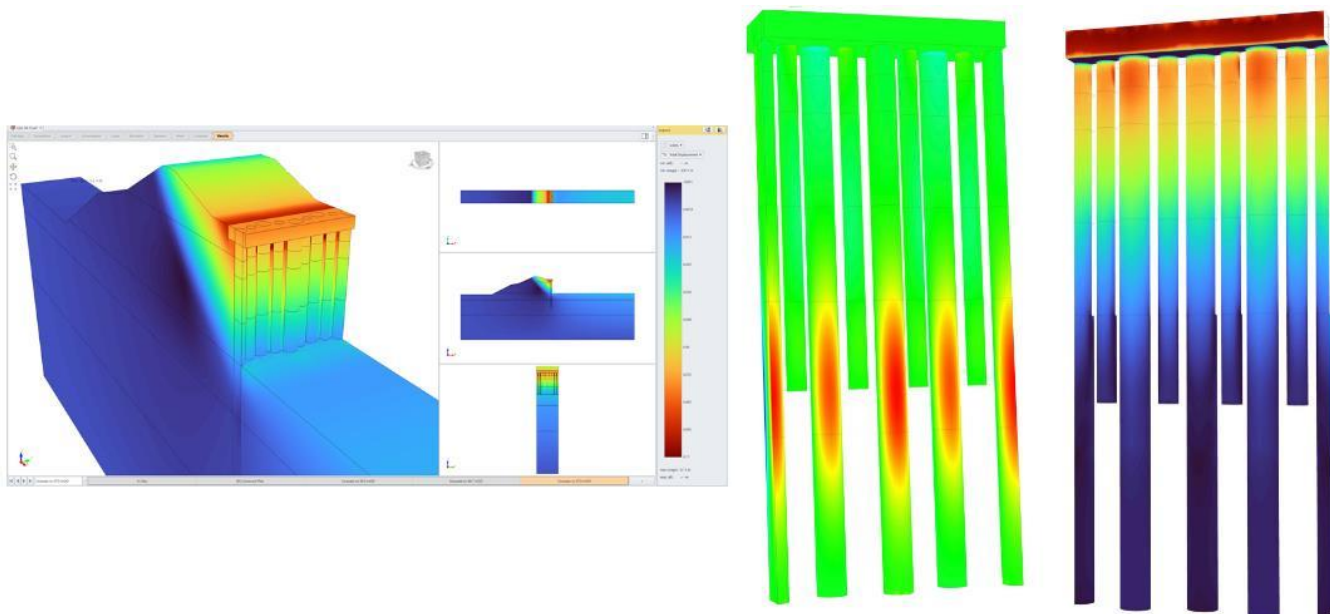


3D конечноэлементный анализ поведения подпорной стенки из свай



Канадская компания Rocscience, основанная в 1996 году на базе Университета Торонто, стала одним из мировых лидеров по разработке, усовершенствованию и распространению 2D и 3D программного обеспечения для инженеров-строителей, горных инженеров и инженеров-геологов (это прежде всего программные комплексы Rocscience, RSPile и др.). На сайте данной компании недавно появилась интересная небольшая статья «3D конечноэлементный анализ поведения подпорной стенки из свай». Ее автором является Ян Уильямс – официальный представитель Rocscience в Великобритании, опытнейший специалист в сферах механики грунтов, геотехники и численного анализа, доктор наук. Предлагаем вниманию читателей адаптированный перевод данной публикации.



УИЛЬЯМС ЯН (WILLIAMS IAN)

Официальный представитель компании Rocscience в Великобритании
ian.williams@rocscience.com

АНАЛИТИЧЕСКАЯ СЛУЖБА ГЕОИНФО

info@geoinfo.ru

ООО «СОВРЕМЕННЫЕ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» (ADVANCED SURVEY TECHNOLOGIES) – ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ КОМПАНИИ ROCSCIENCE В РОССИИ

info@geoast.pro

Введение

В этой статье кратко рассматривается трехмерный анализ на основе метода конечных элементов, выполненный в программе RS3 с помощью моделирования почти сплошной подпорной стенки из свай на участке планируемой коммерческой застройки в Великобритании.

