挡土墙电子表格使用手册

1 前言

在利用库仑土压力理论确定挡土墙后主动土压力时,通常假定墙后填土破坏时将沿着土体内某一直线滑裂面滑动,通过分析由墙土结合面、滑裂面和土体顶部直线构成的三角形土体的力的平衡,计算出土体作用在墙上的主动土压力 *P*。通过不断变动直线滑裂面位置,可以找到使 *P* 获得极大值 *P*_a 的临界滑裂面,如图 1 所示。



图1 应用库仑理论计算主动土压力的方法

(a)作用于一滑动土体上的力;(b)静力平衡条件;(c)确定临界滑裂面
 这种在静力平衡条件下建立力的三角形的计算方法(如图 1(b)),只适用于墙后填土为
 无粘聚力的单层土的情况。此时,固定土体对滑动土体的支承反力 R 与滑裂面的夹角即为
 土体的内摩擦角 Ø (如图 1(a));而对于多层土,该支承反力 R 应为各土层的支承反力 R_i的合力,此时 R 值及与滑裂面夹角难以确定,因此,无法利用库仑土压力理论解决多层土主动
 土压力的计算问题。另外,该方法只在墙后填土为无粘性土时提供了数值解,对于粘性土,
 只能通过图解法进行计算,计算过程复杂,因此实际工程少用。

Chen & Li (1998)曾提出一个建立在通用条分法基础上计算主动土压力的数值分析方法。 通过力平衡方程求得土压力值,以力矩平衡方程确定主动土压力作用点位置,再通过改变滑 裂面位置来确定极大值 *P*_a及对应的临界滑裂面位置。该方法可以解决任意形式滑裂面的多 层土(可以包含粘性土)的主动土压力计算问题。

由此,如果将通用条分法引入到库仑土压力理论中,将墙后土体划分土条,引入条间力 倾角β 的假定,分条计算土压力值,就可以解决多层土的库仑主动土压力的计算问题。

挡土墙电子表格是在边坡稳定分析电子表格 Lossap 基础上开发的计算库仑主动土压力 计算程序。其基本原理是:将作用于支挡结构上土压力问题看作是一个具有垂直表面并且在 此表面作用有外荷载的边坡稳定问题,结合库仑土压力理论,在通用条分法基础上,对墙后 滑动土体划分土条,并计算各土条间的土压力,最终得到挡土墙后库仑主动土压力。其主要 功能是完成指定滑面的库仑主动土压力计算,并自动搜索出土压力极大值及对应的临界滑裂 面位置,可计算墙后填土为任意形式(包括分层土、粘性土、有地下水等)的挡土墙的库仑 主动土压力。

2 基本原理

2.1 基本公式推导

设想某一边坡的滑动土体沿滑裂面 y = y(x)下滑,如图 2 所示。对滑动土体进行垂直条分,取出其中一个土条,分析作用在其上的力,主要有以下几种:

1) 土条重量ΔW, 浸润线上为天然容重, 浸润线下为饱和容重。

2) 坡表面垂直荷重 qΔx。

3) 地震力,水平地震力 $\Delta Q = \eta \Delta W$,其作用点与土条底距离为 h_e 。

4) 作用在土条垂直边上的总作用力 G (即土骨架间的法向有效作用力和水压力之和), 它与水平线的夹角为β,其作用点的纵坐标值为 y_t。

对土条建立 x 和 y 方向的静力平衡方程,得到静力平衡的微分方程:

$$\cos(\phi'_e - \alpha + \beta) \frac{\mathrm{d}G}{\mathrm{d}x} - \sin(\phi'_e - \alpha + \beta) \frac{\mathrm{d}\beta}{\mathrm{d}x} G = -p(x) \tag{1}$$

其中

$$p(x) = (\frac{\mathrm{d}W}{\mathrm{d}x} + q)\sin(\varphi'_e - \alpha) - r_u \frac{\mathrm{d}W}{\mathrm{d}x}\sec\alpha\sin\varphi'_e + c'_e\sec\alpha\cos\varphi'_e - \eta\frac{\mathrm{d}W}{\mathrm{d}x}\cos(\varphi'_e - \alpha)$$

它的积分形式是

$$G(x) = -\sec(\phi'_e - \alpha + \beta)s^{-1}(x) \left[\int_a^x p(\zeta)s(\zeta)dx - G(a) \right]$$
(2)

其中

$$s(x) = \sec(\phi'_e - \alpha + \beta) \exp\left[-\int_a^x \tan(\phi'_e - \alpha + \beta) \frac{\mathrm{d}\beta}{\mathrm{d}\zeta} \mathrm{d}\zeta\right]$$

