

岩土工程有限元分析软件

PLAXIS 3D 2016[®]

案例教程

吸力桩的加载



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

版 权

计算机程序 PLAXIS 及全部相关文档都是受专利法和版权法保护的产品。全球范围的所有权属于 Plaxis bv。如果没有 Plaxis 和北京筑信达工程咨询有限公司的预先书面许可，未经许可的程序使用或任何形式的文档复制一律禁止。

更多信息和此文档的副本可从以下获得：

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

电话：86-10-6892 4600

传真：86-10-6892 4600 - 8

电子邮件：support@cisec.cn

网址：www.cisec.cn

北京筑信达工程咨询有限公司版权所有©, 2017.

目录

目录.....1

吸力桩的加载.....2

几何模型.....3

 1.1 工程属性.....3

 1.2 土层定义.....3

 1.3 结构单元定义.....4

网格划分.....9

执行计算.....10

查看计算结果.....12

吸力桩的加载

本例将研究近海地基中的吸力桩。吸力桩是一种大直径的空心钢桩，桩顶封闭，通过从内部抽水将其安装在海底。桩的内外压差就是桩的安装动力。

在本练习中，吸力桩的长度是 10m ，直径为 4.5m 。桩侧安装锚索，距桩顶 7m 。为避免桩的局部破坏，锚索作用位置处桩的壁厚有所增加。土层为粉砂。为了模拟不排水行为，要用不排水强度参数进行不排水应力分析。本例将研究吸力桩在工作荷载下的位移。考察工作荷载的四个不同角度。不模拟桩的安装过程。问题的几何形状见图 1 所示。

目标：

- 使用形状设计器
- 使用刚体（Rigid body）对象
- 用不排水强度参数进行不排水有效应力分析。
- 土层粘聚力随深度增加而增加。
- 复制材料组。
- 在输出程序中修改设置。
- 利用辅助对象加密网格

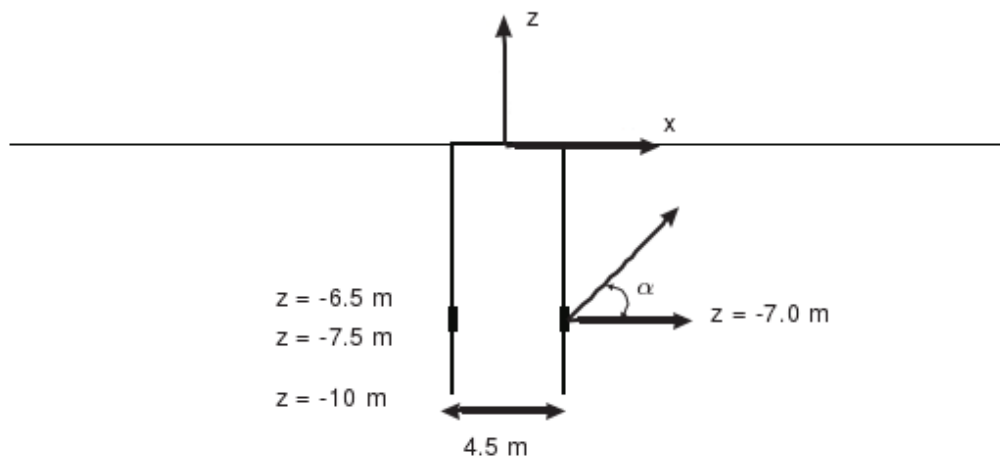


图 1 吸力桩几何形状

几何模型

模拟吸力桩周围 60m 长、60m 宽的区域。该模型的尺寸已足够大，可以避免来自模型边界的任何影响。

1.1 工程属性

按照如下步骤定义本例的几何模型：

1. 打开输入程序，从创建/打开工程(Create/Open project)对话框中选择新工程(New project)。
2. 为本例题输入一个恰当的标题。
3. 保持标准单位制，模型尺寸设为 $xmin=-30m$, $xmax=30m$, $ymin=0m$, $ymax=30m$ 。
4. 点击 OK。

