

软土地基高速公路路基沉降预测与加固技术对比

李君伟

四川省公路院工程监理有限公司 四川成都

【摘要】软土地基的沉降问题是高速公路建设中常见且严重的挑战之一。本文通过对软土地基高速公路路基沉降的预测方法进行研究,评估了几种常用的预测技术,并对比了相应的加固技术。通过分析不同加固方法对路基沉降的影响,提出了最适用于不同地质条件下的优化方案。结合适当的加固措施与沉降预测技术,可以显著提高高速公路的稳定性和安全性。本研究为软土地基高速公路建设中的沉降控制与加固提供了理论支持和实践指导。

【关键词】软土地基;路基沉降;预测技术;加固技术;高速公路

【收稿日期】2025 年 6 月 13 日

【出刊日期】2025 年 7 月 11 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250334

Prediction of subgrade settlement and comparison of reinforcement technologies for expressways on soft soil foundations

Junwei Li

Sichuan Provincial Highway Engineering Supervision Institute Co., Ltd., Chengdu, Sichuan

【Abstract】The settlement problem of soft soil foundations is one of the common and serious challenges in expressway construction. This paper studies the prediction methods for subgrade settlement of expressways on soft soil foundations, evaluates several commonly used prediction technologies, and compares the corresponding reinforcement techniques. By analyzing the influence of different reinforcement methods on subgrade settlement, optimization schemes most suitable for different geological conditions are proposed. Combining appropriate reinforcement measures with settlement prediction technologies can significantly improve the stability and safety of expressways. This study provides theoretical support and practical guidance for settlement control and reinforcement in the construction of expressways on soft soil foundations.

【Keywords】Soft soil foundation; Subgrade settlement; Prediction technology; Reinforcement technology; Expressway

引言

在高速公路建设中,软土地基常常成为影响工程稳定性和安全性的关键因素。软土地基的沉降问题不仅会造成路面不平整,还可能导致结构破坏,严重时甚至威胁交通安全。如何有效预测软土地基的沉降并采取相应的加固措施,成为了现代交通基础设施建设中的研究热点。传统的沉降预测方法如经验公式和数值模拟虽然在一定程度上能够预测沉降趋势,但在复杂地质条件下的准确性和适应性仍存在局限。随着加固技术的不断发展,多种加固方法如地基处理、深层加固等被应用于实际工程中。本文将对比不同的沉降预测与加固技术,通过理论分析和实际案例研究,探讨其在软土地基高速公路中的应用效果,旨在为工程实践提供有效的技术支持。

1 软土地基沉降的预测方法及其应用

软土地基的沉降问题在高速公路建设中具有重要影响,特别是在复杂地质条件下,如何有效预测路基沉降成为关键。近年来,沉降预测技术不断发展,常见的方法包括传统的经验公式法、数值模拟法和物理模型法。经验公式法虽然操作简便,但适用性较为有限,通常只能针对特定类型的地质条件进行预测,且其准确度受制于大量的假设条件。数值模拟法则通过建立详细的地基和路基模型,利用有限元分析等计算手段,对沉降过程进行动态预测,能够在一定程度上反映复杂地质条件下的路基沉降行为^[1]。数值模拟法对输入参数的敏感性较高,需要精确的地质勘查数据作为支持,否则可能会导致预测结果的偏差。物理模型法则通过小尺度模型在实验室条件下模拟路基沉降情况,虽然能

够提供一定的实验依据,但由于尺度差异,难以完全反映实际情况中的所有复杂因素。

沉降预测技术的应用不仅限于基础研究,在实际工程中也起到了重要的指导作用。在某些软土地区的高速公路建设中,通过数值模拟法预测的沉降结果有效指导了加固措施的设计和实施,避免了路基过度沉降造成的路面破坏。通过结合不同的预测方法,工程师能够更准确地评估沉降的发生趋势,及时采取修复或加固措施。在某些条件下,结合现场监测数据与数值模拟结果,可以动态调整施工过程中的加固方案,确保施工质量和路基稳定性。随着科技的进步,结合遥感技术和地面监测技术的新型沉降预测方法正在逐步应用于实际工程中,进一步提升了预测的精确度和实时性。

