

# 滑坡稳定性检算中几个问题的探讨

张苏民 张旷成

(机械工业勘察设计研究院, 陕西西安 710043)

编者按 本文首次刊载在第一机械工业部勘测公司《勘测技术》(内部资料)1974年第4期上。一年后,当时的国家建委建筑科学研究院建筑情报研究所主编的《勘察技术资料》(内部资料)1975年第3期全文登载了本文。此后,我国《工业与民用建筑工程地质勘察规范》(TJ 21-77)将本文的 $KT$ 型稳定系数计算方法和公式稍作修改后列入了规范。由于该公式中引入了一个传递系数,所以有时也就把这个方法称之为传递系数法。三十多年来,该法先后被列入各种《规范》和《手册》,得到了广泛地应用。

随着科学技术的进步,特别是计算机技术的飞速发展,当时用手工难以完成的计算现在已成为易事。随着研究的深入,对滑坡稳定性分析的认识也更趋全面完善。很多专家、学者分别提出了不少新的见解和论述。为了有助于学术讨论,作者特将这三十多年前的论文略加整理后在本刊正式发表,以供参阅。

【摘要】着重讨论了三方面的问题。第一部分讨论了折线形滑动面滑坡稳定性检算的判定指标。除现行较常用的最终剩余下滑力 $P_n$ 指标外,提出了 $KT$ 型和 $R/K$ 型两种判定滑坡稳定程度指标的计算方法;第二部分对“分段平衡法”、“总和平衡法”、“水平投影法”等几种计算稳定系数的方法作了比较分析,提出了它们各自的实际意义,优缺点和适用范围;第三部分讨论了 $K$ 值在检算滑坡稳定性、反算抗剪强度指标及计算滑坡推力时的不同概念。

【关键词】滑坡稳定性;分段平衡法;总和平衡法;水平投影法;滑坡推力

【中图分类号】P 642.22; TU 432

## Probe Into Landslide Stability Evaluation

Zhang Sumin Zhang Kuangcheng

(China Jikan Geotechnical Institute, Xi'an Shanxi 710043 China)

【Abstract】There are three issues discussed. First, the landslide stability evaluation judgment indices of the segmented sliding surface are analyzed. In addition to the index of residual downslide force  $P_n$ , the evaluation analysis by the landslide stability indices of the  $KT$  type and  $R/K$  type are introduced. Second, based on the comparative analysis of the calculating methods of the stability indices, such as segmentation equilibrium method, summation equilibrium method, horizontal projection method, and so on, the practical significances, advantages and disadvantages, scope of the application of the methods are proposed. Third, the different concepts of  $K$  value in the landslide stability evaluation, back calculation of shear strength parameters and the calculation of landslide thrust are investigated.

【Key Words】landslide stability; segmentation equilibrium method; summation equilibrium method; horizontal projection method; landslide thrust

### 1 基本假定和基本公式

滑坡稳定性的检算,一般是利用滑坡的主轴地质剖面,按照滑动面的形状将滑坡体分成若干块段,然后对每一块段所受到的各种作用力进行力学平衡分析。除了某些均质粘性土滑坡外,大多数滑坡的

滑动面有可能近似于由若干平面所组成,在剖面上呈折线形。

在分块段进行力学平衡分析时,首先要有几个基本假定:

① 滑坡体自身的挤压及变形不予考虑;

- ② 滑坡体沿折线形滑动面整体下滑;
- ③ 垂直滑坡主轴剖面方向取 1 m 宽的土条作为计算的基本土体, 其两侧的摩擦力略而不计;
- ④ 滑坡每块段的剩余下滑力作用方向平行于该块段的滑动面。

- ⑤ 不考虑滑坡块体上各作用力作用点不同而产生的影响。
- 滑坡稳定性检算剖面示意图见图 1。在上述基本假定的条件下, 取图 1 中的第  $i$  块段进行沿滑动面方向的力系平衡计算。

