

软土地基条件下的公路工程施工技术分析

肖户兵

核工业西南建设集团有限公司 四川成都 610500

摘要: 软土地基在公路工程中较为常见且对工程影响显著, 本文旨在深入分析其特性、常用处理方法、施工关键技术、监测检测技术以及环保安全管理措施。通过对大量实例的研究, 阐述了软土地基的定义、分类及危害, 详细介绍了表层处理法和深层处理法等常用处理方式。在施工技术方面, 强调了施工准备阶段地质勘察与方案制定的重要性, 以及软土地基处理施工中的工艺控制和质量控制要点, 路基填筑时填料选择、摊铺和压实度控制的关键。同时, 对施工过程中的沉降观测、侧向位移监测等监测技术和工后承载力检测、长期稳定性评估等检测技术进行了说明, 还探讨了防止水土流失、减少环境污染等环境保护措施和人员安全培训、现场安全防护等安全管理措施, 为软土地基公路工程施工提供了全面的技术参考。

关键词: 软土地基; 公路工程; 施工技术

软土地基因其强度低、压缩性高、透水性差等特性, 给公路工程基础处理带来诸多挑战, 常引发不均匀沉降、路面裂缝等病害, 威胁行车安全与舒适。随着我国公路建设不断向复杂地形拓展, 软土地基问题愈发凸显。深入了解软土地基特性, 探索有效的处理方法与施工技术, 加强施工过程监测检测及环保安全管理, 对确保公路工程质量、延长使用寿命意义重大。本文将综合多方面实例与研究成果, 系统剖析软土地基公路工程施工中的关键技术环节, 为相关工程实践提供理论依据与实践指导。

一、软土地基的特性与危害

1. 软土的定义与分类

软土通常是指强度低、压缩性高、孔隙比大的软弱土层, 主要包括淤泥、淤泥质土、泥炭质土以及部分冲填土等。例如, 在某沿海公路建设中, 沿线穿越大面积的滨海相沉积软土区域, 其土层深厚, 主要成分为细腻的淤泥质颗粒, 含水量高达80%以上, 属于典型的软土地基。从成因上看, 可分为海洋沉积、湖泊沉积、河流沉积等多种类型, 不同类型的软土在工程性质上略有差异, 但总体上都给公路工程基础处理带来较大挑战^[1]。

2. 软土地基的工程特性

软土具有显著的高压缩性, 在荷载作用下易产生较大的变形。其抗剪强度极低, 导致地基稳定性差, 难以承受公路路基及车辆荷载。而且, 软土的透水性较弱,

水分排出缓慢, 使得地基固结沉降过程漫长。以某内河三角洲地区的公路软土地基为例, 在施工过程中, 尽管采取了一些排水措施, 但由于软土透水性能差, 地基沉降仍持续了数年时间, 给公路的早期运营带来了隐患。

3. 软土地基对公路工程的危害

软土地基引发的公路病害主要表现为不均匀沉降, 这会使路面出现裂缝、凹陷等损坏现象。严重时, 可能导致路基失稳, 威胁行车安全。例如, 某山区公路在软土地基段, 由于未对地基进行有效处理, 在雨季遭受雨水浸泡后, 路基发生侧向滑移, 路面开裂并出现明显下沉, 交通被迫中断, 造成了巨大的经济损失和社会影响。

二、软土地基处理的常用方法

1. 表层处理法

(1) 砂垫层法

砂垫层法是在软土地基表面铺设一层透水性良好的砂料, 形成垫层, 以起到排水固结和提高地基承载力的作用。在某乡村公路改建工程中, 当地基为浅层软土时, 施工人员先平整场地, 然后铺设了厚度约0.5米的中粗砂垫层。在后续路基填筑过程中, 垫层有效地加速了软土中水分的排出, 减少了地基沉降量, 使路基的稳定性得到增强, 为公路的顺利修建奠定了基础。

(2) 石灰稳定土法

石灰稳定土法是利用石灰与软土中的活性成分发生反应, 生成具有一定强度和水稳定性的灰土, 从而改善地基性能。例如, 在某市政道路工程的软土地基处理中, 将软土挖出, 加入适量的石灰和水进行拌合均匀, 然后回填压实。经过一段时间的养护, 检测发现处理后的地

作者简介: 肖户兵(1986.08——), 男, 汉族, 本科学历, 公路工程中高级工程师, 主要从事道路与桥梁工程方面的研究工作。

基承载力提高了约30%，有效地解决了软土地基承载力不足的问题^[2]。

2. 深层处理法

(1) 深层搅拌法

深层搅拌法是通过特制的搅拌机械将水泥等固化剂与软土强制搅拌，形成水泥土桩体，与原地基土共同构成复合地基。在某高速公路软土地基处理中，采用深层搅拌桩技术，桩长达到10-15米。施工时，搅拌头高速旋转将水泥与软土充分混合，形成的水泥土桩具有较高的强度和稳定性。经检测，复合地基的承载力较原软土地基提高了一倍以上，有效控制了地基沉降。

