

厚层近海回填抛石填土层钻孔灌注桩施工技术

姜晓平¹, 陈明锐²

(1. 山东正元地质勘查院, 山东 烟台 264000; 2. 山东正元建设工程有限责任公司, 山东 烟台 264000)

摘要:烟台港万华工业园码头工程改造项目,设计采用 $\text{O}600$ 、 1000 mm 的钻孔灌注桩。上部为厚层近海回填抛石填土层,钻进困难,极易塌孔,成孔难度大,采用大型旋挖钻机带护筒跟管钻进成孔,内外二层套管护壁,穿过回填层及混砂层后,采用泥浆护壁旋挖钻机继续钻进,护筒不再跟进,既可保证成孔质量又能降低施工成本。外护筒可在灌注完成后拔出,重复利用,减少工程造价。

关键词:抛石填土层;钻孔灌注桩;旋挖钻机;跟管钻进;二层套管

中图分类号: TU473.1⁺4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2020)02-0083-05

Construction technology of bored pile for thick offshore backfill and stone layers

JIANG Xiaoping¹, CHEN Mingrui²

(1. Shandong Zhengyuan Geological Exploration Institute, Yantai Shandong 264000, China;

2. Shandong Zhengyuan Construction Engineering Co., Ltd., Yantai Shandong 264000, China)

Abstract: Bored piles of 600 and 1000mm diameter are designed for the Yantai Port Wanhua Industrial Park wharf upgrading project. The upper part is a thick layer of offshore backfilled stones, which is difficult to drill, prone to collapse, and difficult to form a hole. A large rotary drilling rig was used to drill the hole with the sim-casing process, where two layers of casing (inner and outer) were used to protective the wall. After drilling through the backfill layer and the mixed sand layer, the rotary drilling rig continued drilling with mud for wall protection, but the protection casing was no longer followed. In such a way, not only can the quality of the hole formation be ensured, but also the construction cost reduced. The outer casing can be pulled out after the completion of concreting and be re-used to reduce the project cost.

Key words: backfill and stone layer; bored pile; rotary drilling rig; drilling with casing; two-layer casing

钻孔灌注桩施工中,根据不同的地层选择适合的成孔设备和成孔工艺,形成满足设计要求的灌注桩^[1]。对于回填土地层,大多采用泥浆护壁回转成孔和泥浆冲击成孔方法,但施工效率低,对桩身质量很难控制,同时加大混凝土充盈系数,增加成本;厚层近海回填抛石填土层若采用上述成孔工艺,受潮汐的影响,施工难度更大,质量更难掌控。

烟台港万华工业园码头工程改造项目,回填土厚度最大 21.30 m,填土成分复杂,采用旋挖钻机成孔,同时内外二层套管跟管施工获得成功,保证质量,提高效率^[2]。该案例为处理近海抛石回填土在

设备选型、施工工艺方面解决了实际问题,为后续类似工程的组织实施提供参考。

1 工程概况及工艺可行性分析

1.1 桩基设计情况

设计 $\text{O}1000$ mm 混凝土灌注桩,桩长 47.73~50.73 m,64 根; $\text{O}600$ mm 混凝土灌注桩,桩长 19.0~34.0 m,88 根。根据勘察报告按照桩型的不同各选定 2 根地质条件差的桩作为静载试验桩,并对 $\text{O}1000$ mm 混凝土灌注桩进行 100% 的声波投射法检测,对 $\text{O}600$ mm 混凝土灌注桩进行 100% 的低

收稿日期:2019-10-15 DOI:10.12143/j.tkgc.2020.02.014

作者简介:姜晓平,男,汉族,1966 年生,院长,高级工程师,资源工程专业,山东省烟台市航天路 517 号,xiaoping781@126.com;陈明锐,男,汉族,1980 年生,项目经理,工程师,岩土工程专业,山东省烟台市航天路 517 号,27548384@qq.com。

引用格式:姜晓平,陈明锐.厚层近海回填抛石填土层钻孔灌注桩施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(2):83-87.

