岩质边坡确定性块体稳定性的研究

余先华,聂德新
(成都理工大学 工程地质研究所,成都 610059)

摘 要:在岩质边坡中,岩体的失稳与破坏主要受岩体内结构面的控制,它们相互之间的空间分布位置、组合关系(包括自然边坡或边坡开挖面的产状)和结构面的物理力学性质等,对边坡的稳定都起着至关重要的作用。将野外测量的结构面资料,用一定的几何图形植入三维地形模型中,可以直观显示各软弱结构面的空间展布规律和交切关系,再根据赤平投影原理进行分析统计,确定优势产状,进而对边坡在潜在不稳定块体宽度、高度、体积、失稳模式和滑动方向做出定量的判断,从而指导现场工作人员采取处理措施。

关键词:确定性块体稳定性;软弱结构面;硬性结构面;边界条件;破坏模式;组合块体;自然边坡;人工边坡
中图分类号:P642.2 **文献标识码**:A **文章编号**:1005-3409(2007)03-0180-02

Study of the Stability to the Stable Mass in the Rock Slope

YU Xian-hua, NIE De-xin
(*Institute of Engineering Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu* 610059, *China*)

Abstract: In the rock slope, rock's stability and failure is mainly controlled by the structure of rock. Space distribution between them, combinational relation (including natural slope and slope excavating surface's situation), structural surface's physical and mechanic quality and some other things play important parts in the rocks' stability. So the law of space distribution and mutual relation of the feeble structure can be shown directly according to the planting into the three-dimensional model of the structural materials surveyed in the field by the means of plank plate; and then make sure the advantages according to the analysis and statistics to projection principle. In this way a quantity's judgment can be made quickly and simply to the safety coefficient of slops, mass width, mass height, mass bulk, mass unstable model and mass slipping directions so that workers on the spot can take relative actions.

Key words: stability of stable mass; soft structural surface; hard structural surface; boundary conditions; failing model; combinational mass; natural slope; man-made slope

1 边坡块体稳定性研究的意义

早在 1979 年,我国已故的著名工程地质学家谷德振教授发表了他的专著《岩体工程地质力学基础》提出了岩体结构的概念,认识岩体是在漫长的地质历史过程中,经过建造和改造两个阶段形成。建造阶段形成了岩体的原生结构,改造阶段经历了构造作用和风化、卸荷作用。因此,岩体是在建造过程中形成的,在改造过程中经受变形、遭受破坏的地质体。这种地质体具有一定的岩石成分和不同的结构,后者称为岩体结构。岩体结构是由岩体内的结构面和被结构面切割成的岩块来表征,结构面的发育密度、规模大小、连续性和组合型式,决定岩块的空间形态和体积大小,形成不同的岩体结构。孙广忠教授进一步提出了岩体结构控制论的观点,认为"岩体是有结构的,其变形和破坏是由岩体结构控制的"。岩体变形不仅是材料变形,而且许多情况下是结构变形。岩体破坏也不仅是材料破坏,而且许多情况下是结构失稳,结构面按成因分为原生、构造及次生结构面,按其力学特性可分为软弱结构面和硬性结构面,其连续性与工程地质性状均有所区别,边坡的稳定性很大程度上是由控制结构面决定的。孙广忠和姚宝魁(1988)曾将岩质边坡失稳模式总结为平面、圆弧、楔体、倾倒、溃决等形式。尽管岩质边坡存在多种失稳模式,但工程中常见的还是平面滑动、圆弧滑动、楔体破坏和倾倒破坏。在岩质边坡中,楔体破坏是岩质边坡的一个主要的失稳模式。岩体的失稳与破坏主要受岩体内结构面的控制,它们相互之间的空间分布位置、组合关系(包括自然边坡或边坡开挖面的产状)和结构面的物理力学性质等,对边坡的稳定都起着至关重要的作用。因此,只要将野外测量的结构面资料(包括产状、性质、长度、宽度、高度以及三维空间坐标),用数字化的板状模型植入三维地形模型中,可以直观显示各软弱结构面的空间展布规律和交切关系,再根据赤平投影原理进行分析统计,确定优势产状,可以快速、简捷对边坡在各种工况下的安全系数以及块体宽度、块体高度、块体方量、块体失稳模式、块体滑动方向做出定量的判断,从而指导现场工作人员采取处理措施。