在求解挡土墙后的土压力问题时。如图2所示,上述方程组的边界条件是



其中 *P_w*和 *P* 分别为作用于右端拉力缝的水压力和左端直立墙上的主动土压力,对应的作用点相对位置分别为*k(a)*和*k(b)*。*h_w*和 *h* 分别为拉力缝上水压力和主动土压力的作用高

度, δ为土压力与 x 轴的夹角。在这里, k(b)是一个输入值, 其数值在 1/3~2/3 之间, 输入不同的数值, 反映了不同的支挡结构特性。例如, 对重力式挡墙, 输入 k(b)=1/3, 而对柔性支挡结构, 则输入 1/2。

将上述边界条件带入式(3)中,得到 Chen & Li (1998)主动土压力计算公式:

$$\int_{a}^{b} p(x)s(x)dx = G_{m}$$
(9)

 $\ddagger \oplus G_m = P_w - PE(b) , \quad E(x) = \exp[-\int_a^x \tan \psi \frac{\mathrm{d}\beta}{\mathrm{d}\zeta} \mathrm{d}\zeta] , \quad \psi = \varphi' - \alpha + \beta .$

在确定了滑裂面 y = y(x),根据挡土墙形式选择合适的土压力作用点高度 k(b),再对 $\beta(x)$ 做出合理的假定,即可利用上述公式进行主动土压力计算。关于 $\beta(x)$,如图 3(a)所示, Morgenstern & Chen(1983)建议引入以下假定:

$$\tan \beta = f_o(x) + \lambda f(x) \tag{10}$$

其中, $\beta(x)$ 在 $x = a \pi x = b$ 处是确定的,端部土条侧向力必须与端部边坡表面平行, 否则将违背剪应力成对原理^[2]。而对于 $f_0(x)$ 和 f(x) 的假定主要有以下两种:

1) $f_0(x) = 0$, f(x) = 0, 即 $\beta \div (a,b)$ 区间内为0;

2) $f_0(x)$ 在x = a和x = b处为指定值,在(a,b)区间内为直线, f(x) = 0。如图 3(b)所示。



在计算主动土压力时,在x = b处,即挡土墙与墙后填土接触面上, $\beta = \delta$,故此处第 一种假定不适用,可以采用第二种假定。

现引入库仑土压力理论的相关假定,带入式(9)中,从而实现对库仑主动土压力计算 的简化。

在库仑土压力理论中,假定挡土墙后土体的滑裂面为直线,此时 y = y(x)为线性函数,则 $d\alpha/dx = 0$ 。对于条间力倾角 β ,令 β 在 a 和 b 点分别为 β_a 和 δ ,中间条块的 β 值按线性内插原则确定。在具有拉裂缝时 $\beta_a = 0$,无拉裂缝时, $\beta_a = \gamma_a$, γ_a 为 a 点坡面的倾角。结合上述假定,下面对库仑主动土压力简化公式进行推导(在求解主动土压力时,强度指标

不再按进行折减)。

由式 (9) 可知:

$$\int_{a}^{b} p(x)s(x)dx = G_{m} = P_{w} - PE(b)$$
⁽¹¹⁾

其中:

$$E(x) = \exp\left[-\int_{a}^{x} \tan(\varphi - \alpha + \beta) \frac{d\beta}{d\zeta} d\zeta\right]$$

=
$$\exp\left[-\int_{a}^{x} \frac{\sin(\varphi - \alpha + \beta)}{\cos(\varphi - \alpha + \beta)} \frac{d\beta}{d\zeta} d\zeta\right]$$
(12)

a 为常数,b 为 x 函数, *ϕ*对于每层土为固定值,故可以根据滑裂面穿过的土层,对式(12) 右边进行分段积分得:

$$E(x) = \frac{\cos(\varphi' - \alpha + \beta)}{\cos(\varphi' - \alpha + \beta_a)} K_j$$
(13)

$$s(x) = \sec(\varphi' - \alpha + \beta) E(x) = \sec(\varphi'_a - \alpha + \beta_a) K_j$$
(14)

其中 $K_j = \prod_{i=1}^j \frac{\cos(\varphi'_i - \alpha + \beta)}{\cos(\varphi'_r - \alpha + \beta)}$

在 x=a 处, E(a)=1, $K_j=1$ 。从 a 到 x 共有 j 个摩擦角 ϕ 不连续的点。从 x=a 向第 1 个不连续点积分时, K_i 保持不变。越过第 1 个不连续点后, K_i 变为

$$K_1 = \frac{\cos(\varphi_l' - \alpha + \beta)}{\cos(\varphi_l' - \alpha + \beta)}$$
(15)

