

Highway reconstruction and expansion subgrade splicing technology and quality control

Lei Tang

Sichuan Chengnan Expressway Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract

The expansion and reconstruction of expressways not only meet the growing traffic demands but also impose higher requirements on subgrade jointing technology. Due to significant differences in structure, materials, and settlement performance between new and old subgrades, direct jointing often results in cracks, uneven settlement, and structural issues, severely impacting the long-term performance of the road. This paper analyzes subgrade jointing technology under the context of expansion and reconstruction, systematically reviewing aspects such as joint structure forms, key technical measures, quality control points, and on-site monitoring mechanisms. By addressing critical issues such as compaction quality, settlement coordination, and joint stability, a set of practical construction and management strategies is proposed. These strategies aim to provide theoretical support and technical guidance for subgrade jointing in expressway expansion and reconstruction projects, promoting steady improvements in engineering quality and effective extension of service life.

Keywords

expressway; expansion and reconstruction project; subgrade jointing; quality control; settlement coordination

高速公路改扩建路基拼接技术及质量控制

唐磊

四川成南高速公路有限责任公司, 中国 · 四川 成都 610000

摘要

高速公路改扩建工程在满足交通量增长需求的同时, 也对路基拼接技术提出了更高要求。由于新旧路基结构、材料及沉降性能存在显著差异, 直接拼接常导致裂缝、不均匀沉降和结构病害, 严重影响道路长期使用性能。本文围绕改扩建背景下的路基拼接技术展开分析, 从拼接结构形式、关键技术措施、质量控制要点及现场监测机制等方面进行系统梳理。通过对拼接段压实质量、沉降协调及接口稳定性等关键问题的探讨, 提出一套符合工程实际的施工与管理策略, 以期在高速公路改扩建中的路基拼接施工提供理论依据和技术支持, 推动工程质量稳步提升和使用寿命的有效延长。

关键词

高速公路; 改扩建工程; 路基拼接; 质量控制; 沉降协调

1 引言

随着我国高速公路通车里程不断延伸, 部分早期建设路段已难以承载当前的交通压力, 实施改扩建工程成为提升通行能力与服务水平的现实选择。改扩建过程中, 路基拼接作为连接既有道路与新增车道的重要技术环节, 其施工质量直接关系到路面结构的整体稳定性与长期运营状态。相比新建工程, 改扩建拼接工况更为复杂, 既涉及旧路基病害处理, 也需解决新旧结构差异带来的沉降不一致问题, 极易诱发结构裂缝、错台和沉降破坏。因此, 深入研究路基拼接的结构特征、技术路径与质量控制机制, 不仅是保障改扩建工程顺利实施的核心任务, 也对提升交通基础设施建设水平具有重

要意义。

2 高速公路改扩建工程的路基拼接技术背景

高速公路改扩建工程中的路基拼接涉及对既有路基结构性能的认识与兼容性设计, 常面临基础差异、沉降不同步和施工组织复杂等问题。由于原有路基常年服役后出现结构疲劳、压实度降低或局部病害, 新建路基与其衔接时会产生力学属性与材料状态的不一致, 进而导致整体稳定性下降。拼接区域往往处于新旧荷载转换带, 受力复杂且工况特殊, 若处理不当将诱发开裂、错台等破坏形式, 对后续路面结构与交通安全形成长期隐患。因此, 如何在施工技术、材料工艺及接口构造上有效应对这些结构特性差异, 成为亟需解决的技术瓶颈。既有路基经过长期运营, 其结构已经趋于稳定, 但其压实状态、沉降趋势及力学性能已显老化, 难以与新建部分形成统一响应。拼接接口处的应力集中效应极易导致横

【作者简介】唐磊 (1995-), 男, 中国四川广安, 硕士, 助理工程师, 从事高速公路建设管理研究。

向剪切破坏和纵向沉降差异,尤其在重载交通或恶劣气候作用下更为显著。若未对接缝部位进行专门加固或沉降控制设计,则极可能出现结构应力突变、病害集中爆发等问题。同时,旧路基常存在填料分布不均、湿陷性土层或地下水位波动等隐性不良地质条件,使新建结构难以精准适配^[1]。

3 路基拼接结构形式与关键技术路径

3.1 纵向拼接、横向拼接与复合拼接结构形式比较

纵向拼接常用于同向拓宽,结构轴线与拼接方向一致,拼接带位于车道交界处,受载频繁且荷载转换剧烈;横向拼接多用于跨线桥接、加建中分带,其连接界面方向与交通主向垂直,存在荷载突变风险;复合拼接则整合纵横两类拼接结构,适用于复杂路段改扩建。不同拼接结构在应力传导路径、沉降模式及施工便捷性上存在显著差异,需根据项目地质条件与交通等级匹配选择。纵向拼接对压实密度要求高,横向拼接需加强应力过渡处理,复合拼接则需要综合优化接口连接与加固设计。合理选择拼接形式,是保障结构协调与延长道路服役周期的关键步骤。

