

锚索格构梁在岩质滑坡治理中的应用

曾宪斌¹, 麦荣强², 林思波¹

(1. 广西壮族自治区桂林水文工程地质勘察院, 广西 桂林 541002; 2. 广西基础勘察工程有限责任公司, 广西 桂林 541001)

摘要:通过某市友谊大道滑坡工程实例,介绍锚索格构梁在岩质滑坡治理中的设计、施工方法及效果。

关键词:岩质滑坡治理;锚索;格构梁

中图分类号:P642.22 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2009)04-0072-04

Application of Anchor-cable Lattice Beam in Rock Landslide/ZENG Xian-bin¹, MAI Rong-qiang², LIN Si-bo¹ (1. Guangxi Guilin Institute of Hydrogeological and Engineering Geological Investigation, Guilin Guangxi 541002, China; 2. Guangxi Foundation Investigation Engineering Co. Ltd., Guilin Guangxi 541001, China)

Abstract: Anchor-cable lattice beam is introduced on its design, construction and application effect in treatment of rock landslide by field case.

Key words: treatment of rock landslide; anchor-cable; lattice beam

1 工程概况

某市友谊大道滑坡点原山坡坡度 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$,为了城市建设,在坡脚削坡修路,使该山坡下部形成宽约460 m,高3~15 m,坡度 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 的人工边坡。2007年9月受台风影响该地区连续降雨,降雨量达150 mm,边坡曾发生2处岩质滑坡,体积分别为2000和3000 m³,其潜在可能滑动的坡长约240.0 m,高约10~20 m,面积约3600 m²,滑体厚约6~12 m,体积约28800 m³。

坡体处于不稳定状态,为不稳定斜坡,有发生岩质滑坡的趋势,需进行治理。

采用锚索支挡稳固了滑坡,确保了友谊大道车辆、行人、坡上110 kV输电塔、通信基站、水泥制品厂和居民群众的安全。

2 滑坡区工程地质与水文地质条件

滑坡区原始地貌为剥蚀—溶蚀残山残峰坡地地貌。残山残峰呈低矮馒头状,山体自然坡度为 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$,人工开挖坡脚坡度为 45° ,使山坡呈折线形,坡面倾向 240° 。地层主要为三叠系下统马脚岭组(T_{1m}),浅灰色薄层~中厚层状或薄板状灰岩、条带状灰岩、泥质灰岩夹钙质泥岩。岩层产状 $180^{\circ} \angle 24^{\circ}$,灰岩、条带状灰岩及泥质灰岩岩层单层厚度5~25 cm,组合厚度0.8~2.5 m,占整个地层的90%~95%;钙质泥岩单层厚度0.5~2.0 cm,组合

厚度1~6 cm,占整个地层的5%~10%。坡体表面深度1.5~2.5 m的岩层层间裂隙发育,裂隙宽5~10 cm不等,充填粘土;2.5~8.5 m岩层层间微裂隙发育,一般宽2~5 mm,充填钙质泥岩,但每隔1~2 m厚(大的沉积建造面)裂隙宽1~2 cm,充填泥岩或粘土,粘土具强膨胀性。距滑坡区约50 m有一压性断裂通过,断裂走向北东 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$,断面倾向 $140^{\circ} \sim 150^{\circ}$,倾角 $50^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 。

受断裂影响,滑坡处岩石节理裂隙发育,岩体破碎,主要节理裂隙有2组,产状分别为:J1 $317^{\circ} \sim 340^{\circ} \angle 73^{\circ} \sim 80^{\circ}$,J2 $260^{\circ} \sim 290^{\circ} \angle 75^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 。J1发育间距为1~3 m,局部大于4 m,裂面平直,裂隙长达十余米至数十米,宽一般2~200 mm,窄者充填有方解石及铁锰质细脉,大者被溶蚀成宽大裂隙,充填粘土。J2发育间距为2~5 m,局部达10~20 m,裂面呈锯齿状,裂隙长达数米至十余米,宽一般5~400 mm,窄者充填有铁锰质细脉,大者被溶蚀成宽大裂隙,充填着大量粘土。这些裂隙对岩体起到了剪切破坏作用。

