



岩土有限元与结构有限元交互迭代分析技术

刘志祥 北亚区首席岩土工程师/注册岩土工程师/博士

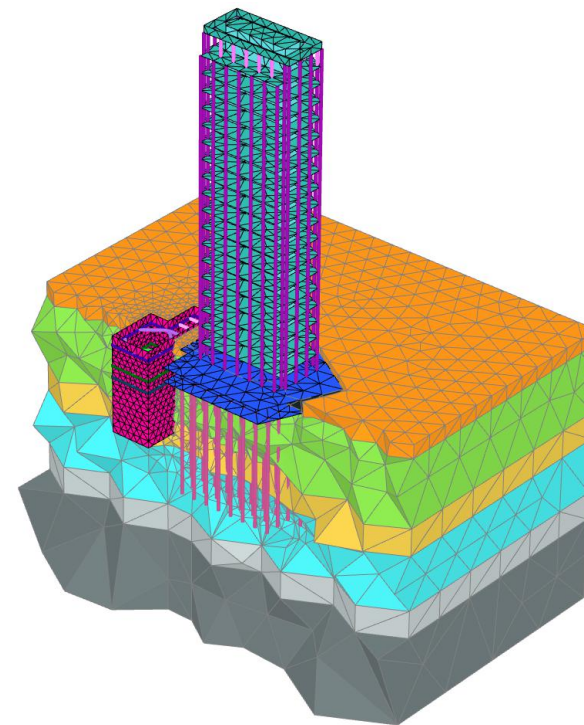
Bentley[®]
Advancing Infrastructure

主要内容:三个层级的岩土力学分析解决方案

岩土工程三维设计分析一体化

地层-结构协同作用的分析评估

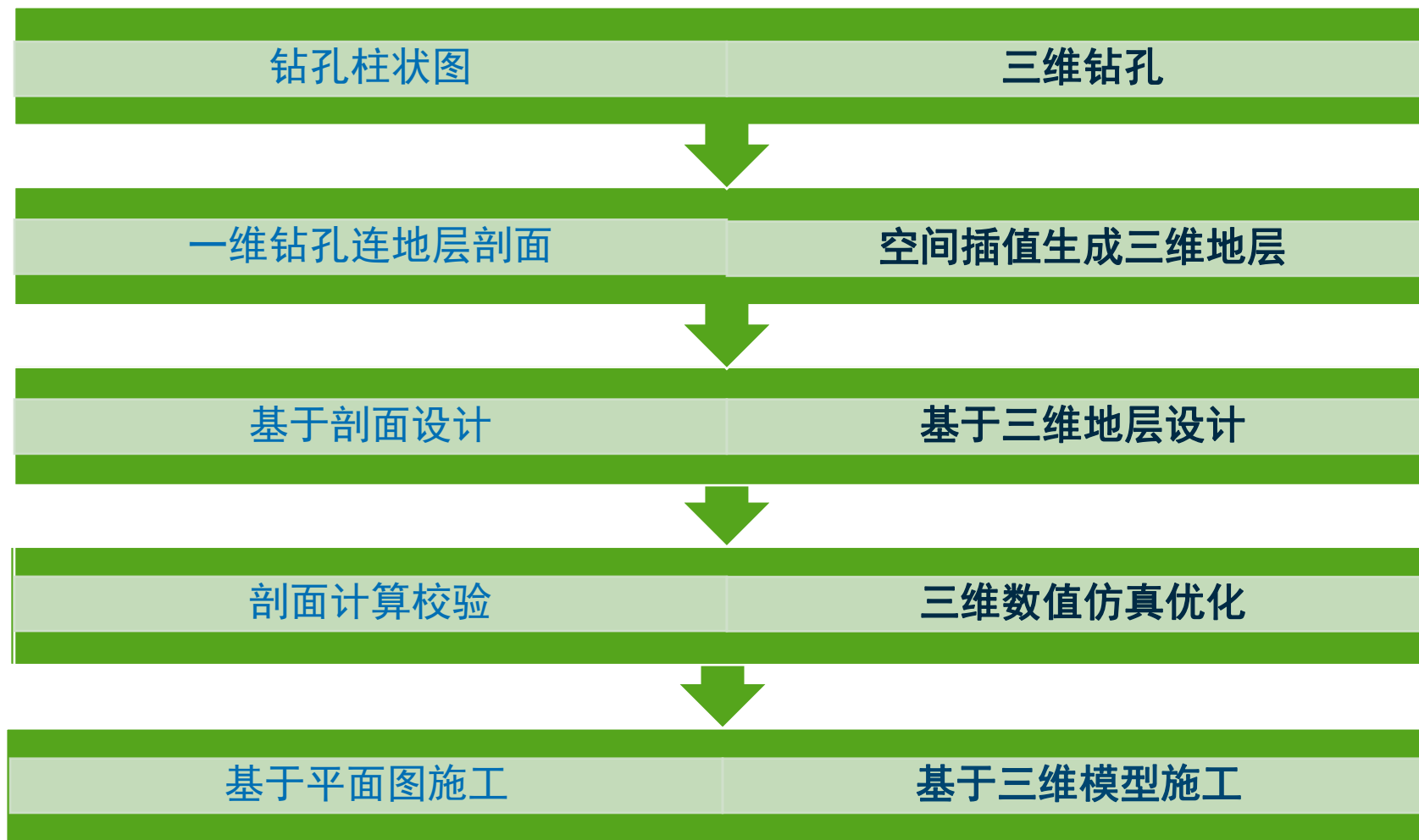
地上地下双模型耦合同步分析技术



Plaxis有限元网格模型

深基坑深基础三维设计分析流程

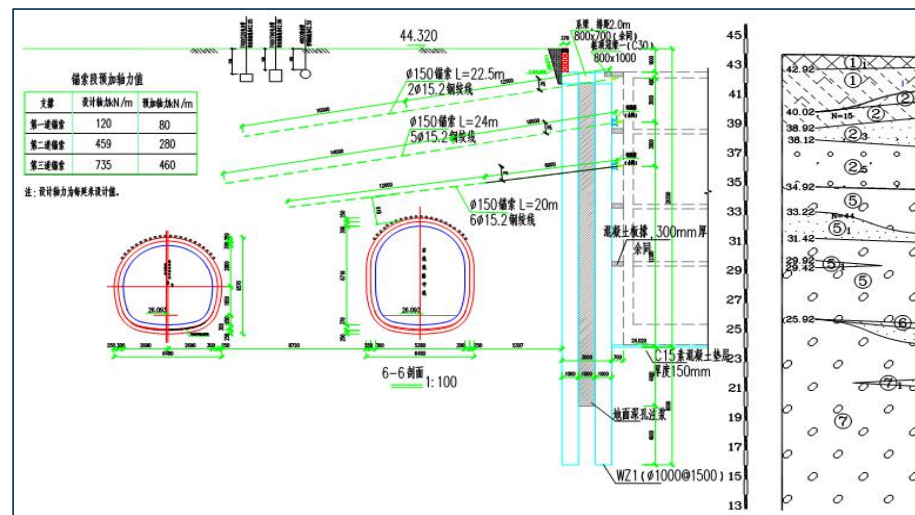
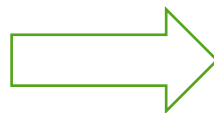
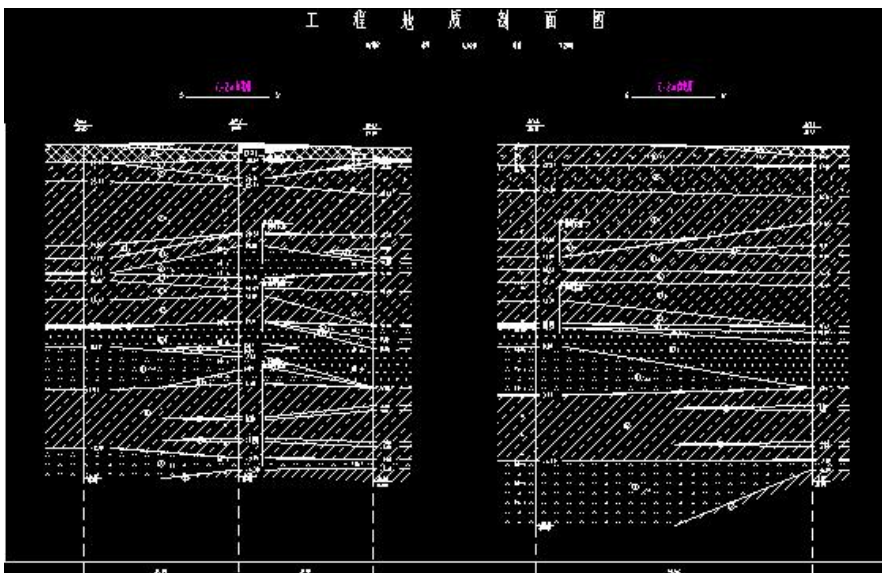
PLAXIS® 3D



