

岩土工程有限元分析软件

**PLAXIS 2D<sup>®</sup> 2017**

## 案例教程

地铁车站抗震时程分析



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

## 目录

1. 模型概况.....	1
2. 几何模型.....	1
2.1 模型边界.....	1
2.2 定义车站结构.....	2
3. 生成网格.....	6
3.1 有限元网格加密.....	6
3.2 有限元网格自动划分和预览.....	6
4. 边界条件.....	7
5. 分步施工.....	8
6. 结果查看.....	9

## 1. 模型概况

随着经济的迅猛发展和城市交通的日益拥挤,我国已经进入了地铁工程建设的黄金时代。我国是一个多地震的国家,以往的震害表明,地铁地下结构一旦遭受震破坏,将会给地震应急和震后修复工作带来极大的困难,并且地铁地下结构完全埋深于土中,土-地下结构的动力相互作用将明显改变场地周围土体的动力反应特性,进而影响上部已建和拟建建筑结构的地震反应特征。

本案例介绍地铁车站结构在地震作用下的动力响应。重点讲解如何通过动力乘子和创建线位移来模拟地震波,以及动力分析边界条件的确定。计算完成后绘制动力时间-加速度、动力时间-位移曲线分析车站结构动力响应。车站横断面如图 1 所示,通过学习本案例读者可以掌握地震作用对地铁车站结构影响的分析方法。

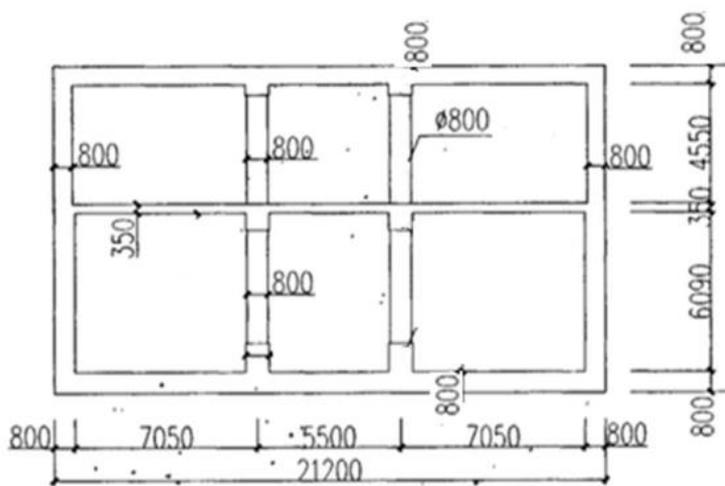


图1 隧道横断面

提示:学习本案例教程之前,需要已经掌握 PLAXIS 软件的基本操作。

## 2. 几何模型

### 2.1 模型边界

在项目属性窗口>>模型标签>>模型边界中定义 X 和 Y 方向的边界, $X_{min}=-80$ , $X_{max}=80$ ; $Y_{min}=-50$ , $Y_{max}=0$ 。

### 1.2 定义土层

点击生成钻孔  在  $X=-80$ ,  $Y=0$  的位置处创建钻孔,如图 2 在修改土层对话框中定义水头高度  $h=-70$ 。然后添加土层并创建土层材料,土层顶部 0,底部-60,土层材料参数如表 1 所示。

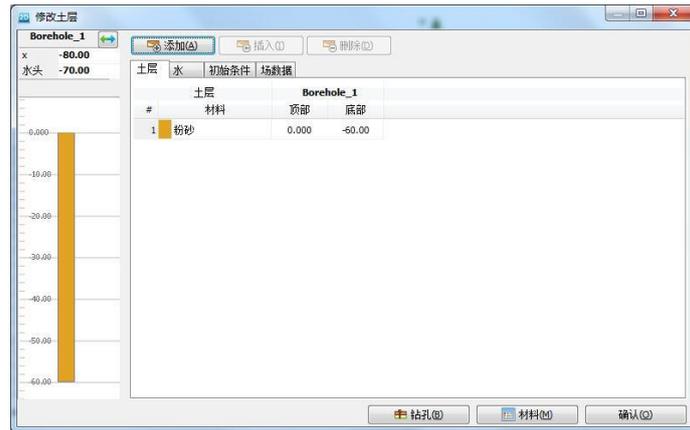


图 2 创建钻孔

表 1 土层材料属性

土类	天然/饱和重度 ( $\text{kN/m}^3$ )	变形模量 ( $\text{kPa}$ )	泊松比 $\nu$	粘聚力 ( $\text{Mpa}$ )	内摩擦角 ( $^\circ$ )	剪胀角 ( $^\circ$ )
粉砂	20/20	43000	0.3	1	34	4

## 2.2 定义车站结构

在**结构**→**结构**菜单中使用板模拟地铁结构顶板、底板、柱、楼板。采用的建模方法是先建立车站底板，然后通过阵列命令生成楼板和顶板，最后连接板生成柱和侧墙。

