

排桩间高压旋喷桩在某基坑支护工程中止水应用

张晓辉

北京启力岩土工程有限公司 北京 102208
河北省地质工程勘察院 河北 保定 071051

摘要: 支护排桩间高压旋喷桩,是基坑支护中止水帷幕的一种方式,本文介绍了北京市大兴国际机场临空经济区发展服务中心基坑支护概况、重点论述在排桩间高压旋喷止水桩的工艺流程、施工质量控制重点、基坑开挖完成验证了止水效果,对排桩间高压旋喷止水设计效果又一次进行了验证,取得良好的经济效益。

关键词: 基坑支护排桩; 高压旋喷桩; 施工工艺; 施工质量控制; 止水作用效果评价

1 工程简介

北京市大兴国际机场临空经济区发展服务中心项目位于北京市大兴区与河北省固安县的交界处,大兴国际机场航站楼北侧,拟建建筑主要为办公楼、地下车库和公寓楼设施等,基础形式为筏板基础。

本工程±0.00 = 24.00m,地面设计标高23.50m,基坑设计深度为14.98m,槽底标高8.52m。

周边环境条件:拟建场地东侧为新修建的天兴四街,路面下有在使用的污水管线,紧邻基坑东南角基坑支护结构,且改造后污水流向南侧人工河,有向基坑方向渗水的趋势,北侧为建设中的建筑工地,主体已完工;西侧为天兴六街,南侧为人工河,河底标高低于基坑上口线4m,有向基坑渗水的趋势。

2 工程地质及水文地质条件

2.1 工程地质简述^[4]

表层为人工堆积土层,揭示堆积土层厚度0.69m ~ 2.40m(局部受人为影响厚度较大,厚约6.50m)的黏质粉土素填土、砂质粉土素填土①层及房渣土①1层。

人工堆积层以下为新近沉积的粉砂。

细砂②层,粉质黏土、黏质粉土②1层及砂质粉土。黏质粉土②2层;砂质粉土,黏质粉土③层,有机质土、有机质重粉质土③1层及粉砂,细砂③2层:砂质粉土、黏质土④层,有机质土、有机质重粉质土④1层,粉砂,细砂④2层及质黏土。重粉质土④3层。

新近沉积层以下为第四纪沉积的黏质粉土、粉质黏土⑤层,细砂⑤1层及黏质粉土。砂质粉土⑤2层:粉质黏土、黏质粉土⑥层,重粉质黏土。黏土⑥1层,细砂⑥2层及砂质粉土、黏质粉土⑥3层:黏土、重粉质黏土⑦层,黏质粉土、砂质粉土⑦1层,细砂、粉砂⑦2层及粉质黏土、黏质粉土⑦3层:黏质粉土、砂质粉土⑧层及细砂、中砂⑧1层。

2.2 水文地质条件^[4]

(1) 地下水储存情况。本场地岩土工程勘察期间(2019年10月中旬)于工程场区32m深度范围内测到3层地下水,现场实测得该层地下水类型、水位埋深及标高参见表“地下水水位量测一览表”,详细情况见表。

地下水水位量测一览表

序号	地下水类型	地下水稳定水位(承压水测压水头)		含水层
		水位埋深(m)	水位标高(m)	
1	潜水	8.00-8.50	14.71-15.57	砂质粉土、黏质粉土②层
2	层间水(具承压性)	12.40-14.00	9.81-10.88	细砂③1层,黏质粉土、砂质粉土③2层,细砂③2层及砂质粉土、黏质粉土③3层
3	承压水	23.60-24.60	-1.00-0.22	黏质粉土、砂质粉土⑦1层及细砂、中砂⑧层

(2) 地下水位动态变化规律。地下水的补给来源主要为雨水堆积渗入、地表水体渗漏等方面补给。地下土层含水量的排泄形式主要为地下土层中水平向径流为主要排泄方式。另外南侧人工河,施工期间1.5m深河水,东南角有污水管线,北侧有在施建筑工地,施工用水,以上人工产生的明水,有渗入基坑支护结构外的因素,支护结构防水不容忽视。

3 设计方案简述

根据围护结构的设计条件、围护结构不同的地质条件、水文情况、周围管线道路情况临近建筑物、排水沟的实际状况等不同使用情况进行综合考虑,本基坑工程支护结构剖面编号5剖、5a剖、5c剖、6剖、6a剖、6b剖、6c剖、7剖面共8个支护段,基坑支护深度一般为14.98m,±0.00 = 24.0m,槽底相对标高暂按-15.48m,各支护段均采用排桩+预应力锚杆支护体系,护坡桩直径均为800mm,排桩间距为1.4m,5剖、5a剖、5c剖护坡桩长24m、6剖、6a剖、6b剖、6c剖护坡桩桩长21m,基坑侧壁安全等级为一级。^[4]