1.2 土层定义

本例中只有一层水平土层，只需一个钻孔就足以定义该土层。

1.  在几何模型中添加一个钻孔。
2. 修改土层窗口中添加一个土层，顶部边界标高设为 $z=0m$ ，底部边界标高为 $z=-30m$ 。
3. 本例中水深为 50m，水头可以设置为 50m，但是只要整个几何体均处于水面，就会得到相同的计算结果。因此 1m 的水头足以模拟本例问题，设置水头为 1m
4.  打开材料组窗口，按照表 1.1 创建数据组。在参数页面的强度高级参数中去掉拉伸截断选项(Tension cut-off)。在本例中，土的渗透性不影响计算结果。本例中不使用有效强度属性，而使用粘聚力参数模拟不排水剪切强度。在参数页面中展开高级数据树目录就可以进入高级参数设置。

表 1.1 砂土及其界面的材料属性

参数	符号	砂土	界面	单位
一般设定				
材料模型	$Model$	M-C 模型	M-C 模型	--
排水类型	$Type$	不排水 B	不排水 B	--
地下水位以上重度	γ_{unsat}	20.0	20.0	kN/m^3
地下水位以下重度	γ_{sat}	20.0	17.0	kN/m^3
参数				
杨氏模量	E'	10^3	10^3	kN/m^2
泊松比	ν'	0.35	0.35	--
剪切强度	$S_{u,inc}$	1.0	1.0	kN/m^2
摩擦角	φ_u	0.0	0.0	°
剪胀角	ψ	0.0	0.0	°

刚度增量	E'_{inc}	1000	1000	$kN/m^2/m$
参考标高	Z_{ref}	0.0	0.0	m
内聚力增量	$S_{u,inc}$	4.0	4.0	$kN/m^2/m$
参照标高	Z_{ref}	0.0	0.0	m
界面				
界面强度	--	手动	刚性	--
界面强度折减	R_{inter}	0.7	1.0	--
初始条件				
K_0 的确定	--	手动	手动	--
侧向土压力系数	K_{0-x}, K_{0-y}	0.5	0.5	--

注：可以通过复制“砂土”的属性数据并修改 R_{inter} 的值快速创建界面属性数据。

- 将“砂土”材料属性赋予土层，然后关闭材料组窗口。

1.3 结构单元定义

在结构模式中用刚性半圆面来模拟吸力桩。具体步骤如下：

创建吸力桩

在结构模式中，吸力桩作为刚体来考虑。可以通过在土体表面创建多段线，经过拉伸后实现。

-  点击侧边工具栏中的创建多段线按钮
- 在 (2.5,0,0) 处单击创建绘图区的插入点，形状设计器窗口弹出
- 在一般设置界面，默认形状选项为自由
- 多段线在 x-y 平面内绘制（如图 3.2），因此在本算例中默认方向轴有效。更多内容详见参考手册 5.7.2 节
-  在线段页面，点击顶部工具栏的增加断面按钮
- 线段类型设置为弧，相对起始角设置为 90^0 ，半径为 2.5m，线段角度为 180^0 ，如图 3.3
- 点击确认，在几何模型中增加多段线，关闭形状设计器。
-  点击多段线，选择拉伸选项，设置拉伸矢量 $Z=-10$
- 右击所创建的面，选择创建正向界面为吸力桩创建正向界面，类似地，为该曲面创建负向界面
- 右击多段线，在出现的菜单中选择关闭，右击关闭的曲线，在出现的菜单中选则创

