

岩土工程有限元分析软件

PLAXIS 3D 2013[®]

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

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©, 2013.

目录

超固结粘土上的基础沉降.....	1
几何模型.....	2
情形 A: 刚性基础	3
1.1 几何模型输入.....	4
1.2 材料数据组(Material data set).....	6
1.3 结构单元定义.....	9
1.4 网格划分.....	9
1.5 执行计算.....	11
1.6 查看计算结果.....	14
情形 B: 筏形基础	16
2.1 几何模型输入.....	17
2.2 定义结构单元.....	17
2.3 网格划分.....	19
2.4 执行计算.....	19
2.5 查看计算结果.....	20
情形 C: 桩-筏基础	23
3.1 几何模型输入.....	24
3.2 结构单元定义.....	24
3.3 网格划分.....	25
3.4 执行计算.....	26
3.5 计算结果查看.....	26

超固结粘土上的基础沉降

本章是 PLAXIS 3D 的第一个应用：超固结粘土上的基础沉降。这是熟悉程序实际应用的第一步。

这里详细讲述了几何模型创建的一般步骤、有限元网格的划分、有限元计算的执行和输出结果的评估等。本例中涉及的信息将在后面的示例中应用，因此在进一步学习其他教程案例之前透彻学习本例是十分重要的。

几何模型

本例主要解决轻度超固结湖积粘土上方建筑基础的施工和加载问题。粘土层下是硬岩层，形成了几何模型的自然边界。确定几何形状的时候不将岩层考虑进去，而是在粘土层的底部施加一个恰当的边界条件。本练习的目的是计算基础沉降。

该建筑地下一层，地上五层 (如图 1 所示)。为了减少计算时间，只取该建筑的 1/4 进行模拟，沿对称线确定对称边界条件。考虑粘土中任何可能的破坏机理的发展，且避免外边界的影响，模型在两个水平方向的尺寸设为 75m。

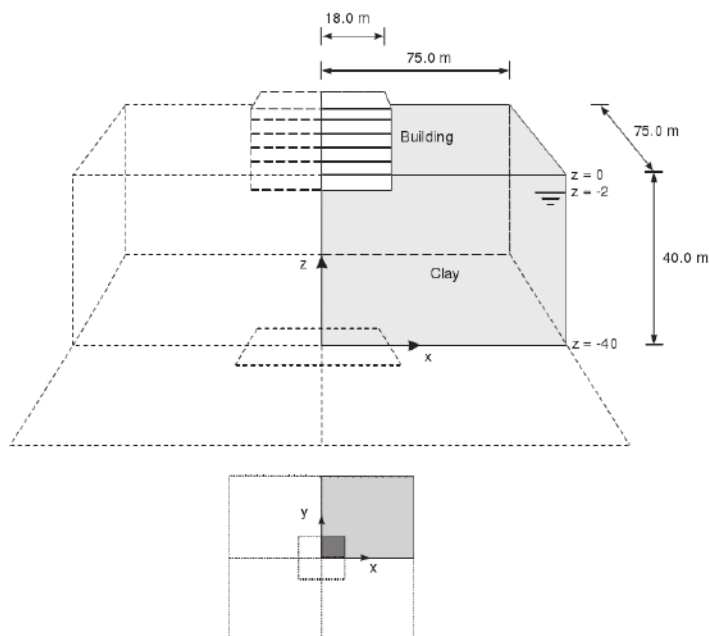


图 1 筏基上方形建筑的几何模型

按照以下 3 种不同情形考虑该模型：

情形 A： 考虑建筑物刚度很大，地下室由无孔线弹性实体单元来模拟。

情形 B： 结构力模拟为作用在筏型基础上的荷载。

情形 C： 在模型中加入嵌入桩以减少沉降。

情形 A: 刚性基础

在这种情形下,考虑建筑物刚度很大。地下室由无孔线弹性实体单元模拟。地下室的总重相当于建筑物的永久荷载和可变荷载之和。这种方法模型十分简单,因此作为第一个练习,但是这种方法存在一些弊端,比如它并没有给出作用在基础上的结构力的任何信息。

目标:

- 开始一个新的工程
- 用一个钻孔创建地层
- 创建材料属性
- 使用创建面工具(*Create surface*)和拉伸工具(*Extrude tools*)创建实体
- 材料赋值
- 局部网格加密
- 划分网格
- 用 *K0 过程*生成初始应力
- 定义塑性计算

1.1 几何模型输入

打开 PLAXIS 3D 软件，将会出现一个快速选择(Quick select)对话框，在这个对话框里可以选择已有工程，也可以创建一个新工程(如图 1.1 所示)。

点击开始一个新工程(Start a new project)。弹出工程属性窗口(Project properties)，包括工程(Project)和模型(Model)两个页面。

1. 工程属性 (Project properties)

每个分析的第一步就是设置有限元模型的基本参数。在工程属性(Project properties)窗口中进行设置。这些属性包括问题的描述、基本单位和绘图区尺寸。

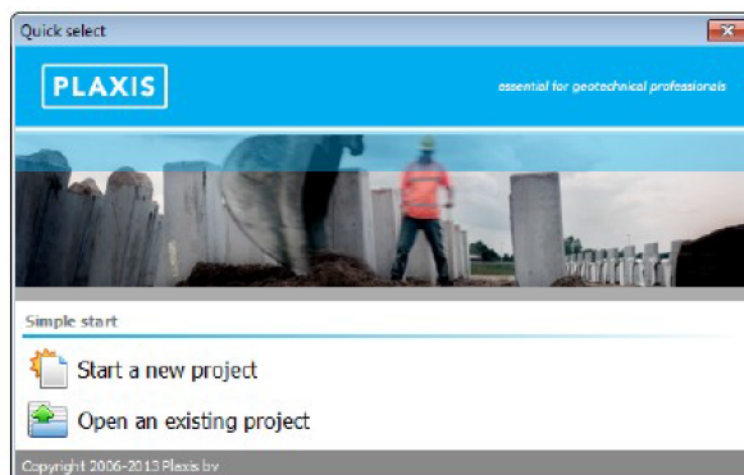


图 1.1 快速选择(Quick select)对话框

按照以下步骤为基础计算输入恰当的属性：

- 1) 在工程页面(Project)中输入工程标题(Title)“Tutorial 1”，在注释框(Comments)中输入“Settlements of a foundation”，如图 1.2 所示。

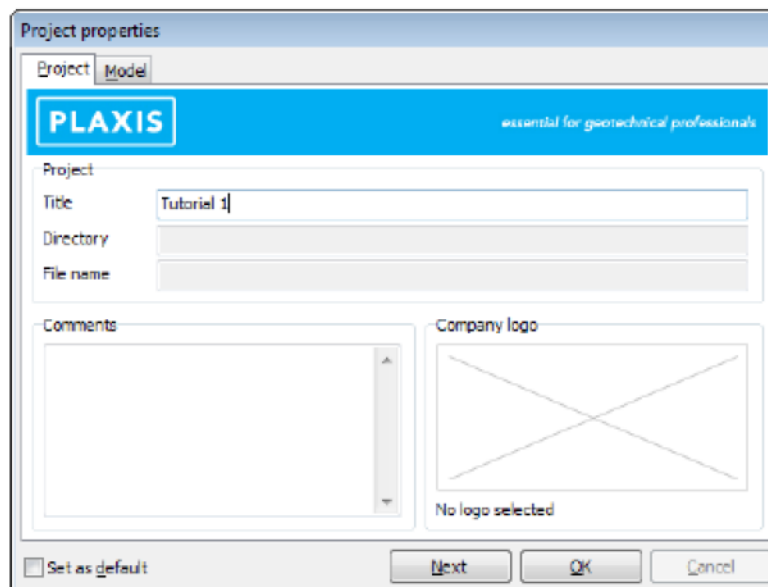


图 1.2 工程属性窗口的工程(Project)页面

- 2) 点击下一个按钮或模型标签进入模型(Model)页面, 如图 1.3 所示。
- 3) 保持单位框中的默认单位(Units): 长度(Length)=m, 力(Force)=kN, 时间(Time)=day。
- 4) 一般设置框(General)中显示一个固定的重力为 1.0G, 方向竖直向下(-z 方向); 可以在地球重力框中指定重力 (1.0G) 加速度值, 本练习中重力加速度值取默认值 9.810m/s²; 在 γ_{water} 框中设定水的重度, 本练习中水的重度(γ_{water})取默认值 10kN/m³。
- 5) 在几何形状设定框(Contour)中设定土层模型尺寸 $x_{min}=0$, $x_{max}=75$, $y_{min}=0$, $y_{max}=75$ 。
- 6) 点击 OK 完成设定。

