

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

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©, 2014.

目录

自由振动和地震对建筑物的影响.....	1
1 输入.....	2
2 网格生成.....	7
3 计算.....	8
4 结果.....	10

自由振动和地震对建筑物的影响

该例题演示了一个五层楼房当遭遇自由振动和地震时的固有频率。

建筑物由地下室和地上五层组成。建筑物宽 10 米，包括地下室总共高 17 米，地面以上的高度为 $5 \times 3 \text{ m} = 15 \text{ m}$ ，地下室深 2 米。楼板和墙体的荷载总和为 5 kN/m^2 。地基包括 15m 厚的黏土层，其下为砂层。模型中砂层只考虑 25 米。

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 $X_{min}=-80$, $X_{max}=80$, $Y_{min}=-40$, $Y_{max}=15$ 。
- 点击 OK 即关闭工程属性窗口，完成设定。

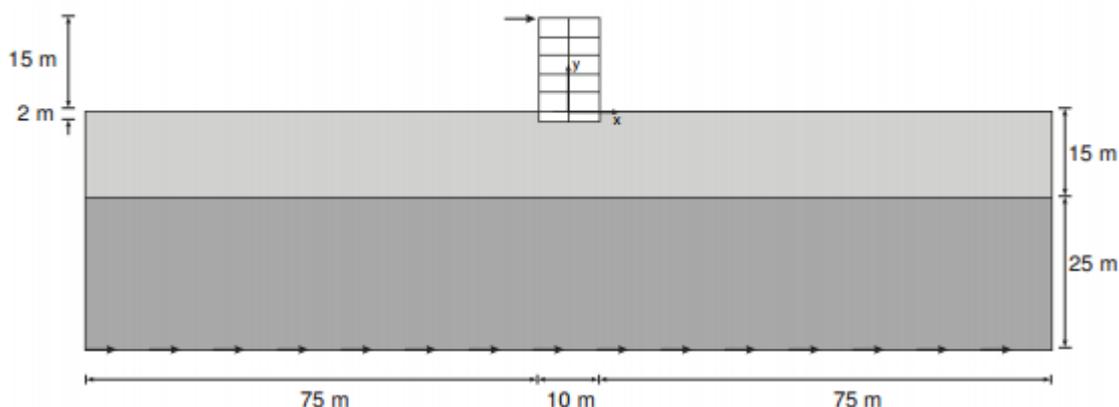


图 1 项目的几何模型

1.2 土层定义

地基由 15 米厚的黏土层和 25 米厚的砂层组成。水位线认为在 $y=-15$ 米。根据这条水位线生成整个模型中的静水压力。

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。
- 添加两层土并指定其高度，分别为 $y=0$ 到 $y=-15$ 和 $y=-15$ 到 $y=-40$ 。
- 水位线位于 $y=-15m$ 。

上层土大部分是黏土，下部分是砂土。都采用小应变硬化土本构模型，忽略地下水的存在。土层采用小应变硬化土本构模型材料参数，包括了材料固有的滞后阻尼。



打开材料设置窗口。

- 根据表 1 的信息，在土和界面类型中创建土层材料属性,并将材料属性赋值给相应土层。

表 1 地基土层的材料属性

参数	符号	上层土	下层土	单位
一般设定				
材料模型	<i>Model</i>	小应变硬化土	小应变硬化土	-
排水类型	<i>Type</i>	排水	排水	-

地下水位以上重度	γ_{unsat}	16	20	kN/m^3
地下水位以下重度	γ_{sat}	20	20	kN/m^3
参数				
标准三轴排水试验割线刚度	E_{50}^{ref}	2×10^4	3×10^4	kN/m^2
主固结加载切线刚度	E_{oed}^{ref}	2.561×10^4	3.601×10^4	kN/m^2
卸载/重加载刚度	E_{ur}^{ref}	9.484×10^4	1.108×10^5	kN/m^2
刚度的应力水平相关幂值	m	0.5	0.5	-
内聚力	c'_{ref}	10	5	kN/m^2
摩擦角	ϕ'	18	28	$^\circ$
剪胀角	ψ	0	0	$^\circ$
剪应变 $G_s=0.722G_0$	$\gamma_{0.7}$	1.2×10^{-4}	1.5×10^{-4}	-
小应变时剪切模量	G_0^{ref}	2.7×10^5	1.0×10^5	kN/m^2
泊松比	ν'_{ur}	0.2	0.2	-

