

# 陕北地区滑坡体抗滑桩安全施工技术

刘健 郭鑫勃 马朋刚 张赞 贺国峰 南彦洲

(陕西建工机械施工集团有限公司 陕西西安 710032)

**摘要:** 本文主要针对陕北地区滑坡段的地层特点、施工条件和目标进行分析,以及抗滑桩施工安全技术的探讨。详细介绍了抗滑桩施工的工艺流程和安全方法,为类似地质条件下的抗滑桩施工提供重要参考。

**关键词:** 陕北地区; 抗滑桩; 施工; 安全; 技术

## 一、前言

抗滑桩是滑坡治理的措施之一,其本质是穿过滑坡体深入于滑床的桩柱<sup>[1]</sup>。通过对抗滑桩受力分析,斜坡上桩基的承载机理及受力分析计算方法与平地常规桩基存在许多差异,其承载特性和所处工况环境比常规桩基更加复杂;抗滑桩对斜坡上滑移坡体产生一定的抗御力,限制坡体滑移或蠕动形变,并因此构成了复杂的桩土作用体系<sup>[2]</sup>。

张博等<sup>[3]</sup>通过基于地质条件评估与有限元计算相结合的方法对涟源龙塘至新化琅塘高速公路滑坡风险进行评估,采用极限平衡法验算边坡稳定性,得到新线路自然坡体安全系数为1.430~2.606。丁红岗等<sup>[4]</sup>通过对滑坡原因进行调查分析,提出了两种解决方案。边坡的稳定性可从坡比、岩层界面倾角、富水性、坡面潜在程度等角度进行分析,其中雨水是滑坡产生的诱因,可以采取截排水进行预防治理。基于建立针对抗滑桩加固前后的边坡稳定性分析,通过有限元极限分析软件 OptumG2 建立数值模型,基于强度折减极限分析得出的安全系数偏于安全。综上,滑坡处理中采用抗滑桩是一种有效方式,保证施工作业及运营期安全。

## 二、陕北地区滑坡段地层分析

本文主要研究对象为陕北地区高速公路施工段,共有五处抗滑桩。路基抗滑桩基段地质结构层自上而下分别由以下地质岩层构成:粉质粘土、黄土(夹古土壤)、强风化砂岩、中风化砂岩;隧道段抗滑桩地质结构从上而下分别为:硬塑粉质粘土、强风化砂岩、中风化砂岩。

## 三、研究目标

保障依托工程施工安全,提高工程建设质量,整合并推进复杂条件下滑坡体上桩基施工安全技术研究,得到具有区域推广价值的研究成果。

## 四、抗滑桩施工安全技术

### (一) 施工工艺流程

制定方案→施工准备→测量放线定位桩→锁口制作→分层开挖桩孔土石方→分层支护壁钢筋及模板→质量检查→灌注护壁混凝土→拆除模板继续开挖→桩孔标高检查→吊装钢筋笼→钢筋笼报验→混凝土灌注→抗滑桩检测→验收。

### (二) 安全施工方法

#### 1. 施工准备

技术人员进行实地踏勘,研究施工图设计的各项技术指标,结合挖孔桩施工工艺,进行场地布置;清理并平整场地,桩位编号及确定施工次序,桩顶标高为平整高程。

#### 2. 测量放样

根据设计图纸,确定抗滑桩的四个角点桩位,并在现场进行标记。使用全站仪进行角点桩位的放样,在角点桩位周围设置十字护桩,护桩的设置应考虑施工中的通视条件,引测完成后,应将引测点标记清楚并加以保护,以备施工中校核桩位。

#### 3. 桩孔开挖顺序

桩中心间距 6.0m,实际净间距仅为 2.5~3m,采用隔一挖一的顺序分两批次完成施工。

#### 4. 锁扣施工

按照设计位置先施工锁口,锁口高出施工作业面 30cm,锁口施工完后方可进行人工开挖,开挖前应沿锁口边搭设 1.2m 高

的安全防护栏杆并挂设密目网及安全警示标语,并外围设安全网,避免人员掉入井内。施工中锁口上不得堆放任何杂物,锁口边 1.0m 范围不得有超过 15Kpa 堆载。

#### 5. 桩身开挖

每层开挖深度 0.5~1.0m,土面区采用人工铁锹羊镐开挖,必要时用空压机破碎,岩石层区采用风镐配合水磨钻破碎石块人工清理开挖方式。水磨钻施工中,应做好排水措施,施工人员必须穿防滑胶鞋,及时清理孔内碎石,禁止井上指挥人员随意离开工作岗位。

土石方提升采用斜三角架多功能电动提升机提升井下泥土、岩石,每根桩井下安排 3 人进行人工挖孔,井上配备 1 人操作提升机,配备两个吊桶循环提升,提升设备必须有自锁装置。

