

岩土工程有限元分析软件

PLAXIS 2D 2015[®]

案例教程



北京筑信达工程咨询有限公司
北京市古城西街 19 号研发主楼 4 层, 100043

目录

新奥法（NATM）隧道开挖	1
1.1 输入.....	2
1.2 生成网格.....	5
1.3 计算.....	6
1.4 结果.....	8

新奥法（NATM）隧道开挖

本例利用 PLAXIS 分析 NATM 隧道施工过程。NATM 是在地下开挖时，利用喷射混凝土作为临时支护，保证开挖稳定性的一种施工方法。

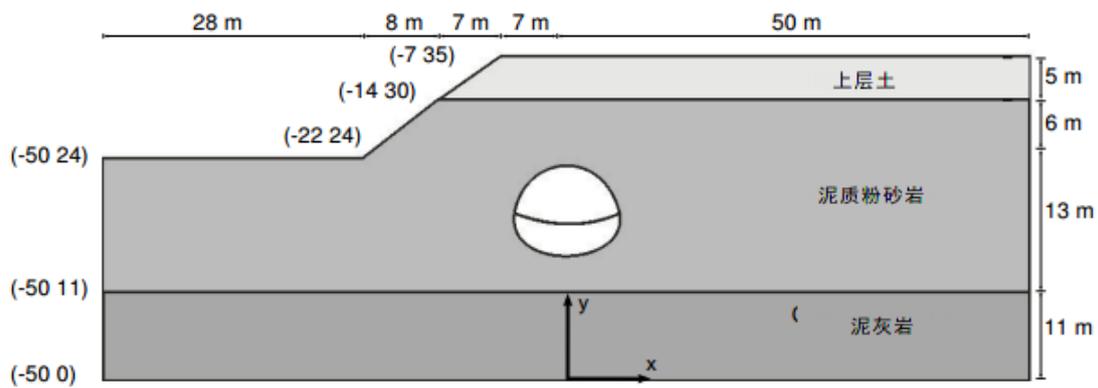


图 1.1 项目几何尺寸

目标:

- 模拟 NATM 隧道施工（β法）。
- 用重力加载生成初始应力。

1.1 输入

1.1.1 一般设置

- 打开 PLAXIS 2D AE 软件，在出现的快速选择对话框中选择一个新的项目。
- 在工程属性窗口的工程标签下，键入一个合适标题。
- 在模型标签下，模型（平面应变）和单元（15-Node）保持默认选项。
- 保持单位和一般设置框为默认值。
- 在几何形状设定框中设定土层模型尺寸 $x_{min}=-50$, $x_{max}=50$, $y_{min}=0$, $y_{max}=35$ 。
- 点击 OK 即关闭工程属性窗口，完成设定。

1.1.2 土层定义

利用钻孔生成土层，模型中考虑 11m 厚的泥灰岩，这层的底部 $y_{min}=0$ 作为参考点，定义土层：

- 在 $x=-22$ 处创建第一个钻孔。
- 修改土层窗口将出现。为钻孔添加三层土。钻孔 Borehole_1 第一层的深度为 0。指定第一层土的顶部和底部值为 24。第二层土层的顶部=24 和底部=11。第三层土层的顶部=11 和底部=0。
- 单击在修改土层窗口的底部钻孔按钮。
- 在出现的菜单中选择添加选项。添加钻孔窗口出现。
- 指定第二个钻孔的位置为 $x=-14$ 。
- 注意：钻孔 Borehole_1 的特性复制给了 Borehole_2。
- Borehole_2 第一层的深度也是 0。修改土层的顶部=30 和底部=30。第二层土顶部=30 和底部=11。第三层土顶部=11 和底部=0。
- 指定第三个钻孔的位置为 $x=-7$ 。
- Borehole_3 第一层土顶部=35 和底部=30。第二层土顶部=30 和底部=11，。第三层土的顶部=11 和底部=0。
- 所有钻孔设置水头高度为 $y=0m$ 。土层分布如图 1.2。
- 根据表 1.1 定义土层材料属性，并分别指定给相应土层（图 1.2）。
- 关闭修改土层窗口，切换到结构模式定义结构单元。

