

跨江特大桥旋挖钻孔灌注桩入海口水上施工实践

杨联锋, 刘成博

(山西省第三地质工程勘察院, 山西 晋中 030620)

摘要:以温州市市域铁路灵昆特大桥北岸工区钻孔灌注桩施工为工程实例,对旋挖钻机在跨江入海口水上钻孔施工中,遇到的强潮海区,钻孔桩深度较大,上部有流塑性地层极不稳定,桩底要伸入卵石层较深且卵石层存在急性漏浆情况,受潮汐影响很容易造成塌孔等重点难点所采取的技术措施及工程效果进行了分析与探讨。

关键词:跨江特大桥;旋挖成孔;超深钻孔灌注桩;水上施工;漏浆;塌孔

中图分类号:U443.15⁺4 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2017)09-0089-04

Over-water Construction Practice of Rotary Bored Grouting Pile at the Estuary of Oujiang River/YANG Lian-feng, LIU Cheng-bo (Shanxi Provincial Third Institute of Geological Engineering Investigation, Jinzhong Shanxi 030620, China)

Abstract: With the engineering case of bored grouting pile construction in the work area at north band of Lingkun bridge for Wenzhou regional railway, the analysis and discussion are made on the technical measures adopted to overcome difficulties of rotary drilling rig construction in over-water holing at the estuary and the engineering effects. The difficulties are involved as strong tidal sea area encountered, large depth of bored pile, very unstable flow plastic formation at the upper part, the pile bottom extending deep into the pebble layer with sudden mud leakage possibility and hole collapse easily caused by tidal effect, and so on.

Key words: super river-crossing major bridge; rotary holing; super deep bored grouting pile; over-water construction; mud leakage; hole collapse

钻孔灌注桩由于其稳定性强、适用环境宽泛而被桥梁工程广泛采用。旋挖钻机施工因其成孔快、噪声低、污染小而成为钻孔灌注桩施工的主流工艺。近年来,随着我国交通基础工程建设的迅猛发展,对基础设施建设的等级要求越来越高,而施工条件却越来越复杂,促使旋挖钻机成孔施工向深度长、口径大、难度高等方向发展。浙江省温州市市域铁路灵昆特大桥整座大桥全部采用钻孔灌注桩形式基础,对施工技术要求很高,质量控制因素多,难度大,是我院近几年遇到施工风险和难度最大的一个项目。该特大桥桩基工程分为南、北岸两个工区,我院承担了北岸工区钻孔灌注桩的施工任务。由于我们成功地解决了旋挖钻机在该工区遇到的漏浆、塌孔等技术难题,在该工区全部采用大型旋挖钻机成孔工艺,而南岸工区仍然采用了“泥浆循环、回转钻进”这一传统的成孔工艺。

1 工程概况及地质条件

1.1 工程概况

收稿日期:2017-03-14;修回日期:2017-07-13

作者简介:杨联锋,男,汉族,1968年生,副院长,钻探工程专业, sxjlylf@sohu.com;刘成博,男,汉族,1982年生,山西省第三地质工程勘察院巨力岩土工程有限公司副经理,土木工程专业,从事岩土工程施工技术、质量管理工作,山西省晋中市榆次区大学街三勘院巨力公司,17703369@qq.com。

浙江省温州市市域铁路灵昆特大桥是构建未来温州市龙湾、瓯江口新区两大核心区的快速联系通道,横跨瓯江东海入海口,全长3363.3 m。是全国首条制式创新轨道交通工程S1线项目中的重点控制工程。特大桥桩基础均采用钻孔灌注桩,全桥共设计钻孔桩1224根($\varnothing 1.5$ m 84根, $\varnothing 1.25$ m 1140根),总计75888延米。分南北两个工区,南岸工区625根,合计38750 m。北岸工区599根,合计37138 m。我公司主要承揽北岸工区钻孔灌注桩施工,平均孔深75 m(最浅67.3 m,最深84.7 m)。

1.2 地质条件

1.2.1 岩土层特性

桥址所在区域自上而下岩土层特性见表1。

1.2.2 施工技术难点

由于本桥址位于瓯江东海入海口,属强潮海区(潮差可达到5~9 m),施工区域强热带风暴和台风等灾害性气象袭击频繁,工作环境比较恶劣。钻孔桩平均深度为75 m,江内地质条件复杂,上部有流塑性地层极不稳定,桩底要伸入卵石层6~12 m。

