

# 软基处理技术在市政道路路基工程施工中的应用分析

文 / 张 磊 济南能源工程集团有限公司

孙卫东 济南能源工程集团有限公司（通讯作者）

**摘要：**近年来，国家对于市政道路工程建设方面的投资力度不断加大。在工程实际施工过程中，软基是一种常见类型，对工程结构稳定性和安全性提出了严峻的挑战。软基处理技术就是针对软基这一特点，通过采取合理的处理措施和施工方法，以确保道路工程在软基上能够稳定建设并具备较高的可靠性。软基处理技术既包括土体的改良与加固，也包括荷载的传递与分配，以及沉降的控制与预测等方面。基于此，本文重点分析软基处理技术要点，为道路工程建设提供更加高效、可靠的技术支持。

**关键词：**软基处理技术；市政道路；路基

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.03.049

## 引言

市政道路工程不仅影响社会经济的发展，而且对居民的日常出行造成了一定影响，因此要重视道路工程项目。道路工程施工涉及众多内容，路基施工是最为基础的内容。在路基施工中，软基施工尤其重要，其会直接对施工的稳定性和安全性造成影响，需要对其进行有效的控制与管理，并解决施工中存在的问题，以保证道路工程施工建设的顺利进行，也能从根本上提高道路应用的安全性以及稳定性，并延长使用寿命。

### 一、软基特性

软基是一种饱和黏土，具有较低的承载力、丰富的含水量、较强的压缩力，可由软塑态转化为流塑态，作为一种特殊的土层结构，下面将对其特性的形成因素和环境成因进行具体分析：

(1) 触变性：软地基在有外界因素干扰的自然环境下，基本呈固态；但在实际施工时，涂布的特性有明显的改变，少数会表现为流动式的现象。

(2) 压缩性：我国泥质土与黏质土的压缩系数一般大于0.5MPa<sup>-1</sup>，土层之间有空隙，空隙中含有少量的水分，因此在建造这种软土上的工程会出现较大沉降，严重的沉降不均也会引起楼房开裂、破损。

(3) 透水性弱：我国软质土质中含水量较大，透水性较小，渗透系数为 $k \leq (\text{mm/d})$ 。在降低其含水量的同时还可以采取压缩排水的形式，或运用专业的软基的处理方式来减少其固结的时间，以此来提高施工效率和缩短问题所需要的处理时间。

(4) 抗剪强度低：软基日常情况下呈现软塑一流塑状态，属于不良地基，其稳定性差，压缩性高，自然沉降量也较大；尤其在没有人工干预情况下，它的抗剪性能达到最低值，因此需要对其采取相应的方法来减少自然情况对其带来的影响。因此，要提高基础松软的强度，做好排水工作是施工的关键。

## 二、市政道路路基工程中软基处理存在的问题

### (一) 沉降控制问题

软土具有高压缩性，在外力作用下容易发生显著的

沉降，施工过程中，如果不进行有效的沉降控制，路基会产生较大的不均匀沉降，影响路面的平整度和使用寿命。软土的固结过程较慢，通常需要较长时间才能达到稳定沉降状态，这种慢变形特性使得施工过程中难以迅速完成沉降控制，导致施工周期延长。软土在初始固结后，仍然会在较长时间内继续发生次生固结变形，这种现象称为二次沉降。二次沉降量虽小，但对工程的长期稳定性有重要影响，需要在设计和施工中充分考虑。

### (二) 稳定性问题

软土的抗剪强度较低，容易在外力作用下发生剪切破坏，导致路基失稳。高含水量则会使得软土的强度进一步降低，增加失稳风险，尤其在施工过程中，如果排水不畅或遇到雨水侵入，软土的稳定性将进一步恶化。软基的边坡稳定性较差，容易在开挖或填筑过程中发生滑坡或塌方，影响施工安全和路基稳定。

