

# 道路设计中软基处理技术探讨

孙超

天津市政工程设计研究总院有限公司

DOI:10.32629/bd.v9i6.4524

**[摘要]** 在道路建设不断推进的当下,确保道路基础的稳固性至关重要,本文聚焦道路设计中软基处理技术。先阐述软基物理特性与分类,接着说明处理技术选择原则,涵盖因地制宜、经济合理、技术可行、环境友好。随后介绍常见处理技术,包括排水固结、置换、加筋、强夯、注浆法。最后探讨不同道路类型下软基处理技术的适配性,为道路建设中软基处理提供全面参考。

**[关键词]** 软基处理; 道路设计; 处理技术; 适配性; 选择原则

**中图分类号:** U416.1 **文献标识码:** A

## Discussion on Soft Ground Treatment Technology in Road Design

Chao Sun

Tianjin Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd.

**[Abstract]** With the continuous advancement of road construction, ensuring the stability of road foundations is crucial. This paper focuses on soft ground treatment technology in road design. It first elaborates on the physical characteristics and classification of soft ground, then explains the selection principles of treatment technology, covering adaptation to local conditions, economic rationality, technical feasibility, and environmental friendliness. Subsequently, it introduces common treatment technologies, including drainage consolidation, replacement, reinforcement, dynamic compaction, and grouting methods. Finally, it discusses the adaptability of soft ground treatment technologies under different road types, providing comprehensive references for soft ground treatment in road construction.

**[Key words]** soft ground treatment; road design; treatment technology; adaptability; selection principle

### 引言

在道路建设领域,软基处理是关键环节。软基因含水量高、孔隙比大等特性,给道路质量与安全带来隐患。不同成因和工程性质的软基,对道路影响各异。而且,高速公路、城市道路、山区道路等不同类型道路,对软基处理要求不同。因此,深入研究软基处理技术,依据不同情况合理选择,对保障道路建设质量意义重大。

### 1 软基的特性与分类

#### 1.1 软基的物理特性

软基含水量普遍较高,这一特性对土体强度与稳定性有着显著影响。水分充斥在土体颗粒之间,削弱了颗粒间的连接力,使得土体结构变得松散。在道路工程中,高含水量的软基难以承受上部荷载,容易发生变形,进而影响道路的平整度与使用性能。孔隙比大是软基又一重要特性。较大的孔隙比意味着土体中存在大量空隙,这不仅为水分提供了存储空间,还与土体的压缩性和渗透性密切相关。孔隙比越大,土体在外力作用下越容易被压缩,产生较大沉降,影响道路的稳定性和耐久性。而且,较大的孔隙比

也会降低土体的渗透性,使得水分难以快速排出,进一步加剧了软基的不良特性。软基具有高压缩性,在外力作用下会产生较大沉降。当道路铺设在软基上时,上部荷载会使软基不断压缩,导致道路路面下沉,出现不均匀沉降,影响行车安全与舒适性。抗剪强度低是软基的典型特征。由于土体颗粒间连接力弱,结构松散,在受到剪切力作用时,容易发生相对滑动,无法有效抵抗剪切变形。在道路工程中,低抗剪强度的软基难以承受车辆荷载产生的剪切力,容易引发边坡失稳、路基滑塌等问题。

#### 1.2 软基的分类

从成因角度划分,淤泥质软土多是在静水或缓慢流水环境中沉积形成,具有天然含水量高、压缩性大等特点<sup>[1]</sup>。冲填土则是通过水力冲填方式堆积而成,成分复杂,均匀性差。杂填土由人类活动产生的建筑垃圾、生活垃圾等填筑而成,性质极不均匀。按工程性质分类,软塑状软土具有一定的塑性,在外力作用下可发生缓慢变形,但变形后能保持一定形状。流塑状软土则接近流体状态,几乎无法承受荷载,变形能力极强,对道路工程危害极大。

## 2 道路设计中软基处理技术选择原则

### 2.1 因地制宜原则

道路设计过程中,软基处理技术的选择必须紧密贴合不同地区的实际情况。地质条件是首要考量因素,不同区域的地质构造千差万别,软土层的厚度、成分、分布范围等均有显著差异。例如,某些地区软土层较薄,厚度在1-3m之间且分布局限,而另一些地区则可能存在深厚且广泛分布的软土层,厚度可达5-10m甚至更厚。气候环境同样不容忽视,降雨量、气温变化等气候要素会对软基的性质和处理效果产生影响。在降雨充沛的地区,年降雨量可达1000-2000mm,软基含水量往往较高,处理时需着重考虑排水问题;而在气温较低的地区,冬季气温可低至-10℃--20℃,施工过程可能受到低温限制,需选择适应低温环境的处理技术。道路等级和使用要求也是关键因素,高等级公路对地基的承载能力和稳定性要求极高,承载能力需达到300-500kPa以上,需采用更为先进、可靠的处理技术;而低等级道路则可根据实际情况选择相对经济适用的方法。只有综合考虑这些因素,才能选出最适合当地条件的软基处理技术。