建面，为吸力桩创建顶面

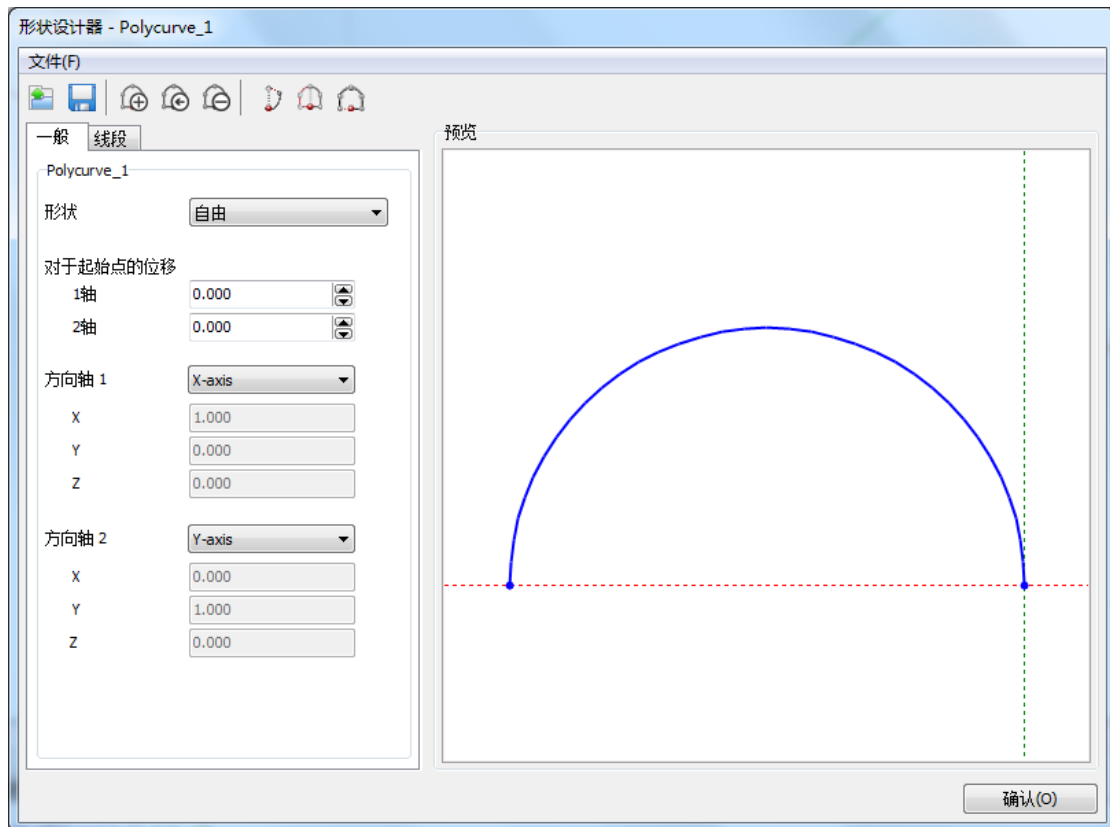


图 3.2 形状设计器的一般设置页面

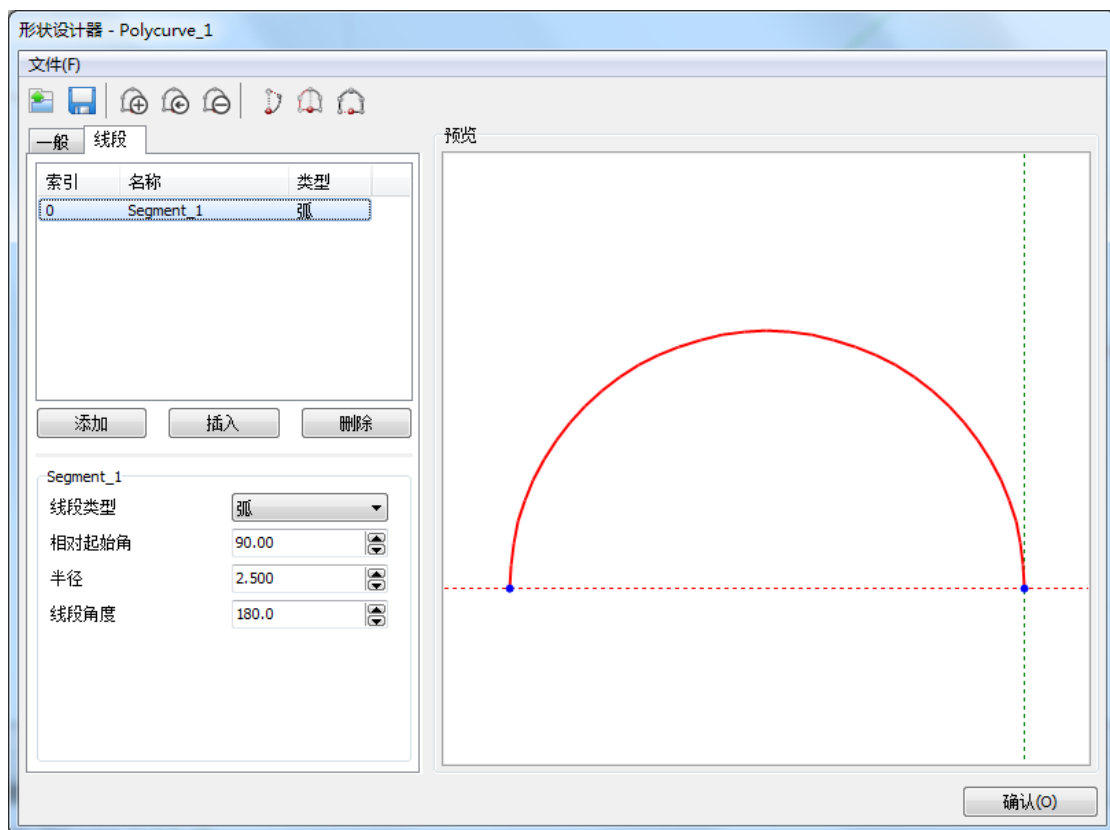


图 3.3 形状设计器的线段设置页面

为了创建吸力桩，我们使用刚体（Rigid body）功能。关于刚体（Rigid body）功能的更多信息参见参考手册 5.6.8 节。

11. 右击顶面，创建一个负向界面
12. 在模型浏览器中选择界面
13. 在选择浏览器树中，选择界面材料模式为自定义
14. 在下拉菜单中选择界面材料，如图 3.4 所示

