



对“边坡稳定分析条分法最小研究”一文的讨论

冯铁群, FREDLUND Murray

(Soilvision Systems Ltd., Saskatoon, SK, S7N 1A9, CANADA)

中图分类号: TU43 文献标识码: A 文章编号: 1000-4548(2009)02-

作者简介: 冯铁群(1965-), 男, 江苏宜兴人, 博士, P. Eng., 主要从事岩土工程的技术咨询和土木工程的软件开发。

E-mail: tqfeng@hotmail.com.

Discussion on “The Lowest solution of slice method for slope stability analysis”

FENG Tiequn, FREDLUND Murray

(Soilvision Systems Ltd., Saskatoon, SK, S7N 1A9, CANADA)

拜读了《岩土工程学报》2008年第3期“边坡稳定分析条分法最小研究”一文^[1](以下简称原文), 发现文中的一些观点与结论值得商榷, 提出来向原文作者请教, 失礼之处, 还望海涵。

(1) 关于瑞典条分法的误区

瑞典条分法作为最早提出来的边坡安全稳定系数的方法, 凭其概念明确, 公式简单而被广泛运用。瑞典条分法是所有条分法中唯一不用迭代计算就能求出安全系数的方法。由于此法忽略了土条之间的相互作用力(确切的说是由于假设条间力平行于滑裂面而使该力不在公式中出现)^[2], 用此法算出的安全系数往往比别的方法要略小。因此也引起一些人的误解, 也就是用瑞典条分法算出的安全系数是所有条分法中最小。有些学者和工程师还从纯数学角度去证明这一观点(例如原文和原文中提到的文献[4])。然而, 牛顿力学法则中的“作用与反作用力”原理在瑞典条分法中得不到满足^[3-4], 因此, 瑞典条分法作为早期提出的方法因其简单实用, 虽然可以在工程计算中可以继续应用, 但是一个不满足牛顿力学原理的方法是不能被用来跟很多严格的方法来比较。这种忽略力学原理从纯数学角度的证明进行的越多, 越能误导岩土工程师们。笔者从大学时代开始就被灌输了这样一个看似正确的不合理结论, 直到近几年通过实践才彻底抛弃了这一看法。

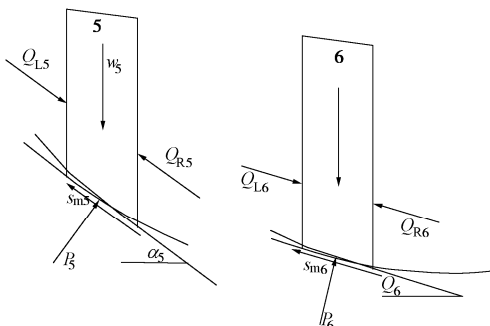


图1 瑞典条分法中的条间力示意图

Fig. 1 Interslice forces for Ordinary method

(After Fredlund & Krahn 1977^[3])

还有一点值得提出的是, 目前大部分证明是基与土坡均

质, 没有外荷载的前提, 而实际工程中大部分的土坡是非均质和/或有外荷载的复杂情况, 因此, 就算证明是正确的, 其实用性也不大。

表1 条分法及其满足条件一览表

Table 1 Slice methods and the Employed statics

方法	满足条件
瑞典条分法(Sweden, Ordinary)	整体力矩平衡
简化毕肖普法(Bishop Simplified)	整体力矩平衡 各土条垂直方向力平衡
简化简布法(Janbu Simplified)	整体水平力平衡 各土条垂直方向力平衡 各土条水平方向力平衡
工程师法 1 法(Engineer#1)	整体水平力平衡 各土条垂直方向力平衡 各土条水平方向力平衡
工程师法 2 法(Engineer#2)	整体水平力平衡 各土条垂直方向力平衡 各土条水平方向力平衡
斯宾塞法(Spencer)	整体力矩平衡 整体水平力平衡 各土条垂直方向力平衡 各土条水平方向力平衡
摩根斯坦-普赖斯法(M-P)	整体力矩平衡 整体水平力平衡 各土条垂直方向力平衡 各土条水平方向力平衡
普遍极限平衡法(GLE-Fredlund)	整体力矩平衡 整体水平力平衡 各土条垂直方向力平衡 各土条水平方向力平衡

(2) 关于瑞典条分法与别的条分法的比较的误区

在原文中也提到条分法稳定系数的两类通用格式: 基于满足整体力矩平衡方程以及满足土条垂直方向和/或水平方向力平衡方程的稳定系数公式。常用条分方法以及各自满足的

讨论稿收稿日期: 2008-08-26

答复稿收稿日期: 2008-10-07

条件归类于表 1:

从表 1 可以看出, 条分法可以归纳为 3 类: ①第一类是只满足整体力矩平衡 (瑞典条分法, 简化毕肖普法); ②第二类是只满足整体水平力平衡 (简化简布法, 工程师法 1 法, 2 法); ③第 3 类是同时满足整体力矩平衡和整体水平力平衡 (斯宾塞法, 摩根斯坦 - 普赖斯法, 普遍极限平衡法)。

在理论上, 只有在满足相同条件的方法之间的比较才有意义, 而在满足不同条件的方法之间的比较是不合理也没有意义的。比如说瑞典条分法和简化简布法满足不同的平衡方程, 是不可比的。

值得一提的是, 在可比方法之间也有很多要注意的地方, 比如简化毕肖普法和斯宾塞法是都满足整体力矩平衡条件, 是可比的, 但是也只有当滑裂面是圆弧的情况下可比, 在非圆弧的情况下通常是不可比的。

(3) 关于无地震力和外加水平荷载且边坡均质条件下瑞典法和简化简布法稳定系数大小关系, 原文得出的结论是: “在边坡均质且无地震力和外加水平荷载条件下计算同一个滑面为圆弧形的边坡稳定系数时, 瑞典法的结果小于简化简布法未经修正的结果”。原文是提到“经过与第 2.1 节完全相同的分析可以得出结论”, 没有给出详细的推导过程。但是正如上面所讨论的, 这两种方法是满足不同平衡方程的, 它们之间的安全系数是不可比的。下面仅提供一个反例就可以推翻原文的这一结论 (图 2, 表 2)。从表中可以发现, 三种软件算出的结果都表明, 简化简布法的安全系数比瑞典条分法的小。

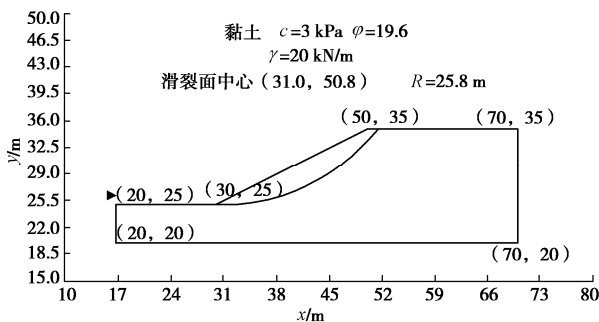


图 2 均质边坡中一圆弧滑裂面

Fig. 2 Single slip surface in a homogeneous slope

表 2 用不同计算软件算出的计算结果一览表

Table 2 Comparison of factor of safety between different software

方法	安全系数		
	SVSlope ^[5]	Slide ^[6]	Slope/W ^[7]

瑞典条分法 (Sweden, Ordinary)	0.945	0.945	0.945
简化毕肖普法 (Bishop Simplified)	0.989	0.989	0.989
简化简布法 (Janbu Simplified)	0.940	0.939	0.939
工程师法 1 法 (Engineer ^{#1})	0.993	0.993	0.992
工程师法 2 法 (Engineer ^{#2})	0.996	0.996	0.996
斯宾塞法 (Spencer)	0.988	0.988	0.988
摩根斯坦-普赖斯法 (M-P)	0.988	0.988	0.988
普遍极限平衡法 (GLE-Fredlund)	0.988	0.988	0.988

致谢: 感谢 D.G. Fredlund 教授在成文过程中给予的鼓励和讨论。

参考文献:

- [1] 方玉树. 边坡稳定分析条分法最小研究[J]. 岩土工程学报, 2008, 30(3): 331 - 335. (FANG Yu-shu. The Lowest solution of slice method for slope stability analysis[J]. Chinese journal of geotechnical Engineering, 2008, 30(3): 331 - 335 (in Chinese))
- [2] FELLENIUS D G. Calculation of the stability of earth dams. Proceedings of the Second Congress on Large Dams, 1936, 4: 445 - 463.
- [3] FREDLUND D G., KRAHN J. Comparison of slope stability methods of analysis[J]. Canadian Geotechnical Journal, 1977, 14: 429 - 439.
- [4] FREDLUND D G, KRAHN J, PUFAHL D E. The relationship between limit equilibrium slope stability methods". Proceedings of the 10th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Stockholm, 1981: 409 - 416.
- [5] SVSlope, Slope Stability analysis software, SoilVision Systems Ltd. Canada.
- [6] Slide, Slope Stability analysis software, Rocscience Inc. Canada.
- [7] Slope/W, Slope Stability analysis software, GEO-SLOPE International Ltd. Canada.