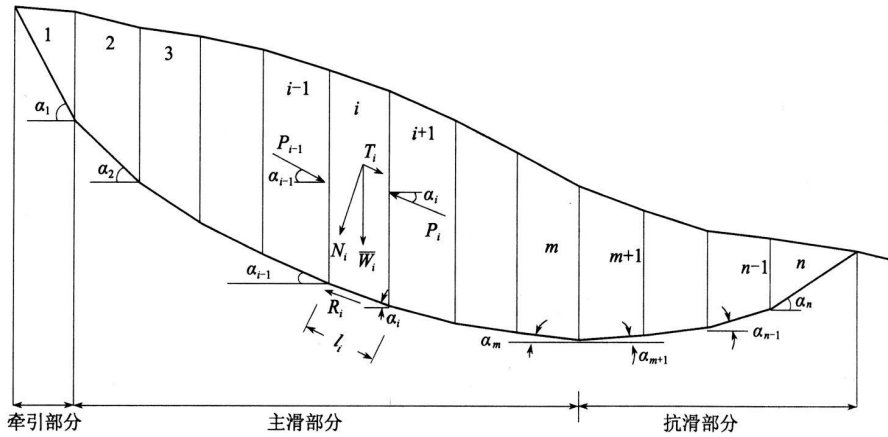


图 1 滑坡稳定性检算剖面示意图

可得出滑坡体某一块段剩余下滑力计算的基本公式为

$$P_i = P_{i-1} \times \psi + T_i - R_i \quad (1)$$

式中:  $P_i$  为第  $i$  块段对其下相邻的第  $i+1$  块段的剩余下滑力;  $P_{i-1}$  为第  $i-1$  块段对其下相邻的第  $i$  块段的剩余下滑力;  $\psi$  为第  $i-1$  块段的剩余下滑力作用至第  $i$  块段的传递系数,  $\psi = \cos(\alpha_{i-1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i-1} - \alpha_i) \times \tan \varphi_i$ ;  $T_i$  为第  $i$  块段滑坡体平行滑动面的下滑分力,  $T_i = W_i \times \sin \alpha_i$ ;  $R_i$  为作用在第  $i$  块段滑坡体上沿滑动面的抗滑力,  $R_i = N_i \times \tan \varphi_i + c_i \times l_i$ ;  $\varphi_i$  为第  $i$  块段滑动面的内摩擦角;  $c_i$  为第  $i$  块段滑动面的粘聚力;  $l_i$  为第  $i$  块段滑动面的长度;  $N_i$  为第  $i$  块段滑坡体作用在滑动面上的法向分力,  $N_i = W_i \times \cos \alpha_i$ ;  $W_i$  为第  $i$  块段滑坡体的重量;  $\alpha$  为第  $i$  块段滑动面与水平线所成的倾斜角;  $\alpha_{i-1}$  为第  $i-1$  块段滑动面与水平线所成的倾斜角。

