

旋挖钻机在人工开挖岩层矩形抗滑桩的应用

付光强¹, 刘永明², 汪宇¹

(1. 四川省地质工程勘察院集团有限公司, 四川 成都 610000;
2. 成都天府新区建设投资有限公司, 四川 成都 610000)

摘要: 由于矩形抗滑桩自身抵抗弯矩最优的特殊性质, 在岩土工程施工设计时被广泛采用。常规的矩形抗滑桩开挖只能采用人工开挖, 效率低下, 周期长, 安全隐患大。在三星滴水岩滑坡路段恢复整治工程实践中, 采用旋挖钻机来辅助开挖, 极大地提高了开挖效率和缩短了人工井下作业周期, 减少了安全隐患和风险, 为以后类似项目安全和高效地施工提供了较好的参考价值。

关键词: 矩形抗滑桩; 旋挖钻机; 人工开挖

中图分类号: P634.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 2096-9686(2021)S1-0402-05

The application of the rotary drilling rig in rectangular anti-slide piles in rock formation while manual digging

FU Guangqiang¹, LIU Yongming², WANG Yu¹

(1. Sichuan Institute of Geological Engineering Investigation Group Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610000, China;
2. Tianfu Building Investment Group Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610000, China)

Abstract: Rectangular anti-slide pile is widely used in geotechnical engineering construction design because of its special property of optimal bending moment resistance. Conventional rectangular anti-slide pile excavation can only be carried out by manual excavation, which has low efficiency, long period and great safety risks. In the practice of recovery and control engineering of Sanxing Dishui Rock landslide section, the author adopted rotary drilling machine to assist excavation, which greatly improved the excavation efficiency and shortened the manual underground operation cycle, reduced the hidden danger and risk, and provided a good reference value for the safe and efficient construction of similar projects in the future.

Key words: rectangular anti-slide pile; rotary drilling machine; manual excavation

1 工程概况

2018年7月2日, 成都市天府新区三星街道东山旅游廊道二期公路滴水岩路段在瞬时暴雨情况下失稳滑动, 造成该路段中断。由于强变形区变形剧烈, 并造成部分公路路基垮塌和原有挡墙损毁。

设计单位根据勘察和设计资料, 经过计算: 采用桩板墙+局部削方减载+框架梁锚杆挡墙+重力式挡墙+绿化+道路修复+截、排水沟等方式进

行处置。在滑坡I主滑段一级公路内侧新建一排桩板墙。

A型滑桩桩径2.0 m×2.5 m, 桩心距5.0 m, 共49根, 桩长26.0 m; 桩身采用C30砼, 护壁及锁扣采用C20砼, 桩间板采用C30砼; 桩身主筋、箍筋及桩间板主筋、箍筋采用HRB400钢筋, 钢筋混凝土保护层厚度 ≤ 70 mm^[1-3]。

单位作为四川省地质灾害治理的专业单位承担了本项目的抗滑桩的施工业务。

收稿日期: 2021-05-31 DOI: 10.12143/j.ztgc.2021.S1.068

作者简介: 付光强, 男, 汉族, 1979年生, 工程硕士, 高级工程师, 主要从事岩土工程勘察、设计与施工管理, 四川省成都市金牛区西青路119号地质大厦, 7775574@qq.com。

引用格式: 付光强, 刘永明, 汪宇. 旋挖钻机在人工开挖岩层矩形抗滑桩的应用[J]. 钻探工程, 2021, 48(S1): 402-406.

FU Guangqiang, LIU Yongming, WANG Yu. The application of the rotary drilling rig in rectangular anti-slide piles in rock formation while manual digging[J]. Drilling Engineering, 2021, 48(S1): 402-406.

