

# 市政道路工程软土地基沉降加固技术

樊祥云 王力勉 刘军锋

济南华强市政工程有限责任公司

**摘要:**在市政道路工程中经常会遇到一些软土地基,若不进行有效的加固处理,则容易引发沉降问题。本文首先对软土地基特性与沉降机制进行了分析,然后结合实际探讨了市政道路工程软土地基沉降加固的常用技术及实践要点,旨在给相关领域的施工工作提供一点有用的参考。

**关键词:**市政道路工程;软土地基;地基沉降;地基加固技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.15.039

软土地基由于高含水量、低承载力和低强度等特点,极易发生沉降问题。尤其对于市政道路工程而言,当道路承载交通荷载时,软土地基的沉降可能导致道路的变形、裂缝和不平整,从而影响到交通安全和行车舒适性。为了避免这种情况,在市政道路工程中采取有效的软土地基沉降加固技术非常关键。

## 一、软土地基特性与沉降机制分析

### (一)软土地基的特性

软土地基是指土质较松软、容易变形的地基类型,其特性对于市政道路等工程设计和施工至关重要。首先,软土地基的承载能力较低。由于软土的颗粒间隙较大,土体内部存在较多的孔隙水和气体,导致土体的密实性较差,承载能力相对较低,容易引发沉降和变形问题。其次,软土地基的压缩性和蠕变性较严重。由于软土土体的颗粒结构较松散,土体受到外部荷载作用时容易发生体积变化,并且在长时间荷载作用下还会表现出蠕变效应,即在恒定荷载下土体会继续变形。再者,软土地基的稳定性较差。当软土地基遭受地震或其他外界震动作用时,土体内的孔隙水压力会上升,导致土体失去抗剪强度,进而发生液化和流变现象,即在较小的应力作用下土体会呈现出流体的行为。最后,软土地基的渗透性较强。由于软土土体中的孔隙结构较大,土壤颗粒之间的连接较弱,因此水分在软土中的渗透性较强,运移能力较好,导致土体孔隙水的积聚和排水困难。

### (二)软土地基的沉降机制

软土地基沉降是地基工程中一个重要的问题,它会对工程的安全性和稳定性产生重大影响。首先,软土地基的沉降与土体的压缩特性密切相关。软土具有较高的

含水量和较低的有效应力,因此在施工荷载作用下,土体中的水分和气体被排出,导致土体颗粒之间的接触面增加,从而引起土体的压缩变形。这种土体的压缩变形又表现为初期压实和长期固结两个阶段:初期压实是指施加荷载后土体颗粒重新排列的过程,在此阶段,土体的压缩主要由颗粒之间的重排和挤压引起,这种压实是可逆的,当施加荷载移除时,土体会部分恢复其初始体积;长期固结是指在施加荷载后土体的排水过程逐渐进展,由于软土的排水性能较差,排水过程相对较慢,导致土体逐渐失去水分并进一步压实,这种固结是不可逆的,且时间通常较长,可以延续几个月甚至数年,但一旦发生土体将难以恢复原始状态。其次,排水是软土地基沉降的另一个重要原因。由于软土的渗透性差,水分排除速度较慢,从而导致土体中存在较高的孔隙水压,当施加荷载时,孔隙水压会增加,限制土体颗粒的移动,从而引起土体的沉降;同时,孔隙水压的增加还会导致土体有效应力的降低,进一步加剧沉降的发生。此外,软土地基沉降还受到一些其他因素的影响,例如土体的孔隙结构、含水率、厚度以及施工荷载的大小和施加速度等。

