

中钢天津响螺湾工程后压浆钻孔灌注桩施工技术

张淑娟¹, 李洪厂²

(1. 北京工业大学建筑勘察设计院, 北京 100022; 2. 北京鼎实环境工程有限公司, 北京 100029)

摘要:中钢天津响螺湾工程基础桩采用后压浆钻孔灌注桩,最大桩长达76 m,设计单桩承载力特征值达15000 kN。阐述该工程钻孔桩的施工工艺、施工中出现的问题和解决方法、孔口钢筋笼直螺纹对接技术、后压浆施工工艺。通过现场试验,全部桩为I类桩,单桩承载力达到设计要求,极限承载力实测值最大为35000 kN,为工程桩的设计提供了可靠的技术参数。

关键词:钻孔灌注桩;后压浆;垂直度;孔口直螺纹连接;单桩承载力;极限承载力

中图分类号:TU473.1⁺4 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2014)03-0068-05

Construction Technology of Post-grouting Bored Pile for Xiangluowan Project of Sinosteel in Tianjin/ZHANG Shu-juan¹, LI Hong-chang² (1. Institute of Architectural Exploratory and Design, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China; 2. Beijing Dingshi Environmental Engineering Co., Ltd., Beijing 100029, China)

Abstract: The post-grouting bored pile was used for the foundation pile for Xiangluowan project of Sinosteel in Tianjin, the maximum length of the pile was 76m and the designed eigenvalue of bearing capacity of single pile was up to 15000kN. The paper elaborates the bored pile about its construction technology, technical difficulties and the solutions, straight thread connection technology for reinforcement cage at pile hole entrance and post grouting construction technology. The field tests prove that all the piles are of the class I, the bearing capacity of single pile meets the design requirements and the maximum value of ultimate bearing capacity is 35000kN.

Key words: bored grouting pile; post grouting; verticality; straight thread connection at pile hole entrance; bearing capacity of single pile; ultimate bearing capacity

0 引言

随着经济的迅速发展,沿海大型商务区不断出现,大量的高层和超高层建筑涌现,从而对基础的承载力值要求也越来越高。但由于沿海地区的土质多为软土,因此衍生了超长、大直径钻孔灌注桩,并采用后压浆技术提高承载力。本文介绍了中钢天津响螺湾工程后压浆钻孔灌注桩的施工技术,施工后的灌注桩单桩竖向抗压极限承载力达35000 kN,对类似工程有一定的借鉴作用。

1 工程概况

本工程位于天津市塘沽区响螺湾商务区,隔海河与塘沽海河外滩相望,地理位置优越。本项目总用地面积26666.7 m²,总建筑面积约30万 m²,其中地上240000 m²,地下63700 m²,楼高358 m。整个项目由1号楼、2号楼及扩大地下室构成。1号楼基底标高为-22.50 m,2号楼基底标高为-26.40 m,扩大地下室基底标高为-21.50 m。

2 工程地质及水文条件

场区工程地质条件如表1所示。

表1 工程地质条件

层号	土层名称	层厚/m
①	人工填土	3.30~5.30
② _a	粉质粘土	3.00~6.00
② _b	淤泥质粘土	5.70~9.00
② _c	粉质粘土	2.00~3.50
③	粉质粘土	1.50~2.60
④	粉质粘土	5.00~9.00
⑤	粉砂、粉土	3.00~6.50
⑥	粉砂、细砂	22.70~26.00
⑦	粘土、粉质粘土	4.00~6.30
⑧	粉质粘土	8.70~11.80
⑨ _a	粉砂、细砂	7.50~11.50
⑨ _b	粉质粘土	11.00~15.60

本工程初见水位埋深1.00~2.00 m,相当于标高0.28~-0.12 m。静止水位埋深0.20~1.00 m,相当于标高1.26~0.90 m。微承压含水层位于埋深24~58 m段,主要赋存于粉、细砂⑤、⑥层,隔水

