

ВИЗНАЧЕННЯ ОСІДАННЯ КУЩІВ ВИСЯЧИХ ПАЛЬ ПРИ ЇХ ПРОЕКТУВАННІ

*А. Височенко, інженер, Л. Козачок, к.т.н.
Львівський національний аграрний університет*

Ключові слова: кушч висячих паль, розрахунок за граничними станами, осідання основи.

Запропонована методика визначення осідання кушчів висячих паль з використанням уніфікованої розрахункової схеми.

Постановка проблеми. Кушчі паль застосовують головним чином для передачі через них зосередженого вертикального навантаження від несучого кістяка будівлі на ґрунти основи. Щоб забезпечити надійність роботи кушчів висячих паль, будівельні норми вимагають розраховувати їх методами граничних станів. Зокрема для першої групи граничних станів розрахунково забезпечують необхідний рівень стійкості ґрунтів основи, а для другої групи – обмеження осідання основи і вертикального переміщення кушчів. Точність визначення осідання значною мірою залежить від розрахункової схеми, прийнятої для обчислень очікуваного вертикального переміщення пальового фундаменту, спричиненого деформаціями основи. Вимогами до розрахункової схеми є те, щоб вона досить точно відтворювала особливості взаємодії кушчових фундаментів з ґрунтами основи під час передачі вертикального навантаження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У науково-технічній літературі описано чимало пропозицій щодо застосування різновидів розрахункових схем, причому деякі з них набули широкого розповсюдження, оскільки рекомендовані будівельними нормативними документами. Але кожному із запропонованих різновидів властиві як позитивні риси, так і вади, внаслідок яких значення вертикальних переміщень кушчових фундаментів не є достатньо точними. Тому актуальним завданням залишається удосконалення методики визначення осідання пальових фундаментів, у тому числі через уточнення застосовуваних розрахункових схем.

Найчастіше для визначення осідання кушчових фундаментів використовують розрахункову схему у вигляді умовного масиву [5], що має форму і розміри, призначені за певними вимогами. Вважається, що вертикальне навантаження, прикладене на фундамент, трансформується в рівномірно розподілений тиск p , який діє по підшві умовного масиву, спричинюючи осідання фундаменту (див. рис., а). Для визначення цього осідання застосовують відомий з механіки ґрунтів метод пошарового підсумовування.

Позитивною рисою цієї розрахункової схеми є універсальність і простота, бо її можна застосовувати у переважній більшості випадків і використати для розрахунків звичну методику, аналогічну для обчислення фундаментів неглибокого закладення. Вадами цієї схеми є її умовність, про що наголошується в її назві, а це впливає на точність розрахунків. Основними умовностями є неврахування впливу переміщення паль на осідання фундаменту, недостатня обґрунтованість призначення розмірів підшви масиву.

Для визначення осідання стрічкових фундаментів з одно- і дворядним розміщенням паль із відстанню між їх осями 3-4 d , де d – діаметр круглого чи сторона квадратного поперечного перерізу, застосовують розрахункову схему у вигляді масиву ґрунту разом з фундаментом, обмеженого: зверху – поверхнею планування землі; з боків – вертикальними площинами, що проходять по зовнішніх гранях крайніх рядів паль; знизу – горизонтальною площиною, проведеною по нижніх кінцях [1]. Описуваний масив передає прикладене на нього вертикальне навантаження на основу через бокові поверхні та підшву масиву (див. рис., б).

Позитивною рисою цієї схеми є те, що в ній враховано тертя ґрунту по бокових поверхнях масиву, розміри масиву призначаються логічніше й обґрунтованіше. Але водночас в аналізованій розрахунковій схемі у разі визначення осідання не враховується вертикальне переміщення паль у ґрунті. Крім того, область застосування схеми є обмеженою, зокрема її не можна використовувати для визначення осідання кушчів паль.

Постановка завдання. Вважаємо, що підвищити точність визначення осідання кушчів висячих паль можна за рахунок удосконалення розрахункової схеми, відмовившись при цьому від

умовностей, властивих ґрунтопальовим масивам, і врахувавши реальності передачі прикладеного вертикального навантаження на ґрунти основи. Така схема може бути аналогом тієї, яку застосовують у розрахунках осідання пальових фундаментів за першою групою граничних станів для визначення несучої здатності.

Виклад основного матеріалу. Як відомо, кожна висяча палля в кушовому фундаменті передає прикладене вертикальне навантаження на ґрунти основи по боковій поверхні у вигляді тертя f і через нижній кінець у вигляді зосередженої сили V_p [5]. Під впливом дії цих зусиль ґрунти деформуються і палі посуваються вертикально вниз на s_1 щодо навколишнього ґрунту. При цьому в кушах безпосередньо під нижніми кінцями паль зосереджено формуються зони високих концентрацій напружень, які в пальових кушах на глибині $0,6r_p$, де r_p – відстань між осями паль (за $r_p = 3 - 4d$), зливаються між собою та утворюють суцільну зону дії тиску на нижчерозташований масив природного ґрунту [4].

