

文章编号: 0451-0712(2006)04-0165-02

中图分类号: U416.1

文献标识码: B

高边坡锚固参数敏感度分析

王 辉, 李 莉

(华杰工程咨询有限公司 北京市 100029)

摘 要: 影响边坡稳定性的因素众多,而在实际加固方案设计中,又以锚索间排距、锚索长度、锚固段长度、预应力等 4 因素影响最大。采用了正交试验的方法,以加固后安全系数作为评价指标,采用 4 因素 3 水平,共进行 9 次试验,对 4 因素进行敏感度分析,借以确定当这些因素发生变化时,安全系数会怎么变化,变化的幅度如何,由此为边坡的优化设计提供参考。

关键词: 边坡; 正交试验; 敏感度

广东省梅河高速公路是连接广东省经济发达地区和粤东山区的交通干线,起点位于梅州市梅县程江镇,终点位于河源市东源县蓝口镇;路线全长 118.41 km,采用的计算行车速度为 80 km/h、路基宽度为 24.5 m,为双向四车道、全封闭、全立交的高速公路标准。本工程土石方工程量巨大,高填方、深挖路堑、崩塌滑坡等不良地质段落数量较多;同时,线路大部分穿越山岭重丘区,交通运输组织困难,复杂的地理地质条件给工程建设带来了极大的难度。全线高边坡路堑达 105 处,因此如何选择经济合理的高边坡加固方案,成为设计时的重中之重。

1 边坡敏感度分析

本次分析依托的工程对象为梅河高速公路 K18+340~K18+582 段右侧边坡,边坡最大开挖高度为 46.5 m,中心最大挖深为 30.44 m,是以残积土为主体的土质边坡;下伏基岩为花岗岩,自然坡体无明显不良地质现象。边坡设计为台阶状,每级边坡高为 10 m;第 1 级边坡坡率为 1:0.5~1:1,第 2、3 级边坡坡率为 1:0.5~1:1.25,其他各边坡坡率均为 1:1;每级平台宽度均为 2 m。边坡土体强度参数参考该工点残积层、坡积层及全风化层室内试验资料值,结合以往工程经验确定,采用值见表 1。

下面对直接影响边坡稳定的锚索间排距、锚索长度、预应力、锚固端长度等 4 因素进行敏感度分析,为实际工程加固方案优选提供参考。

表 1 岩土体强度参数

断面	残积亚粘土		全风化花岗岩		强风化花岗岩	
	c/kPa	$\varphi/(\circ)$	c/kPa	$\varphi/(\circ)$	c/kPa	$\varphi/(\circ)$
K18+500	26	28	25	33	25	33

敏感度分析法就是研究和分析由于将来客观条件(指各影响因素)的不确定性因素变化所产生的影响,引起所研究的工程主体发生变化而使安全系数发生变动的程度。如果某些不确定性因素在一定范围内的变化使安全系数产生很大的变化幅度,则说明这些不确定性因素是敏感性强的,反之则是敏感性不强的^[1]。敏感度分析就是着重于寻找敏感性强的不确定性因素,从而为分析其产生的原因、采取相应的对策、减少工程设计方案的风险提供依据。为减少计算工作量,提高计算精度,本次分析应用了正交试验法。正交设计方法是处理多因素试验的一种科学的试验方法,它可利用一种规格化的表——正交表,合理安排试验,用这种方法只做较少次数的试验便可判断出较优的条件,若再对试验结果进行简单的统计分析,还可以更全面、更系统地掌握试验结果,做出正确判断。

现对以边坡稳定安全系数 F_s 为评价对象的单指标多因素的显著性进行分析。单指标多因素的显著性分析可采用线性模型如下:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_i X_i + e \tag{1}$$

