

层次分析法在斜坡失稳灾害预测评估中的应用

陈善雄^{1,2}, 徐海滨², 秦尚林², 许锡昌²

(1. 华中科技大学土木工程与力学学院, 武汉 430072; 2. 中国科学院武汉岩土力学研究所, 武汉 430071)

摘 要: 着重介绍了斜坡失稳灾害预测评估的层次分析法, 对影响斜坡稳定性的各因素进行了深入分析, 确定了判别因子, 并结合工程实际情况, 制定了因子量化原则。

关键词: 斜坡失稳, 地质灾害, 预测评估, 层次分析

中图分类号: TU457 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004-3152(2005)04-0033-03

1 前言

斜坡失稳灾害在铁路、公路等线状工程建设过程中, 是发生频率最高、危害最大的灾种之一。因此, 如何准确预测自然边坡和人工边坡的稳定性, 在建设用地质灾害危险性评估及工程防治措施的选用中是至关重要的。

随着现代科学技术的进步和发展, 对斜坡稳定性的评价已经构成了一个科学体系, 预测评价方法较多, 从量化原则来看分为定性、定量和半定量化三种方法, 概括为过程机制分析法、理论计算法、工程地质类比法、层次分析、模糊综合评价法等^[1,2]。

本文将结合东深公路改扩建工程建设用地地质灾害危险性评估, 对斜坡失稳灾害预测评估的层次分析方法进行简述。

2 层次分析法

2.1 影响斜坡稳定的因素分析

影响斜坡稳定性的因素很多, 如: 地形地貌、地质特征、水文、气象、地震及人为因素等^[1,3]。

(1) 地形地貌: 地形地貌是影响斜坡稳定性的重要因素之一, 坡率、边坡高度、微地形均会对斜坡稳定性产生显著的影响;(2) 地质特征: 构成斜坡体的岩性及其组合、软弱(泥化)夹层、结构面及其组合等地质特征是影响斜坡稳定的内在因素, 其中软弱(泥化)夹层是控制斜坡稳定的最重要的结构面, 其性状的好坏直接关系到斜坡的稳定, 特别是雨后其饱水软化引起强度降低带来对斜坡稳定极为不利的

影响;(3) 地下水特征: 地下水是斜坡失稳灾害的重要因素。首先, 地下水的存在改变了岩土体的物理力学性质; 其次, 斜坡岩土体中水动力条件的变化亦会影响斜坡稳定性; 另外, 孔隙水压力也是诱发斜坡失稳的重要条件;(4) 气候条件: 气候条件对斜坡稳定性的作用, 以暴雨的作用尤为突出;(5) 地震和人工爆破: 地震和人工爆破对斜坡稳定性的影响表现为累积和触发(诱发)两方面效应;(6) 人工开挖: 人工开挖对斜坡稳定性的影响, 就其作用机制而言, 与自然营力的改造作用相类似, 但其改造作用相对于自然过程一般要快得多。

2.2 判别因子的确定

影响边坡稳定性的因素很多, 对于特定的工程而言, 部分参数基本相同, 可不单独考虑, 如对于某一小区域, 降雨虽然是一个很重要的影响因素, 但区域内降雨量差异不大, 对边坡稳定性影响认为相同, 故不需将其列入。

对于高速公路工程建设用地地质灾害危险性评估而言, 斜坡失稳灾害预测评估可以选择如下六项危险因子, 即坡-岩关系、地层岩性、节理发育程度、地形地貌、边坡高度和路边环境等。

2.3 层次分析法

层次分析法^[4,5]公式为:

$$N = k \sum_{i=1}^6 a_i X_i \quad (1)$$

式中: k 为判别系数, 其值为 0 或 1; 对于滑坡灾害而言, 近垂直斜交坡、逆向坡或开挖深度小于 5m 者, k 值取 0, 其余情况 k 值取 1; a_i 为权值; X_i 为危险度级别量化指标。危险程度阈值见表 1。