- 通过**创建板**  命令生成底板：(-10.2, -17.79) (10.2, -17.79)。如图 3 所示。

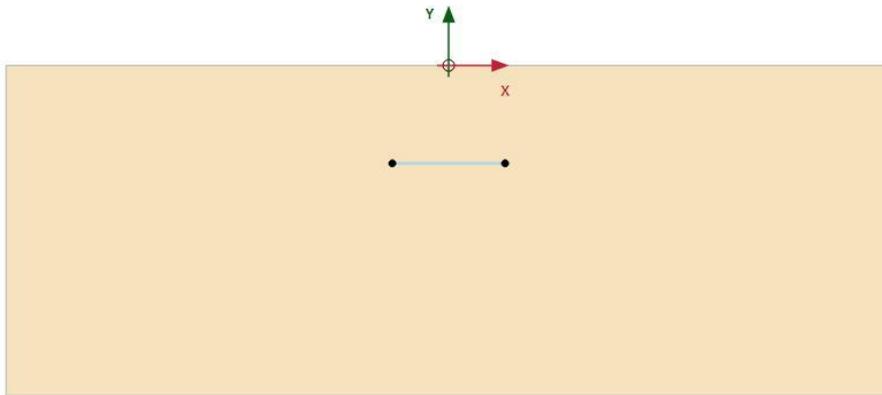


图 3 创建底板

- 通过**创建阵列**  命令生成楼板、顶板：选中生成的底板，选择阵列，方向：y 方向，数量 2 个，列距 6.665；选中底板，选择阵列，方向：y 方向，数量 2 个，列距 11.79。创建的楼板、顶板如图 4 所示。

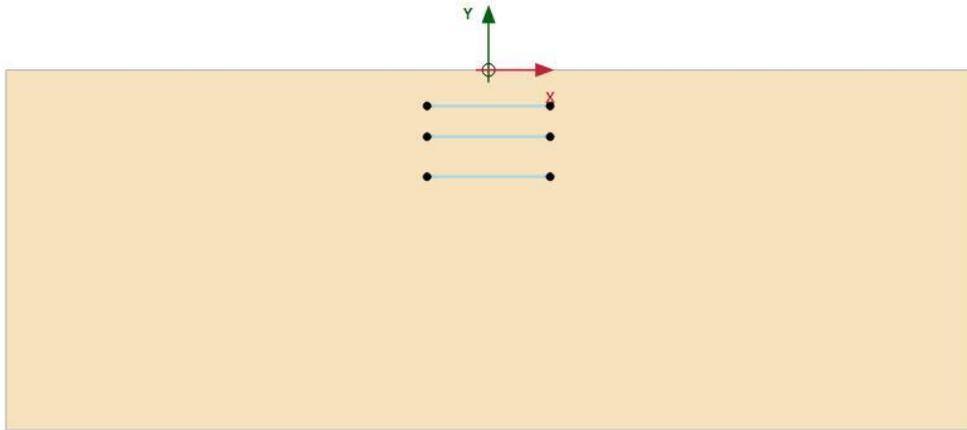


图 4 生成楼板和顶板

- 通过**创建板**模拟侧墙：(-10.2,-17.79) (-10.2,-6)，如图 5。

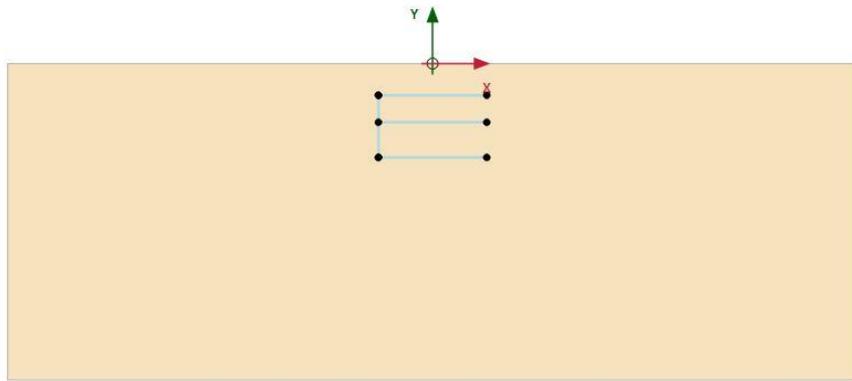


图 5 生成侧墙

- 通过创建**阵列**命令  生成两排中心柱、侧墙：选中生成的侧墙，选择阵列，方向：x 方向，数量 2 个，列距 7.45；再次选中侧墙，选择阵列，方向：x 方向，数量 2 个，列距 12.95；第三次选中侧墙，选择阵列，方向：x 方向，数量 2 个，列距 20.4；创建完成后如图 6 所示。

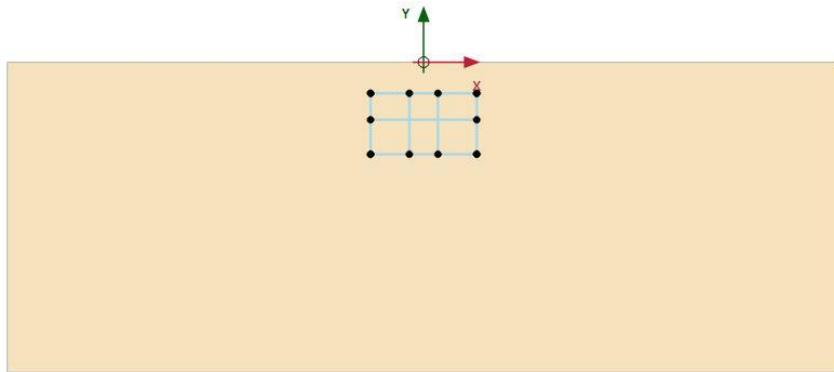
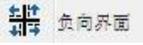