## 二、市政道路工程软土地基沉降加固的常用技术及实践要点

### (一)强夯法加固

强夯法加固是通过利用重型打击器对软土地基进行连续的动力改良,以提高其承载力和抗沉降性能。在强夯法加固施工前需要先进行现场勘测与监测,包括地质勘察、地下水位监测、地基变形监测等,以了解软土地基的性质和特点,确定加固方案和施工参数。其次,还需要做好施工前的准备工作,包括场地平整、设备和材料准备等。强夯施工需要使用重型打击器,通常是由大型挖掘机或压路机配备的夯头;还需要准备填料材料,用于填充夯击形成的孔隙。在实际施工操作过程中,夯头被高速连续地打击软土地基,通过振实作用使土颗粒重新排列,形成更紧密的结构,增加土体的密实度和承载力。打击器的能量和夯击频率需要根据软土的性质和所需加固效果进行调整。夯击的过程中,土体会发生压实和振实的变形,从而减小其压缩性和剪切变形性。施工完毕后,需要进行监测与验收,以评估加固效果和安

全性。监测包括地基变形监测、沉降监测、承载力测试等，以确保软土地基的稳定性和满足工程要求；验收则侧重于评估加固效果是否符合设计要求，包括地基承载力的提升、地表沉降的控制等。总的来说，强夯法加固的优点是施工速度快、效果明显、适用范围广，利用该技术可以有效地改善软土地基的工程性能，提高承载力和抗沉降性，使市政道路工程更加稳定和耐久。然而，强夯法加固在实际应用中也存在一些限制和注意事项。第一，由于施工过程中对土体施加的冲击力较大，所以需要控制施工过程中的振动和噪音对周围环境和结构物的影响。第二，对于含水量较高的软土，可能需要进行预处理，如人工排水或施加排水孔等。第三，在施工中需要合理安排夯击点的布置密度和间距，过于密集的夯击点可能导致土体过度压实，增加地基的刚度，影响土体的排水性能；夯击点间距过大则可能影响加固效果。

### （二）碎石和粉煤灰加固

碎石和粉煤灰加固是结合了物理和化学的作用机制，能够有效地提高软土地基的承载力和稳定性。首先，碎石加固是指通过在软土地基中铺设一定厚度的碎石层，以增加地基的排水性和稳定性。碎石层可以有效地分散地基上的应力，提高地基的承载力，并防止地基沉降。在碎石层的选择中，需要考虑碎石的颗粒形状、大小和质量等因素，以确保其具有较好的排水性和稳定性。其次，粉煤灰是指煤矿或发电厂燃烧煤炭后产生的副产品，其主要成分是硅酸盐、铝酸盐和铁酸盐等，具有较好的粒度分布和细粒土的黏性特性，适合作为软土地基加固材料。通过将粉煤灰与软土混合，可以提高地基的强度和稳定性，并改善地基的排水性能。在实践中，碎石和粉煤灰加固措施常联合使用，例如可以在软土地基表层采用碎石加固，而在较深部分采用粉煤灰加固，以实现整体地基的稳定性和均匀性。碎石和粉煤灰加固的优势在于施工简便、成本较低和环保性能较好，尤其无需大量的施工设备和材料，适用于不同规模和复杂度的工程。然而，碎石和粉煤灰加固在实际应用中也存在一些限制和注意事项。第一，需要根据具体的地基条件和工程要求合理选择碎石层和设计其厚度，过厚或过薄的碎石层都可能导致加固效果不理想。第二，需要合理控制粉煤灰的含水量和混合比例，以确保加固效果的稳定性和可靠性。第三，对于一些特殊情况，如软土地基中含有有机物质或具有较高的液限值时，可能需要结合其他加固措施来提高地基的承载力。

