

复杂地质条件下管桩植桩范围控制技术与实践

张达, 马彦波

江门市滨江置地投资开发有限公司, 广东 江门 529000

DOI:10.61369/UAID.2026030006

摘 要 : 针对南方丰水地区丘陵回填整平场地岩面起伏大、地基不均匀、局部存在回灌水沟与硬夹层等复杂地质条件, 常规管桩施工易出现短桩、塌孔、入岩困难等问题, 且植桩范围预判不准易造成成本浪费。以某 10 万 m^2 商住配套项目为工程实例, 通过前期勘察分析、试桩验证、超前钻加密补勘、动态修正植桩范围, 结合旋挖引孔植桩工艺, 实现对管桩植桩范围的精准管控。实践表明: 该技术可将植桩范围由约 3400 m^2 缩减至 376 m^2 , 节约工程造价约 170 万元, 管桩施工合格率满足设计与规范要求。研究成果可为类似复杂地质条件下管桩基础施工与成本控制提供参考。

关 键 词 : 复杂地质; 预应力管桩; 植桩技术; 植桩范围控制; 引孔施工; 动态修正; 超前钻; 成本控制

Research and Practice on Pile Planting Scope Control Technology of Pipe Piles Under Complex Geological Conditions

Zhang Da, Ma Yanbo

Jiangmen Binjiang Real Estate Investment and Development Co., Ltd., Jiangmen, Guangdong 529000

Abstract : Aiming at the complex geological conditions such as large rock surface undulation, uneven foundation, local backfilled ditches and hard interlayers in hilly backfilled and leveled sites in water-rich southern areas, conventional pipe pile construction is prone to problems such as short piles, hole collapse, and difficulty in rock penetration, and inaccurate prediction of pile planting scope easily leads to cost waste. Taking a 100,000 m^2 commercial and residential supporting project as an engineering example, through preliminary investigation and analysis, test pile verification, advanced drilling for supplementary investigation, dynamic correction of pile planting scope, combined with rotary drilling pilot hole pile planting technology, precise control of pipe pile planting scope is realized. Practice shows that this technology can reduce the pile planting scope from about 3,400 m^2 to 376 m^2 , save project cost by about 1.7 million yuan, and the qualified rate of pipe pile construction meets the design and specification requirements. The research results can provide reference for pipe pile foundation construction and cost control under similar complex geological conditions.

Keywords : complex geology; prestressed pipe pile; pile planting technology; pile planting scope control; pilot hole construction; dynamic correction; advanced drilling; cost control

一、工程背景与问题提出

(一) 工程概况

某项目是某地方城投为响应当地政府号召, 积极配合当地工业园区配套设施升级, 改善园区商业和人居环境而投资开发项目, 建设范围涵盖商业、住宅楼(含一层地下室)、幼儿园、配建道路, 建筑面积约 10 万平方米。由于受项目定位和总体投资目标限制, 项目投资预算有限, 控制难度较大。

(二) 地质条件复杂性分析

项目位于某区属工业园范围内, 该区域属南方丰水地区, 地貌单元属于丘陵、丘间洼地, 后经人工开挖回填整平, 地面较平坦。项目地层主要有第四系填土层(Q_4^{ml}), 第四系冲洪层($Q_4^{\text{al+pl}}$), 第四系残积土(Q_4^{el}), 白垩系下统青山组泥质粉砂岩(K_1^{p})。项目地震设防烈度为 7 度, 土类型为中软~中硬土, 场地无活动断裂通过, 无滑坡、危岩和崩塌、泥石流、采空区、地面

沉降等不良地质作用和地质灾害, 场地较稳定, 未揭露古河道、沟浜、墓穴及防空洞等对工程不利埋藏物, 但在局部区域揭露有填埋水沟。场地地层厚度变化较大, 造成地基土承载力不均匀, 故本场地土层地基稳定较差, 场地地基为不均匀地基。

