

文章编号:1672-058X(2012)07-0087-05

路基填料对路基边坡稳定性的影响分析*

郝春华¹, 龚霞²

(1. 重庆市交通规划勘察设计院, 重庆 401121; 2. 林同棣国际工程咨询(中国)有限公司, 重庆 401121)

摘要:边坡稳定问题是最常见的工程地质问题之一,影响边坡稳定性的因素也很多,其中路基填料的粘聚力 c 和内摩擦角 φ 是影响边坡稳定的主要因素;结合具体算例阐述了 φ 对边坡稳定的影响比 c 显著,填筑路基时优先采用 φ 值较大的材料作为路基填料。

关键词:边坡稳定,粘聚力 c ,摩擦角 φ

中图分类号:XP32

文献标志码:A

边坡的稳定分析是岩土工程中重要的研究内容之一^[1]。边坡系指具有倾斜坡面的土体。由于土坡表面倾斜,在本身重量及其他外力作用下,整个土体都有从高处向低处滑动的趋势,如果土体内部某一个面上的滑动力超过土体抵抗滑动的能力,就会发生滑坡。因此边坡稳定问题是最常见的工程地质问题之一。随着我国高速公路的快速发展,高填方边坡稳定一直是备受关注的技术问题。正确的评价边坡的稳定性,分析滑坡的主要原因,采取浆砌片石菱形网格植草或者满铺浆砌片石进行坡面防护^[2],采用合理的施工和治理措施,对高速公路的建设和发展都具有很重要的意义。

边坡稳定性分析方法很多,不同的方法又各具特点,有一定的适用条件。根据具体的边坡工程地质条件,具体地分析目的与精度要求,合理有效地选用与之相适应的边坡稳定性分析方法,是一项很重要的工作。在工程设计中,判断边坡稳定性的大小习惯上采用边坡稳定安全系数来衡量。最初的安全系数概念来源于极限平衡法中的条分法,是用滑裂面上全部抗滑力矩与滑动力矩之比来定义的,20 世纪 50 年代,毕肖普等明确了土坡稳定安全系数的定义,将土坡稳定安全系数定义为沿整个滑裂面的抗剪强度 τ_f 与实际产生的剪应力之比,即:

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau}$$

这不仅使安全系数的物理意义更加明确,而且使用范围更加广泛。在边坡稳定分析中,主要使用的参数是土的抗剪强度指标粘聚力 c 和内摩擦角 φ ^[3]。因此在高路基填筑的过程中,如何选取填筑材料就显得更为重要。主要结合算例考虑填筑材料的 c 和 φ 对边坡稳定影响的变化规律。

1 边坡稳定性分析的基本理论

边坡稳定分析的方法很多,其中条分法应用较为广泛。条分法是以极限平衡理论为基础,由瑞典人彼得森(K. E. Petterson)在 1916 年提出,20 世纪 30-40 年代经过费伦纽斯(W Fellennius)和泰勒(D. W. Taylor)

收稿日期:2011-12-01;修回日期:2011-12-20.

* 基金项目:交通部西部交通建设科技项目(2005 318 740 10).

作者简介:郝春华(1976-),男,内蒙古人,工程师,硕士,从事道路、路基设计研究.

等人的不断改进直至 1954 年简布(Janbu)提出了普遍条分法的基本原理,1955 年毕肖普明确了土坡稳定安全系数,方法在目前的工程界成为普遍采用的方法。

极限平衡理论的主要思想是将滑动土体进行条分,根据极限状态下土条受力和力矩平衡来分析边坡的稳定性。根据对平衡方程组增设的边界条件不同,又分为:瑞典条分法,简化毕肖普(Bishop)法,简布普遍条分法等。条分法的基本理论如下:

由图 1 所示圆弧滑动体内取出土条 i 进行分析,则土条的受力如下:

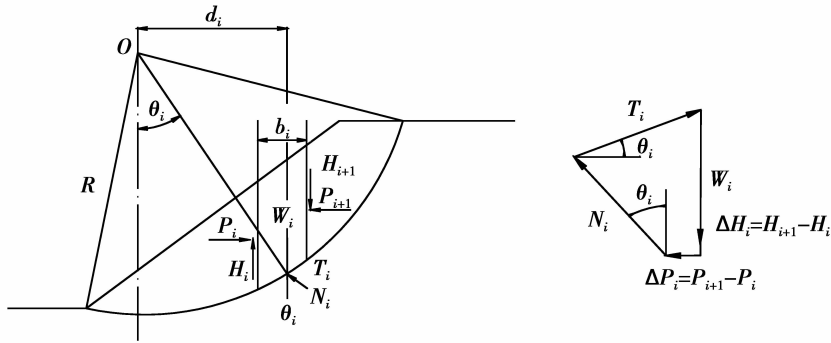


图 1 土条受力分析图

(1) 土条重 W_i 引起的切向反力 T_i 和法向反力 N_i , 分别作用在分条中心处; (2) 土条的侧向分别作用有法向力 P_i, P_{i+1} 和切向力 H_i, H_{i+1} 。

