

岩土工程有限元分析软件

PLAXIS 3D 2016[®]

案例教程

弹性地基上发电机的动力分析



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

弹性地基上发电机的动力分析.....1

几何建模.....2

 1.1 几何模型.....2

 1.2 土层定义.....2

 1.3 结构单元定义.....3

网格生成.....5

执行计算.....6

 3.1 不考虑阻尼的计算.....6

 3.2 考虑阻尼的计算.....8

查看结果.....9

弹性地基上发电机的动力分析

本章研究振动源对周围土体的影响。为了减少计算时间，根据对称边界条件，只考虑整个模型的四分之一部分。用瑞利阻尼来考虑由粘滞作用引起的物理阻尼。同时，由于径向波的传播，几何阻尼对减弱振动也有明显作用。

边界条件的模拟是动力计算的关键点之一。为了避免在模型边界上产生伪波反射(实际情况中是不存在的)，需要施加特殊的边界条件以吸收到达边界的振动波。

几何建模

振动源为建立在直径 1m 、厚度 0.2m 混凝土基础上的发电机，见图 1.1。发电机产生的振动波通过基础传播到地基土层。振动波模拟为频率 10Hz ，振幅 10kN/m^2 的统一谐波加载。除了基础的重量，发电机的重量模拟为 8kN/m^2 的均匀分布荷载。

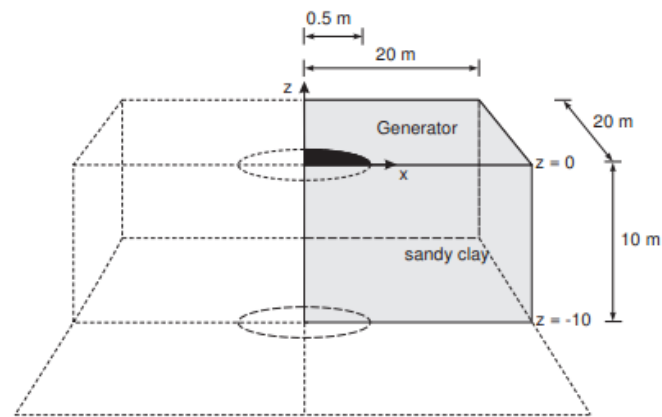


图 1.1 弹性地基上的发电机

模型边界距离关注区域应该足够远，以避免可能产生的反射波造成的干扰。尽管我们采取了特殊的措施(吸波边界)来避免伪波反射，但仍会存在一些小的影响，因此将边界设置足够远是一个好的习惯。动力分析中通常将边界设置得要比静力分析中远。

1.1 几何模型

1. 打开输入程序，从快速选择（Quick select）对话框中选择开始新工程（Start a new project）。
2. 在项目属性窗口输入合适的标题
3. 使用默认单位并设置模型尺寸： $X_{min}=0$ ， $X_{max}=20$ ， $Y_{min}=0$ ， $Y_{max}=20$ 。几何模型见图 1.2

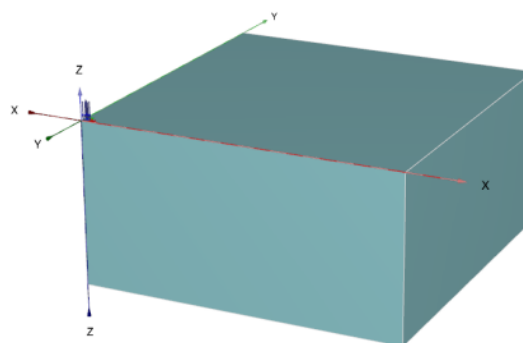


图 1.2 几何模型

1.2 土层定义

地基土由一层 10m 厚的土层组成。定义地表位于 $z=0$ 处。按表 1.1 创建材料组并赋予土层材料属性。注意本例中将水位设置在 $z=-10$ ，不考虑水的作用。

表 1.1 土层材料性质

参数	名称	粉质黏土	单位
常规			
材料模型	<i>Model</i>	线弹性	—
排水类型	<i>Type</i>	排水	—
水位以上重度	γ_{unsat}	20.0	kN / m^3
水位以下重度	γ_{sat}	20.0	kN / m^3
参数			
杨氏模量	E'	$5 \cdot 10^4$	kN / m^2
泊松比	ν'	0.3	—
界面			
界面强度	—	刚性	—
初始条件			
K_0 确定	—	自定义	—
侧向土压力系数	K_0	0.5	—

