

# 锚索抗滑桩治理大型滑坡体施工应用

钟雄

江苏省岩土工程公司

DOI: 10.12238/jpm.v4i8.6204

**[摘要]** 滑坡段预应力锚索的结构形式具有科学性,能提高材料使用效率,在公路滑坡处理中具有很大的技术优势,但其设计与施工工艺更为复杂,需要建立滑坡段支护结构的地质与力学模型,并结合边坡区的实际情况,对其内部结构进行分析,从而得到滑坡段的内力分布规律,从而为滑坡段的治理工作提供参考。本文拟以南京江宁方山景区长寿路西段滑坡段为研究对象,重点介绍其工程概况、施工工艺及工程监测,为以后锚索抗滑桩施工提供参考借鉴。

**[关键词]** 锚索抗滑桩; 滑坡; 施工

## Application of anchor cable anti-skid pile treatment for large landslide construction

Zhong Xiong

Jiangsu Geotechnical Engineering Company 210019

**[Abstract]** the structure of landslide prestressed cable form is scientific, can improve the efficiency of materials, has great technical advantages, but its design and construction technology is more complex, need to establish the landslide supporting structure of geological and mechanical model, and combined with the actual situation of the slope area, analyze the internal structure, internal force to get the distribution of landslide section, to provide reference for the management of the landslide section. This paper intends to take the landslide section of the west section of Changshou Road in Nanjing as the research object, and introduce the project situation, construction technology and engineering monitoring, so as to provide reference for the construction of anti-skid pile in the future.

**[Key words]** anchor cable anti-skid pile; landslide; construction

### 1 工程概况

#### 1.1 滑坡概况

治理区位于南京江宁方山的长寿路西侧,2019年下半年该路段出现了明显的裂缝,经实地调查已被认定为一处滑坡地质灾害隐患。滑坡点位于六合斋至八卦泉的道路段,全长260m左右。坡向北西-西,坡面上下陡、中部较缓,长寿路地处中部缓坡位置。当前的变形标志以沿着道路中线的裂纹为主,具有良好的延伸性,张拉宽度为3~20mm,长度为10~30m,并且存在多个裂纹互相贯通的趋势。北段临近已处理的项目,裂缝主要为微张开,延伸性较差;在弯道处裂缝最大,约22mm;西南段的裂隙宽为微张至10mm。2020年4月,对该裂缝部位进行了再次调查,结果表明裂缝有明显的扩大迹象。

#### 1.2 滑坡形成机理

该工程位于一个地势高、高差大的地区,地下水以孔隙地下水和基岩裂隙水为主。孔隙地下水在杂填土1层、粉质粘土3-1层、碎石土3-2层和粘土3-3层中均有存在,含水量很少。在勘探过程中,测得了该区域地下水位的埋深为0.3~7.92m。

玄武岩4-1B层和4-2A层是基岩裂隙水的主要来源,4-1B层储集富水,勘探时测得的水位埋深在12.8m左右。斜坡的中、下段地势比较低,在滑坡体的剪切口附近,多处地下水以泉点形式溢出地表,从而形成一个湿润的、积水的区域。勘探发现,该区域地下水位在0.3~12.8m之间,对该项目存在直接影响的是地表降水入渗,长期降水入渗形成的地下水。治理区滑坡地质灾害点为土质、岩质滑坡。滑坡体主要由杂填土、碎石土、强风化玄武岩及强风化泥岩等构成,3-1层粉质粘土、3-3层粘土及5-1层强风化泥岩具膨胀性,土体颗粒粗细不均,内部粘聚力差,抗剪强度低,降雨时地表水易下渗,一方面增加滑动体的自重,易使处于极限平衡的坡体产生滑动;另一方面降雨及地表水通过渗透到滑动面(带)上,软化滑动面,降低了抗剪强度,减弱了稳定性,导致坡体变形失稳滑移。因道路修建等人类活动改变了原来的地形地貌,局部坡度较陡,边坡稳定性变差,斜坡的平衡状态被打破,在重力和降水的作用下使滑坡体失去稳定条件形成滑坡。

