

文章编号: 1008 - 2786 - (2016) 5 - 555 - 07

DOI: 10. 16089/j. cnki. 1008 - 2786. 000162

基于 Monte - Carlo 方法的边坡稳定性评价

杨 军¹ 姚正学^{1 2*} 董耀刚¹ 颜 丽¹ 刘兴荣¹ 刘 迪¹

(1. 甘肃省科学院地质自然灾害防治研究所 ,甘肃 兰州 730000;

2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所 ,四川 成都 610041)

摘 要: 以兰州九洲开发区某边坡为例 ,采用 Slide 软件中的 Sensitivity Analysis 模块 ,对边坡进行敏感性分析 ,得出素填土 a 的重度和粘聚力是影响稳定性的主要因素 ,而其他岩土体的物理力学性质对计算结果影响不大;利用 Probabilistic Analysis 模块 ,进行了基于 Monte - Carlo 方法的安全系数与可靠度计算 ,评价了该边坡的稳定性 ,并与确定性计算结果进行了对比。结果表明: 尽管安全系数基本一致 ,但从破坏概率来说 ,该边坡在自重状态下 ,坡体处于稳定状态 ,破坏概率最大为 0.4 %;在暴雨工况下 ,坡体均处于不稳定状态 ,破坏概率最小为 70.3 %;而在地震作用下 ,东段和南段的部分仍可稳定 ,破坏概率极小 ,仅为 2.7 % ,评价结论更加可靠和直观 ,有利于边坡治理方案的优化设计。

关键词: 边坡稳定性; 安全系数; 可靠度; 不确定性; Monte - Carlo 方法

中图分类号: P642. 22

文献标志码: A

目前边坡稳定性评价方法有定性分析法(如范例推理评价法、专家系统法)、定量分析法(如极限平衡分析法、有限元法、离散单元法、快速拉格朗日分析)及非确定分析(如模糊综合评价法、灰色系统评价法)三大类 ,其中应用最为广泛的是极限平衡分析法 ,如 Bishop、Janbu、Fellenius、spencer 等^[1]。但传统的极限平衡分析在计算过程中参数选取往往是采用土工试验结果的平均值 ,没有考虑到不确定性因素的影响^[2] ,这显然与实际有出入。同时受试验条件、样本的采集、试验人员等因素的影响 ,所获得的参数存在随机性 ,即具有不确定性 ,这就是安全系数满足规范要求 ,而边坡却发生失稳现象出现的主要原因之一。因此 ,有必要考虑计算参数的随机性 ,应用基于随机理论的方法来分析评价结论的可靠度^[3-5]。Slide 软件是加拿大 Rocscience 公司开

发的产品 ,该软件既可分析边坡的稳定性也可进行敏感性和可靠度分析。本文以兰州市九洲开发区某边坡为例 ,在 Slide 软件中 ,采用蒙特卡罗数值模拟方法对其进行敏感性和可靠度分析。结果表明 ,基于蒙特卡罗的可靠度分析评价方法不仅使边坡稳定性评价结论更加可靠和直观 ,还可指明边坡勘察重点和治理方向 ,有利于节约勘察费用和优化边坡治理工程设计。

1 边坡概况

研究边坡位于兰州市九洲开发区罗锅沟下游右岸 ,距黄河新桥桥头北 3.5 km。九洲开发区建设场地主要由推山填沟平整而成 ,是兰州市的地质灾害高易发区。兰州市属温带半干旱大陆性季风气候 ,

收稿日期(Received date): 2015 - 12 - 13; 改回日期(Accepted): 2016 - 01 - 29。

基金项目(Foundation item): 甘肃省科学院应用研究与开发项目(2012JK - 06); 甘肃省科学院科技产业化项目(2014CY02) 和“西部之光”访问学者(2015 年) 。[Application Research and Development Project of Gansu Academy of Sciences(NO. 2012JK - 06); Science and Technology Industrialization Project of Gansu Academy of Sciences(NO. 2014CY02) and "Western Light" Visiting Scholar (2015) .]

作者简介(Biography): 杨军(1975 -) ,男 ,甘肃武都人 ,副研究员 ,主要从事地质灾害防治研究。[Yang Jun(1975 -) ,male ,born in Wudu ,Gansu Province ,associate research fellow ,mainly engaged in geological disaster prevention and control.]

