

Bentley®
Advancing Infrastructure



Изображение предоставлено SOM и GuocoLand

Краткое описание проекта

Компания:
Arup Singapore Pte. Ltd.
Решение:
Геотехническая инженерия

Местоположение:
Танджонг Пагар, Сингапур

Цели проекта:

- Выполнение инженерно-геотехнических изысканий для реализации проекта, включающего в себя самую высокую башню Сингапура.
- Минимизация воздействия подземных работ на существующие конструкции.
- Успешное использование метода наблюдения в строительстве зданий и наглядное представление сложного моделирования в сочетании с мониторингом в режиме реального времени для проведения расширенного анализа.

Список ПО, использовавшегося в проекте:

gINT®, MicroStation®, PLAXIS®

Основные факты

- С целью подготовки детального геотехнического отчета Arup Singapore использовала gINT для управления геотехническими данными всего проекта и изучения сложных осадочных отложений.
- Включив в PLAXIS данные из gINT и наземных датчиков, команда смоделировала грунт и доработала отложения.
- Проектная команда выбрала плитно-свайный фундамент и использовала 3D-моделирование для прогнозирования производительности отдельных свай.

Рентабельность инвестиций

- Геотехнические исследования, проведенные с помощью gINT, позволили удерживать смещение грунта на близлежащих конструкциях ниже пределов, установленных властями.
- С помощью PLAXIS удалось оптимизировать опорные конструкции и снизить нагрузку на буронабивные сваи на 30–35%.
- Использование PLAXIS в качестве единого решения для определения реакции грунта и конструкций позволило сэкономить время и избежать необходимости в дополнительном программном обеспечении.

Arup Singapore использует метод 3D-моделирования геологии грунтов при проектировании фундамента самой высокой башни в Сингапуре

С помощью приложений Bentley проектной команде удалось сэкономить средства и избежать использования нескольких программных платформ

Разнородный грунт — проблема для строительства фундаментов

Arup Singapore Pte. Ltd. является местным филиалом Arup Group Ltd., лондонской компании, предоставляющей услуги по проектированию, архитектуре, разработке, планированию, управлению проектами и консалтингу по всему миру. Реализованные проекты компании представлены в 143 странах. Компания GuocoLand (Singapore) Pte. Ltd. заключила контракт с Arup Singapore на оказание услуг по проектированию и строительству самой высокой башни в стране.

Башня Guoco Tower стоимостью 3,2 млрд сингапурских долларов, ранее известная как проект смешанной застройки Танджонг Пагар, представляет собой 64-этажное здание высотой 290 м с офисными и жилыми помещениями, гостиничным блоком средней этажности, шестиэтажным подиумом для использования в коммерческих целях и трехэтажной нежилой подземной частью глубиной 18 м, с паркингом и прямым выходом к станции Сингапурского метрополитена. Несмотря на масштаб и сложность проекта, строительство планировалось в центре оживленного делового района Сингапура.

На начальных этапах разработки специалисты поняли, что грунт в этом районе будет представлять собой серьезную проблему. На участке присутствует доломит, известняк, аргиллит, песчаник и сланец. Для такого грунта характерна высокая проницаемость и изменчивость состава. Значительный объем выемки, необходимый для строительства подвалов и фундамента, создает риск деформации грунта на прилегающей территории.

Отчасти в связи с увеличением объемов подземной застройки в уже перегруженных пространствах, местные власти Сингапура приняли решение о том, что смещение конструкций станции Сингапурского метрополитена, функционирование которой будет продолжаться на протяжении всего строительства, не должно превышать 15 мм в любом направлении. Кроме того, смещение ряда магазинов, находящихся всего в 20 м от объекта, не должно превышать 25 мм. «Этим магазинам по сотне лет, и они признаны культурными объектами Сингапура», — говорит Эи Сандар Аунг Вин (Ei Sandar Aung Win), старший инженер-геотехник компании Arup Singapore.