### 2.2 经济合理原则

在确保工程质量和安全达标的基础上,经济合理性是软基处理技术选择的重要准则。这需要对处理技术的各项成本投入进行全面综合的考量,涵盖材料费用、施工设备费用以及人工费用等多个方面<sup>[2]</sup>。不同处理技术所需的材料种类和数量各不相同,材料价格也会因市场供需关系而波动。例如,采用排水固结法时,每平方米软基处理所需砂垫层材料费用约为20-50元;施工设备的选择同样会影响成本,先进的大型设备可能提高施工效率,但购置和租赁成本较高,一台大型强夯机购置费用可达100-300万元,租赁费用每天约5000-10000元;而小型设备虽成本较低,但可能无法满足大规模施工需求。人工费用则与施工工艺的复杂程度和工期长短密切相关,一个中等规模的软基处理项目,人工费用可能占总成本的20%-40%。通过细致的成本分析和比较,权衡不同处理技术的经济性,选择在满足工程要求前提下成本最低的方案,实现资源的最优配置。

### 2.3 技术可行原则

所选软基处理技术必须具备成熟的施工工艺和可靠的技术保障。成熟的施工工艺意味着该技术在实践中经过多次验证,施工人员能够熟练掌握操作流程,确保施工过程顺利进行。可靠的技术保障则体现在处理效果的可预测性和稳定性上,能够通过科学的方法和手段对处理后的地基性能进行准确评估,保证达到预期的处理目标。若选择的技术缺乏成熟经验或技术保障不足,可能导致施工过程中出现各种问题,影响工程进度和质量,甚至无法达到软基处理的基本要求。例如,若采用注浆法时,注浆压力控制不当,注浆压力超出5-10MPa范围,可能导致浆液扩散不均匀,无法有效填充土体孔隙,影响处理效果。

### 2.4 环境友好原则

软基处理过程不可避免地会对周边环境产生一定影响,应优先选择对环境影响小的技术措施。这包括减少施工过程中的

噪音、粉尘污染,避免对周边土壤、水体和生态系统的破坏。例如,一些处理技术可能产生大量废弃物,若处理不当会对环境造成污染;而另一些技术则注重资源的循环利用和生态保护。在技术选择时,应充分考虑环保要求,采用符合可持续发展理念的处理方法,实现工程建设与环境保护的和谐共生。如采用加筋法时,土工合成材料可选用可降解材料,可降解土工格栅在自然环境中降解时间约为3-5年,减少对环境的长期影响。

## 3 常见软基处理技术

### 3.1 排水固结法

排水固结法是应用较为广泛的一种软基处理技术。其核心原理是构建排水通道,让软基中的水分顺利排出,促使土体固结,进而提升强度与稳定性。具体实施方式多样,堆载预压法是其中之一,在软基表面堆放重物施加预压荷载,以此加速土体固结进程。真空预压法则是借助真空装置,在软基表面营造负压环境,在这种压力差的作用下,土体中的水分被快速排出<sup>[3]</sup>。电渗排水法也别具特色,通过在软基中插入电极并施加直流电,土体中的水分会在电场力的驱动下向电极方向移动并排出,实现软基排水固结。

### 3.2 置换法

置换法的原理简单直接,将强度低、稳定性差的软基部分或全部挖除,换填强度较高、稳定性良好的材料,如砂石、碎石、灰土等,以此提高地基承载力。开挖置换法是直接对软基进行开挖,将不符合要求的土体清除后,换填经过检验合格的材料。开挖深度一般在1-3m之间,这种方法适用于软基厚度相对较小、开挖难度较低的区域。爆破置换法利用爆破产生的能量将软基破碎,随后换填碎石等材料。爆破孔间距通常设置为1.5-2.5m,单孔装药量在0.5-2kg之间,爆破产生的冲击力能使软基结构发生改变,为换填材料提供更好的嵌入空间,增强地基整体稳定性。不过,该方法对施工安全和周边环境有一定要求,需谨慎操作。

### 3.3 加筋法

加筋法是在软基中铺设土工合成材料,如土工格栅、土工布等,借助土与加筋材料之间的相互作用,提升软基整体强度和抗变形能力。土工格栅加筋法是在软基中分层铺设土工格栅。土工格栅的抗拉强度一般可达50-200kN/m,土工格栅具有较高的抗拉强度,能有效约束土体颗粒的移动,增加土体的抗拉性能,从而提高软基的稳定性。土工布加筋法利用土工布的多种功能改善软基性能。土工布可起到隔离作用,防止不同土层相互混合;其加筋作用能增强土体整体性;排水功能则有助于排出土体中的水分,减少水分对软基的不良影响。土工布的厚度一般在0.5-3mm之间,单位面积质量在100-1000g/m<sup>2</sup>之间。