* 通信作者(Corresponding Author): 姚正学(1970 -) ,男 ,甘肃镇原人 ,高级工程师 ,主要从事地质灾害防治研究。[Yao Zhengxue(1970 -) ,male ,born in Zhenyuan ,Gansu province ,senior engineer ,mainly engaged in geological disaster prevention and control.]

多年平均气温为 10.4℃ ,多年平均降水量为 293.5 mm ,降水多集中于 7—9 月 ,占全年降水量的 61 % 以上 ,实测日最大降水量为 56.9 mm ,1 h 最大雨量为 51.9 mm ,10 min 最大降水量为 18.6 mm ;年平均蒸发量为 1 158 mm ;平均日照时数为 2 372.3 h ,年平均风速为 0.9 m/s ,区内最大冻土深度 103.0 cm ,最大积雪厚度为 7 cm。

罗锅沟属黄河左岸一级支沟 ,自北向南从研究区西侧流过 ,汇水面积 37.62 km² ,主沟道长 18.14 km ,平均宽 1.85 km ,相对高度 528 m ,沟床平均比降 20 ‰。该沟属季节性流水沟 ,平时无地表径流产生 ,仅有少量污水排放。研究区原为剥蚀低中山地貌 ,山体呈上陡下缓之势。由于九洲开发区对原始地貌改造非常强烈 ,造成区内发育大量的人工边坡 ,自西向东可将边坡微地貌类型划分为低中山地、山前填土台地和沟谷三种类型 ,边坡呈南北向走向 ,北高南低。地层主要为古近系和第四系 ,岩性见表 1。区内没有发现明显的较大型断裂构造 ,但在第四纪以前地层中有小型的断裂或错动。

研究区受新构造运动控制明显 ,第四系以来表现为震荡性上升 ,形成多级阶地。该区域地震活动

频繁 ,历史上最强烈的地震发生在 1125 年 ,烈度为 IX 度。此外 ,公元 406 年、1440 年和 1629 年曾发生过 5 级以上地震 ;地震基本烈度为 VIII 度 ,地震动峰值加速度为 0.2 g ,地震动反应谱特征周期为 0.4 s。

研究边坡为人工挖填形成 ,高度 31 ~ 33 m ,总长度约 500 m ,一般坡度 37° ~ 42° ,局部最大坡度可达 63° (图 1)。坡顶为填沟造地后形成的平坦台面 ,且修建了坡顶公路。坡脚因建设场地扩展而开挖 ,造成坡体前缘较陡 ,临空面较大。根据边坡平面展布方位可将其划分为北、东、南三段 ,其坡面形态见图 2。

边坡地层结构主要由填土和古近系砂砾岩组成 ,局部分布卵砾石、含砾粉质粘土夹层和马兰黄土 ,岩性特征如表 1 所示 ,各段坡体的典型地层剖面见图 3。

2 Monte - Carlo 可靠度分析方法

可靠度理论最先从结构的可靠度研究开始的 ,边坡稳定性可靠度研究到本世纪初才逐步开始 ,目前蒙特卡罗法 (Monte - Carlo Simulation Method ,简

