

路堑高边坡采用预应力锚索防护探讨

彭爱红 曾雅敏 黎维升

(江西省公路桥梁工程局 南昌 330009)

摘要:江西省泰(和)一赣(州)高速公路处于山岭重丘区,其中有一段高边坡最大挖方高达98m。地质情况为全风化~强风化花岗岩,呈碎裂结构,极易产生坍塌、滑移等现象,影响边坡稳定。针对此段路堑边坡工程地质条件,设计上综合考虑采用了预应力锚索加固的方案。本文通过工程实践就预应力锚索在高陡路堑边坡和地质条件复杂的情况下应用的施工要点、方法、监控量测和注意事项等方面作了阐述。

关键词:预应力锚索 高边坡 施工要点 方法 应用

0. 前言

预应力锚索加固高边坡与其它的加固方式比较,因其具有技术先进性、经济性、可靠性等优点,近年来在高速公路深挖路堑边坡支护中越来越多被采用。预应力锚索的作用机理是将岩土层对锚索锚固段的摩阻力,通过自由段传递到边坡结构物(地梁),以维持其受力平衡,改善岩体应力状态,提高岩体稳定性。其组成为三部分:内锚头、外锚头和锚索体。内锚头置于稳定岩体中,受力后通过水泥砂浆与岩体联接而提供锚固力,锚索体由钢绞线组成,而外锚头主要由锚具与夹具组成,通过外锚头以实现对外锚体施加预应力。一方面,由于预应力的作用,使岩体结构面呈压紧状态,从而提高岩体本身的整体性;另一方面,锚索的加固预应力直接改变了滑动面的抗滑力,使边坡得以加固、稳定。因而具有很好的加固性能,在工程实践中也越来越多的被采用。

1. 工程概况

江西省泰和一赣州高速公路为该省第一条山岭重丘区高速公路,地形、地质复杂,高边坡居多;其中某段线路右侧为其中一处最高的边坡,其所处区域为山岭重丘区,山间沟谷地相对发育,地下水类型主要有:第四系松散岩类孔隙主要赋于山间沟谷地及沟谷盆地的冲洪积层中,水量较丰富,给施工带来极大难度。边坡为开挖山体后形成的人工边坡,高达98m,共11级,其中第二、三、四级边坡分别高10m。地

处强风化~弱风化呈土状的花岗岩地层,局部可见棕褐色、呈球状风化壳,支护采用预应力锚索进行加固,边坡第二、三、四级分别设置预应力锚索框架加固边坡,锚索最长达到了37m。每级边坡设置为3排预应力锚索地梁,地梁锚索间距为3m,地梁尺寸为0.8×0.6m,采用C25钢筋混凝土浇注,每一级成为一个受力整体。

2. 预应力锚索施工要点

2.1 锚索施工工艺流程

预应力锚索施工工艺流程为:施工准备→测量放样→工作平台搭设→成孔→制作锚索→安装锚索→注浆→纵、横地梁施工→张拉和锁定→封锚。

2.2 施工质量控制要点

2.2.1 成孔

锚孔钻进施工,搭设满足相应承载能力和稳固条件的脚手架,根据坡面测放孔位,准确安装固定钻机,并严格认真进行机位调整,确保锚孔开钻就位纵横误差不得超过±50mm,高程误差不得超过±100mm。钻孔采用风动干钻施工法,不能采用水钻。钻孔直径为130mm,孔深必须保证索孔嵌岩深度不小于设计嵌岩深度,孔比杆长0.3m,根据现场施工钻孔记录,随时调整钻孔深度。造孔必须精确:孔位必须对照锚索空间位置准确放样,保证同一排锚索横、纵向位置必须分别在同一横、纵梁的中部,孔斜按设计要求与坡面成15°的俯角,确保每根锚索在空间平行。此段高边坡有些地

层松散、破碎,为保证钻孔完整不坍塌,采用了跟套管跟进技术;有些地层出现了孤石,当出现卡钻、堵孔或坍塌时,应在孔中局部注浆后同一位置进行二次造孔。另外,该处高边坡地下水非常丰富,施工时设置了泄水孔,用潜孔钻打孔,有的深度达37m,降低了地下水位,水压、水量明显变小,给钻孔施工带来便利,同时对边坡稳定起到了很大作用。

2.2.2 锚索制作、锚索安装

锚索内锚固段采用了胶结式,胶结材料为水泥浆,强度等级为C30,并掺入高效减水剂以提高早期强度,锚固段设计长度为10m,使用前应除锈。第三、四级边坡锚索体采用 $4\phi 15.24\text{mm}$ (每根由 $7\phi 5\text{mm}$ 扭成)高强度低松弛钢绞线;根据现场条件,原有边坡变更为9级边坡,荷载极大,考虑到边坡稳定及今后行车运营安全,将第二级边坡锚索钢绞线由四束改为六束,为此更换了锚索锚具、定中件、扩张件,并重新送检,每根锚索设计吨位500kN。外锚头形式多种多样,此处采用夹片式锚具。

