

超深预应力锚索在三峡库区滑坡治理工程中的应用

冯学知, 李恒宝

(江苏省地质矿产局第五地质大队, 江苏 徐州 221004)

摘 要: 三峡库区滑坡治理工程采用锚杆格构、挡土墙、抗滑桩等综合治理方案。为增加滑坡体的稳定性, 在抗滑桩的顶部施工超深预应力锚索, 增加滑移带的法向应力, 对滑坡体的稳定性至关重要。主要介绍了超深预应力锚索施工方法、锚索成孔技术、灌浆施工及张拉施工。

关键词: 滑坡; 超深预应力锚索; 成孔; 注浆; 三峡库区

中图分类号: P642.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)10-0068-03

Application of Ultra-deep Pre-stressed Anchoring Cable in Landslide Control Project in the Three Gorges Reservoir/FENG Xue-zhi, LI Heng-bao (No. 5 Geological Party, Jiangsu Bureau of Geology and Mineral Exploration, Xuzhou Jiangsu 221004, China)

Abstract: Comprehensive treatment with anchor lattice, retaining wall and anti-slide pile was adopted for landslide control project in Three Gorges Reservoir. In order to increase the slide stability, it is important to construct the ultra-deep pre-stressed anchoring cable at top end of the anti-slide pile and increase the normal stress of slip band. The paper introduced the construction of ultra-deep pre-stressed anchoring cable, borehole for anchor cable, grouting and tension construction.

Key words: slide; ultra-deep pre-stressed anchoring cable; borehole completion; grouting; Three Gorges Reservoir

1 工程概况

三峡库区某滑坡是一个大型顺层滑动的岩土混合型老滑坡, 发育于三叠系中统 T_2b^3 浅灰~灰黄色泥灰岩、浅灰色白云质灰岩及泥质灰岩夹浅黄~灰黄色钙质泥岩地层中, 主要受构造控制, 由 I、II 号 2 个滑坡体组成。I 号滑坡体面积约 6.31 万 m^2 , 厚度 29.05~38.70 m, 体积约 219.27 万 m^3 ; II 号滑坡体面积约 8.27 万 m^2 , 厚度 18.02~47.80 m, 体积约 308.31 万 m^3 。两滑坡体主体为岩石滑坡, 在滑坡体前缘以碎裂岩石为主, 中后部则以崩滑堆积的块石土为主, 所以又具有岩土混合型特征。岩体总体产状为倾向 $200^\circ \sim 250^\circ$, 倾角 $\angle 30^\circ \sim 45^\circ$, 滑坡主要沿基岩面顺层滑动。滑坡治理采用锚杆格构工程、挡土墙工程、抗滑桩工程等综合治理方案。锚索工程主要在已施工完毕的每根抗滑桩顶部(设有预埋管), 沿垂直坡面方向施工预应力锚索, 增强滑移带的法向应力, 使抗滑桩更好地发挥作用, 保持滑坡体的稳定性。

该预应力锚索设计孔径为 150 mm, 索体采用 9 根直径为 15.2 mm 高强低松弛钢绞线编制而成。I 号滑坡体锚索总长 50 m, 其中锚固段长度 15 m, 自由段长度 34 m, 张拉段长度 1 m; II 号滑坡体锚索

总长 45 m, 其中锚固段长度 15 m, 自由段长度 29 m, 张拉段长度 1 m。锚索与水平面成 30° 角, 锚固体材料采用 M30 水泥砂浆。设计承拉力 1000 kN, 锁定力 800 kN。

2 锚索施工技术

2.1 施工设备选择及钻机安装

根据施工特点, 本工程采用 MD50 型风动潜孔锤冲击回转锚索钻机、IR750 型空压机(风量为 21 m^3/min)、普通砂浆搅拌机。

由于施工是在山坡上进行, 山陡地滑, 没有平坦的施工面, 因此在抗滑桩桩顶(预埋管)下 50 cm 处, 采用脚手架、木板或竹排搭设工作平台, 平台必须稳固、牢靠, 其空间满足施工要求。锚索钻机安装在施工平台上, 接通各种油路及电路, 将钻机钻杆调至与水平面呈 30° 角, 对准孔位。

2.2 锚索成孔

2.2.1 钻进工艺参数

钻进压力: 开孔时, 冲击器紧贴岩面, 低压力冲击, 平稳缓慢推进, 钻进过程中 $P = 2 \sim 4$ kPa;

转速: 开钻转速 $n < 10$ r/min, 钻进转速 $n > 50$ r/min;

收稿日期: 2009-03-27

作者简介: 冯学知(1969-), 男(汉族), 安徽砀山人, 江苏省地质矿产局第五地质大队工程师, 岩土工程专业, 从事岩土工程技术与管理工作, 江苏省徐州市徐州经济开发区金水路 9 号, 810818295@qq.com。

风量及风压: $Q_{\text{风}} = 10 \sim 21 \text{ m}^3/\text{min}$, $P_{\text{风}} = 0.8 \sim$