当遇到循环剪切荷载时，小应变硬化土模型将显示典型的滞回性能。从小应变剪切刚度开始 G_0^{ref} ，实际刚度将随着剪切力的增大而减小。图 2 和图 3 显示了模量减小曲线，例如剪切模量随应变增加而衰减。上边的曲线显示了割线剪切模量，下边的曲线显示了切线剪切模量。

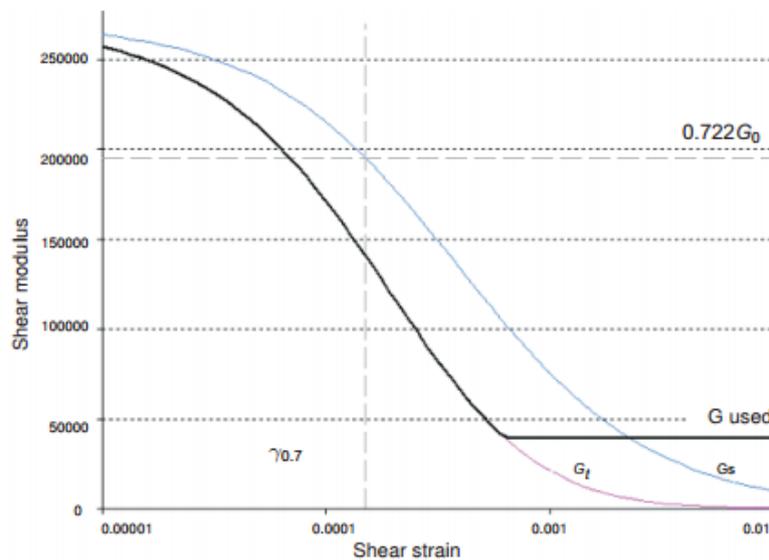


图 2 上层黏土的模量下降曲线

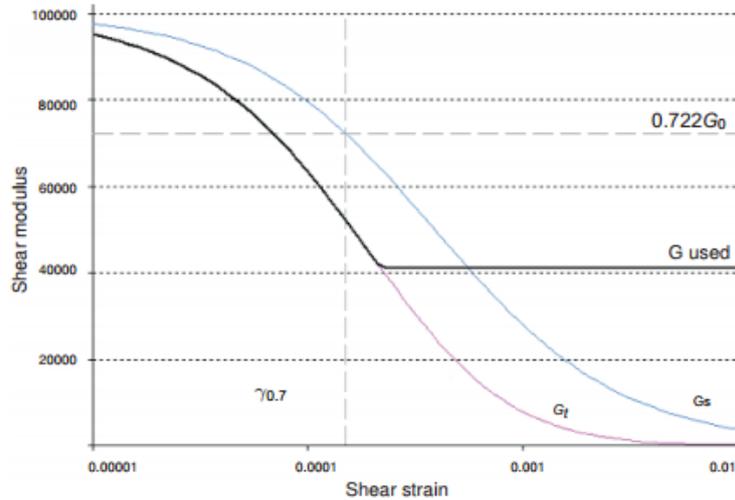


图 3 下层砂土的模量下降曲线

小应变硬化土模型，切线剪切模量有一个下限值， G_{ur} 。

$$G_{ur} = \frac{E_{ur}}{2(1 + \nu_{ur})}$$

G_{ur}^{ref} 和 G_0^{ref} 与 G_{ur}^{ref} 的比值见表 2。这个比值确定了可能得到的最大阻尼比。

表 2 G_{ur} 值和其与 G_0^{ref} 的比率

参数	单位	上层黏土	下层砂土
G_{ur}	kN/m^2	39517	41167
G_0^{ref}/G_{ur}	-	6.75	2.5

图 4 和图 5 显示了模型中使用的材料的阻尼比和剪应变之间的函数关系。对于更详细的描述可以查看相关文献找到模量减小曲线和阻尼曲线。

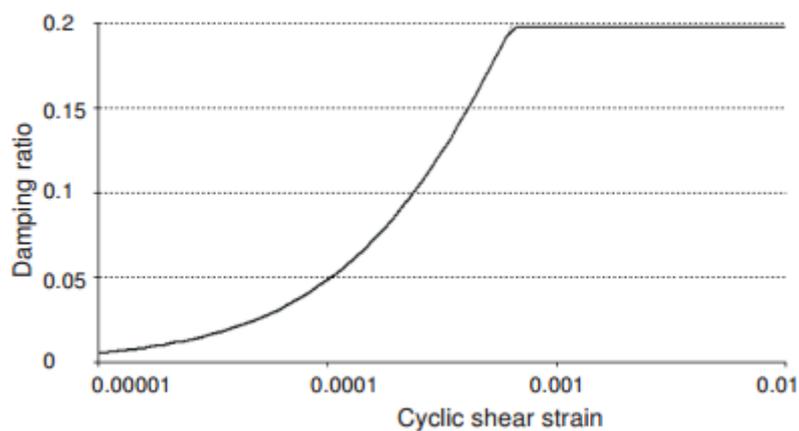


图 4 上层黏土的阻尼曲线

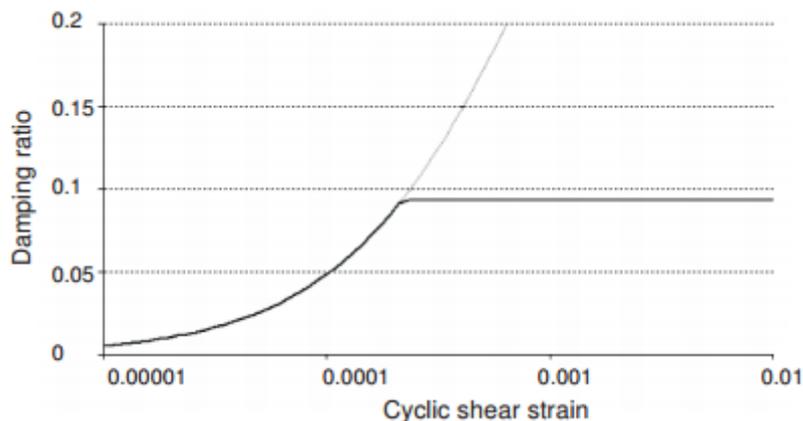