2 滑坡区自然地理条件

2.1 位置与交通

三星街道滴水岩滑坡路段恢复整治工程项目位于成都市天府新区三星街道河山村南侧滴水岩段,地处龙泉山脉中段。东与仁寿、简阳两县相连,南接大林,西邻煎茶,北靠合江、永兴。平均海拔548.8 m。项目所在地路段属于东山旅游廊道二期公路K34+100—K35+160段,交通较为便利。

2.2 气象、水文^[4]

项目所处成都地区属亚热带季风型气候,其主要特点是:四季分明、气候温和、雨量充沛、夏无酷暑、冬少冰雪。主导风向为NNE向,常年平均风速为1.2 m/s,年平均风压140 Pa,最大风压约250 Pa,年平均降雨量为900~1000 mm,七、八月份雨量集中,易形成暴雨。

3 地质环境条件^[4]

3.1 地形地貌

项目区位于天府新区三星街道河山村,地貌单元主要为丘陵,属深、浅丘陵区,南东高、北西低,坡向北西向,总体呈三级台阶,前缘为既有公路一级平台,台面高程682~688 m,宽约6.5 m,第二级台阶位于既有公路二级平台,高程688~728 m,宽6~20 m,第三级台阶位于既有公路三级平台到后缘陡壁,各级台阶间为斜坡,地形坡角一般10°~40°,滑坡位于二级平台之上,区内海拔最高988 m,最低485 m,平均海拔548 m。

3.2 地层岩性

根据工程地质调查、钻孔揭露,项目区地层主要有第四系滑坡堆积物(Q^{del}),第四系坡残积碎石土(Q^{el+dl})、侏罗系中统遂宁组(J_{2s})泥岩,现分述如下:

侏罗系中统遂宁组(J_{2s})强风化泥岩:紫红色,强风化,主要由粘土矿物组成,泥质结构,中厚层状构造,风化裂隙极发育,岩心破碎,呈碎块状,局部为短柱状,夹薄层砂岩。该层厚6~15 m,平均厚度约12 m,场地内均有分布。

侏罗系中统遂宁组(J_{2s})中风化泥岩:紫红色,主要由粘土矿物组成,泥质结构,中厚层状构造,节理裂隙极发育,岩心较完整,岩心多呈柱状,节长9~30 cm,局部岩心破碎,局部夹薄层砂岩。场地内均有分布。

3.3 地质构造与地震

3.3.1 地质构造

项目区属新华夏系第三沉降带四川盆地西部,成都坳陷中部西南侧,处于北东走向的龙门山断裂带和龙泉山断裂带之间。项目区整体为一东高西低的单斜构造,未见断裂构造形迹,地质构造简单。附近侏罗系中统遂宁组(J_{2s})泥岩出露,岩层产状平缓,裂隙大部分无充填,偶见岩屑充填。

3.3.2 地震

地震是新构造活动的最直接表现。据《中国地震动参数区划图》及《建筑抗震设计规范》,项目区地震动峰值加速度为0.10g,地震动反应谱特征周期为0.45 s,地震基本烈度为Ⅶ度。

3.4 区域水文地质条件

3.4.1 地表水

项目区位于斜坡地带,勘察期间未发现地表水。经现场调查,降雨期间,地表水向整体为从后缘山脊向前缘低洼地带进行,滑坡区汇水面积约9.6万平方米,持续强降雨期间,地表水通过裂缝下渗对该区边坡稳定性会产生重要影响。