式中: β_0 为常数项; β_i 为自变量; X_i 为回归系数;

e 为随机误差,服从标准正态分布。

如果在模型中令某些因素的主效应或交互效应为 0,而其余效应的最小二乘估计不受影响,即与在不假定上述效应为 0 时所得的估计一致。这需保证对每个效应的估计不受到其他效应的影响,则设计矩阵 X 必须满足如下条件:

$$S = X'X = \begin{Bmatrix} S_{11} & & 0 \\ & S_{22} & \\ 0 & & \dots \\ & & & S_{rr} \end{Bmatrix} \quad (2)$$

式中: S_{11} 、 S_{22} 、 \dots 、 S_{rr} 都是方阵,每一块相应于一组效应。

对于某个因素变量 X_i 对指标 Y 的显著性次序分析,不要求做定量结论,只要求辨明 X_i 对因变量 Y 的显著性影响次序。因此,无须求解式(1)中的回归系数,只需按式(2)设计试验。此时,正交试验可满足模型要求。设 A, B, \dots 表示不同的因素, r 为各因素水平数, A_i 表示因素 A 的第 i 水平($i=1, 2, \dots, r$), X_{ij} 表示因素 j 的第 i 水平的值($i=1, 2, \dots, r$, $j=A, B, \dots$)。

在 X_{ij} 下进行试验得到因素 j 第 i 水平的试验结果指标 Y_{ij} , Y_{ij} 是服从正态分布的随机变量。在 X_{ij} 下做了 n 次试验得到 n 个试验结果,分别为 Y_{ijk} ($k=1, 2, \dots, n$)。计算参数如下:

$$K_{ij} = \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \quad (3)$$

式中: K_{ij} 为第 j 因素在第 i 水平下的统计参数; n 为第 j 因素在第 i 水平下的试验次数; Y_{ijk} 为第 j 因素在第 i 水平下第 k 个试验结果的指标值。

评价因素显著性的参数为极差 R_j ,其计算公式如下:

$$R_j = \max\{K_{1j}, K_{2j}, \dots, K_{rj}\} - \min\{K_{1j}, K_{2j}, \dots, K_{rj}\} \quad (4)$$

极差越大说明该因素的水平改变对试验结果影响也越大,极差最大的因素也就是最主要的因素,极差较小的因素为较次要的因素^[2,3]。

取K18+500典型断面进行正交分析设计。将各因素取值范围概化为高、中、低3个因素水平,参数取值范围和因素水平次序如表2所列。

假设各因素间无交互作用,对所选择的4个因素按正交分析表安排试验。3水平4因素的正交试验最少试验次数为9次。稳定性分析法采用规范推荐的简化Bishop方法^[5],并应用较为成熟的极限平衡

表 2 各参数取值范围及水平

水平	因 素			
	锚索间距/m	锚索长度/m	锚固段长度/m	预应力/kN
1	3.0	20	6	800
2	3.5	22	7	900
3	4.0	24	8	1 000

分析软件GEO—SLOPE 计算,各水平正交因素水平计算结果如表3所列,各参数极差分析如表4所列。

表 3 正交试验计算结果

试验号	因 素				安全系数
	锚索间距/m	锚索长度/m	锚固段长度/m	预应力/kN	
1	3.0	20	6	800	1.197
2	3.0	22	7	900	1.217
3	3.0	24	8	1 000	1.240
4	3.5	20	7	1 000	1.206
5	3.5	22	8	800	1.169
6	3.5	24	6	900	1.189
7	4.0	20	8	900	1.165
8	4.0	22	6	1 000	1.180
9	4.0	24	7	800	1.150

表 4 各参数极差分析

差数	锚索间距 D/m	锚索长度 L/m	锚固段长度 L_1/m	预应力 N/kN
K_{1j}	3.654	3.568	3.566	3.516
K_{2j}	3.564	3.566	3.573	3.571
K_{3j}	3.495	3.579	3.574	3.626
R_j	0.053 0	0.004 3	0.002 7	0.036 7
敏感性	$D > N > L > L_1$			

