

## 软土地基处理技术在路桥施工中的应用

朱雷

湖北省路桥集团有限公司，湖北 武汉 430000

**[摘要]**软土地基在我国沿海、江河湖泊以及低洼地区均有广泛分布，其属于路桥工程建设当中的关键控制要素。软土自身有着低抗压强度、高可压缩性以及明显触变性的特点，若不对软土地基加以处理，在施工以及运营阶段就很容易出现不均匀沉降、承载力不够以及结构变形等一系列问题，这些问题会严重危及路桥的安全性并对其使用寿命产生不利影响。文章全面且细致地分析了软土地基所具有的工程特性，着重对当下主流的软土地基处理技术予以介绍，像换填垫层法、搅拌桩技术、土工格栅加固技术、预压与排水固结法还有复合地基处理技术等，同时对这些技术在路桥施工里具体的运用方式以及实际效果展开了探讨。经由对地基加固、土体改良、路基稳定以及沉降监测等诸多环节展开剖析，给出了契合不同工程条件的技术选取策略，从而给软土地基的科学处置以及路桥施工给予理论层面的参考以及实践方面的指引。

**[关键词]**软土地基；处理技术；路桥工程

DOI: 10.33142/sca.v8i9.17971

中图分类号: U445

文献标识码: A

## Application of Soft Soil Foundation Treatment Technology in Road and Bridge Construction

ZHU Lei

湖北路桥集团有限公司，武汉，湖北，430000，中国

**Abstract:** Soft soil foundation is widely distributed in coastal areas, Rivers and Lakes and low-lying areas in China, which is a key control factor in road and bridge construction. Soft soil itself has the characteristics of low compressive strength, high compressibility, and obvious thixotropy. If the soft soil foundation is not treated, it is easy to encounter a series of problems such as uneven settlement, insufficient bearing capacity, and structural deformation during construction and operation. These problems will seriously endanger the safety of roads and bridges and have adverse effects on their service life. The article comprehensively and meticulously analyzes the engineering characteristics of soft soil foundation, with a focus on introducing mainstream soft soil foundation treatment technologies such as replacement cushion layer method, mixing pile technology, geogrid reinforcement technology, preloading and drainage consolidation method, and composite foundation treatment technology. At the same time, the specific application methods and practical effects of these technologies in road and bridge construction are discussed. Through the analysis of various aspects such as foundation reinforcement, soil improvement, roadbed stability, and settlement monitoring, technical selection strategies that are suitable for different engineering conditions are proposed, providing theoretical references and practical guidance for the scientific disposal of soft soil foundations and road and bridge construction.

**Keywords:** soft soil foundation; processing technology; road and bridge engineering

### 引言

我国基础设施建设发展迅速，路桥工程在城乡交通网络里的作用日益凸显。不过，在众多低洼以及软土区域开展路桥施工期间，软土地基的稳定情况已然变成限制工程质量以及施工安全的关键要素。软土层强度较低、含水率颇高且力学性质复杂，如此一来，施工进程中便很容易出现地基沉降、承载力不够以及局部失稳等状况，情况严重之时，甚至有可能致使路面产生裂缝、桥墩出现倾斜或者

结构遭到破坏。传统施工办法通常很难有效地把控软土地基的变形与沉降情况，所以对软土地基予以科学处置已然成为路桥施工的先决条件。近些年来，随着地基处理技术不断发展，换填、桩基加固、土工格栅以及固结排水等多种方法在工程实际操作当中获得了广泛运用，并且持续同智能监测以及施工管理技术相互融合，这使得路桥工程的安全性以及耐久性都得到了明显提升。本文在剖析软土地基工程特性的前提下，全面介绍了主要处理技术以及其在