3.2 拼接段稳定性保障的土工与结构加固技术

拼接区域稳定性对整个路基结构长期性能具有决定性作用,土工加固与结构性补强是关键手段。常用技术包括复合地基加固、土工格栅铺设、级配碎石反滤层与水泥土搅拌桩等,能够有效提升地基承载力与抗剪性能。结构层方面,采用加筋层、抗裂贴与混合料过渡段设计,可缓解拼接带应力集中现象。施工过程中,需控制地基沉降差、层间搭接缝厚度与加固材料厚度一致性,确保各加固构造物与原结构无缝融合。技术路径应紧密结合现场地质情况和运营荷载特征,实现差异调节与结构统一,提升拼接区域整体稳定性。

3.3 沉降协调与变形控制的关键施工工艺

沉降协调是路基拼接结构长期稳定的核心要素之一,控制不当将直接导致路面开裂、局部塌陷与结构失效。关键工艺包括分层填筑压实、沉降监测预埋与过渡区渐变结构设计。采用不同压实系数与压实工艺,使新旧路基沉降趋于同步;在填料选取方面,应结合颗粒级配、水稳定性与压缩模量进行精准控制;构建沉降差预判模型,并通过逐级回填、结构分区沉降控制装置或加载预压方式调整沉降速率。在施工期间应同步布设沉降观测点,确保数据动态反馈与调整施工节奏,最终实现拼接段沉降变形的长期可控与安全稳定。

4 拼接施工过程中的质量控制要点

4.1 旧路基病害处理与新旧交界压实密度控制

旧路基在长期运营中常存在翻浆、裂缝、软弱下卧层等隐患,若不彻底清除或加固将直接影响拼接段承载力。拼接前必须开展全面病害排查与结构性能检测,对失稳区域进行换填、加固或注浆处理。压实密度控制方面,需针对新旧结构接缝部位采用梯度压实技术与不同振动频率施工设备,保障密度一致性。采用旁压试验、灌砂法等手段进行

质量核验,同时控制水分含量与施工时间窗口,避免出现含水率过高导致压实失败。对拼接段两侧过渡区域应同步开展压实补强,避免界面沉降不均引发二次病害,确保整体结构密实、均匀、稳定^[2]。

4.2 施工缝处理与接口过渡区域结构稳定性管控

施工缝为结构变形与裂缝扩展的高风险区域,处理不当将导致路面错台、结构开裂与早期破损。处理时需确保拼接缝平直、界面清理彻底,并使用粘结性能强的接口剂进行处理,提高结合强度。对过渡区域结构应采用材料渐变设计及设置抗裂带或加筋处理,缓冲应力传导突变带来的影响。施工工艺应控制界面厚度均匀、压实程度高,同时采用碾压设备进行多次往返夯实,确保结构连续性。养护期间应实施喷洒养护剂与温度湿度监控,避免因环境变化造成界面收缩裂缝,为拼接段长期稳定运行奠定基础。

4.3 拼接段回填材料选择与施工压实参数优化

拼接段施工质量高度依赖于回填材料的工程适应性及压实工艺的精度控制。常用材料包括碎石类填料、石灰稳定土、水泥稳定粒料等,其颗粒级配、压缩模量与抗剪强度需满足结构稳定要求。材料需具备良好的透水性及抗侵蚀性能,避免雨水渗透引发沉陷或冲刷破坏。在压实工艺方面,应根据材料类型选择适配的振动频率、碾压遍数与压实厚度,严格控制压实层厚不大于 20cm。利用传感器控制碾压强度与位移变化,提升施工精度。每层回填后应进行取样检测,确保干密度、压实度与含水率达到设计标准,防止结构内部出现空洞或虚填现象,保障整体稳定性。

5 改扩建工况下的现场监测与质量评估机制

5.1 施工期间地基沉降、侧向位移与应力监测手段

地基沉降、侧向位移与应力监测是保障拼接段结构安全的基础手段,需贯穿施工全过程并保持高频率数据更新。沉降观测可通过沉降板、水准点或光纤监测装置布设在关键断面与拼接区,对不同层级沉降量进行比对。侧向位移常采用多点位移计或倾斜仪进行监测,捕捉结构变形趋势及水平滑移风险。应力变化则借助应变计、土压力盒或桩应力计进行实时采集,反映受力分布变化。以上监测手段需分阶段设点、定期读取数据,并结合地质条件、施工强度与填筑进度综合评估结构状态,为调整施工参数与加固策略提供依据,预防结构性破坏风险。

