岩土工程有限元分析软件

# **PLAXIS 2D 2015**<sup>®</sup>

## 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



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C,2015.

## **託信达**

## 目录

水下基坑开	千挖	1
1 输入	<	2
2 网格	生成	7
3 计算		7
4 结果	l	11

## 水下基坑开挖

本例讲解使用 PLAXIS 进行水下基坑开挖分析。案例1(砂土地基上圆形基础沉降分析) 已经使用了程序的大部分特性。本例将使用一些新的特性,例如界面单元和锚杆单元,孔隙 水压力的生成和使用多步阶段。这些新的特性将会详细的介绍,然而案例1中讲过的特性, 在本例中不在详细介绍。因此建议在开始这个案例之前先练习案例1。

本例考虑相邻河流的基坑开挖问题。为了隧道施工基坑采用水下开挖。安装的预制隧道 管片"漂浮"进基坑内并"吸"到基坑底部。基坑 30m 宽和 20m 深。为了避免边界对计算 结果有影响,纵向上模型边界取了很大的值。30m 长的地下连续墙和水平间距为 5m 的内支 撑作为支撑式支挡结构。考虑沿着开挖边上的面荷载。面荷载距地连墙 2m-7m 的距离,值 为 5kN/m<sup>2</sup>/m(图 1 所示)。

地基的上部分 20m 由软土层组成,使用单一均匀同性的黏土层模拟。黏土层下面是刚 性较强且埋深很深的砂土,模型中至取 30m 的厚度。



#### 图1水下基坑开挖几何模型

因为几何模型是对称的,因此只考虑左半模型。开挖的过程用三个单独的开挖阶段来模拟。地下连续墙用板来模拟。墙和土之间的两个界面用界面单元来模拟。界面可以通过折减 墙的摩擦角和土的摩擦角。内支撑用弹簧单元模拟,需要指定法向刚度。

#### 目标:

- 使用界面单元模拟土-结构相互作用
- 高级本构模型(软土模型和硬化土模型)
- 不排水类型(A)
- 定义锚定杆
- 为锚杆单元创建并指定材料数据库
- 模拟开挖(类组冻结)

#### 1 输入

创建几何模型,按照下列步骤:

#### 1.1 一般设置

- 打开 PLAXIS 2D AE 程序。将会弹出快速选择对话框,选择一个新的工程。
- 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。
- 在几何形状设定框中设定土层模型尺寸 Xmin=0, Xmax=65, Ymin=-30, Ymax=20。
- 点击 OK 即关闭工程属性窗口,完成设定。

#### 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。
- 添加上层土并指定其高度,顶部 20m,底部 0m。
- 添加底层土并指定其高度,顶部 0m,底部-30m。
- 水位线位于 y=18m。在钻孔柱状图上边指定水头为 18m。

打开材料设置窗口,为黏土层和砂土定义材料属性。

- 按表1中的参数定义土层并分别指定给相应土层。
- 关闭修改土层窗口并切换到结构模式。

注意:当强度下拉菜单选中刚性选项,界面的强度和土的强度一样(Rinter-=1.0)。

如果 Rinter<1.0,同时减小了界面的强度和刚度。

不使用界面的默认值,可以在选择对象浏览器材料模式下拉菜单中选择合适的材料数据 组直接指定。

参数	名称	黏土	砂土	单位
一般				
材料模型	模型	软土	土体硬化	-
材料类型	类型	不排水 A	排水的	-
水位以上土体容重	$\gamma_{unsat}$	16	17	kN/m <sup>3</sup>
水位以下土体容重	$\gamma_{\rm sat}$	18	20	kN/m <sup>3</sup>
初始孔隙比	e <sub>int</sub>	1.0	0.5	-
参数				
修正压缩指数	$\lambda^*$	3.0*10 <sup>-2</sup>	-	-

表1土的材料属性

## 說信达

修正膨胀指数	к*	8.5*10 <sup>-3</sup>	-	-
标准三轴排水试验割线模量	$E_{50}^{ref}$	-	40000	kN/m <sup>2</sup>
标准固结试验	$E_{oed}^{ref}$	-	40000	kN/m <sup>2</sup>
卸载/重加载刚度	$E_{ur}^{ref}$	-	120000	kN/m <sup>2</sup>
与刚度应力水平相关的幂指数	m	-	0.5	-
黏聚力	$c_{ref}$	1	0	kN/m <sup>2</sup>
内摩擦角	φ'	25	32	o
剪胀角	ψ	0	2	0
泊松比	v <sub>ur</sub> '	0.15	0.2	-
侧压力系数	$K_0^{nc}$	0.5774	0.4701	-
流动参数				
水平渗透系数	k <sub>x</sub>	0.001	1.0	m/天
竖向渗透系数	$\mathbf{k}_{\mathbf{y}}$	0.001	1.0	m/天
界面				
界面强度折减因子	Rinter	0.5	0.67	-
初始条件				
超固结比	OCR	1.0	1.0	-
前期固结压力	POP	5	0	kN/m <sup>2</sup>

