

道路高边坡抗滑桩与锚索复合支护应用总结

杨永林

(韶关市鸿昊工程管理有限公司, 广东 韶关 512029)

摘要:在我国道路工程建设领域路堑高边坡加固支护形式中,应用抗滑桩和格构梁预应力锚索能够有效提高路堑边坡的安全稳定性,为道路畅行提供有力保障。韶州大道建设时,针对复杂地质高边坡,根据地质情况分析,采用“坡脚抗滑桩+坡面格构梁预应力锚索”复合型支护结构进行处治,并给出相应的施工方法和流程。

关键词:边坡支护;边坡处治;预应力锚索;格构梁;抗滑桩

中图分类号: U416.1*4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)12-0063-05

0 引言

韶关市韶州大道建设时面临复杂地质高边坡处治的施工难点,采用“抗滑桩+格构梁锚索”复合结构支护后效果较好,本文从该边坡处治全过程角度进行分析总结,为类似项目提供思路和经验。

1 高边坡地质情况

(1)该边坡顺道路方向长度约400 m,最高处距离路面标高约43 m,坡顶植被发育,为土质、类土质边坡,原方案采用格构梁锚杆进行支护。进场开挖后,边坡表层土体性状较好,但表层土体揭露后大范围存在全、强风化炭质页岩煤系地层,分布形式为断层式不连续,呈窝状分布(见图1和图2),部分区域出现岩石,与原地质勘察报告中描述内容有所差别。



图1 坡体照片

(2)第三级坡施工时遭受龙舟水暴雨长时间侵袭,边坡出现张拉裂缝及浅层滑移等地质险情(见图3)。为避免发生工程事故、确保工后边坡稳定安全,参建单位及时组织了工程地质详细补勘和岩土地质专家



图2 煤系地层照片

实地勘研。



图3 边坡开裂照片

(3)补勘资料显示勘察区内覆盖土层主要为第四系(Q_{4m})素填土(平均厚度约1.5 m)、残积(Q_{el})粉质黏土(厚度约6.9 m)及石炭系(C)泥质粉砂岩(强风化层厚度约10.7 m、全风化层厚度约3.5 m)、炭质页岩(强风化层厚度约13 m、全风化层厚度约3.6 m)、灰岩风化带(厚度约3.3 m,根据岩石抗压强度试验结果推荐地基承载力基本容许值 $f=3\ 000\text{ kPa}$),芯样如图4所示。

(4)坡体内各风化层具渐变性,地质软弱层多、构造复杂(见表1)。该类泥质粉砂岩和炭质页岩具有干缩强,遇水软化崩解等不良性状^[1],结构承载力低,在

收稿日期: 2022-03-16

作者简介: 杨永林(1989—),男,学士,工程师,从事市政、道路方向工程项目建设工作。



图 4 钻探芯样照片

旱季自稳性好,在雨季(尤其是突发性暴雨)雨水侵袭作用下,坡体孔隙水压力增大、自重陡增,结构力会快速降低,极易产生岩土界面或岩土层内软弱构造面的坍塌滑动变形、圆弧形滑动变形及顺岩土、风化界面滑动等病害,不利于边坡稳定。如处理不当,极易造成边坡坍塌、滑坡等地质灾害。

表 1 岩层分析表

层叫及名称	状态	工程地质特征	土石类别
素填土	松散	土质不均,主要由花岗岩化土、黏性土、少量砂粒及碎石块组成	松土
粉质黏土	硬塑为主	透水性差,压缩性中等,自稳能力较好	普通土
全风化泥质粉砂岩	坚硬	透水性差,压缩性中等偏低,自稳能力较好	硬土
强风化泥质粉砂岩	关岩半土状	节理裂隙发育,遇水易软化崩解	硬土~软石
全风化炭质页岩	坚硬	透水性差,压缩性中等偏低,自稳能力较好	硬土
强风化炭质页岩	半岩半土状	节理裂隙发育,遇水易软化崩解	硬土~软石
中风化灰岩	柱状短术状	节理裂隙发育,岩质较硬,锤击声脆	次坚石

(5)根据工作区气象因素、地质构造特征、水文条件、地质勘察,结合当地类似工程(百旺路边坡、车头村边坡、芙蓉隧道)建设经验及边坡失稳模式,采用圆弧滑动法对边坡稳定性定量评价,在一般工况和暴雨工况下进行稳定性计算,边坡稳定安全系数在一般工况下不小于 1.35、暴雨工况下不小于 1.15,边坡破坏型式为滑移型破坏,滑移破坏面为全、强风岩与土质界面或不同岩层的风化界面。

