

自承载式预应力锚索现场试验研究

王全成^{1,2}, 姜昭群^{1,2}, 罗宏保^{1,2}, 张 勇^{1,2}, 杨 栋^{1,2}

(1.中国地质科学院探矿工艺研究所,四川 成都 611734; 2.中国地质调查局地质灾害防治技术中心,四川 成都 611734)

摘要:自承载式预应力锚索是一种不需要注浆即可进行张拉锁定的拉压复合型预应力锚索,适合于滑坡灾害应急抢险的快速锚固工程施工。本文结合现场试验数据,分析了自承载式预应力锚索的张拉力、锚索应力分布规律,并与普通拉力集中型锚索进行对比,阐明自承载式预应力锚索不仅有不注浆即可张拉发挥快速锚固作用的特点,同时自承载式预应力锚索锚固段的应力分布均匀,能充分发挥锚固段全长的锚固作用。

关键词:自承载式;预应力锚索;应力分布;快速锚固;应急抢险

中图分类号:U416 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2018)08-0079-04

Field Test of Self-bearing Pre-stressed Anchor Cable/WANG Quan-cheng^{1,2}, JIANG Zhao-qun^{1,2}, LUO Hong-bao^{1,2}, ZHANG Yong^{1,2}, YANG Dong^{1,2} (1. Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China; 2. Technical Center for Geological Hazard Prevention and Control, CGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

Abstract: Self-bearing pre-stressed anchor cable is a kind of tension and pressure compound pre-stressed anchor cable, which can be locked by tensioning without grouting, and is suitable for the rapid anchoring engineering construction of the landslide disaster emergency rescue. Combined with field test data, this paper analyzes the integral tension and anchor cable stress distribution laws of the self-bearing pre-stressed anchor cable and compares this cable with common tensile anchor cable, it is shown that the self-bearing pre-stressed anchor cable not only has the characteristics of rapid anchoring without grouting, but also has uniform stress distribution in anchorage section to fully play the anchoring function in the whole anchoring section, which reflects the advantages of this new type of pre-stressed anchor cable.

Key words: self-bearing; pre-stressed anchor cable; stress distribution; rapid anchoring; emergency rescue

1 自承载式预应力锚索系统简介

为满足应急抢险工程快速锚固的要求,我们提出一种快速锚固技术体系,包含适合在中硬以下碎裂岩层且适合使用空气潜孔锤钻进工艺的扩孔钻具和不依靠灌浆材料、在不注浆的情况下张拉就能具有一定承载能力(设计值的 50%以上)的自承载式预应力锚索。

自承载式预应力锚索系统是一种采用带滑动机构的拉压结合分散型预应力锚索,其作用机理为:使用多个承载体进行压力分散;钢绞线区分自由段和锚固段;不注浆即可初张拉锁定至锚索设计锚固力的 50%及以上。进行初张拉锁定后进行灌注砂浆,待砂浆达到一定强度后进行二次张拉锁定至设计锚

固力。由于承载体压力分散且全长粘结钢绞线能提供一部分摩阻力,进一步降低了岩土体及注浆材料的强度要求,使得注浆 24 h 内进行二次张拉成为可能。传统锚索内锚头自由地搁置在内锚固段孔内,在无预应力状态下进行内锚固段注浆,而自承载式预应力锚索在有预应力的状态下注浆,更有利于对预应力锚索钢绞线的保护。

结合前期预制高强预应力混凝土格构、预制钢质锚墩等研究成果,在钻孔完成下入自承载式预应力锚索后即可进行张拉施工,及时施加锚固力,控制滑坡体变形。该技术特别适合应急抢险的快速锚固施工工程,减少了砂浆体灌注、锚墩浇筑及养护的等待时间,能在较短的时间内对滑坡体进行治理,减少

收稿日期:2018-07-01

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“大巴山区城镇地质灾害调查”(编号:121201019000150003);国土资源公益性行业专项“地质灾害防治工程缺陷修复加固技术装备研发”(编号:201511051)

作者简介:王全成,男,汉族,1974 年生,教授级高级工程师,从事地质灾害防治技术研究工作,四川省成都市一环路北二段 1 号,wanquanchengl@126.com。

