



# V7 用户手册

## 2020

## 目 录

软件简介.....	1
主要功能.....	1
设计分析步骤.....	1
输入文件.....	2
开启专案.....	3
各按键的功能.....	5
文件与设置.....	5
材料.....	6
建模.....	6
生成工具.....	8
状态栏.....	8
分析面板.....	9
材料参数.....	11
土体参数.....	13
加筋材料参数.....	14
土钉材料参数.....	15
加筋挡土墙墙面参数.....	16
连接参数.....	17
桩/梁参数.....	17
存入材料库.....	19
应用已储存的材料参数.....	19
将材料赋予模型.....	19

土体材料赋值.....	19
将材料参数赋予其他构件.....	20
第二种材料赋值方法 .....	20
建 模.....	21
绘图法 .....	21
开始画线.....	21
停止画线.....	21
坐标输入法.....	22
坐标编辑法.....	22
画线规则.....	23
捕捉功能.....	23
断开功能.....	23
编辑线或点.....	23
群选择 .....	24
超载 .....	26
雨线 .....	27
其他功能 .....	27
放大和缩小.....	27
还原 .....	28
翻转 .....	28
移动 .....	28
视频示范 .....	28
AUTOCAD 文件输入法 .....	29
底图描绘法.....	30

视频演示 .....	30
分析.....	31
边坡稳定分析.....	31
圆弧形和随机破坏面.....	32
用户定义的破坏面 .....	33
多边形破坏面分析 .....	34
组合形破坏面分析 .....	35
风险评估.....	37
其他功能.....	37
加筋边坡设计.....	38
加入加筋材料.....	38
圆弧形破坏分析 .....	39
直接滑动分析.....	39
加固力 .....	39
沉降和压力估算 .....	39
视频演示.....	39
加筋挡土墙设计 .....	41
建模 .....	42
分析计算.....	43
视频演示.....	44
重力式挡土墙设计 .....	47
材料参数设置.....	47
建模与计算.....	47
视频演示.....	47

土锚设计 .....	49
边坡中加入土锚 .....	49
分析计算 .....	49
加固力 .....	49
土锚墙面设计 .....	49
视频演示 .....	50
基坑支护 .....	52
建模和分阶开挖设置 .....	52
视频演示 .....	59
抗滑桩设计 .....	60
视频演示 .....	61
渗流分析 .....	63
建模 .....	63
土体参数 .....	63
边界条件 .....	63
排水管 .....	64
隔水墙 .....	64
层压水 .....	64
计算分析 .....	64
限制边界渗流分析 .....	64
自由边界渗流分析 .....	64
瞬态渗流分析 .....	65
分析结果 .....	65
视频演示 .....	65

渗流作用下的边坡稳定分析.....	66
隧道衬砌设计.....	69
建模和荷载组合.....	70
荷载条件.....	73
荷载组合.....	74
计算分析.....	74
视频演示.....	75
冻结法施工设计.....	83
径向分析.....	84
沿冻结管深度方向分析.....	84
视频演示.....	85
桩承式加筋路堤设计及复合地基设计.....	88
建模.....	88
计算分析.....	88
视频演示.....	88
2-D 有限元分析.....	90
单元种类和建模.....	90
分析种类.....	90
网格生成.....	91
分阶施工的例题.....	91
建立计算步骤.....	92
视频演示.....	92
参考文献.....	96

# 软件简介

## 主要功能

Visual Slope 是多功能的岩土工程设计分析软件，其主要功能包括：

- ◇ 边坡稳定分析
- ◇ 地锚土钉设计
- ◇ 抗滑桩设计
- ◇ 加筋挡土墙设计
- ◇ 加筋边坡设计
- ◇ 重力式挡土墙设计
- ◇ 渗流分析
- ◇ 开挖支护设计
- ◇ 隧道衬砌设计
- ◇ 冻结法施工设计
- ◇ 二维有限元分析（FEM）
- ◇ 桩承式加筋路堤设计

Visual Slope 的所有模块的设计均采用相同的逻辑，运作方式极为相似，所以易学易用。Visual Slope 提供多种建模方法包括：类似于 AutoCad 的直接绘图方法，AutoCad 文件导入法，底图描绘法及模型生成法来帮助使用者迅速建模并减少数据输入不当而造成的错误。

## 设计分析步骤

使用 Visual Slope 的各项功能进行分析设计，必须按照以下四个步骤：

1. 开启专案
2. 设置材料参数
3. 建立分析模型
4. 运算分析

这本操作手册可以帮助用户了解如何使用 Visual Slope，以下各章节将详细介绍上述四个步骤及 Visual Slope 在建模和分析中的一些功能。

## 输入文件

用户在使用 Visual Slope 时可随时保存他们的文件。不论使用任一模块，储存的输入文件具有相同的文件格式，扩展名相同(.slp)且均属文本文件，档案大小通常不超过 30KB，所以容易通过电子邮件发送，便于交流。



## 开启专案

在启动 Visual Slope 后，Visual Slope 会给出以下的对话页面(图 1)，用户可以打开一个既有的文件或建立一个新的项目文件。

如果选择了“已有文件”选项，用户可以从项目清单列表中选择该项文件。若该文件不在列表中，用户应选取《浏览其他文件》并按确定键，Visual Slope 会供浏览其他文件。

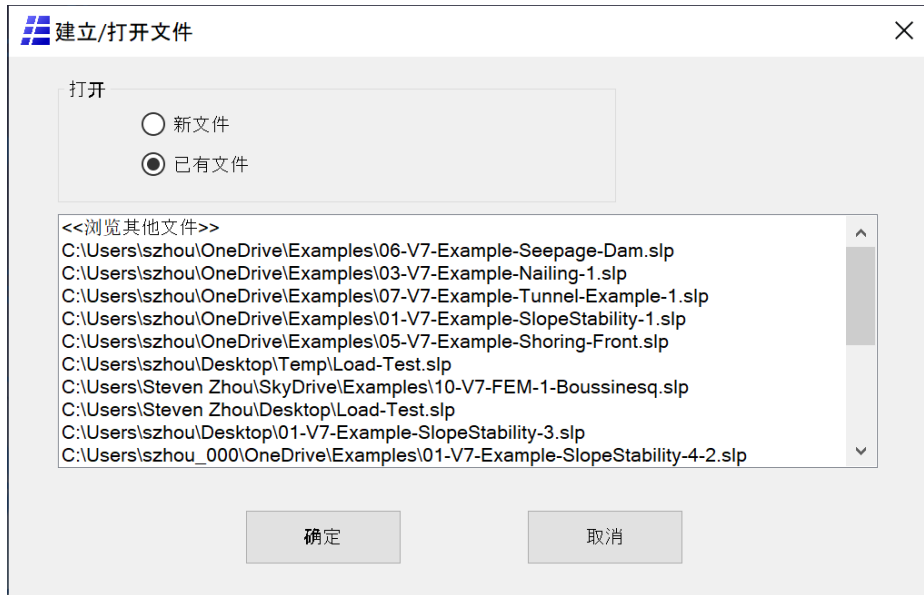


图 1: 建立/打开项目

若用户选择“新文件”，Visual Slope 会给出“设置”页面 (图 2) 来设置新项目。在该页上，用户可输入项目的标题或其他必要信息，选择长度和力的单位，以及从左到右和从上到下的分析范围，该尺度范围应涵盖整个分析剖面。这些基本设定的资料若有需要可以随时在“文件与设置”的目录下进行修改，下节有详细解说。

设置

专案标题

长度:  力:

图形尺寸 (m)

左	<input type="text" value="0"/>	右	<input type="text" value="200"/>
下	<input type="text" value="0"/>	上	<input type="text" value="134"/>

其他

水的单位重量	<input type="text" value="10"/>	重力加速度 g	<input type="text" value="9.8"/>
(kn/m <sup>3</sup> )		(m/s <sup>2</sup> )	

确定 取消 帮助

图 2: 设置页面

## 各按键的功能

Visual Slope 的主页面上部有六组工具选单，底部有状态栏，右侧有一分析面板。为了帮助用户能够熟悉工具选单，状态栏及分析面板的功能，以下各节会详细介绍其中各按键的功能。

### 文件与设置

在“文件与设置”选单有十四个按键可用于管理文档，下面详细介绍这十四个按键功能。



《关闭》键用于退出 Visual Slope。



《新文件》用于建立一个新的 Visual Slope 文件。



《开启》键用于开启一个已有的 Visual Slope 文件。



《储存》键用于储存当前的文件。



《另存为》键用于将当前的文件另存为一个新的文件。



《打印》键用于打印当前主页上的图像。



《设置》键用于修改当前的设置。



《比例》键可用来修改当前模型的比例。当点击该键时，“比例设置”页面 (图 3) 会打开，用户可以修改模型的比例，也可以将模型上下或左右移动。

R 是比例系数用其可将模型变大或变小。DX 是左右移动系数，若该系数为负值或正值会分别将模型左移或右移。DY 是上下移动系数，若该系数为负值或正值会将模型下移或上移。

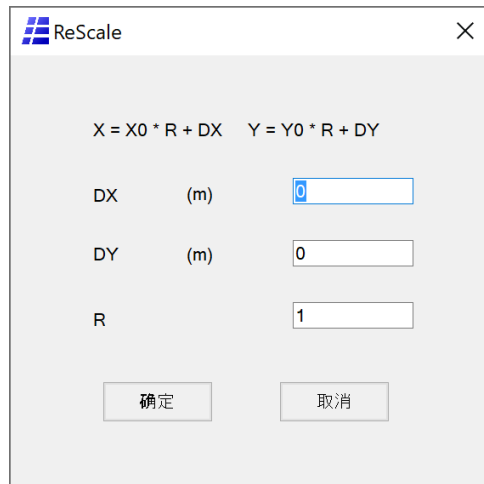


图 3:比例调整页面



《DXF 输入》键用来输入 DXF 文件，DXF 文件必须是 DXF 2000 版本或更早的版本。DXF 文件中模型必须由线段或折线组成，其他线段如阴影线等会被忽略。具体内容会在 AutoCad 输入法的章节中说明。



《DXF 输出》键用于将当前 Visual Slope 文件输出成 DXF 文件。



《STABL 输入》键用于将一个 STABL 的文件直接汇入到 Visual Slope 进行分析运算。



《STABL 输出》键用将当前的 Visual Slope 文件汇出为 STABL 文件。



《标示线》键用于画标示线以增加模型的可读性，标示线不具有任何分析功能。



《标注》键用于将右侧的批注文字放置到指定的位置。

## 材料



《材料》键用于建立或修改分析所需的材料参数，详见“材料参数”章节。

## 建模



《选择》键用于选择线和点来进行编辑，点击此键后将光标移动到所需编辑的线或点，再点击该线或点，点击后会开启线编辑或点编辑的页面，用户可在页面中对线或点进行编辑。



《群选择》键用于多组线段的选择，点击此键后用户可在所欲选择的线段上画一个方框，方框内的所有线段即被选定，用户可以连续作选择，选定后按光标右键，Visual Slope 会给出进一步的选项，包括编辑，删除或其他选择。



《放大》键用于放大模型的局部来帮助用户对该局部进行细化的观察和编辑。点击该键后，将光标移至所需放大的位置，然后按住光标左键并画方框，方框内的局部模型就会放大。



《缩小》键用于缩小已放大的模型。



《移动》键用于将模型上下左右移动。



《还原》键用于返回到上一步。



《翻转》键用于将模型左右对调，Visual Slope 进行边坡稳定分析时要求边坡必须面向左侧，若当前的边坡模型是面向右侧，则需利用《翻转》键来调整模型方向。

以下各键用在模型中于画不同的线条用于分析设计。



《线条》键用于绘制岩土层线。



《水位》键用于绘制水位线。



《土工织物》键用于绘制加筋或排水材料线。



《土钉自由段》键用于绘制土钉或地锚自由段。



《土钉灌浆段》键用于绘制土钉或地锚的灌浆段。



《块体挡墙》键用于绘制 MSE 墙线，实际上直接用该键的机率不大。



《支护/隧道衬砌》键用于绘制基桩或承受弯矩作用的杆件。



《限制线》键用于绘制限制线。限制线有多种用途，在边坡稳定分析中限制线可用来限制搜索的范围或作为复合型破坏面的一部分；在渗流分析中作为不透水面；在冰冻工法设计中做为恒温线。



《边界线》用于绘制模型的边界，边界线不能用于模型的内部。



《速成边界》键可自动绘制模型边界线。



《降雨》键用于绘制降雨线以模拟降雨后的边坡稳定分析。

一旦点击上述按键，软件就会进入了画线状态，关于如何画线详见[建模章节](#)。

## 生成工具



《织物生成》键用于生成加筋材料包括金属材质的加筋条，特别是加筋材料的数量太多难以逐条绘入时，可以用该键以成批的方式生成断面，惟须注意在生成前需要先将材料参数设置完成。



《土钉生成》键用于生成土钉或地锚断面，特别是土钉或地锚数量太多难以逐条绘入时。



可以用该键以成批的方式生成断面，惟须注意在生成前需要先将材料参数设置完成。



《群桩生成》键用于生成桩承式加筋路堤设计的垂直群桩。



《挡墙生成》键用于生成加筋挡土墙的断面，详见加筋挡土墙设计章节。



《分阶开挖》键用于生成开挖支护断面，详见开挖支撑设计章节。



《冻结法设置》键可用于布置冷冻管，详见冻结法设计相关章节。



《隧道模型》键用于生成隧道衬砌断面，详见隧道衬砌设计相关章节。



《底图描绘》键用于通过描图来建立模型，详见建模有关章节。



《曲线生成》键用于在模型中生成弧线。

## 状态栏



《垂直画线》功能键用于绘制水平或垂直线条。

如果开启《自动连接》功能键，在绘制中如果线段端点与其他线段的端点(或在线的交叉点)非常靠近 Visual Slope 会自动连接(锁点)。反之，关闭该项功能则不会自动连接。

## 分析面板



此面板上的按键用于不同形式的边坡稳定性分析分析。



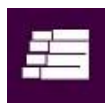
此按键用于降雨或渗流情况下的边坡稳定性分析。



此按键用于抗滑桩的设计。



此按键用于未加筋的挡土墙设计。



此按键用于加筋挡土墙的设计。



此按键用于重力式挡土墙的设计。



此按键用于冻结法施工设计。



此按键用于基坑支护设计。



此按键用于隧道衬砌设计。



此按键用于浸润面的分析。



此按键用于封闭条件下的渗流分析。



此按键用于桩承式加筋路堤的设计和复合地基的设计。



## 材料参数

Visual Slope 的材料参数包括:

1. 土体材料参数
2. 加筋材料参数
3. 土钉/地锚材料参数
4. 加筋挡土墙墙面参数
5. 墙面与加筋材料连接参数
6. 桩/梁参数

在进行分析设计之前用户必须首先将材料参数设置好并将材料参数赋予分析模型。所需的材料参数取决于分析和设计的种类。譬如在加筋挡土墙的设计中，所需的材料参数包括土体、加筋材料、墙面及墙面与加筋材料的连接参数等。Visual Slope 在材料库中为用户提供了许多常用的材料参数，用户也可以方便地向材料库中加入自己常用的材料参数以备后续使用。

以下各节介绍:

1. 如何建立材料参数
2. 如何使用材料库中保存的材料参数
3. 如何将材料参数保存到材料库中, 以供将来使用

若要建立材料参数, 用户必须首先单击 "材料参数" 选单下的 "材料参数" 按键 ([按键部分](#))。将显示 "材料" 页面 (图 4)。

在 "材料" 页面中, 用户必须首先从下拉选单 (图 4) 中选择材料类型, 如土壤材料、土工布/金属条带等, 以便输入相应的材料参数。一旦选择了特定的材料类型, 已设定的材料会在选单列表中 (图 5)。

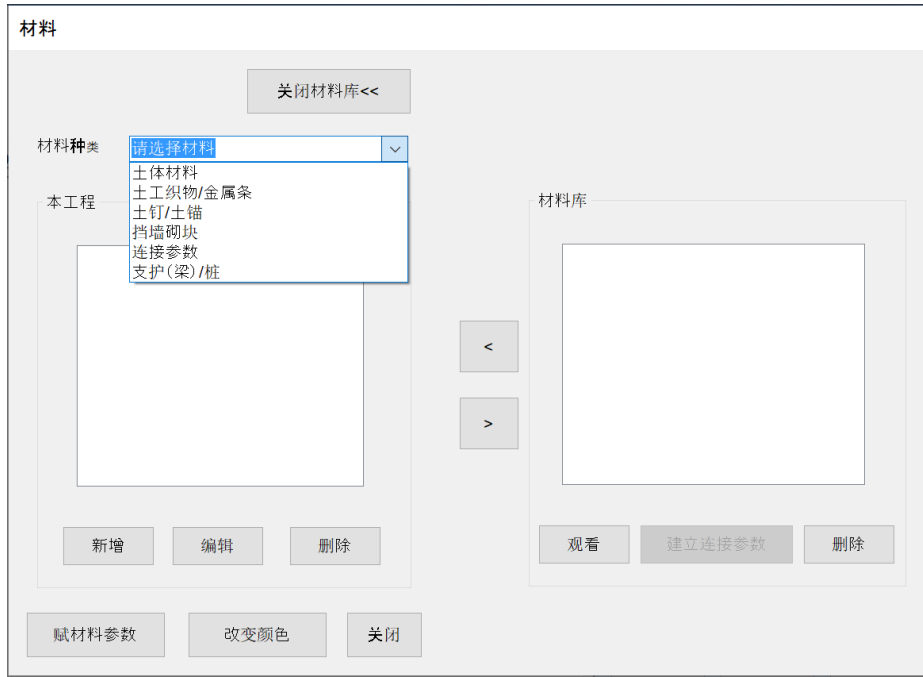


图 4:材料页面

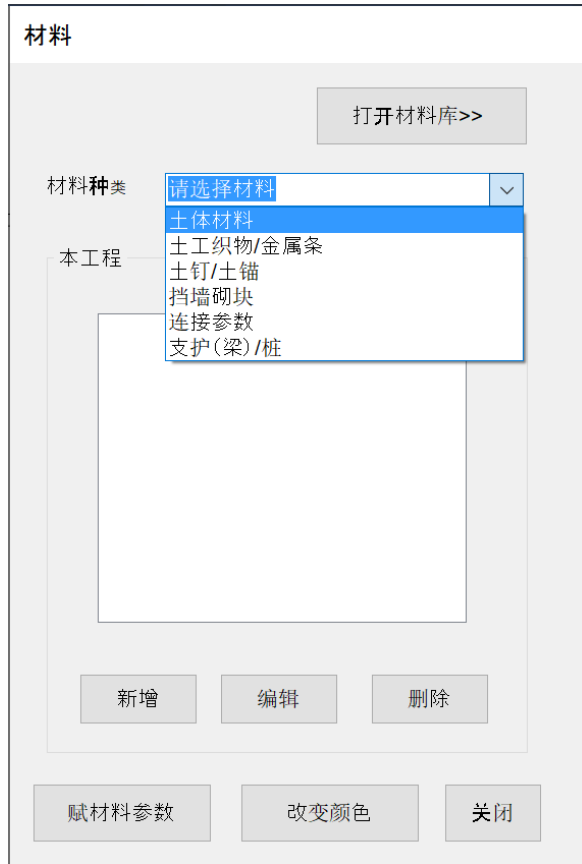


图 5: 选择材料种类

若要修改现有材料的参数,可在选单列表选取该材料然后点击编辑键,材料编辑页面就会出现(图6)。在编辑页面中用户可查看或修改材料参数。

若要新增材料,首先选择材料的种类,然后在材料页面中点击新增键,材料输入页面就会出现(图6)。用户可在材料输入页面中输入材料参数。输入完毕后点击关闭键,新的材料名就出现在材料列表中。

土体参数			
土体基本参数		土体其他参数	
土体名称	<input type="text"/>		
天然容重	<input type="text"/>	饱和容重	<input type="text"/>
内聚力	<input type="text"/>	摩擦角 度	<input type="text"/>
Cv-内聚力	<input type="text" value="0"/>	Cv-摩擦角	<input type="text" value="0"/>
孔隙水压系数	<input type="text"/>	水头压力	<input type="text"/>

关闭

图 6: 材料输入页面

## 土体参数

土体参数分为两部分,基本参数的部分计有八项参数,而其他参数部分也有八项参数。基本部分的八项参数分别是:

- 设定土体名称。
- 土体天然容重。
- 土体饱和容重。利用此项参数,程序会用饱和容重减去水的容重来计算土体的有效容重。
- 内聚力是指土体的凝聚力,若采用有效应力计算时必须输入有效凝聚力,反之若用总应力计算时应输入总凝聚力。
- 摩擦角是指土壤的内摩擦角以度为单位。若采用有效应力计算时必须输入有效摩擦角,反之若用总应力计算时应输入总摩擦角。

- 摩擦角的变异系数，用于风险评估。
- 内聚力的变异系数，用于风险评估。
- 孔隙水压系数使土层能够设置超额孔隙水压，当土层中存在超额孔隙水压时即可设定。
- 超孔隙水压常数用于设定超孔隙水压随深度变化时的常数。

在 Visual Slope 中除了渗流分析和冻结法施工设计除外，其他的分析设计都需要用到以上参数。

在其他参数的页面中所设定的参数则用于加筋挡土墙的设计、渗流分析、开挖支护设计以及隧道衬砌设计。

- $P_c$ ,  $C_c/(1+e)$ , 和  $C_r/(1+e)$  等参数可通过单向度压密实验取得，其原理与用途在大多数的土壤力学教科书均有详细的叙述，所以此处不再重复。
- $K_x$  和  $K_y$  是水平方向和垂直方向的渗透系数。
- 地层反力系数代表开挖支撑设计的弹簧系数。若未设定此项参数，Visual Slope 会自动采用土壤弹性模量换算弹簧系数。
- 进行隧道衬砌设计和 FEM 分析前，必须先设定好弹性模量和泊松比，否则无法进行分析计算。

### 加筋材料参数

加筋材料可以是塑料也可以是金属，从形式上来看可以是铺面形也可以是条带形，主要用于加筋边坡或加筋挡土墙的设计(图 7)。

- 加筋材料名称用于命名一种加筋材料。
- 材料种类根据材质选择塑料或金属。加筋形式选择铺面形还是条带形。
- 长期设计强度用于定义塑制材料的强度，是以极限强度除以各种安全系数而得。
- 对于加筋条，应使用单一加筋条的强度，这是通过将材料强度乘以加筋条的截面积来获得的。单位应为力的单位，如磅或 kn。
- 当一层土工合成材料或金属带放置在土壤中时，土与加筋材料接口上的摩擦和粘结可能与原土中的摩擦和粘结不一样;它通常会比较小。因此，应考虑折减系数 (小于 1)。

前端折减系数定义了加筋材料的前端固定性条件。如果钢筋前端没有固定性, 则折减系数应为 0; 如果前端完全固定, 则系数应为 1; 如果条件在自由和固定之间, 则此系数应介于 0 和 1 之间。

图 7: 土工合成材料及金属制加筋条参数

### 土钉材料参数

这里的土钉可用于土钉、支护结构的锚拉、隧道中的锚杆以及剪力桩等。为了方便起见这里统称为土锚。土锚通常包括自由段和锚固段, 或者只有锚固段。图 8 中的参数是锚固段的参数, 自由段只是将锚固段的力传递到墙面。土锚的参数包括以下几项:

- 土锚名称。
- 钻孔直径, 钻孔中注浆以将杆体固定在地层中, 孔径越大握裹面积越大。
- 握裹强度是指注浆与地层间的抗剪强度。
- 水平间距是土锚与土锚间的水平间距。
- 杆体和杆前端强度定义杆体和杆前端能够承受多大的力。

- EA 是压缩或拉伸膜量只用于有限元分析。
- 土钉可用于抗拉或者抗剪的加筋材料。如果土钉用于抗剪时，可选用抗剪的选项。
- 在功能选项中，如果选择土钉选项，那么土钉就会对土体起加固作用。如果选择锚拉，那么土钉不会对土体加固，而只会对支护起锚拉作用。如果选择土钉 + 锚拉，土钉会同时起抗拉和抗剪作用。

**土钉/钢条**

土钉名称		<input style="width: 95%;" type="text"/>
转孔直径/钢条宽度	m	<input style="width: 95%;" type="text"/>
握裹强度		<input style="width: 95%;" type="text"/>
水平间距	m	<input style="width: 95%;" type="text"/>
钢索/钢条力度	kn	<input style="width: 95%;" type="text"/>
前端连接力度	kn	<input style="width: 95%;" type="text"/>
EA	kn	<input style="width: 95%;" type="text"/>

力

拉力
  剪力

作用

土钉+基坑锚拉
  土钉
 基坑锚拉

图 8：土钉参数

### 加筋挡土墙墙面参数

加筋挡土墙墙面参数包括 (图 9)。

- 墙面名称。
- 墙面高度和宽度用来定义墙面的尺寸。
- 墙面容重，根据墙面尺寸和容重可计算墙面的重量。
- 抗剪强度和摩擦角用来计算块体间的强度。

- 在 FHWA 设计方法中不会用到墙面容重和墙面强度。
- 墙面倾斜角（用度作单位），如果墙面是垂直的应该输入一个很小的数字，比如 0.1 度。

图 9: MSE 墙面参数

### 连接参数

这个参数是用来定义某一墙面和某一加筋材料连接强度并且只用于 NCMA 设计方法。一旦这一参数建立起来会被储存在数据库中，如果其他项目中采用同样的墙面和同样加筋材料 Visual Slope 会自动搜索数据库的连接参数。要设置连接参数，墙面和加筋材料本身的参数必须首先输入数据库，然后用户可点击建立连接参数键，连接参数页面就会出现，如图 10 所示。在该页面上选用所用的墙面和加筋材料，然后填写其他参数。这些参数一般由厂商提供。如果用户不设置连接参数，Visual Slope 会自动生成一个保守的连接参数。

### 桩/梁参数

桩只提供垂直力或者说只有轴力，所以只能用于桩承式加筋路堤的设计。梁可提供侧向支护，所以可以用于基坑支护和隧道衬砌设计 (图 11)。

桩和梁的选项决定了参数是桩的参数还是梁的参数。

桩/梁名称。

此外梁的参数包括:

- EI: 抗弯模量。
- EA: 抗压抗拉模量。
- 接下来两个参数是泊桑比和自重。
- 纵向间距。
- 抗剪能力（单位为力如 KN）

桩的参数包括:

- 桩的截面积。
- 桩帽面积。
- 纵向间距。
- 抗剪能力。
- 其他参数是弹性模量和桩身强度。



参数名称	数值
连接名称	AB Classic-3XT
初始连接力	1075
摩擦角	22
最大连接力	1704

图 10: 连接参数



图 11: 梁/桩参数

### 存入材料库

若要将某种材料参数存入对应的材料库，用户可点击材料库键以打开材料库，然后选择要储存材料的名称，再点击图 4 中的“>”键。这样该材料参数就被存入数据库以供其他项目的应用。

### 应用已储存的材料参数

与储存材料参数相反，已存入在材料库的材料参数可以被取出用于当前的项目中。用户可首先在材料库中选择材料的名称，然后点击图 4 中的“<”键，这样材料库中被选择的材料就被输入到当前的项目中。

### 将材料赋予模型

有两种材料赋值方式。一旦关闭了材料页面，代表各种已设立材料的键会出显在主页面的材料选单中。用户可用这些键来对模型赋值。

### 土体材料赋值

若要将土体材料参数赋予分析模型，用户应先点击材料键，之后将光标移至模型断面中再点击，该材料就被赋予了该断面。要查看断面所属的材料，将光标移至该断面，然后点击光标右键，材料名称会显示在断面上。

### **将材料参数赋予其他构件**

若要将材料参数赋予其他构件，像土钉，桩，加筋材料等。用户应先点击相应的材料键，然后将光标移至要被赋值的构件再点击，该构件就被赋值了，构件的颜色就变为材料的颜色。

### **第二种材料赋值方法**

如果选单中不够放置所有的材料，那还有第二种材料赋值方法。第二种赋值方法与第一种方法类似，区别在于第一种方法材料键在材料选单中，而第二种方法的材料键在材料页面就像在图 4 中所示的那样。在材料页面上，用户首先选择要赋值的材料，然后点击赋材料参数键，之后将光标移至所需赋值的构件再点击。

## 建模

Visual Slope 的模型可叫作截面或断面等，为了统一起见在用户手册中统称模型。为了方便建模，Visual Slope 提供很多不同的方法，譬如绘图法，AutoCAD DXF 文件输入法，描图法和生成法等，用户可根据拥有的数据，设计的项目和用户习惯选择不同的方法。以下各节将详细介绍前三种方法。第四种方法将在相关的分析方法的章节中讲述。但无论采用哪一种方法建模，我们建议先将所需的材料参数建立好。

### 绘图法

Visual Slope 的模型是由线条组成的，譬如说土线，水线等。要画一条线，用户必须在模型选单中选择所需的线种，并且知道该线两端的坐标。光标在屏幕上的坐标会显示在水平和垂直标尺上和左下角的坐标显示器上。线条可直接画入模型或者采用坐标输入法。以下各节将具体介绍怎样画线。

### 开始画线

在点击了线型键后程序就进入画线状态，光标呈十字线。参考图 12，用户可借助于屏幕左下角的坐标显示器或屏幕上方和左侧的标尺将光标移至线条的始点。到达始点后，点击鼠标左键，线条的起点就建立了。用同样的方法可建立线条的终点，这样就完成了画线。

