

# 高速公路软土地基处理技术及沉降控制措施

程 龙<sup>1</sup> 熊 雷<sup>2</sup>

1.湖北交投神宜建设管理有限公司 湖北 宜昌 443000

2.湖北交投建设集团有限公司 湖北 武汉 430000

**【摘要】**：软土地基易引发高速公路路基沉降、桥头跳车等病害，影响工程质量与运营安全。本文结合工程实践，探讨高速公路软土地基勘察、处理及沉降控制关键技术。鉴别孔与技术孔结合开展综合勘察，界定软土层分布，测定参数要点并控制精度。排水固结、复合地基、预压加固三种核心处理技术，应用原理与实践效果各异。沉降计算优化、施工期动态控制、工后沉降标准，构成沉降控制的核心措施。科学勘察、适配处理技术及严格沉降管控，可解决软土地基工程难题，为高速公路软土地基工程设计、施工及运营维护提供技术参考。

**【关键词】**：高速公路；软土地基；勘察技术；地基处理；沉降控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.14.056

## 引言

我国高速公路建设向沿海、沿江等软土集中区域延伸，软土地基已成为制约工程质量与运营稳定性的核心瓶颈。软土天然含水率高、孔隙比大、抗剪强度低、压缩性强，勘察偏差、处理不当，易引发路基沉降、路面开裂、桥头跳车等病害，增加工程维护成本，影响行车安全与舒适性。开展高速公路软土地基勘察、处理及沉降控制技术研究，优化勘察手段、完善处理方案、强化沉降管控，对保障工程质量、延长使用寿命意义显著。本文结合工程实践，梳理探讨相关技术，为同类工程提供借鉴。

## 1 高速公路软土地基工程勘察技术

### 1.1 软土地基勘察手段选择

高速公路软土地基勘察采用鉴别孔普遍勘察与技术孔重点取样相结合的综合手段，适配带状分布、地质变异性大的软土分布特征<sup>[1]</sup>。全线优先用静力触探、十字板剪切试验等原位测试鉴别孔，快速划分软土层埋深、层位变化并连续追踪。桥涵构造物、土层突变段等关键控制断面布设技术孔，取原状土样，同步开展室内高压固结、压缩、剪切等试验，获取设计参数。该组合勘察模式解决单一分层统计指标与现场实测偏差问题，实现勘察工作快速、可靠、经济的统筹目标。

### 1.2 软土层分布与参数测定

勘察过程中需界定软土层空间分布与力学参数，加密鉴别孔明确软土厚度、层理结构及横向延展范围，测定天然含水率、孔隙比、压缩系数、抗剪强度、先期固结压力等核心指标，定量判定土层超固结状态与固结特性。沪宁高速公路部分路段勘察明确软土呈超固结特征，超固结比随深度递减，为后续适配超固结土的沉降计算方法提供核心数据支撑，避免常规参数取值导致的计算失真。

### 1.3 勘察精度控制要点

勘察精度决定后续设计与施工效果，需聚焦孔位布设、取样质量与数据校核三大核心环节，构建全方位精度控制体系。技术孔重点覆盖桥涵、通道等构造物周边及地质复杂、土层突变区段，控制性钻孔深度超过软土底界，同时满足地基压缩层计算要求，确保勘察数据反映软土实际情况。原状土取样需规避土样扰动，规范操作流程，保证高压固结试验测得的先期固结压力等关键数据可靠，杜绝试样缺陷引发的参数失真。建立原位测试与室内试验数据交叉校核机制，按标段分层统计各项参数，结合现场沉降观测数据动态修正，及时调整偏差。这套精度控制体系提升勘察成果对沉降计算与处理设计的支撑能力，为软土地基处理有序推进提供保障。

## 2 高速公路软土地基处理关键技术

### 2.1 排水固结处理技术

排水固结技术核心是构建高效排水通道、加速土层固结，竖向用塑料排水板、袋装砂井形成排水体系，水平搭配砂垫层构成完整排水网络。成层软土中夹薄粉质土层时，将特定塑性指数与粘粒含量的薄层定为相对排水层，利用其透水性缩短排水距离、加快固结速率。该技术在软土段规模化应用，配合预压荷载消散孔隙水压力，提升地基强度，为后续路堤填筑与沉降控制奠定基础（见图1）。