上式中下标 *l*, *r* 分别代表在该不连续点左、右侧相应变量的数值。越过第 *j* 个不连续点 后, *K*_i则按式计算。

设滑面上摩擦角 Ø 不连续的点总数为 n,代入式(8.8)可得

$$s \in \alpha / a - \alpha + \beta_a \int_a^b p x / k \, dx = P - \frac{c \circ \alpha / a - \alpha + \beta_a}{c^n \circ \alpha / a - \alpha + \beta_a}$$
(16)

故有

$$P = P_{w} \frac{c \circ s \not d_{a} - \alpha + \beta_{a}}{K_{n} c \circ s \not d_{b} - \alpha + \delta} \frac{1}{p} \frac{s \not d c \not c (\alpha + \delta)}{K_{n}} \int_{a}^{b} p(x) K_{j} dx$$
(17)

式(17)即为建立在条分法基础上的库仑主动土压力公式。在无拉力缝时上式右端第一项为零,在有拉力缝时右端第一项中的β_a=0。以上的推导考虑了滑裂面经过不同土层时φ'的变化,并采用分段积分的方法,因此,它可以解决多层土的库仑主动土压力的计算问题。

3 程序使用说明

3.1 基本功能

挡土墙电子表格程序有两项基本功能: (1) 计算各滑面的库仑主动土压力; (2) 自动搜索出临界滑面并计算库仑主动土压力极大值 *P*_a。

挡土墙电子表格是在边坡稳定分析电子表格 Lossap 基础上开发的,借用 Excel 界面, 主要的计算都是在 Excel 中输入公式进行的,方便用户进行核算;对于较为复杂的判断和计 算,利用 Excel 的 VBA 进行程序的二次开发完成。该程序主要功能是完成指定滑面的库仑 主动土压力计算,并自动搜索出土压力极大值及对应的临界滑裂面位置,可计算墙后填土为 任意形式(包括分层土、粘性土、有地下水等)的挡土墙的库仑主动土压力。

3.2 用户界面

1 程序界面介绍

挡土墙计算程序中包含以下七个表格:

- (1) Finfo: 主界面,用于输入土层材料信息、荷载信息等基本参数,导入和计算条 块的基本过程信息等,显示各滑面土压力计算结果,将搜索的三个滑面计算的 土压力及位置绘制曲线,找到最大土压力及临界滑面;
- (2) GraphInfo: 导入的图形信息;
- (3) slide surface1-3: 搜索的三个滑面的土压力计算过程信息;
- (4) critical slide surface: 临界滑面的主动土压力计算过程信息;
- (5) Gragh: 用于存储绘制挡土墙图形的数据,处于隐藏状态,用户不需进行任何操作。
- (6) 使用说明:对整个程序的基本介绍。

Finfo 表是主要的操作表,包括以下五个区域:

- (1) 基本参数输入区: 如图 4 所示,包括材料和荷载参数输入区。
- (2) 计算参数设定区:如图 5 所示,此处要输入的需要划分的条块数、条间力倾角β 值是控制计算精度的主要参数。



图 4 基本参数输入区

计算参数设定 **分条数 8 a 8 b** う 0 0

图5计算参数设定

(3) 基本数据计算区:如图 6、7 所示,其中图 6 是条块的基本信息,图 8 是土压力公式计算过程中的数据。

条换编号	滑艇面条袋 中心坐标	条换了	条装宽度	条装领角	条装高度	平均容量	重力	孔膠水圧 力系数	孔膠水圧 力	粘囊力	摩擦角	条换上	的集中力与	拉費
÷	x0	y0	b	4	hm	7	Wi	ru.	¥	0	0 .	PT	PX	ko
1	25.39	0.25	0.33	0.98	0.25	16.80	1.40	0.00	0.00	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
2	26.48	1.88	1.84	0.98	1.88	16.80	58.12	0.43	13.50	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
3	28.15	4.38	1.50	0.98	4.38	16.80	110.32	0.52	38.00	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
4	29.24	6.01	0.68	0.98	6.01	16.89	68.63	0.53	53.96	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
5	30.66	8.14	2.17	0.98	8.14	17.16	303.03	0.54	74.83	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
6	31.75	9.76	0.01	0.98	9.76	17.28	0.90	0.54	90.79	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
7	32.84	11.40	2.18	0.98	11.40	17.38	431.13	0.54	106.78	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
8	35.02	14.65	2.18	0.98	14.65	17.52	558.68	0.54	138.69	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
														i
														1
														i
														1

图6基本参数计算显示区

条间力阀 角/5	<i>∲−</i> ∝ (孤度)	中间盘1	中间盘2	中间量5	中间量4
0.00	ф-а	p(x)	Бj	Бj′	р(х) *Кj'
0.00	-0.60	-4.55	1.00	1.00	-4.55
0.00	-0.60	-70.20	1.00	1.00	-70.20
0.00	-0.60	-117.38	1.00	1.00	-117.38
0.00	-0.60	-70.83	1.00	1.00	-70.83
0.00	-0.60	-304.46	1.00	1.00	-304.46
0.00	-0.60	-0.90	1.00	1.00	-0.90
0.00	-0.60	-423.74	1.00	1.00	-423.74
0.00	-0.60	-542.32	1.00	1.00	-542.32
		I			I
图 7	十乐	力计位	寬参数	信息品	「一下区
· 14		ノッドレラ	エッジ		

