

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, доцента Конюхова Дмитрия Сергеевича 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

Исследования, представленные в диссертационной работе Д.А. Власова, представляют научный интерес и практическое значение, поскольку в последние десятилетия буронабивные сваи начали широко использовать как фундаменты глубокого заложения для зданий и сооружений, передающих большие нагрузки на скальные основания. Так как для указанных свай характерны большие диаметры, они имеют высокое сопротивление грунта, как по боковой поверхности, так и под нижним концом сваи. Вместе с тем, при проектировании и расчёте свай, взаимодействующих со скальным массивом, возникают две, нерешённые до настоящего времени, проблемы. Первая проблема заключается в том, что, из-за сложного строения скальных массивов (в основном, трещиноватости), возникает масштабный фактор, препятствующий определению механических характеристик, как расчётным, так и экспериментальным путём. Та же причина препятствует и разработке адекватных методов расчёта напряженно-деформированного состояния системы «свая – скальный массив», что не позволяет надёжно определять осадку и несущую способность свай. Вследствие этого, в современной инженерной практике используются эмпирические зависимости, связывающие несущую способность сваи по боковой поверхности и под нижним концом лишь с прочностью ненарушенного скального грунта (скальной отдельности). Подобная корреляция не учитывает напряженно-деформированное состояние скального массива вокруг сваи, а позволяет определить лишь предельное сопротивление скального массива. Этого бывает часто недостаточно, учитывая, что во многих случаях, при работе сваи в

скальных грунтах сопротивление по её боковой поверхности и под нижним концом реализуются не одновременно.

Всё изложенное выше позволяет считать диссертационную работу Д.А. Власова *актуальной*.

Структура и содержание работы

Диссертация Д.А. Власова состоит из Введения, 4-х глав, Заключения и Приложения. Общий объем работы – 123 страницы компьютерного текста, включая 106 рисунков, 6 таблиц и список литературы из 110 пунктов.

Во введении представлена общая характеристика объекта исследований и сформулированы цели и задачи диссертационной работы. Здесь же указаны выносимые на защиту положения, изложены методология и методы исследований, а также определены научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава посвящена анализу отечественной и зарубежной научно-технической и нормативной литературы в области современного состояния вопроса по проблемам определения деформационных свойств трещиноватых скальных массивов и расчёта напряжённно-деформированного состояния системы «свая – скальный массив». Проведенный соискателем обзор показывает, что в настоящее время не существует единого подхода к расчёту несущей способности свай в скальных грунтах, позволяющего получить точные решения рассматриваемой задачи с применением механики сплошной среды. То же самое можно сказать и о надежных (достоверных, строго математически обоснованных) методах определения механических характеристик трещиноватых скальных массивов, учитывающих нелинейное поведение трещин под нагрузкой, к тому же еще и с возможностью учёта дилатансии. На основании выполненного литературного обзора и, сделанного на его основе анализа сложившейся ситуации соискатель приходит к выводу, что в настоящее время не сформулированы единые требования к решению

общей задачи – задачи о взаимодействии свай со скальными грунтами. Исходя из этого, соискатель определяет цель и задачи диссертационной работы.

Вторая глава посвящена решению математической задачи приведения трещиноватого скального массива к однородной анизотропной среде с эффективными деформационными характеристиками. Для этого диссертантом предлагается использовать параметрический метод асимптотического усреднения дифференциальных уравнений с быстро осциллирующими коэффициентами, что позволяет получить нелинейные эффективные деформационные характеристики слоистых и блочных скальных массивов, очень часто встречающихся в практике строительства на скальных грунтах. Следует отметить простоту полученных зависимостей, что очень важно для их использования в инженерных расчётах. Особо следует отметить введение соискателем при решении данной задачи параметра, учитывающего расстояние между трещинами, что позволяет исключить влияние на полученные результаты масштабного фактора.

Для верификации полученных результатов соискателем была проведена серия численных экспериментов в пространственной постановке на трещиноватых образцах скальной породы в программном комплексе ZSoil. Сопоставление результатов аналитических расчётов и численного моделирования подтвердило правомерность использования предложенных зависимостей для определения деформационных характеристик трещиноватых скальных массивов с плоскопараллельной и ортогональной системами трещин.

В третьей главе рассмотрено точное решение задачи об упругой полуплоскости с одномерным полубесконечным ребром жёсткости (сваи), перпендикулярным прямолинейной границе полуплоскости. К вершине ребра приложена сосредоточенная сила для вычисления нормальных вертикальных напряжений и касательных напряжений на боковой поверхности, а также вертикальных перемещений по длине сваи. Аналитические решения задачи сравнивались с результатами численного моделирования, полученными в

пространственной постановке с использованием метода конечных элементов. Их сопоставление позволяет заключить, что аналитические решения, определяющие касательные напряжения по боковой поверхности сваи, с достаточно высокой точностью совпадают с численными. Хорошее совпадение нормальных вертикальных напряжений и перемещений по длине сваи достигается путём использования поправочного коэффициента.

