

岩溶地区灌注桩施工技术研究

肖 兴

广州市泰基工程技术有限公司 广东 广州 510663

摘要: 岩溶地区地质条件复杂,灌注桩施工面临塌孔、斜孔、卡钻、混凝土超灌等难题。本文以广州市花都区某美妆智造基地项目为依托,针对岩溶强烈发育地层,分析了深厚砂层及溶洞地质条件下的施工难点,提出了旋挖钻机与全回转钻机协同施工的技术方案,并采取了预注浆处理、泥浆护壁、反循环清孔等控制措施。检测结果表明,声波透射法、低应变法和钻芯法检测的I类桩占比均超过95%,单桩静载试验承载力满足设计要求,验证了施工技术的可行性与有效性,可为同类岩溶地区灌注桩施工提供参考。

关键词: 岩溶地区;灌注桩;旋挖钻机;全回转钻机;施工技术;质量控制

引言: 随着城市建设用地日益紧张,多层厂房成为解决工业用地矛盾的有效途径,这类建筑荷载较大,通常需采用钻孔灌注桩基础。然而,岩溶地区溶洞、裂隙、深厚砂层等不良地质条件发育,导致灌注桩施工极易出现塌孔、卡钻、混凝土超灌等质量问题,严重影响成桩质量和施工安全。为此,本文结合广州市花都区某美妆智造基地项目,针对岩溶强烈发育地层的复杂条件,研究钻孔灌注桩施工关键技术,并通过成桩质量检测评估实施效果,以期为类似工程提供参考。

1 工程概况

1.1 项目概况

项目位于广东省广州市花都区花山镇石下村,本工程场地拟建1栋4~5层厂房(研发楼,自编号为1#);1栋8层厂房(自编号为2#);1栋6层厂房(自编号为3#);1栋1层钢结构厂房(自编号为4#);1栋1层厂房(自编号为5#);1栋7层停车楼;1栋9层宿舍;1栋2层食堂。总建筑面积约15000m²,地下建筑面积约7107.57m²。该工程采用钻孔灌注桩,桩径为800mm、1000mm、1200mm、1400mm、1600mm、1800mm,桩身水下混凝土强度为C35,桩长约10~68m,钻孔灌注桩共536根(1#楼204根,2#楼111根,3#楼87根,4#楼99根,5#楼35根)。

根据岩土工程勘察报告(超前钻)揭露本工程场地1#楼场地的岩溶见洞率为37.09%,为岩溶强烈发育;2#楼场地的岩溶见洞率为81.32%,为岩溶强烈发育;3#楼场地的岩溶见洞率为68.8%,为岩溶强烈发育;4#楼场地的岩溶见洞率为55.63%,为岩溶强烈发育;5#楼场地的岩溶见洞率为65.71%,为岩溶强烈发育。结合现场情况及超前钻揭露的地质情况,针对本项目无溶洞、单层溶洞及溶洞在5m以下的桩采用旋挖机进行施工;大于5m的溶洞桩和多层溶洞桩采用全回转进行施工。全回转施工

工艺可有效应对复杂溶洞地层,确保成孔垂直度与孔壁稳定性,避免塌孔、偏孔等风险;旋挖钻机则在稳定地层中提升成桩效率,降低施工成本。两类工艺协同应用,兼顾安全性与经济性,为整体桩基质量提供可靠保障^[1]。

1.2 工程水文地质条件

根据该工程详细工程勘察报告,施工范围内的土层自上而下分别为:

素填土层、含砂粉质粘土、砾砂层、粉质粘土、中风化灰岩、微风化灰岩。其中素填土层厚度变化较大,层厚0.50~5.00m,平均3.35m;砾砂层层厚0.90~17.70m,平均层厚5.73m;中风化岩天然单轴抗压强度标准值为25.55MPa,微风化灰岩天然单轴抗压强度标准值为34.26MPa,微风化炭质灰岩天然单轴抗压强度标准值为31.69MPa。根据地下水的含水介质类型划分,场地内地下水主要是赋存于(1)填土中的上层滞水;(2)冲积砂层、圆砾层中的孔隙水;(3)岩溶裂隙水。地下稳定水位埋深为0.60~4.60m,地下水位标高为29.04~32.86m。

2 深厚砂层及岩溶强发育地层的特性

在深厚砂层及岩溶强发育地层含水量丰富,在此地层施工常出现陷机、钻孔穿过砂层时容易发生塌孔、旋挖钻突然钻穿溶洞顶板时容易出现陷机、桩机倾斜、卡钻等风险。

2.1 施工难点及应对措施

2.1.1 控制混凝土充盈系数过大及施工工期是难点

本工程地质条件属于溶洞强发育,混凝土充盈系数过大,难以控制

解决措施:

(1) 制定方案对土洞预处理的处理要求,根据超前钻勘察结果对揭露的土洞采用预拌流态固化土进行注浆处理;