重复以上的步骤可以继续画线，Visual Slope 会将上一线条的终点自动成为下一条线的起点。

### 停止画线

要停止画线或从别的起点开始画线，用户可按鼠标的右键或者按键盘上的 esc 键。

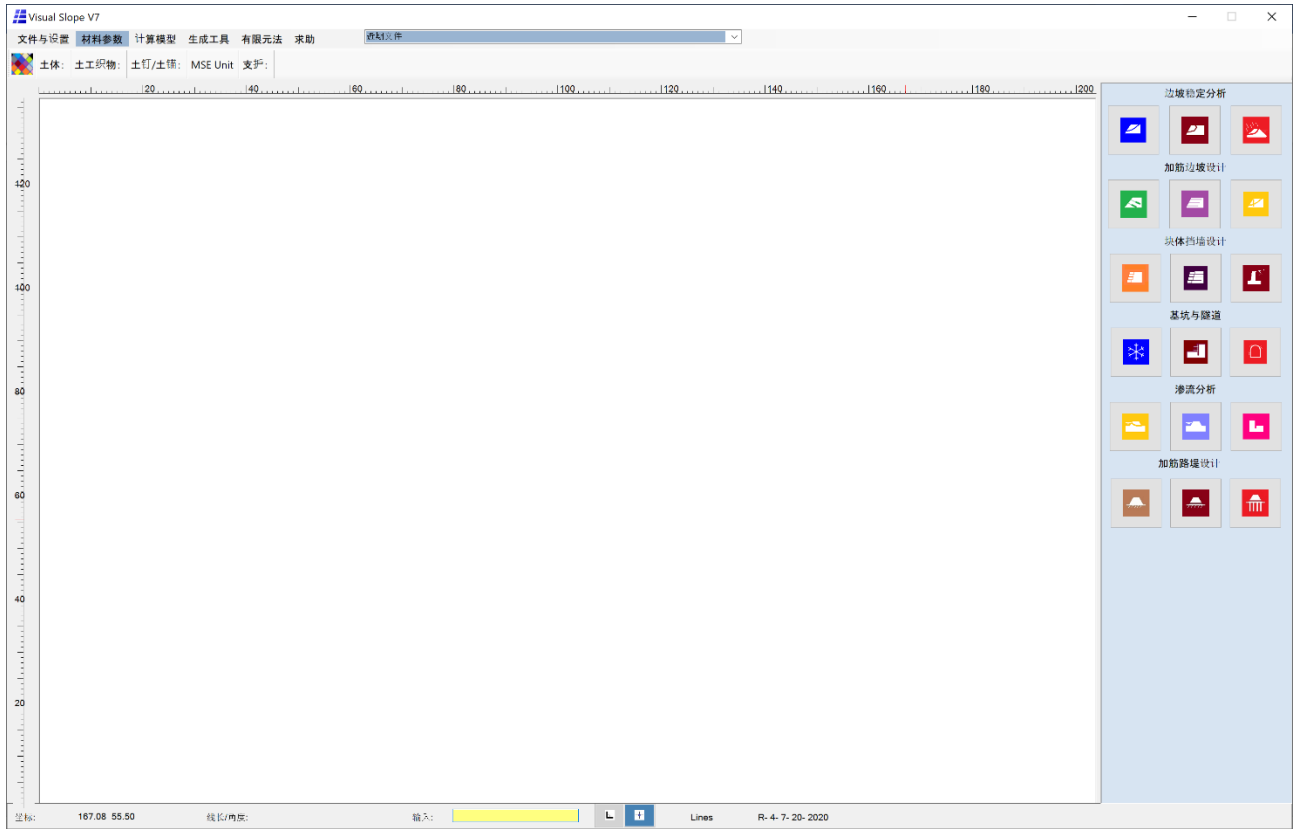


图 12: Visual Slope 主页面

### 坐标输入法

除了参考标尺或坐标显示器的坐标值，用户也可以直接在屏幕底部黄色坐标输入器中输入坐标。先输入水平坐标然后垂直坐标，当中用个空格分开。例如：水平坐标为 50.1，垂直坐标为 635.4，用户可以在坐标输入器中键入 50.1 635.4（图 12），然后在键盘上按回车键。线条就会在该点开始，用同样的方法可以画线的终点。

除了用水平和垂直坐标，用户也可以用线条的长度和水平的夹角来作为输入数据。例如：一条线的长度为 10.3 其与水平线后夹角为 20 度。在确定了起点后，用户可在坐标输入器中输入 10.3 <20（图 12）然后在键盘上按回车键。角度用 < 来代表，长度与角度用一个空格分开。

### 坐标编辑法

一个简捷有效的建模方法是先徒手画一个模型其坐标不一定对。等模型建立以后，用户可逐一编辑节点坐标。要编辑节点，首先在主选单中点击先择键，然后将光标移至要编辑的点，再点击该点。坐标编辑页面就会出显，在坐标编辑页面上可以修改坐标。

## 画线规则

1. 在画一条线时，必须是从左至右，垂直线是允许的。
2. 如果是两条土体线相交时，线与线必须是端点相接。如果两条线交于线的中间（不是端点），交接处会自动断开，以保证端点连接。
3. Visual Slope 对画每一条线没有顺序上的要求。用户可以随意先画或后画某一条线，也可以随意删除或增添某一线条。
4. 每一个土体的区域必须是一个封闭的多边形。整个的模型的最左，最右及底部必须由边界线来围成，以形成一个封闭的多边形。

## 捕捉功能

在画图的过程中，当光标靠近某一既有线条的端点时，一个红色方框就会围住该端点以帮助用户捕捉该端点。

## 断开功能

当某新的线条始于或终于另一条既有线的中部时，该既有线条会断开以保证线与线的端点连接。

## 编辑线或点

要对一条线或一个点进行编辑，首先在主选单中点击选择键，然后将光标移至要编辑或删除的点或线再点击。相应的线编辑或点编辑的页面就会弹出。在线编辑的页面中(图 13)，用户可选择某条线，然后可以对其坐标或线型进行修改，也可以按删除键来删除该线。但要注意对坐标修改后该线和其他线可能不再连接。在点编辑的页面中(图 14)，用户可以修改坐标，删除该点，也可以将坐标值拷贝到标注输入器中用于标注。



图 13: 线编辑

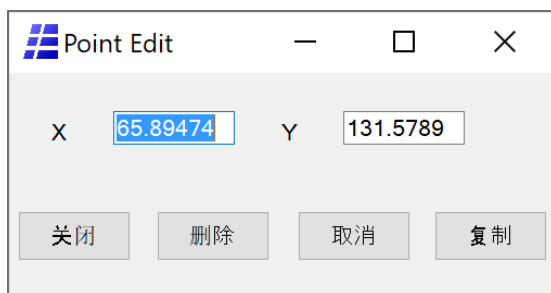


图 14: 点编辑

### 群选择

若要对多根线条进行编辑，可以采用群选择的功能。用户可首先在主选单中点击群选择键，然后将光标移至要选的线条附近，按下鼠标的左键同时沿对角线方向移动光标，一个方框就会出现在屏幕上，当放开鼠标左键时，方框内的线条就会被选取并呈红色。用户可以重复以上步骤以选取其他的线条直到所有要选的线条都被选取。在选取线条后，按鼠标的右键，下一步的动作页面（图 15）就会出现，其中包括编辑，删除等动作，下面我们来详细叙述。

### *编辑线条*

如果选择该选项，线条编辑的页面就会出现，有关线条编辑我们已在线条编辑的章节中讲述过，请参考该章节。

### *删除线条*

如果选择该选项，被选取的线条就会被删除。

### *解除土体线条功能*

若选择这选项，在被选取线条中的土线的功能会被暂时解除，被解除功能的土线依然保留在模型中，但不参加任何分析运算，若需要时其功能可以被恢复。这一功能可以方便分步计算。

### *恢复土体线条功能*

与解除土线功能相反，恢复土线功能是恢复原被解除功能的土线。

### *选择线型*

这一功能是用来改变被选取线条的线型。

### *连接端点*

这一功能可将被选取线条的端点连接起来。若某一线条的端点之前是连接在另一线条的中部（非端点），后者会在连接部位断开以确保线与线在端点连接。

### *放弃选择*

用这功能可以放弃已有的选择。

### *解除非土体线条功能*

若选择这选项，在被选取的线条中的非土体线条的功能会被暂时解除，被解除功能的非土体线条依然保留在模型中，但不参加任何分析运算，若需要时可以恢复其功能。这一功能可以方便分步计算。

### *恢复非土体线条功能*

与解除非土体线条功能相反，恢复非土体线条功能是恢复原被解除功能的非土体线条。

### *结构单元内力*

此功能只能用于有限元分析。要显示某结构单元在有限元分析后的内力，首先选择该单元，然后选取结构单元内力的选项，结构单元的内力就会出现在结构单元内力表中。

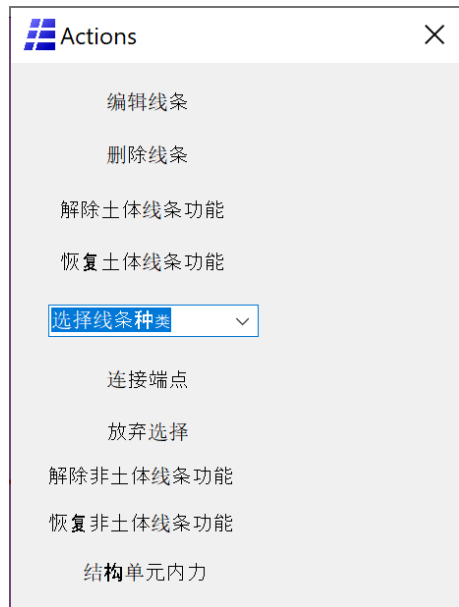


图 15: 群选择后的动作

### 超载

超载也可以用画图的方式画在土线上。首先的建模的选单中点击超载键，然后将超载从左到右画入模型。超载有两种，一种是绝对垂直，另一种是法向于土线，见图 16 来看不同点。刚画入的超载其集度为 1，要定义其集度，首先选择超载线(参考上一节)，然后在线条编辑页面上选择该超载，再根据需要选择垂直或法向。若选择垂直，用户可以定义临时超载和长期超载。若选择法向超载，用户给出起点和终点的集度，其值根据需要可以是正的也可以是负的。



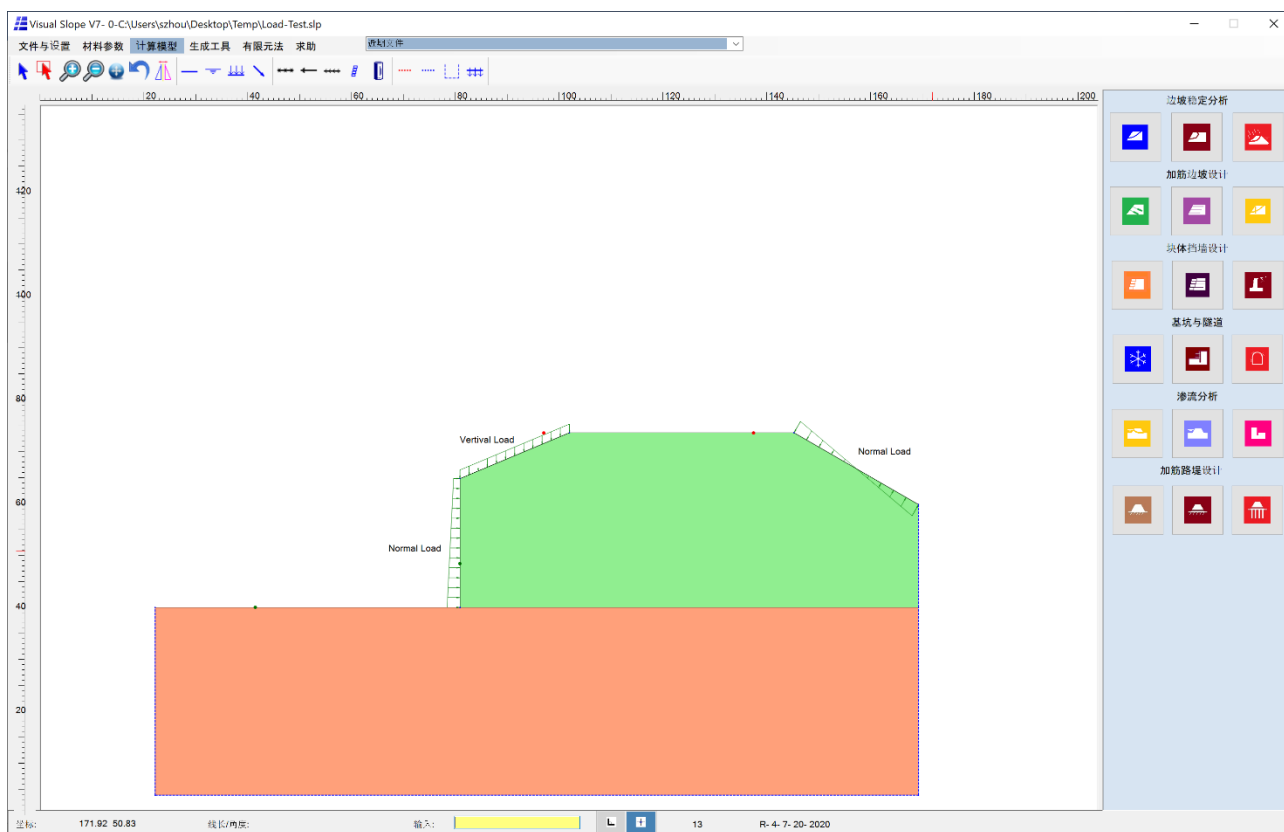


图 16: 超载种类

## 雨线

雨线是用来模拟下雨对边坡稳定的影响。雨线类似于超载线和其他线一样可以被画在坡面上，所以请参照其他线条的画法。雨量的参数必须在线条编辑的页面上定义。在线条编辑页面上，选择雨线后就能定义孔隙水压力和浸润深度(图 13)。

## 其他功能

为了帮助用户建立模型，visual slope 还提供了许多其他的功能，譬如放大，缩小，还原，翻转和移动等。

## 放大和缩小

放大和缩小主要是为了帮助用户：

1. 在一个小的区域中细化模型。
2. 对模型中的某小部分区进行具体分析。

要放大某一区域，首先在建模选单中点击放大键，然后将光标移至要放大区域的左上角，按住鼠标的左键并向右下角移动，一个方框就会出现，放开鼠标左键后被方框涵盖的区域就被放大了。

要缩小只要在建模选单中按缩小键，被放大部分就会被缩小。

放大缩小整个模型也可以通过滚动光标的滚轮来实现，向上滚动为放大，反之向下滚动为缩小。

### 还原

若某一步做错了，用户可以用还原功能回到前一步，用户最多可以还原到前五步。

### 翻转

在 Visual Slope 中，要分析的边坡，挡土墙，基坑支护等的坡面必须面向左面。若原模型中的坡面面朝右面，用户可以用翻转功能将模型进行翻转。

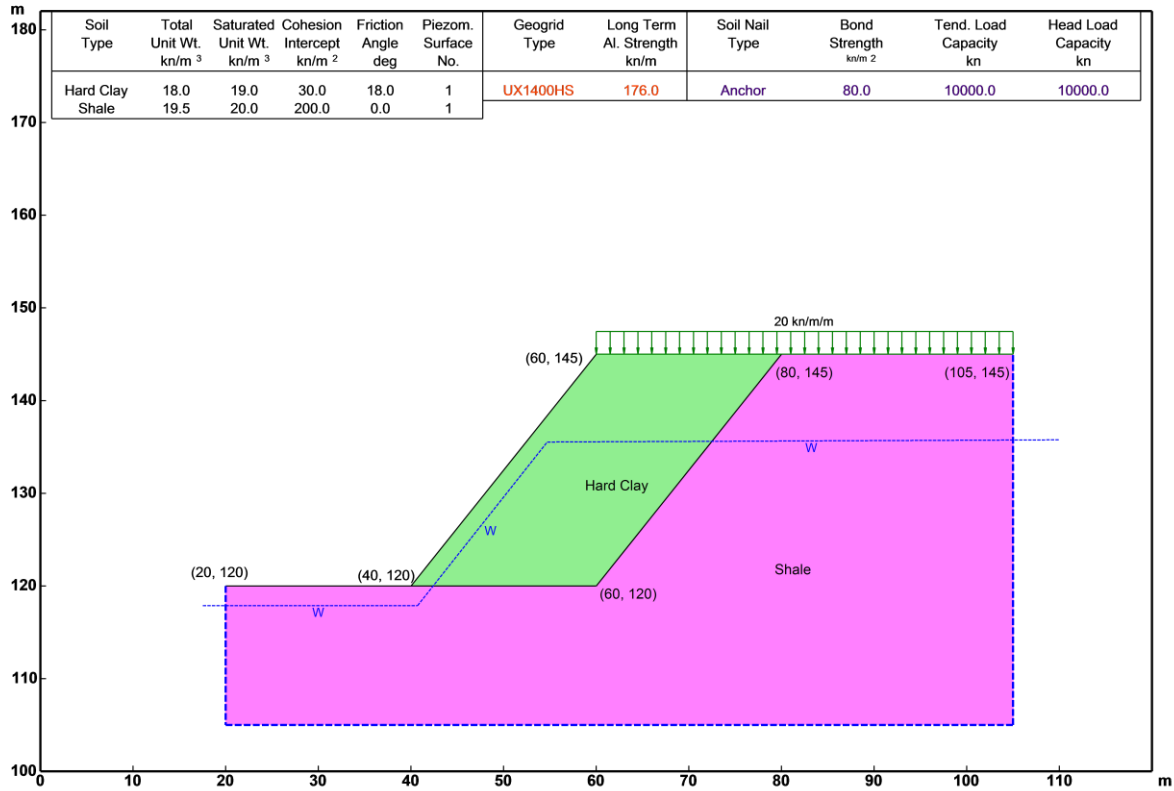
### 移动

若需将模型向某一方向移动，用户可在建模选单中点击移动键，然后按住鼠标左键同时向要移动的方向移动，移动到所需位置时放开鼠标左键，模型就会向该方向移动。

### **视频示范**

点击此链接来观看[材料参数设置及用绘图法建立模型](#)的视频。

## Visual Slope



Section Diagram

User Name: szhou\_000 C:\Users\szhou\_000\OneDrive\Documents\Manual\Manual Examples\Modeling.slp

图 17: 绘图方法范例

## AUTOCAD 文件输入法

Visual Slope 可以将一个 AUTOCAD 文件转换成一个 Visual Slope 的模型。要转换的 AUTOCAD 文件必须是 DXF 2000 或更早的文件形式。文件中的图形必须由线段或连线组成，其他的线条在转换的过程中会被忽略。以下是转换步骤：

1. 输入 DXF 文件。
2. 所有从 DXF 文件中输入的线条都被认为是土体线条，若其中某些线条不是土线，用户可将这些线条逐一修改为所需的线条。在作任何修改之前需将自动连接功能关闭，待修改之后重新开启自动连接功能。

3. 如果应连接的点没有连接，需用手工的方法将其连接，参照群选择功能。
4. 如果模型的比例不对，参照修改比例功能来修改其比例。

### 底图描绘法

如果没有坐标或者坐标的微小误差不会严重影响分析结果，用户可以用底图描绘法来建立 Visual Slope 模型。以下是底图描绘法基本步骤：

1. 输入截面的图形文件作为底图
2. 描绘底图中的各线条
3. 设置边界线
4. 按比例标定模型
5. 模型材料参数设置

### 视频演示

该视频演示[底图描绘法](#)的全过程。

# 分 析

## 边坡稳定分析

Visual Slope 边坡稳定分析模块是根据广泛接受的极限平衡法的理论，Visual Slope 第七版中加入了有限元方法。边坡稳定中的极限平衡法和有限元法的基本理论在 Y. Huang (1983)的书中已详细讲述过，这里不再赘述。边坡稳定分析模块可用于土质边坡或岩石边坡或混合边坡，不论地质情况多么复杂。Visual Slope 提供以下分析方法：

1. Bishop 法
2. Janbu 法
3. Spencer 法
4. Morgenstern-Price 法
5. 有限元法
6. 概率分析法

Visual Slope 可以是任何形式的破坏面，最普遍的破坏形式为：

1. 圆弧形破坏面
2. 平面形破坏面
3. 多边形破坏面
4. 组合形破坏面
5. 随机形破坏面
6. 用户定义的破坏面

以下各节将叙述怎样对以上各种破坏面进行分析。

## 圆弧形和随机破坏面

圆弧形和随机破坏面是由入口区和出口区来定义的（见图 18）。入口区是由两个水平坐标 X1 和 X2 来定义的，同样出口区也是由两个坐标 X3 和 X4 来定义的。用户也必须给出破坏面的数量。

要进行圆弧形或随机形破坏面的边坡稳定分析，先点击主页面上右边的分析板面上的边坡稳定分析键，边坡稳定页面就会弹出（图 19），选择圆弧形或随机形破坏面选项。然后用户需要输入 X1 到 X4 来定义入口和出口的区域。更加方便的方法是点击坐标输入框右边的 X 键，然后将光标移至模型中相应的 X 坐标的位置，然后点击鼠标左键标示点就会垂直落到坡面上，若点击鼠标的右键标示点就会水平移动至坡面上，相应的水平坐标值就会自动输入至输入框中。

破坏面数量必须是整数，建议至少是 500。

当以上 5 个数字定义了之后，按分析键。分析完毕后，用户可点击破坏面键，就能在模型中显示破坏面。请观看以下视频来了解边坡稳定分析的全过程，其中所用模型与建模视频中用的模型是相同的。

## 固定点

若采用这个选项，在给出固定点的坐标后，所有的破坏面都会经过这个固定点。

## 视频演示

该视频演示[边坡稳定分析](#)的全过程。

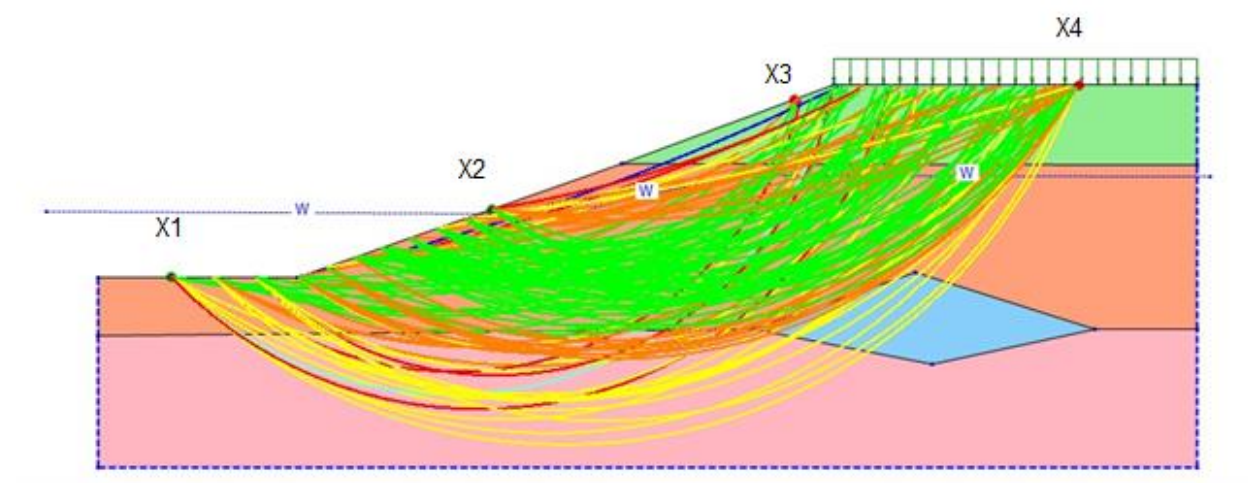


图 18: 圆弧滑动破坏分析



图 19: 圆弧或不规则破坏分析设定页

### 用户定义的破坏面

用户可以定义自己所需的破坏面，分析的方法可根据破坏面的形状而定。用户定义的破坏面是由一系列坐标来定义的，用户可以逐个输入这些坐标，更方便的办法是用绘图法。绘图法是将破坏面从左到右逐渐画入。用户可以在输入表中点击 X 输入框，一个红色的键就会出现在输入框的右侧（图 20），在点击红色键后，将光标移至破坏面的控制点的位置再点击，该位置的坐标值就会被自动输入表中，同时破坏面的线条会出现在模型中。

重复以上的步骤，整个破坏面可以从左至右被画入模型，整个破坏面必须多于四个控制点。另外要指出的是破坏面的第一点和最后一点必须略高于坡面，分析时高于坡面的线段会被截断。

在破坏面定义后，将破坏面数量为 1，然后点击分析键。分析完毕后，点击破坏面键，破坏面就会出现在模型中。

#### 视频演示

请点击本视频观看用户可以[定义坏面分析](#)的全部操作过程。

#### 多边形破坏面分析

Visual Slope 极大地简化了多边形破坏面的设置过程。多边形破坏面的设置过程与用户定义破坏面的设置过程基本相同，只是增加了搜索宽度和破坏面的数量。搜索宽度是指在用户定义的破坏面上下的搜索范围，破坏面的数量是指搜索多少个破坏面，这个数字应不小于 10。

#### 视频演示

请点击本视频观看[多边形破坏面分析](#)的全部操作过程。



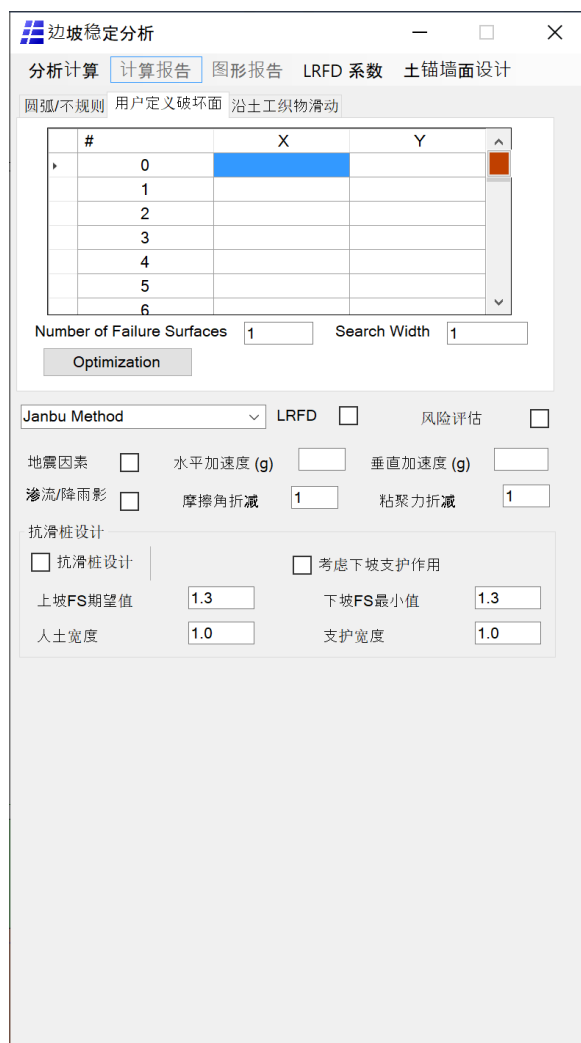


图 20: 输入滑动面坐标

### 组合形破坏面分析

像图 21 所示的，一个组合破坏面是由一段用户定义的破坏面和由程序搜索产生的圆弧形破坏面组合而成的。组合破坏面常被用来模拟土与岩石的接触面或用来模拟垃圾填埋场的粘土覆盖层与土工膜接触面之间的滑动等。组合破坏面中用来模拟接触面的那段是用“阻止线”来定义的。两个圆弧段是由程序自动搜索产生的，类似于我们在圆弧形破坏面和随机破面分析章节中所讨论的内容。确定了组合破坏面后，参照图 19 选择组合破坏面的选项，然后点击分析键。分析完毕后，按破坏面键，组合破坏面会显示在模型中。

用户在用限止线画组合破坏面时，限止线应画在靠较弱的材料边。如果接触面的强度低于原有土体的强度，Visual Slope 也允许对接触面的强度进行折减。首先选择限止线，然后在线条编辑页面（图 22）的折减系数输入框中根据折减情况输入一个小于 1 的数字。

### 视频演示

请点击本视频观看[组合破坏面分析](#)的全部操作过程。

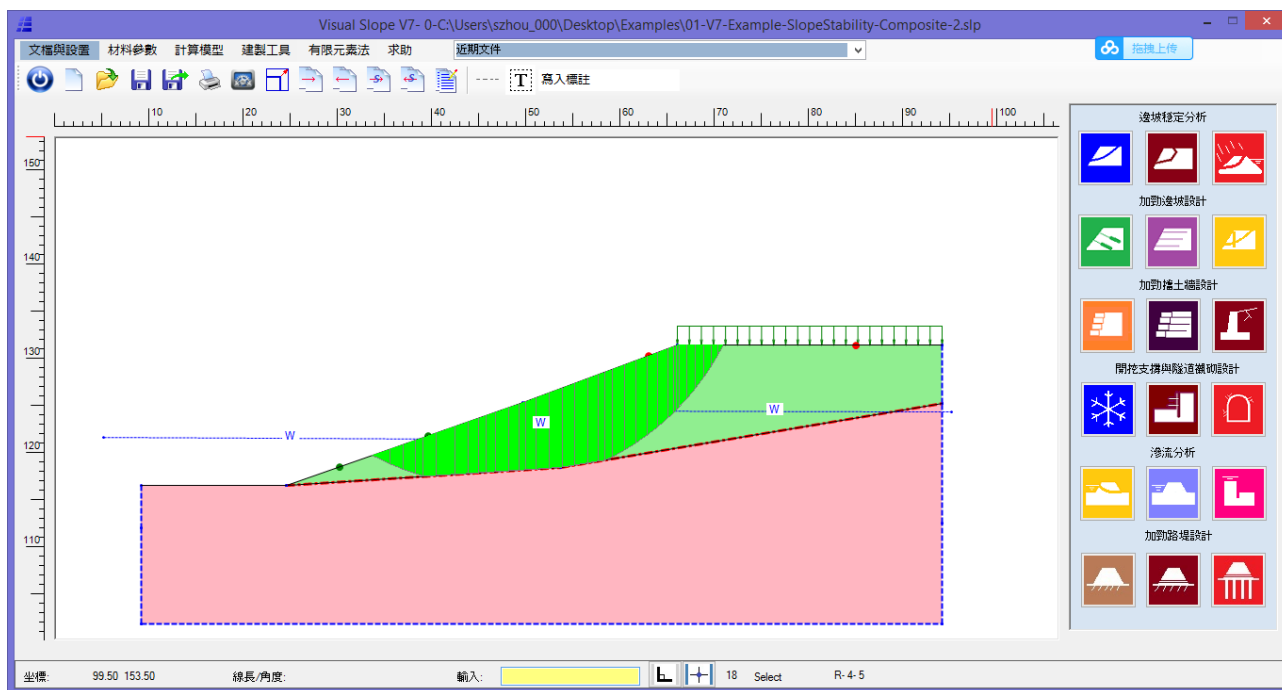


图 21: 组合型滑动面

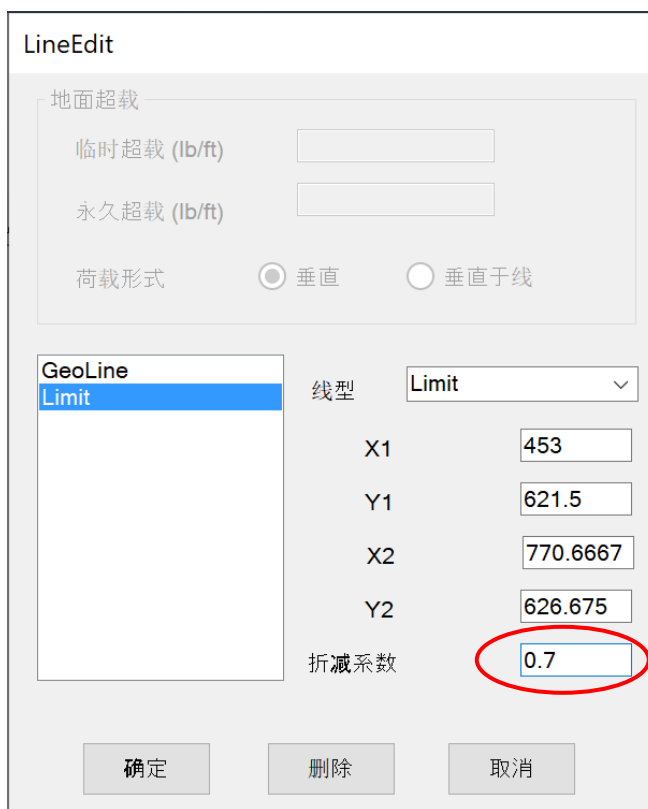


图 22: 设置折减系数

## 风险评估

在同一个工程中土体的抗剪强度变化很大，对于边坡稳定分析的风险评估也越来越受到重视。要进行风险评估就需要大量的土工试验以获得土工参数的变异系数。只有在获得了变异系数或者假设了变异系数之后才能进行风险评估。