表 1 地质灾害危险性分级表

危险性等级	小	中等	大
危险性指数	0 < N < 2	2 < N < 4	4 < N < 6

2.4 因子量化原则

应结合工程实际情况,制定因子量化原则,一

表 2 开挖边坡地质灾害危险因子量化规则表

危险因子	危险度级别量化指标 X_i				α_i
	高 ($X_i=6$)	中 ($X_i=3$)	低 ($X_i=1$)	极低 ($X_i=0$)	
坡一岩关系	顺向坡,且 $15^\circ \leq \alpha \leq \beta$	顺向坡,且 $90^\circ \geq \alpha > \beta$ 或 $\alpha < 15^\circ$	斜交坡	逆向坡	0.30
地层岩性	坡、残积粘性土,全~强风化泥岩或泥质粉砂岩	强~中风化的粉砂岩、石英砂岩或花岗岩	弱风化的泥岩、泥质粉砂岩	弱风化的花岗岩、粉砂岩、石英砂岩,微风化的泥岩、泥质粉砂岩	0.15
节理发育	节理裂隙很发育,强烈构造带附近	节理裂隙比较发育	节理裂隙有些发育	节理裂隙不发育	0.10
地形地貌	地面自然坡度大于 30° ,相对高差大于 80m	地面自然坡度 $20^\circ \sim 30^\circ$,相对高差 50~80m	地面自然坡度 $10^\circ \sim 20^\circ$,相对高差 20~50m	地面自然坡度小于 10° ,相对高差小于 20m	0.15
高度	大于 30m	15~30m	5~15 m	小于 5 m	0.20
路边环境	100m 范围内为人口密集区或有重要建筑物,植被稀少	300m 范围内为人口密集区或有重要建筑物,植被稀少	居民分散区,植被良好	无人居住区,植被良好	0.10

表 3 东深公路路基边坡特征及危险性评估表

编号	范围	边坡高度 (m)	边坡倾向/倾角	边坡类型	岩性	结构面倾向/倾角	地形地貌	坡岩结构	结构面特征	边坡稳定性评估(工程地质法)	危险性指数(层次分析法)	危险性分级
1	K14+820~K14+920	33	NE64°/ ∠41°	岩质 边坡	红色、黄色强~弱风化花岗岩	SW42°/ ∠62°	低丘, 标高 52.7m	反倾	$\theta=22^\circ$, $\beta=41^\circ$	稳定	2.3	中
2	K15+040~K15+140	23	NE56°/ ∠49°	岩质 边坡	红色、黄色强~弱风化花岗岩	SW53°/ ∠67°	剥蚀残丘, 标高 80.5m	反倾	$\theta=3^\circ$, $\beta=49^\circ$	稳定	1.8	小
3	K16+770~K16+870	24	SE37°/ ∠37°	岩质 边坡	强~弱风化	SE30°/ ∠50°	高丘, 标高 124.0m	顺倾	$\theta=7^\circ$, $\beta=37^\circ$	有条件稳定	3.45	中
4	K17+400~K17+500	25	SE82°/ ∠44°	岩质 边坡	强~弱风化粗晶花岗岩	SN51°/ ∠23°	剥蚀残丘, 标高 72m	顺倾	$\theta=8^\circ$, $\beta=44^\circ$	不稳定	3.85	中
5	K18+960~K19+090	33	NE59°/ ∠48°	岩质 边坡	强~弱风化粗晶花岗岩	NE51°/ ∠35°	剥蚀残丘, 标高 84.5m	顺倾	$\theta=8^\circ$, $\beta=48^\circ$	不稳定	4.65	大
6	K33+500~K33+600	20	NE68°/ ∠34°	土岩 边坡	强~弱风化紫色、黄色粉砂质泥岩	NE27°/ ∠32°	剥蚀残丘, 标高 92m	顺倾	$\theta=41^\circ$, $\beta=34^\circ$	有条件稳定	2.2	中
7	K33+720~K33+810	11	NE68°/ ∠38°	土岩 边坡	黄、白色粉砂质泥岩强~弱风化	NE25°/ ∠17°	低丘, 标高 55.9m	顺倾	$\theta=43^\circ$, $\beta=38^\circ$	有条件稳定	2.2	中
8	K34+100~K34+210	11	NE64°/ ∠35°	土岩 边坡	上部厚 1~2m 强风化泥岩,其余为弱风化灰、紫色泥岩	NE28°/ ∠18°	两低丘间地, 标高 42.5~51.5m	顺倾	$\theta=38^\circ$, $\beta=35^\circ$	有条件稳定	1.65	小