收稿日期:2013-11-13

作者简介:张淑娟(1978-),女(汉族),河北正定人,北京工业大学建筑勘察设计院注册岩土工程师,地质工程专业,硕士,从事岩土工程设计施工和勘察设计工作,北京市朝阳区平乐园100号,494260918@qq.com;李洪厂(1980-),男(汉族),山东金乡人,北京鼎实环境工程有限公司,土木工程专业,北京市西城区北三环中路23号,13911309636@139.com。

顶板为粉质粘土④层,隔水底板为粉质粘土、粘土⑦层。该层土厚度大、补给丰富、水量大。

3 基础设计概况

本工程基础桩采用后压浆钻孔灌注桩,设计参数见表 2。

表 2 后压浆钻孔灌注桩设计参数表

部位	桩长 /m	桩径 /mm	桩长 /m	抗压 /kN	抗拔 /kN	水平 /kN	持力层
1 号楼	45	1200	45.2	7700		260	⑥细砂层
2 号楼	76	1000	76.2	15000		400	⑨。粉、细砂层
地下室	42	800	42.2	5500	2800		⑥细砂层

4 后压浆钻孔灌注桩施工

4.1 施工机械设备

GPS-18 型正循环钻机,SR-50 型履带吊车, LBG-40D 型直螺纹连接机,3SNS 型高压注浆泵, YJ-34 型搅拌机。

4.2 施工工艺流程(图 1)

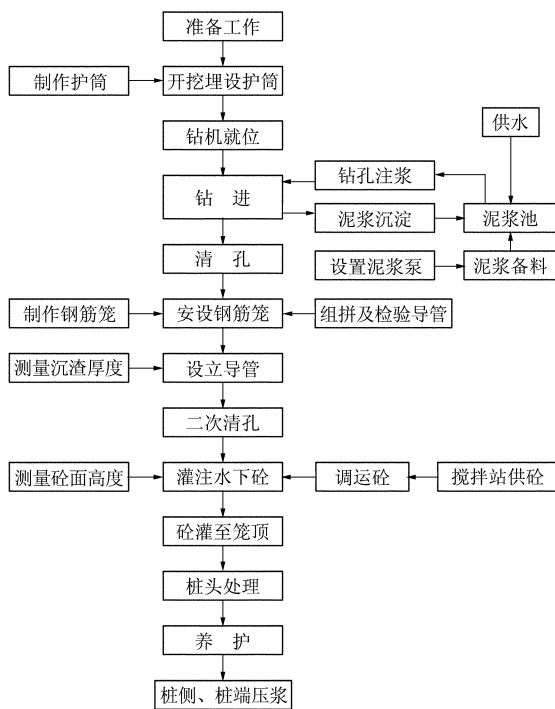


图 1 后压浆钻孔灌注桩施工工艺流程图

4.3 成桩工艺及技术要求

4.3.1 桩孔定位

根据桩位平面图上每个桩位的坐标点,用全站仪进行定位,定位后,用钢筋打入地面作为桩位标记,经监理校核合格后进行下道工序。

4.3.2 护筒埋设

护筒开挖前,先打 4 个边桩,构成垂直的“+”字线,“+”字线中心与桩位中心完全重合。护筒埋设后,再用“+”字线恢复桩位中心(“+”字线必须通畅无遮挡)。护筒埋设深度为 3 m,保证护筒埋设垂直,桩位中心打入钢筋作标志。护筒四周应分层回填粘性土,对称夯实。护筒应高出自然地坪 20 cm。设置 2 个出浆口,出浆口应与泥浆槽相对。

4.3.3 钻机就位

钻机必须做到对中、水平、稳固,且钻塔天车中心、转盘或动力头中心与桩位中心必须保持在同一垂线上,即“三点成一线”,钻机转盘必须水平,用钢质水平尺校准。钻机对位误差应在 1 cm 以内。

