

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

拉锚地连墙支护下的降水开挖.....	1
1.1 输入.....	2
1.2 网格划分.....	6
1.3 计算.....	6
1.4 结果.....	12

锚固地连墙支护下的降水开挖

本例模拟基坑降水开挖的问题。开挖支护方式为混凝土地下连续墙和预应力锚杆。

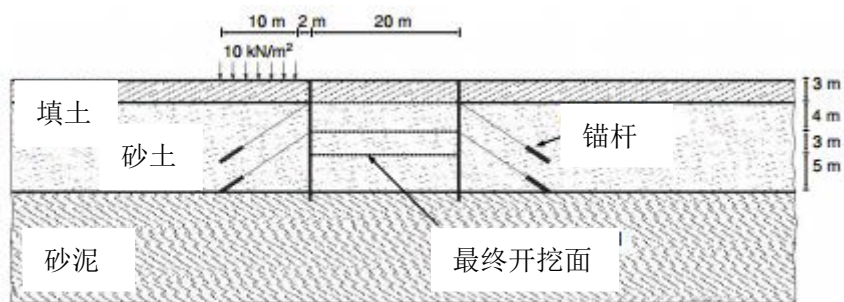


图 1.1 锚固地连墙支护下的降水开挖

PLAXIS 可以对这种问题进行详细模拟。本例将说明如何模拟锚杆，并且说明如何在锚杆上施加预应力。这一课程还涉及为生成水压分布而进行的地下水渗流计算。有关分析将在下面作出详细解释。

目标：

- 模拟锚杆
- 通过地下水流动生成水压
- 显示模型中的土压力和轴力（力视图）
- 缩放显示的结果

1.1 输入

这一开挖宽 20m，深 10m。用两个 16m 深、0.35m 厚的混凝土地下连续墙来支撑周围的土体，每侧地下连续墙均由两排锚杆支撑。锚杆总长 14.5m，倾斜度为 33.7°（2：3）。施加于开挖区左侧的地面荷载为 10kN/m²。

相关的土体包含三个不同的土层。地表以下 3m 是一个相对疏松的细砂填充层。这一填充层下面至 15m 深的地方，有一均匀密实级配良好的砂土层，特别适合于布设锚杆。砂土层下面是一层砂泥，它延伸至很深的深度。在初始状态下，水平地下水位位于地表 3m 下(即填充层的底部)。

1.1.1 一般设置

- 打开 PLAXIS 2D AE 软件，将会出现一个快速选择对话框。
- 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 xmin=0, xmax=100, ymin=0, ymax=30。
- 点击 OK 即关闭工程属性窗口，完成设定。

1.1.2 土层定义

定义土层：

- 点击创建钻孔命令，在 x=0 处单击，修改土层窗口将出现。
- 为钻孔添加三层土。通过指定最上层土的顶部值为 30，即可将第一层土的地表位置设置为 y=30m。土层的底部分别设置为 27、15 和 0m。
- 设置水头高度为 23m。土层分布如图 1.2。