般,每项指标可分为 4 个危险级并给出相应分值,因子权值的确定主要考虑不同因子对边坡稳定性影响程度。斜坡失稳灾害预测评估因子量化原则见表 2,表 3 为一实例(详述如后)。

坡-岩关系系指斜坡倾向与优势结构面产状的关系。沉积岩的优势结构面为层面,花岗岩和石英砂岩的优势结构面为最主要的一组节理面。 θ 为开挖边坡倾向与优势结构面倾向之间的夹角。 $\theta < 45^\circ$ 者为顺向坡, $90^\circ > \theta > 45^\circ$ 时为斜交坡。 $\theta \geq 90^\circ$ 者为逆向坡。 α 为优势结构面的倾角, β 为开挖边坡的设计坡角。

3 实例分析

东深公路改扩建工程位于东莞市东部,路线起点位于桥头镇龙桥大桥南岸(K0+300),终点位于雁田收费站(K50+000)。评估区包括改扩建工程沿线及其周边宽约500 m内的区域,面积约50.749 km²,其地理坐标为东经114°02'43"~114°10'59",北纬22°40'49"~23°03'14"。

评估区主要地貌类型有冲积平原和丘陵,其次为剥蚀台地、低山和丘(台)间洼地。

笔者采用层次分析法预测评判斜坡安全性进行危险性分级,并与工程地质法预测成果进行了对比,典型成果详见表3。

从表3可以看出,本区段人工边坡由于地形地貌、地质特征的差异,其危险度不一,坡高、坡陡,且岩性较差,结构面不利时,危险度高,反之,则危险度

低。采用层次分析法与工程地质法预测评判斜坡安全性与危险性分级也基本一致,采用层次分析法对斜坡的稳定性进行预测评估是可行的。

4 结语

实践证明,采用层次分析法对斜坡的稳定性进行预测评估是可行的,具有较强的可操作性,其评价结果也是可靠的。进行预测评估应对各影响因素进行综合分析,确定判别因子,并确定因子量化原则,如此方能保证评估成果的可靠性。

参 考 文 献

- [1] 王永安,贾云翔,部瑞梅. 斜坡失稳灾害预测评估技术应用—影响因素量化加权平均值法介绍[J]. 科技交流,2003.33(4):86~90
- [2] 刘军强. 建设用地地质灾害危险评估[J]. 华东地质学院学报,2002.25(3):216~219
- [3] 董晋雷. 岩质路堑边坡稳定性因素分析[J]. 山西交通科技,2003(4):33~34,80
- [4] 刘传正. 地质灾害勘察指南[M]. 北京:地质出版社,2000
- [5] 张果,张业成,罗之华等. 地质灾害灾情评估理论与实践[M]. 北京:地质出版社,1998

Application of Analytical Hierarchy Process in Hazard Assessment of Slope Instability

CHEN Shan-xiong^{1,2}, XU Hai-bin², QIN Shang-lin², XU Xi-chang²

(1. School of Civil Engineering and Engineering Mechanics Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430072;

2. Institute of Rock & Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China)

Abstract The analytical hierarchy process for hazard assessment of slope instability has been presented briefly, and the discriminant factors and its quantified principle is determined on analysis of each factors affecting the slope stability. Key words:

Key words Slope Instability ;the Risk of Geological Hazards;Predictable Evaluation;Analytical Hierarchy Process