

# 压力分散型锚索现场抗拔试验测试与分析

王虎法

(中铁十八局集团第二工程有限公司,河北唐山 063030)

**摘要:**以福宁高速公路福鼎分水关至福安坞段 A3 标段八尺门互通区滑坡整治工程为实例,对现场采用的压力分散型锚索进行抗拔试验研究,详细介绍了该新型锚索的抗拔试验过程及其锚索受力测试方法,并就锚索试验中的若干问题进行了分析和探讨,试验研究成果为锚索设计和施工提供了直接依据,具有实际的应用和参考价值。

**关键词:**压力分散型锚索;抗拔试验;滑坡整治

**中图分类号:**U416.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2007)06-0047-03

**In Situ Pull-out Test and Analysis on the New Anchor Cable with Scattered Compression Force/WANG Hu-fa** (The Second Company Limited of China Railway 18th Bureau Group, Tangshan Hebei 063030, China)

**Abstract:** Anchor cable with scattered compression force is a new type of anchorage measure and has a wide range of application to the slope protection, landslide remedial works and foundation ditch support. This paper studies in situ pull-out test of the new anchor cable and introduces the test procedure and method to test the tension of the new anchor cables based on a practical landslide remedial project. Furthermore, some problems about anchor cable test are discussed in this paper as well. The results obtained from the study provide some effective data for the design and construction, which have important applicative values.

**Key words:** anchor cable with scattered compression force; pull-out test; landslide remediation

## 0 引言

压力分散型锚索是在同一钻孔中安装几个单元锚索,每个单元锚索都有各自的锚索体、自由长度和锚固长度,而且锚固段承受的荷载也可通过各自的张拉千斤顶施加,在完成预张拉后再通过整体张拉使各单元锚索承受相同的荷载。该锚固法能有效地将荷载分散传递给钻孔内若干处于不同位置的固定段,不会发生严重的应力集中,可以避免粘结效应逐步弱化或脱开的现象,因而能有效地调用天然的地层强度,在很大程度上提高锚索的承载力<sup>[1,2]</sup>。

压力分散型锚索以其特有的优势(先进性、合理性、长期可靠性等)在国内外岩土锚固工程中得到了迅速的发展。英国、日本等国较早就运用单孔锚固技术,将其作为水利水电工程建设、地下工程加固及边坡工程加固的重要手段。我国在这方面起步较晚,然而近年来,由原冶金部建筑研究总院开发的单孔复合锚固技术(压力分散型锚索),已在诸如基坑工程和边坡工程中得到了越来越广泛的应用。如北京中银大厦基坑工程、广州凯城东兴大厦边坡工程、香港新机场建设中均使用了单孔复合锚杆,此外,台湾大地工程公司在基坑工程中完成单孔复合

锚杆近 10 万 m<sup>[1-4]</sup>。

锚索的现场抗拔试验是指导锚索设计及锚索施工的一个非常重要的环节,其试验成果将为锚索的锚固深度、锚固段长度、锚索张拉、预应力损失及施工工艺的最终确定提供依据。

## 1 工程概况

福宁高速公路福鼎分水关至福安坞段 A3 标段八尺门互通区滑坡,位于福鼎市白琳镇白岩村,该滑坡原为一大型堆积层古滑坡,长约 750 m,宽约 350 m,滑体体积约 2.77 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>,地貌形态呈椅状,是福建省内迄今所发现的最大滑坡之一。

工程地质勘察报告对滑坡区内基本的工程地质特征描述如表 1 所示。根据设计方案,该滑坡整治工程采用锚索抗滑桩和坡面锚索相结合的防治措施,绝大部分锚索均采用新型的压力分散型锚索,滑坡工程治理总造价近 6000 万元,现场施工的压力分散型锚索 1210 根,合计约为 44974.8 m。

## 2 锚索现场试验研究

为确定锚索的极限承载力,掌握锚索抵抗破坏

收稿日期:2007-01-15

**作者简介:**王虎法(1972-),男(汉族),陕西合阳人,中铁十八局集团第二工程有限公司副经理、工程师,勘察工程专业,从事岩土工程加固技术研究工作,福建省永春县桂洋镇金沙村中铁十八局集团第二工程有限公司泉三高速公路 QA14 合同段项目部(362614),13559059189, wanghufa@126.com、wanghufa@163.com。

表1 福宁高速公路八尺门滑坡主要工程地质特征表

地层名称	厚度/m	顶面埋深/m	地层描述
坡积层亚粘土	3.00~18.20		黄色、灰黄色
残积层亚粘土	1.50~11.20	0~14.05	灰黄色、紫色
全风化凝灰岩	0.90~10.20	3.60~18.20	灰色、灰黑色
强风化凝灰岩	0.90~3.60	8.35~29.60	灰黄色、碎块状
弱风化凝灰岩	5.35~31.50	5.35~31.50	灰黑色、凝灰结构、碎块状构造