注: 如果因为操作失误或其他任何原因, 需要修改工程属性, 可以在文件菜单中选择对应的选项进入工程属性窗口(Project properties)。

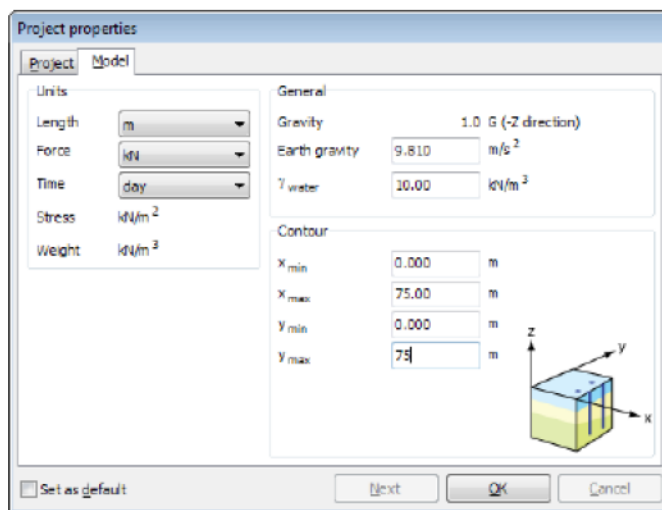


图 1.3 工程属性窗口的模型(Model)页面


2. 土层定义

当你点击完 OK 按钮时, 工程属性窗口关闭, 显示土体模式视图。土层信息在钻孔中输入。

钻孔在绘图区中给出土层位置和水位信息。如果定义了多个钻孔, PLAXIS 3D 会在钻孔之间自动内插, 从钻孔信息中推导出土层位置。

注: PLAXIS 3D 也可以处理不连续的土层, 比如, 模型区域中只有局部土层, 更多这方面的介绍详见参考手册第 4.2.2 节的介绍。

在当前例子中, 只有一层土, 只需一个钻孔就可以定义土层。按照以下步骤定义钻孔:

- 1)  在侧边工具栏中点击创建钻孔按钮开始定义土层。点击几何模型中的 (0,0,0)点, 在(x,y)=(0,0)处创建一个钻孔。弹出修改土层窗口(Modify soil layers)。
- 2) 在修改土层窗口(Modify soil layers)中点击添加按钮(Add)添加新的土层。土层顶部边界设为 $z=0$, 底部边界设为 $z=-40$ 。
- 3) 钻孔柱状中水头值设为 $-2m$, 如图 1.4 所示。

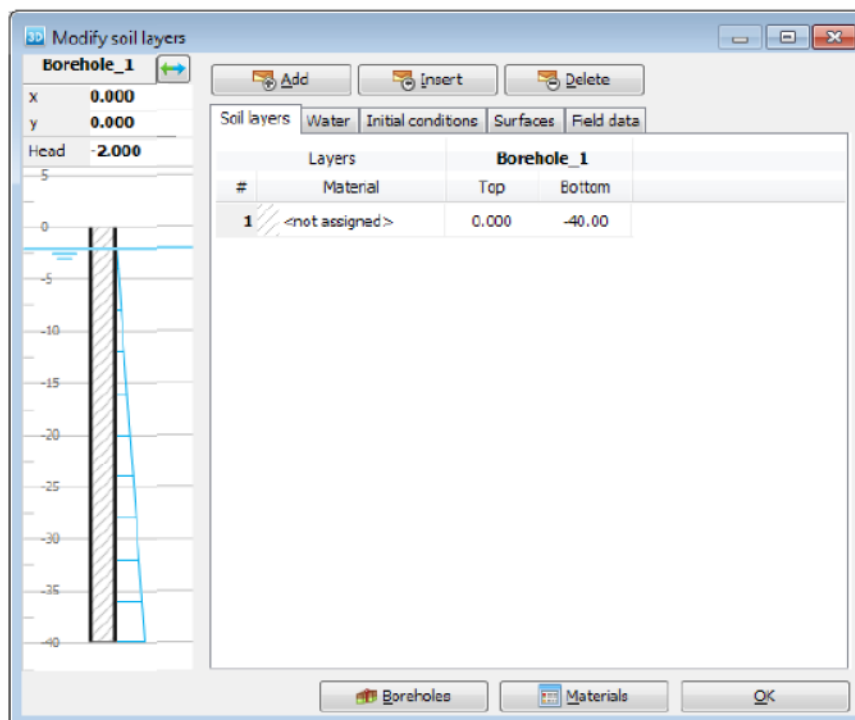


图 1.4 修改土层窗口(Modify soil layers)

下节讲述材料属性创建及其对土层的赋值。

1.2 材料数据组(Material data set)

为了模拟土的行为，必须赋予几何模型恰当的材料模型和材料参数。在 PLAXIS 中，土的属性都放在材料数据组(Material data set)中，各种材料数据组都保存在材料数据库中。从这个数据库中，可以将一个数据组分配给一个或多个类组。对结构(像梁，板，等)也是类似的，但是不同类型的结构有不同的参数，因此就有不同的数据组。

PLAXIS 3D 将材料数据组分成土和界面(Soils and interfaces)、板(Plates)、土工格栅(Geogrids)、梁(Beams)、嵌入桩(Embedded piles)和锚杆(Anchors)。在划分网格之前，必须将材料数据组赋予到所有土层和结构中。

- 1)  在修改土层窗口(Modify soil layers)中点击材料(Materials)按钮，打开材料组(Material sets)窗口。
- 2) 注：如果由于失误将修改土层窗口(Modify soil layers)关闭了，双击绘图区中的钻孔或从土层下拉菜单(Soil)中选择修改土层选项(Modify soil layers)来重新打开。
- 3) 在材料组(Material sets)窗口的下方，点击创建(New)按钮，土层 (Soil)窗口就会出现，它包含五个页面，分别是一般设定(General)、参数(Parameters)、渗流参数(Flow parameters)、界面(Interfaces)和初始条件(Initial)。
- 4) 在一般页面(General)下的材料组(Material sets)框中，在标题(Identification)框中输入湖积粘土(Lacustrine Clay)，如图 1.5 所示。
- 5) 从材料模型下拉菜单中选择摩尔库伦模型(M-C)，在排水类型下拉菜单中选择排水(Drained)。

- 6) 按照表 1.1 在一般属性框中输入**重度**。其他高级参数(Advanced Parameters)保留默认值。
- 7) 点击下一步按钮(Next)，或点击参数标签输入模型参数。参数 (Parameters)页面中显示的参数取决于所选的**材料模型**（本例中是 MC 模型）。M-C 模型只包含 5 个基本参数： E' ， ν' ， c' ， ϕ' ， ψ' 。
- 8) 按照表 1.1 在参数页面的相应框中湖积粘土的模型参数，如图 1.6 所示。

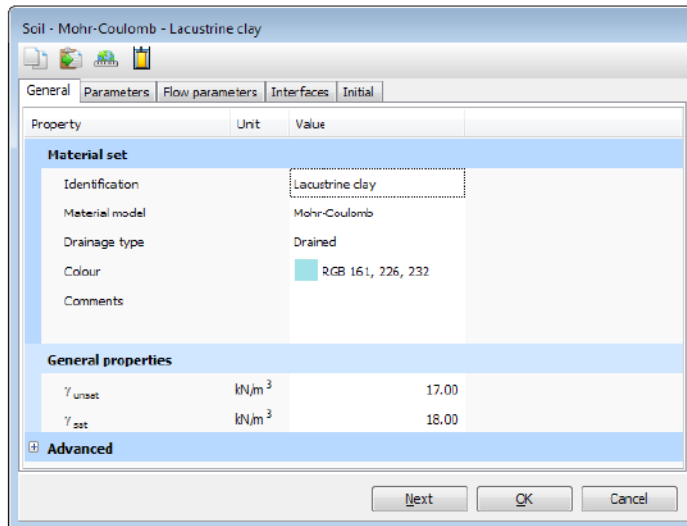


图 1.5 土(Soil)和界面(Interfaces)数据组窗口中的一般页面

表 1.1 材料属性

参数	符号	湖积粘土	建筑物	单位
一般设定				
材料模型	<i>Model</i>	M-C 模型	线弹性	--
排水类型	<i>Type</i>	排水	无孔	--
地下水位以上重度	γ_{unsat}	17.0	50	kN/m^3
地下水位以下重度	γ_{sat}	18.0	--	kN/m^3
参数				
杨氏模量	E'	1×10^4	3×10^7	kN/m^2
泊松比	ν'	0.3	0.15	--
内聚力	c'_{ref}	10	--	kN/m^2
摩擦角	ϕ'	30.0	--	°
剪胀角	ψ'	0.0	--	°
初始条件				
K_0 的确定	--	自动	自动	--
侧向土压力系数	K_0	0.5000	1.000	--

