

Р.И. Шенкман, А.Б. Пономарев

Пермский национальный исследовательский политехнический
университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ СВАЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СЛАБЫХ ГРУНТОВ

Рассматриваются вопросы улучшения свойств слабых грунтов. Особое внимание уделяется улучшению грунтового основания с помощью геосинтетических материалов.

Ключевые слова: слабые грунты, улучшение, геосинтетика.

Улучшение грунтов является наиболее актуальной проблемой современной геотехники, поскольку развивающаяся экономика вынуждает осваивать новые территории, которые зачастую неблагоприятны в этом отношении. Слабые грунты можно встретить почти в любом регионе нашей страны, наибольшее распространение они получили на территории Западной Сибири и Урала. Здесь расположено огромное количество болот и заторфованных территорий [1], [2].

Согласно наиболее распространенной классификации Б.И. Долматова, методы улучшения основания (преобразование строительных свойств грунтов основания по [1]) делятся на:

1. Конструктивные

- песчаные, грунтовые подушки;
- каменные и другие отсыпки.

2. Механическое уплотнение

– поверхностное уплотнение: поверхностные трамбовки, катки, вибротрамбовки, виброплиты.

– глубинное уплотнение:

- а) гидровиброуплотнение;
- б) метод уплотнения песчаными и грунтовыми сваями;
- в) метод уплотнения приложением нагрузки;
- г) метод уплотнения понижением уровня грунтовых вод;
- д) метод уплотнения взрывами;
- е) метод уплотнения замачиванием.

3. Закрепление

– цементация оснований, силикатизация, электрохимическое закрепление, термическая обработка грунта, битуминизация и глинизация.

Улучшение грунтового основания механическим уплотнением является наиболее выгодным и перспективным способом. Особенно актуально оно в регионах, подобных Пермскому краю, поскольку методы закрепления являются малоэффективными в глинистых грунтах, преобладающих на его территории. В качестве основного способа усиления подобных грунтов применяются различные методы уплотнения.

Одной из наиболее интересных конструкций улучшения слабых оснований являются грунтовые сваи. В большинстве случаев данный тип улучшения применяется для дальнейшего возведения насыпей на слабых грунтах. При использовании этого метода увеличивается несущая способность улучшенного основания, снижаются осадки, ускорятся процесс консолидации грунта за счет возрастания фильтрационных процессов грунтовой воды (поскольку сваи выполняют роль вертикальных дренажей). Сваи могут быть опертыми, достигающими до подстилающих слабую толщу прочных пород, иисячими, не достигающими подстилающих слоев. Иисячие сваи устраивают при большой мощности слабого слоя, когда устройство опертых свай оказывается технически сложным.

Усиление грунтовыми сваями является одним из наиболее простых с технологической точки зрения способов и позволяет обеспечить значительную экономию материалов по сравнению с полной выемкой слабых грунтов и заменой их на более прочные.

Современным решением в производстве данных сооружений является применение геосинтетиков, что позволяет избежать некоторых минусов данного типа улучшения грунта:

- нестабильность геометрических размеров грунтовых свай как в процессе устройства, так и в процессе эксплуатации;
- калымотация мелкими частицами грунта и, соответственно, нарушение фильтрационных функций дренажного материала.

Основным способом устройства данного вида свай является погружение любым методом в грунт обсадной трубы (с установленной оболочкой из геосинтетика). На нижнем конце труба имеет четырехлопастный раскрывающийся наконечник с кольцом или съемный башмак. В процессе погружения грунт вокруг свай уплотняется и раздвигается. При извлечении обсадной трубы из грун-

та кольцо спадает, наконечник раскрывается и песок или инертный материал заполняет скважину. Грунт в скважине уплотняют вибрированием обсадной трубы одновременно с ее извлечением или используют трамбовки, работающие от агрегата для погружения обсадной трубы.

Сочетание оболочек из геосинтетических материалов и свай (колонн) из жестких инертных материалов позволяет использовать данный тип свай для производства фундаментов, поскольку они способны воспринимать не только сжимающие нагрузки (относительно большие), но и изгибающие моменты (благодаря ограничению поперечных деформаций геосинтетиком), являются своеобразными гибкими опорами.

Существует ряд методик, по которым можно рассчитать подобные конструкции:

2) *Классическая методика расчета несущей способности по действующим СНиПам.*

Расчет конструкции может быть произведен по различным формулам СНиПов в зависимости от того, какую гипотезу мы примем за основу. При этом главная проблема выбора гипотезы заключается в работе сваи на границе с окружающим массивом грунта.

Гипотеза 1: при изготовлении буровых свай происходит нарушение природной структуры грунта; дополнительное уплотнение грунта (характерное для свай, погружаемых в грунт в готовом виде) отсутствует. Эти предпосылки положены в основу методики расчета буровых свай по СНиП 2.02.03–85 [3].

Гипотеза 2: при изготовлении буровых свай не происходит нарушения природной структуры; грунт обжимает сваю за счет процессов дренирования грунтовой воды в тело сваи. Такие базовые предпосылки лежат в основе определения несущей способности забивных свай по СНиП 2.02.03–85 [3].

Также данный вид конструкций может быть рассчитан в соответствии с этими двумя гипотезами как глубокая опора по СНиП 2.02.01–83 [1].

