

基于层次分析的综合指数法对滑坡危险性评价

向 望¹ 华 明² 白志勇¹

(1, 西南交通大学土木工程学院 四川成都 610031; 2, 成都铁路局)

摘 要 采用基于层次分析的综合指数法, 对内六铁路横江 - 大关段的 35 个滑坡地质灾害工点, 逐一进行了危险性综合评价, 旨在为该区段滑坡的预测与防治提供可靠依据。

关键词 层次分析 综合指数法 滑坡 危险性评价

1 引言

内六铁路位于四川盆地至云贵高原的过渡带, 由于受青藏高原隆升的影响, 该区现处在强烈抬升期, 山高坡陡, 水深流急, 地形地质条件十分复杂, 山坡松散物质丰富, 雨量充沛, 导致该区滑坡灾害频繁。2006 年 7 月 1 日至 30 日, 内六线横江 - 大关段共发生坍塌、滑塌 35 处。影响行车 49 小时 46 分。该段危险性如何, 是业主、施工和运营单位十分关心的问题。如果能对查明的滑坡、溜坍危险性进行预测, 就能按其轻重缓急安排整治工程, 确保铁路运输安全。为此, 在大量调研的基础上, 用基于层次分析的综合指数法的评判方法, 对 35 处滑坡、溜坍工点进行了危险性预测, 预测与调查分析结果基本吻合。

2 分析方法原理^{[1],[2]}

层次分析法 (analytical hierarchy process, AHP) 是 20 世纪 70 年代由美国运筹学家 Saaty 提出的。其基本原理是: 将要评价系统的有关替代方案的各种要素分解成目标、准则、方案等层次, 在此基础上进行定性和定量分析的决策。其特点是在对复杂决策问题的本质、影响因素及其内在关系等进行深入分析的基础上, 利用较少的定量信息, 把决策者的决策思维过程数学化, 从而为多目标、多准则或无结构特性的复杂决策问题提供简便的决策手段。

综合指数法是将地质环境系统分解为几个子系统, 对各子系统分别选取有代表性的评价项目 (评价因子), 并将其表现程度进行等级划分, 给出归一化指标。将同一子系统内各评价项目的指标值按权重进行叠加, 得出一个子系统评价总指标。再将各子系统评价总指标按权重叠加, 得出每个评价单元的地质环境质量指数。然后综合分析各单元的指数情况, 进行全区地质环境质量的总体评价。

3 危险度等级划分及预测因素选择

3.1 危险度等级的划分

为了对滑坡危险度进行定量和半定量的研究, 通常把滑坡危险度分为三个等级: 危险性小、危险性中等和危险性大。这样划分等级对运营期间的滑坡防治有利。危险性小的滑坡不需再做防治工程, 危险性中等的滑坡, 岩体在长时间大雨或其他不利因素的作用下也能产生滑坡病害, 因此应采取一些轻型的加固措施或防护工程; 危险性大的滑坡, 将发生滑坡病害。因此, 必须视具体情况进行防治工程设计, 以确保线路安全。危险性小、危险性中等和危险性大三个等级分别以 I、II、III 级表示, 从 I 到 III 滑坡危险度逐渐提高。

3.2 预测因素的选择^[3] (表 1)

对于滑坡体的影响因素主要有地形地貌、地层岩

表 1 滑坡危险度判别因子分级表

判别因子				
坡度 F1		< 20 °	20 ° ~ 50 °	> 50 °
坡高 F2		< 20 m	20 ~ 50 m	> 50 m
岩性 F3		硬岩	软岩	软硬互层岩
斜坡结构、构造和形态类型 F4	坡形为凹形坡; 坡体节理裂隙不发育, 几乎无滑坡边界利用的软弱结构面	坡形为直线形坡; 坡体节理裂隙较发育, 滑坡边界所需的软弱结构面不完全具备	坡形为凸形坡; 坡体节理裂隙较发育, 完全具备可供滑坡后壁、侧壁和滑动面利用的软弱结构面	
潜在滑动面特性 F5	滑面为勺形, 滑动面基本不贯通	滑面为圆弧形、波形、折线形、圈椅形等, 滑动面较贯通	滑面为直线形, 滑动面基本贯通	
地下水 F6	地下水位在坡脚以下, 无明显地下水作用	斜坡中有局部隔水层, 坡脚有少量地下水出露	地下水位在基岩面以上或坡脚处, 有较多地下水呈带状出露	
人为工程的合理性 F7	基本合理	欠合理	不合理	

性、斜坡结构构造形态类型、水文地质条件、人为因素等。此外岩体结构、地震地质环境因素、气候因

素、风化因素等对滑坡稳定性都有影响。但这些因素对滑坡稳定度的影响程度不是等同的, 有些因素是相互关联的, 如岩体结构及坡体结构构造特征, 就反映了地质构造对滑坡稳定性的影响。有的因素在一个不