3.4.2 地下水

区内地下水受岩性、构造和地形地貌等因素控制,地下水的补给又与降雨等密切相关。按地下水的赋存条件可分为松散岩类孔隙水、基岩裂隙水两大类。

3.4.3 地下水补给、径流、排泄条件

项目区地下水补给、径流、排泄受大气降雨、地层岩性、地质构造及地形地貌所控制,补给形式主要是来自大气降雨渗入补给。

本项目大气降水是滑坡松散堆积层地下水的主要补给源,滑坡体地面众多的裂缝、错落等造成地面高低不平,不能顺畅地排泄降雨形成的地表径流,使降水的下渗量大大增加。

3.4.4 水质类型及腐蚀性

根据勘察资料显示:该地表水、地下水对混凝土、钢筋混凝土结构中的钢筋具有微腐蚀性。

4 抗滑桩的常规施工技术

场地平整→测量放线→锁口开挖→孔口防护和起吊设备安装→抗滑桩开挖→终孔验收→钢筋笼制安→桩心混凝土浇筑→养护^[5-6]。

4.1 测量放线

工程测量人员按照现场交点→校测控制点→测放控制网→控制网校核→测放桩位进行放样。复核无误后,验收后进入正式施工。

4.2 场地平整

滑坡区场地低洼不平,施工前需对场地进行平整。先将地面标高平整到锁口设计标高,然后开始进行挖孔施工。

4.3 锁口开挖施工

测量放线,人工开挖抗滑桩锁口,制安锁口钢筋、浇筑混凝土和养护。

4.4 孔口防护和起吊设备的安装

人工开挖桩孔深较深,容易引起安全事故,在正式开挖之前,必须要对孔口进行周全的安全防护,做到万无一失。

挖孔桩提升设备经过设计验算合格后,进行安装。安装好的起吊设备,必须要经过监理、业主等验算、验收,合格后方可进行使用。

4.5 抗滑桩桩身开挖

锁口施工完成后,进入桩身开挖阶段。挖好一段必须及时支护一段,并保证井壁的质量和安

全。根据桩身地层的不同,需要采用人工风镐或者是水磨钻进行开挖。开挖效率低,每天正常开挖深度0.6~0.8 m,人工伴随石块渣土上下,危险系数较高。

每段桩孔开挖完成后,监理、业主验收尺寸和校正,满足设计要求后,制作安装护壁钢筋、支模、浇筑护壁混凝土。护壁混凝土经过1 d的养护时间,达到一定的强度后,即可进行下一层的开挖。

4.6 终孔验收

抗滑桩施工到设计深度后,清理孔内积水、残渣,根据相应的地质灾害施工技术规范,对抗滑桩进行一系列的验收,合格后进入下一道工序。

检查完成,若需要局部修整,则采用人工进行适当修整。

满足设计和规范要求,即可采用C15混凝土进行封底,防止地下水侵蚀。

4.7 钢筋笼制作与安装

钢筋笼的制作与安装时,钢筋加工在钢筋房内进行。由技术人员按图纸及规范要求提出加工计划,在钢筋房加工成半成品。采用人工搬运至孔口,钢筋入孔采用吊车,逐根放入桩孔内进行连接、绑扎

制作的施工方式进行。严格按照钢筋制作与安装规范进行选材、验收、制作和安装。

4.8 桩心混凝土浇筑

抗滑桩桩心混凝土用量较大,采用商品混凝土,混凝土搅拌车运送至各桩位前,溜槽送入仓浇注。每次浇注前,应使用中风(砂)水枪吹洗拟浇注位置,以保持接触面干净。

单桩连续灌注,混凝土应通过串筒或串筒进入桩孔,桩身混凝土,每连续灌注0.5~0.7 m时,应使用插入式振动器振捣密实一次。振捣器应插入下层混凝土 <5 cm。振捣器应尽量避免碰撞钢筋或预埋件。

4.9 混凝土养护

对已浇注完毕的抗滑桩,应派专人在12 h以内用麻袋、草帘加以覆盖并浇清水进行养护,浇水次数应以保持砼有足够的润湿状态为准,养护期应在7 d以上。

5 常规施工工艺的缺点及优化

5.1 人工开挖抗滑桩的缺点

5.1.1 施工效率低下、劳动强度高

常规的抗滑桩由于其抗剪性能的特点,大多设计为矩形。各类型钻掘设备不能直接施工矩形,往往采用人工开挖。人工开挖采用人力挖掘、装土、提升、转运等,效率低下。抗滑桩的完整岩石的嵌固段,常规采用风动凿岩机或者水磨钻进行,每天开挖只能达到0.6~0.8 m。