在工程实践中, 上述基本公式常用于解决①计算滑坡推力; ②检算滑坡的稳定性; ③反算滑动面的抗剪强度指标。

### 2 滑坡稳定性检算的判定指标

用力学方法检算滑坡的稳定性可以用最终剩余下滑力  $P_n$  (即最终第  $n$  块的剩余下滑力) 和稳定系数  $K$  这两种方法进行判定。

#### 2.1 最终剩余下滑力 $P_n$

根据滑坡块体剩余下滑力的基本公式(1), 我们可以将滑坡体从上至下逐块计算每一块段向下传递

的剩余下滑力, 一直至最终的第  $n$  块段。

$$\begin{aligned}
 P_1 &= T_1 - R_1 \\
 P_2 &= P_1 \times \psi_2 + T_2 - R_2 = (T_1 - R_1) \psi_2 + T_2 - R_2 = \\
 & (T_1 \psi_2 + T_2) - (R_1 \psi_2 + R_2) \\
 P_3 &= P_2 \times \psi_3 + T_3 - R_3 = [(T_1 \psi_2 + T_2) - \\
 & (R_1 \psi_2 + R_2)] \times \psi_3 + T_3 - R_3 = \\
 & (T_1 \psi_2 \psi_3 + T_2 \psi_3 + T_3) - (R_1 \psi_2 \psi_3 + \\
 & R_2 \psi_3 + R_3) \\
 & \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= (T_1 \psi_2 \psi_3 \dots \psi_n + T_2 \psi_3 \dots \psi_n + \dots + T_{n-1} \psi_n + \\
 & T_n) - (R_1 \psi_2 \psi_3 \dots \psi_n + R_2 \psi_3 \dots \psi_n + \dots + R_{n-1} \\
 & \psi_n + R_n)
 \end{aligned}$$

利用连乘符号“ $\prod$ ”表示, 则

$$\begin{aligned}
 P_n &= \sum_{i=1}^{n-1} T_i \prod_{j=i+1}^n \psi_j + T_n - \\
 & \left( \sum_{i=1}^{n-1} R_i \prod_{j=i+1}^n \psi_j + R_n \right) \quad (2)
 \end{aligned}$$

当从  $m+1$  块段开始, 滑动面为反向时(见图 1), 则

$$\begin{aligned}
 P_n &= \sum_{i=1}^m T_i \prod_{j=i+1}^n \psi_j - \left( \sum_{i=m+1}^{n-1} T_i \prod_{j=i+1}^n \psi_j + T_n \right) - \\
 & \left[ \sum_{i=1}^m R_i \prod_{j=i+1}^n \psi_j + R_n \right] \quad (3)
 \end{aligned}$$

式中:

$$\prod_{j=i+1}^n \psi_j = \psi_{i+1} \psi_{i+2} \dots \psi_n$$

如果  $P_n < 0$ , 说明最终块段已不存在剩余下滑力, 滑坡处于稳定状态。

$P_n > 0$ , 说明最终块段还存在剩余下滑力, 滑坡处于失稳状态。

$P_n = 0$ , 滑坡处于平衡状态。

利用最终剩余下滑力  $P_n$  作为判定指标, 计算比较简便, 但只能给出稳定与否的定性概念, 而不能说明稳定或失稳的程度上的相对定量概念。

## 2.2 稳定系数 $K$

在滑坡块体剩余下滑力基本公式(1)中, 引入稳定系数  $K$ , 使得逐块计算至最终第  $n$  块段的滑坡最终剩余下滑力  $P_n$  等于一个包含有  $K$  的函数, 并令其等于零, 以此反求  $K$  值。此  $K$  值可作为判定滑坡稳定程度的指标。这又可分为  $KT$  型和  $R/K$  型两种型式。

### 2.2.1 $KT$ 型

即利用式(1)进行计算时将每个块段的下滑力  $T_i$  都乘以系数  $K$ 。但当有反向滑动面即存在有抗滑块段时(见图1), 则从第  $m+1$  块段起至第  $n$  块阶内的  $T_{m+1}$ 、 $T_{m+2}$ 、 $\dots$ 、 $T_n$  等反向下滑力均变成抗滑力, 且不乘以系数  $K$ 。

每个段的剩余下滑力为

$$P_i = P_{i-1} \times \psi + K T_i - R_i \quad (i \leq m) \quad (4)$$

$$P_i = P_{i-1} \times \psi - T_i - R_i \quad (i > m) \quad (5)$$

当无反向抗滑块段时, 按照式(2)的运算过程从上至下逐块计算至第  $n$  块段, 可得

$$P_n = K \left[ \sum_{i=1}^{n-1} T_i \prod_{j=i+1}^n \psi + T_n \right] - \left( \sum_{i=1}^{n-1} R_i \prod_{j=i+1}^n \psi + R_n \right) \quad (7)$$