1.5 MPa。

2.2.2 钻孔

正式钻孔前,先开动钻机钻进 20 cm 左右,停机检查钻机是否移位,确认钻机稳固后方可继续钻进,钻孔钻至设计孔深后,反复扫孔,保证终孔直径。

2.2.3 清孔

终孔后,将钻具提离孔底 300 ~ 350 mm,通过钻具将压力 $> 0.8 \text{ MPa}$ 的压缩空气送至孔底,反复冲洗,使孔底保持清洁。

2.2.4 测孔

利用探头综合测定钻孔直径、孔深、孔的顺直程度,查验各项技术指标是否满足设计和规范要求。

2.2.5 复杂地质情况的成孔对策

2.2.5.1 深厚覆盖层

由于滑坡体中后部以山体崩滑堆积的块石土为主,松散覆盖层较厚,易坍塌,成孔困难。根据实际地质情况需要,采用一次性跟管钻进、多次异径跟管钻进等施工工艺,以期取得良好的效果。

2.2.5.2 破碎岩层

在基岩面,岩层较破碎,钻具跳动剧烈,极易出现卡管、卡钻、埋钻等孔内事故,必须采用注浆固结孔壁的措施,待终凝后再继续扫孔钻进。

2.2.5.3 基岩中的软弱夹层

在基岩中突遇严重风化的岩层或软弱夹层时,如按正常方式钻进容易造成扩径引起孔斜,这时应当采用增加风压和转速,快速通过的方式钻进;当从孔中吹出黄色岩粉,夹杂一些原状的碎石块时,证明已塌孔,这时必须立即停止钻进,拔出钻具,进行固壁注浆,待终凝后再继续钻进。注浆液为水泥砂浆和水玻璃的混合液,注浆压力 0.4 MPa。

2.2.5.4 地下承压水

在钻遇地下承压水时,跟管钻进的排渣、排粉效果较差,可加入一定的泡沫剂,同时增大风量强行吹孔,如果仍不能解决问题,应立即提钻具,下栓塞,通过注浆处理该地层,待终凝后再继续扫孔钻进。

2.3 锚索制作与安放

2.3.1 锚索制作

首先在后方车间统一加工好索头、扩张环、紧缩环、垫墩、钢垫板和锚具等锚索编束附件,然后按设计要求长度,采用切割机切断下料,严禁用电焊或氧焊切割,以防钢绞线强度损失。凡有损伤的钢绞线均应剔除。锚索钢材采用 9 根高强低松弛钢绞线,单根钢绞线直径 15.2 mm,屈服荷载 220 kN。锚索

的锚固段采用一系列的紧缩环和扩张环,使之成为波纹状,注浆后形成糖葫芦状。自由段每隔 2.0 ~ 2.5 m 设置一个定位支座,定位支座直径为 130 mm。自由段涂上防腐油脂,然后套上 $\varnothing 160 \sim 180 \text{ mm}$ PVC 软管,在软管与锚固段衔接处必须箍紧,防止水泥浆体渗入软管。沿锚索中央设两道注浆管,注浆管选能承受一定压力的 PVC 塑料管。第一道注浆管出浆口设在锚固段头部扩张环处,第二道注浆管出浆口设在锚固段尾部扩张环处,出浆口管头牢固可靠。

2.3.2 锚索入孔

入索前,必须校对锚索编号与孔号是否一致,确认孔深和锚索长度无误后,用导向探头探孔,无阻时可进行锚索入孔。入索时应保持索体平顺,索体后部抬起与钻孔倾角相一致。采用机器平拉,人力辅助的方法均匀推进。

2.4 注浆

注浆前,用清水冲洗孔壁,将孔中的碎渣岩粉清除干净,保持孔壁干净粗糙。然后在孔口 40 cm 范围内,用 1:3 的水泥砂浆堵塞,孔口预留排气孔。

注浆材料为水泥砂浆,水泥标号 P. O42.5, 灰砂比为 1:0.45, 灰砂比 1:3, 浆体强度等级为 M30。砂浆采用搅拌机搅拌均匀,随拌随用,并在初凝前用完。注浆方式采用孔底返压注浆法。注浆分 2 次完成,一次注浆压力 0.2 ~ 0.6 MPa,边注浆边缓慢提拔注浆管,并保证注浆管口在浆液面以下,浆体溢出孔口时停止注浆,注浆过程要作好现场记录,并按要求制作砂浆试块。二次注浆,在锚索张拉锁定后进行,主要填补一次注浆砂浆的沉缩、渗漏形成的空洞,使锚孔密实饱满,保证锚固力,当砂浆达外锚墩时停止注浆。

2.5 张拉锚固

一次注浆 7 天后,浆体达到了一定强度,按设计要求进行预应力张拉。张拉作业前,必须对张拉机具进行标定,标定有效期为 6 个月;锚索张拉可根据实际情况分级进行,观测时间除最后一级稳定 10 min 外,其余每级稳定 2 min,并分别记录每级钢绞线的伸张量,在压力机上用千斤顶主动出力的方向反复 3 次,取平均值,绘出千斤顶伸长值与压力表指示压强曲线,作为锚索张拉的依据。标定时,千斤顶的最大出力应高于锚索张拉时的值。锚索整体张拉前应对锚索单根钢绞线进行 1 ~ 2 次预张拉,预拉荷载为设计荷载的 10% 即 100 kN,预拉以每根钢绞线两次张拉伸长值 $\geq 3 \text{ mm}$ 为限。