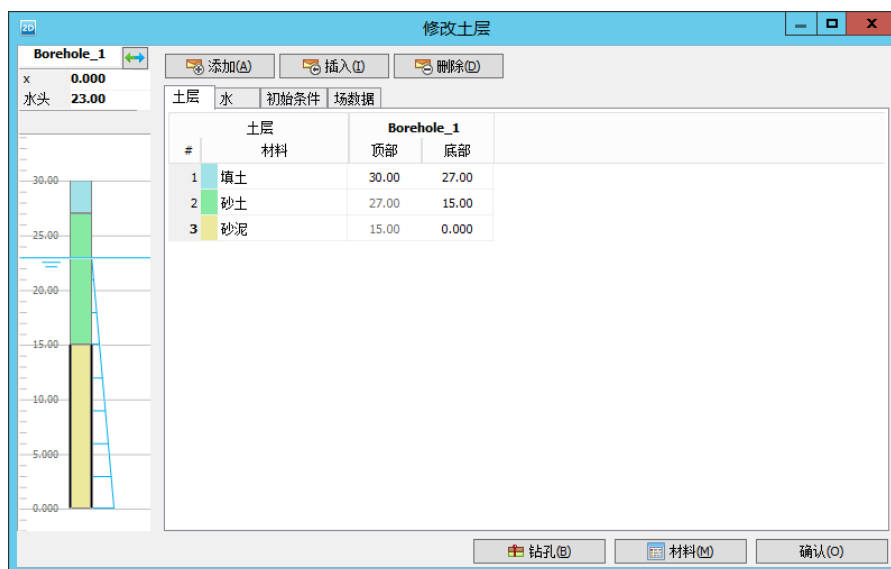


图 1.2 修改土层窗口



按表 1.1 中的参数定义土层和界面材料属性。

- 将材料数据组赋给对应的土层（图 1.2）

表 1.1 土和界面特性

参数	名称	填土	砂土	砂泥	单位
一般					
材料模型	模型	土体硬化	土体硬化	土体硬化	-
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}	16	17	17	kN/m ³
水位以下土体容重	γ_{sat}	20	20	19	kN/m ³
参数					
标准三轴排水试验割线模量	E_{50}^{ref}	20000	30000	120000	kN/m ²
标准固结试验	E_{oed}^{ref}	20000	30000	80000	kN/m ²
卸载/重加载刚度	E_{ur}^{ref}	60000	90000	360000	kN/m ²
与刚度应力水平相关的幂指数	m	0.5	0.5	0.8	-
黏聚力	c'_{ref}	1	0	5	kN/m ²
内摩擦角	ϕ'	30	34	29	°
剪胀角	ψ	0	4	0	°
泊松比	ν_{ur}'	0.2	0.2	0.2	-
侧压力系数	K_0^{nc}	0.5	0.4408	0.5152	-
流动参数					
数据组	-	USDA	USDA	USDA	-
模型	-	Van Genuchten	Van Genuchten	Van Genuchten	-
土类别	-	填土	砂土	砂泥	-
<2 μ m	-	6	4	20	%
2 μ m-50 μ m	-	87	4	40	%
50 μ m-2mm	-	7	92	40	%
默认参数					
水平渗透系数	k_x	0.5996	7.128	0.2497	m/天
竖向渗透系数	k_y	0.5996	7.128	0.2497	m/天
界面					
界面强度折减因子	Rinter	0.65	0.7	刚性	-
初始					
前期固结压力	POP	0	0	25	kN/m ²

1.1.3 结构单元定义

结构单元在程序的结构模式中创建。用板单元来模拟地下连续墙，板单元的坐标为(40 30) (40 14) 和 (60 30) (60 14)

- 将模型中的板全部选中。
- 在选择浏览器单击材料按钮。将出现下拉菜单和加号按钮（如图 1.3）

单击加号按钮，将为板创建一个空的材料数组。

- 根据表 1.2 中的数据为地下连续墙定义材料数据组。混凝土的杨氏模量为 35GN/m^2 ，厚度为 0.35m。
- 为创建的地下连续墙创建正负界面。



图 1.3 选择浏览器中指定材料

表 1.2 地下连续墙(板)特性

参数	名称	数值	单位
行为类型	材料种类	弹性；各向同性	-
端部支撑	-	是	-
轴向刚度	EA	$1.2 \cdot 10^7$	kN/m
抗弯刚度	EI	$1.2 \cdot 10^5$	kNm^2 / m
重量	w	8.3	kN/m/m
泊松比	v	0.15	-

土层开挖分三个阶段。第一步开挖到填土层底部，界面已经自动生成了。定义剩下的开挖步骤：

- ✎ 绘制通过点 (40 23) 和 (60 23) 的直线定义第二个开挖阶段。
- ✎ 绘制通过点 (40 20) 和 (60 20) 的直线定义第三个开挖阶段。

利用点对点锚杆和嵌入桩的组合来模拟锚杆。嵌入桩模拟注浆段，而点对点锚杆模拟自由段。实际上，注浆体周边的应力状态是复杂的三维效应，在二维模型中不能模拟该效应。

- ✎ 根据表 1.3 生成点对点锚杆。

表 1.3 点对点锚杆坐标

锚杆位置		第一个点	第二个点
顶部	左侧	(40 27)	(31 21)
	右侧	(60 27)	(69 21)
底部	左侧	(40 23)	(31 17)
	右侧	(60 23)	(69 17)