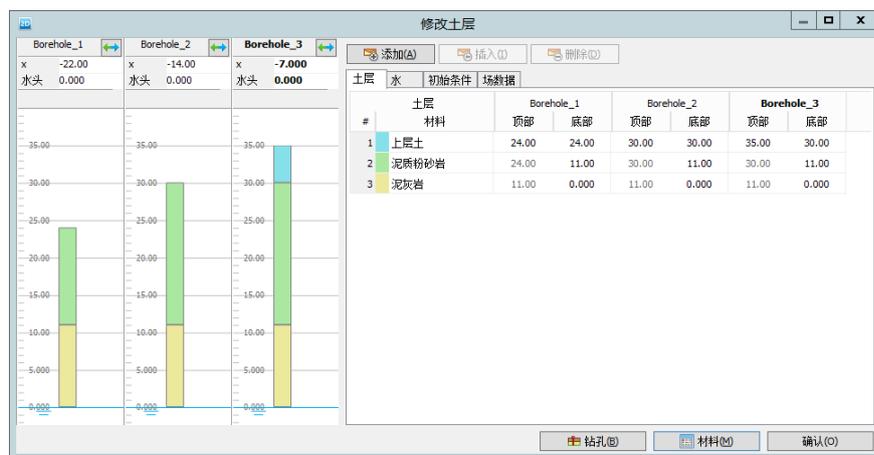


图 1.2 土层分布

表 1.1 土层材料属性

参数	名称	上层土	泥质粉砂岩	泥灰岩	单位
一般					
材料模型	模型	土体硬化	霍克布朗	霍克布朗	-
材料类型	类型	排水的	排水的	排水的	-
水位以上土体容重	γ_{unsat}	20	25	24	kN/m^3
水位以下土体容重	γ_{sat}	22	25	24	kN/m^3
参数					
标准三轴排水试验割线模量	E_{50}^{ref}	40000	-	-	kN/m^2
标准固结试验	E_{oed}^{ref}	40000	-	-	kN/m^2
卸载/重加载刚度	E_{ur}^{ref}	120000	-	-	kN/m^2
与刚度应力水平相关的幂指数	m	0.5	-	-	-
弹性模量	E'	-	1000000	2500000	kN/m^2
泊松比	ν'_{ur}	0.2	0.25	0.25	-
完整岩石单轴抗压强度	σ_{ci}	-	25000	50000	kN/m^2
完整岩石的霍克-布朗常数	m_i	-	4	10	-
岩体地质强度指标	GSI	-	40	55	-
扰动程度参数	D	-	0.2	0	-
黏聚力	c'_{ref}	10	-	-	kN/m^2
内摩擦角	φ'	30	-	-	°
剪胀参数	ψ_{max}	-	30	35	°
剪胀参数	σ_{ψ}	-	400	1000	kN/m^2
界面					
界面强度折减因子	R_{inter}	1	0.5	1	-