Этот участок расположен на наклонной поверхности примерно в 35 м от автомагистрали. Из-за этого наклона необходимо провести планировочные земляные работы, чтобы сформировать ровную горизонтальную строительную площадку, на которой будет возведен крупный склад. Это потребует строительства приблизительно 400-метровой стенки из свай для поддержки грунта вдоль границы участка, расположенного выше по склону. Со стороны строительной площадки уровень поверхности будет снижен на величину до 8,4 м.

Проект подпорной стенки

План расположения свай и соединяющей их оголовки балки шириной 2,0 м и глубиной 0,8 м показан на рисунке 1. Главные сваи, имеющие диаметр 0,9 м и длину 17 м, будут размещены в шахматном порядке (зигзагообразно) со смещениями от осевой линии ростверковой балки на 0,25 м в каждую сторону. Между ними вдоль центральной линии балки будут установлены промежуточные сваи диаметром 0,6 м и длиной 11 м.

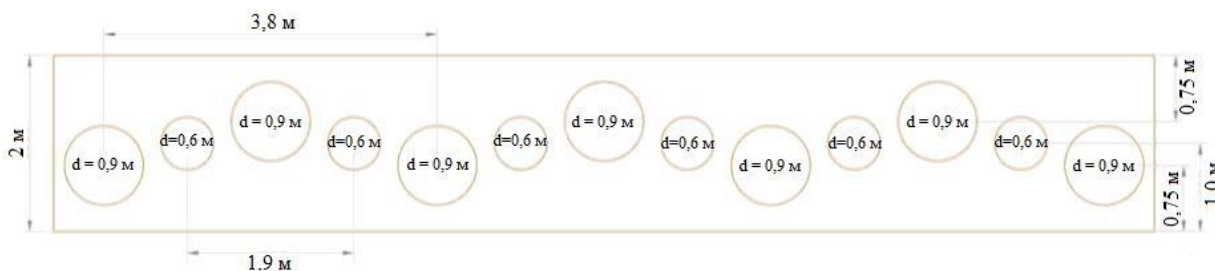


Рис. 1. План расположения свай и балки, соединяющей их оголовки

Грунтовые условия территории строительства

Грунтовые условия рассматриваемой территории до планировочных работ схематично представлены на вертикальном разрезе, перпендикулярном протяжению подпорной стенки и проходящем через то место, в котором грунт будет вынут на максимальную глубину, равную 8,4 м (рис. 2). Последовательность слоев грунта на участке будущего строительства (сверху вниз): ледниковая валунная глина; коренные каменноугольные отложения (КО), в которых преобладают алевролиты и аргиллиты и которые были разделены на три инженерно-геологических элемента, обозначенных как КО1, КО2 и КО3 в зависимости от их прочности, структуры и выветрелости. Режим грунтовых вод является гидростатическим. Уровень грунтовых вод имеет наклон к югу и залегает параллельно исходной (до планировки) поверхности земли на глубине около 14 м (см. рис. 2).

