

“怀洪新河某堤段滑坡前的稳定分析与滑坡后的验证”讨论之一

朱大勇

(南京工程兵工程学院, 南京, 210007)

葛孝椿先生著文(载本刊1999年第1期 pp. 115~118, 以下简称“葛文”)介绍了安徽省境内的怀洪新河某堤段滑坡前后所做的勘察、试验和分析工作。这是难得的第一手边坡研究资料。但是笔者发现, 葛文代表的、工程上习的复合滑动面边坡稳定性计算方法存在一定的缺陷, 特提出自己的看法, 供大家参考。*

诚如葛文所指出, 该堤段潜在的滑动面为复合型滑面, 并以淤泥层为主控滑面。葛文用计算公式(即软弱层的抗滑力与出口段堤身的被动土压力之和与入口段堤身的主动土压力之比), 搜索出最危险滑面位置, 计算了该堤段第一期施工断面的最小安全系数为0.706(见葛文图1)。该堤段实际施工达到16.8 m时发生滑坡(见葛文图3), 葛文没有给出滑坡时堤段安全系数(这本身是一个缺憾)。根据笔者多年边坡工作经验, 葛文图1和图3两剖面的安全系数应较为接近; 如图3安全系数为1, 则图1安全系数应略小1。即使考虑强度试验误差, 葛文所给安全系数0.706也远远偏离正常范围。为此, 笔者应用临界滑动场方法重新验算了该堤段的稳定性(包括滑坡时的实际段面)。

临界滑动场法可自动求出边坡体内一系列危险滑动面(包括临界滑动面), 而且滑面形状是任意的, 因此该法特别适于分析复合型滑面稳定性。笔者最初提出该法时只考虑了简单的条间力假设方式即条间力方向水平^[1], 因而不满足滑体力矩平衡条件。近来, 笔者在钱七虎院士的指导下建立了满足严格平衡条件的土体(边坡、支挡结构填土及承载地基)临界滑动场计算方法^[2]。本文采用 Morgenstern-Price 法^[3](该法是国际上普遍公认的任意滑面稳定性计算的最好方法, 能严格满足力与力矩的平衡条件)的条间力假设方式, 因而应用临界滑动场法求

出的临界滑动面及最小安全系数是 Morgenstern-Price 法意义下的边坡稳定性解答。直接采用葛文所给的力学参数(淤泥层: $\gamma = 13.03 \text{ kN/m}^3$, $c = 2.67 \text{ kPa}$, $\varphi = 0^\circ$; 填土: $\gamma = 19.11 \text{ kN/m}^3$, $c = 10.0 \text{ kPa}$, $\varphi = 26.0^\circ$), 第1期施工设计断面与实际滑坡断面的临界滑动场分别见图1(a)和(b), 它们分别对应于葛文中图1和图3。由图1可知, 设计断面的安全系数为0.986, 大大高于葛文的安全系数(0.706); 滑坡断面的安全系数为1.070, 从工程意义上讲已接近临界状态。滑坡断面的安全系数稍大于1的原因可能是淤泥层强度指标取值略偏高, 如除去最高试验值5.5 kPa后取平均值即2.36 kPa, 则安全系数为1.001, 此与实际状态完全一致。由此可见, 葛文中所给的力学参数基本合理, 而应用临界滑动场法确定的安全系数是符合现实的。

从形态上看, 滑动面在出入口段可以近似用圆弧代替, 葛文提出的搜索临界滑面方法是有效可行的, 同时也便于工程应用。但是葛文采用瑞典条分法确定复合滑面安全系数所需的主被动土压力值, 笔者认为这是不恰当的。众所周知, 瑞典法在一定条件下计算圆弧滑动面的稳定性尚能给出接近合理的安全系数值。但瑞典法严重违背了力的平衡条件, 而且在根据力矩平衡确定土压力值时无法合理假设土压力合力的作用点位置, 因此瑞典法计算土压力会引起工程不能容许的误差, 从而导致不合理的复合滑动面安全系数值(葛文安全系数过于偏小)。鉴于此, 笔者建议在工程设计中不宜再用瑞典法计算土压力。在计算精度要求不高的情况下, 也只宜用 Janbu 法^[4]近似计算已知破裂面上土体的土压力合力值, 但传统条分法仍不易确定最危险破裂面位置。实际上, 临界滑动场方法已解决了复杂地层土压力计算问题^[2], 限于篇幅这里不作介绍。

