

高速公路路基沉降施工技术及其质量控制路径

文 / 王喜红 中铁十一局集团第二工程有限公司

摘要: 随着交通运输的快速发展和城市化进程的加速,高速公路作为现代交通网络的重要组成部分,其建设质量和稳定性直接关系到国民经济的发展和人民群众的生命财产安全。然而,在高速公路建设过程中,路基沉降问题一直是困扰工程质量的难题之一。路基沉降不仅影响道路的使用性能和行车安全,还增加了后期维护和修复的成本。因此,研究高速公路路基沉降施工技术及其质量控制路径,对于提高高速公路建设质量、保障行车安全具有重要意义。本文将从路基沉降的主要影响因素出发,探讨有效的施工技术措施和质量控制路径,以为高速公路建设提供科学指导和借鉴。

关键词: 高速公路; 路基沉降; 施工技术; 质量控制; 路径

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.03.064

引言

高速公路作为现代交通网络的重要组成部分,其建设质量直接关系到行车安全与舒适度。路基沉降是高速公路施工中不可避免的问题,因此,探索高效的路基沉降施工技术及严格的质量控制路径,对于确保高速公路的整体稳定性和延长使用寿命具有重要意义。

一、高速公路路基沉降问题的背景与重要性

高速公路作为现代交通网络的重要组成部分,其建设和维护质量直接关系到国家的经济发展和社会生活的便利性。然而,在高速公路长期运营过程中,路基沉降问题日益凸显,成为影响道路安全与耐久性的关键因素。路基沉降不仅会导致路面平整度下降,影响行车舒适度,还可能引发结构破坏、寿命缩短,甚至导致交通事故的发生。因此,深入研究高速公路路基沉降的背景、原因及应对措施,对于提升道路质量、保障交通安全具有重要意义。

二、高速公路路基沉降的主要影响因素

(一) 地理因素

(1) 地形地势: 山岭、丘陵等地形复杂区域,由于其地势起伏大、坡度陡峭,增加了路基施工的难度。这些区域往往地质条件复杂,岩石风化程度高,层理、节理发育,易产生滑坡、泥石流等地质灾害,从而影响路基的稳定性。同时,高填方路基在这些地区施工时,需要更多的填料和更高的压实要求,否则容易发生不均匀沉降。

(2) 地质条件: 地质条件是决定路基沉降幅度的关键因素之一。软土地基,如黏土、粉土等,由于其天然含水量高、孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低,承载力不足,极易发生沉降。特别是在碳酸盐区域,路基的性能更是不稳定,易出现坑洼和松散现象。此外,地下水位的变化也会影响土体的力学性质和稳定性,地下水位上升导致土体饱和软化,地下水过度抽取则可能造成地层沉降。

(二) 气候因素

(1) 温差大: 严寒与酷暑的气候条件对路基材料性能产生显著影响。温度的变化会引起材料的热胀冷缩

效应,加剧路基的沉降现象。例如,在寒冷地区,冻土融化后会导致路基失稳;而在酷暑条件下,材料老化加速,也可能引发路基病害。

(2) 湿度变化: 湿度变化是影响路基稳定性的重要因素。雨水、冰冻等气候条件的变化会导致路基土体的含水量发生变化,进而影响土体的力学性质和稳定性。长期湿润或季节性湿润地区的高速公路路基更容易出现沉降问题。同时,雨水的长期浸泡会使路基软化,降低土体强度,诱发路基沉降。

(三) 水文因素

(1) 地下水位变化: 地下水的浮力作用和渗透作用对路基稳定性产生重要影响。地下水位上升时,土体饱和软化,承载力下降;地下水位下降则可能导致地层沉降。此外,地下水的动态变化还会引起土体孔隙水压力的变化,进而影响土体的有效应力分布和稳定性。

(2) 地面水侵入: 河流、积水等地面水对路基的浸泡与冲刷也是导致路基沉降的重要原因。地面水侵入路基会造成路基浸水和软化,降低土体强度,同时浸流也会带走一部分土颗粒,使填土孔隙率增大,在荷载及自重作用下产生不均匀沉降。