要进行风险评估，用户在建立土体参数时必须给出粘聚力和摩擦角的变异系数（详见土体参数设置章节），并选择风险评估的选项。Visual Slope 会给出边坡稳定安全系数的平均值，最低值和最高值，以及破坏可能性的百分比。

## 视频演示

请点击本视频观看[风险评估](#)的全部操作过程。

## 其他功能

### 地震分析

在边坡稳分析中若要包含地震因素的影响，参考图 19，选择地震因素的先项，然后输入水平和垂直地震加速度峰值，其单位为 g，譬如输入 0.25，代表 0.25g。

### 强度折减

破坏面的强度在通常情况下低于原有的土体或岩石的强度，Visual Slope 提供破坏面强度折减的功能来模拟这种情况。要对破坏面的强度进行折减，参考图 19，选择强度折减，然后输入一个小于 1 的折减系数。

### 极限状态法设计(LRFD)

根据 FHWA 最新的建议 Visual Slope 第七版修改了极限状态法设计的分析。在原来 FHWA 的设计方法中是对土体参数进行折减，而最新的 FHWA 的极限状态法的设计中建议对抗滑力折减 25%，其结果与允许应力法的结果比较一致。要进行极限状态法设计，只要选择 LRFD，余下的和原来的分析方法一样。

### 分析报告

在计算分析后，Visual Slope 会提供详细的图形和文字报告。查看文字报告，在边坡稳定分析页面上点击分析报告键。报告中有详细的输入数据和计算分析结果。要产生图形报告，选择图形的种类，图形报告就会产生。文字和图形报告可以被转化成不同的报告形式如 PDF，WORD 或 EXCEL 等。

## 加筋边坡设计

如果一个填坡由于太陡不能满足边坡稳定的要求。要提高边坡稳定的安全系数，可采用土工合成材料加筋的方法。加筋边坡必须满足圆弧形破坏的安全系数以及直接滑动的安全系数。以下章节讲述怎样用 Visual Slope 进行加筋边坡的设计。加筋边坡的建模方法基本与前面章节中叙述的建模方法一样，所以我们只讲解其不同的部分。

### 加入加筋材料

#### 绘图法

要在边坡中加入加筋材料，可以采用前面介绍过的绘图法将加筋材料逐层画入，然后将材料参数逐层赋予加筋层。

#### 生成法

生成法比绘图法容易得多，特别是有很多加筋层的情况下。用生成法可以一次加入很多具有同样材料和同样长度的加筋材料层。要采用生成法，用户必须先设定加筋材料的材料参数，设置方法见材料参数设置章节。设置材料参数后，用户可在生成工具选单下选择织物生成键，织物生成

页面就会出现，见图 23。在该页面上，用户必须在下拉选单中选择加筋材料的名称，然后逐一输入底层加筋材料的高程，顶层加筋材料的高程，层与层的垂直间距及加筋材料的长度。输入那些参数后，点击关闭键，加筋材料就会被加入模型中。用户可重复使用生成工具，生成不同材料不同长度的加筋材料。加筋材料的层数不能超过 300 层。

### 圆弧形破坏分析

请参考边坡稳定圆弧形破坏分析章节，来进行圆弧形破坏分析。图 24 是圆弧形破坏分析的结果。

### 直接滑动分析

要进行土体沿加筋材料表面滑动的分析，用户可以在边坡稳定分析员面中选取直接滑动标签，然后按分析键。分析结束后，按破坏面键就可以看到不同安全系数下的破坏面。图 25 是直接滑动分析的结果。

### 加固力

在加筋边坡分析完成后，色谱会显示在加筋层上，见图 25。屏幕左边的图谱显示加固的力度。但请注意加筋层上的色谱并不代表该加筋层实际提供的加固力，而是如果一个破坏面经过该点时，该加筋层能提供多大的加固力。

### 沉降和压力估算

用户可以用 Visual Slope 的二维有限元模块来估算加筋边坡基底沉降和接触压力。细节请参考二维有限元章节。

### 视频演示

请点击本视频观看[加筋边坡设计](#)的全部操作过程。

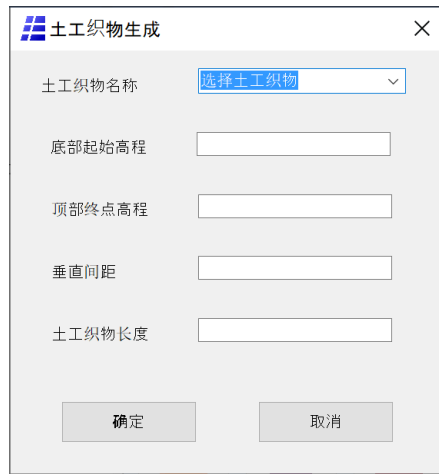


图 23: 加筋材料批生成页面

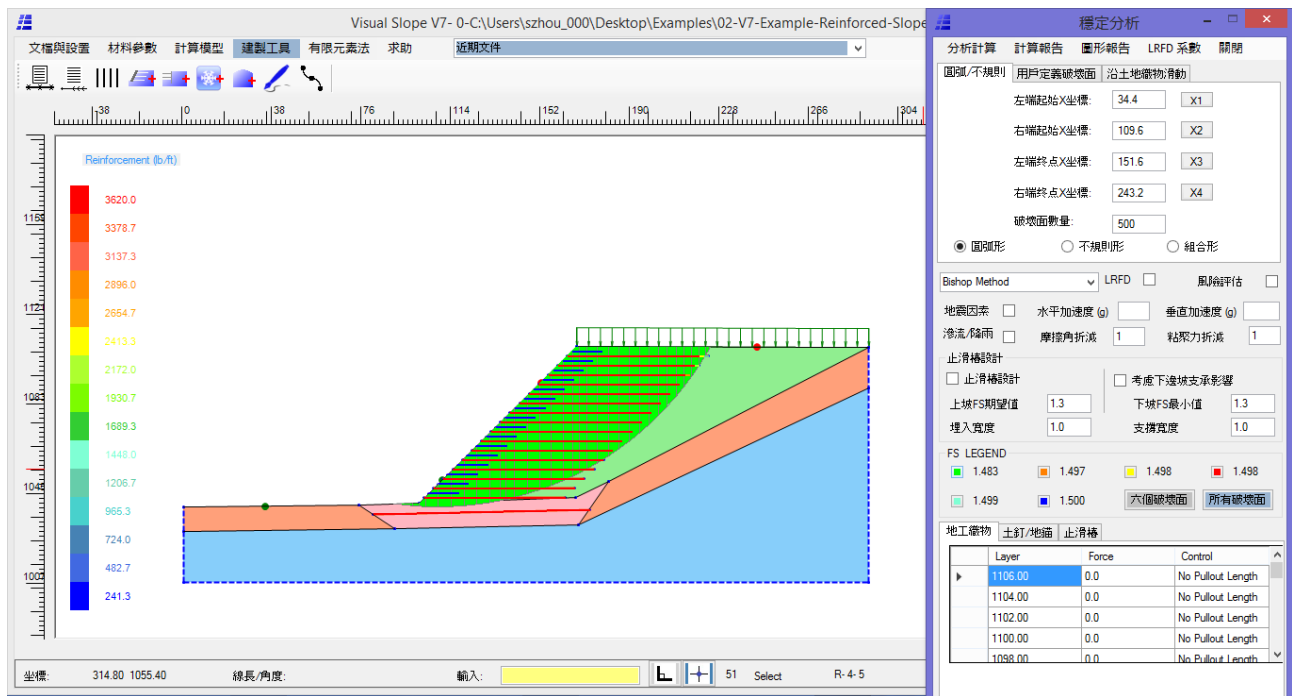


图 24: 圆弧形滑动分析

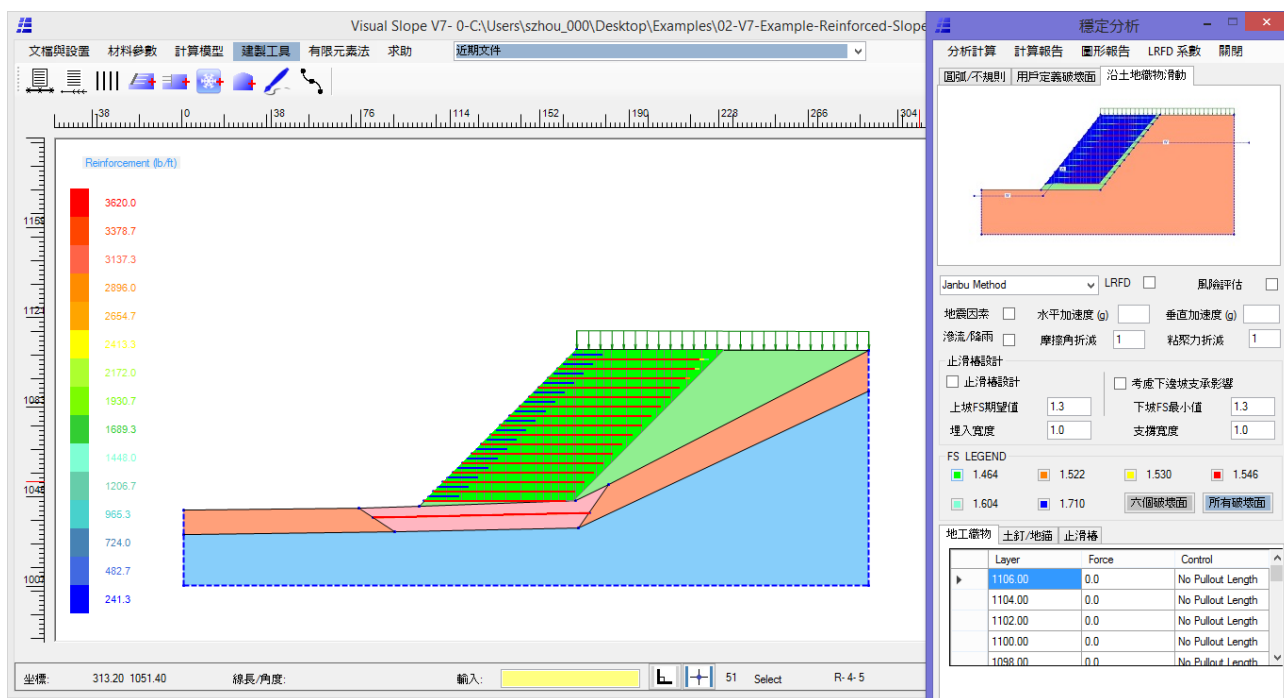


图 25: 直接滑动分析

## 加筋挡土墙设计

在 Visual Slope 中 NCMA 和 AASHTO 两种设计方法都可以用来进行加筋挡土墙的设计。在 Visual Slope 中 NCMA 的设计方法是根据 NCMA 的加筋挡土墙设计手册的第三版编制的，而 AASHTO 的设计方法是根据 AASHTO 2009 加筋挡土墙设计指南编制的。Visual Slope 也可用于多阶加筋挡土墙的设计，这将在以下各节中讲述。

加筋挡土墙通常是用干摆混凝土块或混凝土板作为墙面，块与块或板与板间通过混凝土剪力键或机械连接联系在一起。这类挡土墙可以是无加筋的重力式挡土墙，也可以是用土工合成材料或金属条作为加筋材料的加筋挡土墙。在加筋挡土墙的设计中，我们把加筋挡土墙分成三个区域，含加筋材料的区域称之为加筋土，该区域实际上是一个重力式挡土墙。加筋区背后的土称之为被支护土，加筋区以下的土称之为基础土。

加筋挡土墙设计包括以下项目：

1. 内部稳定分析
2. 外部稳定分析

3. 总体稳定分析
4. 组合稳定分析
5. 沉降估算

Visual Slope 可以提供所有以上的分析。以下章节将讲述怎样用 Visual Slope 进行加筋挡土墙设计的全过程。

### 建模

虽然加筋挡土墙的设计模型可以用前面叙述过的各种方法来建立，用户可以用加筋挡土墙模型生成功能来大大简化建模过程。首先在生成工具中点击加筋挡土墙生成键，然后在生成页面中填入有关数据，见图 26。

### 挡土墙尺寸

挡土墙尺寸包括：

1. 墙底(包括埋入段)坐标
2. 墙高(包括埋入段)
3. 前坡角度
4. 墙背坡角度
5. 墙背坡高度，若墙背坡角度为零，此项可以为任何数
6. 加筋土区域深度(通常等于加筋材料长度)

### 土和墙面

1. 加筋土（从表中选取）
2. 被支护土（从表中选取）
3. 基础土（从表中选取）



4. 墙面（从表中选取），若选取混合墙面，从下至上每一层必须逐层定义，所有的墙面参数必须事先给定。

### *加筋材料*

如果选择加入加筋材料，以下各项参数必须给出：

1. 从底部哪层墙面开始
2. 垂直间距（多少层墙面）
3. 加筋材料长度
4. 加筋材料种类

如果不选取加入加筋材料，加筋材料也可以通过生成工具加入，详见生成工具章节。

在填写完加筋挡土墙生成页面，按关闭键，加筋挡土墙模型（图 27）就生成完毕。

如果是多阶加筋挡土墙，如图 28 所示，用户可以重复使用生成工具来逐阶生成各阶挡土墙。生成了所有各阶挡土墙后，用户可以进一步用各种编辑功能来完善模型。

### 分析计算

#### *内部和外部稳定分析*

在建立了加筋挡土墙模型以后，要进行内部稳定分析，根据挡土墙的形式在分析板块上点击加筋或非加筋挡土墙分析键，如图 29 所示的加筋挡土墙分析页面就会出现。在这个页面，用户应首先选择要分析哪一段挡土墙，对于多阶挡土墙应逐阶分析。

在选定挡土墙后，用户应选择分析方法并提供其他所需的参数如地震参数和 LRFD，然后点击分析键。

分析结束后，点击报告键来生成分析报告。

总体（外部稳定）和组合分析

总体和组合分析与常规边坡稳定分析中的圆弧形破坏面分析类似，总体稳定分析的破坏面应超出加筋土区域范围。反之，组合分析的破坏面应集中在加筋土区域内，图 30 是一个组合破坏面的分析结果。

## 二维有限元分析

Visual Slope 的二维有限元模块可用于协助加筋挡土墙的设计，特别是用来估算墙体的挠度和基底沉降。对于多阶加筋挡土墙，有限元法可以用来核查上墙对下墙的压力。

## 视频演示

请点击本视频观看[加筋挡土墙](#)设计的全部操作过程。

MSE 墙生成

墙体尺寸

墙角坐标 X  Y

墙高  墙前坡角(度)

墙后坡角(度)  墙后坡高

墙后坡角距  加筋土纵深

材料参数

加筋土体

被支护土体

基础土体

砌块

不生成基础土

加筋材料

加入土工织物 从底部第几块起

间隔块数  土工织物长度

土工织物

确定 取消

图 26: 加筋挡土墙生成页面

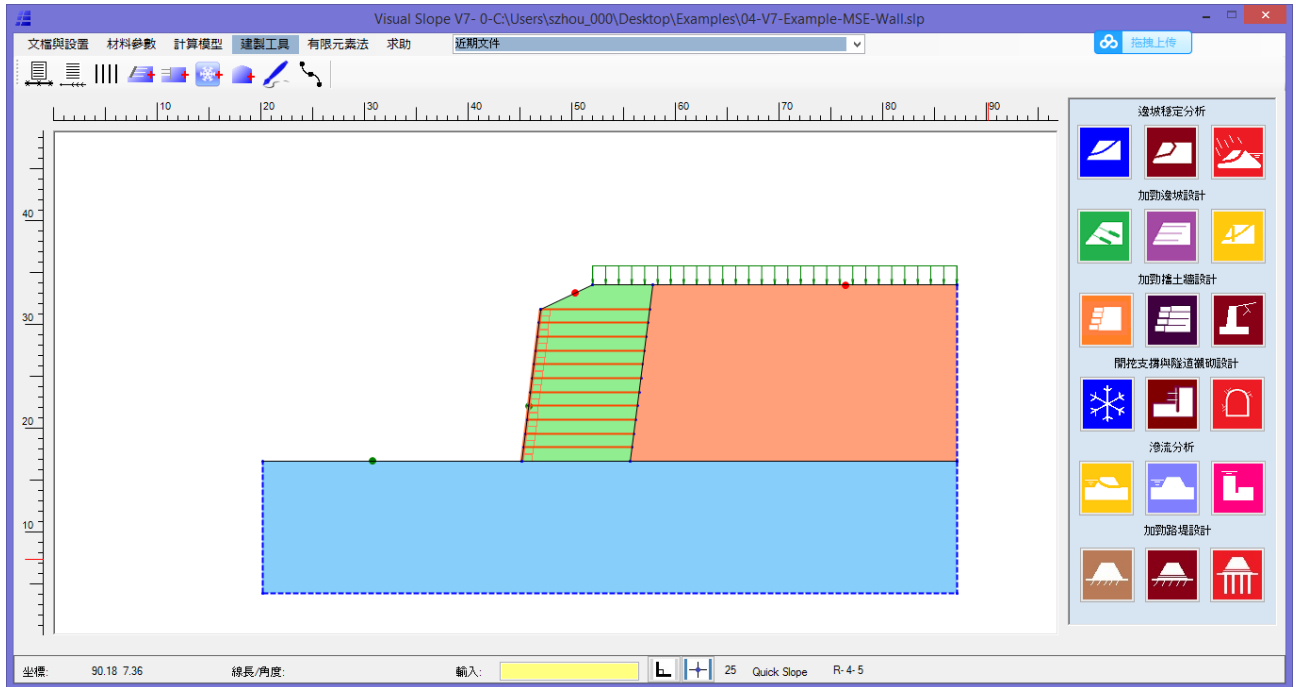


图 27: 加筋挡土墙模型

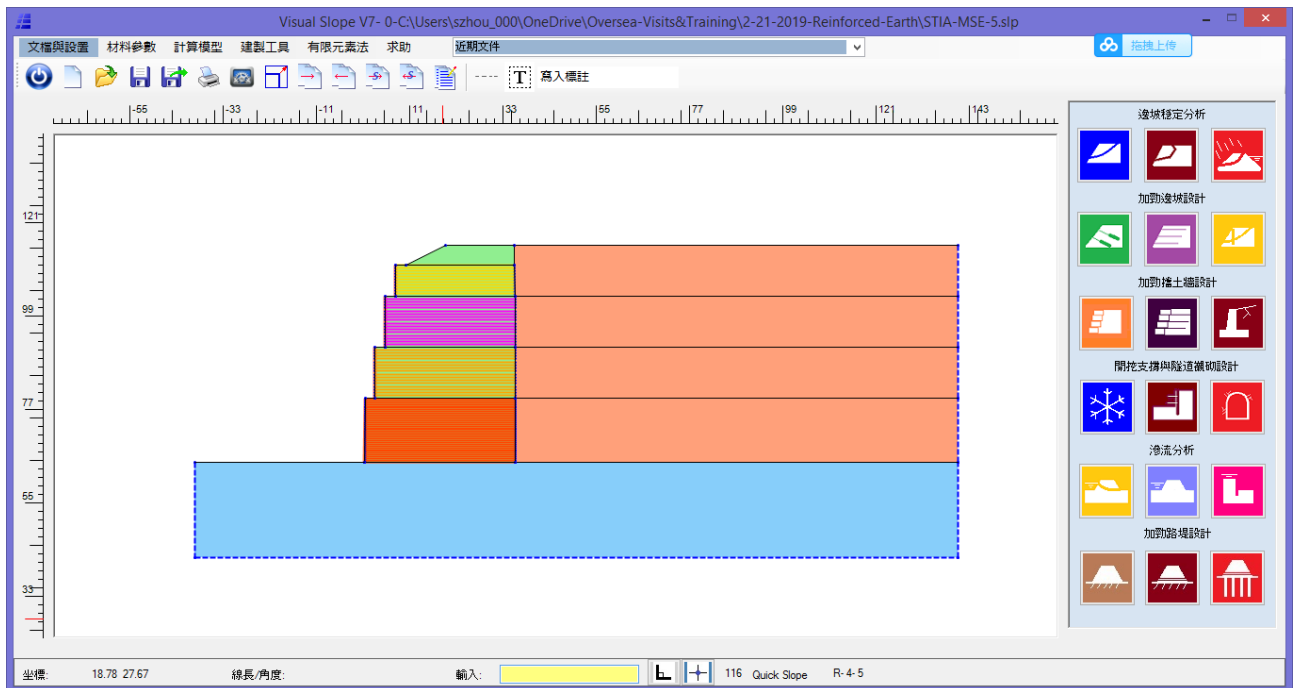


图 28: 多阶加劲挡土墙模型

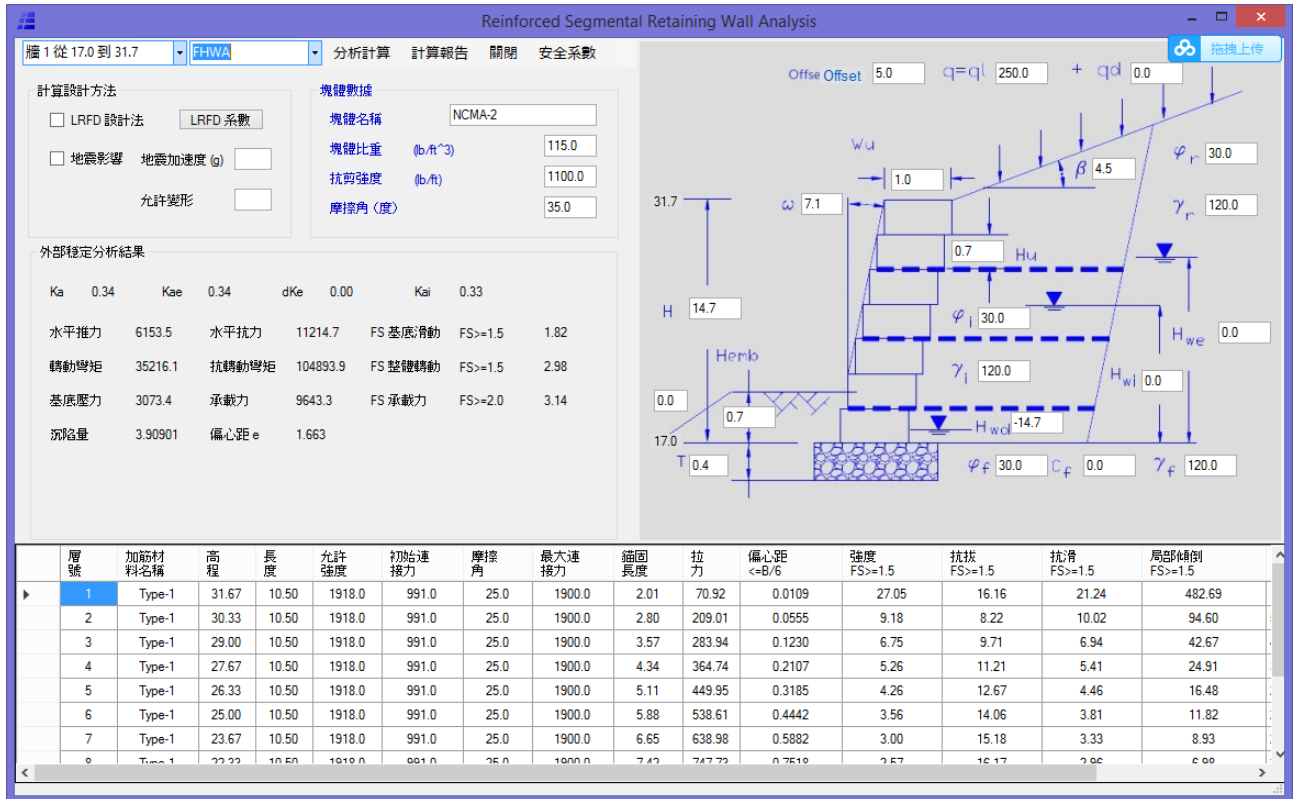


图 29: 内部和外部稳定性

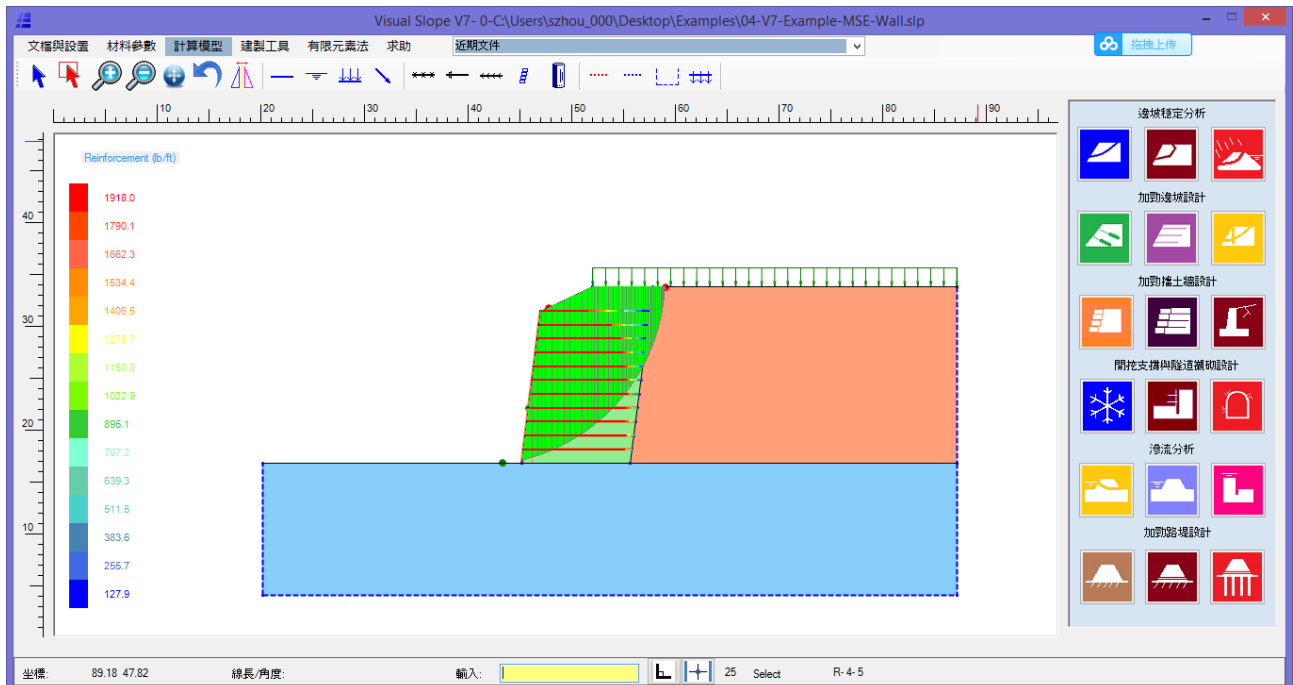


图 30: 复合稳定性分析

## 重力式挡土墙设计

在岩土工程领域重力式挡土墙被广泛用于支护失稳的边坡。要成功地支护一个失稳的边坡，重力式挡土墙必须满足以下条件：1) 有能力抵御在失稳边坡水平压力下引起的水平位移；2) 有能力抵御在失稳边坡水平压力下引起的倾覆位移；3) 基础土能提供足够的承载能力。

Visual Slope 重力式挡土墙设计模块提供了一个非常简洁的重力式挡土墙的设计程序，以下章节讲述具体使用步骤。

### 材料参数设置

在建模前，用户必须先设立所需的材料参数。所需的材料参数包括挡土墙的参数，被支护土的参数及基础土的参数。参数的要求与边坡稳定分析的一样，具体请参照材料参数设置章节。