2 结语

(1)采用正交试验表3中所列1、2、3、4试验加固方案,所得安全系数分别为1.197、1.217、1.240、1.206,均能够满足高速公路对边坡稳定系数的要求。

(2)敏感性分析结果显示,敏感度按锚索间距、预应力、锚索长度、锚固段长度依次递减,即锚索间距、预应力、锚索长度、锚固段长度变化对安全系数变化、变化幅度的贡献依次减小。

(3)本次分析的目的是为实际工程中的优化设计提供参考,可根据各参数对安全系数的影响并综

文章编号: 0451-0712(2006)04-0167-04

中图分类号: U412.35

文献标识码: B

高速公路互通立交安全性设计研究

江晓霞¹, 袁宏伟²

(1. 广东省公路勘察规划设计院 广州市 510507; 2. 长安大学公路学院 西安市 710064)

摘 要: 实现立交线形指标与交通流量、车辆行驶速度及司乘人员自然舒适感受三者之间的协调统一, 是立交安全性设计的 3 大评价指标。以广州市北三环高速公路石滩立交的设计为例, 研究分析了立交安全性设计应注意的若干问题。

关键词: 立交安全性设计; 立交线形指标; 交通流量; 车辆行驶速度; 司乘人员

立交设计的安全性分析是从使用者行车安全的角度对立交设计进行评价, 并通过优化设计以达到减少交通事故、降低事故危害程度的目标。目前, 随着设计理念中人文意识的不断加强, 优秀的立交设计已不再简单满足于达到规范要求, 而是在此基础上结合具体项目的具体要求, 对立交线形进一步优化, 力求在设计阶段即消除或减少事故多发点, 提高立交设计的优越性及安全性, 实现立交行驶中安全、方便、舒适、愉悦的和谐统一。

1 高速公路互通立交的安全评价指标

高速公路行车稳定性的 3 大主要因素是人、车、路, 互通立交作为连接高速公路与高速公路或高速公路与地方公路之间交通流转换的枢纽, 是车辆集中与分散的汇合点, 立交设计的安全性评价即以路(立交)的设计为重点及出发点, 实现人、车、路之间的和谐统一。

1.1 立交线形指标与交通流量的协调统一

立交的主要功能是实现 2 条或多条相交道路之间车辆快速、迅捷、安全的交通转换, 立交线形指标的确定以满足上述交通转换的需要为前提及基础。各匝道线形指标不应拘泥于某一固定形式, 而是根

据匝道实际功能需要分别选用, 确保实现立交线形指标与转向交通流量的协调, 避免出现: (1) 立交设计指标过高, 造成资源上的浪费, 以及车辆转向速度过快, 导致行车安全隐患; (2) 立交设计指标偏低, 产生车流拥堵、交织或冲突等现象, 影响立交功能的发挥。

