

Bentley
Advancing Infrastructure



项目概要

组织

Golder Associates Hong Kong Ltd.

解决方案

岩土工程

地点

中国，香港

项目目标

- 在新的填海造地土体上建造世界上最大的海底 TBM 隧道之一。
- 控制隧道施工期间的地面位移以及 120 年使用寿命内的隧道衬砌变形。

项目解决方案

gINT®、HoleBASE、MicroStation®、PLAXIS®

快讯

- 屯门至赤鱓角连接隧道连接香港，将屯门和香港国际机场之间的车程缩短至仅需 10 分钟。
- Golder Associates 需要在海面以下 55 米处建造一条长 4.1 千米的隧道，克服新填海造地土体复杂的岩土技术挑战。

投资回报率

- 借助 PLAXIS 3D，Golder Associates 减少了控制隧道椭圆形所需的条形桩的数量，缩短了施工时间，节约了施工成本，并将二氧化碳排放量减少达 1,500 吨。
- 土体行为和隧道开挖的逼真建模，使团队能够更好地预测隧道开挖后的地面和隧道衬砌位移情况，这得到了实测监测数据的证实。

Golder Associates 加固在新的填海造地土体上建造的世界最大的海底 TBM 隧道之一

使用 Bentley 的岩土工程应用程序精细建模，确保质量、安全性和 120 年的使用寿命

建造海底隧道，推动香港交通提速

为改善香港的道路交通状况，当地政府决定修建屯门至赤鱓角连接隧道。这条公路连接新界西北部、香港边界过境设施、港珠澳大桥、香港国际机场和北大屿山。屯门至赤鱓角连接隧道的设计必须围绕现有的公路、海岸线和长达 55 千米的港珠澳大桥进行，包括斜拉桥、四座人造岛屿和一条海底隧道。这样的话，屯门至赤鱓角连接隧道就必须包括一条双向两车道海底隧道，其深度打破了记录，为地表以下 55 米，长度为 4.1 千米，总开发成本为 61 亿美元。

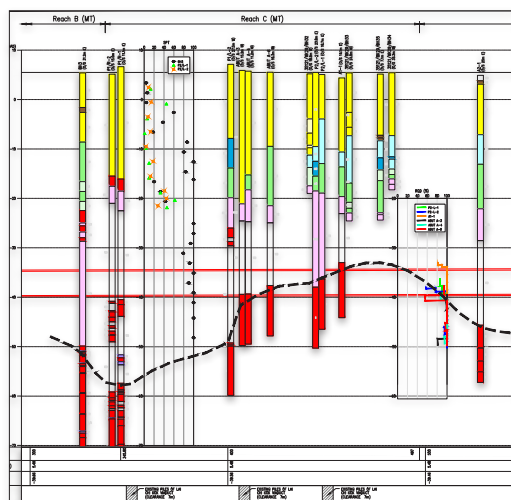
Golder Associates Hong Kong Ltd. 负责在南部边界过境设施填海造地土体上建造双向隧道所需的岩土工程设计和分析工作，这项工作需要使用一台全球最大的隧道掘进机，钻头直径 17.6 米，还需要两台小一些的隧道掘进机，钻头直径 14 米。此外，还需要一

台小得多的隧道掘进机，钻头直径 3.6 米，共计钻出 57 个交叉通道。为完成南部填海造地土体的隧道定线，Golder Associates 需要进入由石柱支撑的海堤以下，位于通风建筑物的下方，再进入连接通风竖井的管道，周围地质条件相当复杂。此外，从地面到隧道顶部的距离从 28 米到 42 米不等，水压很高。这些情况带来了许多岩土工程挑战，项目团队必须克服这些挑战。

在南部填海造地土体的复杂地质状况下进行隧道挖掘

南部填海造地土体的地面状况包括软质海洋沉积物、冲积层、完全分解的花岗岩和岩石。隧道地平线位于冲积黏土层和砂层中。由于南部填海造地土体是在 2013 年至 2015 年完成的，竣工不久，Golder Associates 在对贯穿于南部填海造地土体下方的分段式隧道衬砌进行岩土工程和结构设计时，不得不考虑黏土层中任何残余的固结和蠕变沉降。设计标准之一是在 120 年的设计寿命内，残余沉降小于 500 毫米。

Golder Associates 公司知道传统岩土工程方法不足以满足需求的另一个原因是，他们需要在这个项目中完成隧道开挖工作。在南部新填海造地土体开挖隧道时，必须保持足够高的泥浆压力，以确保隧道开挖面稳定，并使设计体积损失率低于 2%。因隧道开挖导致的体积损失率的实测值通常小于 1%。按隧道定线优化的长度和间距，在隧道起拱线上安装了条形桩，确保隧道椭圆度在其使用寿命内保持在隧道直径的 1% 以下。