(四) 施工因素

(1) 材料质量: 填料的质量和压实度是影响路基稳定性的关键因素。使用劣质填料或混合料无法保证路基的稳定性。填料中如果含有过多的杂质、粒径不均匀或含水量不合适,都会影响路基的压实效果,增加沉降风险。

(2) 施工工艺: 施工工艺的合理性直接影响路基的施工质量。排水、加固措施、施工顺序等都是施工过程中需要严格控制的关键环节。如果排水系统设计不合理或施工质量差,雨水长期浸泡路基会降低土体强度;如果加固措施不到位或施工顺序不当,也可能导致路基发生沉降。

三、高速公路路基沉降施工技术

(一) 软土地基处理技术

软土地基由于其低承载力、高压缩性和易变性,是高速公路路基沉降的主要原因之一。因此,对软土地基

的有效处理是确保路基稳定的关键。

(1) 灌浆法：灌浆法是一种利用液压、气压或电化学原理，通过注浆管将水泥或其他浆液均匀地注入地层中的技术。这种技术可以直接改善软土地基的土体结构，增强土体的整体性和承载力，从而达到控制沉降、减少不均匀沉降的目的。灌浆法的关键在于灌浆压力的选择与控制、浆液配比和灌浆工艺。在进行灌浆时，首先需要选择合适的钻孔位置，并确保钻孔准确对准预定位置。灌浆前，还需对使用的装置、仪器、管路、原料与水进行严格监测，确保灌浆过程的顺利进行。浆液注入地层后，会逐渐凝固并将周围的土体固结成一个整体，从而显著提高地基的强度和稳定性。灌浆法具有施工灵活、适应性强、效果明显的优点，尤其适用于处理深层和复杂的软土地基问题。

(2) 土工格栅：土工格栅是一种新型土工合成材料，广泛应用于高速公路路基工程中，以有效防止路基不均匀沉降。土工格栅具有高强度、高模量、低延伸率等优良性能，能够显著提高土体的整体性和承载力。在软土地基处理中，土工格栅通常铺设在路床范围内或路堤堤身中部，通过其纵横交错的网格结构将土体有效约束，防止土体在荷载作用下发生滑移和变形。土工格栅的铺设需要确保土层平整，表面无碎石、块石等坚硬凸出物，并在铺设后及时填筑以保护格栅不受破坏。土工格栅的使用不仅能够显著减少路基的不均匀沉降，还能提高路基的整体稳定性和耐久性。

(3) 堆载预压：堆载预压法是一种通过在软土地基上长时间堆放一定重量的荷载，使地基达到设计要求的强度的技术。这种方法适用于厚度小于4m的淤泥黏土地基。通过堆载预压，地基土体会在荷载作用下逐渐固结和压缩，从而减小其压缩性和提高承载力。堆载预压法的实施需要制定合理的预压方案，包括预压荷载的大小、预压时间的长短以及预压过程中的监测措施等。在预压过程中，需要密切关注地基的沉降情况，并根据实际情况调整预压方案。预压结束后，需对地基进行沉降观测和稳定性评估，以确保其满足设计要求。堆载预压法具有施工简单、成本较低的优点，但在实际应用中需要注意控制预压荷载的大小和时间，以避免对周围环境造成不利影响。

(二) 路基填筑与压实技术

路基填筑与压实是高速公路建设中的重要环节，直接关系到路基的稳定性和耐久性。

(1) 分层填筑：分层填筑是路基填筑的基本方法之一，其核心思想是将填筑材料按照一定的厚度和顺序逐层铺设在路基上，并通过逐层压实来达到设计要求的密实度和强度。这种方法的优点在于能够有效控制填筑质量，避免一次性厚填导致的压实不足和沉降不均问题。在分层填筑过程中，首先需要选择合适的填筑材料，如碎石、砂砾、土石混合料等，这些材料应具有良好的透水性、承载力和稳定性。其次，根据设计要求确

