Doi: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v25i3.6>

УДК 624.154, 624.159.2

КОВАЛЬСЬКИЙ Р. К.

Канд. техн. наук, с.н.с., зав.
лаб., Державне підприємство
"Державний науково-
дослідний інститут будівельних
конструкцій",
м. Київ, Україна
e-mail: 777krk@gmail.com
тел. +38 (050) 907-77-99
ORCID: 0000-0002-9895-9257

ВПЛИВ ТИСКУ В БЕТОНОВІДІ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ БУРОІН'ЄКЦІЙНОЇ ПАЛІ ЗА ВЛАСТИВОСТЯМИ ҐРУНТОВОЇ ОСНОВИ ПРИ ЇЇ ВЛАШТУВАННІ

АНОТАЦІЯ

На сьогоднішній час буріон'єкційні палі є одним з найпоширеніших видів фундаментів для влаштування на них багатопверхових будинків. Свою популярність вони отримали за рахунок відносно невеликої вартості, швидкості влаштування та значної величини допустимого навантаження за властивостями ґрунтової основи. Однак, в практиці будівництва неодноразово виникають ситуації коли прогнозована величина несучої здатності палі за властивостями ґрунтової основи суттєво менша, ніж отримана за результатами випробування статичним навантаженням вдавлювання. Як правило, причини такої значної різниці залежать від багатьох факторів: неточності вивчення інженерно-геологічної будови, від обладнання, яке використано для влаштування палі, дотримання мінімально необхідних технологічних параметрів при влаштуванні палі.

В більшості випадків, однією з основних причин значного зменшення несучої здатності палі за властивостями ґрунтової основи є такий параметр, як тиск бетону в бетоновіді при її влаштуванні. Досить часто виробнику палі ставлять умову, щоб перевитрати бетону не були більше нормативного значення, яке рівне 26% від геометричного об'єму свердловини під палю. Таким чином, хочуть отримати економію бетону на влаштування палі. Однак, такий підхід до економії бетону в результаті веде до значно більших перевитрат, оскільки при незначному тиску величина несучої здатності палі за властивостями ґрунтової основи може бути до двох разів менше. В такому випадку, кількість палі необхідно збільшувати в два рази, внаслідок чого отримана економія бетону при влаштуванні палі 10...15% приведе до його перевитрат в 100...200%.

В статті наведено результати випробування палі

статичним вдавлювальним навантаженням на майданчику будівництва, де були використанні різні величини тиску в бетоновіді для дослідних куців. Наведені величини зменшення несучої здатності палі в залежності від тиску в бетоновіді.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: буріон'єкційна палі, складні інженерно-геологічні умови, випробування, статичне вдавлювальне навантаження, тиск в бетоновіді

THE CONCRETE PIPELINE PRESSURE INFLUENCE ON THE CFA PILE BEARING CAPACITY ACCORDING TO THE SOIL BASE PROPERTIES WHEN INSTALLING THE PILE

ABSTRACT

Today, CFA piles are one of the most common types of foundations for multi-storey buildings. They gained their popularity due to the relatively low cost, speed of installation and allowable load value according to the soil base properties. However, in the practice of construction there are often situations when the predicted value of the pile bearing capacity according to the soil base properties is significantly less than that one resulting from the static pressing load tests. As a rule, the reasons for such a significant difference depend on many factors, including the inaccuracy of the geological structure study, the equipment used for piling or observance of the minimum necessary technological piling parameters.

In most cases, one of the main reasons for the significant reduction of the piles bearing capacity according to the soil properties is a parameter such as the pressure in the concrete pipeline during the piles installation. Quite often, the pile manufacturers are asked out that the concrete overconsumption should not exceed the standard value equal to 26 % of the geometric volume of the borehole

under the pile. Thus, they want to save money on the piles installation. However, this approach to concrete saving results in much higher cost overruns, because at low pressure the value of the piles bearing capacity according to the soil base properties can be up to twice less. In this case, the number of piles must be increased by two times with the consequence that the 10... 15 % resulting concrete savings from installing the piles will lead to concrete overspending of 100... 200 %.

The paper presents the results of piles testing by static pressing load at the construction site, when the different pressure values in the concrete pipeline were used for pile groups. The values of piles bearing capacity reduction depending on the concrete pipeline pressure are shown.