### 2 锚索抗滑桩的优势

预应力锚索抗滑桩是一种新型的支挡结构,通过在桩顶施加预应力锚索,改变了悬臂式抗滑桩静定的被动受力状态,变成了上端铰支、下端嵌固的超静定的主动受力体系,凭借桩-预应力锚索支护结构与周围岩土体的共同作用,将滑坡推力传递到稳定地层中,其受力分布合理,从而减小了桩的截面和桩的埋深,可大幅度降低工程造价。<sup>[1]</sup>所以,目前阶段,预应力锚索施工技术在公路边坡支护施工中是有极高地位的。预应力锚索抗滑桩的抗滑能力大小由其各部件承载力决定,并取决于各部件中最薄弱的环节,外锚具锚固力、钢绞线强度、锚固段锚固力等均需满足滑坡抗滑的相关要求,所以预应力锚索抗滑桩设计计算比普通抗滑桩更为复杂。<sup>[2]</sup>

设计考虑滑坡范围较大且推力较大,拟采用 AB、CD 共 2 排抗滑桩进行止滑,其中 AB 段采用 1.8m 桩径圆桩,桩长为 30.3~39.7m,CD 段采用 1.5m 桩径圆桩,桩长为 19.5~27.3m。所有抗滑桩对中间距均为 3m,桩长以嵌入滑面以下不小于滑面以上 0.8 倍桩长、嵌入中风化岩 5m 双重控制,具体施工时应根据实际地形及地层情况适当调整桩长以满足双控要求。AB、CD 段抗滑桩推力较大,桩顶设置锚索减小抗滑桩的弯矩,锚索入射角为 30°,自由段孔径 150mm,自由段长分别为 40m/32m,锚固段孔径 400mm,长均为 8m,钢绞线为 7 $\phi$ 15.2。

### 3 预应力锚索抗滑桩施工

#### 3.1 抗滑桩施工

钻孔桩施工工序:场地平整、测量放线、护筒埋设、成孔、清孔、钢筋笼安装、混凝土灌注。

##### (1) 成孔施工

利用 2 台 SANY SR360R 旋挖钻机进行抗滑桩成孔施工。抗滑桩施工前,先平整再采用块石修筑桩基操作平台,为确保旋挖施工时机械稳定及安全作业,在旋挖履带周围铺设钢板。按所测得的桩心位置进行施工放样,复核无误后,进行旋挖成孔施工。钻进第四系土层、强风化岩层或软岩时,采用旋挖钻头,钻进硬质岩层时更换为短螺旋钻头或牙轮筒式环状钻头。成孔过程中应检查钻头、钻斗门、钻杆的连接情况及钢丝绳的磨损状况,并清除钻头上的渣土。

旋挖钻进成孔时根据不同岩土层及地下水位埋深,桩孔无地下水,且孔壁稳定时,采取干成孔作业。发生孔内坍塌时,判明坍塌位置,回填砂和粘土(或砂砾和黄土)混合物到坍孔处以上 1~2m。坍孔严重时应全部回填,待回填物沉积密实后再进行钻进。该项目在穿过 3-2 碎石土、4-1B 强分化玄武岩(碎石状)、5-1 强分化泥岩时,孔壁坍塌严重,干作业成孔困难,采用泥浆护壁成孔。旋挖钻进成孔过程中,随着钻进深度的增加及时向孔内补充泥浆,使泥浆液面始终保持不低于护筒面 0.5m。钻孔达到设计深度,采用清孔钻头进行清孔。钢筋笼放置到位后应进行第二次清孔,清孔采用灌浆导管进行泵吸式循环清孔。

##### (2) 钢筋笼制安

由于抗滑桩的单桩钢筋笼最重可达 12 吨,且很难加工,

因此,所有钢筋笼都是在加工场集中制造,每个桩身的钢筋笼分 3~5 节,节长度通常为 9m。利用工程机械运输到施工场地,然后借助车载吊车分段吊装的方法,将每个桩身的每一节钢筋笼在井口焊接在一起。

在施工中需要注意的问题有:①旋挖钻进到终孔深度,并经勘察单位代表、监理工程师、业主代表的检查确认无误后,方可安装钢筋笼。②在制作钢筋的时候,必须仔细的计算,精确的下料与加工,绑扎的间距,根数,以及主筋的连接位置,都要按照设计图纸和施工规范的要求进行。为防止在钢筋笼连接过程中出现混乱对每个桩的若干个钢筋笼均分别进行编号。③钢筋笼悬挂点设置于主筋上;先吊入一节钢筋笼,并沿着井口支撑牢固,然后用汽车吊将下一节钢筋笼按照编号吊起,然后在井口处进行焊接,直到整个钢筋笼都焊接好。④竖向钢筋的搭接位置不应设置在土岩分界线及滑动面上。

