

文章编号: 2096-1472(2017)-02-30-03

Geo-studio软件在滑坡稳定性分析中的应用研究

王凤岐

(内蒙古电子信息职业技术学院, 内蒙古 呼和浩特 010070)

摘 要: 滑坡是一种常见的地质灾害, 其不仅会诱发严重的地质隐患, 更会导致人类生命财产遭受巨大损失。因此, 分析滑坡稳定性, 对于滑坡事故预防及地质灾害防范意义重大。在研究中, 本文主要以某地质滑坡工程为例, 针对Geo-studio软件在该滑坡稳定性分析中的具体应用内容展开论述。研究实践中, 分别基于Geo-studio软件SLOPE/W模块下的Janbu算法与Morgenstern-Price算法, 对该工程滑坡地质在不同工况下的稳定性进行计算。研究结果表明, 基于Geo-studio软件对滑坡稳定性进行分析, 能够科学计算自然与暴雨两种情况下的地质边坡稳定参数, 以此为滑坡灾害防治提供参考依据。

关键词: Geo-studio软件; 滑坡稳定性; 安全系数; 数据分析; 应用

中图分类号: TP311 **文献标识码:** A

A Study on the Application of Geo-Studio Software in Landslide Stability Analysis

WANG Fengqi

(Inner Mongolia Electronic Information Vocational Technical College, Huhehaote 010070, China)

Abstract: Landslide is a common geological disaster, which can not only cause serious geological hazards, but also lead to great loss of life and property. Therefore, the analysis of landslide stability is of great significance to the prevention of landslides and geological disasters. In the study, this paper mainly discusses the specific application of Geo-studio software in the stability analysis of a landslide. In the research practice, the landslide stability under different working conditions is calculated respectively based on the Janbu algorithm and Morgenstern-Price algorithm in the SLOPE/W model of Geo-studio software. As the results show, through the analysis of the landslide stability based on Geo-studio software, the stability parameters of geographical slopes under the natural condition and the storm condition can be scientifically calculated, which provide some reference basis for landslide disaster prevention.

Keywords: Geo-studio software; landslide stability; safety factor; data analysis; application

1 引言(Introduction)

滑坡等地质灾害引发的生命、财产损失问题引起社会广泛关注; 滑坡地质结构稳定性分析, 作为边坡结构安全性防护的理论基础, 其也成为业内人士研究的重点^[1]。在此基础上, 相关学者主要基于有限元分析法与有限平衡法等理论, 为滑坡稳定性治理提供理论依据。但上述方法主要通过地质边坡的块体稳定性系数进行连续离散化分析, 以此对连续体力学问题进行运算求解。因而数据精度低且运算量大^[2]。基于此, 本文采用Geo-studio软件, 通过对地质滑坡岩土环境和岩土工程结构进行模拟仿真, 并在SLOPE/W模块下, 分别通过改变复杂滑移面的形状及土体性质和地下孔隙水压力状况, 在此基础上采用不同负荷加载方式进行滑坡稳定性治理, 可大大提高滑坡总体结构稳定性。

2 基于Geo-studio软件的滑坡稳定性分析工程实例 (Engineering example of landslide stability analysis based on Geo-studio software)

2.1 工程实例概述

该滑坡为水库型微顺层滑坡, 其距某中小型水库大约2公里。其中, 该滑坡结构前缘及后缘高程分别为200m和455m;

滑坡整个滑体厚度在30—53m; 滑坡前后缘坡长及滑坡东、西向宽分别为760m和300m; 滑坡面积、体积约0.25平方千米和670万立方米。该滑坡长期以来受风蚀及水流冲刷影响, 导致滑坡整体结构呈凹槽型、前窄后宽、中间凸、两侧较为低缓, 所以该水库型滑坡形状结构不规则。

2.2 工程地质结构构造

从该水库滑坡的工程地质结构来看, 区域内主要以褶皱地质构造为主, 向斜和背斜分别为宽缓状和紧闭状。除了背斜与向斜外, 该工程地质区域内还有层间剪切带以及裂隙带和断带。

2.3 工程地层岩性特征

从该滑坡整体地质结构特点来看, 滑坡滑体中下层结构松散, 厚度为1—4米, 主要有黄褐色黏土及碎石分布; 浅层结构厚度在0.1—2米, 主要岩层为石英砂岩与砂岩; 滑坡中层地质结构较厚, 但岩层密度较小, 主要分布有碎屑石和细砂岩和黏土块石等。在该滑坡底层结构主要分布有灰绿色以及黄绿色的滑带土; 岩层主要由碎屑和灰白色黏土夹碎石组成, 结构分层较为紧密。通过对滑坡中滑带土的岩层物理属性特征进行分析, 发现这类型地质结构层主要为低塑性黏土