按照表 1.4 参数创建锚杆的材料数据组

- 在绘图区选中所有锚杆，在选择浏览器材料下拉菜单选择对应的材料数据组。

表 1.4 锚杆(点对点锚杆)的特性

参数	名称	数值	单位
行为类型	材料种类	弹性	-
轴向刚度	EA	$5 \cdot 10^5$	kN
水平间距	L_s	2.5	m

按照表 1.5 数据，利用嵌固桩按钮创建嵌固端

表 1.5 嵌固端坐标

嵌固端位置		第一个点	第二个点
顶部	左侧	(31 21)	(28 19)
	右侧	(69 21)	(72 19)
底部	左侧	(31 17)	(28 15)
	右侧	(69 17)	(72 15)



按照表 1.6 参数创建注浆体的材料数据组

表 1.6 注浆体材料特性

参数	名称	数值	单位
刚度	E	$2.5 \cdot 10^6$	-
单位重度	γ	0	kN/m ³
桩类型	类型	预定义	-
预定义桩类型	类型	大直径圆桩	-
直径	D	0.3	m
水平间距	L_s	2.5	m
侧摩阻力	$T_{top,max}$	400	kN/m
	$T_{bot,max}$	400	kN/m
端阻力	F_{max}	0	kN/m

- 设置嵌固桩的连接方式为自由（如图 1.4）。有必要设置顶部与下层土单元的连接为自由。和锚杆的连接将自动生成。



图 1.4 选择浏览器中的嵌固桩


- 多选（在选择的时候按住<Ctrl>键）上部点对点锚杆和嵌固桩。右键在出现的菜单中选择编组。
- 在模型浏览器展开组子目录。注意创建的组由上部的锚杆单元组成。
- 在模型浏览器中单击 Group_1 并键入一个新的名字（例如'GroundAnchor_Top'）。
- 重复上述操作对下部锚杆创建一个组并重新命名。


尽管在二维模型中，土精确的应力状态和土与结构相互作用不能模拟，但是通过二维模拟，假设注浆体没有和土体滑移，在宏观上，也可以预测应力分布，变形和结构的稳定性。当然，利用这个模型不能评估锚杆的抗拔力。

 在两点 (28 30) (38 30) 生成线荷载。

1.2 网格划分

切换标签进入网格模式

 划分网格。使用单元分布参数默认的选项中等。

 查看网格，生成的网格如图 1.5。

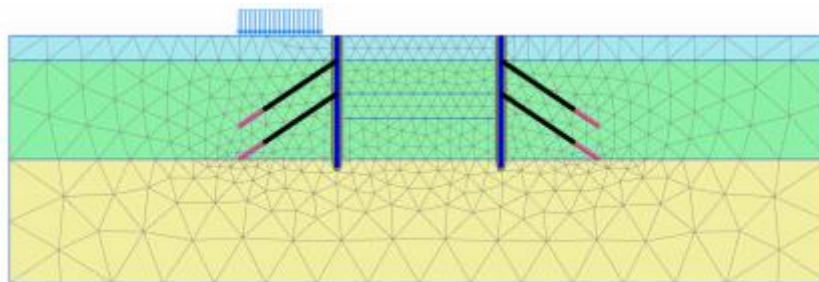


图 1.5 生成的网格

1.3 计算

计算由六个施工阶段组成。初始阶段 (Phase 0)，生成初始应力。在第一施工阶段 (Phase 1)，要进行地下连续墙施工并激活正负界面和地面荷载。第二施工阶段 (Phase 2)，开挖坑内最上部 3m，此时无锚杆。另外，这一深度的开挖处于水位以上。在第三施工阶段 (Phase 3)，要安装第一层锚杆并对其施加预应力。第四施工阶段 (Phase 4) 进一步开挖到地面下 7m 深度，处于水位以上。在第五施工阶段 (Phase 5)，将安装第二层锚杆并对其施加预应力。第六施工阶段 (Phase 6) 包括降水并最终开挖到地面下 10m 深度。

