



Bild mit freundlicher Genehmigung von SOM und GuocoLand

Projektübersicht

Unternehmen:

Arup Singapore Pte. Ltd.

Lösung:

Geotechnik

Standort:

Tanjong Pagar, Singapur

Projektziele:

- Geotechnische Ingenieurarbeiten für ein Bauprojekt durchführen, das den höchsten Turm Singapurs einschließt
- Auswirkungen von unterirdischen Arbeiten auf vorhandene Gebäude minimieren
- Beobachtungsmethode im Hochbau fördern und eine fortschrittliche Modellierung in Verbindung mit Echtzeitüberwachung für fortgeschrittene Analysen demonstrieren

Projekt-Playbook:

gINT®, MicroStation®, PLAXIS®

Kurzinformation

- Arup Singapore nutzte gINT zur Verwaltung aller geotechnischen Daten über die gesamte Projektdauer hinweg sowie zur Untersuchung des komplexen Sediments, um einen vollständigen geotechnischen Interpretationsbericht zu erstellen.
- Durch die Einbeziehung von Daten aus gINT und von Bodensensoren in PLAXIS erstellte das Team Bodensimulationen und passte den Entwurf an.
- Das Projektteam entschied sich für ein Pfahlplattenfundament und verwendete 3D-Modellierung, um die Leistung einzelner Pfähle vorherzusagen.

ROI

- Geotechnische Studien in gINT beschränkten die Bodenbewegung für Gebäude in der Nähe auf Werte unterhalb der behördlichen Vorgaben.
- Mit PLAXIS konnte das Unternehmen die Stützkonstruktionen optimieren und die Belastung der Bohrpfähle um 30 % bis 35 % reduzieren.
- Der Einsatz von PLAXIS als Komplettlösung für die Boden- und Gebäudereaktion sparte Zeit und machte zusätzliche Software überflüssig.

Arup Singapore nutzt 3D-Bodensimulationen, um das Fundament des höchsten Turms des Landes zu entwerfen

Das Projektteam sparte mit Bentley-Anwendungen Arbeitsstunden ein, ohne auf mehrere Softwareplattformen zurückgreifen zu müssen

Die schwankende Bodenbeschaffenheit verursachte Probleme bei der Fundamenterstellung

Arup Singapore Pte. Ltd. ist die lokale Niederlassung der Arup Group Ltd., eines Unternehmens mit Sitz in London, das weltweit Ingenieur-, Architektur-, Design-, Planungs-, Projektmanagement- und Beratungsdienste anbietet und bereits Projekte in 143 Ländern abgeschlossen hat. GuocoLand (Singapore) Pte. Ltd. beauftragte Arup Singapore mit der Erbringung von Hochbau- und Statikleistungen für ein Bauprojekt, das den höchsten Turm des Landes umfassen sollte.

Der 3,2 Milliarden SGD teure Guoco Tower, früher bekannt als Tanjong Pagar Mixed Development, umfasst einen 64-stöckigen, 290 Meter hohen Büro- und Wohnturm, einen mittelgroßen Hotelblock, ein sechsstöckiges Podium zur kommerziellen Nutzung und ein dreistöckiges Untergeschoss mit direkter Anbindung an einen Bahnhof des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV). Obwohl es sich um ein großes und komplexes Projekt handelte, sollte es direkt im geschäftigen Zentrum von Singapur umgesetzt werden.

Schon frühzeitig erkannten die Entwickler, dass der Boden im Gebiet eine erhebliche Herausforderung darstellt. Das Gebiet umfasst Dolomit, Kalkstein, Tonstein, Sandstein und Schiefer, der hochgradig durchlässig ist und in seiner Zusammensetzung stark variieren kann. Um Platz für die Kellergeschosse und das Fundament zu schaffen, musste eine erhebliche Menge an Material ausgehoben werden, was eine Gefahr von Bodenverformungen birgt.

Zum Teil aufgrund der zunehmenden Menge an unterirdischen Baustrukturen in ohnehin schon überfüllten Bereichen ordneten die lokalen Behörden Singapurs an, dass die Bewegung der Bahnhofsgebäude, die während der gesamten Bauarbeiten weiter funktionieren mussten, maximal 15 Millimeter in alle Richtungen betragen dürfen. Außerdem wurde die Bewegung einer Ladenlokalzeile, die nur 20 Meter vom Standort entfernt war, auf maximal 25 Millimeter begrenzt. „Diese Geschäfte sind 100 Jahre alt und als Kulturgut Singapurs anerkannt“, sagte Ei Sandar Aung Win, Senior Geotechnical Engineer bei Arup Singapore.

