1].

Для прикладу, який розглядається, довжину замурування її голови у ростверк передбачаємо $u/2$, тобто $2 \cdot 35 = 70\text{см}$. Товщину плити ростверку призначаємо 250см.

8. РОЗРАХУНОК ПАЛІ НА СПІЛЬНУ ДІЮ ВЕРТИКАЛЬНИХ І ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СИЛ І МОМЕНТІВ

Розрахунок паль на спільну дію вертикальних, горизонтальних сил і моментів треба виконувати згідно з вказівками норм [3,6]. Якщо умови за несучою здатністю паль на такі дії зусиль не виконуються треба або збільшити кількість паль, або прийняти палі більшого перерізу, або палі прийнятого перерізу, але потужніше армованих [6], або частину паль занурити похило для кращого сприймання горизонтальних сил.

Цю перевірку треба робити тільки при дипломному проектуванні.

9. ПЕРЕВІРКИ ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ ЯК УМОВНО СУЦІЛЬНОГО

Перевірка несучої здатності за ґрунтом фундаменту на палях як умовного фундаменту мілкового закладення треба виконувати за формулою (7):

$$P_{\max} \leq \frac{\gamma_c \cdot R}{\gamma_n} \quad (7)$$

де P_{\max} - максимальний тиск на ґрунт на рівні підшви масивного фундаменту, тобто на позначці 102,200 (див. рис.1).

Максимальний тиск на ґрунт на рівні підшви умовного фундаменту треба визначати за формулою [1]

$$P_{\max} = \frac{N_c}{a_c \cdot b_c} + \frac{6 \cdot a_c \cdot (3 \cdot M_h + 2 \cdot F_h \cdot d)}{b_c \cdot \left(\frac{K}{C_s} \cdot d^4 + 3 \cdot a_c^3 \right)} \quad (8)$$

де N_c -нормальна (вертикальна) складова сила на рівні підшви умовного фундаменту (рис.6), кН; яка визначається з урахуванням ваги масиву 1-2-3-4 разом з поміщеними у ньому ростверком і палями;

a_c, b_c - розміри в плані умовного фундаменту в напрямку, паралельному і перпендикулярному площі дії моменту, м. Таким чином, при виконанні курсової роботи формулою (8) треба користуватися для 5-6 сполучень; при уведенні навантажень з 1-4 сполучень у формулі (8) замість a_c треба поставити b_c , а замість b_c - розмір a_c .

F_h, M_h - відповідно горизонтальна складова зовнішнього навантаження і момент на рівні розрахункової поверхні ґрунту, кНм. Оскільки у курсовій роботі прийнято, що лінії обрізу фундаменту і поверхні ґрунту співпадають, то значення F_h і M_h треба брати із розрахунків по обрізу фундаменту;

K - коефіцієнт пропорційності, який визначає наростання з глибиною коефіцієнта постелі C ; він залежить від виду ґрунту і його фізичних характеристик [1]. Значення коефіцієнта K також наведені у методичних вказівках по проектуванню опускного колодязя або в роботі [1, додаток 25];

C_s - коефіцієнт постелі ґрунту на рівні підшви умовного фундаменту [1];

d - глибина закладення умовного фундаменту по відношенню до розрахункової поверхні ґрунту (рис.6).

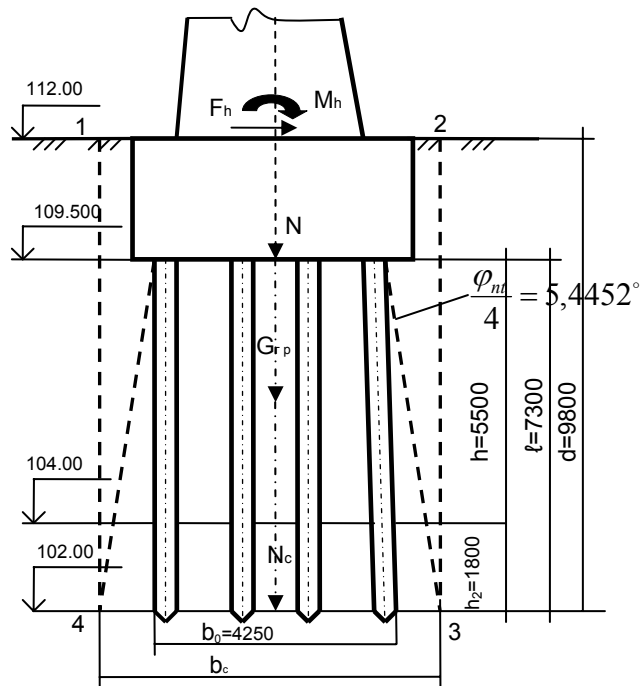


Рис. 6 - Схема пального фундаменту як умовного суцільного

Нормальна складова тиску N_c включає вагу опори з урахуванням плити ростверку, вагу прольотної будови, тимчасових навантажень, вагу палі і вагу ґрунтового масиву в межах умовного фундаменту 1-2-3-4, тобто при визначенні

N_c треба взяти вертикальні зусилля із сполучень по підшві фундаменту і додати до них вагу палі і вагу ґрунту в межах фігури 1-2-3-4. Вагу палі треба визначати за формулою:

$$G_{\text{палі}} = V_{\text{палі}} \cdot \gamma \cdot n \cdot \gamma_f, \quad (9)$$

$V_{\text{палі}}$ - об'єм зануреної в ґрунт частини палі;

γ - питома вага матеріалу палі, кН/м^3 ; при зануренні палі у водопроникні ґрунти треба урахувувати зважувальну дію води, тобто підставляти у формулу (9) замість γ $(\gamma_s - \gamma_w) = 25 - 10 = 15 \text{ кН/м}^3$; при зануренні вістря палі у водонепроникні ґрунти (у водоупор) зважувальна дія води не враховується, тобто у формулу (9) треба замість γ підставити $\gamma_s = 25 \text{ кН/м}^3$;

n - кількість палі, шт.;

γ_f - коефіцієнт надійності за навантаженням; $\gamma_f = 1,1$ [1].