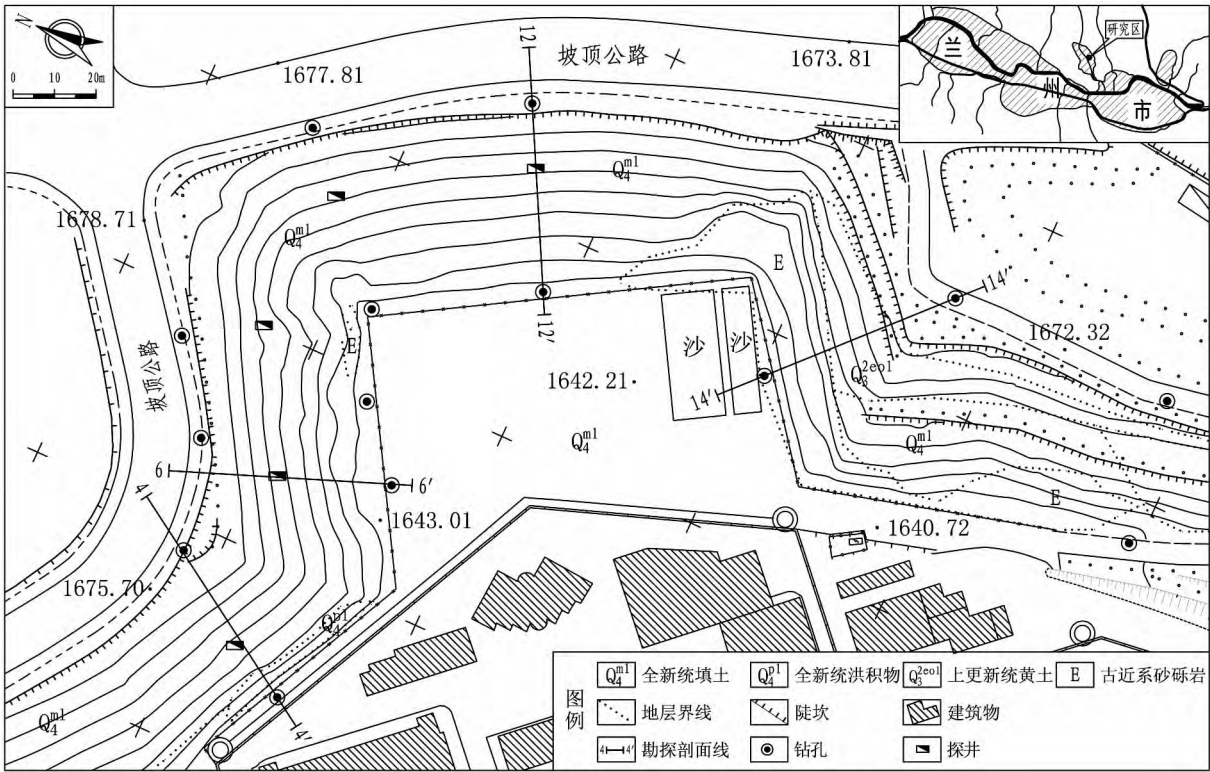


图 1 边坡地形地质略图

Fig. 1 Sketch of landscape and geology of studied area

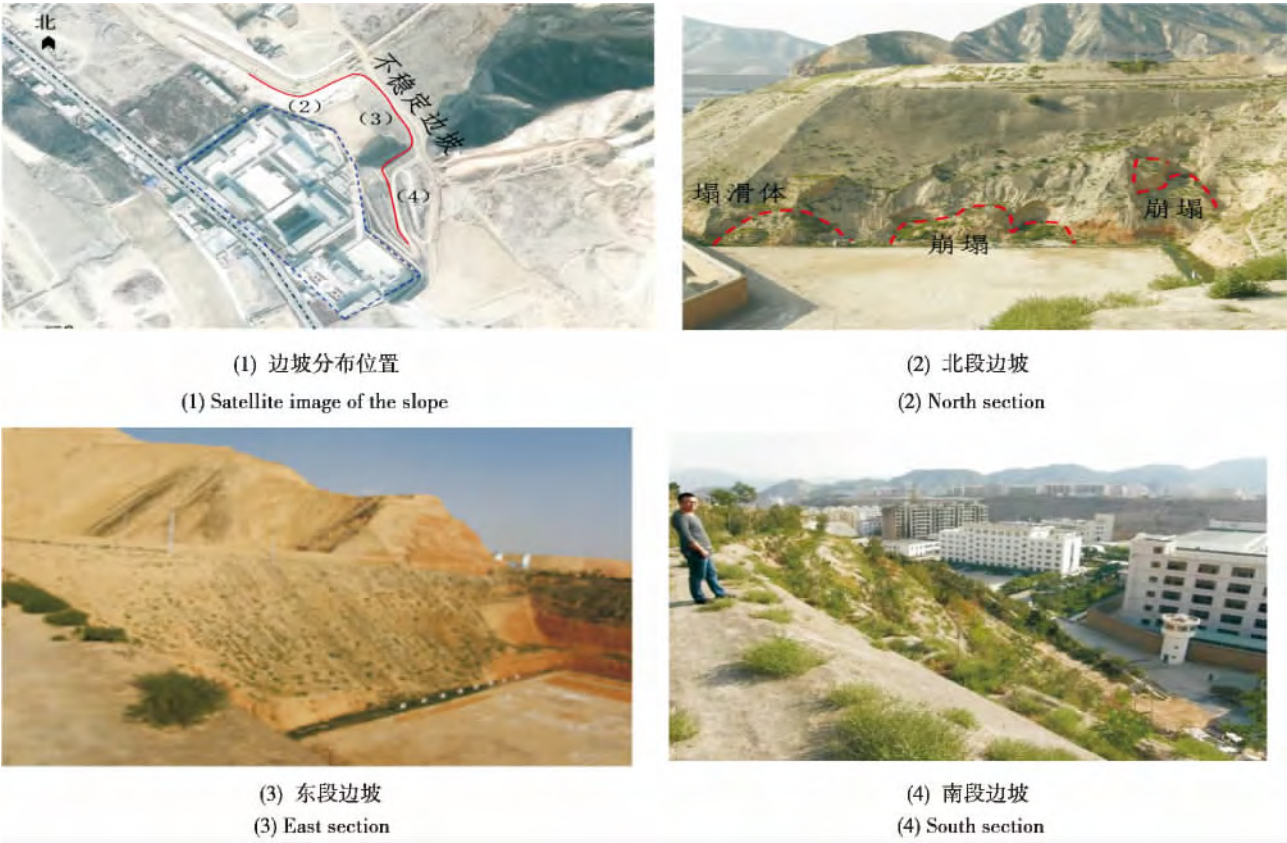


图 2 边坡形态
Fig. 2 Landscape of the studied slope

表 1 地层岩性
Tab.1 Stratigraphy and lithology characters of slope

岩层	岩性与组成	厚度 /m	分布
填土(Q_4^{ml})	素填土 a: 以粉土为主 ,土黄色 ,稍湿 ,具碾压层理 ,中密 ,土质均一性好 ,局部夹极少量圆砾。	0 ~ 18.2	边坡中、上部
	素填土 b: 均一性差 ,或以强风化的砂砾岩岩块为主夹粉土 ,或以粉土为主夹砂砾岩岩块 ,局部又有粉土和砂砾岩岩块互层堆填 ,颜色也不均一 ,或为土黄色、或为灰红色 ,或为土黄色与灰红色夹杂; 中密 – 密实。	1 ~ 5	填土层下部
