

超大型深基坑中劲性复合桩施工质量控制

黄时锋

(上海城投水务工程项目管理有限公司, 上海市 201103)

摘要: 以上海市白龙港污水处理厂为例, 对超大超深基坑中实施劲性复合桩的施工过程质量控制进行分析, 以水泥土搅拌桩和异型桩的施工过程质量控制程序和要点为出发点, 介绍了各质量控制要点的重要性, 分析了周边环境和检测等对桩基质量的影响, 以保障劲性复合桩施工质量, 合理判定桩基质量, 为类似工程提供借鉴。

关键词: 超大超深基坑; 劲性复合桩; 质量控制

中图分类号: TU7

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)05-0185-04

1 工程概述

1.1 工程概况

白龙港污水处理厂提标改造工程含 50 万 m^3/d 一级 A 全流程地下污水处理厂, 地下二层层高 6.9 m、上部操作间层高 5.4 m 和进出通道。工程基坑开挖总面积 15 万 m^2 , 基坑尺寸 515 m $\times$ 289 m。基坑平面形状总体呈矩形(见图 1)。工程地下污水处理设施基坑挖深 12.8 ~ 15.8 m, 基坑安全等级为一级, 周边环境保护等级为三级。工程基础桩采用新工艺劲性复合桩, 共计 24 721 根, 桩长 18 ~ 28 m 不等, 桩间距 2.35 ~ 2.5 m。

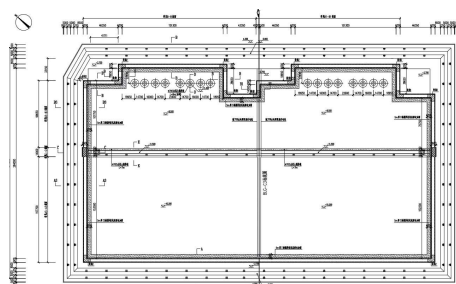


图 1 基坑总平面

1.2 工程劲性复合桩设计概况

工程的工程桩采用 MC 劲性复合桩, 按设计桩径要求, 边注浆边搅拌成水泥土搅拌桩, 在搅拌后的水泥土初凝前植入预应力混凝土管桩, 构成劲性复合桩, 即水泥土搅拌桩中同心植入螺锁式异型管桩。M 桩为 $\phi 700$ 水泥土搅拌桩, 水泥掺入量 15%; 水泥搅拌桩加固体的 28 d 无侧限抗压强度 $q_{u28} \geq 0.8 \text{ MPa}$; 搅拌桩空搅部分水泥掺入量 8%。C 桩为

T-PHC C500—460(110)预应力混凝土异型桩, C 桩接桩采用螺锁式连接接头, 要求柔性桩施工完成后 6 h 内插入刚性桩, 同一标高的接桩数量不得超过总量的 50%。

1.3 工程水文地质概况

根据工程地质勘察成果, 勘察深度范围(最深 60.0 m)内地基土为第四纪全新世 Q34 ~ 上更新世 Q23 的沉积层, 主要由填土、粉性土、淤泥质土、黏性土组成。土层划分为 6 个主要层次, 其中①、②、⑤、⑧层分别根据各自的土层特性分为若干亚层和次亚层。其中, ⑥、⑦层土缺失。从桩基工程施工作业面(-8.1 m)涉及土层开始, 深度范围从上至下依次为(见图 2)②₃₋₁ 层灰色黏质粉土、②₃ 夹层灰色淤泥质粉质黏土、②₃₋₂ 层灰色砂质粉土、③层灰色淤泥质粉质黏土、④层灰色淤泥质黏土、⑤₁ 层黏土、⑤₃₋₁ 层灰色粉质黏土夹粉土、⑤₃₋₂ 层灰色粉质黏土与黏质粉土互层、⑧₁₋₁ 层灰色粉质黏土夹粉土。劲性复合桩桩端持力层主要分布于⑤₃₋₁ 层灰色粉质黏土夹粉土、⑤₃₋₂ 层灰色粉质黏土与黏质粉土互层、⑧₁₋₁ 层灰色粉质黏土夹粉土。