Единственным необходимым условием успешного применения данных гипотез является уточнение всех расчетных коэффициентов, поскольку они определены для бетонных или буровых свай, а также определение напряженно-деформированного состояния сваи и окру-

жающего ее грунта (поскольку они претерпевают значительные деформации) для выбора наиболее точной модели поведения конструкций.

2) *Методика расчета насыпей на слабых основаниях, представленная в «Пособии по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах».*

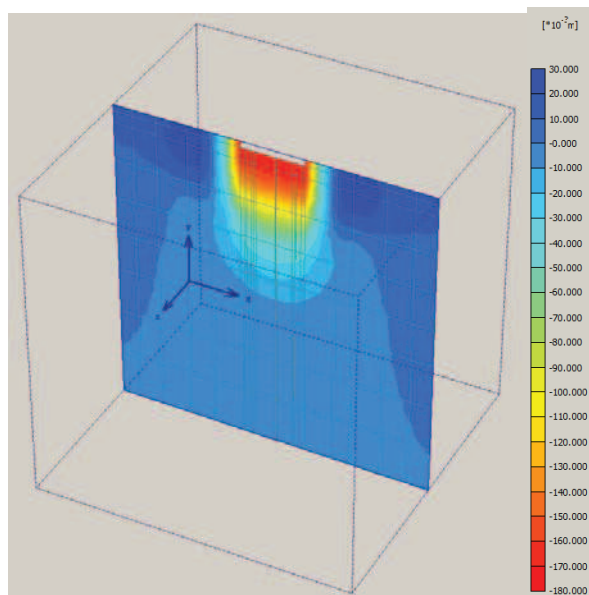
Расчет основан на подборе такого диаметра свай и их шага, при которых будут наиболее благоприятно распределяться напряжения между сваями и грунтом межсвайного пространства при допустимых значениях осадок. Недостаток данной методики заключается в том, что в ее основе лежит расчет насыпей и учитывается возникновение так называемых «арок» в массиве грунта вышележащей насыпи.

Наиболее современным методом решения сложных задач строительства является применение различных расчетных комплексов, основанных на методе конечных элементов. Компьютерное моделирование может значительно упростить процесс внедрения и проектирования грунтовых свай, поскольку позволяет прогнозировать напряженно-деформированное состояние грунто-свайного массива. В области геологического моделирования ведущим программным комплексом считается Plaxis, поскольку данная программа, в отличие от многих, изначально направлена для решения геологических задач. В ней реализованы многочисленные модели грунта: Мора – Кулона, линейная упругая модель, модель упрочняющегося грунта, модель слабого грунта и др.

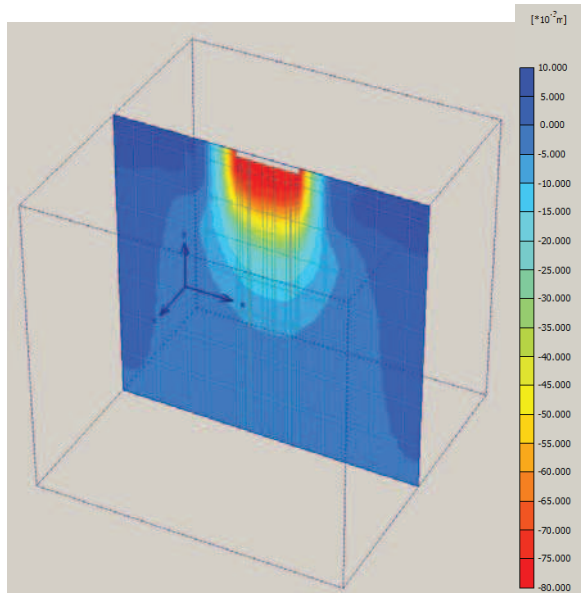
При помощи данного программного комплекса была решена тестовая задача, которая демонстрирует эффективность применения грунтовых свай, армированных геосинтетиком.

Для примера, в качестве расчетного фундамента принята плита толщиной 400 мм, размерами в плане 2×2 м, из тяжелого бетона. Нагрузка на плиту – равномерно распределенная 100 кПа. В качестве усиления основания были выбраны сваи из щебня диаметром 500 мм, обернутые двухосной георешеткой прочностью 30 кН/м. В качестве грунта основания принята слабая водонасыщенная глина, текучепластичная, со следующими основными характеристиками: $\rho = 19 \text{ кН/м}^3$, $\varphi = 8^\circ$, $E = 4 \text{ МПа}$, $c = 0,01 \text{ МПа}$.

Результаты численного моделирования представлены на рисунке.



a



б

Рис. Карта осадок основания: *a* – неусиленного;
б – усиленного внедрением четырех грунтовых свай

По результатам численного моделирования осадки фундамента снизились со 180 до 80 мм, что свидетельствует о высокой эффективности применения данного вида конструкций для улучшения слабых грунтов.

Список литературы

1. СНиП 2.02.01–83*. Основания зданий и сооружений. – М., 2000.
2. Долматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – Л.: Стройиздат, 1988.
3. СНиП 2.02.03–85. Свайные фундаменты. – М., 2003.

Получено 15.09.2011