



近海岸钻孔灌注桩施工工艺及质量控制

孙钱平, 王国平, 朱丽飞

(中交一航局第一工程有限公司, 天津 300456)

摘要: 以天津南港工业区码头灌注桩为工程实例, 分析围海造陆早期近海岸钻孔灌注桩的施工工艺, 探讨钻孔灌注桩的难点和控制要点, 总结施工过程中的质量控制成果, 为类似工程钻孔灌注桩的施工积累经验。

关键词: 钻孔灌注桩; 施工工艺; 质量控制; 围海造陆

中图分类号: U 655.54*4.1

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2014)01-0192-05

Construction technology and quality control of inshore cast-in-situ bored pile

SUN Qian-ping, WANG Guo-ping, ZHU Li-fei

(No.1 Engineering Co., Ltd. of CCCC First Harbor Engineering Co., Ltd., Tianjin 300456, China)

Abstract: Taking the cast-in-situ bored pile engineering of the wharf in Tianjin Nangang industrial area for example, we analyze the construction technology of inshore cast-in-situ bored pile of early-stage land reclamation, discuss the difficulty and key control point of cast-in-situ bored pile, and summarizes the achievement of quality control in the process of construction, so as to accumulate experience for the construction of cast-in-situ bored pile of similar projects.

Key words: cast-in-situ bored pile; construction technology; quality control; land reclamation

1 工程概况

天津南港工业区码头均为高桩码头, 且均设计了引桥。在施工方面, 近海岸区域的预应力混凝土方桩或钢管桩无法靠打桩船进行施工, 所以须在近岸处施打钻孔灌注桩, 起到预应力方桩或钢管桩传递荷载的同等作用。

码头工程前期都是先做海上围堤, 然后以围堤为基础分区分块吹填粉细砂或回填黏土, 再进行软基加固处理等, 建成的围堤即充当了码头的岸边, 其灌注桩与围堤断面结构形式如图1所示。码头施工都须在围堤施工完成半年以上并测得围堤稳定后才可进行。而在进行码头施工作业前, 必须对原有围堤结构进行部分拆除和对海测航道进行清淤工作, 这给码头施工带来了不少的工作量, 同时给灌注桩施工带来了很大的困难。

从图1中可以看出, 所有灌注桩都位于围堤的各个坡面上, 而整个围堤的稳定主要靠抛填的压脚石、护坦石和围堤两侧均衡的土力维持。因此在近海岸钻孔灌注桩的施工有潮水、风浪、岸坡结构形式, 受复杂地质条件的影响, 安全管理难度大。要在这种围海造陆早期地质环境下进行钻孔作业, 难点体现在前期施工道路不顺畅, 须拆除围堤的护坦石、压脚石、二片石、砂垫层和排水板等杂物。因此, 作业前须清除, 这些障碍的清除具有难度大、范围广、清除不彻底、同时有可能导致围堤不稳定等特点, 且必须待到确定围堤稳定后才能进行钻孔施工作业, 这严重影响了施工进度, 为后续施工带来了困难。

