

# 振冲碎石桩处理病险水库的施工技术及质量控制

杜清坤<sup>1,2</sup>, 刘以波<sup>3</sup>, 穆道贵<sup>3</sup>, 木根芳<sup>3</sup>

(1. 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074; 2. 云南国土建设工程有限公司, 云南 昆明 650051; 3. 云南岩土工程勘察设计院, 云南 昆明 650051)

**摘要:**介绍了云南某病险水库大坝下游导滤体平台软土地基应用振冲碎石桩处理的施工技术以及质量控制措施。

**关键词:**振冲碎石桩; 复合地基; 软基加固

**中图分类号:**TV698.2<sup>+</sup>3    **文献标识码:**B    **文章编号:**1672-7428(2006)09-0040-03

## 1 工程概况

### 1.1 工程简述

工程的振冲位置位于大坝下游、距坝轴线约 30 m 的导滤体平台, 平行坝轴线长 140 m、宽 21 m 为振冲施工范围。场地上部 0~6.5 m 为人工填筑土, 下部为第四系冲洪积层, 多为河床淤泥质粘土层及砂卵石层, 层厚 >10 m, 属坝基上部薄弱环节的软弱地层。

设计振冲碎石桩按排距 1.5 m、孔距 1.8~1.95 m 布孔, 孔深 20 m 和 13.5 m 两种, 成桩直径 1.1 m, 面积置换率 0.35, 振冲器型号为 ZCQ-75。施工振冲碎石桩 1131 根, 进尺 20374.5 m, 用料 24000 余 m<sup>3</sup>。

### 1.2 技术参数的确定

振冲碎石桩主要通过填料量、振密电流和留振时间 3 个参数来控制, 具体施工参数经试验确定。工艺试验应选择在具有代表性的建(构)筑物非重要部位进行, 本工程共选择 2 个试验区, 每个试验区桩数为 10 根, 以不同试验参数进行试验。经过试验后的技术参数分析综合评定, 选用下一步的施工技术参数, 具体为: 布孔形式为三角形, 造孔电流为 50~85 A, 振密电流为 85~90 A, 造孔水压为 0.8~0.9 MPa, 振密水压为 0.3~0.5 MPa, 留振时间为 5~10 s, 振密段长为 50 cm, 孔距为 1.8~1.95 m。

## 2 施工工艺

### 2.1 施工设备

#### 2.1.1 振冲机具设备

振冲器: 型号 ZCQ-75, 功率 75 kW;

起重机: 专用的走管井架 JJ28;

水泵: 排污泵 1 台、清水泵 3 台及供排水管道。

#### 2.1.2 控制设备

控制电源操作台, 150 A 电流表, 500 V 电压表。

#### 2.1.3 加料设备

装载机 1 台, 机动翻斗车 10 辆。

### 2.2 施工步骤

(1) 技术交底, 施工场地具备“三通一平”条件, 水源、电源应接至施工现场 50 m 以内, 查清施工场地内的上、下设施及障碍物, 制定相应的施工处理措施, 清理平整施工场地, 布置桩位;

(2) 熟悉和分析施工场地的地质资料, 根据施工组织设计选用设计允许的施工机具就位, 并将振冲器对准桩位;

(3) 启动供水泵和振冲器, 水压用 0.8~0.9 MPa, 水量可用 200~400 L/min, 将振冲器徐徐沉入土中, 造孔速度 0.5~2.0 m/min, 直达设计深度, 记录振冲器在各深度的水压、电流;

(4) 造孔达设计孔深后, 边提升振冲器边冲水直至孔口, 再放至孔底, 重复两三次, 扩大孔径并使孔内泥浆变稀;

(5) 清孔后每次填料厚度 >50 cm, 将振冲器沉入填料中进行振密制桩, 当电流达到规定的振密电流值和规定的留振时间后, 将振冲器提升 30~50 cm, 反复填料至孔口, 记录各段深度的填料量, 制桩完成。

施工工艺流程见图 1。

收稿日期: 2006-03-29

**作者简介:**杜清坤(1972-), 男(汉族), 云南镇雄人, 中国地质大学(武汉)工程硕士在读, 云南国土建设工程有限公司, 地质工程专业, 从事岩土工程及地基与基础工程, 云南省昆明市董家湾路 172 号; 刘以波(1977-), 男(汉族), 云南镇雄人, 云南岩土工程勘察设计院, 采矿工程专业, 从事岩土工程及地基与基础工程, 云南省昆明市白塔路东风巷 87 号地矿大厦 17 楼。