4.3.4 泥浆池的制作及防护

保证成孔质量的一项重要措施就是泥浆护壁。根据钻机的特性和现场的土质条件,考虑到经济效益,结合周围工地的施工成功经验,在实际施工中采用自然造浆泥浆。设专人负责维护泥浆性能,正常钻进时,经常清理循环槽,及时调整泥浆性能指标,并协助质检员抽查测试泥浆性能做好记录。终孔后及时清理泥浆池,调整泥浆性能,满足清孔对泥浆性能的需要。施工中不允许泥浆漫流,尽量做到文明施工。

4.3.5 钻孔

钻具下入孔内,钻头距孔底 50 ~ 80 cm,开动泥浆泵待冲洗液循环 3 ~ 5 min 后再启动钻机,慢速回转,慢速下降,轻压慢转数分钟,再步入正常钻进,杜绝开大泵量、高转速,将孔扩大而发生孔斜的现象产生。

在硬塑土层中钻进,为防止钻具跳动、憋车、憋泵、钻孔偏斜现象的发生,加大泵量,降低转速。钻进达到要求孔深停钻时,将钻头提离孔底 100 ~ 150 mm,继续维持泥浆正常循环,清除孔底沉渣直到返出泥浆的钻渣含量 < 4%,泥浆密度 > 1.2 g/cm³,且孔底沉渣厚度 ≤ 50 mm 为止;轻稳提升钻头,向孔内补入泥浆,保持孔内浆液面高度,以保证孔壁的稳定,钻进中泥浆性能指标为:密度 1.1 ~ 1.15 g/cm³,粘度 20 ~ 26 s,含砂量 ≤ 3%。

本工程钻孔灌注桩成孔时间为:Ø1200 mm、长 76 m 桩约 36 h,Ø1000 mm、长 45 m 桩约 12 h,Ø800 mm、长 42 m 桩约 10 h。

4.3.6 清孔作业

清孔分 2 次进行。第一次清孔在钻进至设计终孔孔深时进行,第二次在吊装好钢筋笼下入灌注混凝土导管后进行。清孔完成后要测定泥浆指标和沉

渣厚度,满足要求后可以停止。

4.3.7 钢筋笼的制作与安放

本工程钢筋笼最长为76 m,钢筋主筋采用直螺纹连接,加劲筋采用焊接,螺旋箍筋采用绑扎。钢筋笼制作场地采用铁路枕木铺设,铺设后用线绳和水准仪调整平整度。钢筋笼采用全长加工,加工成型后再分拆成2段。钢筋起吊采用6~8点起吊法(如图2、图3所示)。



图2 钢筋笼全长加工平台



图3 钢筋笼6点起吊

4.3.8 水下混凝土灌注

桩身混凝土强度等级为C40,设计坍落度为 200 ± 20 mm。在混凝土灌注前,计算初灌量,设置隔水塞(球胆),初灌量要保证导管底部在混凝土内埋深达2 m以上。灌注开始需连续灌注,随时测量混凝土面上升高度,计算埋管深度,及时分段拆除导管。

预防导管堵塞方法:(1)组装导管时,要认真检查密封胶圈是否合适,导管一定要紧固,无晃动现象;(2)做好充分的准备,缩短开灌时间和浇筑时间;(3)勤测混凝土上升面,导管理入混凝土中不宜过长,一般为2~6 m;(4)从混凝土的制备到运输至现场要始终保持良好的和易性,合理安排进场混凝土车辆和浇筑顺序,避免罐车久等和间隔时间较长;(5)提升导管严禁猛拉、猛放,以免造成导管局部的应力集中而使混凝土卡死。