图 6 车站结构

- 如图 7，选中代表右侧墙的板单元，和代表底板的板单元，右键选择创建**负向界面** ；选中代表左侧墙的板单元，和代表顶板的板单元，右键选择创建**正向界面** 。

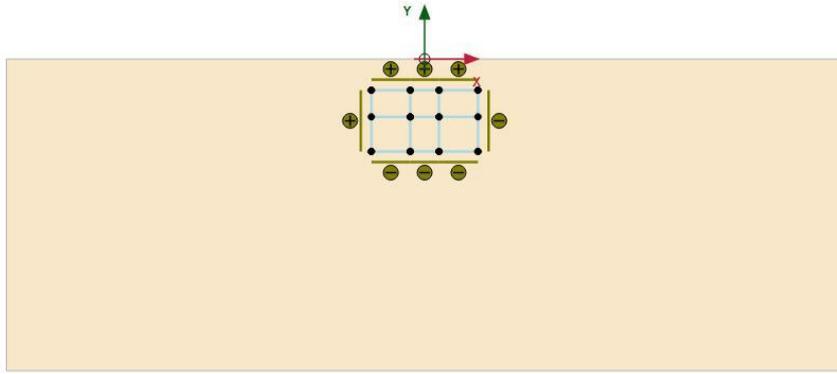


图 7 创建界面

- 点击显示材料 ，材料组类型选择板，根据表 2 创建相应板材料数据组。

表 2 车站结构材料参数

参数	名称	侧墙/顶板/底板	楼板	圆柱	单位
材料类型	类型	弹性；各向同性	弹性；各向同性	弹性；各向同性	-
轴向刚度	EA	24000000	10500000	1256637.06	kN/m
抗弯刚度	EI	1280000	107187.5	31582.7	kNm <sup>2</sup> /m
重度	w	5	5	0	kNm/m
泊松比	v	0.15	0.15	0.15	-
瑞利波	α	0.232	0.232	0.232	
瑞利波	β	0.008	0.008	0.008	

- 为定义的结构单元赋予对应的材料参数：选中结构后在选择浏览器指定相应材料属性。定义完成后如图 8。

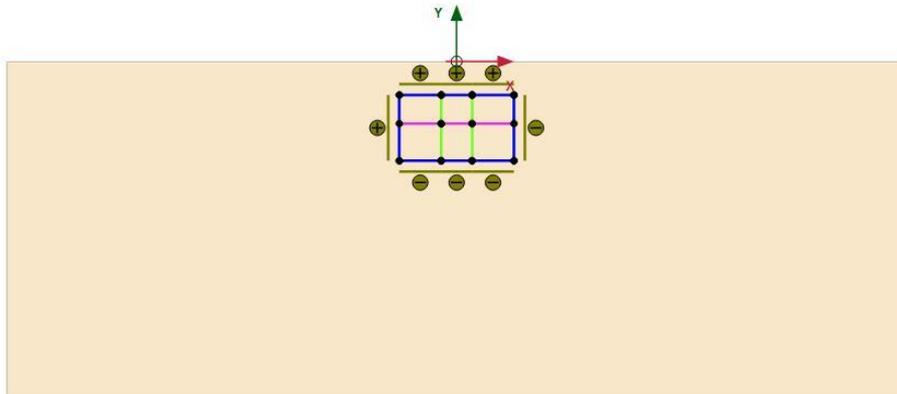


图 8 指定车站结构材料属性

注意：为了方便区分地铁车站结构不同部分结构，可以更改楼板、柱材料颜色。

- 定义地震波：通过菜单栏**结构>>显示动力乘子**，点击  新建位移乘子；点击  打开文件，找到 **smc225.txt** 文档路径并打开，导入地震波，按图 9 设置地震波定义参数，点击确定关闭窗口。