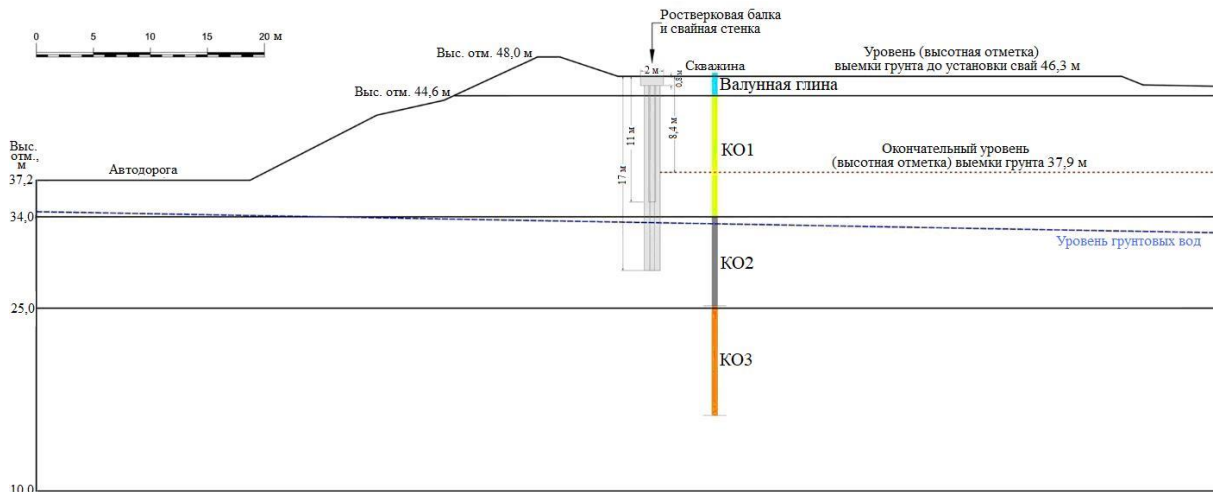


Рис. 2. Грунтовые условия территории строительства

Анализ на основе метода конечных элементов

Цель анализа в программе RS3 заключалась в оценке долговременных изгибающих моментов в сваях для сравнения с их расчетными значениями, полученными с помощью другого программного обеспечения (FLAC3D).

Вертикальный разрез модели, полученной в RS3 и используемой для анализа, показан на рисунке 3. Эта модель, включающая 663 070 10-узловых тетраэдрических элементов, имеет толщину 7,6 м и вытянута на 104 м перпендикулярно свайной подпорной стенке, проходя через место наибольшей планируемой глубины выемки грунта, равной 8,4 м.

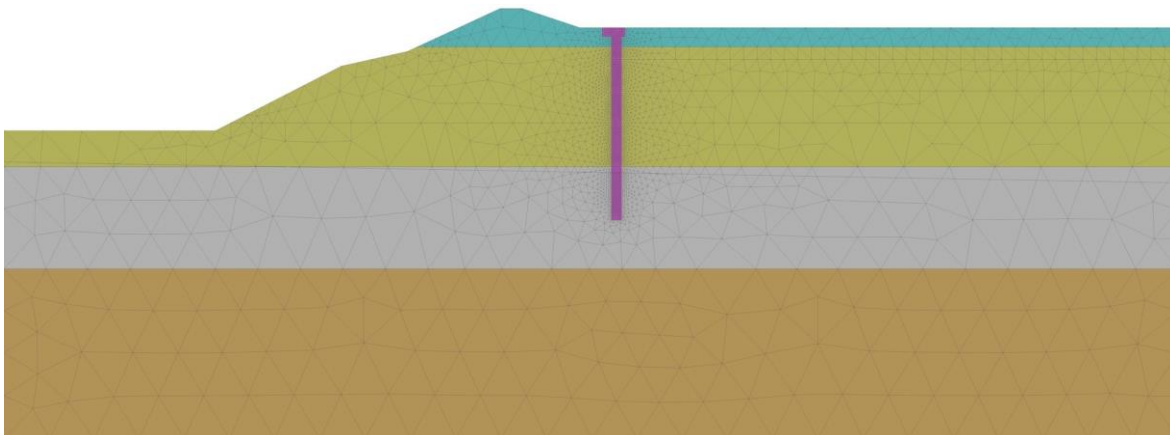


Рис. 3. Вертикальный разрез трехмерной модели, построенной в программе RS3, который проходит через место максимальной планируемой глубины выемки грунта (8,4 м)

Слой ледниковой валунной глины и каменноугольных отложений были представлены в построенной модели с помощью идеально-упругопластических комплексных геомеханических моделей грунтов. Для валунной глины использовался критерий прочности Мора – Кулона, а для слоев каменноугольных скальных грунтов применялся модифицированный критерий прочности Хека – Брауна. Все слои были приняты полностью дренированными.

Сваи и роствержовая балка были смоделированы как линейно-упругие, с параметрами жесткости, характерными для долгосрочных условий.

Зоны контакта между грунтом и конструкциями подпорной стенки были смоделированы с использованием упругопластических соединительных элементов для обеспечения относительных смещений, параллельных и перпендикулярных поверхностям раздела.

Анализ проводился в пять этапов:

- инициализация поля природных эффективных напряжений;
- создание свай и балки, соединяющей их оголовки;
- выемка грунта до глубины 2,8 м (от высотной отметки 46,3 м до 43,5 м);
- выемка грунта до глубины 5,6 м (от высотной отметки 43,5 м до 40,7 м);
- выемка грунта до глубины 8,4 м (от высотной отметки 40,7 м до 37,9 м).

