

Особливості використання бурових паль малого діаметру для ефективного вирішення геотехнічних задач

Павло СОРОКА¹

Київський національний університет будівництва і архітектури
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037,
¹pavlo40@ukr.net, <https://orcid.org/0009-0003-8766-5442>

DOI: 10.32347/0475-1132.48.2024.139-149

Анотація. Розглянуто особливості використання бурових паль малого діаметру в сучасному будівництві з акцентом на їх переваги та сфери застосування в специфічних умовах. Виділено два основних типи паль: монолітні, які характеризуються безперервним армуванням та заповненням бетоном або цементним розчином, і композитні, де основне навантаження сприймається армувальними елементами. Відзначено основні переваги бурових паль малого діаметру, серед яких можливість виконання робіт в обмежених просторах, зниження рівня шуму та вібрацій, різноманітність технологій буріння, можливість застосування в інженерно-геологічних умовах різної складності тощо.

Окрему увагу приділено сферам застосування бурових паль малого діаметру, включаючи влаштування нових фундаментів, підсилення існуючих конструкцій, закріплення ґрунтів та виконання протизсувних заходів. Розглянуто основні групи факторів, які можуть мати вплив на вибір бурових паль малого діаметру в якості основного рішення проектного рішення для різних сфер застосування, в тому числі:

- фізичні фактори (обмежений доступ, віддаленість місцевості, відстань паль до існуючих конструкцій);
- геологічні фактори (складні геологічні умови, схильність ґрунту до розрідження);
- фактори оточуючого середовища (чутливість до вібрації/шуму, небезпечні або забруднені ґрунти);
- необхідність пристосування до існуючих конструкцій;
- вимоги щодо додаткових осідань;
- економічні фактори.



Павло СОРОКА
аспірант кафедри
геотехніки.

Описані можливі обмеження у використанні бурових паль малого діаметру з точки зору їх конструктивних особливостей.

Розглянуто приклад ефективного практичного застосування бурових паль малого діаметру в стиснених умовах щільної міської забудови у безпосередній близькості до тунелів метрополітену з підвищеними вимогами щодо рівня вібрацій і шуму. Вирішено задачу щодо мінімізації осідань проектного житлово-офісного комплексу та впливу на оточуючі будівлі і споруди. Відповідність прийнятих проектних рішень було підтверджено за допомогою проведення натурних випробувань, а також за результатами виконання моніторингу осідань. Акцентовано увагу на необхідності подальшого вдосконалення проектних підходів та технологічних рішень для оптимізації ефективності бурових паль малого діаметру для вирішення геотехнічних задач.

Ключові слова. бурові палі малого діаметру, монолітні палі, композитні палі, випробування ґрунтів палями.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У сучасному будівництві зростає потреба в удосконаленні технологій влаштування фундаментів глибокого закладання, особливо в складних геологічних умовах та за

обмеженого простору. Поступове ущільнення міської забудови вимагає розробки нових технічних рішень, що забезпечать стабільність і довговічність будівель при мінімальному впливі на навколишнє середовище. Одним із таких рішень є використання бурових палів малого діаметру, які пропонують низку переваг у порівнянні з традиційними методами влаштування палів, що часто виявляються недостатньо ефективними або взагалі неприйнятними за певних обставин.

Таким чином, виникає потреба в розробці нових та удосконаленні існуючих підходів щодо проектування та влаштування бурових палів малого діаметру, які дозволять більш ефективно вирішувати складні геотехнічні задачі і відповідатимуть сучасним вимогам будівництва.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вивченню бурових палів малого діаметру присвячені роботи Гнатюка О. [1] Менеїлюка О. та Бічева І. [2], Брюс Д. та Джуран І. [3], Армор Т., Гронек П., Кілі Дж., [4] та Велауер Р. [6].

МЕТА РОБОТИ

Аналіз сучасних технологій влаштування бурових палів малого діаметру. Вивчення їхніх переваг та недоліків, а також визначення основних сфер застосування та розгляд прикладів практичної реалізації. Характеристика основних критеріїв для прийняття рішення стосовно використання бурових палів малого діаметру та можливі обмеження застосування.

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

До бурових палів малого діаметру відносять, як правило, палі діаметром до 300 мм, які виконують шляхом влаштування свердловини з використанням бурового інстру-

менту та подальшим її заповненням бетоною сумішшю, цементно-піщаним або водо-цементним розчином.

