

关于“考虑力矩平衡的三维剩余推力法”的讨论

方玉树

(后勤工程学院岩土工程研究所, 重庆 400041)

中图分类号: TU43

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2009)03-0488-02

作者简介: 方玉树(1958-), 男, 江西婺源人, 教授, 国家注册土木工程师(岩土), 从事地质灾害防治方面的研究和勘察设计工作。E-mail: fysbxy@yahoo.com.cn。

Discussion on “Three-dimensional residual thrust method considering moment equilibrium”

FANG Yu-shu

(Research Institute of Geotechnical Engineering of Logistical Engineering University, Chongqing 400041, China)

拜读张奇华先生“考虑力矩平衡的三维剩余推力法”一文(以下称原文)后, 对张先生的探索精神表示赞赏, 也对张先生作出的该方法“条间力的方向具有较为明确合理的物理意义, 又能满足力矩平衡, 因而兼有剩余推力法和 M-P 法的优点”的评价产生疑问, 现提出来与张先生商榷。

考虑力矩平衡的三维剩余推力法是将考虑力矩平衡的二维剩余推力法推广到三维所得方法。如果考虑力矩平衡的二维剩余推力法不兼有剩余推力法和 M-P 法的优点, 那么考虑力矩平衡的三维剩余推力法自然也不兼有剩余推力法和 M-P 法的优点。笔者认为, 考虑力矩平衡的二维剩余推力法不是兼有剩余推力法和 M-P 法的优点而是兼有两者的缺点。对此做如下说明。

(1) 剩余推力法的优缺点

近些年的研究表明, 此法计算精度得不到保障^[1-2], 原因在于条间力假定合理性较差, 具体表现在以下方面:

a) 部分土条分界面上的抗剪稳定系数有可能不大于边坡滑面上的抗滑稳定系数。土条底面倾角越大, 土条分界面上的抗剪稳定系数越有可能不大于边坡滑面上的抗滑稳定系数。若土条底面倾角显著地大于土条分界面内摩擦角, 则土条分界面上的抗剪稳定系数很可能不大于边坡滑面上的抗滑稳定系数。土条分界面上抗剪稳定系数不大于边坡滑面上抗滑稳定系数的现象不符合土体破坏准则。

b) 当滑面下凹时, 前缘反倾部分各条间切向力方向因滑面倾角正切由正值变为负值而由后条向下、前条向上变为后条向上、前条向下。实际上前缘反倾部分各条间切向力方向没有变化。

c) 端部条间力合力与条间法向力的夹角总是不趋近于 0。这与端部土条外侧面有水压力时的实际情况不符。

正因为此法存在计算精度得不到保障的缺点, 《碾压式土石坝设计规范》(SL274—2001) 不再采用剩余推力法。

因剩余推力法只需求一个未知数(即稳定系数), 故其计算过程相对简单。这是剩余推力法的优点。

原文把“条间力的方向具有较为明确合理的物理意义”视为剩余推力法的优点是不恰当的。一方面, 各种条分法(当然包括 M-P 法)所假定的条间力方向都具有明确的物理意义; 另一方面, 如上所述, 剩余推力法的条间力假定并不合理。

(2) M-P 法的优缺点

该法的优点是计算精度较高, 原因在于条间力假定合理性较高(剩余推力法条间力假定合理性较差的上述 3 个具体表现中, 后两个在该法中显然不存在, 前一个也尚未发现)。正因为此法计算精度较高, 《碾压式土石坝设计规范》(SL274—2001) 对非圆弧形滑面采用此法。

该法的缺点是: 因需求两个未知数(即稳定系数和待定系数), 故其计算过程相对复杂很多。

原文把“满足力矩平衡”视为 M-P 法的优点是不恰当的。原文之所以把“满足力矩平衡”视为 M-P 法的优点是因为原文认为在满足力平衡的条件下满足了力矩平衡就“保证了计算精度”。但实际情况并非如此。

某混凝土大坝, 迎水面垂直且有库水压力, 滑面为倾向下游并呈直线的坝体与坝基接触面。相应稳定系数用单块力平衡方程即可计算。分别用同时满足力和力矩平衡的 Spencer 法和 M-P 法进行计算的结果是: 前者严重偏离正确值, 后者正确^[3]。原因正如李广信等学者^[3]分析的那样, 在于 Spencer 法的端部条间力方向(其倾角大于 0°)与库水压力方向(其倾角等于 0°)不协调, 而 M-P 法的端部条间力方向(其倾角等于 0°)与库水压力方向协调。此例说明, 同时满足力和力矩平衡并不是计算精度的保证, 计算精度有无保证取决于条间力假定的合理性。