现有岩土设计流程不足

基于二维会带来设计风险和成本浪费：

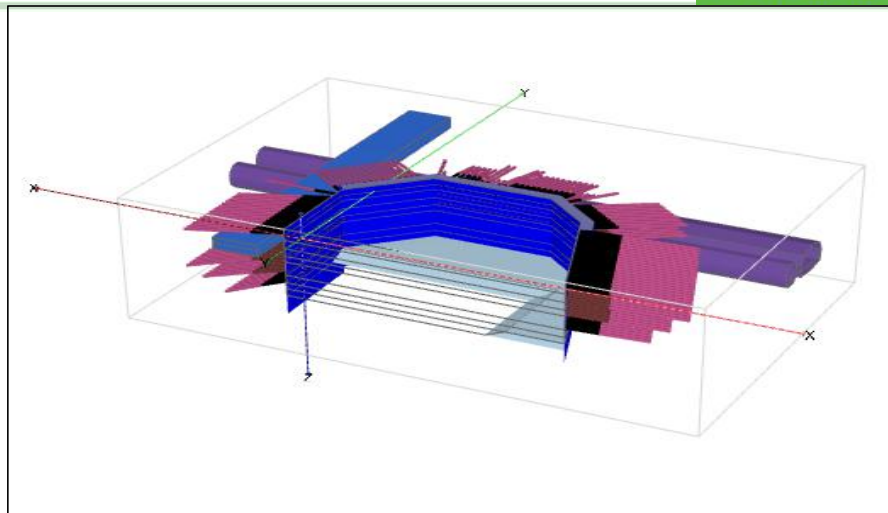
- 1) 隔水帷幕与含水层关系难以确定
- 2) 地层起伏带来的差异沉降
- 3) 锚杆与既有建筑关系难以确定



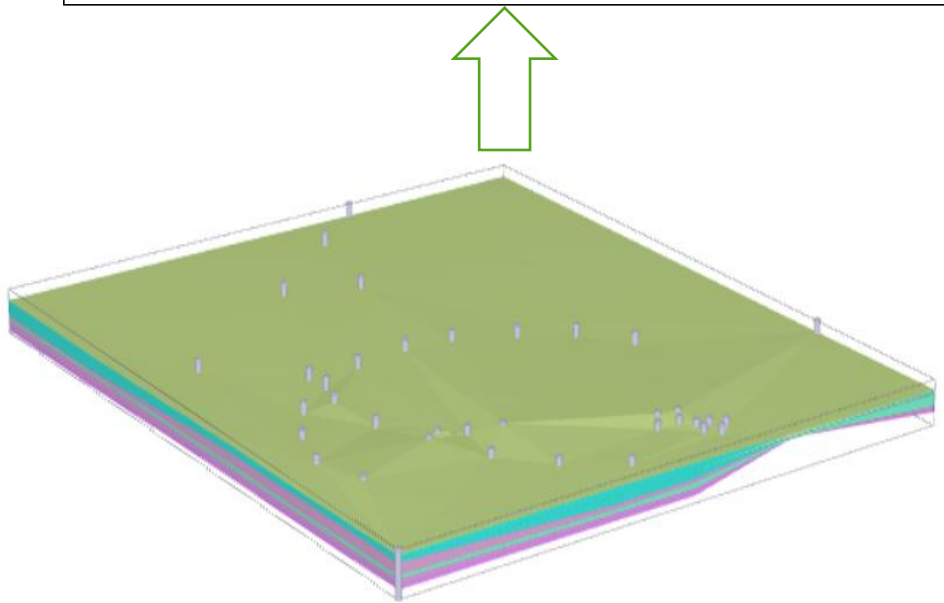
引入三维岩土设计的流程

PLAXIS® 3D

- 1、钻孔的地理位置+每个钻孔揭露地层数据
- 2、直接导入钻孔生成三维地层(如Plaxis3D)
- 3、结构与地质模型不会碰撞且直接分析优化
- 4、以dxf输出模型和剖面进行规范验算



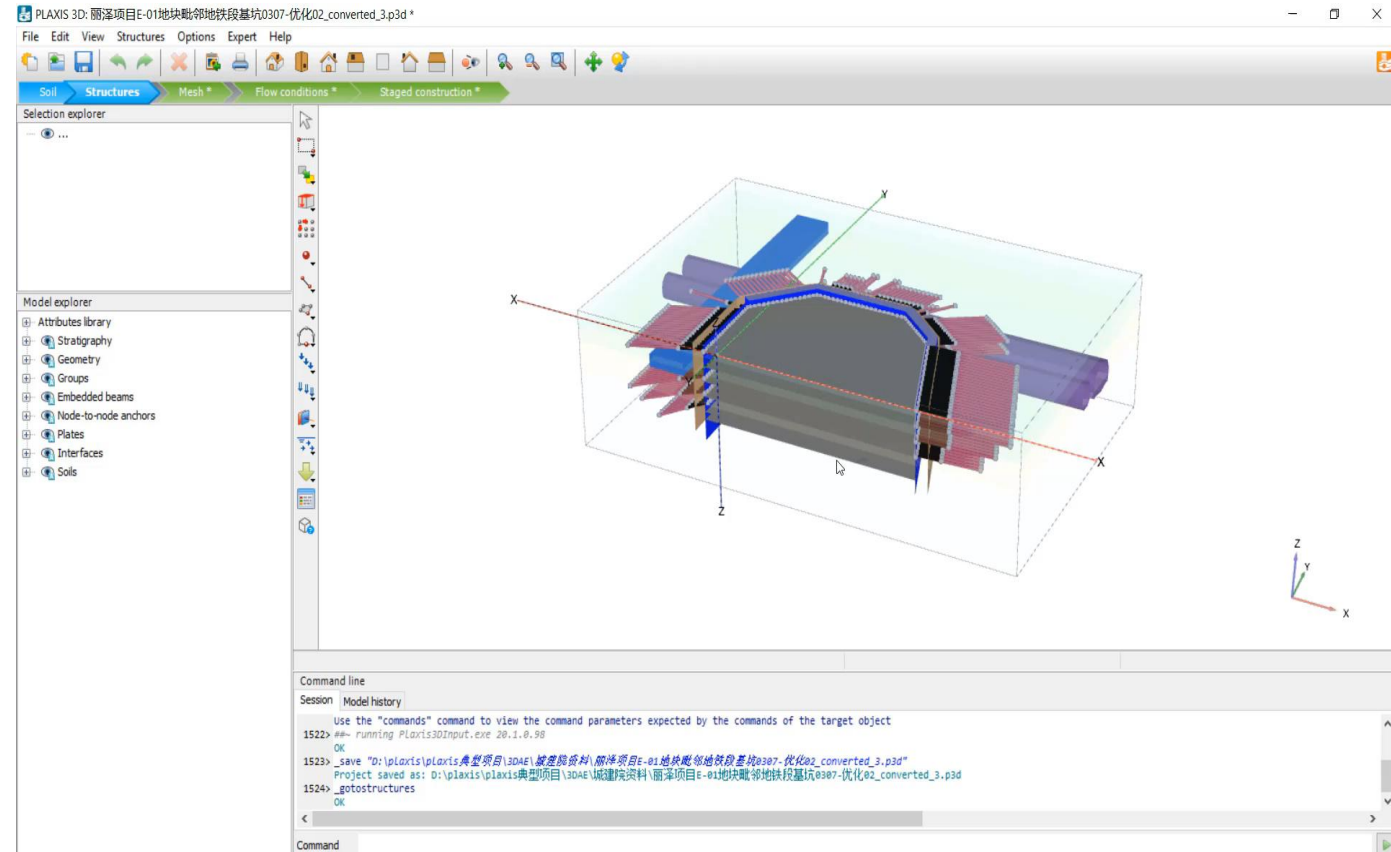
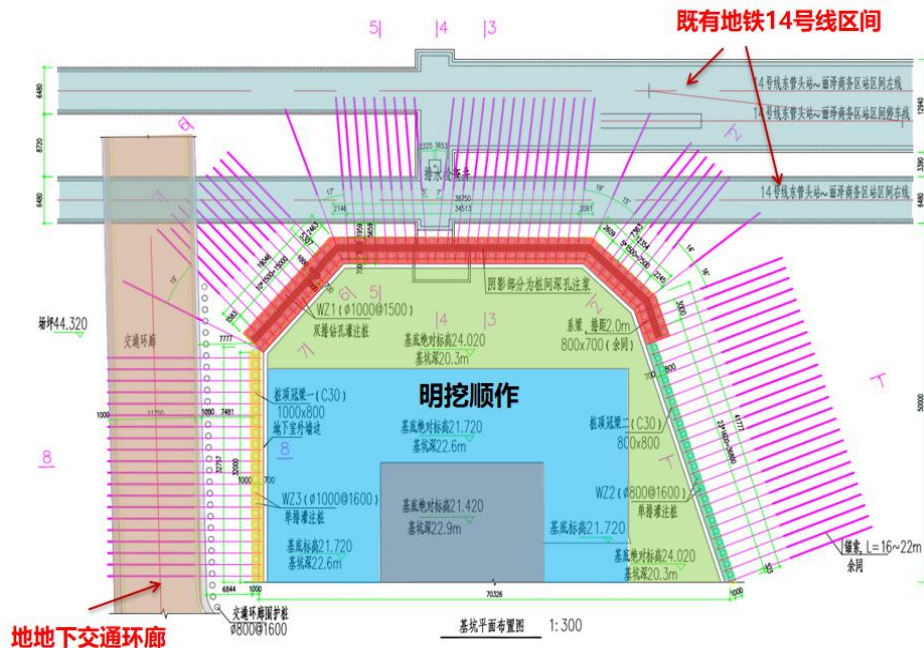
PointID	Elevation	HoleDepth	North	East
1	0	30	52.857	2.244
2	0	30	56.08	19.166
3	0	30	54.815	41.052
4	0	30	55.741	61.255
5	0	30	55.684	82.526
6	0	30	34.204	19.512
7	0	30	34.596	40.344
8	0	30	34.367	61.379
9	0	30	34.362	82.597



