

# 市政软土地基处理技术分析和应用研究

唐容博

431224\*\*\*\*\*8857

**摘要:** 软土地基具有高压缩性、低强度、低透水性等不利工程特性,对市政道路、综合管廊、给排水管网、场地设施等工程的稳定性、耐久性及安全运营构成严峻挑战。本文在综述市政工程领域软土地基处理技术应用现状的基础上,系统分析了软土地基的核心工程特性与处理原则。进而,对浅层处治、粉喷桩、排水固结、垫层、硬壳层补强、置换、挤淤等多种常用关键技术的作用机理、适用条件、施工要点及工程应用效果进行了深入剖析与比较。研究表明,软土地基处理技术的选择需遵循安全可靠、经济合理、技术可行、环境友好的原则,紧密结合具体工程的地质条件、荷载特点、工期要求及周边环境进行综合比选与优化设计。未来,应向绿色、高效、智能化及多种技术联合应用的精细化方向发展,以提升市政基础设施建设的整体质量与可持续性。

**关键词:** 软土地基; 市政工程; 地基处理; 技术分析; 应用研究

**DOI:** 10.64216/3080-1508.26.03.036

## 引言

随着我国城市化进程的持续高速推进,市政基础设施的建设规模不断扩大,建设范围日益扩展。在沿江、沿海、湖泊沼泽地区以及部分内陆冲积平原地区进行市政工程建设时,广泛分布着深厚的软土层。这类软土通常指天然孔隙比大、含水量高、压缩性高、强度低、渗透性差且具有显著流变特性的饱和粘性土,主要包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。在市政工程中,如道路路基、广场、停车场、给排水管道基础、综合管廊、轻型建筑地基等,若直接在其上建造,将面临地基承载力不足、沉降过大且不均匀、沉降稳定时间长、侧向变形显著等一系列工程问题,极易导致路面开裂、管道错位渗漏、构筑物倾斜损坏等病害,严重影响工程的使用功能、安全寿命和经济效益。因此,对软土地基进行合理有效的处理,改善其物理力学性质,提高地基承载力和稳定性,控制工后沉降和不均匀沉降,成为此类地区市政工程建设中不可或缺的关键环节。软土地基处理技术种类繁多,各具特点,其选择与应用的科学性、合理性直接关系到工程成败、造价高低与环境保护效果。

## 1 软土地基处理技术在市政工程中的应用现状

在市政工程建设领域,软土地基处理技术经历了从简单到复杂、从单一到综合、从粗放到精细的发展历程。早期,受限于认识水平和施工技术,多采用相对简易的换填、抛石挤淤或简单的表层夯实等方法。随着岩土工程理论的进步和施工机械、材料的发展,深层搅拌法、

排水固结法、强夯法、加筋土技术等得到了广泛应用和长足进步。

当前,市政工程软土地基处理呈现出以下特点:一是技术选择的多样性。针对不同工程需求,形成了多种技术并存的格局。例如,对于一般市政道路路基,浅层处理、垫层法、排水固结法应用广泛;对于桥头过渡段或对沉降控制严格的地下结构周边,则常采用复合地基技术。二是注重环境保护。在城区施工,振动、噪音、泥浆污染等问题受到严格限制,促使静压施工、低扰动技术或环境友好型材料的研究与应用得到重视。三是向复合与联合处理方向发展。面对复杂地质条件和高标准要求,单一技术往往难以满足,将两种或多种技术联合应用已成为提高处理效果、优化工程造价的常用策略。四是设计与施工的精细化。基于原位测试、监测反馈和数值模拟,对处理过程进行动态设计与优化调整,实现信息化施工,确保处理效果达到预期目标。

## 2 软土地基特性与处理原则

### 2.1 软土地基特性

市政工程中软土的特性决定了地基处理的必要性和技术路径的选择,其主要工程特性包括:(1)高含水量与高孔隙比。软土天然含水量常接近或大于液限,孔隙比一般大于1.0,导致土体处于饱和或近饱和状态,流动性强。(2)高压缩性。压缩系数大,在荷载作用下孔隙水被排出,土颗粒重新排列,产生显著的体积压缩,导致地基沉降量大。(3)低强度与低承载

力。不排水抗剪强度低,通常小于30kPa,地基容许承载力低,难以满足上部结构荷载要求。(4)低渗透性。渗透系数小,孔隙水排出困难,使得固结沉降过程缓慢,沉降稳定历时长。(5)显著的流变性与触变性。软土在长期荷载下会发生持续的蠕变变形,且结构受扰动后强度会急剧降低,施工扰动影响大。(6)不均匀性。软土层中常夹有薄层粉砂或贝壳等,水平向和垂直向性质存在差异,易导致不均匀沉降。