洪积物(Q_4^{pl})	卵砾石: 卵石含量约占 35 % ,砾石含量约占 40% ,砂含量约占 20 % ,含粉粒及粘粒量约 5 % ,卵石最大粒径 12 cm ,具水平沉积层理 ,分选较差 ,磨圆较好。	0.5 – 6	透镜体状分布在北段边坡坡脚部位
	含砾粉质粘土: 粉质粘土含量约占 80 % ,砾石约占 15 % ,卵石约占 5 % ,最大可见卵石粒径 5 cm。	2.6(仅在钻孔 ZK3 中揭露 ,)。	地表未见出露
马兰黄土(Q_3^{2col})	褐黄色 ,稍密 ,质纯 ,呈可塑 ~ 硬塑状态 ,大孔隙 ,具湿陷性。	2.0 ~ 6.1	南段坡体上部
砂砾岩(E_{1-2xx})	砖红色 ,产状 $337^{\circ} \sim 340^{\circ} \angle 11^{\circ} \sim 21^{\circ}$,主要矿物成分为石英、长石、石膏等 ,泥质胶结。颗粒以中粗砂和圆砾为主 ,结构为中厚层; 断口呈阶梯状; 节理、裂隙不发育; 强风化岩石遇水软化后可用手掰开 ,强度低。	1.2 ~ 5.2	坡脚部位

称 MCSM) 是研究边坡稳定性可靠度最热门的方法 ,该方法不受具体分析条件限制 ,无论状态函数线性与否 ,无论变量分布是否正态 ,都可以模拟出边坡的主要状态特征。由于该方法精度较高 ,还可进行系统风险分析^[6-7] ,且方法简单易行 ,故被广泛使用。其基本的原理为:

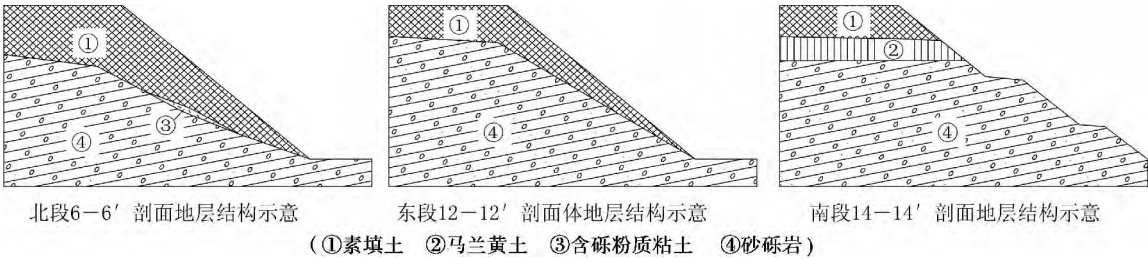


图3 坡体地层结构示意图
Fig. 3 Stratigraphic structure of the slope

当已知基本变量(γ 、 c 、 φ) 为概率分布时 ,可利用适当的随机数发生器 ,产生符合状态变量(γ 、 c 、 φ) 的概率分布的一组随机数 ,代入安全系数状态函数 $g(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 将产生 M 个状态函数的随机数据 ,若此 M 个状态函数的随机数中有 m 个小于 1 ,失效概率 P_f 为^[11,12]:

$$P_f = P(g(x_1, x_2, \dots, x_n) < 0) = \frac{m}{M} \quad (1)$$

可靠度指标取:

$$RI_{normal} = \frac{\overline{F_s} - 1}{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (F_{si} - \overline{F_s})^2}} \quad (2)$$

或

$$RI_{lognormal} = \frac{\ln(\frac{\overline{F_s}}{\sqrt{1+V^2}})}{\sqrt{\ln(1+V^2)}} \quad (3)$$

式中 V 为变异系数 ,可用 (4) 式计算:

$$V = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (F_{si} - \overline{F_s})^2}}{\overline{F_s}} \quad (4)$$

上述四式中: F_{si} 为任一随机变量在变化的情况下计算所得安全系数; $\overline{F_s}$ 为安全系数的平均值; RI_{normal} 为基本变量(γ 、 c 、 φ) 符合正态分布情况下的可靠度; $RI_{lognormal}$ 为基本变量(γ 、 c 、 φ) 符合对数正态

分布情况下的可靠度。

3 计算模型及参数选取

3.1 计算模型

计算模型采用了实测的 8 条剖面 ,其中 4-4'、5-5'、6-6'、8-8'取自北段坡体 ,10-10'、12-12'取自东段坡体 ,13-13'、14-14'取自南段坡体 ,将 Autocad 绘制的剖面图、坡面边界线及地层分界线格式修改为多段线 ,外边界闭合后 ,文件存储格式为 . dxf ,slide 软件分两次(External boundary 和 Material boundary) 直接导入该 . dxf 文件后 ,定义并关联地层属性(γ 、 c 、 φ) 后建立计算模型。

3.2 计算参数

为准确获取边坡岩土参数 ,共布置勘探钻孔 20 个 ,探井 8 个 ,勘探剖面 16 条 ,室内进行基本物理力学性质试验 ,并参考相关地区经验后 ,得到稳定性分析计算参数如表 2。

3.3 计算方法

计算方法采用 Bishop simplified 法 ,采用圆弧法自动搜索最危险滑动面 ,选取自重、自重 + 暴雨和自重 + 地震三种工况 ,附加荷载主要考虑坡顶公路的车辆荷载(20 kN)、地震荷载(VIII 度区 ,地震动峰值

表2 稳定性计算参数表
Tab. 2 Parameters for stability calculation

序号	项 目	单位	素填土 a	素填土 b	黄土	含砾粉质粘土	卵砾石	砂砾岩
1	天然重度 γ	kN/m ³	16.40	18.0	14.7	17.5	19.0	24.3
	饱和重度 γ_d	kN/m ³	19.63	21.0	19.0	19.5	21.0	25.0
2	抗 剪	c	20.0	18.0	16.5	16.0	10	480
		φ	24.0	28.0	28.0	26.0	32.0	35
	强 度	c'	16.5	15.0	12.0	11.0	8	400
		φ'	18.5	24.5	23.0	21.0	30.0	32

加速度为 0.2 g) 和暴雨荷载(由于勘查中未揭露地下水, 故不考虑地下水的影响, 但考虑到坡面汇水和降水下渗, 为了安全, 土体重度在自重 + 暴雨工况下取饱和重度 ρ 、 φ 值根据地区经验进行强度折减) 三种。

4 计算结果及分析

为确定岩土参数对安全系数的影响, 首先利用软件中的 Sensitivity 模块进行了敏感性分析, 限于篇幅, 仅列出 6-6' 剖面分析结果, 如图 4 所示。