##### (3) 混凝土浇筑

桩的混凝土标号为 C35,单车容量 10m<sup>3</sup>混凝土车辆运输,在运输过程中应注意防止出现混凝土离析及初凝等问题。为防止混凝土离析,采用串筒浇筑,开始灌注时,导管底部至孔底距离宜为 300mm~500mm。首次灌注的混凝土量应保证导管埋入混凝土面以下的深度不小于 0.8m;末次灌注的混凝土量应保证超灌高度不小于 0.3m。<sup>[3]</sup>混凝土应连续灌注,灌注停顿时间不超过 1h,灌注过程中导管埋入混凝土深度不宜小于 2.0m,在上提灌注导管过程中,应使其始终埋入混凝土中。及时采用插入式振动器振捣密实,振捣范围应覆盖桩孔全截面,混凝土保护层不得漏振。浇筑完成后,对暴露在地面上的抗滑桩及时用麻袋、草帘等加以覆盖并浇水养护。桩头的质量,主要取决于最后一次灌注混凝土的量,为保证桩头的质量,规范规定最后一次灌注混凝土的量必须高于设计标高 50mm~100mm,同时振捣密实。

#### 3.2 锚索施工

##### (1) 锚索钻孔

利用 MDL-150D 潜孔钻机进行锚索施工,钻孔采用干钻。钻孔速度根据使用钻机性能和锚固地层严格控制,防止钻孔扭曲和变径,造成下锚困难或其它意外事故。钻进过程中对每个孔的地层变化,钻进状态(钻压、钻速)、地下水及一些特殊情况作好现场施工记录。如遇塌孔缩孔等不良钻进现象时,须立即停钻,及时进行固壁灌浆处理(灌浆压力 0.1~0.2MPa),待水泥砂浆初凝后,重新扫孔钻进。钻进达到设计深度后,不能立即停钻,要求稳钻 1~2 分钟,防止孔底尖灭、达不到设计孔径。钻孔孔壁不得有沉渣及水体粘滞,必须清理干净,在钻孔完成后,使用高压空气(风压 0.2~0.4MPa)将孔内岩粉及水体全部清除出孔外,以免降低水泥砂浆与孔壁岩土体的粘结强度。若遇锚孔中有承压水流出,待水压、水量变小后方可下安锚筋与注浆。

##### (2) 锚索制作

预应力锚索体由自由段、锚固段两部分组成。钢绞线采用

7 φ 15.2mm, 高强度低松弛无粘结预应力钢绞线。钢绞线沿锚索体轴线方向每 2.0m 设置对中支架, 锚固部分每隔 1m 设一道钢束线环与隔离架错开放置。锚索制作应按规范要求采取防腐措施; 制成后应检查验收, 填写预应力锚索编制合格证。安装前, 要确保每根钢绞线顺直, 不扭不叉, 排列均匀, 除锈、除油污, 对有死弯、机械损伤及锈蚀严重的予以剔除。安装锚索体前再次认真核对锚索编号, 确认无误后再用高压风吹孔, 人工缓缓将锚索体放入孔内。安装时应防止锚索扭曲、弯曲, 避免锚固段钢绞线受到污染, 锚索入孔角度应与钻孔角度一致。

### (3) 锚索注浆

浆液制配材料采用普通硅酸盐水泥, 水泥强度等级为 42.5MPa, 第一次注浆采用水: 水泥: 砂为 0.43: 1: 3.43 的水泥砂浆, 排气注浆法施工。注浆管插至孔底, 砂浆由孔底注入, 空气由锚索孔排出; 锚索孔注浆采用注浆机, 注浆压力保持在 0.1~2MPa。锚固段进行二次压浆, 二次压浆应在一次注浆 24h 之内进行, 高压注水泥浆, 压力大于 2MPa, 水灰比 0.5~0.6。地层存在较大裂隙、空隙时, 采用跟管钻进及跟管注浆方法, 以及预先充填空隙裂缝, 确保浆液充填密实。注浆完成后应对锚索孔口进行补浆, 补浆次数及时间依据孔内浆液收缩情况确定, 补浆应保证孔口满浆。

