

РОЗРАХУНОК ГОРИЗОНТАЛЬНО НАВАНТАЖЕНОЇ ПАЛІ-КОЛОНИ З РОЗШИРЕННЯМ

Мукієнко М., *зр. ВВ-297*

*Науковий керівник – Барчукова Т.М., к.т.н. доцент (кафедра
Основ і фундаментів, ОДАБА)*

Анотація. В роботі наведено метод розрахунку горизонтально-навантаженої палі-колони з розширенням з урахуванням взаємодії складових частин фундаменту при їх спільній роботі з ґрунтовою основою. Розширення – збільшення поперечного перерізу палі в рівні денної поверхні (у вигляді горизонтальної плити).

Актуальність. Застосування нового методу розрахунку, а саме горизонтально навантаженої палі-колони з розширенням, при одночасній дії вертикального навантаження, забезпечує реалізацію більшого опору навантаженням верхніх шарів основи. Удосконалення цього методу з метою подальшого застосування його на практиці актуально і має практичне значення.

Основний текст. У 1967 році було запропоновано для будівель сільськогосподарського призначення безростверкові конструкції – палі-колони. Завдяки високій ефективності на будівництві промислових об'єктів, особливо сільськогосподарського призначення, палі-колони широко застосовують для багатьох об'єктів. Розроблені типові проекти з їх використанням.

Палі-колони представляють собою елемент, який виконує дві функції: палі – зануреної в ґрунті підземною частиною, і колони – надземною частиною. Численні операції, пов'язані з устроєм стаканів і монтажем колон, замінюються в даному випадку точним зануренням одного елемента. Застосування паль-колон дозволяє скоротити обсяг земляних робіт, витрати залізобетону і число монтажних елементів.

До недоліків можна віднести необхідність дотримання геометричних розмірів паль і складність точного занурення.

В якості паль-колон застосовують типові палі квадратного перетину, повнотілі або з круглою порожниною з додатковими закладними деталями для кріплення опорних металевих столиків під стінові панелі, ферми покриттів, для монтажу зв'язків та інших огорожувальних конструкцій.

Палі-колони використовують в таких ґрунтах: пісках середньої щільності, глинистих ґрунтах при консистенції $I_f = 0,5$, в тому числі в ґрунтах що просідають I типу, з пористістю не більше 45%.

Застосування паль-колон не допускається, коли в межах занурюваної частини під нижніми кінцями їх розташовані слабкі ґрунти (заторфовані і торф, мули, глинисті текучої консистенції та ін.), або гравійні піски, великоуламкові і щільні піщані ґрунти.

В результаті аналізу останніх досліджень і публікацій математичні методи розрахунку паль на горизонтальні навантаження можна розділити на дві групи в залежності від характеру деформацій паль у ґрунті. Перша група методів розроблена для паль, які під дією горизонтального навантаження повертаються в ґрунті без вигину. Руйнування системи «паль-ґрунти» відбувається за рахунок втрати стійкості ґрунтом основи. Розрахунок базується на положеннях теорії граничної рівноваги ґрунтів. Друга група методів розроблена для паль, які під дією горизонтальних навантажень згинаються в ґрунті. Опір таких паль визначається міцністю матеріалу палі на вигин. Методи розрахунку другої групи, як правило, засновані на використанні моделі місцевих пружних деформацій.

Розрахунок палі-колони з розширенням базується на положеннях першої групи.

У роботах [1, 2] вперше запропонований інженерний метод розрахунку горизонтально навантаженої палі-колони з розширенням. Основні передумови, які прийняті при виведенні теоретичних формул методу, такі: визначення параметрів спільної роботи з ґрунтом основи горизонтально навантаженої палі-колони з розширенням проведено як для жорсткої фундаментної конструкції, що знаходиться на основі, що лінійно-деформується та характеризується коефіцієнтами постелі. При цьому фундаментну конструкцію розчленували на складові елементи, що її утворюють – розширення, у вигляді плити і палі, і виконали вивчення параметрів спільної роботи з основою кожного зазначеного елемента окремо. Взаємовплив одного елемента до другого, плити і палі враховано введенням додаткового рівняння нерозривності переміщень складових елементів в місці їх з'єднання.

В якості моделі основи плити прийнята модель М.М. Філоненко-Бородича з використанням рішення О.А. Савінова.

У роботі [3] зроблено удосконалення вище викладеного методу, а саме, прямолінійна епюра зміни горизонтальних напружень замінена епурою напружень, яка обмежена квадратною параболою.

З урахуванням зауважень викладених в роботі [3], на рис. 1 представлена розрахункова схема фундаменту, розрахункова схема розширення - плити на рис. 2.