路桥施工当中的具体应用,希望能够给类似的工程项目给予参考以及借鉴。

## 1 软土地基的特点分析

路桥工程按结构可分为:地基工程、地面、桥梁、隧道施工、排水、安全防护、交通设施工程、机电等工程项目。在我国路桥工程建设行业规范中,软土地基的定位是抗压强度低、含有一定量有机物、收缩率大的软土层,其优点如下:(1)抗剪强度低:由于地域原因,不同软土地基往往含有不同的成分,其抗剪强度也不同。因此,为了明确软基处理的抗剪强度,最好在现场做原点试验。(2)可压缩性:软土结构一旦受到破坏,其抗压强度也会下降,这促使软土地基在振动后纵向移动,地基下沉。(3)触变性:软基处理的抗压强度在加载一定的净重后,随着时间的推移而降低的特性。这对于固河堤、码头等市政路桥工程的建设是非常不利的。因此,有必要在施工现场开展软基处理抗剪强度试验,掌握软基处理的局部抗压强度,有利于市政路桥工程施工的顺利开展。

## 2 软土地基处理技术方法

### 2.1 换填垫层法

换填垫层法属于软土地基处理范畴内较为直观且易于施行的一种方法,其基本原理在于把强度偏低、压缩性偏高的软土层部分或者全部予以挖除,随后采用砂、碎石或者其他呈颗粒状且强度较高的材料展开回填作业,借此来提升地基的承载力以及整体的稳定性。此方法在施工环节当中有着操作较为简单、可控性较强的优点,特别适宜于浅层软土或者是对承载力要求相对较低的路基情况。换填垫层在施工进程里常常会与机械压实以及分层回填相互配合起来,以此来保证回填材料的密实度能够符合设计方面的要求,与此同时还可以削减回填沉降所呈现出的不均匀特性。就那些处于沿河道或者沿海地区并且地势比较低洼的路段而言,凭借换填垫层法不但能够提升承载力,而且可以改善排水方面的条件,进而降低施工期间出现水土流失的风险。不过,该方法在深厚软土亦或是施工场地受到限制的区域存在着施工难度颇高、成本有所增加以及挖填量过大的局限性,所以在实际的工程当中往往会和其他处理技术相结合起来使用,从而满足复杂地基条件的相关要求。

### 2.2 搅拌桩技术

搅拌桩技术属于一种深层地基处理的方法,它是借助机械设备把水泥、灰土或者其他固化剂和软土充分地搅拌起来,进而让土体形成高强度的柱状体,以此来提升地基的承载能力以及稳定程度。这项技术可以把软土原本的低

强度以及高压缩性转变成具有承载能力的复合体,在路基、桥台还有堤坝等各类施工当中都有着广泛的应用。在施工期间,搅拌桩的深度、直径以及间距会依据地基软土的具体性质以及工程所提出的承载方面的要求来进行相应的设计,并且通常还会伴随着对原位土体进行取样以及开展强度测试等一系列的操作,以此来确保施工的质量。搅拌桩不但能够提高地基的承载力,而且还可以大幅度地降低沉降的速度,对于高层建筑、重载交通道路以及处于复杂地质条件之下的软土路段都适用。与此搅拌桩技术还具备环境适应性的特点,即便是在地下水位比较高的情况或者是受到限制的空间施工区域当中,同样可以使用,所以它已然成为了现代路桥工程里极为重要且不可或缺的地基加固方式之一。

### 2.3 土工格栅加固技术

土工格栅加固技术是在软土地基或者路基当中铺设那种有着高拉伸强度的合成材料,借此达成让土体得以增强以及使应力分布得到优化的目的,进而提升地基的整体稳定性以及路基的承载能力。这种方法比较适合用于较为浅层的软土或者是对承载力有着较高要求的道路基层,在格栅和土体相互产生作用之后,会形成复合体结构,可以有效地对横向位移以及垂直沉降加以抑制。土工格栅加固施工是比较灵活的,能够和换填材料一起使用,进而形成加筋复合路基,这对于提升路基的长期稳定性是有利的。和传统的桩基或者深层固化方法相比较而言,土工格栅技术有着施工周期比较短、成本能够得到控制以及对环境的影响较小的优势,并且还能够适应不同的填料以及地形条件,能够为城市道路、机场跑道以及轻载桥梁施工给予有效的支撑。