Оскільки палі зануренні у другий шар ґрунту (у суглинок з $I_L=0,14$), то вагу палей визначаємо без урахування зважувальної дії води:

$$G_{\text{пал}} = 0,35 \cdot 0,35 \cdot 7,3 \cdot 2,5 \cdot 20 \cdot 1,1 = 492 \text{ кН}$$

Вага ґрунту в межах паралелепіпеда 1-2-3-4 визначається з урахуванням ваги води, що діє на водоупорний шар за формулою:

$$G_{\text{зп}} = \sum V_i \cdot \gamma_i \cdot \gamma_f + \sum V'_i \cdot \gamma_w ;$$

де $\gamma_w = 1,3$ - коефіцієнт надійності за навантаженням [1];

V_i - об'єм i -го шару ґрунту в межах фігури 1-2-3-4;

γ_i - питома вага ґрунту i -го шару, кН/м^3 , при визначенні ваги водопроникних ґрунтів треба підставляти питому вагу ґрунту γ_{sb} з урахуванням зважувальної дії води.

V'_i - об'єм стовпа води (м^3), що передається через підшву 3-4 умовного фундаменту. При визначенні об'єму стовпа води висоту стовпа треба виміряти від рівня високої або меженної води. У курсовій роботі рекомендується визначити висоту стовпа води від меженного рівня, при дипломному проектуванні – як від рівня меженної, так і від рівня високої води. Якщо низ палей занурений у водопроникні ґрунти, вагу стовпа води $\sum V'_i \cdot \gamma_w$ визначити не треба;

γ_w - питома вага води, $\gamma_w = 10 \text{ кН/м}^3$.

При визначенні об'єму ґрунтового масиву в межах умовного фундаменту 1-2-3-4 треба знати розміри умовного фундаменту в плані. Ці розміри визначаються згідно з нормами [1].

$$a_c = a_0 + 2 \cdot \ell \cdot \text{tg} \frac{\varphi_{I, \text{мт}}}{4} \quad (11)$$

$$b_c = b_0 + 2 \cdot \ell \cdot \text{tg} \frac{\varphi_{I, \text{мт}}}{4} ; \quad (12)$$

де a_0, b_0 -відстані між зовнішніми гранями палей (див. рис.3,6) відповідно вздовж осей $x-x$ і $y-y$, м

ℓ - довжина палей в ґрунті, м;

$\varphi_{I,mt}$ - середньозважена величина розрахункових кутів тертя ґрунтів в межах зануреної частини палі ℓ ; при виконанні курсової роботи треба брати мінімальні значення кутів внутрішнього тертя, визначенні для першої групи граничних станів

$$\varphi_{I,mt} = \frac{\sum \varphi_{I,i} \cdot h_i}{\sum h_i}, \quad (13)$$

де $\varphi_{I,i}$ - кут внутрішнього тертя ґрунту i -го шару;

h_i - товщина i -го шару ґрунту.

У розглянутому прикладі при

$$\varphi_{I,mt} = \frac{24 \cdot 5,5 + 15 \cdot 1,8}{5,5 + 1,8} = 21,78^\circ.$$

Сторони основи паралелепіпеда 1-2-3-4

$$a_c = 7,95 + 1,39 = 9,34 \text{ м} \quad b_c = 4,25 + 2 \cdot 7,3 \cdot \operatorname{tg} \frac{21,78^\circ}{4} = 4,25 + 1,39 = 5,64 \text{ м}$$

При визначенні ваги ґрунтового масиву будемо уводити мінімальне значення питомої ваги, оскільки при визначенні розрахунків b_c і a_c бути ураховані мінімальні значення кутів внутрішнього тертя. При цьому треба мати на увазі, що другий шар ґрунту (суглинок) є водоупором, а рівень меженної води знаходиться на позначці 144,00

$$G_{sp} = [(5,94 \cdot 9,34 \cdot 8 - 4,8 \cdot 8,5 \cdot 2,5) \cdot 9,20 + 5,64 \cdot 9,34 \cdot 1,8 \cdot 18,04] \cdot 1,3 + \\ + (5,64 \cdot 9,34 \cdot 10 - 4,8 \cdot 8,5 \cdot 2,50) \cdot 10 = 10292 \text{ кН}$$

Маючи декілька сполучень діючих навантажень [12], вагу ґрунту G_{sp} і вагу палі $G_{пал}$, необхідно визначити ρ_{max} для кожного сполучення, але для цього спочатку визначимо коефіцієнт пропорційності K_1 і K_2 та коефіцієнт постелі C . Значення коефіцієнтів K_i і коефіцієнт постелі C треба визначити за даними норм [1, додаток 25] або роботи [14].

У нашому випадку треба визначити коефіцієнт K_1 для піску дрібного при коефіцієнті пористості $\ell=0,74$ (для ґрунту першого шару) і коефіцієнт K_2 для суглинку при $I_L = 0,14$ (для ґрунту другого шару). Тоді $K_1=4052 \text{ кН/м}^4$, $K_2=5332 \text{ кН/м}^4$.