向 望, 男, 硕士研究生。

太大区域内差别不大,如降雨和地震,它们是不确定因子,很难在一个具体地方确定其作用程度和指标,是动态因子,但在滑坡的形成、发生上又是一个重要的外部条件,可以与气象、地震部门配合,对某个地域发生大雨、暴雨和强烈地震的预报时,作为滑坡临滑预报的重要因子,故不参与滑坡危险度的预测。因此,在滑坡危险度预测中,应选择与危险度产生直接

关系的因素,排除那些次要的或与预测关系不大的共同因素。根据调查研究资料,可选择 7 个因素作为滑坡危险度等级的预测因素因子,见表 1。

4 构建判别矩阵

在进行成对比较时,利用 1~9 标度表示因素之间的影响强弱,见表 2。

表 2 1~9 标度的意义表

意义	a 相对 a _j 的重要性									
	同等	同等 - 稍微	稍微	稍微 - 明显	明显	明显 - 强烈	强烈	强烈 - 极端	极端	与前述相反
标度 a _{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	倒数

根据表 2 所示 1~9 标度法,逐项就任意 2 个评价指标进行比较,同时参考专家意见,确定它们的相对重要性并赋以相应的分值,得判别矩阵为

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 2 & \frac{1}{3} & 3 \\ 1 & 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 2 & \frac{1}{3} & 3 \\ 3 & 3 & 1 & 2 & 5 & 1 & 5 \\ 2 & 2 & \frac{1}{2} & 1 & 3 & \frac{1}{2} & 4 \\ 3 & 3 & 1 & 2 & 5 & 1 & 5 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{5} & 3 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

对于给出的判别矩阵 A,可以算出 $\lambda_{\max} = 7.143$,归一化的特征向量 $W = (0.098, 0.098, 0.273, 0.162, 0.273, 0.059, 0.037)^T$,由 $I_c = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = (7.143 - 7) / (7 - 1) = 0.024$,查得

表 4 滑坡危险度判别表

危险度	判别指数	危险性评价	斜坡变形阶段	采取措施方案
	$D_L < 0.50$	小	斜坡内部处于局部蠕滑阶段,破坏处于初始阶段	尽早采取预防措施,防止变形扩大,控制破坏的速度和规模
	$0.50 \leq D_L \leq 0.70$	中等	滑坡内部的破坏处于缓慢发展阶段,并逐渐形成破坏	建立观测系统,加强现场观测,制定防治工程方案,实施工程防治措施,稳定斜坡,避免其加速破坏
	$D_L > 0.70$	高	滑坡加速向滑动发展,处于临滑阶段	对滑坡上的居民实施搬迁,建立预警预报系统,避免人员伤亡和财产损失

作用指数是各因子在滑坡危险度判别中的作用大小。是一个相对比较的数,是定性分析的定量表示。在分析某一自然现象的形成时,有主要原因(因子)、有次要原因(因子)。利用黄金分割法,对主要、次要原因进行数学分割,避免分配因子作用指数的随意性。本文对滑坡的判别因子采用“黄金分割”原理来确定因子的三个等级的作用指数,即危险性大的作用指数取 1,危险性中等的的作用指数取 0.618,危险性小的作用指数取 0.382。

6 危险度评判及结果检验

通过对内六铁路横江 - 大关段 35 个滑坡工点的危险性作用指数的计算,从中看出,评估结果和专家

随机一致性指标 $I_R = 1.32$ 。计算 $R_c = I_c / I_R = 0.024 / 1.32 = 0.018 < 0.1$,于是成对比较矩阵通过了一致性检验,上述的特征向量 W 可作为权向量,见表 3。

表 3 评价指标权重值表

指标	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
权重值	0.098	0.098	0.273	0.162	0.273	0.059	0.037

即权向量集为 $A = \{0.098, 0.098, 0.273, 0.162, 0.273, 0.059, 0.037\}$

5 建立评价模型

危险性评价的量化指标,是通过危险性指数的计算获取,其滑坡危险度计算模型为

$$D_L = \sum_{i=1}^n w_i \times I_i \quad (2)$$

式中 D_L 为滑坡危险度; w_i 为判别因子的权向量; I_i 为判别因子的作用指数。

滑坡危险度判别见表 4^[4]。

评判结果,吻合率达 80 % 以上。本文选取 H1、H5、H6、H10 和 H15 等 5 处具有代表性的滑坡工点进行研究,最后得到的危险性指数为 0.763、0.719、0.799、0.611、0.713,根据表 4 的危险度划分,得到其危险度分别为 、 、 、 和 级,除 H10 点的结果与实际不吻合外,其余均与实际结果吻合。

7 结论

(1) 采用基于 AHP 的综合指数法,对内六线滑坡进行危险性评估,方法简便,易于掌握,值得推广。

(2) 利用层次分析法,建立成对比较矩阵,并运用成对比较矩阵的权向量作评价因子的权重,较好地克服了确定评价因子权重的主观性。

路桥过渡段不均匀沉降分析及治理

王云泉

(南京市公路建设处 江苏南京 210008)