(4) 计算结果区:如图 8 所示,显示搜索的三个滑面计算的主动土压力,绘制抛物线, 并显示临界滑面信息。



图8程序操作菜单

GraphInfo 中存储导入的图形信息。如图 9 所示,将数据文件(".dat")导入后显示在此区域。

	计算节点信息											
	节点坐标			边界线		浸润线						
节点	x	у	节点1	节点2	下压土层	节点1	节点2	下压土层				
1	0	0	1	2	1	15	16	1				
2	36.1039	0	2	3	1							
3	36.1039	5.5	4	3	2							
4	0	5.5	3	6	2							
5	36.1039	5.5	7	6	3							
6	36.1039	9.76	6	9	3							
7	0	9.76	9	10	3							
8	36.1039	9.76										
9	36.1039	16.28										
10	72.2078	16.28										
11	0	9.76										
12	36.1039	9.76										
13	36.1039	16.28										
14	72.2078	16.28										
15	0	0.5										
16	36.1039	0.5										
		图	9 导)	く数据	显示	X						

2 程序操作菜单介绍

	1 1 C	-) ₹							挡土墙	音 - 基坑1 - 副	则本.xlsm - N
	程序菜单	开始	插入	页面布局	公式	数据	审阅	视图	开发工具	加载项	Acrobat
【》 程序初 始化	 割 打开文件 器 导出数 器 导出数 	件 据 f 算	使用 手册								
	程序	菜单									

图 10 程序操作菜单

为了方便用户使用此程序,创建了一系列菜单按钮,如图 10 所示。这些按钮的功能如下:

(1)"程序初始化":删除计算表格"Finfo"中所有基本参数数据,以便进行新算例的计算;

(2)"打开文件":用于导入从 AutoCAD 生成的数据文件 qqq.dat 或导入由"导出数据" 命令生成的数据文件;

(3) "导出数据":将计算过程中的相关信息导出为数据文件;

(4) "导出 Dxf": 将分条坐标导出为 Dxf 文件(可用 cad 打开,查看挡土墙及条块划 分图形信息);

(5)"计算":导入一个新的挡土墙算例的数据文件,单击该按钮实现土压力值计算机 最大土压力值所在位置的搜索,或者是在原算例中修改了数据,例如土层参数,单击该按钮 可实现所有表格的重新计算;

3.3 程序使用前的设置和规定

基于 EXCEL2007 的设置:

1. 加载规划求解

2007 版的 Excel 加载规划求解加载宏的具体步骤如下:

(1) 单击 "Microsoft Office 按钮", 然后单击 "Excel 选项"。

(2) 如图 11 所示, 在弹出的"Excel 选项"对话框中, 单击"加载项", 然后在右侧

框中选择"规划求解加载项",然后单击"转到"。

(3) 在"可用加载宏"框中,选中"分析工具库"和"规划求解加载项"复选框,然 后单击"确定",如图 12 所示。

加载规划求解加载宏后,"规划求解"命令将出现在"加载项"选项卡。

Excel 选项			8 ×	
常用	香春和管理 Microsoft Office 加载项			
公式		•		
校对	加载项			
保存		4.77	N/TTI	
高级	谷林	位置	実型	
	活动应用程序加载坝 Acrobat PDFMaker Office COM Addin		COM hn 載 项	
	Chinese Translation Addin	C:\ffice\Office12\ADDINS\TCSCCONV.DLL	COM 加载项	hn載安 2 X
加载项	Office Special Symbol Input Add-in	C:\Office\Office12\ADDINS\SYMINPUT.DLL	COM 加载项	
信任中心	分析工具库	C:\Office12\Library\Analysis\ANALYS32.XLL	Excel 加载项 ≕	可用加载宏(A):
资源	规划求解加裁项	C:\ce\Office12\Library\SOLVER\solver.xlam	Excel 加裁项	Internet Assistant VBA A 确定
	非活动应用程序加载项			「「「「「「「」」」の「「「」」」の「「「」」」の「「「」」」の「「」」「「」」」の「「」」では、「」」では、「」」では、「」」では、「」」では、「」」では、「」」では、「」」では、「」」では、「」」では、「」」の「」」では、「」」の「」」では、「」」の「」」の「」」の「」」の「」」の「」」の「」」の「」」の「」」の「」」
	Internet Assistant VBA	C:\oft Office\Office12\Library\HTML.XLAM	Excel 加载项	
	标签打印向导	C:\ice12\Library\Label Print\labelprint.xlam	Excel 加载项	
	不可见内容	C:\\Microsoft Office\Office12\OFFRHD.DLL	文档检查器	又 规划来能加载顶
	查阅向导	lookup.xlam	Excel 加载项	欧元丁具 自动化 (U)
	分析工具库 - VBA	C:\ice12\Library\Analysis\ATPVBAEN.XLAM	Excel 加载项	条件求和向导
	欧元工具	eurotool.xlam	Excel 加载项	
	人名 (Outlook 电子邮件收件人) 日期 (智能标记列表)	C:\icrosoft shared\Smart Tag\FNAME.DLL C:\microsoft shared\Smart Tag\MOFL.DLL	智能标记 智能标记	
	加载项:规划求解加载项			
	&中音: 位置: C:\Program Files\Microsoft Offi	ce\Office12\Library\SOLVER\solver.xlam		
	说明: 用于优化和公式求解的工具			
	管理: Excel 加载项 ▼)		用于优化和公式求解的工具
		确如	e Riji 📀	