(2) 针对本项目无溶洞、单层溶洞及溶洞在5m以下的桩采用旋挖机施工,溶洞大于5m的桩和多层溶洞桩采

用全回转施工。旋挖桩施工有溶洞的桩采用在钢筋笼外侧包铁皮的方法控制充盈系数。

2.1.2 控制桩基础在砂层和岩溶揭露的溶洞部分的施工质量是难点

本工程桩有部分桩需穿过砂层及溶洞进入稳定的持力岩层,地质条件差,容易出现缩颈、塌孔、浮笼、跑浆、掉钻等影响施工质量^[2]。

解决措施:

(1) 灌注桩采用旋挖桩机+全回转施工工艺,根据施工工期、节省费用及保证质量综合考虑,再根据溶洞的大小、层数分别采用旋挖桩机或全回转施工工艺。

(2) 控制泥浆比重

在砂层和溶洞回填后钻进时加大泥浆比重,同时严格控制好钻进速度,避免因钻进速度过快对地层扰动过大而造成塌孔现象出现。

3 钻孔灌注桩施工技术要点

3.1 旋挖灌注桩施工工艺流程及技术措施

3.1.1 施工准备

正式进场前应对整套施工设备进行检查,保证设备状态良好。

3.1.2 定位放线

由施工单位按施工设计图现场确定施工范围,测定控制点,并报监理公司验收签字认可后开始放桩位。

3.1.3 材料供应

按制定的材料进场计划组织施工所需的材料进场,并向监理单位报验。

3.1.4 钻孔

(1) 钻进过程中应经常注意土层变化,每进尺2m或在土层变化处对钻渣定时做取样分析,核对地质资料;同时应控制好泥浆比重和黏度。

(2) 在开始钻进或穿过软、硬层交界处时,为保持钻杆竖直,宜缓慢进尺;遇到孔内渗水,塌孔、缩颈等异常情况时,应将钻具从孔内提出,研究妥善处理。

(3) 当钻进达到设计深度时,报监理同意即可终止钻进。最后用钻斗进行掏渣清孔^[3]。

3.1.5 成桩、灌注

(1) 钻孔达到设计深度后,此时空转不进尺,加大泵量,以比重1.05~1.10的低比重新泥浆替换孔内比重较大的泥浆。

(2) 按要求下入钢筋笼。

(3) 水下灌注混凝土要求采用导灰管,管径235~250mm,灌注前应检查导管是否连接牢固。导管上口应放置隔水栓,导浆管下口距孔底距离控制在300~500mm之间。

(4) 灌注过程中应随时测量混凝土的埋管深度,使导浆管埋入混凝土的深度在1.0~6.0m范围内,导管的起拔速度宜慢不宜快。

(5) 混凝土灌注应连续进行,混凝土最后的灌注标高应高于桩顶0.5m以上。

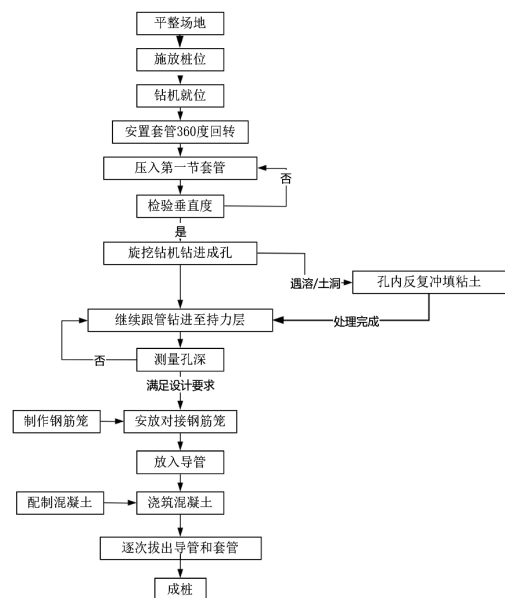
3.1.6 单层溶洞处理

旋挖施工过程中针对溶洞位置,若存在漏浆情况采用水泥土方式进行回填,回填至溶洞顶上1m的深度,待水泥土固结有一定强度后再次进行开钻,直至成桩;若不漏将不作处理,具体以现场实际情况为准。

3.2 灌注桩全回转施工工艺流程及技术措施

本项目针对多层溶洞及溶洞高度大于5m的桩位采用全回转钻机进行施工,

3.2.1 桩全回转施工工艺流程



3.2.2 平整场地

施工范围确定后,采用挖土机对场地进行平整,便于全套管全回转钻机施工。

3.2.3 施放桩位

测量员用全站仪测定桩位,打好木桩,做好标记。

3.2.4 钻机就位对中

钻机就位后,调整其水平并保证4个支腿油缸均匀受力。

3.2.5 安置套管

在主副夹具完全打开的情况下,放入带刃口的套管。抱紧套管后测定垂直度情况,可做微量调整,并随时用经纬仪或测锤监测。

3.2.6 校核钻孔垂直度

埋设第1、第2节套管,必须竖直,这是决定桩孔垂直度精度的关键。第1组套管安装好后要用2台经纬仪或2

组测锤从两个正交方向校正其垂直度，边校正、边回转套管、边压入，不断校核垂直度。

3.2.7 土层钻进

当钻进3m时，用抓斗取土，取土前套管上吊装保护套管接头的套管帽；回转钻进的同时进行取土作业，不能超挖，管底留有2倍直径厚度的土。钻机平台上有1m的套管没有钻进时，测量取土深度，处理套管接口，准备接套管。管口要进行防锈处理，涂抹油脂，并加一层保鲜膜，以便于拆装。吊装套管进行连接，保养过的连接螺栓要对称均匀加力并紧固。连接套管后继续钻进。