Передача навантаження на оточуючий ґрунт досягається за допомогою заповнення бетоном або цементним розчином під тиском. Бурові палі малого діаметру за конструктивними особливостями можуть бути умовно поділені на 2 основних типи:

- палі монолітні, з безперервним поздовжнім сталевим армуванням і заповненням бетоном або цементним розчином. Мінімально можливий діаметр свердловини складає 150 мм за величини захисного шару від 30 до 45 мм в залежності від агресивності ґрунтових вод або ґрунтового середовища;

- композитні палі, в яких основне навантаження сприймається армувальним елементом, при цьому мінімальний діаметр складає 100 мм.

Серед основних переваг бурових палів малого діаметру порівняно з іншими типами палів слід відзначити:

- можливість влаштування в надзвичайно стиснених умовах завдяки використанню малогабаритної техніки;

- низький рівень шуму та вібрації в процесі влаштування;

- широкий спектр технологій буріння та бурового інструменту;

- швидке проходження будь-яких перешкод в ґрунті та твердих прошарків;

- виконання під будь-яким кутом нахилу до вертикалі;

- висока екологічність та низька матеріалоемність завдяки малому діаметру;

- можливість адаптування до необхідних експлуатаційних навантажень;

- можливість зміни довжини палів в складних інженерно-геологічних умовах;

- можливість секційного монтажу армування при обмеженій висоті;

- можливість підсилення конструкцій, які вже зазнали осідань;

- використання армування з антикорозійним захистом у агресивному середовищі.



Рис.1. Сфери застосування бурових паль малого діаметру
Fig.1. Small-diameter bored piles applications

СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ПРИКЛАДИ РЕАЛІЗАЦІЇ

Бурові палі малого діаметру мають дві основні сфери застосування (див рис. 1):

- несучі конструкції, зокрема при влаштуванні нових чи підсиленні існуючих фундаментів, зведенні утримуючих конструкцій, а також при сейсмічній модернізації;

- закріплення, в тому числі при протизсувних заходах, зміцненні та підсиленні ґрунтів, мінімізації осідань, забезпеченні стійкості конструкцій.

При використанні в якості несучих

конструкцій бурові палі малого діаметру проектується для безпосереднього сприйняття прикладеного навантаження, тому, як правило, мають високу індивідуальну несучу здатність і розглядаються в якості альтернативи іншим типам паль.

Використання в якості закріплення передбачає переважно «армування» ґрунтового масиву палями малого діаметру, що забезпечує їх просторову роботу сумісно з «армованим» палями ґрунтовым масивом. В даному випадку висока індивідуальна несуча здатність частіше не має вирішального значення.