### (4) 锚索张拉、锁定及封锚

锚索张拉采取测压为主要手段, 以测伸长度为辅助手段。张拉前, 要对张拉的千斤顶和油泵进行校准, 并求出千斤顶标定压力值与油压表读数的回归方程及相关系数。在正式张拉前, 采用轻型千斤顶对同一缆绳内 7 条钢绞线逐个进行预紧, 每条钢绞线的预紧力为 58.6kN。

锚索的张拉及锁定分级进行, 严格按照操作规程执行, 张拉中应记录其延伸量和所受的压力, 以验证延伸量和所受的压力是否一致。除了末级张拉稳定所需的时间是 10 分钟, 其他各级张拉稳定所需的时间都是 5 分钟, 在张拉结束后 6~10 天内进行补偿张拉然后加以锁定。从锚具量起, 留出长 5~10cm 钢绞线, 其余部分截去, 须用机械切割, 严禁电弧烧割。最后用水泥净浆注满锚垫板及锚头各部分空隙, 然后对锚头采用 C30 混凝土进行封锚, 防止锈蚀和兼顾美观, 防护层厚度应大于 50mm。

## 4 工程监测

根据工程特点, 主要布置了地表水平位移和垂直位移监测点、深层位移监测点、桩身位移监测点、锚索应力监测点。其中地表位移与深层位移监测点在施工前开始, 并持续整个施工期, 进行施工安全监测, 施工结束后转为长期监测, 监测防治

效果; 支护结构位移监测点、桩身位移监测点、锚索应力监测点为分段分项施工完成后进行, 主要为防治效果监测。

选择有代表性的锚索(现场抽取 6 根), 每分段 3 根, 在锚头安装锚索测力计, 通过对张拉过程中以及张拉完成后锚索应力的变化监测, 来分析张拉过程中以及张拉完成后的预应力变化规律, 进而分析边坡稳定性情况。

测试仪器采用预应力锚索测力计。锚索测力计的安装是伴随锚索施工进行的, 它包括钻孔、编锚索钢绞线、穿索、内锚段注浆和张拉等工序都应严格要求, 锚索测力计安装在张拉端, 安装时钢绞线锚索从测力计中心穿过, 测力计处于钢垫座和工作锚之间, 整个张拉过程采用油压表控制加载, 分级张拉, 拉力达到设计值时进行锁定。在分级张拉过程中应随时对锚索计进行现场监控, 并从中间锚索开始向周围锚索逐步加载以免锚索计的偏心受力或过载。张拉完成后取下千斤顶, 裁除多余的锚索、埋出监测电缆侧头后用混凝土封住锚头, 继续进行读数监测, 观测预应力锚索张拉后预应力长期变化情况, 对边坡开挖的稳定性进行判断。

把预应力锚索应力监测结果与桩身水平位移、坡面位移监测结果联合分析, 作应力与相近位移时的时程对比曲线。

## 结语

锚索抗滑桩作为一种新型的支护结构, 在支护结构中发挥着重要的作用。特别是在大面积滑坡的治理中, 其经济和治理效果更显著。在抗滑桩的施工中, 通过钢筋集中加工, 混凝土集中拌和, 并辅以机器, 可有效提高工作效率。另外, 由于大部分的锚杆施工机具都是轻巧的机器, 而且钢丝绳的材质是弹性的, 因此, 施工起来更加的灵活和便利。锚索抗滑桩治理大型滑坡体施工是一项复杂而重要的工程, 需要在设计、施工和管理等各个方面都进行严格的控制和监督。只有通过科学的规划和精细的施工, 才能确保治理效果达到预期目标, 保障人民生命财产安全。同时, 也需要不断总结经验和技术, 提高治理水平和效率, 为建设更美好的社会作出贡献。

## 参考文献

- [1]董建华, 吴晓磊, 连博等. 预应力锚索抗滑桩滑坡防治结构的动力计算方法研究[J]. 土木工程学报, 2022, 55(11): 72-82.
- [2]高超. 公路滑坡治理中预应力锚索抗滑桩的应用探讨[J]. 交通建设与管理, 2021(01): 70-71.
- [3]DB32/T 4077.3-2021 矿山生态修复工程技术规程 第 3 部分: 施工与监理, 2021: 38.