注意：地震波文件 **smc22.txt** 可以通过百度网盘下载，链接为：<https://pan.baidu.com/s/1c21och6>

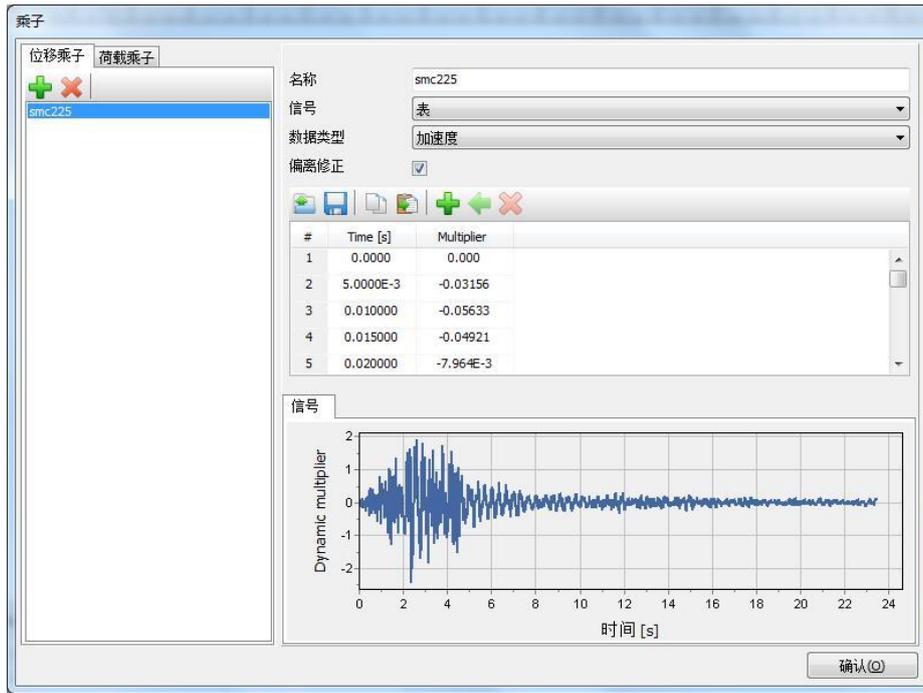


图 9 地震波定义

- 点击**创建线位移**  **线位移**，在点 (-80, -60)、(80, -60) 之间创建线位移，按图 10 设置相应参数。定义完成后的分析模型如图 11 所示。

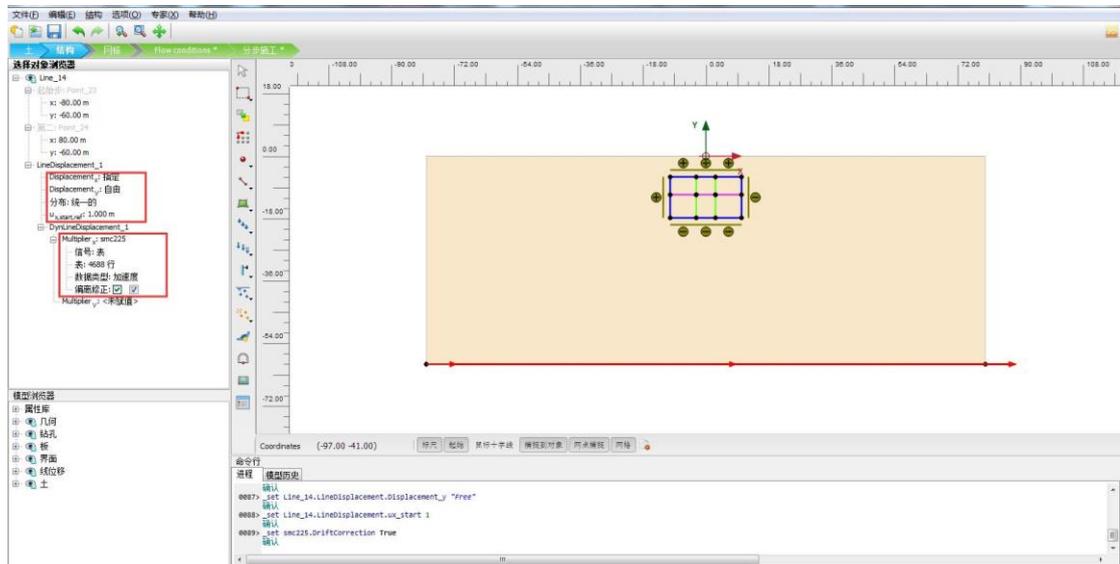


图 10 地震作用模拟

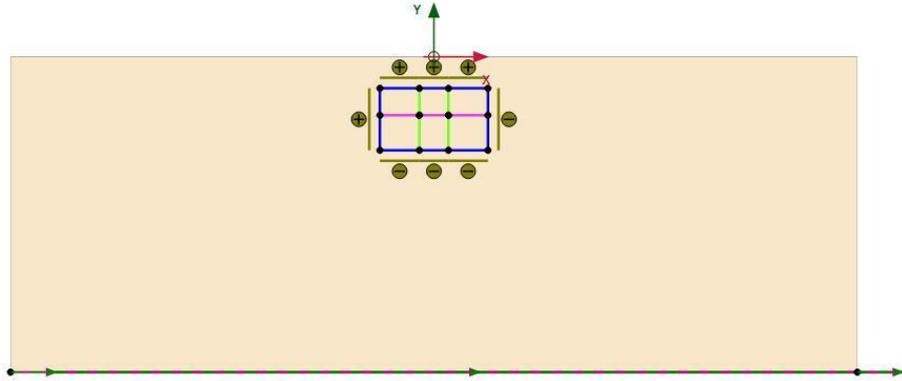


图 11 定义完成的分析模型

### 3. 生成网格

切换到**网格**模式，进行有限元网格剖分。

#### 3.1 有限元网格加密

- 程序已自动将结构单元网格进行加密，以绿色显示，其余部分未加密，以灰色显示。
- 为了更准确的分析土—车站结构的相互作用，将车站内土层进行网格加密。如图 12，选中这些土层类组，在选择浏览器中将粗糙系数修改为 0.25。

