 DOI: https://doi.org/10.26549/gcjsygl.v4i15.6177

Stability Analysis of Jinchi Street Landslide Based on Geo-Studio

Qiang Hai　Yuzhuo Wang

AVIC Institute of Geotechnical Engineering Co., Ltd., BeiJing, 100098, China

Abstract

Landslide is one of the major geological disasters that affect the safety of human life and property, and its prevention is of great significance, the stability analysis of the slope provides an important theoretical basis for the prevention of landslides. This paper takes the Jinchi Street landslide in Hongqi Community, Guanyi Town, Zitong County, Mianyang City, China as an engineering example, and studies the application of the SLOPE/W module in Geo-Studio software in landslide stability analysis. The paper adopts Morgenstern-Price, Janbu, Bishop and Sarma in the SLOPE/W module four calculation methods Morgenstern-Price and Janbu to calculate the stability of the landslide for both natural and heavy rain conditions. The calculation results show that it is feasible to use Geo-Studio software to analyze the slope stability, and the software also has many unique advantages.

Keywords

Geo-Studio software; SLOPE/W; landslide; stability analysis; safety factor

基于 Geo-studio 的金池街滑坡稳定性分析

海强　王玉卓

中航勘察设计研究院有限公司，中国·北京 100098

摘　要

滑坡作为影响人类生命财产安全的重大地质灾害之一，对其的防治具有重要的意义，边坡的稳定性分析为滑坡的防治提供了重要的理论依据。论文以中国绵阳市梓潼县观义镇红旗社区金池街滑坡为工程实例，研究了 Geo-Studio 软件中 SLOPE/W 模块在滑坡稳定性分析中的应用。论文采用 SLOPE/W 模块中 Morgenstern-Price、Janbu、Bishop 和 Sarma 法四种计算方法中 Morgenstern-Price 和 Janbu 两种方法，分别针对天然及暴雨两种工况对滑坡进行稳定性计算。计算结果表明，利用 Geo-Studio 软件对边坡进行稳定性分析是可行的，且该软件还具有众多独特的优点。

关键词

Geo-Studio 软件；SLOPE/W；滑坡；稳定性分析；安全系数

1 引言

滑坡作为边坡失稳最为常见的地质灾害，它的发生通常会对人的生命财产和经济建设造成严重的损失 [1]。边坡的稳定性分析为滑坡的防治提供了重要的理论依据。目前，我们主要依靠极限平衡法和有限元法来进行滑坡的稳定性分析 [2]。极限平衡法通常根据作用于岩土体中潜在破坏面上块体沿破坏面的抗剪力与该块体沿破坏面的剪切力之比求该块体的稳定性系数。有限元法是一种将连续体离散化为若干个有限大小的单元体的集合，以求解连续体力学问题的数值方法。

【作者简介】海强（1985-），回族，中国河南濮阳人，本科学历，工程师，从事工程勘察研究。

王玉卓（1989-），中国内蒙古通辽人，本科学历。

Geo-Studio 是一套专业、高效而且功能强大的适用于岩土工程和岩土环境模拟计算的仿真软件 [3-4]，其 SLOPE/W 模块更是全球岩土工程界首选的稳定性分析软件，可以利用它对简单或者复杂的滑移面形状改变、孔隙水压力状况、土体性质、不同的加载方式等岩土工程问题经行分析 [5-7]，论文主要研究 Geo-Studio 软件中 SLOPE/W 模块在滑坡稳定性分析中的应用。

2 工程实例概况

2.1 滑坡概况

中国绵阳市梓潼县观义镇红旗社区金池街滑坡后缘（东侧）受地形特征及后缘滑壁控制，以斜坡顶部为界；前缘（西侧）边界以陡坎处土体变形剪出和基岩出露为界，北侧

 DOI: https://doi.org/10.26549/gcjsygl.v4i15.6177

以工程回填土为界，南侧以排水沟为界。滑坡危险范围为后缘至坡顶民房，前缘至坡底武引渠，两侧至“醉汉林”外侧，危险范围约 0.005km^2。该滑坡总体宽度约 56m，纵向长度约 54m，总体坡度约 40°，面积约 3024m^2，滑坡体规模为 1.4×104m^3，坡向为 262°。滑坡后缘高程约 100m，前缘高程约 74m，相对高差约 26m，滑坡总体前、后缘坡陡，坡角约 35~60°；中部及两侧相对较缓，坡角约 15° 左右，下伏岩层产状 260°~262° ∠ 2°~5°。滑坡平面形态呈“簸箕”形，属于小型滑坡。