KEY WORDS: continuous flight auger pile, complex engineering-geological conditions, tests, static pressing load, concrete pipeline pressure

Ця стаття є продовженням наукового дослідження залежності несучої здатності буропісляпильної палі за властивостями ґрунтової основи від різних факторів, в нашому випадку, від впливу такого параметру, як тиск бетону в бетоноводі. Початкові дослідження приведені в праці [1].

У будівництві частка використання буропісляпильних паль для пальових фундаментів становить понад 70%. Цьому сприяють такі фактори:

- швидкість виготовлення;
- значно менша ціна порівняно з буронабивними палями;
- наявність широкого спектру машин для їх виготовлення;
- можливість влаштування паль значної довжини (до 50 м) та діаметру (порівняно з забивними чи задавлювальними палями).

Досить часто виробники паль ставлять умову, щоб перевитрати бетону не були більше нормативного значення, яке рівне 26% від геометричного об'єму свердловини під палю. Таким чином, хочуть отримати економію бетону на влаштування палі. Однак, такий підхід до економії бетону в результаті веде до значно більших перевитрат, оскільки при незначному тиску величина несучої здатності паль за властивостями ґрунтової основи може бути до двох разів менше. В такому випадку, кількість паль необхідно збільшувати до двох

разів, внаслідок чого отримана економія бетону при влаштуванні палі 10...15% приведе до його перевитрат в 100...200%.

МЕТА СТАТТІ

Виконати аналіз результатів випробувань паль статичним навантаженням вдавленням щодо впливу на величину несучої здатності паль за властивостями ґрунтової основи тиску бетону в бетоноводі при їх виготовленні.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЯГНЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

На сьогоднішній день в Україні чинні основні два нормативних документа, що регулюють мінімально необхідні технологічні параметри для отримання якісної палі щодо її несучої здатності за властивостями ґрунтової основи [2,3].

У розділі 8.2.5 документу [2] приведено узагальнений опис технологічних процесів з влаштування палі з метою недопущення зниження її несучої здатності за властивостями ґрунтової основи. В зазначеному документі відсутні конкретні величини щодо технологічних параметрів, що мають бути дотримані при влаштуванні паль. Певні величини технологічних параметрів представлені в [3]. Одним із важливих параметрів є необхідність створення в бетоноводі тиску бетонної суміші не менше ніж 100 кПа перед початком підйому шнека від основи палі, оскільки якісне формування п'яти паль забезпечує прогнозовану несучу здатність палі за властивостями ґрунтової основи. Однак, відсутні вказівки на якій ділянці стовбура палі необхідно тримати таку величину тиску в бетоноводі. Це приводить до того, що виробники формально відносяться до виконання такої вимоги, а саме зазначену величину тиску підтримують на ділянці довжиною 0,5...1,0 м від нижнього кінця паль, а далі орієнтуються на коефіцієнт, що враховує перевитрати бетону – 1,26 (тобто витрати бетону не повинні перевищувати 26% геометричного об'єму палі, діаметр якої закладено в проект).

ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

При проектуванні житлового комплексу по вул. Чернігівській у м. Києві було випробувано 2 дослідних куца паль із буропісляпильних паль діаметром 620 мм та довжиною 18 м. Геометричні характеристики паль представлено в табл. 1.

Таблиця 1 - Характеристики дослідних паль

№ дослідного куца	Номер найближчої свердловини	Абсолютна відмітка, м		Довжина палі, м
		верху палі	низу палі	
1	Св. 1	97,15	79,15	18,00
2	Св. 5	97,15	79,15	18,00

В геологічній будові майданчика до розвіданої глибини 40,0 м, приймають участь: з поверхні території – сучасні насипні (намитні) відклади, що покривають голоценові алювіальні піщані ґрунти з прошарками супісків, які в свою чергу підстеляються, дещо розмитою товщею палеогенових глауконіто-кварцових пісків та супісків бучацької

серії. Загалом у розрізі виділяється три стратиграфо-генетичних комплекси.

Стратиграфо-генетичний комплекс сучасних насипних (намитних) відкладів: представлений з поверхні асфальтом та щебенем граніту, піском з будівельним сміттям, а також піском подекуди супіском.

