

(рис. 2). Во 2-ом варианте повышение устойчивости связано с тем, что часть стыков стоек из шарнирных превращается в неразрезные. Благодаря установке горизонтальных связей исключена деформация конструкции лесов.

2. По результатам расчетов прочности (табл.1) видно, что во 2-ом варианте запас прочности больше, чем в 1-ом.

3. Максимальные прогибы W (табл.1) во 2-м варианте, имеют существенно меньшие значения по сравнению с 1-ым вариантом.

4. Применение методики [10], позволяющей учитывать последовательное превращения шарнирных стыков стоек в неразрезные в расчетных схемах модульных лесов в процессе их нагружения, обеспечивает запасы их прочности, устойчивости и жесткости по сравнению с упрощенными расчетными схемами с шарнирами в стыках стоек.

5. Постановка горизонтальных связей дает незначительное повышение запасов прочности, устойчивости и жесткости рассмотренной конструкции в целом. В то же время наличие горизонтальных связей совместно с наружными раскосами является основным фактором обеспечения геометрической неизменяемости лесов, независимо от способов их крепления к стене.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 27321-89 Леса стоечные приставные для строительно-монтажных работ. Технические условия. – М.: Госстрой СССР, 1989.
2. ГОСТ 24258-88 Средства подмащивания.

Общие технические условия. – М.: Госстрой СССР, 1988.

3. ДБН А.3.2-2:2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. - Київ.: Мінрегіонбуд України, 2012
4. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. К.: Мінрегіонбуд України, 2006.- 59с.
5. ДБН В.2.6-163:2010. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу. - К.: Мінрегіонбуд України, 2011.- 127с.
6. Методическая документация в строительстве. Леса строительные. Монтаж, расчет, эксплуатация. МДС 12-25.2006 – М.: ЦНИИОМТП, 2006
7. BS EN 12810-2:2003. Temporary works equipment - Part 1: Scaffolds – Performance requirements and general design.
8. BS EN 12810-2:2003. Facade scaffolds made of prefabricated components. Part 2: Particular methods of structural design.
9. Перетяцько Ю.Г., Агеєнко С.Б. Особенности расчета трубчатых стоек при учете податливости их стыков// Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, 2006.- вип. 36-с.220-224.
10. Агеєнко С.Б. Напружено-деформований стан та стійкість конструкцій риштувань з елементами підвищеної гнучкості: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / С.Б. Агеєнко.-Харків, 2013.-24с.
11. Агеєнко С.Б. Исследование напряженно-деформированного состояния и устойчивости модульных лесов для шарнирной и уточненной расчетных схем// Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА, 2014.- №4(78).-с.135-138.

УДК 624.131:624.154

Самородов А.В., Табачников С.В.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЕСЧАНОГО ГРУНТА ПО БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ МОДЕЛЬНОЙ СВАИ В СОСТОЯНИИ ПОКОЯ

Как известно, силы сопротивления по боковой поверхности свай при определении их несущей способности зависят не только от физико-механических характери-

стик грунтов, а также от напряженного состояния околосвайного массива, которое формируется как от собственного веса грунта по глубине, так и от способа устрой-

ства свай (забивные, буронабивные, буринъекционные и др.) [1]. При этом существуют нормативные и рекомендательные документы по испытанию натуральных свай [2-5], в соответствии с которыми можно определить несущую способность по боковой поверхности, а также большое количество исследований, посвященных данной проблематике [6-9]. Однако, актуальным остается вопрос характера распределения сил сопротивления по длине свай.

Здесь можно отметить способ измерения нормального давления грунта на конструкции ограждений с помощью специальных датчиков, устраиваемые в предварительно подготовленные гнезда на внешней поверхности ограждения, контактирующей с грунтом [10]. Однако, расхождение деформативных характеристик датчика и сыпучего материала существенно искажает картину распределения нормального давления грунта на конструкции ограждений, а, следовательно, и сил сопротивления. В тоже время при применении тензосвай [11] возникают проблемы включения в работу самих датчиков при отсутствии нагрузки либо при её малых значениях.

В работе [9] определение сил сопротивления по боковой поверхности сваи в зависимости от глубины заложения проведено с применением методики циклически возрастающей нагрузки [12]. Полученные результаты показывают незатухающий характер сил сопротивления по длине сваи, связанный с влиянием вдавливающего усилия.

