

软土地基岩土工程勘察与加固处理方案优化

张 静

阜新城投建筑设计(集团)有限公司 辽宁 阜新 123000

摘 要: 本文聚焦软土地基, 阐述其岩土工程勘察与加固处理方案优化。剖析软土地基高含水量、低强度等特性后, 详述勘察要点, 含地质钻探、原位测试等多环节及数据处理。介绍换填、强夯等常用加固法特点与适用范围。进而提出优化策略, 依勘察成果精准选法, 综合场地、工程需求及成本、环境考量, 倡导新技术、新材料应用与融合, 旨在推动软土地基工程绿色、智能、高效发展。

关键词: 软土地基; 岩土工程勘察; 加固处理; 方案优化

引言: 在岩土工程领域, 软土地基分布广泛, 常成为工程建设棘手难题。软土特殊物理力学性质致使地基承载能力薄弱、沉降变形显著, 若处置不当, 建筑物在施工期易出现不均匀沉降、裂缝甚至坍塌, 运营期结构稳定性与使用功能亦受严重威胁。伴随城市化进程加速及基础设施建设向复杂区域拓展, 如沿海、河口、湖泊周边及新近淤积平原, 精准把握软土地基性状、科学勘察并实施有效加固处理及方案优化, 成为保障工程质量、控制成本、缩短工期及推动行业技术进步的关键命题, 对建筑、交通、水利等多领域工程意义深远。

1 软土地基特性剖析

软土地基主要由淤泥、淤泥质土、泥炭及泥炭质土构成, 物质成分富含黏土矿物, 如蒙脱石、伊利石, 具亲水性, 孔隙充斥大量结合水, 赋予软土高含水量特质, 一般在30%-70%间波动, 部分地区甚至超100%, 远超常规地基土; 大孔隙比常达1.0-2.0, 土体结构疏松, 颗粒间联结微弱; 力学性能上, 不排水抗剪强度低, 天然状态下仅5-30kPa, 难以承受工程荷载; 压缩系数大, 压缩模量小, 荷载作用下变形量大且持续久, 几十年仍难稳定; 触变性明显, 受扰动后强度锐减, 静置后缓慢恢复, 给施工扰动控制带来挑战; 流变性突出, 长期荷载下持续变形, 威胁工程长期安全, 如软土上路堤随时间推移侧向挤出、路面凹陷。

2 软土地基岩土工程勘察要点

2.1 地质钻探

精准选址布孔, 依场地复杂程度、工程规模及建筑物布局, 按网格、条带或重点区域加密方式布置, 确保关键部位、不同地貌单元及土层变化区有孔控制; 钻探全程严控垂直度, 遇软土层降速钻进, 采用薄壁取土器静压或轻击取样, 保证土样原状结构完整, 样品长度不小于0.5m或依规范, 及时蜡封、标识、冷藏, 防水分流

失与扰动; 详细记录钻进深度、土层变化、地下水位、钻进难易及异常现象, 绘制柱状图, 精确描述各土层颜色、气味、湿度、密实度、夹杂物等特征, 为土层定名分类及工程特性判断提供一手资料^[1]。

2.2 原位测试

静力触探借探头贯入土中阻力测定土层力学参数, 连续测试绘分层曲线, 精准划分土层界限, 依锥尖阻力、侧壁摩阻力计算地基承载力、估算压缩模量, 效率高、数据连续, 适用于大面积普查; 十字板剪切测试原位测定软黏土不排水抗剪强度, 避免取样扰动误差, 为基础稳定性分析、边坡支护设计提供关键参数, 测试深度间隔1-2m, 重点部位加密; 旁压试验通过旁压器向孔壁土体施压, 量测压力-变形曲线求地基土模量、承载力等, 适用于深层土及难以取样土层, 测试曲线精准解读是获取可靠结果关键, 成果与其他测试方法相互印证校准。

2.3 土工试验

室内土工试验全面涵盖物理性质(颗粒分析、液塑限、含水量、比重)、力学性质(固结试验、三轴压缩试验、直剪试验)及特殊性质(有机质含量、灵敏度测定)检测。固结试验模拟土体受压排水过程, 依分级加载沉降量-时间曲线算压缩系数、压缩模量、固结系数, 加载等级、稳定标准严格遵循规范, 时长数天至数周; 三轴压缩试验模拟复杂应力路径, 测不同围压下抗剪强度参数, 排水条件精准控制, 为地基极限承载力、边坡稳定分析奠基; 试验数据多组平行测定, 剔除异常, 统计分析求均值、标准差, 确保代表性可靠性^[2]。

2.4 地下水勘察

查明地下水位埋深、变化幅度及季节性规律, 观测井依场地水文地质条件合理布局, 长期监测至少一年, 涵盖丰水、枯水期; 取水样检测化学成分(酸碱度、硬度、氯离子、硫酸根离子等), 评估腐蚀性, 侵蚀性

