

# 岩土工程勘察与地基施工处理技术分析

李忠义

吉林省新方圆检测认证股份有限公司, 吉林省长春市, 130022;

**摘要:** 岩土工程勘察与地基处理是工程建设全过程中影响结构安全性与耐久性的关键环节, 其科学性直接关系到基础承载力、地基变形控制以及工程长期运营表现。本文以某综合管廊项目为研究对象, 通过对工程地质条件、勘察流程与地基处理技术的系统分析, 探讨了岩土工程勘察在确定地层结构、物性参数与地基承载能力中的重要作用, 并阐述了 CFG 桩复合地基在复杂地层条件下的适用性。

**关键词:** 岩土工程勘察; 地基处理; CFG 桩; 综合管廊

**DOI:** 10.64216/3080-1508.26.03.009

## 引言

在市政基础设施建设规模不断扩大、工程结构形式日益复杂的背景下, 地基稳定性与承载性能已成为影响工程质量与安全的关键因素。综合管廊作为近年来城市建设的重要内容, 因其跨度长、荷载连续性强、变形控制要求高, 迫切需要依托科学的岩土工程勘察与合理的地基处理技术来保证整体结构的稳定。传统勘察手段在地层均质性、承载力预估及地下水条件识别方面具有局限, 容易导致设计参数偏离实际, 引发沉降过大、差异变形以及结构开裂等工程病害。因此, 通过系统勘察查明地层结构与工程性质, 结合承载能力分析 with 地基加固措施, 实现地基承载力与变形特性的综合控制, 是保障工程安全的基础。

## 1 岩土工程勘察与地基施工处理必要性

岩土工程勘察与地基施工处理作为工程建设活动的基础性环节, 其必要性主要体现在确保结构安全、控制地基变形、降低工程风险以及优化建设成本等方面。任何建筑物或市政基础设施均依赖地基提供长期稳定的承载条件, 而天然地基的土性差异、层间结构不均及地下水变化等因素, 都可能导致不均匀沉降、承载力不足或边坡失稳等风险。

因此, 开展系统的岩土工程勘察, 通过钻探、取样、试验及原位测试查明地层结构、物理力学指标与水文地质条件, 是获取设计参数、判断地基适宜性的重要前提。只有全面掌握地下条件, 才能对基础形式、桩基选型与地基加固方式作出科学决策。同时, 在软弱地基、饱和砂土、填土地段等不利地质条件下, 必须通过预压、CFG 桩、强夯、深层搅拌等地基处理措施, 提高地基承载力与变形模量, 确保结构在荷载作用下保持稳定<sup>[1]</sup>。

此外, 地基处理还能改善地层均匀性, 降低差异沉

降风险, 为结构抗震设计提供可靠保障。随着工程规模增大与性能要求提高, 地基处理的目标已从满足承载力转向兼顾安全性、经济性与可持续性, 其在工程建设全生命周期中的价值愈加突出。因此, 岩土工程勘察与地基处理不仅是工程质量的先决条件, 更是建设项目实现高效、安全与长寿命运行的重要技术基础。

## 2 案例概况

本案例为某市开发区新建综合地下管廊工程, 总长度约 10.34km, 断面采用典型矩形结构, 设计宽度 13.2m、总高度 4.1m、内部净高 3.8m。管廊内综合敷设通信、电力、天然气、给水及中水等多类市政管线, 其功能复合度高, 对地基稳定性和变形控制要求严苛。根据项目施工规划, 管廊顶部覆土约 3m, 部分路段需跨越既有地下构筑物, 进一步加大了施工风险与地基设计的复杂度。项目的重要性等级为一级, 抗震设防类别为乙类, 需要确保结构在长期运营中具备足够的抗震性与变形适应能力<sup>[2]</sup>。在全面踏勘与资料调研基础上, 工程技术人员制定了系统的岩土工程勘察与地基处理方案, 通过钻探取样、参数测试及数值分析形成地基承载力与变形能力的基础数据。勘察结果显示, 场地主要分布粉质黏土、细砂、中粗砂及不同风化程度的混合花岗岩, 多数地层满足承载要求, 但局部全风化与强风化层抗压性能不足, 可能在长期荷载作用下形成不均匀沉降。因此, 本项目最终采用 CFG 桩复合地基处理技术, 以提高地基整体承载力并控制沉降变形, 为管廊工程提供稳定的基础条件。

## 3 岩土工程勘察方案

### 3.1 现场勘查

现场勘查作为勘察体系的核心环节, 其任务是准确

查明场地地层结构、岩土物性特征、水文条件及地基承载力参数。本项目严格依据《岩土工程勘察规范》与市政工程地基勘察要求,采用钻探、土样测试、原位测试等方法实现目标地层的全面揭示<sup>[3]</sup>。根据现场地层变化与工程重要性等级,整体布置120个钻孔,总进尺达3120m,并提取岩土样本135组,包括扰动砂土25组、原状土样65组,为地基参数的室内测试与分析提供了充分依据。同时,利用GPS放点与测量手段精确记录钻孔位置及水位高程,形成完整的勘察数据库,为后续地基稳定性分析及处理方案提供支撑。

