

安全系数和滑坡推力的分析*

刘振明

(中铁西北科学研究院 甘肃兰州 730000)

摘要 在滑坡稳定度的分析(滑坡治理工程力学分析之一)文章的基础上对滑坡的安全系数和滑坡推力进行力学分析,提出作者的观点,与同行探讨。

关键词 安全系数 滑坡推力 分析

本文在滑坡稳定度的分析文章的基础上讨论滑坡推力的问题。在滑坡整治工程设计中,滑坡推力是最重要的问题,它决定了抗滑工程的类型、大小、位置和工程规模,即决定了工程投资的大小和工程施工期的长短(当然,投资和工期还受其他种种因素的制约)。

1 滑体的滑坡推力和安全系数的概述

经典文献中滑坡推力和安全系数是这样定义的:

(1) 滑动面(带)是单一平面或可简化为单一平面时,滑坡推力 E 为式(1)

$$E = KF_{滑} - F_{抗} \quad (1)$$

式中: K 为安全系数。

(2) 当滑动面为圆弧或弧线时

$$E = \int_l KF_{滑} dl - \int_l F_{抗} dl = K \int_l F_{滑} dl - \int_l F_{抗} dl \quad (2)$$

(3) 当滑动面在断面上呈折线形时,滑坡推力采用由上而下分块传递解出

$$\begin{aligned} E &= KF_{1滑} - F_{1抗} \\ E &= K \cdot F_{n滑} + E_{n-1}\psi_n - F_{n抗} \end{aligned} \quad (3)$$

2 理论分析(单宽分析)

(1) 经典文献中滑坡推力计算先从稳定系数:

$$K_0 = \frac{\text{抗滑力(矩)}}{\text{下滑力(矩)}} = \frac{W \cos \alpha \tan \varphi + cl}{W \sin \alpha}$$

或(分段推力传递公式)

$$K_0 = \frac{F_{n抗}}{F_{n滑}}$$

根据已知条件求出 c 、 φ , 或综合 c , 或综合 φ , 再将求出的 c 、 φ 代入推力公式中求出推力 E 值。

我们来审视稳定系数公式和推力公式:

$$\text{稳定系数公式: } K_0 = \frac{\text{抗滑力}}{\text{下滑力}}$$

$$\text{推力公式: } E = K \times \text{下滑力} - \text{抗滑力}$$

可以得出如下结论:若由稳定系数公式反求出

的 c 、 φ 值完全代入推力公式中,且定义安全系数 K 值为稳定系数 K_0 值时,推力 E 应该且必须为 0, 推力 E 之所以不为零是由于, $K \neq K_0$ 造成的。

(2) 推力计算的 LZM 法

我们再来审视稳定系数和推力公式

$$\text{稳定系数公式: } K_0 = \frac{\text{抗滑力}}{\text{下滑力}} = \frac{F_{抗}}{F_{滑}}$$

$$\text{得 } F_{抗} = K_0 F_{滑} \quad (4)$$

推力公式:

$$E = K \times \text{下滑力} - \text{抗滑力} = KF_{滑} - F_{抗} \quad (5)$$

将(4)式代入(5)式得:

$$E = KF_{滑} - K_0 F_{滑} = (K - K_0) F_{滑} \quad (6)$$

在单一滑面情况下:

$$E = (K - K_0) W \cdot \sin \alpha = (K - K_0) F_{滑} \quad (7)$$

在组合滑面情况下,推力传递为:

$$E = (K - K_0) (F_{滑n} + \sum_{i=1, n-1} E_{滑i} \psi_i)$$

在这里我们惊奇地发现,难以确定的强度参数 c 、 φ 值消失了,(因为下滑力只与 W 和 α 有关),推力计算竟变得如此简单。

(3) 推力计算的 LZM1 法

从(之一)中我们知道, $K_0 \geq 1$, 我们取 K_0 的最小值:

$K_0 = 1$ 代入 E 公式(7), 得出 LZM1 公式。

$$\text{得: } E = (K - 1) W \sin \alpha = (K - 1) F_{滑}$$

(单一滑面)

$$\text{或 } E = (K - 1) (F_{滑n} + \sum_{i=1, n-1} E_{滑i} \psi_i) \quad (\text{组合滑面})$$

滑面)

(4) 讨论

c 、 φ 值在推力计算中没有用了吗? 不是的, c 、 φ 值是滑面重要的强度特征参数,在后续的讨论中我们将讨论 c 、 φ 的作用。

3 实例分析

(1) 青海何群峡 2 号滑坡两种算法推力的对比(见表 1)。

(2) 重庆万梁高速公路、张家坪、大荒田、安龙等滑坡,笔者于 2001 年在整治工程设计时用两种方法进行了对比分析,得出同样的结论。

表1 两种算法推力的对比表

断面	稳定系数 K_0	安全系数 K	常规反算计算 推力/t	L法计算 推力/t
I	0.98	1.15	281.1577	287.4774
II	0.98	1.15	225.4969	229.7602
III	0.98	1.15	240.5288	245.1309

