

5. Золотов С.М. Инновационные материалы на основе акриловых полимеров для восстановления и ремонта конструкций объектов строительства и транспорта / С.М. Золотов // Инновационные технологии диагностики, ремонта и восстановления объектов строительства и транспорта: сб. науч. тр. – Днепропетровск: ПГАСА, 2004. – Вып. 30. – С. 192-196.
6. Shutenko L. Compositions on the basis of acrylic polymers for repairing cement-concrete pavements and reinforced concrete bridge structures / L. Shutenko, M. Zolotov, S. Zolotov // Proceedings of the 1st Polish Road Congress. – Warsaw, October 4-6, 2006. – P. 443-450.
7. Zolotov S. Strength and deformation of acrylic Glues under temporary and permanent static loading / S. Zolotov // Proceedings of the 3rd International Conference on Dynamics of Civil Engineering. – Slovak Republic, Zilina, 2005. – P. 123-126.
8. Кріплення технологічного обладнання і металевих конструкцій до фундаментів та безпека праці: монографія / Л.М. Шутенко, М.С. Золотов, В.О. Склярів, С.М. Золотов. – Харків: ХНАМГ, 2008. – 286 с.
9. Zolotov S. Fatigue strength of acril glues / S. Zolotov // Proceedings of the 3rd International Conference on Dynamics of Civil Engineering. – Slovak Republic, Zilina, 2008. – P. 224-226.

УДК 624.131.543:624.138.24

ДО ПРОЕКТУВАННЯ І ВИГОТОВЛЕННЯ БУРОІНСКЦІЙНИХ ПАЛЬ

*Д.т.н., професор Зоценко М.Л.,
аспіранти Левченко В.П., Мирошніченко В.В.*

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Постановка проблеми. За останні 20 років альтернативою буронабивним палям стали, так звані, буроін'єкційні палі, які виготовляються за технологією «Солетанж». Суть цієї технології полягає у тому, що свердловину бурять шнеком діаметром 0,3-0,6 м, який влаштований з порожнистими штангами внутрішнім діаметром 60-100 мм. При цьому виключається необхідність додаткового кріплення стінок свердловин. Їх стійкість забезпечується шнеком, лопаті якого заповнені ґрунтом. Після досягнення проектної відмітки буріння припиняється і до вибою крізь порожнисті штанги бетононасосом під тиском подається мілкозернистий бетон. При підніманні шнеку створюються умови для обтиснення бетону тиском ін'єктування, що в свою чергу веде до ущільнення ґрунту навкруги такої буроін'єкційної палі[1].

До недоліків такого методу влаштування набивних палей слід віднести відсутність вітчизняного обладнання для їх виготовлення та недосконалість

нормативної бази з їх проектування. Діючі норми розглядають бурюін'єкційні пальі, практично, як буронабивнітому, що не враховується ефект обтиснення свіжого бетону при виготовленні таких паль[2.3].

Зважаючи на усе викладене, в основу цієї роботи було покладено удосконалення методу розрахунку бурюін'єкційних паль шляхом урахування додаткового обтиснення бетонної суміші в процесі їх влаштування на основі експериментальних (лоткових й польових) і теоретичних досліджень напружено-деформованого стану системи «бурюін'єкційна паля – основа». Польові дослідження і впровадження розробок проведено на обладнанні, яке було створене в процесі розробки теми на базі машин і механізмів, які виготовлені у межах СНД.

Зв'язок науковими практичними завданнями та аналізом стану досліджень публікацій. Роботу виконано на основі чинної нормативно-законодавчої бази України, яка пов'язана з проблемами наукового супроводження проектних та будівельних робіт. Дослідження проводилися відповідно до етапів держбюджетної теми "Прогресивні конструкції основ і фундаментів у сучасному будівництві в Україні", яка у свою чергу є складовою частиною комплексної програми "Матеріалоемність" Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, а також міжвузівської комплексної програми "Скорочення ручної праці у будівництві". Завдання роботи полягає у вивченні особливостей напружено-деформованого стану ґрунтів основи при обтисненні її бетоном в процесі влаштування бурюін'єкційних паль; створенні моделі роботи системи «ґрунт – бурюін'єкційна паля», яку можливо використати у практиці проектування бурюін'єкційних паль; розробці практичного методу розрахунку несучої здатності за ґрунтом бурюін'єкційних паль.

Формулювання мети. Метою роботи є розробка методики розрахунку несучої здатності за ґрунтом бурюін'єкційних паль з урахуванням додаткового обтиснення бетону при їх влаштуванні.