钻孔灌注桩也有诸多优点, 如具有适应性强、对岸坡和邻近结构影响较小、抗震性能强、

收稿日期: 2013-04-01

作者简介: 孙钱平(1983—), 男, 工程师, 从事港口工程技术与质量管理工作。

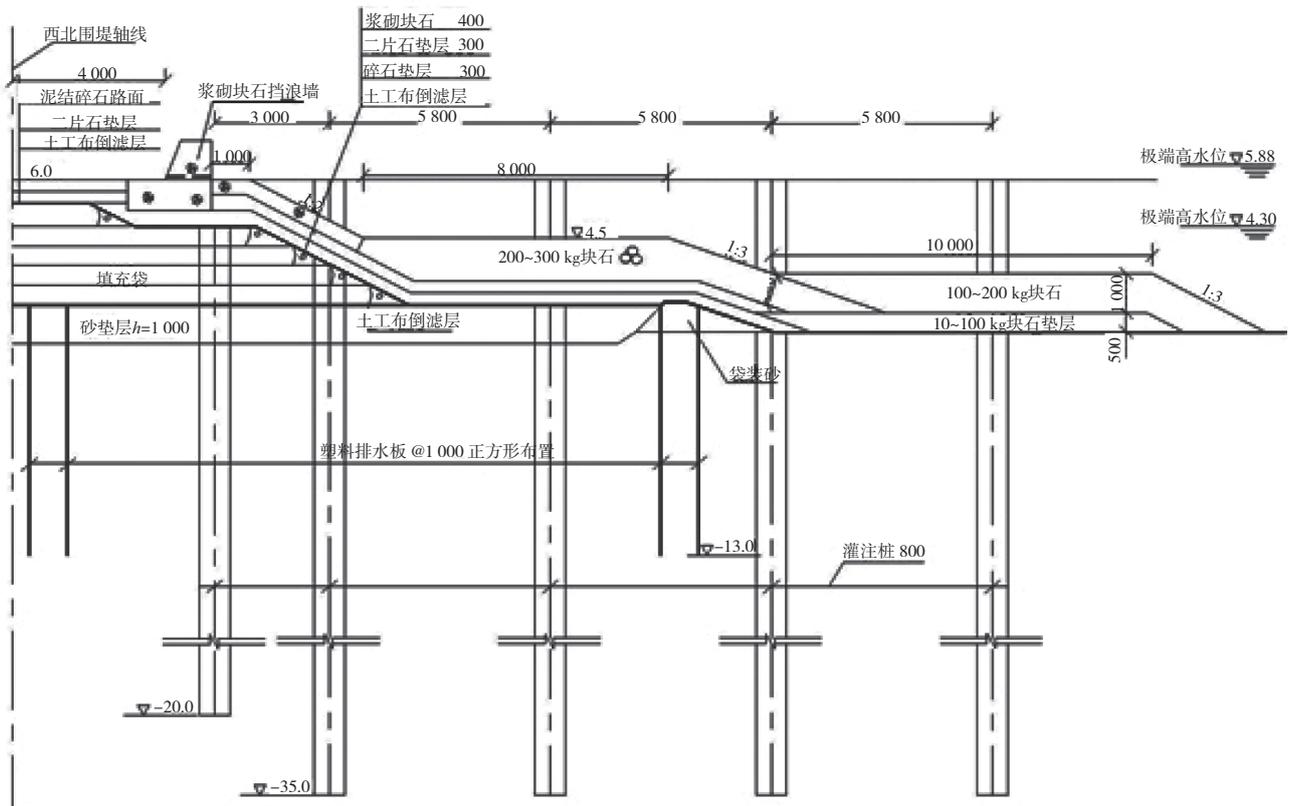


图1 灌注桩与围堤断面结构

施工噪音小、不震动、所需设备简单、操作方便、施工安全等特点^[1];且钻孔灌注桩可将所有上部结构传来的动载和静载均匀地传递至深层稳定的土层中,从而大大减少了基础沉降和不均匀沉降,故钻孔灌注桩也被广泛用在这种地质结构中。

近几年在天津南港工业区成功建成的3个码头中灌注桩总数为685根。该工程灌注桩的底高程最低在-44 m,最高也有-20 m,混凝土强度等级均为C30,根据功用的不同,抗冻等级有F250和F300,主要以F300为主,灌注桩均为摩擦和端阻力复合桩,设计直径为800 mm。该区域工程的自然条件见表1(波浪条件为北防波堤,东防波堤等周围工程全建成时,50 a一遇NE向小风区波要素和E向波要素)。

表1 自然条件

波向	极端高水位			设计高水位		
	$H_{1\%}/m$	$H_{13\%}/m$	T/s	$H_{1\%}/m$	$H_{13\%}/m$	T/s
NE	1.6	1.1	3.9	1.3	0.9	3.5
E	2.9	2.8	7.6	2.0	2.0	7.6

注:不规则半日潮;极端高水位5.88 m,极端低水位-1.29 m;设计高水位:4.30 m,设计低水位0.50 m。

2 施工工艺及质量控制

2.1 钻孔灌注桩的施工工艺

由于灌注桩施工技术日益的成熟和完善,所以它们基本工艺流程都众所周知根据该区域的地质勘探资料和现场作业环境条件,优先选择正循环潜水钻机,在泥浆的作用下,带走钻渣并起到护壁的作用。

作业平台采用贝雷架与型钢相结合的方式来进行搭设,远处可下沉螺旋管等,贝雷架底部焊接8 mm钢板,以扩大接触面积。据地质勘察报告和现场核实,经计算得知足以满足施工时上面所产生的动静荷载。在贝雷架上摆设2根H300×300型钢,作为钻机移位的轨道,其上铺设木方作为操作平台。整个施工过程都在水上,根据潮水风浪情况设置作业平台高程为+6 m,按由近及远的顺序进行钻孔作业。

根据灌注桩尺寸和规范要求^[2],制作860 mm直径的钢护筒,厚度为6 mm,考虑到地质情况,须打入到不透水层,因此设置钢护筒长度为12 m,且密闭不渗水。采用25 t吊机配DZ20A振动锤吊打的施

