

ИССЛЕДОВАНИЯ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ В ОБВОДНЕННЫХ ЛЕССОВЫХ ГРУНТАХ

Приведены результаты экспериментальных исследований повышения несущей способности свай в водонасыщенных лессовых грунтах при медленном нагружении.

Ключевые слова: сваи, водонасыщенные лессы, повышение несущей способности, осадка.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛЕВИХ ФУНДАМЕНТІВ В ОБВОДНЕНИХ ЛЕСОВИХ ГРУНТАХ

Наведено результати експериментальних досліджень підвищення несучої здатності палей у водонасичених лесових грунтах при повільному навантаженні.

Ключові слова: палі, водонасичені леси, підвищення несучої здатності, осідання.

INVESTIGATION OF THE PILE FOUNDATION IN THE WATERED LOESS SOILS

The theoretical investigation results of increasing of the pile bearing capacity in the loess soils in the process of slowly loading/

Keywords: piles, watered loess soils, increasing of bearing capacity, settlement.

Введение. В практике строительства последних лет можно отметить общую тенденцию роста капитальных вложений в высотное строительство. В сложных геологических условиях при устройстве оснований возникает ряд научных и практических вопросов в части максимального использования несущей способности свай всякого типа в процессе их длительного нагружения статической нагрузкой в водонасыщенных лессовых грунтах. Реализация практических проектов ставит новые инженерные проблемы, решение которых может быть обосновано специальными исследованиями и наблюдениями, совершенствованием нормативных документов, внедрением новых расчетных подходов в проектную практику.

Обзор последних источников исследований и публикаций. В части проектирования свайных фундаментов на лессовых грунтах существуют проблемы, связанные с надежностью принимаемых технических решений, со стоимостью выполнения работ, обеспечением последующей нормальной эксплуатации объектов, которые требуют практического решения. Выполненные исследования свай в обводненных лессовых грунтах показывают значительное увеличение несущей способности во времени в результате проявления эффекта засасывания, образования новой структуры

грунтов, уплотненных при погружении свай [1, 2, 3], что может быть учтено при проектировании свайных оснований.

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы. На данный момент вопрос работы свайных фундаментов в водонасыщенных лессовых грунтах при их медленном нагружении изучен недостаточно.

Цель настоящих исследований состоит в том, чтобы на основании исследования работы свайных фундаментов в водонасыщенных лессовых грунтах при их медленном нагружении установить закономерности повышения несущей способности висячих свай для использования полученных экспериментальных результатов при проектировании объектов с учетом строения оснований, технологии строительства с максимальным использованием несущей способности свай.

Основной материал и результаты. Действующими нормами не допускается расположение острия висячих свай в пластичных грунтах с показателем текучести более 0,60 д.ед. Однако полевые испытания показывают высокую несущую способность свай после погружения и стандартного отдыха. Опыт строительства ряда зданий и сооружений с использованием свайных оснований, экономически целесообразных в условиях г. Днепропетровска, подтвердил возможность применения висячих свай в водонасыщенных лессовых грунтах и их эксплуатационную надежность, однако фактически реализованные проектные и строительные решения входят в противоречие с действующей нормативной базой. Организация геотехнического мониторинга в процессе строительства и эксплуатации при низкой стоимости данного вида работ может дать объективные результаты для корректировки норм и устранения несоответствия.

Примером эффективного применения свай в лессовых водонасыщенных грунтах с показателем текучести 0,65 – 0,75 д.ед. является застройка в г. Днепропетровске. Объект обследования представляет собой три секции девятиэтажных прямоугольной формы в плане зданий с размерами 48x17,5 м. После возведения девяти проектных этажей дополнительно достраивались десятые. Строительство зданий осуществлялось в 2006 – 2007 гг., наблюдения за их осадками и состоянием производились до 2013 г. Сооружение имеет продольно-поперечную конструктивную схему. Несущие стены представляют собой армированную кладку из силикатного кирпича со сборно-монолитными железобетонными поясами и сборными железобетонными дисками перекрытий.

