Вдосконалення методики випробувань проектних паль на будівельному майданчику

Ігор Бойко[1], Тетяна Диптан[2]

Київський національний університет будівництва і архітектури
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037,
[1]boyko.ip@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-6841-0271
[2]diptan@ukr.net, orcid.org/ 0000-0003-2852-014X

DOI: 10.32347/0475-1132.41.2020.9-13

Анотація. Надійні рішення для проектування висотних будинків з пальовими фундаментами залежать від правильності визначення несучої здатності паль. В окремих випадках необхідно знати несучу здатність по бічній поверхні і під підошвою. Для цього пропонується розробити спеціальну методику, яка поєднує випробування на вдавлювання і на висмикування та враховує характер навантаження (статичне або кінематичне).

В публікації запропонована методика випробування паль в польових умовах, яка імітує процеси, що супроводжують взаємодію палі з ґрунтовою основою в реальних ситуаціях експлуатації технічного об'єкта: наприклад, аварійне замочування ґрунтів, коли не передбачено час на стабілізацію деформації під навантаженням від будівлі чи споруди. Показано, що значення тертя на бічній поверхні паль суттєво залежить від характеру навантажень. Проаналізовані результати графіка випробувань паль дозволяють розділити ці дві складові у випадку коли розвантаження ведеться неперервно і початок руху палі в зворотному напрямку дає значення опору грунту на бічній поверхі. При цьому моделюється реальна поведінка палі в основі будівлі, оскільки в реальних об’єктах немає часу для стабілізації.

Запропоновано проводити випробування паль до навантаження, яке викликає неперервне вдавлювання паль, а поділ на складові - несучу здатність по бічній поверхні F_{df} і несучу здатність під підошвою палі F_{dR} дозволить накопичувати розрахункові опори грунту у відповідних зонах, що надає можливість створити таблиці R і f для грунтових умов України.

Ігор Бойко
завідувач кафедри
геотехніки
д.т.н., проф.

Тетяна Диптан
старший викладач
кафедри геотехніки

Врахування особливостей побудови графіка випробувань палі та запропонованих підходів дозволить коректно визначати складові, що використовуються при визначенні несучої здатності палі. Накопичення результатів випробувань, в подальшому дозволить уточнити розрахункові опори ґрунтів України. Достовірні значення розрахункових опорів дозволять зменшити обсяг статичних випробувань, проведення яких є трудомістким та дороговартісним.

Ключові слова. випробування паль, несуча здатність, статичні випробування, статичне та кінематичне навантаження, стабілізація, деформації.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

В Україні висотні будинки переважно проектуються на пальових фундаментах, тому коректне визначення значення несучої

здатності є актуальною задачею, бо направлене на підвищення надійності. Проведення випробування паль в польових умовах за діючою нормативною базою не зовсім враховує характер взаємодії паль з основою в період його експлуатації. Під вагою будівлі в основі розвиваються деформації, які відповідають умовам кінематичного навантаження і не відображають процеси, які відбуваються при випробуванні натурних паль за нормативними документами. Цей факт необхідно враховувати при проведенні випробувань і внести відповідні коригування до нормативних вимог.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

На практиці проведення натурних випробувань регламентують норми (ДБН, ДСТУ) при чому в публікаціях [1, 2, 4] вимоги не узгоджуються. В європейських нормах проведення випробування паль проводяться без стабілізації, переважно назначають 4 кроки (ступені).

МЕТА РОБОТИ

Цією публікацією планується вказати на особливості проведення випробування паль статичним навантаженням з проведенням аналізу існуючих методик та отримання вихідних даних для проектування, які пропонуються нормативними документами. Обґрунтувати методику випробувань, яка дозволяє отримати поділ несучої здатності на несучу здатність по бічній поверхні F_{df} і несучу здатність під підошвою палі F_{dR}.

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

У великих містах України висотні будинки проектують на пальових фундаментах. Для визначення несучої здатності паль проводяться випробування великої кількості паль. Вартість таких випробувань паль досягає десятки тисяч гривень за кожну. Разом з тим, методика проведення таких випробувань особливо вибір критеріїв для визначення граничного значення навантаження на палю в багатьох випадках нормами не регламентуються, а на виробництві виконавці вносять додаткові зміни, які зумовлені ґрунтовими умовами, анкерною системою, потужністю домкрата [5].