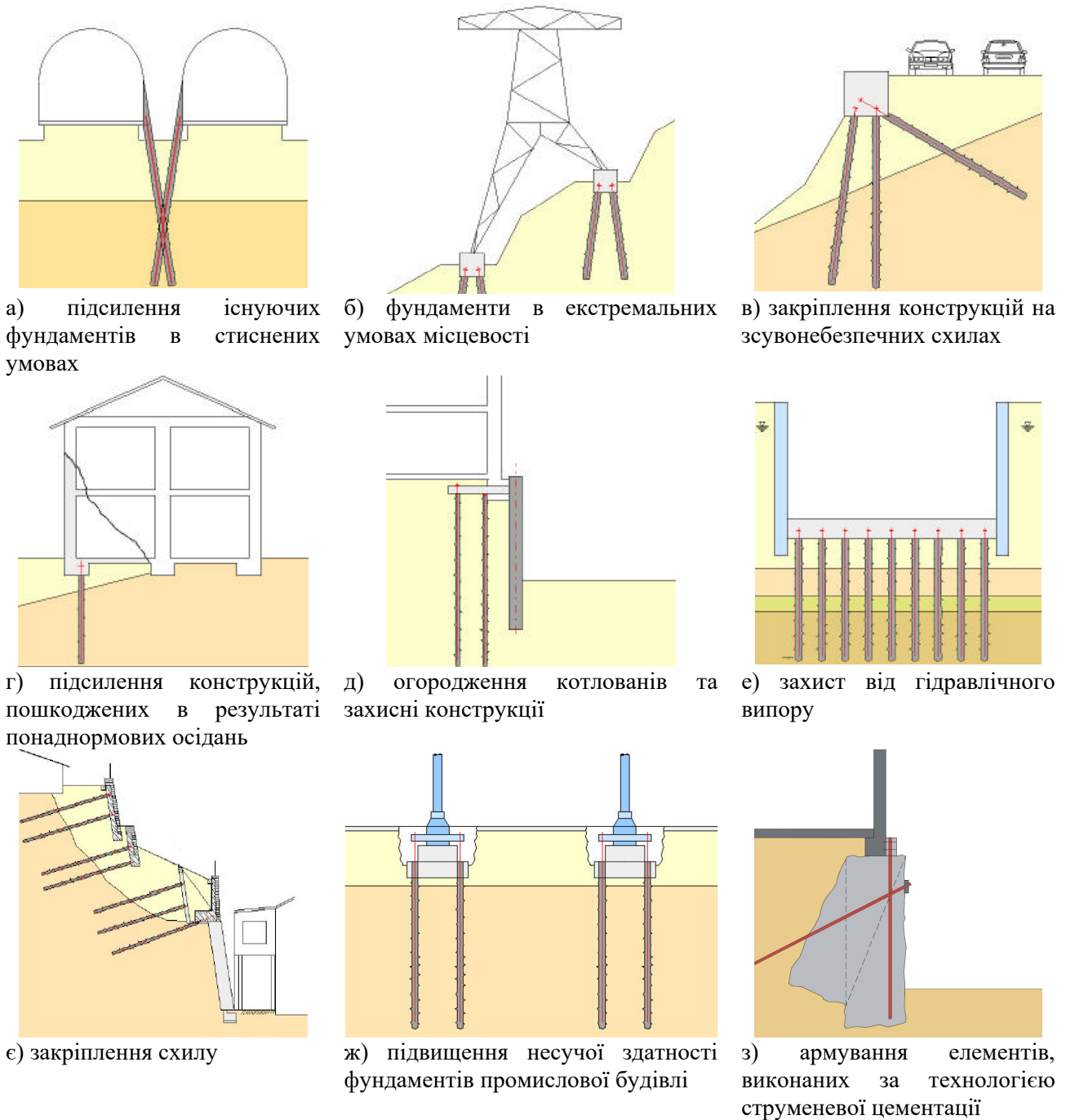


Рис.2. Приклади реалізації бурових палей малого діаметру
 Fig.2. Small-diameter bored piles application cases

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ

На вибір мікропалей для використання у якості несучих конструкцій або елементів закріплення можуть мати вплив один або сукупність нижчеперерахованих факторів:

- фізичні фактори (обмежений доступ, віддаленість місцевості, відстань палей до існуючих конструкцій);
- геологічні фактори (складні геологічні

- умови, схильність ґрунту до розрідження);
- фактори оточуючого середовища (чутливість до вібрації/шуму, небезпечні або забруднені ґрунти);
- необхідність пристосування до існуючих конструкцій;
- вимоги щодо обмеження осідань;
- можливі обмеження у використанні бурових палей малого діаметру;
- економічні фактори.

Більш детальний опис вказаних факторів та їх вплив на прийняття рішення при проектуванні наведені нижче.

ФІЗИЧНІ ФАКТОРИ

Бурові палі малого діаметру виконуються за допомогою малогабаритного бурового та ін'єкційного обладнання, маневреність та компактність якого дозволяє виконувати палі в стиснених, складних та іншим чином фізично обмежених робочих просторах. Ці палі стають найбільш оптимальним рішенням, коли вимогами проекту передбачається виконання робіт в зонах з низьким габаритом по висоті або в безпосередній близькості до існуючих стін, колон, фундаментів та інших конструкцій. Буріння та армування може здійснюватись в приміщеннях висотою 2м та на відстані 200мм до стін, що дає змогу виконувати роботи зокрема і на діючих підприємствах без перешкоджання їх основному виробничому процесу. Конструкція обладнання дозволяє також використовувати його на крутих схилах та в обмежених смугах відведення, де використання звичайного пального обладнання неможливе. Крім того, застосування малого діаметру значно спрощує влаштування палей у місцях проходження підземних комунікацій та розміщення заглиблених споруд. За умови дотримання технологій буріння та цементації негативний вплив влаштування палей на існуючі споруди та оточуючий ґрунт є мінімальним.

ГЕОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ

Бурові палі малого діаметру можуть бути виконані в особливо складних, мінливих або непрогнозованих геологічних умовах. Широкий вибір доступних технологій буріння забезпечує проходження практично будь-яких типів ґрунтів, як скельних так і дисперсних, насипів та будівельного сміття, підземних перешкод та існуючих конструкцій.