### 建模与计算

要建立重力式挡土墙的设计模型，点击分析板面上的重力式挡土墙键，重力式挡土墙的建模与分析页面就会出现就如图 31。

#### 材料选择

首先选择被支护土，基础土和挡土墙的材料参数。

#### 尺寸设置

用户可以通过调整图 31 中尺寸参数，来建立不同的挡土墙模型。

#### 计算分析

在材料和尺寸参数确定后，即可进行分析，图 31 显示分析的结果。

#### 建模

分析完毕后，点击分析面上生成工具键，重力式挡土墙的模型会出现在 Visual Slope 的主页面上，如图 32 所示。该模型可用于重力式挡土墙的总体稳定分析。

#### 视频演示

请点击本视频观看重力式挡土墙设计的全部操作过程。

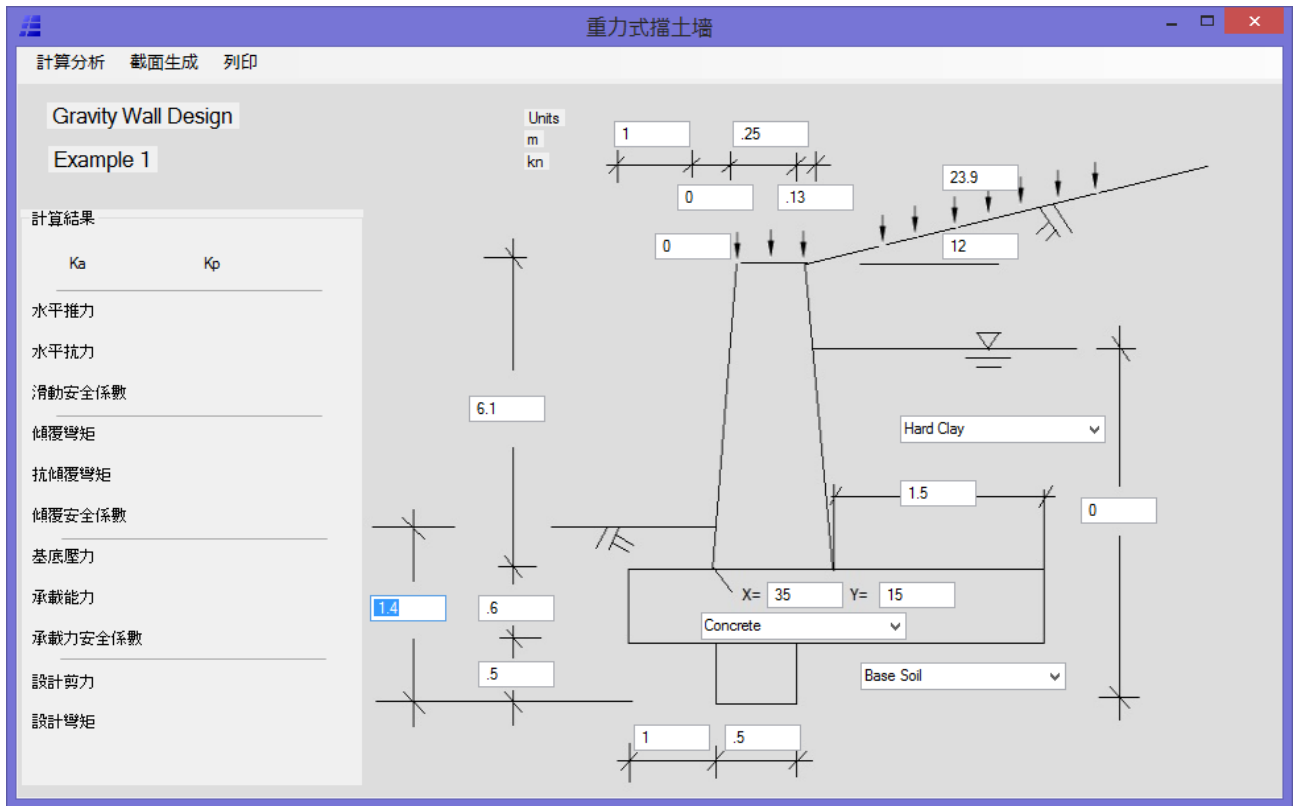


图 31: 重力式挡土墙页面

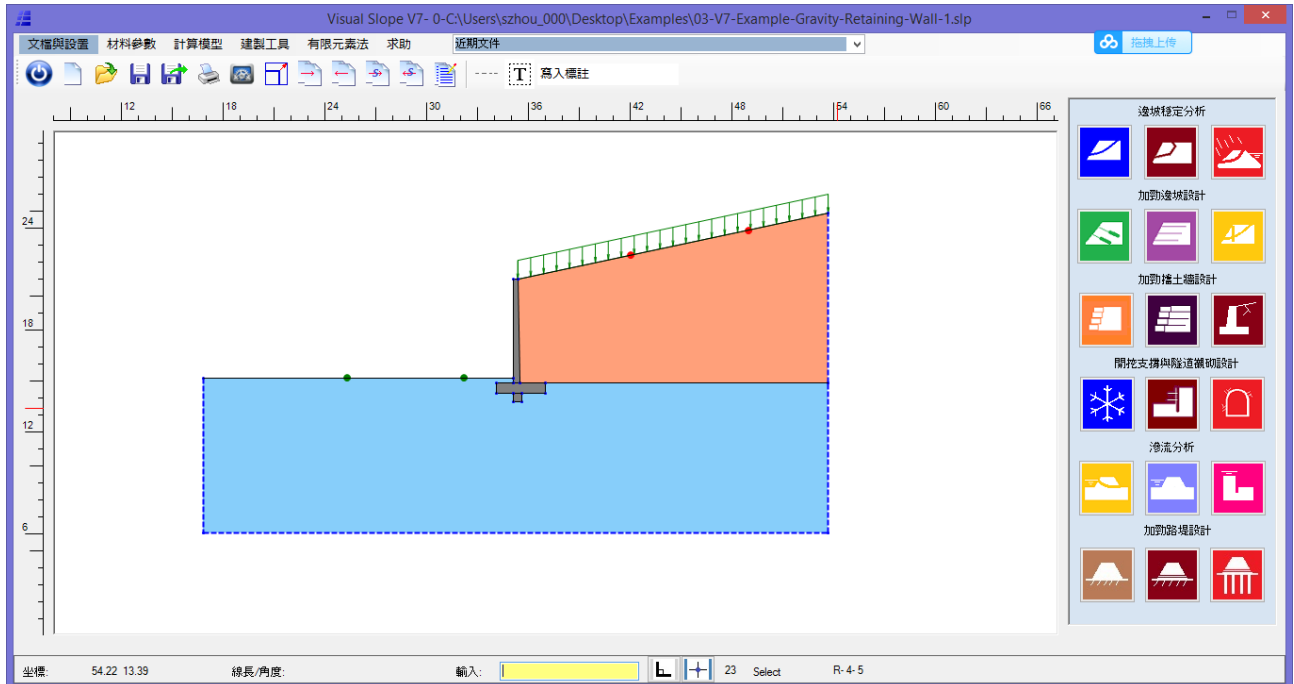


图 32: 主页中的模型

## 土锚设计

如果土体或岩体边坡处于不稳定状态，土锚可用来对边坡进行加固。加固后的边坡必须满足各种稳定要求。Visual Slope 土锚设计模块根据 AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 7th Edition, Soil Nail Reference Manual 来编制的。以下章节讲解怎样使用 Visual Slope 进行土锚的设计。

### 边坡中加入土锚

#### *绘图法*

土锚可以采用绘图法逐根画入，就像画其他线条那样，图 33。画完后再赋材料参数。用户可以用长度和角度方法较容易地画入土锚。

#### *土锚生成*

土锚生成法可以用来一次性生成许多同样种类同样长度的土锚。要使用生成的办法加入土锚，用户必须先设定土锚的参数，详见材料参数设定章节。在建立完土锚参数后，点击生成工具选单下的土锚生成键，如图 34 所示的土锚生或页面就会出现。用户必须首先在下拉列表中选定土锚的名称（名称是在土锚参数设定时给出的），然后填写所需的其他参数包括最低层的起始高程，最高层的高程，层与层间的垂直间距，土锚倾斜角，自由段长度及灌浆段长度。填写完以上参数后，点击关闭，土锚就被加入了模型中。

### 分析计算

土锚的分析计算与边坡稳定分析基本一样，可以从圆弧破坏面分析开始。

### 加固力

与加筋边坡分析类似，在土锚边坡分析完成后，色谱会显示在土锚上，见图 36。屏幕左边的图谱显示加固的力度。但请注意土锚上的色谱并不代表该土锚实际提供的加固力，而是如果一个破坏面经过该点时，该土锚能提供多大的加固力。

### 土锚墙面设计

土锚的墙面设计包括：1) 内墙与外墙（如果有外墙）的抗弯强度验算，2) 内墙与外墙（如果有外墙）的抗冲切验算，及 3) 剪力钉破坏验算。要采用 Visual Slope 进行土锚墙面设计，请参照图 35，并根据下列步骤进行。

1. 在土锚分析设计完毕后，选择土锚墙面设计，土锚墙面设计的页面就会出现。首先在土锚之下的下拉式列表选取要设计的土锚，土锚的水平与垂直间距会自动给出。锚拉力的大小可参考土锚计算时的加固力表。
2. 在锚拉板下输入板的宽度，高度及强度。
3. 在内墙和外墙（若有外墙）分别输入墙厚及混凝土强度。
4. 输入剪力钉参数，在下拉式列表中选择可用的剪为钉，其他相应的数据就会自动输入。
5. 内墙钢筋参数，根据情况选取钢筋网和钢筋并给出相应参数。
6. 外墙（若有外墙）钢筋参数，根据情况选取钢筋网和钢筋并给出相应参数。
7. 在输入所有所需的参数后，按分析计算键即可验算墙面。若 CDR（能力与需求之比）大于 1，即满足设计要求，反之需要参改设计。

## 视频演示

请点击本视频观看[土锚设计](#)的全部操作过程。

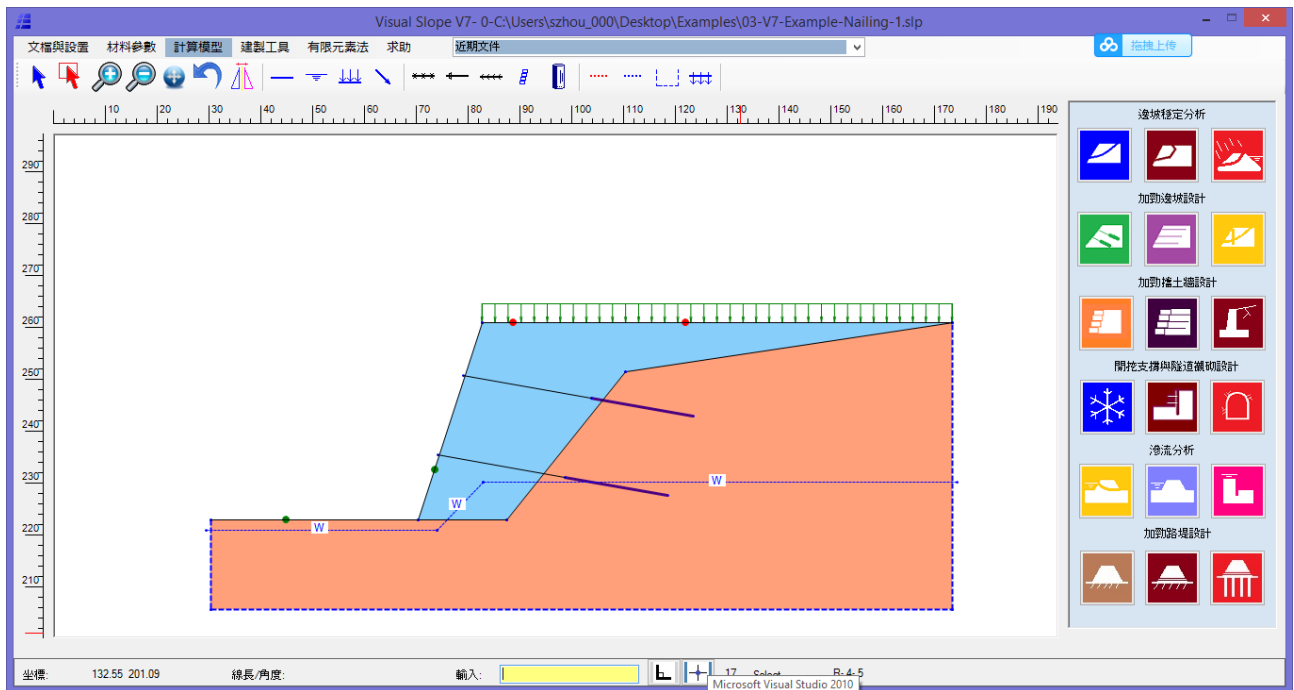


图 33: 加入土钉



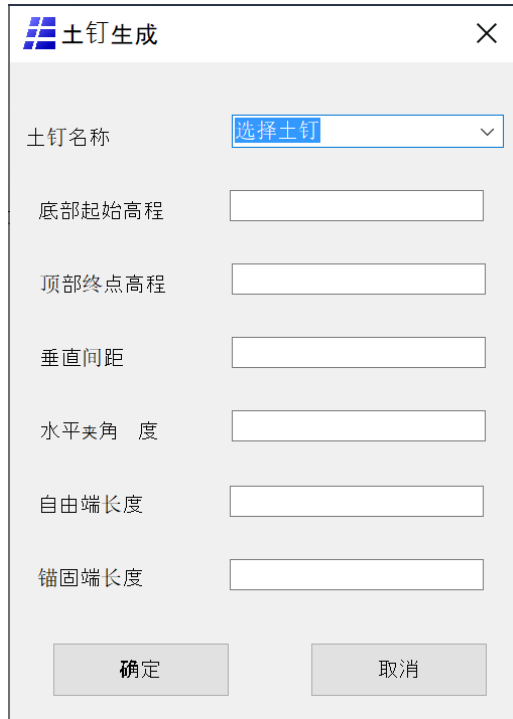


图 34: 土钉生成方法

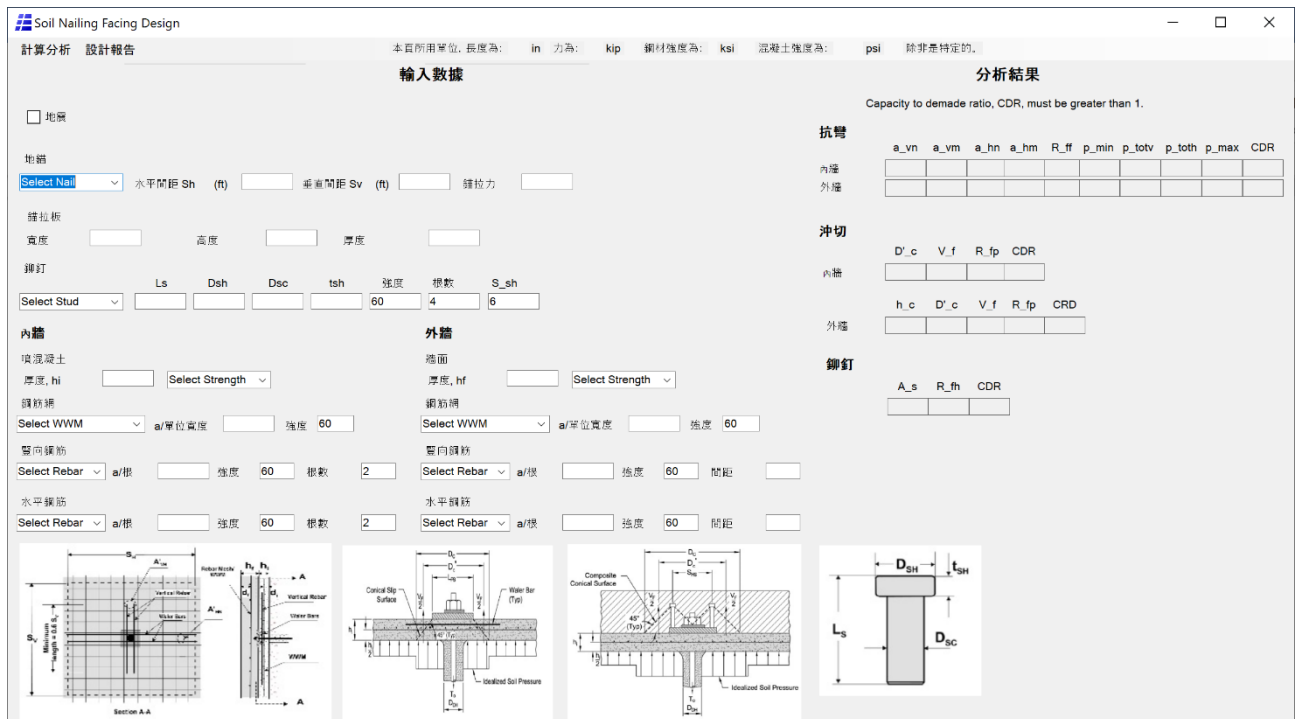


图 35: 土锚墙面设计页面

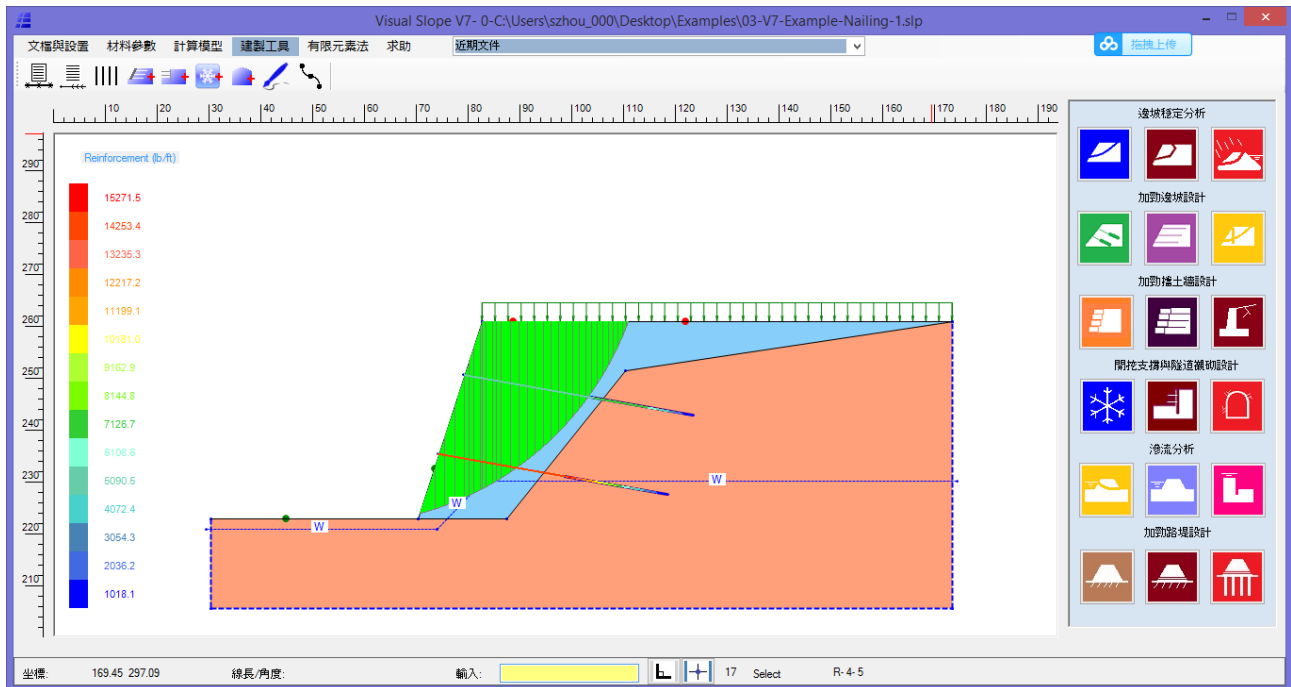


图 36: 土/岩钉设计

## 基坑支护

基坑支护通常是由板桩，地下连续墙，桩板墙等组成并根据其深度可以是悬臂式，单道支撑或多道支撑结构。基坑是逐阶开挖的，所以支护结构的形式也会随基坑的开挖深度而变化，可从悬臂式变为单支撑，再变为多道支撑。Visual Slope 可以用来模拟这种施工过程。除此之外，用户可联合使 Visual Slope 的基坑支护设计模块和 2D FEM 模块来不仅计算支护结构的内力和挠度也可以估算周边地层的变形。与设计一座加筋挡土墙相似，支计基坑支护的过程包括以下三个步骤：

1. 设置材料参数
2. 建立设计模型及分阶开挖的步骤
3. 分析设计

设置材料参数已在材料参数设置章节中讨论过，所以不再重复。以下章节主要讲解最后两步。

### 建模和分阶开挖设置

要建立基坑开挖模型，用户必须用分阶开挖生成工具。要用分阶开挖生成工具，用户应在生成工具选单下点击分阶开挖生成键，见图 37。以下各节详细讲解生成的各部分。

### 墙和墙背坡的坐标

用户必须首先给出墙体的坐标包括：墙顶的水平和垂直坐标，墙底的垂直坐标，和墙背坡的数据就像生成页面所示的那里。如果没有背坡，坡角可设为 0，坡高可设任何数字。

### 墙截面

Visual Slope 允许墙体是变截面的。参照图 37 右上角的墙截面的输入表，用户必须从上至下地输入墙截面的参数，在第一例给出该段的顶点高程，在第二例中给出相应墙体名称。以图 37 为例，在第一列第一行中绘出墙顶高程 129，在第二列第一行中给出相应的该段墙截面的名称。在第一列第二行中给出第二段墙的段顶高程 120，在第二列第二行中给出第二段墙的墙体名称。这样第一段墙从 129 至 120，第二段墙从 120 至墙底。

### 地层参数

与墙体截面参数类似，用户必须在图 37 中的地层参数表中从上至下设定地层参数。第一列是地层顶面的高程，第二列是地层的名称。地层的名称会被用于两个高程之间。以图 37 为例，土层 sand2 会被用于高程 129 和 126 之间。最下层的土层名称会被用于该地层顶面高程至模型的最底部。

### 支撑参数

对于支撑参数，用户必须从上至下逐层给出。支撑参数包括：高程，刚度，预加力的大小及水平间距。如果是锚拉形式的支撑，用户必须勾选锚拉选项，并给出锚拉的倾斜角。如果锚拉的长度和倾斜角是变化的，在分析前用户可以根据实际情况用绘图法修改锚拉。

### 开挖步骤

用户必须从上至下提供开挖步骤。开挖步骤包括：开挖高程，墙前水位，墙背水位和墙背超载。如果在一个高程上有几件事要做，那么这个高程要重复几次。譬如一个基坑开挖别高程 122，要安装一道高程为 127 的支撑，安装后要预加压力然后锁定支撑，高程 122 必须重复两次，第一次用于预加力，第二次用于锁定。

用户也可用自动开挖设定功能，但首先必须给出支撑安装的所需空间也就是支撑中心至开挖面的间距。然后点击自动开挖设置键，开挖步骤会自动形成并自动考虑到预加力和锁定情况。

### 步骤设置键

在所需的参数都给出后，用户必须按步骤设置键来确认及储存以上参数。

### 分阶开挖

在图 37 下部的是分阶开挖的设置部分其包括一个下拉式选单和两个列表。一旦在下拉式选单中选定一个开挖深度，左边的列表中就会显示在这个开挖深度可用的支撑，右边的列表中显示已经按装的支撑。要按装新的支撑，用户可以在左边的列表中选择要按装的支撑，然后点击“>>”，选择的支撑就会从左边的列表移至右边的列表。反之，若要拆除一道支撑，左右边的列表选取要拆除支撑，然后点击“<<”，选择的支撑就会从右边的列表移至左边的列表。若要设置某一道支撑处于预加力状态，在右边的列表中双点击这道支撑，就会显示该支撑处于预加力状态。

### 模型显示

要显示某一阶段的分析模型，首先选择该阶段，然后点击“此步开挖图示”，该步模型就会显示在主页面上。

### 规范设置

在进行基坑支护设计前，用户必须先设置设计规范。要进行规范设置，用户需先在分析板面上点击基坑支护键，基坑支护页面（图 38）就会弹出。在坑支护页面上点击规范设置，规范设置页面（图 39）就会出现。设计规范包括：规范名称，墙与土的摩擦角，水压力形式，计算方式，荷载组合，安全系数及地震角。在设定了这些参数并保存后，该规范就可用于所有合适的项目。用户可设置并保存六部不同的规范。用户可以随时修改这些规范。

### 分析计算

在完成了模型建立和规范设置后，用户可以进行分析计算。要进行基坑支护的分析计算，用户可在分析板面上点击基坑支护键。根据模型，Visual Slope 可以自动探测基础支护形式。以下各章节将详细介绍基坑支护页面（图 38）的内容和怎样进行考虑和不考虑分步开挖的因素，及包含或不包含地层变形。

### 支护宽度和入土宽度

为了保持基坑支护的稳定，墙前墙后的压力必须保持平衡。墙前压力的一部分是来自作用在入土段的土压力和水压力，可是入土的墙宽不一定与支护宽度相等。例如，一桩板墙其桩的直径为 0.6m，桩间距为 3m。这样的话入土宽度为 0.6 而支护宽度 3m。对于像板桩墙或地下连续墙入土宽度和支护宽度均为 1m。

## 墙背土压力种类

Visual Slope 可以根据模型探测到基坑支护的种类。如基坑支护是多支撑支护 Visual Slope 可以提供不同的墙背土压力，如主动土压力，静止土压力，程序定义的土压力及用户定义的土压力。主动土压力和静止压力已在很多教科书中定义过，所以以下只讨论程序定义和用户定义的土压力。

图 37: 分阶段挖掘设置页

支护设计

运算分析 改变规范设置 退出 选择开挖工况

所用规范: 规法-1  包括地层情况

支护宽度:  地层反力系数 (0-1)

入土宽度  锚拉支撑

自动调整锚拉长度

墙背土压力

主动土压力

静止土压力

程序定义的土压力

用户定义的土压力

开挖释放压力

外加土压力

入土段

自动调整入土段

固定入土段

分步开挖

不考虑分步因素

考虑分步因素

支撑设置

支撑间距:  变形系数 (AE/L):

冠梁长度:  冠梁水平抗弯模量 EI:

锚拉桩  锚拉桩宽度:

用户定义的土压力

高程: 从上到下; 压力: 墙后 +, 墙前 -

高程	压力
*	

图 38: 挡土支撑设计页

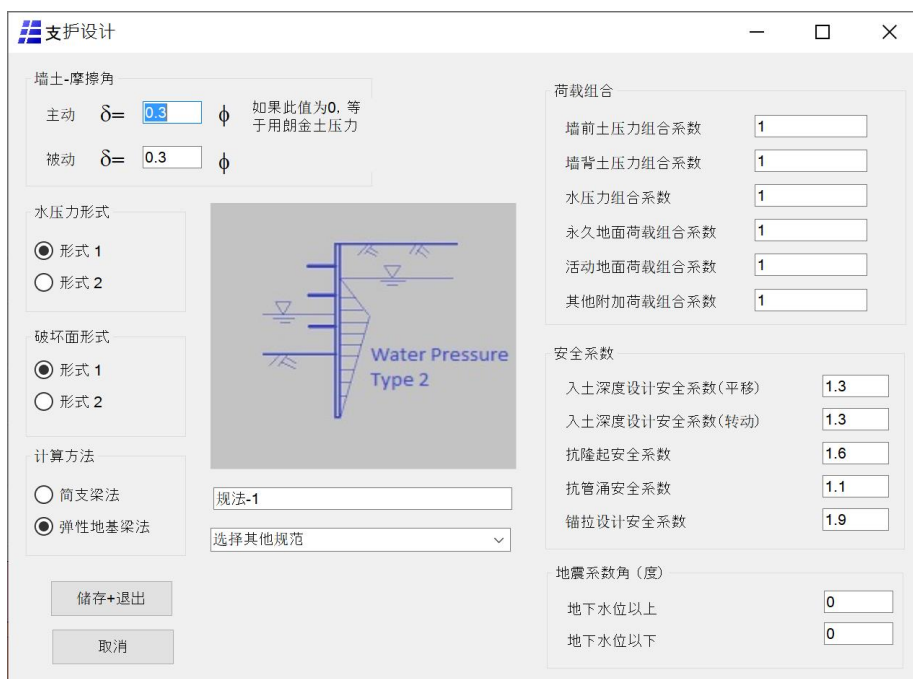


图 39: 规范设置页

程序设定之土压力:

$$P = 0.65 HK_a$$

土压力形状:

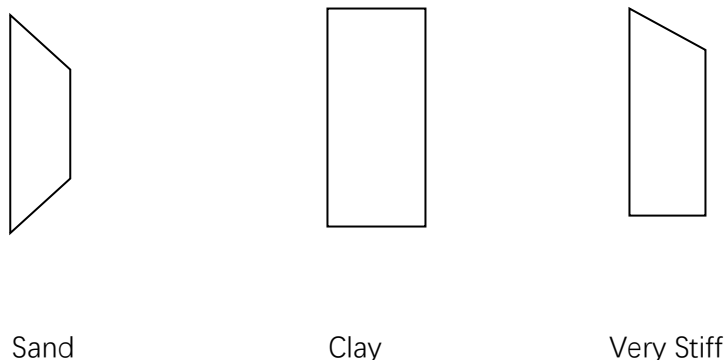


图 40: 程序设定之土压力

### 用户定义的压力

对于特殊情况用户可以定义自己的压力。用户可以在输入表（图 38）输入高程和压力。作用在墙背的压力为正，反之，作用在墙前的压力为负。用户定义的压力必须从上至下。如果压力没有定义到墙底，Visual Slope 会根据最后两点的斜率来推测墙底的压力。请注意如果采用用户定义压力，其他的压力，如水压力，超载等都会被忽略。

### *附加压力*

在很多情况下，除了通常的压力如土压力，水压力和超载压力外，其他压力，譬如波浪压力等可以作为附加压力计入分析计算。若要使用附加压力，选择附加压力的选项，附加压力的输入表就会出现。其输入方法与用户定义压力的方法一样，请参考用户定义压力章节。请注意附加压力不能和用户定义的压力并用。

### *分步开挖选项*

分步开挖是另一选项，如果关闭这一选项，基坑被认为是一次性开挖至指定深度，所有的支撑也被认为是一次性加入的。如果考虑分步开挖因素，支撑是随着开挖逐层被加入基坑来支护挡土结构，墙体的变形是逐步累积的，因而用这种方法计算墙体变形要比不考虑分步开挖因素计算的墙体变形要大。如果设计规范中计算方法为简支梁法，分步开挖将不起作用。如果选择考虑地层变形，程序会自动考虑分步开挖因素。