Глубокая выемка грунта с помощью gINT

Arup Singapore определила, что проект потребует детального анализа условий подпочвенного грунта, выполненного с использованием надежных геотехнических решений. Именно они сыграют ключевую роль в устранении последствий выемки грунта для более старых конструкций. Более того, команда

должна была выполнить все эти работы в сжатые сроки. Чтобы решить эту проблему, Arup Singapore использовала геотехническое и геоэкологическое программное обеспечение gINT компании Bentley для управления данными всего проекта. С помощью gINT проектная команда исследовала сложные осадочные отложения и предоставила инженерам-геотехникам лучшее понимание свойств почвы на любом заданном участке строительства. Эта возможность позволила инженерам точно определить, какие специальные тесты необходимы для каждой секции. С ее помощью руководители команд смогли с легкостью представить результаты своих исследований всем участникам. Всего за одну неделю после завершения инженерно-геологических изысканий команда смогла подготовить полный детальный геотехнический отчет, в котором была произведена оценка всех свойств грунта и рисков, связанных с ним.

Исследование, проведенное с помощью gINT, показало, что грунт был в достаточно хорошем состоянии. Тем не менее, анализ также показал, что для 290-метровой башни потребуются фундамент глубокого заложения. Это необходимо для того, чтобы не произошло непредвиденных деформаций и разрушений близлежащей станции Сингапурского метрополитена. В идеале фундамент должен минимизировать смещения строительных конструкций станции, но при этом оставаться достаточно гибким, обеспечивая устойчивость башни при строительстве и дальнейшей эксплуатации. Arup Singapore выбрала конструкцию, сочетающую в себе плиту и многочисленные погруженные в землю сваи. «Сваи могут быть дополнительно усовершенствованы при взаимодействии с плитой. Оседание башни при этом поддерживается в приемлемом диапазоне», — сказал Эи.

На этапе строительства подрядчик предложил последовательный процесс выемки грунта, который разделит бы участок на подзоны (две для станции Сингапурского метрополитена и по одной для башни и отеля), что позволило бы надлежащим образом контролировать прогибы подпорной стены и увеличить скорость выполнения строительных работ. Однако такая ситуация могла оказать существенное влияние на первоначальный прогноз смещения грунта.

Точный прогноз поведения грунта – ключ к эффективному проектированию

Для создания геологической модели грунтов и уточнения первоначального проекта специалисты компании Arup Singapore, используя данные, полученные из программы gINT, и фактические результаты геодезического мониторинга, определили точную нагрузку на грунт и его смещение с помощью функции PLAXIS 2D SoilTest. PLAXIS 3D позволил проектной команде зафиксировать сложное взаимодействие между предлагаемым плитно-свайным Эи

«Благодаря цифровым рабочим процессам геотехническое программное обеспечение Bentley улучшило методологию проектирования и повысило эффективность. Мы смогли не только создать безопасное и рентабельное решение для строительства подвальных помещений, но и решить все проблемы и задачи, возникающие в ходе строительных работ»,

— Эи Сандар Аунг Вин (Ei Sandar Aung Win), старший инженер-геотехник компании Arup Singapore.

Узнайте больше о Bentley на сайте: www.bentley.com

Связаться с Bentley
1-800-BENTLEY (1-800-236-8539)
За пределами США 8800 100 9443

Офисы компании
www.bentley.com/contact

Bentley
Advancing Infrastructure

фундаментом, поэтапной выемкой грунта и существующими конструкциями зданий и станции метрополитена. Arup Singapore дополнила общую модель фундамента независимыми 3D-моделями, которые будут калиброваться с помощью данных нагрузочных испытаний на строительной площадке. Таким образом они будут моделировать производительность отдельных свай. Более того, возможность итерации PLAXIS 3D позволила Arup Singapore заранее рассчитать, как именно башня будет оседать с течением времени. Это удалось сделать путем вычисления точных значений грунта и моделирования поведения плиты.

Используя PLAXIS в качестве универсального решения для определения реакции грунта и конструкции, Arup Singapore сэкономила средства и устранила необходимость в использовании многочисленных программных платформ. Организация также использовала это программное обеспечение, чтобы доказать, что выемка грунта и зона влияния будут воздействовать на окружающую среду в меньшей степени. Рассчитать такие прогнозистические данные с помощью стандартного анализа не представлялось возможным. Эти результаты ускорили процесс предоставления документации и исключили необходимость в работах по стабилизации грунта и оценке воздействия проекта на окружающую среду.