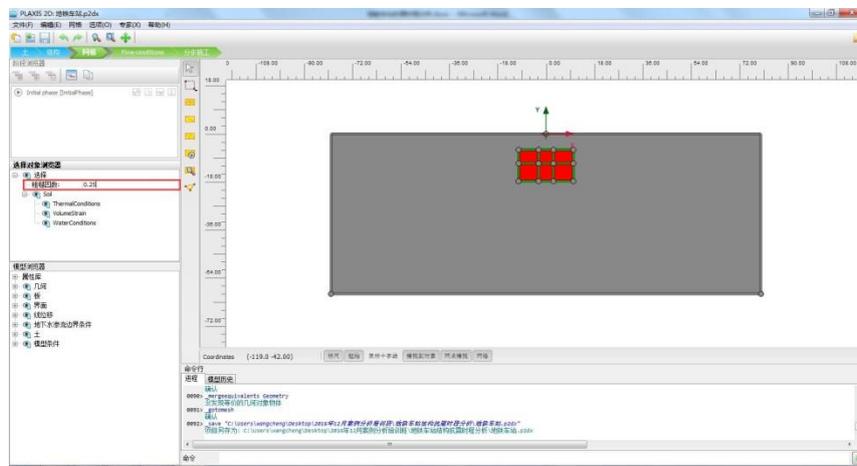


图 12 网格加密

#### 3.2 有限元网格自动划分和预览

- 点击  **创建网格**，设置单元分布(Element distribution)为细，点击确认自动划分网格。
- 点击  **预览**生成的网格，图 13 为程序自动生成的网格。
- 单击**关闭**按钮，关闭输出窗口。

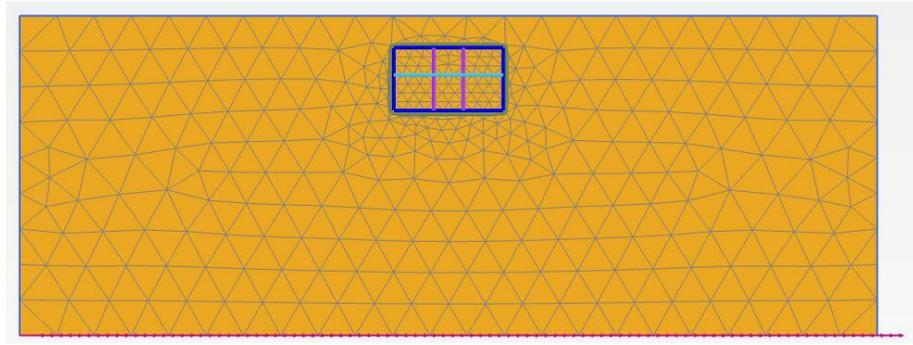


图 13 生成的网格

#### 4. 边界条件

地震荷载施加在水平方向，将竖向边界条件定义为粘性，水平边界定义为无。

- 动力边界条件: 在**模型浏览器**»**模型条件**»**Dynamics** 子菜单下按照图 14 设置动力边界，将 X 轴方向设置为粘性边界。



图 14 动力边界

## 5. 分步施工

初始阶段模拟生成初始应力场，第一阶段模拟施工车站结构，第二阶段模拟地震对车站结构的影响。

- 初始阶段：采用默认设置，计算类型：k0 过程；荷载类型：分步施工。
- 施工地铁车站：计算类型：塑性计算；荷载类型：分步施工；勾选重置位移为零。选中并冻结车站土体。在竖向菜单栏通过**选择结构**工具选中所有板单元，如图 15，在选择浏览器激活所有板，界面单元。

