

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

АО «Институт Гидропроект», д.т.н.

Беллендир Е.Н.

20 23 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

АО «Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт «Гидропроект» имени С. Я. Жука» на диссертационную работу Власова Даниила Александровича на тему: «Обоснование метода расчета несущей способности буронабивных свай в скальных грунтах с учетом их взаимодействия с породным массивом», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2 – Основания и фундаменты, подземные сооружения

Актуальность темы исследования

Существует несколько подходов к определению несущей способности буровых свай в скальных грунтах. В соответствии с нормативной базой Российской Федерации, до недавнего времени все сваи, взаимодействующие со скальным основанием, проектировались исключительно как сваи-стойки с передачей всей нагрузки на нижний торец свай. Как показали испытания свай, часть нагрузки передаётся на их боковую поверхность, в том числе, в зоне контакта сваи со скальным грунтом. Учёт сопротивления по боковой поверхности может значительно увеличить несущую способность свай, что позволяет получить экономию за счёт уменьшения её поперечного сечения либо сокращения количества свай.

Тем не менее, в настоящее время в связи с отсутствием точных аналитических решений о взаимодействии сваи со скальным грунтом,

выполнение расчётов с учётом сопротивления по боковой поверхности свай возможно только с использованием численных методов.

Для разработки достоверной расчётной методики взаимодействия свай со скальным грунтом, необходимо правильно определять механические характеристики скального массива. Сложность состоит в том, что для скальных массивов эти характеристики, как правило, являются нелинейными и во многом зависят от масштабного фактора, то есть, от размеров зоны скального массива, вовлекаемого в работу, и наличием различных структурных нарушений внутри массива. Таким образом, очевидна необходимость в проведении соответствующих исследований для определения механических характеристик, как самого скального массива, так и структурных элементов (скальных отдельностей, трещин и т.п.), определяющих нелинейный характер его деформирования.

Структура и содержание работы

На отзыв представлена диссертационная работа Власова Даниила Александровича, состоящая из введения, 4 основных разделов, заключения и приложения. Работа изложена на 123 страницах машинописи и содержит 106 рисунков, 6 таблиц, 110 наименований литературы.

Работа выполнена в НИУ МГСУ на кафедре Механики грунтов и геотехники под руководством доктора технических наук, профессора Зерцалова Михаила Григорьевича.

Во введении отражена актуальность диссертационной работы, объект и предмет исследования; описывается степень разработанности темы исследования; формулируются цель и задачи исследования; научная новизна, теоретическая и практические значимости работы; приводятся сведения по методологии и методам исследования; обозначаются положения, выносимые на защиту; а также даются сведения о степени достоверности результатов и их апробации.

В первой главе собраны общие сведения об основных положениях проектирования буронабивных свай в скальных грунтах. Автором выполнен анализ действующих нормативных положений, как отечественных, так и зарубежных, по методологии расчётов несущей способности буронабивных свай. По результатам анализа отмечены преимущества и недостатки существующих подходов. Автор приходит к выводу, что, несмотря на широкое применение буронабивных свай, точных аналитических решений при проведении расчётов свай с учётом частичной передачи нагрузки на боковую поверхность скальных грунтов, не существует.

В первой главе также приводится обзор научно-технической литературы, посвящённой вопросам существующих методов определения деформационных характеристик трещиноватых скальных массивов. На основании изучения источников, автором обосновывается выбор метода параметрического асимптотического усреднения для определения эффективных деформационных характеристик трещиноватых скальных пород, а также отмечаются возможные пути дальнейших исследований.

Вторая глава посвящена определению эффективных (интегральных) характеристик трещиноватых скальных массивов с разработкой методов определения расчётных показателей. Вывод аналитических зависимостей основан на применении параметрического метода асимптотического усреднения. В частности, автором получены аналитические зависимости для определения необходимого набора эффективных деформационных характеристик скального массива, ослабленного, как плоскопараллельной, так и взаимно ортогональной системами трещин. Проведённые расчёты и их анализ позволяют сделать вывод о применимости полученных аналитических зависимостей для определения деформационных характеристик, указанных выше, скальных массивов.

В третьей главе выведено точное аналитическое решение задачи о взаимодействии одиночной сваи со скальным грунтом. Модельная задача представляет собой полуплоскость с одномерным полубесконечным ребром

жёсткости, к которому в его вершине приложена сосредоточенная сила. Основная идея решения указанной задачи заключается в применении преобразования Фурье к бигармоническому уравнению, что позволяет уйти от необходимости решения системы дифференциальных уравнений.

Окончательные решения просты и удобны для использования в инженерной практике, в частности, для оперативного анализа вариантов свай и свайных полей в зависимости от входящих в модель параметров на этапе вариантного проектирования.

В заключении главы приводится численное решение, выполненное на основе метода конечных элементов в программном комплексе «Zsoil» в условиях пространственной задачи в упругой постановке. В приведённом решении расчётная область представляет собой прямоугольный параллелепипед, в центре которого моделируется свая. Сравнение результатов между аналитическим и числовым методами расчёта показывает их хорошую сходимость.

В четвертой главе приведено точное аналитическое решение, полученное на основе решения краевой задачи теории упругости для полуплоскости с периодическим набором одномерных рёбер жёсткости. Аналитическое решение базируется на теории разложений по собственным функциям Папковича – Фадля в прямоугольных областях. Решение задачи представляется в виде рядов по собственным функциям Папковича – Фадля, коэффициенты которых определяются точно, с помощью функций, биортогональных к собственным, а сами ряды равносходятся с тригонометрическими.

