

基于土木工程钻孔桩施工技术分析

徐飞¹ 谭芳兵²

(1. 东阿汇鑫建设发展有限公司, 山东 聊城 252200;
2. 山东鸿基鼎成建筑工程有限责任公司, 山东 聊城 252200)

【摘要】土木工程施工中涉及大量施工技术, 钻孔桩施工技术是工程基础施工的技术支撑之一, 以土木工程具体项目为载体, 对钻孔桩施工技术进行详细研究。利用理论分析法与实践研究法, 深层次了解钻孔桩施工技术, 并提炼应用经验, 以期为后续施工应用与质量提高提供参考。

【关键词】钻孔桩技术; 清孔处理; 钢筋笼吊装; 混凝土浇筑

钻孔桩施工技术的应用, 是提高土木工程施工质量与保证施工安全的重要选择。尤其是近些年, 土木工程施工项目增加, 钻孔桩覆盖范围扩大, 借助钻孔桩施工技术, 去克服复杂地质条件, 并提高土木工程承载力, 夯实工程施工基础。随着钻孔桩施工技术应用的持续深化, 加上土木工程施工要求越来越严格, 必须以土木工程为基础, 加大对钻孔桩施工技术应用研究力度, 提炼钻孔桩施工经验, 从多方面对钻孔桩施工技术进行升级, 借此更好地发挥出钻孔桩施工技术应用价值, 提升土木工程的安全性、适用性。

一、工程案例

此次研究以某公路项目为主展开, 该项目整个沿线长 36.2km。实际施工中, 因为工程覆盖范围广, 施工线路比较长, 所以划分为多个标段。结合公路项目沿线实况, 设计涵洞 10 个, 并设计 2 座中桥。工程中平面交叉处包括 23 个, 与其他公路的交叉设计为 20 处。因为此次施工项目地理位置的特殊性, 加上对施工技术与质量要求比较高, 所以选择钻孔桩技术完成项目的基础施工, 借此保证项目基础的稳定性。

二、土木工程钻孔桩施工技术具体应用

(一) 施工准备

1. 施工顺序。结合工程项目实况, 钻孔桩施工之前, 必须对施工环境、地质条件等进行综合勘察, 并根据施工设计图纸明确钻孔桩的施工顺序。此次项目钻孔桩施工顺序详见图 1, 结合图 1 按部就班完成施工操作, 并保证施工重点与难点处理得当。

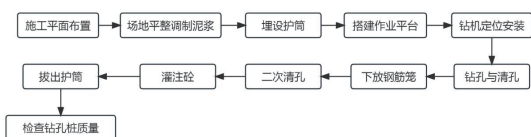


图 1- 钻孔桩施工顺序示意图

2. 施工平面布置。土木工程项目施工条件特殊, 为保证施工顺利完成, 必须提前进行施工平面布置。此次项目以搭设施工平台为基础, 对施工现场进行平整处理, 同步将地面杂物全面清理, 保证整个地面基础平整并夯实。

3. 护筒埋设施工。护筒埋设是钻孔桩施工的基本前提, 必须根据项目勘察情况与施工要求, 对护筒位置科学选择。第一, 以放线测量方式确定护筒位置; 第二结合施工标准与材料规范对护筒材料进行选择, 对比钻孔桩的桩径参数计算护筒尺寸, 要求护筒内径与钻孔桩径的间距控制为 30cm。护筒长度最大值为 2m, 厚度为 4±1mm。护筒制备必须满足钻孔桩施工的严密性要求。因为施工现场施工条件严苛, 尤其是水源方面, 所以此次施工以挖坑法为主, 坑深要求 ≥ 3m。部分旱地区域护筒埋设施工方便, 将护筒对准埋设位置进行有序锤击, 同步回填黏土, 规避护筒渗漏问题^[1]。按照施工要求对护筒埋设深度进行测量, 保证深度误差 ≤ 50mm。