Для розглянутого прикладу:

$$K = \frac{\sum K_i \cdot h_i}{\sum h_i} = \frac{4052 \cdot 8 + 5332 \cdot 1,8}{8 + 1,8} = \frac{32416 + 9597,6}{9,8} = \frac{42013,6}{9,8} = 4287 \text{ кН/м}^4.$$

Коефіцієнт постелі при $d < 10\text{м}$ приймається $C = 10 \cdot K_2 = 10 \cdot 5332 = 53320$ кН/м³.

Визначимо максимальний тиск на рівні підшви умовного фундаменту для сполучень 1-6:

$$P_{\max 1} = \frac{14197 + 10292 + 492}{5,64 \cdot 9,34} + \frac{6 \cdot 5,94 \cdot 3 \cdot 2250}{9,34 \left(\frac{4287}{53320} \cdot 9,8^4 + 3 \cdot 5,64^3 \right)} = \frac{14197 + 10784}{52,6776} + \frac{228420}{1195347105} = 474,2 + 19,1 = 493,3 \text{ кПа}$$

$$P_{\max 2} = \frac{17197 + 10784}{52,6776} = 531,2 \text{ кПа}$$

$$P_{\max 3} = \frac{13597 + 10784}{52,6776} + \frac{6 \cdot 5,64 \cdot (3 \cdot 3758 + 2 \cdot 288 \cdot 9,8)}{11953,47105} = 462,8 + 47,9 = 510,7 \text{ кПа}$$

$$P_{\max 4} = \frac{15997 + 10784}{52,6776} + \frac{6 \cdot 5,64 \cdot (3 \cdot 1958 + 2 \cdot 288 \cdot 9,8)}{11953,47105} = 508,4 + 32,6 = 541,0 \text{ кПа}$$

$$P_{\max 5} = \frac{15997 + 10784}{52,6776} + \frac{6 \cdot 9,34 \cdot (3 \cdot 594 + 2 \cdot 371 \cdot 9,8)}{5,64 \left(\frac{4287}{53320} \cdot 9,8^4 + 3 \cdot 9,34^3 \right)} = 508,4 + 28,2 = 536,6 \text{ кПа}$$

Максимальний тиск на рівні підшви: $P_{\max,4} = 541 \text{ кПа}$

Розрахунковий опір ґрунту основи треба визначити відповідно з нормами [1, додаток 24] або [5,13]. Визначимо середню питому вагу ґрунту, розташованого вище підшви умовного фундаменту:

$$\gamma_{mt} = \frac{\sum \gamma_{mi} \cdot h_i}{\sum h_i} = \frac{17,76 \cdot 8 + 18,04 \cdot 1,8}{8 + 1,8} = \frac{142,08 + 32,472}{9,8} = 17,81 \text{ кН/м}^3$$

$R = 1,7 [269,9 \{1 + 0,04(6 - 2)\} + 2 \cdot 17,81 \cdot (9,8 - 3)] + 14,7 \cdot 1,6 = 1,7(313,084 + 242,216) + 23,52 = 967,5 \text{ кПа}$
Перевіряємо умову

$$p_{\max} \leq R \frac{\gamma_c}{\gamma_n};$$

Другий випадок завантаження:

$$p_{\max 2} = 531,2 \text{ кПа} < \frac{1 \cdot 967,5}{1,4} = 691,1 \text{ кПа}.$$

Четвертий випадок завантаження:

$$p_{\max} = 541 \text{ кПа} < \frac{1,2 \cdot 967,5}{1,4} = 829,3 \text{ кПа}$$

Отже, міцність ґрунтової основи забезпечена.

9. ВИЗНАЧЕННЯ ОСІДАННЯ ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ

Осідання пальового фундаменту треба визначити методом пошарового додаванням за формулою:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{G_{z,p,i} \cdot h_i}{E_{oi}} \quad (13)$$

де β - безрозмірний коефіцієнт дорівнює 0,8;

$G_{z,p,i}$ - середнє значення додаткового нормального тиску i -го шарі ґрунту (кПа), розташованого нижче підшви умовного фундаменту, який дорівнює напівсумі тисків на верхній z_{i-1} і нижній z_i межах шару. Величина z вимірюється від підшви умовного фундаменту, а тиск $G_{z,p}$ визначається під центром (в точці перетину осей симетрії $x-x$ і $y-y$);

h_i - потужність i -го шару, м;

E_{oi} - модуль загальної деформації ґрунту i -го шару, кПа;

n – кількість шарів у межах стискувальної товщини N_s основи (рис.7).

Значення додаткового тиску на рівні підшви умовного фундаменту за формулою

$$P_0 = P - G_{zg,0}, \quad (14)$$

де p - середній тиск на рівні підшви умовного фундаменту, кПа;

$G_{zg,0}$ - побутовий тиск ґрунту (вага вище розташованого ґрунту) на рівні підшви умовного фундаменту.

Середній тиск на рівні підшви умовного масивного фундаменту визначається за формулою:

