

ПРО МОЖЛИВИЙ ВПЛИВ СИЛ НЕГАТИВНОГО ТЕРТЯ В БАРЕТАХ ТА ПАЛЯХ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ

Мешкова І.Ю., Заварзін Ю.В., Карпенко Д.А.

ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»

Корнієнко М.В.

Київська національна академія будівництва і архітектури

м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ: Розглянуто проблемні питання впливу сил негативного тертя в баретах та палях великого діаметру. Зроблено порівняльний аналіз випробування таких паль на будівельних майданчиках в м. Києві. Розглянуто випадки водонасичення ґрунтів основи зверху і знизу.

АННОТАЦИЯ: Рассмотрены проблемные вопросы влияния сил негативного трения в баретах и сваях большого диаметра. Сделан сравнительный анализ испытаний таких свай на строительных площадках г. Киева. Рассмотрены случаи водонасыщения грунтов основания сверху и снизу.

ABSTRACT: Problem issues of negative friction force in barrettes and piles of a large diameter were analyzed. It was the comparative analysis of test piles at construction sites in the city Kiev. Cases of water saturation of soil bases above and below were considered.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: барети, сили негативного тертя, палі великого діаметру.

БУДІВНИЦТВО БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ НА НЕСТІЙКИХ ГРУНТАХ В УКРАЇНІ

На сьогодні галузь багатоповерхового будівництва розвивається досить швидкими темпами. Інженери проектують будівлі, висота яких перевищує зазначену в нормативних документах [1].

Будівництво в Україні при збільшенні навантажень на основу вимагає використання пальових фундаментів. В таких випадках застосовують барети та палі великого діаметру. У складних інженерно-геологічних умовах (особливі ґрунти та ділянки проявлення впливу інженерно-геологічних процесів) об'єм таких фундаментів в проектуванні багатопверхових споруд складає 80...90%.

Барети – вид паль, що влаштовуються у порожнинах за допомогою грейфера в зв'язно-дисперсних ґрунтах із використанням технології “стіна в ґрунті” [1]. Палі великого діаметру – палі різного способу влаштування, діаметр яких перевищує 600 мм.

Нові методи влаштування барет та буронабивних паль дуже вплинули на зміну технологій виробництва пальових фундаментів. Тепер немає необхідності у влаштування опор із збірних залізобетонних і металевих оболонок, які важко занурити на велику глибину. Але якщо такі питання були зараз актуальними та інколи виникали, то зроблені вище пропозиції можна було б використовувати для прогнозування величини несучої здатності таких конструкцій.

Проектування надійної основи для будівлі - це запорука надійної довговічної експлуатації. Тому вибір оптимального рішення фундаменту є досить важливим питанням з дотриманням вимог, що прийняті для даного об'єкту.

Майже понад 70% території України покривають лесові ґрунти.

Такі ґрунти просідають при водонасиченні і потребують обов'язково додаткового вивчення їх фізико-механічних властивостей при проектуванні.

Проте можуть просідати і ґрунти іншого походження, що знаходяться в неоднорідному чи пухкому стані. При цьому величина осідання буде залежати не тільки від водонасичення, а і динамічної дії (перш за все вібрації), температури підземних вод та їх хімічного складу (останні фактори, як правило, техногенного характеру).

Будівництво на нестійких ґрунтах (просідаючих, набухаючих, наливних, насипних, а також влаштування фундаментів на підтоплених, підроблюваних та зсувних територіях) вимагає спеціальних підходів до кожного з випадків вибору оптимальної конструкції фундаментів.

ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ СИЛ НЕГАТИВНОГО ТЕРТЯ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ

У нестійких ґрунтах може відбуватися просідання ґрунтів, як від дії власної ваги, так і навантаження, обумовленого зовнішніми факторами. Наприклад, відбувається водонасичення ґрунтів при піднятті рівня ґрунтових вод, при підтопленні або внаслідок аварійної втрати води з

водонесучих мереж. Як показує досвід, наслідки аварій при пошкодженні трубопроводів виявляються через досить тривалий час.

Нестійкі ґрунти мають підвищену пористість. Діаметри пор в цих ґрунтах часто перевищують в десятки і сотні разів розміри часток ґрунту. І тому процес водонасичення відбувається у часі досить швидко. Як наслідок проявляється просідання ґрунту [4].