图 11 选择规划求解加载项

图 12 启用规划求解加载项

2. 宏的安全性设置

Excel2007 中可以在信任中心"Microsoft Office 按钮"——"Excel 选项"——"信任 中心设置"——"宏设置"类别(图 13),选择"启用所有宏",或者"开发工具"选项卡 ——"代码"组——"宏安全性"按钮中更改宏的安全设置。也可以在"受信任位置"中添 加电子表格挡土墙.xlsm 所在的位置。

在进行完这些设置后,每次打开挡土墙电子表时仍会在工具栏上弹出一个安全警告,如 图 14 所示。单击"选项"按钮,在弹出的"Microsoft 安全选项"对话框中选择"启用此 内容",然后单击确定就可以(图 15)。

備任中心		● 安全警告 已禁止自动更新链接 选项
 受信任約送佈者 受信任約送佈者 公部項 ActiveX 位置 全信置 決侵任 決侵行 外部内容 个人信息送荷 	 転送着 対于在非常成任の運動文物中的物: 新期時者者: 月期之間的(項) 第期時者者: 月期之間(回) 第期再支援支援部が結果(回) ● 周期時者者(不得幸:可能会出行者者で加速的代码)(E) 第2人员希望着 (備在対 VBA 工程対象構造的均用(近) 第4日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日	图 14 宏被禁用的安全警告 Microsoft Office 安全認識 ●
-	26	
	图 13 Excel2007 中的宏设置	

3、"找不到工程或库"的处理

由于 Excel 不同版本兼容的问题,在使用中可能出现如下问题,即单击某个挡土墙电 子表中创建的任一菜单按钮时,会弹出"找不到工程或库"的错误提示,如图 16 所示。造 成这一原因在于 Solver (规划求解)没有被正确引用(各个版本的 Solver 所使用的语言不 一致造成的)。

解决方案如下:

(1) 单击弹出窗口的"确定"按钮,程序此时处于 VBA 的运行状态。

(2) 停止运行: 首先在代码窗口中某行的末尾输入一个空格(输入空格的目的是为了不改变程序而快速停止运行), 然后单击工具栏上的"重新设置"按钮, 或者"运行"菜单上的"重新设置"命令, 如图 17 所示。

(3) 单击"工具"菜单上的"引用"命令,在弹出的对话框中,去掉"丢失 Solver"前面的复选框,如图 18 所示。

(4) 切换到 Excel 工作表窗口,单击"数据"菜单上的"规划求解"命令,然后单击弹出的"规划求解"窗口中的"关闭"按钮。

(5) 切换回 VBA 窗口,单击"工具"菜单上的"引用"命令,在弹出的对话框中会发现"丢失 Solver"已经变成了"Solver",选中前面的复选框,单击"确定"按钮。

这样"找不到工程或库"的错误问题就可以解决了。





中断 VBA 的运行



图 18 SOLVER 丢失

引用 - VBAProject

4、方向的规定

图 17

挡土墙电子表格中坐标系的方向规定与 Lossap 和 STAB 商用程序一致, X 方向以滑动 方向为正,以向右为正,也就是规定边坡剖面的滑动方向向右为正。Y 方向以重力方向为 正,也即向下为正。

3.4 程序操作说明

- 1、步骤1:数据文件准备
- 挡土墙电子表格使用的数据文件包括三种:
- (1) 从该表格中导出的 xml 文件;
- (2) 该表格导出的数据文件;