## 2.2 软土地基处理原则

针对上述特性,市政软土地基处理应遵循以下基本原则:(1)针对性原则。处理方案必须建立在对工程地质、水文地质条件、周边环境、上部结构特点及使用要求的深入分析基础上,做到“一地一策”。(2)安全可靠与经济合理相统一原则。在确保地基稳定、满足变形控制要求的前提下,通过技术经济比选,选择性价比最优的方案。(3)技术可行与施工便利原则。所选技术应与当地施工设备、技术水平、材料供应及工期要求相适应。(4)环境保护原则。尽量减少施工对周边建筑物、地下管线、水体和大气的影 响,控制噪声、振动、泥浆排放等污染,注重绿色施工。(5)动态设计与信息化施工原则。软土地基处理过程复杂,应加强施工过程中的监测与检测,根据反馈信息及时调整设计参数或施工工艺,确保工程质量。处理的核心目标在于:提高地基承载力、保证地基稳定性、减少总沉降量与工后沉降量、加速固结沉降速率、改善地基不均匀性。

## 3 软土地基处理技术在市政工程中的应用

### 3.1 浅层处治技术

对于软土层厚度较薄、埋藏较浅且对承载力与变形要求不高的市政工程,可采用浅层处治技术。主要包括:

(1)表层压实/夯实法。采用压路机、振动碾或蛙式夯对天然地表进行碾压或夯实,提高表层土的密实度与强度。此法简易经济,但有效处理深度有限。(2)浅层换填法。将基底一定深度内的软弱土层挖除,换填以强度较高、压缩性较低的砂、碎石、灰土、矿渣等材料,并分层压实。这是市政工程中 最直接、最可靠的方法之一,尤其适用于局部软弱区域或沟槽处理。(3)抛石挤淤法。在极软的流塑状淤泥表面直接抛填片石、块石,依靠自重挤开淤泥,形成稳定持力层。多用于处理河塘、沟渠等区域性浅层超软土。浅层处治技术施工快捷,但

需注意挖填方平衡与弃土处理,避免对环境造成二次影响。

### 3.2 粉喷桩技术

粉喷桩属于深层搅拌法的一种,利用专用机械将固化剂通过压缩空气喷入深层软土中,通过叶片旋转进行原位强制搅拌,使固化剂与软土发生一系列物理化学反应,形成具有整体性、水稳性和一定强度的水泥石或石灰土桩体。桩体与桩间土共同构成复合地基。该技术优点在于:加固效果显著,能有效提高承载力、减少沉降;施工速度快,工期短;无振动、无噪音,对邻近建筑物影响小;可根据需要灵活调整桩长、桩径和置换率。在市政工程中广泛应用于道路路基、管线基础、基坑支护、桥台后背填土加固等。其局限性在于:对于有机质含量高、pH值过低的软土,固化效果可能不佳;施工质量受设备性能、操作工艺及地质条件波动影响较大,需严格控制喷粉量、提升速度和搅拌均匀性。

### 3.3 排水固结技术

排水固结法是处理深厚饱和软粘土地基的经典方法。其原理是通过在地基中设置竖向排水体,缩短排水路径,并结合堆载预压,促使孔隙水加速排出,土体有效应力增加,从而完成固结压缩,提高地基强度和减少工后沉降。塑料排水板联合堆载预压是目前市政工程中 最常用的形式之一。该技术主要优点为:处理深度大,费用相对较低,技术成熟。但缺点也很明显:预压期长,工期受固结速率控制;需要大量的预压荷载和预压时间;对于工期紧迫的工程不适用。真空预压技术通过抽真空形成负压代替堆载,具有加载均匀、无需大量土石方、施工期相对安全等优点,在市政滩涂区域软基处理中应用前景广阔。

### 3.4 垫层技术

垫层技术是在软土地基表面铺设一层或数层性能良好的材料作为人工垫层,起到扩散应力、排水、隔离、调整不均匀沉降等作用。常见类型有:(1)砂垫层/碎石垫层。主要起水平排水作用,可与竖向排水体结合使用,加速地基固结;同时能提供一定的基础刚度,调整浅层应力分布。(2)土工合成材料加筋垫层。在砂石垫层中铺设一层或多层土工格栅、土工布等,利用其抗拉强度与土体的摩擦咬合作用,约束土体侧向变形,提高垫层的整体抗弯刚度,显著改善地基的承载性能和减

