

УДК 621

Барчукова Татьяна Николаевна, Кравченко Сергей Анатольевич,
Стельмашук Сергей Николаевич
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
(Одесса, Украина)

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ КОРОТКИХ СВАЙ-КОЛОННС ГРУНТОМ ОСНОВАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ИХ ЗАГЛУБЛЕНИЯ В ГРУНТ

Аннотация. В статье дано описание экспериментальных исследований двух свай-колонн с грунтом основания. Исследования направлены на изучение влияния на несущую способность этих свай различных способов их заглубления. В результате проведенного опыта получены данные, выполнен их анализ и выбран лучший фундамент.

Ключевые слова: свая - колонна, несущая способность, нагрузка, точка нулевых перемещений, осадка, перемещения.

Барчукова Тетяна Миколаївна, Кравченко Сергій Анатолієвич,
Стельмашук Сергій Миколайович
Одеська державна академія будівництва і архітектури
(Одеса, Україна)

ЛІДЖЕННЯ СПІЛЬНОЇ РОБОТИ КОРОТКИХ ПАЛЬ-КОЛОННС ГРУНТОМ ОСНОВИ ПРИ РІЗНИХ СПОСОБАХ ЇХ ЗАГЛИБЛЕННЯ В ГРУНТИ

Анотація. У статті зроблено описання експериментальних досліджень двох паль-колонн з грунтом основи. Дослідження спрямовані на вивчення впливу на несучу здатність цих паль різних способів їх заглиблення. В результаті проведеного експерименту отримані дані, виконаний їх аналіз і обраний кращий фундамент.

Ключові слова: паля - колона, несуча здатність, навантаження, точка нульових переміщень, осідання, переміщення.

Barchukova T.N., Kravchenko S.A., Stelmashchuk S.M.
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
(Odessa, Ukraine)

STUDYING A JOINT WORK OF PILES WITH SOIL BASES WITH DIFFERENT METHODS OF THEIR DIVE

Annotation. The article describes experimental studies of two piles. Studies are aimed at studying the effect on the carrying capacity of these piles of various methods of their penetration. As a result of the experiment, data were obtained, their analysis was performed, and the best foundation was selected.

Key words: pile - column, bearing capacity, load, point of zero displacement, sediment, displacement.

Введение. На одном из строительных участков теплотрассы проведены экспериментальные исследования работы коротких свай-колонн с

грунтом основания, испытано 2 сваи. Исследования направлены на изучение влияния на несущую способность свай различных способов их заглубления.

Чтобы получить экономический эффект от применения свайных фундаментов необходимо совершенствовать фундамент. Совершенствование конструкций фундамента связано с применением свай оптимальной формы, различных способов их заглубления для конкретных грунтовых условий. Проблема рационального устройства фундаментов является актуальной в области фундаментостроения.

Анализ последних исследований и публикаций. Значительный вклад в теорию и практику строительства свайных фундаментов, внесли работы В. Н. Голубкова., Ю.Ф. Тугаенко, А. А. Григоряна, Г.С. Лекумовича, И.Я. Лучковского., Б.В. Бахолдина., Е. В. Труфанова. В работах [1, 2] на основе комплексных исследований проведены определения параметров деформируемой зоны и показателей свойств грунтов, оказывающих влияние на процессы нарастания деформаций.

Сегодня количество типов свай велико. Их различают по многим признакам, среди которых: принцип работы, способ заглубления в грунт, условия взаимодействия с ним, форма поперечного и продольного сечений, материал, прочие конструктивные особенности. Благодаря более ранним исследованиям, накопленному инженерному опыту, результатам экспериментов в настоящее время существуют различные конструкции [3; 4; 5] и методы расчета свайных фундаментов, применимых как для решения типовых задач строительства, так и для условий, отличающихся необходимостью в разработке сложных инженерных решений [6; 7; 8; 9; 10].

Целью работы являлось проведение экспериментальных исследований свай-колонн с грунтом основания для выявления при их совместной работе влияния на несущую способность свай различных способов их заглубления.

Строение участка характеризуется следующими инженерно-геологическими элементами: слой 1 - насыпные грунты, представленные суглинками бурыми и темно - бурыми со щебнем, строительным и бытовым мусором (0.1 м); слой 2 - суглинки, темно-бурые, макропористые (3.8 м); слой 3 - суглинки желтовато-бурые, лессовые, макропористые (4,0 м). Подземные воды при изысканиях встречены на глубине - 6,3 м. Физико-механические показатели свойств грунтов приведены в табл. 1

Испытания проводились на сочетание вертикальной и горизонтальных нагрузок. Горизонтальная нагрузка в проведенных испытаниях прикладывалась на некотором расстоянии от поверхности. Конструкция «свая - колонна» работает как единый стержень в своей надземной и подземной части. В проведенных исследованиях горизонтальная нагрузка приложена на отметке Н = 2,0 м.