(3) 通过数据捕捉程序 Stab_Emu_Lossap.LSP 从 AUTOCAD 文件中提取的边坡几何 信息数据文件 qqq.dat。

2、步骤2:数据输入

前两种方法生成的数据文件已经包含了挡土墙计算所需的所有数据,对于这两种数据文件,无需输入其它数据,跳过本步骤,直接执行步骤 3 即可;但用户也可以改变其中的条块数和 值后再执行步骤 3。而由数据捕捉程序生成的数据文件 qqq.dat,其中只包含边坡和 滑裂面的几何信息,还需要执行步骤 2。还需要手动输入一些必需的数据,具体方法和要求 如下:

(1) 进入挡土墙计算程序后,在 "Finfo" 工作表中手工输入以下在 qqq.dat 中未包括的数据:

a. 在左上角材料参数区输入材料总数,各层土的容重和强度指标。其中的变量 f1 和 c1 用于输入非线性强度指标,由于目前该功能尚未实现,可输入 0;对于土层中没有水的 情况,饱和容重填为干容重;对于墙后有水情况,用户可以工程实际手动输入孔压系数,如 不能确定,则可以在如图 19 所示的黄色区域输入相关信息,程序会自动计算出孔隙水压力 值,如图 20 的"孔隙水压力"列所示。

控制参数										
节点总数 边界线总数 浸润线总数 坡外水位 水的容式 软弱夹层										
16 7 1 16.28 9.8 0										

图 19 中间过程参数

条块编号	滑裂面条块 中心坐标	条块,	条块宽度	条块倾角	条块高度	平均容重	寬力	孔隙水压 力系数	孔隙水压 力	粘聚力	摩擦角	条块上	的集中力与	∋ <mark>位置</mark>
#	x0	y0	b	a	hm	7	Wi	ru	и	c	ø	PY	PX	he
1	25.39	0.25	0.33	0.98	0.25	16.80	1.40	0.00	0.00	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
2	26.48	1.88	1.84	0.98	1.88	16.80	58.12	0.43	13.50	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
3	28.15	4.38	1.50	0.98	4.38	16.80	110.32	0.52	38.00	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
4	29.24	6.01	0.68	0.98	6.01	16.89	68.63	0.53	53.96	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
5	30.66	8.14	2.17	0.98	8.14	17.16	303.03	0.54	74.83	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
6	31.75	9.76	0.01	0.98	9.76	17.28	0.90	0.54	90.79	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
7	32.84	11.40	2.18	0.98	11.40	17.38	431.13	0.54	106.78	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
8	35.02	14.65	2.18	0.98	14.65	17.52	558.68	0.54	138.69	0.00	22.00	20.00	0.00	0.00
	图 20 孔隙水压力系数													

b. 在 Q33~S33 中输入要划分的条块数和β 值。

1) 条块数:由于此程序是基于通用条分法基本原理的计算程序,所以必须要将墙后土体进行划分,条块数至少为2;在保持 值值不变的情况下,随着条块数的增加,计算精度提高,当条块数增加到一定值后保持稳定;另外,由于此程序只是基本计算,所以土条的划分也不能无限划分,且此程序设置的起始滑面只有2m宽,根据个人使用经验,填写的条块数不要超过60。

2)条间力倾角:此程序中假定β值是线性分布的,故用户只需在此处输入首末两点的 值即可。由于目前程序只能计算墙后填土水平的情况,故βa取 0,βb为挡土墙与墙后填土的 摩擦角(输入角度),其取值由用户自己确定,且取值大小直接决定计算结果的变化。

c. 在 J33~O33 中依次输入坡外水位(墙后没有水情况下默认为 999)、水的容重(墙后 没有水情况下默认为 0)、地震烈度(目前程序只考虑基本荷载情况,可填为 0)。

(2)输入外荷载数据:

a. 集中荷载

单元格 R19 为集中力总数,如无集中力请确保该单元格为 0;

从第 21 行起,单元格 I、J 分别为集中力 x 方向和 y 方向的力的大小,单元格 K、L 为集中力作用点的 x、y 坐标;

b. 均布荷载

单元格 K19 为均布荷载总数,如无均布力请确保该单元格为 0;从第 21 行起,单元格 K、L 为均布力作用的节点 1 的编号和作用的大小,单元格 M、N 为节点 2 的编号和作用 的大小,单元格 F 则是均布力与作用面法线方向的夹角(顺时针为正,逆时针为负);

c. 地震荷载

目前地震荷载只提供一种输入方式,即地震烈度,当工作表 Finfo 中的地震烈度为 7、8、 9 度时,需要在单元格 K28~M28 中输入垂直地震方向、基础面 Y 坐标和坝高/坡高。单元 格 O28 的地震加速度由 Excel 根据地震烈度自动计算。垂直地震方向的规定为 1 为向下, -1 为向上,0 为不考虑垂直效应。