Стратиграфо-генетичний комплекс різновікових

Бік	похо-дження	Геолого-літологічна колонка	КОРОТКИЙ ОПИС ҐРУНТІВ
Насипні (намитні)	т Н	5	Насипний шар - асфальт та щебінь
		1	Насипний шар, подекуди ґрунтово-рослинний шар - пісок сірий, темно-сірий, місцями жовто-бурий, мілкий, місцями пилуватий з лінзами супіску, гумусований з включенням щебеню
		2	Насипний шар - пісок, подекуди супісок, сірий, жовто-сірий
Четвертинні	аН-аРш	11б	Пісок жовтий, жовто-сірий, мілкий з лінзами супіску та піску пилуватого, середньої щільності з тонкими прошарками щільного, різного ступеню водонасичення
		11в	Пісок жовтий, жовто-сірий, мілкий з лінзами супіску та піску пилуватого, щільний з тонкими прошарками середньої щільності, різного ступеню водонасичення
		10в	Пісок жовтий, сіро-жовтий, пилуватий з лінзами та прошарками супіску, щільний, насичений водою
		20	Супісок сірий, буро-сірий, пилуватий та піщанистий з лінзами піску та суглинку, пластичний
		12б	Пісок світло-сірий подекуди бурий, середньої крупності з прошарками мілкого, середньої щільності з тонкими прошарками щільного, насичений водою
		12в	Пісок світло-сірий подекуди бурий, середньої крупності з прошарками мілкого, щільний з тонкими прошарками середньої щільності, насичений водою
Палеогенові	Р ₂ бж	16в	Пісок сірий, зелено-сірий, середньої крупності з лінзами сірої глини, щільний, насичений водою
		15	Пісок зелено-сірий, мілкий з включенням битих черепашок, щільний, насичений водою
		24	Супісок зелено-сірий з частими прошарками піску, пластичний
		14	Пісок сірий, темно-сірий до чорного, мілкий з прошарками пилуватого, щільний, насичений водою

Рисунок 1 – Інженерно-геологічна будова біля дослідних куців: а) біля дослідного куця №1; б) біля дослідного куця №2; в) опис інженерно-геологічних елементів

алювіальних відкладів: представлений перешаруванням пісків мілких та середньої крупності з прошарками піску пилюватого та супіщано-суглинистими ґрунтами.

Стратиграфо-генетичний комплекс палеогенових відкладів бучацької серії: представлений глауконіто-кварцовими пісками з прошарками супісків.

За цими комплексами виділено тринадцять інженерно-геологічних елементів, докладний опис яких наведено, нижче, у розділі “Фізико-механічні (геотехнічні) властивості ґрунтів”.

Інженерно-геологічна будова біля кожного дослідного куща приведена на рис. 1.

При випробуванні дослідних паль, основою яких служив щільний мілкий пісок ІГЕ ІІв, отримали розкид величини їх несучої здатності. При цьому дослідна паля куща №1 зазнала осадки 40,30 мм від прикладеного навантаження, а паля дослідного куща №2 зазнала осадки 21,57 мм. Таким чином, величина навантаження на палю дослідного куща №1 була доведена на граничного значення, в той же час, величина навантаження на дослідну палю №2 не була доведена до граничного значення, оскільки її осадка була менша величини 30,0 мм (величина осадки при якому визначається граничне значення величини навантаження для даного типу будівлі). Однією з головних причин такої розбіжності є такий параметр, як тиск бетону в бетоноводі. На рис. 2 наведено результати випробування дослідних паль, а в таблиці 2 – порівняльний аналіз величини тиску в бетоноводі при їх виготовленні.

Згідно таблиці №2 та рис. 2 можна зробити наступні висновки:

- 1) мінімально необхідний тиск бетону в бетоноводі (величиною 100 кПа) був витриманий лише в діапазоні глибин 17,0...18,0 м, тобто перед початком підйому шнеку, тобто формально виконані вимоги документу [3];
- 2) тиск бетону в бетоноводі для палі №2 в діапазоні глибин 8...18 м в 1,28...2,17 разів більше за відповідну величину для дослідної палі куща №1. При цьому, як наведено

Рисунок 2 –Результати випробування дослідних паль: а) дослідна паля, кущ №1; б) дослідна паля, кущ №2

вище несуча здатність палі за властивостями ґрунтової основи дослідної палі №1 менша за несучу здатність дослідної палі куща №2. З врахуванням прогнозованої величини для дослідної палі №2, відношення величин несучої здатності палі №2 та №1 складе не менше, ніж 1,5 м. Тобто, не дотримання необхідного тиску бетону в бетоноводі приведе до необхідності збільшення паль в 1,5 разів.