JIANG Xiaoping, CHEN Mingrui. Construction technology of bored pile for thick offshore backfill and stone layers[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(2):83-87.

应变法检测^[3]。

1.2 工程地质及水文地质条件

根据项目岩土工程勘察报告,典型地层结构及特征描述如表1及图1^[4]。

表1 典型地层结构及特征

Table 1 Typical formation structure and characteristics

成因类别	层号	地层名称	性质	层厚/ m	液化性 评判
人工回填层	①	素填土	松散	21.00	
	②	细粗砂	稍密,饱和	4.76	液化
	③	粉质粘土	可塑,中等压缩性	10.00	
全新统冲积层(Q ₄ ^{al})	④	中粗砂	中密—密实,饱和	2.35	不液化
	⑤	粉质粘土	可塑—硬塑,中等压缩性	24.37	
	⑥	残积土	硬塑、低压缩性	>5.00	

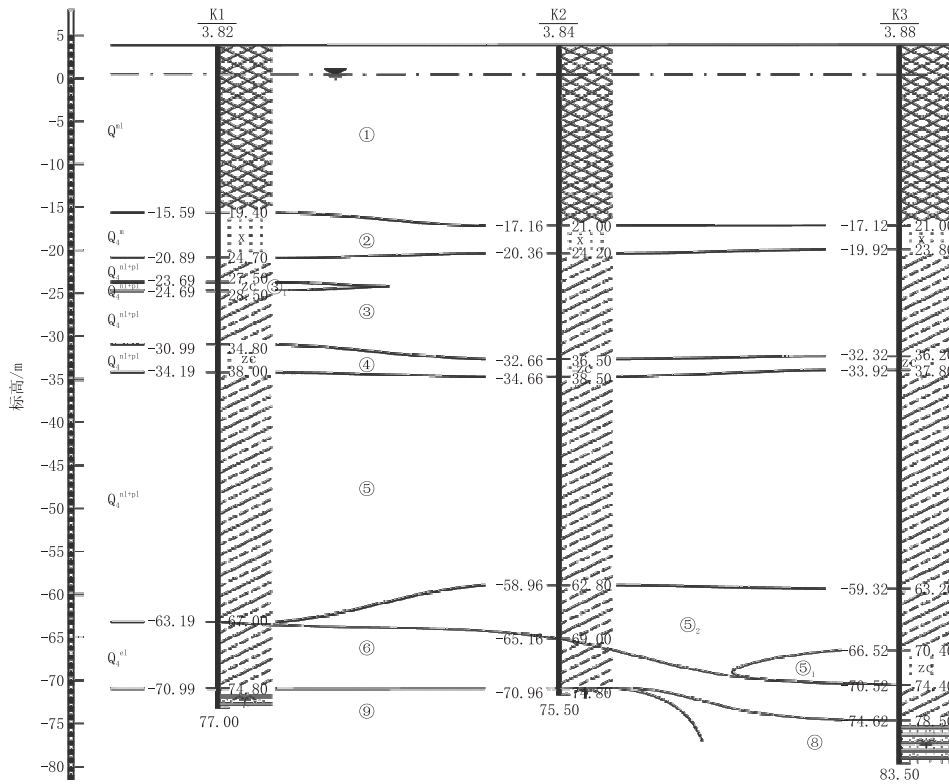


图1 典型地层结构剖面

Fig.1 Profile of typical geology

1.3.2 厚层近海抛石回填土灌注桩施工影响机理探讨

由于厚层抛石回填土成分复杂,结构松散,密实度差,又受到海水的影响,最大的问题是成孔;成孔施工中需要解决回填土中较大抛石及孔壁坍塌不稳定的问题,这是本工程施工的难点和关键。