国家和人民生命财产的损失。

2 自承载式预应力锚索现场试验

现场试验点位于江油市含增镇金光洞村的我单位北川试验基地,此处有出露较好的基岩界面,试验点见图1,试验工作量见表1。



图1 试验现场

表1 自承载式预应力锚索现场试验工作量

序号	锚索设计承载力/kN	注浆时间/d	锚索数量/束	单孔扩孔段数	单孔承载体个数
1	600	3	3	2	2
		14	3	2	2
		不注浆	3	2	2
2	1000	3	3	2	2
		14	3	2	2
		不注浆	3	2	2
合计			18		

试验过程中对锚索锚固力、钢绞线应力分布进行测试,钻孔及自承载式预应力锚索结构如图2所示。

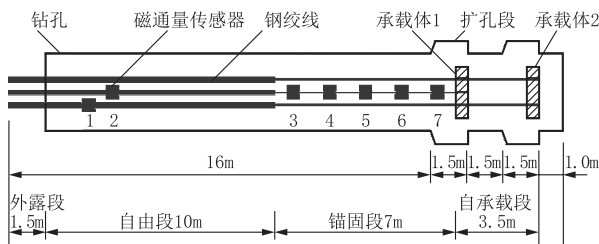


图2 钻孔及自承载式预应力锚索结构图

根据设计要求,按照规定的位置和间距布置和装配承载体,每束锚索分散安装2个承载体,承载体距离为3.0m。承载体组装如图3所示。

用钢板作为孔口反力装置,在不注浆的情况下对自承载式预应力锚索进行初始张拉,依靠承载体扩张后与孔壁之间的摩擦力提供锚固力。

初始张拉完成后,即进行注浆,本次灌注纯水泥



图3 承载体组装

浆。注浆完成后按照3d和14d的浆体龄期强度进行二次张拉,并对部分锚索进行破断试验。

对不注浆的锚索,采用24t千斤顶按照承载体1和承载体2的顺序进行循环张拉直至承载体破坏。

张拉施工情况见图4、图5。



图4 自承载式预应力锚索初始张拉



图5 锚索整体张拉

张拉过程中,利用测力传感器采集锚索整体的锚固力,利用磁通量传感器采集钢绞线的应力分布。数据采集见图6。



图 6 数据采集

3 自承载式预应力锚索现场试验分析

下面以 600 kN 级锚索为例,对自承载式预应力锚索现场试验结果进行研究分析。

3.1 锚索张拉力统计

锚索张拉力统计见表 2。

600 kN 级自承载式预应力锚索不注浆时设计单个承载体的承载力为 150 kN,2 个承载体承载力为 300 kN(设计值的 50%),初始张拉时除 10 号锚索承载体 2、11 号锚索承载体 1、12 号锚索承载体 1

表 2 锚索张拉力统计

kN

锚索 编号	初始张拉						二次张拉			备注
	单个承载 体设计值	承载体 1		承载体 2		总体锁 定值	锚索承载 设计值	最大张 拉值	锁定值	
		最大张拉值	锁定值	最大张拉值	锁定值					
1	150	180.7	171.3	152.8	145.0	316.3	600	852.0	690.1	14 d 未破坏
2	150	172.8	163.4	172.3	162.4	324.4	600	865.0	767.4	3 d 未破坏
3	150	323.1	310.7	138.0	130.0	440.7	600	865.0	634.8	3 d 未破坏
10	150	160.6	150.2	173.0	10.6	150.2	600	804.0	631.0	14 d 未破坏
11	150	150.2	0.0	175.1	168.5	168.5	600	805.0	654.5	14 d 未破坏
12	150	151.2	0.0	195.7	182.3	182.3	600	923.0		3 d 破坏
13	150	175.6	166.5	164.0	154.9	320.9	600	438.8		不注浆,破坏
14	150	175.6	164.8	166.6	157.2	321.9	600	623.3		不注浆,破坏
15	150	183.0	172.7	151.0	132.0	304.7	600	419.0		不注浆,破坏

