

高压旋喷桩加固预应力管桩桩端 湿陷性土持力层施工技术

徐建忠¹, 诸葛艺², 程海义²

(1. 浙江省山水建设有限公司, 浙江 杭州 310016; 2. 温州中城建设集团有限公司, 浙江 温州 325000)

摘要:通过工程实例介绍了采用高压旋喷桩处理静压预应力管桩桩端湿陷性土层持力层的施工技术。由于原工程地质勘察报告没有提供桩端湿陷性土层的有关资料,在大量静压预应力管桩成桩且经静荷载检测均满足设计要求后,随着成桩时间的延长,成桩桩头发生自行下沉,在对桩作静载复测,确证此时桩的承载力不再满足设计要求,因而发现桩端持力层为湿陷性土层,并经复勘验证。这时对桩端湿陷性土层的加固施工存在诸多限制,这种特殊条件下,采取了针对性的施工操作、工艺流程、技术参数及措施。

关键词:工程基桩;预应力管桩;湿陷性土;高压旋喷桩;持力层加固

中图分类号:TU473.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2012)11-0065-04

Construction Technology of Consolidation for Collapsible Soil at Pipe End of Pre-stressed Pipe Pile by High-pressure Rotary Jet Pile/XU Jiang-zhong¹, ZHUGE Yi², CHENG Hai-yi³ (1. Zhejiang Landscape Construction Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang 310016, China; 2. Wenzhou Zhongcheng Building Group Co., Ltd., Wenzhou Zhejiang 325000, China)

Abstract: The paper introduced the construction technology of consolidation for collapsible soil at pipe end of pre-stressed pipe pile by high-pressure rotary jet pile with an engineering case. When the subsidence of the pile end of pre-stressed pipe pile occurred in bearing stratum of collapsible soil with many restricted conditions for consolidation, the pertinent construction operations, technical processes, technical parameters and the countermeasures were adopted.

Key words: engineering foundation pile; pre-stressed pipe pile; collapsible soil; high pressure rotary jet pile; bearing stratum consolidation

0 引言

预应力管桩由于具有施工质量控制简单,施工方便快捷、价格较钻孔灌注桩低的优势,在城乡新开发区的多层厂房、住宅或商住楼工程中常被用作建筑基桩。其桩端持力层多选择具有一定厚度又较为密实的粘土层、砂砾层或强风化岩层,通过静压将预应力管桩压送到设计深度,其施工效果和经济效益一般都能达到预期效果。但在新开发区的使用中,由于对预应力管桩桩端持力层的物理力学特性的掌握揭示可能不够充分,加之又缺乏既有工程施工经验的借鉴参考,如在桩端持力层遇湿陷性土层时,施工操作过程直接从压力表读到数据没有异常,施工后的预应力管桩作竖向静荷载测试又完全能满足设计要求。但随着成桩时间的增长,场址地下潜水会通过埋设于地层中的预应力管桩的上端口或管桩接头处的焊接缝隙或压桩过程桩管产生的裂隙渗入管桩中空的腔体内,并下渗运移至桩端持力层中,使原本较干燥密实承载力颇高的湿陷性土层被地下水

浸透饱和而软化,有时甚至部分被液化,这时先前承载力能满足设计要求的桩由于桩端持力层软化,其承载力明显下降,甚至桩身自行下沉,这时若再测试桩的竖向静荷载就不再满足设计要求了。若不对此类持力层软化的桩作技术处理必将给工程质量留下隐患。本文以安徽芜湖某工程为例,总结采用高压旋喷桩处理静压预应力管桩桩端湿陷性土层持力层的施工经验,供同行们参考借鉴。

1 工程概况

安徽芜湖市弋江区火龙岗安置房开发区位于芜湖市火龙岗镇芜(湖)马(鞍山)高速公路两侧,这是一个新的房地产开发区,占地面积 56.52 万 m²,总建筑面积 108.54 万 m²。拟建几十幢 1~12 层公建设施、16~33 层住宅楼和小区道路与地下车库等建筑。框剪结构,均设 1 层地下室车库。建筑物设计采用桩筏基础,其中公建设施和多层住宅楼采用 Ø400 mm 静压预应力管桩作为基桩,设计单桩竖向