尽管现有的预测方法在一定程度上能够提供沉降趋势的估算,但在面对极端复杂的地质环境时,仍存在一定的局限性。为了提高沉降预测的准确性,未来需要更加深入地研究基于大数据分析和人工智能技术的预测模型,结合地质信息、施工数据以及实时监测数据,进行多维度的融合分析,提升沉降预测的准确性和可靠性。这样的技术创新不仅能够为高速公路建设提供更精准的预判依据,也为软土地基的长期稳定性提供了新的保障。

2 常见加固技术对路基沉降的影响

在软土地基的高速公路建设中,加固技术是解决路基沉降问题的关键措施之一。常见的加固技术包括深层搅拌法、桩基加固法和换填法等。这些技术通过不同的方式提高地基承载力,减缓或控制沉降进程。深层搅拌法通过将水泥或其他固化剂与土体混合,形成强度较高的固结体,能够有效提高软土的承载力和抗沉降能力。在许多工程中,这种方法成功地减缓了沉降速度并减少了沉降量,尤其是在大面积软土地基中,深层搅拌法通过大范围的加固,保证了路基的稳定性。然而,这一技术对设备和施工工艺要求较高,且施工过程中的技术控制和土体搅拌均匀度直接影响加固效果。

桩基加固法在软土地基加固中应用广泛,特别是在沉降速率较快或沉降较大的地区。桩基能够有效转移荷载至较深的土层,通过桩体与土体的共同作用,增强路基的承载能力。根据不同的工程要求,桩基的类型可以选择预制桩、灌注桩或振动桩等,不同桩型的施工工艺和效果也有所差异。对于高速公路等大规模基础设施建设而言,桩基加固技术能够显著减缓路基沉降,提高路面的稳定性和安全性。然而,桩基的施工需要对地质条件进行精确的勘察,确保桩身的安装位置和深

度能够与软土的承载力相匹配,否则可能导致桩体失效或加固效果不佳。

换填法是另一种常见的加固技术,适用于软土地基上方土层较薄或软土深度有限的地区。通过将软土层挖除,并用强度较高的填土替换,不仅能够提高地基的承载力,还能有效减少沉降量。该方法在许多高速公路建设中得到了广泛应用,特别是在路基沉降较为严重的区域^[2-6]。换填法的优势在于能够快速见效,并且施工过程相对简单。换填法的应用受到填土质量、施工工艺以及原土体的影响,特别是在填土过程中可能存在的不均匀沉降问题,需要工程人员特别关注。综合来看,各种加固技术的有效性都依赖于对地质条件的充分了解和施工过程中精确的技术控制,不同的技术方案应根据具体的沉降问题和地质环境进行优化选择。

3 不同地质条件下加固技术的优化选择

在软土地基的加固过程中,不同地质条件对加固技术的选择和优化提出了不同的要求。在湿陷性黄土、粉土以及粘性土等地质环境中,常规的加固方法可能面临效果不理想的情况,因此必须根据地质特点进行技术优化。对于湿陷性黄土等高水敏感性土层,采用深层搅拌法和换填法结合的方案较为有效。深层搅拌法能够在提高土体强度的减缓湿陷黄土在湿润环境中的沉降趋势。而换填法则适用于上层土体不均匀的地区,通过替换不良土层,可以有效减少由于湿陷引起的沉降不均。在此类地质条件下,采用组合加固技术,不仅提高了整体的稳定性,还减少了沉降过程中的不均匀性。

在软粘土或淤泥质土等低强度地层中,桩基加固技术具有显著的应用效果,特别是在解决地基沉降问题方面表现突出。软粘土层承载力较低,容易发生过度沉降,进而导致路基失稳。通过桩基加固,可以有效地将荷载传递到深层的高承载力土层,避免表层软土层的沉降问题^[7]。桩基加固的实施需要根据具体的地质条件选择不同类型的桩基。在软粘土层较厚的地区,采用灌注桩或扩底桩能够提供更强的支持力,而在较薄的软粘土层中,则可以选择预制桩或振动桩,这样不仅能有效提升加固效果,还能降低施工难度。桩基加固的最大优势在于其灵活性,能够根据土层的变化调整加固方案,确保长期稳定的工程效果,从而增强路基的承载能力和整体安全性。