止水帷幕采用排桩间高压旋喷桩,桩径1000mm,与排桩搭接200mm,桩长24.00m,有效旋喷段长度为

16.5m, 空孔段长度7.5m, 喷浆水泥采用P.O42.5水泥, 掺入比25%, 水灰比0.55。^[4]

帷幕桩与排桩咬合关系图

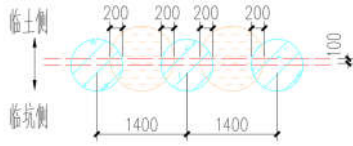


图1 施工前准备

3.1 技术准备

① 本着技术先行的原则, 进场施工前, 技术部编写围护支护专项施工方案, 做好技术交底, 方案先行。② 所有施工管理人员、施工人员将认真熟悉施工图纸、施工参数。③ 确定关键工序及质量控制要点, 制定相应的技术保证措施, 逐级交底。④ 技术管理人员和安全人员进场对施工现场周边地下管线进行进一步实地调查了解, 做到心中有数, 并针对不同的管线状况采取保护和预防措施。

3.2 物资准备

① 根据工程量统计、掺入比计算水泥用量, 策划每日材料用量, 提前与供应商联系进水泥事宜。② 设立水泥罐区、搅浆后台, 密封扬尘控制。

3.3 机械准备

① 经过对比选定高压旋喷桩机型号5P钻机、后台高压泵注浆泵型号3e160C高压注浆泵。② 维修保养到位, 且留有记录。

3.4 水电准备

① 根据施工现场条件和施工要求, 提前绘制“施工总平面布置图”, 在上报建设单位批准后实施; ② 在建设单位提供的三通一平的基础上, 根据“施工总平面布置图”提前进行临时设施、搅浆后台搭建, 为现场施工人员提供良好的生活工作环境; ③ 根据设备用电接好电源及施工用水源, 网电施工。满足设备用电需求以及用水需求。

3.5 现场准备

① 根据由业主提供的定位轴线及水准高程控制点由我公司专职测量员进行复核, 并根据坐标控制图, 提取止水帷幕桩坐标测放, 并根据排桩位置进行微调, 确保咬合正确; ② 根据“施工总平面布置图”, 准备好水泥罐等主要料场存放地以及相关施工设备的泊位; ③ 进场后, 需及时针对场区施工平面规划与总包单位沟通, 以便统筹安排场地的使用, 并在前期针对场区要求采取必要的措施。

4 三重管高压旋喷桩施工工艺

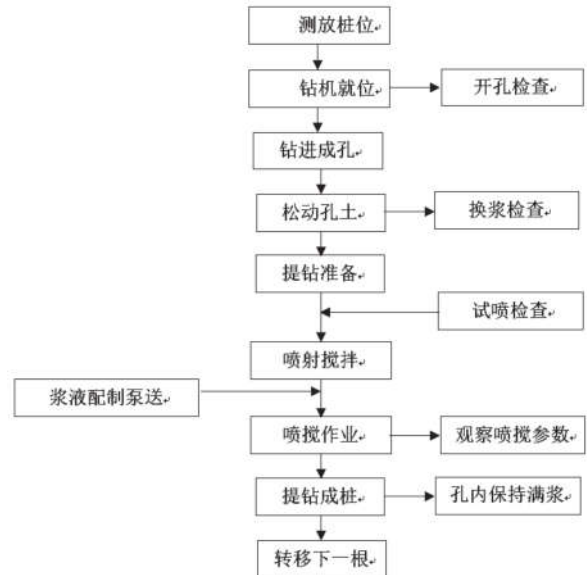
4.1 高压旋喷桩施工原理

三管法高压旋喷是一种水喷射、高压气喷射、水泥

浆混合浆液喷射就地搅拌的方法。即用高压管把水、气体水平向喷射切割土层, 在钻具高扭矩旋转综合体切割土层, 于此同时, 高压水泥浆喷嘴中高压喷射水泥混合浆液注入到被切割、搅拌的土层中, 水泥浆液与土层混合固化, 提高加固体的密度, 减小混合体的渗透系数, 达到止水隔水的效果, 其加固直径可达800~1200mm。^[3]

采用三重管法施工, 应先启动高压喷水、再启动喷射气体和水泥浆; 喷射时先应达到予设计的喷射压力、喷浆量后, 就地旋转几周圈再动力提升钻杆, 提升速度均匀, 喷浆量均匀; 当达到设计止水桩桩顶位置时, 应立即停止当前桩孔的旋喷工作, 并将钻具提到地表, 保持旋喷管畅通。三重管法是将水泥浆与压缩空气同时喷射, 除可延长喷射距离、增大切削能力外, 也可促进废土的排除, 减轻加固体单位体积的重量。