* **收稿日期**:2006-11-08
基金项目:国家自然科学基金资助项目(40372127)
作者简介:余先华(1975-),男,硕士研究生,专业:地质工程,研究方向:岩土体工程特性及工程环境效应。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2　边坡块体的基本边界条件确定

对于边坡块体的边界条件:主要以硬性和软弱结构面组成。对于开挖后的工程边坡,易于掉块和产生小型块体的崩塌及滑落,这些主要是由硬性结构面的组合而形成;软弱结构面(层面、断层和泥质物夹层等)由于力学性质较差,易于组合为较大块体,甚至引起大面积的滑动破坏。因此对于边坡的稳定性应以软弱结构面为主,硬性结构面作为辅助边界条件进行分析。

块体组成的基本边界条件主要为各种结构面与边坡坡面组成,由两种结构面组成的楔形体如图 1 所示。这些边界由各个与边坡坡面相交切的结构面组成,只有在对可能构成边界的结构面进行详细分析后,才能更正确的指导边坡稳定性的研究。

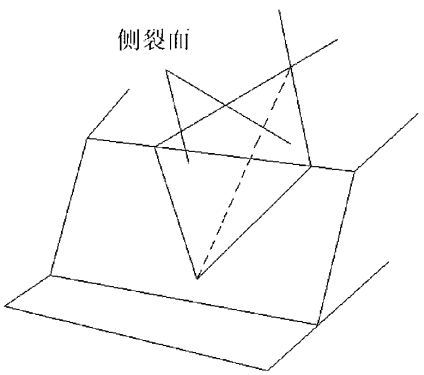


图 1　块体组合模式图

3　边坡潜在滑面或组合滑面的搜索

斜坡弱面的全面搜索,对于构成边坡重要边界条件的软弱结构面,其位置及性质的调查主要通过以下几个方面获得:(1)现场调查,在斜坡上广泛调查弱面在地表上的出露位置及弱面特性,并由产状推算其在未来边坡上的位置;(2)在勘探平洞可获得最为详细和准确的弱面位置、性状以及延伸方向,并与地表出露的部分弱面相对应起来;(3)通过钻孔所揭示的弱面得到弱面的位置及延展情况。

根据调查所获得弱面基本资料,并对弱面进行分组,用赤平投影图可以清楚地反映出各组优势方位以及各组优势方位与边坡构成的交切关系,从而可以初步判定边坡块体的组合型方式。

再将边坡所在地地形用三维立体模型展示出来,并将调查所得到的软弱结构面用板状模型程序导入模型中,弱面在三维地形中的位置及延伸可以很直观的表现出来,采用剖切的方法便能很方便的得到弱面在剖面图上的展示情况以及组合块体的长度、宽度、高度。某进水口边坡地段观察数字模型如图 2 所示。

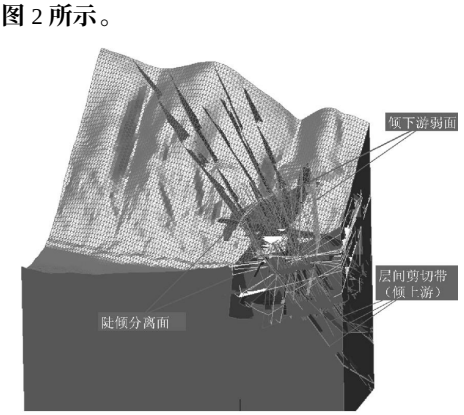


图 2　某进水口地段块体观察数字模型

4　组合块体分析及潜在次稳定性块体的全面搜索

对边坡块体进行稳定性分析,首先应当先找出边坡有哪些结构面的组合块体,对组合块体的稳定性进行评价后,再筛选出潜在不稳定的块体一一进行重点分析。对于组合的块体选择,考虑到边坡坡向与弱面组合块体的关系以及块体组合边界条件的要求,在边坡贴近坡面位置上剖切一条横剖面上,从横剖面上可以很清楚的看到各个方向结构面所交切的关系以及组合的块体。选取其中不同方向的结构面组合块体如图 3 所示。