### 2.4 预压与排水固结法

预压与排水固结法属于一种借助荷载预压以及排水设施来促使软土加快固结的技术手段,可借此提升地基所具备的承载力以及稳定性。其具体原理在于,通过在软土地基之上施加临时荷载,并且同步安排好排水板或者排水管,进而让土体当中的孔隙水得以排出,以此来加速土体的固结进程,使得后期出现沉降的情况得以减少。此方法在厚层软土以及高含水率区域的路基施工方面格外适用,可切实有效地降低出现不均匀沉降的风险。预压与排水固结法的施工周期相比而言会偏长一些,然而对于大型桥梁、堤坝还有城市高等级道路的地基处理来讲,却有着颇为显著的优势。在开展施工设计工作的时候,要综合土层的厚度、固结系数以及排水条件等方面情况进行精准细致的计算,从而保证预压效果能够符合后续施工以及运营方面

的相关要求。

## 2.5 复合地基处理技术

复合地基处理技术，顾名思义，是把多种多样的地基加固办法整合起来，在同一个工程当中加以运用，如此一来，便能够契合复杂地质状况下对于承载力以及沉降控制方面的要求。常见的复合地基类型，像换填和桩基相结合的形式、桩基同格栅加固相组合的方式，还有预压与桩基联合开展处理的情况等等。凭借复合技术这一手段，可充分挖掘各类处理办法所具备的优势，与此还能对单一技术在施工深度方面、沉降控制层面或者成本方面存在的不足予以弥补。复合地基在实际的路桥施工环节当中有着颇为广泛的运用，特别适合那种软土层深厚、对承载力的要求颇高并且施工场地受到限制的区域。通过科学且合理的组合方式以及精心的优化设计，能够大幅提升地基的安全性以及长期的稳定性。

## 3 软土地基处理技术在路桥施工中的应用

### 3.1 地基加固与承载力提升

在软土地基的路桥施工当中，地基加固属于确保桥梁以及路基结构安全的关键环节。运用换填垫层、搅拌桩或者复合地基等技术，可大幅提升软土地基的承载能力，进而托举起上部结构的重量以及交通荷载。在整个施工进程里，地基加固一方面改进了土体力学方面的属性，另一方面也切实降低了出现不均匀沉降的险情，让路桥于运营时期维持着不错的稳定性<sup>[1]</sup>。具体来讲，搅拌桩借助固化剂跟原土相互融合形成均匀的桩体，以此给予深层的有力支撑，而换填垫层则是通过替换掉低强度的土体，来优化浅层地基的承载状况。就高等级公路以及桥梁工程项目而言，地基加固技术的运用能够契合严格的设计承载标准，在施工阶段也能削减因地质沉降所引发的施工风险，同时还为后续的路面铺装筑牢稳固的基础，保障整个工程结构拥有长期的可靠性。

### 3.2 土体改良与稳定性增强

土体改良技术借助化学固化、机械搅拌或者复合处理等手段来对软土的物理以及力学性能加以改善，进而提升其整体的稳定性，在路桥施工期间，土体改良不但让地基的承载能力得以提升，而且增加了抗剪强度以及抗变形能力，减少了结构出现沉降以及侧向位移的情况。当采用水泥搅拌桩或者灰土搅拌桩的时候，软土内部的微观结构会发生固化反应，使得土体的整体刚度得以增强，能够更好地去抵抗上部结构以及交通荷载所产生的作用，与此土体改良技术可以对土体的渗透性以及含水率进行调控，降低施工过程中地基出现液化或者局部失稳的可能性。在复杂

的软土区域，凭借精确的设计以及分层施工的方式，土体改良方法可有效地控制施工沉降速率以及总沉降量，为桥墩和路基给予坚实且可靠的基础条件，进而明显延长路桥结构的使用寿命。

### 3.3 土工格栅铺设与路基稳定

土工格栅属于高强度合成材料的一种，将其铺设于路基或者填土层当中，可以强化土体的整体稳定性，还能对应力分布起到优化的作用，在实际开展施工活动的过程中，土工格栅凭借自身和土体之间产生的相互作用，进而形成了加筋复合体，使得填土层在受到荷载作用之后所产生的水平位移能够得到有效遏制，由此便能大幅提升路基的稳定性以及承载能力，在那些交通流量较大且车辆荷载出现频率较高的路段，土工格栅可对路基沉降以及裂缝的发展起到延缓的效果，以此提高道路的使用性能，在施工操作环节，铺设格栅的时候需要和分层填土以及压实作业同步推进，这样才能保证土体和格栅能够形成紧密贴合的复合体<sup>[2]</sup>。土工格栅技术有着施工较为简便、施工周期相对较短、成本能够得到控制以及对环境的影响较小等诸多优势，其在高速公路、城市道路以及轻载桥梁等各类工程领域都有着广泛的应用，已然成为了现代路基处理以及加固工作当中的重要手段之一。