(2) 高压喷射注浆法

高压喷射注浆法是利用高压喷射设备将水泥浆液喷射入软土地基的预定深度，与土体混合凝固，形成坚固的水泥土柱体。比如在某大型桥梁引道的软土地基加固工程中，通过高压喷射注浆形成了直径约0.8米的水泥土柱体，柱体间距为1.2米。这种处理方法显著提高了地基的抗剪强度和承载能力，确保了引道结构的稳定性。

三、软土地基公路工程施工关键技术

1. 施工准备阶段技术要点

(1) 地质勘察与分析

在软土地基公路工程施工前，必须进行全面细致的地质勘察。例如，在某跨海大桥连接线公路工程中，勘察单位采用了多种勘探手段，包括钻探、物探等，准确查明了软土地基的分布范围、深度、土层物理力学性质等关键信息。通过对地质勘察数据的深入分析，为后续的设计方案制定和施工工艺选择提供了科学依据，避免了施工过程中的盲目性。

(2) 施工方案制定

根据地质勘察结果，制定合理的施工方案至关重要。对于不同类型和规模的软土地基公路工程，需综合考虑工程特点、工期要求、技术可行性等因素。如在某城市快速路软土地基段施工中，考虑到周边环境复杂、交通流量大的情况，制定了分阶段施工方案，先进行地基处理试验段施工，总结经验后再全面展开施工，同时合理安排施工顺序，尽量减少对周边交通的影响。

2. 软土地基处理施工技术

(1) 施工工艺控制

以深层搅拌法处理软土地基为例，在施工过程中要严格控制搅拌头的下沉速度、提升速度、喷浆压力等参数。在某工业园区道路工程中，施工时搅拌头下沉速度控制在0.5-1.0米/分钟，提升速度为0.3-0.5米/分钟，喷浆压力保持在0.4-0.6MPa。通过精确控制这些参数，确

保水泥与软土充分搅拌均匀，形成质量均匀的水泥土桩体，从而提高地基处理效果。

(2) 质量控制要点

在软土地基处理过程中，质量控制贯穿始终。对于砂垫层施工，要严格控制砂料的粒径、含泥量等指标。如在某二级公路砂垫层施工中，要求砂料粒径在0.5-0mm之间，含泥量不超过3%。同时，要对每层垫层的铺设厚度、平整度进行检查，确保符合设计要求。对于深层搅拌桩施工，要检查桩体的强度、桩径、垂直度等指标。例如，在某铁路软土地基搅拌桩施工中，规定桩体无侧限抗压强度不低于1.2MPa，桩径偏差不超过±20mm，垂直度偏差不超过1.5%，通过严格的质量控制，保证软土地基处理质量达到预期目标。

3. 路基填筑施工技术

(1) 填料选择与摊铺

在软土地基上进行路基填筑时，填料的选择至关重要。一般优先选用级配良好的砾类土或砂类土作为填料。例如，在某山区旅游公路建设中，考虑到软土地基的特点，选取了质地坚硬、透水性好的碎石土作为路基填料。在摊铺过程中，要控制填料的分层厚度和平整度。每层摊铺厚度不宜超过30厘米，使用平地机进行整平，确保填料均匀分布，避免出现局部不均匀沉降。

(2) 压实度控制

路基填筑的压实度是保证路基强度和稳定性的关键指标。在软土地基上填筑路基时，由于地基的软弱性，对压实度的要求更为严格。例如，在某省道改造工程中，对于路床以下0-80厘米范围内的路基压实度要求达到98%以上，80-150厘米范围内压实度要求达到96%以上。在压实过程中，采用合适的压实机械组合进行碾压，如先用振动压路机初压，再用重型静力压路机复压，直至达到规定的压实度标准。

四、软土地基公路工程施工中的监测与检测技术

1. 施工过程监测

(1) 沉降观测

在软土地基公路工程施工过程中，沉降观测是一项重要的监测内容。例如，在某城市主干道扩建工程的软土地基段，设置了多个沉降观测点，采用高精度的水准仪进行定期观测。从路基填筑开始，每天观测一次，随着填筑高度的增加和时间的推移，逐渐调整观测频率。通过长期的数据积累和分析，及时发现沉降异常情况，如在某观测点发现沉降速率突然增大，立即停止填筑作业，采取卸载等应急措施，待查明原因并进行处理后再继续施工。