羊 晔 邓永锋

(东南大学交通学院)

摘 要 对路桥过渡段的不均匀沉降机理进行了分析,总结了国内近年来的治理措施。同时,对工程中广泛采用的土工格栅加筋结构治理方法进行了分析,阐明土工格栅处理该问题的适宜性。

关键词 路桥过渡段 不均匀沉降 土工格栅

1 前言

高速公路营运过程中,桥梁台后搭板断裂及不均匀沉降普遍存在,往往导致桥头跳车现象的产生。桥头跳车不仅影响行车的安全、速度、舒适及人们对高速公路的总体评价,影响公路使用性能和运输效益的发挥,同时也影响车辆的使用寿命,严重的可能导致交通事故的发生。因此,桥头跳车已成为高等级公路营运中急需解决的问题。本文对路桥过渡段的差异沉降进行了分析,并提出处理原则。

2 过渡段不均匀沉降产生机理

2.1 设搭板时的沉降分析

对于使用钢筋混凝土搭板的桥头过渡段,桥头搭板的一端搁置在桥台背上,另一端通过枕梁设在引道土体上。为便于分析沉降差产生的过程,假设:竣工时桥面和搭板面的纵坡相等,均为 i_1 ; 桥头沉降过程中,搭板绕简支端转动,且可视为平直的刚体;

搭板和桥面的面层结构和厚度相同,不产生沉降差。若沉降过程中桥面纵坡 i_{2b} 等于搭板面纵坡 i_{2a} (见图 1),则桥头沉降过程分为两个阶段。

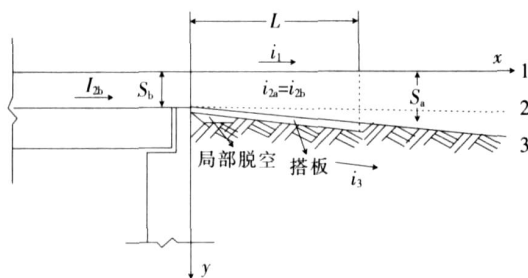


图 1 设桥头搭板时沉降差异示意图

(1) 竣工后至桥面纵坡 i_{2b} 等于搭板面纵坡 i_{2a} 这一过程。主要是桥面由于墩台产生沉降,造成纵坡变化 ($i_1 = i_{2a} - i_1$),其值不能过大,否则将造成桥面

王云泉,男,工程师。

破坏,伸缩缝挤坏及支座条件变差。因此,各国的桥梁设计规范均有限制。

(2) 桥台沉降趋于稳定后至整个引道土体趋于稳定。主要特点是桥面纵坡 i_{2b} 与搭板纵坡 i_3 不相等,两者之间称为纵坡差 i_2 ,即 $i_2 = i_3 - i_{2b}$,其大小对过渡段的行车舒适性影响很大。因此桥台与引道土体容许沉降差并不是一常数,与纵坡差和搭板长度均有关系。

2.2 未设桥头搭板时的沉降分析

未设置桥头搭板的水泥混凝土路面、沥青混凝土路面,由于桥台和引道土体沉降差在桥头形成一个陡坎或台阶 (见图 2)。从行车安全和舒适性讲,台阶对行车的影响比设置搭板要大。

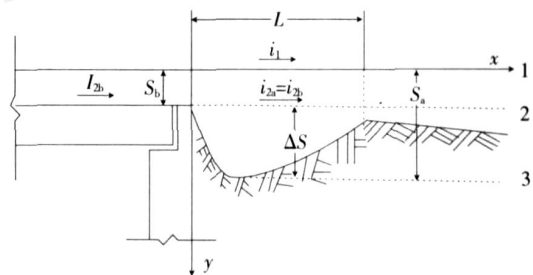


图 2 未设桥头搭板时沉降差异示意图

工后引道土体沉降趋于稳定时的总沉降量 s 分两部分,即

$$S_a = S_b + s \quad (1)$$

式中 S_a 为桥台基础的预期工后沉降量; s 为桥台与引道土体之间的差异沉降值; S_b 是台背产生的台阶高度,对行车舒适性的影响很大。

3 过渡段不均匀沉降处治方法

桥面板、桥台及其基础和台背路基及其基础的设计与施工是引发问题的主要因素。桥台沉降主要是由地基沉降引起,在正常情况下其工后沉降量都很小。路堤沉降的原因是多方面的,与地质、水文条件、路

社, 1986

[2] 区域环境地质调查总则 (试行) (DD 2004 - 02) [S].

[3] 胡厚田等. 边坡地质灾害的预测预报 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2001.

[4] 乔建平. 滑坡减灾理论与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 127 - 131.

收稿日期: 2007 - 06 - 06

(3) 通过成对比较矩阵的特征向量,可以看出,对滑坡危险度影响较大的因素主要有坡体结构、岩性和潜在滑动面特性,其累计权重达 0.708。

参考文献:

[1] 赵焕臣,许树柏,和金生. 层次分析法 [M]. 北京: 科学出版