

超高压旋喷桩取芯完整率保障技术研究

魏 豪, 李建龙, 赵俊臣

(中交路桥华东工程有限公司, 上海市 201210)

摘要: 某锚碇区域上覆地层主要由粉质黏土构成, 表现出较低的力学强度和地基摩擦系数, 塑性不足且具有较高的压缩性, 地层厚度介于43.8~50.5 m。面对锚碇区基础承载力不足的挑战, 项目首次采用了桥梁工程中的全断面深层地基加固技术, 通过水平封底的方法对基底土壤进行改良, 超高压旋喷桩的施工质量对工程的最终成败起着决定性作用。取芯检测作为评估旋喷桩施工质量的关键手段, 其准确性和直观性无可替代。在取芯过程中, 由于受到取芯技术、设备性能、操作人员技能以及地质环境等多重因素的影响, 芯样的完整率较低。通过对比实验, 筛选出一套能够提高超高压旋喷桩取芯完整率的施工技术组合, 旨在提高后续试验准确性, 为类似工程提供宝贵的经验和技术指导。

关键词: 地基加固; 超高压旋喷桩; 取芯检测; 取芯工艺; 取芯设备; 取芯完整率。

中图分类号: U416.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)02-0212-04

Research on Guarantee Technology of Coring Completeness of Ultrahigh Pressure Jet Grouting Pile

WEI Hao, LI Jianlong, ZHAO Junchen

(CCCC Road and Bridge East China Engineering Co., Ltd., Shanghai 201210, China)

Abstract: The overlying strata in an anchorage area is mainly composed of silty clay, which shows the low mechanical strength and foundation friction coefficient with the poor plasticity and higher compressibility. The thickness of the strata is 43.8m~50.5m. Facing the challenge of insufficient bearing capacity of foundation in anchorage area, the full-section deep foundation strengthening technology is firstly used in the project. The basement soil is improved by horizontal sealing. The construction quality of ultrahigh pressure jet grouting pile plays a decisive role in the final success or failure of the project. The coring detection is a key means to evaluate the construction quality of jet grouting piles. Its accuracy and intuitiveness are irreplaceable. In the coring process, due to the influence of factors such as coring technology, equipment characteristics, operating personnel skill and geological environment, the coring completeness of core sample is lower. Through the experimental comparison and research, a set of construction technical combination, which is able to improve the coring completeness of ultrahigh pressure jet grouting pile, is screened out. Its aim is to improve the subsequent experimental accuracy and provide valuable experience and technical guidance for the similar projects.

Keywords: foundation reinforcement; ultrahigh pressure jet grouting pile; coring inspection; coring process; coring equipment; coring completeness

0 引言

RJP技术, 即Rodin Jet Pile方法, 通过运用高压喷射流的动能, 破坏土壤层的固有结构, 进而将这些受损的土壤颗粒与固化剂混合, 形成具有较大直径的桩基, 旨在增强土壤的承载力, 是一种创新的地基加固技术。基于项目实际情况, 在RJP工法的基础上进行改进形成D-RJP工法, 增大上部高压喷射水

压力和流量, 一次性切削成孔径, 下部喷嘴关闭辅助高压气, 仅高压喷射水泥浆搅拌填充桩体, 形成更大直径且搅拌均匀的旋喷体。D-RJP工法适用于淤泥、淤泥质黏土, 黏性土、粉土、黄土、砂土、人工填土等土层的地基处理。经D-RJP工法处理过的地基具备较好的防渗性能和地基承载能力, 在大规模的基底处理中较强的推广性。

在超高压旋喷桩施工过程中, 可能会遇到由于水泥掺合比例的限制、混合过程的不均匀性, 以及在回浆过程中水泥含量过高等问题, 这些问题可能导致桩体的强度不足以及均匀度降低。因而需要采用

收稿日期: 2024-06-29

作者简介: 魏豪(1997—), 男, 本科, 助理工程师, 从事路桥建设施工工作。

桩体取芯方法进行桩体强度及均匀性的检测,芯样的完整率对于后续的室内试验结果起着决定性的作用^[1-7]。

本文以张靖皋长江大桥北航道桥南锚碇深层地基加固超高压旋喷桩施工检测为依托,分析了影响芯样完整率的关键因素。通过取芯工艺的比选,提高操作人员的取芯水平等作试,达到提高取芯完整率,制作合格室内试验测试试样的目的。