Это решение строится с позиции остаточных напряжений, суть которых заключается в следующем. Сначала ребра жёсткости некоторым образом сжимаются, а затем к ним справа и слева непрерывно присоединяются пластины. Стремление рёбер жёсткости вернуться к первоначальному состоянию приводит к деформации пластин. В действительности постоянных напряжений, приложенных к прямолинейной границе полуплоскости, нет.

Чтобы избавиться от них, к плоскости с остаточными напряжениями прилагаются на бесконечной поверхности постоянные сжимающие напряжения, равные по величине исходным.

Решение указанной задачи позволило впервые получить аналитическое решение для определения касательных напряжений по боковой поверхности сваи, не имеющих нерегулярность решения в месте выхода ребра на границу полуплоскости. Применение полученного решения может помочь избежать грубых ошибок при использовании численных методов, в которых эта особенность сохраняется.

Полученные автором аналитические решения для определения нормальных вертикальных напряжений и перемещений в свае показывают весьма приемлемое согласование с численными методами расчётов.

В заключении сформулированы основные выводы, намечены пути дальнейшего развития темы исследования.

В приложении приводятся исходные данные, методики и результаты проведённых автором численных решений.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Информативную базу для написания работы составили научные труды, справочные и нормативные издания по теме исследования.

Обоснованность и достоверность работы основана на соответствующей точности выбора и использования необходимого математического аппарата. Автором также было проведено сравнение результатов, полученных для ряда задач, как на основе предлагаемых аналитических решений, так и путём численного моделирования. В свою очередь, эти результаты сопоставлялись с опубликованными в печати результатами исследований, выполненных методом фотоупругости. Сравнение результатов, полученных тремя указанными выше способами, показало их сходимость, обеспечивающую инженерную точность аналитических расчётов.

Научная новизна

В результате выполненных соискателем исследований решены две задачи:

- предложена нелинейная деформационная модель, используемая для определения упругих характеристик трещиноватых скальных массивов с учётом их дилатансии;

- получены точные аналитические решения задачи о взаимодействии свай со скальными грунтами, позволяющие определить, как несущую способность свай, так и их осадки.

Научная и практическая ценность диссертации

Предложена методика определения деформационных характеристик скальных массивов, учитывающая влияние масштабного фактора.

Получены аналитические решения, которые позволяют определить напряженно-деформированное состояние скального массива и взаимодействующей с ним свай. Показано, что полученные решения могут быть рекомендованы для использования в инженерных расчётах на этапе предварительного проектирования буронабивных свай, взаимодействующих со скальными грунтами.

Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки

Рассматриваемые в диссертационном исследовании задачи теории упругости относятся к числу важнейших и до настоящего времени нерешённых проблем механики деформированного твёрдого тела. Они могут служить основой для разработки инженерных методов расчёта свайных фундаментов в скальных грунтах, которые не имеют в настоящее время строгого математического обоснования.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты исследования определения эффективных деформационных характеристик скальных массивов могут быть использованы научными, проектными и строительными организациями при строительстве зданий и сооружений, взаимодействующих со скальными основаниями. Применение полученных автором точных решений для ряда задач по взаимодействию свай со скальным грунтом, позволяет оптимизировать работы по проектированию и устройству буронабивных свай в скальных грунтах на предварительных стадиях проектирования.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат соответствует содержанию и основным положениям диссертации. Опубликованные автором работы по теме диссертации также достаточно полно отражают основное её содержание.

Замечания

К содержанию работы могут быть сделаны следующие замечания:

1. Автор отмечает, что оценка механических свойств скальных массивов на основе описания трещиноватости (непрямых методов) во ряде случаев может дать лучшие результаты, чем результаты натуральных измерений, что не вызывает сомнений. Однако, как правило, системы трещин скальных пород не сводятся только к ортогональным и плоскопараллельным, которые принимались автором в качестве критериальных для сопоставительных расчётов. Поэтому следовало бы сделать оговорку о применимости аналитических зависимостей, полученных автором.

2. В качестве исследованных случаев автор приводит сопряжение свай с бесконечным массивом скального грунта с постоянными характеристиками. В

большинстве случаев сваи или свайные поля сопрягаются по длине свай с различными видами грунтов. Нередко сваи проходят как в мягких, так и в скальных породах различного генезиса, различной выветрелости и различных механических характеристик. На наш взгляд, необходимо дать рекомендации по применимости предложенных автором зависимостей в этих случаях.

3. Как правило, по ряду причин модуль деформации грунтов по глубине не является величиной постоянной. Вероятно, это обстоятельство также необходимо отметить в качестве ограничений аналитических решений, приведённых в диссертации.

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования Власова Даниила Александровича.

Заключение

Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод, что диссертация Власова Даниила Александровича на тему «Обоснование метода расчета несущей способности буронабивных свай в скальных грунтах с учетом их взаимодействия с породным массивом» является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, научной и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития соответствующей отрасли наук. Диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор Власов Даниил Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2 – Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании отдела Экспертизы проектной документации и системы менеджмента качества АО «Институт Гидропроект» «_25_» __августа__ 2023__ года. Протокол заседания №1-ДС от «_25_» _августа__ 2023__ г.

Начальник отдела ОЭПДиСМК
АО «Институт Гидропроект»,
к.т.н.

 27.8.23
Александров Андрей Викторович

Адрес: Волоколамское шоссе, д.2, Москва,
Российская Федерация, 125993
E-mail: hydro@hydroproject.ru
Тел.: +7 (495) 727-36-05