计算结果表明素填土 a 的 (γ 、 c 、 φ) 值对安全系数影响较大(曲线较陡)。因此, 在室内实验室重点分析素填土 a 的物理力学性质, 试验结果统计分析如表 3 所示。

利用 Slide 软件中的 Probabilistic Analysis 分析模块, 采用 Monte - Carlo 法进行破坏概率计算, 计算参数同时考虑 γ 、 c 、 φ 三个指标的不确定性, 每个剖面随机抽样 10 000 次进行分析, 计算结果如图 5 (限于篇幅仅列出 6-6' 剖面在自重状态计算结果) 及表 4。

从计算结果可以看出:

- 1. 确定性分析方法利用的参数是土工试验的平均值, 因此利用蒙特卡罗方法计算出来的平均安全系数与确定性计算方法所得的安全系数十分接近, 误差率最大为 1 %。
- 2. 蒙特卡罗方法不仅能够计算出安全系数, 更重要的是其给出了破坏概率, 如果按照确定性计算方法及《建筑边坡工程技术规范》(GB500330 - 2002) 中表 5.3.1^[8] 的规定, 4-4' 剖面稳定性评价结果应该为不稳定状态, 但从蒙特卡罗方法来评价,

其破坏概率 0.2 % , 可靠度指标为正数, 且大于 3 , 说明由随机数计算出的安全状态随机数离散程度较小, 其应该属于安全状态, 使安全性评价结果更加可信。

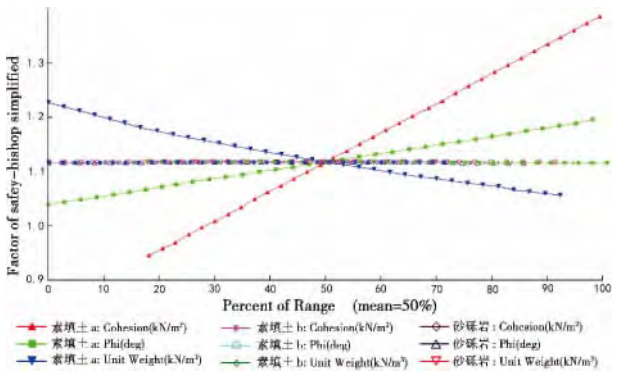


图 4 6—6'剖面敏感性分析结果
Fig. 4 Result of sensitivity analysis at section 4 - 4'

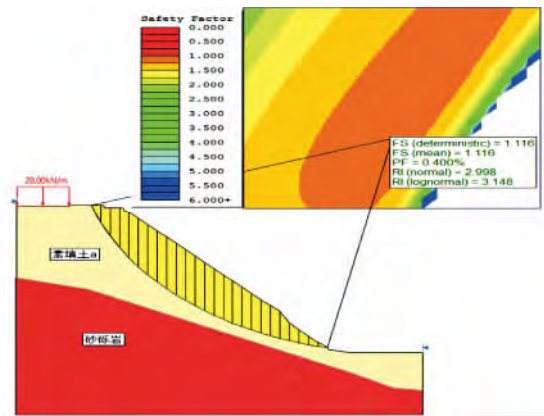


图 5 6—6'剖面在自重状态下稳定性及可靠度计算结果
Fig. 5 Results of the slope stability and reliability analysis under deadweight condition at section 6 - 6'

表 3 素填土 a 物理力学指标
Tab. 3 Physical and mechanical indexes of plain fill a

统计参数	含水率 W /%	重度 γ /(kN/m ³)	孔隙比 e_0	饱和度 S_r /%	液限 W_L	塑限 W_P	压缩系数 a_{1-2} /(MPa)	压缩模量 E_{s1-2} /(MPa)	内聚力 c /(MPa)	内摩擦角 φ /°
统计个数	49	41	41	41	49	49	41	41	43	43
最大值	21.4	19.7	1.3	80	39	19.9	0.6	22.88	50	32.9
最小值	4.7	12.4	0.63	14	24.3	16.6	0.08	3.04	16	27.9
平均值	11.51	16.4	0.86	39.78	25.95	16.99	0.21	11.47	28.07	30.45
标准差	4.71	0.19	0.16	21.99	2.05	0.45	0.12	5.39	7.33	1.14

表 4 边坡稳定性及可靠度分析计算结果
Tab. 4 Results of the slope stability and reliability analysis.

