

УДК 624.131.32

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ КУЩІВ БУРОНАБИВНИХ МІКРОПАЛЬ ПРИ ДІЇ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

О. Гнатюк, к. т. н.

ORCID ID: 0000-0003-2218-0295

М. Лапчук, в. о. доцента

ORCID ID: 0000-0002-9044-2085

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/architecture2022.23.053>

Гнатюк О., Лапчук М. Експериментально-теоретичні дослідження роботи кущів буронабивних мікропаль при дії горизонтальних навантажень

Використання паливних фундаментів під час реконструкції та на ділянках із щільною забудовою ускладнюється тим, що немає можливості застосувати великогабаритні машини і механізми. Тому, особливо у випадках складних інженерно-геологічних умов, достатньо ефективним може бути використання мікропаль, які виготовляють за допомогою малогабаритного обладнання, зокрема для фундаментів, що сприймають горизонтальні навантаження (підпірні стінки, шпунтові ряди тощо).

На кафедрі будівельних конструкцій Львівського національного університету природокористування розробили і впровадили у реальне будівництво нову ефективну конструкцію буронабивних залізобетонних мікропаль із поширеною п'ятою та розробили методику досліджень їх роботи при дії горизонтальних зсувних навантажень зі щелевеною підсипкою. Проведено експериментальні дослідження та висвітлено результати натурних випробувань кущів мікропаль із різними видами штучних підсипок різної висоти на дію горизонтальних навантажень і наведено залежність їх переміщень від дії зсувних зусиль. Здійснено теоретичні розрахунки напружень і деформацій мікропаль у реальних ґрунтових умовах та їх порівняння з даними, отриманими експериментально.

Запропонована конструкція кущів мікропаль ефективна за використання як підпірної стінки. Результати експериментальних досліджень указують на те, що під час влаштування підпірних стінок рекомендовано влаштовувати штучну подушку з грубоуламкових матеріалів і приймати мінімальну товщину шару підсипки відповідно до конструктивних вимог і фактичної інженерно-геологічної ситуації ділянки будівництва.

Конструкція підпірної стінки з використанням залізобетонних мікропаль із поширеною п'ятою впроваджена у ПП БКФ «Основа» на об'єктах будівництва і реконструкції у м. Львові та Львівській області.

Ключові слова: експериментальні дослідження, горизонтальні навантаження, теоретичні розрахунки, кущі мікропаль, буронабивні залізобетонні мікропалі з поширеною п'ятою, реальні ґрунтові умови, штучні підсипки, грубоуламкові матеріали, підпірні стінки, об'єкти будівництва та реконструкції.

Hnatiuk O., Lapchuk M. Experimental and theoretical studies of the operation of the bushes of drilled micropiles under the action of horizontal loads

The use of pile foundations during reconstruction and in densely built-up areas is complicated by the fact that there is no possibility of using large-sized machines and mechanisms. Therefore, especially in cases of complex engineering and geological conditions, the use of micropiles, which are made with the help of small-sized equipment, can be quite effective, in particular, for the foundations that perceive horizontal loads (retaining walls, sheet pile rows, etc.).

At the Department of Building Structures of Lviv National Environmental University, a new effective design of drilled reinforced concrete micropiles with a spread heel was developed and implemented in real construction, and a methodology for researching their operation under the action of horizontal shear loads with crushed stone was developed. Experimental studies have been conducted and the results of experimental full-scale tests of micropile bushes with different types of artificial backfill of different heights on the action of horizontal loads have been shown, and the dependence of their movements on the action of shear forces has been shown. Theoretical calculations of the stresses and deformations of micropiles in real soil conditions were carried out and their comparison with experimentally obtained data was carried out.

The proposed design of micropile bushes is effective when using it as a retaining wall. The results of experimental studies indicate that when installing retaining walls, it is recommended to arrange an artificial pillow of coarse-grained materials, and it is recommended to take the minimum thickness of the backfill layer in accordance with the structural requirements and the actual engineering and geological situation of the construction site.

The construction of the retaining wall using reinforced concrete micropiles with a spread heel is implemented in the PP BKF «Osnova» at construction and reconstruction sites in the city of Lviv and Lviv region.