另外, 葛文引用的安全系数公式与边坡稳定计算中普遍采

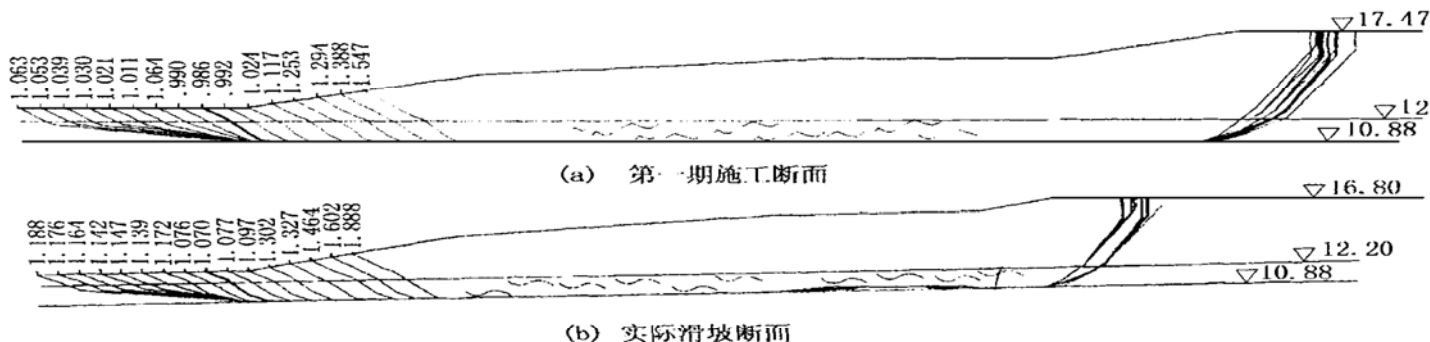


图1 怀洪新河某堤段临界滑动场

Fig. 1 Critical Slip Fields in the dike of New Huaihong River

用的 Bishop 法定义不一致(对于本例,因安全系数接近 1,这种不一致尚不会引起较大的计算误差),这样不便于同一边坡不同滑坡模式的安全系数比较。笔者认为没有必要赋予复合滑面不同的安全系数定义,可直接采用 Morgenstern-Price 法计算任意形状滑面的安全系数。

参 考 文 献

1 朱大勇. 边坡临界滑动场及其数值模拟. 岩土工程学报,

1997. 19(1): 63~ 69
2 朱大勇. 土体稳定性分析新方法—临界滑动场法: [博士学位论文]. 南京: 工程兵工程学院. 1999
3 Morgenstern N, Price V E. The analysis of the stability of general slip surfaces. Geotechnique. 1965, 15(1), 79~ 93
4 Janbu N. Earth pressure and bearing capacity calculations by generalized procedure of slices. Proc 4th Int Conf on Soil Mech and Found Engrg, London, 1957, 12: 207~ 212

“怀洪新河某堤段滑坡前的稳定分析与滑坡后的验证”讨论之二

陈祖煜

(中国水利水电科学研究院岩土所, 北京, 100044)