图 5 下层砂土的阻尼曲线

1.3 定义结构单元

模型中的结构单元在结构模式中定义。定义过程如下：

- ❗ 创建建筑物的垂直方向墙，通过点 (-5 0) 到 (-5 15) 和 (5 0) 到 (5 15)。
- 用相同的特性定义地下室垂直墙，通过点 (-5 -2) 到 (-5 0) 和 (5 -2) 到 (5 0)。
- 定义建筑物的楼板和地下室楼板，用板单元模拟，通过点 (-5 -2) 到 (5 -2)，(-5 0) 到 (5 0)，(-5 3) 到 (5 3)，(-5 6) 到 (5 6)，(-5 9) 到 (5 9)，(-5 12) 到 (5 12) 和 (-5 15) 到 (5 15)。

板单元，代表建筑物墙和楼板，认为是线弹性的。注意地下室和建筑物地上竖墙和楼板使用了两种不同的材料。建筑物的物理阻尼通过瑞利阻尼来模拟，参考手册 6.1.1 节有关于瑞利阻尼参数的解释。

 根据表 3 为建筑物结构单元定义材料数据组。

表 3 建筑物材料属性（板单元属性）

参数	名称	建筑物地上竖墙和楼板	地下室结构	单位
材料模型	模型	弹性；各向同性	弹性；各向同性	-
法向刚度	EA	9×10^6	1.2×10^7	kN/m
弯曲刚度	EI	6.75×10^4	1.6×10^5	kNm ² /m
密度	w	10	20	kN/m/m
泊松比	v	0	0	-
瑞利阻尼	α	0.232	0.232	-
	β	8×10^{-3}	8×10^{-3}	