Таблица 1 - Физико-механические показатели свойств грунтов

Наименование показателя	Размерность	Номер слоя	
		11	111
Плотность частиц грунта	г/см ³	2.72	2.71
Плотность грунта	г/см ³	1.69	2.03
Плотность грунта в сухом состоянии	г/см ³	1.43	1.68
Природная влажность	д. о.	0.18	0.21

Влажность на границе раскатывания		0.25	0.23
Влажность на границе текучести		0.40	0,39
Коэффициент пористости		0.90	0.61
Угол внутреннего трения	град.	23	26
Удельное сцепление	кПа	10	15
Модуль деформации	МПа	18/7	29
Относительная просадочность при σ кПа $\sigma_1=100$ $\sigma_2=200$ $\sigma_3=300$		0.008	
		0.030	-
		0.044	-
Начальное просадочное давление	кН/м ²	120	-

Способы заглубления свай-колонн в грунт следующие:

– свая-колонна С-1, подземная часть – в форме пирамиды, забита в грунт основания с помощью копрового агрегата С-878 А на базе трактора трубоукладчика Т-100 МБГП, молотом С-330, с массой ударной части 25 кН.

– свая-колонна С-2, смонтирована, в предварительно выштампованной лидерной скважине и зачеканена бетоном. Лидер - в форме пирамиды.

Свай-колонны, опробованные на площадке, выполнены с повышенным процентом армирования

Схема анкеровки и геометрические параметры испытанных свай-колонн приведены в таблице 2.

Способы передачи вертикальной и горизонтальных нагрузок.

Вертикальная нагрузка создавалась путем укладки тарированного груза, на специальные платформы, смонтированные в верхней части свай-колонн. Загрузка проводилась одной ступенью на полную величину.

После стабилизации осадки от вертикального усилия прикладывалась ступенями горизонтальные нагрузки, каждая из которых выдерживались до стабилизации горизонтальных перемещений.

Горизонтальные усилия создавались с помощью домкрата. Величина горизонтального усилия измерялась динамометром, с ценой деления 7,5 кг.

За условную величину стабилизации в проведенных исследованиях принято: скорость увеличения осадки от вертикальной нагрузки не более 0.1 мм в сутки, горизонтальных перемещений 0.1 мм за последние 2 часа.

Таблица 2. Геометрические параметры свай-колонн

Марка свай-колонн	Способ погружения	Сечение подошвы свай-колонн, м	Сечение в уровне дневной поверхности, м	Глубина анкеровки свай-колонн м	Способ анкеровки	Нагрузка, кН	
						N	Q
С-1	Забивка свай с помощью копрового агрегата С-878	0.3×0.3	0.7×0.7	2	-	88	17; 35
С-2	Монтаж свай-колонн в лидерную скважину	0.3×0.3	0.7×0.7	2	Зачеанка пространства между стенками скважины и свайей бетоном	88	17; 35; 50

Результаты исследований.

На рисунке 2; 3 приведены графики с результатами измерений осадки, горизонтальных перемещений свай на отметке планировки. Анализ результатов полученных при испытании со сваями показал:

– максимальная величина осадки у свай-колонны С-1, минимальная у С-2;

– свая - колонна С - 1 забитая в грунт основания получила горизонтальные перемещения на отметке нуля в 1.5 раз большие чем свая - колонна С - 2 смонтированной в скважине, с зачеканкой пространства между гранями сваи и стенками скважины бетоном, при одинаковой глубине заложения их подошвы и равной нагрузке.

В соответствии с результатами обработки экспериментальных данных на графике «нагрузка-перемещение» (рис. 3) можно выделить два участка, каждый из которых соответствует фазе напряженного состояния грунта:

– первый – фаза уплотнения грунта, линия графика зависимости горизонтальных перемещений от нагрузок близка к прямой.

– второй – фаза сдвигов, зависимость становится явно криволинейной, несущая способность грунта еще не исчерпана, резко выраженная нелинейность.