(3) 考虑力矩平衡的二维剩余推力法与剩余推力法和

讨论稿收稿日期: 2008-10-16

答复稿收稿日期: 2008-11-19

M-P 法的优缺点比较

考虑力矩平衡的二维剩余推力法因条间力假定引入了需借助力矩平衡方程求出的待定常数 λ 而不再具有剩余推力法所具有的计算过程相对简单的优点(或者说,已具有 M-P 法所具有的计算过程相对复杂很多的缺点);另一方面,因该法的条间力假定只是使 $\tan \alpha_i$ (α_i 为第 i 条块底面倾角)多了一个常系数(即待定常数 λ),所以剩余推力法所具有的条间力假定合理性较差的前述三个具体表现在该法中并没有消失,故该法保留了剩余推力法所具有的计算精度得不到保障的缺点(或者说,已不具有 M-P 法所具有的计算精度较高的优点)。总之,考虑力矩平衡的二维剩余推力法兼有剩余推力法和 M-P 法的缺点,一种被称为“改进”的方法不但没有达到改进的目的反而“改退”了。

参考文献:

- [1] 郑颖人, 时卫民. 三峡库区滑坡稳定分析中几个问题的研究[J]. 重庆建筑, 2005, 3(6): 1 - 7. (ZHENG Ying-ren, SHI Wei-min. On several questions of landslide stability analysis In the area of the Changjiang Gorges reservoir[J]. Chongqing Building, 2005, 3(6): 1 - 7. (in Chinese))
- [2] 方玉树. 边坡稳定性分析条分法条间力合理性研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2008, 19(2): 80 - 86. (FANG Yu-shu. Rationality of inter-slice forces of slices method for slope stability analysis[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2008, 19(2): 80 - 86. (in Chinese))
- [3] 李广信. 高等土力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004. (LI Guang-xin. Advanced soil mechanics[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004. (in Chinese))

对“考虑力矩平衡的三维剩余推力法”讨论的答复 ——议剩余推力法与 M-P 法的优缺点

张奇华

(长江科学院水利部岩土力学与工程重点实验室, 湖北 武汉 430010)

中图分类号: TU43

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 4548(2009)03 - 0489 - 02

作者简介: 张奇华(1973 -), 男, 博士, 高级工程师, 1994 年毕业于中国地质大学地质系, 主要从事工程岩体稳定性分析与加固技术研究。E-mail: zqh7692@163.com。

Reply to the discussion on “Three-dimensional residual thrust method considering moment equilibrium”— advantage and disadvantages of residual thrust method and Morgenstern-Price method

ZHANG Qi-hua

(Key Laboratory of Geotechnical Mechanics and Engineering of Ministry of Water Resources, Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China)

感谢方玉树先生对笔者拙文“考虑力矩平衡的三维剩余推力法”(以下称原文)的兴趣和讨论。方先生对刚体极限平衡法研究颇有心得,在此表示钦佩。事实上,方先生与笔者讨论的是剩余推力法和 M-P 法的优缺点问题,至于原文对“考虑力矩平衡的剩余推力法”采用了“条间力的方向具有较为明确合理的物理意义,又能满足力矩平衡,因而兼有剩余推力法与 M-P 法的优点”的评价是否恰当,或者原文是否如方先生所言“兼有剩余推力法和 M-P 法的缺点”等,不必辩论而自明。

(1) 剩余推力法的优缺点

剩余推力法在国内得到广泛应用,如在《水电水利工程边坡设计规范》(DL/T5353—2006)和《水利水电工程边坡设计规范》(SL386—2007)都作为推荐方法。该法假定条块间作用力方向与上一条块的底滑面平行,当底滑面越陡,条间力方向角(与水平面夹角)越陡,反之就越缓。许多算例表明,该法

计算结果相当精确,笔者用考虑力矩平衡的剩余推力法对其进行修正,发现一般工况下剩余推力法的力矩已经“相当平衡”了(不平衡力矩很小),力矩平衡修正后,稳定系数变化往往不大(起作用的修正更多的是在如考虑水的作用、地震作用等工况)。因此,总体上剩余推力法具有相当精度,原因就在于其条间力方向能够适应底滑面倾角变化而“自动调整”,这是该法的一大特点和优点。

剩余推力法精度得不到保证,主要出现在以下特殊情况:

a) 滑体后缘底滑面倾角很陡时,条间作用力方向角过大,相应的条间力剪切分量与法向分量的关系不服从莫尔—库仑准则,许多学者对该问题进行了讨论,文献[1]提出了改进方法克服该问题。笔者认为,可以通过在滑坡后缘设一拉裂缝将滑坡分割后进行计算,原因有 3: ①从计算角度而言,滑体后缘条块因其厚度小,黏聚力(存在且不太小时)的作用效果增大,