每根桩配备一台风镐破碎锤及一台水磨钻机,每两根桩配备一台空压机。

开挖过程中岩层中可能存在水,如井底出现明水,应及时用污水泵抽出桩孔;开挖深度大于 6~10m 时应加强孔底送风,可采用鼓风机或空压机送风。班前应先进行孔底送风 15min 以上并进行有害气体检测合格后方可下入孔底。

开挖过程中非作业人员不得进入孔底及锁口附近,顶部操作提升机的作业人员及坑底挖孔人员必须穿戴安全帽、防滑鞋、安全带,每根桩配备全长安全绳 1 根,并配备安全梯。班前必须检测提升机配重是否松动、钢丝绳有无断丝情况等,确保施工安全。

#### 6. 钢筋笼制作及安装

根据设计参数及施工工艺要求,桩身钢筋在现场加工孔内吊装,钢筋场地长 40 米,宽 10 米,原土平整夯实后铺设 200mm 厚的  $\phi 5\sim 10\text{mm}$  的石子,并平整压实处理。

主筋均采用直螺纹套筒连接,箍筋及拉钩连接采用搭接焊接连接,接头位置应相互错开,同一连接区段,钢筋接头的面积百分率小于等于 50%,且钢筋束几根钢筋需紧贴沿钢筋长 1~2m 点焊成束。钢筋制作在加工平台上加工成型(成束),用 25T 汽车吊配合逐根吊入桩孔内,吊放钢筋时应先吊放箍筋,再吊放主筋,钢筋在桩孔内从底部往上进行绑扎安装成型。筋笼的主筋净保护层允许偏差表 1 所示。

表 1: 施工允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	顺桩排轴线方向桩位	$\leq 100$
2	垂直桩排轴线方向桩位	$\leq 50$
3	垂直度	0.5%L
4	桩径	$\pm 50$
5	有效桩长	-0, +100
6	主筋净保护层	$\pm 20$

注: L 为挖孔桩桩长

#### 7. 桩体灌注混凝土

经过钢筋验收合格后,可以选择两种不同的方法来浇筑 C30 混凝土桩身:干法浇筑和水下浇筑。

干法浇筑法:基桩混凝土是在混凝土搅拌厂中拌制,然后使用混凝土运输罐车将其送到桩位。混凝土通过串筒注入桩孔内,串筒底部与孔底及混凝土浇筑面的距离不超过 2m,以避免

混凝土自由落体而发生分离。随着混凝土在基桩内的浇筑高度逐渐增加,串筒会逐节拆除。混凝土的坍落度应符合要求,浇筑过程中要使用振动器来捣实混凝土。混凝土浇筑完成后,要及时在桩孔内罐水蓄水以保持养护。

水下浇筑法:采用水下导管法进行混凝土浇筑,

①在浇筑混凝土之前,必须检查孔底的清孔情况,并确保孔底的碎石层厚度符合规范要求,然后才能进行浇筑。

②浇筑前,准备好集料斗和漏斗,总容量不得少于10m<sup>3</sup>。导管的下端应距离孔底约30cm,以确保浇筑量不会阻塞导管,并且能够满足所需的埋深。随着混凝土浇筑的进行,导管应缓慢提升,以防止过早提升和埋深过大。通常,埋深应在2~6m之间控制。

③混凝土的浇筑必须连续进行。混凝土的坍落度应在18~22cm之间,并要加入适量(经过试验确定)的缓凝剂,以确保缓凝时间至少达到16小时,只有在桩基混凝土完全浇筑后才能固化。

