教程4锚杆隧道

目录

1. 预览	2
1.1 问题详述	2
2. 3D 建模	
2.1. 一般设置	
2.2. 几何	
2.3. 3D 网格	
3. 计算设置	
3.1. 初始应力场的计算设置	
3.2. 开挖 1 分析的计算属性	
3.3. 开挖 2 分析的计算属性	
3.4. 开挖 3 分析的计算属性	
4. 求解	
5. 结果分析	
Fill Hu	



1. 预览

在本教程中,我们将模拟复杂地层中的加固隧道。首先,我们将创建土体。然后我们创建隧道的基本模型,输入土壤、岩石锚杆和喷射混凝土的特性,然后划分隧道并创建网格。最后,我们将进行施工阶段分析,并分析输出结果。

本教程描述了生成几何图形的主要 CAD 工具。此外,我们还生成了连接到 四面体网格的钢筋单元(岩石锚杆)。

注:本教程简化了项目的几何结构,并降低了网格密度(节点数),以提高计算速度。出于同样的目的,对材料参数也进行了调整。

1.1 问题详述

一般假设:

静态分析

3D 几何

喷射混凝土用壳单元模拟

几何:



尺寸

官网: www.utum.cn 联系电话: 027-59764518-800 邮箱: utum@utum.cn



模型包括3种单元:

体单元=土体

1D-单元=锚杆

壳单元=喷射混凝土



材料属性:

岩石使用莫尔-库仑模型, 混凝土衬砌使用线弹性模型。

1 X 5

	γ <mark>(kN/m³)</mark>	E (MPa)	ν	c (kPa)	φ (°)	Ψ (°)	Ко
Hard rock	24	800	0,3	250	30	0	1
	1-						
		γ (kN/m³)		E (MPa)	ν	e (n	e n)
Shot	crete	25		15000	0,2	0,1	15
锚杆属性如	下:						
				E (MPa)	5 (m²)		
	E	Bolts	2	200000	5.10-4		

2.3D 建模

2.1. 一般设置

设置长度单位为 m, 力为 MN, 位移为 mm。

2.2. 几何

对于挖掘过程的建模,我们还将区分14次开挖,每次开挖由下面3个步骤组成:

锚杆(线单元)

土体开挖(体单元)

喷射混凝土 (壳单元)

隧道断面:

将工作平面设置为 OYZ,点击脚本,选择 TunnelM.xml(默认),选择"3 半径 2 角度",不勾选"不对称"和"椭圆反转"。

设置 R1=5m, A1=90°, R2=5m, A2=30°, 开挖计划选择全断面,应用。



6H-	Ŀ٦	Ľ.
1田/	M	:

现在我们定义9根锚杆的位置。

官网: www.utum.cn 联系电话: 027-59764518-800 邮箱: utum@utum.cn



选择上半圆(2条弧),使用"切割"工具,将每段弧分成4等分。

Cut	Į ×
Apply	
Cut definition	
N=3	¥
Number of divisions	4
Split of the selected edge of divisions.	is into the specified number



点击 1D 实体,勾选"交互",勾选"锚固",动态输入选择"长度/角度",点击其中一段弧的最低点,设置 L=3m, A=360°,按"Enter",一维实体就生成了。



按 Enter 前模型的状态

点击工具"平移/旋转/对称",选择旋转,次数为8,角度为22.5°,使 用两点定义旋转轴: P1(0,0,0),P2(1,0,0),应用。





在应用之前,点击显示时的预览效果

为了便于边界,可合并全部锚杆,给定一个颜色(如红色),有助于后面的操作。

选中全部锚杆,点击合并实体,点击一维实体,输入名称"锚杆1",应用。



开挖:

选择隧道面,拉伸,设置 Vx=1、Vy=0、Vz=0,应用,然后设置 Vx=-1、 Vy=0、Vz=0,应用。合并这两个实体,用于模拟 2m 的开挖,命名为"开挖 1"。