结构，岩层含水量较少，厚度一般在3—10m。但是，在水流长期侵蚀和影响下，地质结构的塑性大大降低，由此诱发强烈的地质灾害。

2.4 工程地下水文情况

通过对该滑坡内地下水文分布情况进行勘察分析，发现区域内工程地质地下水位不高。通常情况下，仅仅于滑坡下层局部位置潜藏部分地下水，而含水层的实际厚度仅为该地质滑坡厚度的2.11%，实际水位深度在1m以下。但是，通过对自然降雨与暴雨两种工况下的滑坡地下水位进行对比、观测，发现在暴雨时段，该工程滑坡地下水实际水位与自然降雨条件下的地下水实际水位之间存在很大差异。其中，在暴雨时，该滑坡地下水实际水位会有所上升，通常变化幅度在5.02—5.09m，滑坡下层局部区域地下水实际深度可达6.02m，占该滑坡总厚度的比例约为13.02%。因此，通过对自然与暴雨两种不同工况下的工程地下水水文变化情况进行模拟分析，最终能够为Geo-studio软件的滑坡稳定性计算分析提供参考依据。

3 基于Geo-studio软件的滑坡稳定性计算分析
(Calculation and analysis of landslide stability based on Geo-studio software)

3.1 滑坡稳定性计算参数选取

研究前，分别通过了解该工程概况及对该工程滑坡地质结构构造、工程地层岩性特征和工程地下水文情况等相关情况进行分析，在此基础上，分别结合岩体勘查数据资料结果，对该岩土滑坡地质结构进行三轴试验和直剪试验分析，最终得到如表1所示的基于Geo-studio软件的滑坡稳定性计算参数^[3]：

表1 基于Geo-studio软件的滑坡稳定性计算参数

Tab.1 Landslide stability calculation parameters based on Geo-studio software

	滑坡滑带土总应力强度		滑坡滑带土有效应力强度	
	C cu(kPa)	C cu(°)	C 'cu(kPa)	C 'cu(°)
变化范围	27.6—49.7	12.2—17.4	20.7—46.8	17.4—24.0
平均参数值	40.59	15.0	35.68	21.2

从表1中可以看出，三轴试验条件下，滑坡滑带土总应力强度平均值在C cu(kPa)工况下为40.59，而在C cu(°)条件下为15.0，其变范围为27.6—49.7kPa和12.2—17.4°；该滑坡滑带土有效应力强度在C 'cu(kPa)条件下的平均值为35.68，变化范围为20.7—46.8kPa。但是，在C 'cu(°)条件下的变化范围和平均值分别为17.4—24.0和21.2^[4]。

从表2中可以看出，直剪试验条件下滑坡滑带土峰值强度在C cu(kPa)工况下的变化范围为8.0—9.2kPa，而其平均参数值为8.5kPa；但在Φd(°)工况下的变化范围和平均值分别为16.8—21.3和19.7°；滑坡滑带土残余强度在C r(kPa)工

况下的变化范围为7.4—19.8kPa，平均参数值为14.5kPa；在Φr(°)工况下的变化范围为15.7—17.8，平均参数值为17.26。

表2 直剪试验条件下滑坡滑带土物理力学参数^[5]
Tab.2 Physical and mechanical parameters of landslide soil under direct shear test conditions

	滑坡滑带土峰值强度		滑坡滑带土残余强度	
	C d(kPa)	Φ d(°)	C r(kPa)	Φ r(°)
变化范围	8.0—9.2	16.8—21.3	7.4—19.8	15.7—17.8
平均参数值	8.5	19.7	14.5	17.26

结合上述表1和表2两组岩体力学试验结果，通过对我国目前典型工程滑坡滑带土力学强度标准值进行类比分析，最终确定该水库滑坡稳定性分析中，Geo-studio软件计算中的滑带抗剪强度c=18kPa，φ=20°，且滑坡滑带土天然重度γ取值为22kN/m³。