在定义计算阶段之前，需要在水力条件模式（Water conditions）中定义水位线。在开挖最后一步要降低水位线。设置左右边界条件的地下水头高度位于 23m 处。底部边界关闭。基坑内水被抽干将导致地下水流动。在开挖面的底部水压是零，这意味着地下水头等于开挖面的垂直高度（水头=20m）。通过绘制一个新的地下水位线并执行地下水流动计算即可实现上述情况。在地下水流动计算过程中，激活界面可以阻止地下水流动穿过地下连续墙。

初始阶段

要通过 K0 过程的方式产生初始应力场，并在所有类组中使用默认的 K0 值。

- 切换至分步施工模式。
- 初始阶段，所有结构构件开始都应该处于冻结状态，所以要确保不能激活板、点对点锚杆和嵌固桩和地表荷载应处于冻结状态。
- 在阶段浏览器双击初始阶段。初始阶段的值默认。在孔压计算类型中选择潜水位选项。注意当由潜水位生成孔压时，所有的几何模型都会由定义的水位线生成孔隙水压力。
- 单击 OK 就关闭了阶段窗口
- 展开模型浏览器中模型条件子目录。
- 展开水子目录。根据在钻孔中指定的水头值生成水位线，（BoreholeWaterLevel_1），自动指定为 GlobalWaterLevel（如图 1.6）。

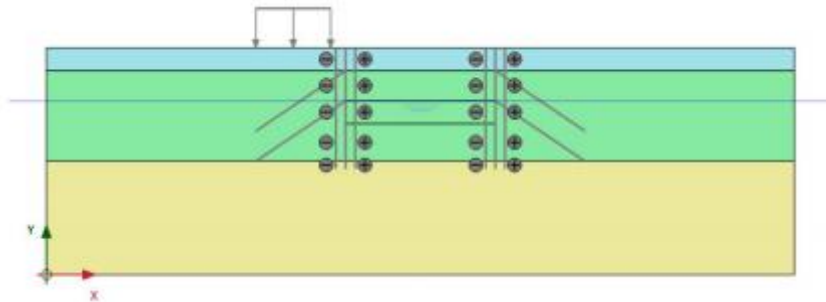


图 1.6 初始阶段模型

Phase 1:

 添加新的阶段。

- 在分步施工模式中，通过在模型浏览器中单击地下连续墙和界面前的勾选框，激活所有的地下连续墙和界面。激活的单元用绿色的对勾表示。
- 激活分布荷载。
- 在选择浏览器中，勾选线性荷载并指定 $q_{y,start,ref}$ 值为-10（如图 1.7）。
- 在分步施工模式中,设置完成的 Phase 1 模型，如图 1.8。



图 1.7 选择浏览器线性荷载

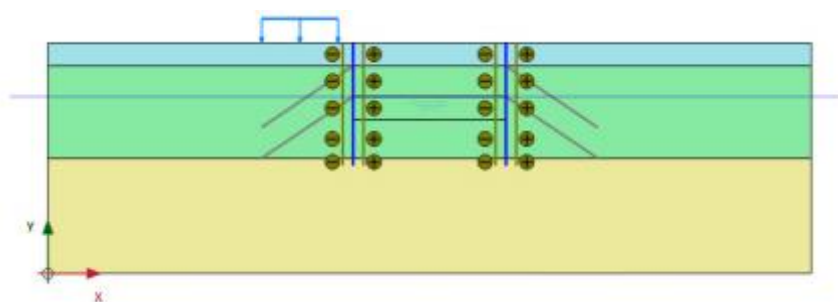


图 1.8 分步施工模式 Phase 1

Phase 2:

 添加新的阶段。

- 在分步施工模式中，冻结要开挖的上层土层（图 1.9）。

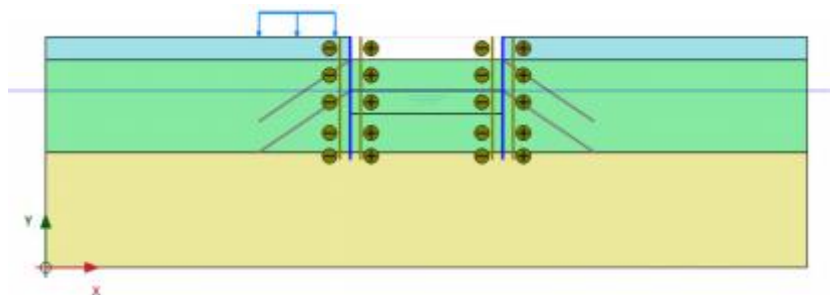



图 1.9 分步施工模式 Phase 2

Phase 3:

 添加新的阶段。

- 单击模型浏览器组子目录下 GroundAnchors_Top 前面的勾选框，激活上层锚杆。

 全选上层点对点锚杆。

- 在选择浏览器中，设置调整预应力参数为 True，并指定预应力为 500kN。

提示：在分步施工计算完成后，施加的预应力精确地转化为锚杆内力。在后续计算施工阶段中，这个力即被看作为锚杆内力，因而可以进一步增加或减小，这要取决于周围应力和荷载的变化。

- 分步施工模式中 Phase 3 设置的模型如图 1.10。

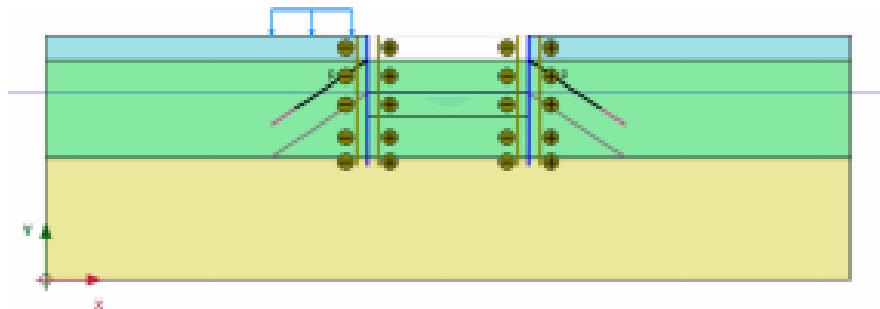


图 1.10 分步施工模式 Phase 3

Phase 4:



添加新的阶段。

- 冻结要开挖的第二层土。分步施工模式中 Phase 4 的模型设置，如图 1.11。要注意锚杆不在施加预应力。

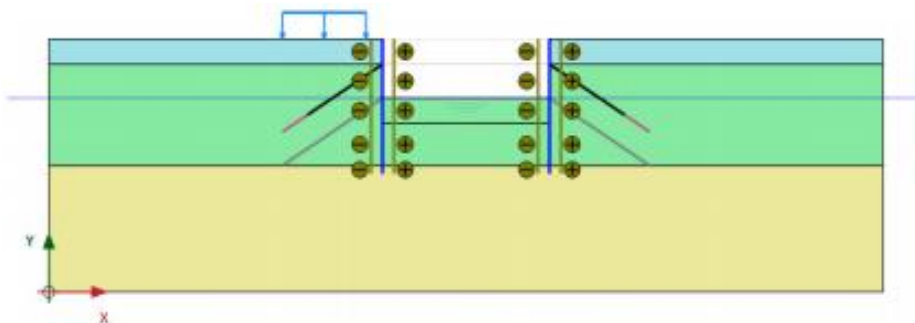


图 1.11 分步施工模式 Phase 4

Phase 5:



添加新的阶段。

- 激活下层锚杆。



选中下层点对点锚杆

- 在选择浏览器中，设置调整预应力参数为 True，并指定预应力为 1000 kN。
- 分步施工模式中 Phase 5 设置的模型如图 1.12。

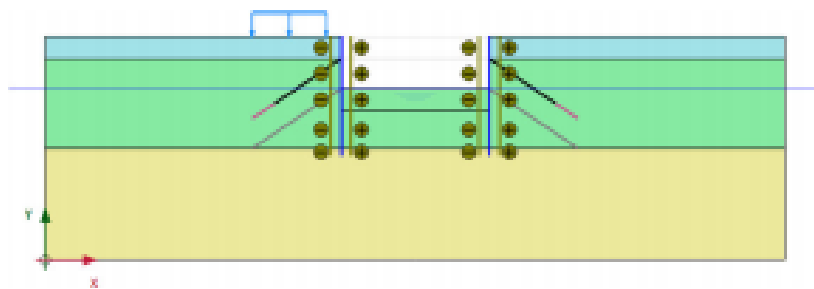


图 1.12 分步施工模式 Phase 5

Phase 6:



添加新的阶段。

- 在阶段窗口，一般子目录下，将孔隙水压力计算类型选择稳态的地下水渗流。其余值默认。

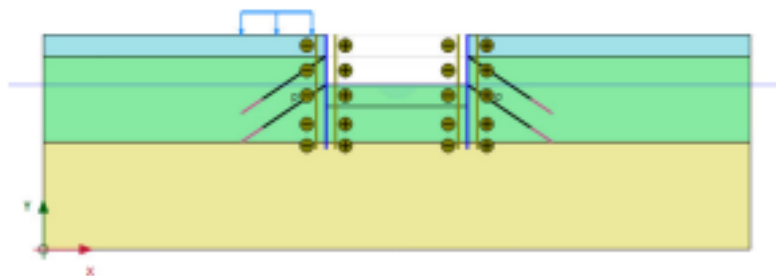


图 1.13 分步施工模式 Phase 6

- 冻结要开挖的第三层土。
- 切换至水力模式。
- 展开模型浏览器中的属性库。
- 展开水位线子目录




单击竖向工具栏创建水位线按钮并添加一条新的水位线。水位线坐标为 (0 23) (40 20) (60 20) 和 (100 23)。


- 在模型浏览器中，展开用户水位子目录。单击 UserWaterLevel_1 并输入 'LoweredWaterLevel' 重新命名在水力模式中创建的水位线。




图 1.14 模型浏览器中的水位线

- 展开模型浏览器，模型条件下 GroundwaterFlow 子目录。边界条件默认(图 1.15)。
- 在水子目录中将 LoweredWaterLevel 指定为 Global Water level。模型和指定的水位线如图 1.16。

 选择为曲线生成的点（例如锚杆和地下连续墙的连接点，例如（40 27）和（40 23））。

 通过单击分步施工模式中的计算按钮，计算该项目。

 计算完成后保存项目。

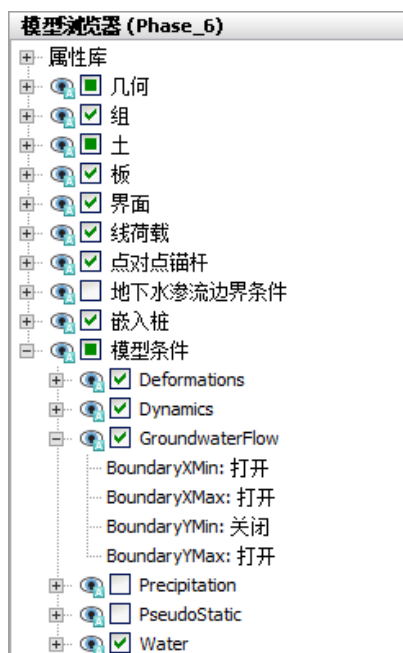


图 1.15 模型浏览器模型条件下 GroundwaterFlow 子目录

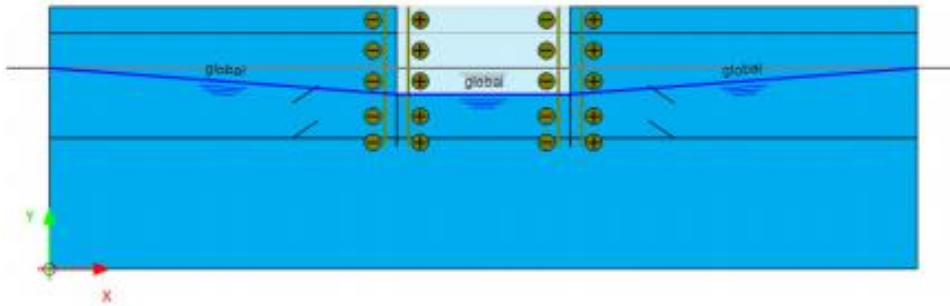


图 1.16 水力模式 Phase 6

提示：注意 Groundwater flow（稳态或瞬态）选项对水位线和模型边界条件的相互作用非常重要。程序按照指定的地下水水头（水位线）计算流动边界条件。水位线的‘内部’将不起作用，将会被地下水流动计算生成的水位线代替。因此，水位线工具对于流动计算来说，仅仅是一个方便生成边界条件的工具。