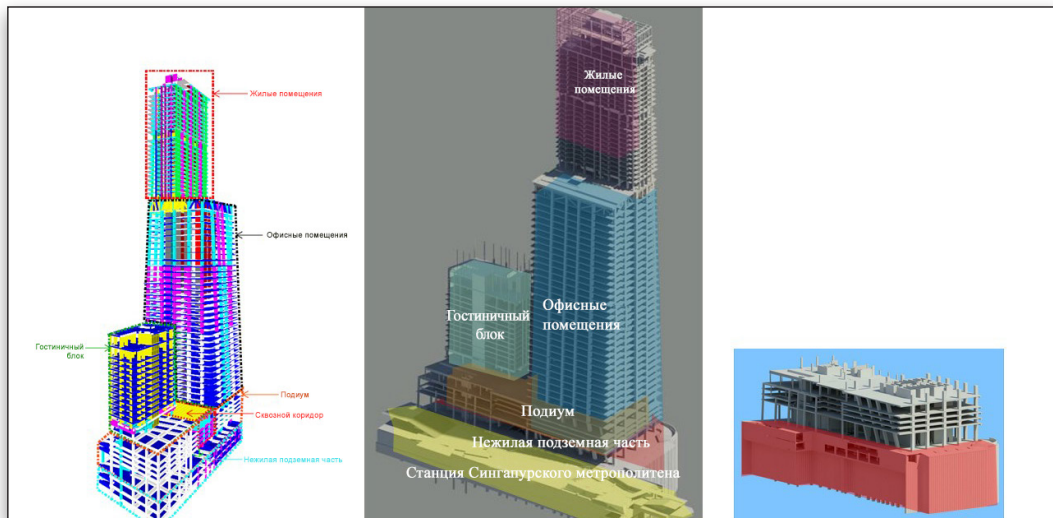
Работа в PLAXIS также помогла проектной команде оптимизировать процесс выемки грунта и проектирования фундамента. После начала работ подрядчик попросил, чтобы Arup Singapore не включала в работы запланированную берму и некоторые наклонные угловые распорки из-за ограничений строительной площадки. Для выполнения этого требования проектная команда проанализировала производительность на строительной площадке и

сравнила ее с моделью в PLAXIS, определив, что проект может работать без этих элементов, и другие меры по стабилизации не требуются.

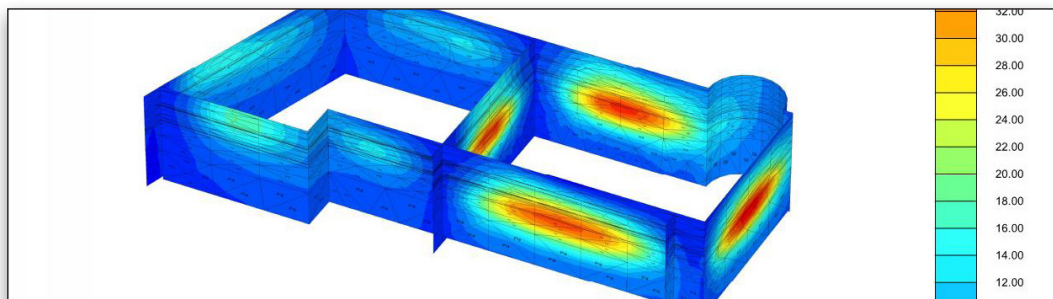
Встроенные датчики для поддержания движения грунта значительно ниже установленных пределов

Во время и после строительства Arup Singapore осуществляла оценку грунта с помощью специальных инструментов, таких как плоские ячейки, пьезометры и тензометрические датчики, установленные под плитой. Результаты измерений показали, что смещение стен станции Сингапурского метрополитена, находящейся в 6 м от места работ по выемке грунта, не превысило 10 мм. Кроме того, осадка грунта на прилегающем к строительной площадке участке составила всего 20 мм. Этот показатель был значительно ниже критериев, установленных уполномоченными органами. Разработанная в PLAXIS 3D-модель плитно-свайного фундамента позволила облегчить проникновение свай и снизить нагрузку на буронабивные сваи на 30–35%. Кроме того, модель позволила Arup Singapore оптимизировать толщину плиты для каждой зоны нагрузки, учитывая неоднородный характер конструкции, как наземной, так и подземной.

Строительство комплекса Guoco Tower было завершено в 2016 году, и башня стала одним из знаковых сооружений в Сингапуре. Работа над этим проектом продемонстрировала то, как геотехнические приложения и другие передовые технологии могут стимулировать инженерные инновации. Ожидается, что аналитическая и проектная работа Arup Singapore послужит ориентиром для подобных проектов в будущем.



3D-модели башни Guoco Tower



Расчеты в PLAXIS для выемки грунта под фундамент