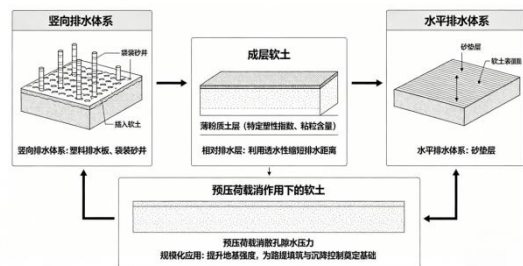


图1 排水固结处理技术

## 2.2 复合地基加固技术

复合地基加固技术采用桩土协同承载控制软土地基变形,适用于桥头等沉降敏感区段,解决桥头与路基衔接处刚度突变引发的桥头跳车等病害。上海至南京高速公路全线桥头路堤优先采用粉喷桩复合地基技术,地质条件复杂段落采用粉喷桩与塑料排水板联合处理。水泥浆液与软土充分搅拌形成高强度刚性桩体,与周边软土共同构成复合地基,桩体承担主要荷载,同时约束桩间土变形,降低地基沉降量及横向、纵向差异沉降<sup>[2]</sup>。这种加固方式提升桥头地基承载力与稳定性,解决衔接处刚度突变问题,避免运营中常见的桥头跳车病害。通车后长期监测数据显示,加固技术效果稳定可靠,长期保障桥头路段行车舒适性与安全性。

## 2.3 预压加固处理技术

预压加固技术分级施加预压荷载,加速软土固结沉降,提前消除大部分工后沉降,保障高速公路路基长期稳定性。该技术分等载预压与超载预压两种模式,根据路堤类型与地质条件差异化实施。一般路堤与桥头路堤,填筑至路床顶面后采用等载预压,施加与设计荷载相当的预压荷载,促进软土缓慢固结。高填方等沉降要求严格的段落采用超载预压,施加略高于设计荷载的预压荷载,进一步加速软土固结,最大限度消除工后沉降。施工中把控预压荷载大小、加载速率与持荷时间,结合现场沉降监测数据动态调整加载节奏,避免加载过快导致地基失稳,确保地基固结度达标。该技术操作简便、成本可控,在高速公路软基处理中应用广泛,为后续路面铺筑提供稳定基底,减少路面开裂、沉降等病害,保障工程质量。

## 3 高速公路软基路堤沉降控制措施

### 3.1 沉降计算方法优化

沉降计算需考虑应力历史与成层地基特性,摒弃单一计算方法,采用适配超固结土的方法估算沉降。沪宁高速公路对比验证显示,未考虑超固结特性的计算结果偏差较大,适配超固

结土的方法能反映其压缩特性,计算值与实测值契合度更高。结合成层软土中薄排水层的加速固结效应,修正分层总和法计算参数,推算最终沉降量与固结度,为处理方案优化提供依据。

### 3.2 施工期沉降动态控制

施工期采用沉降速率与孔隙水压力双控动态管理模式,填筑期控制一般路堤与桥头路堤原地面沉降速率及孔隙水压力系数<sup>[3]</sup>。等载预压期与超载预压期分别管控沉降速率,铺筑沥青混凝土下面层前需满足对应沉降速率要求。沪宁高速公路按相应水准测量精度开展全过程监测,用双曲线法、指数法推算最终沉降量,实现填筑、预压、路面施工各环节管控,确保沉降与工期协同达标。

### 3.3 工后沉降控制标准

工后沉降以沉降速率、沉降量与纵坡变化为核心控制指标,沪宁高速公路通车后跟踪监测显示,绝大多数桥头路堤与一般路堤沉降速率稳定,测点均满足工后沉降设计要求。桥头设置搭板区段,控制纵坡变化与沉降差,横坡值控制在规范允许范围内。该控制标准经工程验证,可避免路面开裂、桥头跳车等病害,保障高速公路长期运营稳定性,成为软土区高速公路工后沉降管控的成熟依据。

## 4 结语

高速公路软土地基工程地质条件复杂、技术要求高、影响因素多,勘察、处理与沉降控制是保障工程质量的关键环节。系统分析明确,综合勘察模式可实现软土地质勘察,排水固结、复合地基、预压加固等技术能提升地基承载力、控制沉降变形,科学沉降管控体系可保障工程长期运营稳定。工程实践验证,各项技术合理应用能解决软土地基常见病害,提升工程建设与运营质量。未来结合更多工程实践,优化技术参数与应用方案,推动高速公路软土地基工程技术向更高效、经济、环保方向发展,为我国高速公路建设事业提供更有力的技术支撑。

## 参考文献:

- [1] 胡鑫.高速公路软土地基强夯处治技术要点与效果[J].交通世界,2025,(29):51-53.
- [2] 胡旭斌.高速公路软土地基注浆加固方案及施工要点[J].交通世界,2025,(29):54-56.
- [3] 刘建峰.高速公路软土地基处治中振动沉管碎石桩的应用[J].交通世界,2025,(29):66-68.