二氧化碳、矿化度重点分析,防钢筋混凝土结构腐蚀;承压水勘察测水头高度、压力分布,判断与潜水水力联系,评估基坑突涌、地基浮力影响,为降水、抗浮设计提供依据,绘制水位等值线图、流场图直观呈现地下水动态。

2.5 勘察数据处理与分析

整理钻探、原位测试、土工试验及地下水资料,录入数据库,纠错补缺;土层划分以成因、年代、物理力学性质为据,绘制工程地质剖面图、平面图,展示土层分布、厚度变化、地下水位;地质统计学方法(克里金插值)估算未测点参数,不确定性分析量化误差;参数相关性分析挖掘物理力学指标内在联系,构建经验公式或修正系数,基于地区经验、类似工程案例校准,提高设计参数精度。

3 软土地基常用加固处理方法

3.1 换填法

换填法是一种直接针对软土层的加固处理方法。其基本原理是通过挖除地基浅层的软土,然后换填上优质的砂石、灰土、粉煤灰等材料。这些材料具有良好的力学性能和稳定性,能够有效提升地基的承载力。在实施换填法时,首先需要准确判断软土层的深度和范围,然后按照设计要求进行开挖。开挖完成后,将选定的换填材料按设计比例进行拌合,并分层铺填。每层的铺填厚度一般控制在20-30m之间,以确保压实效果。压实过程中,需要采用压路机、夯实机等设备结合振动平板夯进行作业,特别是边缘与基础衔接部位,需要重点压实,避免出现压实不均的情况。换填法适用于软土层较薄(一般小于3m)、上部荷载较小的工程,如小型建筑基础、道路基层等。这种方法具有施工简易、工期短、就地取材等优点。通过换填法处理后的地基,能够快速提升承载力,减小沉降,从而满足工程对地基稳定性的要求^[3]。

3.2 强夯法

强夯法是一种利用重锤自由落体产生的冲击能来加固地基的方法。其基本原理是通过重锤(一般重量在8-40t之间)从高处(6-40m)自由落下,对地基进行夯击。夯击过程中,重锤的冲击能会使地基土体产生压缩变形,进而形成更为密实的结构。强夯法的加固效果与夯击能、夯击次数、夯击间距等参数密切相关。这些参数需要根据土层的性质、加固深度等因素进行确定。一般来说,夯击能越大,加固深度越深;夯击次数越多,土体密实度越高;夯击间距则需要根据场地条件和设备能力进行合理设置。强夯法适用于碎石土、砂土、低饱和度和粉土及黏性土构成的软土地基。在处理大面积场

地、工业厂房地基等工程中,强夯法具有经济高效、加固效果显著的优点。然而,需要注意的是,强夯法施工过程中会产生较大的振动和噪音,对周边环境造成一定影响。因此,在周边有建筑物或精密设备时,需要采取隔振措施或调整施工参数,以确保施工的安全性和环保性。

3.3 深层搅拌法

深层搅拌法是一种通过原位搅拌的方式加固软土地基的技术。该方法利用深层搅拌机将水泥、石灰等固化剂与软土进行强制搅拌,使固化剂与软土充分混合,形成具有一定强度的水泥土桩或石灰土桩。这些桩体能够与周围的土体共同构成复合地基,显著提升地基的承载力和稳定性,同时减少沉降。在实施深层搅拌法时,固化剂的掺量是关键参数之一,一般控制在12%-20%之间,具体掺量需根据设计强度要求和土性特征进行确定。此外,搅拌叶片的转速和提升速度也需严格控制,一般保持在0.5-1.0m/min的范围内,以确保固化剂与软土能够均匀拌合。深层搅拌法特别适用于淤泥、淤泥质土等软土层的深层加固。由于该方法施工污染小、无振动,因此在城市中心和周边有敏感建筑物的区域具有较好的适用性。然而,深层搅拌法的搅拌深度受到一定限制,且所需设备较为庞大,对于复杂地层容易出现卡钻等问题。因此,在实际应用中需根据工程特点和地质条件进行综合考虑。

3.4 排水固结法

排水固结法是一种通过加速软土排水和固结过程来加固地基的方法。该方法首先在地基表面铺设一层砂垫层,厚度一般在30-50m之间,作为排水通道。然后,在软土中打设竖向排水体,如塑料排水板或砂井,间距根据地基处理要求和工程实际情况进行设定,一般在0.8-1.5m之间。接下来,通过分级施加堆载或真空预压的方式加速软土的排水和固结过程。堆载预压荷载一般为设计荷载的1.2-1.5倍,而真空预压则需维持真空度在80-90kPa之间。加载和卸载过程需根据沉降速率和孔隙水压力消散程度进行控制,以确保地基的稳定性和安全性。排水固结法多用于大面积深厚软土地基的处理,如机场跑道、港口堆场等。该方法能够充分利用软土自身的强度增长特性,通过排水和固结过程降低工后沉降。然而,预压期较长,一般需要数月至数年的时间,且堆载材料占地面积大、成本高。因此,在实际应用中需综合考虑工期、成本等因素进行决策^[4]。