Горизонтальну площину, на висотному рівні якої зони концентрації напружень зливаються, названо перехідною. Робота висячих паль у масиві ґрунту вище від перехідної площини розглядається як індивідуальна без урахування їх взаємодії, що відповідає передумовам розрахунків за першою групою граничних станів. Нижче від перехідної площини знаходиться загальна деформована зона, яка є основним чинником прояву групової роботи паль.

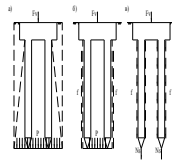


Рис. Різновиди розрахункових схем передачі вертикального навантаження на ґрунти основи для визначення осідання пальових фундаментів:

а – умовний ґрунтопальовий масив за вимогами СНиП 2.02.03-85;

б – умовний ґрунтопальовий масив за пропозицією А. А. Бартоломея;

в – пропонується за результатами проведеного експериментально-теоретичного дослідження.

З урахуванням викладеного, осідання куша паль дорівнюватиме

$$s = s_1 + s_2, \quad (1)$$

де s_1 – складова осідання внаслідок посування паль у масиві ґрунту вище від перехідної площини;

s_2 – складова осідання внаслідок ущільнення ґрунтів основи нижче від перехідної площини.

Для визначення s_1 теоретичні методи є малопридатні, адже важко з'ясувати ступінь розвитку деформації зсуву під нижніми кінцями паль, а також ступінь ущільнення ґрунту в разі занурення

забивних і влаштування набивних паль. Зважаючи на це, значення s_1 приймають за даними випробування паль статичним навантаженням, а в разі неможливості їх проведення використовують результати узагальнення таких випробувань у вигляді графіків або аналітичних залежностей [2].

Знаючи, на яку глибину посунуться палі відносно довколишнього ґрунту, можна визначити ступінь реалізації його опору на боковій поверхні в межах кожного шару

$$f_i = f_{i,0} \cdot \frac{s_1}{s_{f,i}} \quad (\text{якщо } s_1 < s_{f,i}), \quad (2)$$

$$f_i = f_{i,0} \quad (\text{якщо } s_1 \geq s_{f,i}), \quad (3)$$

де f_i – опір ґрунту i -го шару в межах довжини палі за її переміщення вниз на s_1 ;

$f_{i,0}$ – граничний опір (за термінологією СНиП 2.02.03-85 – розрахунковий);

$m, s_{f,i}$ – параметри, значення яких визначені в процесі узагальнення масових експериментальних випробувань паль статичним навантаженням [2].

Визначивши суму опору ґрунту на боковій поверхні палі, можна знайти ту складову вертикального навантаження N_{Σ} , яка передається через нижній кінець (див. рис., в)

$$N_{\Sigma} = N_{\Sigma}^0 - \alpha \sum_{i=1}^n f_i R_i, \quad (4)$$

де N_{Σ}^0 – вертикальне навантаження, що передається ростверком на палю;

α – периметр поперечного перерізу палі;

n – кількість шарів ґрунтів у межах довжини палі;

f_i – опір ґрунту на боковій поверхні палі в межах висоти шару R_i за відомого значення посування s_i .

Вертикальний тиск p на природний ґрунт основи на рівні перехідної площини не повинен перевищувати обчисленого за нормами (СНиП 2.02.01-83) розрахункового опору R . Виконання цієї умови дає змогу визначити складову осідання s_2 теоретично, прийнявши розрахункову схему природної основи у вигляді лінійно-деформованого напівпростору з умовним обмеженням глибини стисливої зони H_c [5], і застосувати відомий метод пошарового підсумовування. Максимальні значення вертикальних нормальних напружень σ_{zF} , що розвиваються за глибиною основи під перехідною площиною по осі z , рекомендовано визначати за формулою [3]:

$$\sigma_{zF} = \frac{N_{\Sigma}}{1 + z \sqrt{r_{p1} r_{p2}} (1 - m^2)} + \frac{z b}{r_{p1} r_{p2} - r_p^2} \sum_{i=1}^n f_i (\arctg m_i - \arctg m_{i-1}), \quad (5)$$

де N_{Σ} – вертикальне навантаження, що передається на ґрунт нижнім кінцем палі;

r_{p1}, r_{p2} – відстань між осями паль у поперечному і поздовжньому напрямках плану кушового фундаменту відповідно;

α – зовнішній периметр поперечного перерізу палі;