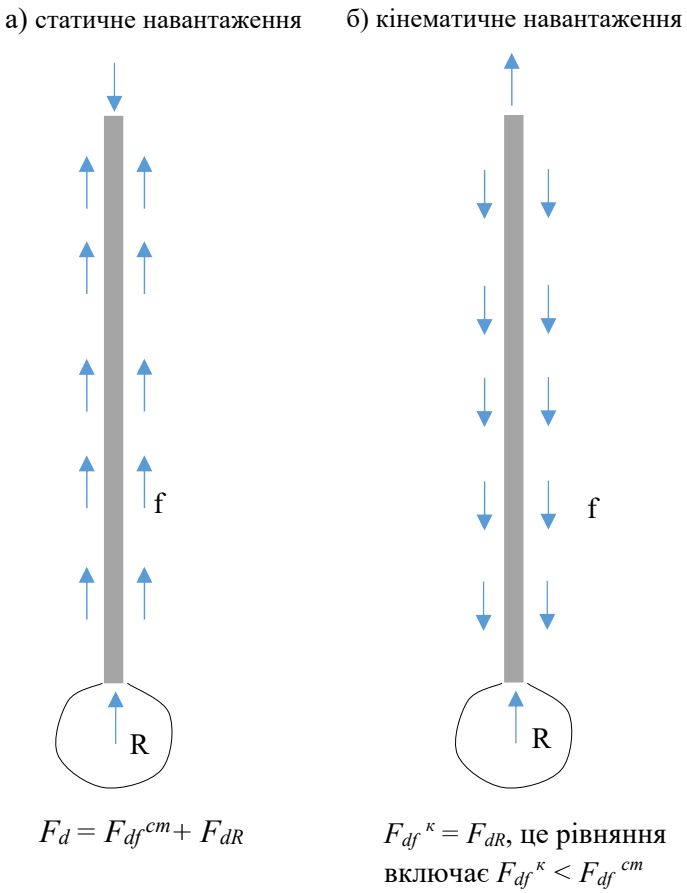

Рис.1. Схема взаємодії палі з ґрунтовою основою при статичному (а) та кінематичному (б) навантаженні.
Fig.1. The scheme of interaction of a pile with a ground basis at static (a) and kinematic (b) loading

Для вирішення цього питання проводять два випробування – одне на вдавлювання, друге на висмикування. Якщо внести уточнення в програму випробувань за нормами [1, 2] шляхом зміни значення ступені навантаження як при навантаженні так і при розвантаженні, і не витримуючи стабілізації. Такими змінами можна отримати результати за даними одного випробування. Слід відзначити той факт, що випробування зі стабілізацією на кожній ступені не відповідає реальному навантаженню палі в основі вже зведеного будинку. Це можна пояс-

нити, що під реальними будівлями і спорудами відбувається кінематичне навантаження палі. В цьому випадку немає часу для стабілізації і на бічній поверхні палі реалізується тертя, яке відповідає значенню мобілізованого тертя в полосі локалізації деформації, яке за значенням на 30…40% відсотків менше опору на бічній поверхні палі при малих деформаціях. При проведенні випробувань паль на будівельному майданчику слід враховувати методику прикладання навантажень – в нормативних документах рекомендується прикладати покроково з досягненням стабілізації; в той же час, в реальних умовах, немає часу на стабілізацію при передачі навантаження на палі. При цьому реалізується тертя в полосі локалізації деформації, яке за значеннями менше тертя зі стабілізацією, тобто така методика не забезпечує надійний результат визначення розрахункового навантаження на палю.