Глибина та нахил палей також умовно необмежені для типових областей застосування палей. Практикою підтверджено успішне виконання палей в складних інженерно-геологічних умовах, зокрема: в вапняку з карстовими утвореннями (в тому числі заповненими водою), великоуламкових ґрунтах (валунних, гравійних та галечникових), при високому рівні ґрунтових вод, у насипних ґрунтах з високим вмістом будівельного сміття крупних фракцій тощо. Наявні технології буріння та ін'єктування дають змогу досягти високих значень бічного тертя навіть в слабких та нестійких ґрунтах.

ФАКТОРИ ОТОЧУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА

Технології влаштування бурових палей малого діаметру розроблені таким чином, щоб негативний вплив на ґрунт, існуючі конструкції та навколишнє середовище залишався мінімальним. Рішення стосовно застосування такого типу палей може бути вмотивованим у випадках, коли роботи повинні виконуватись поблизу конструкцій, чутливих до пошкоджень, спричинених вібрацією (наприклад, історичних будівель); на ділянках з ґрунтами, схильними до осідання внаслідок вібраційних впливів; а також у густонаселених районах, де перевищення допустимих показників щодо вібрації, шуму чи пилоутворення не допускається, а утилізація бурового шламу чи розчину є проблематичною. Використання легкого бурового обладнання в поєднанні з особливостями процесу буріння дозволяє виконувати палі на зсувних та зсувонебезпечних схилах у стані граничної рівновги. Крім того, завдяки порівняно невеликим габаритним розмірам та вазі обладнання, його можна використовувати в болотистих місцевостях або районах з водонасиченими або слабкими поверхневими шарами ґрунтів без попереднього пониження рівня ґрунтових вод чи підготовки робочих майданчиків та з

мінімальним впливом на навколишнє середовище. Це має очевидні технічні та економічні переваги, особливо у випадку наявності забруднених ґрунтових вод та складності безпечної утилізації відходів. Також використання паль малого діаметру є виправданим у небезпечних і забруднених ґрунтах, оскільки об'єм бурового шламу, що утворюється в процесі влаштування, є порівняно невеликим та може бути локалізований без особливих ускладнень. Це значно знижує ризики забруднення поверхні та витрати на утилізацію чи переробку відходів. Для використання паль в хімічно агресивних водних чи ґрунтових умовах може бути відповідно підібрана рецептура ін'єктувальних сумішей із застосуванням спеціальних добавок для мінімізації чи нейтралізації впливу кислотних і корозійних середовищ. У випадку наявності забрудненого верхнього водоносного горизонту, розташованого над несучим шаром ґрунту, палі можуть бути виконані таким чином, щоб запобігти забрудненню нижче розташованих горизонтів ґрунтових вод.

НЕОБХІДНІСТЬ ПРИСТОСУВАННЯ ДО ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

Бурові палі малого діаметру можуть бути виконані поруч з наявними палі в межах вже існуючого ростверку без збільшення його розмірів, що забезпечує додатковий опір фундаменту стискаючим, розтягуючим та моментним зусиллям, які виникають в результаті збільшення конструктивних навантажень. Досить поширені випадки, коли наявні інженерні комунікації та/або конструкції обмежують можливість розширення існуючих ростверків, таким чином виключаючи використання інших типів паль.

ВИМОГИ ЩОДО ОБМЕЖЕННЯ ОСІДАНЬ

Основною складовою несучої здатності бурових паль малого діаметру є опір по бічній поверхні і, за відповідного

армування, дані палі можуть сприймати значні навантаження при порівняно невеликих величинах переміщень. Тому вони є особливо ефективними у випадку суворих вимог щодо осідань. Однак, слід зазначити, що існує принципова різниця між підсиленням фундаментів історичних пам'яток, де допускаються лише мінімальні додаткові осідання, та підсиленням сучасних залізобетонних або сталевих каркасних будівель, які менш чутливі до додаткових осідань.

МОЖЛИВІ ОБМЕЖЕННЯ

За певних обставин вертикальні бурові палі малого діаметру можуть мати певні обмеження в розрізі сприйняття горизонтальних навантажень, що відповідно впливає на доцільність їх застосування. Донедавна використання таких паль для сприйняття вертикальних навантажень також було досить обмеженим через відносно невеликий діаметр. Однак, на сьогоднішній день практиці відомі випадки успішних випробувань бурових паль малого діаметру на вертикальне навантаження, що перевищує 4500 кН, тому за додаткових досліджень та випробувань паль у майбутньому потенціал до сприйняття бічних навантажень може бути розширений. Можливість влаштування паль під майже будь-яким кутом нахилу дозволяє забезпечити необхідну несучу здатність на горизонтальні навантаження, якщо це необхідно.