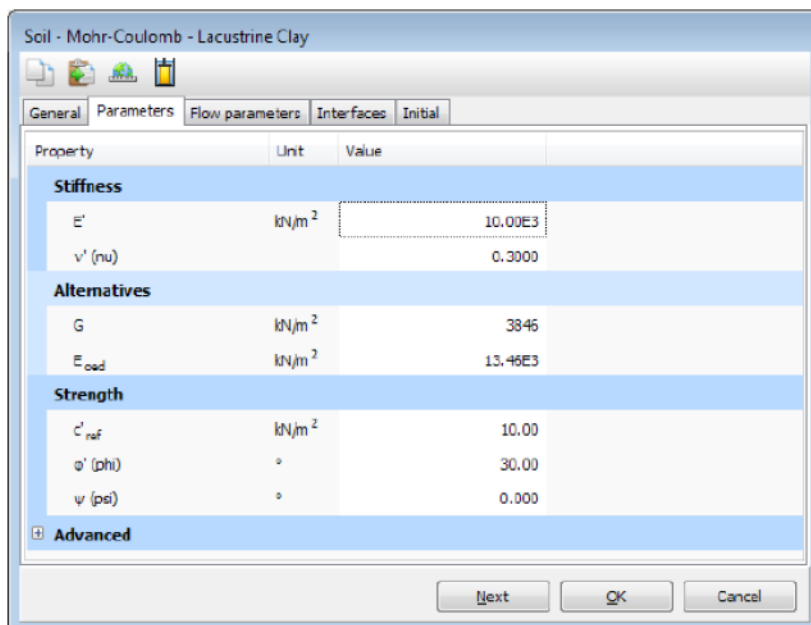


图 1.6 土(Soil)和界面(Interfaces)数据组窗口中的参数页面

- 9) 在本例中不考虑固结作用。这样土的渗透将不会影响到计算结果，渗流参数窗口可以跳过。
- 10) 因为几何模型中不含界面，因此界面页面也可跳过。
- 11) 点击初始条件(Initial)页面，确认 K_0 设为自动，此时， K_0 就由 Jaky 公式确定： $K_0=1-\sin\phi$ 。
- 12) 点击 OK 按钮完成当前材料数据组的输入。创建好的数据组就会呈现在材料组窗口的树目录中。
- 13) 从材料组(Material sets)窗口中将湖积粘土(Lacustrine Clay)数据组拖放到修改土层窗口左手边的土层柱状图上。

注：光标改变形状表明是否可以放置数据组（到对象上），土层颜色的变化表明正确的为土层赋予了材料属性。

建筑物由线弹性无孔材料模拟，定义材料属性的步骤如下：




- 1) 材料组窗口中点击创建按钮(New)。
- 2) 在一般页面(General)下的材料组(Material sets)框中，在名称框中(Indentification)输入建筑物(Building)，如图 1.5 所示。
- 3) 从材料模型下拉菜单中选择线弹性模型(Linear elastic)，在排水类型下拉菜单中选择无孔(Non-porous)。
- 4) 根据表 1.1 中所列材料数据组，在一般属性框中输入重度。该重度对应建筑物的永久荷载和可变荷载之和。
- 5) 点击下一步按钮(Next)或按下参数标签(Parameters)，输入模型参数。线弹性模型只包含 2 个基本参数： E', v' 。
- 6) 在参数页面相应的编辑框中输入表 1.1 中的模型参数。
- 7) 点击 OK 按钮完成当前材料组的输入，已创建的材料信息将会出现在材料组窗口的树形目录中，但是不能直接应用。

- 8) 点击 OK 按钮关闭材料组窗口(Material sets)。
- 9) 再点击 OK 按钮关闭修改土层窗口(Modify soil layers)。

注：PLAXIS 3D 区分材料组的工程数据库和全局数据库。使用全局数据库可以将数据组从一个工程转到另一个工程。点击显示全局按钮(Show global)就可以在材料组窗口(Material sets)中显示全局数据库。程序安装时案例教程中所有案例的数据组都存储在全局数据库中。

1.3 结构单元定义

结构单元在程序的结构模式(Structure)中创建。点击结构按钮(Structure)，进行结构单元的输入。按照如下步骤模拟建筑物：

- 1)  点击创建面按钮(Create surface)。将光标放在坐标原点(0,0,0)处，检查显示在光标位置显示器中的光标位置。当点击鼠标，就定义了面的点。
- 2) 在坐标(0,18,0) (18,18,0) (18,0,0)处分别定义其他 3 个点，按鼠标右键或者按 Esc 结束面的定义。注意，此时创建的面仍是选中状态，以红色显示。
- 3)  点击拉伸对象按钮(Extrude object)由面创建体。
- 4) 在拉伸窗口(Extrude)将 z 值改成-2，如图 1.7 所示，点击应用按钮(Apply) 关闭窗口。
- 5)  点击选择按钮(Select)，用鼠标右键选择创建的面，在弹出菜单中选择删除 (Delect)，这样就删除了刚才创建的面，但代表建筑物的体仍然保留。

这样，建筑体和材料数据组就都创建完成了。

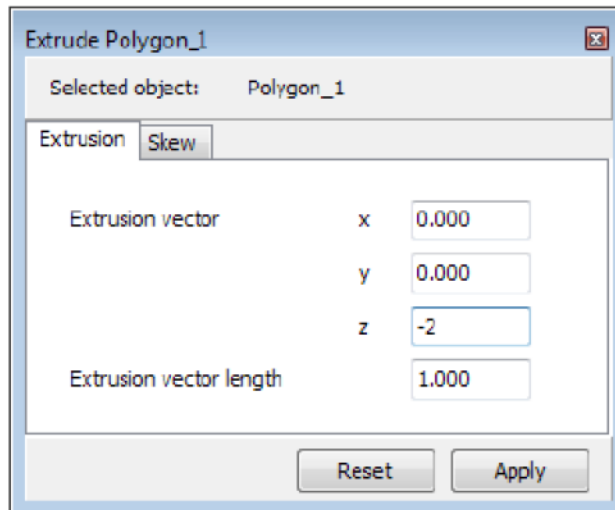



图 1.7 拉伸(Extrude)窗口

1.4 网格划分

建模完成后，点击网格(Mesh)标签进入网格模式。PLAXIS 3D 具有完全自动划分网格的程序，可将几何模型划分为实体单元和相应的结构单元。网格划分充分考虑了几何模型中几何对象的位置，因此土层、荷载和结构的准确位置在有限元网格中都会考虑。考虑对建筑体进行局部网格细化。按照以下步骤生成网格：

- 1)  点击侧边工具栏中**细化网格按钮(Refine mesh)**，点击创建的建筑体进行局部网格细化，这时该体积会变成绿色，如图 1.8 所示。

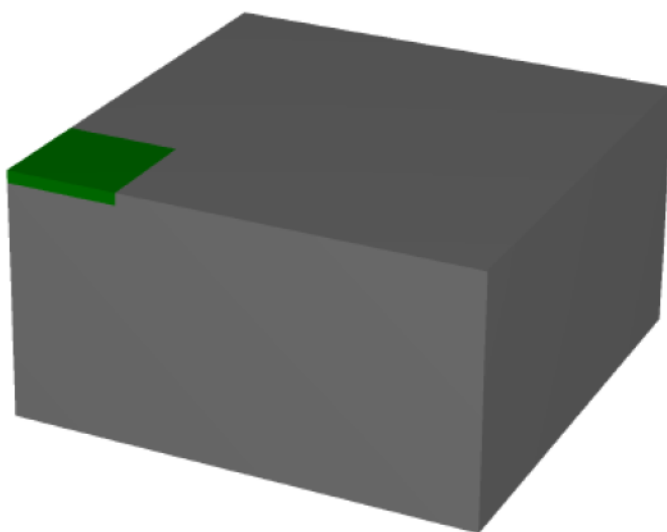





图 1.8 模型中局部网格细化的表示

- 2)  从侧边工具栏中点击**生成网格按钮(Generate mesh)**，或者在网格菜单(Mesh)中选择**生成网格(Generate mesh)**选项。在网格选项窗口中将**单元分布(Element distribution)**修改为粗，如图 1.9 所示，点击 OK 开始网格划分。
- 3)  当网格划分完成之后，点击**查看网格按钮(View mesh)**，在新打开的窗口中显示生成的网格，如图 1.10 所示。
- 4)  点击**关闭按钮(Close)**即可返回至输入程序中的网格模式。

