

УДК 624.154.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА МІСЦЕ РОЗТАШУВАННЯ ТОЧКИ НУЛЬОВИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ВЕРТИКАЛЬНО НАВАНТАЖУВАНИХ ПАЛЬ - КОЛОН ПРИ ДІЇ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ І МОМЕНТНИХ ЗУСИЛЬ.

Т.М. Барчукова

У статті наведені результати експериментальних досліджень сумісної роботи паль-колон з ґрунтом основи, які спрямовані на виявлення факторів, що впливають на місце розташування точки нульових переміщень при дії вертикальних, горизонтальних і моментних зусиль, виконаний аналіз досліджень.

Ключові слова: геологічна будова майданчиків, фундамент з паль-колон, експериментальні дослідження

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ ТОЧКИ НУЛЕВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ВЕРТИКАЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ СВАЙ – КОЛОНН ПРИ ДЕЙСТВИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И МОМЕНТНЫХ УСИЛИЙ

Т.Н. Барчукова

В статье приведены результаты экспериментальных исследований совместной работы свай-колонн с грунтом основания, которые направлены на выявление факторов, влияющих на положение точки нулевых перемещений при действии вертикальных, горизонтальных и моментных усилий, выполнен анализ исследований.

Ключевые слова: геологическое строение площадок, фундамент из свай - колон экспериментальные исследования.

INVESTIGATION OF FACTORS INFLUENCING THE LOCATION OF ZERO MOVEMENTS OF VERTICALLY LOADED PILES IN THE ACTION OF HORIZONTAL AND MOMENTOUS LOAD

T.N. Barchukova

The article presents the results of experimental studies of the joint operation of piled columns with soil, which are aimed at identifying factors that affect the position of the point of zero displacement under the action of vertical, horizontal and moment forces,

Key words: geological structure of plots, foundation from short piles, experimental studies.

Вступ

На одній з будівельних ділянок теплотраси проведені експериментальні дослідження роботи паль-колон з ґрунтом основи. Випробувано 5 паль. Дослідження спрямовані на виявлення додаткових факторів, що впливають на місцезнаходження точки нульових переміщень (ТНП).

Постановка проблеми у загальному вигляді і її практичне значення. Місцезнаходження точки нульових переміщень впливає на вибір розрахункової схеми горизонтально навантаженого пальового фундаменту і зумовлює характер зміщення і епюр реактивного тиску тому, ці дослідження є актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Математичні методи розрахунку паль на горизонтальні навантаження можна розділити на дві групи в залежності від характеру деформацій паль у ґрунті. Перша група методів [1, 2, 3, 6] розроблена для паль, які під дією горизонтального навантаження повертаються в ґрунті без вигину. Руйнування системи «паль - ґрунті» відбувається за рахунок втрати стійкості ґрунтом основи. Розрахунок базується на положеннях теорії граничної рівноваги ґрунтів. Друга група методів [1, 4, 5, 7, 8] розроблена для паль, які під дією горизонтальних навантажень згинаються в ґрунті. Опір таких паль визначається міцністю матеріалу палі на вигин. Методи розрахунку другої групи, як правило, засновані на використанні

моделі місцевих пружних деформацій. Випробування паль, у дослідженнях, проведені у натуральну величину для уточнення їх роботи з ґрунтом основи для математичних методів розрахунку першої групи.

Мета роботи – проведення експериментальних досліджень паль-колон з ґрунтом основи для виявлення при їх спільній роботі додаткових факторів що впливають на місцезнаходження точки нульових переміщень.

Основна частина

Експериментальні дослідження проведені на будівельному майданчику, рельєф ділянки спокійний. В геологічній будові майданчика брали участь техногенні, делювіальні, еолові та алювіальні відкладення.