经过方案论证后,在回填层及②层混砂层采用

1.3 工程条件及工艺可行性分析

1.3.1 工程条件特殊性

根据勘察报告成果,场区内第①层素填土为近海回填的抛石,其回填时间短,回填过程中未经夯实碾压,结构较松散,密实度差,且厚度较厚(3.50~21.30 m),对于成孔施工易造成孔壁坍塌,对孔壁的稳定性有较大的影响。经调查,抛石粒径大小不等,较大粒径的回填石块极易造成钻进困难,同样对孔壁的稳定性有较大影响,容易造成钻具卡钻现象。第②、④层砂层厚度较厚,如不能调制合适的泥浆,极易塌孔。这是近海港口码头特有的地层结构,为下一步灌注桩的顺利施工带来极大困难。

大型旋挖钻机带护筒跟管钻进成孔施工,护筒需穿过细砂层进入粉质粘土2 m,可有效的避免因塌孔成孔困难问题。穿过回填层及混砂层后,采用泥浆护壁使用旋挖钻机继续钻进,护筒不再跟进,既可保证成孔质量又能降低施工成本,节约工程造价。选用该种施工工艺主要优势在于一是与冲击钻施工相比,用电负荷低,成孔速度快,可有效的保证工期;二

是施工时泥浆用量小,可以有效确保文明施工,减少对海水的污染;三是施工用外护筒可在灌注完成后拔出,重复利用,减少工程造价^[5]。

2 厚层近海抛石回填土灌注桩施工关键技术措施

2.1 机械设备措施

根据施工经验,回填料及细砂层下方护筒是取得成功的关键因素之一。采用 285 型全套管旋挖钻机,施工前根据回填料、混砂层厚度及第③层粉质粘土埋深,单孔准备了 27 m 外管(外径 1.1 m,壁厚 5 cm),用于护壁使用。另外为旋挖钻机单独准备了一个钻进用管靴(4 m),及 4 节套管(单节 3 m),用于循环钻进使用,图 2、图 3 是施工中的套管^[6]。



图 2 外护筒标准节
Fig.2 Standard section
of outer casing



图 3 外护筒与旋挖钻机连接
Fig.3 Connection of outer casing
and rotary drilling rig

外管在安设时必须穿过细砂层。因细砂层为饱和液化状态,若采用泥浆护壁则在安设完外管后置换泥浆的过程中,由于泥浆密度大于海水,当泥浆在置换到一定位置后可能会将细砂层顶开,泥浆流失,无法形成有效的护壁。即使护壁成功,也需要在每次安设外管完成后,进行泥浆置换。这其中的造浆时间,置换时间,以及泥浆费用均对工期及成本造成极大的影响。

2.2 泥浆的技术要求

在本工程案例中,泥浆的主要用途用于护第④层中粗砂,该层夹在两层粉质粘土之间,若不采用泥浆护壁,该层中粗砂在成孔过程中极易被水冲刷导致塌孔。钻进时泥浆密度宜控制在 $1.2 \sim 1.25 \text{ g/cm}^3$,灌注时密度宜控制在 1.1 g/cm^3 左右,既防止泥浆密度过小造成塌孔,又要保证灌注过程的返浆需要^[7]。

2.3 混凝土性能要求

混凝土的质量、运输和浇灌过程中坍落度及和易性要满足施工工艺需要,混凝土的性能要求如下:

(1)混凝土 C35,抗冻等级 F300,并添加防腐阻锈剂,要求抗腐蚀系数 >0.9 ,膨胀系数 <1.5 ,抗压强度比(7 d, 28 d) $>100\%$;防腐阻锈剂掺量为胶凝材料总量的 5%,混凝土氯离子渗透性 $<1500 \text{ C}^{[8]}$ 。

(2)混凝土拌和物应具有良好的和易性,在运输及灌注过程中应无显著的离析、泌水现象,灌注时应保持足够的流动性,坍落度应控制在 $180 \sim 220 \text{ mm}$ 为宜^[9]。

(3)细骨料采用中粗砂,最大粗骨料直径控制在 30 mm 。砂、石子均不得使用具有碱活性的材料^[10]。

2.4 钢筋材料措施

钢筋原材的质量必须满足设计及规范的要求。根据设计图纸制定采购计划。

材料入库后,按现行有关规范的规定抽样,送到具备资质的检验和试验单位,及时索取检验和试验报告。分别取热轧光圆钢筋 HPB300 Φ 12、热轧光圆钢筋 HPB300 Φ 22、热轧带肋钢筋 HRB400 Φ 22 原材送检,送检组数为每次进场数量按 60 t 一批次(不足 60 t 按 60 t 计)取一组钢筋送检,每组 5 根钢筋。