4.4 后压浆工艺及技术要求

4.4.1 施工流程

制作安装压浆管和压浆阀→连接注浆系统→拌制水泥浆→开塞→桩侧压浆→桩底压浆→注浆系统清洗。

4.4.2 压浆管制作安装

压浆管上、下端均设螺纹、管箍,上端加丝堵。压浆导管的连接均采用套管焊接,焊接必须连续密闭,焊缝饱满均匀,不得有空隙、砂眼(每个焊点应敲掉焊渣检查焊接质量,符合要求后才能进行下一道工序)。压浆管上端宜高于自然地坪200 mm,桩端压浆管下端接管箍后,其底端距孔底150 mm,进入桩端持力层的深度 ≤ 200 mm。桩侧后压浆管阀的设置采用离桩底10 m以上每隔9 m左右各设置一道,压浆管设置四通进行连接。

4.4.3 开塞

注浆前,为使整个注浆线路畅通,先用清水开塞,用高压水冲开出浆口的管阀密封装置和桩侧混凝土。开塞采用逐步升压法,当压力骤降、流量突增时,表明通道已经开通,应立即停机,防止大量水涌入地下。

4.4.4 压浆

开塞后立即进行注浆,原则上开一管注一管,不允许普遍开塞。注浆应连续进行,压力采用由小到大逐级增加的原则。后压浆起始作业时间一般于成桩2天后进行,对于软土层宜在5天后开始。注浆质量控制采用压浆量和注浆压力双控法,以水泥注入量为主,泵送终止压力为辅。76 m长桩设计水泥注浆量为3.5 t,水泥采用P.O 32.5水泥,注浆水灰比为0.55~0.6。桩侧压浆冲破压力一般为1.0~2.0 MPa,终止压力为0.5~1.5 MPa;桩底压浆冲破压力为2.0~4.0 MPa,终止压力为1.2~4.0 MPa。若水泥浆从桩侧溢出,则停止压浆。现场压浆如图4所示。



图4 现场压浆

4.5 施工中遇到的问题及解决方法

4.5.1 现场积水影响

本工程施工时正好赶上雨季,场地内积水较多,地质较软,对桩机的稳定、灌注桩的成孔垂直度、灌

注和钢筋笼加工影响较大。

解决方法:现场施工时对桩机作业工作面采用渣土铺设碾压平整,然后铺设钢板。钢筋笼加工场地平整后,间隔3 m铺设铁路枕木,垫高钢筋笼加工场。灌注孔距离出入口较远,需要铺设渣土量大时,采用汽车泵进行混凝土的灌注。

4.5.2 桩帽处理

本工程施工为工程桩试桩,灌注桩施工完成后要进行桩帽处理。原设计施工方法为浇筑成桩养护2天后进行桩头处理,处理桩头深度为2.0 m。但是现场场地内地下水位接近地面,若采用开挖后进行桩帽处理的方法,开挖的基坑需要采用降水和临时支护的措施,另外,养护后的C40混凝土剔凿困难,工期长。施工时对原施工工法进行了调整,采用了浇筑后立即进行桩头处理的方式。

具体方法:护筒长度由1 m加长至3 m,施工完成后留置在桩孔中。基础桩灌注到桩顶,泥浆全部置换完毕,然后施工人员下到桩孔中把混凝土从桩内掏出,清理干净周围混凝土,加放钢筋网,分层浇筑混凝土,如图5所示。后期试桩检测时,桩帽的混凝土强度满足了竖向抗压承载力试验的要求。