地质条件特征根据勘察报告, 场地地层由上至下依次为: 素填土(Q_4^{ml}): 层厚 0.3~9.0m, 结构松散, 局部含淤泥质土, 地基承载力特征值仅 100kPa, 稳定性差。粉土($Q_4^{\text{al+pl}}$): 层厚 0.8~6.0m, 松散~稍密, 承载力 120kPa, 透水性弱, 易产生不均匀沉降。粉质黏土(Q_4^{el}): 层厚 0.7~7.3m, 硬塑, 承载力 180kPa, 遇水易软化。全风化~中风化泥质粉砂岩(K_1^{p}): 全风化层厚 0.6~9.2m, 承载力 350kPa; 强风化层厚 1.0~10.0m, 承载力 650kPa; 中风化层未揭穿, 承载力 950kPa, 岩体节理裂隙发育, 局部夹硬夹层, 基岩面标高变化达 9.30~15.90m, 起伏剧烈。

场地地下水位受季节和天气的影响而产生变化, 雨季水位明显上升, 旱季水位会相对下降, 变化幅度约 2~3m。

（三）核心问题聚焦

在复杂地质条件与前期勘探局限性的双重影响下，如何精准控制管桩植桩范围，既要避免因植桩范围过大造成的材料、人力等资源浪费，又要确保管桩施打顺利进行，满足工程质量和进度要求。

二、植桩技术应用与范围控制

（一）植桩技术应用的原因

根据勘察报告显示，二期项目3#楼~8#楼三栋住宅楼基础下岩面较高如直接采用预制桩有效桩长不满足设计规范要求，若采用灌注桩基础则工程造价则提高较多，不利于建设成本控制。经前期经与勘察、设计、施工等相关单位充分研讨，并参考相关案例，综合考虑成本控制、规范要求和施工可行性，决定采用直径500mm的预应力高强混凝土管桩，局部结合植桩法沉桩的施工工艺施工。

（二）植桩技术要求

1.管桩施工要求

管桩为合格品的AB型管桩，竖向抗压承载力特征值均为1850KN(含50KN的负摩阻力)持力层为强风化泥质粉砂岩，单桩竖向抗拔承载力特征值为200KN。

2.引孔植桩工艺

（1）采用旋挖钻机引孔，钻孔直径为600mm,钻孔深度按有效桩长8m。

（2）用液压打桩机将管桩放入孔内。控制好垂直度，管桩居中放置。

（3）采用压力灌注水泥砂浆，采用M30砂浆（P.O42.5R普通硅酸盐水泥拌制），水灰比为0.40。高压注浆，压力值为0.8MPa，待浓浆涌出孔口后停止注浆

（4）采用液压打桩机对管桩进行施打，收锤标准按照贯入度最后三阵十锤每阵击的贯入度 <20mm控制或者锤击后管桩顶平地而停止施打。

（5）按有效桩长8米引孔，打桩嵌入深度达不到1米且正常收锤的管桩，后期通过静载试验检测承载力，视检测情况进行复核。

3.注意事项：

按有效桩长8米引孔，孔底存在软岩土层，按收锤标准控制好第一根配桩，周围桩以此为参考配桩。

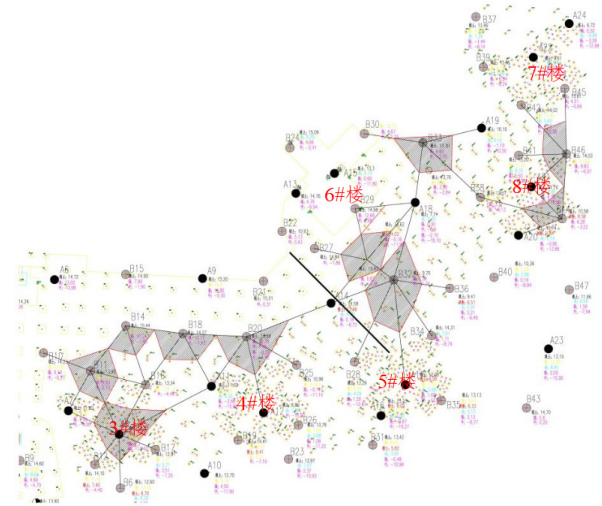
部分引孔穿透硬夹层后（未达到设计要求引孔8米）遇软土层易塌孔，为防止塌孔引穿硬夹层即可，打桩嵌入土层深度至少大于3米，有效长不少于6米，若不能满足此条件，需及时反馈设计进行补桩复核。