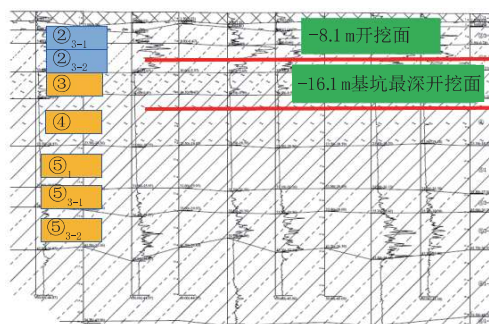


图 2 典型土层分布图

收稿日期: 2021-03-04

作者简介: 黄时锋(1978—), 男, 博士, 高级工程师, 从事水务项目建设管理工作。

1.3.1 地表水情况

上海地处江南水网地带,地表常分布有不规律的水渠、塘、沟壑。根据现场勘察结果,由于工程东侧临近长江,主要的浅层土为粉性土,因此长江地表水为地下水重要的补给源,且场地内地下水的水位受长江潮水水位高低影响较大。

1.3.2 潜水情况

潜水主要赋存于浅部填土、黏性土、粉性土中,其补给来源为大气降水,附近有众多河流,故与地表径流互补性较强,以蒸发排泄为主,地下水位随季节、气候的变化较大。勘察期间测得钻孔中地下水潜水水位埋深在 0.50 ~ 4.60 m,相应标高在 2.52 ~ 6.48 m。