Результаты выполненного анализа

Результаты анализа в программе RS3 представлены на рисунках 4–10. На рисунках 4–6 показаны распределения соответственно горизонтальных, вертикальных и общих смещений на заключительном этапе выемки грунта. На них видно развитие активного (сдвигаемого) грунтового клина со стороны удерживаемого массива. На завершающей стадии земляных работ горизонтальное смещение верхней части стенки составляет около 93 мм. На рисунке 5 видно влияние элементов зон контакта, которые сместились вниз по отношению к сваям.

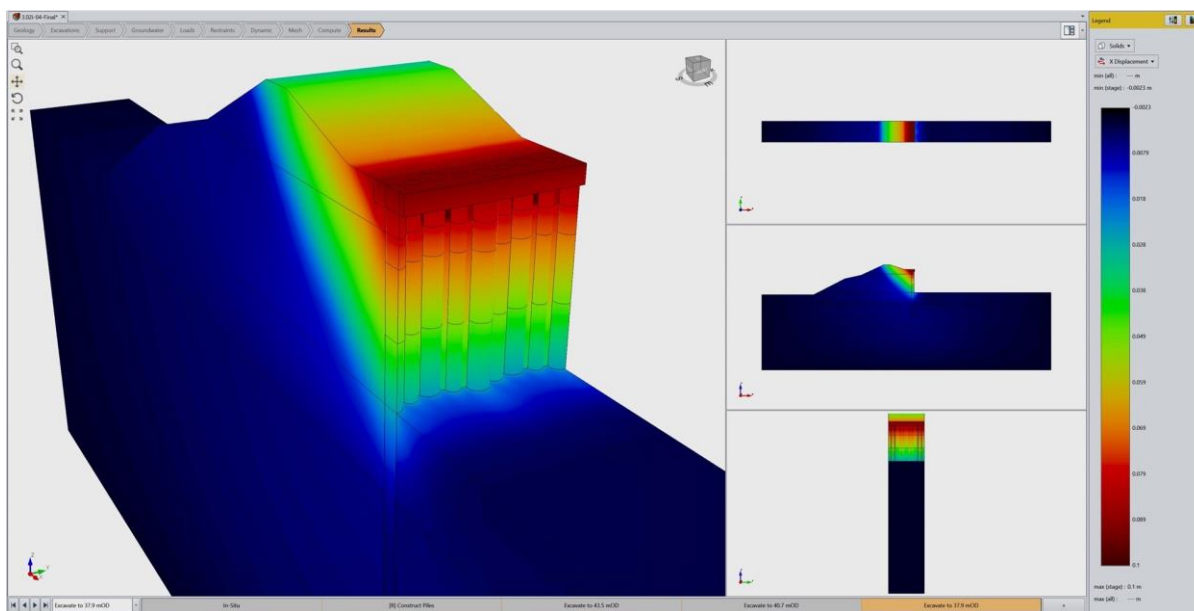


Рис. 4.

