

**Bentley**<sup>®</sup>  
Advancing Infrastructure



由 SOM 和 GuocoLand 供图

## 项目概要

### 组织：

Arup Singapore Pte. Ltd.

### 解决方案：

岩土工程

### 地点：

新加坡，丹戎巴葛

### 项目目标：

- 承接包括新加坡最高摩天大厦在内的岩土工程开发项目。
- 尽量减少地下工程对现有结构的影响。
- 改进建筑施工中的观测方法，精密的建模结合实时监控，以进行高级分析。

### 使用产品：

gINT、MicroStation、PLAXIS

## 快讯

- Arup Singapore 在其整个工程中使用 gINT 管理所有岩土数据，考察复杂沉积岩，以生成完整的岩土工程勘察报告。
- 通过将来自 gINT 和地面传感器的数据导入到 PLAXIS 中，该团队创建了地层模拟并完善了设计。
- 项目团队决定使用桩-筏地基，并使用三维建模来预测各个桩的性能。

## 投资回报

- 在 gINT 内进行岩土工程研究，使附近结构上的土体位移保持在政府限制的范围之内。
- PLAXIS 支持公司简化支撑结构，将钻孔桩上的荷载减少 30% 至 35%。
- 将 PLAXIS 用作一体化的土体和结构解决方案，节省了时间，并且避免了使用其他软件。

# Arup Singapore 利用三维地层模拟设计加拿大最高摩天大厦的地基

项目团队借助 Bentley 应用程序避免使用多个软件平台，节省了人工时

## 复杂的地层与结构为地基施工带来挑战

Arup Singapore Pte. Ltd. 是总部位于伦敦的 Arup Group Ltd. 的分公司，该公司为全球提供工程、建筑、设计、规划、项目管理和咨询服务，在 143 个国家/地区都有完成项目的经验。GuocoLand (Singapore) Pte. Ltd. 与 Arup Singapore 签订合同，为项目开发提供土木工程和结构服务，其中包括该国最高的摩天大厦。

耗资 32 亿新元的国浩大厦，前身为丹戎巴葛综合发展大厦，包括一座 64 层，290 米高的商住两用楼、一座中层酒店、一座六层商业裙楼和一个三层地下室，可直接通往已建成的大众捷运（地铁）车站。该开发项目规模庞大、结构复杂，且位于新加坡繁华的中央商务区的中心地带。

在开始阶段，开发人员意识到该地区的岩土问题是一项巨大的挑战。该地区地层包括白云岩、石灰岩、泥岩、砂岩和页岩，具有很高的渗透性，并且构成成分有很大差异。地下室和地基开挖的大量土方会带来周围区域土体变形的风险。

由于在已经非常拥挤的空间中进行越来越多的地下空间开发，新加坡地方当局要求地铁结构的位移在任何方向上最大不得超过 15 mm，而地铁结构需要在整个施工过程中持续正常运行。此外，距施工场地仅 20 米的一排商户的最大移位不得超过 25 mm。“这些商店已有百年历史，被视为新加坡的文化特色，” Arup Singapore 高级岩土工程师 Ei Sandar Aung Win 表示。

## 借助 gINT 进行深度开挖

Arup Singapore 确定该项目将需要使用可靠的岩土工程解决方案对地下地层条件进行详细分析，帮助团队建造坚实的地基，以解决开挖对老旧结构的影响。但是，团队完成该项目的紧迫时间很紧迫。为了克服这一挑战，Arup Singapore 部署了 Bentley 的 gINT 岩土工程和地质环境软件来管理整个工程中的数据。借助 gINT，项目团队考察了复杂的沉积岩层，使岩土工程师更详细地了解开发中任何给定区域的土壤特性。此功能还帮助工程师确定每个区段所需的特殊