工工艺，施工前经过理论计算得知吊车起重能力足以满足要求。

钻头的钻进、泥浆的制备、钢筋笼子的制作与下沉、混凝土的浇筑等均按照相应的规范要求进行，并适时检查泥浆密度、含砂率、泥浆黏度和钻进的深度，使其成孔效果和桩基内在质量达到最好，其施工工艺流程见图2。

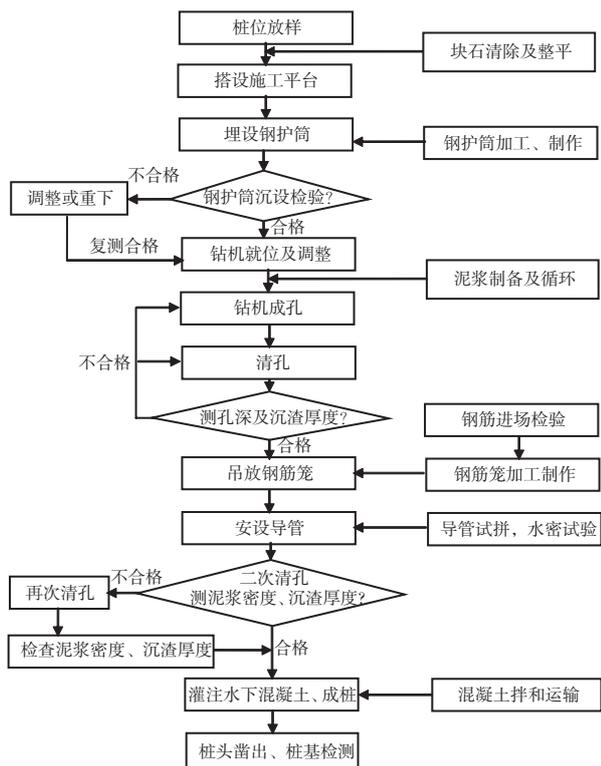


图2 钻孔灌注桩施工工艺流程

2.2 施工质量控制

2.2.1 围堤块石的清除

每一排架上的灌注桩都涉及到块石的清除作业，如若清除不彻底，将导致钻机钻头的损坏，不利于成孔。在清石方案比选时有2种方案：1) 全断面一次清除(A方案); 2) 随施工进度沿桩位孔清除(B方案)。2种不同清除方式的比较如表2所示(以工作船码头工程数据为例)。

表2 2种清石方案的对比

项目	清石方量/m ³	难度程度	围堤影响	效率	效果
A方案	2400	难	大	低	彻底
B方案	210	一般	小	高	不彻底

从表2中可以看出，B方案在沿桩位孔进行清除时，围堤下面抛填的小块石清理时常有不彻底

的现象，其它各方面都是很优的选择。因此选择B方案，对于清理不彻底的小块石投入抓斗进行清理。此法有效地防止了围堤的不稳定，避免了由于围堤单侧清除块石而导致的堤堰位移的风险，且清石方量少、效率高，大大节约了施工成本。

2.2.2 钢护筒的下沉及成孔

在钢护筒下沉前须对护筒质量进行验收，合格后才可投入使用。钢护筒的下沉采用定位架法，由测量人员将坐标放到定位架的中心位置，并按护筒大小锁定定位架。下沉时测量人员在2个互相垂直的方向观测护筒的垂直度并即时通知起重指挥人员进行调整，下沉完后须进行复测，保证护筒平面偏位≤50 mm，倾斜度≤1%，高程控制在+5.5 m左右，并做好沉设记录。

灌注桩成孔采用正循环回转钻进方法，钻头为三翼合金钻头。在钻进之前，须检查钻头直径和长度，对于800 mm的灌注桩钻头直径控制在760 mm，对于直径不能满足要求的，可在钻头十字交叉两侧加厚合金刀片使其达到要求。钻机就位时须保证转盘中心和桩位在同一条垂直线上，其次检查钻机的稳定性，等一切检查完毕后方可进行钻进作业。

钻机作业时根据不同的土层和阶段应控制好钻进速度和泥浆密度(表3)，防止由于钻进过快导致塌孔等现象。正常钻进速度控制在6 m/h以内，不同的地层和阶段应采取如下措施。对容易产生缩颈的地层，钻进时须放慢速度，每次进尺保证在30~40 cm，反复扫孔，直至达标;终孔时放慢钻进速度，提高泥浆泵入量，及时排出钻头切削出来的泥渣;在加长钻杆钻进时，应先停止钻进，并将钻具提高所钻的孔底，待泥浆循环1~2 min后停泵加长钻杆，加长钻杆时须避免停歇时间过长，直至达到设计深度为止。当钻机达到设计高程后，应及时进行清孔作业，清孔大约为半小时，检查合格后提取钻机。