2.2 地层岩性

滑体中下部表层多分布为碎石、碎屑夹黄褐色粘土，结构松散，厚 1~3m；滑体中后部由石英砂岩大块石、块石夹碎石、碎屑土组成，浅层大块石多属于泥盆系上统黄家磴与云台观组砂岩与石英砂岩，一般厚 0.5~1.5m，局部较厚，为 3~5m；滑体中上层为黄色粘土夹块石，碎屑石块、碎石多为黄绿色细砂岩、粉砂岩、结构紧密，厚 8~15m；滑体中下层多为似基岩半解体大块体夹块石、碎土石，块体成分以细砂岩，粉砂岩为主，结构较紧密，厚 10~40m；其滑带土以分布于滑体底部为主，多为黄绿色、灰绿色、灰白色粘土夹碎石、碎屑，结构紧密。据滑带土的物理性试验成果表明，滑带土的含水量较低，为低塑性粘土，局部可见硬塑状，湿水后呈可塑状。主滑带厚一般为 0.3~1m 左右，最厚达 10.6m。

2.3 地质构造

梓潼县位于中国四川沉降盆地的西北边缘，构造形式以舒缓为主，断裂极少，裂隙也不发育。主要地质构造为梓潼向斜，自县境东北自演武、建兴入境，经文昌镇七曲山、宏仁太皇铺（今文昌镇辖）及三泉（今长卿镇辖）、卧龙，成弧形向西南发育，在县境长达 70km，褶皱平缓，地应力不强，轴线呈“S”型，总趋向为北东 60°，轴部宽达 6~9km，伴有纵向或横向的波状起伏，两翼较缓，倾角 2°~5°，轴部出露地层为白垩系七曲寺组。其中，梓潼向斜两翼的三组构造：第一组为位于县境西北金龙场、黎雅等乡镇的金龙场背斜和位于金龙场之北、包括江油市东风乡的秤砣寺向斜，此组出露地层为白垩系白龙组；第二组是位于东南面之自强、文兴、定远诸乡的三合坝背斜和位于宝石、定远、玛瑙等乡的宝石桥向斜，这组出露地层为白垩系苍溪组、白龙组；第三组是南西观义镇的老关庙背斜和与之相连的绵阳玉河场向斜，其出露地层为苍溪组、白龙组、七曲寺组。

2.4 地下水位

地下水主要为粉质粘土中的上层滞水和少量基岩裂隙水。滑坡体为松散状素填土，透水性相对较好，下部残坡积粉质粘土及基岩为相对隔水层，土岩接触带易形成蓄水构造。在地下水对土岩接触带的冲刷破坏和对接触带岩土的软化、水解作用下接触带岩土的抗剪强度不断降低，形成潜在滑带，使滑坡长期处于欠稳定状态。

2.5 参数选取

该滑坡稳定性计算参数的确定主要结合室内试验、工程地质类比及参数反演确定。根据滑体土及滑带土室内试验成果、稳定性反演成果及经验类比，最终确定稳定性参数见表 1 和表 2。

表 1 滑坡滑体土、滑带土物理力学参数取值

滑体天然重度	滑体饱和重度	滑面天然状态		滑面饱和状态	
kN/m^3	kN/m^3	C（kPa）	φ（°）	C（kPa）	φ（°）
21.5	22.0	12.5	12.2	12.0	11.2

表 2 暴雨工况下滑坡稳定性计算参数取值

项目	内聚力 c（kPa）	内摩擦角 Φ（°）	内聚力 c（kPa）	内摩擦角 Φ（°）	内聚力 c（kPa）	内摩擦角 Φ（°）	内聚力 c（kPa）	内摩擦角 Φ（°）
滑带土	13.8	10.0	12.5	12.0	12.0	11.5	10.7	13.0
稳定系数 K	1.00		1.00		1.00		1.00	

3 滑坡稳定性计算分析

论文采用 Geo-Studio 软件中的 SLOPE/W 模块对滑坡进行二维稳定性分析，由于绵阳市梓潼县观义镇红旗社区金池街滑坡受降雨影响较大，所以论文将在天然状态及暴雨两种工况条件下进行计算，根据区域地震资料可知，研究区地震加速度小于 0.05g，可不考虑地震因素对滑坡稳定性的影响。

3.1 计算成果

SLOPE/W 模块对滑坡稳定性计算主要有 Ordinary、Bishop、Janbu 及 Morgenstern-Price 四种计算方法，论文主要采用 Morgenstern-Price 和 Janbu 法分别计算两种工况条件下滑面的安全系数，计算结果如图 1、图 2、图 3、图 4 所示。其中，图中绿色区域为最危险滑动区域。

