

文章编号:1008-3812(2004)01-0028-03

预应力锚索高边坡动态加固设计及施工工艺

屈国<sup>1</sup> 齐洪<sup>1</sup> 邓学军<sup>2</sup>

(1. 辽宁省交通勘测设计院, 沈阳 110005; 2. 大连市交通规划勘察设计院, 大连 116033)

摘要 本文简要叙述了南方某高速公路 K141+300 处高边坡的不良地质情况, 介绍了该边坡的动态加固措施, 重点叙述了新型压力分散型预应力锚索加固边坡的机理和施工工艺。

关键词 动态加固 预应力锚索 差异分步张拉

中图分类号:U417.1

文献标识码:A

1 工程概况

K141+191~K141+288 右侧和 K141+190~K141+420 段左侧是某高速公路的一处高边坡不良地质路段。线路在该段边坡丘陵鞍部通过, 并沿丘陵斜坡延伸, 自然山坡较陡, 路堑开挖完成后形成最高约 60m 的高边坡。通过对该边坡监控量测和动态分析, 决定采用预应力锚索框架加固技术。

2 地质描述

山体表层为坡残积粘性土, 厚度约 3~1m, 路线前进方向土层逐渐变厚; 其下为砂土状强风化变粒岩, 厚度约 5.0m, 碎块状强风化变粒岩, 厚度约 10~15m, 下部为中~微风化变粒岩, 节理发育, 岩体极为破碎, 同时存在绿泥石蚀变现象, 岩质较软, 边坡稳定性差。

右侧边坡中部有两条平直的张扭性裂隙, 其中一条贯穿整个右侧坡面, 产状为倾向 230°, 倾角 55°, 宽度为 3~5mm 的裂隙, 裂隙中有粘土充填, 在下方第二级边坡岩性为松散

强风化变粒岩; 前进方向 6~8m 有另一条, 产状为倾向 40°, 倾角 40°, 裂隙缝宽 3mm, 有粘土充填, 有滑动迹象。左侧边坡开挖后, 坡体破碎, 节理裂隙发育, 且倾角倾向路基, 坡体表现为中微风化变粒岩、块状强风变粒岩和坡残积粘性土, 在中微风化变粒岩与块状强风化变粒岩间有一明显的结构面, 边坡自稳能力差。受接连降雨影响, 二级边坡坡体及平台整体向下滑塌, 滑体为块状强风变粒岩, 沿二级弱风化变粒岩裂隙面滑动, 裂隙面产状 180°~60°, 且沿裂面外伸 0.05~0.1m。在山体背侧出现沿路线方向的纵向裂缝, 缝宽 2~3cm, 还有发展的趋势, 有整体滑塌趋势。

3 高边坡动态分析

边坡开挖后, 破坏了原山体的结构, 形成了临空卸荷条件。坡体暴露时间过长, 裂隙张开, 结构面松弛, 有利于边坡沿最不利结构面下滑, 在已开挖的坡体中形成一潜在的滑移面, 会促使阴影部分坡体向滑坡方向发展 (如图 1), 其不利因素主要有:

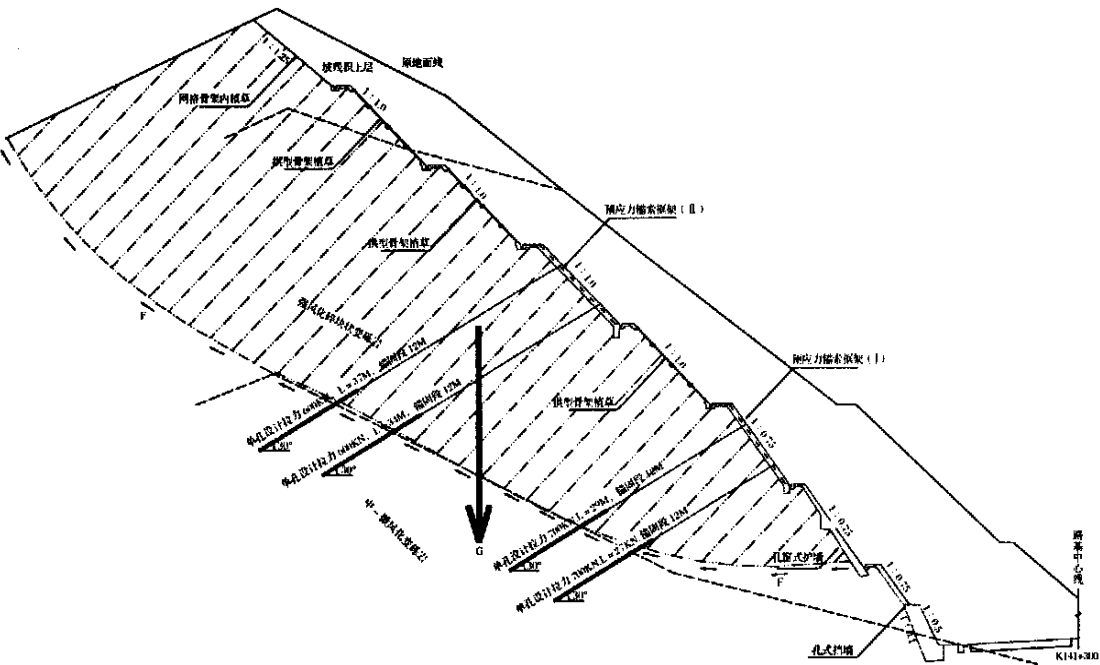


图1 K141+190~427 段左坡边坡断面分析图

收稿日期:2003-10-12

### 1. 降雨影响

雨季的大量降雨,会使图中阴影部分坡体由于雨水下渗的影响,增大含水量,从而增大坡体的重量,减少土体粘聚力,促使下滑力增大,诱发滑坡。

### 2. 地质因素

从已开挖的坡体主要表现为底部为中微风化变粒岩,中部为块状强风化变粒岩,顶部为坡残积土,块状强风化变粒岩与中微风化变粒岩间形成能渗水的潜在滑移面。由块状岩石组成的边坡,坡体本身是稳定的,但边坡的局部坡段有极发育的贯通节理,节理面上有变质矿物夹层绿泥岩,给边坡提供了骨移面。局部地层受构造作用的影响,岩层裂隙发育,岩体破碎,加之渗水的软化作用,岩层力学强度降低,边坡的自稳能力变差,也是诱发滑坡的因素之一。

### 3. 地形地貌因素

山体背侧存在大范围的水稻田,围坡体内的水头线得到保持,增加了裂隙水及滞留地表水,增强了坡体的不稳定因素。

## 4 预应力锚索作用机理及加固措施

### 1. 预应力锚索作用机理

预应力锚索框架加固防护是把锚索锚固在地层深部稳固的岩体上,通过施加预应力,使锚固范围内的坡体挤压紧密,提高岩土的稳定力和层间正压力及摩阻力,阻止散岩体位移,从而达到加固边坡的目的。图 1 中通过对阴影部分坡体施加预应力,把坡体锚固于潜在滑移面下稳定的中微风化变粒岩中,保持坡面状态深入坡体内部大范围稳定。通过锚索孔的高压洋浆,浆液能充填坡体裂隙和空隙,提高了坡体内破碎岩体的整体性和粘结强度,增强了坡体的整体稳定性。

### 2. 锚固系统的对比

锚索体按受力方式一般分为拉力型锚杆、压力分散型锚杆等,拉力型锚杆是靠浆体与钢绞线间的粘结力而压力分散锚杆是靠浆体端部钢质载体来传力。图 2 表示拉力型锚杆与压力分散型锚杆在锚固段范围内粘结应力的分布示意图,图中黑线表锚固段,拉力型锚杆只有一个固定长度的锚固段,压力分散型锚杆的锚固段是由几个单元的锚固段共同组成,结构的不同导致传力机制的不同。