测试，帮助团队负责人轻松将发现结果传达给项目相关人员。在完成地面调查工作后的短短一周内，该团队就能够编制一份完整的岩土工程勘察报告，对所有土体特性和地面风险进行评估。

gINT 研究表明，地面状况良好。但是分析还表明，这座 290 米高的摩天大厦需要深挖地基，以避免影响附近地铁车站的筏板地基。理想情况下，地基会对地面的影响降到最低，且具有足够的弹性，能让摩天大厦的施工正常进行。Arup Singapore 选择了筏板与大量地桩结合使用的设计。“结合使用筏板可以进一步优化桩，保证大厦的沉降保持在可接受范围内，”工程师 Ei 表示。

在施工阶段，承包商提出了一个有序开挖的流程，将开挖区域分为几个子区域：地铁车站两个子区域，大厦和酒店各一个子区域，这样可适当控制围护墙的挠度和施工速度。但是，这将对土体位移和初始设计预测将产生重大影响。

## 准确预测土壤行为以简化设计

Arup Singapore 将来自 gINT 和实际现场勘察记录的数据直接导入到 PLAXIS 中，以创建地层模拟并完善初始设计，这有助于项目团队使用通过 PLAXIS 2D SoilTest 输入的数据，更准确地预测土体应力和地表变形。借助 PLAXIS 3D，项目团队可以更有效地考虑拟定的桩-筏地基、分阶段开挖和现有结构之间的复杂相互作用。Arup Singapore 使用独立三维模型作为整体地基模型的补充，通过现场荷载测试数据进行校准并模拟各个桩的性能。此外，借助 PLAXIS 3D 的迭代功能，Arup Singapore 可以更准确地计算土壤值，并提供符合实际情况的筏板作用，从而预测大厦随时间的沉降。

Arup Singapore 将 PLAXIS 用作一体化的土壤和结构响应解决方案，节省了人工时，并且避免了使用多个软件平台。该组织还使用该软件证明，开挖影响和受影响范围将小于常规分析预测的程度。这些结果加速了交付过程，并且免除了评估影响和加固工程的需要。

“Bentley 的岩土工程软件通过数字化 workflow，改善了设计方法并提高了效率，帮助我们为地下室施工提供安全且具有成本效益的解决方案，同时解决了施工期间遇到的场地问题和挑战。”

— Ei Sandar Aung Win,  
Arup Singapore  
高级岩土工程师

有关 Bentley 的详细信息，请访问：  
[www.bentley.com](http://www.bentley.com)

