

瑞典条分法与毕肖普法在土坡稳定分析中的应用和研究*

杨 剑¹, 蒋国勇², 王新军³

(1、河海大学 土木工程学院, 江苏 南京 210098 ;
2、农一师 水利造价站, 新疆 阿克苏 843000 ;
3、农一师 水利监理站, 新疆 阿克苏 843000)

摘 要 :根据土坡稳定分析时常采用的瑞典法和毕肖普法,通过算例对比验证了在同一圆心和滑弧位置,瑞典法由于忽略了土条侧面的作用力,由此算出的稳定安全系数比毕肖普法低,这种误差随着滑弧圆心角的增大而增大。因此,在进行较重要的土坡稳定分析中应同时采用毕肖普法或其他较严格的方法进行计算。

关键词 :瑞典法 ;毕肖普法 ;稳定分析 ;研究

中图分类号 :TV43

文献标识码 :A

文章编号 :1671 - 532X(2005)02 - 0066 - 03

在粘性土坡稳定分析中,比较简单而实用的方法是条分法^[1]。在该方法中,是先假定若干可能的剪切面—滑裂面。然后将滑裂面以上土体分成若干垂直土条,对作用于各土条上的力进行力与力矩的平衡分析,求出在极限平衡状态下土体稳定的安全系数,并通过一定数量的试算,找出最危险滑裂面位置及相应的(最低的)安全系数。由于土坡的稳定问题是一个高次超静定问题,必须要作出各种简化假定以减少未知量。由于采用的假定不同,不同的计算方法得出的结果也不相同。

1 常用土坡稳定分析法^[2]

1.1 瑞典法

是条分法中最古老而又最简单的方法,除假定滑动面为圆柱面及滑动土体为不变形的刚体外,还假定不考虑土条侧面上的作用力。其计算式为:

$$F_s = \frac{cL + rb \operatorname{tg} \varphi \sum h_i \cos \theta_i}{rb \sum h_i \sin \theta_i} \quad (1)$$

式中: c —粘聚力(kPa) r —容重(kN/m³)

L —滑弧弧长(m) b —土条宽度(m)

φ —内摩擦角(°) h_i —第 i 个土条高度(m)

θ_i —该土条底面中点的法线与竖直线交角

1.2 毕肖普法

是条分法的一种,它考虑了土条侧面的作用力,并假定各土条底部滑动面上的抗滑安全系数均相同,即等于整个滑动面的平均安全系数。同时,将土坡稳定安全系数定义为沿整个滑裂面的抗剪强度与实际产生的剪应力之比,这不仅使安全系数的物理意义更加明确,而且使用范围更广泛,为以后非圆弧滑动分析及土条界面上条间力的各种考虑方式提供了有利条件。其计算式为:

$$F_s = \frac{\sum \frac{1}{m_{\theta_i}} [c'b + (w_i - u_i)b \operatorname{tg} \varphi']}{\sum w_i \sin \theta_i} \quad (2)$$

式中: c' —有效粘聚力(kPa)

w_i —第 i 个土条的重度 $w_i = \gamma h_i b$

$u_i b$ —孔隙水应力 φ' —有效内摩擦角

$$m_{\theta_i} = \cos \theta_i + \frac{\operatorname{tg} \varphi'}{F_s} \sin \theta_i \quad (3)$$

为便于将计算结果与瑞典条分法对比,故公式也采用总应力强度指标 c 、 φ ,略去孔隙水应力 $u_i b$,则公式为:

* 收稿日期:2005-02-28

作者简介:杨 剑(1975-),男,新疆阿克苏人,河海大学硕士研究生,工程师,研究方向为防灾减灾及防护工程。

$$m_{\theta_i} = \cos\theta_i + \frac{\text{tg}\varphi}{F_s} \sin\theta_i \quad (4)$$

$$F_s = \frac{\sum \frac{1}{m_{\theta_i}}(cb + w_i \text{tg}\varphi)}{\sum w_i \sin\theta_i} \quad (5)$$