Будова ділянки характеризується наступними інженерно-геологічними елементами: шар 1 - насипні ґрунти, представлені суглинками бурими і темно - бурими зі щебенем, будівельним і побутовим сміттям (0.1 м); шар 2 - суглинки, темно-бурі, макропористі (3.8 м); шар 3 - суглинки жовтувато-бурі, лесові, макропористі (4,0 м). Підземні води при вишукуваннях зустрінуті на глибині - 6,3 м. Фізико-механічні показники властивостей ґрунту наведені в табл. 1

Таблиця 1 – Фізико-механічні показники властивостей ґрунту

Найменування показника	Розмірність	Номер шару	
		11	111
Щільність часток ґрунту	г/см ³	2.72	2.71
Щільність ґрунту	г/см ³	1.69	2.03
Щільність ґрунту в сухому стані	г/см ³	1.43	1.68
Природна вологість		0.18	0.21
Вологість на границі розкочування		0.25	0.23
Вологість на границі текучості		0.40	0,39
Коефіцієнт пористості		0.90	0.61
Показник текучості		< 0	< 0
Кут внутрішнього тертя	град.	23	26
Питоме зчеплення	КПа	10	15
Модуль деформації	МПа	18/7	29
Відносне просідання при $\sigma_1=100$ $\sigma_2=200$ $\sigma_3=300$		0.008	-
		0.030	-
		0.044	-
Початковий тиск просідання	кН/м ²	120	-

Довжина підземної частини випробуваних паль змінювалася від 2 до 3 м, розміри паль в рівні денної поверхні коливалися від 0.3 до 1.0 м, в вістрі від 0.3 до 0.8 м. Випробування проводилися на поєднання вертикальної, горизонтальної навантаження. Горизонтальна навантаження в проведених випробуваннях прикладалася на деякій відстані від денної поверхні. Конструкція «паль - колона» працює як єдиний стрижень в своїй надземній і підземній частині. У спільній роботі паль з ґрунтом основи істотний вплив на їх роботу надає величина відстані точки прикладання горизонтального навантаження над поверхнею ґрунту. Тому в порівняльних оцінках результатів експериментальних досліджень роботи паль з ґрунтом основи за показник навантаження разом з горизонтальною силою « Q » прийнято значення згинального моменту, яке на позначці нуля дорівнює $M = Q H$. У проведених дослідженнях горизонтальне навантаження прикладене на позначці $H = 2,0$ м.

Способи установки паль-колон наступні - забивання паль в ґрунти проведена за допомогою копрового агрегату С-878 А на базі трактора трубоукладача Т-100 МБГП, молотом С-330, з масою ударної частини 25 кН.

Буріння свердловин для монтажу паль, виконано бурильно-крановою машиною.
Палі-колони, випробувані на майданчику виконані з підвищеним відсотком армування.
Палі-колони С-2, С-3 виконані з розширеннями. Розширення - збільшення поперечного перерізу палі в рівні денної поверхні (у вигляді горизонтальної плити).
Схема анкерування та геометричні параметри випробуваних паль-колон наведені в таблиці 2.

Таблиця 2– Геометричні параметри випробуваних паль-колон

Марка паль-колон	Спосіб занурення паль	Перетин подошви паль-колон, м	Перетин в рівні денної поверхні, м	Глибина анкерування паль-колон м	Спосіб анкерування	Навантаження, кН	
						N кН	Q кН
С-1	Забивання за допомогою копрового агрегату 878 А	0.3×0.3	0.3×0.3	2	-	86	19;22;30
С-2		0.3×0.3	1.0×0.87	3	Горизонтальна плита	85	14;27;35;45
С-3		0.3×0.3	1.0×0.87	2		88	14;27;35;45;50
С-4	Монтаж паль-колон в свердловини	0.8	0.8	2	Зачеканка простору між свердловиною і палею бетоном	82	17
С-5		0.8	0.8	3		82	17;30;45;50

Способи передачі вертикального та горизонтального навантаження.

Вертикальне навантаження створювалася шляхом укладання тарованого вантажу, на спеціальні платформи, змонтовані у верхній частині паль-колон. Завантаження проводилася рівномірно, однією ступеню на повну величину.

