

高速公路桥梁伸缩缝更换施工技术优化与耐久性分析

李政

中交一公局第四工程有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i1.11723

[摘要] 本研究旨在深入探讨并实践改进措施,以期显著增强高速公路桥梁伸缩缝更换工程的技术效能及其持久性能。通过工程案例,介绍了施工前准备、原伸缩缝拆除及施工技术优化方法,包括材料选择、工艺改进及快速修补技术应用。对环境因素、结构设计及养护管理进行了耐久性分析。工程效果评估结果显示,改良后的施工技术不仅极大地提高了伸缩缝替换的工作效能,同时也延长了相关基础设施的使用周期。总结而言,为了显著增强伸缩缝的持久性能,技术改进与推行恰当的维护策略成为两大核心要素。

[关键词] 伸缩缝更换; 施工技术优化; 耐久性提升

中图分类号: TV52 文献标识码: A

Optimization of construction technology and durability analysis for replacement of expansion joints in highway bridges

Zheng Li

CCCC First Highway Engineering Co., Ltd. Fourth Engineering Co., Ltd.

[Abstract] This study aims to explore and implement improvement measures in depth, with the aim of significantly enhancing the technical efficiency and durability of highway bridge expansion joint replacement projects. Through engineering cases, this article introduces methods for pre construction preparation, removal of original expansion joints, and optimization of construction techniques, including material selection, process improvement, and application of rapid repair techniques. Durability analysis was conducted on environmental factors, structural design, and maintenance management. The evaluation results of the engineering effect show that the improved construction technology not only greatly improves the efficiency of replacing expansion joints, but also extends the service life of related infrastructure. In summary, in order to significantly enhance the durability of expansion joints, technological improvements and the implementation of appropriate maintenance strategies have become two core elements.

[Key words] Expansion joint replacement; Construction technology optimization; Durability improvement

引言

高速公路桥梁的结构安全与长期稳定性是其核心要素。在桥梁结构体系中,伸缩缝扮演着至关重要的角色,承载过往车辆荷载和气温变化等因素,由此遭遇损害的问题^[1]。因此,对伸缩缝进行及时更换并采用优化的施工技术,对于提高桥梁的整体性能和使用寿命具有重要意义。本文将结合实际工程项目为研究对象,深入探讨并解析高速公路桥梁伸缩缝更换施工技术的改进方案,并对其如何提升结构持久性能进行细致分析。

1 工程案例介绍

1.1 项目概况。本研究以重庆市九永高速公路的养护工程为案例。该项目涉及路段起止桩号为K0+000—K49+314,起点位于九龙坡区走马镇,终点位于永川区大安镇,线路全长49.314km,该高速公路是连接两地的重要交通干线,日常车流量大,对道

路的安全性和通行能力有着极高的要求。近期,在养护检查中发现,该路段多处设施,特别是桥梁的伸缩缝,存在不同程度的损坏和老化问题。伸缩缝橡胶条老化与开裂的情况明显恶化,锚固件由于腐朽产生严重锈蚀,从而降低了其稳固性,缝内累积的杂质阻碍了结构的正常位移,这些问题不仅影响了道路的整体美观性,更对行车安全性和道路的耐久性构成了潜在威胁。因此,决定对该路段进行全面养护,并对桥梁伸缩缝等关键设施进行更换和修复,采用先进的施工技术和材料,以提高其耐久性和使用性能。

1.2 施工前准备。充分的施工前准备是重庆九永高速公路养护项目中关键要素。勘察团队由桥梁工程师、施工技术人员和安全管理人员组成,他们首先对桥梁结构状况进行详细检查,特别是伸缩缝所在梁段,同时仔细测量并记录现有伸缩缝的尺寸、

损坏程度及原因,评估周边环境以确定施工影响与安全风险。这一过程确保了对施工现场的全面了解。

基于现场勘查结果,对伸缩缝的损坏情况进行了全面评估,确定了损坏范围、原因及可能带来的影响。此阶段明确指出了施工的关键焦点及面临的挑战,为后续施工方案提供了稳固的基石。

完成评估之后,制定相关的施工方案,包括施工流程、材料选择、工艺方法、安全措施和质量控制等。这一方案的制定,为施工的顺利进行和工程质量的保障提供了有力支持,确保了伸缩缝更换项目的成功实施。

1.3原伸缩缝拆除。在重庆九永高速公路的维护工程中,原始伸缩缝的移除是至关重要的环节,如图1所示。施工团队先进行细致测量和标记,确保范围准确并设置安全防护措施。拆除时,先用切割设备精确切割两侧混凝土,避免损伤梁体;使用破碎设备来处理混凝土块,保证降低噪音和降低粉尘污染。随后彻底清理区域,包括清除混凝土块、钢筋残渣和橡胶条碎片,确保槽口清洁平整。最后全面检查验收,确认拆除范围准确、槽口清洁平整且梁体结构完整。



