岩土工程有限元分析软件

PLAXIS 2D[®] 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

北京筑信达工程咨询有限公司版权所有©2017

節信达

目录

模型棒	既况	1
几何相	莫型	1
2.1	模型边界	1
2.2	定义车站结构	2
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
边界线	条件	7
分步加	奄工	8
结果	查看	9
	模型机 几何和 2.1 2.2 生成和 3.1 3.2 分步抗 结果剂	模型概况 几何模型 2.1 模型边界 2.2 定义车站结构 生成网格 3.1 有限元网格加密 3.2 有限元网格自动划分和预览 边界条件 分步施工

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,土一地下结构的动 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一加速度、 动力时间一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。



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, Xmin=-80, Xmax=80; Ymin=-50, Ymax=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。

-80.00	🛛 🗟 添加	0(A) 🛛 🤜	插入①	5 删除①		
-70.00	土层水	〈 初始条件	场数据			
		土层	Bore	hole_1		
	#	材料	顶部	底部		
0	1 影	砂	0.000	-60.00		
00						
00						
00						
00-00-00						
00-						
00						
nn						
00						

图 2 创建钻孔 表 1 土层材料属性

				1 1 1		
土类	天然/饱和重度	变形模量	泊松比	粘聚力	内摩擦角	剪胀角
	(kN/m^3)	(kPa)	v	(Mpa)	()	(°)
粉砂	20/20	43000	0.3	1	34	4

2.2 定义车站结构

在**结构**之难?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^{1 创建版}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¹¹¹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。

記信达



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

面幕 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。

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	kNm²/m
重度	w	5	5	0	kNm/m
泊松比	ν	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	

表 2 车站结构材料参数

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

記言达



图 9 地震波定义

点击创建线位移 点 建位参,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。

文件(E) 編稿(E) 語詞 造坝(Q) 专家(Z) 報助	
🎦 🖻 🔚 🔦 🥕 🔍 🔍 🚸	
土 结构 网络 How condition	n · / 分连陈工 · /
选择对象浏览器	5 1-168.00 1-72.00 1-72.00 1-75.00 1-7
■ 起始地 Point_23	
- x1 -80.00 m	
B E Part 24	
x: 80.00 m	
y: -60.00 m	
EneDisplacement_1	• • • •
Displacement : RDE	
分本: 12-00	
U _{x mart set} : 1.000 m	-15.00
DynLineDisplacement_1	
Multiplier x: smc225	
信号: 表	
表: 4000 行 	1°
- 編憲校正: 12 12	
Multiplier _y : <来就值>	
	- 24 00
信用印刷店 38	
③ 器件庫	200
Ⅰ ● ● 几何	
田 @ 钻孔	
E @ 板	Coordinates (-97.00-41.00) 初元 1528 用位于手段 開始的 用位于手段 開始的 用 6
10 4 分回	総令行 1992 Barrant
⊕ @ ±	
	0007> set Line_14.LineDisplacement_Displacement_y "#ree"
	001V. 00085- set line_14.LineDisplacement.ux_start 1
	時以 anti-set ser255. SelffConvertion True
1	

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一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。

THE PLACE 20: THE STORE STORE	Broken and the	
	10057	
INF WERE	0	72.00 , 90.00 , 108.00
196 196 196 1 K	المراجع	I I I I I.
total share Returned DECE DO (0)	L 1107	
C numbran burn and in the fit		
	*	
	0.00	
选择对象测频器		
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
🕀 🚱 Sol		
VolumeStrain		
WaterConditions	- se co	
領型別問題		
⇒ 展性库	0.45	
 (m) (m) 月15年 (m) (m) 4時 		-
- 1 7五		
·····································	-72.00	
◎ 1811-10-1930-2019-180++ ◎ 12 ±		
····································		
	Coordinates (-119.0 -42.00) R.R. Ethy R.H.+ P.H. MILLY R. M.A.H.L. 714	
	単位1 第22 前415 面 1 目 1 目 1 目 1 目 1 目 1 目 1 目 1 目 1 目 1	
	Auto Managoral Reality and Automatical Automatica Automatical Automatical Automatical Automatical Automatical Automatic	
	00%%。mrgesulvalents Genetry 法定规制的Lingthatp	
	00032_getions in	
	eees>kees "Cclusters languised instantial Jates Phill 用用分析看出的。我是有效的情况和可以会加加。 你回到有力」:Cclusters languised instantial Jates Phill 用用的分析和可以会加加。 如果是一个正式的一个正式的一个正式的一个正式的一个正式的一个正式的一个正式的一个正式的	
	*	, *
	\$ \$	1

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

記言达

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。选中并冻结车站内土体。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。

nitial phase [InitialPhase]		Name	Value	最近计算的日志信息
Phase_1	🔀 🔚 🚍 💷	□ —般		A
hase_2	M 🖪 🕅 🔲	ID	Phase_2	
		起始阶段	Phase_1	
		计算类型	🕼 动力 🔹	
		荷载类型	□ 分步施工 🔹	
		孔压计算类型	● 使用前一阶段▼	汪粹
		Thermal calculation type	🚺 Ignore temper 💌	
		动力时间间隔	20.00 s	_
		估计结束时间	0.2315E-3 day	=
		第一计算步		
		最终步		
		设计方法	(没有) 🔹	
		□ 变形控制参数		
		忽略不排水行为(A,B)		
		重置位移为零	V	
		重置局部应变		-
		重置状态变量		
		Reset time		
		忽略吸力		
		空化截断		
		空化应力	100.0 kN/m ²	
		□ 数值控制参数		
		使用的最大内核	256	
		储存的最大步数	1	
		使用默认迭代参数		-

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 车站底板动力时间一加速度



本教程到此结束!