用简化毕肖普公式计算时仍需要进行试算,反复迭代求解,直至前后两次 F_s 非常接近时为止。

2 算例

一均质粘性土坡,如图 1 所示,高 20 m,坡比为 1:3,填土的粘聚力 C 为 10 kPa,内摩擦角 φ 为 20° ,容重 r 为 18 kN/m^3 。假定滑弧通过坡脚,用瑞典法及毕肖普法(总应力)计算土坡在同一滑弧时的安全系数。

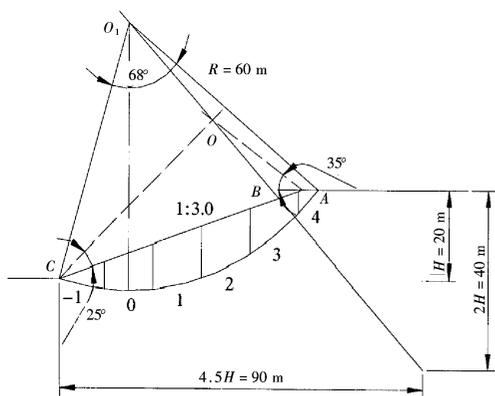


图 1 第一次试算条分法模型

Fig. 1 the model of the first calculation

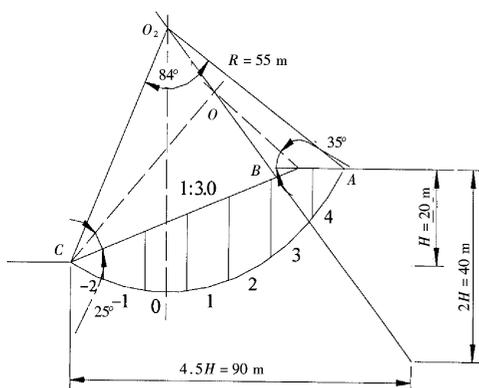


图 2 第二次试算条分法模型

Fig. 2 the model of the second calculation

第一次试算,假定滑弧半径 60 m,土条宽 12 m,得出滑动圆弧中心角为 68° ,由瑞典法计算滑弧弧长及抗滑稳定安全系数:

$$\hat{L} = \frac{\pi}{180} \times \text{圆心角} \times R = \frac{3.14}{180} \times 68^\circ \times 60 = 71.17 \text{ m}$$

$$F_s = \frac{10 \times 71.17 + 18 \times 12 \times \text{tg}20^\circ \times 44.39979}{18 \times 12 \times 12.905} = 1.51$$

由毕肖普法经迭代计算,得到抗滑稳定安全系数:

$$F_s = \frac{4300.92}{2787.47} = 1.54$$

$$F_s = \frac{4453.42}{2787.48} = 1.6$$

$$F_s = \frac{4462.54}{2787.48} = 1.6$$

第二次试算,假定滑弧半径 55 m,土条宽度 11 m,得出滑弧中心角为 84° ,由瑞典法计算滑弧弧长及抗滑稳定安全系数:

$$\hat{L} = \frac{\pi}{180} \times \theta \times R = \frac{3.14}{180} \times 84^\circ \times 55 = 80.6 \text{ m}$$

$$F_s = \frac{10 \times 80.6 + 18 \times 11 \times \text{tg}20^\circ \times 74.42}{18 \times 11 \times 20.14} = 1.55$$