由土条的竖向静力平衡条件有 $\sum F_z$, 即:

$$W_i + H_{i+1} - H_i - T_i \sin \theta_i - N_i \cos \theta_i = 0 \quad (1)$$

当土条未破坏时,滑弧上土的抗剪强度只发挥了一部分,毕肖普假定其滑动面上的切向力相平衡,这里考虑安全系数的定义,且 $\Delta H_i = H_{i+1} - H_i$ 即:

$$T_i = \tau_i l_i = \frac{1}{F_s} \tau_f l = \frac{1}{F_s} (N_i \tan \varphi + c_i l_i) \quad (2)$$

将式(2)代入式(1)则有:

$$N_i \left(\cos \theta_i + \frac{\sin \theta_i \tan \theta_i}{F_s} \right) = W_i + \Delta H_i - \frac{c_i l_i}{F_s} \sin \theta_i$$

令:

$$m_{\theta_i} = \cos \theta_i + \frac{\sin \theta_i * \tan \theta_i}{F_s} \quad (3)$$

则

$$N_i = \frac{1}{m_{\theta_i}} (W_i + \Delta H_i - \frac{c_i l_i}{F_s} \sin \theta_i) \quad (4)$$

考虑整个滑动土体的极限平衡条件,此时条间力 P_i 和 H_i 成对出现,大小相等、方向相反,相互抵消。因此只有重力 W_i 和切向力 T_i 对圆心产生力矩,由力矩平衡知:

$$\sum W_i \cdot d_i - \sum T_i \cdot R = 0 \quad (5)$$

将式(4)代入式(2)再代入式(5),且 $d_i = R \sin \theta_i$, 此外,土条宽度不大时, $b_i = l_i \cos \theta_i$, 经整理简化可行毕肖普边坡稳定安全系数的普遍公式:

$$F_s = \frac{\sum \frac{1}{m_{\theta_i}} [c_i b_i + (W_i + \Delta H_i) \tan \theta_i]}{\sum W_i \sin \theta_i} \quad (6)$$

式中: ΔH_i 仍是未知量。毕肖普进一步假定 $\Delta H_i = 0$, 于是上式进一步简化为:

$$F_s = \frac{\sum \frac{1}{m_{\theta_i}} [c_i b_i + W_i \tan \theta_i]}{\sum W_i \sin \theta_i} \quad (7)$$

从式(7)可以看出,参数 m_{θ_i} 包含有安全系数 F_s , 因此不能直接求出安全系数, 而需采用试算法迭代求解 F_s 值。

2 计算实例分析

2.1 计算模型及计算参数

某填土路基, 填土高度 13 m, 路基顶宽 21 m, 路基底宽 60 m, 最大剖面见图 2。路基底为坚硬岩层, 计算时不考虑基底岩层变形和路基填土中地下水的影响。填料容重采用 20 T/m^3 。

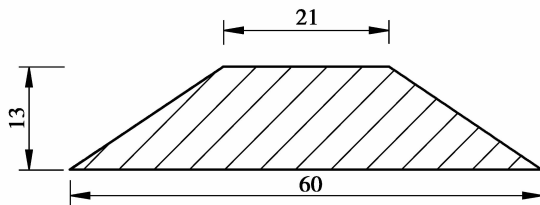


图2 路基断面图

2.2 填筑材料 c 对边坡稳定的影响

图3和图4分别是在 $\varphi = 20^\circ$ 时, $c = 15 \text{ kPa}$ 和 $c = 35 \text{ kPa}$ 时对应的滑动面位置及其最小安全系数。从图2可见, 当 $c = 15 \text{ kPa}$ 时, 最小安全系数是 1.197, 当 $c = 30 \text{ kPa}$ 时, 最小安全系数是 1.639, 最小安全系数的增长幅度为 37%, 滑动面位置变化不大。图3反映了当 φ 取 20° , c 取 10、15、20、25、30、35 kPa 时, 所对应的最小安全系数的变化曲线。从图5可以看出, 随着 c 取值的增大, 滑动面的最小安全系数在逐渐增大, 由 c 为 10 kPa 所对应的 1.032, 增大到 c 为 35 kPa 所对应的 1.783。曲线的变化近似满足直线方程。直线方程式为 $y = 0.03x + 0.747$, y 表示最小安全系数, x 表示粘聚力 c 。