### 3.1.1 勘察方法的选择

本项目采用钻孔勘察作为主要勘探方法,以适应市政综合管廊长线性结构、地层变化多样及需精确控制承载力参数的特点。选用DPP100-5F1型钻机并采用泥浆护壁回转钻进技术,可有效保证成孔质量并避免塌孔、缩径等常见问题。钻探结束后立即密实回填,以防止水位上升导致孔口塌陷或扰动周边土层。钻孔勘察配合土样提取、岩性鉴定和物性试验,可全面揭示粉质黏土、细砂、中粗砂及不同风化程度花岗岩的工程性质。相较其他勘察方式,如浅层地震或触探试验,钻孔法在揭示深层地层与获取原状样方面具有不可替代性,能够确保CFG桩设计参数(如承载力特征值、压缩模量与基床系数)的计算基础可靠。其精细化取样机制对确定复合地基处理范围、深化地基稳定性判断具有关键意义。

### 3.1.2 勘探孔间距的选择

勘探孔间距直接关系到地层揭示精度与勘察成本控制,是勘察方案中需重点论证的参数。本项目拟采用明挖法施工,依据规范要求结合当地地质条件将地基复杂程度判定为二级,因此孔间距宜控制在15~30m范围内。通过对类似区域地质条件的比对分析及历史勘察资料复核,确认本场地地层分布较为均匀,结构稳定性总体良好,故最终将孔距确定为约30m,以实现成本与勘察精度的平衡。此外,局部存在地形起伏及地下构筑物密集分布区域,则适当加密勘探,以提高对突变地层的识别能力。合理的孔间距设计确保了工程地质模型的完整性,为后续地基处理范围划分及承载力校核提供可靠依据。

### 3.1.3 勘探孔深度

勘探孔深度需充分覆盖管廊基础影响范围并满足规范中“钻孔深度应为基坑开挖深度两倍以上”的要求。本工程管廊上方覆土约3m,管廊底部至路面中心距离约11.3m,故勘察最小深度应为22.6m。考虑场地局部

地形起伏及丘陵分布,需进一步增加钻深以保障对下伏风化花岗岩层的完整揭示。最终,本项目将勘探深度统一加深至26m,以确保能够准确识别全风化与强风化混合花岗岩的承载特性,并为CFG桩复合地基设计提供参数依据。该深度设置兼顾了安全性、经济性与施工可行性,保证了勘察成果的充分性与可靠性。

### 3.1.4 最终钻孔结果

根据现场施工布孔及钻进结果,本工程共布置120个钻孔,总进尺超过3120m,并成功采集135份岩土样,包括扰动样25份与原状样65份。经系统测试,粉质黏土承载力特征值约134.3kPa,细砂约150.4kPa,中粗砂约182.6kPa,而全风化与强风化混合花岗岩的承载力分别达到269.4kPa与265.3kPa,压缩模量范围31.2~52.2MPa,基床系数变化范围84.0~103.9MPa/m。勘察结果表明:总体场地稳定性较好,可满足管廊建设需求,但局部风化花岗岩层在长期荷载作用下可能引起差异沉降,需通过CFG桩复合地基进行加固处理。该钻探成果为工程地基处理设计提供了关键依据,并为后续施工阶段的承载力校核与沉降控制奠定数据基础。

## 3.2 岩土工程勘察结果

根据前述钻探、取样与室内试验成果,本项目已系统掌握施工场地的工程地质结构、岩土物理力学指标及其空间分布特征,为后续地基承载力判定与加固方案设计奠定了基础。勘察结果显示,场地以粉质黏土、细砂、中粗砂及不同风化程度的混合花岗岩为主要地层,其承载力特征值分别约为134.3kPa、150.4kPa、182.6kPa,而全风化与强风化混合花岗岩的承载力特征值可达269.4kPa与265.3kPa,压缩模量范围为31.2~52.2MPa,水平与垂直基床系数均处于稳定区间。从整体分析可见,场地地基总体稳定,满足综合管廊运营荷载需求,但局部区域风化岩层结构松散,抗压与抗剪性能偏弱,若未经处理可能在长期荷载作用下产生不均匀沉降。此外,地下水位在不同钻孔间存在一定差异,提示在开挖及桩基施工中需关注水位变化对边坡稳定与桩体成型的影响。基于上述数据,工程技术人员认为必须对弱承载层施加加固措施,从而提高地基整体强度与变形模量,确保长距离综合管廊结构在运营期内处于安全稳定状态。