现场焊接并截取热轧带肋钢筋 HRB400 Φ 22 钢筋焊接接头,试焊一组,成品焊每 300 个头送一组,每组 3 个。

2.5 施工管理措施

2.5.1 成孔质量管理措施

(1)护筒埋设后必须由测量人员进行复测桩位,核对桩号;

(2)外管的安设控制在钻机超过上节外管底 2 m 位置开始下放;

(3)随时观察每个孔的地层情况,及时掌握钻进进尺,及时停钻,及时报验;

(4)钻至设计孔深,用捞砂钻头将沉淀物清出孔位,要求沉渣厚度符合设计和规范要求^[11]。

2.5.2 钢筋笼安设质量管理措施

为了确保混凝土浇筑完成后回填料及细砂层桩身部位不被海水潮汐侵蚀,在该部位安设壁厚 6 mm、长度 24 m 的钢护筒进行保护。钢护筒和钢筋笼的连接为钢筋笼下放的主要管理方面。

(1)成孔验收后在外管内首先下放钢护筒,见图4、图5。



图4 吊放钢护筒

Fig.4 Hoisting steel casing



图5 固定钢护筒

Fig.5 Fixing steel casing

(2)钢护筒和钢筋笼连接,采用4根22钢筋加工成S形将钢筋笼和护筒焊接,如图6。



图6 安装到位的钢筋笼与钢护筒间固定

Fig.6 Fixation between the reinforcement cage and steel casing

钢护筒底标高控制在外管底标高下2 m位置,以保证混凝土浇筑进入钢护筒的同时不会进入护筒和外管间隙,避免混凝土将两者挤死。

(3)连接完成后,根据标高计算好吊筋,将吊筋焊接在套管顶部。

2.5.3 混凝土浇筑质量管理措施

(1)导管选用壁厚5 mm、内径为30 cm型导管。导管使用前必须进行水密试验,将拼好的导管两端封闭,然后从一端灌水,用空压机通气加压,检查导管接头的密封效果,不漏水为合格,试验压力一般为1.69 MPa。导管安放前应根据灌注平台的标高及桩顶标高的差值进行导管的配置,保证导管底部距离桩底距离在30~50 cm^[12]。

(2)混凝土灌注前,检测其坍落度及和易性等指标,达不到要求的不得灌注。灌注开始后,应紧凑连续进行,并注意观察管内混凝土下降和孔内水位升降情况,及时测量孔内混凝土面高度,正确指挥导管的提升和拆除。导管在混凝土内埋深控制在2~6 m。

(3)混凝土浇筑面上升到钢筋骨架下端时,容易引起钢筋笼上浮现象,一旦出现,应立即放缓浇筑速度,缓慢提升导管,待管口离钢筋骨架的底部2 m以上时即可进行正常灌注。

(4)为确保桩顶质量,混凝土浇筑标高应比设计桩顶高0.5~1 m,桩基检测前凿除至设计标高,见图7。



图7 混凝土开盘浇注

Fig.7 Start of concreting

(5)套管拔出时机的控制。由于孔内有钢护筒的存在,为了避免钢护筒和外管挤死,外管的起拔时机选择在混凝土面进入钢护筒3 m后,开始起拔外管。拔出4节外套管后,继续浇筑,待混凝土面超过外管1 m位置,再次拔出4节外管。此时剩余最后一节外管,灌注完成后将外管彻底拔出,见图8。需要注意的是,由于灌注工序复杂,灌注时间长,混凝土要求比较严格;另外搅拌站配送混凝土的时间需要在实际施工过程中,根据自己的切实情况灵活掌握,确保每车混凝土浇筑前等待时间 ≥ 1 h,以确保混凝土的和易性、坍落度等指标不随着时间的推移而变坏。



