

边坡稳定性分析方法研究及发展趋势

韩传超¹, 韩艳霞²

(1. 桂林市水利电力勘测设计研究院, 广西 桂林 541001; 2. 桂林电器科学研究院有限公司, 广西 桂林 541001)

摘要:综合目前对边坡稳定性分析方法,从评价方法特点出发,对边坡稳定性评价方法分类为安全系数评价法、阈值评价法、试验模拟法。详细论述了各种方法的优缺点,并对今后的研究方向及发展趋势进行了探讨。

关键词:边坡稳定性;评价方法;发展趋势

中图分类号:X703

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2015)01-0004-03

THE RESEARCH OF SLOPE STABILITY ANALYSIS METHOD AND DEVELOPING TREND

HAN Chuan-chao¹, HAN Yan-xia²

Abstract: by means of the ordinary evaluation methods of slope stability system, this paper classify it factor of safety evaluation method、Threshold evaluation method and Test simulation method according to the characteristic of evaluation method. We point out the advantages and disadvantages of different analysis methods, and make a brief prediction about the development trend of slope analysis.

Key words: Slope stability; Method of evaluation; Developing trend

边坡稳定性分析的问题一直以来都是工程领域的重要课题之一。近些年来,国家对基础建设投入的不断加大,在水利、建筑、矿山、道桥、交通等工程项目中都会涉及到边坡问题。正确评价边坡的稳定性关系到建设资金的投入和人民生命财产的安全。因此,国内外许多学者对边坡稳定性分析领域进行大量的研究,也取得了非常显著的成果。据统计,目前有近几十种确定性或非确定性的评价方法已用于边坡稳定性的评价,对其分类方法,早在 1999 年时丁恩保教授根据其 主要特征分为定性分析方法、定量分析方法、非确定性分析方法、物理模型方法、现场检测分析方法^[1]。十多年后

的现今,边坡稳定性分析方法不断发展,交叉性科学也不断地被引入到边坡稳定性评价方法中,本文从另一个角度进行分类如下:

1 安全系数评价法

1.1 极限平衡法

在边坡工程应用中,极限平衡法是边坡稳定性分析应用最早,使用比较广泛的一种评价方法。主要思想是根据作用于岩土体中潜在破坏面上滑动块体的力的平衡,在极限状态下破坏面的抗剪力与实际剪切力之比,即为该块体的安全系数 K 。目前常用的极限平衡分析方法有:瑞典法、瑞典条分法、毕肖普法、传递系数法、美国陆军工程师团法、Morgenstern-Price 法、Sarma 法等,区别主要在于条间力假设与所满足的平衡条件不同。其中,瑞典法是边坡稳定分析领域最早出现的一种方法,

收稿日期:2014-02-14

第一作者简介:韩传超(1980—),男,汉族,山东,注册土木工程师(助理工程师),学士学位,主要从事水库除险加固、中小河流治理、电站等结构设计。

此方法分析简化,限制因素较多,求出的安全系数偏低。在此基础上又出现了瑞典条分法和毕肖普法,得到的安全系数有所提高,应用也更广泛。随着分析技术的不断发展,许多国内外学者对边坡问题分析方法进行了不断地改进、发展与完善。例如 D. Stark 等将二维极限平衡法推广到三维计算。

1.2 有限元法

有限元法是目前最成熟的数值分析方法,其基本原理是将结构离散成有限个单元体,用这些离散单元体代替原来的结构,因此,对结构的分析就转化成对单元体的分析^[2]。有限元法充分考虑了岩体结构面间的相互作用以及材料的不连续性、非均质性的特点,并根据研究对象不同做相应的处理。但是有限元法处理有其局限性:材料是同质的,甚至在大部分的分析中认为材料是各项同性的;边界条件简化处理等。随着研究的深入,很多学者相应作了许多改进,逐渐完善了有限元法在工程界的应用。曾亚武^[3]将极限平衡法和有限元法相结合,首先采用有限元法分析边坡岩土体应力应变及位移分布并计算应力结果,再根据极限平衡法概念求得边坡安全系数,充分发挥了两种边坡稳定性分析方法的优点。Eisenstien^[4]采用了三维的非线性有限元法对高坡进行了稳定性分析,发现计算的滑动面的位置及其扩展同实际相一致。K.Ugai^[5]等采用修正的三维弹塑性有限元强度折减技术计算简单均质土边坡的静态整体稳定性,并采用动态弹塑性有限元方法计算地震时的简单均质土边坡的塑性或残余滑动位移,求得的边坡稳定安全系数与传统方法的计算结果十分接近。