如果选择考虑分步开挖，计算必须按开挖顺序逐阶进行。每一阶的墙体变形是所有之前计算的墙体变形的迭加。

### *包括地层情况*

如果选择包括地层情况的选项，分步开挖因素会被自动考虑，2D 有限元模块会自动启动。每一阶计算可以被分成两部分，第一部分对墙体在力的作用下进行变形和内力分析；第二部分是第一部分的结果对地层进行变形和应力分析。第一部分的计算和通常的基坑支护的计算一样，第二部分的将只包含地层而不包含墙体和支撑，但第一部分中算得的墙体变形会作为边界条件用于第二部分的有限元分析来得到地层的变形。

要考虑地层情况，必须包含地层的初始应力，但去除地层在开挖前在自重作用下引起的变形。所以在计算开挖前必须先算出地层的初始条件。

### *其他选项*

#### *自动调整锚拉长度*

如果选择自动调整锚拉长度，Visual Slope 会根据规范要求将自由段的长度调整至破坏面以外，并将锚固段的长度调整为满足安全系数的要求。



## 自动调整入土深度

如果选择自动调整入土深度选项，Visual Slope 会自动调整墙体的入土深度以满足稳定，基坑隆起及管涌的安全系数。

## 分析计算

在图 38 中所有的选项被正确地设定之后，就可进行分析计算。分析时应先选定开挖的阶段，然后点击分析键，计算结果会出现在如图 41 所示的页面上。

## 视频演示

请点击本视频观看[基坑支护设计](#)的全部操作过程。

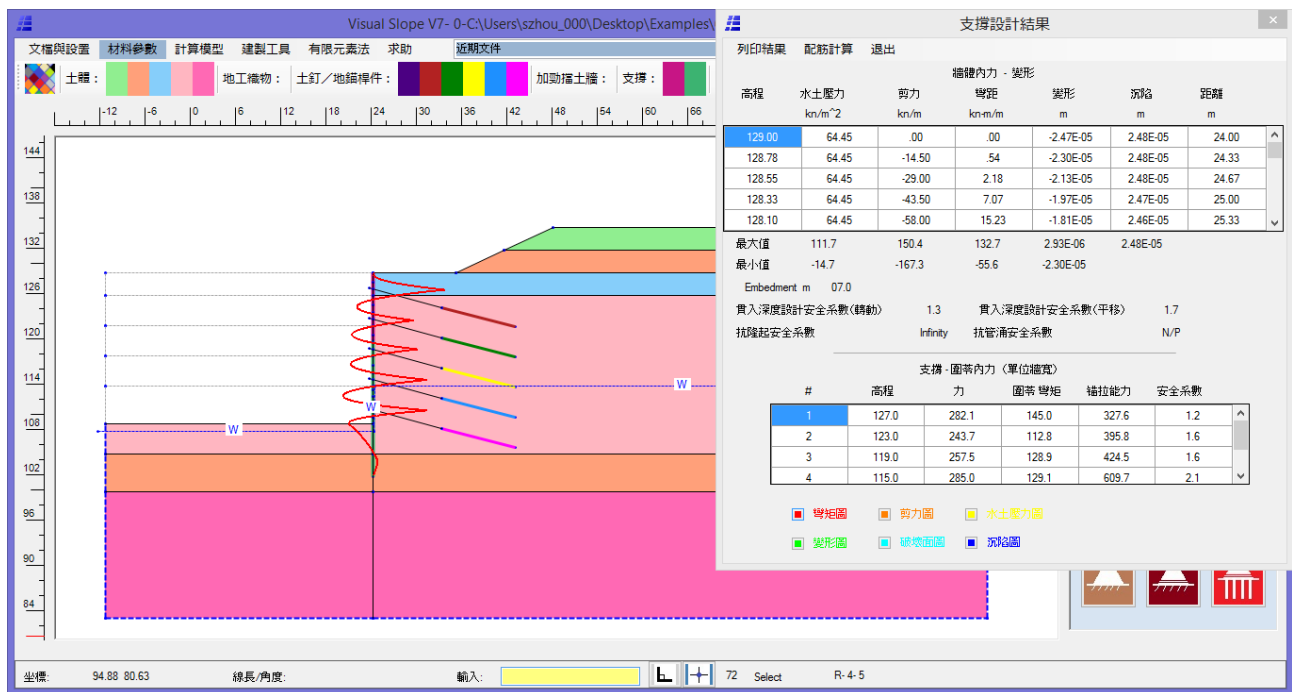


图 41: 挡土墙中的弯曲力矩

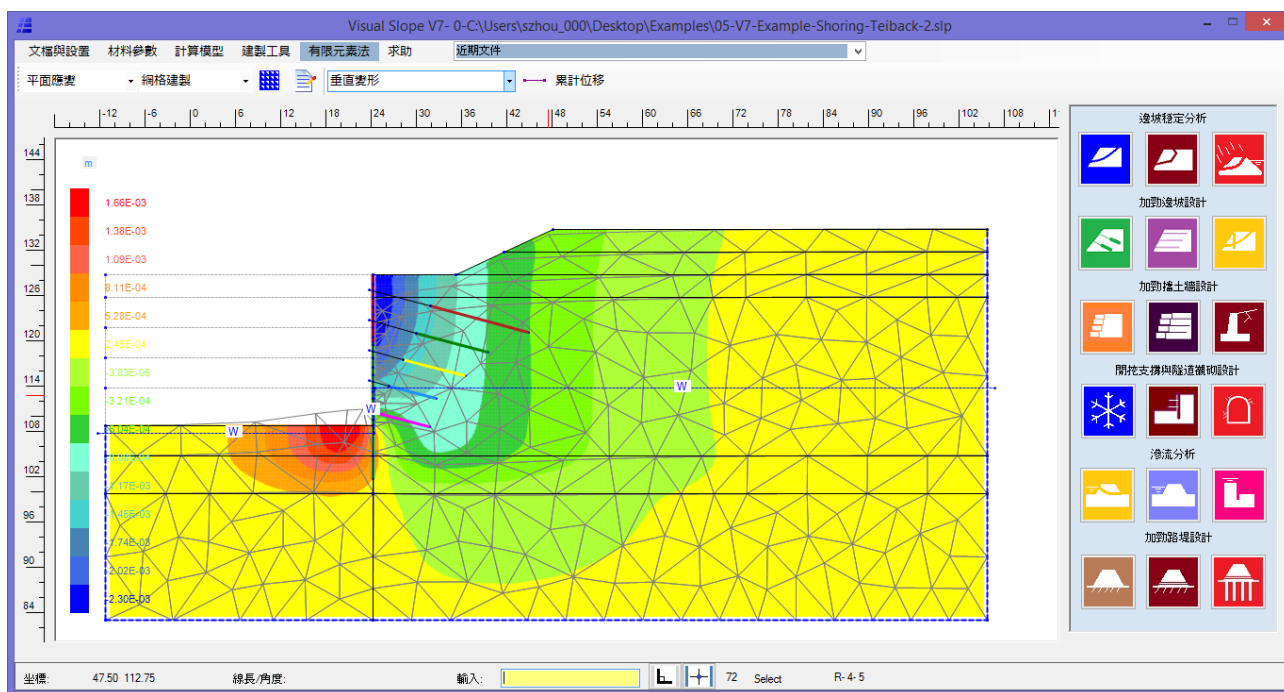


图 42: 地层垂直位移

## 抗滑桩设计

加固一个不稳定边坡的一个常用方法是在坡脚附近打一排抗滑桩来稳定边坡。在设计抗滑桩时，用户必须知道抗滑桩要提供多少力来稳定上坡。有了这个抗滑力，用户才可以计算抗滑桩的入土深度及截面的尺寸。因此抗滑桩的设计分为两步。第一步是确定需要多少抗滑力。抗滑力的大小取决于：1) 边坡的稳定性，边坡越稳定所需的抗滑力就越小；2) 抗滑桩的位置。第二步是决定抗滑桩的入土深度，内力和是否需要锚拉。因此抗滑桩设计是边坡稳定分析和支护设计的组合。Visual Slope 大大地简化了抗滑桩的设计过程，用户只需要进行边坡稳定分析，若边坡稳定安全系数不满足要求，那就需要采用抗滑桩，用户可以用绘图法将抗滑桩画入模型（如图 43 所示）。

将抗滑桩画入模型后，点击主页面上分析板面上的抗滑桩设计键。抗滑桩设计页面就会出现（如图 44），抗滑桩设计页面与边坡稳定分析页面（图 19）相同。在分析页面上用户必须选择抗滑桩设计选项；给出上坡所需的安全系数，是否需要下坡的帮助及下坡所需的最低安全系数。待这些数据确定后，用户可进行边坡稳定分析，这一分析过程是确定需要多大的抗滑力，这就完成了以上所述的第一步。要完成第二步，点击图 44 中的分析键。若需要用锚拉的话，用户可以画入模型。

Visual Slope 会问用户是否需要自动调整抗滑桩的入土深度，抗滑桩分析完成后，点击图 44 中的分析结果键。

## 视频演示

请点击本视频观看[抗滑桩设计](#)的全部操作过程。

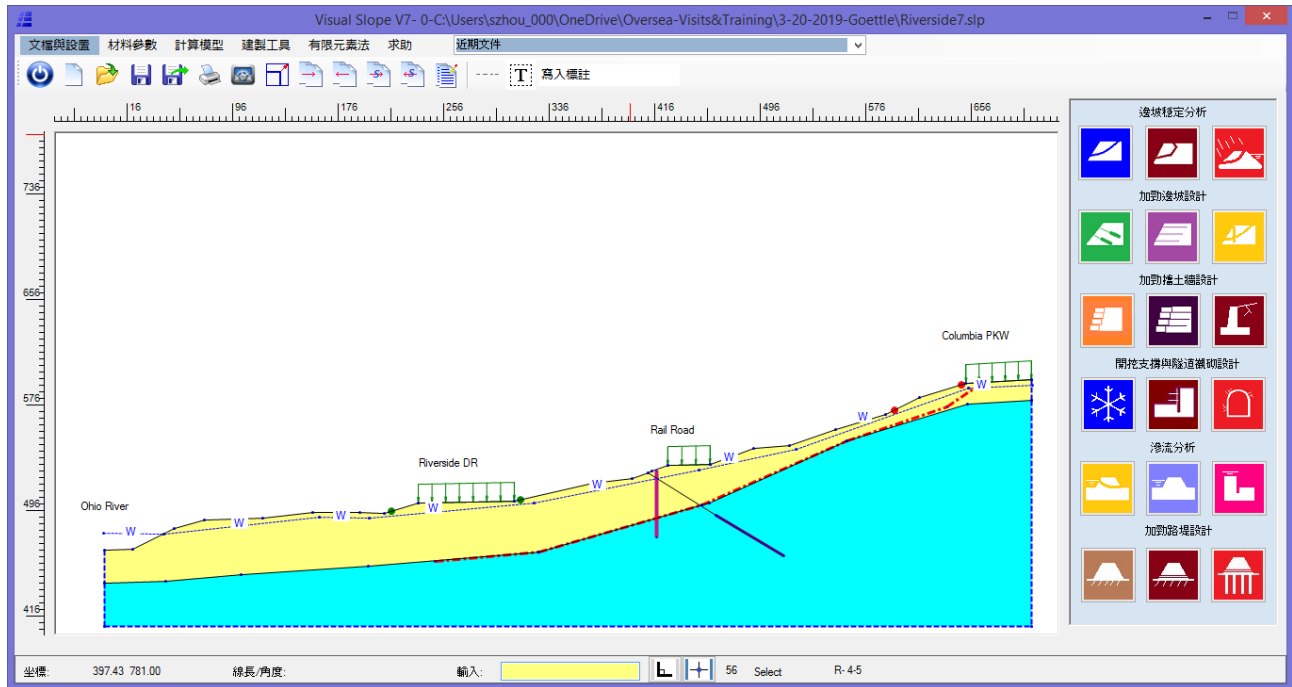


图 43: 抗滑桩设计模型

边坡稳定分析

分析计算 计算报告 图形报告 LRFD 系数 土锚墙面设计

圆弧/不规则 用户定义破坏面 沿土工织物滑动

左端起始X座标: 214.5714 X1 固定点

右端起始X座标: 312.4286 X2 XY

左端终点X座标: 596 X3 0

右端终点X座标: 646.7143 X4 0

破坏面数量: 500

圆弧形  对数螺旋形  不规则形  组合形

Janbu Method  LRFD  风险评估

地震因素  水平加速度 (g)  垂直加速度 (g)

渗流/降雨影  摩擦角折减 1 粘聚力折减 1

抗滑桩设计

抗滑桩设计  考虑下坡支护作用

上坡FS期望值 1.3 下坡FS最小值 1.3

入土宽度 1 支护宽度 1

FS\_LEGEND

.934  .945  .947  .947

.948  .954 六个破坏面 所有破坏面

土工织物 土钉/土锚 抗滑桩

下坡滑动力	下坡抗滑力	上坡滑动力	上坡抗滑力
7472	89543	200877	105019
作用在桩的力	下坡支持力	上坡抗滑力	上坡安全系数
94714	61407	261140	1.3

阅读规范 抗滑桩计算 抗滑桩内力

图 44: 抗滑桩设计

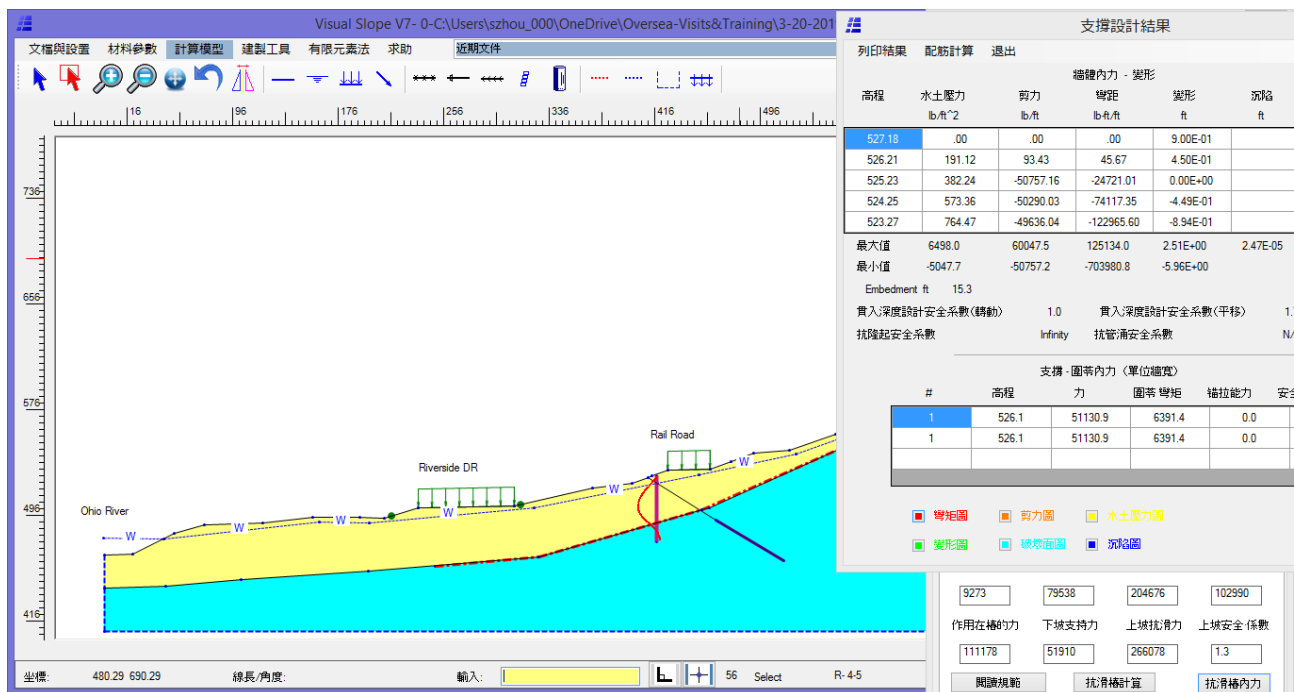


图 45: 抗滑桩计算结果

## 渗流分析

Visual Slope 渗流分析模块可进行稳态和瞬态渗流分析，模型介质可以是各向同性，各向异向，均匀介质或非均匀介质。渗流分析模块也可以用于层压水渗流分析。分析结果包含等势线和流线，用户也可以得到指定截面的流量和梯度。以下章节详细讲述怎样建模，输入土体参数，建立边界条件，及模拟层压水。

## 建模

渗流分析的建模方法与边坡稳定分析的建模方法是一样的，所以请参阅建模章节。

## 土体参数

渗流分析所需的土体参数是水平和垂直渗透系数 ( $K_x$  和  $K_y$ )。详细请参阅材料参数章节。

## 边界条件

在进行渗流分析前必须首先设立边界条件。边界条件有两类，一类是水头边界条件，另一类是无渗流边界条件。

所谓水头边界是该边界上的位置水头是确定的像图 46 所示的那样。对于水面以下的边界，水头边界等于水面的位置水头；在水面以上的水头边界，该边界上的水头为零。要设置水头边界只要将实际水位线画入模型（见图 46）。

无渗流边界是在该边界上没有水流入或流出，譬如像板桩墙等。图 46 中所两边应该是无渗流边界，因为它们远离渗流区，水头梯度很小所以无渗流。要设置无渗流边界，只要用边界线即可，见图 46。

### 排水管

排水管可以用土工织物线来模拟，沿着排水管水压力零。

### 隔水墙

如果在渗流分析中包含水流无法通过的隔水墙，如板桩墙，隔水墙可以用限制线来模拟。

### 层压水

如果渗流分析中包含层压层，层压层中的水头是恒定的并且高于其他层中的水头。水头可以通过土体参数设置（图 6）来设置，如果土体参数中的水头大于零的话大于零的话，渗流分析过程中，程序会自动认为该层为层压层。

### 计算分析

在模型有边界条件确定后，用户便可进行渗流分析。但渗流与计分为限制边界渗流分析和自由边界渗流分析，用户应根据具体情况选择适当的分析。

### 限制边界渗流分析

如果渗流模型中所有的边界条件不是用水头边界就是用无渗流边界条件来确定的，这样的渗流分析是限制边界渗流分析。

### 自由边界渗流分析

如果渗流模型中部分边界尚未确定，这些边界既不是无渗流边界也不是水头边界，它们可以和空气自由接触。这类分析是自由边界渗流分析。饱和层和非饱和层的分界线是浸润面，浸润面可以通过自由边界渗流分析来决定。

## 瞬态渗流分析

在模型和边界条件建立后，要进行瞬态渗流分析，用户可点击分析板面上的由自由边界渗流分析键或浸润面分析键。如图 47 所示的非饱和渗流分析的页面就会出现，在其中输入分析时间再按瞬态渗流分析键，分析即可进行。

## 分析结果

渗流分析结束后，分析结果的页面（图 48）会自动出现，按相应的键可以得到等势线和流线。

要计算流量的垂直梯度，先按断面键后然后在模型中画断面，一旦断面画完，断面上的流量和垂直水头梯度就会显示在结果页面上（图 48）。

## 视频演示

请点击本视频观看[渗流分析](#)的全部操作过程。

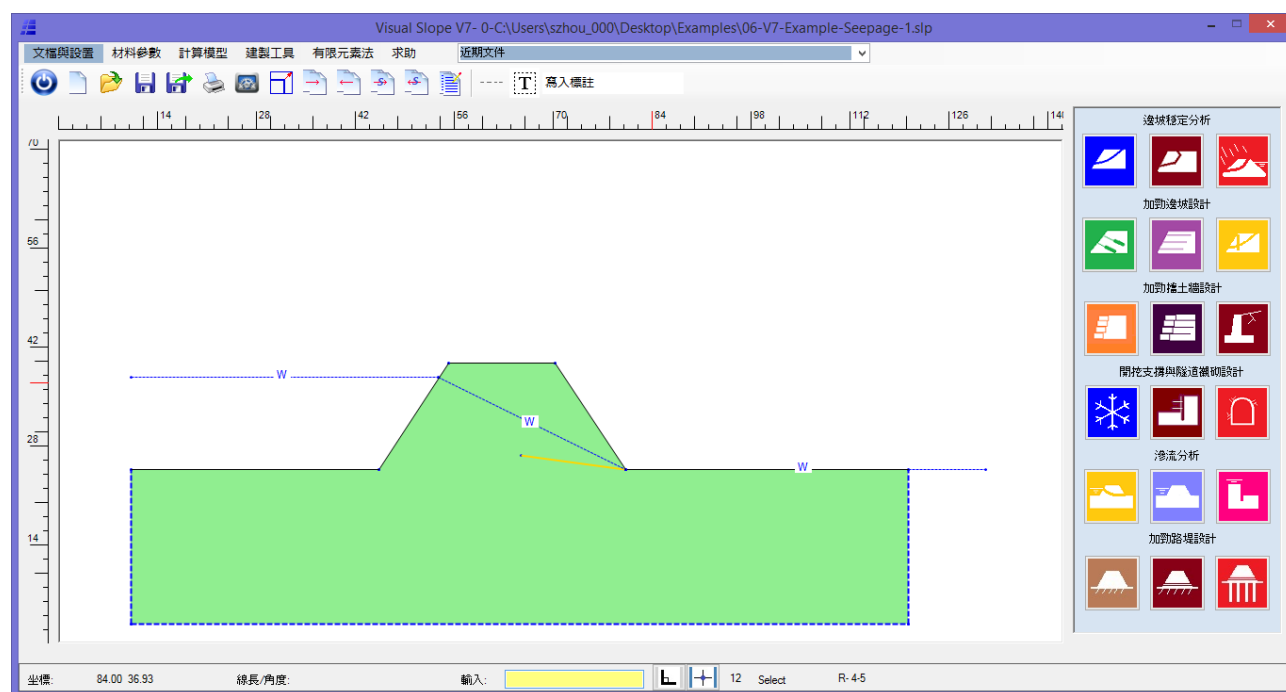


图 46: 渗流分析



图 47: 渗流时间设定

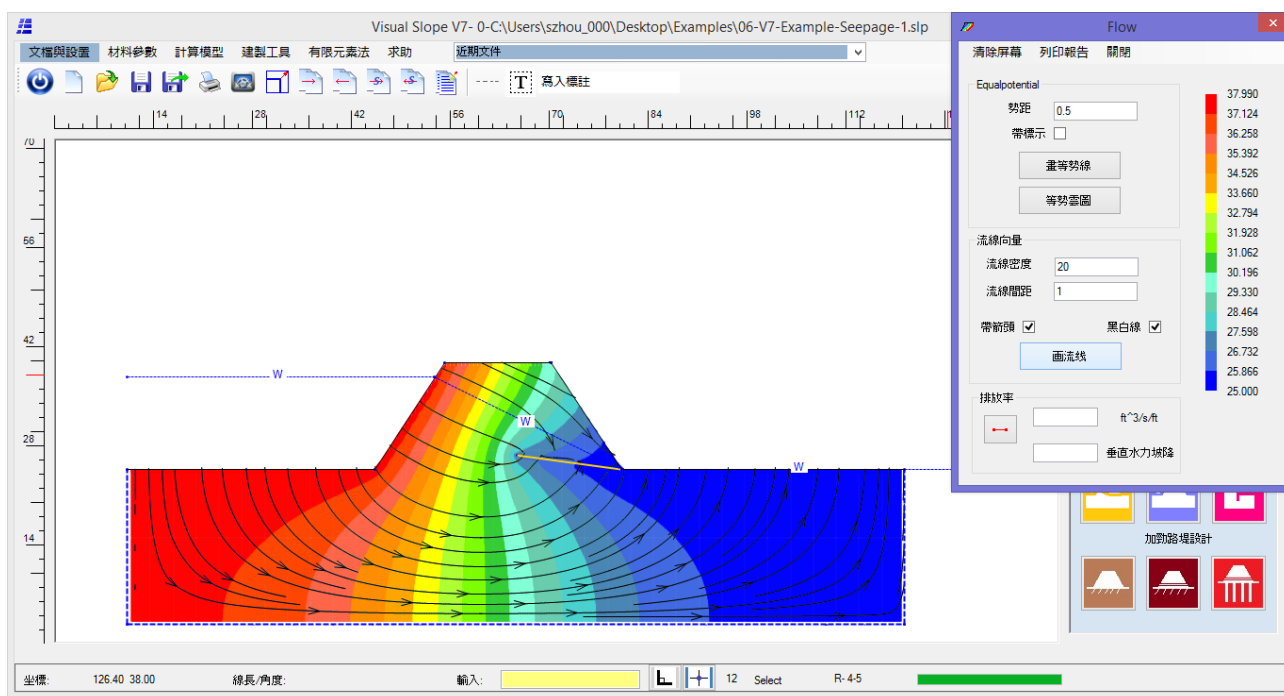


图 48: 渗流分析结果

### 渗流作用下的边坡稳定分析

如果水位线从左到右含盖整个模型像图 49 那样，在一般的边坡稳定分析中渗流压力会被自动考虑进去。可是在有些情况下像图 50 所示地下水位的的情况不很清楚。要准确进行边坡稳定分析必须分以下三步走。