Через високий показник гнучкості (співвідношення довжини до діаметру) бурові палі малого діаметру можуть бути обмежені в використанні у сфері загальної сейсмічної модернізації в ґрунтах, схильних до розрідження, враховуючи діючі стандарти та вимоги проектування для довгих елементів відносно малого перерізу. Однак, підсилення ґрунту за рахунок використання бурових паль малого діаметру, може зрештою сприяти вдосконаленню системи «основа-фундамент» з точки зору реагування на

сейсмічні впливи.

Питома погонна вартість бурових паль малого діаметру зазвичай вища ніж для інших типів паль. Проте, за певної комбінації обставин, вимог та граничних умов, застосування таких паль стане економічно ефективним рішенням, а в деяких випадках це може бути єдиним можливим конструктивним та технологічним варіантом.

Бурові палі малого діаметру в якості закріплення та стабілізації схилів досі застосовувалося для обмежених перепадів висот і їх використання ґрунтується на досить невеликому практичному досвіді, наявному на сьогодні. Тому з метою підвищення ефективності у випадку застосування паль при стабілізації схилів слід приділити особливу увагу реальним замірам та моніторингу.

ЕКОНОМІЧНІ ФАКТОРИ

Економічна ефективність застосування бурових паль малого діаметру залежить від багатьох умов. Тому важливо оцінити вартість використання мікропалі в світлі фізичних, екологічних і геологічних факторів, наведених вище. Так, наприклад, для відкритого майданчика без обмежень в доступі, з нескельними, незабрудненими, однорідними ґрунтами, використання таких паль не може бути конкурентним рішенням. Однак, для делікатного і точного підсилення існуючої опори мосту з інтенсивним рухом у промисловому чи житловому районі, бурові палі малого діаметру можуть забезпечити найбільш економічно ефективне рішення.

Слід зауважити, що при визначенні реальної остаточної вартості варіанту на основі бурових паль малого діаметру необхідно ретельно аналізувати та враховувати всі витрати, пов'язані з їх влаштуванням, оскільки вартість такого рішення може суттєво перевищувати вартість тільки палових робіт.

ПРАКТИЧНИЙ ПРИКЛАД ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ БУРОВИХ ПАЛЬ МАЛОГО ДІАМЕТРУ

На основі опрацювання кількох різних варіантів фундаментів для розробки проекту для житлово-офісної у м. Києві, було прийнято варіант влаштування бурових паль малого діаметру з використанням малогабаритної бурової техніки. Основними факторами, які впливали на прийняття даного рішення були:

- безпосередня близькість тунелів метро та існуючих будівель;
- стисненість умов будівельного майданчика;
- знаходження майданчика у щільній міській забудові з відповідними обмеженнями по рівнях шуму та вібрації;
- наявність ґрунтів, чутливих до вібрації;
- необхідність сприйняття значних вертикальних навантажень, розподілених на досить обмеженій площі.

Проектом було передбачено влаштування бурових композитних паль зовнішнім діаметром 200 мм глибиною від 30 до 40 метрів і армуванням одним різьбовим стрижнем діаметром від 57,5 до 75 мм з високоміцної сталі, що має межу текучості не нижче 670 Н/мм². Особливість запроектованих паль полягала ще й у тому, що в області верхніх восьми метрів передбачалось виключення тертя по бічній поверхні палі з метою зменшення впливу на тунель метрополітену. Для цього як для дослідної палі, так і для проектних паль встановлювались зовнішні ПВХ-труби у верхній частині. Відповідно до інженерно-геологічної колонки по свердловині, паля прорізала насипні ґрунти, замулені супіски та піски від пилюватих до середньої крупності і заглиблена щонайменше на 10 метрів в пісок дрібний щільний, насичений водою. Ґрунтові води розташовані на глибині 9,0 м від поверхні.