廊道有15次开挖,可通过对第一次开挖平移生成。

选择体实体"开挖 1"、1D-实体"锚杆 1"、面实体"喷射混凝土 1", 点击平移,设置 Vx=-2、Vy=0、Vz=0,次数为 14,应用。



<u>土体:</u>

为了便于操作新实体,我们先隐藏创建廊道时生成的全部实体(体、面、1 维实体),

选中全部实体,点击"隐藏选择"。



点击文件-导入,选择"Terrain.cleo36",软件安装目录中的 tutorial 文件 夹下。边和点被导入了,使用他们来创建上表面。



点击"点",添加A(1;-30;-25)、B(1;25;-25)、C(-29;25;-25)、D(-29;-30;-25),使用线工具,连接A-B-C-D-A,选择全部线,然后点击 "平面",即生成了底面。







<u>体相交:</u>

已经创建了 2 个独立的体: 土体和廊道(开挖),现在将其进行相交处理。

点击"体相交",勾选"选择实体/将选择作为工具",对象实体选土体,应用。



Partitions	Ą	١×		
Apply				
Partitions				
\$				
 Interactive Pick object and t Pick object / use 	ool selection as tool			
Objects				
Object body	[40] Soil	В		
Partition of 2 bodies.				
Step #1: Check the 'cut' option.				
Step #2: Click on the b Step #3: Click on the b	ody to cut. ody used as tool.			





Fi	x geometry	4 ×
C	heck Check/select Fix	
Δ	Database	
	Faces and volumes not used by bodies	V
	Shapes not attached to the database	V
4	Coincident shapes	
	Geometrically coincident shapes	\checkmark
4	Check edges	
	Degenerated edges	\checkmark
	Edges with length less than [m]	0.000
	Edges with bad parameters	V
4	Check faces	
	Degenerated faces	\checkmark
	Faces with bad orientation	\checkmark
	Faces with bad tolerance	V
4	Check volumes	
	Solids with bad faces orientation	V
	Extruded solids with errors	V
4	Check bodies	
	Bodies with errors	V
4	Results	
	Faces with bad tolerance	1



2.3. 3D 网格

在高应力区域细化网格,即开挖廊道附近。

网格密度:

选择全部模型,点击固定长度密度,输入5m,确认。

官网: www.utum.cn 联系电话: 027-59764518-800 邮箱: utum@utum.cn 11



选择隧道的全部边,点击固定长度密度,输入1m,确认。 选择全部锚杆的边,点击固定长度密度,输入0.5m,确认。



♀有一种简单的方法可选中廊道和锚杆的全部边界,使用前视图,然后框选即可。

3D 网格划分:

首先划分锚杆,选择全部一维实体锚杆,点击"一维实体网格",选择 "线性插值",应用。再次选中锚杆,点击"几何-固定的(特殊单元)",选 择"创建",应用。





现在为体划分网格:

选择全部实体,点击"体网格",选择"线性插值",设置"四面体网格",选择默认的 Tetmesh 生成器,设置密度因子为1,网格创建方式选择"3 次",应用。





Ν	lesh properties	# ×			
U	Update Elements quality check				
Δ	Modelled bodies				
	Number of bodies	31			
Δ	Mesh size				
	Number of groups	166			
	Total number of nodes	13439			
	Total number of element	72038			
	1D-elements	810 (L)			
	Surface elements	0 (-)			
	Volume elements	71228 (L)			
\triangleright	Mesh properties				
Δ	Elements quality check				
	Number of elements ent	0			
	Number of elements par	0			
	Number of very distorted	0			
	Number of distorted surf	0			

♀用户可查看单元、节点的数量,以 及网格的质量

- 1、 打开工具"网格属性"
- 2、 点击单元质量检查

最后,生成壳单元。

选中全部面实体,点击"面网格",依次选择"线性插值、三角网、3 次",应用。



3. 计算设置

3.1. 初始应力场的计算设置

分阶段施工过程要求在施加荷载之前定义初始应力场。对于本项目,由于 顶面不是水平,我们不能使用"Ko程序"初始化。

3.1.1 模型定义:

添加模型,命名为"初始化应力场"。勾选 MCNL、分步施工、一般初始 应力场,点击确认。

Model definition	N
Model name	Initial stress Neld under gravity
Comment	
Domain	STATICS
Solver	MCNL
Solver description	Solving of a mechanical problem with non linear behaviour (material properties, interfaces, staged construction).
© Staged construction © Initial parameters © Subsequent calculation	
Initialisation type description	Sequence of chained calculations. The stress state of the stage #(n-1) initializes the stress state of the stage #n. The displacement fields are cumulative or reset (set in "Analysis settings").
Stage order	1
 ○ Geostatic stresses ● General initial stress field 	
Initial stress description	The stress field initialisation is made by gravity loading of the soils either dry (total stresses) or saturated depending of the WTB position (effective stresses). Other options are offered.