1.1.3 定义隧道



在结构模式中单击竖向工具栏中的隧道设计器按钮，在绘图区单击 (0 16) 指定隧道位置。弹出隧道设计器窗口。

- 一般标签不做修改，默认即可。

PLAXIS 2D AE 案例教程：新奥法（NATM）隧道开挖

- 切换到线段标签，点击  工具，依次输入下表 1.2 数值，输入完成之后，在点击  延伸至对称轴，全选已经创建好的线段，在点击  关闭对称轴。

表 1.2 线段几何信息

线段类型	半径	角度
弧	10.4	22
弧	2.4	47
弧	5.8	50

- 切换到子线段标签，分别修改以下值。位移 2 改为 3m。线段类型改为弧。半径改为 11m。线段角度改为 360°。

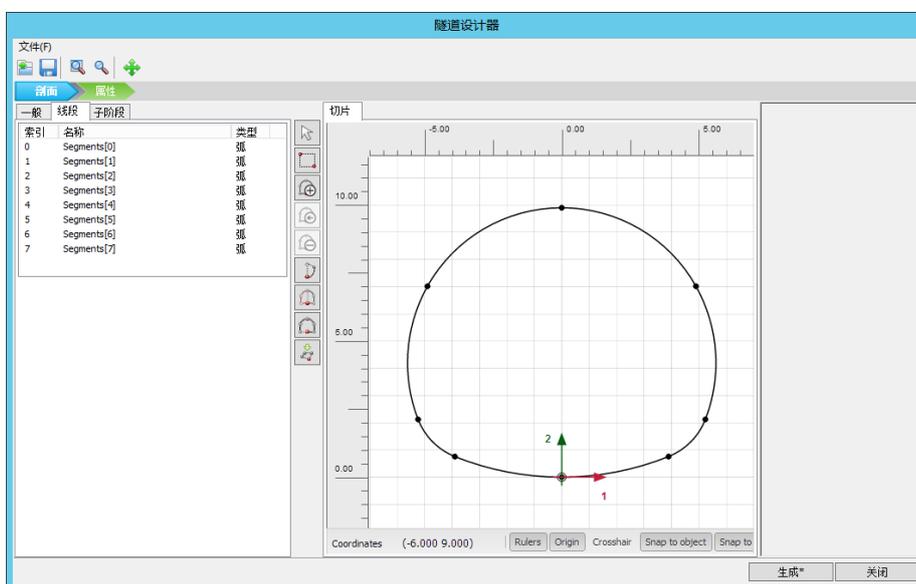


图 1.3 隧道断面线段

 全选已经创建好的线段，点击  相交工具（或者右键选择 intersect segment），

选中不需要的线段，选择  删除工具（或者右键选择删除）。

- 切换到属性标签，全选已经创建好的线段，右键选择创建板选项。
- 按住<Ctrl>+<M>，根据表 1.3 创建新的材料数据。
- 全选绘图区的曲线，右键将衬砌的材料属性赋给隧道的板。除了临时仰拱开挖线外，为隧道衬砌指定负向界面。最终的隧道设计器窗口如图 1.4。
- 单击生成按钮并关闭

表 1.3 板的材料属性

板参数		
参数	值	单位
材料类型	弹性；各向同性	-
轴向刚度	6×10^6	kN/m
抗弯刚度	2×10^4	kNm^2/m
重量	5	kNm/m
泊松比	0.15	-