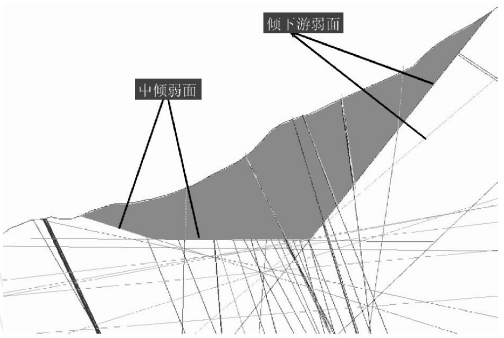


图 3　边坡块体组合模式

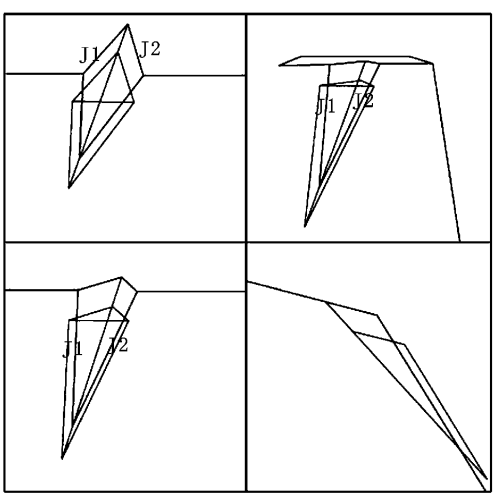


图 4　边坡块体组合三维空间模式

注:Jiont1 - 结构面 1,Jiont2 - 结构面 2,Slope Face - 边坡开挖面 Upper Face - 上部平台,67/ 229 - 倾向/ 倾角

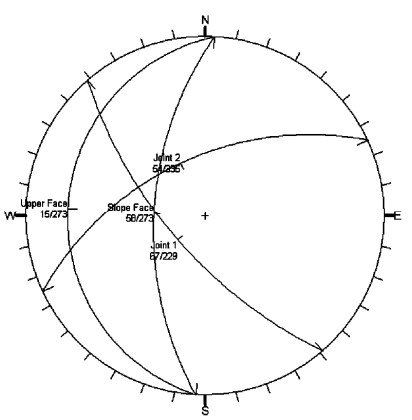


图 5　组合块体组合模式的赤平投影图

为了对边坡的块体组合进行全面的了解,对边坡上的所有弱面分组后进行两两组合,采用块体稳定性分析程序逐一进行计算,即可得到边坡上所有能够组合成块体的弱面组

(下转第 185 页)

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

16:02～18:30,降雨量 42 mm。从图中可看出,刘家凹(5 号)流域在降雨 11 min 后即 16:13 出现峰值,随之开始降落。而井沟(7 号)流域沟道出现峰值时间比前者提前至少 5 min,且输沙过程线变化没后者平缓。图 5 时 2003 年从 8 月 25 日 12:15 至 8 月 26 日 18:30 的径流输沙过程线,此次降雨量为 276 mm,观测时间从 26 日 10:10 开始,显然井沟支沟输沙量峰值的出现要远早于刘家凹支沟。另外,井沟支沟径流输沙量显著高于刘家凹支沟输沙量,以最大峰值处的径流输沙量值为例,后者约是前者的 3～6 倍,因此,森林植被可大大降低暴雨坡面产沙量。

可见,在流域尺度上,植被对减少坡面产流产沙的作用是巨大的。在雨季径流深和径流系数上,森林流域较无林流域减少 80 %～95 %、多林流域较少林流域减少 60 %～70 %。同时植被可以减少降雨土壤侵蚀量,阻延径流,消减径流输沙量。

4　结论与讨论

(1)坡面径流小区尺度上,不同土地利用类型的小区场降雨产流产沙差异显著,若以虎榛子灌木林的产流量、产沙量各为 1,则天然次生林分别为 1.34 和 0.57,刺槐林 4.54 和 2.05,油松林 5.98 和 4.49,果农复合经营模式 17.14 和 3.96。对于果农复合经营模式,在经过高质量大工程整地后,产流产沙量明显减少,因此对于黄土区为发展区域经济和开展退耕还林还草工程,经营果农复合模式不失明智。

(2)通过对影响坡面植被产流产沙的地形因子和林分结构因子灰色关联分析,林分郁闭度和草本、枯落物生物量影响最显著,其关联度值均大于 0.6;坡向、坡度因子对场降雨径流影响显著,灰色关联度值均大于 0.5。