现在,数据树显示如下:





<u>3.1.2 材料数据:</u>

材料属性-体实体:

添加体实体属性,命名"rock",如下表:

	ր (kg/mȝ)	E (MN/m²)	ν	c (MN/m²)	φ (°)	ψ (°)
Rock for Ko	2400	800	0,49	0,25	30	0
Rock	2400	800	0,3	0,25	30	0

♀为了让岩体内 K₀=1,我们使用同样的参数新建"rock for K₀",只将泊松比
修改为 0.49。

材料属性-锚杆:

点击一维实体属性,命名"锚杆",类型选择"杆",输入如下参数:

Name of the body	Туре	E (MPa)	S (m²)
Bolts	Bar	200 000	5.10 ⁻⁴

-			
£	Properties of 1D-bodies		
[十 回 它	Properties set name	
	Туре		
	Туре		
	Mechanical properties		
	Ela2	Linear elasticity	
	E [MN/m2]	2.000e+05	
	Prestress properties		
	Activation ?	C Yes € No	
	Prestress force [MN]	0.000	
	Geometrical properties	N	
	S [m2]	5.000e-04	

材料属性-喷射混凝土:

新建面实体属性,命名"喷射混凝土",设置弹性参数和厚度。



	ρ (kg/mȝ)	E (MN/m²)	ν	Thickness (m)
Shotcrete	2500	15000	0,2	0,15



指定属性集:

将刚才新建的属性集赋予给相应的材料,注意土体用"Rock for K₀"。

Properties	4 х
Apply Show Edit	
Definition	
Material name	Rock for Ko(1)
2	

激活/冻结实体:

在阶段1,全部实体都为土体,锚杆和喷射混凝土不用激活。 边界条件:_____

1X

荷载集:

点击重力,选择全部实体,应用。

官网: www.utum.cn 联系电话: 027-59764518-800 邮箱: utum@utum.cn 17

秴 武汉优土优木科技有限公司

计算参数:

在一般参数部分,输入如下值:

迭代过程:

最大增量步:1

每个增量步最大迭代次数: 500

容忍度: 0.01

求解方式: 1-初始应力法

算法类型:多波前

3.2. 开挖1分析的计算属性

本阶段中,采用全断面开挖,开挖后,断面上的开挖力就要应用上。当创 建一个新分析阶段时,很少能通过复制直接使用前一阶段的参数,往往需要做 些修改,激活属性和开挖力。

模型定义:

新建模型"初始化应力场",命名为"开挖1",点击确认。将上一阶段 的属性通过拖放复制过来,并将边界条件通过拖放分享。

	Choice of the drag and drop ac
	Copy Share Cancel
I	
	ΔI
Ń.	Study # ×
	Data tree Update
	STATICS
7 X /	[4] [4] Initial stress field under gravity
	[4]Properties
	Boundary conditions
	[4]Standard fixities
	□ Loadings
	▲ ☐ [5]Excavation #1
	[5]Properties
	Boundary conditions
	[4]Standard fixities
	Loadings
	[] [5]LoadSet1(3)
	DYNAMICS



指定属性集:

将岩土体属性改为"岩石"。

激活/冻结单元:

全断面开挖模拟只需将断面1和衬砌1冻结即可。

边界条件:

无变化

荷载设置:开挖力1

土体移除后,会产生开挖力,点击荷载集,按 F2 重命名"开挖力 1",点击荷载,点击开挖力,勾选激活,设置 lambda=1,选择"初始应力场"作为原应力场,应用。

Excavation forces - DE	с 🕂	< li
Apply Show		
Excavation forces		
Active	\checkmark	
Definition		
Stress release coeffi	cient	
Lambda []	1	
Stress field before e	xcavation	
Stage	Initial stress field under	
ivext stage	Excavation #1 [IVICNL]	-
\sim		

3.3. 开挖 2 分析的计算属性

本步骤中,我们继续向前开挖,并在先前开挖的第1段上激活喷射混凝土 和锚杆。

模型定义:

无变化

右键点击"初始应力场",复制模型,重命名为"开挖 2",确定,勾选 "属性"和"边界条件"。

官网: www.utum.cn 联系电话: 027-59764518-800 邮箱: utum@utum.cn 19



激活/冻结单元:

冻结断面 2 和衬砌 2, 激活喷射混凝土 1 和锚杆 1。

♀为了便于操作,用户可隐藏岩体。



边界条件:

无变化

荷载设置:开挖力2

荷载集需添加土体开挖形成的开挖力。



荷载集: 衬砌1自重



添加荷载集,命名为"衬砌1自重",确认。点击"重力",勾选自动选择,应用。

计算参数:

无变化

3.4. 开挖 3 分析的计算属性

本步骤中,我们继续向前开挖,并在先前开挖的第2段上激活喷射混凝土和锚杆。

模型定义:

右键点击"初始应力场",复制模型,重命名为"开挖 3",确定,勾选 "属性"和"边界条件"。

Choice of the drag and drop ac 🔀							
Сору	<u>S</u> hare	Cance	el				

激活/冻结单元:

冻结断面 3 和衬砌 3, 激活喷射混凝土 2 和锚杆 2。

边界条件:

无变化

荷载设置:开挖力3

荷载集需添加土体开挖形成的开挖力。

Excavation forces - DEC	ą.	×	
Excavation forces			
Active	\checkmark		
Definition			
Stress release coeffici	ent		
Lambda []	1.000e+00		
Stress field before exercise	avation		
Stage	Excavation #2	•	
Next stage	Excavation #3 [MCNL]		

荷载集: 衬砌2自重

添加荷载集,命名为"衬砌2自重",确认。点击"重力",勾选自动选择,应用。

计算参数:

无变化

4. 求解

在本教程的范围内,我们在这里完成并运行计算。

用户将了解,主廊道2号和3号开挖建模过程可以以相同的方式复制。

勾选全部过程,分析。

	Id	Model name	Solver	PROP	COND	LOAD	DATA	RES
_	4	Initial stress field under gravity	MCNL	4	4	4	OK	OK
	5	Excavation #1	MCNL	4	3	4	OK	OK
	6	Excavation #2	MCNL	4	4	4	OK	OK
	7	Excavation #3	MCNL	4	4	4	OK	ОК
				Ģ				
		Actions:	Create input	files for the sol	lver and calcula	te		
							Validate	Can
	課	分析					Validate	Can
	果显动	分析 示开挖3后的竖向应力	J.				Validate	Can
	課 显示 1	分析 示开挖 3 后的竖向应力 点击 结果 栏	J.o.				Validate	Can
	早 显元 1	分析 示开挖 3 后的竖向应力 点击 结果 栏	〕 。 米刑				Validate	Can
	;果 显示 1 2	分析 示开挖 3 后的竖向应力 点击结果栏 点击 结果衫	力。 类型				Validate	Can
	;果 显元 1 2	分析 示开挖 3 后的竖向应力 . 点击 结果 栏 . 点击 结果约 - 选择网格	力。 类型 各变形				Validate	Can
	扶果 显示 1 2	分析 示开挖 3 后的竖向应力 点击 结果 栏 点击 结果约 - 选择网格 - 勾选等值	力。 类型 各变形 直图,在列	表中选	择总应力	J S1	Validate	Can
	課 显元 1 2	分析 示开挖 3 后的竖向应力 点击 结果 栏 点击 结果衫 选择网格 选择网格 	力。 类型 各变形 直图,在列	表中选	择总应力	J S1	Validate	Can



0),应用。



Cross-section plane		Ψ×	
Apply			
Clip plane definition			
Active	\checkmark		
Clipping cross section	V		
Cross-section			
Clip plane definition			1.
Coordinates of a point on plane	4.000; 0; 100.000	Ρ	/ Z
X [m]	4.000		
Y [m]	0		-
Z [m]	100.000		
Normal to the plane	0.000; 1.000; 0.000	V	
VX [m]	0.000		
VY [m]	1.000		
VZ [m]	0.000		





最后,我们将显示壳和锚杆的准确信息。

选择锚杆1,点击显示结果类型,勾选梁结果,应用。



选择衬砌1和衬砌2,点击显示结果类型,勾选壳法向应力Nz,应用。