收稿日期:2012-06-01; 修回日期:2012-09-07

作者简介:徐建忠(1968-),男(汉族),浙江富阳人,浙江省山水建设有限公司工程师,岩土工程专业,从事市政工程、地质灾害防治、岩土工程、基桩工程和基坑工程等施工及其管理工作,浙江省杭州市杭海路 218 号。

荷载特征值 3300 kN;高层住宅楼采用 $\varnothing 500$ mm 静压预应力管桩作为基桩,设计单桩竖向荷载特征值为 5300 kN。预应力管桩的有效桩长在 11 ~ 25 m 之间,其中多数桩的有效桩长为 11 ~ 19 m。钢筋混凝土筏板厚 1.60 m。

2 工程地质及水文地质条件

工程构筑物场址原为高差不大的坡地或农耕地。场址地层自上而下分别是:①耕种土;②粉质粘土;③粉质粘土夹粉土;④粉质粘土;⑤₁ 强风化粉砂岩;⑤₂ 强风化石灰岩;⑥₁ 粉质粘土(为石灰岩溶洞填充物);⑥₂ 中风化石灰岩。除耕种土外,其余土层物理力学性质均较好, f_{ak} 建议值多在 220 ~ 250 kPa 之间,强风化层达 300 kPa,设计采用的预应力管桩正常情况下其承载力完全能满足设计要求。

拟建场址地下水主要为埋藏于耕种土中的上层滞水,其水位及水量随季节变化,受雨水和地表水补给。由于芜湖地区雨量充沛,地表径流量大,特别是近旁过境的长江水资源极其丰富,因此,场址地下水水位较高,表层地基土所含地下水常年基本呈饱和状态。

3 桩端持力层湿陷性土的发现

由于本工程为新开发项目,对桩端持力层土体的常规工程地质勘察报告只做物理力学性能的相关实验测试,因此桩端持力层湿陷性土的性质特性并未在基桩施工前被大家所认识。只是工程地质勘察报告建议本工程采用钻孔灌注桩作为建筑基桩,而工程设计单位依据工程地质勘察报告提供的地质资料认为采用静压预应力管桩作基桩,其承载力可以满足设计要求,这样可以大大的加快工程施工进度,而且还能较大幅度的节省工程成本。为此,先安排试打静压预应力管桩的施工,其施工过程完全符合设计单位的预期,而后对成桩进行的竖向静荷载测试也完全满足设计要求。正是由于取得了这种满意的结果,接着静压预应力管桩的施工就在多幢楼同时推开。但是过后不久就发现一些原先成桩桩头出露高度大致与场地坪标高基本齐平的桩头下沉了数厘米,这种整桩的自行下沉的现象清楚地说明原来实际单桩承载力达到设计要求的桩随着时间的延长,其承载力反而明显下降。透过对这种现象的分析和随后进行补充地质勘察结果的验证,确认桩端持力层土体为湿陷性土层。

4 湿陷性土体浸水沉陷破坏机理

湿陷性土层在未浸水软化的地质状态下,呈现比较密实压缩性小的赋存状态,具有较高的竖向荷载性能,通常情况下静压预应力管桩无法贯穿此类土层而被作为桩端持力层。湿陷性土层中含有较丰富的极易吸水软(液)化的粘土矿物,预应力管桩静压成桩且以湿陷性土层作为桩端持力层时,地下潜水就会通过压桩时造成的桩周侧壁与地层间的微小间隙和管桩中空的管腔下渗运移直至持力层土体,这时持力层土体遇地下水渗透其中的粘土矿物被软(液)化,水分子契入土颗粒之间,较小的土颗粒向稍大空隙中移动,土的骨架遭挤密,原本密实的土体变成凝胶甚至液态状,土的抗剪强度迅速降低,在土的自重压力和上覆地层荷载的附加压力作用下,发生沉陷变形,使既成的预应力管桩发生显著的附加沉陷,其竖向静荷载大为下降。