Распределение горизонтальных смещений (м) на заключительном этапе выемки грунта

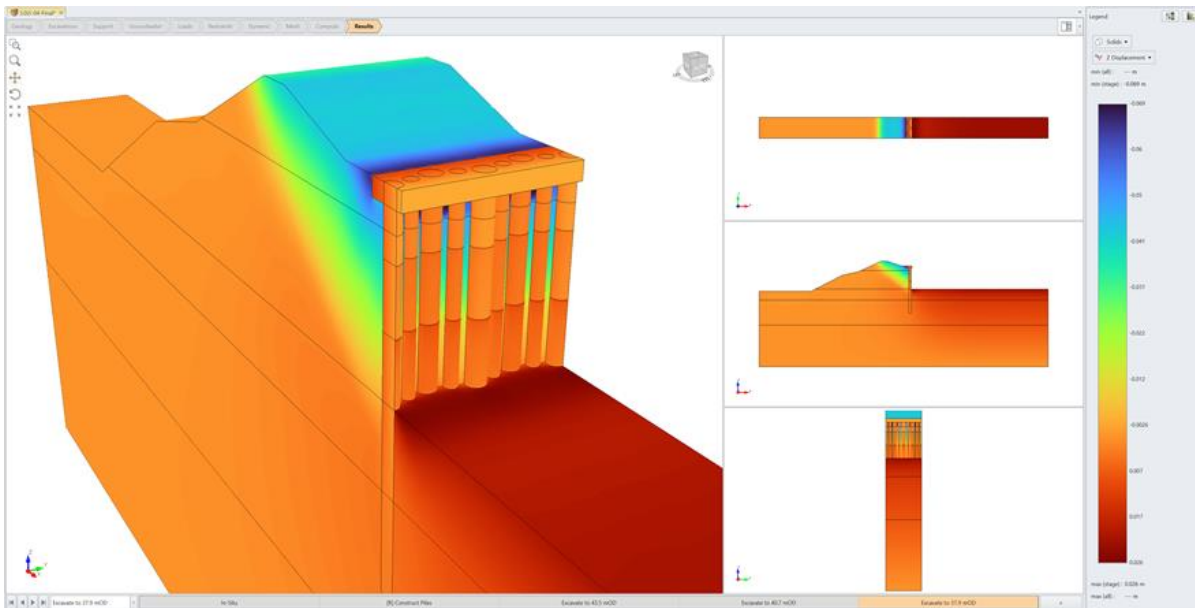


Рис. 5. Распределение вертикальных смещений (м) на заключительном этапе выемки грунта

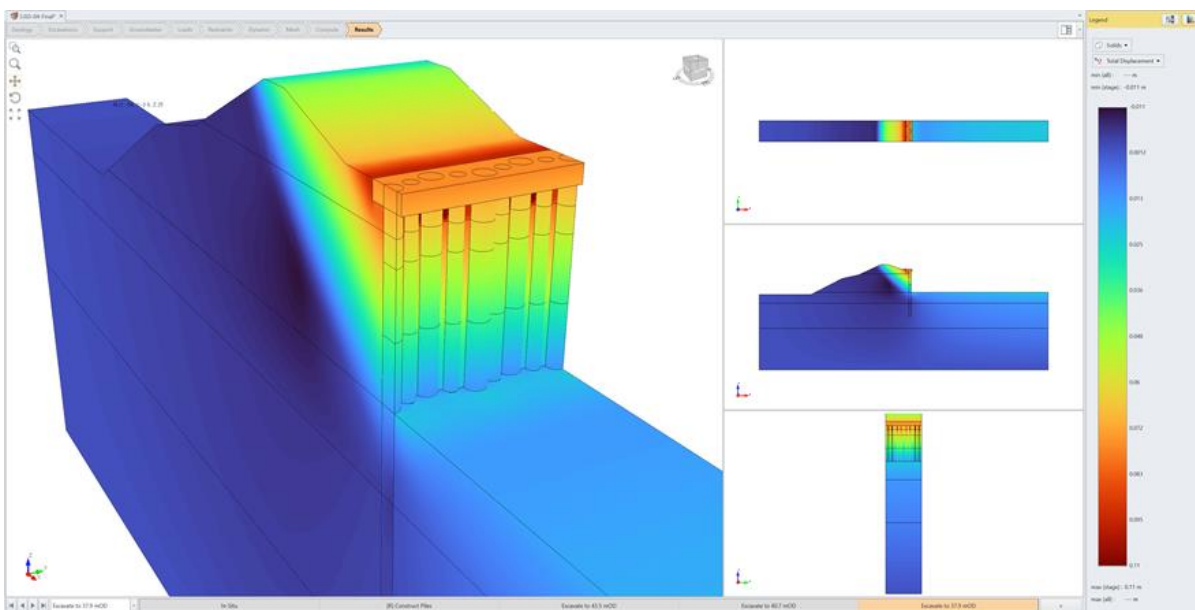


Рис. 6. Распределение общих смещений (м) на заключительном этапе выемки грунта

На рисунке 7, а показано распределение вертикальных напряжений в сваях со стороны выемки грунта, а на рисунке 7, б представлено распределение относительных сдвиговых смещений между сваями и грунтом со стороны удерживаемого массива.