#### 1.3 定义结构单元

在结构模式中定义地连墙、内支撑、面荷载和开挖面。

定义地连墙:

▶ 单击竖向工具栏中创建结构按钮。

**之**在扩展菜单中选择创建板选项(图 2).



#### 图 2 创建结构菜单

● 在绘图区移动鼠标到(5020)单击。移动 30m 到(50-10)单击。单击鼠标右键 停止绘制。

单击竖向工具栏中的显示材料按钮。按照表 2 定义地连墙的材料属性。

参数	名称	数值	单位
行为类型	材料种类	弹性;各向同性	-
轴向刚度	EA	7.5•10 <sup>6</sup>	kN/m
抗弯刚度	EI	1.0•10 <sup>6</sup>	kNm² /m
重	w	10	kN/m/m
泊松比	V	0	-

表 2 地下连续墙(板)特性

提示:通常情况下,在一点只能有一个点,两点之间只能有一条线。重合的点或者 线会自动减小为一个点或者线。更多信息查看参考手册的相关章节。

定义界面:

 右键板单元,在出现的菜单中选择创建<正向界面选项(图3),同样的方法创建 负向界面。



#### 图 3 为板创建界面单元

提示:为了区别线两面指定的界面,需要添加正号负号。这个符号没有任何物理意义, 对结果也没有任何影响。

可以指定界面的虚拟厚度。这个厚度纯是数值计算需要的值,用来优化界面单元,使计算结果和实际更加相符。修改虚拟厚度的值,首先在绘图区选中界面,然后在选择对象浏览器虚拟厚度系数参数输入框修改该值。建议没有经验的用户不要修改这个默认值。更多信息 查看参考手册界面单元特性的章节。

定义开挖面:

• 单击竖向工具栏的创建线按钮

- 创建第一个开挖面,单击(5018)、(6518)两点。然后单击右键完成绘制。
- 创建第二个开挖面,单击(5010)、(6510)两点。然后单击右键完成绘制。
- 第三个开挖面对应土层的边界 y=0.

定义内支撑:

🚧 单击竖向工具栏创建结构按钮,在出现的下拉菜单中,再选择创建锚定杆按钮。

● 在点(5019)单击。

单击竖向工具栏显示材料按钮。按照表 3 定义锚定杆材料属性。

#### PLAXIS 2D AE 案例教程:水下基坑开挖

参数	名称	数值	单位
行为类型	材料种类	弹性	-
轴向刚度	EA	2•10 <sup>6</sup>	kN
水亚问明	1	5	m

表 3 内孩子(锚定杆)的特性

- 单击 OK 按钮关闭材料设置窗口。
- 选中绘图区的锚定杆。
- 在选择浏览器中通过选择材料下拉菜单中锚定杆材料给锚定杆赋值。
- X方向和 y方向两个参数控制锚定杆的方向。本例使用默认值。
- 键入等效长度为 15m,等于开挖宽度的一半(图 4)。

提示: 等效长度是锚定杆坐标位置和沿锚定杆方向位移为零的点的距离。



图 4 选择对象浏览器锚定杆参数

定义分布荷载

\*\*\* 点击竖向工具栏的创建荷载按钮。

🔖 在扩展菜单中选择创建线荷载(图 5)。



#### 图 5 创建荷载菜单创建线荷载选项

- 单击点(4320)、(4820),右键完成绘制。
- 在选择浏览器中将荷载 y 分量设置成-5kN/m/m(图 6)。

选择对象浏览器
⊡ 💽 Line_4
ᇦ·· 起始步: Point_8
x: 43.00 m
y: 20.00 m
ᇦ… 第二: Point_9
x: 48.00 m
y: 20.00 m
🖃 LineLoad_1
一分布: 统一的
···· q <sub>x,start,ref</sub> : 0.000 kN/m/m
···· q <sub>y,start,ref</sub> : -5.000 kN/m/m
q <sub>start,ref</sub>  : 5.000 kN/m/m

图 6 选择浏览器线荷载分量

#### 2 网格生成

● 切换到**网格**模式

🕫 使用默认的单元分布参数(中等)。

🍳 生成的结果如图 7.