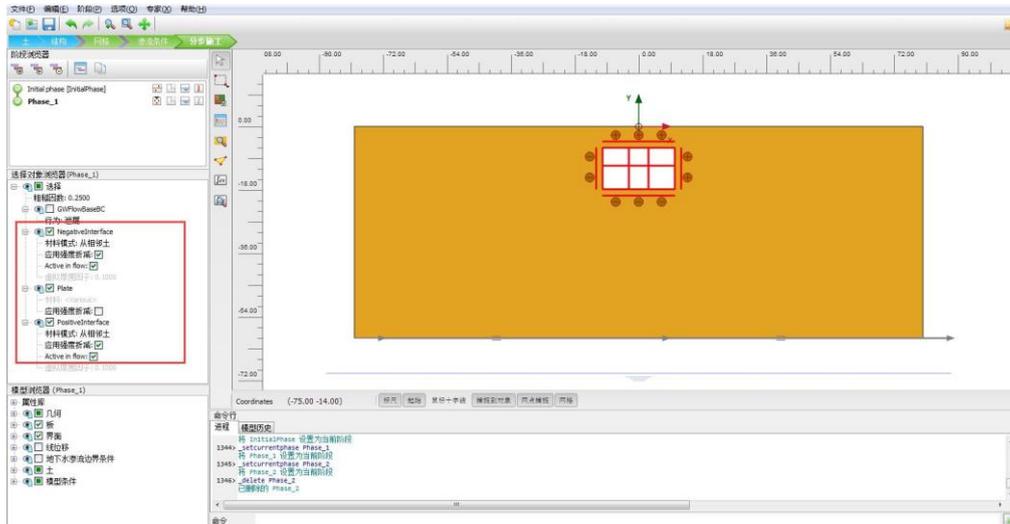


图 15 施工地铁车站

- 地震计算：如图 16 设置参数，计算类型：动力；荷载类型：分步施工；动力时间间隔：20s；勾选重置位移为零。本阶段需在在模型浏览器窗口激活**线位移**。

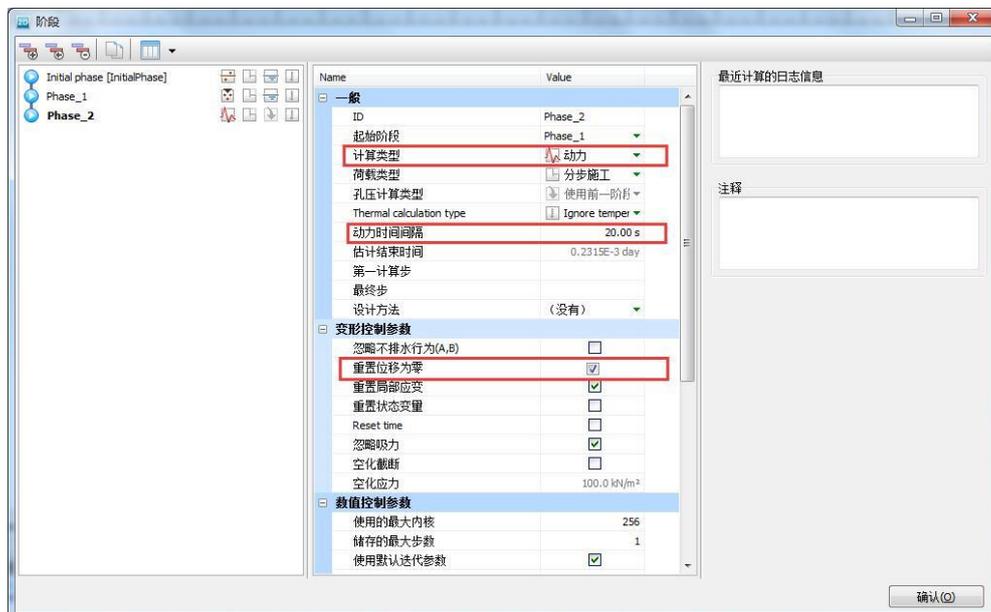


图 16 地震计算阶段设置

- 点击选择生成曲线所需的点 ，如图 17 搜索并选择节点 A (-2.75, -17.79)，在后处理阶段将以节点 A 计算结果生成曲线。



图 17 选择生成曲线的点

## 6. 结果查看

计算完成后，点击查看计算结果 ，在后处理程序中可以查看计算结果。在 **变形»** **总位移** 菜单下可以查看土体位移，点击矢量图即可显示位移矢量图。图 18 为地震作用下土体位移矢量图，从图中可以看出，车站顶板、底板周边土体有隆起现象。

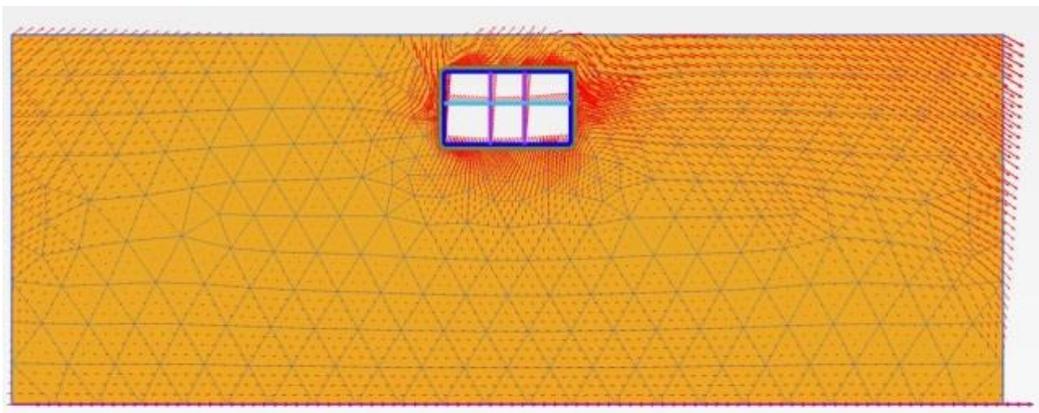


图 18 地震作用下土体变形矢量图

点击左侧竖向工具栏拖拽窗口选择结构 ，框选车站结构在弹出窗口选择板后点击视图确认。在菜单栏 **力** 菜单下可以查看结构轴力、剪力、弯矩。图 19 为车站结构轴力分布图，缩放因子为 0.003，可以看出车站底板、中心柱上轴力较大，最大值 950.7kN/m；侧墙上部轴力小、下部轴力大；顶板、楼板轴力较小，最小值 80.9kN/m。