## 三、软基处理技术在市政道路路基工程施工中的应用

### (一) 高压喷射注浆施工技术

高压喷射注浆施工技术是现阶段软基施工过程中经常使用的技术之一，通过高压喷射机械保证粉煤灰、水泥等材料进行有效结合，从而提升固结性和强度。施工过程中应用这项技术可以有效地处理软基更深层次的问题，保证其强度得到明显提升，切实提升整体地基的稳定性。对于施工单位来说，在应用高压喷射注浆技术过程中，要配合相应的高压喷射机械并利用高压喷射流切割模式对土体进行破坏，同时，在混合搅拌时可以起到加固作用，使其具有更好的压实性，保证浆液和土颗粒达到凝固效果，进而增强主体。从现阶段高压喷射注浆技术应用情况来看，要使其施工压力维持在400kPa左右，并对其深度进行严格管控，使其控制在30~35m的范围内，这样可以使其强度和耐久性达到最佳效果。应用旋喷法时要针对加固范围进行调整，使相关材料得到进一步融合，并制成斜桩、水平桩体、垂直桩体等，根据施工现场实际情况确定加固要求。

### （二）换填土处理技术

在软基处理技术中的换填土处理技术，又称为换填法或换土法，是一种常用的地基加固方法，尤其适用于处理淤泥、淤泥质土、湿陷性黄土、素填土、杂填土地基以及暗沟、暗塘等浅层不良地基。该技术的基本原理是将基础范围内一定深度的软弱土层挖除，然后用强度更高、压缩性更低且无侵蚀性的材料回填并进行压实处理，以形成新的持力层，从而提高地基的承载力和稳定性，减少沉降。换填法的主要步骤：首先需要对现场地基进行详细的地质勘察，确定软弱土层的分布、厚度及性质，据此设计换填的深度和范围，以及选择合适的回填材料；其次使用挖掘机或其他挖掘机械将软弱土层挖除，开挖深度一般根据设计要求和地基条件确定，通常不超过2米；然后在回填材料选择中，回填材料通常包括天然砂砾、碎石、灰土、素土、工业废料等，选择时需考虑材料的强度、压缩性、透水性和当地资源情况。接着进行分层填筑与压实，回填材料应分层摊铺、分层压实，每层厚度一般不超过30cm，压实度需达到设计要求，以确保回填体的密实度和均匀性，在施工过程中需严格控制回填材料的含水量、填充量，以及压实度，必要时进行现场压实度检测，确保地基处理质量；最后在与周边地基的连接处理中应注意新旧地基之间的平稳过渡，避免产生不均匀沉降，可能需要设置过渡带或采取其他措施保证整体稳定性。

### （三）敷垫材料法

如果市政道路工程施工中遇到的软基土层不均匀，则会导致施工中出现变形或不均匀沉降等问题。对此，施工单位可以选择敷垫材料法来提高软基的抗拉力及抗剪强度。结合施工经验来看，这种处理方法可以更好地支撑填土荷载，同时规避局部不均匀沉降等问题的发生，有利于增强地基整体承载力。在使用这种处理方法时，需要施工单位根据实际情况选择铺垫材料，常见材料包括土工布、无纺布等。在实际施工中，需要注意以下问题：第一，结合软基表层强度、施工过程机械设备的重量等情况，合理选择铺垫材料。第二，如果施工过程中使用的机械设备重量较大，则会导致局部地段产生较大压力，所以施工单位需要提前对该地段进行补强处理。第三，在合理选择敷垫材料并完成铺设作业后，需要使用田土将材料掩盖，并将填土夯实。第四，如果软基地质非常软，则需要在填方作业初次开展前，将填土放在干筏上，通过手动摇晃传送带，使填土均匀覆盖在表面。第五，首层填土最好选择透水性较高的河沙，同时要做好历经筛选工作，以免土层含有砾石破坏敷垫材料。