4 安全系数的讨论

如本文开头所述,对于一个具体的滑坡,推力 E 的大小决定了抗滑工程的规模,而在这个具体的滑坡分析中,根据前面的结论, E 的大小则完全由安全系数 K 值所决定,因而安全系数的取值是工程规模的决定性参数。

在实际工程中,由于勘察、测绘工作的详尽程度、资料的准确程度、滑坡发展的把握程度、地下水的变化、岩土材料强度的变化、地震的作用、及工程的重要程度和滑坡的危害程度等不同,安全系数 K 的取值在很大范围内变动: $K=1.05 \sim 1.30$ 到1.50,甚至到1.80或2.00。由于诸多因素的不确定性,造成 K 的取值不确定性,在具体取值时有非人为因素:如规范的规定;也有人为因素:如设计分析人员的成熟性、掌握资料的多少、个人的胆

识、领导的意志、市场及经济利益的干扰等多种因素的影响(如界定投资大小,实际上就是在变动 K 值的大小)。

我们的工作希望尽量提高对客观因素把握的准确性,而尽量减少人为主观因素的影响。这就需要做过细的前期调查工作,尽量把自然滑坡的工程地质、水文地质、地形地貌反映成纸面图件或电子图件,尽量收集文字和数据资料,使 K 的取值有的放矢,使工程规模安全且适度。而不把过多的金钱和血汗埋置于大地中,更不能因工程失败而造成巨大的损失。

在工程实际中, K 的取值我们按下处理。

①破坏力大的小概率事件(如地震力的影响) K 取1.05。

②大概率事件的组合(如渗水压力、地下水高位、强度减小等)在一般性的工程中(如一般公路、破坏力不大的工程等) K 取1.15。

在重要的工程中(如高速公路、厂区、民居等) K 取1.25。

但我们希望有一个健全的法规,明确不同概率事件的组合,界定 K 值的取用。

收稿日期:2005-02-06

投 稿 须 知

(1) 作者来稿应署真实姓名,署名不超过三人,文后请注明作者性别、职称、单位全称、电话号码、通讯地址及邮编,若遇变动应及时告知,便于联系。

(2) 来稿应遵守《著作权法》的规定,文责自负。已投寄海内外其它刊物的稿件本刊不予受理。

(3) 来稿要求文字精炼,数字准确,每篇文章以5 000~5 500字为宜,最多不超过6 000字(3页版面),题名不超过20字。稿件打印清楚,且应加大行距,留有修改位置。

(4) 凡3 000字以上的文章应有摘要及关键词,摘要应言简意赅,不超过150字,关键词3~8个。

(5) 文稿格式采用条码化,章、节、条一律用阿拉伯数字表示,如1、1.1、1.1.1……,2、2.1、2.1.1……,均顶格写,以下可用(1)、(2)、(3)等。

(6) 插图一般不超过6幅,图宽以8cm或8cm×2为宜,图中的线条、符号及注字应简明清楚,表格应科学、简明,一般采用三线表,注明图表的序号及名称。

(7) 属于科研、基金项目资助的稿件,请在第一页左下角注明科研、资助基金的正式名称,括号内注明项目编号。

(8) 量和单位的名称或符号应符合国家标准规定,对易混淆者,应在首次出现时予以注明。

(9) 参考文献限于文中明确引用且公开发表者,采用顺序编码制,并必须在文中引用处右上角用方括号注明序号,不注明者,将视为无参考文献。文后参考文献著录项目如下:

期刊 作者. 文题. 刊名, 年份, 卷(期).

专著 作者. 书名. 版次. 出版地: 出版单位, 年份.

外文献著录规则同上。外国人名,姓前名后,名用缩写,不加缩写标点。

(10) 来稿根据需要编辑部将作适当删改,如不同意删改者请来稿时注明。

(11) 本刊对来稿不退,请作者自留底稿,凡投本刊的稿件,两个月内未收到录用通知,请来函、来电联系,或请改投其它刊物。

(12) 来稿请同时附加汉译英文文题及作者姓名。电脑打印的文稿请连同三寸磁盘(纯文本文件)一并寄编辑部。

欢迎网上投稿。邮件请寄:成都市通锦路中铁二局机关铁道部《路基工程》编辑部

邮政编码:610032

电话:(028) 87689247

路电:(061) 42963 42063

传 真:(028) 86443000

E-mail:ljgch01@163.com

网址:www.ljgch.cn/

铁道部《路基工程》编辑部启