

深层软土地基处理技术对高速公路沉降量的影响研究

李伟

中铁十二局集团海南工程有限公司 海南海口

【摘要】随着高速公路建设规模不断扩大，深层软土地基处理已然成为项目推进中的关键环节。本研究聚焦多种处理技术对高速公路沉降量的影响，通过深入剖析不同处理技术的原理与特点，结合具体工程实例，详细对比沉降监测数据，旨在清晰明确各技术对沉降量的控制效果，为高速公路地基处理方案的科学选择提供极具价值的参考依据。

【关键词】深层软土地基；处理技术；高速公路；沉降量；工程应用

【收稿日期】2025 年 4 月 13 日

【出刊日期】2025 年 5 月 23 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250218

Study on the influence of deep soft ground treatment technology on highway settlement

Wei Li

China Railway 12th Bureau Group Hainan Engineering Co., Ltd., Haikou, Hainan

【Abstract】As the scale of highway construction continues to expand, the treatment of deep soft soil foundations has become a critical aspect of project advancement. This study focuses on the impact of various treatment technologies on highway settlement. By thoroughly analyzing the principles and characteristics of different treatment methods, combined with specific engineering examples, it meticulously compares settlement monitoring data. The aim is to clearly define the effectiveness of each technology in controlling settlement, providing highly valuable reference for the scientific selection of highway foundation treatment solutions.

【Keywords】Deep soft ground foundation; Treatment technology; Expressway; Settlement amount; Engineering application

引言

随着我国交通基础设施建设快速推进，高速公路里程不断增长，大量线路不可避免穿越深层软土区域。研究深层软土地基处理技术对高速公路沉降量的影响，探寻有效控制沉降的技术手段，对保障高速公路工程质量、提升行车安全与舒适性具有重要意义。如何通过合理的地基处理技术优化，实现沉降量的精准控制，成为当前高速公路建设亟需解决的关键问题。

1 地基沉降问题

在现代高速公路建设中，深层软土地基是无法回避的复杂地质条件。这类地基土通常具有含水量高、孔隙比大、压缩性强和抗剪强度低等特性。在工程建设过程中，地基土体受填土自重以及后续车辆荷载作用，土体内部孔隙水压力消散缓慢，有效应力增长滞后，导致地基产生持续且显著的沉降变形^[1]。以我国东南沿海地区为例，该区域广泛分布深厚软土层，某高速公路项目施工后三年内，未经有效处理路段的累计沉降量达到

60 厘米，远超设计允许范围，严重影响了道路平整度和结构稳定性。若将视角进一步放大，在长江三角洲、珠江三角洲等经济发达且软土分布广泛的地区，类似问题屡见不鲜。这些地区人口密集、交通流量大，对高速公路的质量和稳定性要求极高，地基沉降问题的影响也更为突出。

过大的沉降量对高速公路的危害是多方面的。从结构安全角度看，不均匀沉降会使路面产生裂缝、错台等病害，破坏路面结构的完整性，降低路面承载能力，缩短道路使用寿命。在行车安全方面，沉降导致的路面不平整会使车辆行驶时产生颠簸、振动，增加轮胎磨损和燃油消耗，甚至可能引发车辆失控等交通事故。频繁的路面维修不仅增加养护成本，还会造成交通拥堵，给社会经济发展带来不利影响^[2]。据统计，因地基沉降导致的路面维修费用每年可达数千万元，交通拥堵造成的经济损失更是难以估量。

目前，深层软土地基沉降问题已成为制约高速公

路建设质量提升的重要因素。虽然在设计阶段会对地基沉降进行预估和计算,但实际工程中,由于地质条件的复杂性和不确定性,以及地基处理技术的局限性,沉降控制效果往往难以达到预期目标。深入研究地基沉降机理,探索更有效的处理技术,对保障高速公路工程质量和安全具有迫切的现实需求。只有通过精准把握地基沉降的内在规律,研发创新的处理技术,才能从根本上解决深层软土地基沉降这一难题,为高速公路建设的可持续发展奠定坚实基础。