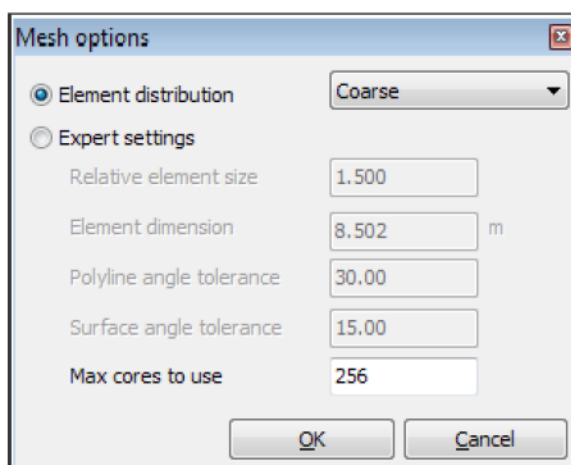


图 1.9 网格选项窗口

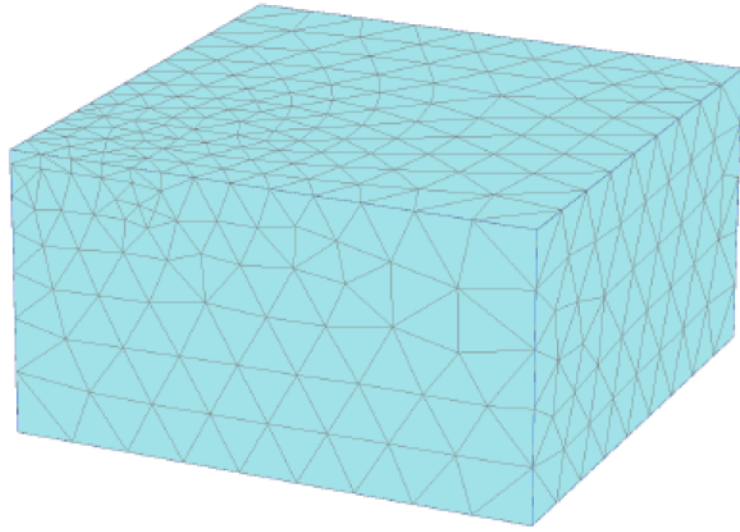


图 1.10 输出窗口中生成的网格

注：在默认的情况下，单元分布设为中等。可以在网格选项窗口中修改单元分布设置。另外，也可以选择整体或局部细化网格，详见参考教程(Reference Manual)7.1 节。

- 若几何模型更改，有限元网格必须重新划分。
- 自动生成的网格可能不满足实际的工程计算需求，因此在使用中建议用户检查网格划分结果，必要时做相应的网格细化。

1.5 执行计算

网格划分完毕之后，有限元模型就基本完成了。点击分步施工(Staged construction)，定义计算阶段。

1. 初始条件

初始阶段就是初始条件的生成。一般来说，初始条件包含初始几何构造和初始应力状态，比如，有效应力、孔隙水压和状态参数。初始水位已在修改土层窗口中输入，这个水位用于计算初始有效应力状态。因此，不需进入水力模式(Water mode)。

定义一个新工程之后，第一个计算阶段命名为“初始计算”，在阶段浏览器(Phase explorer)中自动创建并选择(如图 1.11 所示)。初始条件下，几何模型中的所有结构单元和荷载都自动关闭，只有土体是激活的。

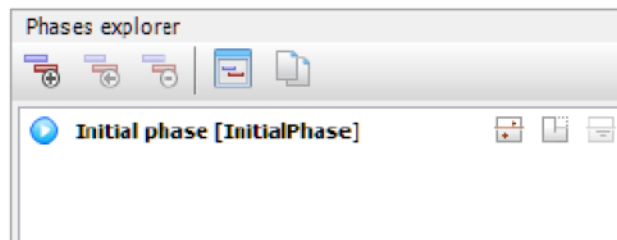



图 1.11 阶段浏览器

PLAXIS 3D 2013 案例教程：超固结粘土上的基础沉降

本教程案例中，将介绍初始阶段的特点。案例这部分概述了该选项的定义方法，即使使用参数默认值。

- 1)  点击编辑阶段按钮(Phase)或双击阶段浏览器(Phase explorer)中的阶段，就会显示阶段窗口，如图 1.12 所示。

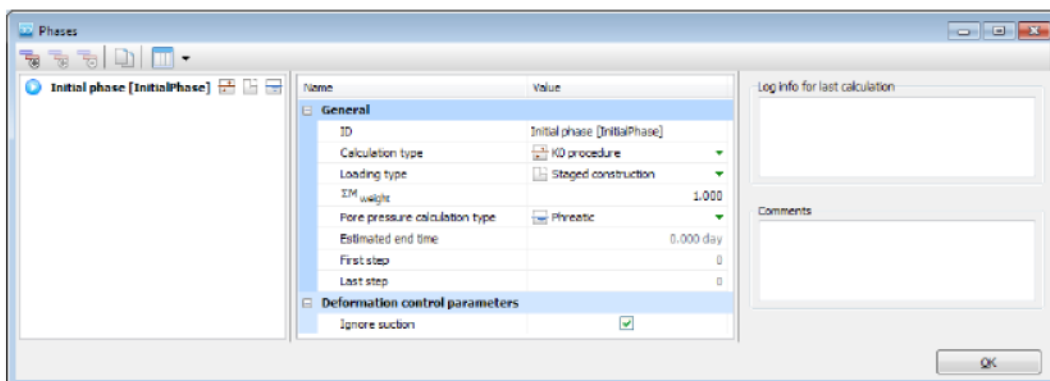






图 1.12 初始阶段的阶段窗口

- 2)  在阶段(Phase)窗口下的一般设置子树中，程序默认选择计算类型为 K0 过程。本工程中采用该选项生成初始应力。
- 3)  加载类型(Loading type)选为分步施工(Staged construction)，这是 K0 过程的唯一可选项。
- 4)  孔隙水压计算类型(Pore pressure calculation type)默认选为潜水位(Phreatic)选项。
- 5) 本例中阶段(Phase)窗口的其他选项也采用默认值。点击 OK 关闭阶段(Phase)窗口。
- 6) 在模型浏览器(Model explorer)中展开模型条件(Model conditions)子树。
- 7) 展开水力条件子树(Water)，总体水位(Global Water Level)自动选择由修改土层窗口中钻孔水头值生成的水位(钻孔水位_1)。
- 8) 保证工程中所有的土体都激活，其材料属性均为湖积粘土(Lacustrine Clay)。

注：K0 过程只能用于地表水平、潜水位水平的水平成层几何模型。在参考手册(Reference Manual)7.3 节中有更多关于 K0 过程的详尽介绍。

2. 施工步

定义完初始条件之后，就可以模拟建筑物施工了。按照如下步骤添加一个模拟建筑物施工的计算阶段：

- 1)  点击阶段浏览器(Phase explorer)中的添加按钮(Add)，就会在浏览器中创建一个阶段(Phase 1)。
- 2) 双击阶段 1(Phase 1)打开阶段窗口。

- 3) 在一般设置子树的 ID 框中给这个新的阶段命名, 比如 **Building**。
- 4) 当前阶段从包含初始应力状态的初始阶段开始。该阶段采用默认选项和默认值, 如图 1.13 所示。
- 5) 点击 OK 按钮关闭阶段窗口。
- 6) 右击在 1.1.3 节中创建的建筑物, 从弹出菜单的**设置材料**选项中选择建筑物 **Building** 选项, 此时已将“Building”材料属性赋予给了建筑物。

注: 在**阶段浏览器(Phase explorer)**或**阶段窗口**中可以使用**添加(Add)**、**插入(Insert)**、**删除(Delete)**按钮实现计算阶段的添加、插入或删除。

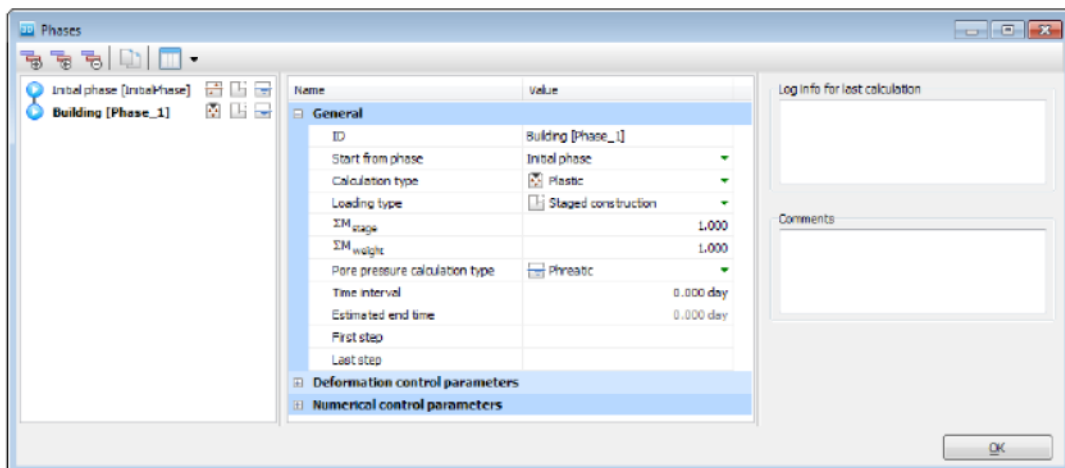




图 1.13 建筑物施工(Building)阶段的阶段窗口


3. 执行计算

所有计算阶段(本例中为 2 个阶段)都标记为计算(用蓝色箭头表示)。用**开始阶段参数(Start from phase)**来控制执行顺序。

 点击**计算按钮(Calculate)**开始计算。忽略“未选择绘制曲线的节点和应力”警告信息, 在计算执行的过程中, 出现了一个显示当前计算阶段计算进度信息的窗口, 如图 1.14 所示。