Tiefe Einblicke mit gINT

Arup Singapore stellte fest, dass das Projekt eine detaillierte Analyse der Untergrundverhältnisse unter Verwendung robuster geotechnischer Lösungen erfordern würde. Nur so

könnte das Team ein solides Fundament erstellen, das die Auswirkungen der Ausgrabungen auf die älteren Gebäude eindämmt. Das Team stand jedoch unter hohem Zeitdruck. Um diese Herausforderung zu meistern, setzte Arup Singapore die Geotechnik- und Geomweltechnik-Software gINT von Bentley ein, mit der die Daten während des gesamten Prozesses verwaltet wurden. Mithilfe von gINT untersuchte das Projektteam das komplexe Sediment, sodass die Geotechniker die Bodeneigenschaften eines jeweiligen Bereichs des Bauprojekts besser nachvollziehen konnten. So konnten sie zudem genau bestimmen, welche speziellen Tests für jeden Abschnitt erforderlich waren, und ihre Ergebnisse ganz einfach an die anderen Projektbeteiligten kommunizieren. In nur einer Woche nach Abschluss der Bodenuntersuchungen war das Team in der Lage, einen vollständigen geotechnischen Interpretationsbericht zu erstellen, der alle Bodeneigenschaften und Bodenrisiken bewertete.

Die gINT-Studie ergab, dass der Boden in einem vergleichsweise guten Zustand war. Die Analyse ergab jedoch auch, dass der 290 Meter hohe Turm ein tiefes Fundament erfordern würde, um die Plattengründung des nahe gelegenen ÖPNV-Bahnhofs nicht zu beeinträchtigen. Im Idealfall würde das Fundament die Bodenstörungen minimieren, wäre aber gleichzeitig flexibel genug, um den Bau des Turms zu ermöglichen. Arup Singapore wählte ein Design, bei dem eine Floßgründung und zahlreiche Pfähle im Boden kombiniert wurden. „Die Pfähle arbeiten mit dem Floß Hand in Hand, um das Setzverhalten des Turms in einem annehmbaren Rahmen zu halten“, so Ei Sandar Aung Win.

Während der Bauphase schlug das Bauunternehmen eine gestaffelte Ausgrabung vor, bei der das Gebiet in Unterbereiche aufgeteilt wurde, darunter zwei Zonen für den ÖPNV-Bahnhof und je eine für den Turm und das Hotel, um die Biegung der Stützmauer unter Kontrolle zu halten und den Bau zu beschleunigen. Diese Vorgehensweise hätte jedoch erheblichen Einfluss auf die anfängliche Prognose der Bodenbewegungen.

Genauere Prognose des Bodenverhaltens zur Optimierung der Konstruktion

Arup Singapore integrierte Daten aus gINT und reale Feldüberwachungsdaten in PLAXIS, um Bodensimulationen zu erstellen und den ursprünglichen Entwurf anzupassen, was dem Projektteam half, Bodenspannungen und Bodenbewegungen mithilfe von Eingaben aus der 2D-SoilTest-Funktion von PLAXIS genauer vorherzusagen. PLAXIS 3D ermöglichte es dem Projektteam, das komplexe Zusammenspiel zwischen der

„Die Geotechnik-Software von Bentley verbesserte unsere Entwurfsmethode und steigerte die Effizienz durch digitale Workflows. So konnten wir eine sichere und kostengünstige Lösung für den Kellerbau bereitstellen und Standortprobleme sowie Herausforderungen während der Bauphase beheben.“

– Ei Sandar Aung Win,
Senior Geotechnical Engineer,
Arup Singapore

Mehr Informationen über Bentley finden Sie unter: www.bentley.com

Kontaktieren Sie Bentley
1-800-BENTLEY (1-800-236-8539)
Außerhalb der USA +1 610-458-5000

Liste der weltweiten Niederlassungen
www.bentley.com/contact

vorgeschlagenen Pfahlplattengründung, den schrittweisen Ausgrabungen und den bestehenden Gebäuden besser zu erfassen. Arup Singapore ergänzte das gesamte Fundamentmodell mit unabhängigen 3D-Modellen, die anhand von Lasttestdaten vor Ort kalibriert und die Leistung der einzelnen Pfähle simulierten. Darüber konnte Arup Singapore dank der Iterationsfähigkeit von PLAXIS 3D vorhersagen, wie sich der Turm im Laufe der Zeit setzen würde, indem genauere Bodenwerte berechnet wurden, um ein realistisches Verhalten der Platten zu modellieren.