1.2 立交线形指标与车辆行驶速度的协调统一

以驶出匝道为例, 车辆在立交匝道上的行驶轨迹如图 1 所示。

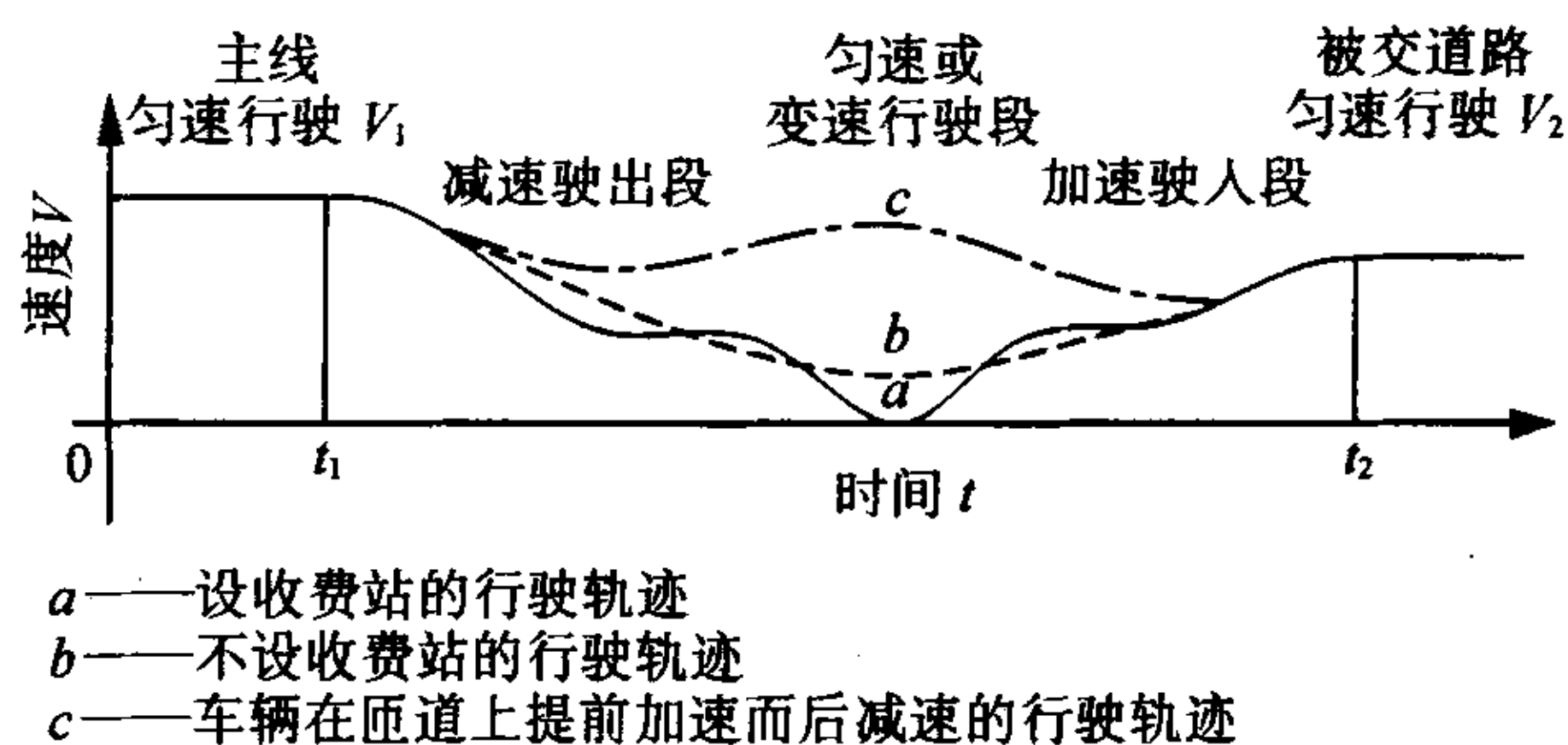


图 1 车辆在立交匝道行驶的 $V \sim t$ 曲线

因此, 立交设计应注意保持以下 2 种概念的速度协调性: (1) 匝道与主线之间运行速度的协调, 车辆由主线分离至立交匝道或由匝道合流至高速公路主线时, 其速度在短距离内有较大变化, 有必要重点

收稿日期: 2005-10-24

合考虑施工、造价优选方案。

参考文献:

[1] 彭小云, 张婷, 秦龙. 高陡边坡稳定性的影响因素分析[J]. 西北建筑工程学院学报(自然科学版), 2002, 19(3).

[2] 倪恒, 刘佑荣, 龙治国. 正交设计在滑坡敏感性分析中的应用[J]. 岩石力学工程学报, 2002, 21(7).

[3] 方开泰, 马长兴. 正交与均匀试验设计[M]. 北京: 科学技术出版社, 2001.

[4] JTG D30-2004, 公路路基设计规范[S].