Причини виникнення сил негативного тертя

Довантажувальні сили тертя – це сили, що виникають по бічній поверхні паль і пальових фундаментів при осіданні ґрунтової основи навколо них у разі, якщо осідання ґрунту навколо паль перевищує осідання паль і спрямовані вертикально вниз, довантажують палю [2].

Сили негативного тертя можуть виникати за різних обставин:

- при плануванні території підсипкою;
- коли сильно стисливі ґрунти залягають на поверхні;
- при штучному або природньому водопониженні, що викликає збільшення власної ваги ґрунту, і незавершену консолідацію ґрунтової основи;

- віброущільнення ґрунтів при русі транспорту чи роботі технологічних машин;

- при зведенні поряд з пальовими фундаментами фундаментів неглибокого закладання, що довантажують палю основу.

Наявність слабого шару ґрунту в межах загальної глибини заглиблення палі також значно збільшує можливість виникнення сил негативного тертя. Деформація слабого шару може бути настільки великою, що вищезалягаючі шари ґрунту зависнуть на палі, додатково її привантажують [3].

Методи визначення сили негативного тертя

Існує багато способів визначення сил негативного тертя.

Перший спосіб, що ввійшов з 1976 року до норм в Україні, рекомендує величину питомих сил негативного тертя приймати рівною 0,01 МПа. Але в дійсності величина негативного тертя в залежності від ґрунтових умов змінюється. Тому дані у більшості випадків перевищують значення, що були в нормах.

Другий спосіб – статичні випробування на будівельному майданчику. Робота палі без навантаження і з навантаженням від споруди відрізняється. Внаслідок цього несуча здатність палі буде занижена, а величина сил тертя завищена.

Третій спосіб – визначення сил тертя за теоретичними рішеннями В.В. Торгашова та П. І. Сальникова [6]. Більш висока точність вимірів у запропонованому способі досягнута за рахунок того, що до основної палі прикладається навантаження $P_G = 0,5 \cdot F_{RK} \cdot A$ (A - площа обпирання палі, F_{RK} - розрахунковий опір під її нижнім кінцем). Після осідання шару ґрунту визначають осідання самої палі від спільної дії навантаження P_G та сил негативного тертя D_{GK} . Величина осідання наноситься на графік і визначається величиною сумарного осідання S_{sum} . Сили негативного тертя D_{GK} , що діють на основу палі, визначаються як різниця між сумарним навантаженням F_{FK} і навантаженням P_G .

Четвертий спосіб – за результатами випробування паль статичним навантаженням, з точністю, достатньою для практичних цілей та використанням графіків: $S=f(P_G)$, що враховують швидкість приросту осідання в часі.

П'ятий спосіб – за результатами випробування паль на стиск та висмикування. Сила негативного тертя D_{GK} приблизно дорівнює граничному опору F_u зрушенню ґрунту по бічній поверхні висмикуючої палі.

Шостий спосіб – за старими нормативними документами рекомендувалось визначення негативного тертя D_{GK} за дослідними даними. При відсутності таких даних треба приймати табличні значення негативного тертя згідно діючих норм [2]. Але результати натурних випробувань, прийняті за нормами в більшості випадків в один - два рази знижують їхні дійсні значення.

Вибір методів визначення сил негативного тертя повинен бути регламентованим. Отримані результати можуть редагуватися за рахунок зміни зони проявлення сил негативного тертя.

Приклади водонасичення ґрунту зверху і знизу

При випробуваннях барет було встановлено, що на майданчиках №1 та №2 верхні шари ґрунту – піски середньої щільності, насичені водою. Тому можливе пониження рівня ґрунтових вод або дія вібрації, що призведе до додаткового осідання ґрунту в межах цих шарів.

При плануванні будівельного майданчика №3 було зрізано верхні нестійкі шари ґрунту (лесові супіски та суглинки).

На цій ділянці підземні води залягають під нижнім кінцем барети. Вони живляться за рахунок річки Дніпро. При сезонному коливанні рівня підземних вод можливе їх підняття і як наслідок водонасичення нижніх піщаних шарів ґрунту.

Розглянемо випадки водонасичення ґрунтів зверху і знизу (рис. 1).