1.3 离散元法^[6]

离散元法是专门用来解决不连续介质问题的数值模拟方法。离散元法是将离散体简化为一定形状和质量颗粒的集合,赋予接触颗粒间及颗粒与接触边缘间的受力、速度、加速度等的参数,并根据实际问题用合理的连接元件将相邻两单元连接起来。离散元能够模拟岩体从开裂直到塌落的全过程,可以用来模拟边坡岩体的非均质、不连续和大变形等特点,因此,离散元是一种动态的数值分析方法,该方法对块体结构、层状破裂或一般碎裂结构岩体比较合适,特别适用于节理岩体,可解决准静态问题,但对真正的动态问题需做些处理。离散元法存在的主要问题是阻尼的选取和迭代计算的收敛性。

1.4 神经网络估计法

神经网络具有模拟人类部分形象思维的能力,通过对现有工程经验进行自我学习,并将学习结果存储在神经元的阈值和神经元间的连接权值中,待输入研究边坡必要的工程地质参数就可对其稳定和失稳破坏做出判断,利用非线性映射能力,对安全系数做出较准确的估计^[7,8]。神经网络的优点是考虑了定性描述人为因素,但也有一定的局限性,例如对信息处理的完全数值依赖性,对信息表达、储存和推理都是隐形的等^[9]。

2 阈值评价法

2.1 可靠度分析法^[10-13]

20世纪70年代后期,边坡工程界开始接受不确定性的概念,构造随机模型,采用概率论和数理统计知识,如可靠性和破坏性概率来评价边坡的安全度。可靠度法充分考虑了影响安全系数的各个随机要素(动水压力、浮托力、剪胀角和侧压力系数、各种荷载、黏聚力和内摩擦角等)的变异性,然后进行统计分析,求出它们各自的概率分布及其特征参数,再利用某种可靠性分析方法,如极大似然法、可靠指标法、统计据法、随机有限元法等来分析边坡稳定性对单因素的敏感性。此方法是确定性方法的发展与补充,但是随机因素太多,难以确定各因素的概率。

2.2 模糊综合评判法

模糊综合评判最早由我国学者王培庄提出,他应用模糊变换原理和最大隶属度原则,考虑与被评价事物相关的各个因素,最终给出一个全面的、综合的评价^[14]。模糊综合评判方法为多变量、多因素影响的边坡稳定性分析提供了一种行之有效的手段,其优点是能得到边坡稳定性等级分类指标,据此判断出边坡的稳定性情况。缺点是在实际操作过程中,评判中权数的分配带有一定的经验性和主观性。

2.3 灰色系统理论

灰色系统理论是研究信息不完全系统的有效方法。灰色系统分析和灰色模型是灰色系统理论的两大核心内容^[15]。灰色系统理论提出了一种新的系统分析方法,称为系统的灰色关联度分析方法。该方法可在不完全的信息中,根据影响边坡稳定性的不确定因素之间发展状态的相似或相异程序,来衡量各个因素间的关联程度,发现主要矛

盾,找到主要特性和主要影响因素,从而对边坡的稳定性进行分析^[16]。

3 试验模拟法

边坡问题研究手段多为灾后分析,即在灾难发生后,通过现场的摄像、调查、统计、跟踪,找出可能的致灾因素及破坏机理,这种研究方式是以边坡的失稳破坏为样本代价进行的。而一些试验模型方法通常能够形象直观地模拟边坡岩土体中的应力大小及其分布,边坡岩土体的变形破坏机制及发展过程、加固措施和加固效果,因而可以在工程实践中根据边坡地质模型把握边坡破坏形式,预报边坡变形趋势和可能破坏方式。目前应用较广的试验模型方法包括地质力学模型试验、离心模型试验、光弹模型试验、基底摩擦试验等^[17]。