由毕肖普法经迭代计算,得到抗滑稳定安全系数:

$$F_s = \frac{6568.51}{3986.48} = 1.65$$

$$F_s = \frac{6795.97}{3986.48} = 1.7$$

$$F_s = \frac{6821.16}{3986.48} = 1.7$$

3 结果分析

限于篇幅,此处仅列出了两个滑弧,为了求出最小的 F_s 值,必须假定若干个滑动面,按上述方法进行试算。从毕肖普法和瑞典法的计算结果看,在圆心角为 68° 时,瑞典法算出的 F_s 为 1.51,毕肖普法算出的 F_s 为 1.6,两者相差 5.6%;在圆心角为 84° 时,瑞典法算出的 F_s 为 1.55,毕肖普法算出的 F_s 为 1.7,两者相差 8.8%。通过进一步计算可以得出,随着滑弧圆心角的增大误差进一步增大。如果用有效应力强度指标计算,也可得出随着孔隙水应力的增大两者的误差进一步增大。这是由于瑞典条分法忽略了土条侧面的作用力,并不能满足所有的平衡条件,由此算出的稳定安全系数比其它严格的方法可能偏低 10%~20%。

4 结论

瑞典法和毕肖普法是目前一般工程单位常用的土坡稳定分析方法,本文旨在说明两种方法由于采用了不同的假定条件而导致结果的误差,故采用的是手算的方法,近年来由于计算机计的

发展 ,可以很方便的编制电算程序进行最危险滑弧面的搜索从而取代手算 ,降低劳动强度。从以上结果得出 ,瑞典法计算 F_s 的误差会随着滑弧圆心角和孔隙水应力的增大而增大 ,因此 ,在进行

土坡稳定分析时 ,除采用瑞典条分法外 ,对 I、II 级的中高坝及一些复杂的情况 ,应同时采用毕肖普法或简布法、斯宾塞法等其他较严格的方法进行计算。

参考文献 :

[1] 钱家欢 殷宗泽 .土工原理与计算 [M] .北京 :中国水利水电出版社 ,1996 .
 [2] 钱家欢 .土力学 [M] .南京 :河海大学出版社 ,1995 .

The Study of Sweden and Bishop Methods in Slopes Stability Analysis

YANG Jian¹ ,JIANG Go - Yong² ,WANG Xing - Jun³

- | | | |
|---|---|---|
| (| 1. College of Civil Engineering of Hohai University , Nanjing , Jiangsu 210098 ; |) |
| | 2. The Station of Hydraulic Budget Auditing of the First Agricultural Division , Aksu , Xinjiang 843300 ; | |
| | 3. the Station of Hydraulic inspect of the First Agricultural Division , Aksu , Xinjiang 843300) | |

Abstract :The Sweden and Bishop methods are often applied on the slopes stability analysis . Validated in the same centre of a circle and slide arc , the stability safe coefficient calculated by the Sweden method is lower than Bishop method in that it ignores the side force through a example . The error would increase followed by the addition of the circle centre angle . Therefore , in the important slopes stability analysis , the Bishop and other strict method needed calculation at the same time .

Keywords Sweden ; Bishop ; stability analysis ; study

(上接第 37 页)

参考文献 :

[1] 张杰林 ,刘德长 ,曹代勇 .基于信息融合的铀矿床遥感数据挖掘技术 [J] .世界核地质科学 ,2004 ,21(2) 93 - 98 .
 [2] 李小涛 ,杨锋杰 ,宋小宁 .遥感影像三维可视化实现 [J] .山东科技大学学报 ,2003 ,22(4) 43 - 44 .
 [3] 李志林 ,朱庆 .数字高程模型 [M] .武汉 :武汉大学出版社 ,2001 .

3D Visualization of The Ordos Basin And It ' s Application

ZOU YONG - ling , HAN Ling , DU Zi - tao , DENG Hui

(School of Geology Engineering and Geomatic , Chang 'an University ,Xi 'an 710054 , China)

Abstract :As a new technology in surving profession ,3D terrain visualization is developing boomingly . This paper takes the ordos basin as an example , introduces how to build database of 3D visualization and how to realize it based on ARCGIS 9.0 , points out concrete application of 3D visualization in mineral exploration .

Keywords 3D Visualization ; DEM ; ARCGIS