④在灌注过程中,需要有专人值班监测孔内的混凝土面,并需及时计算导管的埋置深度,以指导导管的提升和拆卸。

⑤混凝土灌注面应高出设计桩顶部0.5~1.0m。在拆除导管后,及时清除桩顶部分松散的混凝土,待强度达到80%后,可以使用风镐进行凿除。

### (三) 操作要求

(1)人工挖孔提升机(简称提升机)应指导专人操作、维修。禁止操作未经授权的提升机、其它机械设备,禁止进入未经授权的孔桩、其它危险区域。

(2)佩戴好安全帽等防护用品。临边作业过程,必须全程佩戴好安全带。

(3)入场时应组织对提升机等孔桩机械进行验收。验收单上应明确各型号提升机对应的额定载重量(包括吊桶质量)。

(4)施工现场的一切电源及改装和拆除必须有证电工作业。

(5)提升机必须有卷扬限制器、行程限制器。限制器应在提升到距离顶部300mm是能自动停止。

(6)人工提升机、孔桩下作业连续施工时间不得超过2小时。中途休息时间不得少于10分钟。孔桩上部人员离开,而下部人员在岗时,必须落实代理人员在孔桩上部全程监护。

(7)孔桩作业至少2人以上一组,相互监护;其中孔桩上部至少1人,且下部人员未全部上孔时,不得离岗。

### 五、施工安全措施

#### (一) 技术措施

##### 1. 防塌孔安全技术措施

做好锁口防护,防止地表水进入孔内。每开挖0.8~1.0m施作护壁一道,局部软弱土层0.5m施作护壁一道。

##### 2. 挖孔前准备措施

1)在施工区域半径5m范围处设置施工警告牌,格栅围护。

2)施工前进行安全技术交底,特殊工种及专业操作人员需持证作业。

3)相关设备进场后,应联合设备、安全、技术等进行检查、调试、验收。

4)其他相关安全用品的采购、验收需严格按照要求进行,并保证按期检查。

##### 3. 施工阶段安全防护设施

1)抗滑桩孔口护壁高出地面20cm,上面设置护栏。护栏的立柱采用防锈漆涂覆的钢管制作。为了确保安全,孔口区域设有围栏和安全警示标识。护栏的高度为1.2m,立柱之间的间距为1.5m。横杆与上下杆之间的距离为50cm。

2)桩身开挖采用卷扬机提升,所有装置必须要有制动装置且制动灵活,吊绳须是钢丝绳且安全系数不小于3,起吊设备必须配备相应的限位器、防脱钩器等,支架必须牢固,吊钩要有反扣。每日作业前应对卷扬机、吊绳进行全面检查,检查合格后方可下井作业。

3)挖孔暂停时,孔口应设置罩盖及标识标牌,罩盖须牢固

可靠。

### (二) 施工检测监控措施

为保证安全施工,在抗滑桩施工期间,必须开展严密的施工监测,项目部明确1名专职测量员、1名专职安全员负责施工监测,每日向技术负责人等报告监测情况。

#### 1. 施工监测项目

①桩孔周边地面塌陷;②桩孔位移;③护壁破裂或存在裂纹、变形;④孔底有害气体;⑤地下水位。

#### 2. 监测设备

监测设备主要采用施工测量用全站仪、水平仪和钢尺等测量设备。孔内有害气体检测,必须每天施工前检测井底有害气体和孔井内缺氧情况。

### 一、安全技术分析

序号	项目	计算过程	结果
1	配重计算	自重 15kg (0.015 吨), 装满石渣体积及重量: $V=3.14*0.5*0.5/4*0.5*1.5=0.15$ 吨。 提升重量 $F_1=3*(1.5+0.15)=4.95$ KN (考虑安全系数取 3.0) 受力平衡, $F_1*1.3=F_2*1.7$ , $F_1=4.95$ KN, $F_2=3.785$ KN;	配重选择 378.5kg。
2	吊桶满载	装满石渣体积及重量: $V=3.14*0.5*0.5/4*0.5*1.5=0.15$ 吨; (安全系数 3.0) 提升重量 $F=3*(1.5+0.15)=4.95$ KN	满载 4.95KN
	桁架受力	最大弯矩 $M_{max}=7.58$ Nm, L63*63*6mm角钢, $W_x=6$ cm <sup>3</sup> $\sigma=M_{max}/W_x=7580/6000=1.26$ MPa 最大剪力 6.58N $\tau=3*6.58/(2*728.8)=0.013$ MPa 最大轴力 $N=5818$ N=5.8KN	满足要求
	连接螺栓	普通螺栓M20, 主承剪力最大 $Q=5.8$ KN $\tau=3*5818/(2*314)=27.8$ MPa < 98MPa	满足要求
	钢丝绳计算	钢丝绳直径 $\Phi 10$ mm, 6*19+1 钢丝绳: 破断拉力总和 $0.5d_s=0.5*10*10=50$ KN, 荷载不均匀系数 $a=0.85$ , 钢丝绳使用安全系数 3, 钢丝绳允 许拉力为: $F=0.85*50/3=14.1$ KN	满足承载要求

### 六、结束语

该成果是支撑陕北地区使用抗滑桩设计的依据,针对具体施工组织计划,严格按照施工方案组织施工。根据该项目的实际情况,制定科学的措施,解决抗滑桩施工过程中遇到的问题。从陕北地区高速公路目前抗滑桩施工技术角度来看,在提高公路工程施工质量,保障抗滑桩工程施工安全,得到具有区域推广价值的研究成果,提高项目工程效率。

#### 参考文献:

- [1]徐建新, 武骏娟, 王程. 抗滑桩在滑坡治理工程中的应用[J]. 科技信息, 2011(08):773+775.
- [2]雷晨民. 浅谈抗滑桩的施工方法与技术[J]. 四川建材, 2022, 48(02):112-113.
- [3]张博, 周建军, 杨旭. 降雨区山体滑坡机理及风险评估[J]. 施工技术, 2020,49(15):61-63.
- [4]丁红岗, 张延杰, 陈明波, 等. 边坡滑坡分析及治理研究[J]. 施工技术, 2019,48(S1):1100-1103.