1. 首先进行自由边界渗流分析以确定浸润线，浸润线也是地下水位线（图 51）。



2. 一旦有了浸润线就可以画出所有的水位线。
3. 这样就可以用普通边坡稳定分析模块来进行渗流压力下的边坡稳定分析。

另一种办法是在分析板面上按渗流作用下的边坡稳定分析键或在边坡稳定分析页面上选择渗流/降雨选项见图 49。然后进行边坡稳定分析，以上三步就能并为一歩。

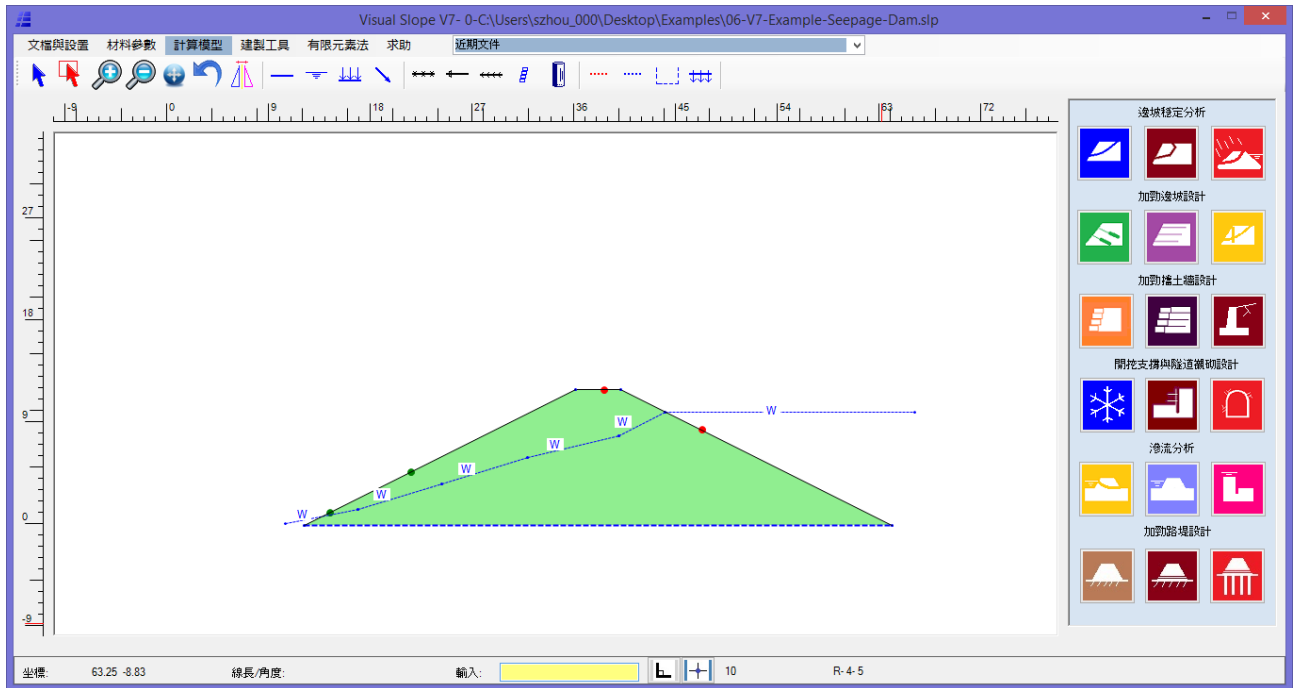


图 49: 渗流压力下的边坡稳定性分析

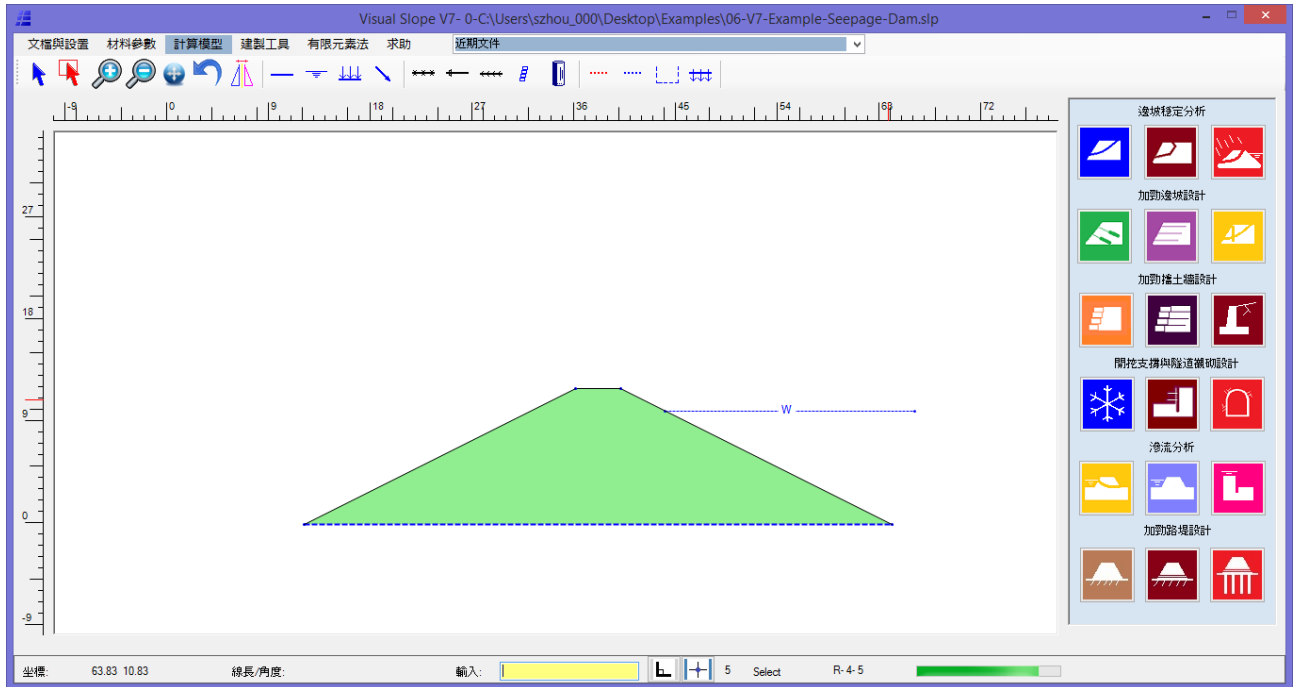


图 50: 水位线不完整情况下的边坡稳定性分析

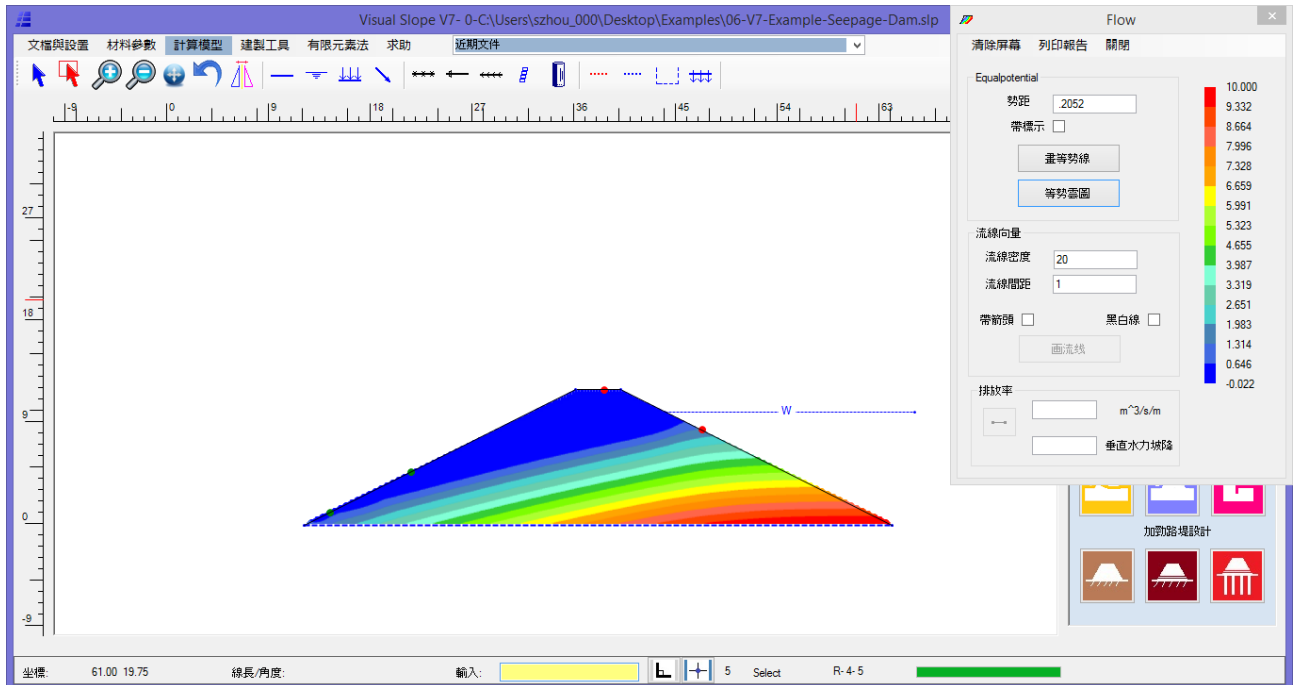


图 51: 浸润线分析

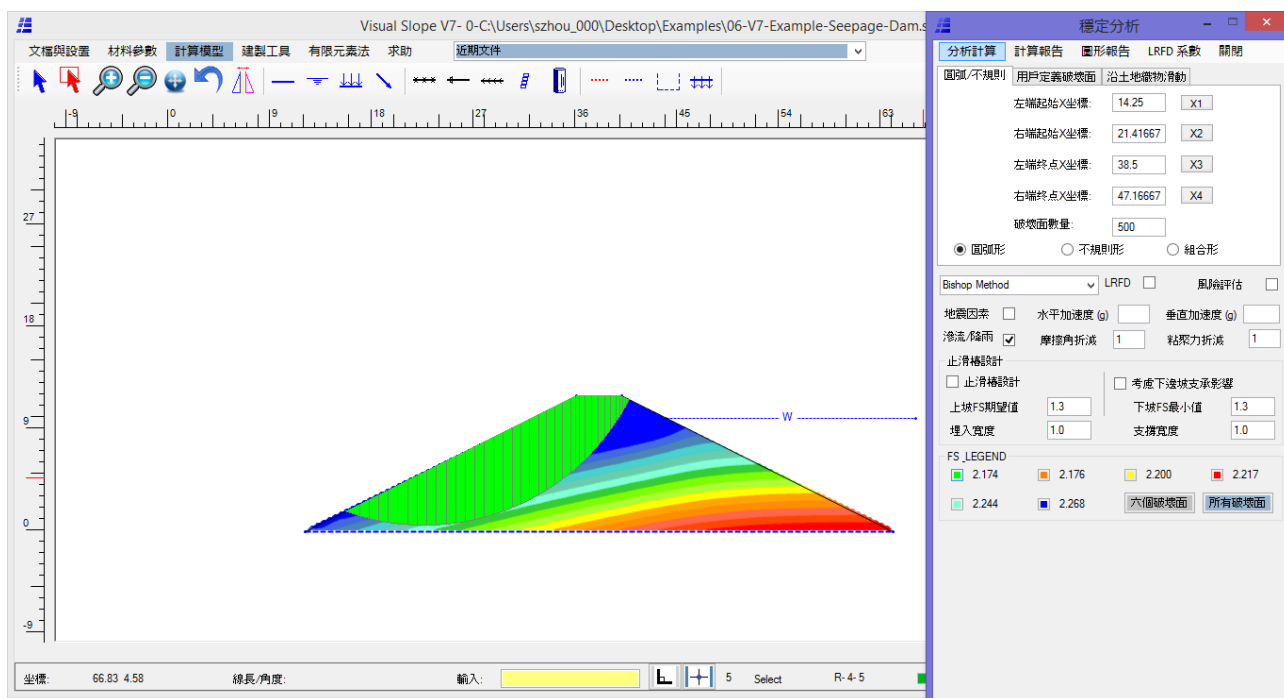


图 52: 渗流压力模式下的边坡稳定分析

## 隧道衬砌设计

在隧道衬砌设计中地层结构模型和荷载结构模型是两种最常用的方法。

地层结构模型通常用于一些比较复杂的隧道工程项目，这种方法基于结构和地层的相互作用使设计人员不仅可以分析计算隧道衬砌的内力和变形，而且可以估计周围地层的应力变化和变形。这种方法通常需要采用 2D 或 3D 的数值分析法。可是这种方法的分析计算结果通常不能直接用于隧道衬砌设计而用于核查或参考。

另一方面，荷载结构是在隧道衬砌设计中最常用的。在这个模型中隧道衬砌与周围地层的相互作用是通过一系列法向和切向弹簧来模拟的，同时也可以考虑不同的荷载组合。这种设计模型的缺点是不能计算周边地层的应力和变形。

Visual Slope V7 将这两种模型结合起来，摒弃了两者的缺点，加强了两者的优点。只要一点击计算所有的荷载组合都可以计算出来。

## 建模和荷载组合

要建立隧道衬砌设计模型，用户必须使用隧道衬砌生成功能。所有所需的材料参数必须建模前全部给出。在主页面的生成选单下点击隧道衬砌生成键，隧道衬砌生成页面就会出现（见图 53）。目前，Visual Slope 只允许隧道衬砌和水平荷载是对称于垂直轴的。以下章节将详细讲解怎样生成隧道衬砌模型。

### 共享参数

无论生成什么样的隧道衬砌，图 53 中圈出的参数是共享参数。

### 纵向厚度

纵向厚度是指沿隧道纵轴线的分析厚度。

### 弹簧常数

隧道衬砌结构和周围地层之间的相互作用是通过一系列法向和切向弹簧来模拟的，弹簧常数是用来定义法向和切向弹簧的弹性系数。如果弹簧常数没有给出，Visual Slope 会根据 Army Corps of Engineer's Recommendation (EM 1110-2-290)算出：

法向弹簧常数：

$$K_r = \frac{w l E_r}{(1 + \mu_r)}$$

切向弹簧常数：

$$K_t = \frac{0.5 K_r}{(1 + \mu_r)}$$

其中：

$K_r$ =法向弹簧系数

$K_t$ =切向弹簧系数

$E_r$ =周边介质的弹性模量

$\mu_r$  = 周边介质的泊桑比

W=纵向计算深度

L=单元长度

只要选择用户定义弹簧系数的选项，用户就可以用自己设定的弹簧系数。

#### *切向弹簧和无拉力选项*

如果不选切向弹簧，模型生成时将不生成切向弹簧。对于圆形隧道我们建议一定要使用切向弹簧以防止转动。

在模拟隧道衬砌与周围地层相互作用中，我们建议采用无拉力弹簧。

#### *衬砌材料参数*

在建立模型之前用户必须先建立衬砌材料参数。要建立衬砌材料参数，详见桩/梁参数章节。有了衬砌材料参数，用户可以在衬砌截面列表中选择所需的截面。如果隧道是变截面的，在模型生成后可以用赋值的方法改变单元的参数。

#### *铰支*

如果隧道截面包含铰支，在模型生成后，点击加铰支键，然后将光标移至模型中需要加铰支的位置，再点击该位置，铰支就被加入。在铰支点弯矩为零。

#### *圆形隧道衬砌*

要建立一个圆形隧道模型，点击圆形隧道键，图 53 中会出现圆形隧道模型。对于圆形隧道需要下列参数：

1. 圆心坐标，X 和 Y。
2. 隧道中到中半径。

#### *盾构法隧道衬砌*

如果要生成盾构法隧道衬砌，选择盾构法隧道的选项。盾构法隧道衬砌输入表会出现。每片管片接头需要一行输入数据。输入数据包括：接头的角度，是否有铰支，铰支刚度。输入必须沿隧道顶点顺时针方向逐一输入，隧道的顶点为零度。如果要考虑接头刚度，选择铰支选项。接头刚度

系数从 0 到 1。0 为铰支，在该点弯矩为零。1 为刚性接头，也就是没有接头。若该系数是 0 和 1 之间，譬如说是 0.3，那么接头刚度就为管片刚度的 0.3 倍。

#### *直墙穹形隧道封闭道衬砌*

如果选择此项选项，输入参数除了以上提及的以外，还必须给出墙高参数。

#### *不封闭马蹄形隧道衬砌*

隧道形状选项 3 和 4 是不封闭马蹄形隧道衬砌，此类隧道是由三条光滑连接的曲线组成的。选项 3 和 4 的区别是选项 3 隧道底部是铰接，而选项 4 隧道底部是刚度连接。

对于这类隧道需要以下参数：

1. 穹顶圆心坐标，X 和 Y。
2. 穹顶半径
3. 边墙墙高
4. 底宽
5. 顶宽

顶宽不能宽过拱顶直径。如果顶宽等于顶拱直径等于底宽，此类隧道变成直墙拱形隧道。

#### *封闭式马蹄形隧道*

隧道形状选项 5 是封闭式马蹄形隧道，这类隧道是由六段曲线光滑连接而成（见图 54），这类隧道需要以下参数：

1. 顶圆的圆心坐标，X 和 Y
2. 顶圆半径
3. 边墙墙高
4. 底宽
5. 顶宽

6. R1, 底部半径

7. R2, 墙角半径

顶宽不能大于隧道顶圆的直径。如果 R1 为 0, 隧道底部为直线。若 R2 为 0, 墙角为锐角。

### *任意形态*

Visual Slope 允许用户采用圆弧和直线的组合创造任何形状的隧道截面。因为隧道截面对称的, 所以只需建立右半边隧道截面即可。截面参数必须从顶部沿顺时针方向建立 (见图 55)。

### *纯弧形截面*

如果选择纯弧形截面, 那隧道截面将由一系列光滑连接的圆弧组成。在给出隧道顶部的坐标后, 沿顺时针方向依次输入各圆弧的圆心坐标, 不需要输入半径。Visual Slope 会根据圆心坐标和相切条件自动算出半径。

### *直线和弧线截面*

若不选择纯弧形截面, 那么隧道截面由一系列直线和圆弧组成, 接点处不一定是光滑连接。在给出隧道顶部的坐标后, 每条线的末端坐标必须沿顺时针方向给出。若是弧线, 弧线的圆心坐标也必须给出。隧道截面可以是封闭的也可以是不封闭的。

### *显示模型*

要看隧道截面模型, 按显示截面键 (图 55), 隧道截面就会显示在主页面上 (图 56)。

### 荷载条件

荷载正负的约定是荷载指向隧道的荷载为负, 反之为正。例如隧道内部的水压力为正, 隧道外部的的水压力为负。

### *水压力*

水压力为圆周压力, 如果指向隧道为负, 相反为正。

### *注浆压力*

注浆压力必须沿顺时针方向逐点建立。隧道顶点角度为 0 度。每一注浆点必须有起始角度, 终点角度和压力值 (见图 57)。

### 垂直和水平压力

要输入垂直或水平压力，按垂直或水平压力键（图 55），输入页面（图 58）就会出现。Visual Slope 允许用户输入四种不同的垂直压力和四种不同的水平压力。对于每一种压力，用户需给出压力的名称，点 1 的压力集度和点 2 的压力集度以及距边 1 和边 2 的距离。

### 荷载组合

在荷载状况全部建立后，用户可根据专案的要求建立荷载组合。要建立荷载组合，按图 55 中的荷载组合键，荷载组合页面（图 59）就会出现。荷载组合页面是由两列的表格组成的。在第一列中可选择荷载的名称，在第二列中用户可输入相应的荷载系数，其值可以是任何数字，若为 0 的话，该荷载将不被计入相应的计算中。若荷载系数大于 1，该相应荷载被相应地放大。若为负值，该相应荷载的方向会被颠倒。拿图 59 为例，在荷载组合 1 中只考虑注浆压。在建立了荷载组合 1 后，若有需要用户可以继续建立荷载组合 2，3 和 4。Visual Slope 对于每种分析允许用户最多建立四种不同的荷载组合。

### 计算分析

建立了模型和荷载后，可进行分析计算。以下章节将讲述分析的背景及计算的步骤。

#### 分析计算背景

为了清楚地解释分析计算的背景，请参阅图 56。若用户只需计算隧道衬砌的变形及内力，那么就使用美国陆军工程师协会所推荐的如图 60 所示的荷载结构模型进行分析计算。分析计算将基于 1-D 有限元法对每荷载组合进行分析计算。计算完成后，用户可以看到隧道衬砌的变形和内力的结果。图 61 显示隧道衬砌在荷载组合 1 下的变形情况。

如果用户不仅需要知道隧道衬砌的变形和内力而且也要了解周围地层的变形情况，那么 1D 和 2D 有限元模块都要用上。第一步，Visual Slope 会计算在隧道开挖前的地层初始应力，见图 62。第二步，Visual Slope 会上节讨论过的 1D 有限元来计算隧道衬砌的变形和内力，见图 61。第三步，用户选择一个特定荷载组会下的衬砌计算，Visual Slope 会用衬砌的变形及围岩收缩作为边界条件来进行 2D 有限元分析，以获得地层的变形及应力。地层的总应力是地层的初始应力(由第一步计算得到)和隧道开挖引起的应力(由第三步得到)的迭加。图 63 显示在荷载组合 2 情况下的地层变形情况。沿道隧道衬砌周边，地层的变形和衬砌变形(由第二步计算得到)完全吻合。



## 分析计算

要进行隧道衬砌分析计算，点击分析板面上的隧道衬砌设计键，隧道衬砌设计页面就会出现，见图 64。

## 包括地层

如果要同时对隧道衬砌和周边地层进行分析，就选择这选项，详见计算分析背景章节。如果选择了这个选项，有需要的话也可给出地层收缩值。所谓地层收缩是地层在隧道开挖后衬砌尚未安装之前的变形。

## 分析种类

Visual Slope 提供几种不同的衬砌计算方法(不针对地层)

1. 一维有限元分析方法(参考图 60)
2. Ranken 和 Schwartz-Einstein 法，这两种方法是根据弹性力学对圆形隧道衬砌的分析方法。
3. 采用释放应力对隧道衬砌进行一维有限元的分析。

如果确定要包括地层，并选定分析方法后，计算就会自行进行。计算结束后，图 64 所示的计算结果就会出现。各种图形，如变形图，弯矩图等，可显示在主页面上。图形和文字报告都可以打印或保存为不同形式的文件。在分析页面关闭时，如果选择包括地层 Visual Slope 会用 2D 有限元的地层进行分析。详见 2D 有限元的章节。