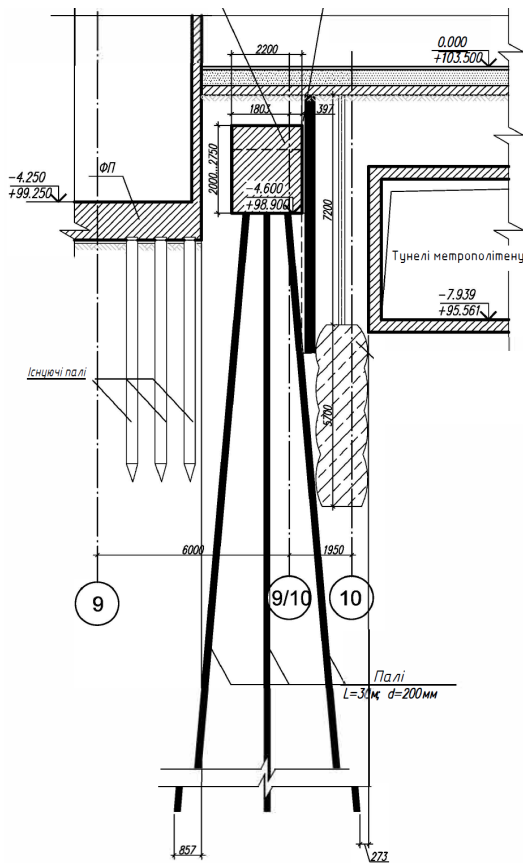


Рис.3. Принциповий розріз фундаменту
Fig.3. Principal sectional view of the foundation

Для досягнення бажаних проектних характеристик палі шляхом максимізації питомого тертя по бічній поверхні, передбачалося проведення опресування бічної поверхні цементним розчином під тиском до 100 бар по всій довжині палі (за виключенням верхньої ділянки палі довжиною 8м) за допомогою спеціальних опресувальних трубок, які були змонтовані на арматурний стрижень.

На етапі вишукувань з метою визначення несучої здатності палі було передбачено проведення випробування ґрунтів натурною палею статичним вдавлювальним навантаженням. . В ході випробувань було досягнуто навантаження 250 тон, при цьому стабілізоване осідання склало 29,40 мм. Після розвантаження величина залишкових деформацій склало 3,80 мм.

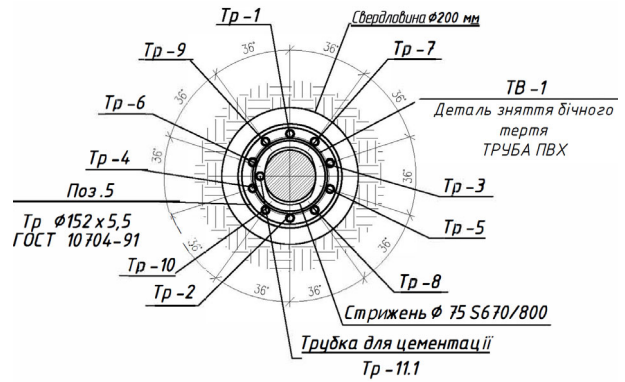


Рис.4. Поперечний переріз палі
Fig.4. Pile cross section



Рис.5. Загальний вигляд випробувального стенду
Fig.5. General view of test facility

За результатами випробувань був розроблений проект пального поля з бурових палей малого діаметру. В процесі виконання робіт з влаштування палей та зведення будівлі понаднормових додаткових осідань конструкцій тунелів метрополітену та будівель в безпосередній близькості до майданчику будівництва не зафіксовано.

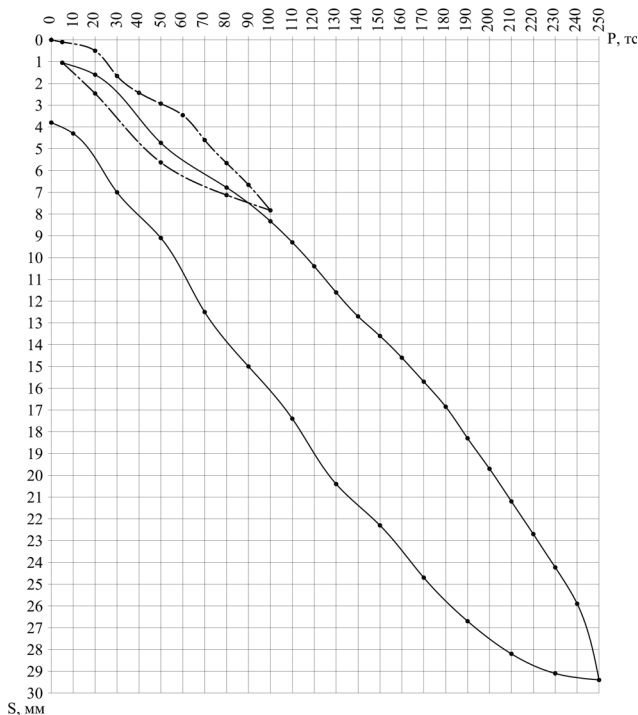


Рис. 6. Графік залежності осідань від навантаження за результатами натурних випробувань