(2) 侧向位移监测

在软土地基处理和路基填筑过程中，侧向位移监测也不容忽视。在某港口后方陆域软土地基公路工程中，安装了测斜仪对地基的侧向位移进行监测。测斜管埋设在软土地基中不同深度位置，定期测量测斜管的倾斜角度变化。当发现侧向位移超出预警值时，及时采取措施加固地基或调整施工方案。例如，在某次监测中发现测斜管倾斜角度有增大趋势，经分析是由于附近地下水位上升导致软土侧向挤出力增大所致，随后采取了增设排水井降低水位的措施，有效控制了侧向位移的发展。

2. 工后检测与评估

(1) 承载力检测

工后对软土地基承载力进行检测是评估地基处理效果的重要手段。常用的检测方法包括载荷试验、静力触探试验等。例如，在某高速公路软土地基处理完成后，采用平板载荷试验对处理后的地基承载力进行检测。在试验场地布置一定规格的刚性承压板，分级施加荷载，观测各级荷载下的沉降量和承载力特征值。经检测，处理后的地基承载力满足设计要求，为公路的正常运营提供了有力保障。

(2) 长期稳定性评估

为了确保软土地基公路工程的长期稳定性，需要进行长期的跟踪评估。收集工后多年的沉降数据、路面使用状况等信息进行分析。如在某已建成多年的国道软土地基段，通过定期回访发现，经过多年的运营，虽然地基仍有少量残余沉降，但在允许范围内，路面结构保持良好状态，说明软土地基处理和路基填筑措施是有效的。

五、软土地基公路工程施工中的环境保护与安全管理

1. 环境保护措施

(1) 防止水土流失

在软土地基公路工程施工过程中，要采取有效措施防止水土流失。例如，在施工场地周边设置截水沟和排水沟，将雨水和施工废水引流至指定地点。在某山区旅游公路建设中，沿着施工现场边缘挖掘了截水沟，在雨季成功拦截了大量的坡面径流，减少了水流对软土地基的冲刷侵蚀。同时，对取土场和弃土场进行合理规划和防护，如在取土场设置挡土墙、在弃土场种植植被等，防止土壤流失造成生态环境破坏。

(2) 减少环境污染

在软土地基处理和施工过程中，要注意减少对环境的污染。例如，在使用水泥、石灰等材料时，要妥善存放和运输，防止扬尘污染。在某城市道路改造工程中，水泥和石灰等粉状材料采用密封罐车运输，在施工现场设置专门的材料储存仓库，并配备喷雾降尘设备。对于

施工产生的噪声污染，合理安排施工时间，避免在居民休息时间进行高噪声作业。如在某靠近居民区的公路工程施工中，规定夜间10点至次日早上6点禁止进行强噪声施工，有效减少了对周边居民生活的干扰。

2. 安全管理措施

(1) 施工人员安全培训

加强对施工人员的安全培训是保障施工安全的重要环节。例如，在某大型软土地基公路工程施工前，组织全体施工人员进行安全知识培训，包括软土地基施工的特点、潜在风险、安全操作规程等内容。通过案例分析和现场演示等方式，让施工人员深刻认识到安全施工的重要性，掌握必要的安全防范技能^[3]。

(2) 施工现场安全防护

在施工现场设置完善的安全防护设施。如在软土地基处理区域周围设置围挡和警示标志，防止无关人员进入施工现场发生危险。在某跨江大桥软土地基施工中，沿施工区域周边设置了高度为1.8米的围挡，并在围挡上悬挂醒目的警示标语和警示灯。同时，为施工人员配备必要的个人防护用品，如安全帽、安全带、安全鞋等。在进行高处作业或临边作业时，严格执行安全防护措施。例如，在路基填筑过程中的边坡防护作业时，要求施工人员系好安全带，确保施工人员的人身安全。

结语

软土地基公路工程施工涉及多方面技术要点，从处理方法选择到施工过程各环节把控，再到监测检测与环保安全管理，均需严谨对待。通过本文对大量实例的分析可知，合理运用表层处理法和深层处理法等手段，严格遵循施工准备、处理施工及路基填筑的技术要求，借助有效的监测检测技术及时发现并解决问题，同时注重环境保护与安全管理，能够有效应对软土地基带来的不利影响，保障公路工程的质量与安全。未来，随着技术不断发展，仍需进一步深入研究优化这些技术措施，以更好地适应日益复杂的软土地基公路工程建设需求，推动公路交通事业持续稳定发展。

参考文献

- [1] 浦东旭. 公路工程软土地基条件下的施工技术分析[J]. 运输经理世界, 2023, (21): 46-48.
- [2] 张文贵. 软土地基条件下的公路工程施工技术研究[J]. 运输经理世界, 2022, (34): 38-40.
- [3] 鹿启立. 软土地基条件下的公路工程施工技术研究[J]. 冶金管理, 2022, (19): 59-61.