Викладення основного матеріалу досліджень. Комплекти обладнання для виготовлення бурюін'єкційних паль за принципом «Солетанж» у межах України не виготовляються, а закордонні зразки коштують доволі дорого (близько до мільйона євро), тому для впровадження бурюін'єкційних паль на будівництві доступного житла було запропоновано створити такий комплект обладнання на базі машин, які виготовляються в Україні, або на території СНД. Після детального вивчення технології влаштування бурюін'єкційних паль за принципом «Солетанж» були сформульовані такі основні вимоги до складу комплексу обладнання: до нього повинна входити бурова машина для буріння свердловини шнеком і бетононасос для подавання бетону в свердловину крізь прохідний шнек під тиском. На рис.1 наведено таке обладнання на будівельному майданчику.

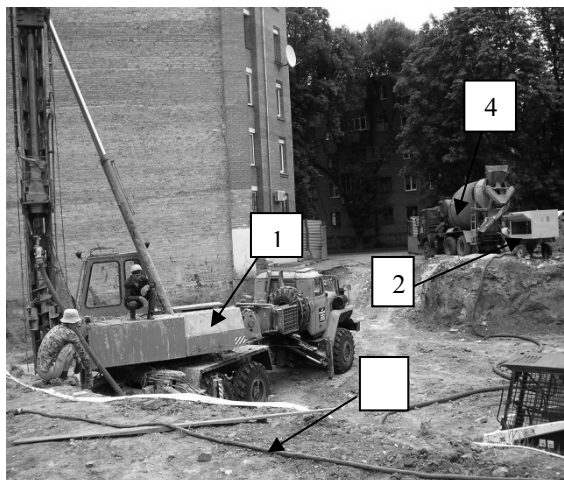


Рис.1. Комплект обладнання для виготовлення бурюін'єкційних паль: 1 – бурова машина БМ-811; 2 - пневмонагінатч СО-241/2; 3 – шланг для подавання бетону; 4 – автобетонозмішувач

У якості бурової машини був прийнятий станок БМ-811, призначений для буріння свердловин в ґрунтах, які відносяться до IV категорії по СНиП IV-2-82, також до них відносяться вічно замерзлі, а також ті що насичені вологою, та певною кількістю пливунів і лінз. Експлуатація машини допускається в районах з помірним кліматом в інтервалі температур навколишнього повітря від мінус 40° С до плюс 40° С.

Машина складається із базового шасі та змонтованого на ньому навісного обладнання. На шасі кріпиться поворотна платформа зі шоглою, на якій закріплений буровий двигун. Шнек і двигун зв'язані між собою вертлюгом, через який у прохідний шнек під тиском подається бетон. Напірний шланг з'єднує бетононасос з вертлюгом. Усі механізми закриті кожухами опорядження. Бурильне обладнання з транспортного положення у робоче і навпаки переводиться за допомогою гідравліки.

Шнеки використовуються діаметром 360, 400, 450 мм з кроком лопатей у 200 мм. Штанга шнеків має поздовжній отвір діаметром не менш ніж 100 мм. Перша ланка шнеку обладнана долотом для розпушення глинистих і піщаних ґрунтів. Усі ланки шнеків мають замки для з'єднання, які забезпечують вільне проходження бетону крізь колону шнеків. Кожна ланка шнеку має довжину по 8 м.

Найбільш відповідальним механізмом при виготовленні бурюін'єкційних паль є бетононасос, який подає бетон на мілкому щебені чи цементний розчин до свердловини крізь отвори в долоті першої ланки шнеків. У комплекті обладнання, яке розглядається, для подавання бетону використано пневмонагінатч СО-241/2, який подає бетон до свердловини з тиском $\sigma = 0,7$ МПа.

Принцип роботи пневмонагінтача оснований на порційній подачі розчину з резервуару під дією стиснутого повітря і лопатей перемішуючого пристрою в напірний патрубок, де додатково подається стиснуте повітря для транспортування розчину до місця укладання. Бетононасос з'єднується з буровим станком шлангами підвищеного тиску.

Дослідні виготовлення буроін'єкційних паль були проведені на шести майданчиках будівництва житлових і цивільних будівель у м. Полтаві. Вони полягали у фіксації усіх етапів їх виготовлення, а саме:

- розмірів бурової свердловини шляхом безпосередніх вимірів її параметрів: діаметру – d_p , м і довжини – l_p , м;
- кількості бетону, укладеного у свердловину, фіксувалася за даними об'ємного показника пневмонагінтача, V_b , м³;
- початковий тиск обтиснення бетону в свердловині визначався за даними показань манометру, σ , МПа;
- коефіцієнт збільшення об'єму палі внаслідок проведення обтиснення бетону (ін'єкції) розраховувався як відношення об'єму бетону, що укладений у свердловину, до початкового об'єму свердловини, $k_v = V_b/V_p$.