4. 泥浆配置处理。钻孔桩施工中泥浆配置直接关系到最终的施工质量。泥浆配置必须遵循施工质量控制原则, 保证所有配置参数科学合理。因为施工中涉及正循环、反循环处理, 所以泥浆配置参数指标存在差异, 这一点必须注意。表 1 为此次施工项目两种循环方式下泥浆配置部分指标的整理, 结合表 1 对泥浆科学配置, 做好施工准备。

(二) 施工操作

1. 钻孔施工处理。钻孔作为钻孔桩施工的要点之一, 因为不同区域的地质条件差别明显, 所以钻孔施工方法多元化, 目前应用最频繁的方法为回旋钻孔与冲击钻孔^[2]。此次施工沿线区域, 涉及岩石层、黏性土层等, 因此以冲击钻孔方法为主, 搭配循环钻孔法完成钻孔施工。钻孔所选设备为液压钻

表 1- 泥浆配置部分指标参数

循环方式	不同地层	相对密度	失水率	黏度	含砂率	静切力	胶体率
正循环	一般地层	1.05-1.21	≤25mm/30min	16-22	4%-8%	1-2.5Pa	< 96%
	易塌地层	1.21-1.45	≤20mm/30min	19.58	5%-8%	3-5Pa	< 95%
反循环	一般地层	1.02-1.07	≤25mm/30min	16-20	< 4%	1-2.5Pa	< 96%
	易塌地层	1.07-1.11	≤20mm/30min	18-28	< 4%	1-3Pa	< 96%
	卵石土	1.11-1.16	≤20mm/30min	20-35	< 4%	1-3Pa	< 95%

机，型号为 zsd-3000，钻孔直径、深度最大值分别为 3000mm、150m，转速与扭矩参数分别为 0r/min-8r/min、2.10×103nm。钻机的总功率与提升能力参数分别为 2.10×103w、1.50×106n。

实际施工期间，需提前准备好三脚架、钻头等施工器械。结合施工现场情况，提前将卷扬机设置好，并安装固定三脚架，随后锁定钻孔位置并施工。实时检查钻孔施工现场的砂泵状态，根据出渣去判断是否补给泥浆。钻孔中若遇到砖渣过多的现象，需及时减慢钻速，控制≤ 1min，观察出水口状态，若出现堵塞需适当加快钻速。施工人员还要提取现场土层进行组成试验分析，随时上传现场钻孔信息。

2. 清孔施工处理。钻孔施工结束，首先检查钻孔深度是否达到施工标准，通过仔细检查确定钻孔合格后，进入后续处理环节^[3]。其次对钻孔进行清孔处理。目前清孔施工方法主要为空压机喷射与换浆法两种。因为钻孔施工后现场比较混乱，所以清孔方法的选择必须综合考虑现场情况，并计算冲洗液含渣量，还要对钻孔底部的沉渣进行测量，从预防塌孔与保证清洗质量方面出发科学选择清孔方法。根据清孔施工要求，制定详细的清孔施工计划，首次清孔操作需紧密衔接钻孔施工最后环节，即钻具停止钻孔后立即将钻头上升调整，待钻头与孔底的间距达到 1m 后，立即展开清孔施工。灌入提前准备好的冲洗液，启动钻机使钻头空转，冲洗时间为 10min。第一次清洗结束，向钻孔内下放并固定钢筋笼，进入第二次清孔处理。清孔施工完毕，现场技术人员提取泥浆样品并检测，若样品的相对密度满足 1.07-1.11 要求，并含砂率< 4%，表示符合施工质量标准。

3. 钢筋笼加工与吊装。钢筋笼加工处理主要在钻孔施工前完成。根据施工图纸与钻孔设计参数等，以分段制作方法对钢筋笼进行制作。为保证钢筋笼的稳定性与承重性，此次工程中将钢筋笼的外侧设计进行了调整，适当增设垫块，数量为 4 块，借此有效延伸钢筋笼竖向空间。钢筋笼的安装，采取电焊施工方法，按照先主筋后骨架的方式进行焊接。钢筋笼吊装之前，必须提前对其稳定性、变形、扭曲等进行

