 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i3.9834

Construction difficulties and treatment techniques of static pressed pipe piles in soft soil areas

Zhi Luo

Middling Coal Jiangnan Construction Development Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000, China

Abstract

The construction of static-pressed pipe piles in soft soil zones presents several challenges, such as pile inclination, deviation, severe soil compaction, excessive or insufficient pile-sinking resistance, and the impact of excess pore water pressure. Based on the characteristics of soft soil, this paper discusses the technical difficulties encountered during the construction of static-pressed pipe piles and proposes corresponding solutions in three aspects: preparation before construction, management during construction, and reinforcement after construction. By reasonably arranging the construction sequence, controlling the pile-sinking speed, ensuring proper drainage, and using the re-pressing method, the problems of static-pressed pipe pile construction in soft soil zones can be effectively addressed. The research results of this paper provide certain reference significance for the construction of pipe pile foundations in soft soil zones.

Keywords

Soft soil foundation; Static pressure pipe pile; Construction difficulties; Soil squeezing effect; Technical processing

软土地区静压管桩施工难点与处理技术

罗志

中煤江南建设发展集团有限公司，中国·广东 广州 510000

摘　要

软土地带静压管桩施工存在一些困难，如桩身倾斜、偏位、挤土严重、沉桩阻力过大或过小等问题，此外还有超静孔隙水压力的影响。根据软土特点，本文对静压管桩施工过程中遇到的技术难题进行探讨，并在施工前准备、施工中管理和施工后补强三个方面提出相应的解决方案。通过合理安排施工顺序、控制压桩速度、做好排水工作以及使用复压法等方法，可以较好地解决软土地带静压管桩施工的问题。本文的研究成果对于软土地带管桩基础施工具有一定的参考意义。

关键词

软土地基；静压管桩；施工难点；挤土效应；技术处理

1 引言

静压法沉桩由于其无振动、低噪声、速度快等优势在中国软土地基工程中被广泛使用，但同时由于软土具有高压缩性、低强度、高灵敏度等特点也使得静压管桩施工存在诸多困难，在实际施工中出现桩身偏斜、断桩、上浮以及承载力不足等现象时有发生，极大地影响到工程质量和工期。因此研究软土地基静压管桩施工的技术难题并提出相应的解决措施对于提高工程质量、减少工程风险具有极大的意义。基于此本文从软土地质条件及静压施工原理出发，总结了在软土地基中静压管桩施工所面临的主要问题以及相应的对策，以供借鉴。

【作者简介】罗志（1991—），男，中国江西新余人，本科，工程师，从事土木工程研究。

2 软土工程特性及其对静压施工的影响

2.1 软土的物理力学特性

软土包括淤泥、淤泥质土以及高压缩性粘土等，其性质非常独特，在自然界中一般天然含水量接近甚至超过了液限而呈饱水状，孔隙比较大，压缩性高、强度低，在外力作用下易产生较大位移并且位移持续时间较长且有明显流变性，在静压管桩施工时，由于桩身打入使周围软土受到巨大压力而发生扰动，从而使土体原有结构被破坏，使它的各种指标迅速降低。这些扰动能严重影响施工过程的正常进行，同时也改变了桩与土之间的关系，从而给最终的桩基础带来很大危害。因此，在施工之前要详细了解软土地基基本物理力学性质，以便为后续的设计、施工等各项工作的开展奠定坚实基础。

2.2 软土的触变性与时效特征

软土有明显的触变性，在受到扰动时强度会立即下降，然后经过一段时间再慢慢恢复。静压沉桩时，由于打桩使桩

周土体受到强烈扰动，其强度明显降低，从而造成桩周摩阻力降低[1]。沉桩完成后，由于超静孔隙水压力逐渐消散，土体会发生固结，进而使桩周摩阻力也相应增加。对时效的要求是，在施工中要合理安排沉桩顺序以及间隔时间等，以免造成土体过度扰动。另外，还要利用好软土触变恢复的特点，在合适的时候采用复压等方式给桩基一定的压力，能让桩基最终获得更好的承载能力。因此，在软土地区进行桩基设计和施工时，应充分考虑软土的触变恢复特性和时效规律，通过优化施工参数和采取合理的技术措施，确保桩基的长期稳定性和承载性能。

2.3 软土的超固结比与应力历史

由于软土中超固结比一般较低，为正常固结或者欠固结，且受其形成过程影响较大。在静压管桩施工时，桩入土使地基土产生应力重新分布，桩底以下部分土体会受到较大的附加应力而发生压缩变形；桩侧周围土体被挤出，产生很大的横向移动以及地面隆起。了解软土中超固结比，可以更好地预测沉桩时土体变形情况，从而合理选择桩长、桩径以及施工工艺等，以避免因土体变形过大而导致的质量问题，保障工程质量和耐久性。