的安全度,揭示影响锚索承载力的缺陷,以便在正式施工时调整锚索的结构参数或改进施工工艺,在滑坡的现场试验区,我们对试验锚索进行了抗拔力试验。锚索试验的各参数见表2。

表2 试验锚索参数表

类型	Ø15.24 mm 钢绞线根数	钻孔直径 /mm	锚固段长度 /m	钻孔数量 /个
1000 kN	8	130	8	2
500 kN	4	110	4	1
普通锚索	5	110	8	1

## 2.1 锚索结构描述

滑坡施工现场使用的压力分散型锚索结构见图1所示。锚索主要组成部分包括自由段、无粘结钢绞线锚索体、锚固段(4个钢性承载体处于不同位置)及锚头。这种类型的锚索其主要特点在于两个方面:一是使用了全长涂塑的无粘结钢绞线,具有强的防腐能力;二是在同一钻孔中使用了多段锚固措施,钢绞线分别位于各自的钢性承载体上,锚索张拉时有效地避免了锚固段应力集中的现象,因此大大提高了锚索的锚固能力。

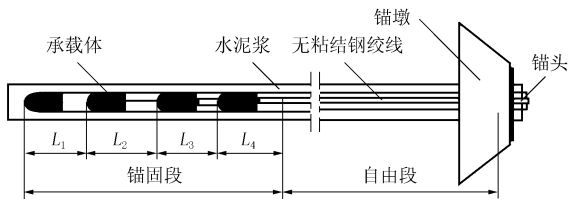


图1 压力分散型锚索结构图

## 2.2 锚索受力监测

对于压力分散型锚索,在张拉过程中,由于锚索体上各对钢绞线分别绑在处于不同位置的承载体上,势必造成整体张拉时各对钢绞线延伸量不均的现象,从而导致各对钢绞线受力不均。为弥补这一缺陷,在锚索整体张拉前必须对不同位置承载体上的钢绞线进行预张拉,然后再进行整体张拉。由于预张拉力通常较小,现场用的普通油压表无法读取这一较小的拉力,我们考虑采用测力计对锚索受力进行准确的读取。另一方面,测力计的优势还在于

其读数精度远大于现场的油压表读数。因此,为给锚索在张拉过程中的受力提供准确的数据依据,我们采用了BHR1500型预应力传感器对锚索的受力进行监测<sup>[5]</sup>,测读仪表为BMS-1型。测力计在现场的安装如图2所示,图3所示为现场照片。

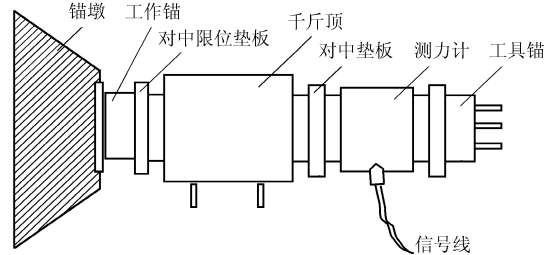


图2 锚索张拉测力计安装示意图



图3 锚索张拉现场测试照片

## 2.3 试验结果及分析

张拉设备采用YCW250型千斤顶和ZB4-500型电动油泵施加张拉荷载,锚固力的大小是通过测力计直接测定。在对不同锚固段钢绞线进行预张拉的过程中,由于HVM锚具的自锁性能,基本试验采用逐级加载方式,而非分级循环加、卸荷载法,锚索抗拔试验结果见表3,获得的典型荷载位移变化曲线如图4所示。

表3 锚索抗拔试验结果表

锚索编号	钢绞线根数 /束	锚固段长度 /m	单元锚 索个数	极限抗拔力 /kN
SM-1	8	8	4	>1700.3
SM-2	8	8	4	1055
SM-3	4	4	2	931.64
普通锚索	5	4		788.8

注:SM-2和SM-3最后张拉至钢绞线断,普通锚索张拉至788.8 kN时锚固体破坏。

从表3我们可以看出,本次所做的3根试验锚索,SM-1和SM-3是成功的,其极限抗拔力分别为1700.3 kN和931.64 kN。由于工程的需要,SM-1最终并未张拉到破坏荷载。而且,3根试验锚索自始至终均未出现任何锚固段破坏的迹象,可见各