5 桩端湿陷性土体加固

5.1 加固机理

(1) 采用高压旋喷桩对预应力管桩桩端已软化的持力层用水泥浆液高压切割置换,重新凝结固化以保证被置换的桩端持力层重新具有足够的承载能力,并确保基桩承载力满足设计要求。

(2) 高压旋喷桩的施工机具直接通过预应力管桩中心的管腔深入到桩端持力层进行旋喷作业,操作简便易行。同时还能通过旋喷施工参数设计控制管桩桩端旋喷桩桩径大小和加固深度,甚至直接座在中风化基岩上,使加固质量更有切实可靠的保证。

(3) 高压旋喷桩在作为预应力管桩桩端软化湿陷土持力层的加固处理后,旋喷机具上拨过程使预应力管桩中心空腔自下而上充盈水泥浆液,使之凝固后封堵地下水渗透运移通道,避免管桩桩端持力层湿陷性土吸水软化现象的发生。

5.2 施工工艺流程

高压旋喷桩施工工艺流程如图 1 所示。

5.3 操作要点

5.3.1 准备工作

施工场地整理、施工机械进场安装与调试、施工材料进场验收与取样送检复试,设计施工参数验证与调整,选择浅层与桩端持力层性能类似的粘土层进行旋喷成桩效果试验,成桩 3 天后进行实地开挖查验,验证实际成桩规格及其强度质量等实际效果,并据此验证和调整旋喷桩施工设计技术参数。

5.3.2 挖除桩顶覆土

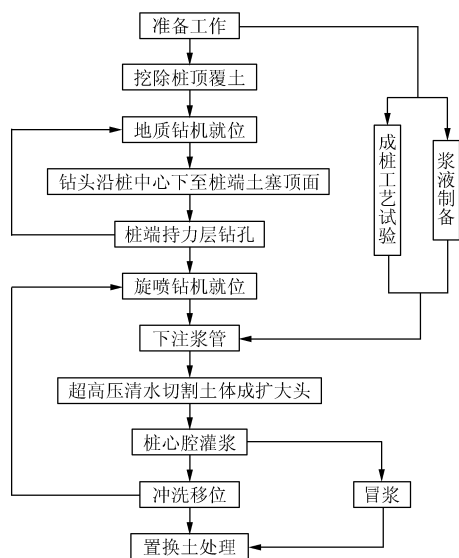
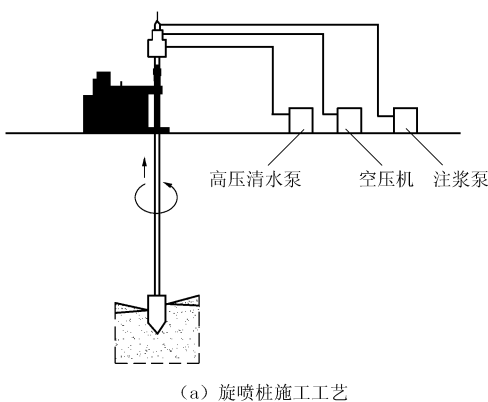
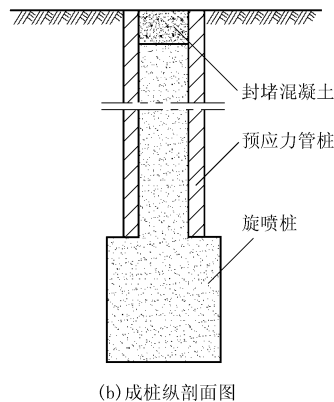