1.3 结构单元定义

1. 发电机在结构(Structures)模式中定义，采用多段线工具定义几何形状。

- 1)  点击工具栏中的创建多段线按钮。
- 2) 在一般页面中，采用默认形状选项（自由）和默认方向轴（x-轴，y-轴）。
- 3) 在线段页面中，定义了三段线段，如表 1.2。插入点位于(0,0,0)点。

表 1.2 构成多段线的线段

线段	线段 1	线段 2	线段 3
线段类型	直线	弧线	直线
线段属性	相对起始角度=0° 长度=0.5m	相对起始角度=90° 半径=0.5m 线段角度=90°	相对起始角度=90° 相对长度=0.5m

- 4) 右击多段线，从弹出菜单中选择创建面(Create surface)选项。
 - 5) 右击创建的面，从弹出菜单中选择创建面荷载(Create surface load)选项。
 - 6)  在选择浏览器中单击面荷载(SurfaceLoad)前面的“+”号展开子树。
 - 7) 采用均匀分布(Uniform distribution)，将压力分量赋值为(0 0 -8)
2. 定义动力乘子

动荷载通过荷载或指定位移的输入值和相应的时间相关乘子来定义。

定义动荷载的乘子：

- 1) 在模型浏览器(Model explorer)中展开属性库 (Attributes library) 子树。

- 2) 右击动力乘子(Dynamic multiplier)子树，从弹出菜单中选择编辑(Edit)选项，弹出乘子(Multipliers)窗口。
- 3) 点击荷载乘子(Load multiplier)页面
- 4)  点击添加按钮添加一个荷载乘子。
- 5) 定义一个振幅(Amplitude)为 10，频率(Frequency)为 10Hz，相位(Phase)为 0° 的谐波信号。如图 1.3。
- 6)  在选择浏览器中点击 DynSurfaceLoad_1 前面的“+”来展开动荷载子树。
- 7) 指定荷载分量为(0 0 -1)。点击动荷载子树中的 *Multiplier_z* 并从弹出菜单中选择 *LoadMultiplier_1*。

注：动荷载乘子可以在几何(Geometry)模式中定义，也可在计算(Calculation)模式中定义。

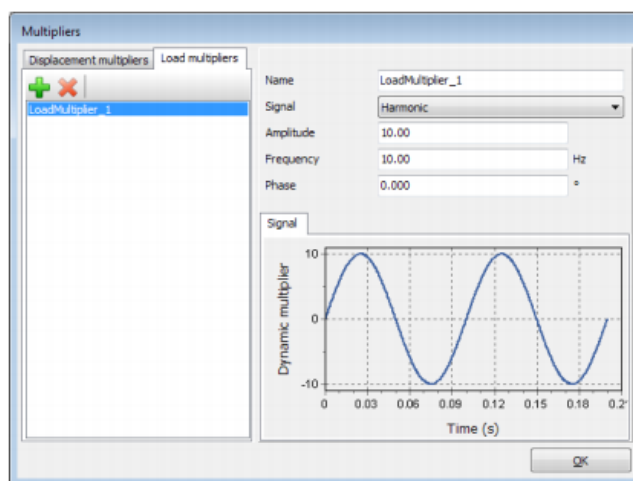


图 1.3 谐波(Harmonic)乘子的定义

网格生成

1. 进入网格(Mesh)模式。
2. 通过设置细化系数(*Fineness factor*)为 0.125 来细化发电机所对应的面的网格。
3.  点击生成网格(*Generate mesh*)按钮。单元分布(*Element distribution*)采用中等(*Medium*)选项。
4.  观察生成的网格。

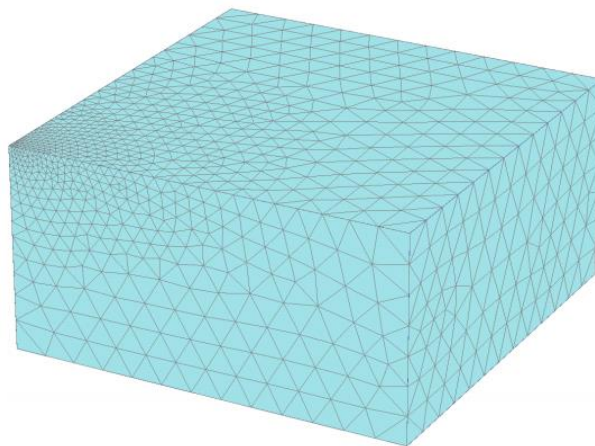


图 2.1 几何模型和网格

注：在所有动力分析中，用户要特别注意单元尺寸以减少波的数值频散。应该注意到尺寸大的单元不能传播高频波。波的传播由波速和波长共同控制。如果动力输入中包含高频波，要么高频波被过滤掉，要么使用更细的网格。