$$P = \frac{N_{II,c}}{A_{II,c}}, \quad (15)$$

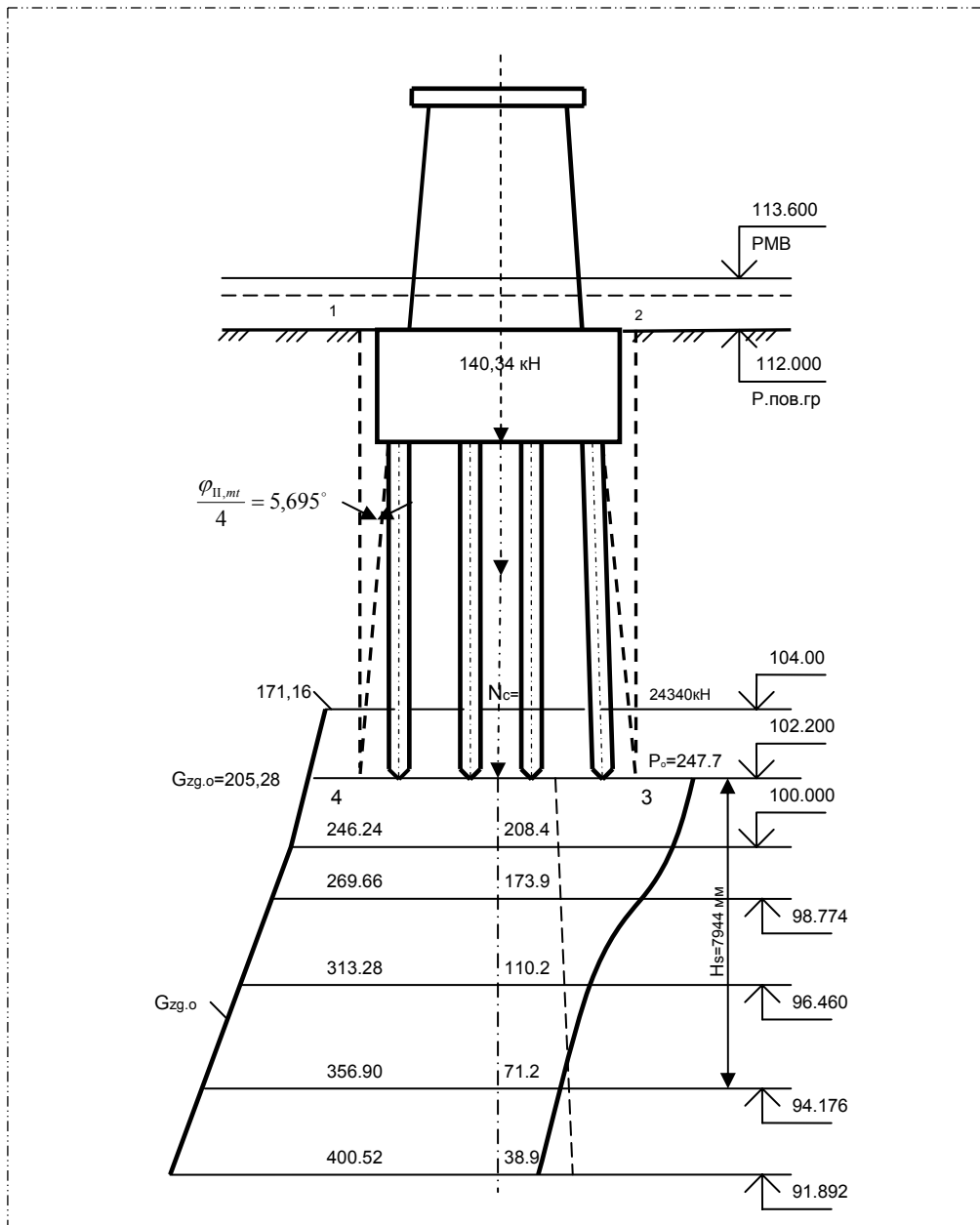


Рис.7 Схема до визначення товщини стискувальної зони H_s

де $N_{II,c}$ - нормативна вертикальна складова навантаження, кН, діючого на рівні підосви умовного фундаменту з урахуванням ваги ґрунту і паль

$A_{II,c}$ - площа підосви умовного фундаменту.

Нормативне навантаження від ваги паль

$$\sigma_{II,нал.} = \frac{492}{1,1} = 447 \text{ кН} ;$$

Середньозважена величина кута внутрішнього тертя при розрахунках за другою групою граничних станів

$$\varphi_{II,мт} = \frac{25 \cdot 5,5 + 16 \cdot 1,8}{5,5 + 1,8} = 22,78^{\circ}$$

Розміри підосви умовного фундаменту

$$b_{II,c} = 4,25 + 2 \cdot 7,3 \cdot \operatorname{tg} \frac{22,78^{\circ}}{4} = 4,25 + 1,46 = 5,71 \text{ м}$$

$$a_{II,c} = 7,95 + 1,46 = 9,41 \text{ м.}$$

Нормативне навантаження від ваги гранта і води

$$\begin{aligned} G_{II,сп} &= (5,71 \cdot 9,41 \cdot 8 - 4,8 \cdot 8,5 \cdot 2,5) \cdot 9,47 + 5,71 \cdot 9,41 \cdot 1,8 \cdot 18,62 + (5,71 \cdot 9,41 \cdot 10 - \\ &- 4,8 \cdot 8,5 \cdot 2,5) \cdot 10 = (429,85 - 102,00) \cdot 9,47 + 1800,85 + (537,31 - \\ &- 102,00) \cdot 10 = 3104,74 + 1800,85 + 4353,10 = 9258,69 \approx 9259 \text{ кН.} \end{aligned}$$

Нормативна вертикальна сила на рівні підосви ростверку від ваги опори, ростверку, прольотних будов і тимчасового навантаження складає 14634 кН.