Приклад заповнення журналу влаштування буроін'єкційних паль наведений в табл. 1. Проведеними дослідними роботами експериментально доведено, що із збільшенням тиску обтиснення збільшується об'єм бетону та коефіцієнт збільшення об'єму палі при ін'єктуванні.

Таблиця 1

Журнал влаштування буроін'єкційних паль

Тип бурового станка		БМ-811				
Тип і діаметр бурового снаряду		Прохідний шнек				
Діаметр палі, d_p , мм		450				
Об'єм свердловини, V_{cs} , м ³		1,27				
Кут нахилу палі, α , град.		90°				
Відмітка поверхні ґрунту, м		156,3				
Відмітка голови палі, м		153,4				
Відмітка вістря палі, м		145,4				
Довжина палі, l_p , м		8,0				
Метод бетонування		Ін'єкція				
Марка бетону		В15				
Початок робіт		5.08.2010				
		Закічення робіт				
№№ паль	Дата	Робочий тиск при обтисненні σ , МПа	Усереднений діаметр палі, d_p , м		Об'єм бетону, V_b , м ³	Коефіцієнт, $k_v = V_b/V_p$
			За проектом, м	Фактично, м		
1	2	3	4	5	6	7
1	5.08.2010	0,65	0,45	0,430	1,78	1,40
2	5.08.2010	0,67	0,45	0,446	1,93	1,52
3	5.08.2010	0,66	0,45	0,446	1,93	1,52
4	5.08.2010	0,65	0,45	0,446	1,78	1,40
5	5.08.2010	0,7	0,45	0,446	1,82	1,43
6	5.08.2010	0,67	0,45	0,446	1,78	1,40

Виходячи з даних табл.1, ми маємо значення випадкових величин, зокрема коефіцієнт збільшення об'єму палі при ін'єктуванні, для якого виконаний статистичний розрахунок за таким алгоритмом [4]:

- *першим етапом розрахунку* є побудова експериментального полігону даних коефіцієнту збільшення об'єму палі;

- *другим етапом проводиться* визначення вибірових числових характеристик;

- *третьім етапом є підбір закону* нормального розподілу; найбільш поширений у теорії і практиці закон, представлений у вигляді таблиць, що наводяться у будь-якому посібнику ймовірності. Саме це пов'язано з його простотою, теоретичною обґрунтованістю (до нього прямує сума незалежних випадкових величин (ВВ) із будь-якими розподілами при умові збільшення кількості цих ВВ), розповсюдженістю на практиці для оцінки похибок дослідів точностівимірів, якості виготовлення тощо.

Підібраний нормальний розподіл разом з експериментальним полігоном показано на рис.2.

Як бачимо з рис.2 нормальний розподіл досить добре описує характер експериментального полігону, мода (максимум) якого знаходиться зліва від центру, що відповідає позитивній асиметрії ($A_x = 0.22$), і який більш пологий, ніж нормальна крива, про що свідчить від'ємний ексцес ($E_x = -0.93$)

- *четвертим етапом є перевірка* відповідності експериментального розподілу нормальному; для перевірки використовується критерій Пірсона.

Описані вище дослідження з виготовлення бурин'єкційних палі з статистичної обробки результатів були проведені на шести дослідних майданчиках, ці дані наведені у табл.2.

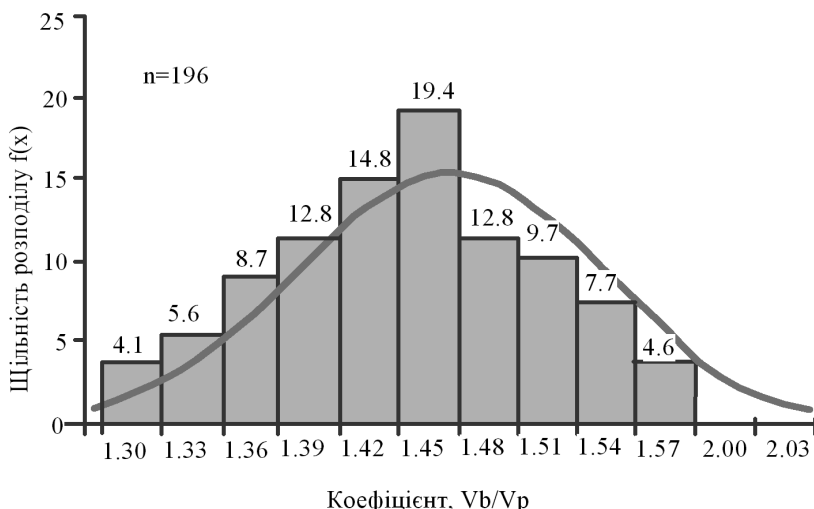


Рис 2. Дослідна гістограма та нормальний розподіл коефіцієнту збільшення об'єму палі при ін'єктуванні