图1 高压旋喷桩施工工艺流程图

拟建工程设计有地下室时,压桩时需送桩至设计桩顶标高,成桩后桩顶以上的送桩桩坑通常作埋填封堵处理,施工旋喷桩前需将桩顶填土挖除。



(a) 旋喷桩施工工艺



(b) 成桩纵剖面图

图2 高压旋喷桩成桩示意图

5.3.6 补喷处理

基桩施工过程中,有一部分桩为避免桩端持力层土体软化而在管桩下端口焊接圆形钢板以封堵桩管地下水下渗通道。这种方法打的桩未能取得预期的效果,其原因在于光封堵管桩下端口并不能切断地下水下渗运移通道,地下水仍能沿预应力管桩的外周侧间隙或钢板焊接欠佳的缝隙处下渗进入到湿陷性土体。对此类桩的处理是在管桩桩心外 0.60 m 处施打旋喷钻孔至管桩下端的加固标高,然后下旋喷钻具至管桩下端口并以管桩桩心连线为轴线,分别向两侧连续摆喷 45° 扇形桩,摆喷扇的半径 ≤ 1.05 m。处理后旋喷桩、摆喷桩与管桩平剖面位置关系如图 3。

5.3.7 冲洗移位

5.3.3 桩机就位、钻进

钻机就位应水平稳固,钻具的垂直度与垂心线应与预应力管桩中心线相重合。然后将钻具缓慢下入预应力管桩中心空腔桩端土塞顶面并向下钻进至桩端持力层加固设计深度。然后提升钻具移机。

5.3.4 旋喷钻机就位、下注浆管

根据经试验验证调整后确定的设计参数进行高压旋喷桩施工:高压水压力 28 ~ 32 MPa,水量 70 ~ 80 L/min;压缩空气压力 0.7 ~ 0.8 MPa,气量 1.2 ~ 2.0 m³/min;浆压 0.5 ~ 0.6 MPa,浆量 75 ~ 100 L/min;提升速度 6 ~ 8 cm/min,旋转速度 7 ~ 8 r/min;进浆密度 ≥ 1.6 g/cm³,回浆密度 1.2 ~ 1.3 g/cm³;旋喷桩桩径大于预应力管桩桩径。

5.3.5 预应力管桩中心空腔充盈喷浆

预应力管桩桩端持力层高压旋喷桩成桩后,注浆管边提升边连续喷射浆液,直至预应力管桩桩顶端口。

图2 为高压旋喷桩成桩示意图。

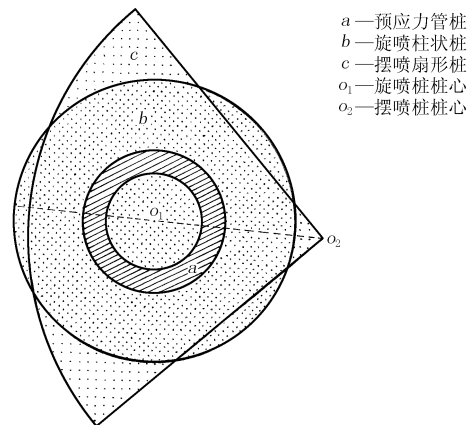


图3 旋喷桩与管桩平面布置纵视示意图

旋喷桩机移开并待预应力管桩中心喷射浆液初凝后挖去 60 ~ 70 cm,采用 C30 混凝土回填捣密实

封堵。

5.3.8 置换土处理

高压旋喷桩施工时从预应力管桩上端口溢出的冒浆引流至回浆储浆池沉淀凝固,使渣液分离,沉渣沉淀凝固后挖出晾干外运。

5.4 确保加固质量措施

5.4.1 质量控制标准

高压旋喷桩施工质量按《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202-2002)和《建筑地基基础设计规程》(GB 50007-2002)执行。其质量检验标准见表1。