В настоящее время широко распространены геотехнический мониторинг, где с помощью современных датчиков, измерительной аппаратуры и программного обеспечения есть возможность выявлять по глубине силы сопротивления по боковой поверхности свай в составе фундамента, а также их развитие в процессе строительства объекта [13]. Результаты такого мониторинга показывают не только характер распределения и развития сил сопротивления по боковой поверхности свай в процессе строительства сооружений, но также влияние плиты ростверка и расположение свай в плане.

Однако, все вышеперечисленные способы относятся или к случаям работы свай при вдавливающих нагрузках, или к случаям определения несущей способности по боковой поверхности свай при выдергивающих нагрузках, что дает возможность делать только частные выводы при действии вертикальной нагрузки определенного направления.

Поэтому, целью настоящей работы является предложение способа определения сил сопротивления по боковой поверхности сваи за счет влияния только напряженного состояния околоосвайного грунтового массива без приложения вертикальной нагрузки (условно – «состояние покоя») и его реализация на модельной свае в лабораторных условиях.

Предлагается способ определения сил сопротивления по боковой поверхности модельной сваи, который основывается на запатентованном нами способе [14] и заключается в следующем:

- конструкция (тело) модельной сваи по высоте шарнирно разделяется на элементы (секции) высотой Δh ;
- производится засыпка песчаного грунта на необходимую высоту $H=n\Delta h$;
- с помощью специального поворотного механизма выполняется передача моментного усилия M вокруг оси z необходимой секции многосекционной сваи.

Определив значение приложенного моментного усилия M (без учёта сил трения между секциями модельной сваи), которое соответствует началу вращения секции вокруг оси z , определяется значение сил сопротивления в уровне i -го слоя, касательного с боковой поверхностью прокручиваемой секции, середина которой находится на глубине z_i .

$$T_{\text{пок},i} = (M_i - m) / D, \quad (1)$$

где $T_{\text{пок},i}$ - сила сопротивления песчаного грунта в состоянии покоя, кгс; M_i - моментное усилие, которое соответствует началу вращения секции вокруг оси z , конструкции модельной сваи, кгс·м; m - моментное усилие сил трения между секциями модельной сваи, кгс·м; D - внешний диаметр модельной сваи, м; i - порядковый номер слоя.

Моментная нагрузка фиксируется условными датчиками и может передаваться различными способами, в том числе и с помощью динамометрических рукоятей [4].

На основании предложенного способа проведены лабораторные исследования с помощью разработанной установки, общий вид которой представлен на рис. 1.

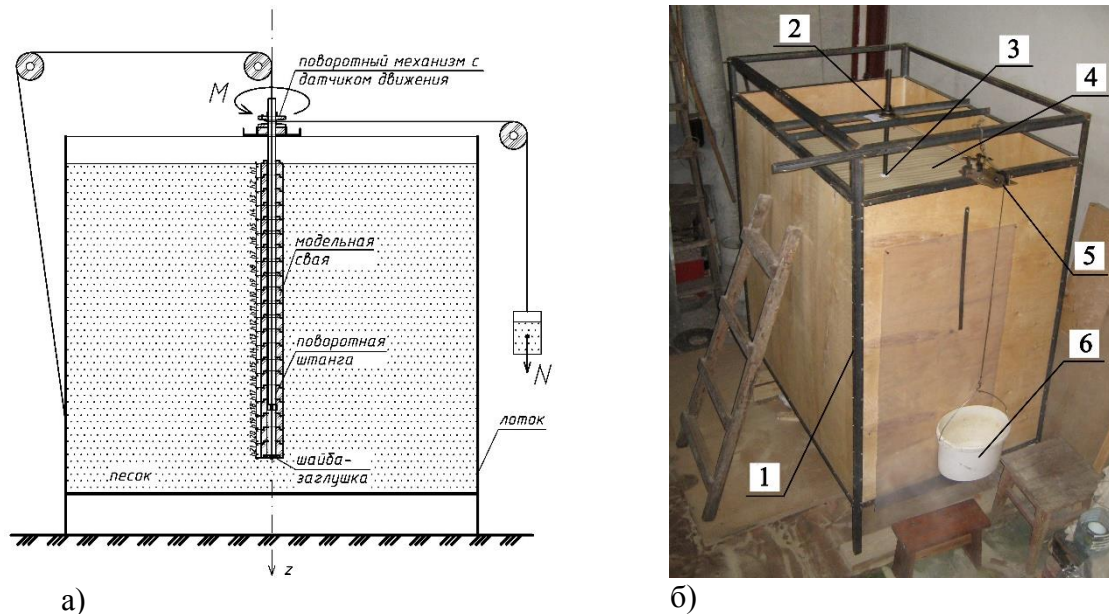


Рис. 1. Установка в процессе эксперимента:

а) схема работы установки; б) установка в процессе эксперимента:

1 – лоток; 2 - поворотный механизм; 3 – модельная свая; 4 – песок; 5 – ёмкость для нагружения и передачи моментного усилия через блок

Экспериментальные исследования сил сопротивления песчаного грунта по боковой поверхности сваи проводились в лабораторных условиях на многосекционной сборной модели сваи. Экспериментальный лоток высотой 1500мм и размерами в плане 1500×1000мм был выполнен из листов фанеры толщиной 12мм и каркаса из металлических уголков. В качестве многосекционной модели сваи использовались 21 одинаковая фторопластовая деталь (секция) Ø46мм и высотой 50мм.

Для получения достоверных результатов лабораторный эксперимент моделировался с использованием принципов подобия натуральных и модельных конструкций [15].

В качестве засыпки использовался мелкий, сухой, однородный кварцевый песок ($\gamma=1,5\text{тс/м}^3$, $\varphi=30^\circ$). Средний размер зерна от 0,20 до 0,25мм. Песок в лоток засыпался равномерно не большими порциями «дождём» до необходимой высоты засыпки.

После полной засыпки до начала первой серии экспериментальных испытаний установка выдерживалась в проектном положении минимум 30 минут. Для исключения влияния дополнительных напряжений в грунте от собственного веса модельной сваи она подвешивалась на проектную высоту от дна лотка. Секция №21 являлась опорной. Таким образом, модельная свая имела рабочую длину $L=20\cdot 50=1000\text{мм}$.

Всего было проведено 7 серий по 20 определений.

Далее руководствуясь [16] была проведена статистическая обработка полученных опытных данных. Таким образом, были получены значения сил сопротивления песка по боковой поверхности модельной сваи во всех 20 определениях (т.е. в уровне всех 20 условных слоёв высотой $\Delta h = 50\text{мм}$). Полученные данные сведены в табл. 1.

Таблица 1 - Результаты эксперимента по определению $T_{\text{пок}}$

№ секции (глубина z_i , м)	$M_i(\text{экс.})$, кгс·м	m , кгс·м	M_i , кгс·м	$T_{\text{пок},i}$, кгс
1 (0,025)	0,0065	0,0032	0,0033	0,071
2 (0,075)	0,0124	0,0068	0,0056	0,122
3 (0,125)	0,0128	0,0064	0,0064	0,140
4 (0,175)	0,0194	0,0088	0,0106	0,231
5 (0,225)	0,0227	0,0074	0,0153	0,332
6 (0,275)	0,0216	0,0054	0,0162	0,353
7 (0,325)	0,0312	0,0095	0,0217	0,472
8 (0,375)	0,0339	0,0121	0,0218	0,474
9 (0,425)	0,0361	0,0132	0,0229	0,499
10 (0,475)	0,0402	0,0131	0,0272	0,590
11 (0,525)	0,0415	0,0143	0,0272	0,591
12 (0,575)	0,0393	0,0111	0,0282	0,613
13 (0,625)	0,0416	0,0096	0,0320	0,696
14 (0,675)	0,0428	0,0086	0,0343	0,745
15 (0,725)	0,0530	0,0174	0,0356	0,775
16 (0,775)	0,0513	0,0138	0,0376	0,816
17 (0,825)	0,0439	0,0056	0,0383	0,832
18 (0,875)	0,0583	0,0206	0,0378	0,821
19 (0,925)	0,0577	0,0201	0,0376	0,817
20 (0,975)	0,0485	0,0100	0,0385	0,837

$M_i(\text{экс.})$ – экспериментальные значения моментных усилий (сдвигающих моментных усилий) полученных без учёта трения между секциями модельной сваи.

На рис. 2 графически изображено распределение сил сопротивления песка по боковой поверхности модельной сваи по глубине z в состоянии покоя.

На основании проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Предложен способ и разработана лабораторная установка для определения сил сопротивления песчаного грунта по боковой поверхности модельных свай в зависимости от глубины.

2. Получена зависимость распределения сил сопротивления по боковой поверхности модельной сваи в состоянии покоя, которая подтверждает нормативный [1] затухающий характер.