执行计算

3.1 不考虑阻尼的计算

计算包括四个阶段。初始阶段由 K_0 过程生成初始应力。第二个阶段是考虑静荷载的塑性(Plastic)计算。第三个阶段是考虑运行的发电机影响的动力(Dynamic)计算。第四个阶段，即最后一个阶段也是动力计算，关闭发电机，土体自由振动。

1. 初始阶段

- 1) 点击分步施工(Staged construction)页面来定义计算阶段。
- 2) 初始阶段已经自动定义，本例中采用初始阶段的默认设置。

2. 阶段 1

- 1)  添加一个新的阶段(阶段_1)。此计算阶段使用默认设置。
- 2) 在分步施工(Staged construction)模式中激活面荷载的静力分量，不激活动荷载。(图 3.1)

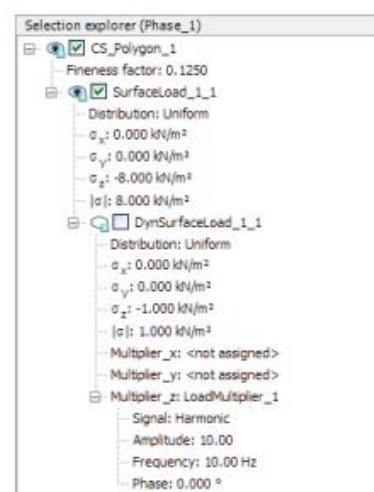


图 3.1 阶段_1 中施加荷载

3. 阶段 2

- 1)  添加一个新的阶段(阶段_2)。
- 2)  在阶段窗口的一般设定子树中，选择动力(Dynamic)选项为计算类型。
- 3) 设置时间间隔参数为 0.5 s。
- 4) 在阶段窗口的变形控制参数(Deformation control parameter)子树中选择重置位移为零。计算阶段的其余参数采用默认值。
- 5) 在分步施工(Staged construction)模式中激活面荷载的动力分量。注意荷载的静力分量也是激活的。(图 3.2)

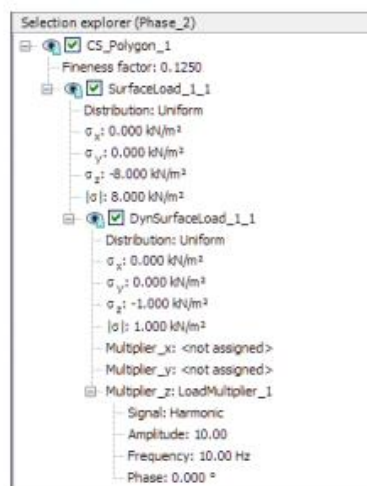


图 3.2 阶段_2 中施加荷载

- 6) 实际土体是半无限介质，因此需要定义特殊的边界条件。如果没有这些特殊的边界条件，振动波将在模型边界上发生反射，造成扰动。为了避免这种不真实的反射，要在 X_{max} , Y_{max} , Z_{min} 处指定粘性边界。在模型浏览器(Model explorer)中的模型条件(Model conditions)下的动态(Dynamics)子树中指定动力边界条件(图 3.3)

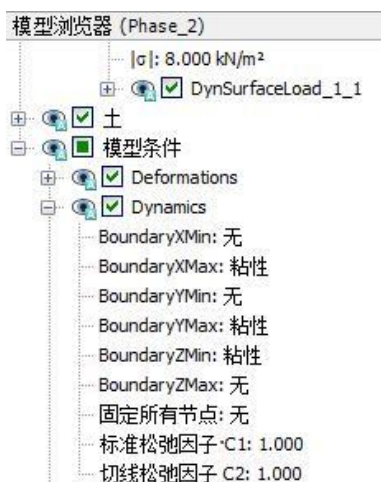


图 3.3 动力计算的边界条件

4. 阶段 3

- 1)  添加一个新的阶段(阶段_3)
- 2)  在阶段窗口的一般设定子树中，选择动力选项作为计算类型。
- 3) 设置时间间隔参数为 0.5s。
- 4) 在分步施工(Staged construction)模式中关闭面荷载的动力分量。注意静荷载仍然是激活状态。此阶段的动力边界条件应该和上一阶段相同。图 3.4 显示为本例的阶段浏览器。
5.  选择位于地表的节点（如(1.4 0 0), (1.9 0 0), (3.6 0 0)）以生成曲线。