- 将地下室材料赋值给代表地下室侧墙的垂直的两个板和最底层水平的板（都在地表以下）。
- 将建筑物地上竖墙和楼板材料赋值给其余的板单元。

PLAXIS 2D 2015 案例教程：自由振动和地震对建筑物的影响

- 使用点对点锚杆定义建筑物的柱，通过点（0 -2）到（00），（00）到（03），（03）到（06），（06）到（09），（09）到（012），（012）到（015）。
- 按照表 4 定义锚杆材料属性，并赋值。

表 4 点对点锚杆材料属性

材料	名称	柱	单位
材料类型	类型	弹性	-
法向刚度	EA	2.5×10^6	kN
间距	Lspacing	3	m



定义界面单元用来模拟地下室和土相互作用。



在建筑物左侧顶点处创建点荷载。

- 指定点荷载值为（100）

通过在底部边界施加指定位移来模拟地震。指定位移的定义过程如下：



在模型底部定义指定位移，通过点（-80 -40）和（80 -40）。

- 通过指定位移 x 分量值为 1，y 分量固定，采用默认均匀分布。

定义指定位移的动力乘子过程如下：

- 展开动力位移



单击乘子_x 下拉菜单并单击出现的+按钮。弹出乘子窗口，并自动添加了一个位移乘子。

- 在信号下拉菜单选择表选项。
- 在 PLAXIS 知识库里面有包含地震的数据文件。复制所有的数据到 text 编辑器编辑（例如 notepad）并保存在个人电脑中。
- 在浏览器中打开，并复制所有数据。