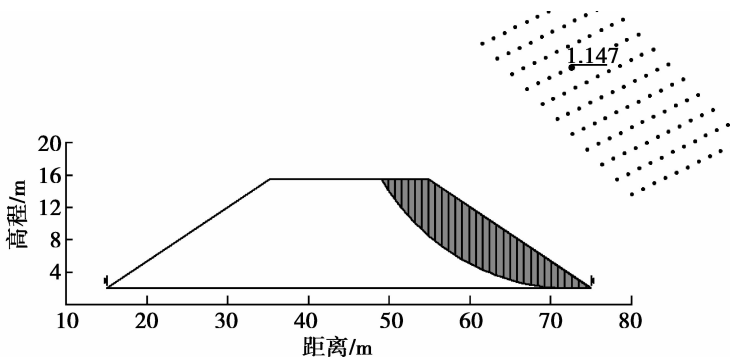


图3 $\varphi = 20^\circ$ 、 $c = 15 \text{ kPa}$ 时滑动面位置及最小安全系数

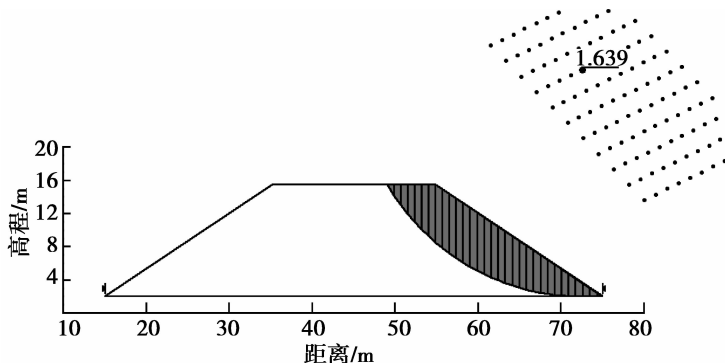


图4 $\varphi = 20^\circ$ 、 $c = 30 \text{ kPa}$ 时滑动面位置及最小安全系数

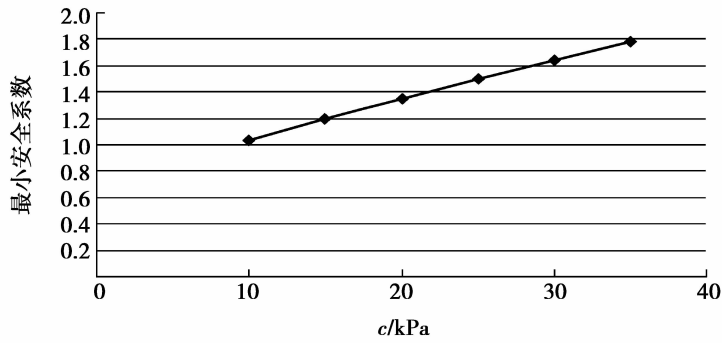


图 5 $\varphi = 20^\circ$ 时 c 的不同取值与最小安全系数的变化关系曲线

2.3 填筑材料 φ 对边坡稳定的影响

图 6 和图 7 分别是在 $c = 20 \text{ kPa}$ 时, $\varphi = 15^\circ$ 和 $\varphi = 30^\circ$ 时对应的滑动面位置及其最小安全系数。从图 6、图 7 可见, 当 $\varphi = 15^\circ$ 时, 最小安全系数是 1.147, 当 $\varphi = 30^\circ$ 时, 最小安全系数是 1.771, 最小安全系数的增长幅度为 54%, 滑动面位置变化不大。图 8 反映了当 c 取 20 kPa, φ 取 15° 、 20° 、 25° 、 30° 和 35° 时, 所对应的最小安全系数的变化曲线。从图 8 可以看出, 随着 φ 取值的增大, 滑动面的最小安全系数在逐渐增大, 由 φ 为 10° 所对应的 0.952, 增大到 φ 为 35° 所对应的 2.018。曲线的变化近似满足直线方程。直线方程式为 $y = 0.04x + 0.547$, y 表示最小安全系数, x 表示粘聚力 φ 。

