

# 国省道公路路基路面设计中软基处理技术研究

格桑多杰

中交第二公路勘察设计研究院有限公司 湖北武汉 430000

DOI: 10.12238/ems.v6i12.10797

[摘要] 随着我国社会经济的快速发展,国省道公路建设作为重要的基础设施,其建设质量直接关系到国民经济的发展和人民生活的便利。然而,在国省道公路路基路面设计中,地基承载力低、稳定性差、易产生沉降等问题成为了工程难题。本文阐述了国省道公路路基路面设计中软基处理技术的现状、原则、方法及技术要点,详细分析了表层处理技术、置换处理技术、排水固结法、振密挤密法、加筋土法以及复合地基法和加固土桩法等软土地基处理方法,最后用工程案例进行了详细讲解,为相关工程实践提供借鉴。[关键词] 软土地基处理;置换处理技术;承载力;稳定性;沉降控制

## Research on Soft Foundation Treatment Technology in the Design of National and Provincial Highway Roadbeds and Pavements

GeSangduojie

CCCC Second Highway Consultants Co., Ltd. Wuhan, Hubei 430000

[Abstract] With the rapid development of China's social economy, the construction of national and provincial highways, as important infrastructure, has a direct impact on the quality of national economic development and the convenience of people's lives. However, in the design of national and provincial highway subgrade and pavement, problems such as low foundation bearing capacity, poor stability, and easy settlement have become engineering difficulties. This article elaborates on the current situation, principles, methods, and technical points of soft soil treatment technology in the design of national and provincial highway subgrade and pavement. It analyzes in detail the surface treatment technology, replacement treatment technology, drainage consolidation method, vibration compaction method, reinforced soil method, composite foundation method, and reinforced soil pile method for soft soil foundation treatment. Finally, engineering case examples are used for detailed explanation, providing reference for relevant engineering practices.

[Keywords] Soft soil foundation treatment; Substitution processing technology; Carrying capacity; Stability; Settlement control

### 引言

国省道公路作为区域经济发展的关键纽带,其建设质量至关重要。然而,在国土广阔地区,软土地基这一复杂地质问题常成为设计与施工的难点。软土因高含水量、低强度、高压缩性和低透水性等特性,易导致路基沉降、变形,影响公路使用和安全。随着国家对基础设施投入的增加,国省道公路建设加速,科学有效处理软土地基成为公路工程技术人员的首要任务。近年来,软土地基处理技术快速发展,从表层处理、置换处理到排水固结、振密挤密及加筋土法等,为软土地基处理提供了多样化选择。这些技术各具特色,能有效改善地基物理力学性质,提高承载力和稳定性。本文深入研究国省道公路路基路面设计中的软基处理技术,探讨其原理、应用及效果,结合具体案例,总结经验教训,旨在为工

程实践提供有价值参考和借鉴。

### 1. 软土地基概述

#### 1.1 软土地基的概念与特性

软土,作为地质工程中的一种特殊土类,因其独特的物理力学性质在国省道公路建设中成为难点。它主要包括淤泥、淤泥质土及软粘性土,具有高含水量(34%-72%)、高压缩性、低透水性(渗透系数 $10^{-8}$ 至 $10^{-7}$  cm/s)、低抗剪强度及显著的触变性和流变性等特点[1]。这些特性导致软土在受到外部荷载或施工扰动时,易发生显著压缩变形、沉降及剪切破坏,给公路路基的稳定性和平整度带来极大挑战。因此,在国省道公路规划与建设中,软土地基处理成为需要特别关注与解决的难题。了解软土的这些特性,对于科学合理选择处理技术,确保公路的稳定性和耐久性具有重要意义。

## 2. 软土地基处理原则

在国省道公路建设中,软土地基处理是确保工程质量与安全性的核心环节。针对软土特性,科学合理处理至关重要。首先,合理选择施工时间是关键,需避开雨季等不利天气,减少雨水对软土的扰动,确保施工稳定与安全。同时,根据气候条件和施工进度,制定详细施工计划,确保在最佳时间窗口内完成处理。其次,施工要求的严格落实是保证质量的前提,施工单位需建立健全质量管理体系,加强过程监管,确保施工工艺规范准确。监管部门也应加强监督,及时纠正问题,保障软基建设质量与安全。最后,针对不同地质条件进行区域施工,施工前需详细地质勘查,了解软土分布、厚度、性质等信息,制定针对性施工方案。施工过程中,根据地质变化及时调整方案与工艺参数,确保处理效果最佳。同时,注重区域间协调配合,确保施工顺利进行。通过这些措施,有效应对软土挑战,确保国省道公路建设质量与安全。

## 3. 软土地基处理技术

表1 表层处理技术

方法	原理	材料/实例	优点
砂垫层	加速排水固结	洁净中粗砂	简便提载,减沉降
表层排水	降表层含水	排水沟+透水性材料	降水提稳,改善条件
外加剂	改善土性质	石灰、水泥等	显著提载,经济环保
敷设材料	增强承载力	土工织物、格栅	增稳提效,利机械