令  $P_n = 0$ , 可得

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} R_i \prod_{j=i+1}^n \psi + R_n}{\sum_{i=1}^{n-1} T_i \prod_{j=i+1}^n \psi + T_n} \quad (8)$$

当有反向抗滑块段时, 按照式(3)可得

$$P_n = K \sum_{i=1}^{n-1} T_i \prod_{j=i+1}^n \psi - \left[ \sum_{i=m+1}^{n-1} T_i \prod_{j=i+1}^n \psi + T_n \right] - \left[ \sum_{i=1}^{n-1} R_i \prod_{j=i+1}^n \psi + R_n \right] \quad (9)$$

令  $P = 0$ , 则

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} R_i \prod_{j=i+1}^n \psi + R_n + \sum_{i=m+1}^{n-1} T_i \prod_{j=i+1}^n \psi + T_n}{\sum_{i=1}^m T_i \prod_{j=i+1}^n \psi} \quad (10)$$

### 2.2.2 $R/K$ 型

利用式(1)进行计算时, 将滑动面的抗剪强度除

以系数  $K$ 。

$$\frac{R_i}{K} = N_i \times \frac{\tan \varphi_i}{K} + \frac{c_i}{K} \times l_i \quad (11)$$

每个块段的剩余下滑力  $P_i$  为

$$P_i = P_{i-1} \times \psi + T_i - \frac{R_i}{K} \quad (12)$$

在不存在反向抗滑块段的情况时, 计算至第  $n$  块段, 令  $P_n = 0$ , 即

$$P_n = \sum_{i=1}^{n-1} T_i \prod_{j=i+1}^n \psi + T_n - \frac{1}{K} \left[ \sum_{i=1}^{n-1} R_i \prod_{j=i+1}^n \psi + R_n \right] = 0 \quad (13)$$

为计算的方便, 设  $F = \frac{1}{K}$ , 则式(13)可写成

$$P_n = \sum_{i=1}^{n-1} T_i \prod_{j=i+1}^n \psi + T_n - F \left[ \sum_{i=1}^{n-1} R_i \prod_{j=i+1}^n \psi + R_n \right] = 0 \quad (14)$$

当存在反向抗滑块段时, 计算至第  $n$  块段, 令  $P_n = 0$ , 则

$$P_n = \sum_{i=1}^m T_i \prod_{j=i+1}^n \psi - \frac{1}{K} \left[ \sum_{i=m+1}^{n-1} T_i \prod_{j=i+1}^n \psi + T_n + \sum_{i=1}^{n-1} R_i \prod_{j=i+1}^n \psi + R_n \right] = 0 \quad (15)$$

同样, 设  $F = \frac{1}{K}$ , 式(15)也可写成

$$P_n = \sum_{i=1}^m T_i \prod_{j=i+1}^n \psi - F \left[ \sum_{i=m+1}^{n-1} T_i \prod_{j=i+1}^n \psi + T_n + \sum_{i=1}^{n-1} R_i \prod_{j=i+1}^n \psi + R_n \right] \quad (16)$$

由于在传递系数  $\psi$  中也包含有  $\tan \varphi_i$  项, 因此当抗剪强度  $\tan \varphi_i$  及  $c_i$  都乘以系数  $F = 1/K$  时, 式(14)和式(16)就成为一个包含有  $F$  的  $n-1$  次方的多项式代数方程。从理论上说, 求得此高次代数方程的解, 即可求得  $F$  值和  $K$  值。但在实际应用中, 都采用渐近法试算而得近似值。

按上述可见, 稳定系数  $K$  的意义是: 当将滑坡体各块段的下滑力  $T_i$  乘以某系数  $K$  ( $KT$ 型) 或将组成各块段滑动面抗滑力的抗剪强度  $\tan \varphi_i$  和  $c_i$  分别除以某系数  $K$  ( $R/K$ 型) 时, 此滑坡体即正好处于临界平衡状态(最终剩余下滑力  $P_n = 0$ )。从式(8)、式(10)或式(13)、式(15)式均可看出, 实质上,  $K$  值是考虑了传递系数后, 整个滑坡体各块段抗滑力总和与下滑力总和的比值。因此, 此系数  $K$  称之为稳定系数, 可用以表示滑坡体相对稳定