1.3.3 承压水情况

勘探揭露,拟建场地有第⑧2层承压水分布,层顶埋深为 53.3 ~ 59.5 m。承压水水头埋深一般为 3.0 ~ 12.0 m,随季节呈周期性变化。

2 劲性复合桩施工质量控制程序与要点

2.1 劲性复合桩施工质量控制程序

劲性复合桩施工质量控制程序见图 3。

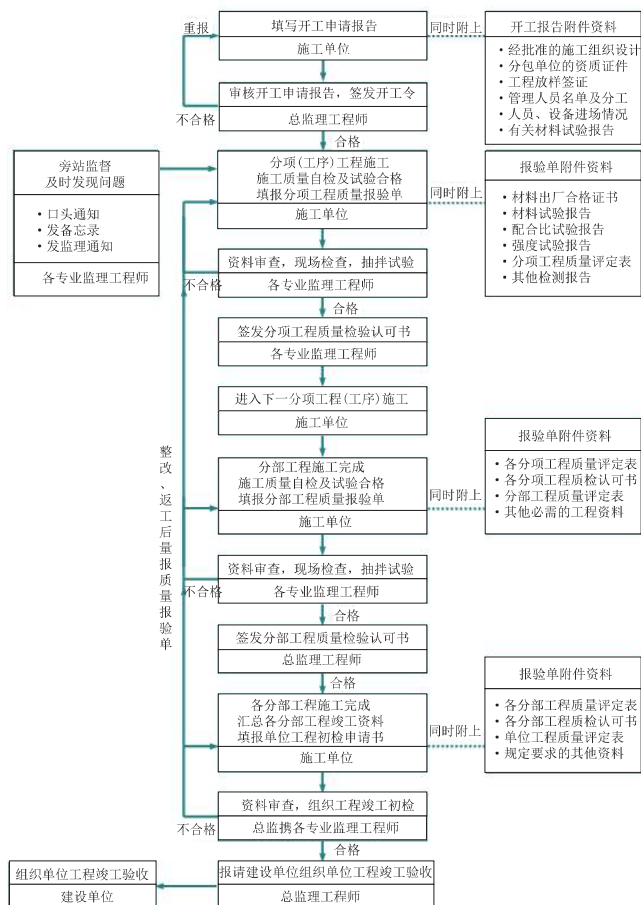


图 3 劲性复合桩施工质量控制程序

2.2 劲性复合桩施工质量规范标准

劲性复合桩施工质量规范标准见表 1。

表 1 劲性复合桩施工质量规范标准

序号	劲性复合桩		
	实测项目	检查频率	允许偏差
1	水灰比	3 次 / 台班	0.8~1
2	搅拌桩	下沉	≤0.8 m/min
3	喷浆速度	提升	≤1.6 m/min
4	桩位偏差		± 10 mm
6	垂直度		≤0.5%
7	桩底标高(柔性桩)		± 200 mm
8	桩底标高(刚性桩)	1 次 / 幅	± 50 mm
9	环氧树脂涂沫量		≥50g
10	涂沫时间		≤2 min
11	刚性桩与柔性桩间隔时间		≤6 h

2.3 劲性复合桩施工质量控制要点

2.3.1 桩基施工前期准备监控

(1)材料监控。检查进场的水泥与掺和剂相关资料,检查进场的预应力混凝土异型桩原材料复试报告和相关资料,保障工程施工的材料质量。

(2)定位放样监控。核查基线和水准点设置应牢固可靠,复核施工单位对围护结构平面轴线和标高定位放样。复核无误后方可进行下道工序施工。

(3)开挖导沟监控。施工前必须清除地上和地下障碍物,并平整好场地,核查开挖平面位置的宽度、深度和垂直度。

(4)桩机就位监控。核查桩机就位场地平整、坚实机头是否已正确对中桩位轴线,龙门立柱垂直度偏差不大于 1/200。

2.3.2 搅拌桩成孔与注浆过程中监控

核查水泥浆液级配、浆液拌注设备和有关计量设备完好情况。频繁核查桩机定位、机身垂直平稳,严格控制桩机钻头的下沉和提升速度,下沉速度应控制在 0.8 m/min 范围内,提升速度应控制在 1.6 m/min 范围内,严格做到二次喷浆。在提升桩机的旋转杆的同时启动注浆泵开始喷浆,在桩底部位重复搅拌注浆,记录搅拌桩机机头每米下沉和提升的时间、注浆量^[1]。

2.3.3 异型桩沉桩过程质量监控

复核场地基准点、基准线和临时水准点,检查桩机平整度,并对准桩位。核查沉桩时,固定端大螺帽朝上,张拉端小螺帽朝下。吊装时,防止桩身碰撞桩机。吊装到位后,方可安装插杆。沉桩时,桩身应垂直,垂直度偏差不应超过 0.5%,首节沉桩插入地面时的垂直度偏差不应超过 0.3%,设置两台经纬仪校

准桩身垂直度。禁止采用将上下节桩轴线形成夹角的方法调整上节桩的垂直度。单节桩应一次性连续沉桩到位。接桩、送桩应连续进行,中间停歇时间不应超过 30 min,严禁采用螺锁式异型桩代替送桩器。送桩前,应在桩顶放置与桩外径或边长相同、厚度不小于 10 mm 的垫板^[2]。

3 劲性复合桩施工质量控制重点分析

3.1 搅拌桩施工质量控制重点分析

搅拌桩是桩基工程和止水帷幕工程中常用的工程桩形式,其施工工艺也属于成熟工艺。在搅拌桩施工前期,根据设计要求需要进行试桩。通过同条件试桩,明确工程桩中采用的水泥参量和水灰比。通过工艺试桩,明确桩机的下沉速度、提升速度、喷浆量等参数,以使工程桩施工过程更加顺利,保障工程桩质量。在搅拌桩施工过程中,施工监理重点控制的质量在于施工过程中各种参数执行的监控,保障每一班组严格按照试桩的结论进行工程桩施工,同时制定质量管理标识,保留桩基施工过程记录。

在搅拌桩施工过程中,故障恢复等特殊情况质量控制是工程质量控制的重点。例如因故停止注浆,应将钻头下沉至停浆点以下 1 m,待恢复供浆开泵时再喷浆提升,以保证水泥浆液的连贯和均匀。如果搅拌桩作为止水帷幕桩,还需重点控制施工套打过程中两根桩施工间隔时间;为保障止水帷幕的止水效果,相邻两根桩的间隔时间应不超过 12 h,保证套打部分能够有效衔接,达到止水效果。