内锚头破坏外,其余均达到了设计要求,注浆后二次张拉锁定锚固力超过 600 kN,满足设计要求。

对 13、14、15 号的 600 kN 级自承载式预应力锚索进行了不注浆的极限张拉试验。初始张拉锁定值均超过 300 kN,承载稳定,近一个月的预应力损失率分别为 2.7%、4.0%、2.7%。在极限张拉试验时,锚索整体承载力分别达到了 438.8、623.3、419.0 kN,14 号锚索不注浆张拉的整体承载力超过了 600 kN,可见,自承载式预应力锚索不注浆即可张拉,满足工程设计中一般 4 根钢绞线锚索的承载力设计要求。13 号锚索承载体 1 最大承载力为 226 kN,承载体 2 最大承载力为 480 kN。14 号锚索承载体 1 最大承载力为 470 kN,承载体 2 最大承载力为 329 kN。15 号锚索承载体 1 最大承载力为 227 kN,承载体 2 最大承载力为 233 kN,可见单个承载体(两根钢绞线)最小极限承载力达到了 226 kN,达到钢绞线(15.20 mm 1860 MPa)极限承载力(按 260 kN)的 43.5%,单个承载体(两根钢绞线)最大极限承载力达到了 480 kN,达到钢绞线极限承载力的 92.3%,由此说明,在岩层条件合适的情况下,自承载式预应力锚索完全可以不注浆即可进行张拉锁

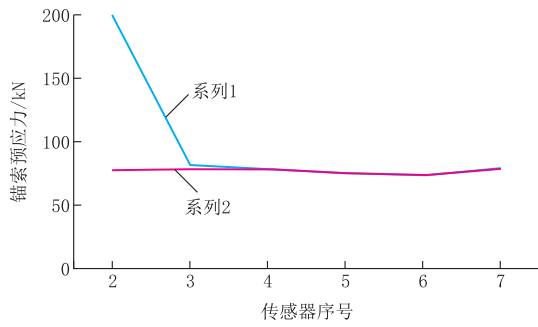
定,满足锚索的承载力要求。

3.2 自承载式预应力锚索应力分布规律

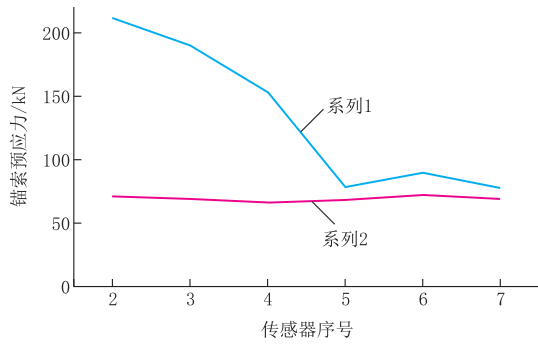
自承载式预应力锚索是一种新型的锚索结构,下锚后不注浆即可进行初始张拉,注浆前的初始张拉,在合适的地层情况下,能达到锚索设计锚固力的 50%~100%,根据地层情况,注浆后短期内(1~3 d)可进行二次张拉或注浆后不进行张拉,除了能满足快速锚固的要求,同时降低了张拉过程对砂浆强度的要求,锚索的预应力分布更均布合理。

以 1~3 号锚索为例,对自承载式预应力锚索应力分布规律进行分析。初始张拉和二次张拉自承载式预应力锚索应力分布变化对比曲线见图 7。初始张拉自承载式预应力锚索应力分布见图 7 系列 2,1~3 号锚索初始张拉值分别为 325.74、334.3、453.1 kN。二次张拉自承载式预应力锚索应力分布见图 7 系列 1,1~3 号锚索二次张拉值分别为 802.4、865.0、865.0 kN。

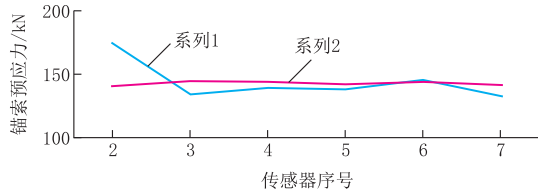
在图 7 中,2 号传感器所测应力为锚索自由段近孔口处的锚索应力,3~7 号传感器所测应力为锚索锚固段由近自由段至孔底端的锚索应力,3~7 号传感器布置间距为 1.5 m。由于 2 号锚索磁通量传感