## 视频演示

请点击本视频观看[隧道衬砌设计](#)的全部操作过程。

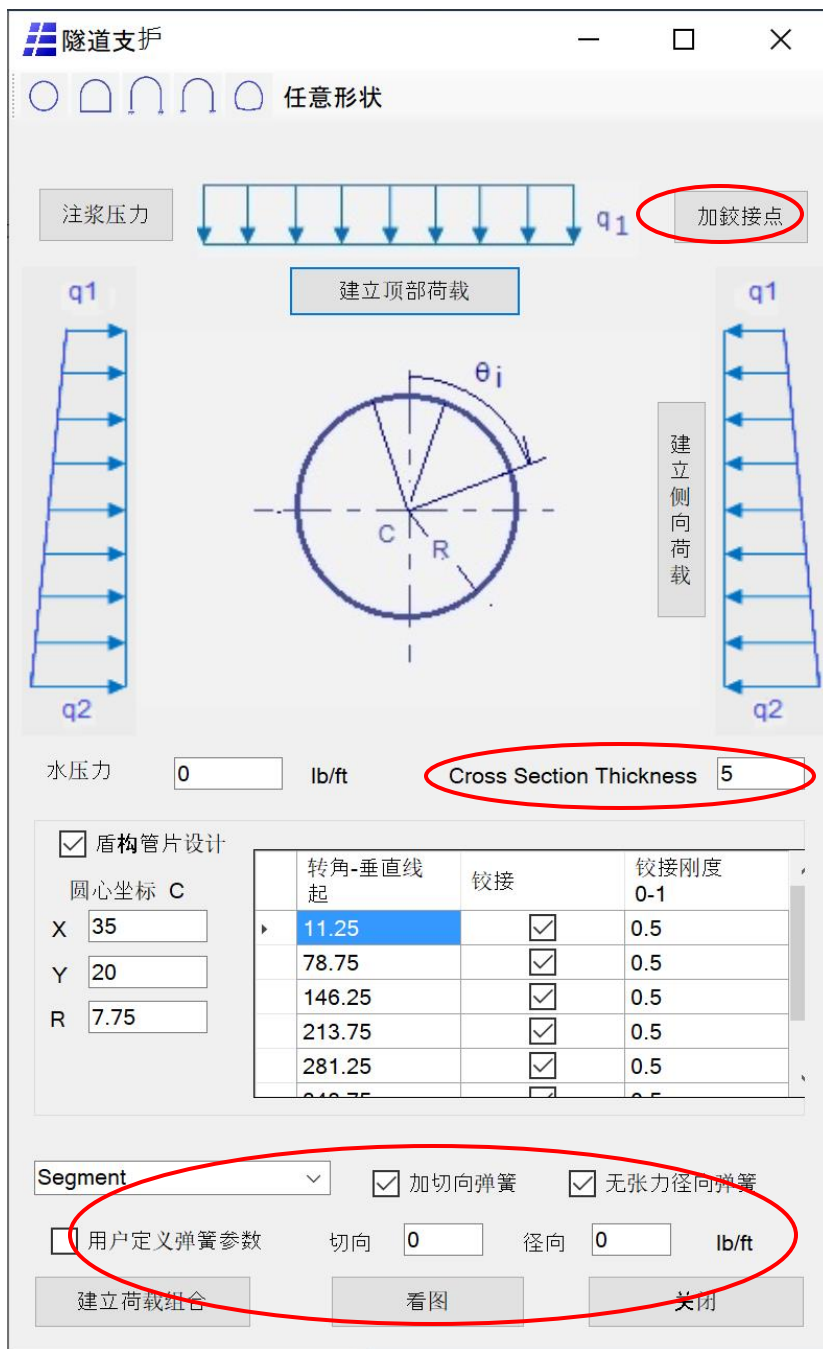


图 53: 隧道衬砌生成工具

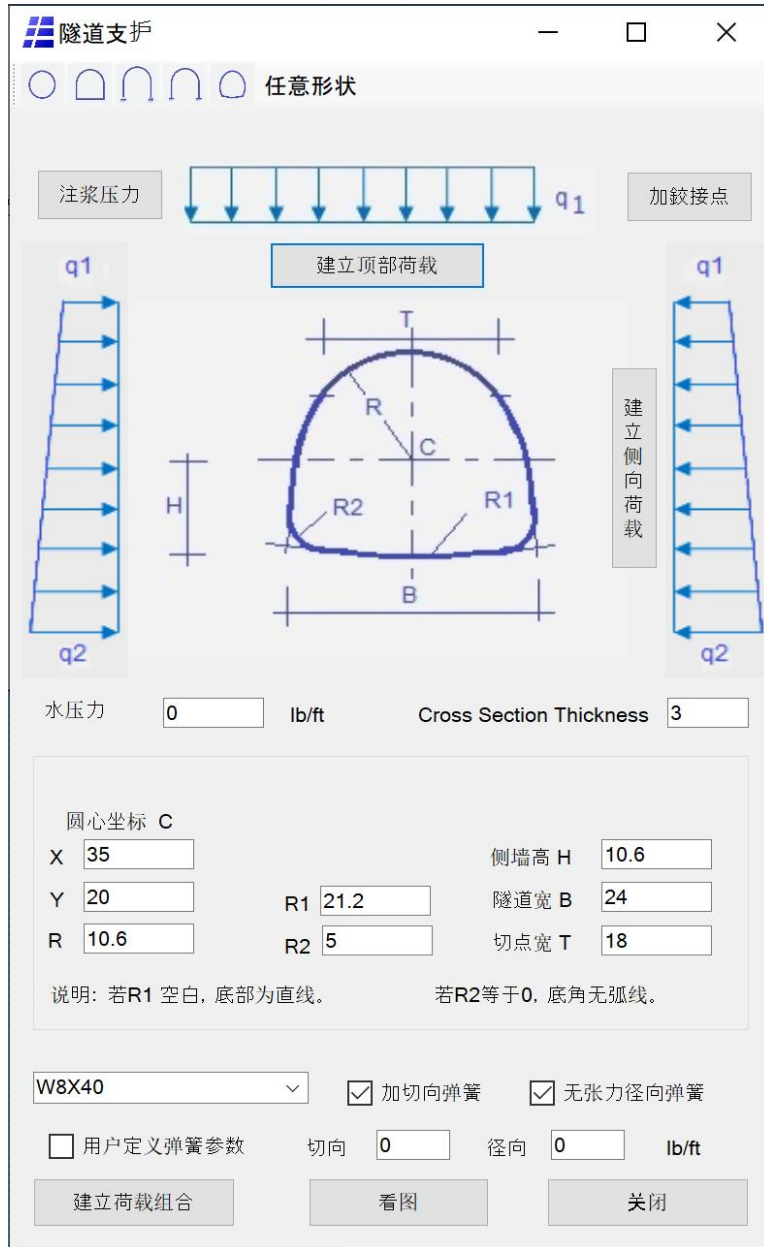


图 54: 封闭马蹄段

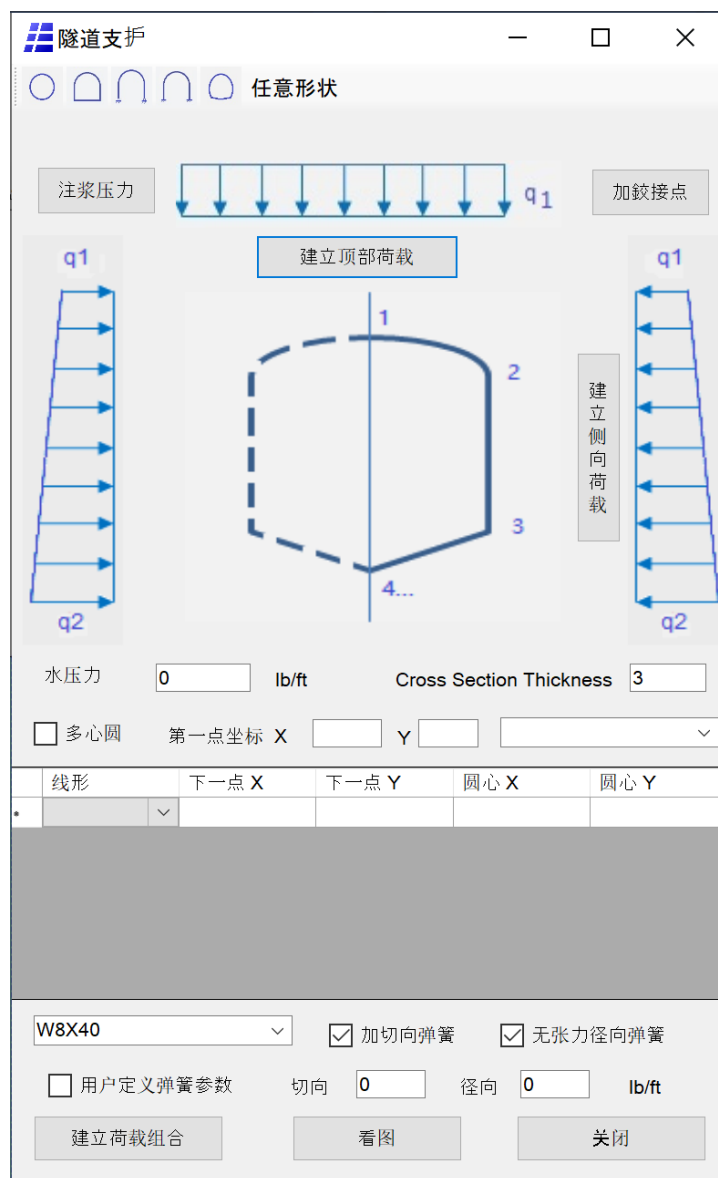


图 55: 任何形状的隧道

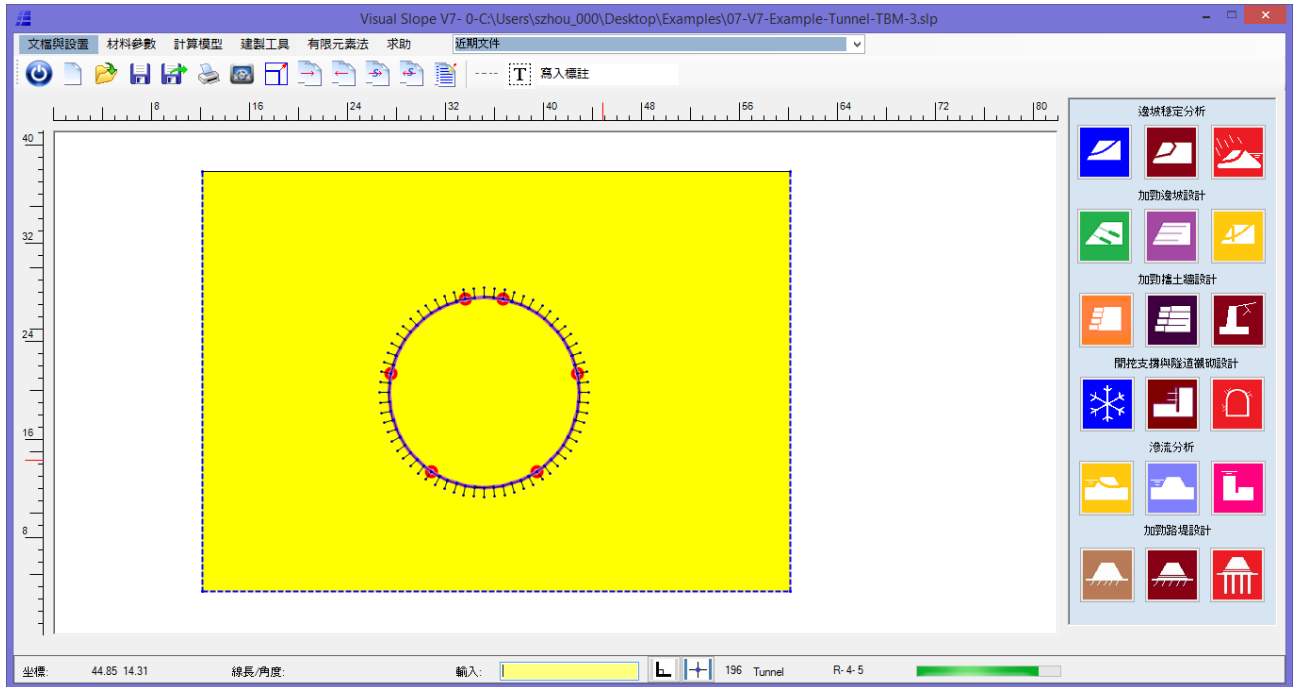


图 56: 隧道建模

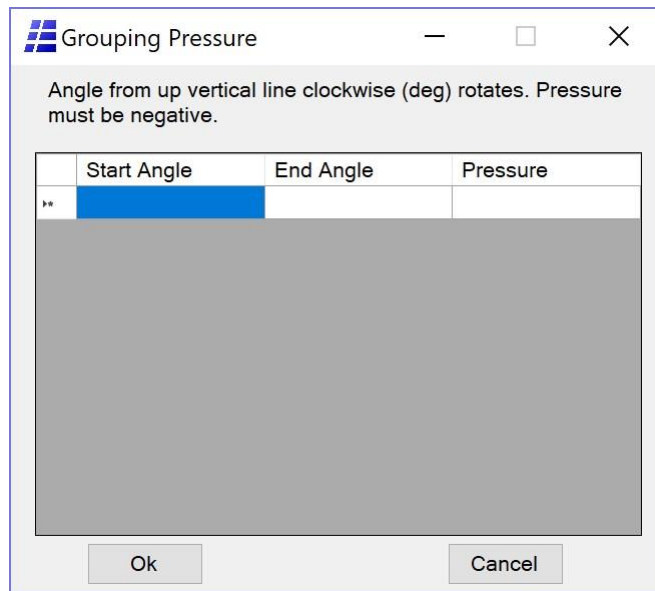


图 57: 灌浆压力之设定页面

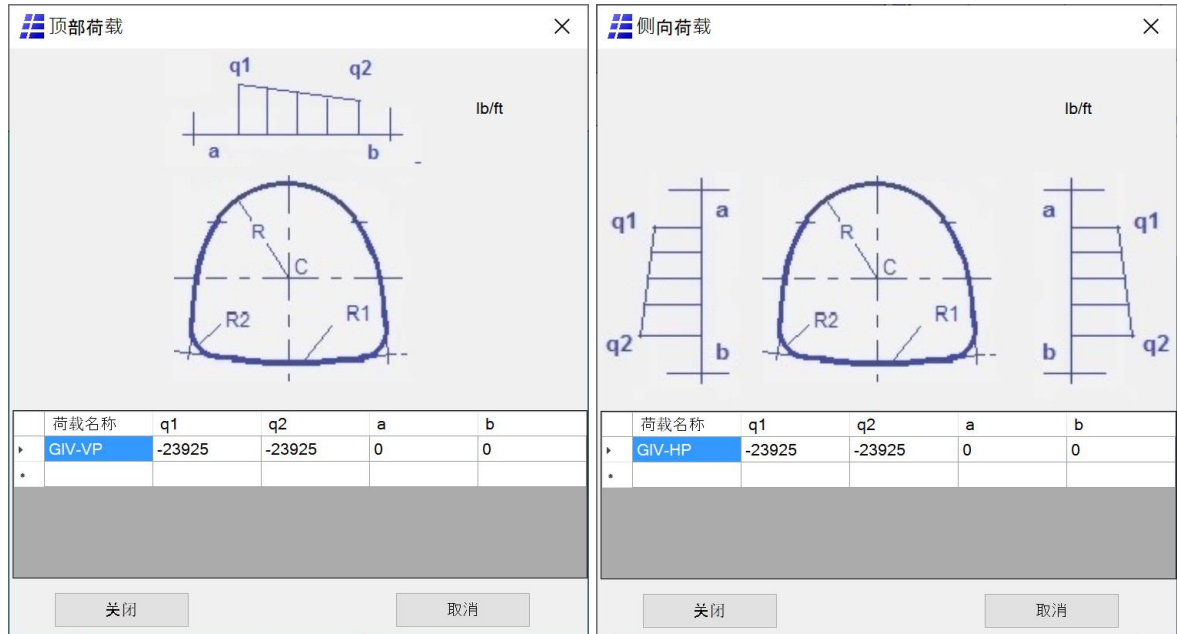


图 58: 垂直和水平压力输入页



图 59: 荷载组合页

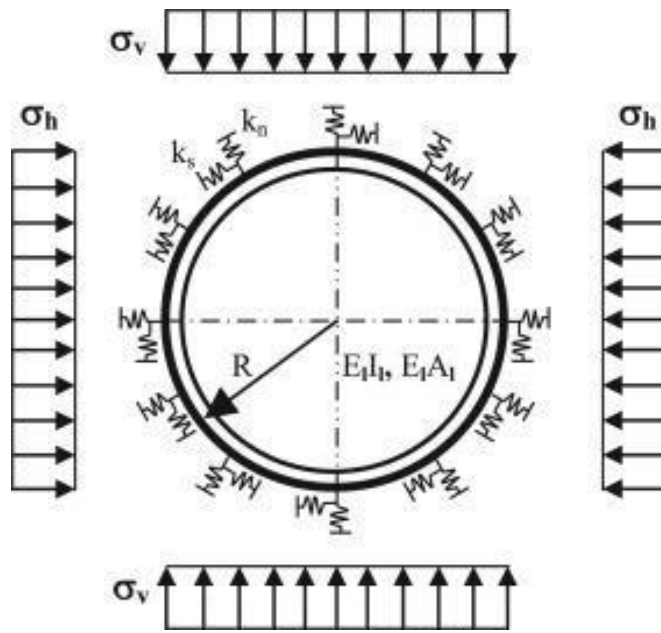


图 60: 负载结构模型

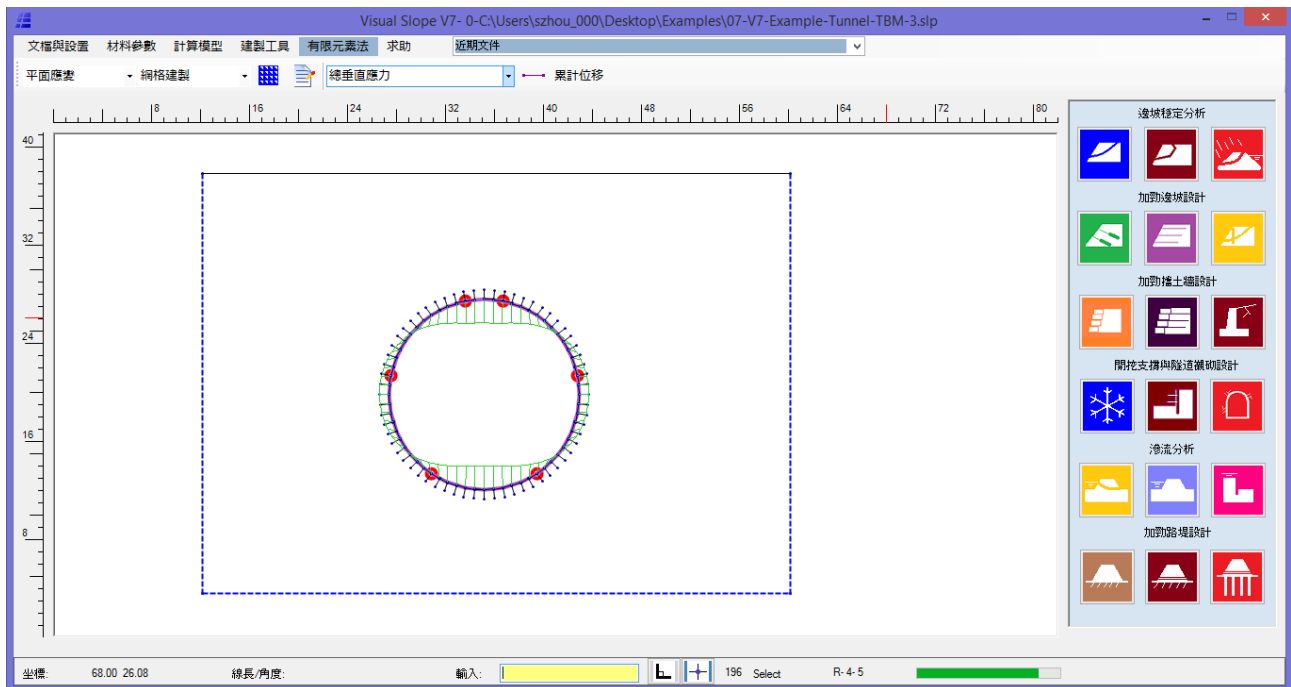


图 61: 荷载组合 2 下的隧道衬砌变形

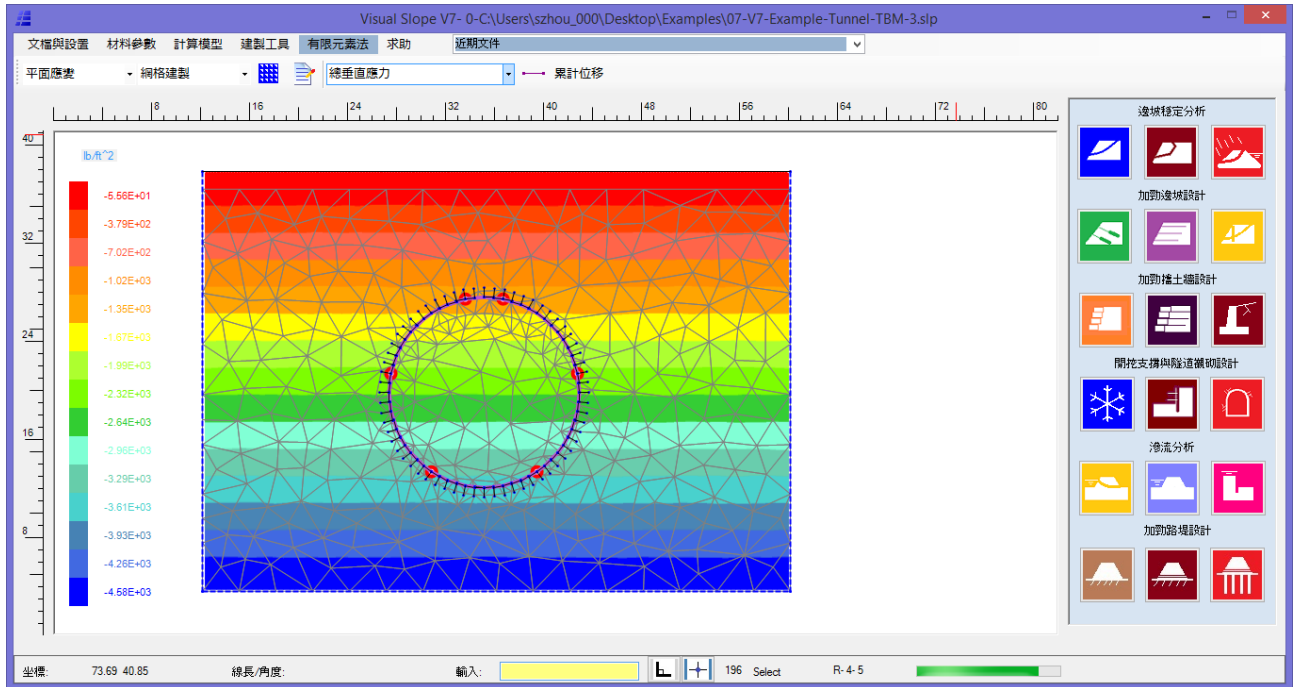


图 62: 地面初始垂直应力和沉陷

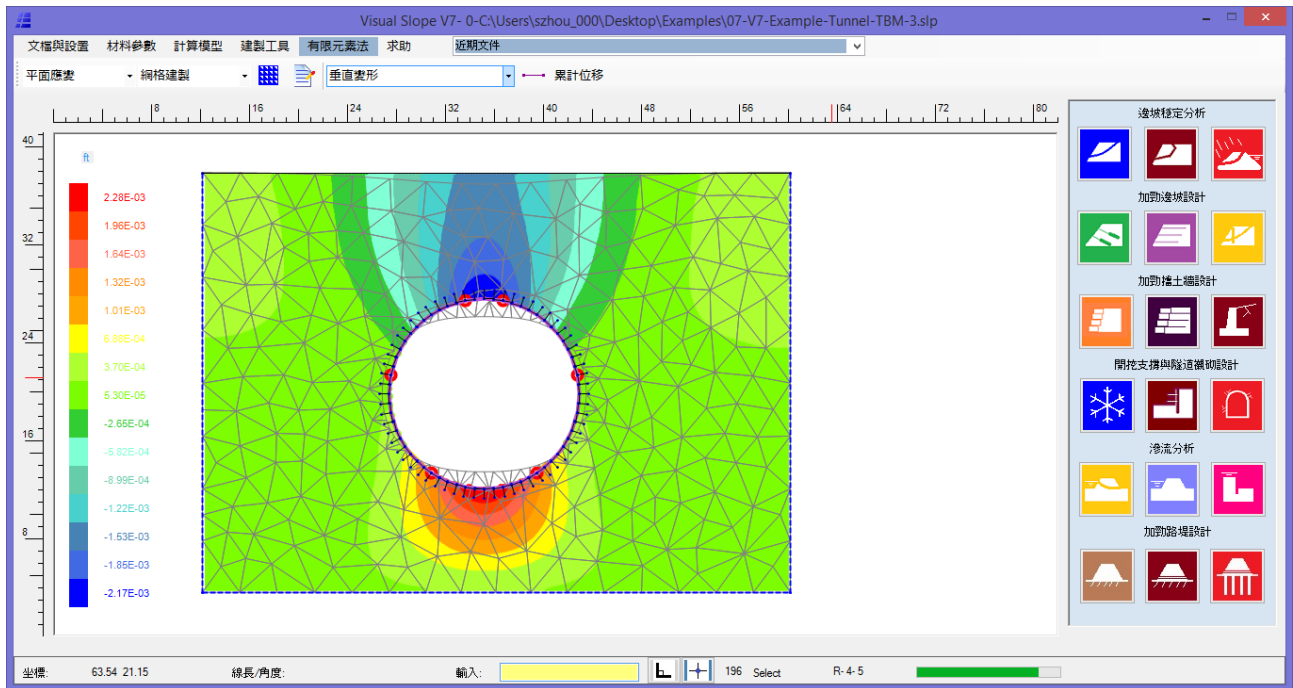


图 63: 载荷组合 2 下的地面变形 (网格) 和沉陷 (轮廓)





图 64: 隧道衬砌设计视频范例页面

## 冻结法施工设计

冻结法可用于软土基坑开挖，以防止周围土体的坍塌和流失。这种施工方法已有一百多年的历史。但长期以来在冻结法施工设计中设计人员只是用尺和圆规来布置冻结管，这可能造成设计的不准确，不经济和不安全。

Visual Slope 冻结法设计模块采用二维差分法分析使设计变得更加方便，精确和有效。在 Visual Slope 冻结法的设计中长度单位必须是米，温度单位必须是摄氏。虽然 Visual Slope 冻结法设计模块是一个二维的程序，但它可分别被用于沿冻结管径向的温度分布分析，也可被用来对沿冻结管纵向的温度分布的分析。以下章节将讲述怎样使用 Visual Slope 冻结法施工设计模块。

## 径向分析

在俯视模型中电脑屏幕是地表面或开挖表面，冻结管从地表（电脑屏幕）垂直进入，所以冻结管的分布在电脑屏幕上看来是点分布（图 66）。径向分析是对沿冻结管径向的温度场进行分析。用户必须采用冻结法生成工具来布置冻结管。在生成选单下点击冻结法生成工具，如图 65 所示的冻结法生成页面就会出现。该页面可以分为四个部分。

### *共享参数*

共享参数部分包括：1) 地层初始温度，2) 地层热传导系数（单位为： $J/s/m/derC$ ），3) 冻结管温度，4) 冻结天数。这些参数是供整个分析使用，所以必须先设置好。

### *冻结管直线分布生成*

冻结管直线分布生成工具可以生成一排冻结管。一排冻结管的起点坐标，终点坐标，及这排总共多少根冻结管必须首先给出，然后点击生成键，这排冻结管就生成好了。

### *冻结管弧形分布生成*

如果冻结管呈弧形分布，冻结管弧形分布生成工具可用来生成上半圆，或下半圆，或整个圆。如果只需要弧形中的一部分冻结管，可以用编辑的方式来删除不需要的点。

### *逐点生成*

要随意逐点生成冻结管，在下拉式列表中点击最上面的空行，一个红键可出现在该行的右边。点击该红键，再将光标移至所需冻结管的位置，点击该位置，冻结管就生成好了。冻结管的坐标会出现在列表中。用户也可以采用直接输入坐标的方法来建立冻结管。

### *计算分析*

一旦如图 66 的模型建立完毕，要进行计算分析，点击分析板块中冻结法设计键。图 67 显示分析结果。

## 沿冻结管深度方向分析

沿冻结管深度方向的模型可用来计算沿冻结管纵向的温度场。在这类分析中，冻结管平行于电脑屏幕，冻结管用 Visual Slope 中的限制线来模拟，见图 68。冻结管的温度可以用线编辑来设置（图 69）。图中的折减系数，在冻结法分析中是冻结管的温度。地层条件要用上节讲述过的方法来建立。

## 计算分析

一旦如图 66 的模型建立完毕，要进行计算分析，点击分析板块中冻结法设计键。图 70 显示分析结果。

## 视频演示

请点击本视频观看[冻结法施工设计](#)的全部操作过程。

### Freezing

地层原始温度

热传导系数(J/s/m/degC)

冷冻管温度

冻结天数

管点直线生成

起点坐标      终点坐标      总点数

X             >=2

Y            

管点圆弧形生成

冷冻管       隔温层

上圆       下圆

圆心坐标      半径      总点数

X             >=2

Y            

X	Y	温度
11.85	11.35	-25
12.5	12.1	-25
12.85	13	-25
13.15	14.05	-25
13.35	14.95	-25
13.25	16	-25
13.05	16.85	-25
12.7	17.75	-25
12.2	18.55	-25

图 65: 冰冻工法设置页

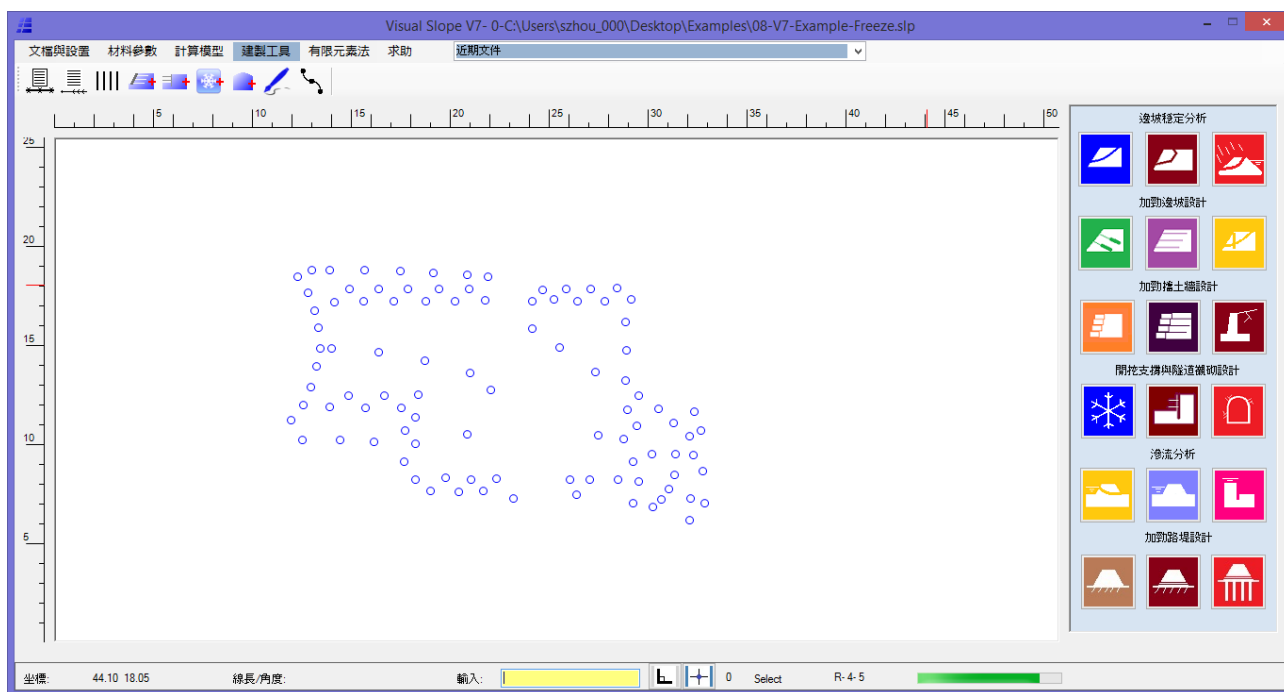


图 66: 冻结管道布局

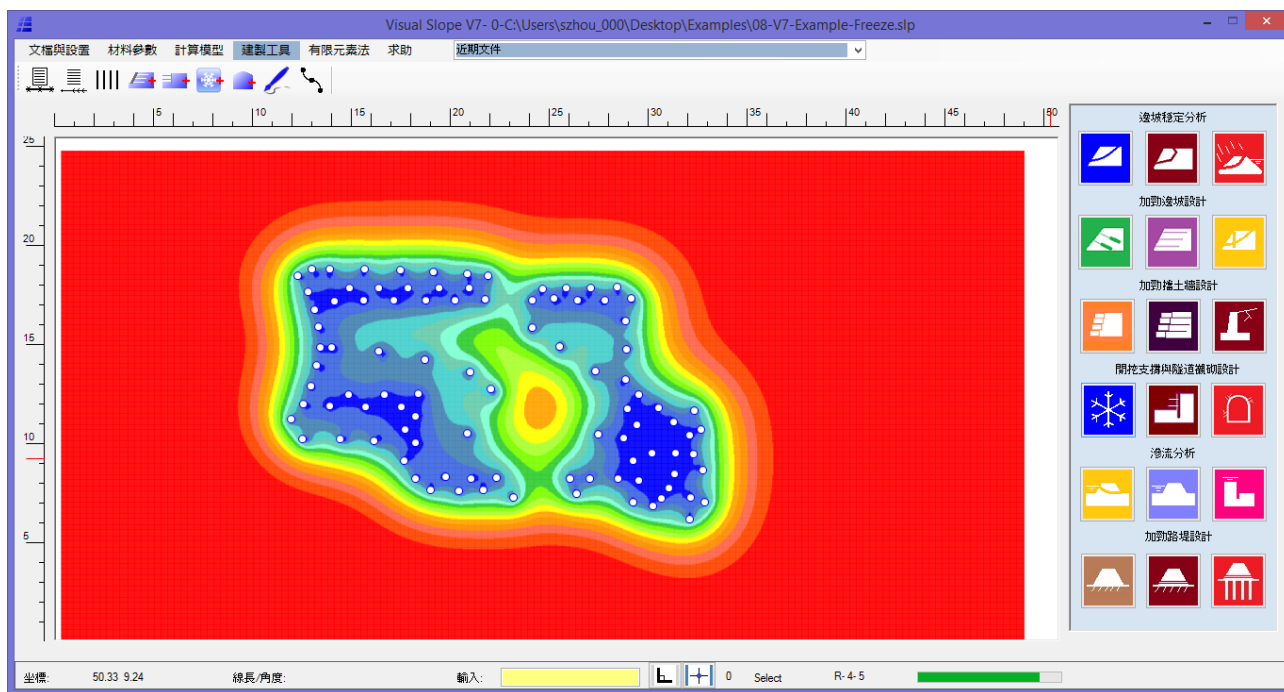


图 67: 温度分布

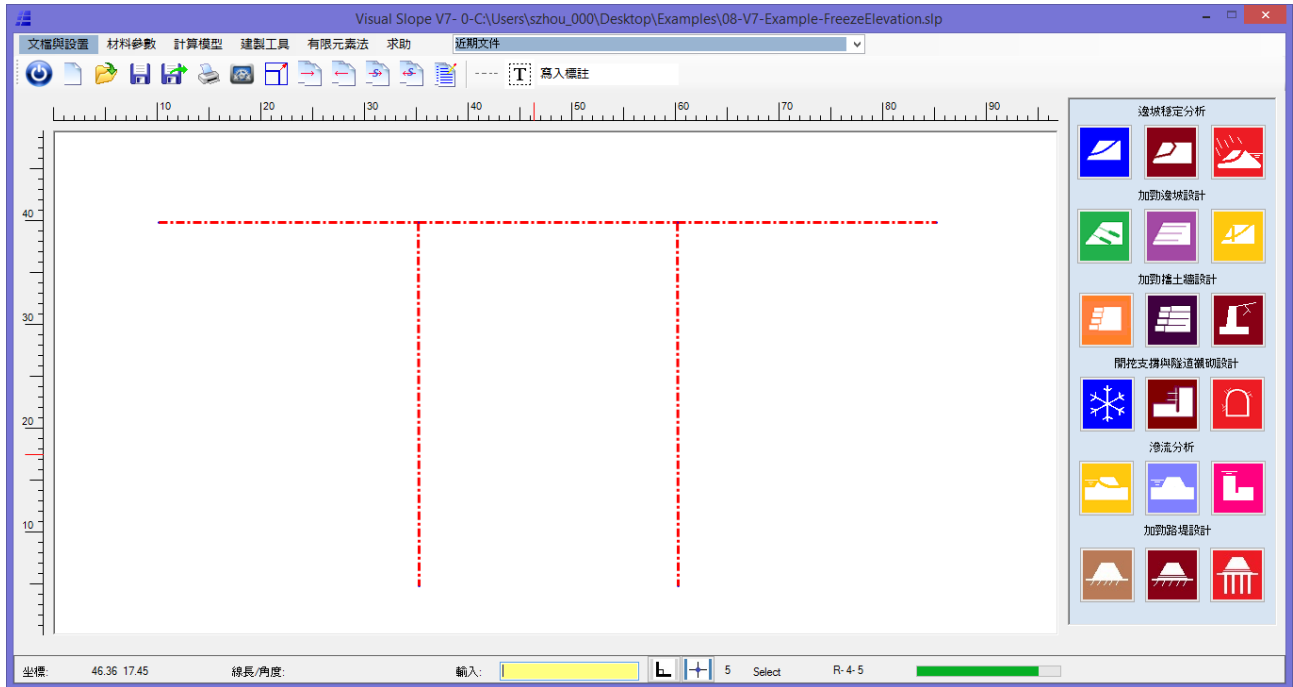


图 68: 侧视图建模

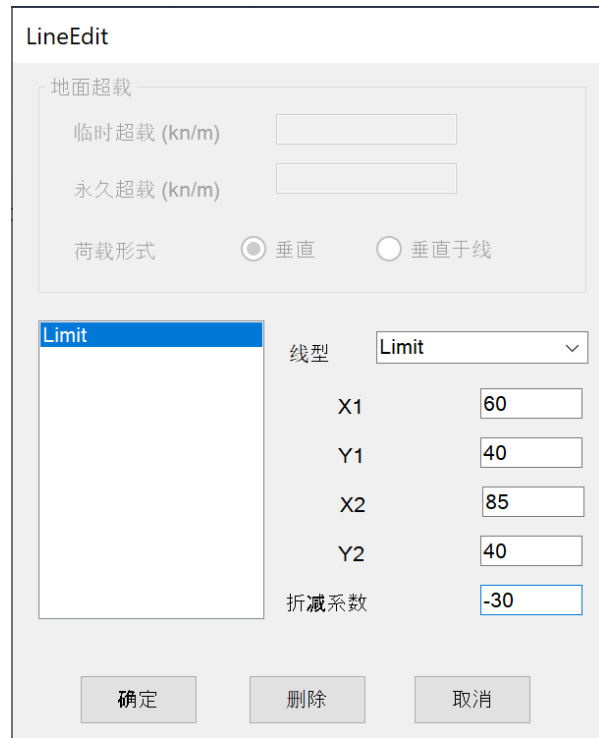


图 69: 限制线的编辑页面

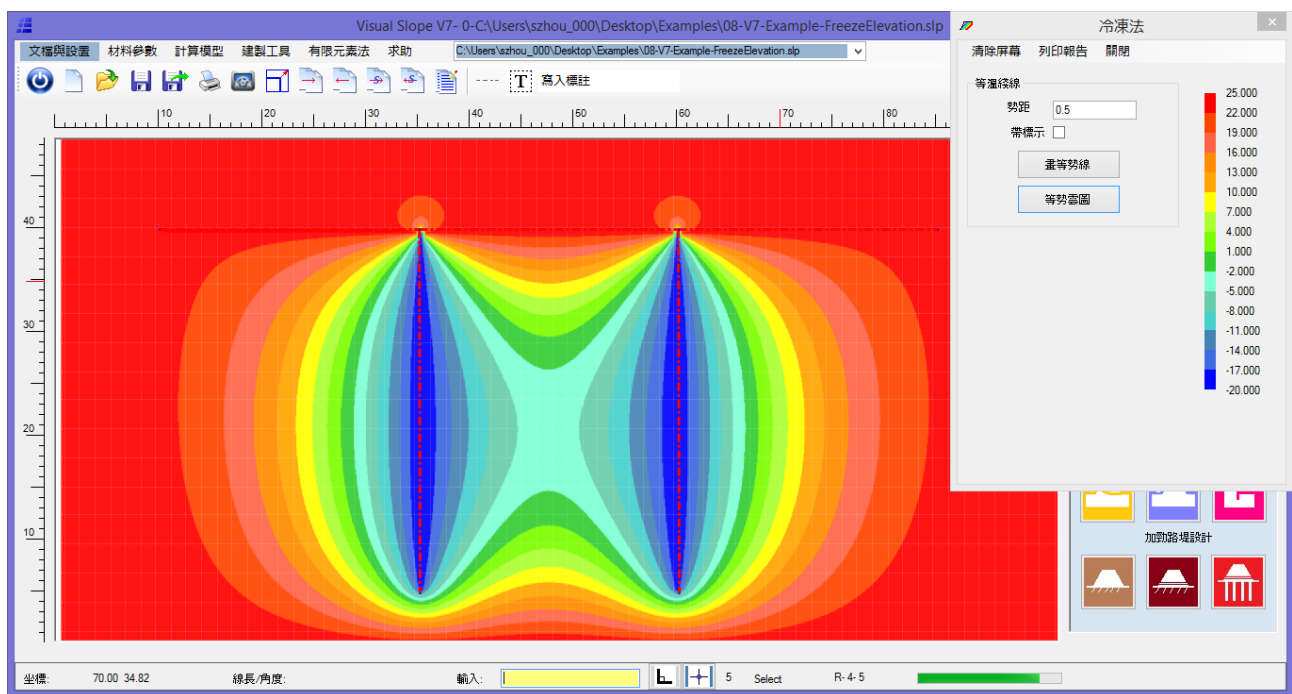


图 70: 温度分布

## 桩承式加筋路堤设计及复合地基设计

随着桩承式加筋土技术的发展，桩承式加筋路堤和复合基础将会提供经济合理，施工方便，沉降量小，可靠性强，便于监理，环保性强的施工方法。可是目前市场上还没有方便的设计工具。Visual Slope 根据德国 EBGEO 的建议研发了桩承式加筋路堤设计及复合地基设计模块。这个模块简便可靠。