### 3.4 强夯法

强夯法利用重锤自由落体产生的强大冲击力对软基进行夯实。重锤重量通常在10-30t之间,落距在10-20m之间,在冲击力作用下,土体颗粒重新排列组合,原本松散的土体结构变得紧密,土体密度和强度大幅提升。施工时,需精准确定夯锤重量、落距、夯击次数、夯击间距等参数。夯击次数一般在3-8击/点之间,

夯击间距在2-5m之间,这些参数直接影响强夯效果,合理设置能确保软基处理达到预期目标,使道路地基具备足够的承载能力。

### 3.5 注浆法

注浆法通过向软基中注入浆液来改善土体性质。将水泥浆、化学浆液等浆液通过注浆管注入软基,填充土体孔隙,从而改善土体物理力学性质。渗透注浆法是让浆液在压力作用下自然渗入土体孔隙,不改变土体原有结构。渗透注浆压力一般在0.5-2MPa之间。劈裂注浆法是在较高压力下,使浆液劈裂土体,形成脉状或树枝状浆脉,增强土体强度。劈裂注浆压力一般在2-5MPa之间。压密注浆法通过注入高浓度浆液,挤压周围土体,让土体变得更加密实,提升软基的稳定性。压密注浆时浆液注入量每立方米软基约0.2-0.5m<sup>3</sup>。

## 4 不同道路类型下软基处理技术的适配性

### 4.1 高速公路软基处理

高速公路作为重要的交通基础设施,对地基承载力有着极为严苛的要求,对沉降控制也需达到高标准。在高速公路建设过程中,软基若处理不当,后期极易出现不均匀沉降,进而影响路面平整度,甚至危及行车安全<sup>[4]</sup>。排水固结法与加筋法的联合应用,为高速公路软基处理提供了有效方案。排水固结法通过设置排水通道,排出软基中的水分,促使土体固结,提升强度。然而,单一使用排水固结法,土体在固结过程中可能出现侧向变形,影响处理效果。此时,加筋法发挥关键作用。在软基中铺设土工合成材料,如土工格栅,利用高抗拉强度,约束土体侧向位移,增强土体整体稳定性。二者联合,排水固结法为土体强度提升奠定基础,加筋法进一步强化土体结构,共同满足高速公路对地基承载力和沉降控制的高要求,确保高速公路长期稳定运行。

### 4.2 城市道路软基处理

城市道路施工面临诸多限制,施工空间有限,周边环境复杂,既有建筑物、地下管线等众多因素需考虑。这就要求软基处理技术既要有效,又要尽量减少对周边环境的影响。强夯法在城市开阔区域具有较好适用性。在开阔地带,强夯法利用重锤自由落体产生的强大冲击力,能快速夯实软基,提高土体密度和强度。其

施工效率高,能在较短时间内完成大面积软基处理,且对周边环境干扰相对较小。而在城市地下管线密集区域,注浆法成为更优选择。将浆液通过注浆管注入软基中,填充土体孔隙,改善土体物理力学性质。注浆法施工灵活,可根据地下管线分布情况调整注浆位置和参数,既能避免对管线造成破坏,又能有效加固软基,从而保障城市道路建设质量。

### 4.3 山区道路软基处理

山区道路地形起伏大,地质条件复杂多变,软基分布不规则,给处理工作带来挑战。针对山区道路特点,需选择适应性强、操作简便的处理技术。开挖置换法在山区沟谷软基处理中展现出独特优势。山区沟谷地带软基厚度往往不均,且可能存在不良地质体。开挖置换法直接将软基挖除,换填强度高、稳定性好的材料,如砂石、碎石等。这种方法能彻底改善软基性能,不受地形和地质条件过多限制。在施工过程中,可根据实际地形调整开挖深度和范围,确保处理后的地基满足山区道路建设要求,为山区道路安全通行提供坚实基础。

## 5 结束语

道路设计中软基处理至关重要,其重要性关乎道路的稳定性和使用寿命。通过了解软基特性与分类,遵循选择原则,依据不同道路类型适配相应处理技术,能有效解决软基问题。在实际工程中,需综合多方面因素,精准选用合适技术,确保道路建设质量,为交通事业发展筑牢根基。

### [参考文献]

- [1]白燕.软基处理技术在城市道路路基设计中的应用研究[J].建材发展导向,2024,22(3):148-150.
- [2]熊乐举,夏伟.市政道路设计中的软弱土地基处理技术研究[J].交通世界,2024(4):179-181,196.
- [3]孙柳婷.市政道路建设中软基处理技术应用研究[J].建筑与装饰,2025(10):104-106.
- [4]吕清容.道路路基工程施工中的软基处理技术研究[J].价值工程,2025,44(2):32-34.