3.2 滑坡稳定性计算分析工况条件

在确定上述计算参数值后，本研究将重点采用Geo-Studio软件，对SLO PE/W模块下的工程地质滑坡总体三维结构稳定性进行分析^[6]。在此基础上，考虑到该水库滑坡地质结构长期受降雨及岸边水流等外力因素的侵蚀和冲刷影响，故本研究在模拟试验时，分别通过自然降雨与暴雨两种不同工况，对不同条件下滑坡地质结构稳定性变化参数进行计算分析。为了简化分析结果，降小分析误差，本研究忽略地震等特殊外力因素对工程滑坡稳定性造成的相关影响。

3.3 滑坡稳定性计算分析

(1)计算条件假设
在常规的滑坡稳定性计算分析中，主要有Morgenstern-Price和Ordinary等方法，本研究着重采用Janbu算法与Morgenstern-Price算法，对该工程滑坡地质在不同工况条件下的稳定性进行计算，计算工况示意简图如图1所示^[7]。

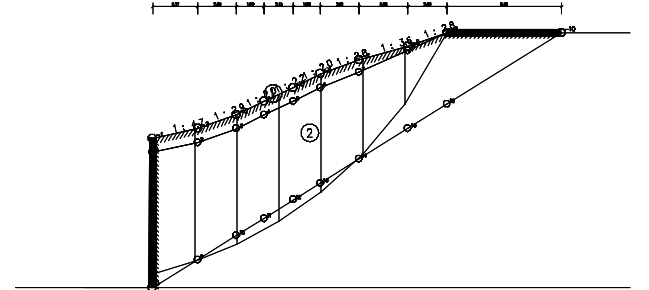


图1 滑坡稳定性计算工况简图
Fig.1 Working diagram of landslide stability calculation

在上述计算简图中，相关计算条件假设如下：
①[坡面信息]：坡面线段数(10)；
②[土层信息]：坡面节点数(11)；
附加节点数(16)；
不同土性区域数(2)；

③[滑面信息]: 滑面线段数(7);

滑面线起始点坐标: (-0.000,1.000);

④[计算条件]: 剩余下滑力计算目标(计算剩余下滑力);

剩余下滑力计算时的安全系数: (1.300)。

(2)计算公式及指标

结合上述相关计算条件, 基于Geo-Studio软件的Janbu算法与Morgenstern-Price两种不同算法, 对该工程地质边坡和地基稳定性进行计算分析, 主要分析该滑坡抗滑力矩标准值和滑动力矩设计值(主要表现为滑坡稳定性系数), 计算公式如下:

$$M_{Rk} = R \left[\sum C_{ki} L_i + \sum (q_{ki} b_i + W_{ki}) \cos \alpha_i \tan \varphi_{ki} \right]^{[8]}$$
$$M_{Sd} = \gamma_s \left[\sum R (q_{ki} b_i + W_{ki}) \sin \alpha_i \right] \quad (1)$$

在式(1)中: R——该工程地质滑坡的滑弧半径(m);

γ_s ——该工程地质滑坡的综合分项系数, 本研究取=1.0;

W_{ki} ——该工程地质滑坡在水流与降雨等外力永久作用下的重力标准值(KN/m);

q_{ki} ——该工程地质滑坡第i土条顶面作用的可变作用标准值(kPa);

b_i ——该工程地质滑坡第i土条的宽度(m);

α_i ——该工程地质滑坡第i土条滑弧中点切线与水平线间的夹角($^{\circ}$);

φ_{ki} 、 C_{ki} ——该工程地质滑坡第i土条滑动面上的内摩擦角($^{\circ}$)和黏聚力(kPa)标准值;

L_i ——该工程地质滑坡第i土条所对应的实际弧长(m)。

(3)计算结果

最终计算结果如表3参数所示。

表3 基于Geo-studio软件的滑坡稳定性计算结果

Tab.3 Calculation results of landslide stability based on Geo-studio software

参数名称	参数值
本块始点X	21.468
本块末点X	21.470
上块传递推力(kN)	0.000
上块传递推力角度($^{\circ}$)	0.000
本块滑面粘聚力(kPa)	22.000
滑面摩擦角($^{\circ}$)	25.000
总重(含地下水)(kN)	0.000
总附加力(kN)	Px=Py=0.000
筋带在滑面的切向力(kN)	Pt=0.000
渗透水压力(kN)	0.000
有效滑面长度(m)	0.004
下滑力(kN)	0.000
粘聚抗滑力(kN)	0.088
本块剩余下滑力(kN)	-0.088
下滑力角度($^{\circ}$)	59.52