滑坡位于区域地下水位以上,不受常年性地下水的影响,但雨水的下渗对软化岩土体起到较大作用,严重影响边坡的稳定性。

在这种地层中钻进成孔容易塌孔、跑风、排不出岩粉而无法钻孔。

收稿日期:2009-03-02

作者简介:曾宪斌(1968-),男(汉族),广西平乐人,广西壮族自治区桂林水文工程地质勘察院工程师、注册岩土工程师,岩土工程专业,从事岩土工程与地质灾害危险性评估工作,广西桂林市象山区铁西一里8号,zxb-68@163.com。

3 滑坡治理设计

3.1 滑坡形成机制

该区自然山坡较陡,岩层为硬质夹软质地层,受地质构造影响强烈,节理裂隙发育,局部形成宽大的溶蚀裂隙,岩体完整性被破坏,力学强度较低。自然条件下稳定性就较差,在人工开挖边坡增大临空面后,进一步破坏了山体原有的力学平衡状态,连续降雨时雨水沿溶蚀裂隙 J1、J2 下渗,受相对隔水的钙质泥岩阻隔并顺其渗流,软化层间钙质泥岩夹层,降低其抗剪强度,在裂隙中动水与静水压力、粘土浸水膨胀力,并在岩体重力的共同作用下,临空岩体下滑力大于抗滑力,沿钙质泥岩夹层向下滑动形成滑坡(钙质泥岩夹层为滑动面),属牵引式浅层顺层岩石滑坡,主滑方向约为 180°。开始是临空面附近的岩块滑动,然后中、后缘的岩块前部即出现新的临空面,有发生逐渐由前向后逐块滑动的可能性。滑坡形成的内因是区内地形地貌、地层岩性、地质构造等因素有利于地质灾害的孕育和发育,有利于边坡滑动变形的发生和发展。外因是挖方卸荷和强降雨雨水下渗软化岩土体。其中路基的开挖是滑坡的直接诱发因素,而强降雨雨水下渗软化岩土体降低了滑坡的稳定性,加剧了滑坡的滑动。

3.2 滑坡稳定性评价

采用岩质边坡直线型极限平衡法计算滑坡稳定系数,根据滑坡受降雨影响明显的特点,分别计算滑坡旱季(工况 I:自重)、雨季(工况 II:自重+暴雨)时稳定系数;以坡面具有临空面的位置最低的钙质泥岩夹层做为潜在滑面,选取 2 个剖面进行稳定性和剩余下滑力计算,其结果见表 1。计算结果表明:工况 I 边坡处于欠稳定和基本稳定状况,工况 II 边坡处于不稳定状况,需进行滑坡防治工程治理,同时表明降雨对边坡的稳定性影响极大。

表 1 滑坡稳定性计算成果表

计算剖面编号	工况	稳定系数	稳定状态	剩余下滑力计算结果 / (kN·m ⁻¹)
1-1'	I	1.045	欠稳定	0
	II	0.711	不稳定	638.6
2-2'	I	1.10	基本稳定	0
	II	0.827	不稳定	308.16

3.3 滑坡治理设计方案

根据滑坡工程地质勘察报告和边坡现状,对该滑坡采取排水、支挡、监测等方案,使该滑坡安全系数达到 1.3 以上,具体设计方案如下。

(1) 地表排水:沿可能滑坡周界以外 5 m 距离

设置环形截水沟,将滑坡体以外因降雨形成的地表水拦截引离滑体外。

(2) 锚索菱形格构梁支挡:经多方案比较和论证,采用锚索菱形格构梁支挡方案对边坡高度 > 8 m 的坡段进行支挡支护,为了使锚索的应力方向接近滑坡主滑方向并形成整体,锚索孔与边坡走向斜交 60°,与水平面夹角(俯角)为 25°,在锚索间按间距 4.0 m 设置菱形锁梁,锁梁夹角为 120°;格构梁与水平面斜交 30°,其中顺着岩层层面向的为格构梁,截面为 800 mm × 400 mm,另一面为次格构梁,截面为 400 mm × 400 mm。格构间距为 4.00 m × 4.00 m,每隔 20.00 ~ 25.00 m 设置伸缩缝。格构交叉部位设置预应力锚索,格构间回填种植土并种植草皮。