表1 高压旋喷桩质量检验标准

序号	检查项目	允许偏差或允许值	检查方法
1	水泥及外掺剂质量	符合出厂要求	查产品合格证书或抽样送检
2	水泥用量	设计要求	查看流量计及水泥浆水灰比
3	桩体强度或完整性	设计要求	按规定方法
4	钻孔垂直度	≤1.5%	经纬仪测钻杆或实测
5	孔深	±200 mm	用钢尺量
6	注浆压力	按设定参数指标	查看压力表
7	桩体直径	≤50 mm	开挖后用钢尺量
8	桩身中心允许偏差	≤0.2D (D为桩径)	开挖后桩顶下500 mm处用钢尺量

5.4.2 质量保证措施

(1)施工前应检查水泥、外掺剂的质量,施工机械、压力表、流量计的性能应良好,其精度和灵敏度能满足要求。

(2)钻机对准预应力管桩中心后用水平尺核准机身、垫平稳固,钻机机上钻杆斜率控制在1.5%以内,钻具(喷管)缓慢下放至管桩底端空腔上塞顶面。然后向桩腔内送水泥浆液护壁并开动钻机成孔至设计孔深。

(3)制浆水泥采用标准强度为32.5R的普通硅酸盐水泥,制浆用水应符合混凝土用水标准,采用高速搅拌机搅拌制浆,外加剂为三乙醇胺,掺入比0.03%。浆液水灰比1.0~1.2,相应浆液密度为1.60~1.65 kg/L,浆液搅拌时间≤30 s,水泥浆应严格过滤去渣后装入储浆桶备用,浆液存放的有效时间≥3 h。储浆桶内的储浆应始终有搅拌机在不停的搅拌,以保证浆液的工作性能。

(4)喷射灌注。喷管下入孔底后,逐次低压送水、送浆、送气,而后提高至设计值,在孔底静喷1~3 min(不提升),待孔口返浆密度≤1.2 kg/L,再按

设计要求进行由下而上的旋喷注浆作业,至提升到预应力管桩上口停止喷射。

(5)施工中应检查施工参数(压力、水泥浆量、提升速度、旋转速度等)及施工程序是否符合设计要求和工序质量标准。

(6)静压回填灌浆。喷射作业完成后,孔内浆液面会有所下降,应随即引流相邻高压旋喷作业的管桩孔口回浆以回填灌浆,直至孔内浆面不再下降为止。

6 结语

对本工程基桩桩端持力层湿陷性土的加固曾试用过多种方法。先是采用高压压密注浆法,由于高压浆液流向的不确定性、不均匀性未取得预期的加固效果;继而采用千斤顶反力架复压来恢复桩的承载力的方法,由于没有杜绝地下水源下渗浸湿持力层土体而软化的途径未获成功;也曾试图采用施工桩端扩大头的方法,由于机械扩孔器须借助动力头及钻具重力的机械加压才能打开,从加压到扩孔机具打开有一个相当距离的行程,因此无法紧贴预应力管桩桩端土体扩孔而作罢;还曾采用最下一根预应力管桩桩端焊接封堵钢板的方法,由于钢板焊接欠佳残存的缝隙或预应力管桩桩周间隙的存在,地下水仍通过这些渠道下渗运移至桩端湿陷性土持力层中,因而也未取得预期的成效。

采用高压旋喷桩对预应力管桩桩端湿陷性软化土的置换加固处理以改善和提高桩端持力层的性能,并使基桩竖向静荷载恢复提高以满足设计要求。实践证明,这是一种安全、经济和质量可靠的处理方法。

参考文献:

- [1] 刘国彬,等. 基坑工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [2] 徐佩林,等. 高砂性地层钻孔灌注桩施工易发的基桩质量隐患[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(6).
- [3] 彭家驹,等. 超短静压PHC管桩工程的设计与施工实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(11).
- [4] 张鹏,等. 粘土夹杂大量砂砾的特殊地质堤坝防渗处理方案设计[J]. 西部探矿工程,2011,(9).
- [5] 王福辉. 湿陷性黄土地基浸水型病害勘察及加固处理[J]. 西部探矿工程,2010,(3).