2 高边坡支护设计方案

综合考虑地质、用地、施工条件及工期、工程造价、工程经验等因素,经过设计计算和各方技术人员

论证、岩土专家评审,边坡安全等级划分为一级,采用“坡脚抗滑桩+坡面格构梁预应力锚索”复合型结构进行该边坡支护处治(见图 5 至图 7)。具体设计方案为:

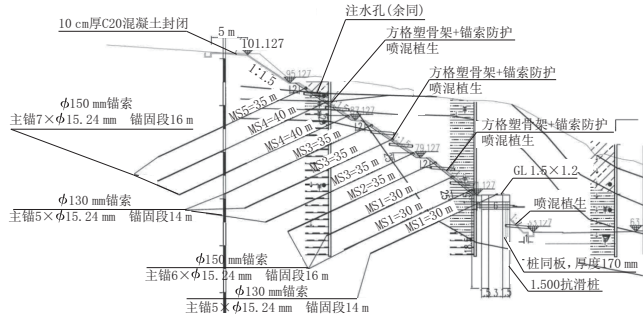


图 5 边坡支护横断面图(单位:m)

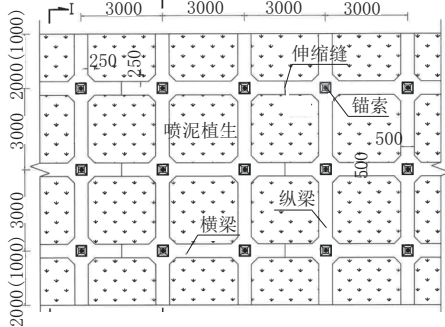


图 6 格构梁锚索支护立面(单位:mm)

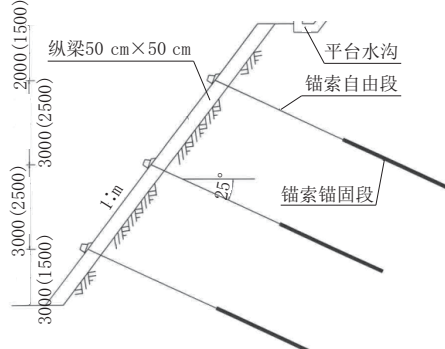


图 7 格构梁锚索支护剖面(单位:m)

- (1)削坡放缓坡顶,卸除局部土体荷载,在第三级坡段临时堆载回填反压防止坡面下滑,提高坡体稳定性。对于第四级坡面出现的裂缝,进行灌浆补强封堵防水后和浅层滑塌面一起削除。
- (2)坡顶往下设置五级坡面,每级高度 8 m,每级坡脚设置 2m 宽平台,坡脚往上每级坡率按 1 : 1、1 : 1.25、1 : 1.5、1 : 1.5、1 : 1.5。
- (3)第四级坡面结合利用已施工的锚杆骨架梁,采用格构梁预应力锚索加固防护;第三、二级坡面设置格构梁预应力锚索支护;高边坡两翼矮坡设置格构梁锚索支护。总共设置 512 根锚索,锚索根据受力设计计算模拟,在不同排位置设置不同的索束以满足受力需要,参数见表 2。

表 2 锚索设计参数表

编号	排 / 束	抗拔力 /kN	锁定拉力 /kN	长度 /m	锚固段 /m	直径 /m
MS1	2/6	500	500	30	16	0.15
MS2	1/6	500	500	35	16	0.15
MS3	3/5	400	400	35	14	0.13
MS4	2/7	500	500	40	16	0.15
MS5	1/7	500	500	35	16	0.15
MS6	1/5	400	400	2	14	0.13
MS7	1/5	400	400	25	14	0.13
MS8	4/5	400	400	30	14	0.13
MS9	3/4	300	300	30	12	0.13

(4)在第一级坡顶设置 6 m 宽平台打入双排抗滑桩,桩长约 19 m,嵌固深度 12 m,桩径 1.5 m、排距 4.5 m、桩距 3 m,共设 94 根圆桩,桩顶处设置冠梁将所有抗滑桩联结成整体,外排桩设置桩间板加强联结和支挡桩间岩土。