工艺流程:



止水帷幕桩施工工艺流程

4.2 施工工艺参数

止水帷幕桩施工主要技术参数参考表

项目		技术参数
压缩空气	气压 (MPa)	0.5 ~ 0.8
	气量 (m ³ /min)	0.5 ~ 2.0
水	压力 (MPa)	35 ~ 40
	水流速 (L/min)	79 ~ 120
	喷嘴直径mm	2 ~ 3.2
水泥浆	喷射压力 (MPa)	2.1
	水泥喷射量 (L/min)	101 ~ 150
水灰比		0.9 ~ 1.1
提升速度(cm/min)		8 ~ 15
旋转速度 (r/min)		5 ~ 15

止水帷幕桩在正式开工施进行了原位试成孔作业,根据地层情况地层性质厚度确定的水泥浆液配比、空气、水、浆的喷射压力、喷浆量等技术参数。

浆量计算:以单位时间喷射的水泥浆及喷射持续时间,计算出浆量,一般估算公式为:^[2]

$$Q = (H/v)q(1+\beta)$$

式中Q——浆量(m³);

H——喷射长度(m);

q——单位时间喷浆量(m³/min);

β ——损失系数,通常0.1~0.2;

v——提升速度(m/min)

4.3 旋喷桩施工^[4]

(1) 施工准备。1) 场地平整。人机进场后,组织管理人员、安全人员周边管线现场详细了解调查后,采用人机开挖清理围护结构区域表层土下2.0米左右的废弃管线、混凝土砖石等,然后素土回填压实整平;同步安排临时施工道路铺整、机械行走、临时用水布置、临时用电布置,确保“三通一平”,达到施工条件。2) 止水桩桩点测放。施工前用全站仪测放旋喷桩桩位,做好标记,一桩一签,经过验线合格后,转入下一道工序,移位偏差小于50mm。且根据既有排桩中心进行微调。3) 开挖排污沟池、搭建后台搅浆体系。按止水桩以往的施工经验,高压止水桩施工过程中一般产生10~20%的上返废浆,有组织让废浆流入开挖好的排污沟、排污池内,如影响下一步施工时,开挖到指定区域晾晒。晾晒后失水的废浆土方开挖时同步外运,保持现场清洁。后台搅浆体系,按规划的平面布置图,搭建水泥罐基础、水泥罐、浆液搅拌系统、水箱进出水系统,注浆泵注浆系统,紧凑统一安全文明,专人管理,保证储存、水泥浆配浆、高压输送高效统一。

(2) 钻机就位。场地整平设备就位后,操作人员把设备调平调垂直,保证钻机垂直度要求,钻具中心和桩点保持对中准确,对位偏差应在10mm以内,钻孔垂直度误差小于1%;钻进前应调试空气压缩机、高压注浆泵,高压水泵使设备运转正常;钻机组装完毕,实测钻具长度,根据设计桩长反算锤头标志点钻进深度,采用明显标识物作明显的对深标识,确保两个标识物对齐后,满足成孔设计深度。

(3) 旋转钻进。钻机就位,开启高压水、气,确认

喷嘴正常后,开始旋转钻进。钻进到设计深度,开启水泥浆喷射,保证钻孔深度达到设计要求。

(4) 旋喷提升。当钻具钻深满足设计深度后,正式启动高压注浆泵,调试压力达到设计压力值,匀速喷浆、匀速提升,将水泥浆等喷射到松散的土体中,同时废浆随气体排出。高压水泥浆喷射时,调整注浆泵压力值,达到设计压力值,正常工作后开始提钻具,为保证桩底端施工质量和密实度,钻具喷嘴下沉到要求深度后,在原位喷射10秒钟上下,等孔口正常冒泡冒浆后再匀速提钻,不同的地层可依据经验调整高压泵的喷浆压力。定速旋转、匀速提升、完成1根桩的喷浆工作。施工过程中,如设备发生故障,应停止设备,做好标记,积极抢修,以尽早恢复施工,恢复施工时,采取应急措施,预防产生冷缝,发生质量事故。

(5) 下一根桩施工。高压喷浆到设计桩顶标高时停止喷浆、停止喷水喷气,缓慢提升钻头出口口,设备安全移位到下一根桩位中心,重复上述过程成桩。

4.4 高压旋喷桩质量控制内容^[3]

(1) 开工前检查。在开工前对原材料、机械设备及喷射工艺等进行检查,主要有以下几方面:① 原材料(包括水泥及需要的外加剂)的厂家质量证明文件、原材复试报告;② 水泥浆配合比是否符合试验的参数调整;③ 钻机运转是否正常,在施工前对高压旋喷设备、高压泥浆泵、高压水泵等联机运转,同时确保浆液、气、水管路畅通,正常施工。④ 根据试喷效果检验止水桩施工工艺是否满足本工程地质条件,原桩位试喷桩孔数量不得少于2孔,确认本工程施工工艺。⑤ 开工前,统一沿支护桩止水桩位置清理地下障碍物,以保证钻进正常进行。⑥ 施工前检查桩位、压力表、流量表的精度和灵敏度。