3.2 异型桩沉桩施工质量控制重点

劲性复合桩的组成为搅拌桩的柔性桩结合异型桩的刚性桩。在异型桩沉桩施工过程中,首先要控制的是沉桩时间。沉桩时间包含沉桩施工开始时间和沉桩施工过程时间。沉桩施工开始时间为搅拌桩施工完成至异型桩开始沉桩的时间间隔。为保证异型桩的有效沉桩,沉桩施工开始时间宜控制在柔性桩施工完成后 6 h 以内。沉桩施工过程时间为单根桩完成沉桩所需时间,要求单节桩应一次性连续沉桩到位,接桩、送桩应连续进行,中间停歇时间不应超过 30 min。

机械链接方式的劲性复合桩施工中,接桩质量是另一质量控制重点。机械连接的异型桩采用“上螺下顶”式,螺锁式连接器(见图 4)。需要进行接桩的异型桩施工,接桩质量的好坏将直接影响劲性复合桩的整体施工质量。采用机械连接的异型桩接桩,首

先,检查桩两端制作的尺寸偏差和连接卡扣件,确认其完好;清理完成桩端接头残物后,将插杆安装在上接桩张拉端的小螺帽上,在下节桩的固定端大螺帽里安装弹簧、垫片、卡片和中间螺帽(见图 5)。其次,在下节桩端面图抹足够的专用密封材料,操作时间控制在 2 min 以内,初凝时间不超过 6 h,终凝时间不超过 12 h;密封材料由环氧树脂、固化剂 1 : 0.2 比例组成。最后,在专人指挥下,将插件与中间套的轴线移到同一条直线上,准确对准 3 个以上孔方可缓慢插入,严禁碰撞。插接后,密封材料宜溢出接口,形成无缝隙接口。如此完成异型桩的接桩、送桩过程(见图 6)。



图 4 机械连接方式



图 5 插杆安装方式



图 6 接桩密封胶使用方式

在机械连接方式的异型桩接桩、送桩过程中,存在较多影响桩基质量的因素。例如,由于异型桩端头螺孔偏差,会导致插杆安装后不在轴线上,接桩过程中无法与螺帽一一对应,造成个别插杆损坏,从而引起桩轴线偏差,影响桩基质量。又如,在密封件的桩端涂抹过程中,密封胶涂抹过多,覆盖了整个断面,造成接桩过程无法看清螺孔位置,影响接桩效率。同时由于多次的尝试接桩,也会导致桩端插杆倾斜或损坏,从而影响桩基质量。再如,插杆的连接不到位,造成端面上的插杆端部没有在一个平面上,在连接完成后造成上下桩端面未能形成无缝隙接口端面,从而影响桩基整体质量。因此,在机械连接过程中,应严格控制接桩前的准备工作,确认桩端螺孔完好并清理干净,确保插件都有效连接且端部都在一个平面上,密封胶的涂抹均匀适当,保障整个接桩过程顺利、高效。

3.3 基坑土体侧压力对劲性复合桩施工质量影响分析

在超大型深基坑施工过程中,由于整体施工工序的安排,难免存在多种工艺同时在基坑内施工的情况。劲性复合桩的施工虽然已经完成了沉桩、接桩、送桩的整体工艺流程,但是柔性桩的水泥土搅拌桩存在强度周期问题,同时接桩的密封胶不具备受力条件,而机械连接的方式终究存在机械间隙。因此,土体的侧压力作用在劲性复合桩上,容易对桩本身产生一定的影响。其最为直接的表现是,在桩端处产生缝隙,两根桩的桩端出现脱离或倾斜的部分脱离,仅靠机械连接。该现象将直接影响桩基工程检测结果,小应变检测出现断桩波形,造成检测不合格判定。