图 8 外管起拔

Fig.8 Pulling out the outer casing

3 主要施工成果

烟台港万华工业园码头工程改造项目桩基施工完成后,桩基承载力检测满足设计要求。由于施工方法、设备选择正确,各项措施控制到位,彻底解决了厚层近海抛石回填土对灌注桩成孔的影响,有效避免了潮汐对桩身混凝土的影响,100%桩身完整性超声波检测合格^[13];工程桩开挖后的效果见图 9。



图 9 工程桩开挖后效果

Fig.9 Effect diagram of the engineering piles after excavation

4 结语

通过烟台港万华工业园码头工程改造项目施工实践,对厚层近海抛石回填土及厚砂层组合条件下灌注桩施工有如下体会。

(1)合适的施工工艺是项目成败的关键。

(2)外套管安设位置控制非常关键,必须穿过饱和和液化的细砂层。

(3)在回填料和细砂层位置必须安设钢护筒以确保桩身混凝土不被海水潮汐影响。

(4)浇筑混凝土,要控制好混凝土用量与进场的时间的结合,确保在一个时间段内完成浇注,不得停顿或间隔。

由于本项目前期进行了较充分的工法应用探讨及可行性现场试验,通过以上应用总结,对本区域类

似工程实施具有一定的借鉴意义。

参考文献(References):

- [1] 李先经.上海市东方医院青岛分院钻孔桩施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(12):64-68.
LI Xianjing. Bored pile construction for Shanghai Oriental Hospital Qingdao Branch[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(12):64-68.
- [2] 黄磊.人工岛上全套管旋挖钻孔灌注桩施工[J].建筑施工,2018,40(1):20-21,25.
HUANG Lei. Construction of full casing rotary bored pile on man-made island[J]. Building Construction, 2018,40(1):20-21,25.
- [3] JTS 237-2017,水运工程地基基础试验检测技术规程[S].
JTS 237-2017, Technical specification for foundation test and inspection on port and waterway engineering[S].
- [4] JTS 147-2017,水运工程地基设计规范[S].
JTS 147-2017, Code for foundation design on port and waterway engineering[S].
- [5] 杨引娥.全套管旋挖钻进技术及其应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(12):39-42,46.
YANG Yine. Auger drilling technology with casing and the application[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2009,36(12):39-42,46.
- [6] 韩益强.旋挖钻进用牙轮筒钻的结构探讨及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(6):64-69.
HAN Yiqiang. Structure and application of rotary drilling core barrel with roller bits[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(6):64-69.
- [7] JGJ 94-2008,建筑桩基技术规范[S].
JGJ 94-2008, Technical code for building pile foundations[S].
- [8] JTJ 275-2000,海港工程混凝土结构防腐技术规范[S].
JTJ 275-2000, Corrosion prevention technical specifications for concrete structures of marine harbor engineering[S].
- [9] GB 50202-2018,建筑地基基础工程施工质量验收标准[S].
GB 50202-2018, Standard for acceptance of construction quality of building foundation[S].
- [10] GB 50204-2002(2011版),混凝土结构工程施工质量验收规范[S].
GB 50204-2011, Code for acceptance of constructional quality of concrete structures[S].
- [11] 杨联锋,彭志平,孙智杰.汾河特大桥大直径超深旋挖钻孔灌注桩施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(7):89-63.
YANG Lianfeng, PENG Zhiping, SUN Zhijie. Construction technology of large diameter ultra-deep rotary bored piles at Fenhe Bridge [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(7):89-63.
- [12] 邓锦良.全套管旋挖扩底桩技术在某工程中的应用[J].福建建筑,2016(6):38-40.
DENG Jinliang. Application of full casing rotary digging and expanding bottom pile in a project[J]. Fujian Architecture & Construction, 2016(6):38-40.
- [13] JTS 167-4-2012,港口工程桩基规范[S].
JTS 167-4-2012, Code for pile foundation of harbor engineering[S].

(编辑 周红军)