Key words: experimental research, horizontal loads, theoretical calculations, micropile bushes, drilled reinforced concrete micropiles with a wide heel, real soil conditions, artificial fill, coarse aggregate materials, retaining walls, construction and reconstruction objects.

Постановка проблеми. На практиці будівництва в межах зони можливих значних ущільнень і зон зсувів під фундаментом при заміні слабого ґрунту на малостисливий з відносно високим опором зсуву робота ґрунтів основи значно покращується. Актуальність роботи зумовлена потребою дослідження впливу паль на дію зсувних навантажень під час роботи їх як підірних стінок із різною товщиною щебених підсіпок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Принципи роботи фундаментів (а саме буронабивних мікропаль) у ґрунтах різного типу та за різних навантажень описували у своїх працях М. Ю. Шеменков, В. А. Бабенко, Н. В. Купчикова, В. І. Терновий, Ю. Л. Винников, М. Л. Зоценко, С. А. Слюсаренко. Проблемою у цих дослідженнях є врахування спільної роботи штучної підсіпки з тілом як окремо стоячих, так і кушів паль, їх пружно-деформівного стану та подальші рекомендації під час влаштування підірних стінок представленої конструкції [1; 2].

Постановка завдання. Наше завдання – розробка ефективних конструкцій підірних стінок з використанням залізобетонних мікропаль із максимально високою несучою здатністю з мінімальною витратою матеріалів і спрощеною технологією їх виготовлення, експериментальне дослідження їх роботи та розробка пропозицій щодо розрахунку і проектування підірних стінок із використанням залізобетонних мікропаль і щебеневої підсіпки.

Виклад основного матеріалу. На кафедрі будівельних конструкцій Львівського національного університету природокористування була розроблена і впроваджена в реальне будівництво нова ефективна конструкція буронабивної залізобетонної мікропалі з поширеною п'ятою [1; 2] і проведені експериментальні дослідження її роботи в інженерно-геологічних умовах ділянки лабораторії будівельних конструкцій. У статті наведені результати експериментальних досліджень кушів з двох мікропаль зі щебеневою підсіпкою різної товщини на дію горизонтальних навантажень.

Для випробувань було виготовлено три куші паль довжиною 3,0 м: дві буронабивні залізобетонні мікропалі діаметром 200 мм, об'єднані залізобетонним ростверком із розміром поперечного перерізу 500×300 мм, та чотири

буронабивні залізобетонні мікропалі діаметром 175 мм, об'єднані двома залізобетонними ростверками, з розміром поперечного перерізу 500×350 мм. До випробування в зоні розташування ростверків було вибрано ґрунт на глибину 0,5 м і засипано щебенем (1–4-го класів міцності з крупністю зерен 5÷20 мм незалежно від групи гірських порід) згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-71-98 [3]. У другому досліді засипка щебенем товщиною 0,5 м виконувалась по незлежаній ґрунтовій основі товщиною 0,5 м.

Випробування натурних дослідних зразків кушів мікропаль проводилося з метою експериментальної перевірки їх несучої здатності на дію горизонтальної сили, визначення залежності горизонтального переміщення паль у ґрунтах зі штучною підсіпкою різного типу від навантажень.

Експериментальні (польові) випробування проводили згідно з вимогами ДСТУ Б В. 2.1-1-95 [3] за схемою статичного горизонтального навантаження. За критерій несучої здатності було прийняте досягнення граничної величини зсуву палі, яке за вимогою [4] п. 8.2.4 прийняте 40 мм. Результати випробувань заносились у журнал. Після підрахунку деформацій будувалися графіки залежності деформації від навантаження, відповідно до вимог [4] (див. рис.). Згідно з графіками, несуча здатність кушів паль для КМП-1 становила $F_{e,1} = 160$ кН, для КМП-2 – $F_{e,2} = 80$ кН, а для КМП-3 – $F_{e,3} = 130$ кН. Допустиме навантаження на палю при коефіцієнті надійності $\gamma_k = 1,2$ становитиме відповідно

$$N_{e,1} = 133,3 \text{ кН}, N_{e,2} = 66,7 \text{ кН та } N_{e,3} = 108,3 \text{ кН [5].}$$

Розрахункову несучу здатність було визначено згідно з чинними нормами при одностадійному розрахунку паль (перша стадія) [5]. Розрахунки паль за деформаціями передбачають перевірку дотримання умов допустимості розрахункових значень горизонтального переміщення голови палі u_p й кута її повороту ψ_p . Як і за експериментальних досліджень, несуча здатність паль F_t відповідала граничному значенню поперечної сили N , при якій значення u_p не перевищувало значення $u_{p,max} = 40$ мм. Допустиме навантаження на палю N_t визначалося при коефіцієнті $\gamma_n = 1,4$ [5]. Результати експериментальних і теоретичних досліджень відображено у таблиці.