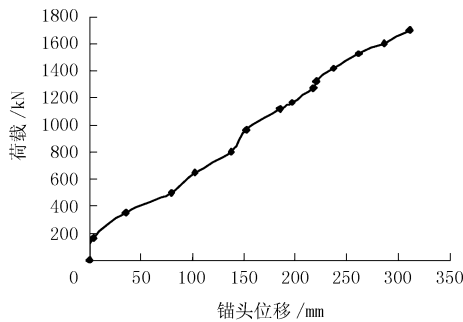


图 4 SM-1 试验锚索 Q-s 曲线

单元锚索在固定长度(2.0 m)上的粘结能力并未得到充分发挥,这说明压力分散型锚索尚具有进一步提高锚固力的潜在优势。

在相同的地层条件下,我们对类型为 5 束钢绞线的普通锚索也进行了抗拔试验,试验结果如表 3 所示。锚固体破坏的最大抗拔力为 788.8 kN,而 SM-3 在张拉至 931.64 kN 时仍未出现锚固段破坏现象,可见,在相同地层、相同锚固段长度条件下,压力分散锚索的锚固能力远大于普通拉力型锚索。

试验锚索 SM-2 在尚未张拉至设计值时钢绞线被拉断,该抗拔力与理论值相距甚远,经分析后判定这是由于张拉过程中各锚固段钢绞线受力不均,从而使得某些受力较大的钢绞线过早达到了极限抗拉强度,于是出现被拉断的现象。

### 4 对压力分散型锚索张拉的讨论

压力分散型锚索的张拉作业与普通拉力型锚索不同。由于锚索体上各对钢绞线分别绑在不同位置的承载体上,因此钢绞线至张拉端间的距离存在差异,如图 5 所示。若同时张拉则延伸量不变,势必造成各对钢绞线受力不均,所以必须采用非同时张拉方法。张拉时应严格按照下述步骤进行,以本次试验 4 单元锚固段锚索为例,锚索分析模型见图 5。

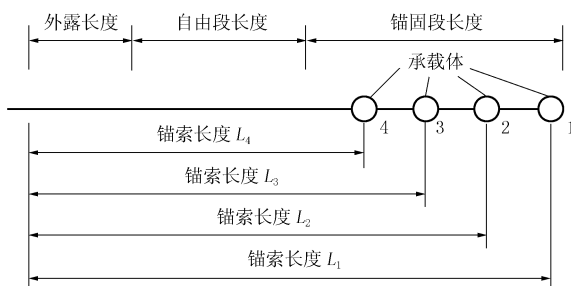


图 5 压力分散型锚索分析模型图

(1) 先求出每个承载体(T 每对钢绞线)上的荷载:

$$T = T_d/n$$

式中: $T_d$ ——锚索轴向力设计值; $n$ ——承载体个数(钢绞线对数)。

(2) 计算出在荷载  $T$  条件下各对钢绞线的延伸量:

$$\sigma_i = TL_i/E_s A_s$$

式中: $T$ ——每个承载体上的荷载; $L_i$ ——每对钢绞线的长度; $E_s$ ——钢绞线的弹性模量; $A_s$ ——钢绞线的公称截面积。

(3) 按各锚固段相对于锚固段 4 的延伸量之差值,即  $\sigma_1 - \sigma_4, \sigma_2 - \sigma_4, \sigma_3 - \sigma_4$ ,反算求出相对应的预拉力值  $T_1, T_2, T_3$ ,并分别对固定于 1、2、3 承载体上的各对钢绞线施加荷载。

(4) 为避免锚固段 4 的钢绞线在孔内弯曲,必须对其进行轻微的预张拉,在此基础上方可同时对 4 个锚固段上的钢绞线加荷至锚索轴向拉力锁定值。

### 5 结论

通过对压力分散型锚索的现场试验研究,得出如下结论:

(1) 压力分散型锚索有效地避免了锚固段应力集中的现象,在相同条件下,其锚固能力远大于普通的拉力型锚索。

(2) 对于压力分散型锚索进行现场试验,为准确可靠地获取锚索张拉过程中的动态试验信息,从而为设计和施工提供科学依据,有重要的实际工程意义。

(3) 对各压力分散型锚索锚固段钢绞线进行预张拉是一个重要的环节,预拉力的大小应根据具体情况严格的计算,否则会由于钢绞线受力不均而导致某些锚固段上的钢绞线过早拉断。显然,压力分散型锚索的张拉作业是影响锚固效果的关键因素。

### 参考文献:

- [1] Barely A. D. The single bore multiple anchor system [A]. Proc. Ground anchorages and Anchored Structures [C]. London: Thomas and Telford, 1997.
- [2] 程良奎. 单孔复合锚固法的机理和实践 [J]. 岩土锚固技术新进展, 2000, (10): 1-6.
- [3] 程良奎. 分散压缩型(可拆芯式)锚杆, 高效预应力结构设计施工实例应用手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [4] 彭振斌. 锚固工程设计计算与施工 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997.
- [5] 夏才初, 李永盛. 地下工程测试理论与监测技术 [M]. 上海: 同济大学出版社, 1999.