Сумарне навантаження на рівні підосви умовного фундаменту дорівнює

$$N_{II,c} = 14634 + 9259 + 447 = 24340 \text{ кН}_b$$

Середній тиск

$$P = \frac{24340}{5,71 \cdot 9,41} = 453 \text{ кПа} .$$

Обчислення побутових тисків зведене в табл.4

Обчислення побутових тисків

Позначка	Грунт	$\gamma_{\text{св}}$ або γ , кН/м ³	Потужність шару h , м	Тиск			Повний тиск, кПа
				від ваги шару	від сумарної ваги		
					грунту	води	
113,600	Рівень води (РМВ)	10					
112,000	Покрівля дрібного піску	9,47	8				
104,000	Підошва дрібного піску, покрівля суглинку	9,47	8	75,76 75,76	75,76 75,76	- 96,0	75,76
102,200	Підошва умовного фундаменту	18,62	1,8	33,25	109,28		205,28
100,000	Підошва суглинку	18,62	2,2	40,96	150,24		246,24
98,774	Глина	19,10	1,226	23,42	173,66		269,66
96,460	—“—	19,10	2,284	43,62	217,28		313,28
94,176	—“—	19,10	2,284	43,62	260,90		356,90
91,892	—“—	19,10	2,284	43,62	304,52		400,52

Епюра побутових тисків σ_{zg} наведена на рис.7 (зліва від вертикальної осі симетрії).

Нижче підошви фундаменту грунт треба розбивати на шари потужністю не більше $0,4 \cdot b_{\text{п.с}} = 0,4 \cdot 5,71 = 2,284\text{м}$ і розбивку потрібно проводити в межах кожного шару. У зв'язку з цим приймаємо шари такої товщини:

1-й шар – 2,200м (у межах суглинку);

2-й шар – 1,226м (у глині);

3-й і інші шари – 2,284м (у глині).

Додатковий тиск p_0 під підошвою умовного фундаменту

$$P_0 = p - \sigma_{zg,0} = 453 - 205,28 = 247,72 \text{ кПа}$$

Для точок, розташованих на межах шарів, розташованих нижче підошви умовного фундаменту визначимо додаткові тиски $\sigma_{zp,i}$ за формулою

$$\sigma_{zp,i} = \alpha \cdot P_0 \quad (16)$$

де α_i – коефіцієнт розсіювання, який визначається для прямокутного фундаменту в залежності від співвідношення сторін $\frac{a_{\text{п.с}}}{b_{\text{п.с}}}$ і відносної глибини

$\frac{2z}{b_{\text{п.с}}}$ точки, в якій визначається додатковий тиск [2,5,13]. Величина z вимірюється від підошви умовного фундаменту.

Розрахунки по визначенню додаткових тисків зведені у табл. 5

Обчислення додаткового тиску

Позначки	Відстань z від підшви фундаменту до шару z,м	$n = \frac{a_{II,c}}{b_{II,c}}$	$m = \frac{2 \cdot z}{b_{II,c}}$	α_i	Додатковий тиск кПа	0,2 σ_{zg}
102,200	0	1,65	0	1	247,2	41,1
100,000	2,200	1,65	0,77	0,841	208,3	49,2
98,774	1,226	1,65	1,20	0,702	173,9	53,9
96,460	2,284	1,65	2,00	0,445	110,2	62,7
94,176	2,284	1,65	2,80	0,2875	71,2	71,4
91,898	2,284	1,65	3,60	0,157	38,91	80,1

Нижня межа стиснутої зони H_s знаходиться там, де $0,2\sigma_{zg,i} = \sigma_{zp}$. Аналітичний розрахунок (табл. 5) показує, що нижня межа стиснутої зони знаходиться на позначці 94,176 і складає $H_s=2,2+1,226+2,284+2,284=7,994$ м. Нижню межу можна знайти графічним способом на перетині графіків побутового тиску з ординатами $0,2\sigma_{zg,i} = \frac{1}{5}\sigma_{zg}$ і додаткового тиску (див. рис. 7, праворуч).

Нижня межа стиснутої зони знаходиться на позначці 94,176 (див. табл.5 і рис.7). Товщина стиснутої зони $H_s=7,944$ м.

Осідання визначимо за формулою (13). Результати розрахунку зведені в табл.6

Таблиця 6

Обчислення осідання

Відмітка	Потужність шару	Додатковий тиск		Середній додатковий тиск G_{zpi}	$\frac{0,8}{E_i}$	$\frac{0.8 * G_{z,p,i} * h_i}{E_i}$
		Біля верху шару	Біля низу шару			
100,200-100,000	2,200	247,7	208,3	228,0	0,000066667	0,0334
100,000-98,774	1,226	208,3	173,9	191,1	0,000035714	0,0084
98,774-96,460	2,284	173,9	110,2	142,05	0,000035714	0,0116
96,460-94,176	2,284	110,2	71,2	90,7	0,000035714	0,0074
Разом						0,0608

Таким чином, величина осідання $S=0,0608$ м=6,08см

10. РОЗРАХУНКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ ПО СПОРУДЖЕННЮ ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ

У залежності від ґрунтових умов і глибини занурення палей треба прийняти раціональний спосіб занурення. Необхідно розглянути декілька доцільних способів занурення, враховуючи при цьому, що механізми ударної дії (молоти) найбільш раціональні в глинястих ґрунтах, а віброзанурювачі краще застосувати при зануренні палей у незв'язні ґрунти (піски, супіски).

Вибір молотів або віброзанурювачів треба робити за методикою, викладеною в роботах [3,4,5,8,11]. Необхідну енергію удару молота, кДж, для палей довжиною до 25м треба підбирати за формулою

$$E_p = 0,045 \cdot N \quad (17)$$

де N - розрахункове навантаження, яке передається на палею, кН. У нашому випадку $N=911$ кН.

Тоді

$$E_p = 0,045 \cdot 911 = 41 \text{кДж}$$

У залежності від потрібної величини енергії удару визначають палейний агрегат, характеристики якого наведені в табл. Д.1.