葛孝椿“怀洪新河某堤段滑坡前的稳定分析与滑坡后的验证”一文(以下简称葛文))介绍了一个建于软基上的边坡失稳的实例,对于评价边坡稳定分析的各种方法提供了一个有用的例子。该边坡沿着一个水平软弱带滑动,是一个典型的非圆弧滑裂面。作者介绍了对复合形滑裂面进行稳定分析的成果,最小安全系数为 0.706。这一安全系数虽然说明了边坡处于不稳定状态,但是和理论值 1.0 相比,差距颇大。分析其原因,主要是采用了不规划的稳定分析方法所致。作者在分析过程中,将滑体分成了 3 部分,上部提供主动土压力 P_a ,底部提供被动土压力 P_p ,中部提供抗滑力,安全系数按下式决定。

$$F = \frac{P_p + c_u L}{P_a}$$

显然,这种处理方法和已形成的边坡稳定分析的极限平衡方法体系是不一致的。其主要缺点是:①安全系数的定义不明确,哪一项应放在分母上,哪一项应放在分子上,不同人可以有不同的处理方案,对于一个本质上是超静定的体系分析结果可能互相偏离极大;②无法建立严格的静力平衡分析体系。因为在分析每一部分的静力平衡时,滑面上的反力均按现有的强度指标来确定。对一个具有一定安全储备(也就是安全系数大于 1)的边坡,使用现有的强度指标并不导致边坡处于平衡状态。因此也无法使用摩尔-库仑准则来确定滑面上法向力和切向力的关系。滑体的三个部分互相传力,这些力只有通过严格的力和力矩平衡条件才能合理地予以确定。

土质边坡稳定分析的理论和方法,经过半个多世纪的发展已形成了一个完善的体系。对于任意形状滑裂面,可以使用的方法是:①美国陆军工程师团法^[1](1967),该法仅满足静力平衡条件,需要对土条侧向力的倾角 β 作出假定,建议的数值是边坡的平均坡度;②Morgenstern-Price^[2](1965)法,该法同时满足力和力矩平衡条件,不需要对侧向力倾角的具体数值作出假定。我们不妨采用这些方法对怀洪新河实例作一分析。采用的程序为笔者编制的 STAB95,采用经笔者和 Morgenstern 改进的通用条分法(Chen & Morgenstern, 1983)^[3]。

表 1 土层的物理力学指标

Table 1 Geotechnical properties of the soil layers

编号	$\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	c/kPa	$\varphi/(\text{^\circ})$
1	19.11	11.0	26.0
2	13.03	2.67	0
3	17.12	27	2.84

如图 1(a),相应原文图 1,土层 1,2,3 的物理力学指标如表 1 所示。先输入一个任意形状的滑裂面 0,采用 Morgenstern-Price 的特例 Spencer 法,获得安全系数为 2.596。然后,令程序自动搜索最小安全系数,得到编号为 1 的临界滑裂面,其安全系数为 0.983。对这一滑裂面,我们按下面计算拉力缝的公式设定了深 1 m 的拉力缝。

$$h_t = \frac{2c}{\gamma} \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$$

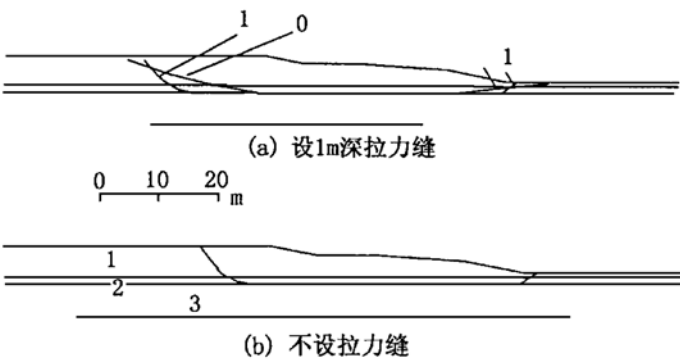


图 1 计算简图

Fig. 1 Sketch of computation results

如果滑裂面不设拉力缝,采用同样的计算步骤,得到如图 1(b)所示的临界滑裂面, F_m 为 1.068。

如果采用陆军工程师团法,相应图 1(b)的滑裂面,在不同的 β 值情况下,安全系数值计算的成果如表 2。可以发现,仅满

* 到稿日期: 1999-03-29