具体设计如下: I 剖面控制地段长 150 m,设计单束锚索锚固力为 750 kN,采用 7Ø15.24 mm 钢绞线,共布置 5 排预应力锚索,锚索水平间距 4.0 m、垂直间距 2.4 m,锚索长自上而下分别为 15.5、14.5、13.5、12.5、11 m,锚孔孔径 130 mm,锚固段长 5 m。 II 剖面控制地段长 90 m,设计单束锚索锚固力为 450 kN,采用 4Ø15.24 mm 钢绞线,共布置 4 排预应力锚索,锚索水平间距 4.0 m、垂直间距 2.4 m,锚索长自上而下分别为 14、13、12、11 m,锚孔孔径 110 mm,锚固段长 5 m(锚索布置示意图 1、2)。

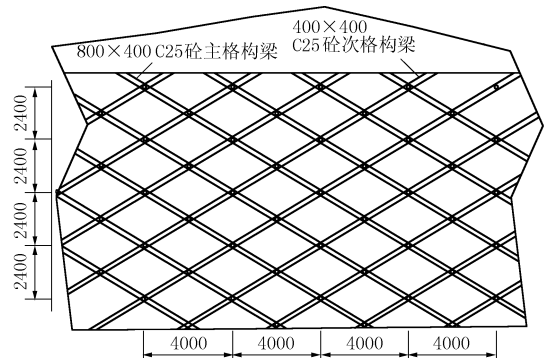


图 1 锚索布置立面图

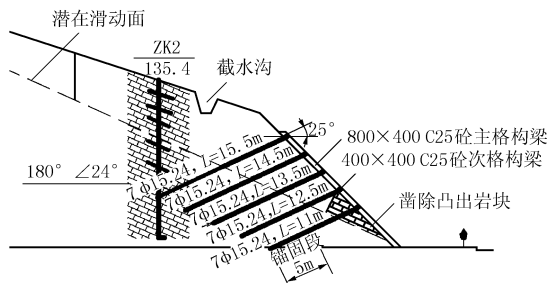


图 2 锚索布置剖面图

4 施工工序和施工方法

4.1 施工工序

- (1) 先进行地表排水即滑坡体外的截水沟的施工;
- (2) 场地整饰、削方;
- (3) 由上而下逐排进行预应力锚索施工;
- (4) 格构梁浇筑,预应力锚索张拉锁定;
- (5) 回填种植土植草绿化。

4.2 锚索格构梁施工

4.2.1 施工工序

造孔→锚索制作安装→锚孔注浆→补浆→格构梁浇筑→锚具安装与张拉锁定→高压补浆→锚头封闭。

4.2.2 施工方法

(1) 测定孔位:采用全站仪测放孔位及倾角,并反复校核,孔位误差不得超过 ± 50 mm。

(2) 钻机安装:运用两点定线原理在搭好的脚手架上安装钻机方位角,用钻机前后高差点和开孔点控制钻机倾角、钻孔轴线,钻机安装时多点固定,以确保钻机稳定可靠,钻进时不会偏位。钻孔倾角和方向符合设计要求,倾角允许误差 $\pm 1.0^\circ$,方位允许误差 $\pm 2.0^\circ$ 。