Таблиця 2

Результати статистичних розрахунків по дослідним майданчикам

№ № площадок	Кількість паль	Інтервал можливих величин	Коефіцієнт збільшення об'єму палі	Коефіцієнт варіації
1	196	1,28-1,58	1,43	0,048
2	968	1,28-1,59	1,45	0,053
3	299	1,28-1,58	1,43	0,049
4	894	1,28-1,59	1,41	0,079
5	268	1,27-1,61	1,42	0,126
6	69	1,27-1,63	1,44	0,126

Зробимо висновки по виконаній статистичній обробці даних, вона дала можливість визначити:

- інтервал можливих значень коефіцієнту збільшення об'єму палі при ін'єктуванні;

- числові характеристики розподілу випадкових величин коефіцієнту збільшення об'єму палі при ін'єктуванні, у тому числі математичне сподівання, що використовується в подальших розрахунках;

- коефіцієнт варіації, що дає можливість оцінити стабільність технології виготовлення буроін'єкційних паль.

Таким чином, за допомогою статистичної обробки результатів дослідного виготовлення буроін'єкційних паль на шести дослідних майданчиках встановлені об'єктивні значення величин коефіцієнту збільшення об'єму палі внаслідок ін'єктування. Цей показник є визначальним при оцінці несучої здатності таких паль.

На кожному дослідному майданчику проводилися польові випробування ґрунтів палями. Дослідні палі виготовлялися у межах котлованівбудівель, але на ділянках, де палі, відповідно до схеми розташування паль, не передбачалися.

Для створення вертикального стискуючого навантаження було використано вантажну платформу з бетонними фундаментними блоками загальною вагою до 1000 кН. Після вичерпання нормативного терміну тужавіння бетону на усіх дослідних майданчиках палі випробували вертикальним стискаючим навантаженням відповідно до ДСТУ Б В.2.1.1-95 (ГОСТ 5686-94) Ґрунти.

Типовий графік статичних випробувань ґрунтів буроін'єкційною палею на майданчику будівництва багатоповерхового житлового будинку (дослідний майданчик 4) наведений на рис. 3.

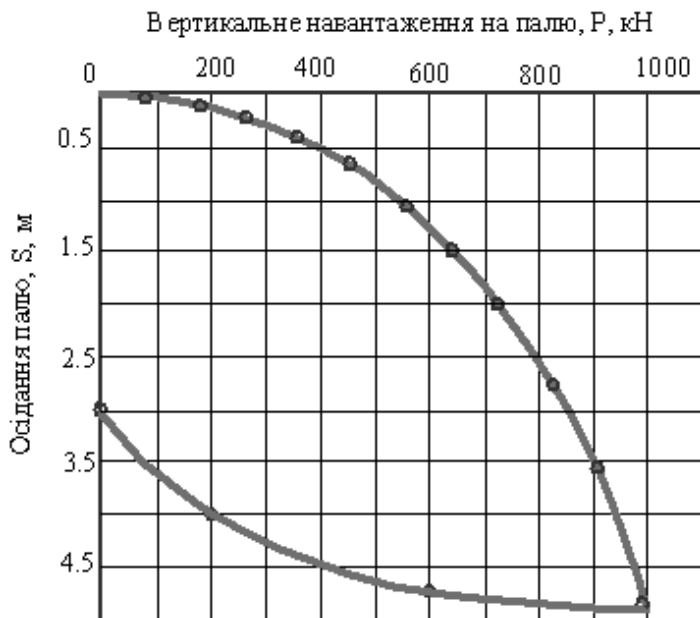


Рис 3. Графік випробувань палі

Розрахункове навантаження, яке допускається на палю, визначене при осіданні дослідної палі $\Delta = 2,0$ см. При цій умові воно склало $F_d = 720$ кН. Слід звернути увагу на характер графіку статичного випробування ґрунту бурюін'єкційною палею. Він має полого окреслення без типового для забивних и буронабивних палів зриву. Таке окреслення мають графіки випробувань палів ущільнення – пірамідальних, у пробитих свердловинах и витрамбованих котлованах та ін. [5]. На цій підставі бурюін'єкційні палі слід віднести до фундаментів ущільнення, які виготовлюються з додатковим ущільненням основи, і, відповідно, це необхідно враховувати при оцінці напружено-деформованого стану їх основи.