5.1.2 危险系数高

人工开挖灌注桩作为危险性较大的分部分项工程,一直都是需要加强管理。施工之前,需要针对人工开挖作业编制危大工程的专家论证方案,经专家评审通过之后方可实施。由于人工开挖的效率很低,工人在孔内作业,时间越长,加上孔内作业的各种安全隐患(触电、机械伤人、高坠、有毒有害气体等),危险系数非常高。

5.1.3 施工成本高、利润较低

人工开挖灌注桩,孔内人工作业危险且施工效率低,劳动强度高,人工施工成本较高。根据清单计价规范,定额中的人工费用单价目前比市场低很多,所以采用人工施工取费确定的开挖综合单价往往低

于目前市场人工成本。

5.2 优化施工技术分析

采用旋挖设备辅助人工开挖矩形岩层抗滑桩工艺,可以对人工开挖抗滑桩工艺的3大缺点进行优化和补充,极大地提高施工效率降低劳动强度、降低危险系数和提高施工利润。

优化后的施工工艺:场地平整→测量放线→旋挖机就位、开挖→旋挖孔回填、夯实→锁口开挖→锁口防护和起吊设备安装→抗滑桩开挖→终孔验收→钢筋笼制安→桩心混凝土浇筑→养护。

5.2.1 优化的原理

抗滑桩施工地层为中风化—弱风化砂岩,石英含量较高,开挖的难度极大,采用常规人工风镐破除或者水磨钻施工,周期长,危险系数高,安全隐患

大。先用旋挖机对抗滑桩的中心部位进行施工,对孔内坚固的岩石进行破碎,开挖时人工效率就会大大提高,人工孔内的作业时间也会大大减少。

5.2.2 设备的选择

采用旋挖设备辅助人工开挖矩形岩层抗滑桩工艺后,需要根据不同的地形和抗滑桩桩长、截面尺寸选择施工设备和方案。本项目地层为中风化—弱风化砂岩,石英含量较高,岩层硬度大,桩孔深度为25 m,计划成孔直径为2.0 m,施工周期为30 d,选择三一重工SR360R型旋挖机。

5.2.3 方案的比较和选择

针对传统人工开挖工艺,进行了3种方案的优化,其优化方案示意图见图1,各种方案施工的单桩单价分析见表1。

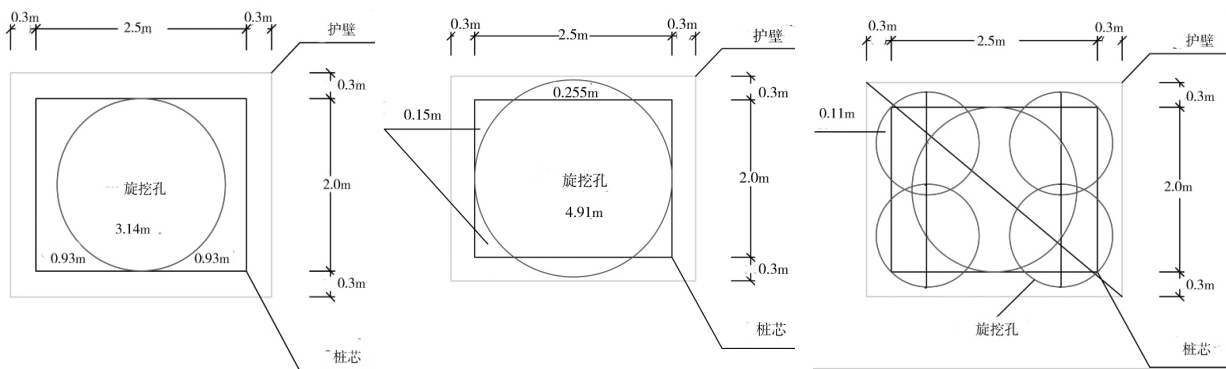


图1 优化方案

(1)传统施工方案:直接采用人工开挖成孔,单桩25 m成本74422.4元。人工开挖和岩石破除量较大,进入基岩后每天开挖深度0.6~0.8 m,单桩施工周期为30~35 d。