## 4 地基施工处理技术研究

### 4.1 施工技术的选择

为确保CFG桩复合地基满足承载性能与变形控制要求,本项目对其关键技术参数进行了系统计算与校核。

首先,复合地基承载力特征值采用经验公式(1)进行计算:

$$f_{spk}=m \cdot R_a/A_p+\beta \cdot f_{sk}$$

其中,  $f_{spk}$  为复合地基承载力特征值(kPa),  $m$  为面积置换率(%),  $R_a$  为单桩竖向承载力(kN),  $A_p$  为桩截面面积( $m^2$ ),  $\beta$  为桩间土承载力发挥系数(0.75-0.95),  $f_{sk}$  为桩间土承载力特征值(kPa)。通过该式计算可确保桩土共同作用后的整体承载性能满足管廊长期荷载需求。其次,依据公式(2)确定最优桩距  $L$ :

$$L=\sqrt{A_p/m}$$

计算结果表明,本工程合理桩距应控制在约2.3m,既避免桩体过密导致材料浪费,又能够保证桩间土在复合地基体系中有效参与承载。此外,垫层厚度依据公式(3)确定:

$$\Delta H=\lambda m(f_{spk}/f_k)$$

其中,  $\Delta H$  为垫层厚度(cm),  $\lambda m$  为修正系数,  $f_{spk}$  为复合地基承载力特征值(kPa),  $f_k$  为天然地基承载力标准值(MPa)。依此公式综合计算,本项目最终确定垫层结构为0.5m厚碎石垫层(20cm碎石+5cm砂+双向土工格栅+5cm砂+20cm碎石),可显著增强上部结构的整体性与水平约束能力,减少桩间土的变形潜能,从而保证CFG桩复合地基在长期使用中的稳定性与可靠性。

## 4.2 现场施工

### 4.2.1 基本工艺流程

CFG桩复合地基的现场施工以机械化成桩工艺为核心,整体流程包括测量放线、成孔、下料、灌注、振动成桩及桩顶处理等步骤。首先,依据勘察布孔及设计桩位图进行精确测量放线,确保桩位误差控制在规范允许范围内。随后采用长螺旋钻机成孔,钻进过程中严格控制钻速与垂直度,以避免孔壁扰动或孔径偏差。成孔完成后立即进行CFG材料下料与灌注,材料配比需满足设计强度与密实度要求。灌注过程同步使用振动沉管设备,使碎石、粉煤灰与水泥混合料均匀填实孔体空间,从而保证桩体连续性与整体密度。成桩完成后及时清除桩顶浮渣,并进行桩头处理至规定标高,以确保后续垫层铺设质量。整个流程强调“钻—灌—振”同步协调作业,通过优化设备参数与施工节奏,使桩体成型质量稳定可控。实践表明,标准化施工流程是保障CFG桩复合地基承载力与变形性能的关键环节,也是降低桩体质量差

异的重要措施。

### 4.2.2 施工质量缺陷控制措施

CFG桩施工过程中易出现断桩、缩径、离析、桩体强度不足等质量问题,因此需在全过程建立系统化质量控制措施。首先,对成孔质量进行重点监控,采用钻机垂直度校验与孔径监测技术,避免因孔壁塌陷或偏斜导致桩体承载能力下降。其次,CFG材料必须严格按照设计配比搅拌,确保水泥浆液与碎石均匀混合,防止离析引发桩体强度不均。此外,灌注时需保持连续作业,避免中断造成桩体冷缝;振动成桩过程中应控制振动频率与沉管速度,使桩体密实度达到设计要求。为防止缩径与断桩,对软弱或含水量高的土层应适当降低钻速并加强成孔稳定措施。施工结束后需进行桩身质量检测,包括低应变反射波法或荷载试验,以验证桩体完整性与承载性能是否满足设计需求。通过上述措施,可显著降低施工质量缺陷发生率,确保复合地基整体性能稳定可靠。

## 5 结束语

岩土工程勘察与地基处理是综合管廊等市政基础设施建设的关键环节,其科学性直接关系工程运营安全及长期稳定性。本案例通过系统勘察查明地层结构与物性参数,明确地基承载力与变形特征,为后续设计与施工提供了可靠依据。在综合分析地层条件及工程性能要求后,选择CFG桩复合地基作为主要的地基处理技术,通过合理计算承载力、桩距与垫层厚度,使整体地基结构具备良好的承载性能与沉降控制能力。现场施工严格按照“成孔—灌注—振动成桩”流程执行,并通过质量控制措施确保桩体成型质量与复合地基整体性能满足设计需求。实践表明,在地质条件复杂、工程等级要求较高的市政管廊项目中,系统化勘察结合科学化地基处理技术,能够显著提升地基安全性与结构可靠性,为工程建设提供重要保障。未来应进一步结合数值模拟、智能监测与新型加固材料,实现地基处理技术的精细化、智能化与可持续发展,为市政基础设施建设提供更高水平的技术支撑。

### 参考文献

- [1] 田李军. 岩土工程勘察与地基施工处理技术[J]. 城市建筑, 2021, 18(18): 138-140.
- [2] 姜喻. 建筑工程岩土勘察和施工处理技术实践[J]. 智能城市, 2021, 7(05): 155-156.
- [3] 邓俊. 岩土工程地基加固处理技术分析与研究[J]. 城市建筑, 2021, 18(05): 193-195.