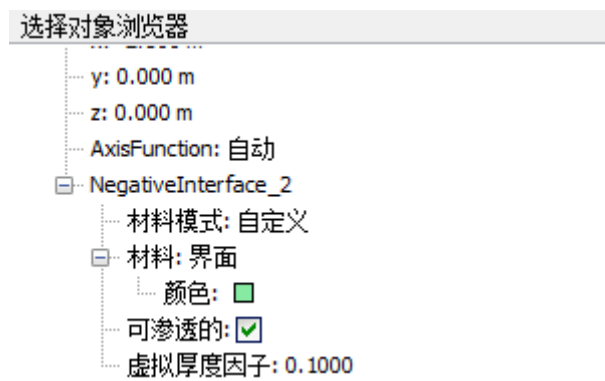


图 3.4 在选择浏览器中设置界面材料

15. 多选顶面和侧曲面，右击，在出现的菜单中选择创建刚体（create rigid body），创建新的刚体（如图 3.5 所示）

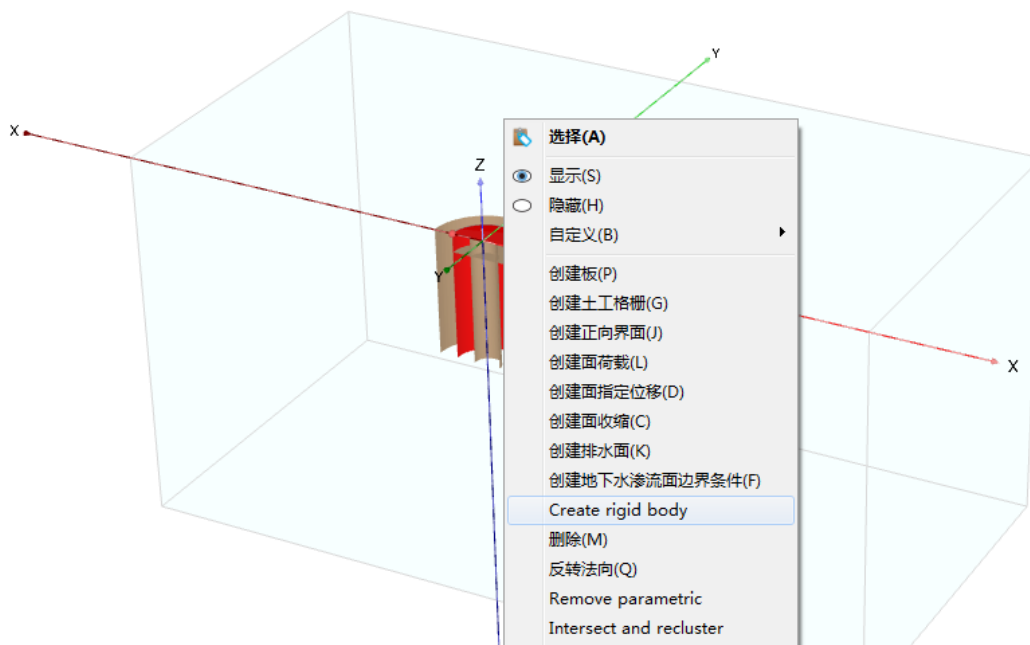


图 3.5 创建刚体

16. 在选择对象浏览器中，通过设置 x_{ref} , y_{ref} , z_{ref} 的值，将刚体参考点设置为 (2.5, 0, -7)

17. 设置 y 方向的平动条件 (Translation condition_y) 为位移, 设置 x 方向的转动条件 (Rotation condition_x) 和 y 方向的转动条件 (Rotation condition_z) 为转动, 对应值分别为 $u_y = \phi_x = \phi_z = 0$ (如图 3.6 所示)

为局部网格加密创建辅助对象

为了达到更好的加密效果, 我们可以利用形状设计器, 在吸力桩周围创建一个曲面。

1.  点击侧边工具栏中的创建多段线按钮, 并在绘图区域内选择点 (7.5, 0, 0)
2. 在一般设置界面, 默认形状选项为自由, 默认方向轴为 x 轴和 y 轴
3.  在线段页面, 点击顶部工具栏的增加断面按钮
4. 线段类型设置为弧, 相对起始角设置为 90° , 半径为 7.5m, 线段角度为 180° , 如图 3.3
5. 点击确认, 在几何模型中增加多段线, 关闭形状设计器。
6.  在顶部工具栏中点击闭合多段曲线, 将所创建曲线闭合。
7. 点击确认, 在几何模型中增加多段线, 关闭形状设计器。
8.  点击多段线, 选择拉伸选项, 设置拉伸矢量 $Z = -15$