Согласно действующим при проектировании нормам [6, 9], предельные совместные деформации основания и надземных конструкций ограничивались значениями: средняя осадка $S_u \leq 15$ см, относительная разность осадок $(\Delta S_u / h_u) \leq 0,0024$, действующими нормами [7] средняя осадка увеличена до $S_u \leq 18$ см. При горизонтальном положении несущего

слоя свай допускается увеличение максимальных осадков на 20% при их абсолютном значении до 18 и 21,6 см соответственно.

Геоморфологически площадка размещения здания относится к типу лессовых равнин, расчлененных овражно-балочной сетью и приурочена к склону водораздельного плато. Рельеф площадки имеет уклон в сторону природной балки. К неблагоприятным физико-геологическим процессам относится сложение разреза мощной толщей лессовых пород и постоянное повышение уровня подземных вод на застроенной территории.

Разрез площадки до изученной глубины 30 м представлен насыпными и почвенно-растительными грунтами мощностью до 2,3 м, суглинками лессовыми твердыми, высокопористыми, просадочными мощностью 1,0 м, супесями лессовыми твердыми и пластичными мощностью 11,5 м, суглинками лессовыми мягкопластичными мощностью 1,7 м, супесями лессовыми пластичными со вскрытой мощностью 14,5 м. Условия относятся к первому типу по просадочности с величиной просадки от собственного веса до 0,50 см. Уровень подземных вод безнапорного водоносного горизонта находится на глубине 3,20 – 3,60 м от поверхности.

Проектным решением фундаменты здания приняты на забивных составных железобетонных сваях квадратного сечения 35x35 см, нижние концы которых погружены в обводненные лессовые пластичные супеси с показателем текучести 0,72 д.ед.

Принципиальным является вопрос использования в качестве несущего слоя супесей пластичной консистенции с указанным показателем текучести. Согласно нормативным документам [8], п.п. 8.4; [6], пр. 3 п.17 сваи должны погружаться в грунты с показателем текучести $I_L < 0,60$, и в данном случае этажность здания и нагрузки от него не имеют принципиального значения. Это требование относится к любым свайным основаниям для условий их применения в грунтовых условиях первого типа по просадочности.

На стадии изысканий в пределах пятна здания выполнены две опытные забивные сваи И-1 и И-2 под секцию 2 с абсолютной отметкой острия 127,90 – 128,90 м при глубине погружения относительно природного рельефа 21,50 м. По результатам испытаний после отдыха в течение 20 суток нормативное предельное сопротивление свай составило 800 кН при расчетной допускаемой нагрузке на сваю 667 кН по критериям осадки до 30 мм. Лидерная скважина выполнялась до отметки уровня подземных вод, несущая способность грунта по боковой поверхности в слоях выше УПВ не учитывалась. Для опытной забивной сваи И-3 под секцию №1 нормативное предельное сопротивление составило 900 кН при расчетной допускаемой нагрузке 750 кН. Погружение сваи выполнено до отметки 129,90 м.

Рабочие сваи под секции погружались до абсолютных отметок 127,90 – 128,90 м на глубину, принятую при испытаниях опытных свай.

Основываясь на детальном анализе геологических условий площадки, длины фактически выполненных свай и результатов испытаний осевой вдавливающей нагрузкой опытных свай И-1, И-2, И-3, можно отметить:

– при полевых исследованиях выполнены требования норм [8, п.п. 5.2] в части необходимого испытания не менее 2-х свай для здания. Окончательно расчетная нагрузка, допускаемая на сваю, принята 65,0 тс по минимальным значениям несущей способности для площадки секции №2. На секции №1 расчетная нагрузка, допускаемая на сваю, составляла 75,0 тс;

– испытания свай проведены ступенями по 100 кН, что на 10 – 20% превышает величину ступени, согласно требований ДСТУ Б.В.2.1-1-95 (ГОСТ 5686-94) и примечанию норм [8, 2 п.п. 5.5], ограничивающим степень нагружения 1/10-1/15 от нормативного предельного сопротивления сваи (800 кН). При более высоких ступенях нагрузки условно-стабилизированная осадка на каждой ступени может быть выше, однако данную величину без результатов испытаний установить расчетом не возможно.