窗口中的信息不断更新, 显示计算进度、当前步数、当前迭代的全局误差, 当前计算步的塑性点数, 等等。可能需要几十秒的时间运行计算。运行完成后, 计算窗口关闭, 返回主窗口。

 **阶段浏览器(Phase explorer)**中的阶段列表更新完毕。计算成功的阶段用绿色圆中的对勾表示。

 查看结果之前先保存工程。

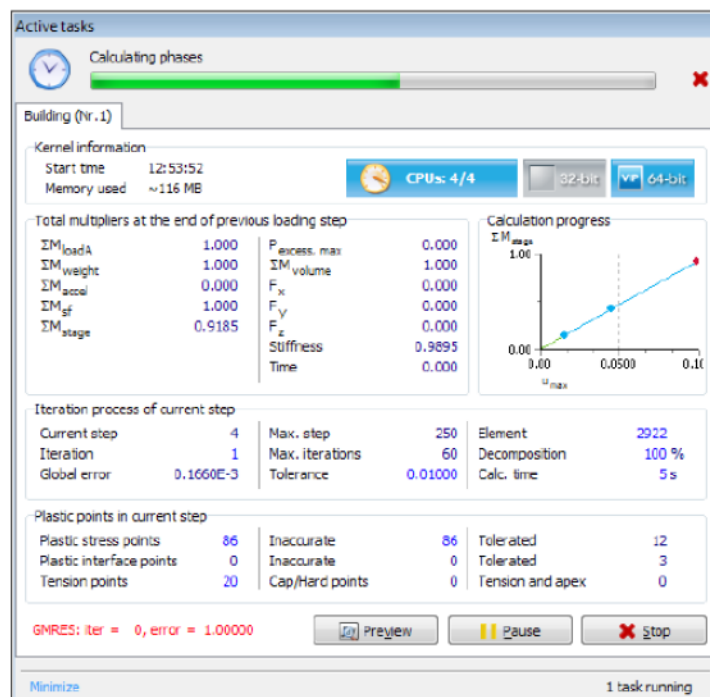


图 1.14 显示计算进度的活动任务窗口

1.6 查看计算结果

一旦计算完成，就可以在输出程序中显示计算结果。在输出程序中，可以只查看完全三维模型中、剖面或结构单元中的位移和应力。计算结果也可以表格的形式输出，浏览当前结果需按照如下步骤进行：

- 1) 选择阶段浏览器(Phase explorer)树形目录中的最后一个计算阶段 Building。



- 2) 点击侧边工具栏中的查看计算结果按钮(View calculation results)，打开输出程序。输出程序默认显示所选计算阶段结束时的三维变形网格。变形可按比例缩放以更清楚的观察。

- 3) 从变形菜单中选择总位移(Total displacement)，-> $|u|$ ，就会显示总位移的彩色云图。

- 4) 在彩色边界处是代表总位移值的图例，若图例未显示，需从视图菜单(View)中选择图例选项(Legend)。



- 5) 在输出窗口中点击等值面 Iso surfaces 按钮，显示具有相同位移的区域。

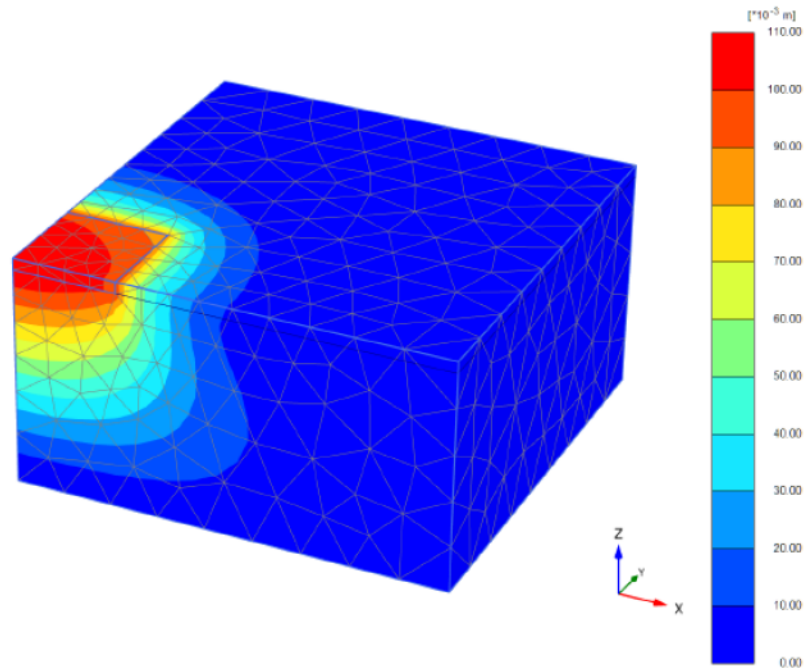


图 1.15 最后一个阶段结束时的总位移云图

注：除总位移之外，变形菜单(Displacement)中还可选择增量位移(Incremental displacement)和阶段位移(Phase displacement)。

- 增量位移(Incremental displacement)是一个计算步中产生的位移(在本例中就是最后一步)，有助于显示破坏机理。
- 阶段位移(Phase displacement) 是一个计算阶段中产生的位移(在本例中就是最后一个计算阶段)，用于检查一个单独阶段的影响，在开始阶段计算之前无需重置位移为零。

情形 B：筏形基础

在此情形下，需修改模型，地下室由结构单元组成。这就要求计算基础中的结构力。筏形基础由 50cm 厚的混凝土底板，由混凝土梁加强。地下室墙为 30cm 厚的混凝土墙。上部楼板荷载通过柱和地下室墙向下传递到筏板上。柱承受 11650kN 的荷载，地下室墙体承受 385kN/m 的线荷载，如图 2.1 所示。

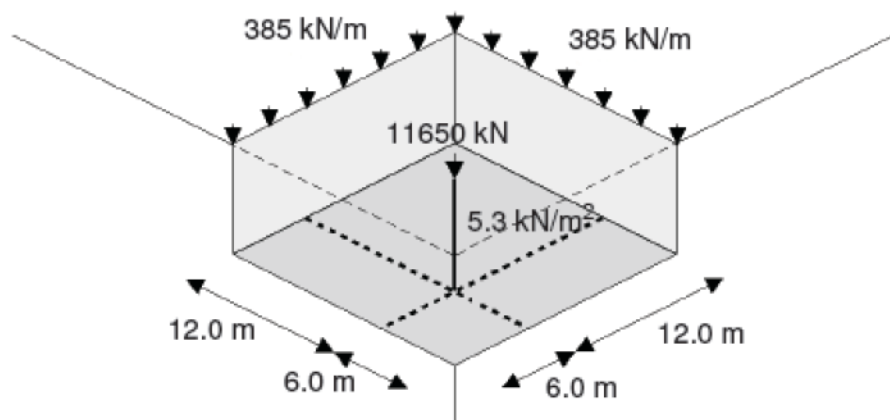


图 2.1 地下室几何尺寸


另外，筏板上承受 5.3kN/m² 的均布荷载。修改粘土层属性，使其刚度随深度递增。

目标：


- 用不同的名称保存工程。
- 修改已有数据组。
- 定义随深度递增的土体刚度。
- 模拟板，定义板的材料属性。
- 模拟梁，定义梁的材料属性。
- 定义点荷载。
- 定义线荷载。
- 定义面上的分布荷载。
- 删除阶段。
- 激活和冻结土体。
- 激活和冻结结构单元。
- 激活荷载。
- 在输出窗口进行缩放。
- 在输出窗口中画剖面。
- 查看结构计算结果的输出。

2.1 几何模型输入

本练习中的几何模型和上节相同，不同之处就是增加了结构单元模拟基础。因此不必重新建模，只需将之前的模型另存为不同的名称，并做相应修改。按如下步骤执行：

- 1)  打开 PLAXIS 3D 程序。将会弹出快速选择对话框(Quick select)，在此对话框中选择情形 1 时的工程。
- 2) 在文件菜单中选择另存为选项，用不同的名称保存工程(如：Tutorial 1b)