3、步骤 3: 打开数据文件

单击程序菜单工具栏上的"打开文件"按钮,在弹出的对话框中选择所需的数据文件。 在打开文件的同时, EXCEL 表已经自动地算出每个条块的以下数据。

(1) 条块底滑面中点的数据:中点的 x, y 坐标,中点的 c, q,孔压 u 和土条重量。

(2) 外力:作用于每个土条上的水平和垂直外力,以及水平力的作用点位置。

(3) 其它相关的几何参数,如条块宽度、高度、底滑面倾角等;

(4) 条块与外边坡的交点(考虑重力坝存在垂直面的情况,计算了左侧、右侧两种情况)。

4、步骤 4: 土压力值求解

点击"计算"按钮,自动计算出搜索出土压力最大值及对应的画面位置。如果在 Excel 表中修改了数据,或者表中数据出现异常(修改数据导致的),点击"计算"即可。

3.5 计算结果

按上述步骤操作后,点击"计算"按钮,程序便开始进行滑面搜索(本程序中设定的 搜索滑面为 3 个),并对搜索的滑面进行库仑主动土压力的计算,计算信息分别显示在 slip surface1, slip surface2, slip surface3 三个表格中,如图 21 所示。



在 Finfo 表中的"计算结果显示区"中(图 22),以搜索的滑面算得的土压力值及对应的滑面位置 *xx*,用抛物线进行拟合,并通过 Excel 的规划求解功能求出临界滑面对应的位置 *x*,以及对应的最大土压力值 Pa。临界滑面的土压力计算过程信息显示在 critical slip surface 表中。



4 例题

4.1 例题1

测试题目:与朗肯理论对比。

测试目的:验证本程序计算结果在墙土间摩擦角为0时是否可以回归到朗肯理论解。

测试内容:使用本程序计算教科书中四个重力式挡土墙例子,将计算结果与朗肯解进行对比。

以教科书(钱家欢, 1990)中重力式挡土墙的四个经典例子(图 23)进行验算。



图 23 四个重力式挡土墙实例

其中条间力倾角取 $\beta_a = 0$ (与墙后填土倾角相同),当 $\beta_b = \delta = 0$ 时,本程序计算结果可以回归到经典解(此时改变条块数不影响计算结果),计算结果如表 1 所示。

士 1	111 ふ・	チーー	ともとし	広社 6 6	L.	TT -
衣I	四11.	里刀エ	エビノ	「「「」「」「」「」」「」」「」」」」」」」」」」」」」」」「」」」」」」」」	II.	压刀

Example	(a)	(b)	(c)	(d)
Rankine	432.40	374.2	197.70	118.9
本程序解	432. 14	373.75	193.45	118.21

4.2 例题 2

测试题目: 与库仑土压力理论闭合解对比。

测试目的:验证本程序计算结果与库仑理论闭合解是否一致。

测试内容:计算当挡土墙与墙后填土间摩擦角 $\delta = 0^\circ$, $\delta = 5^\circ$, $\delta = 10^\circ$ 和 $\delta = 20^\circ$ 时的主动土压力值及临界滑面倾角,并与库仑土压力公式的结果进行对比。



图 24 重力式挡土墙算例

以图 24 中的重力式挡土墙为例,其中H = 12m, c = 0, $\phi = 36^{\circ}$, $\beta = 0$, $\gamma = 2.1 \times 9.8 kN / m^3$ 。分别计算当挡土墙与墙后填土间摩擦角 $\delta = 0^{\circ}$, $\delta = 5^{\circ}$, $\delta = 10^{\circ}$ 和 $\delta = 20^{\circ}$ 时的主动土压力值及临界滑面倾角。

(1) 本程序计算

计算简图如图 25 所示,由挡土墙程序计算各滑面的土压力值,并搜索出最大土压力值 及对应滑面所在位置。经计算得各滑面及土压力值如下表 2 所示:



对应的滑面倾角(滑面与水平面夹角): $\beta \alpha = 90^{\circ} - \arctan((15 - x)/12)$ 。

(2) 库仑土压力理论公式计算

库仑土压力的理论解计算公式为:

$$K_{a} = \frac{\cos^{2}(\phi' - \alpha)}{\cos^{2}\alpha\cos(\delta + \alpha)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi' + \delta)\sin(\phi' - \beta)}{\cos(\delta + \alpha)\cos(\beta - \alpha)}}\right]^{2}}$$
(18)
$$\cot(\beta_{a} - \beta) = \sec(\phi' + \delta + \alpha - \beta)\sqrt{\frac{\sin(\phi' + \delta)\cos(\delta + \alpha)}{\sin(\phi' - \beta)\cos(\beta - \alpha)}}$$
(19)

对于程序中的算例,有 $\alpha = \beta = 0$, $\phi' = 36^{\circ}$ 。带入式(18)、(19)即可算得最大土压力值及临界滑裂面倾角,如表 2 所示。