实例1-深基坑工程三维设计+分析

第一步、三维空间调整锚杆设计

- 1、三维空间中的锚杆与隧道的碰撞和最小净距一目了然
- 2、调整锚杆位置，优化过近锚杆的参数



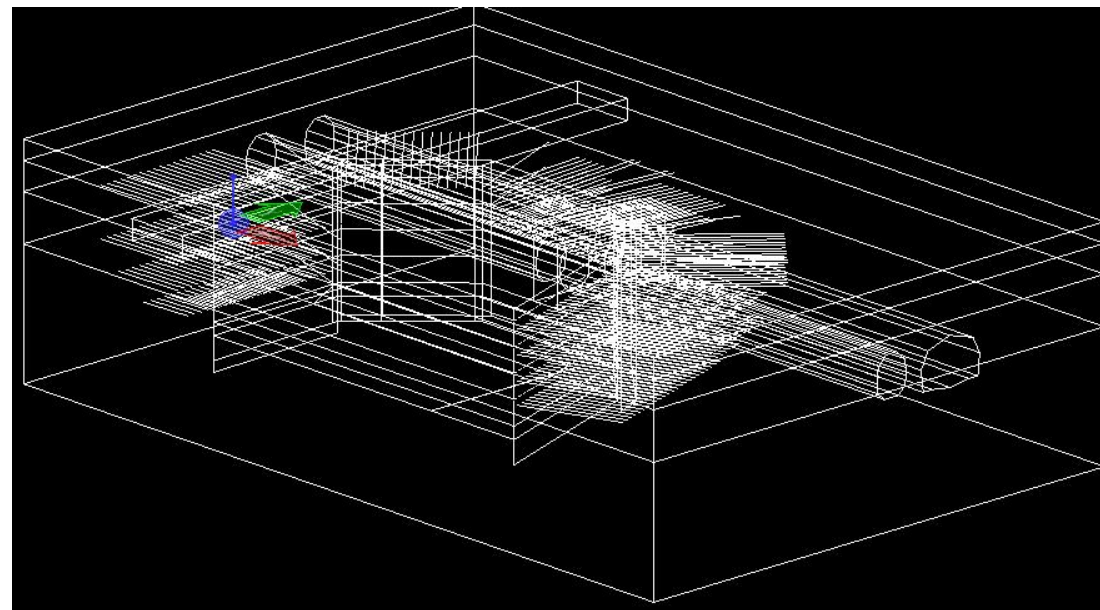
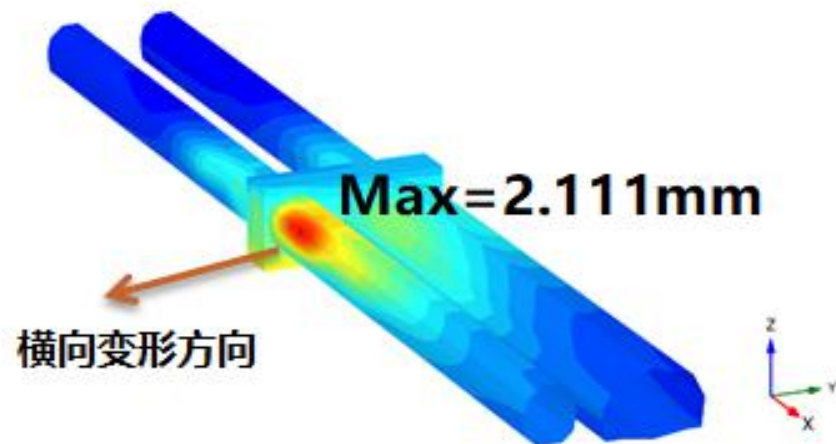
实例1-深基坑工程三维设计+分析