(5)坡面采用喷混植生护面封水并按梅花桩打入长短不同的深浅层泄水管排泄坡体地下水,用以释放孔隙水压力,减少坡体自重及土压力,边坡平台设置水沟引流确保坡面排水顺畅。

(6)为提升边坡工后整体绿化景观效果,在每一级坡脚种设勒杜鹃和爬山虎。

(7)高边坡施工期和工后 2 a 运行期内,对坡体及支护结构进行周期监测^[2](见表 3)。采用仪器监测、巡视检查相结合,对边坡位移进行动态数据分析,及时有效反馈边坡在施工扰动后一段时期的变形情况,达到动态优化设计、指导施工、运行安全的目的,确保边坡施工期出现异常情况时能及时反馈处理或调整施工工艺及修改设计方案。

表 3 边坡监测表

监测项目	测试元件	数量	监测频率	监测目的
坡面水平位移	位移桩	38 根	施工期每天监测一次,运行期每 30 d 监测一次	监测坡面水平位移
坡面垂直位移	位移桩	38 根	施工期每天监测一次,运行期每 30 d 监测一次	监测坡体沉降
深层水平位移	测斜管	15 根	运行期每 30 d 监测一次,雨季每 15 d 监测一次	坡体深部位移
锚索应力监测	锚杆	25 根	运行期每 30 d 监测一次	监测锚索应力变化、锚头松动、脱落迹象

3 高边坡支护处治施工情况

3.1 施工工序

(1)总体工序:严格按照自上而下、逐级开挖、逐

级防护的原则组织施工。

(2)锚索施工:施工放样及边坡土方开挖削坡→锚孔测放及钻孔→锚索制作安装→格构梁施工→锚索张拉锁定→锚索检测及封锚→坡面附属设施施工。

(3)抗滑桩施工:桩柱钢筋笼制作→桩基础钻孔及灌注混凝土→桩基检测→冠梁施工→土方开挖削坡→桩间板施工→坡面附属设施施工。

3.2 施工准备

(1)编制专项施工方案:高边坡属危险性较大工程,施工前须组织编制安全专项施工方案,内部评审合格后组织专家论证审查,通过后须严格按照实施。

(2)施工图会审及安全技术交底:进场施工前须组织相关技术管理人员进行图纸会审,明确设计方案要点和技术要求,熟悉所有工艺流程;组织做好三级安全技术交底,着重对各部施工班组人员的安全技术交底工作须严格落实执行到位。

(3)材料、设备、大型机械进场报验检测:钢绞线及组合件、锚具和夹片、钢筋、商品混凝土等材料按要求提供出厂合格证及检测试验报告等证明,水泥、砂石等所有进场使用材料均需试配、报验或见证取样送检合格后方可使用。锚索张拉设备(千斤顶、油压表等)按规定周期送当地计量监督部门配套检测标定;提前配备锚索锚杆拉力计。跟管钻机、潜孔钻机、空压机、注浆机、旋挖机、挖掘机、吊机等大型施工机械提供设备合格相关证明报验通过后方可使用。

(4)布置锚索及钢筋加工场地:在施工现场就近选取平顺开阔场地硬化作为锚索、格构梁钢筋、抗滑桩钢筋笼等材料的临时预制加工场,场地应方便材料进出卸落与吊装。本项目选取坡脚附近已平整好的路基硬化后作为加工场地,搭设防雨排水、钢筋防除锈、安全文明施工等措施。场地按原材、加工、成品区等功能划分,各类材料分类整齐堆放并做好标识,方便报验、检测及取用。

3.3 施工工艺要点

(1)边坡开挖:须自上而下逐级、顺层、分段、跳槽开挖,开挖一级及时防护一级,按开挖方式分段跳槽防护,不得长时间暴露开挖面,严禁乱挖、超挖、掏底开挖、大开挖施工,严格按照设计要求线位及坡率准确放样,坡面应一次修整成形。开挖前须做好施工期间的防排水及遮拦雨水措施,优先组织边坡截水排水沟、临时排水通道的施工,尽量避免雨季施工,