Усього на шести дослідних майданчиках статичним навантаженням було випробувано 17 бурюін'єкційних палів. Результати визначення несучої здатності палів F_d при $\Delta = 2,0$ см наведені у графі 9 табл.3.

Для порівняння виконані розрахунки несучої здатності бурюін'єкційних палів для кожного дослідного майданчика відповідно до ДБН В.2.1-10-2009, підрозділ 8.5. Палі і палеві фундаменти. Для цього виконані такі дії і умови:

- випробування ґрунтів палями на дослідних майданчиках виконані в природних умовах без попереднього зволоження просадочних ґрунтів, тому визначення несучої здатності розрахунком проведемо за природними характеристиками без попереднього зволоження основи;

Таблиця 3

Результати визначення несучої здатності бурюін'екційних паль за розрахунком і статичними випробуваннями

№№ майданчиків	№№ паль	Параметри			Коефіцієнт, k_v	Несуча здатність, F_d , кН за			Коефіцієнт, урахування ефекту ін'єктування, γ_i
		діаметр свердловини, d_c , м	діаметр палі, d_p , м	довжина-напалі, l_p , м		розрахунком, за d_c	розрахунком, за d_p	випробуванням,	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0,36	0,42	7,9	1,43	196	230	400	2,38/2,03
	2	0,36	0,42	7,9	1,43	196	230	380	2,26/1,93
2	3	0,36	0,42	8,0	1,45	254	297	500	2,3/1,96
	4	0,36	0,42	8,0	1,45	254	297	485	2,23/1,91
3	5	0,36	0,42	8,0	1,43	305	357	520	1,7/1,45
	6	0,36	0,42	8,0	1,43	305	357	520	1,7/1,45
	7	0,36	0,42	8,0	1,43	305	357	516	1,69/1,44
4	8	0,36	0,42	8,0	1,41	450	526	654	1,7/1,46
	9	0,36	0,42	8,0	1,41	450	526	630	1,63/1,39
	10	0,36	0,42	8,0	1,41	450	526	641	1,66/1,42
	11	0,36	0,42	8,0	1,41	450	526	685	1,78/1,52
	12	0,36	0,42	8,0	1,41	450	526	674	1,75/1,5
	13	0,36	0,42	8,0	1,41	450	526	635	1,65/1,41
5	14	0,45	0,54	8,0	1,42	402	470	810	2,35/2,0
	15	0,45	0,54	8,0	1,42	402	470	760	2,2/2,0
6	16	0,45	0,54	8,0	1,44	384	449	780	2,37/2,02
	17	0,45	0,54	8,0	1,44	384	449	750	2,28/1,95

- відповідно до ДБН... параметри бурюін'екційної палі приймаються за розмірами бурової свердловини; ці розміри наведені у стовпчиках 3 і 5 табл.3, а відповідні значення несучої здатності паль за розрахунком наведені у графі 7 табл. 3;

- у стовпчику 4 наведені значення діаметру бурюін'екційних паль, які були розраховані за об'ємом бетону, що ін'єктувався до свердловини; відповідні значення несучої здатності паль за розрахунком наведені у графі 8;

- розрахунки несучої здатності бурюін'екційних паль на дослідних майданчиках 1,2,5,6 визначалися з використанням коефіцієнта умов роботи палі, що спирається на лесові ґрунти $\gamma_c = 0,8$, а для паль на майданчиках 3 і 4 – з коефіцієнтом $\gamma_c = 1$, як для делювіальних відкладів;

- співставлення значень несучої здатності бурюін'екційних паль за розрахунком і за статичними випробуваннями шляхом визначення коефіцієнту урахування ефекту ін'єктування, у графі 10:

$$\gamma_i = \frac{F_d^b \gamma_k^p}{F_d^p \gamma_k^b} \quad (1)$$

де F_d^p і F_d^b – несуча здатність бурюін'екційної палі відповідно за розрахунком і випробуваннями;

γ_k^p і γ_k^b – коефіцієнти надійності, відповідно, за розрахунком і випробуваннями;

- у графі 10 до чисельника занесені значення коефіцієнту урахування ефекту ін'єктування, які були отримані при використанні діаметру бурової свердловини, а у знаменнику, відповідно, ті, що були отримані при використанні діаметру палі, який був розрахований за об'ємом бетону ін'єктованого у свердловину.