该算例的几何模型设置完毕, 如图 3.7 所示

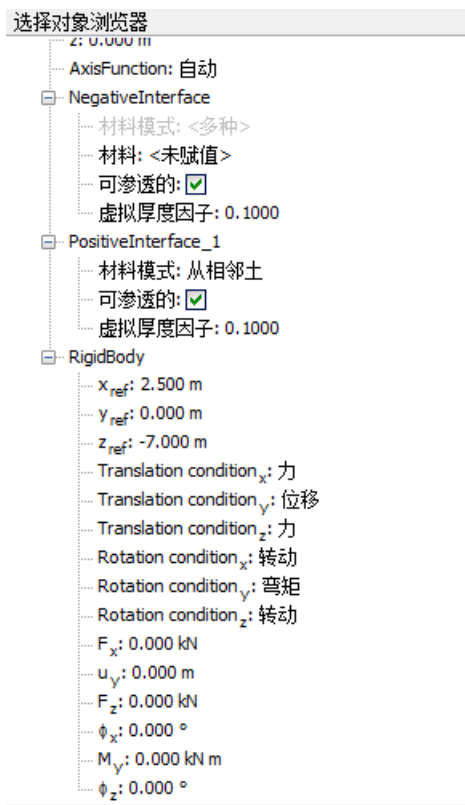


图 3.6 选择对象浏览器中的 RigidBody 设置

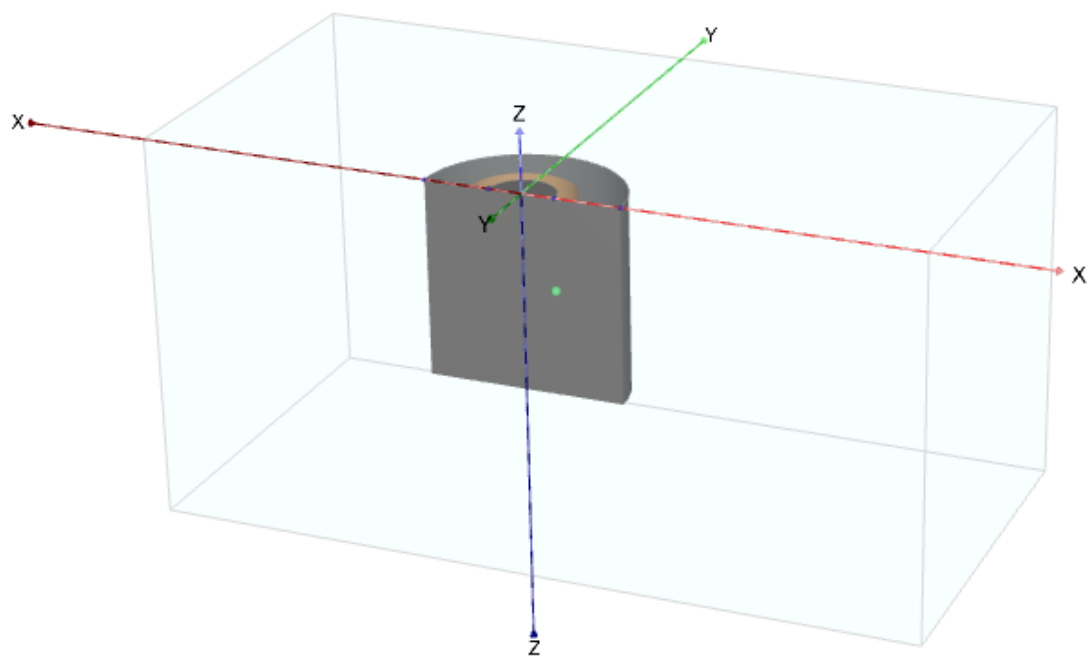


图 3.7 吸力桩几何模型

网格划分

按如下步骤划分网格：

1. 点击**网格**标签，进入**网格模式**
2. 隐藏吸力桩周围土体，多选吸力桩以及吸力桩周围曲面以及顶面。
3. 在选择对象浏览器中设置**粗糙因数**为 0.25
4.  单元分布为中等，生成网格
5. 进入分步施工模式

执行计算

本例的计算包括 6 个阶段。它们分别为初始条件的确定，吸力桩的确定，四种不同的荷载条件。将分析保持荷载大小不变时改变荷载方向的影响。

1. 点击**分步施工**标签进行计算阶段的定义。保持计算初始阶段的计算类型为 **K0 过程**。确保所有结构和界面都未激活。
2.  添加一个新的计算阶段，将其重命名为 “install pile”
3. 在这个阶段，选择**忽略不排水行为**
4. 激活所有刚体和界面
5.  添加一个新的计算阶段，将其重命名为 “Load pile 30 degrees”
6. 在阶段窗口中，勾选**变形控制参数**中的**重置位移为零**
7. 为了使本例的计算速度更快，设置求解器类型为 **Pardiso (multicore direct)**
8. 在数值控制参数中，通过取消勾选**使用默认迭代参数**，来修改迭代参数。
9. 设置单步最大荷载分率 (**Max load fraction per step**) 为 0.1
10. 点击模型浏览器中的**刚体 (Rigid body)**
11. 在选择对象浏览器中，设置所选刚体 (**Rigid body**) 的 $F_x=1949\text{KN}$, $F_z=1125\text{KN}$

根据表 3.2 定义其他计算阶段，每个阶段都应该选择位移重置为零，求解器类型为 **Pardiso (multicore direct)**，单步最大荷载分数 (**Max load fraction per step**) 为 0.1

计算顺序如图 3.8 所示。阶段_1 的计算是在初始阶段计算完成后开始进行。其他阶段的计算均是在吸力桩安装计算完成之后进行。

12.  开始计算

13.  计算完成时，保存

表 3.2 荷载信息

计算阶段	参考计算阶段	F_x / kN	F_z / kN
阶段 2: <i>Load pile 30 degrees</i>	阶段 1	1949	1125
阶段 3: <i>Load pile 40 degrees</i>	阶段 1	1724	1447
阶段 4: <i>Load pile 50 degrees</i>	阶段 1	1447	1724
阶段 5: <i>Load pile 60 degrees</i>	阶段 1	1125	1949