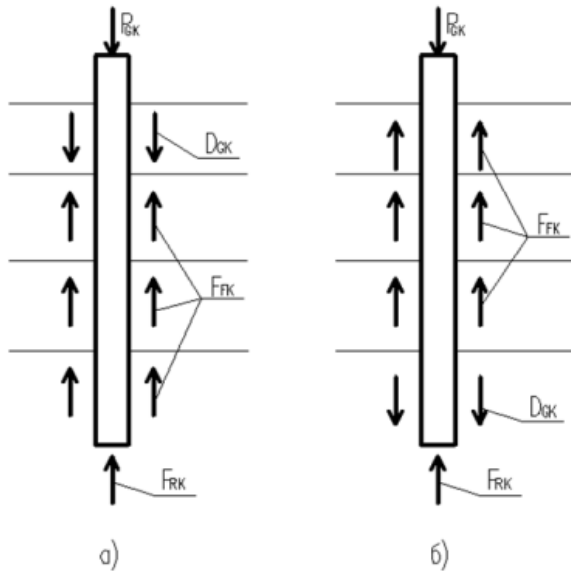


Рис. 1. Схеми водонасичення ґрунту:
а) водонасичення зверху, б) водонасичення знизу

Загальна формула для розрахунку величини несучої здатності палі при силах негативного тертя:

$$F_{GK} = F_{RK} + F_{FK} - D_{GK},$$

де F_{RK} – характеристичне значення опору палі по нижньому кінцю;

F_{FK} – характеристичне значення опору палі по бічній поверхні;

D_{GK} – характеристичне значення негативного тертя, діючого на палю.

При водонасиченні зверху розрахунок величини несучої здатності палі виконуємо за схемою а), при нижньому водонасиченні - за схемою б).

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛ НЕГАТИВНОГО ТЕРТЯ ЗА РОЗРАХУНКАМИ ТА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИПРОБУВАННЯ БАРЕТ

На першому будівельному майданчику випробування проводилися за методикою Остерберга. Використовувались три о-клітини, що розмістили в нижній частині барети. За їх допомогою були визначені переміщення під нижнім кінцем барети та по бічній поверхні.

Результати розрахунку барет при водонасиченні ґрунту зверху і знизу наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати випробування барет статичним навантаженням
на будівельних майданчиках м. Кисва

Назва об'єкту, довжина L_p м, поперечний переріз палі або діаметр, мм	Несуча здатність нижнього кінця палі, F_{RK} , мН	Негативне тертя по бічній поверхні D_{GK} , мН	Несуча здатність по бічній поверхні F_{FK} , мН	Несуча здатність за ДБН, F_{GK} , мН	Несуча здатність за результатами випробувань, F_d , мН	Різниця, %
“Небесні вежі” $l=63.3$; В ₂₃ - 1200×2800	Природна вологість ґрунту					9.92
	58.62	-	20.2	78.82	84	
	Водонасичення ґрунту зверху					
	58.62	3.92	16.3	71		
Парус, $l=28,6$; Б ₁ - 2800×1000, Б ₂ - 2800×2800, Б ₃ - 2800×2800	Природна вологість ґрунту					34.4 32.2 32.4
	11.06	-	13.0	24.06	Випробування бурин'єкційних паль	
	18.17	-	19.1	37.27		
	18.17	-	19.1	37.27		
	Водонасичення ґрунту зверху					
	11.06	4.15	8.87	15.78		
	18.17	6.11	13.1	25.16		
18.17	6.11	13.1	25.16			
Mirax plaza, $l=32.73$; Е ₁ -2800×800	Природна вологість ґрунту					2.78
	12.32	-	15	27.32	Випробування буронабивних паль	
	Водонасичення ґрунту знизу					
	12.32	0.38	14.6	26.56		

Примітка: барета Б₁ прямокутного перерізу, барета Б₂ таврового перерізу, барета Б₃ хрестоподібного перерізу.

Таблиці нормативних документів [2] розроблені для паль глибиною до 40 м. Вони враховують регіональні особливості ґрунтів України. Зважаючи на загальний характер зміни характеристик опору ґрунту R і f автором було продовжено ці таблиці до глибини 85 м, що забезпечує всі можливі варіанти влаштування паль за українськими нормами. Таким чином розрахована несуча здатність барети довжиною 63,3 м

На другому будівельному майданчику випробування проводилися на буровіскційних палях діаметром 620 мм. Несуча здатність таких паль за розрахунками [2] складає 4500 кН. На основі таких розрахунків визначена несуча здатність барет.