图1 原伸缩缝拆除

2 施工技术优化与耐久性分析

2.1 施工技术优化。

2.1.1材料选择。材料选择是确保高速公路桥梁伸缩缝更换施工保证伸缩缝耐久性和承载能力的关键。优化后的伸缩缝材料主要包括高性能混凝土和优质钢材等^[2]。

(1)高性能混凝土:高性能混凝土比普通混凝土具有更高的强度、抗渗性和耐久性。其水灰比更低,骨料级配更合理,且常添加高效减水剂、矿物掺合料等外加剂,以提高混凝土的性能。在伸缩缝更换中,高性能混凝土的应用可以有效抵抗车辆荷载的冲击和磨损,减少因混凝土开裂、剥落等导致的伸缩缝损坏。

表1 高性能与普通混凝土效果对比

性能指标	高性能混凝土	普通混凝土
抗压强度 (MPa)	≥50	30-40
抗渗等级	P12及以上	P6-P8
抗冻融循环次数	≥300	100-200
收缩率	较低	较高

(2)优质钢材:伸缩缝中的钢材,如锚固件、型钢等,承受着车轮荷载的反复冲击作用,因此必须选用优质钢材以确保其耐久性和承载能力。优质钢材不仅屈服强度和抗拉强度高,还具备良好的韧性和焊接性能,以及较低的冷脆性。

通过采用高性能混凝土和优质钢材等优化材料,可以显著提高伸缩缝的耐久性和承载能力,延长其使用寿命。同时,这些优化材料的应用也符合当前桥梁建设对材料高性能、长寿命的要求。

2.1.2施工工艺改进。在重庆九永高速公路养护项目中,精确划线与切割是基础,使用高精度激光测距仪测量并标记,误差控制在±2mm内,再用金刚石绳锯或路面切割机切割至原混凝土层厚度的75%。随后,槽口清理与预埋钢筋处理是关键,用高压水枪和吸尘器清除碎屑,检查修复钢筋并防锈处理。接着进入核心部分:伸缩缝安装与焊接,通过高强度螺栓固定并焊接加固;混凝土浇筑选用C50高性能混凝土,抗压强度50MPa以上,分层振捣密实;过程中建立质量管理体系用于确保质量。同时,严控焊接质量和防止漏浆,浇筑后覆盖养护7天,前24小时每2小时洒水一次,之后每天至少三次,控制环境温度5-35℃。养护结束全面检查,不合格处及时返工。施工工艺流程如图2所示。

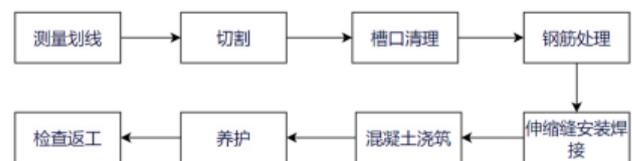


图2 施工工艺流程

2.1.3快速修补技术。在重庆九永高速公路养护项目中,为了确保伸缩缝更换后的耐久性和承载能力,选用了高性能快速修补材料(RT-2)。这类材料通常由特种水泥、高强度骨料、高效减水剂及多种外加剂组成,具有早期强度高、凝结时间短、粘结性能好等特点。具体来说,所选材料的主要性能指标如下:抗压强度在24小时内抗压强度≥40 MPa,7天内抗压强度≥50 MPa;在初凝时间为30分钟,而终凝时间为60分钟;减少二次裂缝的产生需要粘结强度与旧混凝土的粘结强度≥2.5 MPa;达到收缩率较低的效果。

快速修补工艺步骤包括槽口清理、湿润槽口、铺设砂浆垫层、浇筑高性能快速修补材料以及养护和质量检查。槽口清理使用高压水枪和吸尘器彻底清除切割产生的碎屑和灰尘,确保槽口内无杂物残留。在浇筑前,对槽口进行充分湿润处理,以防止新浇筑材料中的水分被吸收过快而导致离析。湿润深度应达到2-3cm。在槽口底部铺设一层厚度约为5 cm的砂浆垫层,以提高新浇筑材料与槽口之间的粘结力。砂浆垫层的配比为1:2(水泥:砂),并加入适量的高效减水剂。将高性能快速修补材料按照厂家推荐的水灰比进行拌合,然后迅速倒入槽口中。为了保证材料的均匀性和密实度,需使用振动棒进行分层振捣,每层厚度不超过15cm。为了防止出现离析现象,在振捣过程中振捣次数应减少。

2.2 耐久性分析。

2.2.1 环境因素分析。

(1) 温度变化。桥梁结构因昼夜温差和季节变化产生热胀冷缩,对伸缩缝材料的温度适应性和弹性恢复能力提出挑战。本案例中,地区年温差大,夏至40℃,冬至-10℃。伸缩缝材料因为温度适应性和弹性恢复能力良好,所以能保持稳定性能。主要影响橡胶条老化和开裂是温度变化因素:高温下软化导致密封性能下降,低温下变硬变脆易开裂^[3]。表2展示了不同温度下橡胶条的性能变化数据。