定每层填筑的厚度，通常每层厚度不宜超过30cm，以确保压实效果。在填筑时，还应注意控制填筑速度，避免过快或过慢导致的不均匀沉降。分层填筑的关键在于每层填筑后的压实工作。每层填筑完成后，应立即进行压实，确保填筑层达到规定的密实度。

(2) 碾压施工：碾压施工是路基压实的主要手段，它通过机械碾压的方式使填筑材料达到规定的密实度和强度。碾压施工的效果直接影响路基的稳定性和耐久性。在进行碾压施工时，首先需要选择合适的碾压机械，如压路机、振动碾等，这些机械应具备良好的压实性能和适应性。其次，根据填筑材料的性质和压实要求确定碾压遍数和碾压速度。一般来说，碾压遍数越多，压实效果越好，但也会增加施工成本和时间。因此，需要在保证压实质量的前提下合理确定碾压遍数。在碾压过程中，还应注意控制碾压方向和碾压顺序。通常情况下，应采用先轻后重、先慢后快的原则进行碾压，即从路基两侧向中心进行碾压，先静压后振动碾压。

(三) 地基加固技术

除了对软土地基进行特殊处理外，还可以采用地基加固技术来进一步提高地基的承载力和稳定性。

(1) 重锤夯实法：重锤夯实法是一种利用重锤自由落体产生的冲击力来夯实地基土体的方法。该方法通过提高地基土体的密实度和强度，来增强其承载力和稳定性。重锤夯实法适用于处理湿陷性黄土、杂填土等低承载力地基。在施工过程中，应严格控制重锤的重量、落距和夯实遍数等参数，确保夯实效果达到设计要求。



图1 重锤夯实法

(2) 排水固结法：排水固结法是一种通过设置排水系统来加速地基固结过程的方法。该方法通过在地基中设置竖向或水平排水通道（如砂井、塑料排水板等），将地基土体中的水分排出，使土体固结压密。排水固结法可以显著提高地基的承载力和稳定性，减少沉降量。在施工过程中，应合理设计排水系统的布置和间

距, 确保排水效果良好。同时, 还应加强对排水系统的维护和监测, 确保其长期有效运行。

四、高速公路路基沉降施工质量控制路径

(一) 施工准备阶段

(1) 地质勘查与资料收集: 地质勘查是施工准备阶段的核心工作之一。通过详细的地质勘查, 可以全面了解施工区域的地质条件、地形地貌、水文地质等情况, 为施工方案设计提供准确依据。地质勘查应包括但不限于钻孔取样、原位测试、地球物理勘探等手段, 确保获取的地质资料全面、准确。同时, 还需收集并整理相关的历史资料、气象资料等, 为施工过程中的风险评估和应对措施制定提供依据。

(2) 施工方案设计: 施工方案设计是施工准备阶段的重要成果之一。方案设计应科学合理, 充分考虑地质条件、气候条件、施工条件等多种因素, 确保方案具有可行性、经济性和安全性。在方案设计中, 应明确施工工序、施工方法、施工机械选择、填料种类及要求等关键内容。

(3) 材料准备与检测: 材料是施工质量的基础。在施工准备阶段, 应提前进行材料准备和检测工作。填料作为路基的主要组成部分, 其质量直接影响路基的稳定性和耐久性。因此, 必须对填料进行严格的质量检测, 包括颗粒级配、含水量、压实度等指标。同时, 还需对水泥、石灰等外加剂进行质量检测, 确保其符合设计要求。对于检测不合格的材料, 应及时进行更换或处理, 确保用于施工的材料质量合格。