(3) 造孔:采用风动冲击的钻进工艺成孔。选用MGY-100型全液压锚索钻机、偏心钻头、DHD360型冲击器、 $\varnothing 89$ mm风水双壁钻杆、XHP750SCAT型空压机。正式钻孔前,开动钻机先钻10 cm左右,停机检查钻机是否移位,确认钻机稳固后便可正式钻进。正式钻进时,根据冲击器做功风压范围和岩石破碎程度等及不同的孔深来合理控制钻压和风压。钻进时,当每根钻杆钻毕到位后立即提升钻具,使钻头离开岩面反复冲净孔内岩粉、岩渣后,接杆继续钻进。在钻进过程中,发现钻头有时会掉落或收不回来、导管靴会打断。处理办法是:将钻头与冲击器连接的定位销焊死,解决了钻头脱落问题;导管靴底部开一个斜口,顶住钻头反转,解决了钻头收不回来的问题;改变导管靴结构,改公扣为母扣,以加厚导管靴,解决了导管靴被打断的问题。在钻孔达到设计深度后,使用高压空气(风压 $0.2 \sim 0.4$ MPa)将孔内岩粉全部清除出孔外,以免降低水泥砂浆与孔壁岩土体的粘结强度。

(4) 锚索制作与安装:锚索采用高强度、低松弛的优质钢绞线制成。锚索制作前,先将钢绞线除锈、去污,保证其表面清洁、无锈斑、无油污、无杂质,对有死弯、机械损伤及锈坑的应剔出。自由段锚索先

涮沥青、再涂黄油、然后套 $\varnothing 20$ mm软塑料管,锚索头部设 $\varnothing 89$ mm \times 300 mm导向帽。锚索编制时,针对每个孔深加1.2 m准确下料并在工作台上编索,首先将架线环与各孔进、回浆管及钢绞线一一对应编号,然后对号入座;进、回浆管采用 $\varnothing 25$ mm的PVC管,其耐压性要达到设计灌浆压力的1.5倍以上;经过架线环的每根钢绞线都必须用无锌铅丝与架线环绑扎在一起;架线环按1.5~2.0 m间距设一个,两环之间加扎一道无锌铅丝,使索体成枣核状;整个索体钢绞线及进、回浆管要平行,不得交叉。钻孔到位并冲洗干净后,用导向探头探孔,确认无阻后,采用集中人力共同下索。下索时要求索体不能旋转,要确保每根钢绞线顺直,不扭不叉,排列均匀,以避免架线环磨损钢绞线,并确保锚索归中和锚固端到孔底。下放完后用钢尺量出孔外露出的钢绞线长度,计算孔内锚索长度(误差控制在50 mm范围内),确保锚固长度。

(5) 灌浆与补浆:灌浆泵选择BW100/15型注浆泵,浆材包括42.5普通硅酸盐水泥、8%的AEA和0.7%的GYA外加剂。外加剂的加入可使浆液结石产生微膨胀而导致侧向应力的产生,以加强锚固。浆液水灰比0.5,密度 ≤ 1.9 kg/L,其标号要达到M30。灌浆压力不宜过大,选择 $0.3 \sim 0.7$ MPa,以能连续缓慢压入浆液为原则,这样浆液能由孔底慢慢流向孔口,使浆液有效地将孔内空气排出和充填空隙。当回浆管返出完全纯净的水泥浆液时,可以认为孔内已灌满,这时可以并浆,并浆压力 $0.3 \sim 0.5$ MPa,并浆时间30 min。灌浆结束以实际灌浆量大于理论吃浆量和回浆相对体积质量大于进浆相对体积质量且孔内不再吸浆为控制标准。浆液收缩后及时补浆,使孔口浆液饱满。

(6) 格构梁施工:格构梁采用C25砼分段整体浇注。先按设计要求的高程、尺寸进行模板安装,并保证支撑牢固,使模板不会出现受压变形。然后按设计要求在现场进行钢筋制作绑扎,钢筋接头需错开,同一截面钢筋接头数不得超过钢筋总根数的1/2,并且有焊接接头的截面之间的距离不得小于1 m。如锚索与格构梁箍筋相干扰,可局部调整箍筋的间距。砼浇注前,除对模板进行清洗外,同时对模板安装规格、尺寸、内部平整情况、封闭情况、牢固程度以及钢筋制作、尺寸、规格、保护层厚度进行认真检查,在确认满足设计要求后方可浇注。并按规范要求进行搅拌、运输、捣实和保养,尤其在锚孔周围,钢筋较密集,一定要仔细振捣,保证质量。在砼达到