 DOI: https://doi.org/10.26549/gcjsygl.v4i15.6177

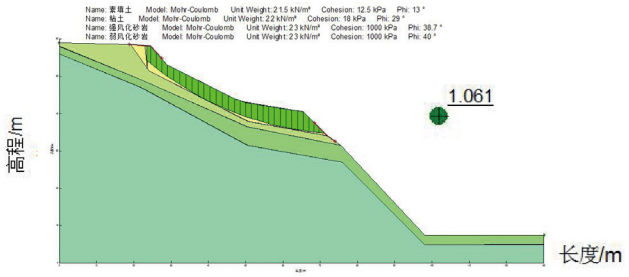

图 1 天然工况下 Morgenstern-Price 法稳定性分析成果图

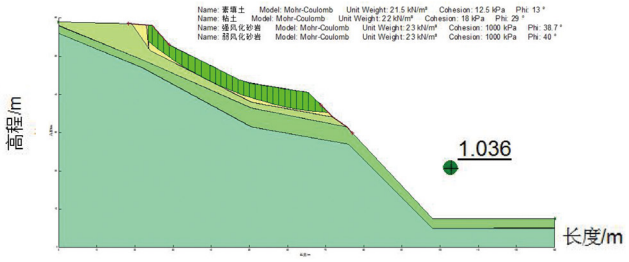

图 2 天然工况下 Janbu 法稳定性分析成果图

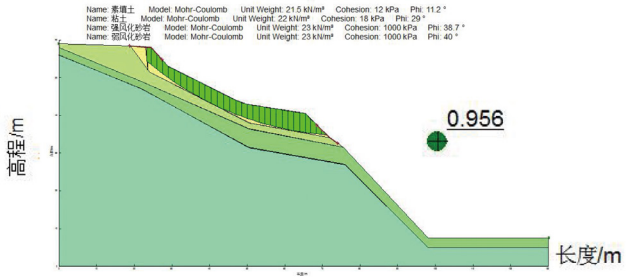

图 3 暴雨工况下 Morgenstern-Price 法稳定性分析成果图

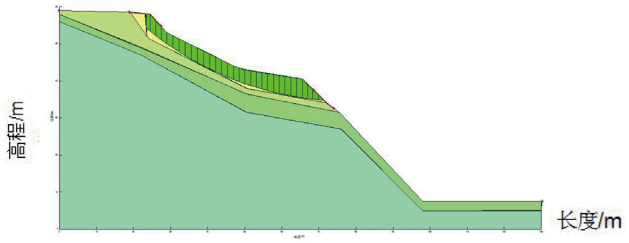

图 4 暴雨工况下 Janbu 法稳定性分析成果图

3.2 成果分析

（1）金池街滑坡在天然状态下采用 Morgenstern-Price 法和 Janbu 法计算所得的安全系数分别为 1.061 和 1.029，表明该滑坡在天然状态下坡体处于基本稳定状态。

（2）金池街滑坡在暴雨状态下采用 Morgenstern-Price 法和 Janbu 法计算所得的安全系数分别为 0.956 和 0.927，表明该滑坡在暴雨状态下坡体处于欠稳定状态。

（3）计算结果表明暴雨对该滑坡的稳定性具有较大的影响，滑体在暴雨条件下由稳定状态变化为欠稳定状态，在今后的防治工作中应着重考虑雨水对其的影响。

（4）通过比较两种计算方法在两种工况条件下的安全系数，可以看出 Janbu 法比 Morgenstern-Price 法的计算结果偏小，所以建议在以后的设计中采用 Janbu 法所得成果。

4 结语

论文以中国绵阳市梓潼县观义镇红旗社区金池街滑坡为工程实例，在掌握滑坡自然地理环境及滑坡体基本特征的前提下，通过分析滑带土的物理力学参数，并考虑参数选取合理性的基础上，研究 Geo-Studio 软件中 SLOPE/W 模块在边坡稳定性分析中的应用，主要得到如下成果：

（1）Geo-Studio 软件能快速准确地对边坡进行稳定性分析，所得结果与滑坡稳定性计算结果高度吻合。

（2）在 Geo-Studio 软件中所得的滑动面与实际勘察所得滑动面基本吻合，说明采用该软件对边坡稳定性分析能较为准确的反应实际情况。

（3）该软件中提供了多种边坡稳定性的计算方法，如 Ordinary、Bishop、Janbu 和 Morgenstern-Price。可以根据实际情况选择合适的计算方法，同时可以对多种计算方法结果进行对比研究。

参考文献

[1] 佴磊 . 边坡工程 [M]. 北京 : 科学出版社 ,2010.

[2] 项伟 , 唐辉明 . 岩土工程勘察 [M]. 北京 : 化学工业出版社 ,2012.

[3] 郑涛 , 张玉灯 , 毛新生 . 基于 Geo-Slope 软件的土质边坡稳定性分析 [J]. 水利与建筑工程学报 ,2008(01):6-8.

[4] 屈建军 , 李建林 , 王乐华 .GEO-Slope 软件在边坡稳定性分析中的应用 [J]. 人民长江 ,2009(15):39-40.

[5] 李玉起 , 黄志 , 王凤群 .GeoStudio 软件在堤防边坡稳定计算中的应用 [J]. 东北水利水电 ,2007(271):3-5.

[6] 阮建飞 , 时铁城 , 张晓 . 运用 Excel、AutoCAD 实现岩土分析软件 GeoStudio 中的辅助建模 [J]. 水利与建筑工程学报 ,2009(04):134-136.

[7] 倪梅三 , 华跃 , 曾学敏 . 基于 Geostudio 的某土石坝稳定性流固耦合分析 [J]. 矿业快报 ,2008(466):23-25.