### （三）土木合成材料加固

土木合成材料是一种结构材料，由人工合成的纤维

和树脂基质组成，具有较高的强度、刚度和耐久性，可以用来加固软土地基。在土木合成材料加固施工中，通常需要运用到土工格栅、土工布、土钉墙和土体固化剂。土工格栅是一种由聚合物或玻璃纤维制成的网状结构，可以分散荷载并提高土体的抗剪强度，当它被埋入软土地基中后，可以通过与土体相互作用形成一个稳定的增强层，显著减少地基沉降并提高地基的承载能力。土工布是一种由高强度合成纤维制成的薄片材料，可以增加地基的抗剪强度和抗渗性，当它被铺设在软土地基上后，可以通过提供一个均匀的荷载分布并防止土体颗粒的迁移，显著减少地基沉降。土钉墙通常是由钢筋与土木合成材料组成的钉杆构成，将钉杆嵌入软土地基中，并用土工格栅或土工布加固钉杆与土体之间的界面后，即可提高软土地基的抗滑稳定性和承载能力。土体固化剂是一种能够改变土体物理和化学性质的化学物质，可以与软土地基中的颗粒相互作用，形成一个坚固的土体结构，从而增加地基的稳定性。总的来说，土木合成材料加固的优势主要有以下几点：第一，土木合成材料具有较高的强度和刚度，能够有效抵抗荷载作用，并提高软土地基的承载能力。第二，相比传统的混凝土等加固材料，土木合成材料更轻巧，施工更便捷。第三，土木合成材料具有良好的耐久性和抗腐蚀性能，能够在恶劣环境条件下保持其加固效果。第四，土木合成材料的性能可以根据具体工程需求进行调整，例如可以根据软土地基的特性和预期的荷载要求选择不同类型的和规格的土木合成材料，以实现最佳的加固效果。第五，相较于传统的土方加固方法，土木合成材料加固通常施工周期较短，且施工过程相对简单，这有助于提高施工效率并降低工程成本。

### （四）预应力管桩加固

预应力管桩加固是在软土地基中钻孔后安装钢筋混凝土管桩，并通过预应力锚杆等手段施加预应力，以使管桩的变形被抵消或减小，从而提高整个软土地基的承载能力。具体来说，预应力管桩加固的作用主要如下：首先，预应力管桩加固能够提高软土地基的承载能力。软土地基常常由于土壤的不稳定性而导致沉降和变形问题，预应力施加后，管桩通过拉伸状态将土体压紧，可以增加土体的有效应力，进而提高地基的承载力和抗沉降性能。其次，预应力管桩加固能够改善软土地基的变形性能。由于软土的特殊性质，地基沉降和变形是常见的问题，通过施加预应力，管桩能够抵消或减小软土地基的沉降和变形，从而保证市政道路工程的稳定性和平整度。最后，预应力管桩加固施工方便、效果明显且经

济实用。由于预应力施加可以在施工过程中进行监测和调整,所以不但施工工艺简单和施工质量具有保证,而且施工周期较短、成本相对较低。然而,预应力管桩加固在实际应用中也存在一些限制和注意事项,主要是对现场的土壤条件和施工设备具有一定的要求。

#### (五) 水泥搅拌桩加固

水泥搅拌桩加固是通过在软土地基内钻孔并注入水泥浆搅拌成桩,以达到加固地基的目的。在实践中,水泥搅拌桩加固施工主要包括三个阶段:孔洞钻探、注浆搅拌和固化。首先,在软土地基上钻探孔洞,孔径一般为300mm至1000mm,根据地基的设计要求和土壤的性质来确定孔洞的深度和间距。然后,在孔洞中注入水泥浆,并通过搅拌机械对土体进行搅拌,使水泥浆与软土充分混合;在搅拌过程中,搅拌机械会以一定的速度向上提升,形成连续的水泥柱。最后,水泥浆在地基内固化,形成坚实的水泥搅拌桩。水泥搅拌桩加固的优势主要如下:首先,施工方便快捷,适用于各种软土地基。其次,施工不需要大型机械设备,成本较低。再者,施工过程对环境影响较小,不会排放大量废弃物和污染物。然而,水泥搅拌桩加固在实际应用中也存在一些限制和注意事项。第一,在某些地质条件下,如含有大块石头或较硬的土层的地区,钻孔和搅拌过程可能会比较困难。第二,水泥搅拌桩加固的效果可能会受到孔洞间距和桩身直径的限制,孔洞间距过大或桩身直径过小都可能导致加固效果不理想。第三,水泥搅拌桩的强度和稳定性往往会受水泥浆的配比、搅拌时间和固化时间等因素的影响,需要进行严密的质量控制。