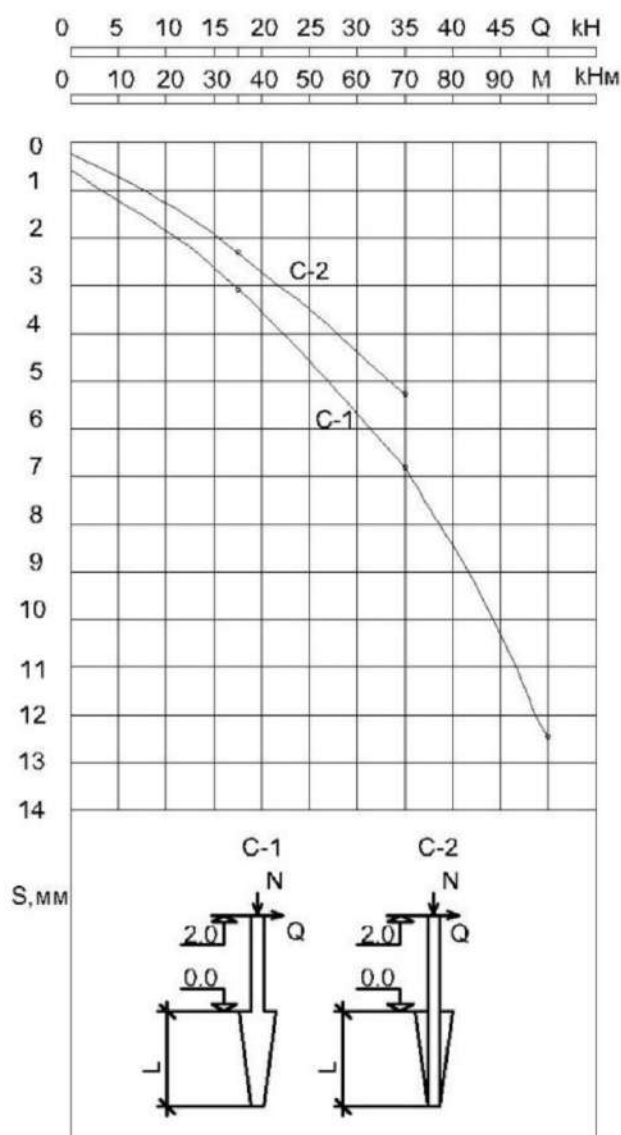


Рис. 2. График зависимости осадки свай-колонн от нагрузок.

Момент и горизонтальные силы поворачивают подземную часть сваи - колонны вокруг некоторого центра вращения - точки нулевых перемещений (ТНП). В результате грунт перед нагруженной боковой гранью уплотняется. Следствием уплотнения является перемещение сваи у поверхности в сторону действия сил, а подошвы в обратном направлении.

