

道路桥梁设计施工中裂缝成因及控制分析

郭琦

山东省水利勘测设计院有限公司 山东 济南 250000

摘要: 在道路桥梁的设计和施工中,裂缝的出现是影响结构安全和使用寿命的重要因素。本文对道路桥梁裂缝的类型及其特征进行了归纳,分析了造成这些裂缝的主要原因,包括结构设计、施工技术、材料特性以及使用与维护等方面。针对这些成因,提出了相应的控制策略,如结构设计的优化、施工技术的改进、合适的材料选择与应用、加强使用与维护管理以及建立监测与预警系统。通过综合措施的实施,可以有效减少裂缝的发生,确保桥梁结构的安全性和耐久性。

关键词: 道路桥梁;设计施工;裂缝成因;控制策略

引言

随着交通基础设施的迅速发展,道路桥梁作为交通网络的重要组成部分,其安全运营受到了广泛关注。但在实际工程实践中,桥梁裂缝问题频繁出现,裂缝的存在不仅影响桥梁的美观,更重要的是会威胁到桥梁的结构安全和使用寿命。因此,深入分析桥梁裂缝的成因,探索有效的控制措施,对于提高桥梁工程质量、保障交通安全具有重要意义。

1 道路桥梁裂缝类型及其特征

在道路桥梁工程中,裂缝不仅影响桥梁的美观,更可能威胁其结构安全和使用寿命。(1)荷载型裂缝:由于桥梁承受的荷载超过其设计承载能力而产生。裂缝通常出现在受力关键部位,如梁跨中点、支座附近。裂缝宽度和长度与荷载大小直接相关,方向垂直于荷载作用方向。(2)收缩型裂缝:混凝土硬化过程中的体积收缩引起。裂缝呈现细小、密集的网状或龟裂状,主要出现在结构表面。(3)沉降型裂缝:地基处理不当或地质条件复杂导致的不均匀沉降产生。裂缝多为斜向或水平向,多出现在结构的基础或支座附近。(4)热应力型裂缝:因日照、气温变化等引起的温度梯度产生热应力所致。裂缝平行于结构表面,细小且主要出现在顶部或底部。(5)化学反应型裂缝:混凝土中的化学物质与外界环境反应,如碱-骨料反应,导致体积膨胀产生裂缝。裂缝形状不规则,可能出现在结构内部或表面。(6)疲劳裂缝和施工裂缝等其他类型:疲劳裂缝由长期反复荷载作用引起,而施工裂缝则主要由施工质量问题导致^[1]。

2 道路桥梁裂缝成因分析

2.1 结构设计因素

第一,设计阶段若采用的力学模型与实际结构的受力情况不符,将导致结构在实际使用中应力分布过高或

不均匀,从而引发裂缝。例如,在连续梁、刚构桥等复杂结构的设计中,若未充分考虑温度变化、混凝土收缩和蠕变等因素,可能使结构在施工或使用期间产生不允许的应力状态。第二,设计时未设置或设置不足的伸缩缝、变形缝等构造措施会限制结构的自然变形,导致内部应力过大,从而引发裂缝。此外,桥梁的支撑和连接部位若设计不合理,同样会因为应力集中而产生裂缝。第三,在预应力混凝土桥梁的设计中,若预应力大小、分布不当,或张拉控制不准确,可能导致局部应力超标,引发裂缝。后张法施工中,若波纹管定位不准或压浆不密实,也会产生不利的应力状态,进而诱发裂缝。第四,设计阶段若未能正确估算或忽略某些长期作用(如恒载)和短期作用(如活载、风载、地震等),可能使结构在特定荷载组合下发生超限应力,导致裂缝产生。第五,设计人员若对混凝土材料的收缩、徐变等特性认识不足,可能导致结构设计不适应这些材料的变形特性,从而在使用过程中产生裂缝。第六,桥梁的细部设计,如横梁与主梁连接处、支座处等,若处理不当,容易产生应力集中现象,导致裂缝产生。

2.2 施工技术因素

(1)混凝土浇筑与养护不当:混凝土浇筑过程中,如果振捣不均匀或不充分,将导致混凝土内部产生蜂窝、孔洞等缺陷,降低结构整体的密实度和强度,易引起裂缝。混凝土养护不当,如养护时间不足、水分蒸发过快或温度控制不当,会影响混凝土的水化反应,导致收缩裂缝的产生。(2)预应力施工不准确:如果张拉力控制不精确、锚固系统设置不合理或者波纹管破损,都可能导致预应力传递不均匀或失效,从而引发裂缝。(3)支模及拆模操作不当:支模如果不规范,可能导致混凝土浇筑形状不准确,产生不利的应力分布;而拆模