Випробування на буронабивних палях діаметром 820 мм проводились на третьому будівельному майданчику. За їхніми результатами зроблений висновок про збільшення модуля деформації п'яти останніх шарів ґрунтів втреті для розрахунку барет.

При визначенні несучої здатності паль великих діаметрів використовують оброблені результати випробування бурових паль та значення масштабних коефіцієнтів.

Європейські норми [5] допускають використання модельних паль для визначення несучої здатності в умовах, коли їх діаметр від натурних відрізняється не більше, ніж в два рази.

Водонасичення ґрунту зверху і знизу визиває різні сили негативного тертя. При водонасиченні зверху поступово збільшується товща замоченого шару основи, і відповідно, зростає просідання палі, що викликає збільшення сили негативного тертя. Отримані величини D_{GK} для ґрунтових умов м. Києва підтверджують цей висновок.

При водонасиченні зверху спостерігається дещо інша картина: з однієї сторони, з підйомом рівня води збільшується просідання основи, що приводить до збільшення сил негативного тертя; з іншого боку зменшується товща водонасиченої частини основи, яка має більше, ніж водонасичена контактне тертя, що зменшує інтенсивність росту негативної сили. При досягненні фронту водонасичення певного рівня ці процеси врівноважуються, і з наступним підйомом підземних вод сила негативного тертя зменшується [3].

Сили негативного тертя невід'ємно пов'язані із визначення величини несучої здатності палі. Така різниця з їх врахуванням за виконаними розрахунками може мінімально складати 2,78% (водонасичення знизу) і максимально 34,4% (водонасичення зверху).

На визначену величину несучої здатності барети за отриманими результатами впливають велика кількість факторів: діаметр палі та глибина закладання, несучий шар основи, водонасичені та нестійкі шари ґрунту, методика випробування палі (статичні масштабні випробування або методика Остерберга).

ВИСНОВКИ

За результатами випробувань та розрахунків барет та паль великого діаметру встановлено, що сили негативного тертя по бічній поверхні невід'ємно пов'язані із величиною несучої здатності і досить суттєво на неї впливають.

При проектуванні фундаментів глибокого закладання треба звертати увагу на ґрунтові умови будівельного майданчика, а саме на наявність в товщі нестійких шарів ґрунтів та рівень ґрунтових вод, та прийняти гарантоване значення несучої здатності паль з врахуванням можливості проявлення негативного тертя.

Як показує практика, проведений аналіз реальних конкретних випадків можливості проявлення сил негативного тертя при проектуванні будівельних об'єктів класу відповідальності СС1 прогнозування таких випадків є бажаним. Так як при цьому досягається абсолютна надійність в роботі основ і фундаментів. Це відповідає і вимогам Єврокод-7.

ЛІТЕРАТУРА

1. Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків: ДБН В.2.2-24:2009. - [Чинні від 2009-08-10]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 154 с. (Будівельні норми України).
2. Основи та фундаменти споруд. Зміна №1: ДБН В.2.1-10-2009. – [Чинні від 2009-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 55 с. – (Будівельні норми України).
3. Карпенко Д.А. / Дослідження несучої здатності палі в лесових ґрунтах в залежності від виду замочення ґрунтової основи / Карпенко Д.А. // Современные проблемы строительства, Выпуск №3 (8). – Донецк: Донецкий ПромстройНИИ проект, 2005. – С. 165-173.
4. Б.И. Далматов / Механика ґрунтов, основания и фундаменты / Б.И. Далматов. – М.: Стройиздат, Ленинг. отд-ние, 1988. – 415 с.
5. Eurocode 7: EN 1997-1:2004 / AC / : Geotechnical design – Part 1: General rules — (together with United Kingdom National Application Document), 2004. – 182 pages.
6. Пат. №1158676, Российская Федерация, SU 1158676 А. Трение свай в тающих ґрунтах / В.В. Торгашов, П. І. Сальников; заявители и патентообладатели В.В. Торгашов, П. І. Сальников, - заявл. 11.07.1983; опубл. 30.05.1985, Бюл. №20.

Стаття надійшла до редакції 06.07.2016 р.