Після стабілізації осідання від вертикальних зусиль прикладалася горизонтальне навантаження. Горизонтальні зусилля створювалися за допомогою домкрату. Величина горизонтального зусилля вимірювалася динамометром, з ціною ділення 7,5 кг. Горизонтальні зусилля прикладалися ступенями. Кожна ступінь приймалася рівною 10-15 кН і дотримувалися до стабілізації горизонтальних переміщень.

За умовну величину стабілізації в проведених дослідженнях прийнято: швидкість збільшення осідання від вертикального навантаження не більше 0.1 мм на добу, горизонтальних переміщень 0.1 мм за останні дві години.

Максимальні навантаження приймалися рівними максимальним проектним навантаженням, тому межу міцності паль, не було вичерпано. Максимальна величина вертикального навантаження склала 88 кН, горизонтального 50 кН.

Схема прикладення вертикального і горизонтального навантаження до палі - колони приведена на рис. 1.

Вимірювання вертикальних і горизонтальних переміщень палі - колони, від дії вертикального, горизонтального та моментного навантаження. Заміри осідання від вертикальних навантажень проводилися за допомогою штангенглибиноміру. Осідання, від палі-колон на ґрунті основи визначали, вимірюючи відстань від країв реперної балки жорстко пов'язаної з колоною і опорними стержнями. Осідання паль-колон вимірювалася з точністю відліку 0.1 мм і визначалася як середнє значення двох вимірювань.

Горизонтальні переміщення колон на позначці анкерування і по висоті надфундаментної частини фіксувалися за допомогою системи повзункових прогиномірів, змонтованих на реперній стійці. Переміщення вимірювалися по висоті з інтервалом від 0.12 до 2.0 м.

Горизонтальні переміщення підземної частини колони вимірювалися штангенглибиноміром від реперної системи розташованої в шурфу, що знаходився на відстані 1.3 - 2.0 м від навантаженої грані палі. Стінки шурфу закріплювалися залізобетонними кільцями, товщиною 0,1 мм, діаметром 1,5 м.

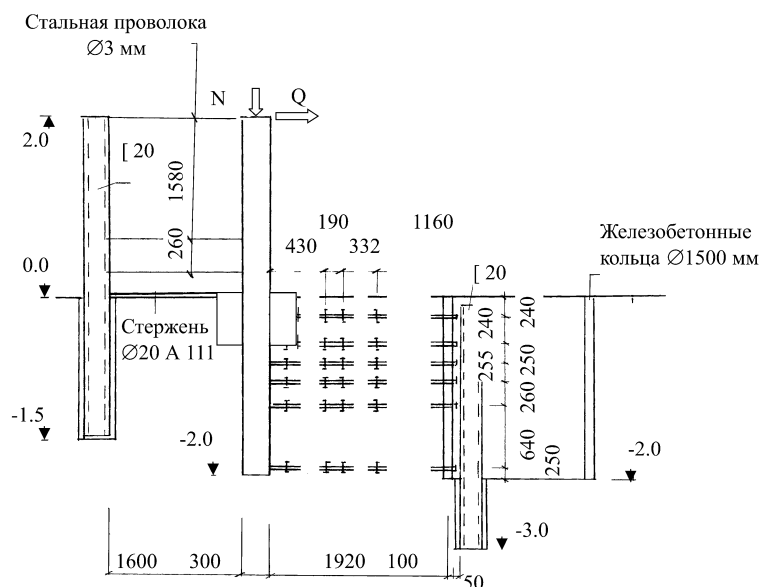


Рис. 1 – Схема прикладення вертикального і горизонтального навантаження до палі - колони та закладання магнітних марок

З шурфу в сторону палі в її вертикальній осевій площині пробурені горизонтальні свердловини діаметром 2.5 мм з кроком по вертикалі 200 - 250 мм.

У свердловини закладалися глибинні магнітні марки всередині, яких монтувалися захисні трубки. Один кінець трубки доводився до грані палі, впираючись в неї, інший на 1 см виступав з свердловини.