1.4 结果

图 1.17 至 1.21 显示了计算阶段 2 到 6 的变形网格图。

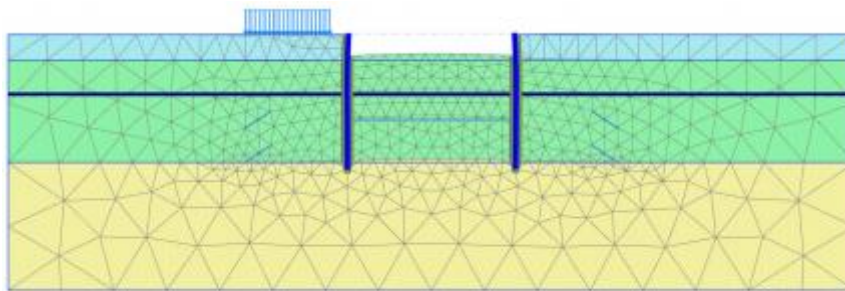


图 1.17 变形网格（缩放 50 倍）-Phase 2

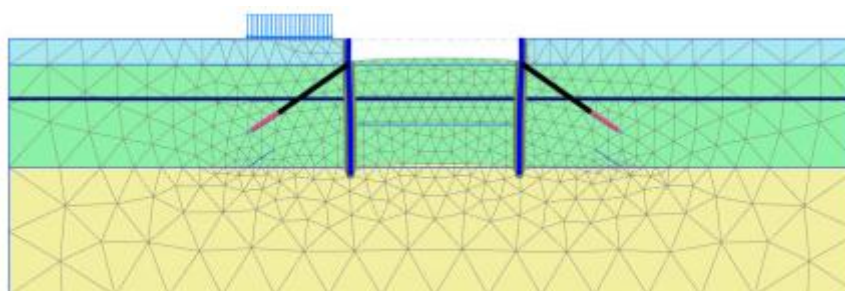


图 1.18 变形网格（缩放 50 倍）-Phase 3

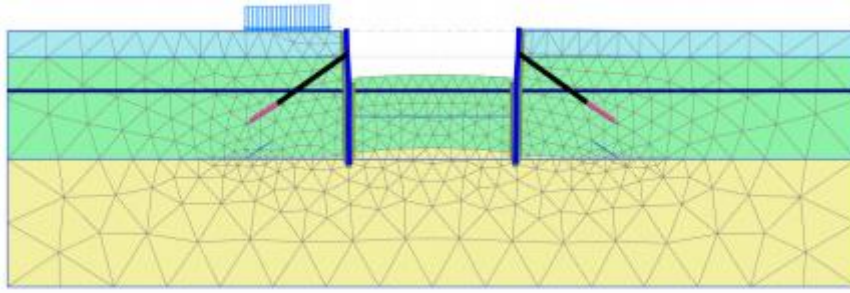


图 1.19 变形网格（缩放 50 倍）-Phase 4

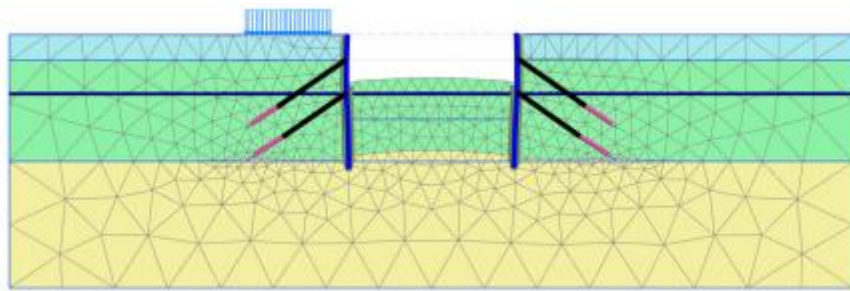


图 1.20 变形网格（缩放 50 倍）-Phase 5

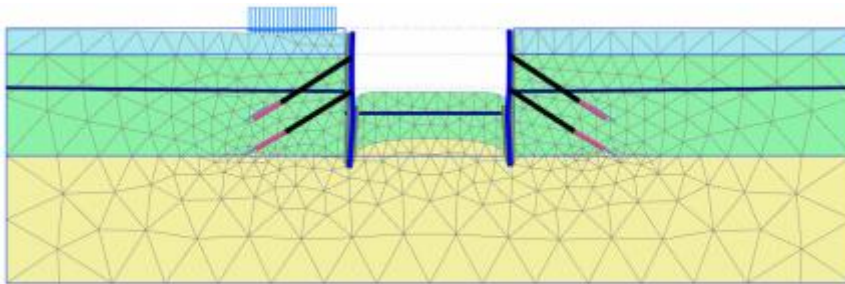


图 1.21 变形网格（缩放 50 倍）-最终阶段

图 1.22 显示了最后阶段的有效主应力。开挖面下部的被动土压力非常明显。也可以看到在注浆体周边的应力集中效应。