设计强度70%后方可拆模。

(7)张拉锁定:张拉是预应力锚索施工的关键工序,锚索的张拉锁定需在格构梁砼强度达到设计强度的100%才能进行。每束锚索的锁定吨位为锚索设计抗拔力的100%,根据张拉力的要求,合理选用了ZB4-200型高压油泵、100 t调压千斤顶、OVM15-7型和OVM15L-4型锚具,并对张拉机具进行了率定,包括对千斤顶、油泵、油管、压力表校验,校验合格后将千斤顶与油泵配套进行率定。张拉顺序按100 kN一级递增,至锁定锚固力后经15 min保压停顿后顶锚锁定。正式张拉前,取100 kN的预紧张拉力,采用多次循环预紧方式对每根钢绞线进行预张拉,使其各部位的接触紧密,钢绞线完全平直。每根钢绞线预紧时,以两次张拉伸长值差 ≥ 3 mm为限,否则进入下一循环继续预紧直至符合要求为止。预紧后安装千斤顶和工具锚都要与工作锚对中,夹片要平整,严禁钢绞线在千斤顶的穿心孔内交叉。正式张拉时,采用限位张拉自行锚固的方式进行。张拉过程中,当达到某一级控制张拉力后稳定7 min,即可进行下一级张拉,达到最后一级张拉力后稳定15 min即可锁定。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泵读数、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,待查明原因并采取相应措施予以调整之后可继续张拉。张拉时,升荷速率每分钟不超过设计张拉力的10%;张拉人员必须站在千斤顶两侧位置操作,不得在千斤顶正面操作,以免发生夹片飞出伤人事故。

(8)高压补浆:通过锚垫板的补浆孔高压补浆,补浆压力 ≥ 0.6 MPa。

(9)锚头封闭:高压补浆3天后,将锚索预留50 mm长度后将多余的钢绞线用机械切割掉,将钢绞线和锚具清洗干净,水泥净浆注满锚垫板及锚头各部分空隙,用C25砼将锚头封闭。

5 结语

通过地表水的排除和锚索格构梁支挡等综合治理措施,成功地治理了友谊大道滑坡,建成至今,预应力锚索监测结果表明,锚索受力稳定,滑坡几乎没有新的滑移量,达到了预期效果。

参考文献:

- [1] CECS 22:2005,岩土锚杆(索)技术规程[S].
- [2] 梁炯望.锚固与注浆技术手册[M].北京:中国电力出版社,1999.
- [3] DZ/T 0219-2006,滑坡防治工程设计与施工技术规范[S].

(上接第71页)

程的不同土质条件及注浆部位进行注浆压力设计。

(5)浆液水灰比:旋喷注浆时采用1;静压注浆时采用0.5~1.2。

4 补强效果和施工体会

4.1 补强效果

广州华南路三期工程A4标朝阳立交特大桥桩基础复合注浆法补强施工完成后,经广州市市政园林质量检测中心采用抽心直观检测方法检测,原桩缺陷部位完全胶质物充填,心样完整,强度增强,质量合格,符合设计要求。

4.2 施工体会

复合注浆技术在缺陷基桩补强处置中是一种可行和有效的方法,具经济性和应用性。从广州华南

路三期工程A4标朝阳立交特大桥桩基础补强施工发现,缺陷部位的深度越大,补强的效果越好。

补强施工过程中,要严格技术流程,确保工艺参数。注浆前洗井必须充分,静压阶段要保持足够恒稳的压强,补强浆液的选材和配方要根据原桩缺陷的实际情况优选优配,以增强浆液的渗透性,确保补强处置的效果。

参考文献:

- [1] JGJ 79-91,建筑地基处理技术规范[S].
- [2] 韩金田,刘洪波.复合注浆法在地基基础加固中的应用研究[J].岩土工程界,2001,(9).
- [3] 彭振斌.注浆工程设计计算与施工[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [4] 苏科,李仲秋.采用综合注浆方法补强碎石桩复合地基的经验[J].勘察科学技术,2001,(1).