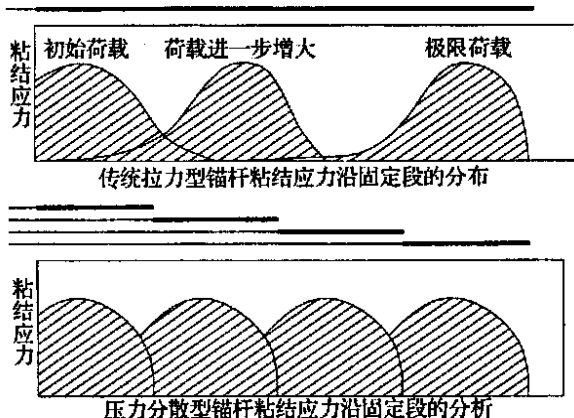


图 2 压力分散型与拉力型锚杆粘结力的分布图

传统拉力型锚杆在杆体受荷时,不能将荷载均匀地分布于固定长度上,会产生严重的应力集中现象。由于粘结应力

分布的不均匀性,随着锚杆上荷载的增大,在荷载传至固定长度最远端之前,在杆体与灌浆体或灌浆体与地层界面上就会发生粘结效应逐步弱化或脱开现象。

压力分散型锚固系统,在同一钻孔中每个单元锚杆有自己的杆体、自由长度和锚固长度,而且承受的荷载也是通过单独张拉施加的,并可通过特殊张拉程序而使所有单元锚杆承受设计荷载。使集中荷载分散为几个较小的荷载作用于不同单元,使粘结应力峰值大大降低,减少粘结效应逐步弱化现象,使粘结应力较均匀地分布在整个锚固长度上,最大限度地利用整个锚杆锚固长度范围内的锚固能力,并且锚杆承载力可随锚固长度的变化而调整。当锚杆锚固段位于非均质地层中,可以合理调整单元锚杆的锚固长度,使不同的地层锚固强度得到充分的利用。

### 3. 锚索的杆体结构

锚索由钢绞线、导向帽、架结环、波纹管、锚垫板及锚头等部件组成(如图 3),根据其受力状态可 3 段:

锚固段:其作用是依靠浆体与周围岩土之间的摩阻力来提供锚固力;

自由段:主要起传力作用,长度与破碎岩层或滑体厚度有关;

张拉段:指锚头以外部分,为锚索张拉锁定预应力而预留,张拉锁定后切断钢绞线。

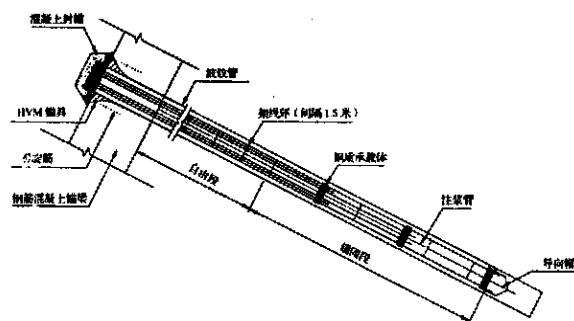


图 3 锚索杆体示意图

### 4. 加固措施

对边坡坡体的加固主要集中在中部,将坡体锚固于稳定的中微风化变粒岩中(如图 1),考虑锚固段中微风化变粒岩的力学参数,在第三、五级采用预应力锚索框架防护,框架单片长 6m,每片设 4 孔锚索。第三阶 K141+240~K141+384 段设 24 片锚索框架,上排锚索长 29m,下排锚索长 27m,锚固段长均为 12m,锚索张拉力均采用 700 kN;第五阶 K141+276~K141+360 段设 14 片锚索框架,上排锚索长 37m,下排锚索长 34m,锚固段长均为 12m,锚索张拉力均采用 600 kN,框架中间采用预制六棱混凝土块植草防护。

## 5 施工工艺

**钻孔 锚索制安 注浆 框架 张拉 锁定封头**

图 4 预应力锚索施工工艺流程

### 1. 钻孔

对于预应力锚索加固工程的放线,按设计桩号定出孔口位置,在脚手架上安装专用机座、钻机,放出锚索方向角,调整倾角、确认无误后,进行钻孔。

钻孔过程中应注意的事项:

1) 钻进过程中禁止水冲,以确保锚索施工不使边坡岩体

工程地质条件恶化。

2) 为确保锚孔深度, 钻孔深度要求大于设计孔深 0.5m。

3) 钻进过程中应对每一孔地层变化(岩粉情况)、钻进情况(钻压、钻速)、地下水情况, 以及某些特点情况等, 进行记录, 若遇坍孔, 应立即停钻进行固壁灌浆处理, 灌浆 36 小时后重新扫孔钻进。