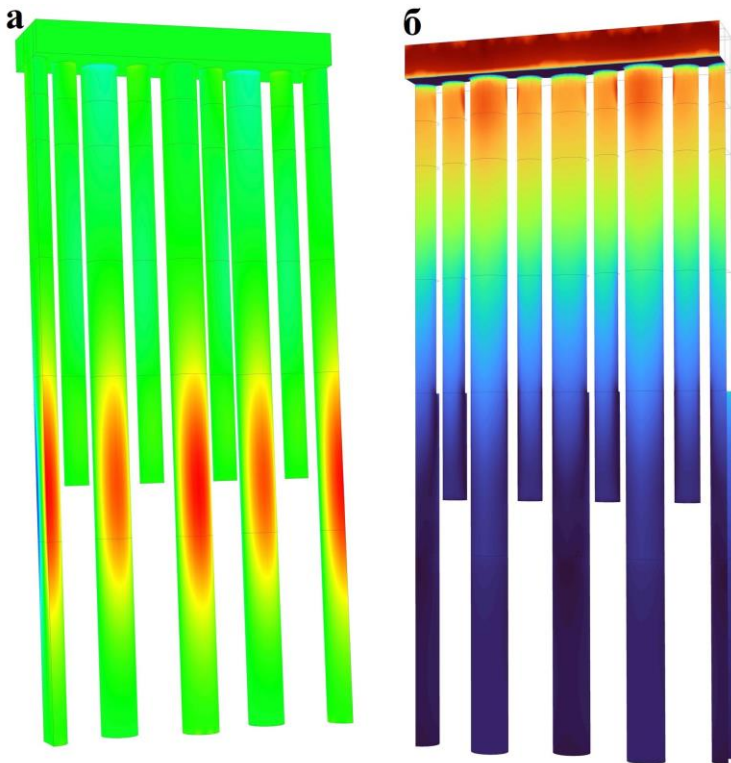


Рис. 7. Распределение вертикальных напряжений в сваях со стороны выемки грунта (а); распределение относительных сдвиговых смещений между сваями и грунтом со стороны удерживаемого массива (б)

На рисунке 8 показаны изгибающие моменты в свае на завершающем этапе выемки грунта. Отличия максимальных изгибающих моментов от расчетных значений, полученных на основе анализа в программе FLAC3D, не превышают 6%.

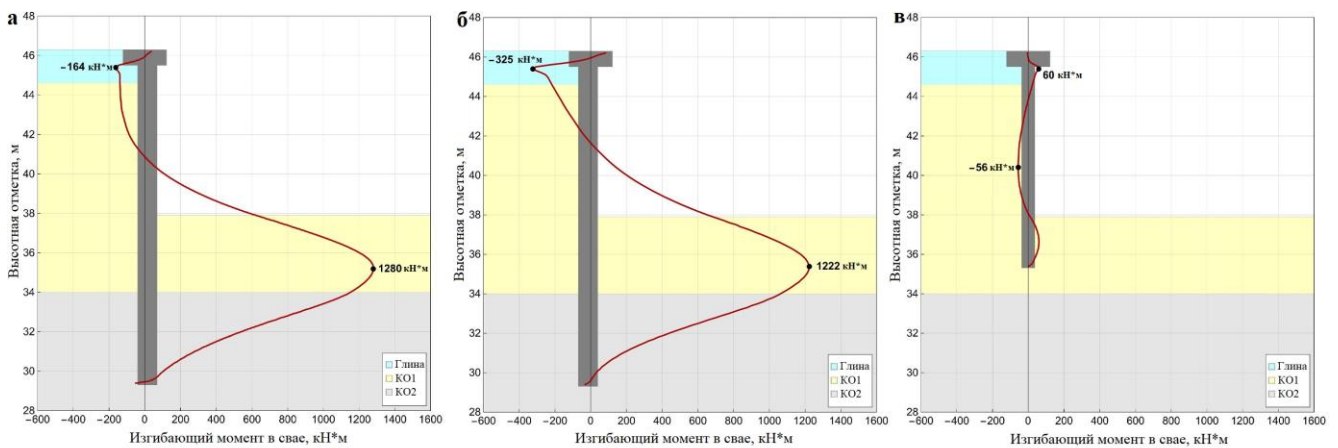


Рис. 8. Изгибающие моменты: а – в главных сваях диаметром 0,9 м со стороны выемки; б – в главных сваях диаметром 0,9 м со стороны удерживаемого грунта; в – в промежуточных сваях диаметром 0,6 м

Источник для адаптированного перевода

Williams I. 3D finite element analysis of a contiguous pile wall // Rocscience. August 17, 2021. URL: rocscience.com/about/news-events/3d-finite-element-analysis-of-a-contiguous-pile-wall?utm_medium=email&utm_source=rocnews&utm_campaign=August2021.