表1 岩土层特性

序号	地层名称	厚度/m	地层特征	σ_0/kPa
①	淤泥	1.6~6.4	灰、褐灰色,流塑	45
②	粉砂	2.4~11.2	灰色,饱和	90
③	淤泥	3.5~18.4	褐灰色,流塑	50
④	淤泥质粘土	6.2~13.7	褐灰色,流塑	60
⑤	粘土	7.5~16.6	浅灰、灰蓝色,软塑	120
⑥	粘土	4.5~14	灰蓝、灰绿、灰黄色,可塑	150
⑦	粉质粘土	5.5~19.8	灰绿、灰黄、灰色,可塑	180
⑧	卵石	7.5~13.2	灰色,中密,饱和	550
⑨	粉质粘土	3.5~12.4	灰色,可塑	150

主要存在以下施工技术难点。

(1)护筒底部流塑状淤泥层过渡性岩土层,在钻进成孔期间,如何确保不塌、不跨,不影响后续施工。

(2)要求钻孔桩持力层进入卵石层中,钻进效率低,钻斗磨损大,成孔相当困难。

(3)底部卵石层普遍存在漏浆现象,导致瞬时压力失衡,受潮汐影响很容易造成塌孔,辅助作业时间较长。

(4)在灌注混凝土之前,底部卵石土层的清除沉渣和保持孔段稳定难度比较大,需采取特殊的技术措施。

(5)超深孔灌注容易出现导管瘪管和爆管,需分析清楚原因,采取相应的办法。

2 钻孔灌注桩施工工艺及质量控制

2.1 施工工艺流程

本工程位于瓯江入海口,施工前先由栈桥施工队搭设好栈桥,铺设好钻孔平台,并进行安全防护,验收合格之后钻机进场。由于上部地层含薄层粉细砂淤泥,流塑性淤泥层厚,需先将27 m左右钢制护筒(入土15 m左右)打入水下稳定的土层之后,才能开始正常的钻进成孔施工。钻孔桩施工工艺流程如图1所示。

2.2 施工质量控制要点

2.2.1 保证护筒底部淤泥层的稳定

根据前期施工情况,发现护筒底部超方严重,我们及时采取相应措施,旋挖钻机钻至护筒底部时加密取样,每0.5 m取样一次,送至土工实验室进行物理指标参数试验。根据指标试验参数和现场施工情况,制定出相应的技术工艺处理措施。要求施工人员严格按照制定的施工方案操作。

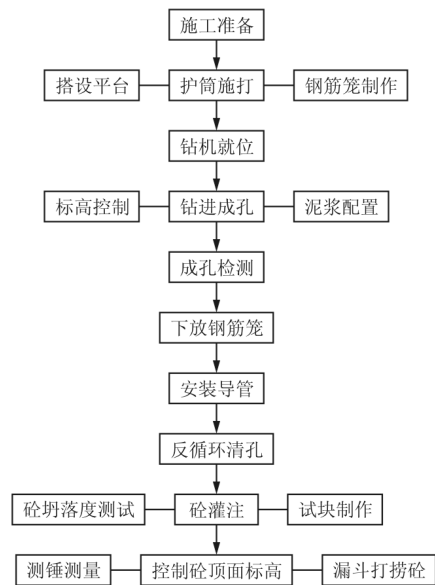


图1 钻孔灌注桩施工工艺流程

改进钻头结构,加大筒体通气孔,加高导条高度,防止钻头在淤泥层抽吸形成真空出现缩孔。钻至距护筒底部1 m左右时,要求控制钻进速度,采取轻压慢转,每回次进尺30~40 cm,等钻出护筒底部2 m左右开始正常进尺。每次提下钻至护筒底部时放慢速度,尽量减少护筒底部扰动。

2.2.2 提高卵石层施工效率

由于底部卵石层密实,钻孔桩设计持力层进入卵石土层较厚,前期施工效率低,成孔困难。我们采用多种办法进行试验,第一次按常规办法采用截齿钻头施工,钻头磨损严重且进尺缓慢。再用螺旋钻头进行扰动然后用截齿钻头掏孔,虽然钻头磨损不是很严重,由于进行2次下钻,施工效率还是不能提高。最后我们采用小钻头(直径600 mm)进行引孔,再用和孔径相同的截齿钻头进行扩孔,这样虽然也是2次下钻,但是钻进速度比较快,且每次下钻都在掏渣,不但提高了效率,而且降低了钻头的磨损程度。