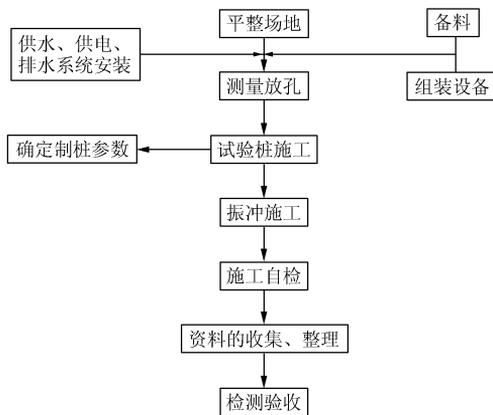


图 1 施工工艺流程图

## 2.3 施工中的质量控制

### 2.3.1 碎石料的质量控制

所有碎石料应为无风化、性能稳定的硬质碎石,级配为连续级配,最大粒径 10 cm,含泥量  $\geq 5\%$ ;施工中对每 2500 m<sup>3</sup> 石料做一次抽样检测,并及时将试验报告上报监理中心。

### 2.3.2 造孔时的质量控制

桩位严格按施工图纸测定,振冲器喷水中心与孔径中心偏差  $\leq 3$  cm,造孔时振冲器贯入土中应保持垂直,其偏斜应不大于桩长的 3%,振冲器每贯入 1~2 m 孔段,应记录一次造孔电流、水压时间,直至贯入到施工图纸规定的终孔孔深;振冲造孔后,成孔中心与施工图纸定位中心偏差  $\geq 10$  cm;造孔速度  $\geq 2.0$  m/min。

### 2.3.3 清孔时的质量控制

造孔完毕后,应清孔 1~2 遍,清孔时间 1~2 min,要求孔口返出泥浆变稀为止,清孔必须清到底,否则底部桩体将充满清孔掉下来的粉细砂及碎石,即使它暂时能承受振密电流的振荡力,但随着孔深压力的消散和桩体与周围土粒的重新分布,其强度也自然要降低,并且桩体的透水性和排水条件也难保证。造孔后如不紧接着清孔,将造成上述同一种情况,而且其位置在桩体中部,问题将会更严重,危害将更大。

### 2.3.4 制桩过程的质量控制

制桩顺序采用围打法。本工程填料主要采用强迫式填料方法,即在振冲造孔或清孔完成后,振冲器不提出孔口,而在孔内上提或下降,石料不断倒入孔内,利用振冲器的振动力和自重将上部石料挟送到要加密桩段;振密是在造孔内逐段加填碎石料,分节加密而成的,加密时间的长短是桩体密实程度的主要因素,施工中我们应用电气自动控制系统控制加

密电流和留振时间,加密必须从孔底开始,逐段向上,中间不得漏振,桩头部位加密效果不稳定,铺设一层 20~50 cm 厚的碎石垫层,以保证桩顶密实度。振密时加密电流、留振时间、加密段长及填料数量符合试桩选定的参数,施工完成的桩顶中心偏差不得大于桩孔直径的 0.2 倍,桩距及孔深应符合设计要求。

施工过程中应由专人按照设计文件要求详细填写施工记录表,包括每班的成孔电流、振密电流、水压、时间等数据,记录务必详细、真实、准确、清晰。

## 3 成桩质量检测

本工程质量检测委托云南省水利水电勘测设计研究院进行。按照规范要求,检测试验在振冲桩制作结束 21~28 天以后进行。振冲区共分 15 个单元,由建设、监理、设计、施工四方确定检查范围和布孔定点,最后确定在 3~9 单元主要施工地段分 2 个区抽检,按要求桩体孔为 7 个,桩间土孔为 4 个,共 11 个孔,按区间划分桩号 3-5、4-5、4-6、5-5 为桩体孔,JK1、JK2 为桩间土孔的第一抽检区;桩号 7-21、8-21、9-21 为桩体孔,JK3、JK4 为桩间土孔的第二抽检区。桩体孔孔深抽检与原填料孔深一致,桩间土孔深与原设计孔深一致。

### 3.1 桩体密实度检测

振冲碎石桩的检测采用重型(2)动力触探跟踪检测,密实桩标准为动力触探平均贯入 10 cm 的锤击数  $\geq 7 \sim 10$  击为合格;检验数量为桩总数的 0.5%,每项试验的桩数  $\leq 3$  根。另外对振冲主要材料碎石做 2 组试验,即颗分、相对密度、抗剪强度、饱和状态、压缩试验等。

### 3.2 桩间土处理效果检测

原地面高程至设计孔底高程段为桩间土检测深度,选用标准贯入试验,并采用钻探取土器取样进行振冲后土的室内物理力学性质试验进行对比。1.5~3 m 深度范围内连续做取样和标准贯入试验,土样为扰动样,标准贯入使用 63.5 kg 的自由落锤在取样后连续 30 cm 内进行。土样检测共计 18 组。