地质力学模型试验是70年代发展起来的,根据一定的相似原理对特定工程地质问题进行缩尺研究的一种方法。地质力学模型能模拟岩体的非均匀性、非弹性及非连续性、多裂隙体等岩石特性。同时,模型的几何尺寸、边界条件及作用荷载、模拟岩体的模型材料容重、强度及变形特性等均应满足相似理论的要求。它不仅限于已知荷载条件下的某一状态,更重要的是研究在渐增荷载作用下直至破坏的整个变化过程,这就是地质力学模型与其它模型的区别所在^[18]。值得指出的是,随着试验量测技术的发展,地质力学模型试验中的一些研究课题已由定性阶段进入定量阶段。

4 边坡稳定性发展趋势

由于岩土工程的复杂性,把某两种或几种方法综合运用于边坡稳定性分析之中,有助于取长补短,成为目前发展趋势。同时,近年来国内外学者对传统方法不断改进,并提出许多新的理论和评价方法,不同方法之间相互耦合,以及由二维分析趋向三维分析都成为当今边坡稳定性评价方法的发展方向。如有限元、离散元、块体元相互耦合,分形分维理论分析法,非线性能量耗散理论等。

此外,边坡稳定性评价软件、预测智能化系统在国外应用已经相当广泛。比较有名的大型通用有限元软件有ANSYS、MBC、MARC等。国内也在逐渐加大对边坡安全评估软件系统的开发,形成

集成式智能评价系统。同时由于边坡工程常依赖于经验,故利用边坡工程的失稳和稳定实例来建立系统,考虑多种因素影响,使多学科交叉融合,研究开发基于案例推理的边坡稳定的综合集成式智能评价系统,也是将来发展方向之一。

参考文献

- [1]丁恩保,黄昌乾.边坡工程常用稳定性分析方法.水电站设计,1999,15(1):53-58.
- [2]岳树宇,张世雄等.金堆城凹陷露天矿深部边坡角的空间原理研究[J].中国铝业,2004(6):10-13.
- [3]曾亚武,田伟明.边坡稳定性分析的有限元法与极限平衡法的结合[J].岩土力学与工程学报,2005,24(2):5355-5359.
- [4]Day, Robert W.State of Art; Limited Equilibrium and Finite-Element Analysis of Slopes [J].Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 1997, 123(9): 894-898.
- [5]Cai F. (Reprint); Ugai K. Reinforcing mechanism of anchors in slopes: a numerical comparison of results of LEM and FEM[J]. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, 2003, 27(7):549-564.
- [6]王泳嘉等.离散元法及其在岩土力学中的应用[M].辽宁:东北大学出版社,1991.
- [7]贺可强,雷建和.边坡稳定性的神经网络预测研究[J].地质与勘探,2001,36(6):72-75
- [8]杨志刚,刘建刚,杜明亮.边坡稳定性分析方法综述[J].西部探矿工程,2007,(2):14-18
- [9]韩晶晶,李军杰,张珂.浅谈边坡稳定性分析[J].四川建材,2013,(1):101-102
- [10]唐慧群.可靠度分析在边坡稳定性分析中的应用[J].华东公路,2005,153(3):91-93.
- [11]王玉平,曾志强,潘树林.边坡稳定性分析方法综述[J].华西大学学报,2012,31(2):101-105.
- [12] 窦连辉.水利工程边坡稳定性影响因素及主因素的识别方法[J].水利科技与经济,2011,17(11):37-39.
- [13]夏元友,李梅.边坡稳定性评价方法研究及发展趋势[J].岩石力学与工程学报,2002,21(7):1087-1091.
- [14] 王艳霞.模糊数学在边坡稳定分析中的应用 [J]. 岩土力学, 2010,31(9):3000-3004.
- [15]邓聚龙.灰色系统理论及其应用[M].华中理工大学出版社:武汉,1987.
- [16]陈新民,罗国煜.基于经验的边坡稳定性灰色系统分析与评价[J].岩土工程学报,1999,21(5):638-641.
- [17]刘翠容,孔德惠.离心模型技术在土质边坡稳定性中的应用[J].路基工程,2006,127(4):21-24.
- [18] 沈泰.地质力学模型试验技术的进展 [J]. 长江科学院院报, 2001,18(5):32-36.