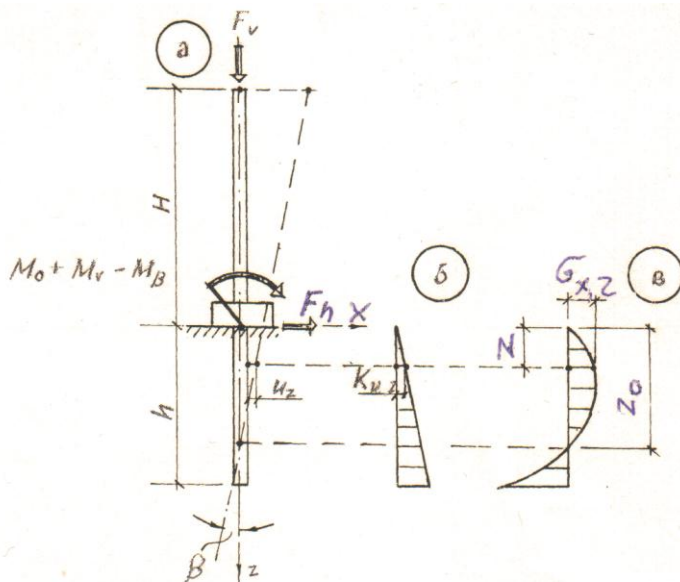


Рис. 1. Розрахункова схема палі-колони з розширенням (а); еюра коефіцієнта постелі при нерівномірному стисканні основи у горизонтальному напрямку (б); еюра горизонтальної напруги $\sigma_{x,z}$ (в)

При цьому прийняті наступні позначення: F_h – зосереджене горизонтальне навантаження, що діє в напрямку осі x і прикладене до палі-колони на рівні підшви плити; F_v – зосереджене навантаження, яке прикладене до верхнього кінця палі-колони; M_0 , M_v і M_β – моменти, що діють в рівні підшви плити (точка 0) і які створюються відповідно зовнішніми навантаженнями (за винятком F_v), зовнішнім вертикальним навантаженням F_v і реактивними тисками p , прикладеними до підшви плити; h і H – довжина ділянки палі-колони відповідно нижче і вище рівня підшви плити; β – кут повороту (нахилу) фундаменту; z_0 – глибина місцезнаходження Т.Н.П.; z – поточна координата.

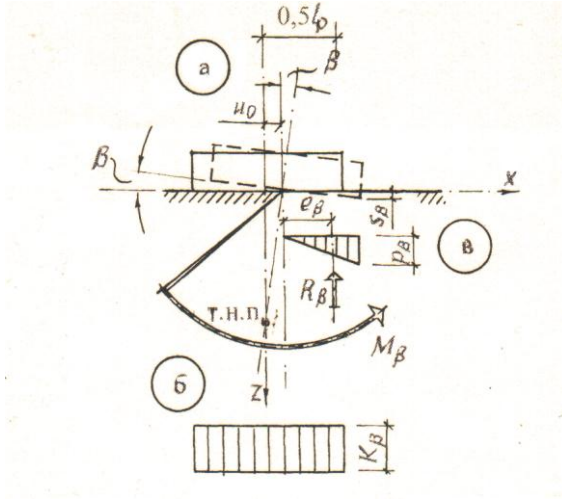


Рис. 2. Розрахункова схема розширення - плити (а); епора коефіцієнта постелі при нерівномірному стисканні основи в вертикальному напрямку (б); епора вертикального тиску p (в)

Кут повороту (нахилу) фундаменту визначаємо за формулою (1):

$$\beta = 6 F_h / [K b_p (3 z_0 h^2 - 2h^3) - 6 F_v] \quad (1)$$

де: F_h – зосереджене горизонтальне навантаження; K – кутовий коефіцієнт, що визначається відповідно з нормативним документом [4]; h – довжина ділянки палі-колони нижче рівня підшви плити; z_0 – глибина місцезнаходження Т.Н.П; F_v – зосереджене навантаження, яке прикладене до верхнього кінця палі-колони; b_p – ширина ростверку.

Глибина точки нульових переміщень z_0 розраховується за формулою (2):

$$z_0 = [K b_p h^3 (4\lambda + 3h) + K_\beta I_p - 12 (H - \lambda)] / [2K b_p h^2 (3\lambda + 2h)] \quad (2)$$

де: K ; b_p ; h – те саме, що у формулі 1; λ – висота від рівня поверхні плити на якій прикладена сила F_h ; K_β – коефіцієнт постелі при нерівномірному стисканні основи; I_p – довжина підшви плити; H – довжина ділянки палі-колони вище рівня підшви плити.