В четвертой главе получено точное решение для оценки напряженно-деформированного состояния вертикально нагруженной сваи, взаимодействующей со скальным грунтом путём решения краевой задачи теории упругости для полуплоскости с периодической системой линейных полубесконечных рёбер жёсткости, ортогональных к прямолинейной границе полуплоскости. Решение задачи представляется в виде рядов по собственным функциям Папковича – Фадля, коэффициенты которых точно находятся с помощью функций, биортогональных к собственным. Верификация аналитических выражений выполнялась численными методами. Решение периодической задачи позволило впервые получить аналитическое решение для определения касательных напряжений по боковой поверхности сваи, не имеющее особенностей в месте выхода на поверхность.

В заключении обобщены итоги и результаты диссертационной работы, даются рекомендации и перспективы дальнейших исследований.

В приложении приводится выкопировка результатов численных расчётов.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Полученные диссертантом результаты математически обоснованы, верифицированы сравнением с результатами численных методов расчёта и сопоставлением с данными литературных источников. Новизна научных положений заключается в использовании современных математических моделей, обеспечивших решение задачи определения деформационных характеристик трещиноватых скальных массивов и позволяющих впервые

аналитически определить напряженно-деформированного состояния системы «свая – скальный массив».

Теоретическая и практическая значимость работы

1) Разработана геотехническая модель взаимодействия сваи со скальным массивом.

2) Разработана методика приведения трещиноватого скального массива к анизотропной однородной среде, деформационные свойства которой зависят от напряженного состояния. Получены аналитические зависимости для определения эффективных деформационных характеристик скальных массивов, ослабленных плоскопараллельной или ортогональной трещиноватостью.

3) Получены аналитические зависимости для определения напряженно-деформированного состояния системы «свая – скальный грунт» на основе точных решений задач теории упругости о плосконапряженном состоянии для полуплоскости с одним полубесконечным ребром и с периодической системой ребер жесткости. Решение периодической задачи позволило впервые получить аналитическое решение для определения касательных напряжений по боковой поверхности сваи, не имеющее особенности в месте выхода на поверхность.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Результаты исследований докладывались на 4-х отечественных и международных конференциях. По теме диссертации соискателем было опубликовано 9 печатных работ, включая 1 работу в журнале, включённом в перечень рецензируемых научных изданий ВАК, и 3 работы, опубликованные в журналах, индексируемых в международных реферативных базах Scopus и Web of Science.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат достаточно полно отражает основное содержание диссертации и соответствует её основным положениям.

Замечания

К содержанию работы могут быть сделаны следующие замечания:

1. Полученные диссертантом аналитические выражения верифицируются путём решения задачи численными методами. Однако было бы полезным провести их сопоставление с результатами натурных или лабораторных экспериментов.

2. Соискателем в 3-й и 4-й главах получены аналитические зависимости для определения напряженно-деформированного состояния системы «свая – скальный грунт» на основе точных решений задач теории упругости о плосконапряжённом состоянии для полуплоскости с одним полубесконечным ребром и с периодической системой рёбер жёсткости. В то же время им не проведено сопоставление полученных решений между собой и не определена область их применения.

3. Вызывает сомнение приведённое диссертантом обоснование расхождения величин касательных напряжений в аналитическом и численном решениях задачи для полуплоскости с периодической системой рёбер. При устройстве буронабивных свай в скальных грунтах деформации поверхности пренебрежимо малы, что физически в большей степени соответствует классической теории упругости.

4. В выводах к 1-й главе диссертации отмечается отсутствие единого подхода к расчёту несущей способности свай в скальных грунтах. При этом диссертантом не даётся каких-либо методик или рекомендаций для практического применения результатов исследования в инженерных расчётах.

Указанные замечания ни в коей мере не снижают научную ценность и практическую значимость исследования.

Заключение

Диссертационная работа Власова Даниила Александровича является самостоятельно выполненным исследованием на актуальную тему, содержащим научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся научной новизной. Диссертация на тему **«Обоснование метода расчета несущей способности буронабивных свай в скальных грунтах с учетом их взаимодействия с породным массивом»** отвечает 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.

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук
по специальности 01.02.07 «Механика сыпучих тел, грунтов и горных пород»,
Доктор технических наук
по специальности 2.5.22 «Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства»,
Доцент по кафедре подземного строительства и гидротехнических работ,
Руководитель отдела научно-технического сопровождения строительства АО «Мосинжпроект»
125252, Москва, Ходынский б-р, д. 10.
e-mail: konuhovds@mosinzhproekt.ru,
тел: +7(495) 225-19-40, доб. 6110.


Конюхов Дмитрий Сергеевич

«7» 9 2023 г.



*Моторнова
заверено*