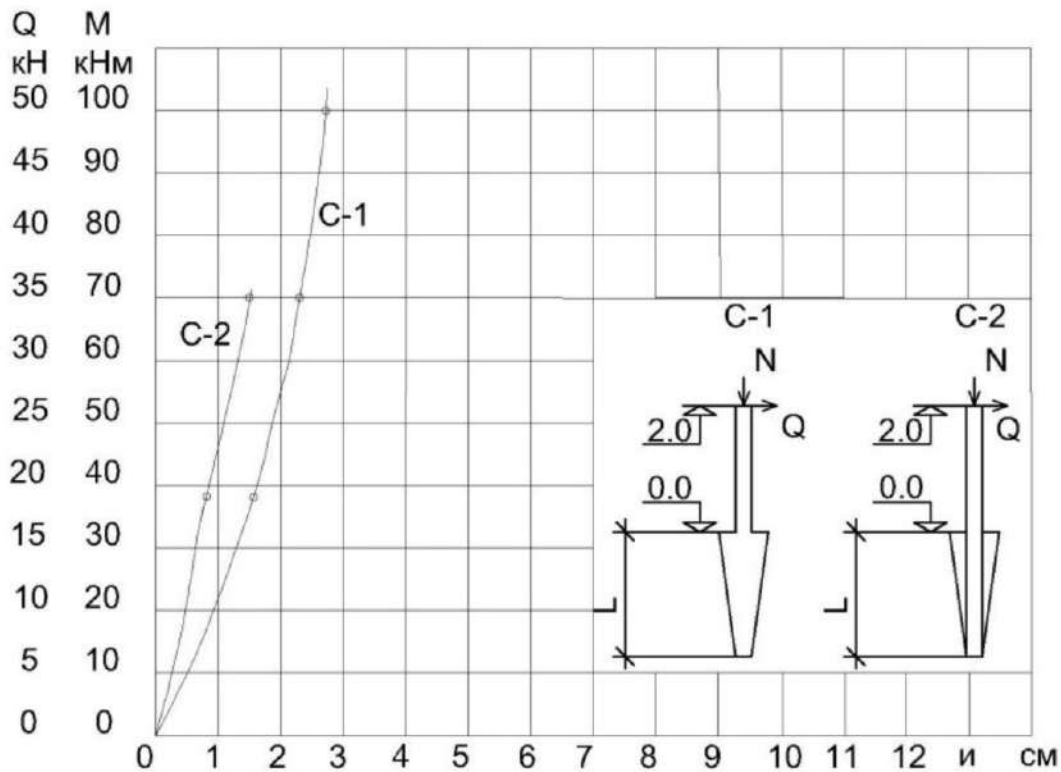


Рис. 3. График зависимости горизонтальных перемещений сваи-колонны на отметке планировки от нагрузок.

Глубину местоположения точки нулевых перемещений определяли опытным путем по результатам непосредственных замеров перемещений точек грани сваи, а также по перемещениям грунта, которые замерялись магнитными марками и определялись как место пересечения зоны деформации с продольной осью сваи.

Анализ графика (рис. 4) показал, максимальные перемещения ТНП у забивной сваи-колонны С-1, минимальные у набивной сваи С-2 при одинаковой глубине заложения их подошвы и равной нагрузке.

Глубина точки нулевых перемещений в проведенных исследованиях не постоянна и изменяется, с повышением нагрузки в пределах 1.2 – 1.5 м от длины подземной части сваи-колонны.

Выводы

1. Экспериментами, проведенными на натуральных фундаментах, установлено, что осадка свай-колонн, возникающая от действия вертикальных, горизонтальных и моментных сил различна, у забивной сваи-колонны С-1 осадка в 1.3 раза больше (при $N=88$ кН; $Q = 35$ кН; $M = 70$ кНм), чем у набивной сваи С – 2 при одинаковой глубине заложения их подошвы и равной нагрузке.

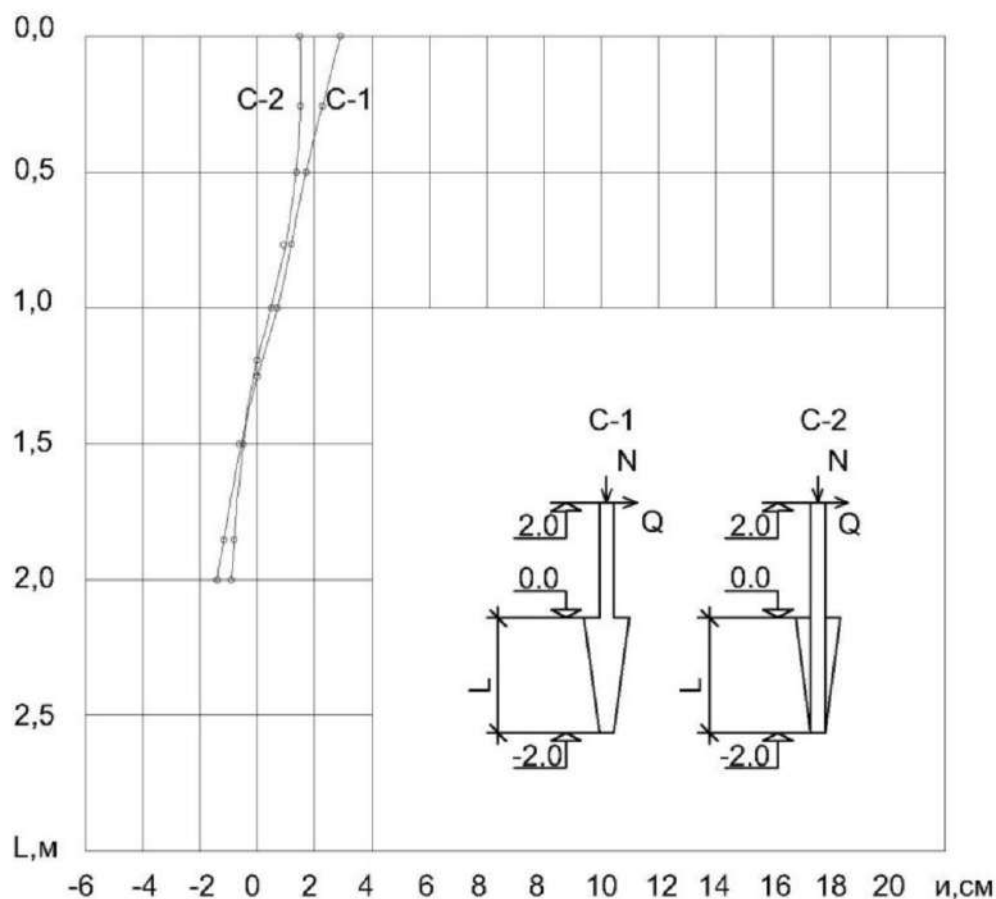


Рис. 4. Горизонтальные перемещения свай-колонн относительно вертикальных осей в зависимости от действия моментной и горизонтальной нагрузки при $Q = 35$ кН; $M = 70$ кНм.