Golder Associates 使用 Bentley 的岩土工程信息管理应用程序，如 gINT 和 HoleBase，处理了数百个钻孔、现场测试和实验室测试

“Bentley 的岩土工程
产品助力成功建造世
界上最大的 TBM 隧
道之一，克服了填海
造地土体的复杂地面
状况带来的挑战。”

——Golder Associates Hong
Kong Ltd. 负责人
Lee Siew Wei

有关 Bentley 的详细信息，
请访问：www.bentley.cn

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

上海
上海市静安区延平路 135 号
静安 WE 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：518057

大连
辽宁省大连市甘井子区黄浦路 512 号嘉
创大厦 14 层 1412 室
电话：(86 411) 8479 1166
传真：(86 411) 8479 7700
邮政编码：116085

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

官方微博：www.weibo.com/bentleysystems
知乎：Bentley 软件



微信公众账号：Bentley 软件

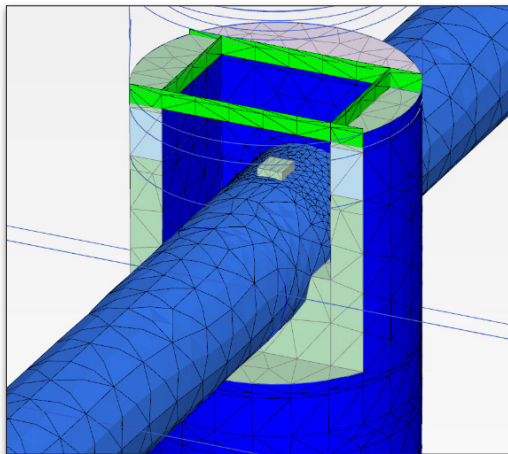


Bentley 软件市场活动

Bentley
Advancing Infrastructure

预测土体行为和沉降

在考虑了项目的复杂性和范围之后，Golder Associates 采用 Bentley 应用程序来设计这个富有挑战性的隧道施工项目。鉴于 PLAXIS 2D 和 PLAXIS 3D 在土体结构交互问题建模方面的多功能性和可信记录，他们使用其作为主要应用程序。软土蠕变模型用于预测黏土层的蠕变沉降，输入参数通过工地专用的高质量现场和实验室土体测试进行校准。对于其他土体，使用小应变土体硬化本构模型对非常小的应变所产生的土体刚度退化进行建模，预测在隧道挖掘过程中因卸载所产生的更真实的地面位移情况。这些高级土体本构模型与二维和三维隧道挖掘建模相



鉴于 PLAXIS 2D 和 PLAXIS 3D 在土体结构交互问题建模方面的多功能性和可信记录，Golder Associates 使用其作为主要应用程序

结合，由此带来的设计满足了所需的 TBM 开挖面泥浆压力，可以保持稳定性。此外，该设计还将确保 Golder Associates 能够控制地面位移，在尺寸、间距和长度方面优化支撑隧道的条形桩。该团队还设计了主 TBM 进出竖井和毗邻切割掩体隧道的突入和突出，以及小型 TBM 的突入和突出，以在两条主隧道之间建造交叉通道。

在解释和管理有关南部填海造地土体复杂地面状况的信息时，Golder Associates 使用 gINT 和 HoleBASE 处理了数百个钻孔、现场测试和实验室测试。这种做法生成了二维和三维地质模型、地质剖面图和等高线图，这些都是岩土工程设计所必需的。他们还使用 MicroStation 制作了施工工程图。

确保安全和质量，同时削减成本

通过在 PLAXIS 3D 中进行灵敏度和参数分析，Golder Associates 公司成功将控制隧道椭圆化所需的条形桩数量从 158 个减少到了 106 个，并将其中 46 个条形桩从 19.2 米缩短到了 16.4 米。这种优化节省了大约两个月的施工时间，减少了 1,500 吨的二氧化碳排放，节省了 1,600 万美元。该团队在隧道施工之前、期间及之后提供了高质量且全面的仪表监测数据。实测地面沉降量、横向位移量、孔隙水压力、隧道衬砌变形量与预测值基本一致，并且/或者小于预测值。

通过使用 Bentley 应用程序的数字化工作流进行信息管理、分析和建模，Golder Associates 得以助力屯门至赤鱘角连接隧道公路项目在 2020 年 12 月 27 日实现通车。新隧道使新界西北部到香港国际机场的距离缩短 22 千米，车程由 30 分钟缩短为 10 分钟。



通过在 PLAXIS 3D 中进行灵敏度和参数分析，Golder Associates 公司成功将控制隧道椭圆化所需的条形桩数量从 158 个减少到了 106 个