

二次劈裂注浆对提高软岩锚索承载力的应用与实践

李东平 易著伟 李丽芬

(柳州欧维姆工程有限公司 柳州 545005)

摘要: 本文通过介绍压力分散型锚索在长珲一级公路边坡加固中的成功应用过程, 阐明了采用压力分散型锚索, 再辅以二次劈裂注浆技术, 解决软弱岩层和复杂地质条件下锚索承载力的问题。

关键词: 边坡 压力分散型锚索 二次劈裂注浆技术 试验

1. 工程概况

该工程位于吉林省敦化至延吉一级公路 K111+300 ~ K111+828 段, 所处为软弱土等不良地段。该处垭口地层岩性是白垩系龙井组 K_2l 粉砂岩层, 其中: 0.0 米 ~ 5.0 米为全风化泥岩夹薄层粉砂岩, 遇水易崩解、易软化; 5.0 米 ~ 10.0 米为全风化泥岩; 10.0 米 ~ 11.0 米为全风化泥岩弱软夹层; 11.0 米 ~ 15.0 米为强风化砾岩。经现场工程地质调查与大量物化及力学实验表明: 该垭口岩土体是一种强风化、强膨胀特性的软岩, 易发生滑坡地质灾害。

2. 设计

结合现场勘测和延吉盆地几处滑坡工程实例, 确定采用锚管桩+锚索+框架梁复合支护方案对开挖边坡进行加固, 该处路堑高边坡高度大于 16m, 分三级支护, 坡率为 1:1.5。共布置 15 ~ 25m 长锚索 660 根, 计 14139m; 锚管桩 12624 根, 共计 75744m, 锚索由 6 ~ 8 根 $\phi^{15.2}$ 环氧喷涂钢绞线组成, 分三、四个承载体布置(实际数量由试验确定), 锚索孔径 $\phi 130$; 锚管桩由 $\phi 60$ 钢管组成, 长 6m, 垂直打入边坡; 布设 C25 砼框架梁: 2700.2m³; 锚座 660 个。具体如下:

(1) 开挖方案: 本垭口采用 1:1.5 边坡坡率, 每隔 6.0 米设置一道台阶, 台阶宽度 6.0 米, 共三级。

(2) 设置截水沟: 每台阶的平台根部设置截水沟一道, 坡顶远离开挖线隔 10.0 米左右设置

一道截水沟, 共三道。

(3) 开挖前预先打锚管桩: 锚管桩为 $\phi 60$ 的侧壁带孔钢管, 垂直打入坡体, 然后压力灌浆, 使浆体在压力作用下, 透过侧壁孔进入一定范围岩体。开挖前, 首先在开挖线外, 紧邻开挖线预先打入 4 排锚管桩, 桩长 6.0 米, 排距 1.5 米。待浆体强度达到 70% 后, 开挖边坡 1.5 米, 然后再打入一排锚管桩, 这样先加固后开挖, 打一排挖一排, 交替进行。直至可设置锚索深度, 待锚索框架梁支护完毕, 方可进行下一级边坡开挖。当开挖至坡底, 立即打入 4 排锚管桩, 防止底臃。

(4) 预应力锚索: 左右两侧分别采用设计荷载为 750kN/根及 600kN/根的预应力锚索, 共 6 排, 水平间距均为 4.0 米。开挖深度一旦达到预应力锚索可以设置高度, 停止开挖, 进行锚索施工。施工前须进行 3 组现场原位试验, 以确定锚索的极限荷载、张拉荷载、锁定荷载、锚固长度。

(5) 框架梁: 沿锚索布置的纵横向设置主框架梁, 主框架梁之间插入次框架梁, 主、次框架梁断面分别为: $50 \times 50\text{cm}^2$ 和 $30 \times 20\text{cm}^2$ 。设计图见图 1。

3. 锚索试验

3.1 第一次试验。根据设计图纸要求, 在左右侧上边坡各选取两根, 共四根锚索进行原位拉拔试验。成孔 $\phi 130$, 一次常压灌浆, 灌浆压力 0.5 ~ 1.0MPa。成孔过程中发现, 地层复杂,