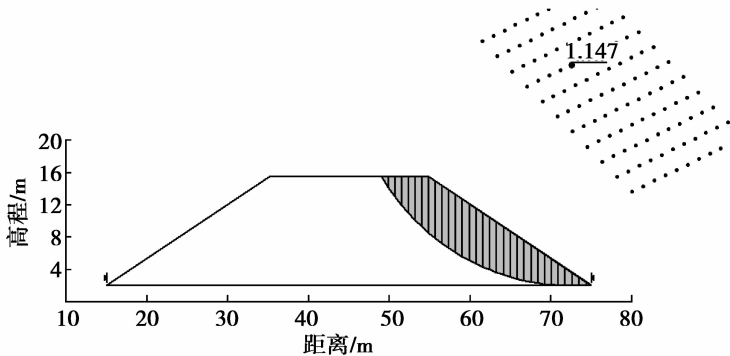


图 6 $c = 20 \text{ kPa}$ 、 $\varphi = 15^\circ$ 时滑动面位置及最小安全系数

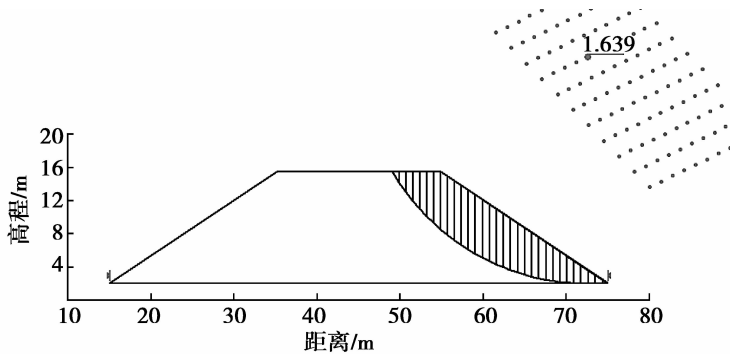


图 7 $c = 20 \text{ kPa}$ 、 $\varphi = 30^\circ$ 时滑动面位置及最小安全系数

3 结 论

(1) 当 φ 不变时, c 从 10 kPa 增大到 35 kPa 时, 滑动面的最小安全系数由 1.032 增大到 1.783。平均增长率为 3%。

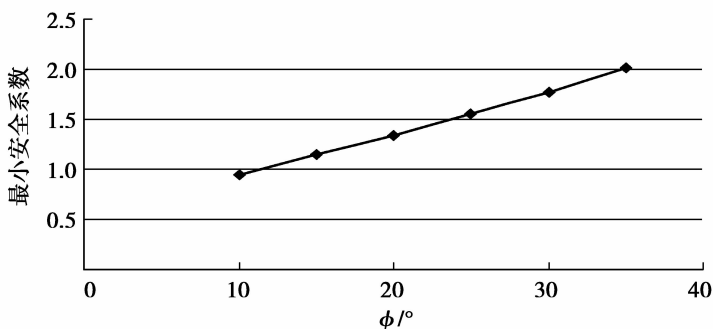


图8 $c = 20$ kPa 时 φ 的不同取值与最小安全系数的变化关系曲线

(2) 当 c 不变时, φ 从 10° 增大到 35° 时, 滑动面的最小安全系数由 0.952 增大到 2.018。平均增长率为 4%。

(3) 因此在路基填料的选择时, 在综和考虑其他因素的情况下, 优先选用 φ 值较大的材料作为路基填料。

参考文献:

- [1] 高俊明. 刘文生. 边坡稳定性分析与加固综述[J]. 中国新技术新产品, 2006(3): 44-45
- [2] 罗锡洪. 吴清高. 西攀路—高边坡治理工程实践[J]. 重庆工商大学学报: 自然科学版, 2007(3): 313-316
- [3] 闫斌. 边坡安全系数影响因素以及取值分析方法初探[J]. 工程技术, 2008(10): 95-97

Analysis of the Influence of Roadbed Fillers on Roadside Slope Stability

HAO Chun-hua¹, GONG Xia²

- (1. Chongqing Transportation Plan and Reconnaissance Design Academy, Chongqing 401121, China;
- 2. Lin Tongyan International Engineering Consultation (China) Co., Ltd, Chongqing 401121, China)

Abstract: Roadside slope stability is one of most common engineering geological issues, there are many factors influencing the slope stability, among which roadbed filler cohesive force c and friction angle φ are the main factors. The concrete examples reveal that the influence of φ on the slope stability is more significant than c and that the roadbed fillers which have larger φ value should be used as materials in roadbed construction.

Key words: slope stability; cohesive force c ; friction angle φ

责任编辑: 田 静