表 2 挡土墙程序计算与闭合解结果对比

挡土墙程序计算	闭合解

第2部分 边坡稳定分析软件的系列化和标准化研究

工况	临界滑裂面	主动土压 临界滑裂可		V	主动土压力	临界滑裂面
	位置 x(m)	力 P_a (kN)	倾角 $oldsymbol{eta}_{lpha}$ (᠀	K _a	$P_a(\mathrm{kN})$	倾角 $oldsymbol{eta}_{lpha}$
$\delta = 0^{\circ}$	8.88	384.69	62.97	0.260	384.69	63.00
$\delta = 5^{\circ}$	8.41	369.60	61.23	0.250	369.96	62.17
$\delta = 10^{\circ}$	8.56	359.39	61.78	0.243	359.43	61.42
$\delta = 20^{\circ}$	8.08	348.81	60.03	0.235	348.81	60.05

4.3 例题 3

测试题目:上海世博演艺中心深基坑主动土压力计算。

测试目的:比较本程序计算与 Stab 的计算结果,验证本程序计算准确性。

测试内容:利用本程序计算该深基坑的主动土压力,并与 Stab 计算结果对比,验证程序自动搜索结果的可靠性。

工程概况:

上海世博演艺中心位于上海市浦东世博园区世博轴以东,地下主体工程为3层整体地下室,埋深约为16m。场地地层分布等信息参考陈祖煜(2010)^[3]。根据工程地质报告,对实际计算剖面作了概化。对原始试验数据整编分析后提出如表3所示力学参数。

土	层底标高	重度	有效应力强度指标		固结不排水试验强度 指标	
层	(m)	(kN/m^3)	<i>c'</i> (kPa)	φ (°)	c_{cu} (kPa)	$\phi_{cu}(^{\circ})$
1	-4.46	18	22	0	19	11
2	-10.16	17.9	22	0	19	11
4	-17.26	16.8	19	11	14.8	14

表3 世博演艺中心例计算参数

Stab 的有效应力法计算结果及本程序计算结果列于表 4。相应的计算简图见图 11。

表4 不同计算条件下的主动土压力(kN/m)

	STAB 计算结果	本程序计算结果
主动土压力值 P _a (KN)	1843.0	1855.4



图 26 上海世博演艺中心基坑支护计算结果

4.4 数据文件目录

例题名	内容	数据文件名	输出成果文件名
例题 1 重力式挡 土墙算例(a)	单层土粘性土、有地下水	qqqa.dat	qqqa.dat
例题1重力式挡 土墙算例(b)	两层土、有地下水、上覆荷载	qqqb.dat	qqqb.dat
例题 1 重力式挡 土墙算例(c)	单层粘性土、上覆荷载	qqqc.dat	qqqc.dat
例题 1 重力式挡 土墙算例(d)	两层粘性土、上覆荷载	qqqd.dat	qqqd.dat
例题 2 库仑计算 算例	单层土	qqq-验证.dat	qqqd.dat
例题3上海世博 会深基坑支护	三层土、地下水位、上覆荷载	qqq-JK.dat	qqq-JK.dat

表5 YCW 程序数据文件

5 参考文献

[1]Chen Z, Li S. Evaluation of active earth pressure by the generalized method of slices[J]. Canadian Geotechnical Journal, 1998, 35(4): 591-599.

[2]Chen, Z., and Morgenstern, N.R. 1983. Extensions to the generalized method of slices for stability analysis. Canadian Geotechnical Journal, 20: 104–119.

[3] 陈祖煜, 迟鸣, 孙平, 等. 计算柔性支挡结构主动土压力的简化方法[J]. 岩土工程学报, 2010, 32(1): 22-27.

[4] 陈立宏, 孙平, 陈祖煜. 边坡稳定分析的电子表格法 LOSSAP[J]. 岩土工程学报, 2012, 34(7): 1329-1332.

[5]CHEN L H, CHEN Z Y, SUN P. Slope stability analysis using graphic acquisitions and

spreadsheets[C]// Proceedings of 10th International Symposium of Landslide and Engineered Slope. Xi'an, 2008.

[6] 陈祖煜. 土质边坡稳定分析: 原理、方法、程序[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002. (CHEN Zu-yu. Soil slope stability analysis: theory, methods and programs[M]. Beijing: China Water Power Press, 2002. (in Chinese))]

[7] 陈仲颐,周景星,王洪瑾. 土力学[M]. 北京:清华大学出版社, 1992. (CHEN Zhong-yi,

ZHOU Jing-xing, WANG Hong-jin. Soil mechanics[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1992. (in Chinese))

[8]钱家欢. 理论土压力. 南京: 河海大学出版社.1990