У розглянутому прикладі можна прийняти трубчастий дизель-молот з повітряним охолодженням С-859А (ударна частина МД-1800), який має енергію удару $E_n = 44,1 \text{кДж}$

Прийнятий тип молота повинен задовольняти вимозі [4]

$$K \geq \frac{m_1 + m_2 + m_3}{E_d} < k$$

де m_1 - маса молота (див. табл. Д.1), т; Маса молота С-859А дорівнює $m_1=3,9$ т;

m_2 - маса палі і наголовника, т; Маса палі $m_2^1=0,1225 \cdot 8 \cdot 25 \cdot 1,1=2,695$ т; масу наголовника приймаємо $m_2^2=0,1$ м. Тоді $m_2=2,695+0,1=2,795$ т;

m_3 - маса підбабка, т. Передбачаємо забивання палей без підбабка;

E_d - розрахункова енергія удару (див. табл. Д.1), кДж;

K – коефіцієнт придатності молота (табл. Д.2).

Для пароповітряних молотів одиничної дії $E_d = G \cdot H$,

G- вага ударної частини молота , кН;

H- висота падіння молота , м. Для пароповітряних молотів подвійної дії і дизель-молотів енергія удару приймається згідно з паспортними даними.

При підбиранні молотів для забивання похилих палей мінімальну енергію удару E_d треба збільшити для палей з нахилом 5:1, 4:1, 3:1, 2:1 і 1:1 відповідно в 1,1; 1,5; 1,25; 1,4 і 1,7 рази.

За формулою (18) перевіряємо можливість використання молота С-859А за величиною К.

$$\frac{3,9 + 2,795 + 0}{44,1} = 0,152 < K = 0,6$$

У процесі занурення палі треба контролювати її відказ (відмову). При забиванні палей довжиною до 25м визначається залишковий відказ S_a (при умові, що $S_a \geq 0,002m$) за формулою

$$S_a = \frac{\eta \cdot A \cdot E_d}{F_d \cdot (F_d + \eta \cdot A)} \cdot \frac{m_1 + \varepsilon^2 \cdot (m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3} \quad (19)$$

де η – коефіцієнт (кН/м²), який приймається для залізобетонних палей з наголовниками 1500; для дерев'яних палей без підбабка – 1000; з підбабком – 800;

A- площа, обмежена зовнішнім контуром суцільного або повного поперечного перерізу стовбура палі, (незалежно від наявності або відсутності в палі вістря), м²;

E_d - розрахункова енергія удару молота ,кДж;

F_d - несуча здатність палей по ґрунту, кН.

m_1 - маса молота, т;

m_2 - маса палі з наголовником, т;

m_3 - маса підбабка, т;

ε – коефіцієнт відновлення удару при забиванні залізобетонних палей і паль-оболонок молотами ударної дії з використанням наголовника з дерев'яним вкладишем, $\varepsilon^2 = 0,2$

У розглянутому прикладі відказ палі 35·35см довжиною 8м, яка забивається дизель-молотом С-859А.

$$S_a = \frac{1500 \cdot 0,1225 \cdot 44,1}{1275 \cdot (1275 + 1500 \cdot 0,1225)} \cdot \frac{3,9 + 0,2 \cdot 2,795}{3,9 + 2,795} =$$

$$= \frac{8103,315}{1859906,28} \cdot \frac{4,459}{6,695} = 0,0029_m = 0,29_{mm} > 0,2_{mm}$$

Якщо залишковий відказ палі $S_a < 0,2_{mm}$, треба використати молот з більшою енергією удару або прийняти іншу формулу [4] для визначення S_a з обов'язковою реєстрацією занурення палі відказоміром.

11. ПІДБИРАННЯ ВІБРОЗАНУРЮВАЧА ДЛЯ ЗАНУРЕННЯ ПАЛЬ

Вібросанурювання раціональне в піщаних ґрунтах. Марку вібросанурювача треба визначати за величиною збурюючої (змушуючої) сили [4,5,11].

$$F_0 = \frac{\gamma_g \cdot N - 2,8G_n}{K_s}, \quad (20)$$

де γ_g - коефіцієнт надійності за ґрунтом, який приймається 1,4;

N – розрахункове навантаження на пальовий елемент за проектом, кН, а у випадку занурення пальових елементів до розрахункової глибини – відповідно цій глибині опору заглиблення в ґрунт пального елемента за проектом;

G_n – сумарна вага вібросистеми, у яку входить вага вібросанурювача, пального елемента і наголовника, кН;

K_s – коефіцієнт зниження бічного опору ґрунту під час вібросанурювання, який приймається за табл. Д.3.

Необхідне значення максимальної змушуючої сили вібросанурювача F_0 остаточно треба приймати не нижче $1,3 \cdot G_n$, якщо занурюються палі-обонки з вийманням ґрунту із внутрішньої порожнини в ході занурювання і $1,5 \cdot G_n$ – при занурюванні порожнистих паль без виймання ґрунту.

Крім того, треба перевіряти підібраний вібросанурювач за величиною потрібної амплітуди коливань системи «вібросанурювач-палія»,

$$\frac{\mu K_m}{M_c} \geq A_0, \quad (21)$$

де A_0 – потрібна амплітуда коливань при відсутності опору ґрунту, см (табл. Д.4);

K_m – статичний момент дебалансів віброзанурювача, кгм;

μ - коефіцієнт, який дорівнює 1-1,5 на початку занурювання і 0,7- у кінці занурювання;

M_c – сумарна маса віброзанурювача, палі і наголовника, кг.

При остаточному виборі типу віброзанурювача треба врахувати, що при однаковій змушуючій силі більшу занурюючу здатність має віброзанурювач з більшим статичним моментом дебалансів K_m , а при інших однакових умовах треба вибирати віброзанурювач з регульованими в процесі роботи параметрами.