在乘子窗口单击粘贴按钮。在导入数据窗口粘贴方法语法分析下拉菜单中选择强震 CD-ROM 文件，并单击 OK。

- 选择数据类型下拉菜单中加速度选项
- 选中修正偏离，并单击 OK。完成乘子定义。定义好的乘子如图 6 所示。

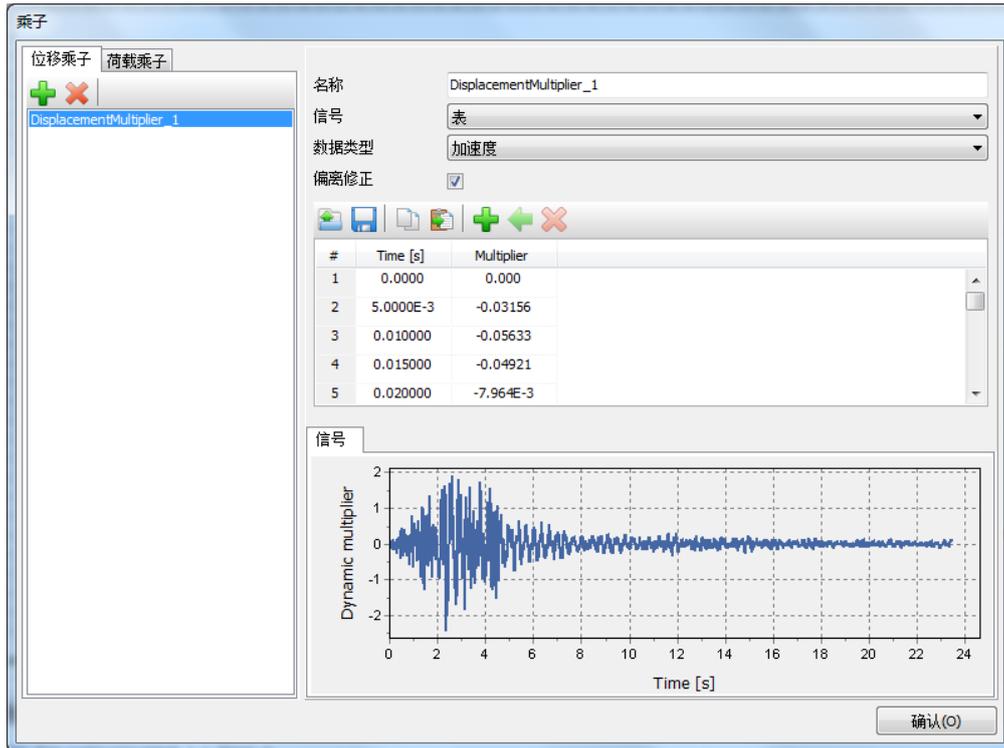


图 6 动力乘子窗口

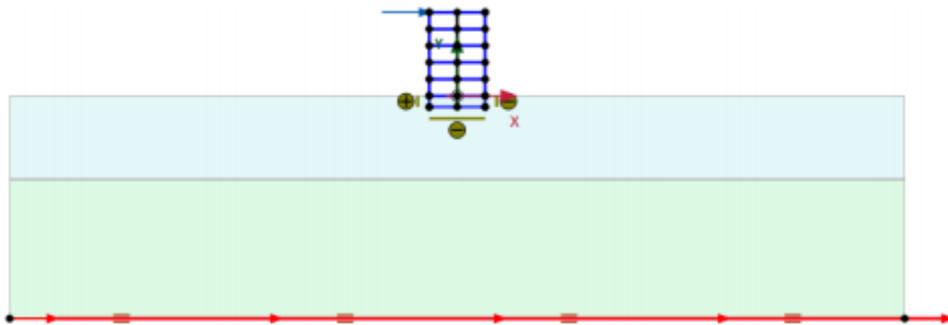


图 7 模型几何图形

图 7 显示了模型的几何图形。

2 网格生成

- 切换到网格模式

 单击单元分布参数，在下拉菜单中选为细。

 生成的结果如图 8.