Дані табл.3 свідчать, що значення несучої здатності буроін'єкційних палей, які визначені розрахунком за ДБН... більш ніж у два рази нижчі ніж ті, що визначені за даними статичних випробовувань. Урахування збільшення діаметру палі внаслідок ін'єктування бетону в свердловину не суттєво зменшує цю різницю. На підставі цих міркувань можливо зробити висновок про додаткове ущільнення ґрунту в процесі ін'єктування, яке значно підвищує механічні характеристики ґрунтів навкруги палі.

Для теоретичного обґрунтування ефекту ін'єктування бетону слід провести математичне моделювання процесу утворення буроін'єкційних палей з використанням рішень пружно-пластичної задачі нелінійної механіки ґрунтів, які реалізуються за допомогою методу скінчених елементів (МСЕ). У свій час професорами Винниковим Ю.Л. і Клованичем С.Ф. було створено програмний комплекс "PRIZ-Pile", у якому реалізоване рішення вісесиметричної задачі МСЕ кроково-ітераційними методами у фізично й геометрично нелінійній постановці. Застосування восьмикутних ізопараметричних вісесиметричних СЕ, що мають властивості змінюватися за формою й об'ємом, дає можливість використання як прямокутної, так і криволінійної сітки СЕ, а врахування цих змін, відповідно, дозволяє визначити переміщення, напруги, а також наведені характеристики ґрунту на кожному кроці влаштування і навантаження фундаментів. Моделювання зведення чи попередньої роботи фундаментів полягає в завданні переміщень вузлів сітки СЕ з оцінкою НДС масиву. На етапі їх роботи враховується подальше ущільнення ґрунту, перехід його в пластичний стан, проковзування бічної поверхні фундаменту за ґрунтом [6].

Програмний комплекс було створено для моделювання процесу влаштування і навантаження фундаментів у пробитих свердловинах. На першому етапі моделюється процес влаштування пробитої свердловини шляхом задавання переміщень за розмірами свердловини. При цьому визначалися наведені (в процесі ущільнення) нові характеристики ґрунту, які на другому етапі використовувалися для оцінки НДС системи «палія-ущільнена основа».

Для випадку буроін'єкційних палей необхідно у основі створити свердловину, яка потім заповнюється бетоном під тиском (ін'єктування). внаслідок чого виникає ущільнення ґрунту – діаметр свердловини збільшується. Це збільшення моделює ущільнення ґрунту, внаслідок якого визначаються його наведені характеристики, які вже використовуються при оцінці НДС системи «буроін'єкційна палія-ущільнена основа».

На рис.4 показаний графік залежності осідання палі №4 з табл.3 від навантаження. Де крива 1 отримана за результатами моделювання, яке було виконано професором Винниковим Ю.Л., а крива 2 – за даними статичних випробовувань.

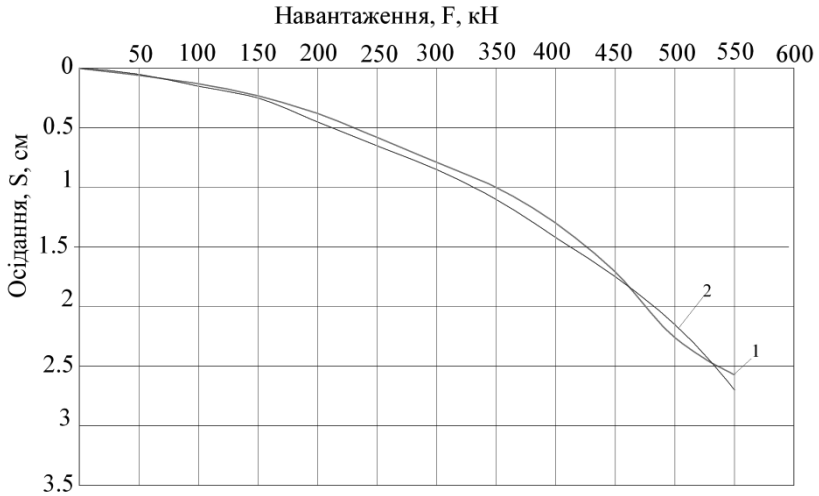


Рис. 4. Графіки залежності осідання буроін'єкційної палі від навантаження за даними: 1 – моделювання; 2 – статичних випробувань

Як свідчать графіки, маємо достатньо високий збіг результатів випробовувань і моделювання. Далі, на рис.5 показане співставлення результатів моделювання з даними випробовувань для усіх паль дослідних майданчиків, які наведені у табл.3.