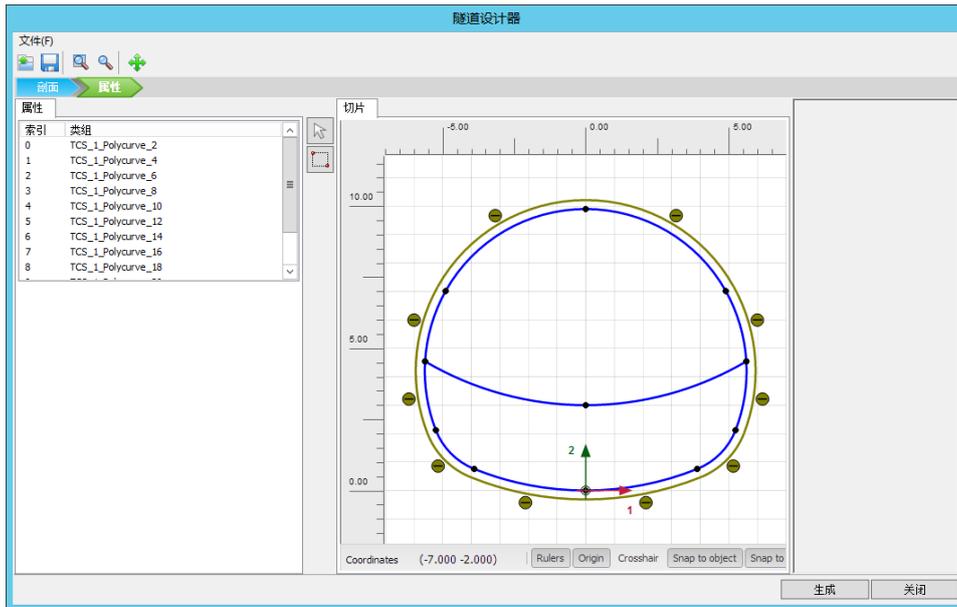


图 1.4 最终隧道

1.2 生成网格

- 切换标签进入网格模式
- 🎮 划分网格。使用单元分布参数默认选项中等。
- 🔍 查看网格，生成的网格如图 1.5。
- 单击关闭按钮退出输出程序。

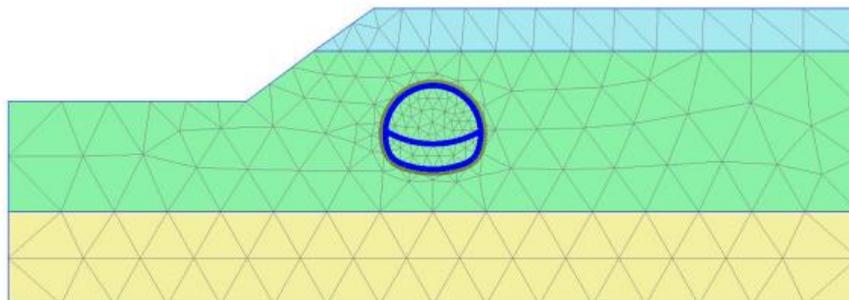


图 1.5 生成的网格

1.3 计算

为了模拟隧道的施工过程，要进行分步施工。

- 切换到分步施工模式中，定义计算阶段。
- ☒ 由于土层非水平，因此，不能使用 K0 过程生成初始应力。使用阶段窗口一般标签中重力加载生成土层。
- 本例中不考虑地下水。水位线在模型底部。
- 确保处于隧道冻结状态。

1.3.1 模拟隧道施工过程

隧道是分步开挖，因此要分步施工计算。冻结隧道内部的土层仅仅影响土的刚度、强度和有效应力。计算阶段选择塑性计算，分步施工。使用所谓的 β -法模拟隧道开挖产生的三维自然拱效应。 β -法的思想是：作用在隧道上的初始应力为 p_k ，隧道分两部分开挖，隧道开挖未支护时作用 $(1-\beta)p_k$ 和支护时作用 βp_k 。在 PLAXIS 中实现该方法，是通过使用分步施工选项和减小的 ΣM_{stage} 值来控制。

定义分步施工阶段：

Phase 1

 添加新的阶段。

- 在阶段窗口一般子目录下定义 ΣM_{stage} 为 0.6。对应的 β 值为 $1-\Sigma M_{stage}=0.4$
- 在分步施工模式中冻结隧道中的上层土。不要激活隧道衬砌。如图 1.6.

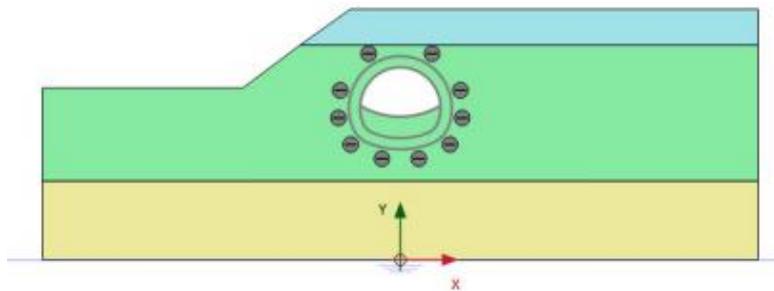


图 1.6 Phase 1

Phase 2

 添加新的阶段。

- 在分步施工模式中激活上一步隧道开挖部分的衬砌和界面，如图 1.7。

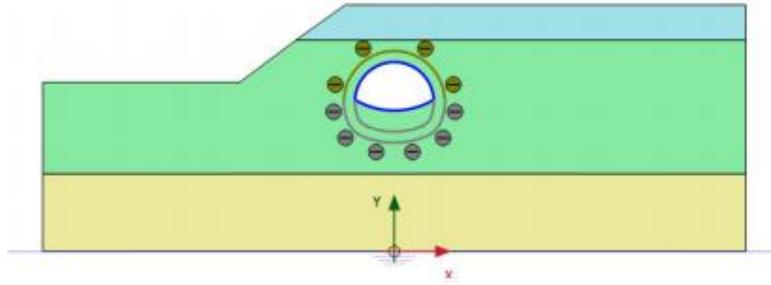


图 1.7 Phase 2

Phase 3



添加新的阶段。

- 在阶段窗口一般子目录下定义 $\sum Mstage$ 为 0.6。对应的 β 值为 $1-\sum Mstage=0.4$ 。
- 在分步施工模式中冻结隧道中的下层土和隧道中间的临时支护，如图 1.8。