锚索制作前应对钻孔实际长度进行测量,并按孔号截取锚索体材料,钢绞线必须采用机械切割。在编束前要对钢绞线进行筛选,有死弯、机械损伤及锈坑的应剔除。锚固段扩张件与紧箍件每隔1m间隔交替,紧箍环用16号铁丝绑扎, ≤ 2 圈。绑扎完后,在自由段每根钢绞线上涂上黄油,并将钢绞线绑扎成束,各外套厚 $\leq 2\text{mm}$ 的热缩型塑料管。在第二级锚索施工时,根据现场钻孔记录,原有设计不能满足深度要求,可能导致失稳,施工方及时调整锚索参数,增长锚索,同时为加强锚固力,10m锚固端增加扩张件个数,调整间距,由原设计的2m调整为1.5m;自由段定中件个数随之增加,间距由原来2.0m调整为1.8m。锚索制作完成后,按锚索长度、规格编号进行外观检验。

锚索安装:下锚前应对钻好的孔进行清孔,待终孔后,用高压风(0.2MPa~0.4MPa)将孔中余渣、岩粉及水全部清除出孔外。安装锚索时,为防止索体扭压弯曲,无对中支架的面

朝上。锚索的运输和吊装应因地制宜拟定详细的方案,推送锚索时用力要均匀一致,确保锚索快速、平稳进入孔内,不得损伤锚索及其防护涂层。

2.2.3 注浆

锚索注浆采用水泥单液浆中掺入减水剂,浆液采用水灰比0.45的纯水泥浆,选用UBJ-0.8型注浆泵,并在水泥浆中掺入8%~10%的膨胀剂。为保证注浆效果,通过对注浆塞制作进行了5种方案比选,作了注浆试验,最终采用35#水泥砂浆直接堵塞孔口,结果注浆效果良好,能使注浆压力达到设计要求。

注浆采用二次注浆,首次注浆至排气管冒浆时,停5min,然后进行第二次注浆,待注浆至排气管溢出与搅拌浓度相同的浆液,然后封闭排气管,用2MPa的压力注浆,压力达到设计值时,持续5min停止。每次注浆完成后应将注浆管、注浆枪和注浆套管清洗干净。值得注意的是,由于本高边坡地质破碎,注入孔内的浆液向岩石周围的裂隙扩散,一定要观察是否有浆液流出,以保证注浆的饱满。

2.2.4 地梁施工

按照设计要求尺寸开挖地梁基槽,将预制好的钢筋放入基槽内,用25#混凝土浇注,考虑到整体更好受力,选浇注好纵梁后再浇注横梁。为减少结构物自重将横梁厚度尺寸由原设计的80cm减少为60cm,同时配筋适当减少。浇注混凝土时固定好模板,避免因捣固混凝土而使模板变形。地梁施工宜在锚索注浆完成7d后开始施工,同时采用加设套管措施对锚索进行保护。

2.2.5 张拉及锚固

为验证锚索锚固力是否符合设计文件要求,张拉前必须进行单锚抗拔试验,切忌将千斤顶配合钢板直接在边坡上试验,从而导致抗拔力失真。张拉设备必须采用专用设备,并送相应资质单位标定、检验合格后方可投入使用。待锚孔内的水泥浆和地梁混凝土达到设计强度后才能进行锚索预张拉。张拉采用“双控法”,即采用张拉系统出力与锚索体伸长值来综合控

制锚索应力,以控制油表读数为准,用伸长量校核,实际伸长量与理论值差别在6%以内,表明张拉正常,否则应查明原因并采取措施后方可进行张拉。

锚索张拉前安装好锚具,并使锚垫板和千斤顶轴线与锚索轴线在一条直线上,且不可压弯锚头部分。张拉分两次进行:预张拉和超张拉。预张拉采用整体张拉,张拉力为0.1~0.2倍设计应力值,并进行1~2次。考虑到后期锚索的预应力损失,超张拉力提高到设计预应力的1.05倍,张拉采用五级张拉,每次加载与卸载速率要平缓,并作好加荷和观测变形记录,第二级边坡锚索设计预应力为750kN,采用超张拉5%,即张拉到787.5kN时锁定。

2.2.6 封锚

张拉最终锁定后,用机械切割将锚具外多余的钢绞线割除,不能用氧割或电焊,并应留长5cm~10cm外露锚索,以防滑落,然后用混凝土将锚垫板、锚具及外露的钢绞线封住。为了保持美观的效果,封锚一定要按设计进行。

3. 施工中应注意事项

3.1 开挖

边坡锚索工程施工须开挖一级、加固一级,避免边坡长时间裸露,使边坡在施工过程中失稳定,在降雨前后和下一级坡面开挖中,应对已建好锚索进行位移监测,以判别锚索工作及为后续施工提供依据。

3.2 钻孔

钻孔过程中,若发生卡钻、堵孔或塌孔现象,应立即停止并进行检查,问题没有解决不能继续进行钻孔。若在孔中局部注浆后可在同一位置二次造孔。

3.3 安装

每一孔必须按设计要求与坡面成 15° 的俯角,以确保每根锚索空间平行;每一锚索必须对空间位置准确放样,同一排锚索横梁位置必须在同一横梁中部,纵向位置必须在同一纵梁中部;使整个钢绞线锚索形成一个受力整体。