张拉时采用应力控制及伸长值校核的操作方法,及时准确地记录油压表读数、千斤顶伸长值、夹片外长度等。当实际伸长值大于计算伸长值的10%或小于5%时,要停止张拉,待查明原因并采取调整措施予以调整之后继续张拉。

预应力锚索张拉理论伸长值计算公式:

$$\Delta L = PL / (A_s E_s)$$

式中: ΔL ——理论伸长值, mm; P ——预应力钢绞线的平均张拉力, kN; L ——预应力钢绞线的长度, mm, 即自由段长度, 自由段长度 = 张拉段长度 + 外墩厚度 + 千斤顶长度; A_s ——预应力钢绞线的截面面积, mm², A_s = 单根钢绞线截面面积 × 钢绞线根数; E_s ——预应力钢绞线的弹性模量, N/mm²。

预应力锚索张拉程序如下:

0.1 δ_{CON} → 持荷 2 min → 0.25 δ_{CON} → 持荷 2 min → 0.5 δ_{CON} → 持荷 2 min → 0.75 δ_{CON} → 持荷 2 min → 1.0 δ_{CON} → 持荷 2 min → 1.1 δ_{CON} → 持荷 10 min 锁定、卸载(δ_{CON} 为设计张拉力)。

2.6 外锚头保护

锚索张拉达到设计值后,预应力没有明显衰减,

可锁定锚索。锚索预应力锁定后,从锚具起,留 100 mm 的钢绞线,将多余段截除,然后用 C30 混凝土进行封闭保护。锁定后若发现有明显应力损失,应进行补拉。

3 锚索验收试验

为验证预应力锚索设计,检验其施工工艺,验证锚索锚固段的抗拔力是否满足设计要求,抽取 26 束锚索中的 3 束进行 120% 的超张拉试验。

设计锚索验收试验的 3 束锚索的基本参数见表 1。

表 1 试验锚索基本参数表

锚索编号	锚索总长 /m	锚固段长度 /m	设计承载力 /kN	锁定力值 /kN
TKZ-M 试 1	50	15	1000	800
TKZ-M 试 2	45	15	1000	800
TKZ-M 试 3	45	15	1000	800

锚索的验收试验检测方法:采用分级循环加、卸荷载法。在每级加载或卸载观察时间内,读取位移量不少于 3 次,求出平均值。试验结果见图 1。

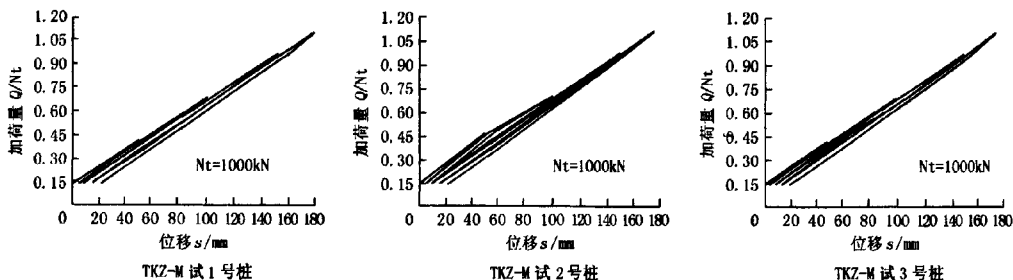


图 1 锚索试验 Q-s 曲线图

本次验收试验情况如下:试验锚索的锚固长度满足设计要求的抗拔力;锚索最大检验荷载下张拉伸长率偏差为 -3.89% ~ 7.87%,符合《三峡库区地质灾害治理工程质量检验评定标准》。

4 结语

(1)本锚索施工工程在施工技术方面进行了大胆的探索和实践,攻克了滑坡土体松散、岩石破碎、基岩风化程度不等、地下承压水较大等施工难题,为复杂地质情况下的锚索施工提供了可靠的施工经验。

(2)三峡库区已蓄水多年,该滑坡治理工程经受了汹涌长江水的考验。其中超深预应力锚索在

本滑坡治理工程中起到了举足轻重的作用。

参考文献:

- [1] 苏爱军,马霄汉,董广勤,等.湖北省三峡库区滑坡防治地质勘察与治理工程技术规定[J].湖北地矿,2003,17(2).
- [2] 李大龙.地基与基础工程施工技术措施[M].北京:经济出版社,2005.
- [3] 张炼红,周霞,焦向阳.预应力锚索在曹家湾滑坡治理工程中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(7).
- [4] 袁学武,楼日新.川藏公路二郎山龙胆溪滑坡整治工程堆积体锚索钻孔跟管钻进工艺技术的应用[J].探矿工程,2003,(S1).
- [5] 汪彦枢.潜孔锤跟管钻进方法的开发及应用[J].探矿工程,2003,(S1).