表3 不同阶段的泥浆密度参考值

阶段	泥浆密度/(g·cm ⁻³)	作用
设备钻进	1.30~1.50	护壁和携渣
到达桩底高程	1.20~1.30	第一次清孔
导管下沉完毕	1.10~1.20	第二次清孔

2.2.3 钢筋笼子的制作与沉放

钢筋笼的制作采用定型模具点焊成型工艺(图3),具有成型主筋间距误差小、顺直无扭曲、箍筋圆、直观效果好等特点。根据钢筋笼子的长度分节制作、分节拼装焊接下沉。

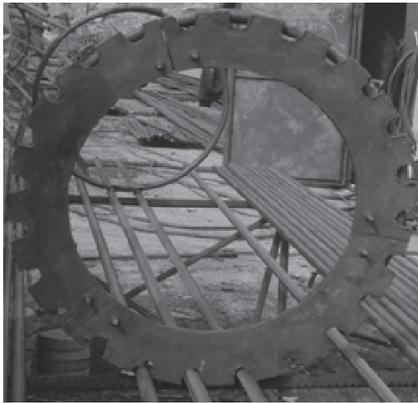


图3 钢筋笼子制作定型模具

沉放钢筋笼子时,应对准孔中心吊直缓慢放入下沉。为保证钢筋笼子保护层厚度,施工时每隔2 m沿钢筋笼子120°角均匀布置3个圆柱形直径为140 mm的砂浆垫块,随钢筋笼子下沉时焊接在加强箍筋上。

施工时在桩顶高程处100 mm范围内加设钢筋笼子定位装置,并把要深入桩帽或者承台的钢筋须子劈开75°角,共同作用下控制在浇筑混凝土时产生的钢筋笼子偏位,保护层厚度和中心准确度都得到了很好的控制。另为防止钢筋笼子在浇筑混凝土过程中产生的下沉或上浮现象,须准确计算出拉筋的长度,并固定于护筒上。

2.2.4 灌注桩水下混凝土浇筑的质量控制

采用内径250 mm的导管进行水下混凝土的浇筑,导管之间螺旋连接,并有橡胶圈进行防渗,下沉导管前应进行密闭和承压性能试验。在完成导管下沉后应及时进行第二次清孔,孔深与沉渣厚度经验收合格后才能进行混凝土浇筑。结合规范规定,该混凝土采取如表4的混凝土配比^[3]。混凝土采用集中搅拌,由罐车运输至现场,采用地泵输送混凝土。在浇筑混凝土前应复测孔深,并上提导管至孔底300~500 mm高度等待混凝土灌注。

浇筑混凝土时,应先放入球胆以隔离混凝土与泥浆液面,同时保证初灌混凝土方量,保证埋

表4 灌注桩混凝土配合比

材料种类	用量/kg
水泥(P.O42.5)	300
砂子(中砂)	717
碎石(5~25 mm)	1 076
高效减水剂	7.9
引气剂(AE)	0.032
矿粉(S95)	100
水	162

管深度不得小于1 m,之后方可上下提动导管。混凝土的灌入应连续,并控制好提升导管与拆除导管的关系,保证埋深2~6 m,控制好混凝土的灌入量,防止少灌多提造成的断桩、夹渣等现象,灌注混凝土应高出设计高程600 mm以上,以在护筒侧面相应高程处预留的溢流孔流出新鲜混凝土为准。灌注过程设专人负责记录混凝土灌注量和拆导管的长度和时间,并适时测量混凝土面的上升高度,这也为防止导管理深过大导致导管无法拔出的现象产生,保证了施工质量与安全。

2.3 桩基的检测及评定

待混凝土强度达到设计强度后应及时联系设计检测机构进行桩基高应变、低应变检测。检测前应当提供给检测机构相应工程信息资料以供检测工程师检测和报告的出据^[4]。桩头的处理按相应规范执行,检测频率为低应变100%,高应变为2%~5%,并不少于5颗,该区域桩基检测结果见表5,所有桩基均为完整桩。另外,高应变检测结果均符合设计要求。按照规范要求,对小于50 m的灌注桩,取2组混凝土试块进行混凝土强度评定,经统计评定都满足规范要求^[5],混凝土合格率100%。