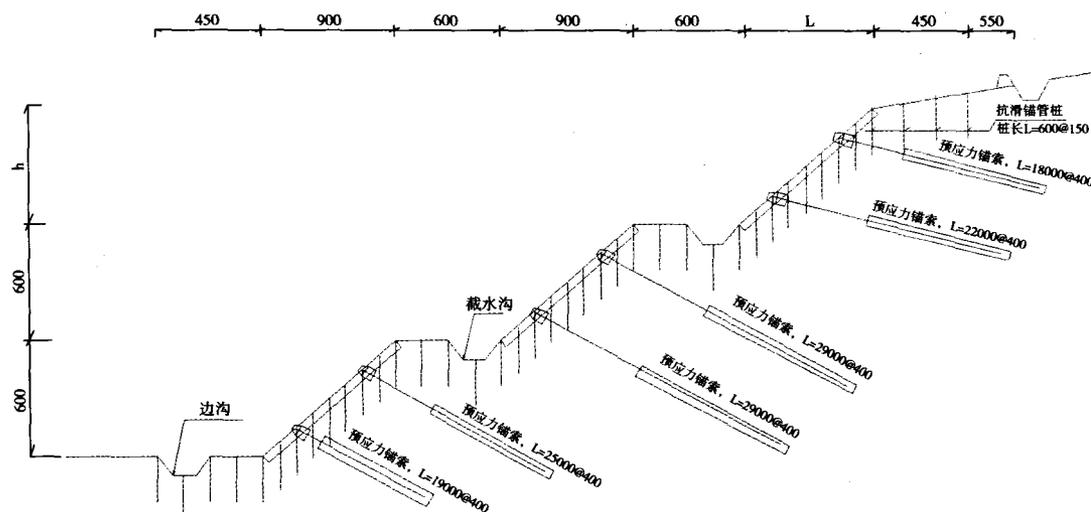


图1 特殊路基防护设计图

为砂土，强、中风化岩层等，地层裂隙发育，透水性强。

锚索主要参数及拉拔试验见表1。

通过试验，该边坡岩体承载力偏低， $q_s \leq 150\text{kPa}$ ，基本上属强风化岩层和砂土层。也印

证了该边坡所处软弱地层，地质复杂。鉴于设计要求的系数为2，即左侧设计极限承载力为1500kN，右侧设计极限承载力为1200kN。所以其承载力不能满足要求。为此，需改变设计参数和施工工艺，进行第二次试验。

表1 锚索主要参数及拉拔试验表

锚索编号	孔径(mm)	锚索长度(m)		钢绞线规格	承载体数量	承载体间距	设计荷载(kN)	破坏荷载(kN)	q_s 值(kpa)	
		自由段长	锚固段长							
左侧	(K111+492~504) M1-2	130	3.59	16	8根 $\phi^J 15.24$	4	4	750	772.5	118.3
	(K111+480~492) M1-2	130	3.59	16	8根 $\phi^J 15.24$	4	4	750	900	137.8
右侧	(K111+464~476) M1-1	130	6.68	16	8根 $\phi^J 15.24$	4	4	600	900	137.8
	(K111+480~492) M1-3	130	6.68	16	8根 $\phi^J 15.24$	4	4	600	680	104.1

注：一次常压灌浆

3.2 第二次试验：

3.2.1 试验目的及要求

(1) 试验目的：为了验证锚索的承载力是否满足设计要求的承载力，确定张拉荷载，合理确定锚索的施工工艺，根据现场实际来验证和修正设计参数。

(2) 试验要求：按照锚索基本试验要求在原位进行，试验荷载应满足2.0倍设计荷载要

求，即左侧为1500kN，右侧为1200kN。当达到试验荷载时，锚索不致破坏。

3.2.2 试验方案

试验索施工方案为：1、在左侧第二台阶（中坡面），钻孔直径150mm，原设计索长加长4m，4个承载体，4m间距，二次高压注浆。按极限荷载1500kN进行试验，共3根；2、在右侧第二台阶（中坡面），钻孔直径150mm，原设计索长

加长4m, 4个承载体, 4m间距, 一次常压注浆。按极限荷载1200kN进行试验, 共3根。

锚索Q-S曲线图见图2、图3。锚索主要参数及原位测试结果见表2。

表2 锚索主要参数及原位测试结果表

锚索编号	孔径(mm)	锚索长度(m)		钢绞线规格	承载体数量	承载体间距	设计荷载(kN)	破坏荷载(kN)	q _s 值(kPa)	
		自由段长	锚固段长							
左侧	(K111+396~408) M4-1	150	10.68	16	8根 φ ^J 15.24	4	4	750	≥1500	≥199
	(K111+408~420) M4-1	150	14.21	16	8根 φ ^J 15.24	4	4	750	≥1500	≥199
	(K111+420~432) M4-2	150	14.21	16	8根 φ ^J 15.24	4	4	750	≥1500	≥199
右侧	(K111+536~548) M3-1	150	7.59	16	8根 φ ^J 15.24	4	4	600	835.6	110.9
	(K111+536~548) M3-3	150	7.59	16	8根 φ ^J 15.24	4	4	600	938.0	124.5
	(K111+536~548) M3-2	150	7.59	16	8根 φ ^J 15.24	4	4	600	980.7	130.1

注: 左侧二次劈裂灌浆; 右侧一次常压灌浆

3.3 试验结论

通过二次试验, 共三种试验状况进行对比分析(见表3), 得出如下结论:

(1) 在锚固段和承载体数量皆相同的情况下, 孔径不同, 但采用同一注浆方式, 即普通常压注浆后, 测得浆体和孔壁间的粘结力q_s值基本一致。根据公式

$$F = \pi D q_s L$$

那么增大孔径能提高承载力, 但非常有限, 当孔径从φ130m加大到φ150mm, 约提高承载力15%。

(2) 在孔径皆为φ150mm, 锚固长段和承载体数量也相同的情况下, 进行了两种注浆方式的比较, 即普通常压注浆和二次劈裂注浆方式。结果通过二次劈裂注浆后, 浆体和孔壁的粘结力q_s值得以大大提高, 约提高63%以上, 承载力也相应提高了63%以上。因此, 在不改变孔径、锚固段长度和承载体数量的情况下, 通过采用二次劈裂注浆技术, 可大大提高承载力, 满足设计要求的极限承载力。