的程度,即当:

- $K > 1$ , 滑坡处于稳定状态;
- $K < 1$ , 滑坡处于失稳状态;
- $K = 1$ , 滑坡处于平衡状态。

KT型的稳定系数K计算比较简单,其数学表达式见(6)或(8)。但是从力学意义来说,尚有不够明确之处。从KT型的基本计算式(4)和(5)可以看出:

1) 在主滑段  $i \leq m$  时,式(3)可写成

$$P_i = P_{i-1} \times \psi + K W_i \times \sin \alpha_i - W_i \times \cos \alpha_i \times \tan \varphi_i - c_i \times l_i \quad (17)$$

式(17)中把第*i*块段滑坡体的重力 $W_i$ 所产生的下滑分力 $W_i \times \sin \alpha_i$ 乘了一个系数 $K$ ,而对同一重力所产生的法向分力 $W_i \times \cos \alpha_i$ 却没有乘系数 $K$ ,这是有些不严密的。

2) 在抗滑段  $i > m$  时,式(5)中 $T_i$ 没有乘以系数 $K$ ,这意味着对于同一个滑坡体,同样是重力沿滑动面产生的切向分力 $T_i = W_i \times \sin \alpha_i$ 在主滑段 $T_i$ 要乘以系数 $K$ ,而在抗滑段 $T_i$ 就不乘以系数 $K$ (或 $K=1$ ),人为地采用了两个不同的系数。

R/K型稳定系数在计算时将出现高次代数方程,求解比较复杂一些。但是它的力学概念比较明确。如果我们根据现场或室内试验已经得到滑动面的抗剪强度指标 $\tan \varphi$ 和 $c$ ,则使滑坡处于临界平衡状态时需要的抗剪强度分别为 $\tan \varphi' = \frac{\tan \varphi}{K}$ 和

$c' = \frac{c}{K}$ ,若 $K > 1$ ,则 $\varphi' < \varphi, c' < c$ ,说明不需要发挥全部抗剪强度即能使滑坡处于稳定状态。反之,若 $K < 1$ ,则 $\varphi' > \varphi, c' > c$ ,说明即使发挥全部抗剪强度尚不能使滑坡处于稳定,因而滑坡处于失稳状态。

值得注意的是,在按上列诸式计算 $P_n$ 或 $K$ 值时,当滑坡体上部块段出现 $R_i \geq T_i$ (亦即剩余下滑力 $P_i \leq 0$ )时,则不应将这些块段的 $R_i$ 及 $T_i$ 分别累计在其总和值之内,而应从 $T_i > R_i$ 的块段开始往下计算。

### 3 几种计算稳定系数的方法的比较

计算滑坡稳定系数一般有分段平衡法、总和平

衡法和水平投影法。

#### 1) 分段平衡法

上述计算稳定系数的方法是当滑动面为折线形,将滑坡体分成若干块段,然后逐块进行平衡计算的。因此通常可称之为分段平衡法。

#### 2) 总和平衡法

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n R_i + \sum_{i=m+1}^n T_i}{\sum_{i=1}^m T_i} \quad (18)$$

式中: $K$ 为稳定系数; $R_i$ 为第*i*块段的抗滑力 $R_i = N_i \times \tan \varphi_i + c_i \times l_i$ ;  $T_i$ 为第*i*块段的下滑分力(当 $i < m$ 时)或抗滑分力(当 $i > m$ 时)。

从式(18)可知,稳定系数 $K$ 等于沿滑动面的抗滑力之总和与下滑力之总和的比值。这种计算方法对于圆弧形或近似于圆弧形的滑动面是比较适宜的(因可取作用于滑坡体上的各力对圆弧的圆心所产生的转动力矩等于零作为平衡条件)。