PLAXIS® 3D

第二步、基坑设计三维计算

- 1、双排桩及锚杆对既有车站的变形影响评估
- 2、三维模型调整挡墙深度和刚度，优化设计

第三步、输出dxf格式将最终模型返回设计软件

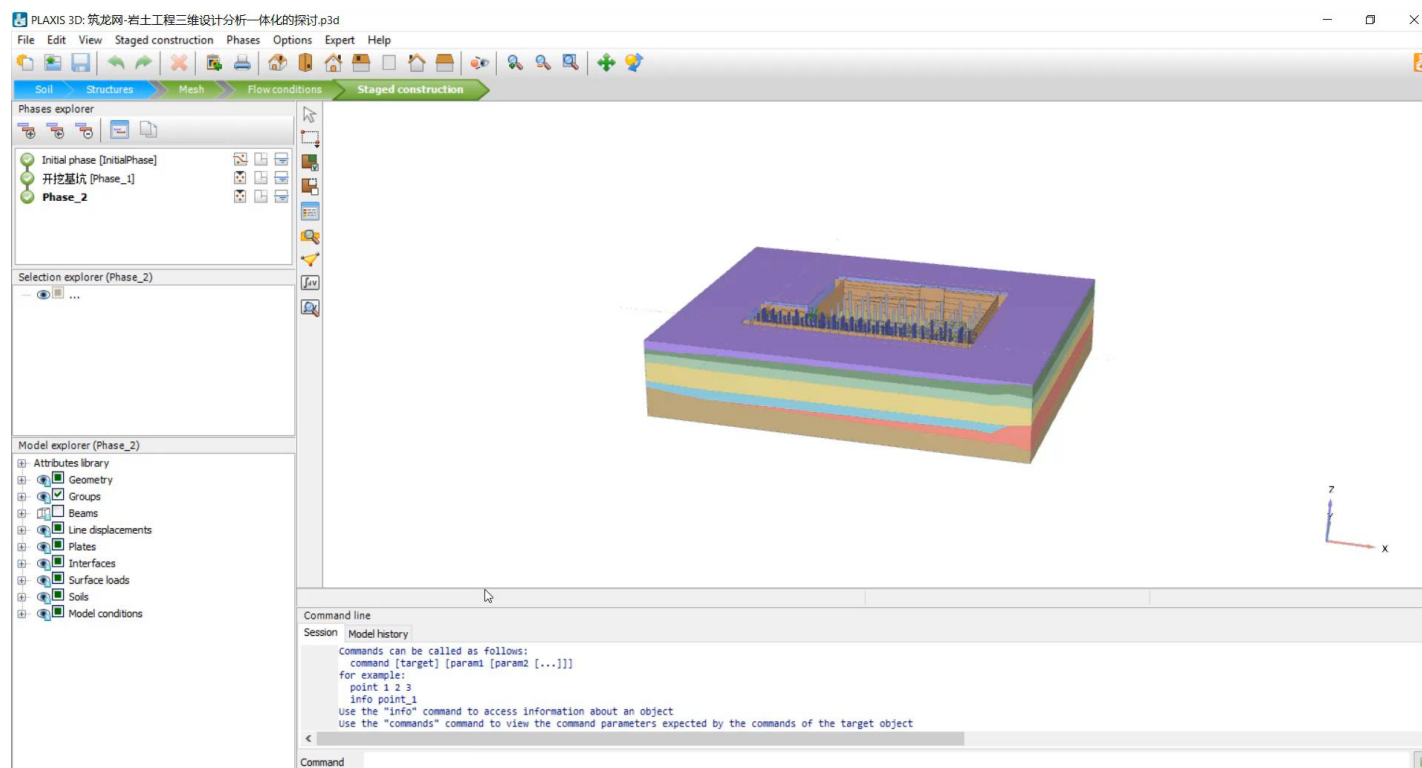


实例2-深基础-工程三维设计+分析

PLAXIS® 3D

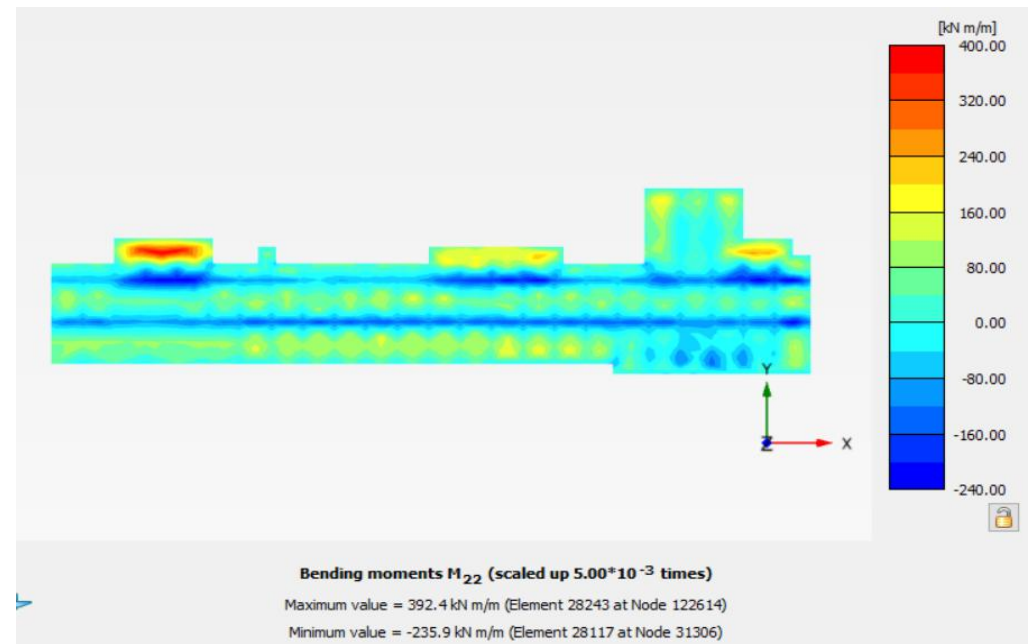
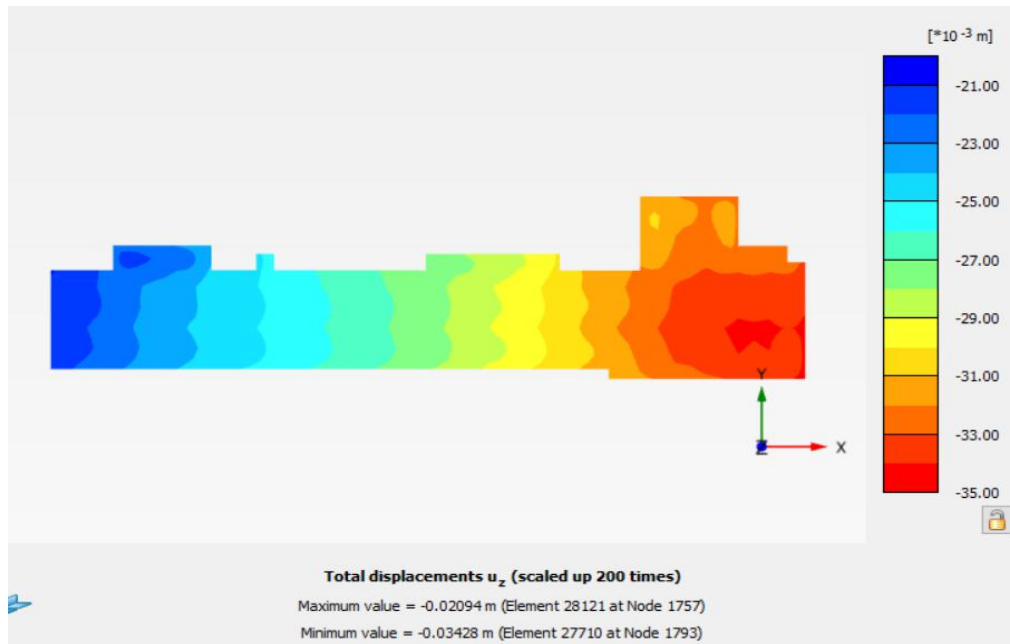
地层差异性强

- 1、地基以卵石层为主
- 2、多个钻孔揭露局部有厚度5m软土
- 3、需要确定钻孔软土分布
- 4、需要确认差异沉降
- 5、需要确定整体地基稳定
- 6、需要准确计算总沉降



实例2-深基础-工程三维设计+分析

- 1、确认天然地基仍然满足沉降和差异沉降（34mm，倾斜1.2‰）
- 2、基础底板应力重分布在可接受范围
- 3、节约工期与造价

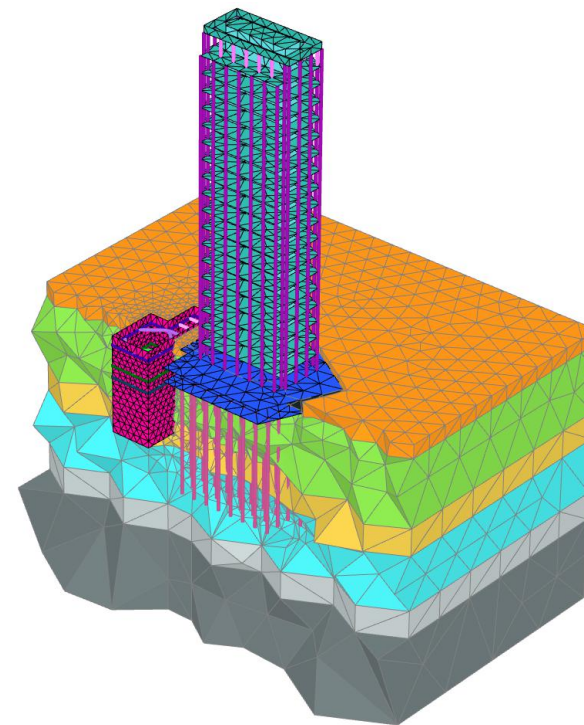


主要内容:三个层级的岩土力学分析解决方案

岩土工程三维设计分析一体化

地层-结构协同作用的分析评估

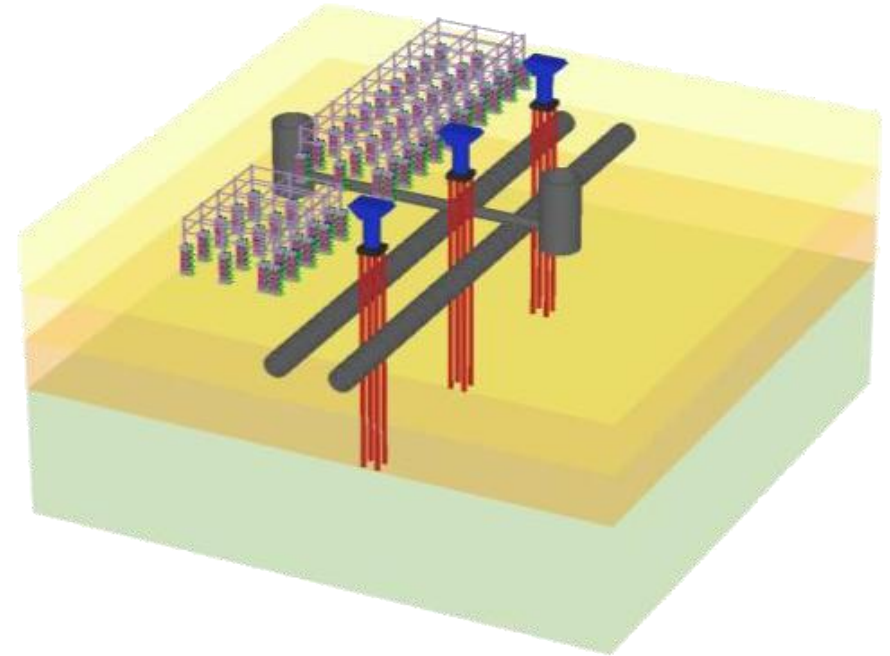
地上地下双模型耦合同步分析技术



Plaxis有限元网格模型

Plaxis建立三维整体有限元模型

- 1.充分考虑地层的分层与力学属性
- 2.真实考虑结构的主要力学属性
- 3.模拟深基础施工过程



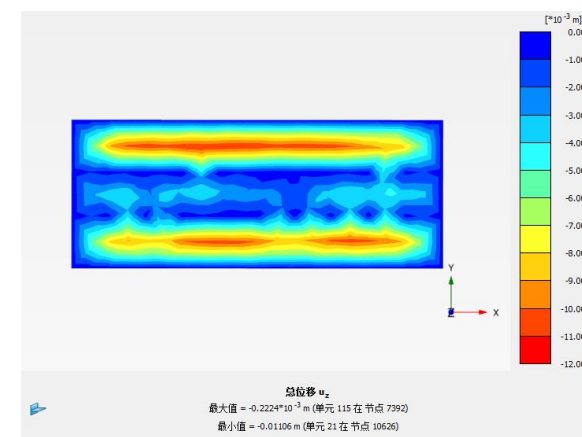
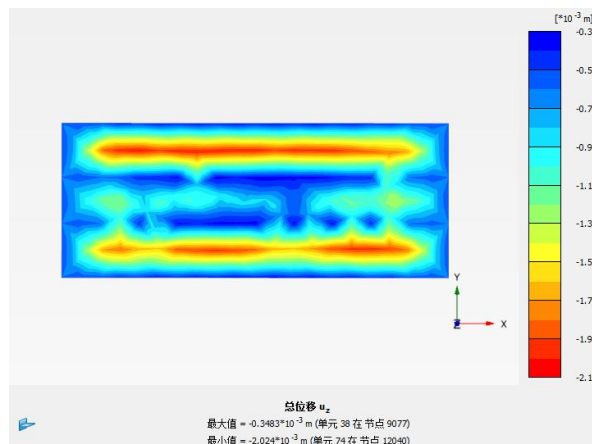
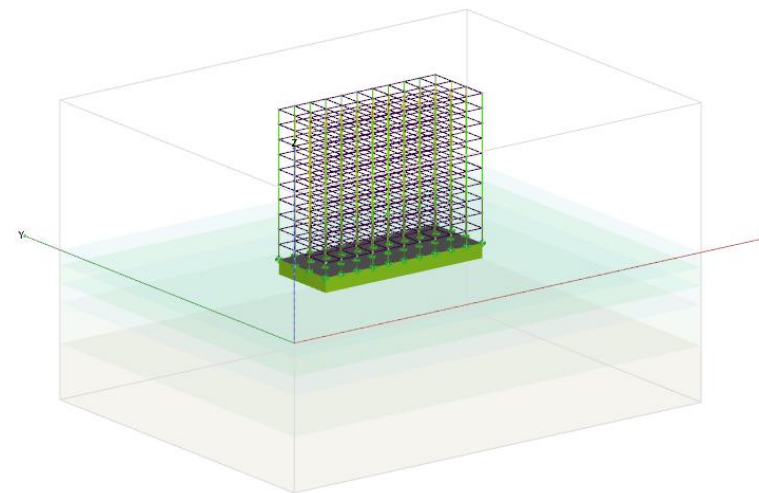
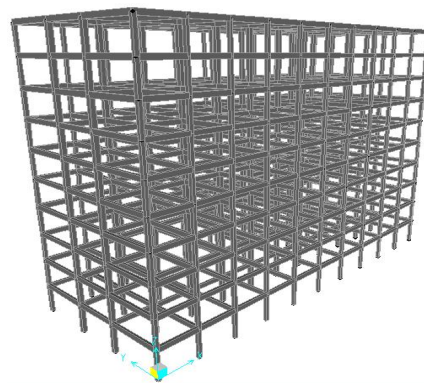
实例1：某多层建筑土-结构共同作用