У зазор між свердловиною і трубкою монтувався сальник, що забезпечував вільне переміщення трубки. Кожна трубка з боку шурфу забезпечувалася трьома пружинами. Натяг пружини забезпечував щільне примикання трубки до граней палі під час всього періоду випробувань.

Горизонтальні переміщення колони вимірювалися по переміщенням трубок, які фіксувалися від репера системи штангенглибиноміром з точністю відліку 0.1 мм.

Переміщення ґрунту перед гранню палі вимірювалися глибинними магнітними марками і спеціальним приладом.

Марки закладалися в горизонтальні свердловини, пробурені в стінці шурфу двома рядами по вісі колони з кроком по вертикалі 200 ... 250 мм, по горизонталі 180 ... 300 мм, на глибину до 2 м і по вісі, що знаходилась на відстані 290 мм від центру колони.

Переміщення марок щодо реперної системи, встановленої в шурф, фіксувалися приладом, з точністю відліку до 0,01 мм.

Центральними і бічним марками визначався характер розвитку обсягу зони деформації перед лобовою гранню від кожного ступеня навантаження. Марки встановлювали в плані і по глибині з таким розрахунком, щоб частина їх, контрольні, які монтували на реперній стійці, у шурфу, залишалися нерухомими в процесі всього випробування. Характер формування зони і її кінцева межа визначався по послідовності включення марок у роботу. Інтерполірую дані переміщення марок, знаходили точки з нульовими переміщеннями, які належали межі зони деформації.

Результати досліджень

Момент і горизонтальні сили повертають підземну частину палі - колони навколо деякого центру обертання – точки нульових переміщень. В результаті ґрунти під навантаженою бічною гранню ущільнюються. Наслідком ущільнення є переміщення палі біля поверхні в сторону дії сил, а підшви в зворотному напрямку.

Поворот зменшує площу контакту бічної поверхні підземної частини палі з ґрунтом, знижуючи величину опору зрушенню. Зниження сил тертя викликає додаткове осідання палі.

Місцезнаходження точки нульових переміщень визначено дослідним шляхом за результатами безпосередніх вимірів переміщень точок палі, а також за переміщенням ґрунту, які

замірялися магнітними марками і визначалися як місце перетину межі зони деформації з позовжньою віссю палі.

Наявність точки нульових переміщень обумовлена характером зовнішнього навантаження прикладеного до фундаменту, що викликає його поворот (рис.2).

Чим менше навантаження, що прикладене до палі при інших рівних умовах, тим вище місце розташування ТНП.

Чим вище місце розташування точки нульових переміщень на підземній частині палі, тим менше горизонтальні переміщення палі на позначці денної поверхні.

Істотний вплив на розташування точки нульових переміщень надають геометричні параметри палі і спосіб їх влаштування в ґрунті (рис. 3). Наявність розширення підземної частини палі впливає на місце розташування точки нульових переміщень. Положення її для палі-колони з розширенням в 1,2 рази вище, ніж палі-колони без розширення при інших рівних умовах.

Аналіз графіків (рис.3) зміни величини відносного заглиблення точки нульових переміщень від навантаження, які діють на палі - колони показав що:

- глибина точки нульових переміщень в проведених дослідженнях не є постійною і змінюється з підвищенням навантаження в межах 0,5 ... 0,6 м від довжини підземної частини палі-колони;
- для палі С- 1 ... С - 5 з ростом горизонтального навантаження збільшується і відносне заглиблення (коефіцієнт α) їх точки нульових переміщень. Величина коефіцієнта α у різних конструкцій пальових фундаментів різна, для палі С - 2 з ростом горизонтального навантаження, відносне заглиблення збільшується незначно, його значення дорівнює 0,0126;
- для палі С - 3, С - 4, С - 5 при збільшенні навантаження значення коефіцієнта підвищиться від 0,1 до 0,213, це можна пояснити тим, що ґрунти, що оточує палю С - 5 ($\alpha = 0,213$) знаходиться в природному стані, менш щільному ніж у палі С - 3 ($\alpha = 0,150$); С - 4 ($\alpha = 0,1$), при забиванні яких утворилося щільна зона

Висновки

1. Положення точки нульових переміщень не є величиною постійною. На її глибину впливає геометричні параметри підземної частини палі-колони, величина зовнішнього навантаження, властивості ґрунтів. У проведених дослідженнях її глибина змінювалася а межах 0,5 ... 0,6 м від глибини підземної частини.

