

锚喷支护技术在高峪铺公铁立交桥加固中的应用

周万东 徐志永

(山东岩土工程勘察总公司)

摘 要 利用工程实例,介绍预应力锚喷支护技术在公路旧桥加固中的应用,阐述了加固设计方案、施工工艺、施工中应注意的关键技术和加固效果,最后提出锚喷支护技术用于旧桥挡土墙加固的优点和应用前景。

关键词 锚喷 高压注浆 预应力张拉

1 工程概况

高峪铺公铁立交桥位于 205 国道山东新泰市和莱芜市交界处,桥长 150 余米,引桥采用加筋土浆砌片石挡土墙结构。由于交通流量大且运行重车多,自 1999 年以来发现该桥莱芜端右侧挡土墙竖向变形比较严重,裂缝较多,桥面栏杆内侧倾斜,挡土墙基础外移,在路面上出现两条长达 35 m 以上、局部宽度达 50 mm 以上的裂缝。随着车流量的日益增大和雨水的渗透,挡土墙和桥面随时有破坏的可能。为了交通顺畅和安全,经勘察、研究,决定对大桥挡土墙采用预应力锚杆加喷射混凝土加固。

2 设计方案

根据该桥挡土墙工程地质条件,按照加固后该桥挡土墙安全系数 F_s (饱水状态) 为 1.25 的要求,采用极限平衡法、有限元法对挡土墙进行稳定验算。挡土墙高度 5.5~10.0 m,设计布置 3~4 排高压注浆预应力锚杆,锚杆长度 12 m,纵向间距 2 m,竖向间距 2 m。每根预应力锚杆采用 3 根 $\phi 22$ 螺纹钢组成的锚杆束,倾角为 20° ,最下面一排,部分锚杆为 45° ,锚固长度 6 m;注浆浆液采用水灰比为 0.5~0.6 的水泥净浆,二次高压注浆压力以达 2 MPa 为准,不起压者以注浆量不超过 3 m^3 为限;锚杆预应力设计值为 145 kN,张拉荷载 160 kN。墙面采用喷射混凝土支护,混凝土强度 C25,喷层厚 8 cm,锚杆位置 1 m \times 1 m 范围加厚至 15 cm。挂设钢筋网设计为:主筋(压筋)采用 $\phi 10$ 钢筋,网度 1 m \times 1 m;辅筋采用 $\phi 6.5$ 钢筋,网度 15 cm \times 15 cm;连接锚钉

采用 $\phi 16$ 螺纹钢筋,长度 0.8 m,间距 1 m \times 1 m。

3 施工工艺

该加固工程施工采取先挂网喷射混凝土面层,然后施工预应力锚杆,待锚台强度达到张拉要求后,分批进行张拉、锁定工作。

3.1 喷射混凝土

喷射混凝土是为了保证挡土墙的完整性,使墙体形成一个整体。整道工艺主要包括挂钢筋网 喷射面清洗(预埋孔位) 混凝土干料搅拌、输送 混凝土喷射(加厚) 养护。其中挂钢筋网要求按设计首先沿喷射面钻凿深 0.8 m 的锚钉孔,将挂网锚钉用 M20 砂浆灌注固定在挡土墙和桥台上,砂浆凝固后,将 $\phi 6.5$ 钢筋通过焊接、绑扎成网固定在墙面上,最后用 $\phi 10$ 钢筋按 1 m \times 1 m 的间距布置压筋网。喷射面用高压风水清洗。混凝土料机械搅拌,将水泥、砂、石子按配合比例搅拌均匀,送到高压输料泵,经高压风输送干料到工作喷射面,利用高压喷射枪与水混合后进行连续喷射。

3.2 预应力锚杆制作、安装

预应力锚杆制作与安装包括以下几道主要工序:确定预埋孔位 钻孔(泄水孔安装) 锚杆孔清洗 锚杆制作、安放 一次注浆 二次高压注浆 锚台制作、养护 张拉、锁定 二次张拉、锁定 自由端补灌浆、封锚。锚杆钻孔为 $\phi 110$,孔深 12.5 m,采用 GS-150 工程钻机施工。锚杆制作包括螺丝端杆制作、锚杆束搭接、固定支架和定位支架焊接、自由端防锈、防腐处理等。一次注浆用注浆泵将

(收稿日期) 2003-07-07

水泥浆通过一次注浆管注入锚杆孔中,浆液以孔口溢出为准,一次注浆强度达 5 MPa 后,进行二次高压注浆,水泥浆利用高压注浆泵通过二次注浆管输送到锚杆孔内,并利用高压渗透到周围土体中。锚台采用 C30 混凝土现场浇筑。张拉采用锚杆专用拉伸机,正式张拉前,首先取 20 kN 拉力值进行预张拉,从而使锚杆各个部位紧密接触,一次张拉拉应力 160 kN,并在此应力下停留 15 分钟,而后卸荷到 145 kN 进行锁定。经过一段时间观测,若预应力损失大于 10%,进行二次张拉、锁定、封锚。