- 单击关闭按钮，关闭输出窗口。

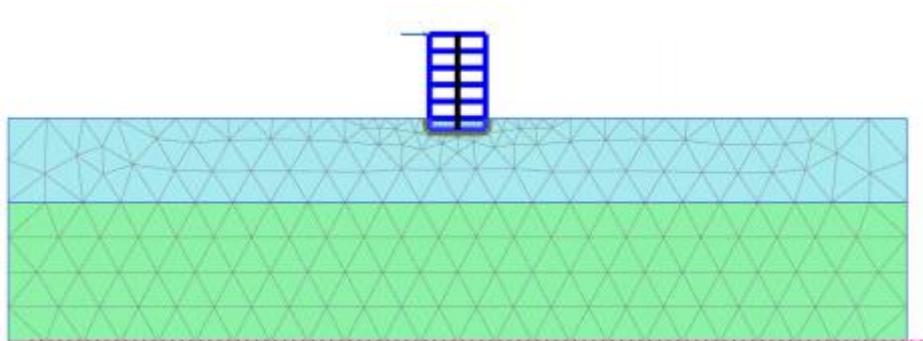


图 8 生成的网格

3 计算

计算过程包含三个阶段。初始阶段，模拟建筑物施工过程，加载，自由振动分析和地震分析。

初始阶段

- 单击分步施工模式，定义计算阶段。
- 初始阶段已经自动添加。本例使用默认设置。
- 在分步施工模式中检查建筑物和荷载是冻结的（如图 9 所示）

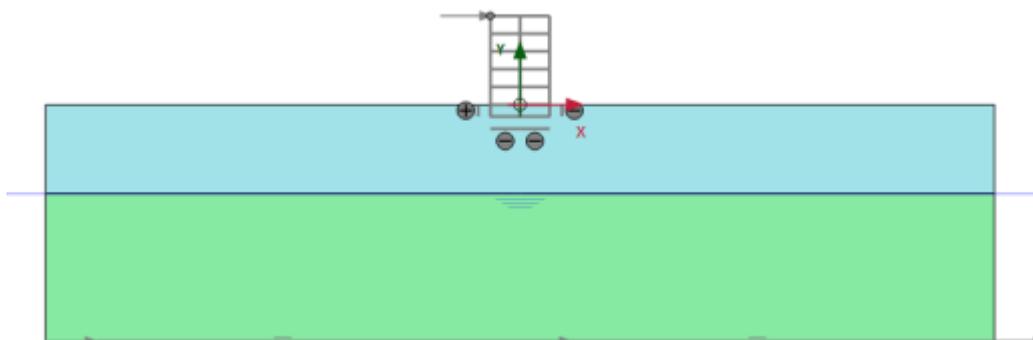


图 9 初始阶段

阶段 1



- 添加新的阶段。这个计算阶段使用默认的设置。
- 在分步施工模式中模拟建筑物施工（激活所有板，界面和锚杆）并冻结地下室内土体（如图 10 所示）

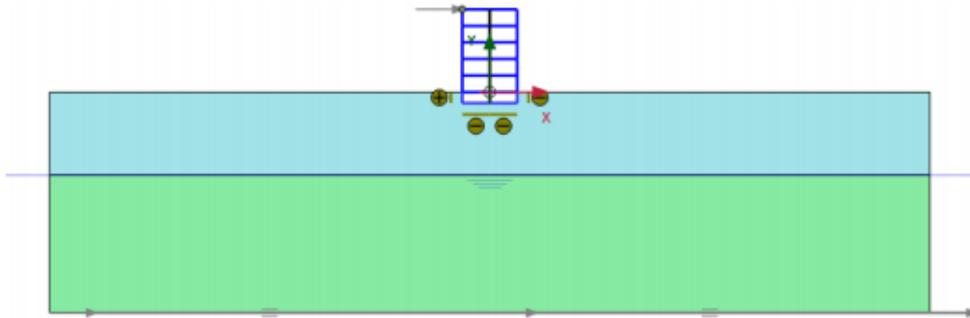


图 10 建筑物施工

阶段 2



添加新的阶段。

- 选中阶段窗口变形参数标签中的重置位移为零选项。其余的值采用默认的值。
- 在分步施工模式中激活荷载。荷载的值已经在结构模式中定义。

阶段 3



添加新的阶段。



阶段窗口中计算类型选择为动力计算。

- 设置动力时间间隔为 0.5 秒。
- 在分步施工模式中冻结点荷载。
- 在模型浏览器中展开模型条件子目录。
- 展开动力子目录，设置 ymin 边界为粘性边界（如图 11 所示）。

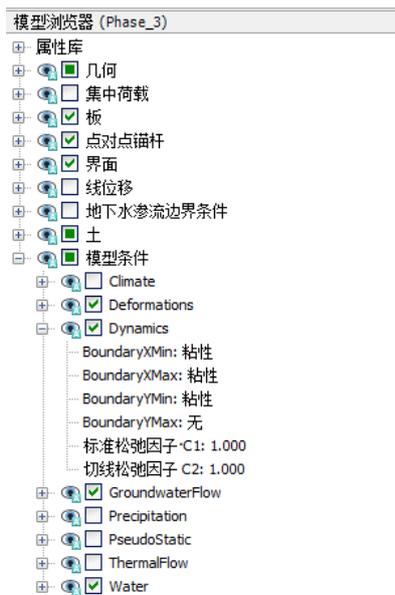


图 11 动力计算边界条件

阶段 4



添加新的阶段。

- 在阶段窗口设置阶段起始于阶段 1 选项（建筑物施工）



阶段窗口中计算类型选择为动力计算。

- 设置动力时间间隔为 20 秒。
- 选择变形控制参数子目录中的重置位移为零选择。其余设置使用默认的值。
- 模型浏览器激活指定位移和它的动力分量。此阶段 ymin 边界不要设置为粘性边界。