PLAXIS® 3D

Plaxis单独建立结构模型输出结构内力误差0.032%

结构有限元模型与Plaxis中整体有限元模型对比：

土体与结构的整体模型计算出来的基础差异沉降显著减小，体现出整体模型下基础具有更好的抗弯刚度

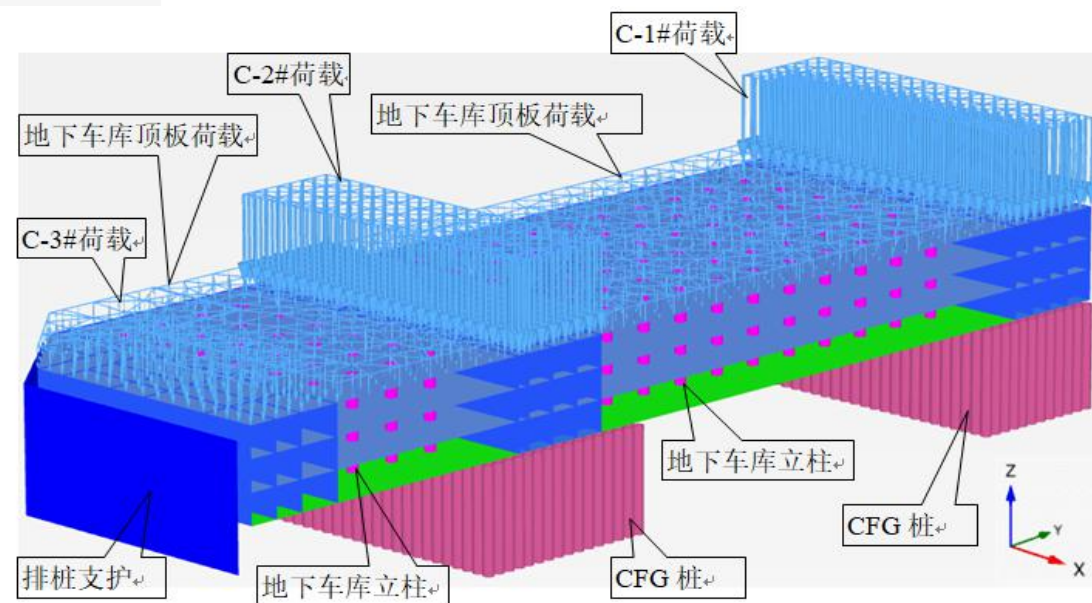
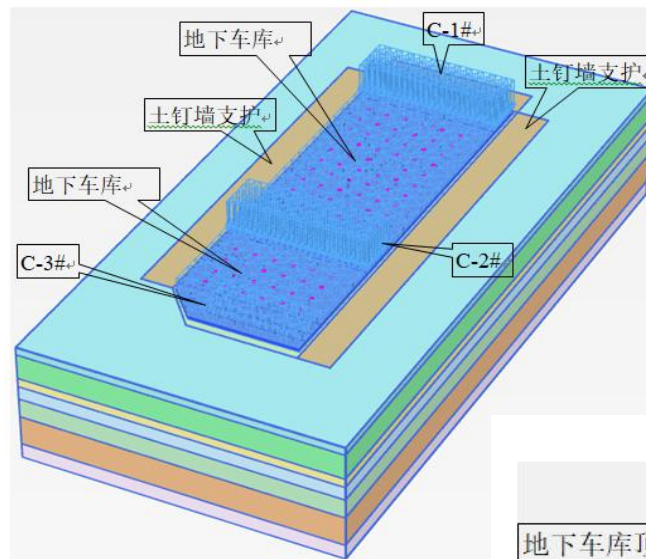