2. Исследования показали, что свая-колонна С - 1 забитая в грунт основания получила горизонтальные перемещения на отметке нуля (при $Q = 35$ кН; $M = 70$ кНм), в 1.5 раза большие чем свая - колонна С - 2, смонтированная в скважине, с зачеканкой пространства между гранями сваи и стенками скважины бетоном, при прочих равных условиях.

3. Существенное влияние на местоположение точки нулевых перемещений свай оказывают способы их устройства в грунте, положение ТНП для забивной сваи-колонны С-1 в 1.2 раза ниже, чем для набивной сваи С-2 при прочих равных условиях.

4. Проведенными испытаниями установлено, что глубина точки нулевых перемещений в проведенных исследованиях не является постоянной и изменяется, с повышением нагрузки в пределах 1.2 до 1.5 м от длины подземной части сваи-колонны.

5. Экспериментально доказано – способ заглубления свай в грунт основания влияет на их несущую способность. В проведенных испытаниях наиболее лучшим фундаментом для конкретных грунтовых условий является набивная свая-колонна С-2.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Голубков В.Н. Исследование процесса формирования объема зоны деформации в основаниях опытных фундаментов. / В.Н. Голубков,

- Ю.Ф. Тугаенко, Ю.В. Матус, Г.Н. Плахотный, В.А. Юдин // Известия вузов: Строительство и архитектура. – 1976. – 1. – 37 - 41.
2. Тугаенко Ю.Ф. Процессы деформирования грунтов в основаниях фундаментов, свай и свайных фундаментов. / Ю.Ф. Тугаенко // Монография, – Одесса: Астропринт, – 2008, – 213 с.
 3. Зарбуев Л.М. Методы расчета пирамидальных свай по двум группам предельных состояний / Л.М. Зарбуев, Б.В. Лакшитов // Промышленное и гражданское строительство. 2004. № 4. С. 34-36.
 4. Бахолдин Б.В. Соппротивление свай горизонтальным нагрузкам / Б.В. Бахолдин, Е.В. Труфанова // Основания и фундаменты, Григорян Москва:, 2010. – С. 4 - 8.
 5. Григорян А.А. К расчету свай на горизонтальную нагрузку в просадочных грунтах. / А.А. Григорян, Г.С. Лекумович, И.Я Лучковский // Основания, фундаменты и механика грунтов, 1981. – №3. – С. 18 – 22.
 6. А.Л. Готман Сваи и свайные фундаменты / А.Л. Готмана // Монография, Уфа: 2015. – 384 с.
 7. Larkin, L. A. Theoretical bearing capacity of very shallow footings / L. A. Larkin // Journal of geotechnical mechanics and foundation division, ASCE. –1968. – Vol. 94, N SM 6. – P. 1347 – 1357.
 8. Milovic, D. U. Stresses and displacements in an elastic laer due to inclined and eccentric load over a rigid strip / D. U. Milovic, G. Touzot, J. P. Tournier // Geotechnique. – 1970. – Vol. 20, N 3. – P. 231 – 252.
 9. Hall, W. B. Load Testing, Structural Reliability and Test Evaluation / W. B. Hall, M. Tsai // Structural Safety. – 1985. – Vol. 6, N 2-4. – P. 285 – 302.
 10. Jardine, R. J. Studies of the Influence of Non-Linear Stress-Strain Characteristics on Soil-Structure Interaction / R. J. Jardine, D. M. Potts, A. W. Fourie et al. // Geotechnique. – 1986. – Vol. 36, N 3. – P. 377 – 396.
 12. Барчукова Т.Н. Распределение давлений по подземной части ствола свай-колонны при действии нагрузок / Т.Н. Барчукова, М.А. Лещинская // Вісник ОДАБА, – Випуск 33, – Одеса, – 2009, – С. 310-313.
 13. Барчукова Т.М. Спільна робота палі-колони з ґрунтом основи при дії вертикальної і циклічно прикладених горизонтальних навантажень. / Т.Н. Барчукова // 36. наук. праць. «Галузеве машинобудування, будівництво». – Полтава.: ПОЛТНТУ, 2018. – Вип. №2 (51). – С. 24-19.