击生成曲线所需的点。为了生成曲线选择建筑物的一个顶点（0 15）。



计算项目。



计算完成后保存项目。

4 结果

图 12 显示了阶段 2 计算完成后结构的变形图（施加水平荷载）。

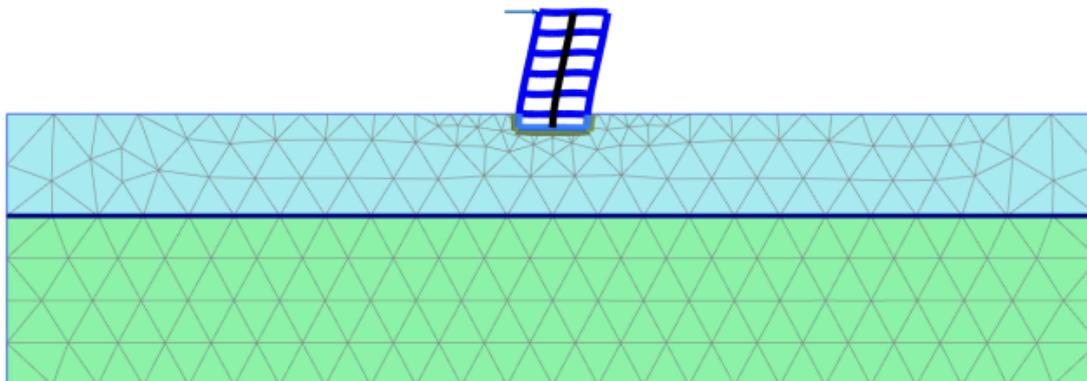


图 12 变形网格

图 13 显示了自由振动阶段选择点 A（0 15）的位移时间曲线。可以看出由于土和建筑的阻尼作用，振动随时间缓慢的衰减。

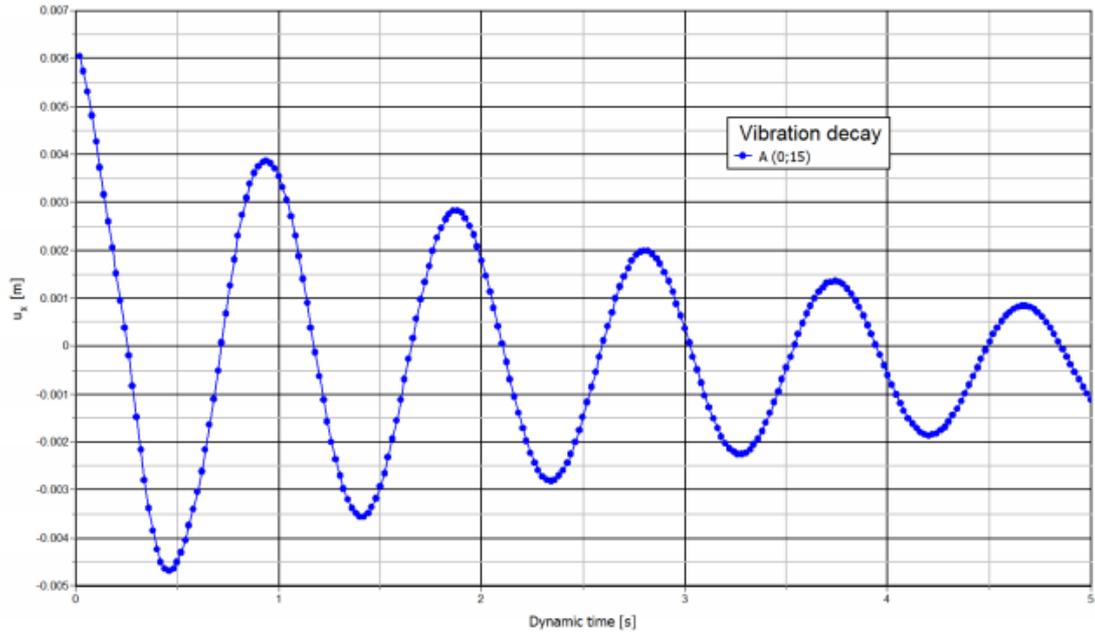


图 13 选择点位移时间历史