图5 桩帽处理

4.5.3 砂层厚度大

根据地质勘察报告,施工成孔范围内砂层厚度达20 m左右,密实状态,钻机施工至28 m左右时出现跳钻现象,且排出泥浆粘度大、含砂量高,排渣有一定困难。

解决方法:钻机成孔过程中,钻到此地层时,降低钻机钻速,加大泵量;加大泥浆的测试频率,随时调整泥浆指标;延长清孔时间,补充新鲜泥浆。

4.5.4 钢筋笼孔口直螺纹对接

本工程钢筋笼配筋量大,主筋数多,孔口对接时若采用搭接焊的工艺,费时费力,另外还增加了等待灌注的时间,塌孔的可能性增大,沉渣厚度增大,有可能对桩身质量产生影响。

解决方法:施工时采用直螺纹孔口对接的施工工艺(见图6),钢筋笼加工时全长加工,钢筋主筋一

端加工成全丝,另一端加工成半丝。钢筋笼加工完成后,把套筒旋拧至全丝一端,孔口对接时再拧下来。拆开时,同一主筋用红漆标记,以便孔口对接快捷准确。施工实践证明,此方法操作简单,用时较短,但是钢筋笼起吊时必须防止弯曲,采用6~8点起吊,并注意移动行走过程中的保护。此种方法加工成的试件取样送试验室进行试验,接头性能合格。



图6 钢筋笼孔口直螺纹对接

4.5.5 钢筋笼出现变形

钢筋笼起吊时,起吊点出现变形。

解决办法:各段钢筋笼最上面的加劲筋进行加固处理,采用双圈或较大直径的钢筋,防止在孔口对接时,加劲筋变形造成孔中钢筋笼变形,孔口对接主筋长度不一,对接不符合要求。

4.5.6 垂直度控制措施

灌注桩长度大,垂直度是施工的重要控制指标,施工中采用切实可行的措施保证成桩的垂直度,通过检测,垂直度最小为0.42%,最大为0.66%,完全满足要求(1%)。

(1)选用GPS-18型钻机,由于其自重大,稳定性好,有利于垂直度的保证。

(2)场地内作业工作面铺设渣土后再加铺钢板,保证设备施工过程中的平稳。

(3)钻机就位后,用枕木垫实钻机底架,利用水准仪和水平尺调整钻机水平度,误差控制在5 mm以内。

(4)用钢筋打入枕木,以固定机架,并用打入硬地坪的钢筋焊牢机架,防止晃动。

(5)成孔过程中,在现场成90°布置2台经纬仪,每次加接钻杆时检查主动钻杆的垂直度,并间隔1~2 h复测钻杆垂直度。

4.5.7 工序多,检测程序复杂

本工程为试桩阶段,灌注桩成孔后需要进行各项检测、试验,工序多、用时间长,对成孔沉渣厚度和泥浆性能影响较大。灌注桩成孔后采用JJY-2型

井径仪进行孔径、孔深、沉渣厚度及垂直度检测,用时40 min左右;钢筋笼采用分段安放,76 m长度钢筋笼分3段进行下放,需要进行2次孔口对接,需要对声测管、压浆管及密集钢筋进行对接,对接时间约为1.5 h。用时间延长造成沉渣厚度增大,孔底泥浆的含砂率增大,因此在施工中加强二次清孔的管理,适当延长二次清孔的时间,增加新鲜泥浆的补给。通过最后的试验验证加强二次清孔能有效减少孔底的沉渣厚度,孔底的沉渣厚度 <150 mm,满足设计要求。

4.5.8 混凝土粗骨料粒径的确定

扩大地下室灌注桩桩直径为800 mm,桩身上部配筋为30 Φ 28,配筋率大,主筋间的净间距仅为48 mm,根据规范要求“水下灌注混凝土制备骨料的粒径应小于40 mm,且不得大于钢筋间最小净距的1/3”,因此扩大地下室灌注桩的粗骨料的直径最大不能大于16 mm,否则保护层外的混凝土可能粗骨料含量低,混凝土的强度受到影响。但是本工程的混凝土的强度达到C40,骨料的粒径和含量也会对混凝土的强度产生影响,因此施工前与混凝土搅拌站下达的混凝土技术要求为混凝土强度等级为C40、水下灌注混凝土、粗骨料的粒径最大不能大于16 mm,采用碎石混凝土,严格控制粗骨料的粒径和含量,保证了水下灌注混凝土的质量,达到了原设计要求。