### （四）排水固结工艺

软基的排水固结工艺是一种重要的施工技术，该工艺主要是通过排除软基中的多余水分，使地基逐步固结

并提高其稳定性。排水固结工艺的核心是构建高效畅通的排水通道，在实际施工过程中基本是通过在软基中设置排水板或排水管来实现的。根据施工区域的土质、含水量和土层厚度等因素，选择合适的排水板或排水管规格。在施工过程中，需要严格控制排水板或排水管的铺设位置和深度，确保其与设计要求保持一致。为了提高软基的排水固结效果，还可以采取预加载措施。通过在软基上施加一定的外荷载，使地基中的水分被挤出，使地基沉降能够提前完成，从而加速地基固结。在排水固结工艺实施过程中，还需要定期进行监测和数据记录，通过在施工前、中、后进行地质勘察、土压力监测和沉降观测等，以便对施工效果进行评估和优化。在某市一处市政道路工程中，采用排水固结工艺处理后的软基相较于未经处理的相邻地段，沉降量减少了约40%，且地基稳定性得到了明显改善。由此表明，排水固结工艺可显著提升软基的承载能力。

### （五）水泥粉喷桩技术

通过水泥粉喷桩施工技术对路基进行相应的处理，可以提高路基强度，加固地基结构，也可以提升软基的抗压能力以及抗拉能力，避免出现软基强度过低的情况，以此保证道路应用的安全性以及稳定性，并延长道路的使用寿命。同时，水泥粉喷桩技术适用性较强，可以针对不同情况的软基进行处理。在实际开展施工过程中，需要保证按照施工规范开展施工建设。此外，需要注意以下4个问题：①水泥粉喷桩施工中，水泥是主要的施工材料。因此，相关管理人员需要对水泥强度进行相应的控制，选择42.5级的高强度水泥。②在实际施工建设的过程中，需要对施工全过程进行管理控制，并按照施工流程以及规范开展施工建设，以保证施工质量以及施工效率。施工允许存在偏差，但平面偏差不得大于50m。③在进行施工建设过程中，严格按照设计图纸以及要求开展施工，并保证相关参数的精准性。施工深度允许存在误差，但不得超过5cm，且对水泥的损耗量进行控制，不得大于1kg/m。④管理人员需要对相关参数进行记录，尤其是水泥搅拌，以此保证水泥质量。

### （六）水泥搅拌桩施工技术

第一，使用的水泥、主动区和被动区的水泥掺量、水泥浆的水灰比以及外加剂等必须符合设计及规范要求。第二，为防止施工时水泥土隆起影响施工质量，需要根据现场的桩位开挖施工沟槽，并由专人负责现场指导。第三，重点检查水泥用量、水泥浆拌制的罐数、压浆过程中的断浆现象、喷浆搅拌提升时间以及复搅次数。第四，采用二喷四搅工艺，避免堵管，喷浆量应小于总量的1/2。第五，在大面积施工前进行工艺性试桩，控制水泥掺量在每延米60kg。第六，加强质量控制，确保复合地基的整体承载力，包括桩身质量的检验（完整性、连续性、竖直度等）和强度检验（抗压强

度、单桩及复合地基承载力)。第七,要强化完整性检查,流程成桩完成后,通过钻芯取样的方法检查桩体的完整性、搅拌均匀程度和桩体强度,取样频率为1%~1.5%。第八,水泥搅拌桩适用于处理多种土层,但并不适用于所有类型的土层。第九,根据桩的密集程度、基础的设计标高及桩的规格确定打桩顺序,以保证施工效率和质量。建议在施工过程中严格遵守这些规范和要求,以防止桩身强度不均的问题。同时,应加强施工监测系统,确保每个步骤都能达到设计要求,从而确保水泥搅拌桩的整体质量。

### (七) 粒料桩施工法

粒料桩是通过挤密、振密、置换和加速固结等多种作用与原地基形成复合地基,可以显著提高地基的承载力和稳定性,减少沉降和不均匀沉降的发生。施工前,应对现场进行排水和场地清理整平工作,并完成挤密试桩,确定碎石量、提升高度和速度、挤压次数和时间、工作电流等参数,结合设计要求、现场条件和试桩施工参数编制施工方案。粒料桩施工顺序宜从中间向外围或间隔跳打,施工工序依次为施工机具就位→振动沉管→灌注碎石→拔管成桩。施工时操作要点如下。