(二) 施工实施阶段

(1) 质量控制要点: 第一, 原材料质量检测。在施工过程中, 应持续对原材料进行质量检测, 确保材料质量稳定可靠。特别是对于填料等关键材料, 应定期进行检测, 防止因材料质量变化而影响施工质量。第二, 填料含水量控制。填料的含水量对压实效果具有重要影响。在施工过程中, 应严格控制填料的含水量, 确保其在最佳含水率范围内进行压实。如填料含水量过高或过低, 应及时采取措施进行调整。第三, 分层填筑与碾压。分层填筑和碾压是路基施工的基本工序。在施工过程中, 应严格按照分层填筑的要求进行操作, 每层厚度控制在规定范围内。同时, 还需选用合适的压路机进行碾压作业, 确保压实度达到设计要求。在碾压过程中, 应注意控制碾压速度和遍数, 避免产生过压或欠压现象。

(2) 监测与检测: 为了及时掌握施工质量情况, 必须在施工过程中布置质量监测网络, 并加强施工过程监测。监测内容应包括但不限于沉降量、压实度、含水量等指标。通过定期或不定期的监测和检测工作, 可以及时发现施工中存在的问题和隐患, 并采取相应的预防和控制措施。

(3) 问题处理: 对于监测数据中发现的问题和隐患, 必须及时进行分析 and 处理。首先应对问题产生的

原因进行深入剖析, 明确责任主体和整改措施。然后按照整改措施的要求进行整改工作, 确保问题得到有效解决。在整改过程中, 还需加强监督和检查力度, 确保整改工作落实到位。对于无法立即解决的问题或隐患, 应制定详细的应急预案和后续处理计划, 确保施工安全和质量稳定。

(三) 后期维护与保养

(1) 沉降观测: 沉降观测是后期维护与保养的基础工作之一。通过定期的沉降观测工作, 可以掌握路基的沉降情况和发展趋势。沉降观测应选用合适的观测方法和仪器设备, 并按照规定的观测周期和精度要求进行观测工作。对于观测数据应及时进行分析和处理, 以便及时发现并处理潜在的沉降问题。

(2) 维修与加固: 对于发现的沉降问题或隐患, 必须及时进行维修与加固工作。维修与加固工作应根据问题的具体情况和严重程度制定相应的维修方案和加固措施。在维修过程中, 应选用合适的材料和工艺进行修复工作, 并确保修复质量符合设计要求。对于加固工作, 则应采取有效的加固措施, 提高路基的承载力和稳定性, 防止沉降问题的进一步发展。

(3) 养护管理: 加强养护管理是确保高速公路长期稳定运行的重要保障。养护管理工作应贯穿于整个公路运营过程中, 包括日常巡查、定期检测、维修保养等多个方面。通过加强养护管理工作, 可以及时发现并处理公路运营过程中出现的问题和隐患, 确保公路的安全性和舒适性。

结语

综上所述, 高速公路路基沉降施工技术及其质量控制路径是一个复杂而系统的工程。通过采用科学合理的施工技术措施和严格的质量控制路径, 可以有效减少和控制路基沉降现象的发生, 提高高速公路的稳定性和耐久性。在实际施工过程中, 应注重地质勘查与资料收集的准确性、施工方案设计的科学性和合理性、材料准备与检测的严格性、施工实施阶段的质量控制与监测以及后期维护与保养的及时性。同时, 还应加强技术创新和施工管理, 提高施工人员的专业素质和技能水平, 确保高速公路建设质量达到设计要求。

参考文献

- [1] 王旭娇. 高速公路路基压实施工工艺及工程应用分析[J]. 黑龙江交通科技, 2024, 47(06): 17-20.
- [2] 王福满, 孙珂, 胡志文. 高速公路软土路基沉降变形及加固措施优化的数值模拟研究[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(12): 139-141.
- [3] 陈鹏. 高速公路路基沉降施工技术及其质量控制研究[J]. 时代汽车, 2024, (11): 175-177.
- [4] 张岩兵. 高速公路路基差异沉降处治效果分析[J]. 交通世界, 2024, (15): 73-75+79.
- [5] 袁溢锴. 高速公路路基路面病害成因及处治措施[J]. 运输经理世界, 2024, (14): 121-123.