预防，吊装过程中，孔中心必须始终处于对齐状态，并匀速下放，控制好与孔壁四周的距离^[4]。下放期间如果发生异常情况，需立即上提，将钢筋笼停留在距离钻孔上方的 1m 位置，现场调整钢筋笼位置，待满足下放要求后再次缓慢下放。待下放至规定位置，将钢筋笼固定处理。钢筋笼顺利进入桩孔后，施工人员对标高、间距等进行检查，并保证无夹泥、歪斜情况。全方面对钢筋笼的加工、吊装要点进行梳理，确保所有施工细节处理到位，巩固钻孔桩施工基础。

4. 导管安装处理。此次施工项目中所选择的导管为无缝类型，内径参数规格为 20-35cm。因为工程项目所需导管范围广，所以导管必须控制好长度，要求每段长度为 5m。导管安装施工期间，需结合施工资料组织进行承压、水密等试验。水密试验实施期间，水压的设置需参考孔深压力的最大值，按照 1.3 倍设定。承压试验实施期间，水压设置需参考导管的管壁承载参数。导管安装施工中注意安装密封圈，并检查导管的状态，确定在顺直状态下完成密封圈安装。此外，同步进行严密性检验，精准把控导管长度以及两端与孔底的距离，规定范围为 30-50cm。

5. 混凝土灌注施工。导管安装结束，质量检验达到标准后，进入混凝土灌注施工阶段。具体灌注施工如下：（1）混凝土配合比计算。此次项目施工设计标号为 C30，规定的坍落度标准为 180-220mm。项目所用水泥为 P.042.5 级“海螺”水泥，碎石材料采购自文庄石料厂，规格为 16-31.5mm、10-16mm、5-10mm，掺配搅拌为 5-31.5mm 的连续级配碎石类型。水资源为施工现场地下水，砂采购自南京六合生产的中砂。外加剂为 DK-100(A) 聚羧酸高效减水剂，采购自合肥东坤建材有限公司。通过初步配合比计算、水灰比计算、水泥用量计算等计算，明确试验室配合比设计范围。

公式 1：试配强度

$$f_{a,i,0}=f_{a,i,k}+1.645\delta$$

公式中， $a_{i,0}$ 为混凝土配制强度，单位为 MPa；

$f_{a,i,k}$ 为混凝土强度设计标准值，强度为 MPa； δ 为标准差，单位为 MPa。

表 2- 混凝土配合比试验值

序号	水灰比(W/C)	砂率 (%)	配合比 (kg/m³)		坍落度(mm)	实测容重 (kg/ m³)	强度 (MPa)	
			水泥:	砂: 碎石: 水: 外加剂			7d	28d
1	0.40	42	433:	758: 1046: 173: 5.196	200	2420	37.4	43.6
2	0.45	43	384:	800: 1061: 173: 4.603	210	2410	33.2	40.9
3	0.50	44	346:	832: 1059: 173: 4.152	210	2400	30.2	38.4

公式 2: 水灰比

$$W/C = (\alpha_a \cdot f_{ce}) / (f_{cu,0} + \alpha_b \cdot f_{ce})$$
$$= (0.53 \times 1.15 \times 42.5) / (38.2 + 0.53 \times 0.20 \times 1.15 \times 42.5)$$
$$= 0.60$$

公式中, W/C 为水灰比; α_a 、 α_b 为回归系数; f_{ce} 为 28d 周期下的水泥实测强度, 单位为 MPa; $f_{cu,0}$ 为混凝土配制强度, 单位为 MPa。其中 $f_{ce} = \gamma_c \cdot f_{ce,g}$; γ_c 为水泥强度等级值的富余系数, 此次施工取值为 1.15; $f_{ce,g}$ 为水泥强度等级值, 单位为 MPa。