粘土层的材料属性已经定义。修改该材料属性，考虑土层刚度随深度增大，按照如下步骤进行：


- 1)  点击显示材料按钮(Show materials)，打开材料组窗口(Material sets)。
- 2) 确认组类型选为土(Soil)和界板(Interface)选项。
- 3) 选择湖积粘土(Lacustrine Clay)材料组，并点击编辑按钮 Edit)。
- 4) 在参数页面将土层刚度 E' 改为 5000kN/m^2 。
- 5) 在高级参数的 $E'\text{inc}$ 框中输入 500kN/m^2 ， $z\text{ref}$ 保持默认值 0.0m 不变。即 $z=0.0\text{m}$ 处土层刚度为 5000kN/m^2 ，从 $z=0.0\text{m}$ 处往下每米增加 500kN/m^2 。
- 6) 点击 OK 关闭土层窗口。
- 7) 点击 OK 关闭材料组窗口。

2.2 定义结构单元

进入结构模式定义组成地下室的结构单元：

- 1)  点击选择按钮(Selection)。
- 2) 右击代表建筑物的体，从弹出的菜单中选择分解为面选项(Decompose into surfaces)。
- 3) 删除最顶部的面（选择面并按下 Delete 键）。
- 4)  选择代表建筑物的体，在选择浏览器(Selection explorer)中点击可视化开关隐藏该体。
- 5) 右击建筑物的底面，从弹出菜单中选择创建板选项(Create plate)。
- 6) 将板分配到模型内部地下室的两个竖向面上。删除模型边界处余下的两个竖直面。

注：按住 Ctrl 键的同时点击多个对象，就可以同时选择多个对象。用同样的方法可以将一个属性赋予多个类似的对象。

- 7)  打开材料数据库，将组类型设为板(Set type to Plates)。
- 8) 根据表 2.1 创建地下室墙和底板的材料属性。
- 9) 将材料属性拖放到地下室墙和底板上。在这个过程中可能需要移动材料组窗口(Material sets)。
- 10) 点击 OK 键关闭材料组窗口。

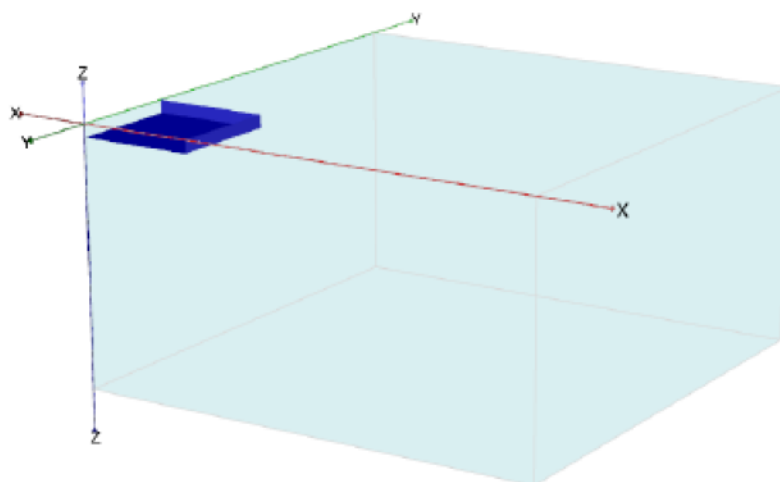



图 2.2 工程中板的位置


表 2.1 地下室墙、底板的材料属性

参数	符号	地下室底板	地下室墙	单位
厚度	d	0.5	0.3	m
重度	γ	15	15.5	kN/m ³
材料性质	Type	线性、各项同性	线性、各项同性	--
杨氏模量	E1	3×10^7	3×10^7	kN/m ³
泊松比	ν_{12}	0.15	0.15	--


注：当指定**重度**时，注意考虑板单元本身不占体积并与土单元重叠。因此，为抵消重叠部分，要考虑从板、梁、嵌入桩的实际**重度**中扣除土的**重度**。对部分重叠的板、梁、嵌入桩，应该按比例减小其**重度**。


- 右击建筑物底面，从弹出的菜单中选择**创建面荷载**选项。荷载的实际值可以在**结构模式**中指定，也可在定义计算阶段时指定（阶段定义模式）。在本练习中，荷载值将会在阶段定义模式(Phase definition mode)中指定。

- 
 在侧边工具栏中点击**创建线**按钮(Create line)。

- 
 从弹出的子工具中选择**创建线荷载**选项(Create line load)。

- 点击命令输入区，输入“0 18 0 18 18 0 18 0 0”，然后按 Enter 键。这时就定义了地下室墙体上的线荷载。输入的值是线上三个点的坐标值，点击鼠标右键停止绘制线荷载。

- 
 在侧边工具栏中点击**创建线**按钮(Create line)。

- 
 从弹出的子工具中选择**创建梁**选项(Create beam)。

- 点(6,6,0)，创建竖向梁的第一个点，按住 Shift 键移动鼠标至点(6,6,-2)。注意按住 Shift 键后光标只能竖向移动。可以看到，在光标位置指示器中 z 坐标发生

变化了,此时 x 和 y 坐标保持不变。点(6,6,-2)定义梁的第二点。点鼠标右键停止绘制。

- 18) 从点(0,6,-2)到点(18,6,-2),从点(6,0,-2)到点(6,18,-2) 创建水平方向的梁。

注: 在默认状态下,光标位置都在 $z=0$ 位置处。沿竖直方向移动光标应按住 Shift 键。




- 19)  打开材料数据库,将组类型设为梁 (Set type to Beams)。
- 20) 根据表 2.2 创建水平梁和竖直梁的材料属性。将材料属性拖放至相应的梁单元上。

表 2.2 地下室梁、柱的材料属性

参数	符号	地下室柱	地下室梁	单位
横截面积	A	0.49	0.7	m ²
材料重度	γ	24.0	6.0	kN/m ³
材料属性	Type	线性	线性	--
杨氏模量	E	3×10 ⁷	3×10 ⁷	kN/m ²
惯性矩	I ₃	0.020	0.058	m ⁴
	I ₂	0.020	0.029	m ⁴

- 21)  在侧边工具栏中点击创建荷载按钮(Create load)。
- 22)  从弹出的子工具中选择创建点荷载选项(Create point load)。点击(6,6,0)在竖向梁顶部添加一个点荷载。

进入网格页面生成网格。

2.3 网格划分

点击划分网格,保持单元分布为粗。

检查生成的网格。

由于几何模型已改变,所有的计算阶段必须重新定义。

2.4 执行计算

进入分步施工模式。

1. 初始条件



与前面的例子相同,用 *KO* 过程生成初始条件。

在初始计算阶段所有的结构单元应处于未激活状态。

初始阶段并未涉及开挖。因此,代表地下室的体应该是激活的,其材料属性应为湖积粘土。

2. 施工步


PLAXIS 3D 2013 案例教程：超固结粘土上的基础沉降


此处不在一个计算阶段施工建筑物，而是采用不同的计算阶段。在阶段 1 中，模拟建造墙体和基础开挖。在阶段 2 中，模拟建造梁和底板。最后一个阶段，即阶段 3 中激活荷载。

- 1)  代表施工步的阶段的计算类型默认设为塑性(Plastic)。
- 2) 将阶段 1 重命名为开挖(Excavation)。
- 3) 选择基础上的土层，在选择浏览器(Selection explorer)中点击它前面的复选框来冻结该土层。
- 4) 在模型浏览器(Model explorer)中点击对应地下室墙的板前面的复选框，以激活板。
- 5)  在阶段浏览器(Phase explorer)中点击添加阶段(Add phase)按钮。这样，添加了一个新的阶段（阶段 2）。双击阶段_2，弹出阶段窗口：
- 6) 重新命名阶段 2 为建造（Construction）。保持该阶段的默认设置不变，并关闭阶段窗口。
- 7) 在模型浏览器(Model explorer)中点击对应地下室底板的板前面的复选框，以激活板。
- 8) 在模型浏览器(Model explorer)中点击梁前面的复选框以激活工程中的所有梁。
- 9)  在建造阶段之后添加一个新的阶段，重命名为加载“Loading”。
- 10) 在模型浏览器(Model explorer)中点击面荷载前面的复选框，以激活地下室底板上的面荷载。荷载 z 分量设为-5.3，这表明荷载大小为 5.3 kN/m²，方向为-z 方向。
- 11) 在模型浏览器(Model explorer)中点击线荷载前面的复选框，以激活地下室墙上的线荷载。荷载 z 分量设为-385，这表明荷载大小为 385 kN/m，方向为-z 方向。
- 12) 在模型浏览器(Model explorer)中点击点荷载前面的复选框，以激活地下室柱子上的点荷载。荷载 z 分量设为 11650，这表明荷载大小为 11650 kN，方向为-z 方向。
- 13)  点击预览阶段按钮(Review phase)，检查每个阶段的设置。
- 14) 计算阶段全部定义完毕之后，开始执行计算。忽略“未选择绘制曲线的节点和应力”警告信息。
- 15) 计算完毕后保存工程。