### 3.2 置换处理技术

置换处理技术是提升软土地基承载力和稳定性的有效手段,如表2所示。常见方法包括人工挖掘置换法和爆炸置换法。人工挖掘置换法通过挖除软土并回填优质材料(如粗粒土、碎石),分层夯实,适用于软弱土层较薄、分布范围小的

表2 置换处理技术

置换方法	原理简述	适用场景	关键事项
人工挖掘	挖除软土,回填优质材料夯实	薄层软弱土	施工简,质控易
爆炸置换	炸药挤出软土,置换优质土	厚层复杂地质	严控炸药,保安全环保

### 3.3 排水固结法

排水固结法是一种有效的软土地基处理方法,旨在通过排水系统加速土体中水分的排出,增强地基的强度和稳定性,如表3所示。其中,堆载预压法通过在地基上堆载重物,施加预压荷载,促使地基排水固结,施工简单且成本较低,适用于各类软土地基。而砂井堆载预压法则是在地基中打设砂井形成竖向排水通道,再进行堆载预压,使土体中的水分迅速排出,加速地基固结过程,排水效率高且固结速度快,能显著缩短工期。

表3 排水固结法

排水法	原理	优点
堆载预压	重物促排水固结	简单低成本,适用广
砂井预压	砂井加速排水	高效快固,缩工期

### 3.4 振密挤密法

振密挤密法是一种有效的地基处理方法,通过振动或冲击作用提高土体的密实度,从而增强地基的承载力和稳定性,如表4所示。其中,强夯法利用重锤自由落体产生的冲击能,

软土地基处理技术是针对软土特性而采取的一系列工程措施,旨在提高地基的承载力、稳定性和透水性,确保公路路基的安全与稳定。以下是几种常见的软土地基处理技术:

### 3.1 表层处理技术

表层处理技术旨在提升软土地基表层的强度和稳定性,确保施工机械正常作业,防止路基剪切变形,如表1所示。具体方法包括砂垫层法,通过铺设0.5~1.2m厚的洁净中粗砂垫层,加速排水固结,提高承载力,施工简便且占地少;表层排水法,合理开挖排水沟或盲沟,用透水性材料回填,迅速排出地表水,降低含水量,提高稳定性;添加外加剂法,如使用聚垚土壤固化外加剂,通过化学反应改善软土性质,提高强度和密实度,兼具经济效益和环保性;敷设材料法,在软土地基上敷设土工织物、格栅等加筋材料,增强支承能力,减少沉降和侧向变位,同时利于施工机械通行和效率提升。这些方法各有优势,共同为软土地基处理提供了有效手段。

情况,施工简单且质量可控[2]。而爆炸置换法利用炸药爆炸的冲击力挤出软土,迅速改善地基条件,适用于软土层厚、分布广且地质复杂的地区,但需注意施工安全和环境保护。这两种方法各有优势,可根据地基具体情况选择应用。

对深度大、颗粒粗的软土地基进行夯实,迅速提升密实度和强度;振冲密实法则借助振冲器的振动和水力作用,在松散地基中成孔并填入碎石等材料,形成密实的桩体;而挤密碎石桩法则是在软土地基中成孔填入碎石并挤压密实,形成碎石桩体与周围土体共同承担荷载的复合地基。这些振密挤密法施工简便,成本低廉,适用于多种地质条件。

表4 振密挤密法

方法	原理	适用土质	优点
强夯法	重锤冲击夯实	深粗软土	提高密实强度
振冲法	振动水力填石	砂粉松土	形成密实桩体
碎石桩	挤压碎石成桩	多类土质	施工简成本低

### 3.5 复合地基法

复合地基法通过在天然地基中设置增强体(如碎石桩、水泥粉煤灰碎石桩等),形成基体与增强体共同承担荷载的人工地基,显著提升地基的承载力和稳定性,并减少沉降。该方法充分利用天然地基承载力,适用于处理软弱、土层厚、地质复杂的地区。施工时需严格控制增强体材料、工艺和质

量, 确保与基体良好结合, 共同承受上部荷载。

### 3.6 加固土桩法

加固土桩法是一种通过在软土地基中设置加固土桩(如喷浆搅拌桩、喷粉搅拌桩等), 利用水泥、石灰等固化剂与软土发生反应, 形成高强度稳定土体的方法。该方法通过改善软土物理力学性质, 提高地基承载力和稳定性, 同时形成复合地基共同承担荷载。加固土桩法施工简便, 对环境影响小, 适用于处理软弱、土层厚、地质复杂的地区。施工过程中需严格控制固化剂掺入量、搅拌工艺和施工质量, 确保加固土桩强度和稳定性满足设计要求。