2 处理技术分析

排水固结法的工作原理,是充分利用地基土所具备的排水固结特性。在实际操作时,施工人员会在地基中设置竖向排水体,常见的有砂井以及塑料排水板,同时铺设水平排水垫层。如此一来,地基土深处的孔隙水,便能经由竖向排水体这一条条如同“排水通道”般的结构,快速被引导至水平排水垫层,进而通过后续排水系统排出地基^[3]。在深厚软土地基处理领域,排水固结法应用极为广泛。在施工期间,通过施加预压荷载,能让地基提前完成大部分沉降,有效减少高速公路建成后的工后沉降。若结合真空预压或堆载预压等方式,还可进一步强化地基处理效果。不过,排水固结法存在处理周期较长的短板。例如在一些规模庞大的高速公路项目中,其处理周期往往长达数月,在某些复杂地质条件下,甚至可能持续数年之久。对于工期要求严格的工程而言,必须提前合理规划施工顺序,精确把控每一个时间节点,确保项目整体进度不受影响。

复合地基法,是将桩体,像水泥土搅拌桩、CFG 桩等,与桩间土共同构建成复合地基。桩体在其中扮演着关键角色,犹如一根根坚实的“支撑柱”,承担起大部分上部荷载,与此桩间土也能发挥一定承载作用,两者协同工作,提升地基整体性能。这种方法优势显著,能够依据不同的地质条件以及具体工程要求,灵活调整桩体材料、直径、间距等关键参数,适应性极强^[4]。以软土地基上采用水泥土搅拌桩处理为例,施工时,固化剂与软土会发生一系列物理化学反应,促使土体性质得到改善,最终形成具有一定强度和整体性的桩体。这些桩体与桩间土紧密协作,共同承担上部荷载,有效抑制地基沉降。在实际工程开展前,工程师会依据详细的地质勘察报告,运用专业知识与精确计算,确定最为适宜的桩体参数,从而实现最佳的地基处理效果。

3 技术应用效果

为精准验证不同深层软土地基处理技术对高速公路沉降量的控制成效,研究团队广泛选取了多个具有

代表性的工程案例展开深入分析。在某北方高速公路项目中,面临淤泥质软土地基难题,施工方分别采用强夯法和排水固结法进行针对性处理。在强夯法施工过程中,施工团队严格遵循设计要求,对重锤质量、下落高度以及夯击次数等关键参数进行精准把控。通过精心操作,确保冲击能均匀且有效地分布于地基土之中,充分发挥强夯法对地基的加固作用。

为实时掌握处理后地基的沉降情况,施工人员在地基关键位置埋设了沉降观测标,并对其进行了为期两年的持续监测^[5]。监测数据显示,强夯法处理区域在施工完成后的前半个月内,沉降速率相对较快,这是由于强夯冲击作用使得地基土内部结构发生调整。随着时间推移,地基逐渐趋于稳定,最终累计沉降量为 25 厘米。而排水固结法处理区域,在预压期内,由于排水系统高效运作,孔隙水快速排出,沉降迅速。施工完成后半年内,沉降便基本稳定下来,累计沉降量仅为 18 厘米。在排水固结法施工期间,施工人员高度重视施工细节,精心铺设竖向排水体和水平排水垫层,确保整个排水系统畅通无阻。严格依照设计方案,控制预压荷载的施加时间和大小,保障排水固结法处理效果达到预期。

与相邻未处理路段相比,采用 CFG 桩处理后的路段展现出卓越成效,工后沉降量降低了 60%。这一显著成果使得路面平整度得到有效保障,车辆行驶过程中的颠簸感大幅减少,舒适性显著提高。对处理后地基的承载力检测结果表明,其承载力完全满足设计要求,并且具备一定安全储备^[6]。在检测过程中,专业检测人员运用先进的检测设备,结合科学严谨的检测方法,对地基承载力进行全面检测,确保检测数据的准确性和可靠性,为高速公路的长期稳定运行提供坚实数据支撑。

通过对多个工程实例的详细对比分析不难发现,不同处理技术在控制高速公路地基沉降量方面都能发挥一定作用,但各自适用条件和优势存在差异。强夯法凭借其强大的冲击作用,适用于浅层软土地基的快速加固,能够在较短时间内提升地基强度。排水固结法由于处理周期较长,更适合处理深厚软土地基,并且适用于对工期要求相对宽松的工程,可有效降低工后沉降风险。