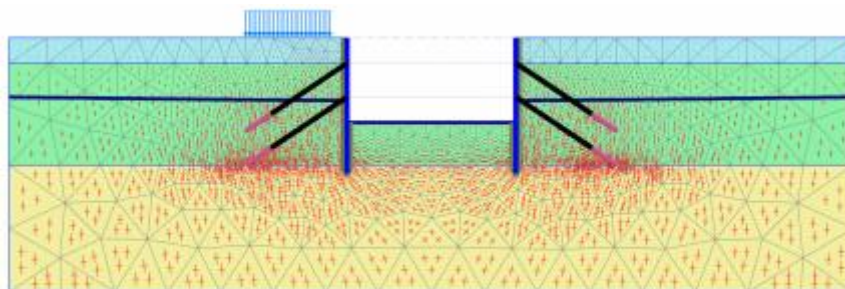


图 1.22 有效主应力（最终阶段）

图 1.23 显示了最终阶段地下连续墙的弯矩。由于锚杆锚固作用使弯矩图发生改变。

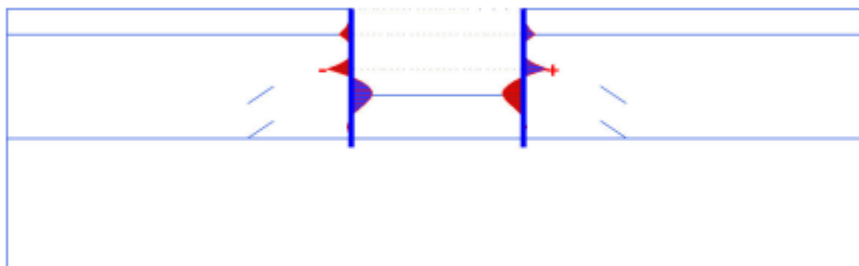




图 1.23 最终阶段地下连续墙的弯矩图

 选择工具菜单中**力视图**选项，显示最终计算阶段应力和力。在弹出的内力窗口中，可以选择生成的力。默认已经选择。

 单击隐藏土体按钮，在单击所有土层时按住<Shift>键。图 1.24 显示了作用在结构上的土压力。

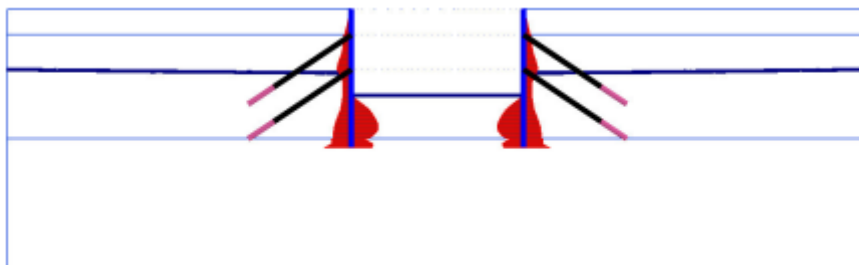


图 1.24 作用在结构上的土压力

双击锚杆即可输出锚杆内力。当查看第三个和第五个阶段的结果时，可以看到锚杆内力等于在计算阶段时激活并指定的预应力。在后续阶段这个值由于施工过程的变化而改变。

本教程到此结束！