3 静压管桩施工主要难点分析

3.1 桩身倾斜与偏位控制难题

软土地基承载力低，水平约束能力差，在静压管桩施工过程中桩身倾斜及偏位现象较为显著。由于地面硬壳层和下部软土层之间刚度相差悬殊，桩端穿过不同土层时所受阻力不同，容易造成桩身偏斜。压桩机位置偏差或者垂直度掌握不好也会引起初沉桩偏位。临近桩施工引起挤土效应使已成桩产生位移，再加上软土地基具有蠕变性质使得桩在停顿一段时间后逐渐产生倾斜，以上多种原因会导致较大偏位。桩身倾斜会减少其竖向承载力，并会产生额外弯矩，严重时会导致断桩，需采取精确放样、合理安排施工顺序、加强监控等方法进行预防。

3.2 挤土效应与超静孔隙水压力

静压管桩是非挤土桩，在施工过程中，桩体体积被压缩到土体内，在饱和软土中会产生很大的挤土效应。由于软土透水性差、排水固结慢，挤土作用造成超静孔隙水压力迅速上升，可达到上覆有效应力的几倍[2]。过高的孔隙水压力会使土体有效应力减小，减弱桩侧摩阻力，不利于沉桩；同时，孔隙水压力传播使土体强度下降，发生邻桩上浮、桩位位移以及地面隆起等问题。密集桩群施工时，挤土效应叠加严重，影响更大，所以要采取设置排水井、控制沉桩速度、合理组织施工顺序等方法来消除超静孔隙水压力，保证施工质量。

3.3 沉桩阻力异常与桩身损伤

软土地区静压沉桩阻力受土层性质、桩型尺寸、施工工艺等众多因素的影响而变化较大，在桩尖遇到局部硬土层、砂层透镜体或者地下障碍物的情况下，压桩阻力突然增大，超过桩身允许应力或者压桩设备的能力，导致沉桩停止或者桩身破坏；由于软土对桩周包裹性较差，沉桩过程中桩周摩擦力较小，容易产生溜桩，桩身下沉过大而导致偏位，增加了施工的风险；桩身损伤主要是桩头顶进时被压坏、桩身开裂或者断桩，一旦出现这些问题都很难修复并且费用很高。因此，在施工之前要进行详细的地质调查工作，根据实际情况选用合适的桩型以及压桩设备，在施工过程中要时刻关注桩压阻力的变化情况，一旦发现异常要及时采取措施，避免桩身受损。

4 静压管桩施工处理技术措施

4.1 施工准备与预处理技术

施工前必须做好充分的调查研究工作，掌握该地区软土层位置、厚度以及夹层情况等，这是保证静压桩施工质量的前提条件。由于软土地区地质条件一般非常复杂而且变化无常，在一个区域内可能会有软黏土、淤泥质土、粉土夹层及局部较硬土层等不同地层相互穿插存在，如果未经认真探查就贸然采用统一方案，很容易造成在打桩时发生意外或者达不到预期效果。因此，在勘探期间要增加钻孔数量并对其软土层各项性质进行检测，如含水量、孔隙比、压缩模量以及抗剪强度等，以利于确定合适的桩型及桩长。合理选取桩型、桩长及压桩设备，在查明地质条件下选用预制钢筋混凝土桩或预应力管桩，根据持力层埋深选择合适桩长以及吨位适合静压桩机进行施工，使设备能力满足工程需要。

对于可能出现的局部硬土层，可以进行预钻孔取土以利于沉桩，减小挤土作用以及沉桩阻力，在桩位处预先钻出一定深度及尺寸的导孔，挖除一部分硬土，以便随后沉桩，有利于减轻压桩阻力，避免由于强行穿过硬土层造成桩体断裂或者机器超载问题。如果场地内软土较厚，则应进行表层加固，例如铺设砂垫层或者碎石垫层来增加地面承压能力和机械的安全性。而重锤式打桩机在软土地上工作容易出现掉入土中或者翻倒的情况，铺设垫层可以使机械设备均匀分布载荷，在施工期间使打桩机处于平稳状态并给后续施工打好基础。桩位放样要准确，设立控制桩及观测点，在施工过程中经常复核。在软土层中桩位容易因为挤土作用而产生位移，因此要建立平面及高程控制网，每次沉桩到一定深度后都要重新测量，发现偏差立即纠正。施工前对压桩机的压桩垂直控制系统以及压力表进行检查保证其正常工作，为后续工作打好基础。

4.2 施工过程动态控制技术

沉桩过程中必须控制压桩速度以及终压要求，是保证桩的质量及强度的重要因素。软土在短时间内受到较大压力时会发生明显的触变性和超静孔隙水压力形成，如果压桩速度太快，孔隙水无法及时排出，超静孔隙水压力迅速上升，不但加大后续沉桩难度，而且会造成土体向外挤压、临近

桩体上浮甚至地面抬升。因此压桩速度不能太快，一般为 1 ~ 2m/min，让孔隙水有一定的时间进行释放，减少对面层土体的影响。另外还要考虑桩长、地质条件以及压力表显示情况等灵活掌握，在软土地段可以适当加快，在遇到持力层后要减慢速度，以达到最终压力为准。遇到阻力增大，要停止沉桩，查明原因后继续施工，不能用加大压入力的方式沉桩，因为阻力突然增大可能是因为有浅层障碍物或者地层突变等，要根据现场实际情况进行分析判断，如有可能可采用探挖、扩孔的方法清除障碍物。