1 工程概况

张靖皋长江大桥北航道桥为主跨 1 208 m 双塔单跨吊悬索桥,南锚碇基础下 28 m(局部厚度为 30.5 m)采用大直径超高压旋喷桩深层地基加固,旋喷桩布置见图 1。加固区深度方向分为格栅加固区和满堂加固区。上层为格栅加固区,桩径 1.7 m;下层为满堂加固区,桩径 2.4 m,搭接 0.7 m。高压旋喷桩加固区面积为 5 944.7 m²,加固桩 2 497 根,加固方量 191 659.3 m³^[8]。

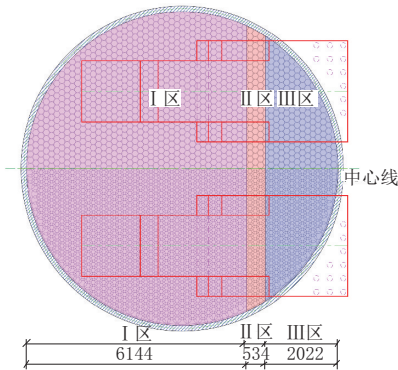


图 1 高压旋喷桩布置图(单位:cm)

1.1 工程地质

北航道桥南锚碇位于冲积江心岛上,根据地勘报告,锚址地层主要为第四系冲洪积粉砂,局部夹粉土和粉质黏土,其中上部地层松散一稍密,中部稍密一中密,下部地层密实。长江范围第四系覆盖层很厚,基岩埋深超过 120 m。南锚软弱覆盖层以粉质黏土为主,强度和地基摩擦系数低,塑性差,压缩性高,厚度 43.8~50.5 m。

1.2 地质水文

该桥梁所处的区域气候条件表现为湿润,具有充沛且持续的降水,地表水体如长江与地下水之间存在良好的水力联系。特别是在雨季,地表水对地下水资源的补给作用显著,对维持地区地下水位具有重要作用。据区域资料及勘察成果,可分为松散层孔隙水和基岩裂隙水,根据埋藏条件,松散层孔隙

水分为潜水含水层、承压水含水层。地质水文主要呈现以下特点:

(1)场地内地下水位较高,埋深不足 2m,且周围河流沟渠较多,水系发达。

(2)承压水含水层厚度大、渗透性好、补给条件好,且隔水层厚度较薄且不均匀。

(3)地下水位受长江水潮汐影响明显,时刻不断地随潮位变化,下水位峰值较长江水位滞后约 1~1.5 h^[9]。

2 影响取芯完整率的因素

2.1 桩体质量

若超高压旋喷桩在施工过程中未能达到预期的质量标准,可能会导致混合不均、粘结力不足、桩体内部泥沙含量过高,以及桩端未能充分深入预定深度等问题。这些问题均可能对取芯时的芯样完整性产生不利影响。在进行取芯施工时,若桩体强度较低,则其芯样完整率也无法得到保证^[10-11]。

2.2 取芯工艺

现阶段超高压旋喷桩取芯常用的有单动管取芯、单动三重管取芯以及绳索取芯^[10]等取芯工艺,取芯技术的选择需依据地层特性和桩体的承载能力而定。施工过程中,应综合考量施工和设计单位的具体要求、取芯的目标、地质条件的特殊性,以及取芯作业的效率与成本,从而挑选出最适合的取芯技术方案。

2.3 冲洗介质

超高压旋喷桩取芯施工时,钻孔的冲洗介质选择极为重要。钻孔的冲洗介质又称为钻探的血液,钻孔介质主要具有冷却钻头、排渣、清洗孔底、保护孔壁的功能。目前常用的冲洗介质主要是清水、泥浆、空气 3 种。一旦钻孔过程中冲洗介质停止循环,或者选择不当时,就会发生烧钻,钻进时破碎的岩粉煤渣不能及时排出孔外,甚至不能进尺,甚至还会发生孔壁坍塌,夹埋钻具等一系列孔内事故。因此,正确选择和合理使用冲洗介质是提高钻探效率、提高取芯完整率和降低钻探成本的必要手段。

2.4 钻孔垂直度

在超高压旋喷桩钻孔取芯过程中,若钻孔垂直度不满足要求,钻孔发生了倾斜,则会导致钻头及钻杆偏出旋喷桩身之外,影响取芯完整率及芯样质量^[12-13]。在取芯钻孔过程中,导致钻孔倾斜的因素有:

- (1) 钻机在向下钻进过程中,钻机立轴发生倾斜;
- (2) 钻头钻进过程中,遇到不均匀地层时,钻头会带着钻具往质地较软的地层倾斜;
- (3) 钻杆在钻机轴压作用下发生弯曲。在钻进过程中,需要采取相应的措施避免钻孔倾斜。

2.5 操作水平

进行取芯施工的作业人员的技术水平同样会对于超高压旋喷桩取芯完整率造成影响。设备操作技术水平低、经验较少的施工人员对于现场实际取芯施工遇到的突发问题无法解决,临场应变能力较差,芯样完整率无法得到保证。因此选择施工经验丰富的取芯施工队伍,对于提高超高压旋喷桩取芯完整率有着较大而帮助。

3 保障取芯完整率的方法

3.1 取芯时机确定

根据项目初期的工艺试验,对比了超高压旋喷桩在成桩后的第15 d和第20 d进行取芯的结果。发现在第15 d时,超高压旋喷桩取芯率约为80%,分布不均匀,少部分芯样完整性较高,但大部分芯样破碎;而到了第20 d,芯样的完整性和强度均有显著提升,取芯率约为95%,水泥含量较高,芯样强度较高,完整性较好,芯样情况见图2、图3。为保证桩体取芯完整率,超高压旋喷桩取芯施工时要在桩体成桩20 d以上方可进行。



图2 高压旋喷桩龄期15 d芯样图

3.2 取芯工艺比选

为确保超高压旋喷桩取芯完整率,项目前期试验阶段采用绳索取芯、单动管取芯以及单动三重管取芯3种施工工艺进行取芯比选。

绳索取芯采用 $\phi 112$ mm外套管下钻至加固体顶

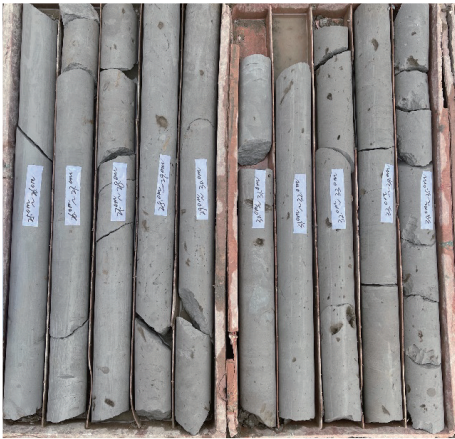


图3 高压旋喷桩龄期20 d芯样图

部,在钻具里面套装一根 $\phi 90$ mm取芯管,在钻进过程中,芯样缓慢进入在取芯管内。当芯样装满取芯管时,采用带绳索的打捞器从钻杆中把取芯管提出,提取芯样。单动管取芯是最常见的取芯方法,钻进时卡取的岩心进入单管内,卡取岩心后把单管及岩心提到地表,适用于坚硬、完整、不怕冲刷的岩矿层。单动三重管取芯由外管、内管、衬管三重管组成,是一种使用3个同心管进行取芯的方法,外管用于接收冲洗介质,中管用于压缩空气,内管用于输送取芯筒。3种取芯工艺所取芯样见图4至图6。



图4 绳索取芯芯样部分照片



图5 单动管取芯芯样部分照片



图6 单动三重管取芯芯样部分照片

通过设备现场取芯试验对比,绳索取芯在软土中取芯效果不佳,芯样完整率差,但是在加固桩强度较高的情况下,芯样完整率好,适用于需要进行较深

地层取芯的工程,尤其是在硬质岩层或较深的土层中。单动单重管取芯时单管与单管内的岩心有相对运动,并受冲洗介质的冲蚀,影响取芯效果,导致取芯的芯样的完整率较差。单动管取芯成本较低,操作简便,适用于土层较为均一、不需要深层取芯的工程。单动三重管取芯效果好,取芯完整率高,取芯过程中芯样破坏性小,原状土、粉质黏土等均能完成取芯,适用于需要进行深层取芯且地层条件复杂,如松散、破碎或有空洞的地层,适合超高压旋喷桩取芯施工。

3.3 冲洗介质

在超高压旋喷桩取芯施工过程中,采用清水作为取芯的冲洗介质。通过对单动三重管钻具的设计,清水在管层间流动被引导至钻孔的底部,而芯样则保留在内层管中,这样的设计能有效防止了芯样受到直接冲刷,从而保护了芯样的完整性,减少了冲洗介质对取芯完整率的潜在负面影响。

3.4 钻孔垂直度保证

在超高压旋喷桩取芯施工时,为保证钻孔垂直度,通常采用以下方法^[14-17]:

(1)在开始取芯钻孔之前,对场地进行平整,并在钻机下垫以钢板或路基箱,同时利用水平尺确保钻机的水平状态;

(2)在钻孔作业中,每钻进10 m深度,使用水平尺检查钻杆的垂直状态;

(3)当钻遇不均匀地质层时,通过降低钻速和泵压来维持钻孔的垂直度;

(4)选用直径较大的钻杆进行钻探,这有助于提高钻孔的垂直度,确保取芯过程的精确性。

3.5 取芯操作提升

超高压旋喷桩取芯钻孔水平主要反映在现场钻机操作人员的施工水平和桩机的施工方式。操作水平的好坏直接影响旋喷桩取芯芯样完整率;取芯钻机的施工水平则是芯样结果真实与否和准确与否的首要条件。操作人员需要准确确定取芯位置,以确保取得代表性的样本。如果定位不准确,可能会导致取得的芯样不具代表性,影响对桩基质量的准确评估。取芯过程中,操作人员需要熟练掌握操作方法,包括取芯机的稳定性、取芯速度的控制等,以避免损坏芯样或造成取芯不完整。在取芯过程中可能会遇到各种突发情况,如芯样断裂、设备故障等,操作人员需要具备快速判断和处理问题的能力,以减少对取芯质量的影响。选择经验丰富的操作人员进

行超高压旋喷桩取芯施工,可以更好地完成现场的取芯工作,提高桩体取芯芯样完整率。

4 结 语

本研究基于张靖皋长江大桥北航道桥南锚碇工程的实践,深入分析了影响超高压旋喷桩取芯完整性的多个因素,并结合现场取芯试验,提出了确保取芯完整性的有效措施:

(1)在进行取芯施工时,超高压旋喷桩桩体龄期应不少于20 d。

(2)单动三重管取芯工艺具有取芯效果好,取芯完整率高,取芯过程中芯样破坏性小等优点,可适用于多种不同地层,具有较好的推广性。

(3)采用粗直径的钻杆进行取芯工作,可以保持较好的钻孔垂直度,有利于现场取芯施工芯样完整率的保障。

(4)选用经验丰富的取芯施工队伍,可以从取芯施工层面最大限度提高取芯芯样完整率。

通过采取一系列的提高取芯芯样完整率的措施,超高压旋喷桩取芯芯样完整率均可达到98%以上,可有效保障桩体取芯完整率满足试验检测要求。

参考文献:

- [1] 潘华林,钱和平,蔡泽恩,等.高压旋喷桩加固高灵敏软土地基现场试验研究[J].地基处理,2021,3(1):71-75.
- [2] 郭琼玲.高压旋喷桩在海上风电桩周土加固中的应用[J].地基处理,2023,5(1):62-66.
- [3] 许延祺,赵洁.双支座花瓶墩高架桥抗倾覆性能研究[J].公路交通技术,2024,40(1):115-122.
- [4] 郑贺,鲍宇,刘汉臣.MC 劲性复合桩在硬土层中应用的试验研究[J].地基处理,2023,5(3):262-268.
- [5] 郭凯荣.钻芯法在软土地层水泥搅拌桩质量检测中的应用[J].四川水泥,2023(9):170-171,180.
- [6] 张驰,吴万炯,李飞,等.小口径水平绳索取芯钻进防偏斜方法探索与实践[J].隧道建设(中英文),2023,43(增刊1):283-288.
- [7] 胡煦.深层水泥搅拌桩取芯结果验证分析及改进[J].工程与建设,2023,37(2):638-641.
- [8] 权宝安,何思元.深厚软土覆盖层桥梁基础加固工艺优选与参数研究[J].城市道桥与防洪,2023(12):136-140.
- [9] 魏豪,赵俊臣.张靖皋长江大桥锚碇基础地下连续墙施工技术[J].城市道桥与防洪,2024(3):156-159.
- [10] 包亮.钻芯法在建筑工程质量标准检测中的应用分析[J].大众标准化,2023(18):130-132.
- [11] 刘华吉,张占荣,黄一雄,等.工程勘察新型取芯钻具设计与应用[J].工程勘察,2023,51(10):12-16.
- [12] 彭及跃.桥梁桩基综合检测技术研究[J].工程技术研究,2023,8(20):66-68.
- [13] 郑自斌.浅谈单动双管取芯技术在卵石层勘探中的应用[J].福建建设科技,2023(6):46-49.