3.4 地梁

地梁施工必须平顺,且与坡面保持一致。对于局部出现坍塌地段,地梁的设置不得随坡面起伏,地梁正常位置与坍塌部位必须以片石混凝土或地梁的同级混凝土回填,不得用片石回填;为保证锚索张拉时锚具与钢绞线正交,每一地梁必须按设计要求设置调坡楔块。

3.5 锚垫板

锚具下设的锚垫板,施工时必须固定,以防止混凝土浇注时移位,同时为防止钢绞线张拉时扭曲,钢绞线束必须在锚垫板的中央。

3.6 补张拉

施工记录必须详细、真实反映施工现场情况,及时总结、积累经验;锚索锁定48h后,若发现有明显的预应力损失时,应进行补偿张拉。

4. 边坡监控量测

针对此处高边坡高、陡、地质条件差且与相应地层岩性存在不相符等特殊条件,建设单位委托华东交通大学从2002年10月起对施工现场长期进行高边坡变形监测与稳定性评价。在分析研究勘察、设计资料基础上,依据其地层岩性,断层和节理裂隙,结合施工中遇到的问题,建立坡体地表、深度位移监测体系,并对成果进行分析。

4.1 高边坡体地表位移监测

通过在边坡平台、坡顶布设相应的观测点实现监测网的需要。该工点建立的位移监测网,主要集中于边坡加固的结构物、坡体前缘及估计可能变形达到的点。对这些点每一次与第一次的位移变化,做出位移-时间曲线,通过对曲线的分析判断坡体的变形趋势。

4.2 边坡体深度位移监测

沿该处高边坡纵断面线路打3孔,通过地质条件分析其最可能的滑段及潜在最深的滑动面,其深度大约50m、70m、60m,避免锚索体在极有可能的滑动段于坡顶前缘依次布置3个孔。

4.3 钻孔水位分析

在进行深度位移监测的同时可以获得地下

水位的相关资料,通过对钻孔位移和水位的综合分析,可大致了解坡体变形和地下水位间的关系,及时有效的对边坡的排水措施进行必要的修正和巩固。

对已加固过边坡建立有限元模型进行数值模拟,得出如下结果:在不考虑锚索作用下,坡体沿现潜在滑动面安全系数 K_s 为1.02,认为处在临界状态;考虑锚索作用,将锚索作用力等效成力矩,安全系数 K_s 为1.23,可以认为坡体在预应力锚索框架的反压下,在当前可保持稳定。通过对该高边坡监测结果及数值模拟、极限平衡法验算结果的分析,认为其整体保持稳定。

5. 结语

随着高速公路的迅速发展,高速公路越来越

越向山区发展,高边坡也越来越多,遇到的处治问题也日趋增大,这就需要制定合理的综合治理办法。通过本工程施工过程中及通车两年的后期位移观测表明,预应力锚索工程在控制高边坡防护结构变形方面作用显著,进一步验证预应力锚索纵、横地梁是高速公路边坡防护中的一种有效加固措施。

参考文献

- [1] JTJ041-2000,公路桥梁施工技术规范[S]
- [2] GBBJ86-85,锚杆喷射混凝土支护技术规范[S]
- [3] 杨文渊.简明公路施工手册.人民交通出版社.
- [4] 中国岩土力学与工程学会岩石锚固与注浆技术专业委员会编.锚固与注浆技术手册[M].北京中国电力出版社,1999年

(上接第27页)

表3 三种试验结果对比分析表

序号	试验状况	q_u 值 (kPa)	平均 q_u 值 (kPa)	孔径 (mm)	锚固段长 (米)	承载体数量 (个)	承载体间距 (米)	破坏荷载 (kN)
第一 种	成孔 $\Phi 130$, 锚固段16 米, 一次常压灌浆	118.3	124.5	130	16	4	4	813
		137.8						
		137.8						
		104.1						
第二 种	成孔 $\Phi 150$, 锚固段16 米, 一次常压灌浆	110.9	121.8	150	16	4	4	918
		124.5						
		130.1						
第三 种	成孔 $\Phi 150$, 锚固段16 米, 二次劈裂灌浆	≥ 199	≥ 199	150	16	4	4	≥ 1500
		≥ 199						
		≥ 199						

注:左侧二次劈裂灌浆;右侧一次常压灌浆

4. 结束语

(1) 长珙一级公路特殊路基加固工程通过采用压力分散型锚索并辅以二次劈裂注浆技术,解决了软弱土层及复杂地质条件下锚索承载力问题。

(2) 二次劈裂注浆型锚索具有良好的适

应性和可靠性,不仅大大提高了承载力,而且提高了注浆效果,对锚索永久防护更有利。同时,采用二次劈裂注浆技术比采用其他方法如扩孔、增加承载体、增加钢绞线等更加有效经济。

(3) 压力型锚索施工要特别注意成孔质量,必要时采取套管跟进措施。