对于滑动面为一直线平面的理想情形时(直线可视作为半径无限大的圆弧)。

$$K = \frac{W \times \cos \alpha \times \tan \varphi + c \times l}{W \times \sin \alpha} \quad (19)$$

对于松散体(例如干砂)来说, $c=0$ ,

$$K = \frac{\tan \varphi}{\tan \alpha} \quad (20)$$

#### 3) 水平投影法

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n R_i \cos \alpha_i + \sum_{i=m+1}^n T_i \cos \alpha_i}{\sum_{i=1}^m T_i \cos \alpha_i} \quad (21)$$

式中符号意义同前。

从式(21)可知稳定系数 $K$ 等于沿滑动面抗滑力的水平分力之和与下滑力的水平分力之和的比值。

下面讨论这几种计算稳定系数的方法。

先用分段平衡法、总和平衡法和水平投影法,各计算三个实例,其结果见表1。

表1 计算稳定系数K的不同方法的比较

工程名称	最终剩余下滑力 $P_n$	稳定系数 $K$			
		分段平衡法		总和平衡法	水平投影法
		KT型	R/K型		
华北某厂	48.0	0.931	0.931(100.0)	0.912(98.0)	0.934(100.3)
中南某厂	12.9	0.936	0.934(99.8)	0.905(96.7)	0.922(98.5)
西南某厂	21.9	0.985	0.985(100.0)	0.966(98.1)	0.993(100.8)

注:括号内数字是以KT型计算值为基数的百分比

分析这三种计算方法及其结果,可以得到以下几点认识。

1) 从理论上说,总和平衡法只适用于圆弧的滑动面。对于折线形滑动面来说,用总和平衡法并不能够构成滑坡体的平衡条件。而分段平衡法是逐段计算滑坡体各块段的力学平衡条件,虽然要作一些必要的假定,但在力学概念上是比较明确的,比较式(8)和式(19),可以看出的差别就在于分段平衡法式(8)考虑了由于滑动面倾斜角的变化而使剩余下滑力的传递需要乘以系数 $\psi$ 。对于直线形滑动面,传递系数 $\psi=1$ ,式(8)和式(19)就完全一致。

至于水平投影法,并不是建立在力学平衡条件的基础上的,只能作为近似的估算。

2) 在一般情况下,滑动面的倾斜角总是上陡下缓,逐渐过渡,即 $\alpha_{i-1} > \alpha_i$ 。从滑坡检算的实践又可知,在滑坡体的后缘和中部一般是下滑力大于抗滑力,而在滑坡体的前缘则常是抗滑力大于下滑力。因此在计算力的水平投影时,由于倾角 $\alpha$ 值愈大,其 $\cos \alpha$ 值愈小,所以下滑力水平分力之和常偏小,而抗滑力水平分力之和常偏大。以致用水平投影法计算的稳定系数一般都比总和平衡法的计算结果大些。

3) 如果滑动面能满足或基本满足 $\alpha_{i-1} > \alpha_i$ 的条件,即滑动面倾斜角自上至下向滑坡前缘递减,即各块段的滑坡剩余下滑力传递系数 $\psi$ 一般都小于1。这意味着滑坡后缘块段的剩余下滑力合力传递至滑坡前缘时要打点折扣,乘以一个小于1的系数,愈是后缘的块段, $\psi$ 值连乘的次数就愈高,而乘的系数就愈小,打的折扣就愈大。前已述及滑坡的后缘和中部一般都是下滑力比抗滑力大,在乘以传递系数后,下滑力的折减相对地要比抗滑力的折减来得大。因此,在一般情况下,用分段平衡法计算的稳定系数总是比总和平衡法的计算结果大些。

4) 计算实例(见表1)也表明

① 分段平衡法 $K$ 值 $>$ 总和平衡法 $K$ 值;