因此,在劲性复合桩施工过程中,要尽量避免对刚施工完成的桩基区域造成土体侧压力的变化。例如,施工便道的合理布置与实时的调整,避免重型设备运输、移动等引起周边区域产生侧压力变化。再如,基坑开挖的工序布置,在超大型基坑中,在局部具备开挖条件的区域先行实施基坑开挖是正常工序,但局部的开挖会造成土体侧压力变化,也会对开挖区域的桩基工程造成影响。因此,在工序安排中,应有效规避该情况,在开挖区域和桩基区域之间形成至少3倍开挖深度的隔离带,减少分区域开挖对桩基工程产生的影响^[3]。

3.4 劲性符合桩的质量检测方法及其影响分析

劲性复合桩的质量检测仍采用常规的桩基检测方法,采用小应变法检测桩身的完整性,采用锤击法

或堆载法检测桩基的抗压强度,采用锚固液压顶升加载方式检测桩基的抗拔强度^[4]。其中,小应变的检测方法是通过锤击法监测其反射波的波形,判断桩身的完整性。诸如上述,劲性复合桩施工过程中存在诸多的因素影响桩基的质量,由于其异型桩的机械链接方式本身就存在机械间隙,在外围因素的影响下容易产生端面脱离现象,但其仍由机械连接件保持着桩身的完整性,并保障其抗压和抗拔的强度,但在小应变的波形中体现的将是其断桩的波形,造成一定程度的误判^[5]。

现场抽取小应变检测结论不同的三种桩(见图7),实施承载力检测和桩内清孔视屏比对(见图8)。根据建筑地基与桩基检测技术规范(DG/TJ08-218—2017)判定,A1#桩有桩底反射,无接桩位置反射,I类桩;A2#有桩底反射,接桩处有反射,II类桩;A3#桩无桩底反射,接桩处有明显反射,且有二次反射,III类桩。但根据堆载法实施的承载力检测表明,这三类桩承载力均满足设计要求。通过现场比对判定,小应变检测波形的变化,经过桩孔摄像比对,确实能够反映接桩处的相关问题;对无桩底反射,接桩处有明显反射的桩,视屏证实其桩端的脱离,但其机械连接仍然保持良好,经承载力检测均满足设计要求。因此,在劲性复合桩的桩身完整性检测过程中,小应变的检测结论应得到一定的佐证,避免造成误判。

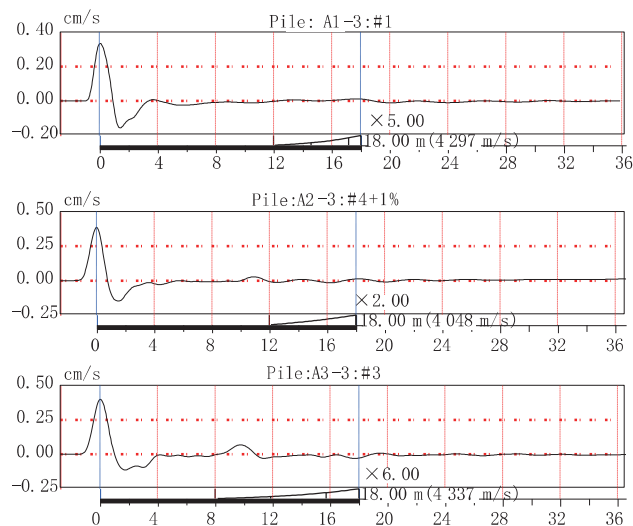


图7 劲性复合桩小应变信号图

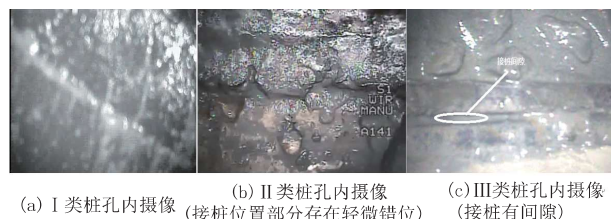


图8 劲性复合桩接桩部位孔内摄像图