3.5 复合地基法

复合地基法是一种通过植入刚性桩或柔性桩来加固软土地基的方法。该方法将桩体植入软土中,与桩间土

共同承担荷载,形成复合地基结构。桩体的类型、长度、直径和间距等参数需根据工程地质条件和荷载设计要求进行确定。在复合地基结构中,褥垫层的铺设对于调整桩土应力比和保证地基的均匀沉降具有重要作用。褥垫层的厚度一般控制在10-30mm之间,具体厚度需根据工程实际情况进行确定。复合地基法特别适用于高层、重载建筑物地基的加固。该方法能够大幅提高地基的承载力,减小沉降,且施工速度快、质量可控。然而,复合地基的设计和施工需依据复合地基理论结合现场试验进行,且施工质量控制需关注桩身完整性、桩位偏差及褥垫层密实度等关键指标。因此,在实际应用中需加强施工管理和质量控制,确保工程的安全性和稳定性。

4 软土地基加固处理方案优化策略

4.1 基于勘察成果优化

依详细地质分层、土性参数精准计算地基承载力、沉降量,对比设计要求筛选加固方法;考虑软土层厚度、分布不均性分区段差异化处理,厚层区深层加固、浅层区结合换填;对高灵敏度软土避免强扰动方法,防强度骤降;利用地下水水位、流向调整排水固结系统布局,降低排水阻力,提高固结效率。

4.2 综合考虑场地条件

场地狭窄限制大型设备施工,选占地小、灵活工艺,如小型静压桩、手动深层搅拌设备;周边存在建筑物、交通线路,优先低振动、低噪音方法,强夯改静压注浆,设监测点实时监控变形,依反馈微调参数;场地地形起伏大,结合平整规划加固顺序,高处先加固防填方滑动,合理设置排水坡度避免积水加剧软土软化。

4.3 结合工程需求

短期临时工程注重施工便捷、成本控制,选简易换填、短期排水固结;长期永久性建筑追求长期稳定性、小沉降,深层搅拌、复合地基结合长期监测维护;对有抗震要求工程,加固后地基刚度、阻尼特性匹配抗震设计,增强抗震能力,如采用密桩距复合地基、增设抗震缝。

4.4 经济成本考量

全寿命周期成本分析涵盖材料、设备、人工、监测、维护及工期延误成本;初期投资高但长期性能优方法(如灌注桩复合地基)与低成本短期有效方法(如换

填)权衡,依资金流、投资回报率选;批量采购材料、租赁设备谈判降低成本,优化施工流程减人工时,如多工序平行流水作业;利用价值工程原理,功能(承载、变形控制)与成本匹配分析,剔除过剩功能降低费用^[5]。

4.5 环境影响评估

减少土方开挖、弃土运输,降低扬尘、噪声、交通拥堵;固化剂选环保型,防地下水污染,控制水泥用量减二氧化碳排放;施工废水处理达标排放,含泥污水沉淀回用;评估生物栖息地破坏,施工后生态修复,如植被恢复、湿地再造,实现工程建设与生态环保平衡。

4.6 新技术、新材料应用与融合优化

引入新型固化剂(纳米材料改性水泥、微生物固化剂)提高加固效果、减环境影响;土工合成材料(土工格栅、纤维土)加筋软土,增整体性、抗剪性;智能材料(光纤传感器混凝土、自愈合材料)埋入实时监测、损伤自修复;融合3S(GIS、GPS、RS)技术勘察精准定位、地质建模,BIM技术施工可视化管理、碰撞检查,推动数字化、智能化转型,提升方案科学性先进性。

结论:软土地基岩土工程勘察与加固处理方案优化是复杂系统工程,需贯穿地质认知、技术选型、工程实施、环境协调全过程。精准勘察是基石,借多手段获详尽数据为方案设计量化依据;常用加固方法各有优劣,适配不同场景;持续融合新技术、新材料、新理念,跨学科协同,推动软土地基工程向绿色、智能、高效迈进,为全球基础设施高质量发展赋能,拓展人类工程建设边界,平衡发展与生态保护天平。

参考文献

- [1]张宏,李悦.软土地基岩土工程勘察新技术及其应用[J].岩土工程学报,2023,45(8):1452-1458.
- [2]刘畅,王强.基于数值模拟的软土地基加固处理方案优化研究[J].土木工程学报,2023,56(10):102-109.
- [3]孙晓琳,赵峰.不同工况下软土地基加固方法的适应性分析[J].岩石力学与工程学报,2024,43(3):630-637.
- [4]马俊,吴迪.软土地基处理中绿色环保加固材料的研究与应用[J].建筑材料学报,2024,27(2):480-486.
- [5]陈晨,林翔.考虑长期沉降特性的软土地基加固方案优化[J].水利学报,2023,54(11):1300-1307.