(4)结果分析

基于Geo-studio软件结合上述相关指标值对计算结果进行拟合, 最终分别可得到如下自然降雨和暴雨两种不同状态下的工程滑坡稳定性三维剖面结构示意图, 如图2和图3所示。

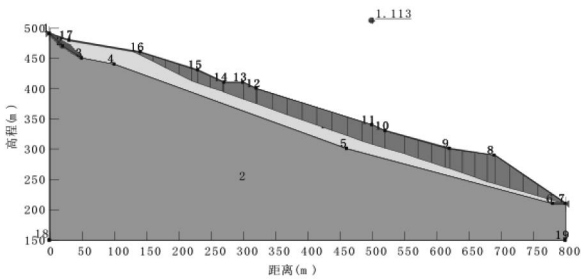


图2 自然降雨状态下的工程滑坡稳定性三维剖面结构示意图^[9]

Fig.2 Schematic diagram of engineering landslide stability under the condition of natural rainfall

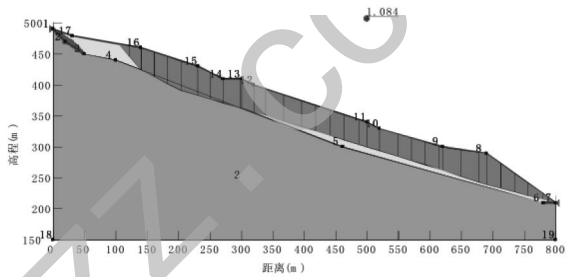


图3 暴雨状态下的工程滑坡稳定性三维剖面结构示意图^[10-11]

Fig.3 Schematic diagram of three dimensional profile of landslide stability

由图2和图3可知, 在上述不同计算指标值下, 基于Geo-studio软件分别采用Janbu算法与Morgenstern-Price两种不同算法, 对该工程滑坡地质总体结构稳定性进行分析, 在自然降雨状态下/暴雨状态下工程滑坡稳定系数存在一定的差异。其中, 自然降雨状态下工程滑坡稳定性三维剖面结构拟合安全系数为1.113, 而在暴雨状态下工程滑坡稳定性三维剖面结构拟合安全系数为1.084, 前后安全系数相差约0.029^[12]。由此可以确定, 降雨强度和降雨量会影响该水库工程地质滑坡结构安全稳定性。在自然降雨条件下, 该滑坡结构处于安全状态, 而在暴雨状态下, 滑坡结构将大大失稳, 可能会在强降雨冲击下, 使滑坡结构重力增加, 摩擦系数减小, 从而诱发严重的次生地质灾害。即使该水库地质滑坡在自然降雨状态下暂时处于安全稳定状态, 但随着降雨时间和降雨频率及降雨强度等不断增加, 水库滑坡结构将会由稳定状态转变为欠稳定状态。

因此, 通过上述分析, 该工程管理维护人员要在今后滑坡地质灾害预防中, 着重考虑降雨因素影响, 同时定期对工程边坡进行地质勘察和维护, 从而基于Geo-studio软件, 对整个工程滑坡稳定性进行计算分析, 以此提高工程结构治理效率和效益。

4 结论(Conclusion)

综上所述, 滑坡稳定性是工程地质结构维护、管理中

需重点考虑的一大因素。常见的滑坡地质灾害是由多种因素引起,因此在工程结构维护、整治中,需加强预防,结合外力和内力影响因素,制定合理的预防对策。本研究通过引入Geo-studio软件,分别采用Janbu算法与Morgenstern-Price两种算法,就自然降雨状态和暴雨状态下工程滑坡稳定系数进行计算,最终认为降雨强度和降雨量等因素将会影响滑坡粘聚抗滑力和下滑力,从而使工程滑坡总体结构稳定安全系数大大下降,从而诱发地质灾害。故今后要加强预防,通过采用Geo-studio软件进行数据计算、模拟监测,从而提高滑坡结构稳定性。

参考文献(References)