Внаслідок проведення кореляційного аналізу отримане рівняння (2):

$$y=0.9646x \quad (2)$$

де y – несуча здатність палі за даними моделювання, F_p , кН;

x – несуча здатність палі за даними випробовувань, F_p , кН.

При цьому коефіцієнт кореляції склав $r= 0.885$, а коефіцієнт варіації – $v= 0,099$, що відповідає загальним уявленням про неоднорідність ґрунтів.

За наведеними даними можливо констатувати, що при урахуванні ефекту ущільнення ґрунту в процесі виготовлення буроін'єкційної палі, несуча її здатність близька до величини, встановленої за даними статичних випробовувань.

На підставі проведених досліджень можливо стверджувати, що достовірним розрахунковим методом визначення несучої здатності буроін'єкційних паль є метод математичного моделювання напружено-деформованого стану системи «палія-основа» за допомогою програмного комплексу «PRIZ-Pile»[6].

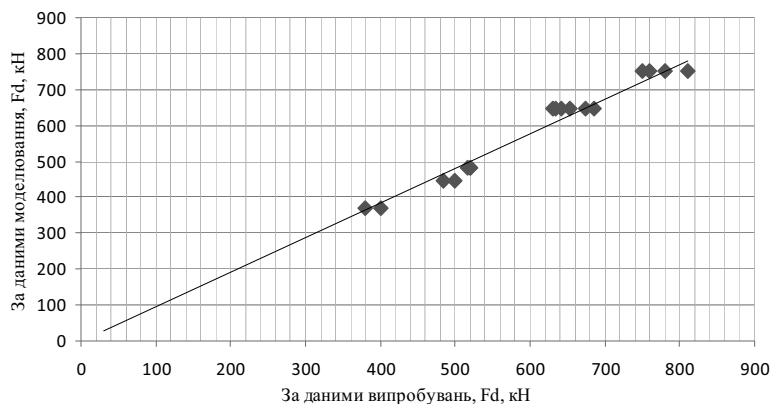


Рис. 5. Графік співставлення значень несучої здатності буроін'єкційних паль за даними математичного моделювання і статичних випробувань

Для проведення такого моделювання необхідно попередньо визначити коефіцієнт збільшення об'єму палі внаслідок ін'єктування бетону_v від тиску обтиснення, σ МПа. Для цього скористуємося результатами експериментальних досліджень цієї залежності за даними лабораторних і польових досліджень. В лабораторних умовах досліди проводились у лотку, де виконували обтиснення моделей паль в діапазоні тиску від 0 до 0,4 МПа. При цьому виміряли об'єм бетону, укладений у свердловину. За цими даними визначали коефіцієнт збільшення об'єму палі внаслідок ін'єктування бетону_v [7]. В польових умовах ін'єктування бетону при влаштуванні буроін'єкційних паль виконувалося пневмоагнітачем СО-241/2 при тиску $\sigma = 0,67$ МПа. На рис.6 представлена експериментальна залежність коефіцієнту збільшення об'єму палі внаслідок ін'єктування бетону_v від тиску обтиснення, σ МПа. Залежність встановлена для лесових і делювіальних глинистих ґрунтів Полтавського лесового плато.

Внаслідок проведення кореляційного аналізу отримане рівняння (3):

$$x = 0,59y - 1,06 \quad (3)$$

де y – тиск обтиснення бетону, σ , МПа;

x – коефіцієнту збільшення об'єму палі внаслідок ін'єктування бетону_v.

При цьому коефіцієнт кореляції склав $r = 0.863$, а коефіцієнт варіації – $v = 0,107$, що відповідає загальним уявленням про неоднорідність ґрунтів.

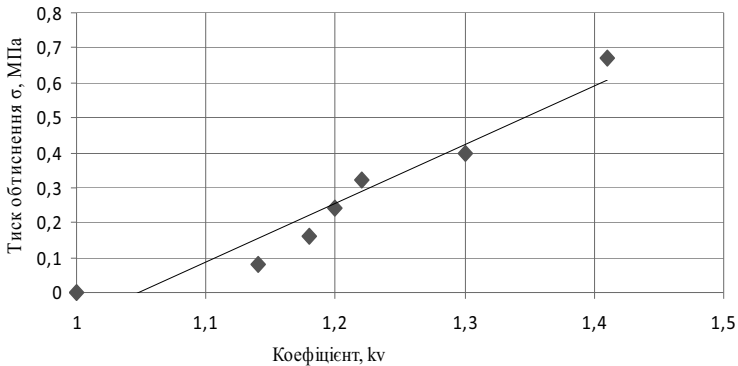


Рис. 6. Залежність коефіцієнту збільшення об'єму палі внаслідок ін'єктування бетону, від тиску обтиснення, σ МПа

Висновки. При виготовленні буроін'єкційних паль обов'язковим технологічним елементом є процес обтиснення бетонної суміші при заповненні свердловини. Внаслідок обтиснення бетону виникає ущільнення навколишнього ґрунту, відповідно, збільшуються його механічні характеристики. Загальну деформацію ущільнення можливо зафіксувати об'ємом бетону, який витрачається на виготовлення палі.