② 水平投影法 $K$ 值 $>$ 总和平衡法 $K$ 值;

③ 分段平衡法的 $KT$ 型和 $R/K$ 型计算结果甚为接近;(如果 $\alpha$ 和 $\varphi$ 值大小变化,有可能产生变化)

④ 我们认为在工程实践中,用分段平衡法检算滑坡的稳定性是比较适宜的。总和平衡法的 $K$ 值往往偏小,两种方法计算结果的差异主要决定于滑动面的折线形状,滑动面愈接近圆弧形(或直线),差异就愈小;滑动面与圆弧形相差愈大,差异也就愈大。

在分段平衡法中,由于 $KT$ 型和 $R/K$ 型计算结果比较接近,当不存在反向滑动面时,两者可能得出完全一致的结果。因此在一般情况下可用 $KT$ 型计算稳定系数,以避免进行繁琐的计算。但是从力学概念上来说, $R/K$ 型要比 $KT$ 型合理一些,在反向滑动面的影响较大时,还是以 $R/K$ 型进行计算为宜。

#### 4 滑坡检算中 $K$ 值的不同概念

以上讨论研究了检算滑坡稳定性的一些问题。除此之外,在工程实践中还常遇到反算滑动面的抗剪强度指标的问题和计算滑坡推力的问题。这三个问题的解决都可以分段平衡法的滑坡块体剩余下滑力基本公式(1)作为基础的,而且计算的方法也都相似,都要在式(1)中引入一个系数 $K$ 。但是同一个公式,相似的计算方法,同样的数学符号 $K$ ,在解决不同的问题时,其力学意义是并不完全相同的。下面我们分别讨论这三种滑坡检算问题中 $K$ 值的不同概念。

##### 4.1 检算滑坡的稳定性

这个问题在本文的前两部分已经作了比较详细的叙述。其基本概念是将处于极限平衡状态的滑坡(其数学表达式即为最终剩余下滑力 $P_n=0$ )作为相比较的基准。如果现状的滑坡需要将各块段的下滑力普遍折减或将滑动面的抗剪强度普遍增大(此时 $K < 1$ )才能达到极限平衡,就表明滑坡的现状是不稳定的。 $K$ 值愈小,就愈不稳定。反之,如果现状的滑坡即使将各块段的下滑力普遍增大一定倍数或将滑动面的抗剪强度普遍折减(此时 $K > 1$ )也还能处于极限平衡状态,则表明滑坡是稳定的, $K$ 值愈大,滑坡的稳定性也愈大。另外从 $K$ 值的实际意义是整个滑坡考虑传递系数后抗滑力总和与下滑力总和的比值来理解,其对滑坡稳定性评价的概念就更为清楚了。因此,这个 $K$ 值我们称之为滑坡的稳定系数,是检验滑坡稳定程度的一个定量指标。

##### 4.2 反算滑坡面的抗剪强度指标

这个问题实际上就是滑坡稳定性检算的反算。所以在解决这个问题时 $K$ 值的意义也是表示滑坡稳定程度的指标——稳定系数。但是,此时的 $K$ 值需要根据滑坡的稳定程度人为地先予以假定。如果是正在滑动中的滑坡,则 $K$ 应取小于1的值;如果是暂时稳定的滑坡, $K$ 可取大于1的值,接近极限平衡状态的滑坡, $K$ 可取与1相近的值。必须指出, $K$ 值的选定对抗剪强度指标的反算结果影响较大。以某滑坡为例,当 $K$ 值选取为0.95和0.90

时,反算的内摩擦角  $\varphi$  分别为  $7^{\circ}18'$  和  $6^{\circ}35'$ , 相差达 10%。所以应根据工程地质勘测所得到的滑坡现状结合工程的重要性慎重选取。