5.2 路基拼接段的质量评定标准与验收流程

质量评定标准应涵盖结构密实度、强度等级、压实均匀性、沉降控制效果与应力协调程度,确保拼接区的性能满足长期运营需求。评定流程包括现场抽样检测、仪器测量与试验验证相结合的方式,采用灌砂法、环刀法、弯沉测量等技术手段核查压实质量和力学参数。验收过程须明确工序划分,分层进行、逐段签字,避免遗漏关键节点。结合监测数据与技术规范制定评定等级,针对不合格部位实施返工或

补强。所有评定结果应形成完整记录,纳入工程技术档案管理体系,确保可追溯性与责任清晰。最终验收由监理单位组织施工方、设计与业主代表联合评审,形成多方认定机制。

5.3 基于监测数据的动态调整与技术反馈策略

施工过程中采集的监测数据应通过可视化平台集中管理,构建结构响应数据库,实现沉降速率、变形趋势与应力演化全过程跟踪。针对异常数据需及时开展分析研判,识别受力不均或结构突变风险,并制定应急调整预案。调整策略包括碾压参数微调、施工顺序更换、加固范围扩展或材料类型变更等操作,确保沉降与变形在可控范围内。施工单位应建立快速响应机制,将数据分析、技术决策与现场执行有机结合,减少决策滞后。反馈信息应同步传递至设计与监理单位,共享结构状态评估结果,构建基于数据驱动的闭环质量控制体系,提高工程运行的动态适应能力与稳定性^[3]。

6 提升拼接质量的技术保障与管理措施

6.1 建立全过程质量控制责任体系

拼接质量控制需贯穿施工前、中、后的各个阶段,形成覆盖设计、材料、施工与验收等全过程的责任管理体系。设计阶段应明确接口处理方式与质量指标,施工阶段需细化工序节点与控制标准,验收阶段要求规范评定流程与数据归档。质量责任应落实至具体岗位,明确技术负责人、施工班组、检测人员与监理单位的权责边界。通过建立质量控制台账与交接记录制度,确保每一工序都有迹可循。质量问题发现后应立即启动责任追溯机制,界定问题归属并限期整改。定期组织交叉检查与质量评估会商,强化各方协同意识与标准执行力,全面提升拼接结构的施工质量与运行稳定性^[4]。

6.2 引入信息化手段实现施工全过程数据化管理

信息化手段在路基拼接质量控制中发挥重要作用,基于BIM、GIS与物联网技术,可实现施工全过程的数字化记录与智能化分析。通过布设传感终端采集沉降、压实度、温湿度等参数,构建数据云平台进行集中管理,形成可视化施工地图与实时监测界面。施工进度与质量控制信息通过移动终端实时上传,实现远程监管与现场联动。运用大数据分析模型识别结构异常趋势,辅助技术决策与应急响应。各阶

段数据纳入工程档案系统,为后续维护与再扩建提供数据支撑。信息化管理不仅提升了工程透明度与管理效率,也为构建高标准、高效率、高可靠性的拼接施工提供了技术保障。

6.3 优化工序衔接与设备匹配提升施工协同效率

路基拼接施工涉及多专业、多环节协同,工序衔接与设备匹配直接影响作业效率与质量稳定。应合理编排施工进度,明确工序接口与时序节点,避免工序交叉导致资源浪费或质量下滑。针对不同拼接形式配置专用施工设备,如高频振动压路机、智能找平系统与自动洒水装置,提高作业效率与精度控制。加强施工班组间的信息传递与协调沟通,构建“工序前推+质量闭环”模式,提升整体作业协同性。设备进场前应完成技术调试与适配参数设定,施工过程中动态监控运行状态,预防设备故障造成断档。通过优化资源配置与施工流程,确保拼接段施工过程紧凑高效、质量受控、交付进度稳定^[5]。

7 结语

高速公路改扩建过程中,路基拼接作为关键节点,贯穿设计、施工与质量控制全过程,对工程的整体性能和使用寿命具有决定性影响。面对新旧结构属性差异、施工环境复杂多变等现实挑战,必须依托科学的拼接技术路径和严密的质量管理机制,确保结构安全与运行稳定。通过合理选择拼接形式、强化地基加固、优化压实工艺、引入信息化监测手段和责任导向管理体系,能够有效解决沉降差异、应力集中与施工不均等突出问题。推动改扩建项目向高标准、高质量、高可靠方向发展,是提升交通基础设施韧性与服务能力的必由之路。

参考文献

- [1] 胡松.高速公路改扩建路基拼宽施工关键技术[J].建筑机械,2025,(06):155-159.
- [2] 郑秉乾,李万飞.城市高速公路改扩建方案研究思路及实例分析[J].建筑机械,2025,(06):56-59.
- [3] 刘新舟,严宜州,张勇.改扩建高速公路提速段平竖曲线关键指标合理取值研究[J].建筑机械,2025,(06):241-245.
- [4] 黄河河.高速公路改扩建工程施工区域交通安全保障措施研究[J].交通科技与管理,2025,6(11):149-151.