2.2.3 底部卵石土层瞬时漏浆分析与控制

2.2.3.1 卵石土层漏浆原因分析

地层漏浆必须同时具备3个条件:储存空间、足够的压力差、地层渗透性好。孔内漏浆状况与这3个条件的关系是:储存空间决定漏浆量,泥浆压力差及卵石土层渗透性参数决定着漏浆速度。卵石层渗透性与卵石层空间结构(即孔隙比)和泥浆流动性参数相关,只要改变上述3个条件之一就可以改变

漏浆情况,进而达到减缓或控制漏浆的目的。

2.2.3.2 瞬时漏浆的控制方法

在北岸工区,卵石土层严重漏浆主要发生在64~71 m孔段。在施工起初,首先,选用红粘土造浆,因红粘土杂质多、含砂量大,体系稳定性差,搅拌时间长、工序繁琐,导致施工成本高。其次,选用优质膨润土造浆,因其配比难控制、用量大,控制漏浆效果不好,出现了多次塌孔现象,造成施工困难。通过认真研究漏浆条件和规律,分析漏浆原因,现场反复试验,积极寻找解决办法。

经过多方对比分析,选用化学聚合物泥浆。这种泥浆作为一种新型材料引入我国市场,有着与红粘土和膨润土泥浆迥然不同的性能。它能在不提高泥浆密度的基础上迅速提高泥浆粘度,即在泥浆中能絮凝岩屑和劣质粉土,使之处于不分散的絮凝状态;化学聚合物中高分子链上大量的官能团对岩层表面的多点吸附,形成一层薄而韧的吸附膜,可以降低卵石层的渗透性,泥浆密度小可以降低孔内泥浆压力差,有效地破坏了漏浆条件,较好地控制了漏浆现象。

2.2.4 孔底沉渣的控制及清除

2.2.4.1 孔底沉渣的控制

由于化学聚合物泥浆快速沉淀钻屑的能力比较显著,只要泥浆按规定合理配置,孔内沉渣都能控制在合理范围之内。但是在施工过程中要掌握影响沉渣的各种因素,比如钻头直径的保径、下放钢筋笼对孔壁破坏、长时间等待使孔壁不稳定等,都需要在施工过程中加以控制。为此,我们抓住重点,制定解决办法。

设专人对泥浆进行配置,对配浆设备进行合理改进,严格按照设计比例配置泥浆;开孔前对钻头尺寸进行测量,必须保证设计孔径;加强钢筋加工班组质量管理,严格按照设计规范制作钢筋笼,保证钢筋笼吊放过程中轴向位置对准孔位,钢筋保护层按规范布置,避免发生碰撞孔壁事故;各工序相互衔接,避免孔壁周围泥土长时间浸泡,松动塌落;最终保证孔内沉渣控制在规范之内。

2.2.4.2 孔底沉渣的清除

虽然使用化学聚合物泥浆,孔内沉渣较少;但是由于本次在入海口施工,全部钻孔桩都要进行超声波检验,质量要求高。前期桩检发现部分桩底波形不太理想,化学聚合物泥浆使钻屑在孔底形成絮凝

的不分散状态,且粘度较高,测锤很难测准孔底沉渣厚度。混凝土灌注时孔底絮凝状钻屑不能随初灌的冲击力全部翻出。通过认真分析,决定采用气举反循环清孔。下放完导管后,不管测得孔深能否满足设计要求,都要进行彻底清孔。把孔内泥浆进行置换,彻底把孔底絮凝状不分散状态的钻屑清出孔外,使孔内泥浆粘度得以平衡。之后桩检效果有了明显提高。这一清孔方案一直执行到工程结束。

2.2.5 混凝土灌注时导管爆管和瘪管分析与控制

2.2.5.1 导管爆管和瘪管的原因

在超深钻孔桩灌注混凝土过程中,偶尔会发生导管爆管和瘪管现象。这两种截然不同的导管失效现象,都会直接影响桩身质量,我们必须分析研究,弄清楚产生这两种现象的内在原因。