## 4. 软基处理技术的优化策略

### 4.1 技术优化的必要性

在公路工程中, 软土地基处理是技术难题之一, 其高含水量、低强度和差渗透性对公路稳定性、承载力和安全性构成严重威胁。因此, 优化软基处理技术至关重要。优化措施不仅能有效减少地基沉降和变形风险, 提高公路稳定性和耐久性, 还能显著提升地基承载能力, 满足公路工程荷载要求。同时, 技术创新和优化有助于降低能耗和排放, 减少对环境的负面影响, 实现资源合理利用和环境保护。综上所述, 在

公路工程实践中, 应高度重视软基处理技术的优化和创新, 通过改进技术和施工方法, 不断提高处理效果, 确保公路工程的质量和安

### 4.2 优化措施

针对不同软基条件, 提升软基处理效果的关键在于采取多样化优化措施与技术改进, 如表5所示。常见的优化措施包括换填法, 即挖除不良土体并替换为优质材料, 需注意材料选择、换填深度和施工工艺; 排水固结法, 通过设置排水系统加速地基排水固结, 包括堆载预压、砂井排水和真空预压等; 振密挤密法, 利用振动或冲击使土体密实, 如强夯、振冲和挤密碎石桩等; 加固土桩法, 通过设置加固土桩, 利用固化剂与软土反应形成稳定土体, 涵盖喷浆搅拌桩、喷粉搅拌桩和高压喷射注浆桩等。对于复杂地基, 可采用综合处理法, 结合多种方法以提高处理效果[3]。此外, 施工技术改进也至关重要, 如采用先进设备工艺、加强施工监测控制、提升施工人员专业技能等。在实际工程中, 应根据具体情况选择合适的优化措施和技术, 确保公路工程质量与安全, 同时加强技术创新, 推动软基处理技术不断进步。

表5 软基处理优化措施

优化措施	适用条件	施工难度	成本	工期	环境影响
换填法	浅层软土处理	中等	中高	短	较小
排水固结法	厚层、高含水软土	低-中	中	中	较小
振密挤密法	松散、孔隙大软土	中-高	中低	短-中	较大
加固土桩法	多种地质条件软土	中	中-高	中	较小
综合处理法	复杂软土	高	高	长	依组合而定

### 4.3 未来发展趋势及挑战

软基处理技术在土木工程领域至关重要, 其发展趋势集中在高效环保、智能化自动化、综合处理技术及新材料应用上。随着环保意识提升, 微生物固化等高效环保技术正逐步替代传统化学方法。物联网、人工智能的发展也推动了软基处理技术的智能化与自动化, 如智能井盖、无人机巡检等提高了处理效率。同时, 综合处理技术和新材料的应用, 如网格加筋、高强度轻质耐腐蚀材料等, 为复杂地基提供了定制化解决方案。然而, 未来软基处理技术仍面临技术适应性、成本控制、环境影响和技术创新等挑战。不同地区、深度的软土需不同处理方法, 成本高昂且可能产生环境污染。因此, 需不断探索创新, 培养专业人才, 以实现更高效、环保、智能和自动化的软基处理技术, 为土木工程领域做出更大贡献。

### 4.4 案例分析

某国省道公路项目位于沿海地区, 地基多为软土, 需进行软基处理以确保路基稳定和安全。项目采用了砂垫层法、排水固结法、振密挤密法和加筋处理等多种技术。具体而言, 首先, 在路基表层铺设30cm至50cm厚的洁净中、粗砂垫层, 含泥量控制在3%以内。其次, 通过设置塑料排水板并采用堆载预压, 加速地基排水固结, 提高密实度和承载能力[4]。对于部分软弱地基, 采用强夯法进行振密处理, 增强密实度和抗剪强度。同时, 在路基中加入土工格栅等加筋材料, 提高

抗滑稳定性和承载能力。经过这些处理措施, 项目软土地基得到有效改善, 路基沉降量明显减少, 公路的使用性能和安全性得到保障。

## 5. 结束语

国省道公路路基路面设计中软基处理技术的选择和应用对于确保公路建设质量具有重要意义。本文总结了软土地基的概念、特性及处理原则, 并详细介绍了多种软基处理技术及其技术要点。通过案例分析验证了这些技术的有效性和可行性。随着科技的不断进步和工程实践的不断积累, 软基处理技术将不断得到创新和完善。未来应加强对新技术、新材料的研究和应用, 提高软基处理的效率和效果。同时, 应加强对施工人员的培训和管理, 提高施工质量和安全意识。

### [参考文献]

- [1]改扩建公路路基路面设计探讨. 陈杭彬; 陈琛. 汽车周刊, 2024(08)
- [2]论公路路基路面的病害与处理措施探述. 王丽莉. 家庭生活指南, 2018(12)
- [3]公路路基施工技术及其质量保证. 吴鹏程. 汽车周刊, 2024(08)
- [4]高速公路路基养护中的问题与应对策略探析. 张楠欣; 崔阳平. 汽车周刊, 2024(06)