严禁雨期施工。

(2)锚孔施工:采用全站仪按图精确测放锚孔,孔位验收后方可钻孔;本项目地质条件差、软弱层多,采用跟管钻进技术成孔,钻头适当大于孔径;采用干钻,禁止水钻,防止坡体深处岩土地质结构恶化、破坏孔壁造成塌孔,保证锚索与坡体粘结性能;稳固搭设钻孔平台,精准调整钻孔角度,根据钻机性能及锚固地层不同合理调整钻孔速度,防止锚孔扭曲、变径造成无法插锚;钻孔深度大于设计深度0.5 m,钻进达到深度并稳钻2分钟后采用高压空气清孔(风压0.2~0.4 MPa)。在钻进过程中,随时关注钻进状态,要求对钻进时地质岩层变化、地下水等特殊情况进行记录,如遇卡钻、塌孔等异常时须立即停钻研判处理。

(3)锚索施工:锚索按设计要求的锚固段、张拉段、锚端锁定段长度和结构制作。锚索采用 $\phi 15.24$ mm高强度低松弛钢绞线(标准强度为1 860 MPa)编索,中置 $\phi 25$ mm塑料注浆管,外置 $\phi 22$ mm二次劈裂注浆镀锌钢管(在锚固段梅花形布置注浆孔,孔径5 mm,间距30 cm),四周环列钢绞线(见图8)。从导向头开始,等距使用扩张环和紧箍环将锚索扩束编制呈节状,锚固段间隔0.5 m,张拉段间隔1.5 m。锚索钢绞线需除锈使用,自由段需在除锈后涂油或刷漆、包裹、套管、管内注油,形成多层防腐效果。锚索长度长于设计长度1.5 m,作为锚端锁定段张拉使用。锚索制作完成后平顺摆放在支架上。钢绞线采用无齿锯切割,严禁采用电焊或气焊切割。

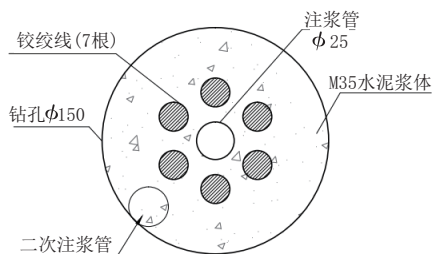


图8 锚索截面图

(4)锚索注浆:锚孔验收后立即下锚并采用注浆机注浆,第一次注浆采用M35水泥砂浆,配合比由试验确定,注浆压力大于0.8 MPa,注浆必须饱满密实,注浆完毕待水泥砂浆凝固收缩后,孔口应补浆。严禁上拔注浆管、确保注浆压力,保证孔底返浆式一次注浆成型。第一次注浆强度达5 MPa后(约4 h),即可对锚固段进行第二次高压劈裂注浆,注浆采用M35纯水泥浆,注浆压力不小于2 MPa,注浆时长1 h。

需特别说明的是,该项目在施工过程中做过比较试验:在第一次注浆后2 h左右(即浆体初凝前)进行二次劈裂注浆,注浆难度比第一次注浆4 h后进行二次注浆明显较低,且进浆量会增加,后续检测显示锚索张拉锚固效果表现良好。有业界人士提出,一次注浆强度达5 MPa后进行二次劈裂注浆的规范做法^[3],未必是最合理注浆方案。

(5)格构梁施工:每段锚索注浆凝固后尽快在坡面人工挖格构梁槽,清槽后放置骨架钢筋并采用锚钉稳固后支立模板,封模后及时浇筑C30水泥混凝土。各项工序按设计要求进行,且需报验合格后方可进行下道工序。格构梁应一次连续浇筑成型,边浇筑边振捣,要确保密实。先施工竖梁后施工横梁,浇注前对每束锚索要预埋锚垫板和孔口管,锚具工作台需与格构梁同步浇筑完成,注意设置梁上伸缩缝。

(6)锚索张拉锁定:在锚固体及格构梁锚台混凝土达到设计强度80%后进行锚索张拉。张拉前按3%的比例进行锚索拉拔试验测试锚固性能;张拉设备配套送检标定后根据结果绘制千斤顶出力和压力表指示压强的关系曲线,作为锚索张拉依据;锚索张拉分五级递增,各级张拉力分别为设计预应力的25%、50%、75%、100%、110%(超张拉),每级间隔2~5 min,最后一级稳拉30 min后锁锚。为克服地层徐变等因素造成锚索预应力损失,锁锚30 d后进行一次补偿张拉;验收合格后切除多余钢绞线,采用C30混凝土封锚;封锚前注意对锚索、锚具、夹片等设备做好除锈防腐处理。每根锚索的张拉均需做好原始张拉记录。