三、植桩范围控制

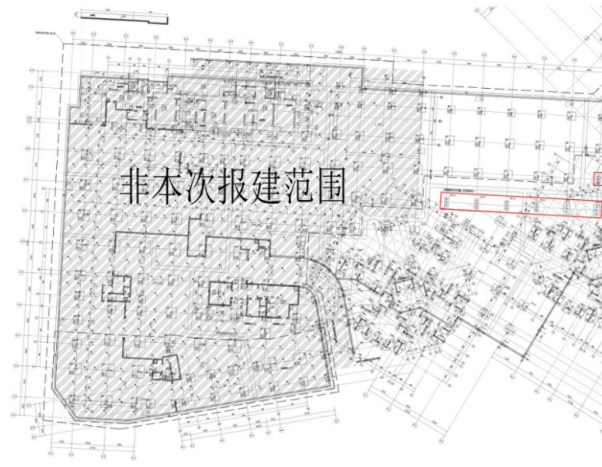
（一）确定初步植桩范围

在桩基础施工前，项目建设单位组织了勘察单位、设计单位、监理单位和施工总承包单位就植桩范围进行了初步讨论。建

立了基于前期地质勘察数据、试桩数据和现场基坑开挖情况的植桩范围评估模型，对植桩范围进行初步评估和界定，具体情况如下：二期桩基施工预估短桩范围主要分布在A8、B49、B32、B33、B44、B46、B11、B18、B20、B29孔附近，涉及范围有：3#楼中心区域、3#、4#楼北侧非塔楼区域、6#楼东侧和东南侧非塔楼区域、8#楼东部、8#楼东北侧非塔楼区域。该范围强风化泥质粉砂岩标高均在6m以上，预估短桩率为约16.4%。



施工单位短桩预测分布图



设计院预测植桩范围图1



设计院预测植桩范围图2



设计院预测植桩范围图3

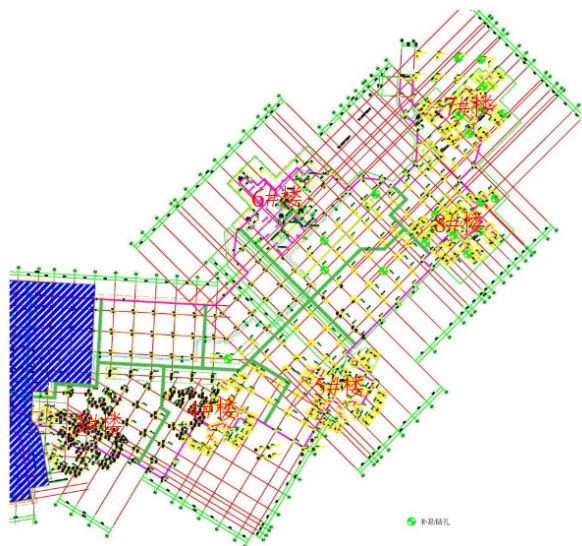
(二) 动态修正植桩范围

施工总承包单位根据预估短桩范围开始管桩施工,施工顺序为从西向东施工(即从3#楼向7#楼施工),从非植桩范围向植桩区域逼近施工,根据成桩情况(如入岩难度、桩长偏差)确定分区线,避免因地质突变导致大范围返工。