Припустимо, що для занурювання палі придатний віброзанурювач ВРП 15/60. Згідно з табл. Д.5 момент ексцентриків $K_m=150(\text{кг}\cdot\text{м})$, вага віброзанурювача $G_{вз}=50,8$ кН, маса віброзанурювача $M_{вз}=5,08$ т, вага палі і наголовника $G_{п.н}=27,95$ кН. Оскільки паля занурена вістрям у суглинок напівтвердий, амплітуду коливань призначимо $A_0=1,4$ см. (див.табл. Д.5).

Визначимо необхідну змушуючу силу

$$F_0 = \frac{1,4 \cdot 911 - 2,8 \cdot (50,8 + 27,95)}{K_s} = \frac{1275,4 - 220,5}{7,36} = 143,3 \text{ кН}$$

Коефіцієнт зниження бічного опору визначимо як середньозважену величину, користуючись табл. Д.3, для пісків дрібних водонасичених –

$$K_{st} = 6,2 \cdot 1,5 = 9,3; \text{ для суглинку при } I_L = 0,14; K_{st} = 1,4 + \frac{0,1 \cdot 0,04}{0,1} = 1,44.$$

$$K_s = \frac{9,3 \cdot 5,5 + 1,44 \cdot 1,8}{5,5 + 1,8} = \frac{51,15 + 2,592}{7,3} = 7,36$$

Змушуючи сила віброзанурювача ВРП 15/60 $F_0=348$ кН $> 143,3$ кН. Значить по цьому показнику віброзанурювач ВРП 15/60 підходить для занурювання палі.

Перевіримо умову (21)

$$A_0 = \frac{0,7 \cdot 348}{5080 + 27950} = \frac{243,6}{7875} = 0,031 \text{ м} = 3,1 \text{ см} > 1,4 \text{ см.}$$

Приймаємо для занурення палі віброзанурювач ВРП 15/60.

При віброзанурюванні палі або палі-оболонок тривалість останнього залога дорівнює 3хв. Протягом останньої хвилини у залозі заміряють споживану потужність віброзанурювача, швидкість занурення палі з точністю до 1 см/хв. і амплітуду коливань палі з точністю до 0,1см.

Технічні характеристики трубчастих дизель-молотів

Показник	Індекс молота (ГОСТ 7888-80)					
	МД-1250	МД-1800	МД- 2500	МД-3500	МД-5000	МД-7500
	Марка молотів					
з повітряним охолодженням	УР-1250 УРБ-1250	С-859А УР-2- 1800 УРБ-1800	С-949Б	С-954Б	С-974Б	
з водяним охолодженням	С-995А (СА-75А)	С-996А (СП-76А)	С-1047 (СП-77А)	С-1048 (СП-78А)	С-54-1 (СП-79А)	СП-84
Маса ударної частини, т	1,25	1,8	2,5	3,5	5,0	7,5
Маса молотом, т	2,7	3,9	5,8	7,8	9,55	16,0
Найбільша потенціальна енергія удару E , кДж, при вертикальному розташуванні молота	36,8	53	73,5	103	147	243
Розрахункова енергія удару E_d , кДж	30,4	44,1	61,8	86,3	123,5	184,3
Висота молота, м	4,4	4,4	5,2	5,5	6,5	6,2
Повний хід ударної частини, м	3,0	3,0	3,2	3,2	3,2	2,8
Число ударів за хв.	43-55	43-55	43-55	43-55	42	42
Ширина напрямку на копер, мм	360	360	360/625	625	625	625
Рекомендована маса паль, що забиваються, т	1,5-4	2-4	3-7	4 -10	5-15	8-22

Таблиця Д.2

Значення коефіцієнта К для різних матеріалів палів і шпунта

Тип молота	Залізобетон	Сталь	Дерево
Трубчастий дизель-молоти і молоти подвійної дії	0,60	0,55	0,50
Молоти одиночної дії і штангові дизель-молоти	0,50	0,40	0,35
Підвісні молоти	0,30	0,25	0,20

Примітка. При занурюванні палів будь-якого типу з підмивом, сталюого шпунта, а також сталюих труб з відкритим нижнім кінцем, наведені у таблиці значення коефіцієнтів треба збільшити у 1,5 рази.

Таблиця Д.3

Значення коефіцієнтів K_s

Коефіцієнти K_s для ґрунтів								
Піщаних вологих середньої щільності								
гравелистих	крупних	середніх			пилуватих	дрібних		
2,6	3,2	4,9			5,6	6,2		
Глинистих з показником текучості I_L								
0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,5	3,0	3,3	3,6

Примітки. 1. Для водонасичених крупних пісків значення K_s збільшується в 1,2 рази,

для середніх пісків – в 1,3 рази, для дрібних і пилуватих – в 1,5 рази.

2. Для замулених пісків значення K_s знижується в 1,2 рази.

3. Для щільних пісків значення K_s знижується в 1,2 рази, а для пухких – збільшується в 1,1 рази.

4. Для проміжних значень показника текучості I_L глинистих ґрунтів значення K_s визначається інтерполяцією.

5. При шаруватому напластуванні ґрунтів коефіцієнт визначається як середньозважений з глибиною.

Таблиця Д.4

Потрібні амплітуди коливань A_0

Прорізувані палею ґрунти	Спосіб занурення палі	A_0 , см, при глибині занурення, м	
		до 15	більше 15
Легкі: Водонасичені піски і супіски, м'якопластичні і текучопластичні ґрунти	Без підмиву і виймання ґрунту з оболонок	0,7	0,9
Середні: вологі піски і супіски, пластичні пілувато-глинисті ґрунти	Періодичний підмив і видалення ґрунту з оболонок	1,0	1,2
Важкі: тверді і напівтверді пілувато-глинисті ґрунти, піски гравелісті маловологощільні	Підмив з видаленням ґрунту з оболонок	1,4	1,6

Примітки. 1. Під час вибору типу віброзанурювача для заглиблення порожнистих палей і палей-оболонок з вийманням ґрунту з внутрішньої порожнини зазначені величини A_0 знижуються в 1,2 рази.