剖面	确定性计算结果			MCSM 结果											
				破坏概率 / %			平均安全系数			可靠度(正态分布)			可靠度(对数正态)		
	自重	暴雨	地震	自重	暴雨	地震	自重	暴雨	地震	自重	暴雨	地震	自重	暴雨	地震
4 - 4'	1.07	0.708	0.78	0.2	100	100	1.07	0.71	0.79	3.07	-14	-6	3.17	-11	-5
5 - 5'	1.30	0.51	0.94	0	100	100	1.29	0.51	0.93	6.5	-24	-2	7.4	-17	-2
6 - 6'	1.12	0.61	0.84	0.4	100	100	1.12	0.61	0.84	2.99	-18	-5	3.15	-14	-4
8 - 8'	1.22	0.66	0.88	0	100	100	1.22	0.66	0.88	5.25	-15	-3	5.76	-12	-3
10 - 10'	1.42	0.86	1.03	0	100	13.2	1.42	0.86	1.03	12.7	-3	1	15.0	-3	1
12 - 12'	1.53	0.82	1.12	0	100	2.7	1.53	0.83	1.10	7.5	-5	1.9	9.1	-4	2.1
13 - 13'	1.33	0.83	0.99	0	100	72.3	1.33	0.83	0.99	9.2	-7	-1	10	-6	-1
14 - 14'	1.46	0.99	1.07	0	70.3	0	1.46	0.99	1.07	18	-1	3.7	21	-1	3.7

3. 坡体在自重状态属于稳定状态 , 尽管有三个剖面(4 - 4'、6 - 6'、8 - 8') 安全系数小于 1.3 , 但其破坏概率很小 , 最大为 0.4 % , 可靠度大于 3 , 离散程度较小 , 安全系数基本集中在平均值附近; 在暴雨工况下 , 无论是从安全系数判断 , 还是从破坏概率和可靠度来判断 , 坡体基本处于失稳状态; 而在地震工况下 , 虽然平均安全系数均较小 , 不足规范 (GB500330 - 2002) 中规定的 1.3 , 但有的剖面的破坏概率很低(12 - 12' 为 2.7 % , 14 - 14' 为 0) , 说明在地震工况下坡体处于稳定状态。

4. 从自重、暴雨和地震工况下蒙特卡罗安全评价结论可以看出 , 该边坡处于稳定状态 , 这与边坡目前无大的变形迹象相吻合。因此加强截排水 , 防止雨水下渗浸润坡体也是本边坡治理重点内容。

5 结论与讨论

5.1 结论

1. 通过敏感性分析 , 影响该坡体安全系数大小的主要因素是素填土 a 的力学参数(γ 、c) 值。

2. 采用确定性安全系数分析方法 , 该边坡在自重工况下 , 坡体的稳定性系数为 1.07 ~ 1.53 , 北段坡体处于不稳定状态、东段和南段坡体处于稳定状态; 在暴雨工况下 , 坡体的稳定性系数为 0.51 ~ 0.99 , 坡体均处于不稳定状态; 在地震工况下 , 坡体稳定性系数为 0.78 ~ 0.99 , 坡体处于不稳定状态。

3. 采用蒙特卡罗不确定性安全评价方法 , 边坡安全系数与确定性分析方法基本一致 , 但从破坏概率来说 , 该边坡在自重状态下 , 坡体处于稳定状态;

在暴雨工况下 , 坡体均处于不稳定状态; 而在地震工况下 , 东段和南段的部分坡体仍较稳定 , 破坏概率极小。

5.2 讨论

1. 相对于确定性方法 , 采用可靠度和敏感性分析方法进行稳定性分析 , 能够考虑到更多的边坡稳定的影响因素 , 并可据此对边坡的稳定状态给以客观可靠的评价 , 对边坡的稳定状态有更为直观的了解 , 从而决定相应的处理措施。

2. 蒙特卡罗法只是一种数值计算方法 , 只能给出边坡在特定条件和特定设计参数下的特解 , 而给不出通解 , 同时其收敛速度慢 , 花费机时数较大。

3. 无论是采用确定性方法还是不确定性方法 , 安全系数的计算方法均采用的是 Bishop simplified 法 , 而简化 Bishop 法本身存在局限性。

4. 本文采用的蒙特卡罗法未对其进行任何改进 , 仅适用于圆弧滑裂面 , 对于其他滑裂面是否适用 , 这需在后续的工作中进一步深入研究。

参考文献(References)

[1] Yang Tao , Zhou Depei , Su Jingrong. Using Large Deformation FEM on the analysis of slope stability [J]. Mountain Research , 2006 24 (1) : 101 - 104 [杨涛 , 周德培 , 苏金蓉. 大变形有限元法分析边坡稳定性 [J]. 山地学报 2006 24 (1) : 101 - 104]

[2] Sun Xiaosan. Couple analysis of Slice Method and Finite Element Method for Slope Stability [D]. Hangzhou: Zhejiang University , 2005. [孙小三. 边坡稳定性的条分法与有限元法耦合分析 [D]. 杭州: 浙江大学 2005.]