(2)优化方案一:在抗滑桩内部开挖一个2 m直径的旋挖钻孔,单桩25 m成本62126.4元。人工开挖和岩石破除量较大,在旋挖机的配合下,单桩施工周期为12~13 d。按照抗滑桩的跳桩施工需要:总桩数大于42根可以形成流水施工,不造成设备和人员的窝工。

(3)优化方案二:在抗滑桩内部开挖一个2.5 m直径的旋挖钻孔,单桩25 m成本70053.4元。人工开挖和岩石破除量较小,在旋挖机的配合下,单桩施工周期为10~12 d。抗滑桩的跳桩施工需要,总桩

数大于40根可以形成流水施工,不造成设备的窝工。

(4)优化方案三:在抗滑桩内部开挖1个2.0 m直径+4个1.25 m直径的旋挖钻孔,单桩25 m成本需69454.4元。人工开挖和岩石破除量最小,在旋挖机的配合下,单桩施工周期为5~7 d。抗滑桩的跳桩施工需要,总桩数大于26根可以形成流水施工,不造成设备的窝工。

综合比较3种工艺:第一种成孔成本最低,根据抗滑桩的总桩数和施工总工期要求,可以选择不同的施工工艺。

6 总结

(1)经过方案的优化和对比:本项目选择优化方

表1 开挖方案及单桩成本分析

工艺	地层	深度	截面积/m ²	人工单价/(元·m ⁻³)	小计/元	合计/元
传统工艺	土层	4	8.06	220	7092.8	74422.4
	基岩有护壁	8	8.06	520	33529.6	
	基岩无护壁	13	5	520	33800	
优化方案一	土层	4	8.06	220	7092.8	62126.4
	基岩有护壁	8	8.06	320	20633.6	
	基岩无护壁	14	5	320	22400	
	旋挖机费用				10000	
	旋挖机柴油				2000	
优化方案二	土层	4	8.06	220	7092.8	70053.4
	基岩有护壁	8	8.06	320	20633.6	
	基岩无护壁	14	5	320	22400	
	旋挖机费用				12000	
	旋挖机柴油				4000	
	混凝土超量	14	0.51	550	3927	
优化方案三	土层	4	8.06	220	7092.8	69454.4
	基岩有护壁	8	8.06	220	14185.6	
	基岩无护壁	14	5	220	15400	
	旋挖机费用				20000	
	旋挖机柴油				6000	
	混凝土超量	14	0.88	550	6776	

案一进行施工,最终49根抗滑桩在45 d的时间内全部安全完成,大大缩短了施工周期,提高了经济效益。

(2)本项目通过方案比较和选择,为类似抗滑桩工程提供一种新的工艺思路。

(3)本项目在没有安全隐患的前提下设备能够到达施工现场、行走、安装和作业。

(4)针对不同地层、桩型、长度和桩截面积需要选择不同的旋挖设备和施工方案。

(5)本项目是在传统施工工艺的基础上进行改良,综合比较各个因素和标准,使施工方案选择有依

可循。

参考文献:

- [1] DZ/T 0219—2006,滑坡防治工程设计与施工技术规范[S].
- [2] T/CAGHP 003—2018,抗滑桩治理工程设计规范(试行)[S].
- [3] 三星街道滴水岩滑坡路段恢复整治工程施工图设计报告[R]. 中铁二院工程集团有限责任公司,2019.
- [4] 三星街道滴水岩滑坡路段恢复整治工程项目工程地质详细勘察报告[R]. 中铁二院工程集团有限责任公司,2019.
- [5] T/CAGHP 020—2018,地质灾害治理工程施工组织设计规范(试行)[S].
- [6] 三星街道滴水岩滑坡路段恢复整治工程施工组织设计[R]. 四川省地质工程勘察院集团有限公司,2020.