### 3.4 沉降预测与监测技术应用

地基处理以及后续的施工流程当中，沉降预测与监测技术占据着极为关键的地位，其作用是无可替代的。借助于构建起地基力学方面的相关模型，并且同时建立起现场的监测体系，便能够针对施工开展期间以及运营刚开始阶段的地基沉降情况展开科学且合理的预测，还能做到实时的监控，如此一来，便能够切实有效地对因沉降而引发的结构出现损伤以及施工过程中存在的风险加以防控。在具体的运用环节里，一般会采用现场所设置的沉降板、孔隙水压力计还有电子全站仪等一系列设备，再把这些设备和有限元分析以及数值模拟的方式相互结合起来，进而对沉降速率、沉降幅度以及沉降呈现出的不均匀性等方面的情况进行相应的评估<sup>[3]</sup>。依据所获取到的监测数据，施工单位能够及时地去调整预压荷载的具体大小、桩基的布置方式或者填土的厚度等情况，以此达成施工过程中的动态优化目标。除此之外，沉降预测与监测技术还能够给桥梁基础以及路基的设计工作给予数据层面的有力支撑，推动施工工艺不断地改进，从而保证地基处理的实际效果能够与工程设计所提出的要求相吻合，进一步提升路桥结构整体所具备的安全性以及长期使用时的可靠性。

### 3.5 压实处理与施工质量控制

压实处理于软土地基施工而言,是最基本且极为关键的一个工序。其借助机械振动或者静压的作用,促使土体的密实度得以提高,让孔隙水含量有所减少,进而使得地基的承载力以及稳定性都得到提升。在路桥施工的过程中,压实作业往往会和分层回填、土工格栅铺设还有预压固结技术一同开展,以此来保障施工的质量以及地基的均匀性。施工质量的控制,不只是对压实度加以关注,像材料的均匀性、施工的厚度以及施工的速度等诸多因素也都涵盖其中。凭借严格的现场检测以及动态的管理手段,能够在很大程度上防止施工当中出现软区、松散区以及沉降差异等方面的问题。并且,科学合理的压实处理,还能够将后期路面出现沉降以及裂缝的风险给降下来,为上部结构的施工筑牢稳固的基础,同时也可确保整个路桥工程在整个运营期间都能维持不错的稳定性和舒适的行车感受。

### 4 结语

软土地基在我国诸多路桥工程当中呈广泛分布态势,其具备的低抗压强度特性、较高的可压缩性以及触变性,给施工以及运营安全带来了极为严峻的考验。综合运用换

填垫层、搅拌桩、土工格栅、预压与排水固结以及复合地基等一系列处理技术,可以切实有效地对地基力学性质予以改善,进而提升其承载力,对沉降加以控制,并且强化路基的稳定性。在施工进程里,把沉降监测同压实质量控制相互结合起来,便能够达成地基处理的精确化与科学化目标,以此来保障工程结构能够实现长期的安全与耐久状态。未来,伴随新材料、新工艺以及信息化监测技术不断向前发展,软土地基处理将会变得更加高效、更为绿色环保并且更加智能化,从而为我国路桥工程建设给予更为稳固可靠的技术保障以及丰富的实践经验。

### [参考文献]

- [1]钟洪波.软土地基处理技术在市政路桥施工中的应用[J].中华建设,2024(11):172-174.
- [2]何健斌.软土地基处理技术在市政路桥施工中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2022(28):61-63.
- [3]赵业伟.软土地基处理技术在公路工程施工中的应用[J].运输经理世界,2023(18):7-9.

作者简介: 朱雷 (1981—), 土木工程专业, 本科, 在湖北省路桥集团有限公司任职。