(7)抗滑桩施工:第二级坡面锚索施工完成后,平整第一级坡体作为抗滑桩施工平台,钻孔测放准确后,采用套筒配合旋挖机跳段钻孔,成孔验收后立即吊放钢筋笼并灌注C35水下混凝土,完整记录每根桩的钻进及浇筑过程,特别关注钻进岩层变化、地下水及塌孔情况;钢筋笼应在加工厂提前制作,验收后使用,吊装转运时需防止结构损伤,吊放下孔需就位精准立直,位移偏差不能超过规范及设计要求,验收后方可浇筑混凝土。桩基浇筑完成28 d后采用低应变动测法按20%的比例检测桩身完整性,验收检测合格后再进行冠梁、桩间板及附属施工。

(8)边坡收尾清场:坡面支护结构完工后及时完善边坡整体附属设施,尽快撤除施工设备、材料,清除废料、落石、残土,保证坡面整洁安全。

4 高边坡支护应用总结

该项目采用抗滑桩+格构梁预应力锚索复合结构进行高边坡支护处治,经过工后长期监测和检查,经历雨季侵袭,边坡各部运行状况良好,达到了预期效果,现已趋于稳定状态(见图9)。结合项目实施情况总结该类结构的建设要点如下。



图9 高边坡完工后照片

(1)地质勘察:高大边坡支护工程建设的方案选择和施工质量受地形地貌、地质结构和水文条件等因素变化带来的影响极大,因此地质详细勘察报告的准确度至关重要。勘察阶段应结合项目当地地质特征、水文环境以及周边岩土工程建设经验进行地勘。在边坡范围内应加密钻探,确保勘察报告尽可能准确的分析坡体岩土地质构造和地下水文分布状况,为边坡支护设计提供有效的基础资料。必要时,施工进场前可进行超前钻补探分析验证。

(2)动态设计:高大边坡要严格执行“开挖一级、防护一级”的施工原则,不能盲目无序施工追赶工期。边坡施工扰动后稳定性降低,变形风险增加,地下岩土地质情况通常变化复杂多样且隐秘,施工工艺不同、施工水平高低等众多因素综合作用下边坡支护设计计算结果会与实际施工效果有所出入。因此高边坡支护工程设计应坚持信息动态设计理念^[4]。在边坡施工期动态变化过程中,应基于开挖暴露的地质岩土构造、水文条件、气候环境和施工情况等因

素,阶段性评价设计方案的实施效果,及时调整优化设计方案,方案应根据实际情况充分计算、论证、评审后方可实施。施工要灵活基于规范、理论、经验和实践相结合形成合理工艺。

(3)排水防水处治:对于岩土地质结构复杂、条件差的高大边坡支护处治,水文环境对施工安全和质量的影响极大,因此支护设计方案要优先整体考虑边坡排水通道构筑物布设^[5],施工时优先做好临时排、防水应急方案和措施,科学制定工期,避免雨季施工,严禁雨天施工。如工期跨越雨季,尤其要特别做好支护结构半成品的临时保护。

(4)锚索支护:高边坡锚索针对不同岩土构造合理设置锚索孔径、长度和预应力,严格执行规范和设计的施工要求,能较好确保锚索工后锚固能力满足支护需求。在煤系地层的炭质页岩、泥岩等类土质软弱层中应用锚索支护,一次注浆往往无法达到锚固要求,采取二次注浆、扩大钻孔等方式补强能提升锚固效果。锚索施工技术难度大、专业性强,应选择具有丰富经验的专业班组进行施工。

5 结 语

本文从支护处治韶州大道高边坡作为突破口,对“坡脚抗滑桩+坡面格构梁预应力锚索”复合型支护结构在工程应用中的要点做出分析和探讨,争取为其他类似项目建设提供建设经验和参考借鉴。

参考文献:

- [1] 刘新喜,戴毅,陈向阳,等.炭质页岩软弱夹层路堑边坡稳定性分析[J].湖南文理学院学报(自然科学版),2015(4):69-74.
- [2] GB 50330—2013,建筑边坡工程技术规范[S].
- [3] GB/T 38509—2020,滑坡防治设计规范[S].
- [4] 段海澎.山区高等级公路高边坡稳定性及动态设计的地质工程研究[D].成都:成都理工大学,2007.
- [5] 张昕,张博.城市道路路堑边坡排水与防护设计研究[J].城市道桥与防洪,2018(10):56-58.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com