实例2：大型桩筏基础共同作用分析

地层考虑采用HSS非线性塑性本构

地下车库采用板、梁柱等单元建立，并采用界面单元考虑地下室与土体作用

整体基础筏板下的桩体采用embedded桩考虑与土体的共同作用

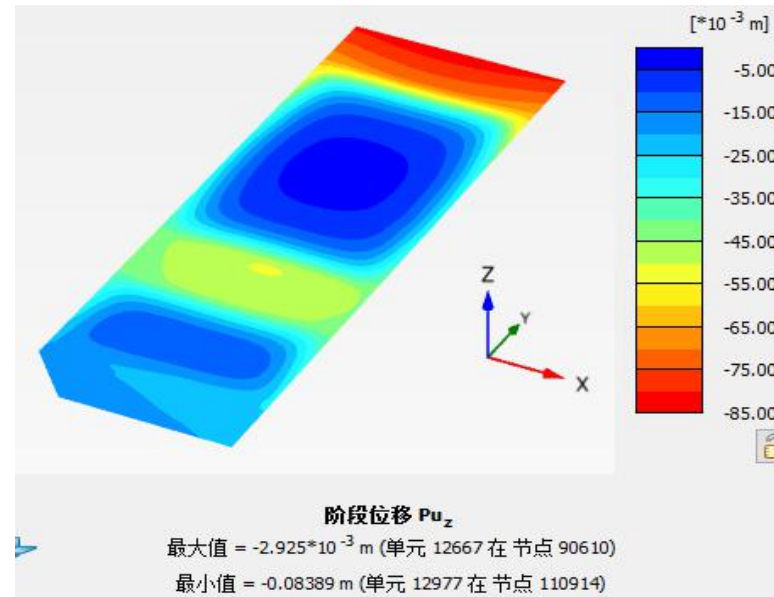


实例2：大型桩筏基础共同作用分析

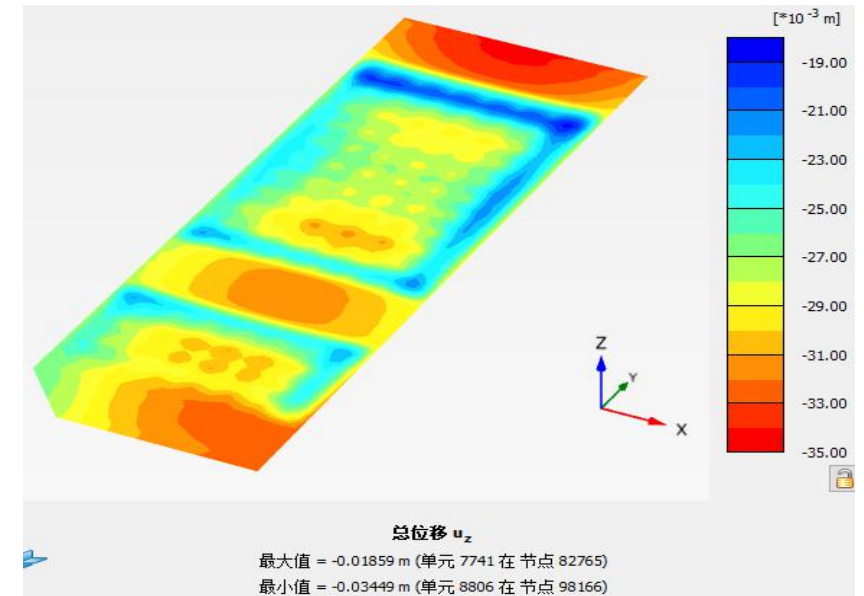
CFG桩复合地基处理后最大沉降控制到40 mm

CFG桩复合地基处理范围优化到主楼底板范围内

地基承载力和沉降变形仍可控制在设计要求范围以内



天然地基



复合地基

基础底板沉降

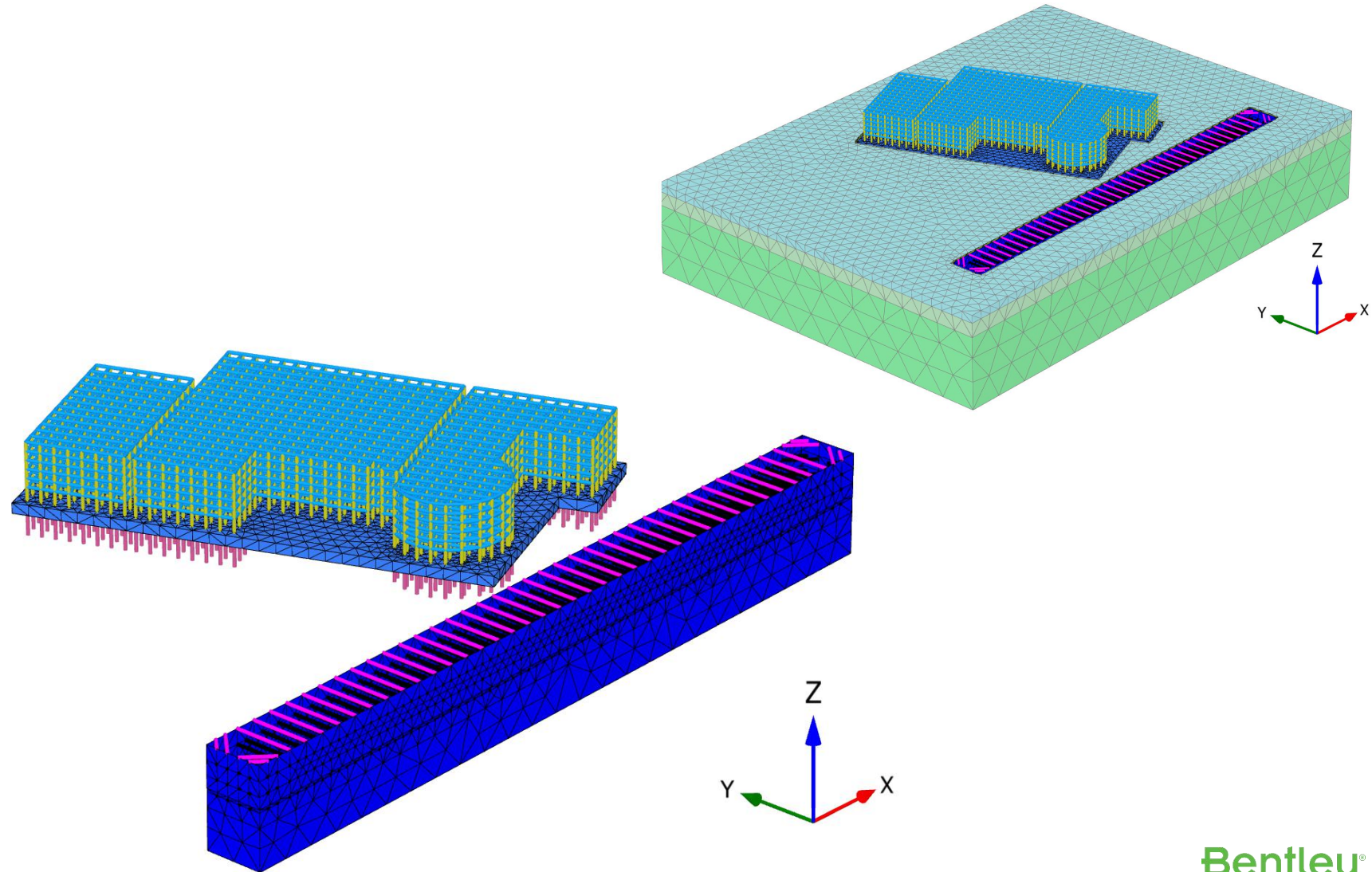
实例3：基坑开挖对临近建筑影响

PLAXIS® 3D

将某博物馆模型导入
Plaxis

临近新建地铁基坑

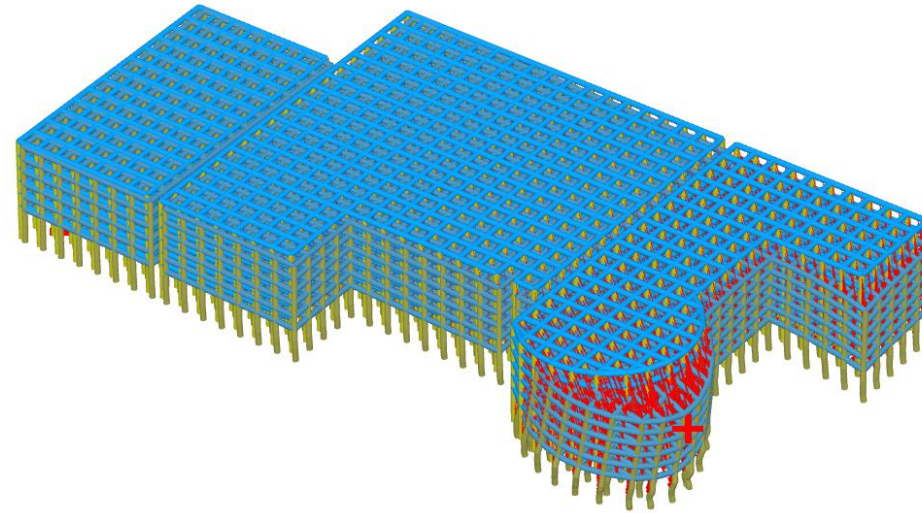
考虑开挖与降水对既有结构的影响



实例3：基坑开挖对临近建筑影响

结构受到基坑开挖发生显著差异变形

将基础的差异变形导入结构有限元中，亦可验证：受到邻近基坑开挖影响上部结构因支座变位导致额外的附加荷载作用，进而导致上部结构的内力重分布



总位移 $|u|$ (放大 1.00×10^3 倍)

最大值 = 0.01042 m (单元 1 在 节点 364)