Таблиця 1 - Характеристики дослідних паль

№ куца	Графік тиску бетону в бетоноводі, бар	Діапазон глибин, м	Величина тиску (середня величина), кПа	№ куца	Графік тиску бетону в бетоноводі, бар	Діапазон глибин, м	Величина тиску (середня величина), кПа
1		1...2	20...50 (24)	2		1...2	12.5...20 (15)
		2...4	19...37.5 (25)			2...4	15...25 (20)
		4...6	25...37.5 (29)			4...6	18...30 (24)
		6...8	25...55 (35)			6...8	25...60 (40)
		8...10	22...28 (25)			8...10	19...50 (35)
		10...12	22...52 (37.5)			10...12	20...67.5 (43)
		12...14	15...30 (23)			12...14	25...90 (50)
		14...16	15...75 (40)			14...16	37.5...75 (48)

ВИСНОВКИ

Аналіз результатів випробувань паль та виконавчої документації (в даному випадку SOB протоколів) дозволив зробити наступні висновки:

- 1) недотримання (або формальне дотримання) необхідних технологічних параметрів, а саме тиску бетону в бетоноводі (не менше 100 кПа) веде до суттєвого зниження несучої здатності буроінекційних паль за властивостями ґрунтової основи. Це суттєво підвищує вартість фундаментів, оскільки виникає необхідність збільшувати кількість паль через їх низьку несучу здатність за властивостями ґрунтової основи;
- 2) перед влаштуванням дослідних куців необхідно вивчити інженерно-геологічну будову з метою оцінки величини тиску бето-

ну в бетоноводі. Рекомендується в більш міцних ґрунтах витримувати мінімально необхідний тиск 100 кПа в діапазоні від низу паль до середини її довжини, в більш слабших ґрунтах орієнтуватися на витрати бетонної суміші. У верхній частині палі орієнтуватися на геометричний розмір палі, оскільки при значному тиску в бетоноводі можливе суттєве його збільшення та невиправдані перевитрати бетону;

- 3) коригування технологічних параметрів необхідно відпрацьовувати при влаштуванні дослідних куців паль. Критерієм правильності підібраних параметрів слугують успішні випробування статичним вдавлювальним навантаженням (з урахуванням розрахунків та даних статичного зондування).

У разі успішного випробування паль, технологічні параметри, які були використанні для їх влаштування, мають бути дотриманні при влаштуванні робочих паль. У випадку, їх недотримання в обов'язковому порядку необхідно виконати випробування робочих паль для перевірки передбаченого проектом допустимого вертикального навантаження на палі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ковальський Р.К. Дефекти при виготовленні буроін'єкційної палі в складних інженерно-геологічних умовах, що впливають на її несучу здатність, за властивостями ґрунтової основи. Наука та будівництво. 2018. №1(15). С. 94-99. DOI: [https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v0i1\(15\).15](https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v0i1(15).15)
2. Виконання спеціальних геотехнічних робіт. Палі бурові: (EN 1536:2010, IDT) ДСТУ Б EN 1536:2015. [Чинний від 2016-10-01]. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2016. VI, 116 с.
3. Настанова щодо проведення земляних робіт, улаштування основ та спорудження фундаментів: (СНІП 3.02.01-87, MOD) ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013. [Чинний з 2014-01-01]. Київ: ДП «Укрархбудінформ». 2013. VIII, 88 с.

REFERENCES

1. Kovalskyi, R.K. (2018). Defects when manufacturing of continuous flight auger pile in the complex engineering and geological conditions affecting its bearing capacity on the ground basis behavior. Science and construction, 1(15), 94-99. DOI: [https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v0i1\(15\).15](https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v0i1(15).15)
2. Execution of special geotechnical work. Bored piles: DSTU B EN 1536:2015 (EN 1536:2010, IDT). (2016)
3. Guidelines on earthworks execution, bases arrangement and foundations construction: DSTU-N B V.2.1-28:2013 (SNiP 3.02.01-87, MOD). (2014).

Стаття надійшла до редакції 25.08.2020 року