此外还涉及用水量的确定、外加剂产量的计算、砂率值的选择、粗细骨料使用量等。最后得到混凝土配合比试验参数, 水灰比标准为 0.45±0.05; 砂率标准值 ±1%; 试验中分别以水灰比 0.40、0.45、0.50 值, 以坍落度 180~220mm 为基本条件, 得到如下试验结果, 详见表 2。结合表 2 结果, 参考工程项目实况与施工标准中关于强度、耐久性等方面的要求, 选择水灰比为 0.45 的混凝土配合比试验值。

(2) 混凝土拌和。确定混凝土配合比后, 按照配合比参数对混凝土进行搅拌。以混凝土灌注的流动性要求, 按量添加并搅拌。初次搅拌中添加 30% 比例水, 再次搅拌中添加 60% 比例水, 加水期间需严格控制间隔时间, 搅拌最后阶段, 加入 10% 比例水, 并持续搅拌 90s。初凝时间。此次项目施工中, 部分路段为小桩径、部分路段为深桩径, 因此初凝时间控制不同。小桩径施工条件下, 初凝时间最佳值为 4h; 深桩径施工条件下, 初凝时间最佳值为 6h。因为施工现场温度、地下水条件等不同, 所以若初凝时间缩短, 需借助缓凝剂去将混凝土拌和料的初凝时间适当延长, 为后续施工处理做好准备^[5]。

(3) 坍落度控制。混凝土灌注施工期间, 坍落度控制尤为重要。若坍落度控制不当, 必然会增加断桩风险。灌注施工操作中, 按要求尽可能保持混凝土灌注处理的连续性, 借此提高混凝土灌注施工质量。实时观察混凝土灌注作业面的上升变化, 达到规定要求后将导管拆除, 随着作业面的上升逐渐缩短导管距离, 直至灌注施工结束。灌注施工速度

必须结合现场情况灵活调整, 灌注作业面距离钢筋笼 1cm 位置, 减慢混凝土的灌注速度, 有效预防钢筋笼上浮。不仅如此, 实时检查混凝土灌注量, 必须满足灌注施工要求。注意混凝土灌注施工不能与钢筋笼吊装施工环节立即衔接, 而是待钢筋笼吊装结束, 所有质量检验达标后方可进行混凝土施工。

三、钻孔桩施工技术应用效果

根据此次施工项目所选钻孔桩施工技术, 对其施工效果进行全过程检测。选择反射波法, 以桩身为载体进行应力传播, 并观察波阻抗界面变化情况。一旦桩身存在质量问题, 如裂缝、空洞或者缩颈等, 均会出现声波透射, 由此证明施工质量不达标。实际检测中并未发现相关问题, 从而代表钻孔桩施工质量达标。

结束语:

综上所述, 通过对土木工程施工中钻孔桩技术的研究, 对钻孔桩技术有更全面、清晰的认识。根据土木工程具体施工项目, 对钻孔桩施工技术加以实践。从施工准备、具体操作等方面, 进一步完善钻孔桩施工工艺流程, 掌握并处理好施工关键点。尤其是钢筋笼的吊装与混凝土灌注施工, 保证所有施工操作科学有效。根据施工技术应用效果的检测, 充分证明项目中钻孔桩施工技术应用的价值, 并达到提高钻孔桩施工质量的目的。

参考文献:

[1] 郝小琴. 浅析土木工程施工中桩基础施工技术[J]. 中国住宅设施, 2023, (08): 4-6.

[2] 周思明. 土木工程施工中桩基础施工技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2022, (34): 148-150.

[3] 胡小锋. 土木工程施工中桩基础施工技术应用研究[J]. 工程建设与设计, 2022, (12): 228-230.

[4] 宋迪. 土木工程施工中桩基础施工技术分析[J]. 工程与建设, 2021, 35(06): 1253-1255.

[5] 张攀. 土木工程中钻孔灌注桩施工技术的应用分析[J]. 中国标准化, 2019, (12): 130-131.