• 单击关闭按钮,关闭输出窗口。



图 7 生成的网格

#### 3 计算

实际上,基坑开挖施工包含很多阶段。首先,施工地连墙。接着开挖土层,安装锚杆或 内支撑。然后开挖至最后深度。通常采取一些措施降低水位,以及施加一些内支撑。

在 PLAXIS 中,可以设置阶段窗口的一般标签的加载类型为分步施工来模拟上述基坑开挖过程。它能够激活或冻结所选择的有限单元的重度、刚度和强度。注意在分步施工模式中只有加载类型可以修改。本例将解释开挖过程的模拟。

#### PLAXIS 2D AE 案例教程:水下基坑开挖

- 单击分步施工模式定义计算阶段。
- 初始阶段程序默认创建完成。计算类型默认为 KO 过程。确保所有土层激活,而所有结构单元和荷载冻结。

#### Phase 1: 外部荷载

🐻 添加新的阶段。

- 采用默认的设置。除了墙、界面、内支撑和荷载外全部激活。
- 单击竖向工具栏的选择多个对象按钮,在下拉菜单中选择选择线并单击选择板选项 (图 8)。
- 在绘图区绘制矩形区域包含所有板单元(图9)。
- 右键墙在下拉菜单选择激活选项。现在墙显示在材料数据组中指定的颜色。



图 8 选择板选项



图 9 绘图区选择板

## 統信达

- 右键分布荷载激活它,在结构模式中已经定义了荷载为-5kN/m/m。选择浏览器中显示该值前面的选择框已经选中。
- 确保模型中的所有界面已经激活。

#### Phase 2: 第一步开挖

👼 添加新的阶段。

- 在阶段浏览器中出现一个新的阶段。注意程序自动假设这个新阶段起始于原来的阶段并且激活的对象也和原来的阶段一样。
- 本阶段采用默认的设置。除了锚定杆外,分步施工模式中所有的结构单元都被激活。
- 在绘图区右键顶部土层并在出现的菜单中选择冻结选项。图 10 显示了第一步开挖的阶段。



图 10 第一步开挖模型

Phase 3: 安装内支撑

😼 添加新的阶段。

激活内支撑。内支撑变成黑色代表已经激活了。
Phase 4: 第二步开挖阶段

🐻 添加新的阶段。

冻结要开挖的第二层土(图 11)。



图 11 第一步开挖模型

提示:在 PLAXIS 中,当冻结土层时,孔隙水压力不会自动冻结。因此,开挖处仍然存在水压力,这样就可以模拟未降水开挖。

Phase 5: 第三步开挖阶段

🐻 添加新的阶段。

最后阶段是冻结第三次黏性土(图 12)。



图 12 第三步开挖模型

至此分步施工定义完成。在开始计算前,建议为生成荷载-位移曲线或者应变和应力图 表选择节点或应力点。

💙 单击生成曲线所需的点。输出窗口显示了单元节点连接图,并显示选择点窗口。

 选择墙上可能出现较大变形的一些节点(例如。5010)。在选择点窗口中显示指定 节点附近的节点。选中目标节点。关闭选择点窗口。

## 說信达

● 单击更新标签关闭输出窗口并回到输入程序。

**一** 计算项目

#### 4 结果

输出窗口除了输出土的位移和应力外,还可以查看结构的内力。

 迎 单击竖向工具栏中的输出结果按钮。弹出输出程序,并在窗口中显示选择的阶段的 变形网格,同时在图形下方显示最大位移(图)。



图 13 第三步开挖的变形网格

提示: 在输出窗口中,显示荷载、边界条件和指定位移可以通过几何菜单中对应的选项 打开或关闭。

 ● 在变形菜单中选择增量位移 |△u |。视图显示了位移增量的云图,该云图表明墙后土 移动的机理。

→ 选择视图菜单中的箭头选项或者单击对应的快捷工具。视图以箭头的形式显示了 所有节点的增量位移。箭头的长度代表增量位移的相对大小。

选择应力菜单中有效主应力下路菜单中的有效主应力选项。视图显示了每一土单元
三个应力点的有效主应力,有效主应力既代表了方向又显示了该值的相对大小。注
意,如果选中了中主应力方向选项,主应力的方向显示了基坑开挖底部一个大的被动区和内支撑后小的被动区(图 14)。

#### PLAXIS 2D AE 案例教程:水下基坑开挖



图 14 第三步开挖后的主应力分布

按照下列操作显示墙的弯矩和剪力:

- 双击墙,弹出显示轴力的窗口。
- 在力的菜单中选择弯矩 M。墙的弯矩显示最大/最小弯矩信息(图 15)。



#### 图 15 墙的弯矩图

- 在力的菜单中选择剪力 Q。视图显示墙的剪力视图。
- 选择窗口菜单的第一个窗口(整个窗口显示有效应力)。双击内支撑,以图表的形式显示了内支撑的力。
- 单击工具栏中的曲线管理按钮。弹出曲线管理器窗口。
- 单击新建按钮创建一个图表。弹出曲线生成器窗口。
- 在 x-轴下拉菜单中选择点 A。并选择变形-总变形 Δu |。
- 在 y-轴下拉菜单选择项目选项。选择乘子∑ Mstage.
- 单击 OK, 生成荷载-位移曲线。如图 16.



#### 图 16 墙变形的荷载-位移曲线

曲线显示了分步施工阶段。对于每一个阶段参数∑*Ms*tage.从0到1.最后一个阶段曲线的斜 率逐渐减缓意味着塑性变形在增大。然而,计算结果表明,施工的最后阶段开挖过程是稳定的。

本教程到此结束!