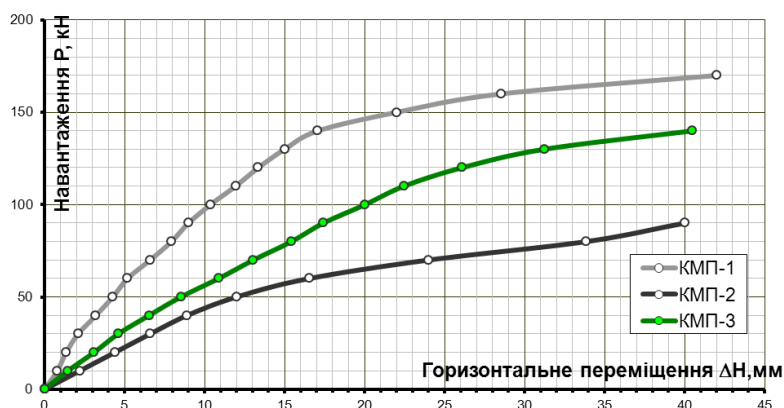


Рис. Графік залежності деформації (горизонтального переміщення) від прикладеного навантаження $\Delta H = f(P)$ для дослідних зразків КМП № 1, 2, 3

Таблиця

Несуча здатність куців мікропалів і допустиме навантаження на них для дослідів № 1(КМП-1), № 2 (КМП-2) та № 3 (КМП-3)

№ досліду	За експериментальними дослідженнями		За теоретичним розрахунком		Відношення	
	F_e , кН	N_e , кН	F_t , кН	N_t , кН	F_e / F_t	N_e / N_t
№ 1(КМП-1)	160	133,3	128	91,43	1,25	1,46
№ 2 (КМП-2)	80	66,7	61,5	43,93	1,3	1,52
№ 3 (КМП-3)	130	108,3	98	70,00	1,33	1,55
Показник № 1/№ 3	1,23	1,23	1,31	1,31		
Показник № 3/№ 2	1,63	1,63	1,59	1,59		

Висновки. Запропонована конструкція куців мікропалів є ефективною за використання її як підпірної стінки. У результаті порівняння встановлено, що у всіх дослідях теоретично визначені значення деформацій мають дещо нижчі значення від відповідних значень, отриманих експериментально (25÷33 % для F_e / F_t та 46÷55 %), для отримання більш близьких значень потрібно удосконалювати методику розрахунку.

Несуча здатність куця мікропалів залежить від діаметра палі і зростає на 23 % за збільшення його від 175 до 200 мм (31 % при теоретичному розрахунку). Руйнування суцільності ґрунтової основи під щелевеною подушкою на глибині від 0,5 до 1,0 м знижує несучу здатність куців мікропалів приблизно на 60 %.

Бібліографічний список

1. Podhorecki A., Hnatiuk O., Lapchuk M., Mazepa O. Investigation of Bearing Capacity of the Drill-

Impact Micropiles with Enlarged Toe in the Soils of Different Type. *6-th World Multidisciplinary Civil Engineering – Architecture – Urban Planning Symposium*. Prague, 2021. Vol. 1203, No 032054.

2. ПП БКФ Основа. URL: http://_pposnova.lviv.ua (дата звернення: 14.10.2022).

3. ДСТУ Б В.2.1– 95 (ГОСТ 5686-94). Ґрунти. Методи польових випробувань палями. [Чинний від 1996-04-01]. Вид. офіц. Київ: Укрархбудінформ, 1997. 57 с.

4. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 36 с.

5. ДСТУ Б В.2.7-71-98 Щєбінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань (ГОСТ 8269.0-97). [Чинний від 1997-12-10]. Вид. офіц. Київ: Державний комітет будівництва, архітектури і житлової політики України, 1999. 47 с.

Стаття надійшла 18.10.2022