(3)流域尺度上森林植被对径流泥沙的影响中,森林植被具有减小流域雨季径流总量的作用,在雨季径流深和径流系数上,多林流域较少林流域减少 60 %～70 %。暴雨径流输沙量,多林流域是少林流域的 3～6 倍,因此在黄土高原的小流域,人工造林形成的森林植被覆盖度较高的流域,降雨时坡地径流和泥沙被有效地拦蓄,从而使流域雨季径流深、径流系数和径流总量都比较小,暴雨径流输沙过程线较为平缓,输沙量少。

参考文献:

[1] 陈军锋,裴铁　,陶向新. 河流两侧坡面非对称采伐森林对流域暴雨 - 径流过程的影响[J]. 应用生态学报,2000,11(2):210 - 214.
[2] 余新晓,秦永胜. 森林植被对坡地不同空间尺度侵蚀产沙影响分析[J]. 水土保持研究,2001,8(4):66 - 69.
[3] 欧阳惠. 溇水流域森林和降水量的变化对径流及泥沙影响分析和 GM 模型[J]. 应用生态学报,2000,11(6):805 - 808.
[4] 魏天兴. 黄土区小流域侵蚀泥沙来源与植被防止侵蚀作用研究[J]. 北京林业大学学报,2002,24(5/6):19 - 26.
[5] 丁文峰,李占斌,丁登山. 坡面细沟侵蚀产沙时空分布规律试验研究[J]. 水科学进展,2004,15(1):19 - 23.
[6] 刘前进,蔡强国. 黄土区不同空间尺度土壤侵蚀预报模型研究[J]. 中国水土保持,2004,(7):13 - 16.
[7] 肖培青,郑粉莉,史学建. 黄土坡面侵蚀垂直分带性及其侵蚀产沙研究进展[J]. 水土保持研究,2002,9(1)46 - 48.
[8] Troendle C A. The effects of small clear cuts on water yield from the Deadhorse Watershed, Fraser, Colorado, USA [M]. Colorado State University,1982.75 - 83.
[9] 王礼先. 森林水文研究进展[M]. 北京林业大学出版社,1990.
[10] 黄明斌,刘贤赵. 黄土高原森林植被对流域径流的调节作用[J]. 应用生态学报,2002,3(9):1057 - 1060.
[11] 黄明斌,康绍忠,李玉山. 黄土高原沟壑区小流域水分环境演变研究[J]. 应用生态学报,1999,10(4):411 - 414.
[12] 陈云明,侯喜禄,刘文兆. 黄土丘陵半干旱区不同类型植被水保生态效益研究[J]. 水土保持学报,2000,14(3)6 - 9.
[13] 张晓明,孙中峰,张学培. 晋西黄土残塬沟壑区不同林分对坡面暴雨产流产沙作用分析[J]. 中国水土保持科学,2003,1(3):37 - 42.

(上接第 181 页)

合。潜在不稳定块体组合三维空间模式见图 4 和块体组合模式的赤平投影图所示。从块体分析程序可以快速、简捷对各组合块体的安全系数以及块体宽度、块体高度、块体方量、块体失稳模式、块体滑动方向做出定量的判断。

5　结论与建议

通过建立三维地形模型,并用板状的形式把各软弱结构面植入三维模型中,可以清楚看到各软弱结构面在三维空间的展布规律,以及各弱面在三维空间的组合形式及其交切点的坐标,再运用块体分析软件,可以快速定量判定块体的在各种工况下的安全系数以及块体宽度、块体高度、块体方量、块体失稳模式、块体滑动方向。从而指导现场工作人员开挖边坡时遇到边坡失稳或可能存在失稳的迹象时,准确采取处理措施,防止边坡进一步恶化。

参考文献:

[1] 陈祖煜,汪小刚,杨健,等. 岩质边坡稳定分析 - 原理. 方法. 程序[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005.
[2] 陈祖煜. 土质边坡稳定分析 - 原理. 方法. 程序[M]. 北京:中国水利水电出版社,2003.
[3] GB50287 - 99,水利水电工程地质勘察规范[S].
[4] 陈祖煜,弥宏亮,汪小刚. 边坡三维稳定分析的极限平衡法[J]. 岩土工程学报,2001,(5):525 - 529.
[5] 《中国水力发电工程》编审委员会. 中国水力发电工程. 工程地质卷[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
[6] 张倬元,王士天,王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京:地质出版社,1994.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net