2. При шаруватому напластуванні ґрунтів значення A_0 приймається для шару найважчого ґрунту із числа прорізуваних ґрунтів.

Таблиця Д.5

Технічні характеристики низькочастотних віброзанурювачів

Показники	Віброзанурювачі з регульованими параметрами				Віброзанурювачі з постійними параметрами	
	ВРП 15/60	ВРП 30/132	ВРП 70/200	ВП-52Б	ВУ-16	ВІМ-170
Статичний момент маси дебалансів, кг·м	0-150	0-300	230-700	520	345,6	700
Частота обертання (кількість обертів) дебалансів, об/хв	0-460	0-520	0-500	250-500	300-499	475-550
Робоча частота обертання, хв ⁻¹	230-460	260-520	240-510	250-500	300-498	475-550
Максимальна збурююча сила, кН	348	895	2000	1480	350-960	1250-1700
Еквівалентна розрахункова енергія удару віброзанурювача, кДж	150	386	826	610	152-417	543-739
Потужність основного електродвигуна при ПВ-100%,кВт	60	132	200	2132	290	200
Тип регулятора напруги	РНТТ 160-330	РНТТ 250-330	РНТТ 600-330	-	-	-
Потужність електродвигуна для регулювання статичного моменту, кВт	0,55	1,7	1,5	-	-	-
Маса віброзанурювача без наголовника і пульта керування	5,08	7,25	14	13,25	12	15,6
Габарити, мм: висота довжина ширина	2044 1245 1114	2245 1440 1440	3250 1700 1346	1880 3200 2850	1910 3350 2620	3400 1860 1260
Тип гідравлічного наголовника	НГ-0,6	НГ-0,8	НГ-1,6	НГ-3	НГ-1,6	НГ-1,6
Тиск у гідросистемі наголовника, МПа	10	10	10	10	10	10

Список літератури

1. ДБН В.2.3.-14: 2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування/ Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006 – с.360.
2. СНиП 2.02.01. – 83*.Основания зданий и сооружений/ Минстрой России. – Москва: ГП.ЦПП, 1995. – 48с.
3. СНиП 2.02.03 – 85. Свайные фундаменты/ Госстрой России. – Москва: ГУП ЦПП, 2001. – 48с.
4. СНиП 3.02.01. – 87. Земляные сооружения, основания и фундаменты/ Госстрой СССР– Москва: ЦИТП Госстроя СССР 1989. – 128с.
5. Кожушко В.П. Основи і фундаменти. У 2 – х ч.1 – Харків: ХНАДУ, 2003. – 500с.
6. Кожушко В.П. Основи і фундаменти: Підручник для вузів: У 2 – х ч.2 – Харків: ХНАДУ, 2003. – 492с.
7. В.П. Кожушко, Н.П. Лукин, Ю.Ф. Кривоносов. Расчет фундаментов опор мостов: Учебное пособие – К.: КАДИ, 1984. -86с
8. Пособие по производству работ при устройстве оснований и фундаментов к (СНИП 3.02.01-83)/НИНОСП им. Н.М. Герсевича.- Москва: Стройиздат 1986.-567с.
9. Бобриков Б.В., Русаков И.М., Царьков А.А. строительство мостов: Учеб. для вузов.2-е изд. перераб. и доп. /Под ред. В.В.Бобрикова Москва: Транспорт,1987-304с.
10. Кручинкин А.В., Васильев В.В., Переляев Ю.Н. Машины, механизмы и оборудование для строительства мостов: Справочник Ч.1.- Москва: НИИТС; 1993-152с.
11. Кожушко В.П. Фундаменти глибокого закладення транспортних споруд і будівель (розділ «Пальові фундаменти»): Конспект лекцій: - Харків: ХДАДТУ, 1996.-130с.
12. Кожушко В.П., Краснов С.М., Бугаєвський С.О. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Основи і фундаменти » (розділ «Фундамент мілкового закладення »). – Харків: ХНАДУ, 2007.- с.
13. Кожушко В.П. Фундаменти мілкового закладення транспортних споруд і будівель: конспекти лекцій. – Харків: ХАДІ, 1993-164с
14. Кожушко В.П., Краснов С.М., Бугаєвський С.О. Методичні вказівки до виконання розділу курсової роботи «Опускні колодязі» з дисципліни «Основи і фундамент», - Харків: ХНАДУ, 2007.- с.

Навчальне видання

Методичні вказівки

до виконання розділу курсової роботи

«Пальові фундаменти» з дисципліни «Основи і фундаменти»

Укладачі: Кожушко Віталій Петрович
Краснов Сергій Миколайович
Бугаєвський Сергій Олександрович

Відповідальний за випуск

О.Г. Кіслов

Авторська редакція

Комп'ютерна верстка
План 2007,
Підписано до друку
Формат 60×84 1/16. Папір газетний. Гарнітура Times Nem Roman
Друк PISO. Умови друк.арк. . . . Обл.-вид.арк. . Замовлення №...
Тираж ... прим. Ціна договірна.

Видавництво ХНАДУ, 61200, м. Харків МСП, вул. Петровського,25

Свідоцтво Державного комітету інформаційної політ, телебачення та радіомовлення України про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів продукції серія ДК №897 від 17.04.2002р.