(2) 施工中检查。施工中重点检查内容有:① 钻杆的垂直度及钻头定位;② 水泥浆液配合比及材料称量;③ 钻机转速、钻进速度、提钻速度及旋转速度等;④ 喷射注浆时喷浆(喷水、喷气)的压力、注浆速度及注浆量;⑤ 孔位处的冒浆状况;⑥ 钻塔、钻进标志;⑦ 施工记录是否完备。

(3) 完工质量检验。完工后主要对止水桩质量检查,包括:① 止水桩的试块强度结果统计分析;② 止水桩的桩中心偏差;③ 止水桩的漏水情况检查、抗渗情况检查;④ 临空面止水桩和排桩的咬合情况。

旋喷桩施工质量检验标准

序号	检查项目	质量标准	检查方法
1	钻孔垂直度允许偏差	≤ 1.0%	实测或全站仪测钻杆
2	钻孔位置允许偏差	50mm	尺量

续表:

序号	检查项目	质量标准	检查方法
3	钻孔深度允许偏差	±200mm	尺量
4	桩体直径允许偏差	≤ 50mm	开挖后尺量
5	桩身中心允许偏差	≤ 0.2D	开挖后尺量
6	水泥浆液初凝时间	不超过20小时	现场检查
7	水泥石强度	Qu(28) ≥ 1.2Mpa	试验检验
8	水灰比	0.9—1.1	试验检验

高压喷射注浆止水帷幕桩施工质量控制标准^[1]

项	序	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	水泥用量	不小于设计值		检查流量计
	2	桩长	不小于设计值		测量钻杆长度
	3	钻孔垂直度	≤ 1/100		经纬仪测量
	4	桩身强度	不小于设计值		试块或取芯
一般项目	1	水胶比	设计值		实际用水量与水泥量等胶凝材料的重量比
	2	提升速度	设计值		测上升距离或时间
	3	旋转速度	设计值		现场实测
	4	桩位	mm	±20	全站仪或钢尺量
	5	桩顶标高	mm	±200	水准测量
	6	注浆压力	设计值		检查压力表读数
	7	施工间歇	mm	≤ 24	检查施工记录

5 成桩质量控制

(1) 过程质量检验^[4]

施工时对使用的水泥质量进行了检验,总计用1800吨,见证送样4组,经过第三方检测实验室室内分析4组样品均达到复试合格;检查了成桩长度,抽查锤头标记与塔身标记的统一性,抽查了74次,桩长满足设计要求;随机实测抽检了37根桩垂直度,均小于1/100要求;施工过程中见证留取水泥石试块70组,试验结果平均1.8Mpa,桩身强度满足设计要求。

(2) 旋喷桩质量检验数^[4]

高压旋喷桩总计施工369根,检验数量为止水桩的3%,总计检测12根,质量满足要求。

(3) 检验方法

高压旋喷桩桩身质量验收采用留取混合水泥浆试块,测定试块强度。现场需要见证取样,留取水泥浆试块,并标准养护28天,进行室内物理力学性能试验,检查其抗渗能力及抗压强度。

6 效果结论

高压旋喷桩的成桩质量检验标准要求,主控项目检验水泥用量、施工桩长、钻孔垂直度检测、桩身强度检测,其中水泥质量复试合格、现场抽检施工桩长合格、

现场测量施工垂直度满足要求、桩身强度均检验合格;一般项目为水胶比、提升速度、旋转速度、桩位偏差、桩顶标高、注浆压力、施工间歇,对一般项目质量控制进行了相应的检测,检验结果合格。

7 结束语

基坑土方开挖完成后,相关单位组织进行了基坑支护结构验收,验收结论合格;同时进行现场地下水渗透实际检验,支护结构临空面地下水水位标高一下桩间支护面层干燥,无明显水渗漏,本次排桩间高压旋喷桩达到设计要求,抗渗效果良好,验证了排桩间高压旋喷桩在不同地层中的适用性,同时取得良好的经济效应。

参考文献

- [1]《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB50202-2018 北京:中国计划出版社2018
- [2]周易群、陈志刚:高压旋喷桩施工参数的优化设计工程实例。浙江建筑,2008-10-0019-03
- [3]丁小维、赵美莹:关于高压旋喷桩施工工艺的探讨。城市建设理论研究(电子版)2015-03-05
- [4]北京市大兴国际机场临空经济区发展服务中心项目专项论证 北京启力岩土工程有限公司 2020-002