4) 钻进完成之后必须使用高压空气将孔中岩粉及水全部清理干净, 以免降低水泥净浆与孔壁岩体的粘结强度。

5) 锚孔完成后须经质检部门检查方可进行下一道工序的施工。

#### 2. 锚索作用

根据锚索的设计长度和施工实施情况确定钢绞线的总长。压力分散型锚索钢绞线采用无粘结绞线, 对钢绞线应进行严格的质量检查, 登记、挂牌、标记锚索编号(与钻孔编号对应)。然后量出锚索的设计长度和锚固段三个单元的长度, 分别做出标记, 在每单元的起点位置安装钢质承载体及挤压套, 锚索的端部安放导向帽, 方便下锚时顺利入孔。为保证锚索在整个制作及下锚过程中不变形, 每隔 1.5m 穿一个架线环。锚索制作完成后全部由人工抬至工作台上。在向钻孔中安放锚索之前, 核对锚索的编号无误后, 以高压风清孔一次, 然后安放锚索。

#### 3. 压浆

注浆采用孔底返浆法(注浆管不拔出), 注浆管与锚索同时安装, 注浆管插入距孔底 30 ~ 50cm 处, 用压浆机将 M40 水泥浆注入孔底, 注浆力为 0.4Mpa 左右, 当孔口出现溢浆且持续时间不低于 2min 后, 方可停止注浆, 为保证质量需二次补浆。

#### 4. 锚索框架

锚索框架为 C30 级钢筋混凝土结构, 锚具的集中荷载通过它均匀地传递到岩面。框架必须连同 HVM 锚垫板及孔口波纹管、螺旋筋、注浆管一起现场浇筑。

#### 5. 锚索张拉

锚索的张拉按一定次序分单元采用差异分步张法(根据设计荷载、锚索结构和锚索长度计算确定差异荷载)。锚索的锁定荷载分 5 级施加, 即设计拉力的 25 %、50 %、75 %、100 % 和 110 %。锚索正式张拉前, 应取 10 ~ 20 % 的设计荷载, 对其张拉 1 ~ 2 次, 使其各部位接触紧密, 钢绞线完全平直。考虑到地层松弛徐变等影响, 预应力锚索超张拉吨位取设计荷载的 110 %, 每一级荷载持荷不少于 5 分钟, 最后一级荷载持荷至观测位移稳定为止。张拉结束后, 立即注入 M40 级的水泥净浆至孔满溢出。注浆封口后, 在锚具外部覆盖厚度不小于 50mm 的与锚梁同标号的混凝土封头, 以防锈蚀破坏。

#### 6 建议和体会

在锚索的设计、施工中, 为确保高边坡采用预应力锚索加固的经济合理性、安全可靠度及验证锚索杆体预应力的准确性, 用以确定岩土体力学参数, 在预应力锚索施工前应进行拉拔试验是必要的。本工程在每处边坡设置三个试验孔, 锚孔长度采用 22m、20m 和 20m, 孔径  $\phi 130\text{mm}$ , 倾角  $30^\circ$ , 试验孔的张拉力采用所在坡面锚索的张拉力。锚固段长度分别采用为 10m、8m 和 6m, 自由段不注浆(当锚固段为土质或砂土状强风化岩时采用二次高压劈裂法注浆)。试验孔下锚时在自由段和锚固段相连处安装止浆带, 使锚固段全长注浆, 自由段不注浆, 以防止锚索全长注浆后对试验结果产生人为偏差。通过试验结果的分析和本工程的后期观测, 该边坡坡体的预应力锚索加固效果是比较好的, 达到设计要求, 取得了预期效果。

#### 参考文献

- (1) 中华人民共和国国家标准. 锚杆喷射混凝土支护技术规范. 中国计划出版社, 2001 年
- (2) 中国工程建设标准化协会. 土层锚杆设计与施工规范 (CECS22:90). 中国计划出版社, 1991 年

## Design and Construction Technics of High - slope Dynamic Reinforcement with Prestressed Cable

Qu guo Qi Hong DengXuejun

**[Abstracts]** The article describes facility the complex geological formation of high - slope in some expressway in south at station k141 + 300, also introduces the dynamic reinforcement methode of the slope, especially describes the construction technics and for slope reinforcement with the new type prestressed cable of distributed load of pressure.

**[Key words]** Dynamic reinforcement; prestressed cable for distributed load of pressure; Differenc - tension step by step