Fig. 6. Load-settlement curve based on the results of field tests

ВИСНОВКИ

Діапазон умов, за яких можуть бути ефективно використані бурові палі малого діаметру є досить широким. Такі палі застосовуються в різних ґрунтових умовах, в тому числі в насипних, слабких чи скельних ґрунтах та можуть бути встановлені під будь-яким кутом. Вони можуть бути пристосовані до умов з потенційно обмеженим доступом або з наявними екологічними проблемами, крім того, вони мають широке застосування як для нового будівництва, так і для підсилення існуючих конструкцій та споруд, а також для закріплення зсувних та зсувонебезпечних схилів, в тому числі у стані граничної рівноваги.

Критерії вибору даної технології є специфічними для кожного окремого проекту. Окрім вартості, прийняте рішення може ґрунтуватись на інших факторах, зокрема: екологічні особливості, вимоги щодо додаткових осідань існуючих будівель та конструкцій, чутливість ґрунтів до вібраційних впливів, обмеженість

строків, стиснені умови, чутливість до шуму, вимоги щодо розташування паль тощо. В деяких випадках бурові палі малого діаметру є єдиною альтернативою, в інших – певні обставини роблять їх більш ефективними ніж більш традиційні типи паль.

Бурові палі малого діаметру у розрізі сфер застосування можуть використовуватись як безпосередньо несучі конструкції, а також в якості закріплення ґрунтів на майданчику. З точки зору проектування, залишається багато теоретичних і поведінкових питань, які не в повній мірі вивчені, на відміну від більш практичних аспектів технології. Тому влаштування таких паль повинно бути пов'язане з підвищеними вимогами до забезпечення та контролю якості з метою мінімізації виробничих та технологічних ризиків. Недосконалість наявних підходів в проектуванні бурових паль малого діаметру є зокрема одним з факторів, який певним чином обмежує розширення їх використання у певних сферах, в тому числі для сейсмічної модернізації. Однак це не стільки свідчить про непридатність паль для ефективного вирішення подібних геотехнічних задач, скільки про визнання неповного розуміння, невідповідність правил і підходів проектування та наявність слабких місць у можливостях прогнозування роботи паль в різних умовах. При досить консервативному проектуванні, за необхідності, рішення на основі бурових паль малого діаметру можна «змусити працювати» - технічно – для будь-якого конкретного застосування. Однак витрати на реалізацію такого рішення можуть зрости до такої міри, що навіть у випадку технічної можливості виконання, ці палі можуть стати економічно неефективними.