2.5 查看计算结果

在阶段浏览器(Phase explorer)中选择建造(Construction)选项。

- 1)  点击查看计算结果按钮(View calculation results)，打开输出程序。显示该阶段结束时的变形网格。
- 2) 在显示阶段(Displayed step)下拉菜单中选择最后一个阶段，以切换到最后一个阶段结束时的计算结果。

- 3)  为了评估几何模型中的应力和变形，选择**竖向剖面工具**(Vertical cross section)。此时显示几何模型的俯视图，弹出**剖面点窗口**。最大位移出现在柱子下面，此处的剖面最有意义。
- 4) 在**剖面点窗口**(Cross section points)中分别输入第一个点 A 的坐标(0.0,6.0)，第二点 A' 的坐标(75.0,6.0)。
- 5) 点 OK，出现一个**竖向剖面**。该剖面可以像几何模型的标准 3D 视图一样进行旋转。
- 6) 从位移菜单中选择总位移—>uz，如图 2.3 所示。竖向位移的最大、最小值都显示在标题处。若标题未显示，需从视图菜单(View)中选择相应选项。

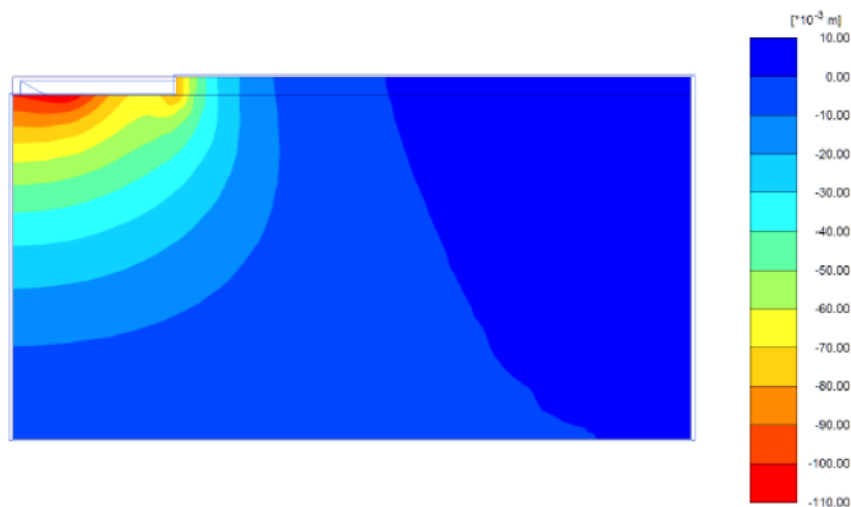




图 2.3 显示竖向总位移的剖面

- 7) 按下 Ctrl 和 “+”、Ctrl 和 “-” 移动剖面。
- 8) 在窗口 Window 菜单下的列表中选择并回到几何模型的三维视图。
- 9) 双击底板。弹出另一个窗口，显示底板的位移，在力(Force)菜单中选择 M11 可以查看板的弯矩。
- 10)  点击云图按钮(Shading)，将显示图 2.4 所示的图形。
- 11)  点击工具菜单(Tools)中的表格选项(Table)，板的弯矩就可以表格的形式列出。此时，打开一个新的窗口，其中出现一个显示底板上每个节点弯矩值的表格。

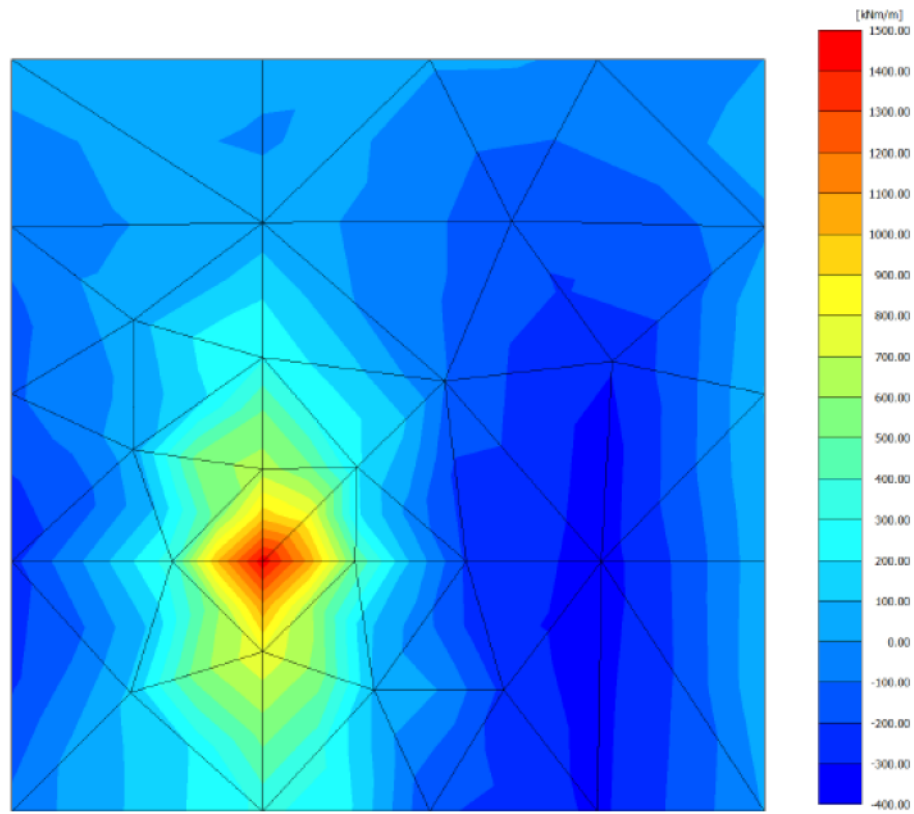


图 2.4 地下室底板的弯矩

情形 C：桩-筏基础


由于筏形基础的位移相当大，使用嵌入桩减小这些位移。这些嵌入桩代表入长 20m、直径 1.5m 的钻孔桩。

目标：

- 使用嵌入桩。
- 定义嵌入桩的材料属性。
- 多次复制对象。

3.1 几何模型输入

除了桩基础部分，本例的模型和之前相同。无需重建模型，可以将之前的模型用不同的名称另存，并做相应修改。按照如下步骤进行：

- 1)  打开 PLAXIS 3D 程序。弹出快速选择对话框(Quick select)，在此对话框中选择情形 B 的工程。
- 2) 在文件菜单中选择另存为选项，将工程以不同的名称保存。(如：Tutorial 1c)

3.2 结构单元定义

定义嵌入桩

进入结构模式(Structures)。





- 3)  在侧边工具栏中点击创建线按钮(Create line)，再从弹出的子工具中选择创建嵌入桩按钮(Create embedded pile)。
- 4) 从点(6,6,-2)到点(6,6,-22)定义一根桩。
- 5)  打开材料数据库，将组类型设为嵌入桩(Embedded pilea)。
- 6) 根据表 3.1 创建嵌入桩的材料属性，其中截面面积 A 和惯性矩 I2, I3, I23 由实心圆桩的直径自动计算。点击 OK 确认输入。

表 3.1 嵌入桩的材料属性

参数	符号	桩基	单位
杨氏模量	E	3×107	kN/m2
重度	γ	6.0	kN/m3
桩类型	--	预定义	--
预定义桩类型	--	实心圆桩	--
直径	Diameter	1.5	m
侧阻力	Type	线性	--
桩顶最大侧阻力	Ttop,max	200	kN/m
桩底最大侧阻力	Tbot,max	500	kN/m
基底反力	Fmax	1×104	kN

- 7) 将桩的材料属性拖放到绘图区中的嵌入桩上，材料属性成功赋值后嵌入桩的颜色会变化。
- 8) 点击 OK 关闭材料组窗口(Material sets)。

注：嵌入桩的材料属性赋值方法有：在绘图区或选择浏览器和模型浏览器中右击桩，然后在弹出菜单的设置材料选项中选择相应的材料属性。

- 9)  点击选择(Select)按钮，选择嵌入桩。
- 10)  选择创建阵列按钮(Create array)。
- 11) 在创建阵列(Create array)窗口中选择形状为 2D、在 xy 平面选项。
- 12) 保持列数为 2。设置列间距为 $x=12$ ， $y=0$ 。
- 13) 保持行数为 2。设置行间距为 $x=0$ ， $y=12$ 。详见图 3.1 所示。
- 14) 点击 OK 创建阵列。一共创建了 $2 \times 2=4$ 根嵌入桩。