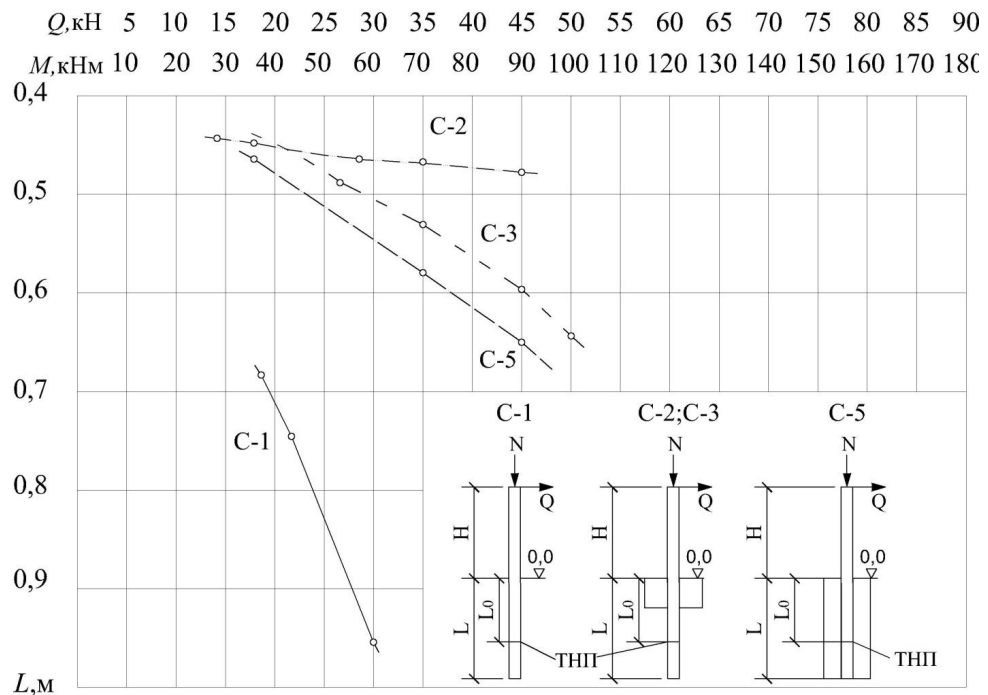


Рис. 2. Відносне розташування точки нульового переміщення палі-колони С-1.....С-5 в залежності від навантаження