3.2.8 岩层钻进

施工顺序应根据地质钻探资料提供的溶洞分布情况，按照先短后长、先易后难、先外后内的原则确定各桩施工顺序。

钻进工艺，套管下到岩面以下即开始用冲击锤和冲抓斗进行冲、砸、钻、抓等组合工艺取出岩渣。

3.2.9 垂直度保证

(1) 调整机器水平并保证4个支脚油缸均匀受力，钻进时在距钻机十多米处安置两夹角90°吊绳进行观察，随时纠偏；

(2) 全套管全回转钻机自带有水平仪，可以随时调节机身的水平。

3.2.10 溶洞回填处理

桩机钻至溶洞做好记录，继续钻进至溶洞底后进行分层回填，回填采用水泥石土方式进行分层回填，单层回填深度约5~6m的深度。配比为10%水泥加现场钻出的泥土混合，回填至溶洞顶上来1m，待2~3天再次进行开钻，直至成桩。

3.2.11 钢筋笼制作与放置

(1) 按设计要求制作钢筋笼，全回转施工的桩钢筋笼保护层的厚度为外套管厚度再加上50mm。

(2) 钢筋笼采用吊车起吊。钢筋笼在运输吊放过程中严禁高起高落，以防弯曲变形。

3.2.12 混凝土灌注

(1) 灌注过程中应随时测量混凝土的埋管深度，使导管埋入混凝土的深度在1.0~6.0m范围内，导管的起拔速度宜慢不宜快。根据灌注进度同时拔出拆除全回转外套管。

(2) 灌注到设计桩顶标高0.5m以上后观察半小时，如发现混凝土面下沉就及时补灌注，混凝土面不出现下沉后拔出全部导管。

4 钻孔灌注桩施工实施效果检测

通过对本项目钻孔灌注桩施工技术进行合理优化，在保证桩基整体质量的同时，桩基的施工进度也满足项目整体要求。依据广东省灌注桩相应检测规范，在应

用声波透射法技术检测的211根桩中，I类桩的占比达到95.26%，II类桩的占比为4.74%；在应用低应变法技术检测的297根桩中，I类桩的占比达到95.62%，II类桩的占比为4.38%；在应用钻芯法技术检测的28根桩中，I类桩的占比达到96.43%，II类桩的占比为3.57%，上述检测方法都没有出现III类和IV类桩。检测结果表明，在项目应用的施工技术施工的灌注桩整体完整性好，其桩身内部无明显缺陷，成桩质量优良^[4]。

根据表1静载检测结果可知9根静载试验桩的承载力均达到最大试验荷载，且沉降量均在合理范围内，整体沉降速率平缓，符合规范及设计要求，且稳定性良好，验证了在此项目溶岩地质下采用的施工技术可行。

表1 单桩静载试验检测结果

序号	桩号	桩径/mm	最大试验荷载/KN	单桩竖向抗压极限承载力/KN	最大沉降量/mm	设计承载力特征值对应的沉降量/mm
1	2-72	1600	34400	34400	17.69	7.31
2	2-20	1500	31400	31400	18.43	8.07
3	3-45	1500	31400	31400	17.13	7.18
4	4-70	1200	19000	19000	12.03	4.30
5	4-48	800	8600	8600	8.01	3.47
6	1-151	1000	13600	13600	8.75	3.49
7	1-83	800	6000	6000	5.28	2.40
8	5-6	800	8600	8600	6.60	3.20
9	5-17	800	8600	8600	8.96	4.04

结束语

为了降低溶岩地层对桩基施工带来的不利影响，文章依托某美妆智造基地项目，针对其岩溶强烈发育地层的特性及施工难点，综合考虑施工工期、经济性等因素，对灌注桩施工工艺进行了优化，通过现场试验，验证了其有效性。工程实践表明，该项目钻孔灌注桩施工技术合理可行，对桩基整体成桩质量、保证项目进度有重要保障，可为类似项目钻孔灌注桩施工提供参考。

参考文献

- [1]赵晓磊,黄玉辉,曹军波,等.岩溶地区长护筒跟进旋挖钻钻孔灌注桩施工技术研究[J].建筑机械,2025(12):284-290.
- [2]黄文.旋挖灌注桩施工技术在岩溶极发育地区的应用研究[J].云南地质,2024,43(2):308-311.
- [3]杨小军,龙波,王勇,等.岩溶地区钻孔灌注桩孔斜处理施工技术研究[J].四川水力发电,2022,41(5):49-53.
- [4]李贵,张健.岩溶地区钻孔灌注桩施工技术研究[J].工程建设与设计,2021(2):173-175.