Програмний комплекс “PRIZ-Pile” складений таким чином, що за величиною заданої деформації стиснення ґрунту при розширенні свердловини визначаються нові наведені характеристики, які об'єктивно характеризують нову міцність ущільненого ґрунту. За цими наведеними характеристиками шляхом рішення пружно-пластичної задачі нелінійної механіки ґрунтів методом скінчених елементів кроковим ітераційним методом встановлюється залежність між осіданням палі від вертикального навантаження на неї. За цією залежністю встановлюється несуча здатність палі.

Експериментально досліджена залежність між тиском ін'єктування і відносною величиною деформації ґрунту – коефіцієнтом збільшення об'єму палі внаслідок ін'єктування бетону, k_v . Проведено порівняння значень несучої здатності палі, які встановлені за даними математичного моделювання і статичних випробовувань ґрунтів буроін'єкційними пальями.

На підставі проведених досліджень розроблений розрахунковий метод встановлення несучої здатності буроін'єкційних паль з урахуванням ефекту обтиснення бетону при його ін'єктуванні.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування ДБН В.2.1-10-2009. 8.5. Палі і пальові фундаменти (на заміну СНИП 2.02.03-85).

2. Матвеев И.В. Определение расчетных параметров свайного фундамента на буронабивных и буроналивных сваях при расчете основания по деформациям /И.В. Матвеев, А.Я.Червинский// Будівельніконтрукції. – Міжвідомчийнауково-технічнийзбірник. – Вип. 61, Т.1. – К: НДІБК, 2004.– С. 404-411.
3. Бойко та ін. Методивипробовуваньґрунтів за допомогою буроін'єкційноїпали великого діаметру /І.П Бойко, Ю.В. Карпенко, С.М. Новофастовський та ін. //Основи і фундаменти: Міжвідомчийнауково-технічнийзбірник. – Вип. 328– К.: КНУБА, 2004. – с. 11-16.
4. Пічугін С.Ф. Дослідження ефекту ін'єктування при виготовленні буроін'єкційних паль системи «Солетанж»/ С.Ф. Пічугін, В.П. Левченко//
5. Зоценко М.Л. Інженерна геологія, механіка ґрунтів, основи та фундаментобудування / М. Л. Зоценко, В. І.Коваленко, А. В, Яковлев, О.О.Петраков, В.Б. Швец, О.В. Школа, С.В. Біда, Ю.Л. Винников. - Полтава.: ПНТУ, 2004. - 568 с.
6. Винников Ю.Л. Математичне моделювання зв'язності фундаментів з ущільненими основами при їх зведенні та наступній роботі / Ю.Л. Винников//Монографія. – Полтава: ПолтНТУім.. Юрія Кондратюка, 2004. – 237 с.
7. Левченко В.П. Експериментальні дослідження впливу обтиснення бетону при влаштуванні буроін'єкційних паль/ В.П. Левченко// Зб. научных трудов Строительство, материаловедение, машиностроение. Приднепровская ГАСА. Вип. 56 – Днепропетровск, 2010, - с.241-246.

УДК 624.072

ПРОГИБЫ ДВУСКАТНЫХ ДЕРЕВОФАНЕРНЫХ БАЛОК КОРОБЧАТОГО СЕЧЕНИЯ

к.т.н., доцент Кириленко В.Ф., аспирант Пинчук Е.А.

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства
г. Симферополь*

Постановка задачи.

Применение листовых конструкционных материалов: фанеры, ориентированно-стружечных плит, листов клеёного шпона (LVL) в качестве стенок изгибаемых и сжато-изгибаемых элементов позволяют значительно уменьшить материалёмкость и стоимость. Пояса таких конструкций выполняют из цельной или клееной древесины, а соединения с поясами выполняют клеевым. Эффективность возрастает при применении элементов с переменной высотой сечения: односкатных и двускатных деревофанерных балок, трёхшарнирных арок и рам двутаврового, коробчатого, двутаврово-коробчатого сечений.