F – площа поперечного перерізу палі;

b – приведена ширина фундаменту, яку визначають за формулою

$$b = 0,7 n_{p1} r_{p1} \left(2 - \frac{n_{r1} r_{p1}}{n_{p2} r_{p2}} \right), \quad (6)$$

де n_{p1}, n_{p2} – кількість рядів паль у поперечному і поздовжньому напрямках відповідно;

$$m = \frac{z - \sqrt{z^2 - 0,6 \epsilon r_p}}{\epsilon}; \quad m_i = \frac{z - \epsilon_i}{\epsilon}; \quad m_{i-1} = \frac{z - \epsilon_{i-1}}{\epsilon}, \quad (7)$$

де z – відстань по вертикалі від підшви ростверка до точки, в якій визначається σ_{zF} ;

l_i – довжина тієї частини палі, яка контактує з ґрунтами;

z_i – відстань від підшови ростверка до покрівлі i -го шару;

z_{i-1} – відстань від підшови ростверка до підшови i -го шару.

Визначаючи напруження σ_{z_i} за формулою (5), треба знати N_{z_i} і f_i . Значення цих зусиль можна знайти, зокрема, експериментально за даними випробування ґрунтів у польових умовах інвентарною палею – зондом за методикою ДСТУ Б.В.2.1 – 1 – 95.

Область застосування запропонованої розрахункової схеми (див. рис., в) і викладеної методики визначення осідання:

а) ґрунтові умови території забудови – піщані ґрунти середньої щільності, пілуваті та глинисті ґрунти пластичної консистенції, в яких палі під дією навантаження мають змогу переміщуватися вниз без розвитку негативного тертя на боковій поверхні;

б) умова навантаження – передача на куцкові фундаменти вертикального навантаження статичної дії;

в) конструктивні особливості фундаменту – куц із групою вертикально розміщених висячих паль під ростверком за близької відстані між їх осями, що забезпечує їх сумісну роботу.

Переваги запропонованої схеми і методики порівняно з відомими полягають у тому, що вони:

а) розроблені з урахуванням даних експериментально-теоретичного дослідження;

б) відтворюють прикметні особливості сумісної роботи куців висячих паль та їх основ у разі дії на них вертикального навантаження;

в) ураховують передачу навантаження на ґрунт через бокові поверхні та нижні кінці висячих паль.

Висновки

1. Основи куців висячих паль за вимогами будівельних норм розраховують за двома групами граничних станів, при чому за першою групою перевіряється їх стійкість, а за другою – сумісне осідання фундаменту й основи.

2. Виконуючи зазначені розрахунки, застосовують відмінні між собою схеми, які суттєво різняться принципами передачі вертикального навантаження на ґрунти основи.

3. Запропоновано розраховувати осідання куців висячих паль за модернізованою схемою, в якій висячі палі, посуваючись вниз, передають вертикальне навантаження на ґрунти індивідуально.

4. Розроблено методику розрахунків сумісного осідання куців висячих паль і основ з використанням уніфікованої схеми, яка враховує дві складові вертикального переміщення фундаменту, а саме:

- посування паль відносно ґрунту міжпальового простору;

- деформації ущільнення ґрунтів у спільній зоні, що утворюється внаслідок групової роботи паль за близької відстані між ними.

Бібліографічний список

1. Бартоломей А. А. Основы расчета ленточных свайных фундаментов по предельно допустимым осадкам / А. А. Бартоломей. – М. : Стройиздат, 1982. – 223 с.

2. Козачок Л. Д. Определение осадок забивных свай по обобщенным данным массовых испытаний их статической нагрузкой / Л. Д. Козачок, Ю. П. Рудь, В. П. Беляев // Основания и фундаменты в сложных инженерно-геологических условиях : сб. науч. тр. – Казань, 1981. – Вып. 5. – С. 65-68.

3. Козачок Л. Д. Распределение вертикальных напряжений в основании кустов висячих свай / Л. Д. Козачок // Исследование строительных материалов, конструкций и сооружений. – Куйбышев, 1981. – 156 с.

4. Определение осадки кустов висячих свай при работе их во второй фазе // Основания и фундаменты : респ. межвед. научн.-техн. сб. – К. : Будівельник, 1990. – Вып. 23. – С. 27-30.

5. Свайные фундаменты : СНиП 2.02.03-83. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.

Височенко А., Казачок Л. Определение оседания кустов висячих свай при их проектировании

Предложена методика определения оседания кустов висячих свай с использованием унифицированной расчетной схемы.

Ключевые слова: куст висячих свай, расчет за предельными состояниями, оседание основы.

Visochenko A., Kozachok L. Determination of setting of shrubs of hanging piles at their projecting

Authors proposes to calculate the deformation of base of friction piles'unities. The new methodology of calculation of combined settling of unities and foundations using unification schemes is treated.

Key words: friction pile cluster, calculation according to the limited state, deformation of base.