实例4：天津周大福金融中心深基坑

PLAXIS® 3D

项目类别：超高层建筑基坑

项目特点：天津最深建筑基坑

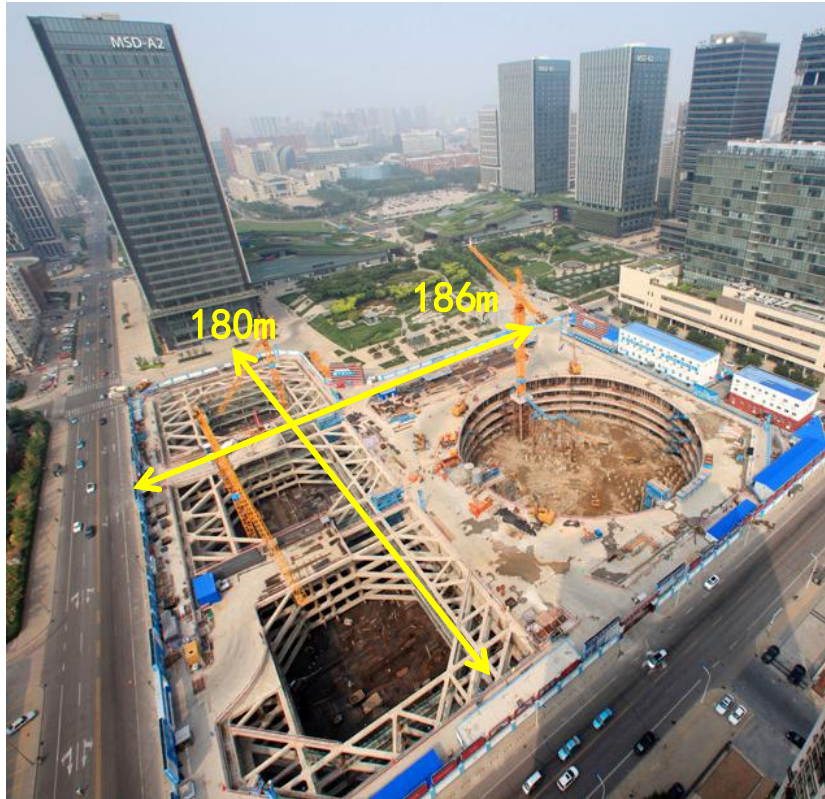
基坑平面：长186m宽180m

基坑深度：30m（地下4层）

开挖地层：淤泥、淤泥质黏土、
围护形式：地连墙+内撑

地下水控制：止水帷幕+坑内
降水

建筑高度：530m（96层）



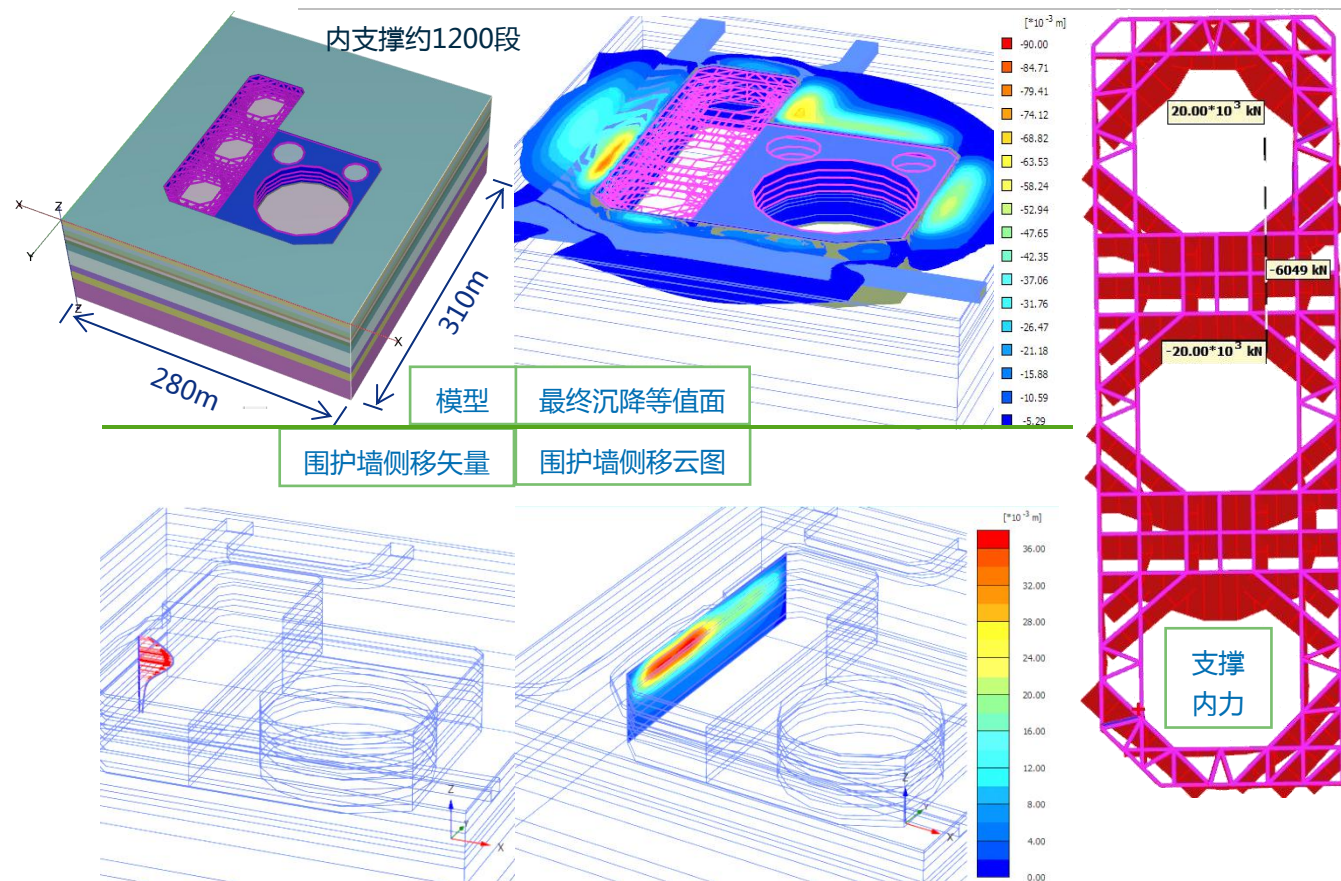
PLAXIS深基坑工程案例

PLAXIS® 3D

分析内容：
施工全程模拟
地层变形+结构内力

解决问题：
开挖方案优化比选
周边环境影响评估

应用价值：
优化双基坑开挖方案
实现对周边环境影响的
预知、预控

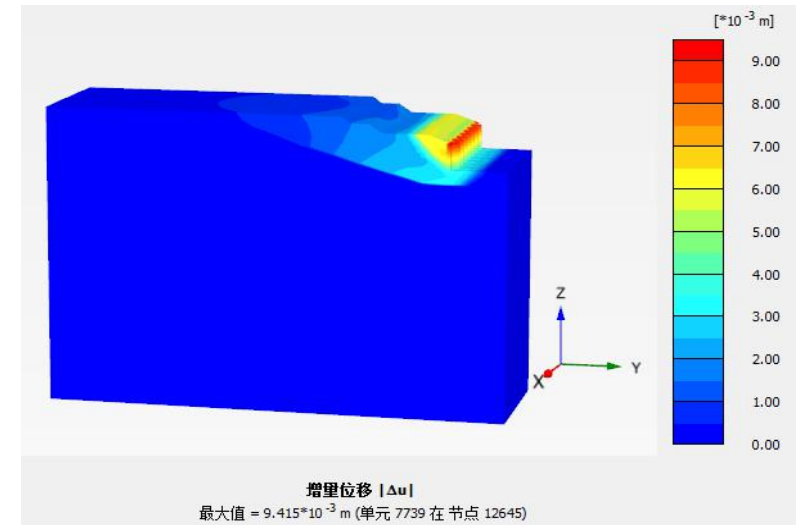
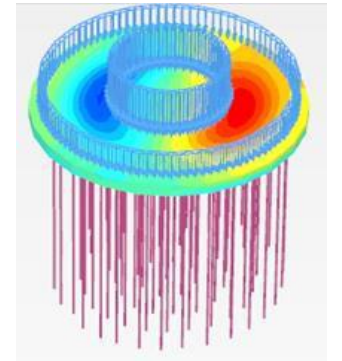
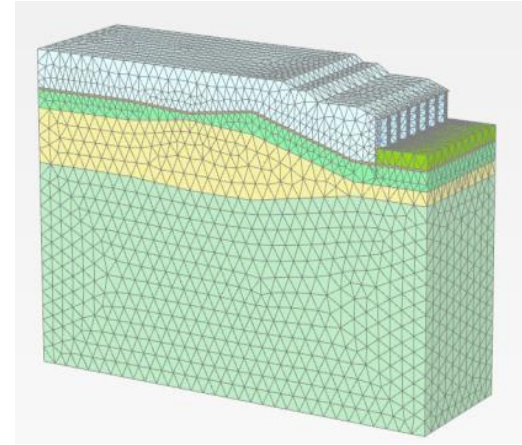
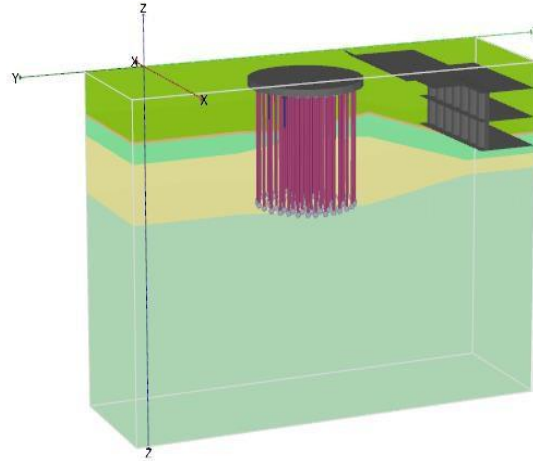