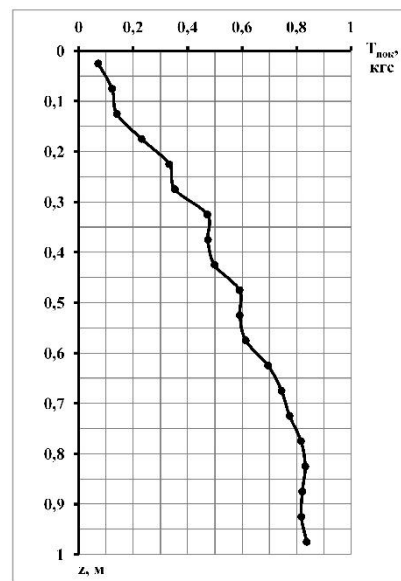


Рис. 2. График распределение сил сопротивления песка по боковой поверхности модельной сваи по глубине в состоянии покоя

3. Распределение сил сопротивления песчаного грунта по длине свай в состоянии покоя, полученные с помощью предложенного способа, позволяют проводить дальнейшие исследования влияния вдавливающих и выдергивающих вертикальных нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ДБН В.2.1-10-2009 Зміна №1. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. - Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 55 с.
2. ДСТУ Б В.2.1-1-95. Грунти. Методи польових випробувань палями. Київ: Укрархбудінформ, 1997. – 58 с.
3. ДСТУ Б В.2.1-27:2010. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 11 с.
4. Лупан Ю.Т. Испытание грунтов пенитрацией и комбинированным зондированием / Ю.Т. Лупан, П.Л. Клемяционок. – Киев: УМК ВО, 1988. – 180 с.
5. Полищук В.А. Проектирование и применение свай / В.А. Полищук, И.П. Шаповал. – Киев: «Будівельник», 1967. – 140 с.
6. Морозов В.Н. Экспериментальное определение величины бокового давления грунта на сваю / В.Н. Морозов // Научные труды ЛИСИ. - № 22. – Л.: ЛИСИ. - 1959. – С. 147 –153.
7. Самородов А.В. Полевые исследования несущей способности буроинъекционных свай при действии выдергивающих и вдавливающих нагрузок / Самородов А.В., Табачников С.В. // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – Вип. 4(34). – С. 239 – 245.
8. Бойко І.П. Методи випробування ґрунтів за допомогою буроін'єкційної палі великого діаметру / І.П. Бойко, Ю.Ф. Карпенко, С.М. Новофастовський, В.С. Подпрятков // Основи і фундаменти. – К.: КНУБА, 2004. – Вип. 27. – С. 11 – 16.
9. Новский А.В. Сопротивление по боковой поверхности свай в условиях водонасыщенных грунтов одесского региона / А.В. Новский, Ю.Ф. Тугаенко, Л.А. Василевская, В.А. Новский // Будівельні конструкції: Межвідомчий наук.-техн. збірник наукових праць (будівництво) – Вип. 71: В 2-х кн.: Книга 1. – К.: НДБК, 2008. – С. 416 – 420.
10. Обследование и испытание сооружений: Учеб. для вузов/О.В. Лужин, А.Б. Злочевский, И.А. Горбунов, В.А. Волохов; Под ред. О.В. Лужина. – М.: Стройиздат, 1987. – 263с.
11. Григорян А.А. Экспериментальное исследование распределения напряжений в буронабивных сваях значительных размеров / А.А. Григорян, И.И. Хабибулин // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1980. – №3. – С. 11 – 13.
12. Тугаенко Ю.Ф. Дифференциальный подход к оценке повышения сил трения по боковой поверхности свай во времени / Ю.Ф. Тугаенко, А.В. Новский, А.П. Ткалич, Л.А. Василевская // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – Вип. 19. – С. 114 – 120.
13. Кантценбах Р. Основные принципы проектирования и мониторинга высотных зданий Франкфурта-на Майне. Случаи из практики / Р. Кантценбах, А. Шмитт., Х. Рамм // Реконструкция городов и геотехническое строительство. – 2005. – №9. – С. 80 – 99.
14. Пат. 96859 Україна, МПК (2011.01) G01L/7/00, E02D 1/00. Спосіб визначення нормального тиску сипучих матеріалів на конструкції огорож. / Заявник О.В. Самородов, І.Я. Лучковський, А.В. Убийвовк, С.В. Табачников, патентоволодар Харківський національний університет будівництва та архітектури. – №96859; заяв. 20.05.2010; опубл. 12.12.2011, Бюл. №23 – 4с.
15. Седов Л.Н. Методы подобия и размерности в механике. М: Наука,1981. – 448 с.
16. ДСТУ Б В.2.1-5-96. Грунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 11 с.