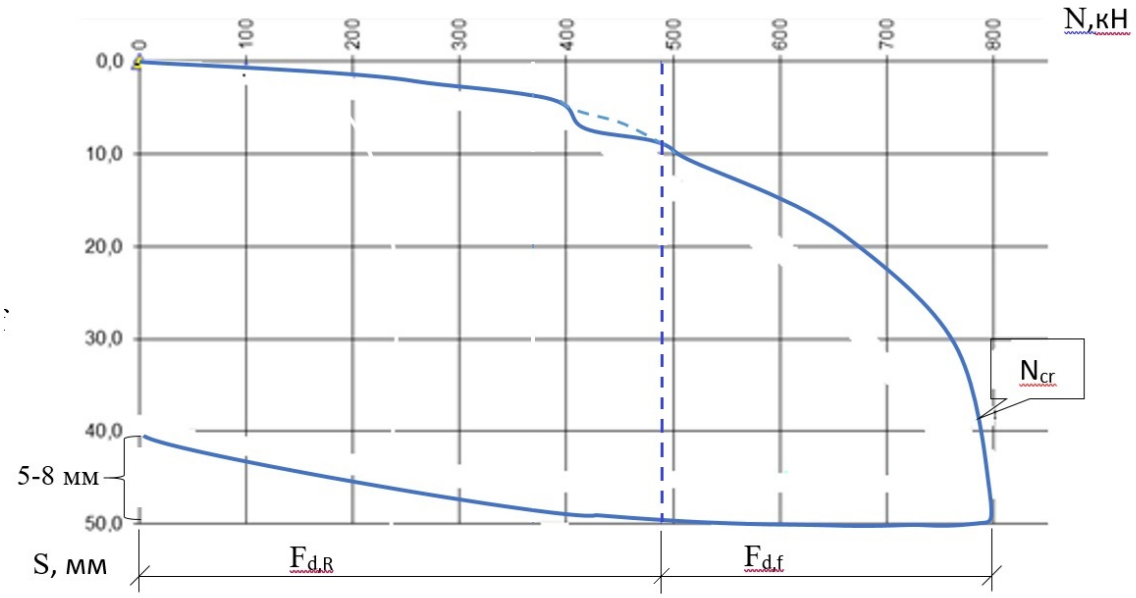

Рис.2. Результати статичних випробувань ґрунтів палями.
Fig.2. Results of static soil tests with piles.

Методика визначення складових несучої здатності залежить від характеру завантаження палі – (статичне або кінематичне) на бічній поверхні та під підошвою, які визначаються з витримуванням стабілізації в межах 15 хв з однаковими ступенями як при навантаженні, так і при розвантаженні палі.

Як видно з Рис. 2 мобілізація сил тертя на бічній поверхні характеризує зона включення в роботу підошви палі на ділянці від 0…350 кН. При досягненні 5-8 мм переміщення реалізується тертя ковзання і переходить в тертя кочіння. Випробування продовжується до отримання навантаження, що викликає неперервне вдавлювання палі. В цьому випадку, під підошвою палі накопичується потенційна енергія, яка сприяє виштовхуванню палі при знятті навантаження без стабілізації. Спочатку на графіку можна спостерігати горизонтальну лінію в інтервалі розвантаження 800…550 кН, після чого паля виштовхується – мобілізує тертя на бічній поверхні. Це моделює поведінку палі в основі існуючих будівель і споруд. В цьому випадку відбувається кінематичне навантаження. Аналіз результатів випробувань дозволяє зробити пропозицію по уточненню нормативних вимог по випробуванню паль.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Надійність і ефективність проектування фундаментів із паль за різними технологіями їх влаштування залежить від повноти вхідної інформації для розрахунків, які мусять базуватися на результатах випробування реальних паль на будівельному майданчику за спеціальною програмою, розробленою інженером-геотехніком, який розуміється на процесах, які супроводжуються влаштуванням паль та їх взаємодії з основою під час експлуатації.
2. Важливим етапом є процес випробування, який регламентується ДБН і ДСТУ України, вимоги яких уже втратили актуальність. Наприклад, рекомендується проводити випробування паль покроково, орієнтуватись на значення несучої здатності палі F_d, а саме, спочатку $1/5\ F_d$, потім $1/10\ F_d$, витримуючи певний час (в залежності від виду ґрунтів), 30 хвилин або кілька годин. Отримавши такі результати немає рекомендацій як їх використати на практиці. Така технологія моделює статичне навантаження палі в процесі зведення будівлі, споруди.
3. Якщо розглянути варіант взаємодії палі з основою в період експлуатації, тобто є максимальне навантаження від геотехнічного об'єкта, існує вже максимальна жорсткість, а в цей час відбувається зміна властивостей ґрунтів основи, наприклад, їх зволоження (аварійна ситуація). В таких умовах зникає можливість витримувати стабілізацію деформації покроковою відбувається кінематичне вдавлювання паль, яке зменшує тертя по бічній поверхні в порівняння коли виконується випробування палі за нормативною методикою. Цей факт свідчить про прихований ризик в нормативних вимогах до проведення випробування паль, особливо для відповідальних геотехнічних споруд.
4. Важливо на етапі проведення випробування паль виділяти несучу здатність палі на бічній поверхні, для цього необхідно в програмі передбачати досягнення граничного значення навантаження, яке викликає неперервне вдавлювання палі в ґрунтовий масив, тим самим накопичується потенційна енергія в основі під підошвою палі, яка потім при розвантаженні допоможе виявити частину опору на бічній поверхні $F_{d,f}$.
5. В існуючій методиці рекомендується розвантажувати палю, при цьому помилково за нормативними вимогами збільшується крок в 2 рази, навпаки його потрібно не змінювати, або зменшити, що допоможе коректно визначити тертя по бічній поверхні. Накопичені дані нададуть можливість уточнити значення розрахункового опору ґрунтів на території України, а це в свою чергу, зменшить матеріальні затрати на проект в майбутньому.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ Б В.2.1-27:2010 Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань. – К.: ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 2010.
2. ДСТУ Б В.2.1-1-95. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи польових випробувань палями. – К.: Укрархбудінформ, 1997. – 57 с.
3. Бойко І.П. Оцінка методів визначення осідання стрічкових пальових фундаментів. / І.П. Бойко, Л.В. Молодець // *Основи та фундаменти.* – К.: КНУБА. – 2013. – Вип. 34.– С. 104-110.
4. Бойко І.П. Польові методи випробування паль статичним навантаженням. / І.П. Бойко // *Основи та фундаменти.* – К.: КНУБА. – 2015. – Вип. 36.– С. 3-8.
5. Корнієнко М.В. Визначення несучої здатності вдавлюваних паль з урахуванням їх «відпочинку» / М. Корнієнко, М. Жердицький, П. Павленко, Т. Диптан // *Основи та фундаменти: Науково-технічний збірник.* – К.: КНУБА. – 2019. – Вип. 38.– С. 16-21.