表5 桩基检测结果

工程名称	建材 码头	工作船 码头	1#~4#通用 泊位	总计/ 颗	百分比/ %
灌注桩数量/颗	106	52	527	685	
I类桩	106	51	522	679	99.1
II类桩	0	1	5	6	0.9

3 结语

1) 该区域采用贝雷架和螺旋管作为施工平台的搭建经过充分的实践和数据论证是合理的,是

满足工艺要求的,且安全可靠。

2)对于堤堰的拆除采取局部拆除的办法既减少了对围堤的不稳定因素,又减少清除块石的工程量,同时节约施工成本,加快了施工进度。

3)护筒采用定位架法进行振沉,精度高,中心定位强。

4)该区域采用正循环潜水钻机,采用泥浆悬浮护壁的方法,成孔效率高,无缩颈、扩孔现象出现,所浇筑的混凝土充盈系数都保持在1.1~1.2。

5)采用定型模具对钢筋笼子的制作,规范了标准化施工,钢筋间距和钢筋笼子的直径、真圆度都得到了有力的保证;在桩顶高程处设置钢筋笼子的中心定位装置,对保证钢筋笼子保护层和上部结构的均匀受力起到了很好的控制作用。

6)合理控制好初次灌入混凝土量,控制好导管的埋置深度,掌握好灌入量与拔管的速度是关系灌注桩内在质量的关键,过程中采用专人负责

记录和控制起到了决定性的作用。

钻孔灌注桩的施工虽然具有诸多优点,但在实际施工中依然不能麻痹大意,灌注桩质量的好坏直接关系到上部结构的安全性。因此,施工中应当根据不同的地质条件采取不同的施工方法,不同的地层应注意钻进的速度,过程中更应当严格执行验收程序,做好施工记录,及时进行总结分析,强化施工队伍的管理,加强队伍责任心教育等才能干出一批无缺陷的桩基。

参考文献:

[1] 龚海龙,屈小伟.浅谈钻孔灌注桩的施工工艺及质量控制[J].建筑与工程,2010(19):706.

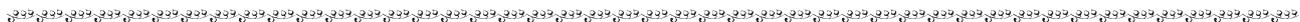
[2] JTJ 248—2001 港口工程灌注桩设计与施工规程[S].

[3] JTS 202—2011 水运工程混凝土施工规范[S].

[4] JTJ 249—2001 港口工程桩基动力检测规程[S].

[5] JTS 257—2008 水运工程质量检验评定标准[S].

(本文编辑 郭雪珍)



(上接第172页)

参考文献:

[1] 陈春雷,傅森彪,程新闯.厚粉砂土层管桩施工技术研究[J].公路交通科技,2008(8):91-93.

[2] 邢皓枫,赵红崑,徐超,等.PHC管桩锤击施工效应分析[J].岩土工程学报,2009,31(8):1209-1212.

[3] 王春盛.PHC管桩单桩竖向承载力试验研究[J].岩土工程界,2005,8(12):51-52.

[4] 吕黄,李君,李耕.大直径PHC桩竖向承载力分布的试验研究[J].水运工程,2009(8):58-61.

[5] 蔡健,周万清,林奕禧,等.深厚软土超长预应力高强混凝土管桩轴向受力形状的试验研究[J].土木工程学报,2006,39(10):102-106.

[6] 周万清,蔡健,林奕禧,等.深厚软土地基细长PHC管桩

水平荷载试验研究[J].华南理工大学学报:自然科学版,2007,35(7):131-136.

[7] 黄良机,林奕禧,蔡健,等.超出PHC管桩桩顶沉降特性的动静对比分析[J].岩土力学,2008,29(2):507-516.

[8] 黄良机,林奕禧,蔡健,等.超长PHC管桩阻力分布的动静对比试验研究[J].土木工程学报,2007,40(1):492-497.

[9] 阳吉宝,钟正雄.超长桩的荷载传递机理[J].岩土工程学报,1998,20(6):108-112.

[10] 阳吉宝.超长桩承载力机理分析与有效桩长确定[J].力学与实践,1995,17(5):17-18.

(本文编辑 武亚庆)



(上接第191页)

参考文献:

[1] 王君辉,张翠莹.印尼某电厂防波堤工程的水工结构设计[J].港工技术,2011,48(4):35-37.

[2] 张华昌,董胜,柳玉良,等.斜向不规则波对斜坡堤头作用的试验研究[J].水运工程,2013(4):20-24.

[3] 付旭辉,李义天,杨胜发,等.大比降卵石河流钢丝石笼防冲性能试验[J].武汉大学学报:工学版,2010,43(4):419-422.

[4] JTJ 298—1998 防波堤设计及施工规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)