#### (六) 现浇混凝土管桩加固

现浇混凝土管桩加固是利用混凝土管桩的强度和刚度,通过刚性连接软土与地面结构,提高地基的承载能力和稳定性。现浇混凝土管桩是一种将混凝土注入钢模具中成型的管状结构,用其来进行软土地基沉降加固的原理和优势主要如下:第一,承载能力提升:现浇混凝土管桩的强度和刚度使其能够承受来自上部结构的荷载,并将之传递到较深的土层,从而分散和减小软土地基的沉降,提高地基的整体承载能力。第二,空间限制适应性:现浇混凝土管桩适用于较为狭窄的施工空间,可以在不需要大规模土方开挖的情况下实施加固。第三,施工可控性:现浇混凝土管桩加固施工的过程具有较高的可控性,可以根据软土地基的实际情况选择合适的桩径和桩长,混凝土的注入过程也可以根据需要进行调整和控制。第四,环境适应性:混凝土材料具有较好

的抗腐蚀性能,可以适应多种环境条件,并能够满足长期使用的要求。在实践中,为了确保现浇混凝土管桩加固的效果,需要注意以下关键步骤:首先,要进行详细的地质勘察,包括软土地基的性质、层位和承载力等参数的测定,并根据地质勘察结果进行设计,以确定合适的桩径、桩长和桩间距等参数。其次,要确保施工场地的平整和清理,准备好施工所需的设备、材料和人力资源,制定详细的施工方案和安全措施。再者,在实际施工过程中,要按照设计要求进行预埋钢筋的布置、模板的安装、混凝土的搅拌和浇筑等过程,并在混凝土管桩与地面结构之间采用适当的连接方式,以确保桩体与地面结构的稳固连接。最后,在施工完成后,还要进行地基沉降和变形的监测,及时采取必要的维护和补强措施,确保加固效果的长期稳定性。然而,现浇混凝土管桩加固在实际应用中也存在一些限制和注意事项,主要是施工过程较为复杂、施工周期相对较长和适用范围较窄,一般只适用于较浅的软土地基。

#### 结语

综上所述,软土地基的特性决定了其容易发生沉降,且其沉降是在多种机制下共同形成的,因此对于市政道路工程的软土地基沉降问题,必须要采取合理的加固技术进行有效的加固施工。在实践中,可以根据实际情况和需要选择强夯法加固、碎石和粉煤灰加固、土木合成材料加固、预应力管桩加固、水泥搅拌桩加固或者现浇混凝土管桩加固等技术,以确保地基加固效果,保证市政道路工程质量。

#### 参考文献

- [1] 马志远. 市政道路工程软土地基沉降加固技术[J]. 工程机械与维修, 2023(03): 217-219.
- [2] 彭富强. 多层软土公路地基沉降及加固技术研究[J]. 西部交通科技, 2023(03): 17-19+62.
- [3] 刘艳. 公路软土地基沉降监测与稳定性分析[J]. 山西交通科技, 2022(03): 62-64.
- [4] 燕继宇, 伍琪琳, 李建宇. 软土地基沉降计算中的固结度分析[J]. 水运工程, 2021(09): 174-177+215.
- [5] 郭峰. 不同处理方法下的软土地基沉降监测分析[J]. 山西建筑, 2021, 47(14): 65-67.
- [6] 柳斌. 公路软土地基沉降计算及影响因素分析[J]. 福建交通科技, 2021(04): 54-57+95.
- [7] 王志林. 软土地基加固技术在市政道路工程中的应用[J]. 交通世界, 2021(10): 72-73.