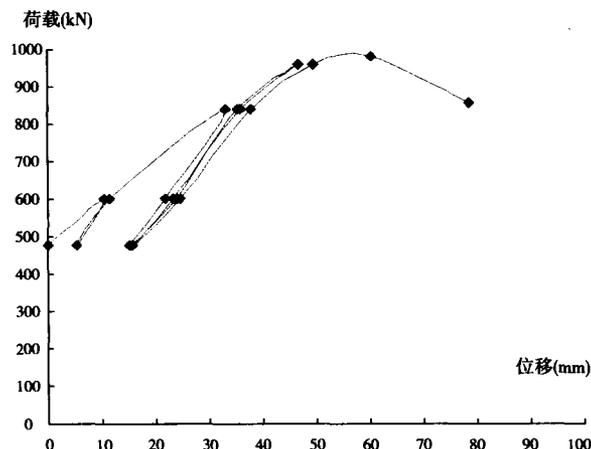


图2 右侧K111+536~548, M3-3锚索Q-S曲线图

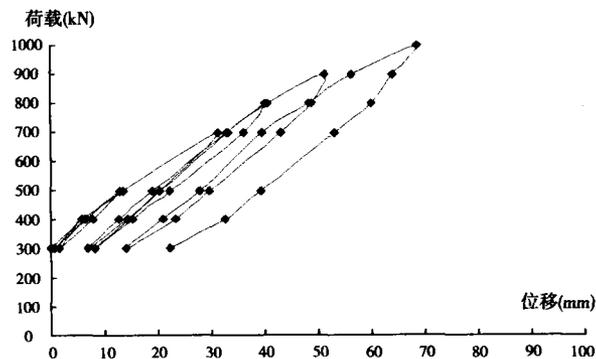


图3 左侧K111+396~408, M4-2锚索Q-S曲线图

(下转第31页)

水位的相关资料,通过对钻孔位移和水位的综合分析,可大致了解坡体变形和地下水位间的关系,及时有效的对边坡的排水措施进行必要的修正和巩固。

对已加固过边坡建立有限元模型进行数值模拟,得出如下结果:在不考虑锚索作用下,坡体沿现潜在滑动面安全系数 K_s 为1.02,认为处在临界状态;考虑锚索作用,将锚索作用力等效成力矩,安全系数 K_s 为1.23,可以认为坡体在预应力锚索框架的反压下,在当前可保持稳定。通过对该高边坡监测结果及数值模拟、极限平衡法验算结果的分析,认为其整体保持稳定。

5. 结 语

随着高速公路的迅速发展,高速公路越来越

越向山区发展,高边坡也越来越多,遇到的处治问题也日趋增大,这就需要制定合理的综合治理办法。通过本工程施工过程中及通车两年的后期位移观测表明,预应力锚索工程在控制高边坡防护结构变形方面作用显著,进一步验证预应力锚索纵、横地梁是高速公路边坡防护中的一种有效加固措施。

参考文献

- [1] JTJ041-2000,公路桥梁施工技术规范[S]
- [2] GBBJ86-85,锚杆喷射混凝土支护技术规范[S]
- [3] 杨文渊.简明公路施工手册.人民交通出版社.
- [4] 中国岩土力学与工程学会岩石锚固与注浆技术专业委员会编.锚固与注浆技术手册[M].北京中国电力出版社,1999年

(上接第27页)

表3 三种试验结果对比分析表

序号	试验状况	q_b 值 (kPa)	平均 q_b 值 (kPa)	孔径 (mm)	锚固段长 (米)	承载体数量 (个)	承载体间距 (米)	破坏荷载 (kN)
第一 种	成孔 $\Phi 130$, 锚固段16 米, 一次常压灌浆	118.3	124.5	130	16	4	4	813
		137.8						
		137.8						
		104.1						
第二 种	成孔 $\Phi 150$, 锚固段16 米, 一次常压灌浆	110.9	121.8	150	16	4	4	918
		124.5						
		130.1						
第三 种	成孔 $\Phi 150$, 锚固段16 米, 二次劈裂灌浆	≥ 199	≥ 199	150	16	4	4	≥ 1500
		≥ 199						
		≥ 199						

注:左侧二次劈裂灌浆;右侧一次常压灌浆

4. 结束语

(1) 长珙一级公路特殊路基加固工程通过采用压力分散型锚索并辅以二次劈裂注浆技术,解决了软弱土层及复杂地质条件下锚索承载力问题。

(2) 二次劈裂注浆型锚索具有良好的适

应性和可靠性,不仅大大提高了承载力,而且提高了注浆效果,对锚索永久防护更有利。同时,采用二次劈裂注浆技术比采用其他方法如扩孔、增加承载体、增加钢绞线等更加有效经济。

(3) 压力型锚索施工要特别注意成孔质量,必要时采取套管跟进措施。