6.  执行计算。

7.  保存工程。

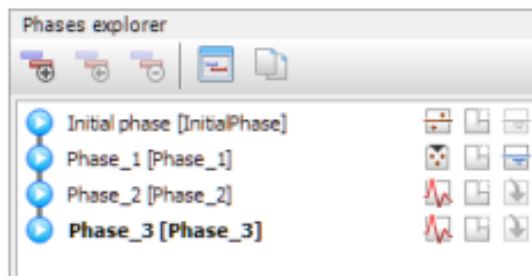


图 3.4 阶段浏览器

3.2 考虑阻尼的计算

第二次计算中,通过瑞利阻尼的形式引入材料阻尼。瑞利阻尼可以在材料组中进行输入。必要的一些步骤:

1. 用另一名字保存项目。
2. 打开土体材料组窗口。
3. 在常规页面中点击 *Rayleigh α* 参数旁边的框。注意常规 (*General*) 页面转为显示单自由度等效 (*Single DOF equivalence*) 框。
4. 设置两个目标的 ξ 参数均为 5%。
5. 分别将目标 1 (*Target1*) 和目标 2 (*Target2*) 的频率值设为 9 和 11。
6. 点击瑞利参数的其中一个定义框。程序会自动计算出 α 和 β 的值。
7. 点击确定 (*OK*), 关闭数据组。
8. 查看各计算阶段是否正确定义(根据前面给出的信息), 然后开始计算。

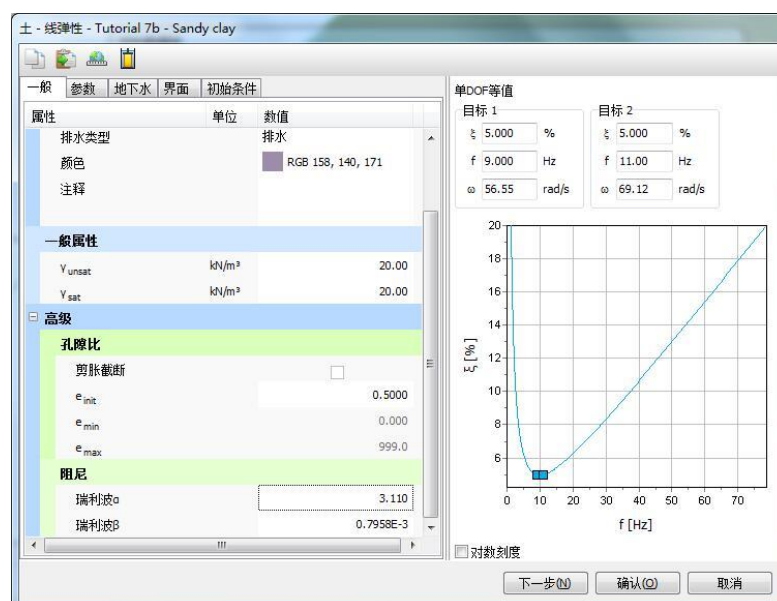


图 3.5 瑞利阻尼的输入

查看结果

曲线管理器工具对动力分析特别有用。可以很容易的绘制加载-时间曲线（输入值），以及选定点的位移、速度和加速度随时间变化的曲线。乘子随时间的变化曲线可以通过设定 x 轴为动力时间(Dynamic time), y 轴为 U_z 来绘制。图 4.1 显示了结构表面选定点的响应。可以看出即使没有阻尼，振动波也将由于几何阻尼而发生衰减。

图 4.2 中存在明显的阻尼现象。可以看出力被撤销之后($t=0.5s$ 时)一段时间，振动波完全衰减掉。同时，位移振幅也变得很小。对比图 4.1(无阻尼)和图 4.2(有阻尼)。

也可以通过选择变形 (Deformations) 菜单中适当的选项，在输出程序中显示某一特定时间的位移，速度和加速度。图 4.3 显示了阶段 2 结束时($t=0.5s$)土体内的总加速度。