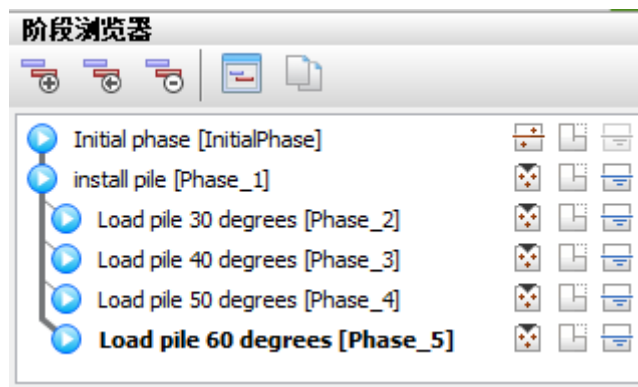


图 3.8 阶段浏览器

查看计算结果

按照如下步骤查看计算结果：

1. 查看最后一个计算阶段的计算结果。将显示整个几何模型的变形网格。吸力桩本身的位移是关注的重点。
2.  选择位移云图，旋转模型使 x 轴与屏幕垂直
3. 如果坐标轴不可见，从视图菜单（View）中选择该选项。可以很清晰地看出，作用在桩上的集中力不影响局部位移场，表明此处的桩足够厚。
4. 按照同样的方法，不同荷载方向下吸力桩的总可以从下拉菜单中选择相应阶段来观察。需要注意阶段 2，此时荷载的水平分量最大，如图 3.9 所示

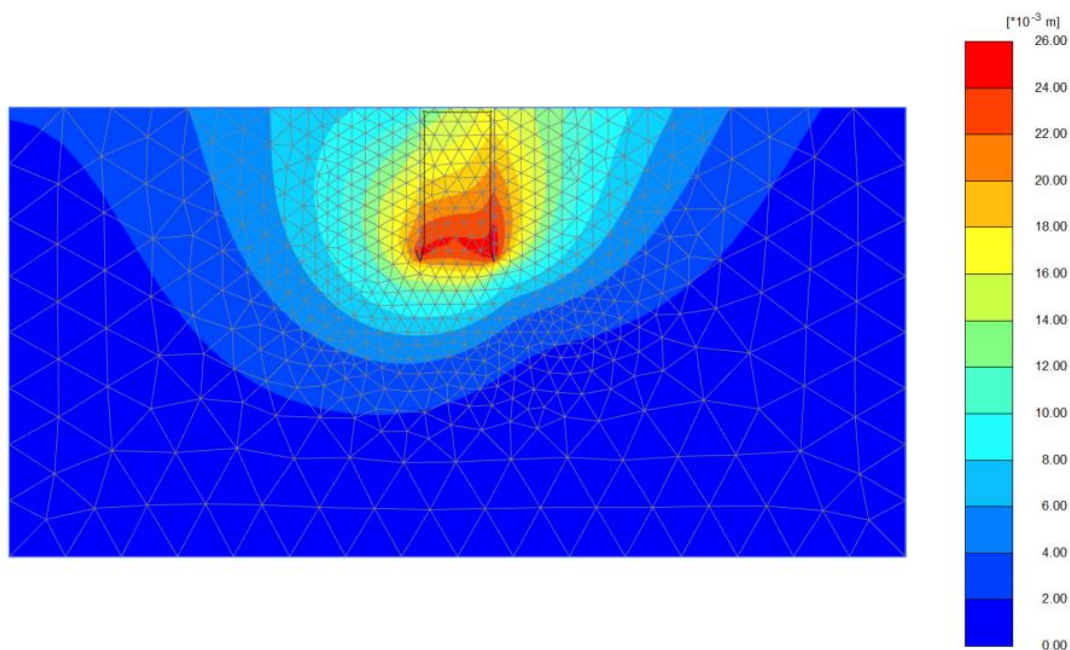


图 3.9 阶段 2 结束时吸力桩的总位移