При розрахунку на міцність тіла палі-колони, згинальний момент M_z і поперечну силу Q_z в перерізі палі-колони в межах її робочої довжини на глибині z визначаємо за формулами відповідно 3; 4.

$$M_z = F_h (\lambda + z) + F_v (H + z) \beta - 1/2 K_\beta I_p \beta - 1/12 K b_p (2z_0 - z) z^3 \beta \quad (3)$$

де: F_h ; F_v ; K ; b_p ; h ; z_0 – те саме, що у формулі 1; λ ; K_β ; H – те саме, що у формулі 2; z – поточна координата; β – кут повороту (нахилу) фундаменту.

$$Q_z = F_h + F_v \beta - 1/6 K b_p (3z_0 - 2z) z^2 \beta \quad (4)$$

де: F_h ; F_v ; K ; b_p ; h ; z_0 – те саме, що у формулі 1; λ ; K_β ; H – те саме, що у формулі 2; β ; z – те саме, що у формулі 3.

Параметри спільної роботи плити і ґрунтової основи, що характеризує прямокутна епюра коефіцієнта постелі при нерівномірному стисканні основи K_β наведені в роботі [5].

На основі викладених вище методів проведені розрахунки дослідної палі-колони С-1.

Конструкція палі-колони С-1: у свердловину діаметром 0,8 м, глибиною – 1,7 м монтується залізобетонна колона перерізом 400 x 400 і закарбовується бетоном. Навкруги, таким чином, палі, що утворилася, на глибину 0,5 м влаштовується залізобетонна плита з розмірами в плані 1,4 x 1,4 м.

Випробування палі проведено на будівельній ділянці, яка розташована на території м. Одеси і в геоморфологічному відношенні приурочена до району Пересипу.

У геологічній будові ділянці беруть участь морські і лиманові піщано-глинисті відкладення, що залягають на глинах.

Будова ділянки представлена наступними нашаруваннями: шар 1 – насипний шар (суглинок, супісок з побутовим і будівельним сміттям), потужність шару коливається від 0,5 до 1,0 м; шар 2 – пісок дрібний, сірий глинистий з включенням (6 м); шар 3 – супісок сірий з прошарками піску пілуватого (4,0 м).

Підземні води при дослідженнях зустрінуті на глибині – 0,8; – 2,0 м.

Випробування виконані на спільну дію вертикальних і горизонтальних навантажень.

Результати порівняння даних дослідіу палі-колони С-1, а саме горизонтальні переміщення палі-колони в рівні денної поверхні, з розрахунковими даними наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Дослідні та розрахункові дані про опір горизонтально навантаженої палі-колони

Марка палі-колони	Дослідні			Розрахункові		$[(u_p - u) / u] 100\%$	$[(Q_p - Q) / Q] 100\%$
	u , мм	Q , кН	F_v , кН	Q_p , кН	u_p , мм		
С-1	10	28	140	24	22	12	14

Висновки:

1. Палі-колони представляють собою елемент, який виконує дві функції: палі - зануреної в ґрунти - підземною частиною, і колони - надземною частиною;

2. Палі-колони використовують в ґрунтах: пісках середньої щільності, глинистих ґрунтах при консистенції $1_L = 0.5$, в тому числі в ґрунтах що просідають 1 типу, з пористістю не більше 45 %.

3. Визначення параметрів спільної роботи з ґрунтом основи горизонтально навантаженої палі-колони з розширенням проведено як для жорсткої фундаментної конструкції, що знаходиться на основі, яка лінійно-деформується та характеризується коефіцієнтами постелі.

4. Дослідні та розрахункові дані палі-колони з розширенням (горизонтальні переміщення палі-колони в рівні денної поверхні) відрізняються між собою на 12%.

5. Дослідні та діючі поперечні зусилля, що діють на палю-колону з розширенням відрізняються між собою на 14%.

Література:

1. Кобринец В.М., Барчукова Т.Н. Метод расчета по деформациям ґрунтового основания горизонтально нагруженного фундамента из короткой сваи-колонны. Будівельні конструкції. Вип. 71. Кн. 1. К.: ДП НДІБК, 2008. С. 463-469.

2. Барчукова Т.Н. Расчет основания горизонтально нагруженной сваи-колонны с уширением. Будівельні конструкції. Вип. 71. Кн. 1. К.: ДП НДІБК, 2008. С. 493-499.

3. Матус М.Ю. К расчету горизонтально нагруженной сваи-колонны с низким ростверком-оголовком. Будівельні конструкції. Вип. 79. К.: ДП НДІБК, 2013. С. 179-184.

4. СП 50-102-2003 Проектирование и устройство свайных фундаментов. М., 2005. 81 с.

5. Матус Ю.В. Теоретическое определение параметров совместной работы с ґрунтом основания низкого ростверка горизонтально нагруженной одиночной пирамидальной сваи Вісник ОДАБА. Вип. 8, 2002. С. 126-132.