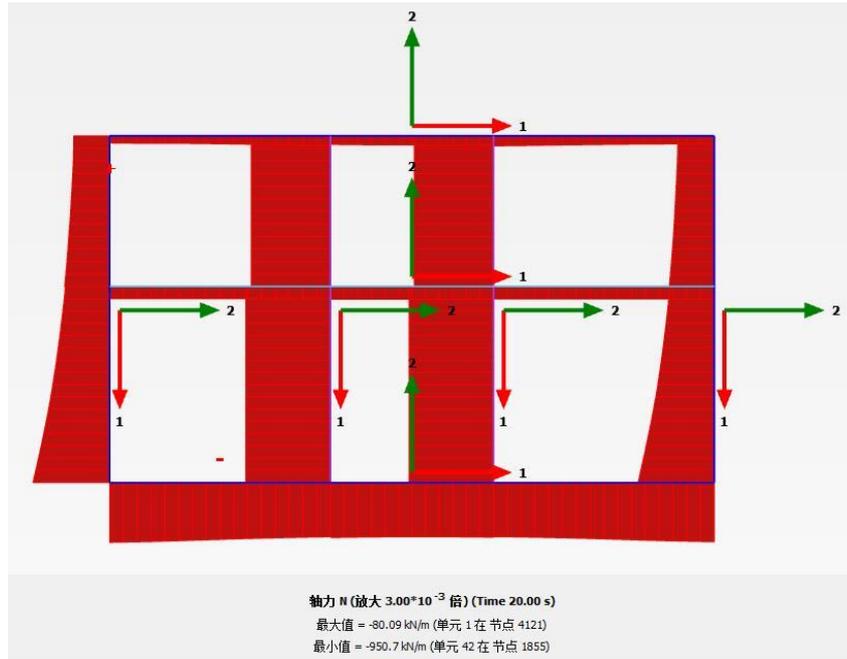


图 19 车站结构轴力分布

图 20 为车站结构剪力分布图，从图中可以看出剪力较大部位为车站底板、顶板、侧墙，最大值为 874.4kN/m；中心柱和楼板剪力较小，在缩放因子为 0.003 时几乎观察不到剪力。