采用“跳打”的施工方法，间隔沉桩以减轻挤土效应叠加，在密集群桩施工时，如果连续锤击相邻两根桩，则挤土效应会逐渐累加，后来沉桩不易达到设计标高，前面已经沉入的部分桩易被挤压移动甚至上浮。“跳打”是每隔一根或者几根桩不打而留空，给土体一定的间歇时间让其恢复部分强度及消散一部分孔隙水压力，从而提高施工质量[3]。布置袋装砂井或塑料排水板形成竖向排水通道，有利于超静孔隙水快速消散。在施工现场预先布置排水通道，供沉桩过程中的超静孔隙水迅速流出，可以有效降低孔隙水压力值，减小对土体的影响。施工过程中加强检查，如桩身垂直度、桩顶标高、地面隆起、邻桩位移等，发现问题及时纠正处理。在桩身上安装倾斜仪，观察桩身垂直情况；在场地上布置一些沉降观测点，监测地面隆起及邻桩位移情况，一旦超过一定值就停止施工或者改变顺序或者卸载。对于已经打入的桩进行复打，通过软土地基触变性恢复来提高其桩端阻力，复打次数以及压力大小依据试桩结果确定。当桩周土体孔隙水排出、触变强度恢复之后再对桩顶进行复打，使桩端能更深地进入持力层中，减少由于孔隙水排出所导致的桩身浮起现象从而极大地提高它的承载能力。

4.3 施工后检测与加固处理

沉桩完毕后，应在超静孔隙水压力消散、土体强度恢复后再进行承载力检测，这是保证检测结果能正确反映桩基长期工作情况的前提条件。软土在沉桩过程中受到强烈干扰，其抗剪强度降低，超静孔隙水压力仍存在，在这种情况下进行静载试验所得到的承载力明显小于土体恢复正常后的承载力。间歇时间软土地区不宜小于 25d，而具体时间要视土层透水性、排水条件以及观测情况而定，一般以孔隙水压力降至接近静水压力、土体十字板强度恢复到原有强度 80% 以上为准。检测方法以静载试验为主，对于一些重要桩基也可用高应变法加以验证，以保证检测准确性。当检测出承载力不足时，可以使用桩侧后注浆或者桩端后注浆的方法，通过预先埋设好的注浆管内灌入一定量的水泥浆液到桩周或者桩底处，改善桩周或者桩底周围的摩擦力以及支撑力。后注浆法是靠高压浆液对周围土体产生劈裂作用以及渗入作用，在桩周或者桩底形成空隙处填充，把被扰动区域松散土体胶结成整体，形成更大的桩底或者更好的桩侧加固段，从而大幅度增加承载力一般可增加 20%—40% 左右。

对于上浮桩，需要对其进行复压使其桩端再次嵌入稳定土层中，在沉桩或者邻近桩施工引起挤土作用造成已沉桩上浮，桩端离开持力层而使承载力降低情况下，复压用原压桩机或大吨位千斤顶给桩顶施加压力，把桩压到设计标高并保持一段时间让桩端再次接触到持力层。复压之后还要检查其承载力以判断是否达到要求，在桩身破坏程度较小的情况下可以采用外裹套筒或者碳纤维布包裹的方法来加固。而对于有裂缝但未穿透的桩，清除裂缝部位之后再包覆多层碳纤维布利用其高强度限制桩体变形从而恢复一部分承载力；对局部破损严重的部位，可用钢套筒抱箍进行固定，防止其继续恶化；损坏严重不能修复时可进行补桩，在原桩附近增加一根新桩，由设计人员对承台进行重新计算，保证整个结构安全可靠。检测及加固过程均需做好相关工作，如检测结果、加固方法、施工参数等，作为日后检查所需资料，也是今后类似地基施工参考材料。

5 结语

软土地区静压管桩施工难点源于软土特有的工程特性，在施工中出现的问题有桩身倾斜、挤土、沉桩阻力过大等，对工程质量及安全造成不良影响。本文通过对软土特性的研究探讨静压施工所遇到的问题并提出相应的对策建议，包括施工前准备、施工过程中以及施工后分别采取预处理、动态调整和检查加固等方法解决这些问题。这些措施可以有效地保证软土地区静压管桩施工的质量，避免或防止质量问题的发生。随着软土地基理论的发展以及施工工艺的进步，在软土地基中使用静压管桩会越来越多、越来越可靠，在将来需要对智能化监测及自适应控制技术应用于静压施工进行更为详尽的研究工作以提高施工质量可预见性和可控性。

参考文献

[1] 吴翔.软土地区静压桩和钻孔灌注桩的技术经济对比分析[J].建设监理,2025,(02):72-77.

[2] 陈大勇.软土地区静压桩施工挤土效应影响范围及预防措施[J].上海建设科技,2019,(01):22-25.

[3] 郭英明.软土地区静压桩设置及挤土效应分析[J].建筑技术开发,2018,45(09):112-113.