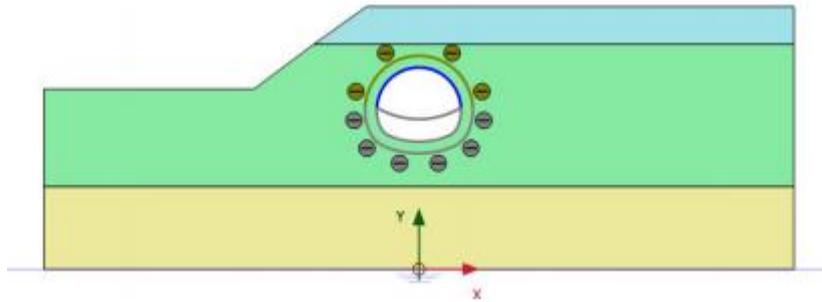


图 1.8 Phase 3

Phase 4



添加新的阶段。

- 激活剩余的衬砌和界面。激活整个隧道的板和界面，如图 1.9。

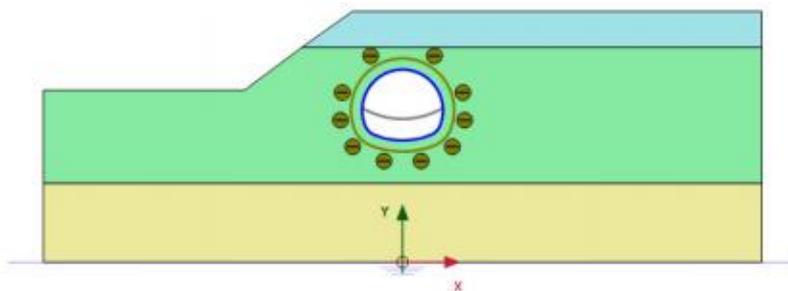


图 1.9 Phase 4

- 注意： $\sum Mstage$ 的值自动设置为 1 了。
- ✎ 在坡顶和隧道顶部选择生成曲线所需的点。这些点可以评估在施工阶段的变形。
- 📄 计算工程

计算完成后，保存。

1.4 结果

计算完成后，选择最后计算阶段并单击查看计算结果按钮。输出程序显示了最后计算阶段的变形，如图 1.10。

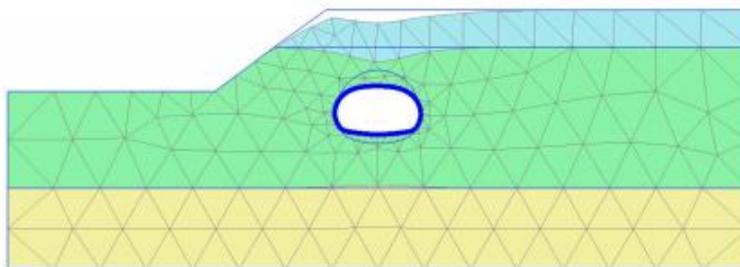


图 1.10 最后计算阶段网格变形

为了显示隧道的弯矩：

单击竖向工具栏中的拖拽窗口选择结构按钮，拖拽鼠标，选择隧道的所有部分。在弹出的窗口中选择板选项，并单击视图按钮。注意在结构视图中显示了隧道的衬砌。

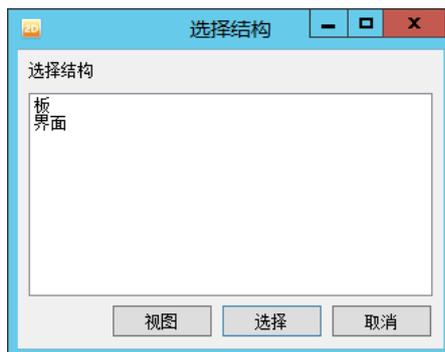


图 1.11 选择结构窗口

- 在菜单栏中力菜单中选择弯矩 M 选项。程序自动缩放一个适合的比例值，如图 1.12.

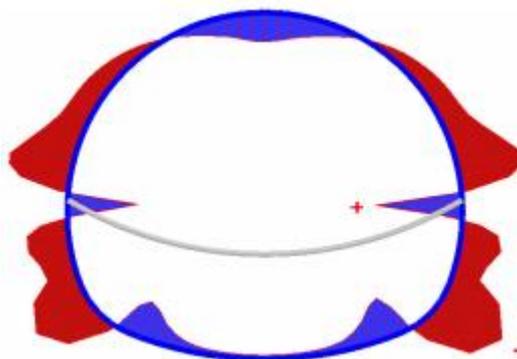


图 1.12 NATM 隧道弯矩图

本教程到此结束！