**北京**  
北京市朝阳区建国路 81 号华贸中心  
1 号写字楼 14 层 03-06 单元  
电话：(86 10) 5929 7110  
传真：(86 10) 5929 7001/2  
邮政编码：100025

**北京研发中心**  
北京市海淀区中关村南大街甲 18 号，  
北京国际大厦 D 座 5 层  
电话：(86 10) 8214 3000  
传真：(86 10) 8214 3001/2  
邮政编码：100081

**上海**  
上海市静安区延平路 135 号  
静安 VE 大厦 B505 室  
电话：+86 21 2287 3800  
邮政编码：200042

**深圳**  
广东省深圳市南山区科发路 19 号  
华润置地大厦 D 座 6 层 137 室  
邮政编码：518000

**大连**  
大连市高新园区七贤路 2 号  
嘉创大厦 1801-03 室  
电话：(86 411) 8479 1166  
传真：(86 411) 8479 7700  
邮政编码：116024

**西安**  
陕西省西安市雁塔区唐延路 11 号  
西安国寿金融中心 6 层 01-02 室  
邮政编码：710000

**香港**  
香港九龙尖沙咀广东道 9 号  
港威大厦 6 座 36 楼 3607 室  
电话：(852) 2802 1030  
传真：(852) 2802 1031

**Bentley**  
Advancing Infrastructure

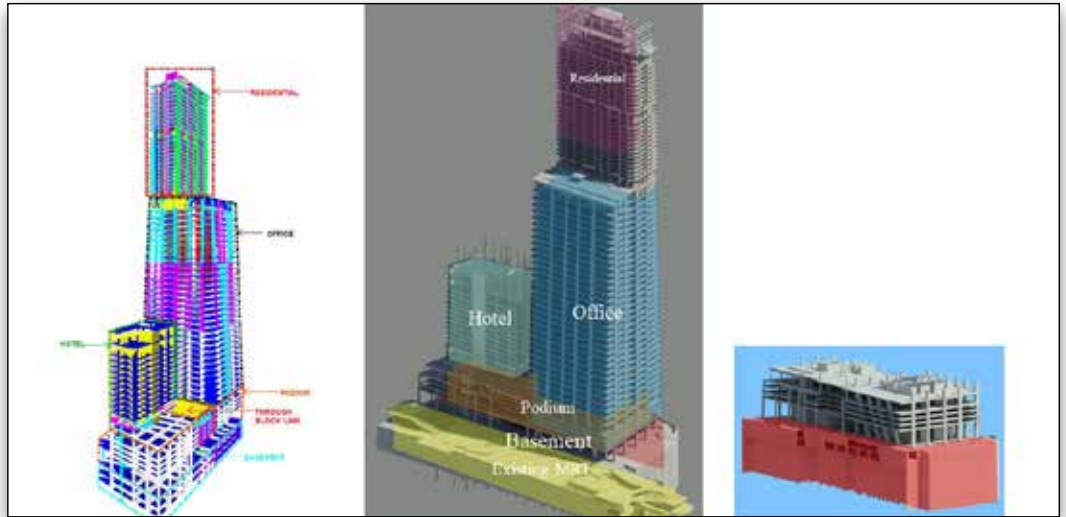
在 PLAXIS 内工作还帮助项目团队简化了开挖和地基设计。工作开始后，由于场地限制，承包商要求 Arup Singapore 省略原本的土堤和某些斜角撑。为了满足此要求，项目团队分析了现场数据并将其与 PLAXIS 中的模型进行比较，确定在没有这些功能部件的情况下设计仍然可行，而不需要其他加固措施。

### 内置传感器使土体位移远低于规定的限制

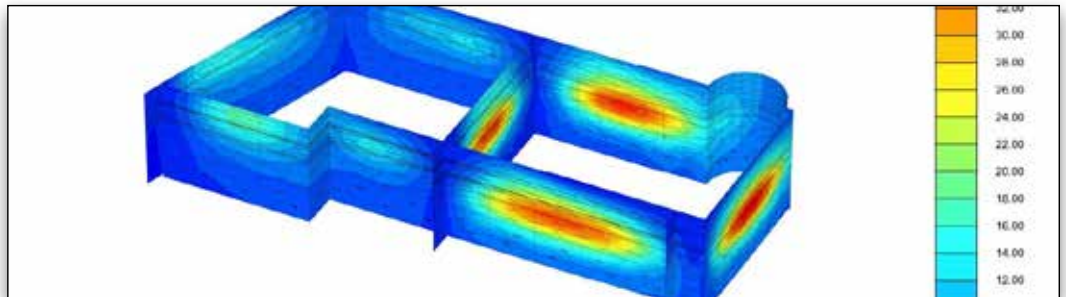
Arup Singapore 在施工中和施工后持续使用特殊仪器（例如，在筏板下安装扁平腔体，压力计和应变仪）来测量地基性能。这些仪器显示，借助 PLAXIS 的三维建模，即使开挖位置距离车站墙壁只有 6 米，Arup Singapore 仍可以将地铁结构的移位保持在 10 mm

以内。此外，周围区域的地面沉降保持在 20 mm，也远低于地方管理部门要求的标准。将桩-筏模型整体考虑到 PLAXIS 3D 中，有助于优化桩的贯入深度，并将钻孔桩上的荷载减少 30% 至 35%。此外，考虑到地上和地下结构的不均匀性，该模型还使 Arup Singapore 能够优化每个荷载区筏板的厚度。

国浩大厦综合建筑群于 2016 年完工，该大厦已成为新加坡的地标性建筑之一。该项目施工展示了岩土工程应用程序和其他先进技术如何推动工程创新。Arup Singapore 的分析和设计工作有望成为将来类似开发的参考样本。



国浩大厦三维渲染与可视化



运用 PLAXIS 为开挖和地基进行合理计算