Согласно нормативному документу [8, п.п. 5.5] за частное значение предельного сопротивления следует принимать нагрузку при осадке $S=0,20 \times 15=3,0$ см. При таком подходе значение $F_{d,u}=850/1,2=708$ кН (сваи И-1, И-2). Если принять возможность увеличения осадок до $S=0,20 \times 18=3,6$ см, допускаемая нагрузка может быть принята $F_{d,u}=900/1,2=750$ кН.

Оценка несущей способности свай в обводненных лессовых грунтах на основании рекомендаций [3] показывает, что при применении свай длиной 20 м и более и сроке «отдыха» более 100 суток (при медленном нагружении в процессе строительства в течение года) определение нормативного значения предельного сопротивления сваи с учетом результатов полевых испытаний может быть выполнено с применением коэффициента упрочнения лессового обводненного основания $K_y=1,30$. Расчетная минимальная допускаемая нагрузка на сваю при таком подходе составит $F_{d,u}=666,7 \times 1,30=866$ кН. Более высокие значения коэффициентов повышения несущей способности призматических свай до 1,42 д.ед. получены исследованиями [1, 2] для Одесского региона.

По экспертному расчету при надстройке десятого этажа увеличение нагрузок составляло до 9% при максимальных значениях нагрузки на сваи до 717 кН и было принято как допускаемое при обязательном геодезическом контроле здания.

Наблюдения за осадками и деформациями зданий проведены в соответствии с требованиями [4, 5] методом высокоточного геометрического нивелирования. При обработке и анализе результатов геодезических наблюдений использовались статистические методы и специальное программное обеспечение. Выбор указанного метода обусловлен возможностью получения величин абсолютных осадок фундаментов с достаточно высокой точностью при скоростях от 0,22 до 0,50 мм/год.

Геодезическими наблюдениями при надстройке и увеличении нагрузок зафиксированы осадки в диапазоне 5–7 мм, что находится ниже их допускаемых значений. Данные величины отразили собственно приращения за счет увеличения нагрузки и часть общей стабилизирующейся осадки дома. С 2007 по 2013 год общие абсолютные осадки составили до 30 мм, причем с 2012 по 2013 год их скорость не превысила 1,0 мм/год. Положение секций здания являлось стабильным на протяжении 8 лет наблюдений.

Выводы:

1. При проектировании основанием острия висячих свай могут быть приняты водонасыщенные лессовые супеси с показателем текучести до 0,75 д.ед. при условии практически горизонтального положения несущего слоя и определения допускаемой нагрузки полевыми испытаниями.

2. При медленном нагружении свай в процессе строительства допускаемая расчетная нагрузка может быть повышена на 10%.

3. Необходимо продолжить исследования по определению повышения несущей способности свай во времени для соответствующего обоснования и разработки нормативных подходов по оценке возможности увеличения нагрузок при реконструкции и модернизации зданий со свайными основаниями на водонасыщенных лессовых грунтах.

4. Одним из основных методов оценки надежности свайных фундаментов является геодезический мониторинг при строительстве и эксплуатации зданий.

Литература

1. 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: міжвід. наук.-техн. зб. наукових праць (будівництво). Вип. 71: книга 1. – К.: НДІБК, 2008. – С. 416 – 420.

2. Логинова, Л.А. Влияние времени на повышение несущей способности свай в водонасыщенных лессовых отложениях Одесского региона/ Л.А. Логинова, А.В. Новский// Галузеве машинобудування, будівництво: Зб. наук. праць. – Полтава, 2011. – Вип. 23. – С.123 – 132.

3. Методические рекомендации по проведению полевых испытаний и оценке несущей способности забивных свай в обводненных лессовых грунтах. – К.: НИИСП, 1985. – 9 с.

4. ГОСТ 24846-81 Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений. – 25 с.

5. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1975. – 15 с.

6. ДБН В.1.1-5-2000 Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах. Ч.2. – К., 2000. – 35 с.

7. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Зміна №1. – К., 2011– 35 с.

8. СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты. – М., 1986. – 26 с.

9. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. – М., 1983. – 26 с.

Надійшла до редакції 20.09.2013

© С.І. Головка