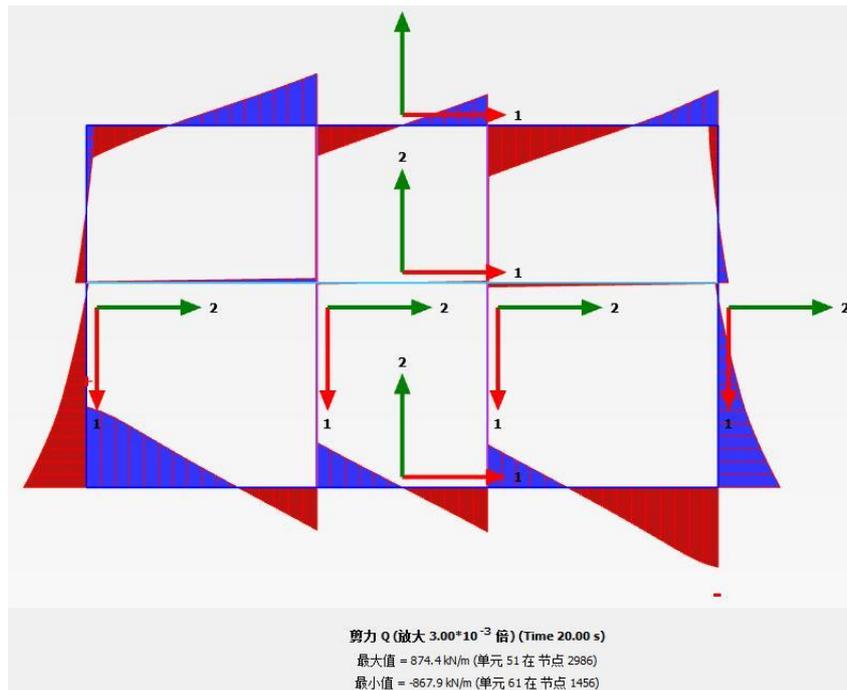


图 20 车站结构剪力分布

图 21 为车站结构弯矩分布图，与车站结构剪力分布类似，顶板、底板、侧墙处弯矩值较大，最大值 1588kN/m/m；楼板、中心柱上弯矩值较小。

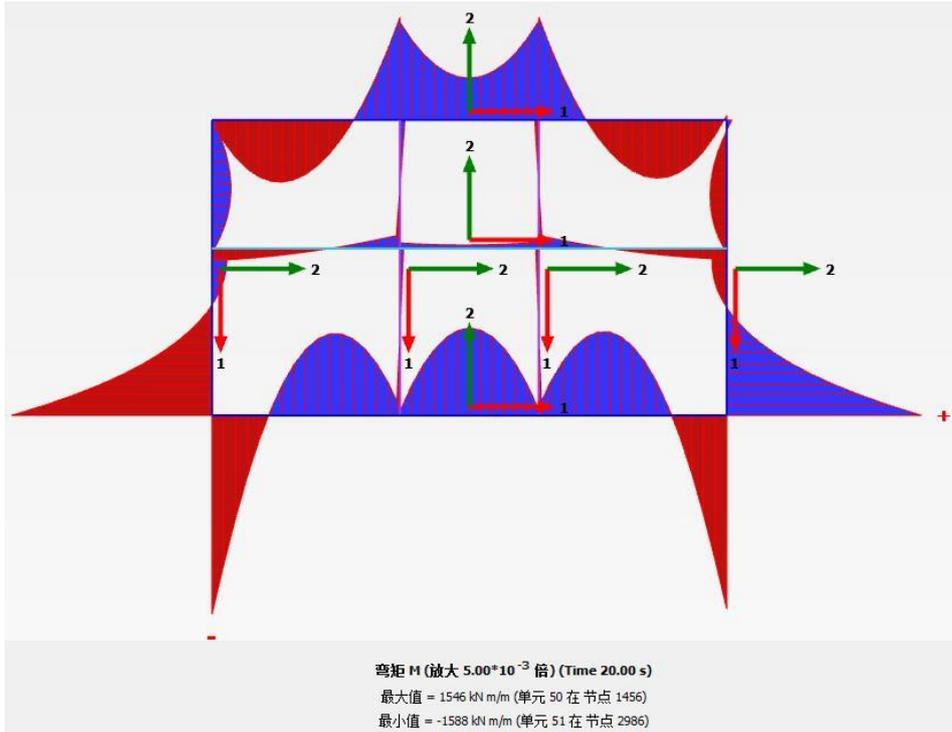


图 21 车站结构弯矩分布图

注意：为了调整显示比例，通过点击后处理菜单栏**查看»比例**，弹出缩放因子窗口可以调整图形显示比例以便查看。

图 22-24 为车站底板位置动力监测结果，可以看出车站底板结构加速度发展趋势与地震波形态类似。

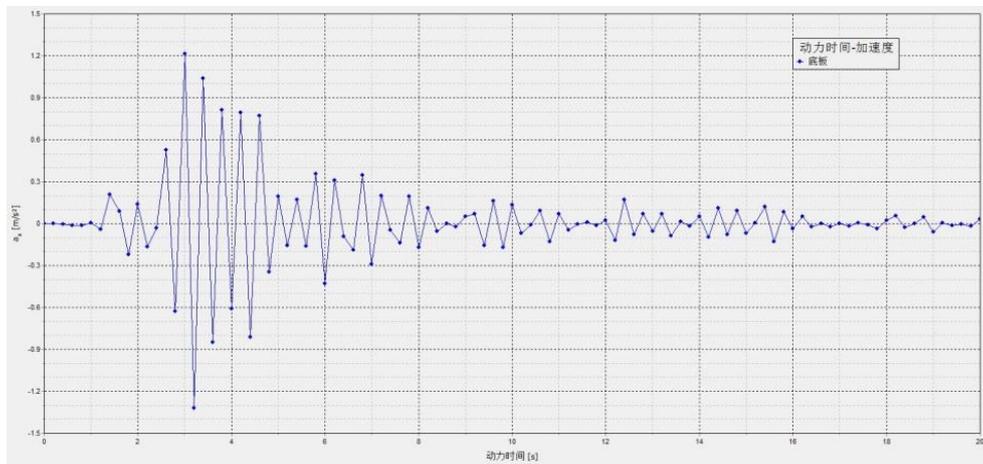


图 22 车站底板动力时间—加速度

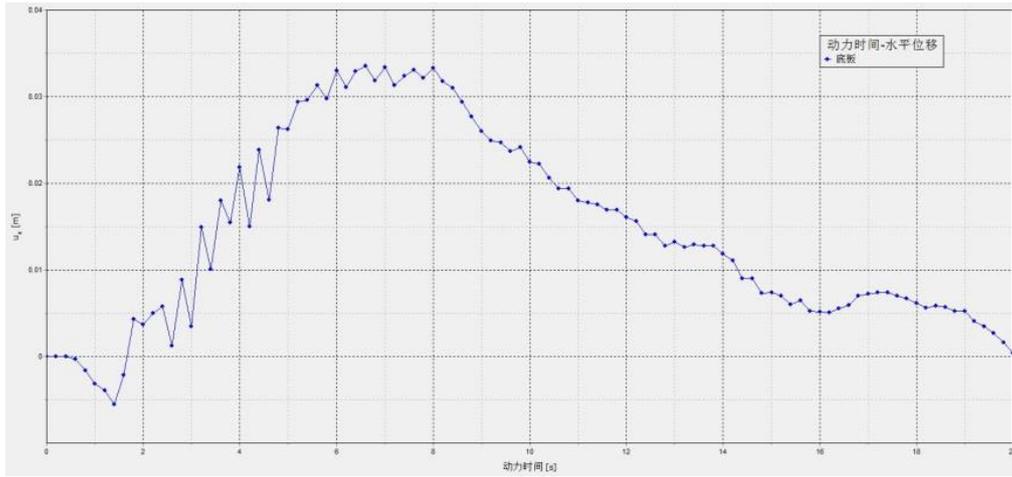


图 23 车站底板动力时间—水平位移

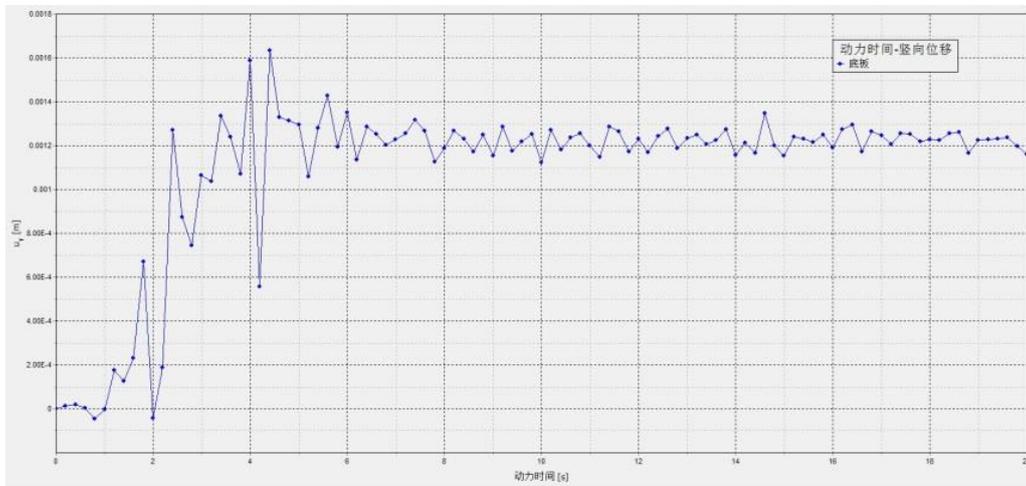


图 24 车站底板动力时间—竖向位移

本教程到此结束！