4.5.9 钢筋应力计的安装

本工程每根钢筋笼上皆有钢筋应力计,且数量较多,焊接难度大。76 m长钢筋笼共有52个应力计,45 m长钢筋笼共有24个应力计,42 m长钢筋笼共有22个应力计。为了保证钢筋应力计与钢筋笼主筋同心,应力计不能在组装钢筋笼前焊接,须在钢筋笼组装完毕后安装(未缠螺旋筋前)。整根钢筋笼按要求加工完成后,在需要安装钢筋应力计的位置进行标记,然后在应力计安装位置按照应力计的长度将主筋切断,钢筋应力计安装在切断的主筋位置,确保钢筋应力计的轴心与钢筋的轴心同心后进行焊接,焊接采用帮条焊接,为了防止高温对应力计使用时的影响,在焊接时同时进行洒水降温处理。

5 钻孔灌注桩检测结果

本工程施工的9根灌注桩全部进行了检测,检测内容为成孔质量检测、低应变完整性检测、超声波检测、单桩竖向抗压静载荷试验、单桩竖向抗拔静载荷试验、单桩水平静载试验、桩身应力应变监测、抽

心试验。

(1)成孔质量检测(表3):实测孔径和孔深不小于设计要求,垂直度在0.42%~0.66%,符合要求。

表3 成孔质量检测结果

编号	桩孔号	设计孔深/m	实测孔深/m	设计孔径/mm	实测孔径/mm	垂直度/%
1	1-1	45.00	45.50	1000	<1000	0.59
2	1-2	45.00	45.50	1000	<1000	0.55
3	1-3	45.00	45.20	1000	<1000	0.61
4	2-1	76.00	76.20	1200	<1200	0.42
5	2-2	76.00	76.10	1200	<1200	0.53
6	2-3	76.00	76.00	1200	<1200	0.52
7	地下室-1	42.00	42.50	800	<800	0.66
8	地下室-2	42.00	42.20	800	<800	0.62
9	地下室-3	42.00	42.50	800	<800	0.61

(2)低应变和超声波检测:桩身完整性结果为完整,均属于I类桩。

(3)单桩竖向抗压静载荷实测值(表4)。

表4 单桩竖向抗压静载荷实测值

编号	桩号	最终荷载/kN	最终变形/mm	Q_{ui} /kN
1	1-1	20000	64.88	17500
2	1-2	25000	45.19	25000
3	1-3	20000	91.76	17500
4	2-1	35000	34.96	35000
5	2-2	35000	80.45	31500
6	2-3	35000	49.61	35000
7	地下室-1	11000	35.02	11000
8	地下室-2	11000	38.61	11000
9	地下室-3	11000	37.40	11000

(4)抽心试验:混凝土心样连续、完整,表面光滑,胶结好,骨料分布均匀,呈长柱状,断口吻合,心样侧面仅见少量气孔。

6 结语

(1)通过试桩施工,采用正循环钻机泥浆护壁成孔、水下灌注混凝土施工工艺在本地区应用是可行的。

(2)本地区采用原土自然造浆进行护壁的工艺可行,可不采用膨润土等复合泥浆。

(3)钻孔灌注桩后压浆工艺能有效提高灌注桩的单桩承载力。

(4)通过应力检测取得了大量的实测数据,为后续桩基的设计提供了良好的设计依据。

(5)钢筋笼孔口采用直螺纹对接的技术应用可行,对同类工程有一定的借鉴作用。

(下转第79页)

MPa,抗冲击韧性也已经下降至不到 1 J/cm^2 , 很难满足实际钻进需求。

为了进一步获取短碳纤维对铁基胎体材料性能的影响因素,利用扫描电镜获取了5%碳纤维添加量的复合材料冲击断口SEM照片,如图5所示。由图5(a)中1000倍断口照片可以看出,碳纤维呈现分布不均,且取向无规则性,既存在垂直于断口的纤维束也存在平行于断口的显微束,这种碳纤维的局部偏距以及平行于断口方向的纤维分布形成了材料强度的“弱点”,极易成为裂纹源,从而导致材料强度和冲击韧性的降低;另一方面,观察3000倍扫描电镜断口照片(图5b)可以清楚的看到碳纤维和铁基胎体界面存在孔洞,说明两者的界面结合状态不好,在烧结过程中界面的化学反应等导致烧结试样内气孔的存在,减少了复合材料的承载面积,同样也降低材料的强度。