实例5：氧化铝仓基础与边坡相互影响

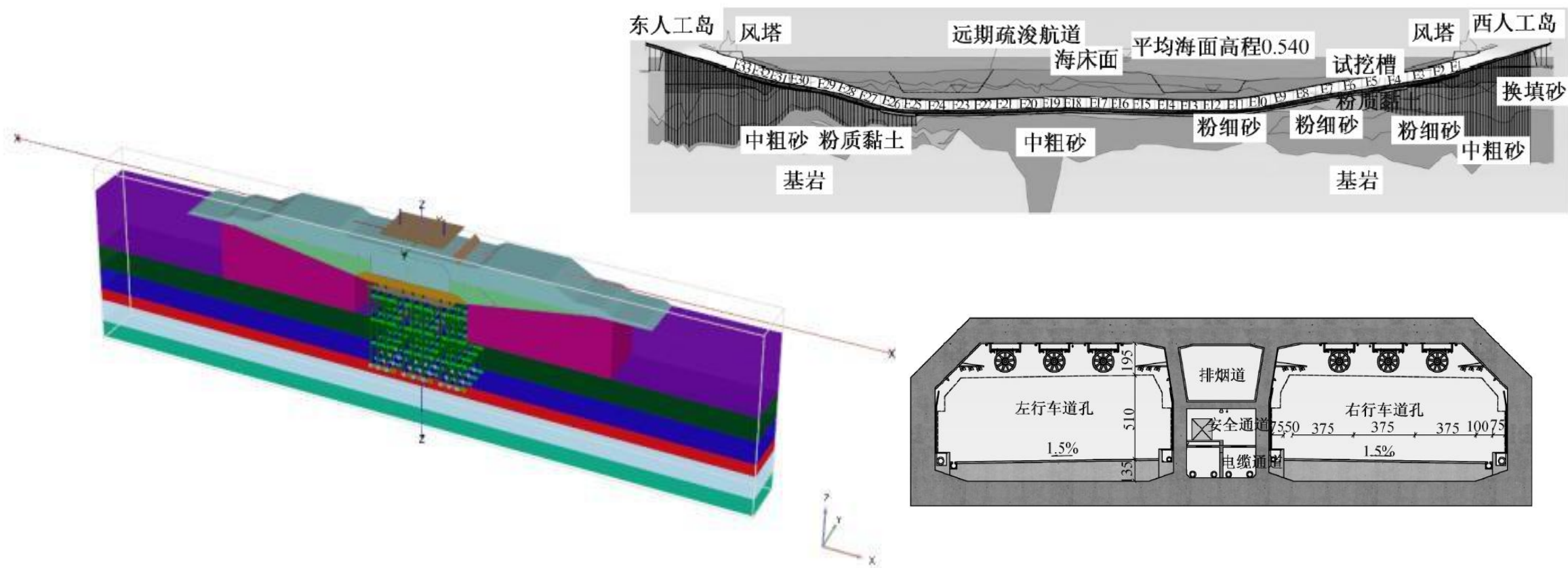
PLAXIS® 3D

分析边坡的失稳对桩筏深基础的影响

分析基础建造对边坡稳定性的影响



实例6 港珠澳大桥沉箱隧道钢管桩沉降分析



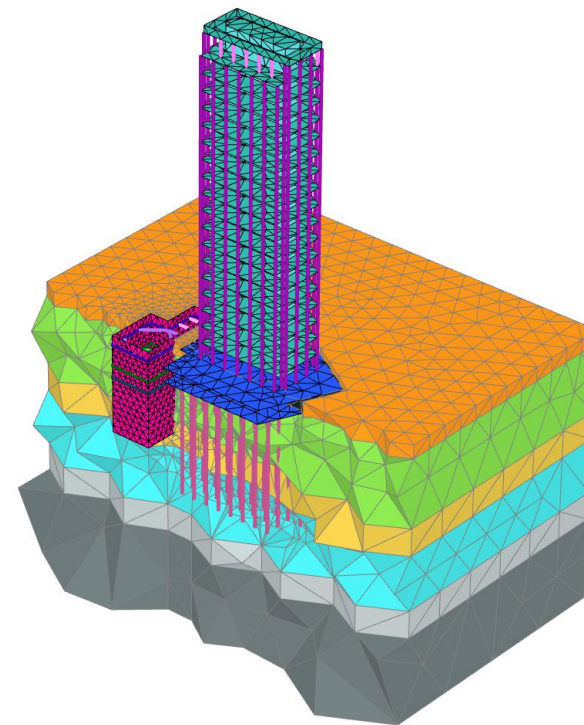
- 港珠澳大桥拱北沉箱隧道

主要内容:三个层级的岩土力学分析解决方案

岩土工程三维设计分析一体化

地层-结构协同作用的分析评估

地上地下双模型耦合同步分析技术



Plaxis有限元网格模型

地上-地下双模型耦合分析

原理：

上部结构由结构有限元分析（如Staad.Pro、Sap2000）

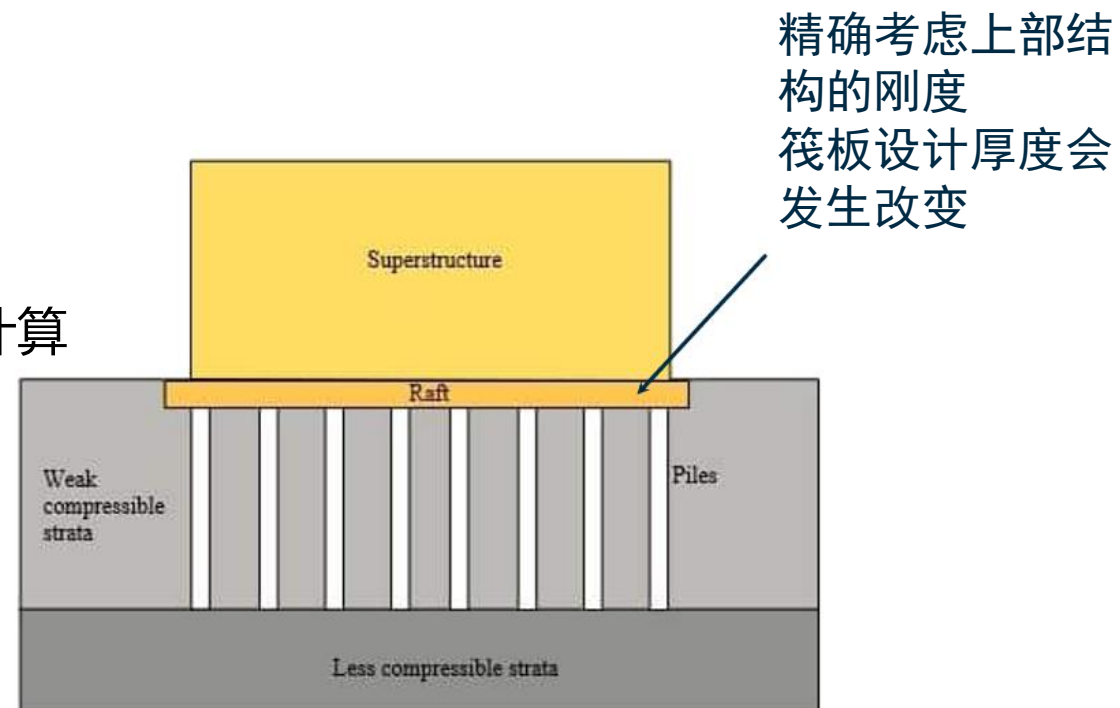
下部地基基础模型由Plaxis3D岩土有限元进行分析

结构底部约束以超单元自动映射到Plaxis中生成6向量荷载

Plaxis将结构力和弹簧常数返回给

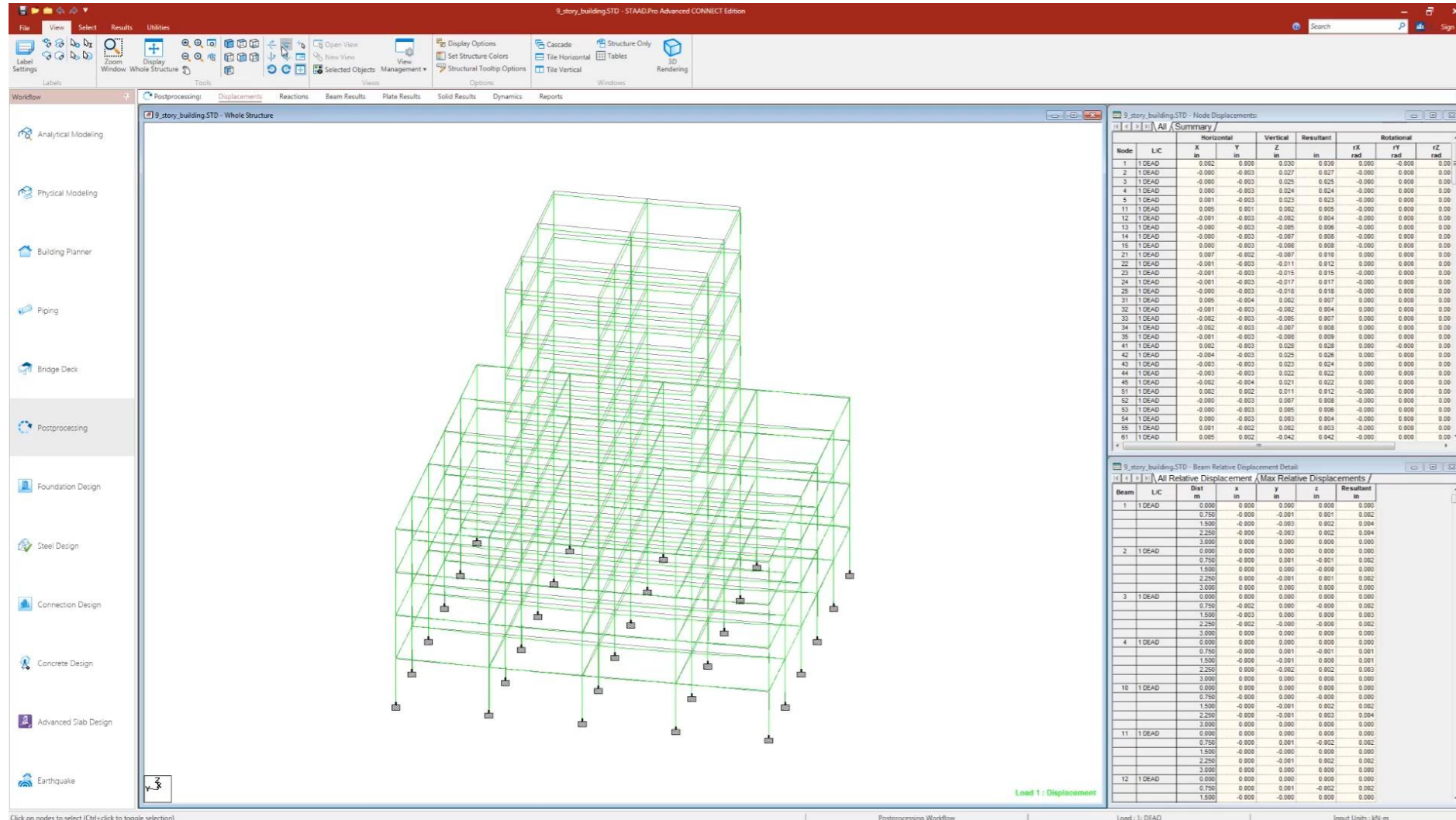
结构有限元检查这些新值是否匹配，如果不匹配，将再次计算

根据需要进行迭代



案例1 地上-地下双模型耦合分析

PLAXIS® 3D

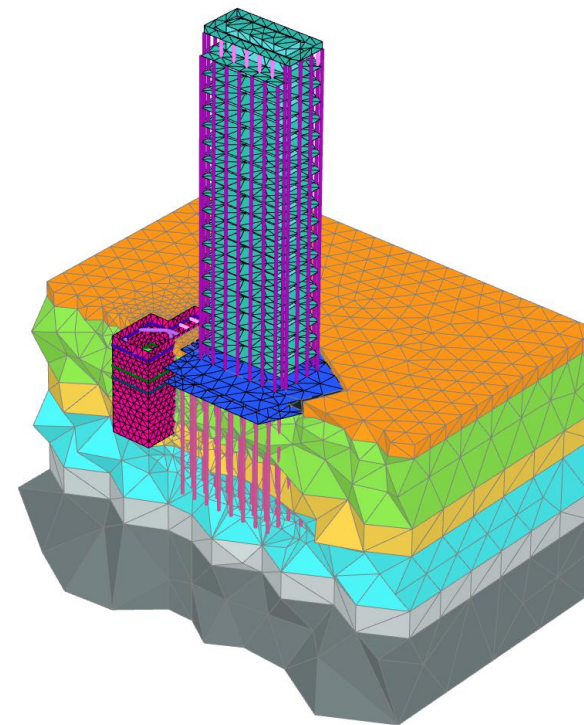


总结：三个层级的岩土力学分析解决方案

三维设计与分析相辅相成克服一维和二维设计的盲区

地层-结构协同作用的整体有限元分析方案使深基坑和深基础的咨询评估最有效的方法(侧重地下岩土工程的设计分析)

地上地下双模型耦合同步分析技术可以让结构设计分析与岩土设计分析同步进行



Plaxis有限元网格模型

• 感谢大家

- 扫描右侧二维码
 - 更多功能更新
 - 更多培训视频
 - 更多
-
- 下方网站可以更多互动

<https://communities.bentley.com/communities/>