设置窗口的图表<<动力<<选择使用频率表示（频谱）<<标准频率（Hz）选项。如图 14 所示。从图中可以评估建筑物主频在 1Hz 左右。

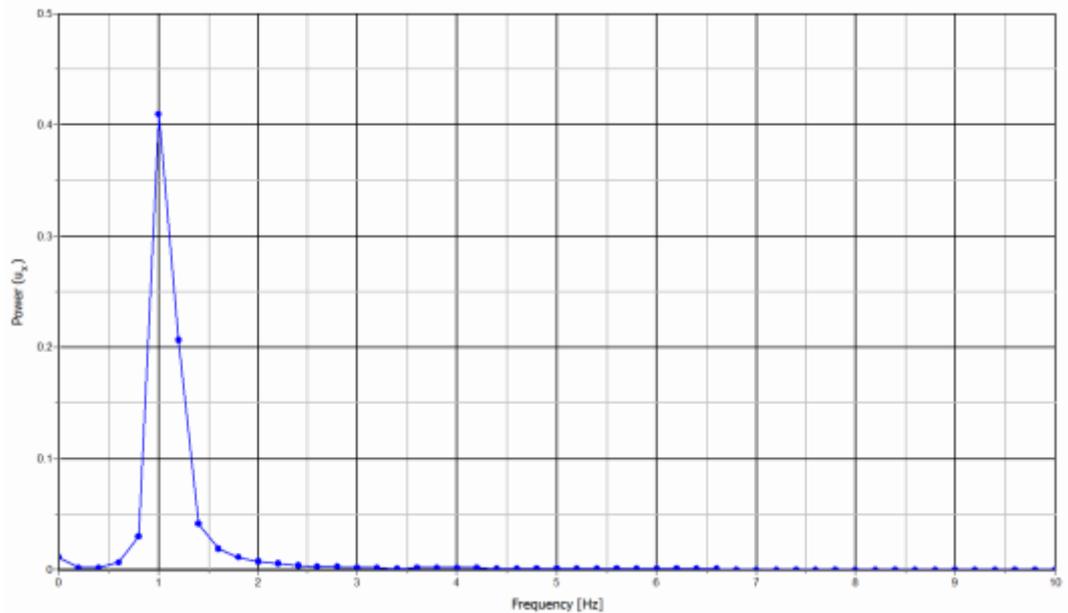


图 14 频率表示（频谱）

PLAXIS 2D 2015 案例教程：自由振动和地震对建筑物的影响

图 15 显示地震阶段（动力分析）选择点 A(0 15)的侧向加速度时间曲线。为了更好的显示计算结果，可以生成自由振动和地震阶段的动画。

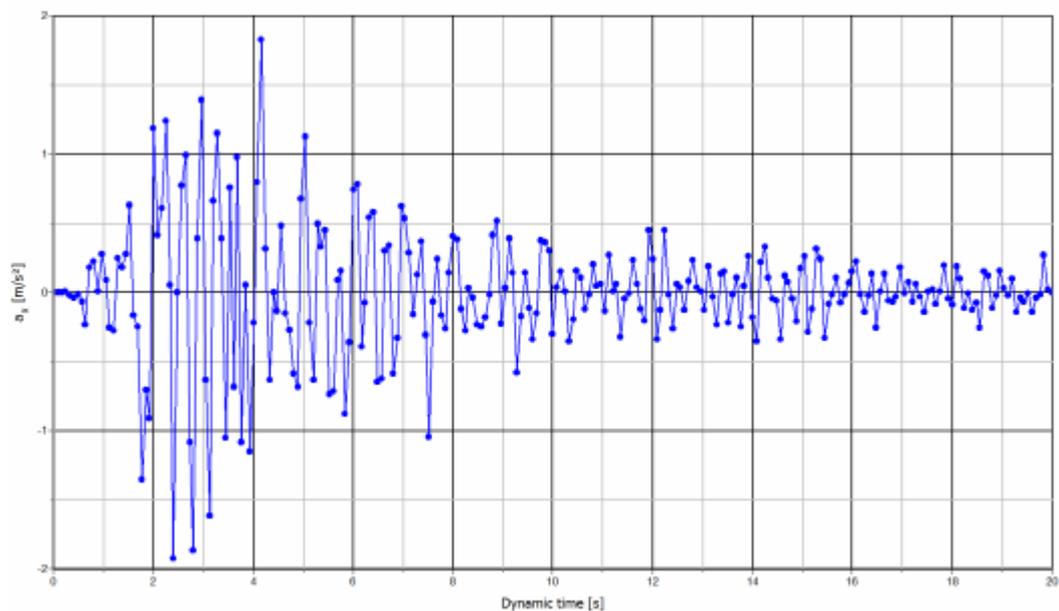


图 15 加速度随动力时间变化曲线

本教程到此结束！