- [1] YANG Tao, et al. Three-Dimensional Stability of Landslides Based on Local Safety Factor[J]. Journal of Mountain Science, 2016(09):1515-1526.
- [2] Liu Hui, et al. Mechanism of Formation of Sliding Ground Fissure in Loess Hilly Areas Caused by Underground Mining[J]. International Journal of Mining Science and Technology, 2015(04):553-558.
- [3] LI XiaoJie, et al. Orbit Determination and Prediction for Beidou GEO Satellites at the Time of the Spring/Autumn Equinox[J]. Science China(Physics, Mechanics & Astronomy), 2015(08):92-100.
- [4] 卢茜, 刘颖. GeoStudio软件在边坡稳定分析中的应用[J]. 萍乡学院学报, 2016, 33(03):72-75.
- [5] 郭长福, 等. 基于Geo-Studio的离子型稀土矿边坡稳定性分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2016, 27(02):72-77.
- [6] 马敬仁. 浅谈Geo-studio软件在滑坡稳定性分析中的应用[J]. 世界有色金属, 2016, 39(13):131-133.
- [7] 李素敏, 吴彩燕, 吴森. 基于Geo-studio的晒网坝滑坡稳定性分析[J]. 吉林水利, 2013, 32(07):16-19.
- [8] 李敏, 姜绍璋. Geo-studio软件在大型水库边坡稳定性评价中的应用[J]. 浙江水利水电学院学报, 2015, 27(02):27-31.
- [9] 刘本博. GEO-Slope/W与FLAC-2D在分析滑坡稳定性方面的应用[J]. 铁道建筑技术, 2013, 20(10):60-63.
- [10] 王成, 等. 基于Geo-studio的降雨边坡稳定性分析[J]. 徐州工程学院学报(自然科学版), 2014, 29(03):9-14.
- [11] 袁屹璋, 邓辉, 张晋. Geo-Slope在某填方边坡稳定性分析中的应用[J]. 长春工程学院学报(自然科学版), 2013, 14(01):96-99.

作者简介:

王凤岐(1981-), 男, 本科, 讲师. 研究领域: 软件工程.

(上接第36页)



图6 统计与分析

Fig.6 Statistics and analysis

4 结论(Conclusion)

与B/S架构在线考试系统比较, 互联网在线考试平台在功能板块设计方面略有欠缺, 但其有自身独特的优势。该平台试题设计操作便捷容易掌握, 试题类型多样, 向学生移动终端推送方便, 避免了对复杂专业技术知识的依赖, 突破了在线考试对空间及计算机硬件的限制, 同时也降低了成本费用。从业教师具有一般计算机和网络操作技能即可完成在线考试的整体设计, 移动终端设备的普及也为在线考试提供了极大的便利^[8,9]。因此, 通过该方式开展在线考试或课堂测验确有值得借鉴之处, 为在线考试的开展提供了多种方法和思路。

参考文献(References)

- [1] A.Prakash,R.Dhanalakshmi.Stride Towards Proposing Multi-Modal Biometric Authentication for Online Exam[J]. International Journal of Network Security, 2016, 18(4):678-687.
- [2] Sakir Tasdemir, et al. The Design and Application of Online Exam System Supported by Database[J]. International Journal of Applied Mathematics, Electronics and

Computers, 2015, 3(3):204-207.

- [3] E.Khourya, et al. Bi-Modal Biometric Authentication on Mobile Phones in Challenging Conditions[J]. Journal of Image and Vision Computing, 2014, 32(12):1147-1160.
- [4] 王超. 基于JAVA技术的在线考试系统设计[J]. 信息通信, 2015(9):160-161.
- [5] 郑一露, 申梦琦. 基于B/S结构的党校在线考试系统研究与实现[J]. 数字技术与应用, 2015, 15(8):173-175.
- [6] 张玲. 基于Web数据库在线考试系统的设计研究探讨[J]. 自动化与仪器仪表, 2016(5):120-124.
- [7] 关德君. 基于NET技术的考试系统的设计与实现[J]. 通化师范学院学报(自然科学版), 2012(12):43-44.
- [8] 李克东, 谢幼如. 高校网络课程建设与应用研究[J]. 开放教育研究, 2011(2):15-21.
- [9] 李燕妮, 魏冠英, 路永辉. 地方医学院校实行网考系统的探讨[J]. 中国医学教育技术, 2013, 1(27):66-69.

作者简介:

高欣(1977-), 女, 硕士, 讲师. 研究领域: 计算机网络技术在医学教育中的应用.

张建莉(1972-), 女, 硕士, 副教授. 研究领域: 计算机应用技术.

刘环(1970-), 女, 硕士, 讲师. 研究领域: 计算机软件应用.

李建忠(1982-), 男, 硕士, 副教授. 研究领域: 医学计算机应用.

李明(1973-), 男, 硕士, 副教授. 研究领域: 脑神经再生. 本文通讯作者.