表2 不同温度下的橡胶条的性能变化

温度(℃)	硬度(Shore A)	拉伸强度(MPa)	断裂伸长率(%)
40	50	10	300
20	60	15	400
-10	75	8	200

如表2所示,温度的升高和橡胶条的硬度降低,虽然拉伸强度减弱,但断裂伸长率增加;温度的降低且橡胶条的硬度增加,虽然拉伸强度增强,但断裂伸长率降低。这种性能变化要求伸缩缝设计时必须考虑温度因素的影响,选择具有良好温度适应性的橡胶材料。

(2) 混凝土收缩徐变。影响伸缩缝耐久性的关键因素是混凝土收缩徐变。混凝土在硬化过程中会发生收缩,同时在长期荷载作用下会发生徐变,导致桥梁梁体长度变化,对伸缩缝产生额外应力。在本工程案例中,桥梁梁体采用预应力混凝土连续梁结构,优化后的施工技术不仅要在设计中预留伸缩量,还采用了高性能混凝土,这样混凝土的收缩徐变减少。

(3) 荷载作用。荷载作用是伸缩缝面临的最直接的环境因素。因为车辆荷载会反复作用,因此会导致伸缩缝的磨损和疲劳损坏。在本工程案例中,桥梁作为连接两地的重要交通通道,日常车流量大,且重型车辆较多。为了提高伸缩缝的承载能力,优化后的施工技术采用了优质钢材作为伸缩缝的锚固件和型钢,并考虑了荷载作用的影响,设计了合适的架构,确保了伸缩缝的耐久性和承载能力。

总之,温度变化、混凝土收缩徐变及荷载作用是决定桥梁伸缩缝耐久性能的重要因素。设计与施工时需充分考虑,选用合适材料与结构,确保伸缩缝耐久且性能良好。

2.2.2 结构设计优化。重庆九永高速公路养护项目针对原桥梁伸缩缝的局限性,如橡胶条老化快、锚固件易锈蚀等问题,进行了伸缩缝选型优化。选用新型伸缩缝,其橡胶条抗老化性能提高50%以上,使用寿命延长至少3年,承载能力也显著提升,减少了损坏更换频率。同时,针对原锚固系统设计不合理、易锈蚀松动等问题,对锚固系统进行了重新设计。新型锚固系统采用屈服强度达400MPa以上的高强度钢材,承载能力提高50%以上,且结构更合理,提高了连接稳定性和传力效果,保障了桥梁的长期运营安全。

2.2.3 养护管理。对于高速公路养护项目来说,养护管理也十分重要。对于预应力混凝土连续梁桥,因其交通流量大且重型车辆多,伸缩缝的维护更为关键。应定期检查伸缩缝,包括橡胶条老化、锚固件锈蚀及缝内杂物等,以及发现问题并处理。同时,定期清理缝内杂物,保持清洁。对于老化或损坏的部件,如橡胶条和锚固件,需及时更换,选择高性能材料以延长使用寿命。通过制定并执行详细的养护管理计划,确保伸缩缝长期保持良好工作状态,提高桥梁的整体安全性和耐久性。

3 工程效果评估

在重庆九永高速公路养护项目中,对优化后的伸缩缝更换施工技术进行了全面评估。优化施工技术的应用显著提升了伸缩缝的更换效率,原拆除时间缩短了30%,新安装时间减少了25%,整体工期缩短近2天。具体而言,原伸缩缝拆除时间从4小时减至2.8小时,新伸缩缝安装时间从6小时减至4.5小时。在施工质量方面,优化技术同样表现出色,伸缩缝平整度偏差减少了50%,达到±2.5mm,与桥面粘结更牢固,焊缝合格率通过X射线检测达到100%。此外,新伸缩缝的使用寿命也显著延长,预期至少比传统伸缩缝多出5年以上,即从8-10年延长至13-15年。这得益于高性能材料的应用、精确的施工工艺和定期的养护管理。伸缩缝修复效果如图3所示。



图3 伸缩缝修复效果

4 结束语

通过分析高速公路桥梁伸缩缝更换施工技术的优化与耐久性,提出了高效的优化策略。工程实践表明,优化后的施工技术显著提高了伸缩缝的更换效率、施工质量和使用寿命。未来,应继续加强伸缩缝材料的研发,优化施工工艺,并重视养护管理,以确保桥梁伸缩缝的长期良好性能,更有力保障高速公路桥梁的安全运营。

[参考文献]

- [1] 陈洁.运营期高速公路桥梁伸缩缝的维修更换[J].山东交通科技,2021,(02):83-84.
- [2] 张大卫.公路桥梁伸缩缝快速维修更换技术的研究[J].四川建材,2020,46(02):142-143+145.
- [3] 吕永涛.土建结构设计存在的问题与优化措施分析[J].住宅与房地产,2021,(31):128-129.

作者简介:

李政(1984—),男,汉族,内蒙古呼和浩特人,本科,中级工程师,研究方向:公路土建、公路养护。