在完成3#、4#楼桩基础施工时,根据现场施工记录数据,施工总承包单位发现3#楼中心区域、3#、4#楼北侧非塔楼区域并未出现短桩情况,与原植桩范围评估模型不符,及时向监理单位反馈了相关情况。

经研究分析,造成以上情况主要因为原施工问题根源勘察精度不足,未充分揭示局部沟谷、岩面突变等细微地质差异,导致植桩范围预判与实际岩面埋深偏差较大。

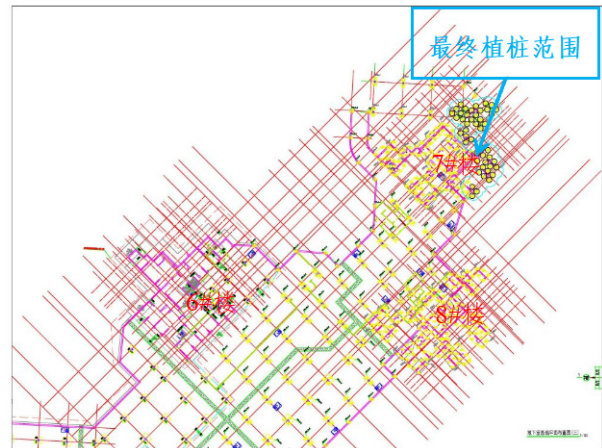
解决办法:根据前期勘探和预测结果,并结合现场施工实际情况,对剩余区域增加超前钻加密钻探。重点针对地质复杂、可能存在异常的区域和原勘察薄弱区域进行加密勘探,按15~20m间距加密钻孔(新增18个超前钻孔),覆盖所有拟建桩位,尤其关注建筑物荷载较高的高层区域(如6栋25~26层商住楼)。具体布置如下图:



超前钻加密布孔图

根据加密勘探报告,地质复杂性超出预期,现场揭露部分区域存在回填水沟(深度>7m)、强风化岩夹中风化硬夹层,管桩施工

时易出现“跳钻”、“桩身倾斜”等问题,非植桩区域管桩无法按设计入岩。经研究讨论,现场继续按原定施工顺序逼近施工,同时将管桩有效桩长调整为6m,进一步了植桩范围,具体详见下图。



最终植桩范围图

(三) 工程实践成效

通过采用上述植桩范围控制技术和管理措施后,本项目植桩范围得到了有效控制,且保证了管桩施工的合格率。其中植桩范围从原计划约3400m缩减到最终376m,节省工程造价约170万元。

四、结论与展望

(一) 结论

总结本项目在复杂地质条件下控制管桩植桩范围的关键技术和管理经验,明确通过补充地质勘察、建立动态调整机制、应用辅助施工技术以及加强施工管理等措施,能够有效解决植桩范围把控难度大的问题,在避免资源浪费的同时,保证管桩施打顺利进行,为类似工程提供参考依据。

(二) 展望

指出在复杂地质条件下管桩植桩范围控制领域未来的研究方向和发展趋势,如进一步优化地质勘察技术和植桩范围评估模型,探索智能化、信息化的施工管理方法,提高植桩范围控制的精准度和效率,为更多复杂地质条件下的房建工程地基处理提供更先进、更可靠的技术支持。

参考文献

- [1] 马国梁, 冯家强, 安会丽. 复杂地质条件下预应力高强混凝土管桩施工技术 [J]. 建筑施工, 2022, 44(08): 1772-1774.
- [2] 万秀柱. 复杂地质条件下预应力管桩植桩施工工艺研究 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(30): 121-123.
- [3] 邓贵海, 王伟, 李康远. 岩层起伏地段管桩引孔植桩关键技术研究 [J]. 建筑机械化, 2023, 44(04): 59-62.
- [4] 戴立. 植入式管桩施工质量控制与工程实践 [J]. 工程质量, 2021, 39(S1): 74-77.
- [5] 黄欣. 复杂地基下旋挖引孔植桩工法应用分析 [J]. 工程技术研究, 2025, 10(02): 167-169.