对于复杂地质环境下的加固方案,需要结合现代地质勘察技术和地基监测技术,进行动态评估和优化选择。在地下水位较高的地区,湿度和水流可能对加固

材料产生影响,这时可以结合水泥加固技术与排水系统的建设,达到稳固地基并避免过度沉降的效果。在一些极端地质条件下,诸如泥岩、砂土等地区,采用多种加固手段进行综合治理会更为有效。这些技术的结合,不仅考虑了单一加固方法的局限性,还能根据不同土层的响应特征,实现加固效果的最大化。优化加固技术的选择需要从土层的综合物理力学性质出发,结合现场勘察数据以及沉降监测结果,确保每一种加固措施能够在不同地质条件下发挥其最佳效果。

4 软土地基路基沉降控制与加固的综合研究

软土地基的沉降控制和加固问题一直是高速公路建设中的重大挑战。通过综合研究多种加固方法与沉降控制技术,可以有效地解决软土地基沉降对路基安全性和稳定性带来的影响。在实际工程中,软土地基的沉降不仅与土质、地下水位等自然条件密切相关,还受到施工过程和荷载变化的影响。综合分析土层的物理力学性质和路基沉降的动态变化,对选择合适的加固方案至关重要。通过结合沉降监测数据与数值模拟技术,可以实现对软土地基沉降过程的实时跟踪,并根据变化调整加固措施。这种实时监控与反馈调整的机制,不仅提高了加固措施的精准性,还能够及时应对不均匀沉降的问题,从而有效避免由于沉降过快或过大而引发的路面变形。

在软土地基路基沉降的控制与加固过程中,不同加固技术的综合应用起到了至关重要的作用。常见的加固措施包括深层搅拌法、桩基加固法、换填法等,这些技术在不同地质环境下的效果存在差异,往往需要根据土体的具体情况进行合理的选择和优化^[8]。在某些地区,可以通过深层搅拌和换填相结合的方式,增强地基的承载力和稳定性;而在其他区域,桩基加固和排水技术的联合使用可能更加适合。在未来的研究中,结合大数据、人工智能以及物联网技术对沉降过程进行智能化分析,成为提升软土地基路基沉降控制和加固技术效果的关键。这种多维度的数据融合技术可以进一步提高预测的准确性,优化加固技术的选择,确保高速公路的长期稳定运营。

5 结语

软土地基路基沉降问题对高速公路建设构成了严峻挑战。通过对不同沉降预测方法和加固技术的深入研究,能够为实际工程提供有效的解决方案。结合现代科技手段,如大数据分析、人工智能等,有助于提高沉降预测的准确性,并优化加固技术的选择。未来,随着加固技术的不断发展和沉降控制方法的不断创新,软土地基高速公路的建设将变得更加安全和稳定。工程技术人员应根据具体地质条件,综合运用不同的预测与加固方法,以确保路基的长期稳定性和安全性,为交通基础设施的可持续发展提供有力保障。

参考文献

- [1] 刘鸿宇.基于水泥搅拌桩技术的高速公路路基沉降控制研究[J].建筑机械,2025,(05):300-305+10.
- [2] 刘佳奇,高亮.高速公路软土路基施工控制技术与沉降预测模型研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(07):119-121.
- [3] 张吉祥.高速公路施工中沉降段路基路面的施工技术研究[J].运输经理世界,2024,(32):34-36.
- [4] 吴元玮.高速公路软土路基沉降监测及预测研究[J].江西建材,2024,(10):301-303.
- [5] 常建新.基于 CPTU 测试的高速公路改扩建软土地基沉降预测方法研究[D].东南大学,2023.
- [6] 姜生仕.软土地基高速公路桩基沉降量预测方法[J].建材技术与应用,2023,(01):22-24.
- [7] 陈东鑫.中山环线高速公路软土路基沉降变形监测与预测方法比较研究[D].长沙理工大学,2022.
- [8] 聂珂珂.龙怀高速公路软土路基沉降预测分析研究[J].黑龙江交通科技,2022,45(01):39-41.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