正常情况下,导管内任何处竖压力等于管内混凝土高度及泥浆压力和,由于混凝土密度约为泥浆密度的2倍,若导管某处产生堵管,导管内某处产生真空及“气栓”,空气柱在上部混凝土压力作用下形成高压,后面灌入的混凝土无法正常压出管外,只能在管内持续堆高,增加了管内压力。此时,若导管质量较差,如管壁变薄、导管某处焊接质量降低等,使导管的抗压强度降低。导管内压力过大、自身强度偏低,或两种因素共同作用,极易产生爆管。

导管内压力正常情况是高于管外压力的,但是由于各种原因导管内混凝土灌注时不是很顺畅,但未形成堵管,混凝土压出导管时需要提升导管,不是连续压出,当操作人员发现导管内混凝土暂时不通畅时,误认为堵管,习惯性提升导管并作孔口抖动或振动,这时导管内混凝土突然急剧下降,在惯性作用下,有时导管中混凝土面下降比正常位置还要低,由于管内混凝土下降速度过快,管内下部形成局部真空状态,管内压力远低于管外压力,导致瘪管。

2.2.5.2 防止导管爆管和瘪管措施

一般情况,爆管和瘪管现象均发生在超深孔(孔深>70 m),大多数发生在刚开始灌注混凝土不久。主要都是由于导管内外压力差超过其极限抗压强度,只是方向不同而产生两种截然相反的效果。因此在施工超深桩时一定要选用质量合格(壁厚>5 mm)的导管,经常对导管做水密试验,清孔要彻底,泥浆密度控制在 1.05 g/cm^3 内,保证混凝土的坍落度(18~20 cm)与和易性、防止堵管,导管埋深控制在2~6 m。

3 施工效果与建议

3.1 施工效果

由于解决了诸多技术难题,该项目我公司全部采用大型旋挖钻机施工,南岸工区采用了“泥浆循环、回转钻进”这一传统的成孔工艺。在南岸提前2个月开工的情况下我们提前2个月完成全部施工任务。2台SR280型旋挖钻机完成超深桩(70 m以深)393根,25000多延米。桩基质量检测结果:一类桩95%以上,没有出现三类桩。

3.2 施工建议

(1)开工前对地质勘察资料进行认真研究,详细分析各段地层的物理性指标,预测这些物理性指标将给桩孔施工带来的不良影响,确定工区施工的技术、质量控制的重点和难点。

(2)对于严重危及正常施工的复杂地层或孔段,在开工之前应作相应的技术对策和准备,如护筒底部、淤泥层、流砂层、卵石层、易缩孔地层、易扩孔地层、易漏浆地层,都要有针对性制定相应的技术措施,并在施工中逐步检验、完善直至成熟。

(3)项目管理、技术人员应有敬业精神和攻克技术难题的能力;施工人员应当经验丰富,责任心强,并严格按照桩孔施工规范和本工区作业指导书进行施工,杜绝各种麻痹思想和违章行为;物资储备要及时到位,材料采购要确保质量。

4 结语

我公司首次在跨江入海口实施水上超深桩基工程,施工经验欠缺,施工前期走了很多弯路,付出了不少辛苦。之后,通过项目成员集思广益,分析总结,不断摸索,制定出了切实可行的超深桩施工方案,最终取得了很好的施工效果。

参考文献:

- [1] 骆嘉成,卢立海,强小兵. 解决温州某塔楼钻孔桩卵石层急性漏浆问题[J]. 西部探矿工程,2011,(5):3-5.
- [2] 薛振华,段东旭,杜世权. 聚合物泥浆在钻孔桩施工中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):120-123.
- [3] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1992.
- [4] 骆嘉成,樊帅. 灌注桩导管爆管与瘪管的原因分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):69-71.
- [5] JGJ 94—2008,建筑桩基技术规范[S].
- [6] 聂金玲. 天津高新区117大厦超深桩钻孔施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(6):64-67.
- [7] 丁旭亭. 金塘大桥3号主墩ZK8号钻孔事故处理技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(9):61-64.
- [8] 黄志强,任鸿飞,胡书礼,等. 钻孔灌注桩施工中埋管断桩事故原因分析及预防[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(2):37-71.
- [9] 马贵良. 高原地区:建设工程旋挖桩施工技术要点分析与控制[J]. 四川水泥,2015,(9):261.
- [10] 陈顺安,彭阳. 旋挖钻在湘江特大桥的应用[J]. 湖南交通科技,2010,(1):87-90.
- [11] 彭海明. 特殊地层中大口径钻孔灌注桩施工技术研究[D]. 湖南长沙:中南大学,2003.