Базуючись на наявних дослідженнях та досвіді практичного використання, є безсумнівно доцільним подальше вдосконалення проектних підходів та технології влаштування для досягнення найбільш оптимальних рішень геотехнічних задач з використанням бурових паль малого діаметру.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гнатюк О. Вплив поширення на несучу здатність буронабивних залізобетонних мікропалей. / О. Гнатюк, М. Лапчук, А. Височенко // *Вісник Львівського національного аграрного університету. Архітектура і сільськогосподарське будівництво* – Львів.: ЛНАУ – 2015 – Вип. 16. – С. 71-76
2. Менейлюк О. Армування відкосів бурин'єкційними палями малого діаметру / О. Менейлюк, О. Попов, І. Бічев, І. Чернов // *Армування основ при реконструкції будівель і споруд. Збірник наукових праць*. – К.: НДІ-БК – 2007 – Вип. 66. – с. 141-150.
3. Bruce D. Drilled and grouted micropiles. State of practice review. Volume 1: Background, Classifications, Cost. / D. Bruce, I. Juran – Springfield, VA.: U.S. Department of Commerce National Technical Service, 1997 – 98 pages.
4. Armour T. Micropile Design and Construction Guidelines Implementation Manual Priority Technologies Program (PTP) Project. / T. Armour, P. Groneck, J. Keelev, S. Sunil. – Springfield, VA.: U.S. Department of Commerce National Technical Service, 2000 – 379 pages.
5. BAUER Spezialtiefbau GmbH – Nordhausen, FA Sonderbohrungen - Kleinbohrverfahren, Niederlassung Nordhausen 2000 – 45 S.
6. Wellauer R. Kleinbohrpfähle. Injektionsbohrpfähle. Mikropfähle. / R. Wellauer // *Mitteilungen der Schweizerischen Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik* – Bern, 2005 – Seiten 45-55
7. ДСТУ Б В.2.1-1-95 (ГОСТ 5686-94) Ґрунти. Методи польових випробувань палями. – К: Укрархбудінформ, 1997. – 58 с.
8. DIN EN 14199:2004. Execution of special geotechnical works — Micropiles – Berlin, CEN/TC 288, 2005. – 49 p.
- (2007) Армування відкосів бурин'єкційними палями малого діаметру [Reinforcement of slopes with small diameter injected bored piles]. *Armuvannya osnov pry rekonstruktsiyi budivel' i sporud. Zbirnyk naukovykh prats'*. - Kyiv: NDIBK, 66, 141-150 (in Ukrainian).
3. Bruce D., Juran I. (1997). Drilled and grouted micropiles. State of practice review. Volume 1: Background, Classifications, Cost., Springfield, VA.: U.S. Department of Commerce National Technical Service, 1997 – 98 pages (in English).
4. Armour T., Groneck P., Keelev J., Sunil S. (2000) Micropile Design and Construction Guidelines Implementation Manual Priority Technologies Program (PTP) Project. Springfield, VA.: U.S. Department of Commerce National Technical Service, 2000 – 379 pages (in English).
5. BAUER special foundations construction company. Small diameter drilling technology. (2000) Nordhausen, FA Sonderbohrungen - Kleinbohrverfahren, Niederlassung Nordhausen 2000 – 45 S. (in German).
6. Wellauer R. (2005). Small diameter bored piles. Injection piles. Micropiles. *Announcements from the Swiss Society for Soil and Rock Mechanics*, Bern, p 45–55 (in German).
7. DSTU B V.2.1-1-95 (GOST 5686-94) (1997) Grunty. Metody polovykh vyprobuvan paliamy [Soils. Field test methods with piles]. Kyiv: Ukrakhbudinform, 58 (in Ukrainian).
8. CEN/TC 288 (2005). DIN EN 14199:2004. Execution of special geotechnical works — Micropiles, Berlin, 49 (in English).

Peculiarities of using small-diameter bored piles for effective solving of geotechnical problems

Pavlo SOROKA

Summary. Abstract. The peculiarities of the use of small-diameter drill piles in modern construction considered, with an emphasis on their advantages and areas of application in specific conditions. Two main types of piles distinguished: cast-in-place, which characterized by continuous reinforcement and filling with concrete or cement mortar, and composite, where the load transfers to reinforcing elements. Main advantages of small-diameter bored piles noted, including the possibility of performing work in confined spaces, reducing the level of noise and vibrations, a variety of drilling technologies, the possibility of application

REFERENCES

1. Hnatiuk O., Lapchuk M., Vysochenko A. (2004) Vplyv poshyrennya na nesuchu zdatnist' buronabyvnykh zalizobetonnykh mikropal'. [The enlarged toe influence for the bearing capacity of bored reinforced concrete micropiles]. *Visnyk L'vivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Arkhitektura i sil's'kohospodars'ke budivnytstvo*. Lviv: LNAU, 16, 71-76 (in Ukrainian).
2. Meneyliuk O., Popov O., Bichev I., Chernov I.

in geological conditions of varying complexity, etc.

Particular attention paid to the areas of application of small-diameter bored piles, including the installation of new foundations, underpinning of existing structures, soil improvement and landslide protection. The main groups of factors that can influence the choice of small-diameter bored piles as the main design decision for various fields of application considered, including:

- physical factors (restricted access, remoteness of the area, distance of piles to existing structures);
- subsoil factors (difficult geological conditions, soil liquefaction tendency);
- environmental factors (sensitivity to vibration/noise, hazardous or contaminated soils);
- necessity of adaptation to existing structures;
- load/settlement requirements;
- economic factors.

Limitations for the use of small-diameter drill piles from the point of view of their efficiency described.

An example of the effective practical use of small-diameter bored piles in the confined conditions of dense urban development in close proximity of metro tunnels with increased requirements regarding the level of vibrations and noise considered. The task of minimizing subsidence of the designed residential and office complex and the impact on surrounding buildings and structures solved. The compliance of the adopted design decisions confirmed by means of field tests, as well as using the results of settlements monitoring. Attention focused on the need for further improvement of design approaches and technological solutions to optimize the efficiency of small-diameter bored piles for solving geotechnical problems.

Keywords. small-diameter bored piles, cast-in-place piles, composite piles, pile load testing.