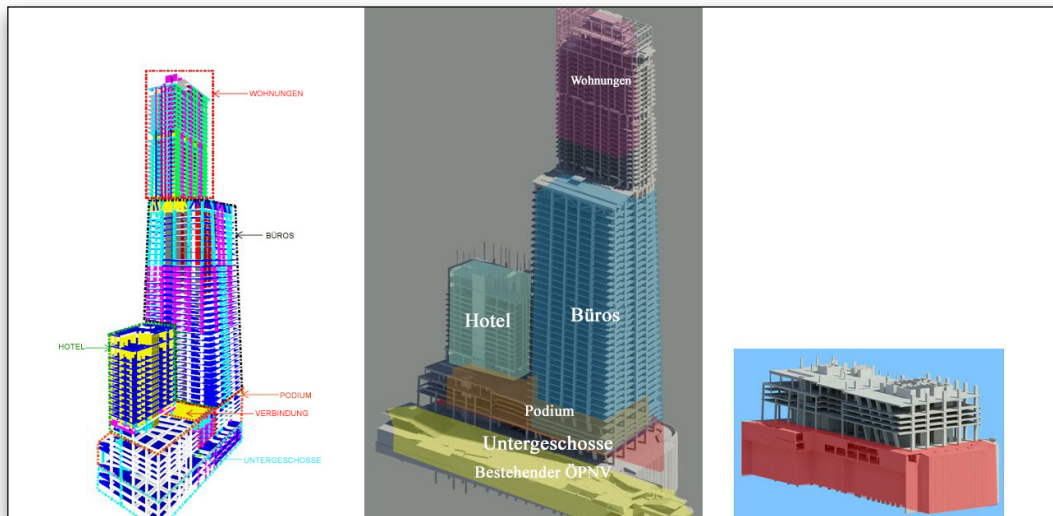
Durch den Einsatz von PLAXIS als Komplettlösung für die Boden- und Gebäudereaktion sparte Arup Singapore Arbeitszeit ein, ohne auf mehrere Softwareplattformen zurückgreifen zu müssen. Das Unternehmen nutzte die Software auch, um zu belegen, dass die Auswirkungen der Ausgrabung und die Einflusszone geringer ausfallen würden, als eine gewöhnliche Analyse prognostizieren könnte. Diese Ergebnisse beschleunigten den Einreichungsprozess und machten eine Folgenabschätzung und Verstärkungsarbeiten überflüssig.

Die Arbeit innerhalb von PLAXIS half dem Projektteam auch bei der Optimierung des Aushubs und der Fundamentkonstruktion. Nach Beginn der Arbeiten bat der Bauunternehmer Arup Singapore, einen erwarteten Bodenbalken sowie einige geneigte Eckstreben aufgrund von Standortbeschränkungen wegzulassen. Um dieser Bitte nachzukommen, analysierte das Projektteam die Leistung vor Ort und verglich sie mit dem Modell in PLAXIS, wobei es feststellte, dass die Konstruktion auch ohne diese Elemente auskommen konnte und keine weiteren Verstärkungsmaßnahmen erforderlich waren.

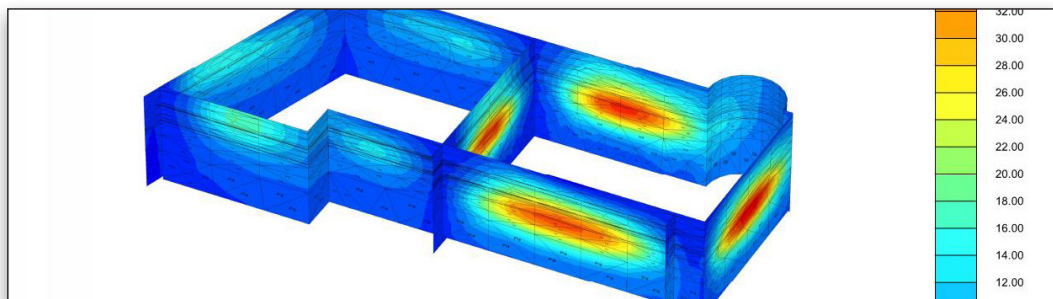
Integrierte Sensoren, um die Bodenbewegung deutlich unter den vorgeschriebenen Grenzwerten zu halten

Arup Singapore setzte die Messung der Bodenleistung während und nach dem Bau mit speziellen Instrumenten wie Flachzellen, Piezometern und Dehnungsmessstreifen, die unter der Platte installiert wurden, fort. Diese Instrumente bewiesen, dass Arup Singapore mithilfe der 3D-Modellierung in PLAXIS die Bewegung des Bahnhofsgebäudes auf nur 10 Millimeter begrenzen konnte, obwohl die Ausgrabung nur 6 Meter von der Bahnhofsmauer entfernt stattfand. Darüber hinaus betrug die Bodensetzung in der Umgebung 20 Millimeter, was ebenfalls weit unter den von der Behörde geforderten Werten lag. Dank der Integration des Pfahlplattenmodells in PLAXIS 3D konnten die Entwickler die Pfahldurchdringung optimieren und die Belastung der Bohrpfähle um 30 % bis 35 % reduzieren. Zusätzlich erlaubte das Modell Arup Singapore, die Dicke der Platte für jede Lastzone trotz der uneinheitlichen Beschaffenheit der Struktur sowohl über- als auch unterirdisch zu optimieren.

Der Bau des Guoco Tower Komplexes wurde 2016 abgeschlossen. Seitdem hat sich der Turm zu einem Wahrzeichen Singapurs entwickelt. Die Arbeit an diesem Projekt hat gezeigt, wie Geotechnik-Anwendungen und andere fortschrittliche Technologien die technische Innovation vorantreiben. Es wird erwartet, dass die von Arup Singapore erstellten Analysen und Entwürfe in Zukunft als Referenz für ähnliche Bauvorhaben dienen wird.



3D-Renderings und Visualisierungen des Guoco Tower



Fundierte Berechnung für Ausgrabungen und Fundamente mit PLAXIS