### 3.3 复合地基的抗剪强度计算

依据《水电水利工程振冲法地基处理技术规范》(DL/T 5214-2005)计算公式确定:

$$\text{tg}\varphi_{\text{sp}} = m\mu_p \text{tg}\varphi_p + (1 - m\mu_p) \text{tg}\varphi_s$$

$$\mu_p = n/[1 + m(n - 1)]$$

式中: $\varphi_{\text{sp}}$ ——复合土体的等效内摩擦角,计算得 33.5°; $\varphi_p$ ——桩体内摩擦角,根据试验为 40.2°;

$\varphi_s$ ——桩间土体内摩擦角,根据试验为  $15.1^\circ$ ;  
 $\mu_p$ ——应力集中系数,计算得 1.95; $n$ ——桩土应力比,无实测资料时可取 2~4,桩间土强度低时取大值、高时取小值,本工程取  $n=4$ ; $m$ ——面积置换率,综合计算本工程  $m=0.35$ 。

### 3.4 检测结果

本工程共 15 个单元,优良率为 100%,分部工程质量评定为优良。

## 4 施工中遇到的问题及应对措施

在施工振冲碎石桩时,主要难点是成孔和成桩时的振密电流及留振时间有时难以达到设计要求,我们在施工中采取了如下的工艺措施来解决。

(1)造孔时若遇到软弱土层时,应加适量填料进行初步挤振,将填料挤到软弱土层周围,以加固孔壁,即“先护壁,后制桩”;若土层中夹有硬层时,成孔速度宜慢,应用振冲器往复上下多次适当进行扩孔,使孔径增大以便于填料。

(2)成桩时振密电流及留振时间有时难以达到设计要求,主要原因是碎石难以充分到达振密段,应

让振冲器在孔内上、下反复活动,减小水压进行填料、振密和留振;桩体密实度不够时,增加留振时间,增大填料量,保证桩体连续性和密实度;桩位偏移过大时,应使振冲器对准桩位,控制初始贯入速度,保持振冲器垂直状态下沉。

## 5 结语

实践证明,采用振冲碎石桩对地基进行处理,技术先进、施工安全快捷、质量易保证、经济合理、检测手段简单易行。在实际施工过程中,振冲地基处理属隐蔽工程,很难直接检验其效果,因此,在现场施工时,应加强质量控制,保证施工质量达到设计目的。

## 参考文献:

- [1] GBJ 7-89,建筑地基基础设计规范[S].
- [2] JGJ 79-91,建筑地基处理技术规范[S].
- [3] DL/T 5214-2005,水电水利工程振冲法地基处理技术规范[S].

## 欢迎订阅《勘察科学技术》

《勘察科学技术》是由冶金勘察研究总院主办的学术—技术类双月刊,是中国科技论文统计源期刊,中国地质文摘引用期刊,中国学术期刊(光盘版)、中国期刊网万方数据科技期刊群全文收录期刊,多次被评为河北省优秀期刊。

《勘察科学技术》主要介绍岩土工程设计与施工、工程地质、环境地质、水文地质及地下水资源评价、工程测量及地理信息系统、工程物探、岩土测试、工程检测及地下管网探测等专业的科研成果、生产经验、工程实录以及新理论、新技术、新方法。

《勘察科学技术》内容丰富,理论结合实际,适于从事岩土工程及勘察的广大科研、设计、施工、监理、教学的专业技

术人员及高等院校学生阅读、收藏。

《勘察科学技术》国内外公开发行人,双月刊,大 16 开本,双月 20 日出版。每期定价 5.0 元,全年 30 元。邮发代号 18-153。全国各地邮局均可订阅,也可随时汇款到本编辑部订阅。

本刊兼营广告,价格适中,印制精良,注重实效。

欢迎广大读者投稿、订阅和广告惠顾。

地址:河北省保定市东风中路 13 号《勘察科学技术》编辑部 邮编:071069

电话:0312-3020887 3094054 传真:0312-3034561

E-mail: kckxjs@126.com kckxjs@163.com

## 欢迎订阅《岩土工程界》

月刊,大 16 开本,全年定价 240 元,邮发代号 2-656。

《岩土工程界》是面向岩土工程行业广大科研、教学、设计、施工等专业技术人员及大专院校师生的科技期刊,国内外公开发行人。

刊物宗旨:本刊致力于传递国内外岩土工程行业最新动态,追踪报道国家重点工程最新进展,提供业内相关政策信息,挖掘有价值的工程新闻线索,搭建探讨行业热点问题的平台,推广国内外施工队伍先进管理理念和新技术的应用。

主要栏目:业界视窗、信息快递、岩土论坛、工程与管理、基础工程、地下工程、边坡工程、测试与分析、图书评价、展览

预告。

欢迎您随时从邮局订阅,也可从编辑部订阅。

刊号:ISSN 1009-5098 CN 11-4489/TD

地址:北京市安贞里二区 11 楼一层《岩土工程界》编辑部 邮编:100029

电话:(010)64433594 64447778

E-mail: yantu@263.net.cn

开户行:北京农业银行双北桥支行

帐号:041901040004962

单位:北京博文斋技术开发有限公司