4 施工中应注意的几个关键技术

(1) 喷射混凝土强度必须保证,否则作为锚台下面板,强度不够会使上部的锚台在张拉时易出现开裂。喷射混凝土配合比合理与否,是混凝土强度高低的键;另外水灰比、骨料(砂、石)干净与否是影响混凝土强度的重要因素;喷枪角度不垂直,回弹率大,枪口与墙面过远过近等都将影响混凝土质量。枪口应保持离墙面 0.6~0.8 m 垂直距离,水灰比以喷混凝土面无干斑或滑移、流淌现象为宜。本工程经过试喷、试配,采用 0.5~1.0 cm 石子,425[#] 普通硅酸盐水泥,中~粗河砂,重量比 1.02.02.3(水泥砂石子),水灰比 0.4,较好的保证了 C25 的喷射混凝土强度。

(2) 锚杆自由段防锈、防腐处理十分重要,它是预应力锚杆长期有效使用的保障。本工程锚杆是 3 根 $\phi 22$ 螺纹钢筋制作的锚杆束,制作前对每根钢筋进行除锈、除油,自由端防锈、防腐采用涂刷两层船底漆,外缠沥青麻筋,并用 1~2 mm 厚的聚氯乙烯塑料缠绕捆扎。另外,锚杆安放进锚孔过程中要注意保护自由段,保证防锈、防腐措施的有效。

(3) 岩土层高压注浆的应用,可以保证锚杆预应力持续、可靠。常规预应力锚杆在土层的应用,由于土层比较疏松,容易发生位移变形,孔内浆体与孔壁间摩擦力不足以承受须加的应力,预应力不能长久保存等缺陷。本工程采用的二次高压注浆技术,在第一次整孔注浆浆液初凝的瞬间实施二次高压注浆,使浆液在锚杆锚固端的特定位置(通过二次注浆管按设计要求设定)定点扩散,从而使浆液凝固体在土体中形成梳状,类似于树根桩,浆体与土体的接触面积增加 80% 以上,并且土体在高压下裂隙被充填、挤实,孔壁周围土层被逐渐固结和强化,土的物理力学性质得到改善,这样可以在有限锚固深度内施加较高的锚固预应力,预应力可长久保持。施工

中注意保持注浆的压力,持续注浆,以压力、注浆量进行双控。

(4) 预应力张拉是工程成败的关键。失稳的挡土墙主要靠施加的锚杆预应力拉住,阻止墙体变形继续发展。张拉过程中要仔细,注意观测锚头位移,保证各级张拉荷载持荷时间,锁定作业要紧固。本工程张拉荷载 160 kN,锁定荷载 145 kN,一次张拉后一周对部分预应力荷载损失较多的锚杆进行二次张拉、锁定。

5 加固效果

(1) 该桥经过加固,恢复通车一年多来,挡土墙变形停止,锚杆预应力持荷有效,预应力损失不大,工程一年后回访时,未发现墙面有变形裂缝。

(2) 预应力锚杆注浆后,岩土特性发生改变,经前后采取土样对比,结果如表 1。计算表明,进行加固后可保持该桥挡土墙安全等级达到二级。

表 1 挡土墙岩土加固效果对比表

岩土特性	重度/kN·m ⁻³		土体抗剪强度	
	天然	干重度	c/kPa	/ (°)
填土(岩土改性后)	18.6	16.0	23.2	8.8
填土(岩土改性后)	21.0	20.0	55	12

(3) 采用预应力锚杆和喷射混凝土技术加固的滨州黄河大桥北引桥、104 国道滕州界河立交桥、淄博辛河路立交桥等,均已使用两年以上,加固后均未发现新的变形,桥梁安全、可靠,加固效果良好。

6 结 语

(1) 锚喷支护技术在类似旧桥加固中,加固效果良好、可靠,技术成熟,风险小。

(2) 类似挡土墙结构桥梁在全国数量众多,据不完全统计,仅需加固的就达上百座,用预应力锚喷技术加固,应用前景广泛。

(3) 和其他加固方法比较,采用预应力锚喷方案加固该类旧桥具有工期短、施工场地要求不高、不需要阻断交通、工程造价低等优点,社会效益和经济效益都十分显著。

参 考 文 献

[1] 彭振斌. 锚固工程设计与计算施工. 武汉:中国地质大学出版社,1997.

第一作者通讯地址:昆明市北京路延长线江东花园南路 2 号附 2 号住佳商宅 3-1-302 室 邮编:650224