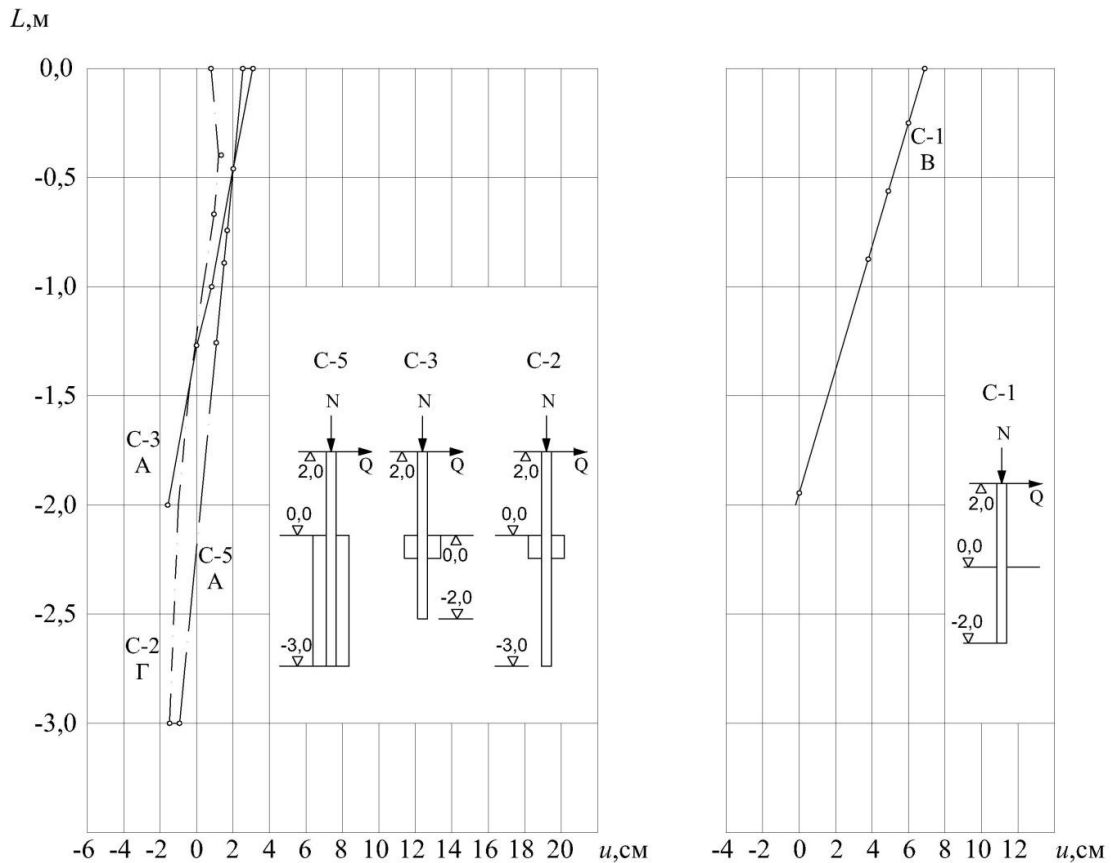


Рис. 3 – Горизонтальні переміщення паль-колон щодо вертикальних вісей в залежності від дії моментного і горизонтального навантаження. А - $Q=50$ кН, $M=100$ кНм; Б - $Q=35$ кН, $M=70$ кНм; В - $Q=30$ кН, $M=60$ кН; Г - $Q=45$ кН, $M=90$ кНм

2. За отриманими експериментальними даними, виявлено, істотний вплив розширення підземної частини палі на місце розташування точки нульових переміщень. Положення її для паль-колон з розширенням в 1,2 рази вище, ніж паль-колон без розширення при інших рівних умовах.

Використана література

1. ДБН В.2.1-10-2009. Зміна №1. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 57 с.
2. Григорян А.А., Лекумович Г.С., Лучковский И.Я. К расчету свай на горизонтальную нагрузку в просадочных грунтах. Основания, фундаменты и механика грунтов, 1981, №3.-с. 18
3. Лучковский И.Я., Лекумович Г.С. К вопросу о расчете свай на горизонтальную нагрузку в связном грунте // Основания, фундаменты и механика грунтов. -1971.-№3.-с. 17.
4. Бахолдин Б.В., Труфанова Е.В. Сопrotивление свай горизонтальным нагрузкам // Основания и фундаменты, М., 2010. с. 4-8.
5. Завриев К.С., Крюков Е.П., Шпиро Г.С., 1960. Исследование несущей способности фундаментов опор контактной сети. – Труды ВНИИСТ. – Москва. – Вып. 39. – С. 23-31.
6. Terzaghi, K. (1955). Evaluation of coefficients of subgrade reaction. Geotechnique, 5(4), 297-326.
7. Davies, T. G. and Budhu, M. (1986). Non-linear analysis of laterally loaded piles in heavily overconsolidated clays. Geotechnique, 36(4), 527-538.
8. Poulos, H.G., Carter, J. P., and Small, J. C. (2001). Foundations and retaining structures- research and practice. Proceedings of 15th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Istanbul, Turkey, A.A. Balkema, Rotterdam, 2527-2606.