### 建模

桩承式加筋路堤设计及复合地基设计的建模方法与边坡稳定分析的建模方法基本相同，请参照有关章节。桩可以直接画入，也可以采用生成法加入。参照材料章节来建立桩的参数。图 71 是一个典型的桩承式加筋路堤设计及复合地基设计的模型，其中包括地层，两层加筋材料及桩。

### 计算分析

要进行计算分析，点击桩承式加筋路堤设计及复合地基设计键。图 72 显示分析结果。

### 视频演示

请点击本视频观看[桩承式加筋路堤及复合基础设计](#)的全部操作过程

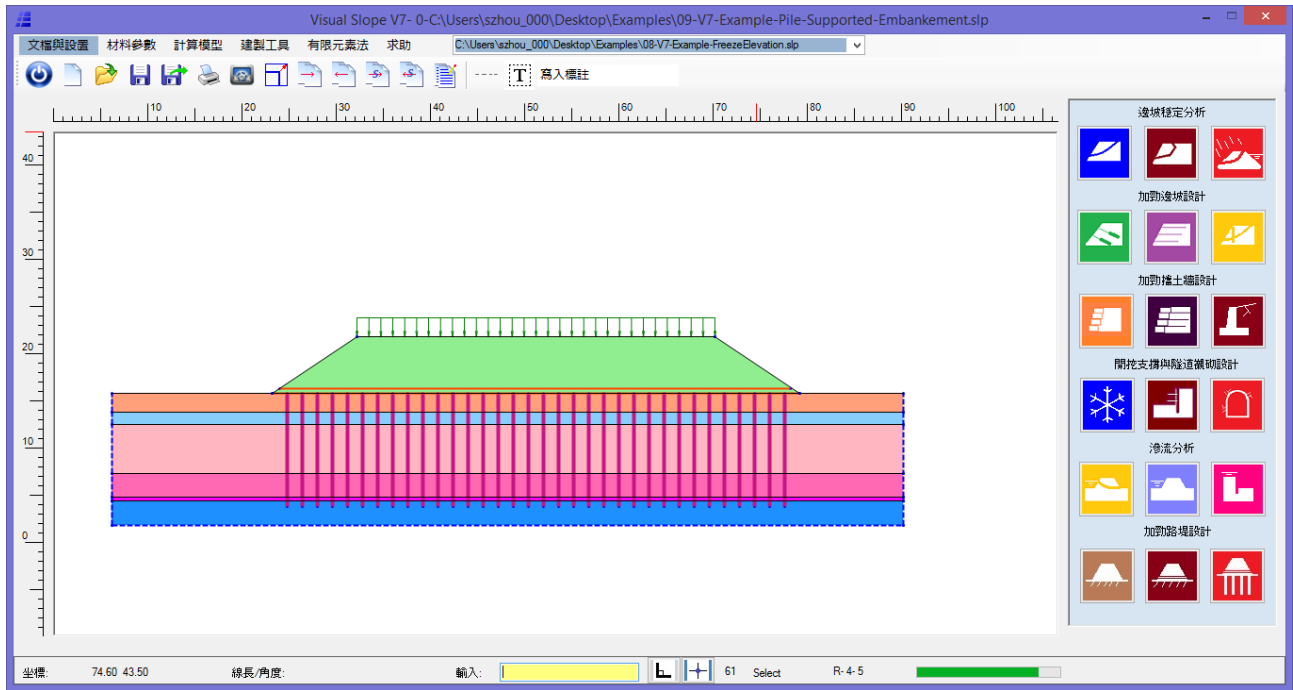


图 71: 桩基支承加筋路堤

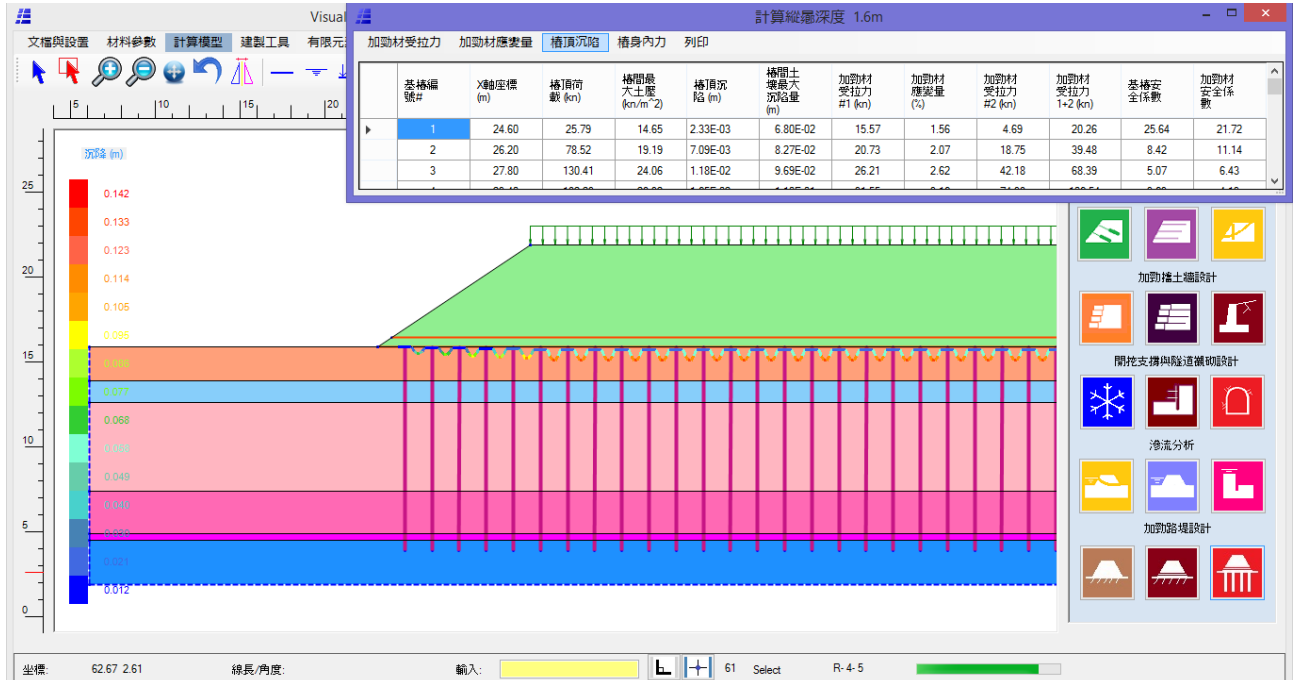


图 72: 表列桩基支承加筋路堤的分析结果

## 2-D 有限元分析

Visual Slope 第七版中的 2-D 有限元分析模块是基于弹性理论，其主要目的是用于协助其他设计模块。用 2-D 有限元分析模块，用户不仅可以对所设计的结构进行内力和变形分析，而且可以对周边地层的变形和应力分析，这有助于估计施工对周边结构的影响，比如在基坑工程和隧道工程中。在其他设计模块中，比如边坡稳定分析模块，2-D 有限元分析也提供了新的计算方法。

除了以上提到的功能外，2-D 有限元分析模块也可以单独用来作为普通的有限元程序对一些简单的问题进行分析。这一章节中主要讲解怎样使用 2-D 有限元分析模块作为一个独立的模块，包括建模，网格生成，分阶施工及生成报告等。

### 单元种类和建模

目前 Visual Slope 2-D 有限元分析模块有三种单元：三角形实体单元可用于模拟土体和岩体；梁单元可用于模拟受弯结构像是基坑支护或隧道衬砌等；轴力单元用于模拟轴向受力构件如支撑和锚杆等。Visual Slope 中的三角形单元是六节点等参单元，梁单元是三节点等参单元，轴力单元是两节点线性单元，在建模时可用灌浆段锚杆来代表。在加筋土案例中的加筋材料，由于加筋材料层与层之间的垂直间距很窄，如果每层加筋材料都作为轴力单元来模拟会造成模型太挤。所以为了考虑加筋材料的作用，Visual Slope 会自动将加筋材料的水平刚度加入到相应土体单元的水平刚度中去。

Visual Slope 2-D 有限元模块的建模方法和边坡稳定的建模方法基本相同，所以请参阅相关章节。

在边界条件方面，目前 Visual Slope 2-D 有限元模块允许限制水平位移的垂直边界和限制垂直位移的水平边界。在水平和垂直边界的角点，垂直位移和水平位移都将被限制。

### 分析种类

Visual Slope 2-D 有限元模块可以进行三种分析：平面应变，平面应力和轴对称分析。用户可根据具体项目应用适当的分析方法。

#### 平面应变

如果在一个项目中，长度比截面尺寸大得多，并且荷载不会引起严重的纵向变形，所以纵向变形可以被忽略。在这样的情况下，一个垂直于纵轴线的截面可以拿来分析，例如隧道工程或长的边坡工程。



### 平面应力

如果有个对象的截面尺寸远大于厚度，比如像一块板，并且荷载平行于截面，可以采用平面应力分析。

### 轴对称分析

如果有个物体是由绕某一轴线旋转而成，譬如一个圆桶，对于这种的物体可以用一根对称轴，径向距离及转角来确定物体每一点位置。如果荷载也是轴对称的，物体的应力和变形就与转角无关。原来的三维问题就转化为二维问题。在现实工程中的圆形基础可以用轴对称模型来分析。

### 网格生成

模型建立以后，在网格生成列表中选择生成怎样的网格，其中包括基本网格，粗网格，细网格，和及细网格。在大多数情况下应该使用基本网格。

### 分阶施工的例题

为了解释 2-D 有限元模块分阶施工的计算过程，我们用图 73 所示的简单例题来说明，这个例题中要在地面上建一个路堤，我们要计算由于路堤引起的地表沉降及地层应力。我们用平面应变的方法来分析。以下各节将详细讲述分析步骤。

### 建模

图 73 是这个例题的模型，其中绿色的是地层，棕色的是路堤。在建立模型之后，在 FEM 标签下的分阶设置下拉式选单中，选择加入此步，这一步就被保存为阶段 1。

### 网格生存

从网格生成表中，选择基本网格来生成网格，网格如图 74。

### 地层初始应力和变形计算

在填土前，地层在自重的作用下会产生应力和变形，其中的垂直变形是沉降。这种应力和变形称为初始应力和初始变形。用群选择的方法选择路堤，并按鼠标的右键，然后选择消除土体线条功能来解除路堤的功能并加入此模型为下一步（图 75）。按 FEM 计算键来计算初始应力和变形，图 76 是计算结果。

### *最终应力和变形计算*

在计算了初始条件之后，恢复路堤功能（见群选择章节）为进行最终计算作准备，并如前所述加入这个阶段。最终计算必须包含初始应力但去除初始变形因为我们只需知路堤引起的沉降。为了达到这个目的，按位移归零键，然后按 FEM 计算键。初始应力加路堤引起的应力是最终应力，见图 77，而最终的沉降只是路堤堆载引起的沉降，见图 78。

### *数据采集*

要采集某类数据，像路堤基础沉降，按在 FEM 选单下的数据采集工具键，并沿路堤基础画一条线，数据就会出现在图 77 所示的数据采集表中。这此数据可以被拷贝和粘贴到 spreadsheet 上。

### *建立计算步骤*

每一计算步骤的计算模型可以被修改，保存和重新使用。在计算步骤的列表中有五项功能：

#### *加入步骤*

此功能将当前模型加至为最后一步。

#### *保存步骤*

此功能将保存所有对当前模型的修改。

#### *插入步骤*

此功能将当前模型插入到当前步骤之前。

#### *删除步骤*

此功能删除当前步骤。

#### *删除所有步骤*

此功能删除所有步骤。

### *视频演示*

请点击本视频观看[有限元分析](#)的全部操作过程。

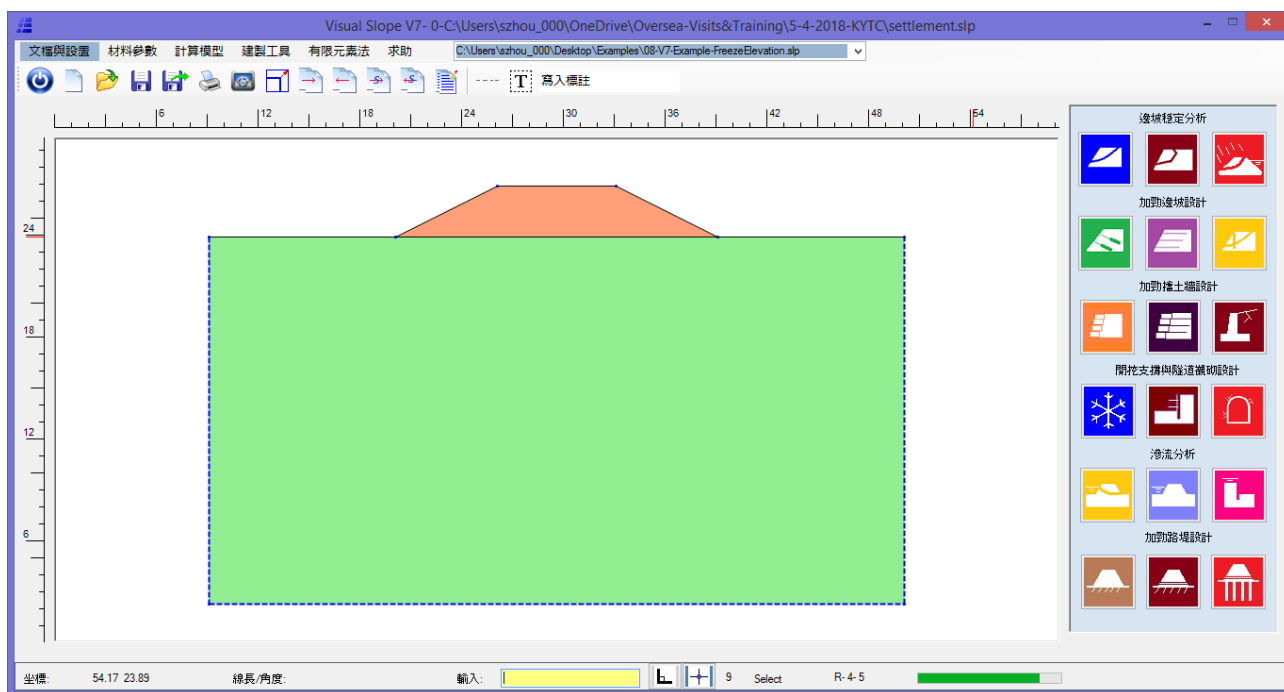


图 73: 分阶施工范例

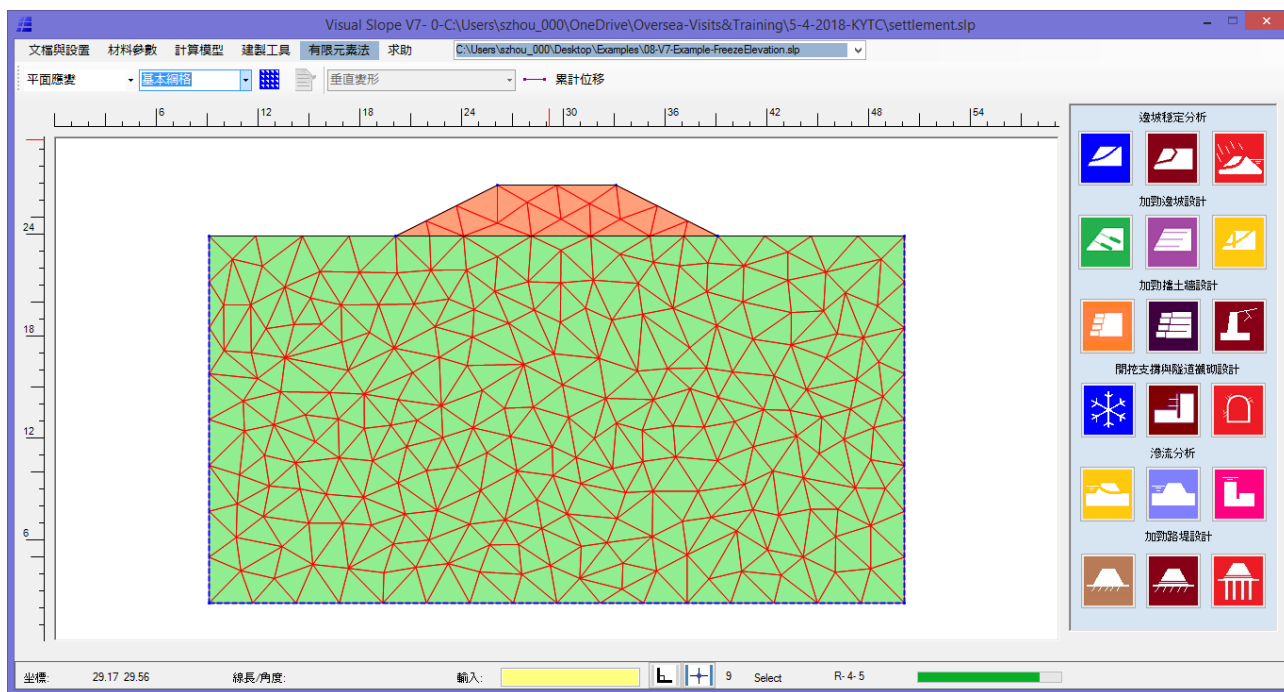


图 74: 网格生成

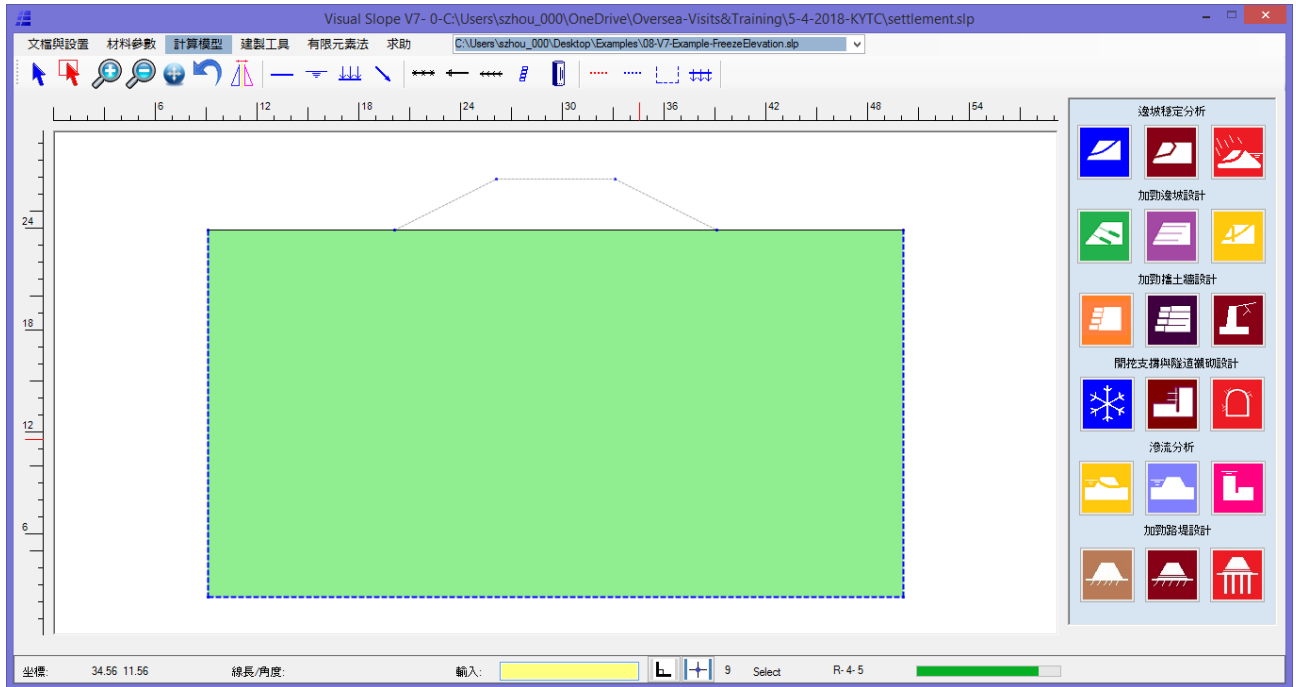


图 75: 解除路堤

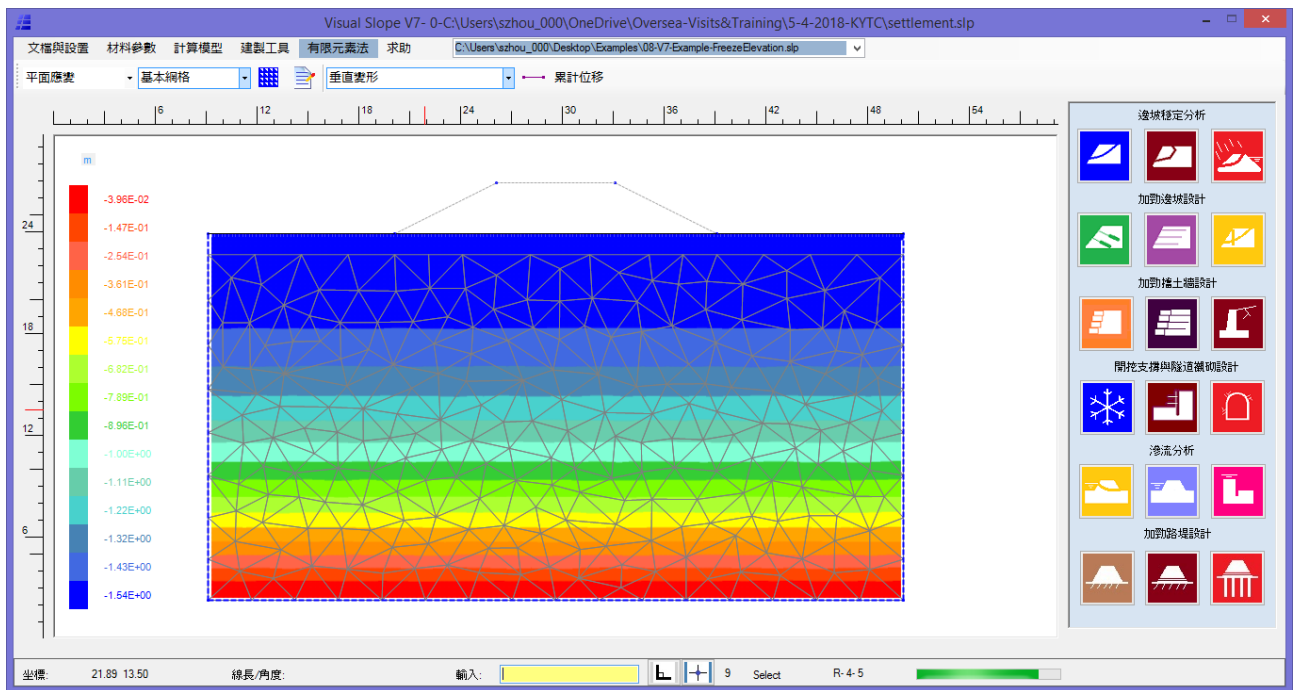


图 76: 初始条件

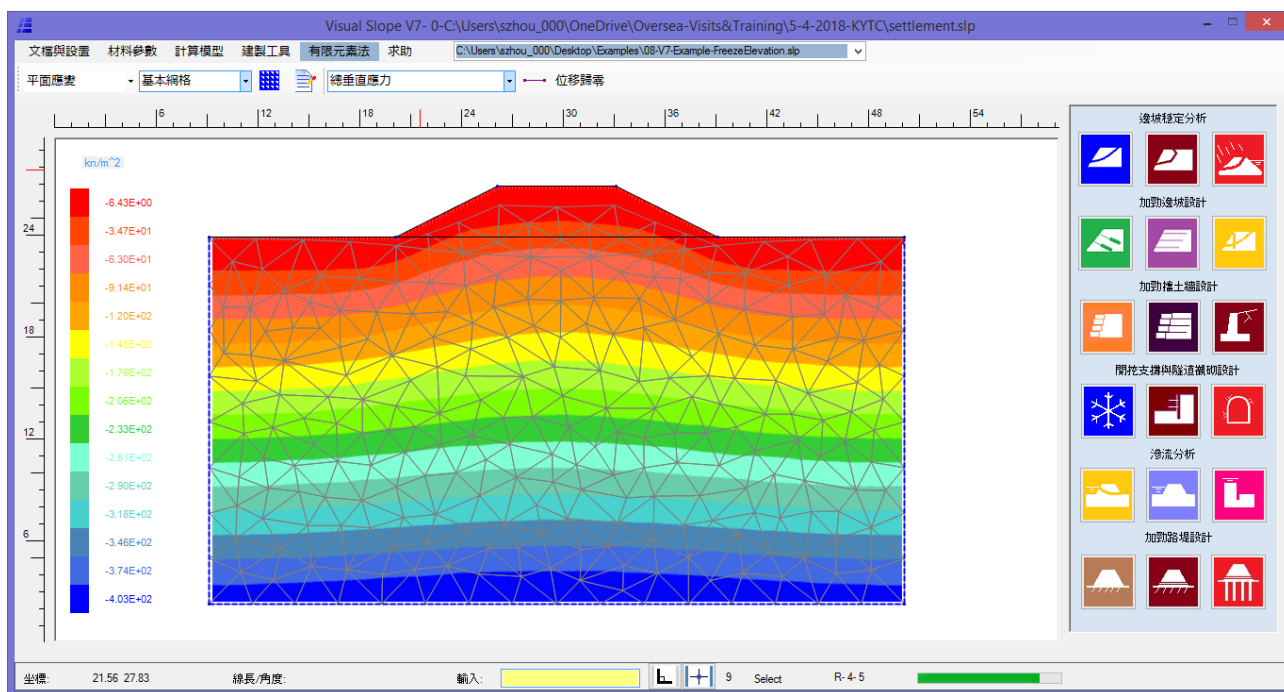


图 77: 填土引致之最终垂直应力

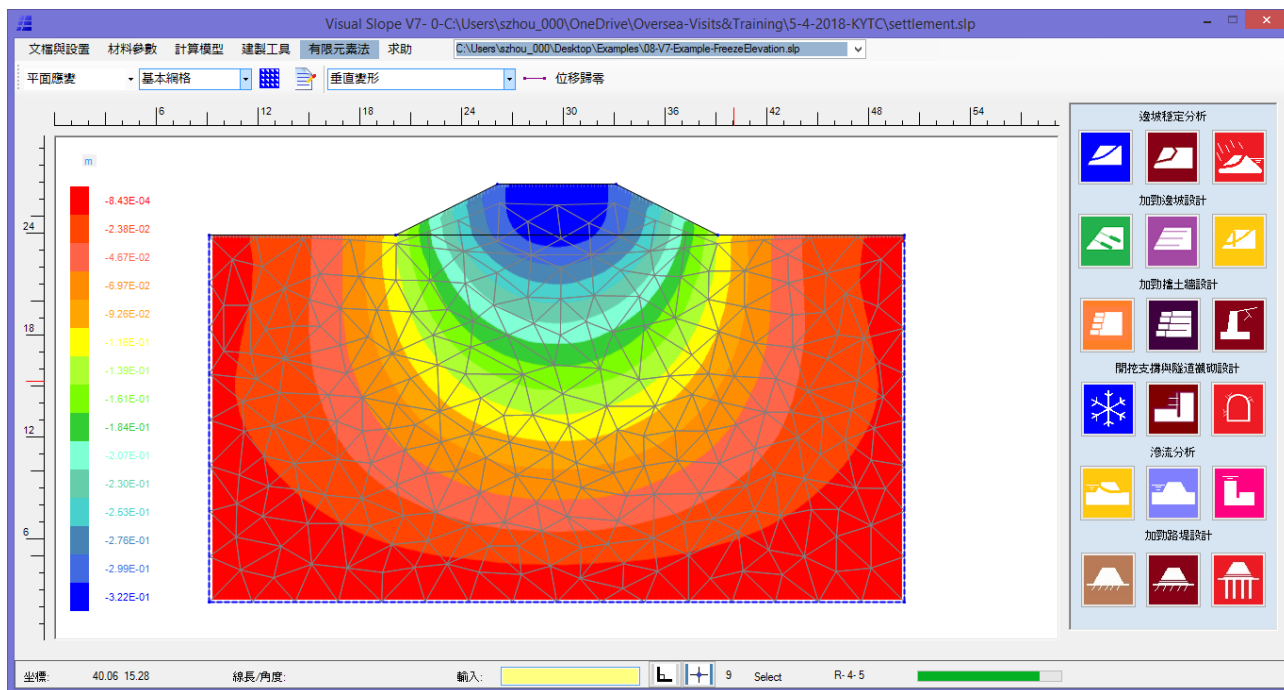


图 78: 填土引致之最终沉降量

## 参考文献

- Das, B. M. *Principles of Geotechnical Engineering*. 50th ed. Brooks/Cole Thomson Learning, 2002.
- Department of the Army: Army Corps of Engineers. *Tunnels and Shafts in Rock*. EM 1110-2-2901, 1997.
- Hinton, E. and D. R. J. Owen. *Finite Element Programming*. Academic Press, 1977.
- Huang, Y. H. *Stability Analysis of Earth Slopes*. Van Nostrand Reinhold Company, 1972.
- Kempfert, H. G. "German Recommendations for Reinforced Embankments on Pile-Similar Element." *Bauingenieur Band 77*, 2002.
- National Concrete Masonry Association. *Design Manual for Segmental Retaining Walls*. 2nd ed. 1997.
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. *Load and Resistance Factor Design (LRFD) for Highway Bridge Substructures*. Publication No. FHWA HI-98-032, 2001.
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. *Soil Nail Walls Reference Manual*. Publication No. FHWA-NHI-14-007, 2015.