REFERENCES

1. Piles. Determination of bearing capacity based on the results of field tests. DSTU B V.2.1-1-95. (1997). Kyiv: State Enterprise "State

Research Institute of Building Structures" (2010)
2. Basics and foundations of buildings and structures. Soils Methods of flight tests by piles. DSTU B V.2.1-1-95. (1997). Kyiv: Ukrahrbudinform, 57 (in Ukrainian).
3. Boyko I.P. (2013). Otsinka metodiv vyznachennya osidannya strichkovykh pal′ovykh fundamentiv [Evaluation of methods for determining the subsidence of strip pile foundations]. *Osnovy i fundamenty: mizhvidomchyi naukovo-tekhnichnyi zbirnyk.* Kyiv: KNUBA. V. 34. 104-110. (in Ukrainian).
4. Boyko I.P. (2015). Pol′ovi metody vyprobuvannya pal′ statychnym navantazhnnyam [Field test methods piles static load]. *Osnovy i fundamenty: mizhvidomchyi naukovo-tekhnichnyi zbirnyk.* Kyiv: KNUBA. V. 36. 3-8. (in Ukrainian).
5. Kornienko M, Zherditski M, Pavlenko P, Dyptan T. Vyznachennya nesuchoyi zdatnosti vdavlyuvanykh pal′ z urakhuvannyam ikh «vidpochynku» [Determination of bearing capacity of pressing piles taking into account their "rest"]. *Osnovy i fundamenty: naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*. Kyiv: KNUBA. V. 38. 16-21. (in Ukrainian).

Improving the test methodology of design piles on a construction site

Igor Boyko,
Tetiana Dyptan

Summary. Reliable solutions for the design of tall buildings with pile foundations depend on the correctness of the load-bearing capacity. In some cases, you need to know that it is impossible to determine the ability on the side surface and under the sole. To do this, it is proposed to develop a special technique that combines tests to remove and pull out and educate the nature of the downloads (static or kinematic).

The publication proposes a method of testing piles in the field, which simulates the processes that accompany the interaction of the pile with the soil base in real situations of operation of the technical object: for example, emergency soaking of soils when there is no time for stabilization deformations under load from a building or structure. It is shown that the value of friction on the side surface of the piles significantly depends on the nature of the loads. The analyzed results of the test schedule allow to separate these two components in the case when unloading is carried out continuously and the beginning of the pile movement in the opposite direction gives the value of soil resistance on the side floor. This simulates the real behavior of the pile at the base of the building, because in real objects there is no time for stabilization.

It is offered to carry out tests of piles before loading which causes continuous indentation of piles, and division into components - bearing capacity on lateral surface F_{df} and bearing capacity under the sole of the pile F_{dR} will allow to accumulate the calculated soil supports in the respective zones, which makes it possible to create tables «*R*» and «*f*» for soil conditions of Ukraine.

Taking into account the peculiarities of the construction of the pile test schedule and the proposed approaches will allow to correctly determine the components used in determining the bearing capacity of the pile. The accumulation of test results in the future will clarify the calculated soil supports of Ukraine. Reliable values of the calculated resistances will reduce the amount of static tests, which are time consuming and expensive.

Key words. pile tests, bearing capacity, static tests, static and kinematic loading, stabilization, deformation.