(a) 1号锚索



(b) 2号锚索



(c) 3号锚索

系列1—二次张拉应力分布曲线;系列2—初始张拉应力分布曲线

图7 初始张拉和二次张拉锚索应力分布变化对比曲线

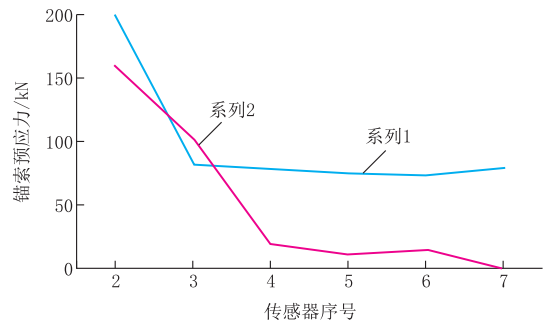
器测量通道被误占用,零点数据不实,二次张拉数据存在一定误差。

由图7可知,初始张拉后,自承载式预应力锚索自由段和锚固段均匀受力,注浆后进行二次张拉,二次张拉增加的锚索预应力向锚固段传递距离在0.5~3 m,传递距离有限,但因为初始张拉的作用,使得锚固段整体受力分布均匀,更能充分发挥锚索的承载力。

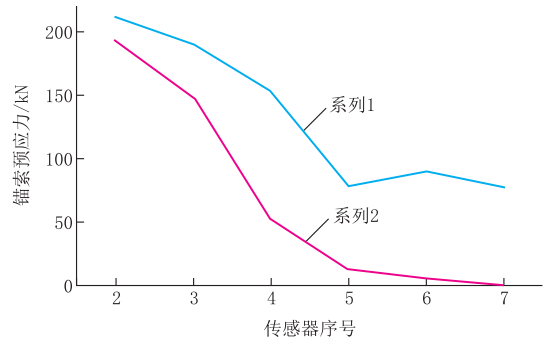
同时,由于初始张拉使岩体承载了部分锚固力,二次张拉降低了锚固对浆体强度的要求。纯水泥浆体,4根钢绞线的自承载式预应力锚索3 d 极限抗拔力为923 kN,破坏形式为钢绞线断丝,未出现钢绞线明显滑移或浆体破坏。

3.3 自承载式锚索应力分布与普通拉力集中型锚索对比

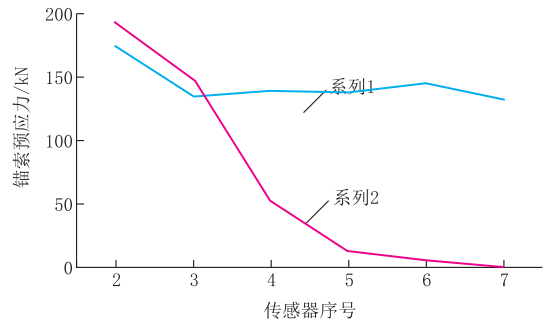
自承载式预应力锚索应力分布与普通拉力集中型锚索应力分布对比见图8。



(a) 1号锚索



(b) 2号锚索



(c) 3号锚索

系列1—自承载式锚索应力分布曲线;系列2—普通锚索应力分布曲线

图8 自承载式预应力锚索和普通锚索应力分布对比曲线

在锚索张拉力相同的情况下(4根钢绞线的锚索约800 kN),普通拉力集中型预应力锚索锚固段钢绞线的应力向孔底传递有限,约为1.53 m,其余靠孔底端的钢绞线应力基本不受锚索张拉力的影响,应力接近,说明该部分钢绞线未受力,未发挥承载的作用。达到锚固力设计值50%的应力分布段仅约1 m的范围,应力十分集中。

而在锚索张拉力相同的情况下(4根钢绞线的锚索约800 kN),自承载式预应力锚索因为初始张拉

(下转第87页)