1) 专人负责监控振密电流,保证振密电流在允许范围内,确保成桩质量。

2) 专人负责碎石下料和统计,做到均匀、一次不宜过多,适量勤加。

3) 桩身拔管时,应先振动5~10s再行拔管,应边振边拔,每拔高0.5~1m停振,如此反复直至全管拔出;拔管速度应控制在以0.2m/s左右。

4) 饱和淤泥质黏土内进行粒料桩施工时,应选择套管头加设1个预制混凝土桩头,使导管两端形成开口消除负压,减少或避免成孔收缩概率。

### (八) 真空预压法

真空预压法是利用真空设备在软土中形成负压环境,使土体内部的孔隙水压力降低,增加有效应力,加速孔隙水排出,促进土体固结,在软土表面覆盖密封膜,并通过真空泵抽取空气形成真空,形成负压,从而加速软土的固结和强度增长。通过详细的现场勘察,设计合理的真空预压方案,确定真空设备的布置和真空膜的覆盖范围,清理施工现场,设置真空管道和排水设施,准备好真空泵和密封膜等设备。将密封膜铺设在软土表面,确保其密封性,防止空气进入。在密封膜下布置真空管道,连接真空泵开始抽取空气,形成负压环境。在真空预压过程中,可以同时进行堆载,进一步加速软土的固结。通过定期监测沉降、孔隙水压力和真空度,确保真空预压效果,并及时进行维护和调整。真空预压法能够显著加速软土的固结过程,缩短施工周期,不使用化学药剂,对环境友好且符合绿色施工的要求。

### (九) 机械处理技术

在市政道路施工中,软基处理技术的应用尤为关键,其中机械处理技术作为一种高效的地基加固方法,被广泛采用于软基的改良。该技术通过利用机械设备对软基进行加固和改良,以提高土体的承载能力和稳定性。在某地区软基处理工程中,机械处理技术被广泛应用于市政道路建设中。其中,振动加固是一项重要的机械处理技术之一。振动加固利用振动器对软基进行振实,使土体颗粒重新排列,增加土体的密实度和抗压强度。在该地区软基施工工程中,振动加固技术被成功应用,经过振动加固处理后,软基的抗压强度得到显著提高,平均增加了50%以上。此外,还采用了土体加固中的碎石加固技术。该技术通过将碎石填充在软土中,增加土体的支撑力和稳定性。在实际施工中,施工团队采用了合适规格的碎石进行填充,有效提高了软基的抗压能力。经过碎石加固处理后,软基的抗压强度平均提高了30%以上。

### 结语

在实际开展市政道路施工建设过程中,受到软基的影响,对整体施工造成了严重的不良影响。针对此情况,需要积极应用软基处理技术,对软基进行相应的处理。在实际开展施工建设的过程中,可以应用表层处理、水泥粉喷桩施工以及高压旋喷桩施工等技术,对软基进行处理,以提高软基的强度,提升整体的承载能力以及抗拉能力,实现路基加固的目的。

### 参考文献

- [1] 秦广敏. 公路与城市道路工程路基施工中软土地基施工技术探究[J]. 电脑乐园, 2023(1): 277-279.
- [2] 罗琳琳. 市政道路路基施工中的软土地基处理问题浅析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022(8): 123-126.
- [3] 崔素娟, 宋心盼. 分析市政道路工程中软土路基施工技术的应用[J]. 中国厨卫, 2023(8): 136-138.
- [4] 刘建永. 市政道路工程中软土路基施工技术的应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2022(9): 129-132.
- [5] 姚佳, 李慧. 对于公路与城市道路工程路基施工中软土地基施工技术的探究[J]. 建材发展导向, 2023, 21(21): 89-91.
- [6] 何长明, 黎军. 道路软基处理方案选型研究[J]. 岩土工程技术, 2023, 37(05): 574-580.
- [7] 吴仰宾. 广州南沙地区市政道路软基处理设计应用[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(16): 60-62.
- [8] 周刚, 张丹. 软基处理施工技术在公路工程施工中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (14): 87-89.