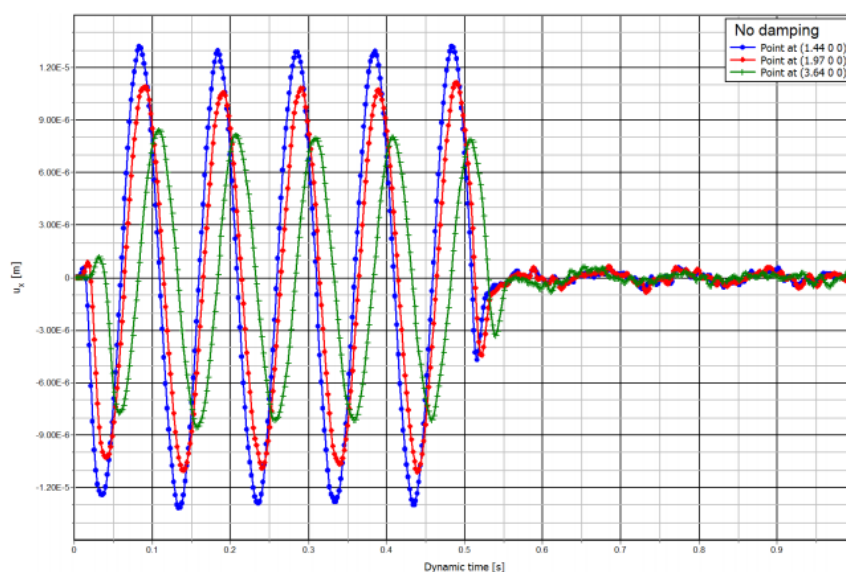


图 4.1 距振源不同距离处地表的垂直位移-时间曲线(无阻尼)

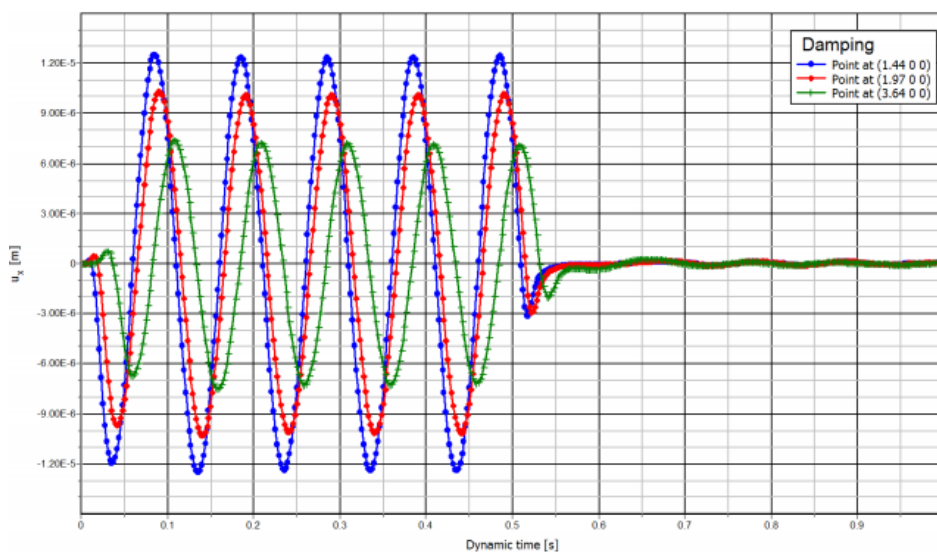


图 4.2 垂直位移-时间曲线(有阻尼)

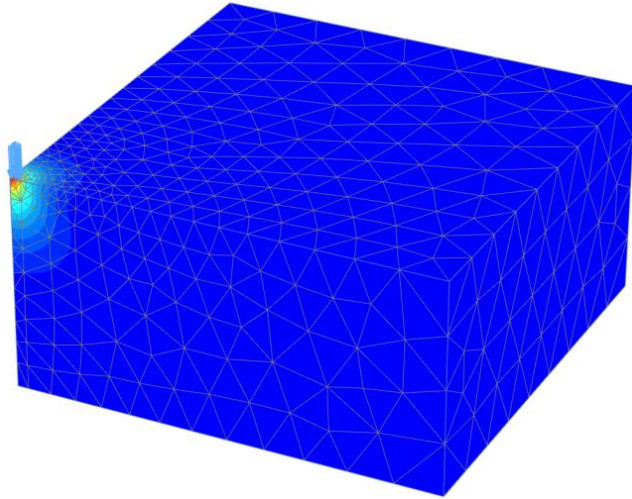


图 4.3 阶段 2 结束时土体中的总加速度(无阻尼)

本教程到此结束！