与检算滑坡稳定性相似,在反算抗剪强度时  $K$  值的处理也有两种型式,即  $K_T$  型和  $R/K$  型。前者是在计算时将每块段的下滑力都乘以系数  $K$ ; 而后者则在计算时先不乘以系数  $K$ , 而将计算所得的抗剪强度各除以系数  $K$  作为最终指标值。

### 4.3 计算滑坡推力

如果需要计算滑坡某一断面处的滑坡推力,以作为抗滑支挡结构的设计依据,可根据式(1)利用分段平衡法逐段计算该断面以上的各块段剩余下滑力。此时在式(1)中也需要列入系数  $K$ 。无反向滑动块段时,剩余下滑力  $P_n$  按(7)式计算;有反向滑动块段时,按(9)式计算。

这个  $K$  值主要取决于我们对该滑坡认识的准确程度和工程的重要性。如果勘测资料齐全而可靠,对滑坡的认识比较有把握时,  $K$  值可采取偏小的数值;反之,特别是工程比较重要时,就应采取偏大的数值。所以这里的  $K$  值实际上是给定的一个大于 1 的系数,人为地加大下滑力,使所计算滑坡推力有一定安全储备,因而它是一个安全系数。常用

符号  $K_T$  表示,以不同于前述的稳定系数  $K$ 。我国《工业与民用建筑地基基础设计规范》规定,滑坡推力安全系数应根据滑坡现状及其对工程的影响因素而确定,一般可取  $K_T=1.05\sim 1.25$ 。(  $K_T$  值不应小于 1.0)。  $K_T$  值的选取对滑坡推力的影响很大,根据有关资料介绍,当  $K_T$  值从 1.1 提高到 1.2 时,滑坡推力值提高 40%~90%。所以在滑坡计算中确定安全系数  $K_T$  时,要经过细致的调查研究,提高对滑坡认识的正确程度,在经济合理的前提下,充分考虑工程的重要性,保证必要的安全储备。

需要注意的是,在选取上述安全系数  $K_T$  时,应该采用  $P=K_T(\sum T-\sum R)$  的公式进行计算,而不宜采用  $P'=K_T'(\sum T-\sum R)$  的公式形式,由于在滑动面的确定,抗剪强度指标值的选取等方面都可能有一定的误差,而且滑坡的实际情况与式(1)的基本假定并不完全相符,因而滑坡推力的计算必须要具有一定的安全系数。若采用同样的安全系数值,用后者公式型式计算的滑坡推力  $P'$  将大大小于前者计算结果  $P$  ( $K_T$  值愈大,  $\sum R$  愈大,  $P'$  比  $P$  就小得愈多),以致得出不安全的滑坡推力。

收稿日期: 2008-09-04

## 欢迎订阅 2009 年中国科技核心期刊 **《岩土工程技术》** 双月刊

《岩土工程技术》是中国兵器工业集团公司主管、国防机械工业工程勘察科技情报网主办、国内外公开发行的中国科技核心期刊。本刊的办刊宗旨是促进学科理论发展和学术交流,传播知识创新和技术创新,加速科技创新成果向现实生产力的转化。本刊的主要栏目有:技术开发与创新、综述性论文、技术探索与研究、深基坑工程技术、复合地基技术、桩基技术、地基处理技术、工程技术试验研究、工程测试技术、隧道工程技术、地下水、环境岩土工程技术、岩土地震工程技术、信息报道等。

中国标准连续出版物号: ISSN 1007-2993 代号: 国内邮发 82-677  
CN 11-3813/TU 国外发行 4736Q

定 价: 每期 15 元, 全年 90 元。

收款单位:《岩土工程技术》杂志社

读者可从邮局订阅,也可随时直接汇款到编辑部订阅。

本刊地址: 北京 573 信箱《岩土工程技术》编辑部 邮 编: 100053

电 话: (010) 83117072 (010) 83117601-876 传 真: (010) 83117072 (010) 83117582

技术的创新 市场的需求 科技的决策  
《岩土工程技术》是您占有市场的好帮手