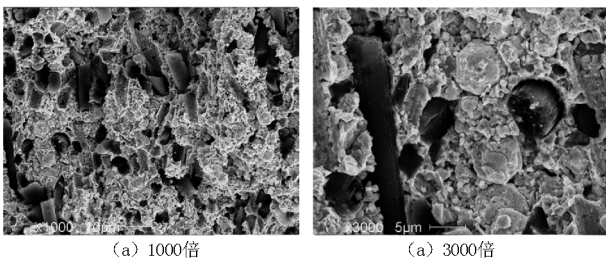


图5 短碳纤维5%增强铁基胎体材料的冲击断口SEM照片

由以上分析可知,5%的碳纤维添加量在硬度增强上虽然具有一定效果,但强度和冲击韧性仍然损失很多,通过改善碳纤维和基体的界面结合状态将会大大提高短碳纤维增强铁基胎体复合材料的综合性能。

4 结论

(1)通过粉末冶金法制备的短碳纤维增强铁基胎体材料具有一定的效果,当添加量为5%时,胎体硬度有所提高。

(2)随着碳纤维含量的增加,铁基胎体复合材料的抗弯强度和抗冲击韧性均呈下降趋势。

(3)粉末冶金法制备的短碳纤维增强铁基胎体复合材料,纤维体和基体的界面需进行表面处理,改善界面结合状态,以提高复合材料的综合性能。

参考文献:

- [1] 徐金城,李晓龙,等.碳纤维增强铜基复合材料的制备及其性能的研究[J].兰州大学学报,2004,40(4):28-32.
- [2] 赵忠华.浅析博采众长的复合材料[J].硅谷,2010,(3):146-147.
- [3] 吕一中,崔岩,等.金属基复合材料在航空航天领域的应用[J].北京工业职业技术学院学报,2007,6(3):1-4.
- [4] 罗天骄,姚广春.短碳纤维增强2024合金复合材料的研究[D].辽宁沈阳:东北大学,2006.
- [5] 高俊江,等.搅拌铸造法制备短碳纤维增强铝基复合材料[D].河南郑州:郑州大学,2011.

(上接第72页)

(6)采用有效的保证措施,软土地区超长灌注桩的垂直度能控制在1%以内。

(7)本工程灌注桩深度大,使得各工序作业的复杂程度、持续时间均大大增加,尤其是试桩工程,还需检测桩径、孔深、垂直度、沉渣厚度等,钢筋笼孔口多次对接更是增加了施工的复杂性和难度。因此,工艺流程各环节必须严格控制,才能保证工程质量,严格控制成孔、二次清孔和水下灌注混凝土的质量,能够保证施工质量。

参考文献:

- [1] JGJ 94-2008,建筑桩基技术规范[S].
- [2] 聂金玲.天津高新区117大厦超长桩钻孔施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(6).
- [3] 潘宏雨,孙芳.钻孔灌注桩后注浆技术实践及其效果分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(7).
- [4] 刘宝新,唐世杰,陈跃武.提高钻孔桩桩底压浆工效及保证质量的技术措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(10).
- [5] 陈琛.软土地区超长钻孔灌注桩后注浆施工工艺探讨[J].上海国土资源,2011,32(2).
- [6] 肖学平.砂层地质大直径超长钻孔灌注桩施工研究[J].民营科技,2013,(2).
- [7] 王泽辉,陈祥福,庄裕杰.大直径超长钻孔灌注桩在无锡软土地基中的应用[J].施工技术,1999,(9).
- [8] 梅子广,黄生根,郝世龙.超长直径钻孔灌注桩施工质量控制[J].施工技术,2013,(1).