小不均匀沉降。这在市政道路软基处理中,尤其是处理道路与桥涵、管线等结构物的衔接部位时,应用效果非常突出。垫层技术常与其他深层处理技术联合使用,作为其辅助或补充措施,施工简便,成本可控。

### 3.5 硬壳层补强技术

在沿海、沿江地区,软土层上部有时存在一层厚度不大(1-4米)但强度相对较高的“硬壳层”。此硬壳层具有一定的承载和扩散应力的能力。硬壳层补强技术的核心思想是:在施工中尽量保护和利用该天然硬壳层,避免其因机械碾压、浸泡或人为破坏而丧失强度;同时,通过在其上设置加筋材料或进行浅层改良,进一步增强其整体性和刚度,使之能更有效地将上部荷载扩散至下卧软土层,从而减少对深层软土处理的要求,达到经济合理的目的。该技术要求前期勘察准确识别硬壳层的分布与性质,并在施工中制定严格的保护措施。

### 3.6 置换技术

置换法又称换填法,是将基底一定深度内的软弱土层全部或部分挖除,然后回填以强度高、性能稳定的材料,如砂、碎石、素土、灰土、工业废渣等,并分层压实至设计要求。根据置换深度可分为全部置换和部分置换。在市政工程中,常用于处理厚度不大的软土、杂填土、暗浜、墓穴等局部不良地质。其优点是原理直观、效果可靠、施工质量易于控制。缺点是需要开挖和弃土,当软土深度大时,开挖方量大,可能遇到基坑降水、边坡稳定等问题,不经济且可能对环境造成较大影响。因此,通常适用于软土层厚度不超过3米,或虽有深厚软土但仅需处理浅部关键层位的情况。

### 3.7 挤淤技术

挤淤技术主要适用于处理流塑~软塑状态的淤泥或淤泥质土。除了前述的抛石挤淤,还有:(1)爆破挤淤。通过在水中或泥面下一定深度处引爆炸药,产生巨大冲击力和振动,使淤泥被瞬间扰动、液化并向四周挤出,同时抛填的石料在重力作用下沉入淤泥底部,形成稳定的堆石体地基。此法处理深度大、工效高,但仅适用于远离城区的开阔水域或滩涂区域。(2)强夯挤淤。采用重锤高落差夯击地表,巨大的冲击能迫使浅层软土被侧向挤压密实,并在夯坑内填入块石等硬质材料,形成夯墩与挤密土体相结合的复合地基。强夯法设备简单、

工期短、造价低,但振动和噪音巨大,仅适用于对振动敏感设施较远的空旷场地。在市政工程中,挤淤技术的应用受到环境条件的严格限制。

### 3.8 其他类型的处理技术

除上述技术外,市政软基处理中还可能用到:(1)强夯置换法。结合强夯与置换,形成碎石墩复合地基,适用于处理稍深的软土层。(2)桩基础。当软土层深厚且对沉降控制要求极高时,可直接采用桩基础穿越软土层,将荷载传递至下部好土层。虽非严格意义上的“地基处理”,但确是解决软土问题最彻底的方式之一,唯成本较高。(3)轻质材料填筑法。在路基填筑中使用粉煤灰、泡沫轻质土等轻质材料,大幅减少地基附加应力,从而降低沉降。尤其适用于桥头跳车防治和旧路拓宽工程。(4)生物/化学固化法。通过注入或拌入特定的酶制剂、离子固化剂等,改变土颗粒表面的物理化学性质,促使土体胶结硬化。这是一种新兴的环保技术,尚处于研究推广阶段。

## 4 结语

市政软土地基处理是一项复杂而重要的系统工程。多种处理技术各有其适用条件、优势与局限性,不存在最佳技术。成功的关键在于深入把握场地的工程地质条件与水文地质特征,明确工程的荷载特点、变形控制标准与工期要求,并充分考虑周边环境制约因素。在此基础上,遵循安全、经济、环保、可行的原则,进行多方案的技术经济比选与优化设计,必要时采用联合处理方案。

### 参考文献

- [1]史伟,吕鹏伟.市政道路工程软土地基处理技术分析[J].建设科技,2022,(20):27-29.
- [2]何健斌.软土地基处理技术在市政路桥施工中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2022,(28):61-63.
- [3]李春生.软土地基处理技术在市政路桥施工中的应用[J].科学技术创新,2022,(27):132-135.
- [4]聂新星.市政道路工程施工中软土地基处理技术分析[J].散装水泥,2022,(02):160-162.
- [5]刘蛟期.软土地基处理技术在市政路桥工程施工中的应用[J].工程技术研究,2022,7(05):70-72.