3.3 网格划分

现在几何模型已创建完毕，可以进行划分网格了。



划分网格。保持单元分布为粗(Coarse)。



查看网格。

点击模型浏览器(Model explorer)中土层子树前的眼睛按钮，隐藏土层。此时可看到嵌入桩。详见图 3.2 所示。

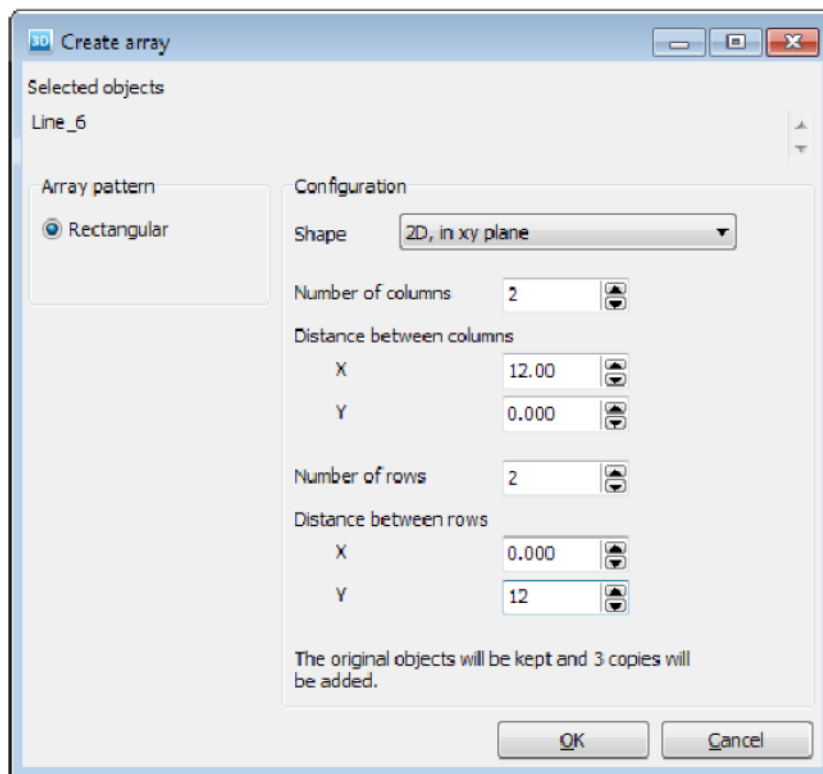


图 3.1 创建阵列(Create array)窗口

关闭网格预览窗口。

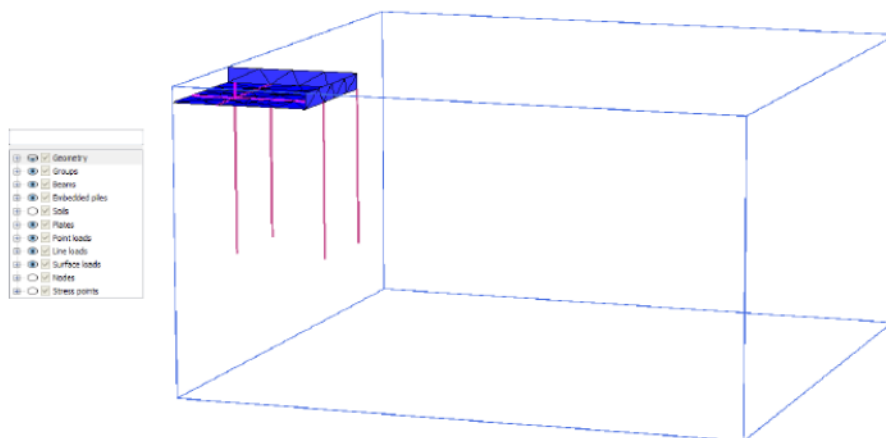



图 3.2 输出窗口中的部分几何模型

3.4 执行计算

划分完网格之后，所有施工步都要重新定义。尽管实际工程中桩是在除建造墙之外的另一个施工步中建造，但为了简单起见，本例中将桩和墙放在一个施工步中建造。按照如下步骤重新定义所有施工步：

- 1) 切换至分步施工(Staged construction)模式。
- 2) 检查初始阶段的计算类型是否为 K0 过程。确保所有的结构单元都未激活，而所有土层都已激活。土层材料属性为湖积粘土(Lacustrine clay)。
- 3) 在阶段浏览器(Phase explorer)中选择开挖阶段(Excavation)。
- 4) 确认地下室土体已开挖，且地下室墙已激活。
- 5) 激活所有桩。
- 6) 在阶段浏览器(Phase explorer)中选择建造阶段(Construction)，确保所有结构单元都已激活。
- 7) 在阶段浏览器(Phase explorer)中选择加载阶段>Loading)，确保所有结构单元和荷载都已激活。
- 8)  执行计算。
- 9) 计算完成后保存工程。

3.5 计算结果查看

- 1) 选择加载>Loading)阶段，查看计算结果。
- 2) 双击地下室底板，在力>Force)菜单中选择 M11。结果见图 3.3。

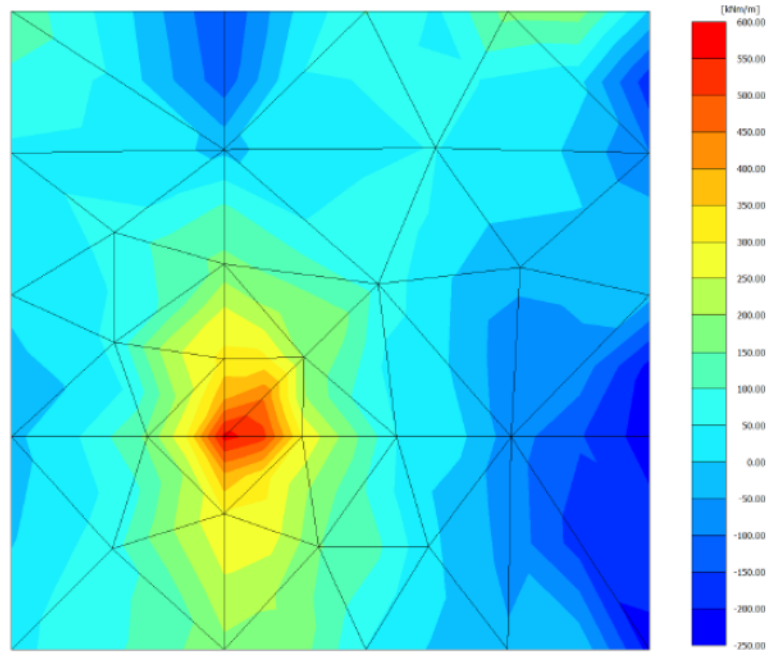




图 3.3 地下室底板的弯矩

- 3) 在窗口(Window)菜单中选择对应变形网格的窗口。
- 4)  在侧边工具栏中点击隐藏土层按钮(Hide soil)。
- 5) 按住 Shift 键点击要隐藏的土体，就可观察嵌入桩。
- 6)  点击选择结构按钮(Select structures)，按住<Ctrl>+<Shift>键并双击其中一根桩，就可以查看所有嵌入桩。
- 7) 在力菜单中选择 N 选项观察嵌入桩的轴力，如图 3.4 所示。

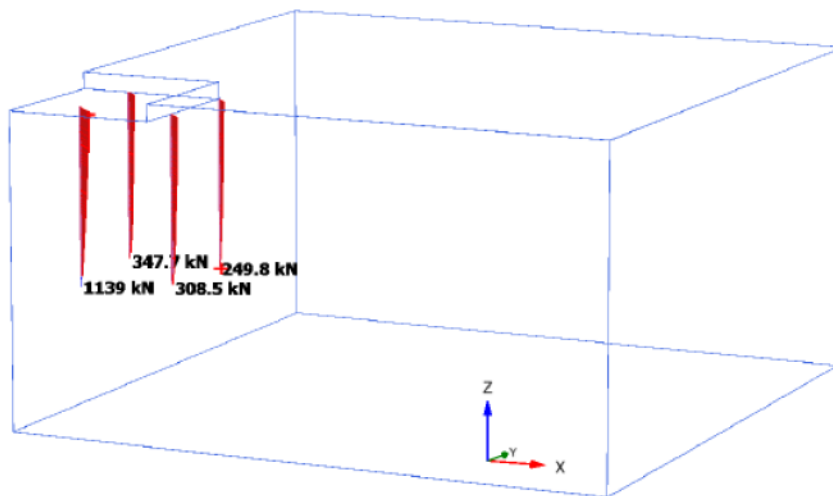


图 3.4 嵌入桩的轴力

本教程到此结束！