4 综合研究结论

深层软土地基处理技术对高速公路沉降量的控制起着至关重要的作用。在高速公路建设中,软土地基的存在常常是一个棘手的问题,因其具有高压缩性、低强度、高含水量等特性,容易导致路面沉降、开裂等病害,

严重影响高速公路的使用性能和寿命^[7]。通过对诸如排水固结法、深层搅拌法、强夯法等多种处理技术的原理深入分析,以及在不同工程案例中的应用效果对比,我们能够清晰地认识到,合理选择地基处理技术是有效减少地基沉降量、提升高速公路工程质量的关键所在。在进行原理分析时,研究人员运用先进的岩土力学理论和微观测试技术,深入剖析每种技术的内在作用机制。以排水固结法为例,从微观层面来看,该技术通过在地基中设置排水体,加速孔隙水的排出,使土体颗粒重新排列,孔隙比减小,从而增强土体的密实度,有效控制沉降。这一过程中,研究人员通过电子显微镜等设备观察土体结构在排水过程中的变化,揭示了土体结构变化与沉降控制之间的紧密联系。

在实际高速公路工程中,制定地基处理方案绝非易事,需要综合考虑多方面复杂因素。地质勘察数据是地基处理的基础依据,专业的地质勘察团队运用钻探、物探等多种手段,获取地基土详细的物理力学性质参数,包括土的颗粒组成、含水量、压缩系数、抗剪强度等^[8]。这些精准的数据能够直观呈现地基土的特性,为后续技术选择提供坚实的数据支撑。工程设计要求则明确了沉降控制标准和承载能力目标,某些路段可能要求工后沉降量控制在极小范围内,以确保高速行驶车辆的舒适性和安全性,这就对地基处理技术的选择提出了严格要求。

施工条件同样不容忽视,它决定了技术的可操作性和实施难度。施工现场的场地条件、周边环境、施工设备的可进入性等,都影响着地基处理技术的实施。比如在狭窄场地或对噪音、振动限制严格的区域,强夯法等产生较大振动和噪音的技术可能就不适用。经济成本是影响技术可行性和性价比的关键因素。不同的地基处理技术所需的材料、设备、人工等成本差异较大,在制定方案时,需要对各种技术的全寿命周期成本进行分析,不仅要考虑施工阶段的成本,还要考虑后期维护成本。只有全面权衡地质勘察数据、工程设计要求、施工条件和经济成本等多方面因素,才能制定出既满足工程质量要求,又经济合理、切实可行的地基处理方案,为高速公路的长期稳定运行提供有力保障。

5 结语

展望未来,随着人工智能、物联网、大数据等前沿技术的蓬勃发展,地基处理技术与信息化监测手段的深度融合势在必行。通过构建智能监测体系,可实现对地基沉降的实时动态监测与精准控制。应积极开展新型地基处理材料和技术的研发,探索更高效、环保的处理方法,如利用可降解材料等,进一步提升深层软土地基处理水平,为我国高速公路建设的高质量发展提供有力技术支撑。

参考文献

- [1] 刘欢.水利项目的软土地基处理技术分析[J].水上安全,2024,(22):172-174.
- [2] 裘友强,张留俊,刘洋,等.“双碳”背景下公路软土地基处理技术研究进展[J].水利水电技术(中英文),2025,56(01):113-131.
- [3] 张馨心,杨晓东,马文灿.运用真空预压技术对深层软土地基进行设计处理[J].中国水运(下半月),2021,21(22):161-163.
- [4] 王中旗,树文韬,王晓东.软土地基处理技术在房屋建筑工程中的应用[J].中国建筑金属结构,2021,(06):104-105.
- [5] 苏红涛.道路工程中软土路基处理技术[J].交通世界,2021,(14):107-108.
- [6] 师铸.软土地基处理深层水泥搅拌桩施工技术分析[J].四川水泥,2020,(04):23.
- [7] 孙鹏.软土地基处理深层水泥搅拌桩施工技术探究[J].绿色环保建材,2020,(01):156+159.
- [8] 刘利.水利工程施工软土地基处理技术的应用研究[J].决策探索(中),2019,(11):27-28.

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/>