[3] Lin Lixiang , Xu Hanbin. Reliability Approach to the analysis of slope stability [J]. Journal Mountain Science , 1999 , 17 (3) : 235 - 239 [林立相 , 徐汉斌. 边坡稳定性分析的可靠度方法 [J]. 山地学

- 报, 1999, 17(3): 235 - 239]
- [4] Chen Chunli, Xing Xianli, Li Ping, et al. Analysis on loess slope stability of Heifangtai, Gansu Province [J]. Journal of Engineering Geology, 2011, 19(4): 550 - 554 [陈春利, 邢鲜丽, 李萍, 等. 甘肃黑方台黄土边坡稳定性的可靠度分析 [J]. 工程地质学报, 2011, 19(4): 550 - 554]
- [5] Ni Bin, Zhang Wei, Liu Xiaoming. Stability analysis of open-pit slope based on Slide [J]. China Mine Engineering, 2013, 42(6): 28 - 31 [倪彬, 张伟, 刘晓明. 基于 Slide 的露天采场边坡稳定性分析 [J]. 中国矿山工程, 2013, 42(6): 28 - 31]
- [6] Luo Wenqing, Hang Runqiu, Zhang Zhuoyuan, et al. Contrast of some Mathematical Model of slope reliability [J]. Mountain Research, 2000, 18(1): 42 - 46 [罗文强, 黄润秋, 张倬元, 等. 几种边坡可靠
- 性数学模型的对比 [J]. 山地学报, 2000, 18(1): 42 - 46]
- [7] Xing Zhangbo, Zhang Jiaming, Zhou Xiaoyu, et al. The slope stability analysis of Red Bed based on slide [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2015, 42(4): 90 - 95 [向章波, 张家铭, 周晓宇, 等. 基于 slide 的某红层路堑边坡稳定性分析 [J]. 水文地质工程地质, 2015, 42(4): 90 - 95]
- [8] Ministry of Construction of the People's Republic of China, State Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Technical Code for Building Slope Engineering (GB500330 - 2002) [S]. Beijing: China Building Industry Press, 2002: 27 [中华人民共和国建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 建筑边坡工程技术规范 (GB500330 - 2002) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002: 27]

Slope Stability Evaluation Based on Monte - Carlo

YANG Jun¹, YAO Zhengxue^{1, 2}, DONG Yaogang¹, XIE Li¹, LIU Xingrong¹, LIU Di¹

(1. Geological Hazards Prevention Institute, Gansu Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;

2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China)

Abstract: It is great significance for correctly evaluating the slope stability. However, without considering influence of uncertainty factors in calculation process, the evaluation results of the traditional Limit Equilibrium Analysis have some discrepancies from the actual results. As an example on certain slope in Jiuzhou development zone of Lanzhou city, this paper analyzes the sensitivity of safety factor by using the module of Sensitivity Analysis in the Slide software. The result shows that bulk density and cohesive force of the filling are the main sensitive factor to calculation and analysis. This gives the exploration focus and is beneficial to saving the costs of exploration. Based on Monte Carlo method, the safety factor, reliability and stability of the slope are calculated and evaluated, and compared with the module of Probabilistic Analysis. The study discovered that although the two calculated results are quite close each other, the method based on Monte Carlo gives the probability of failure and gives the following evaluation conclusion at same time: the slope in the condition of gravity is steady, and the maximum probability of failure is 0.4%. Under heavy rain conditions, the slope is instability and the minimum damage probability is 70.3%; but under the action of earthquake, eastern and southern part of the slope can still be stable, the minimum damage probability is only 2.7%. It is obvious that the evaluation conclusion is much more reliable and intuitive. The method is also conducive to optimal design of slope treatment scheme in future.

Key words: slope stability; safety factor; uncertainty; evaluation method on Monte - Carlo