时间不当或操作粗暴,则可能造成混凝土表面受损或内部应力突变,进而产生裂缝。(4)钢筋绑扎与焊接质量问题:钢筋绑扎不牢固或焊接质量不达标,会导致钢筋骨架变形或移位,影响结构的整体受力状态,造成局部应力集中而产生裂缝。(5)接缝和连接处理不当:如果施工中接缝处理不当,如伸缩缝填充不密实、桥面板之间连接不牢固等,都会因为局部受力不连续而产生裂缝。(6)混凝土材料管理不善:如果混凝土配合比控制不严、材料质量波动大,或者混凝土运输和等待时间长导致工作性降低,都会对混凝土的成型质量产生不利影响,增加裂缝的风险^[2]。

2.3 材料特性因素

(1)混凝土在硬化过程中的收缩和长期荷载下的徐变,尤其是高强混凝土,需特别关注。(2)骨料和水泥品质的不稳定,如骨料级配不良、水泥质量波动,会导致混凝土强度不均,增加裂缝风险。(3)添加剂和掺合料的使用不当,可能影响混凝土性能,如增加收缩或降低抗裂性。(4)钢筋腐蚀同样不可忽视,涂层损坏、锈蚀或与腐蚀性介质反应,会导致钢筋性能下降,引起混凝土开裂。(5)桥梁构件中不同材料的热膨胀系数差异,在温度变化时可能产生内部应力,诱发裂缝。(6)材料的老化与疲劳,如混凝土抗拉强度降低、钢筋屈服强度衰减,以及长期车辆荷载引起的疲劳效应,都可能诱发裂缝。

2.4 使用与维护因素

(1)过载作用:超过桥梁设计荷载的车辆通行会加大结构的应力状态,这种超载状况能加速桥梁材料的疲劳过程,引发裂缝。还有非规范的施工作业如临时堆载、重型机械过桥等也可能造成局部过载,引起裂缝。(2)频繁的冲击荷载:桥梁在服务期间会受到车辆震动、紧急刹车、重物坠落等冲击荷载的作用。这些冲击荷载可能引起结构产生裂缝,特别是在梁端、支座、伸缩缝等部位更为敏感。(3)维护不当:桥梁若缺乏定期和科学的维护,一些小的损伤可能逐渐扩展成裂缝。例如,对于早期裂缝未进行及时修补,或者维修材料与原材料性能不匹配,都可能导致损伤的进一步扩展。(4)排水不畅:良好的排水系统是确保桥梁耐久性的关键。如果桥面或伸缩缝排水系统堵塞,雨水和融雪将积聚在结构上,长时间的水积会增加渗水、冻融循环等风险,从而诱发裂缝。

3 道路桥梁裂缝控制策略

3.1 结构设计优化

第一,优化结构的布局和配置,例如合理设置伸缩

缝、施工缝、支座等,可以有效降低因应力集中或约束变形导致的裂缝风险。设计时应尽量减少结构上的突变和复杂节点,保证力量传递的顺畅和均匀^[3]。第二,根据不同的地理环境和使用条件选择最合适的桥梁类型和结构体系。有些结构形式如连续梁、悬索桥等具有较好的整体性和柔性,能更均匀地分布荷载和温度引起的内部应力,减少裂缝的发生。第三,通过引入预应力技术,可以平衡部分外部荷载引起的拉应力,减少结构在实际使用过程中的应力变化幅度,从而提高抗裂性能。第四,在设计中选用高性能的混凝土和钢筋,如高韧性混凝土、低松弛预应力筋等,这些材料具有更好的耐久性和抗裂性,能有效降低裂缝的风险。第五,在设计中注意构造细节处理,如合理设置防水层、排水系统以及伸缩缝的宽度和安装方式,可以降低环境因素对结构的影响,避免因维护不当造成裂缝。第六,利用有限元软件对桥梁结构进行模拟分析,可以预测在不同工况下结构的应力分布和变形响应,从而在设计阶段就调整结构形式和材料配置,以最小化裂缝风险。

3.2 施工技术改进

(1)提高施工精度:精确的施工可以保证结构尺寸、位置的准确性,减少因施工误差导致的应力集中或局部过载。利用现代化的测量和监控设备,如全站仪、GPS等,可以提高施工精度和效率。(2)优化混凝土浇筑方案:合理设计混凝土的浇筑顺序和速度,特别是对于大体积混凝土结构,应采取分层浇筑、设置冷却水管等措施,控制混凝土内外温差,减少温度裂缝的产生。(3)加强振捣与养护:施工中要确保混凝土充分振捣密实,避免因蜂窝、孔洞等缺陷导致的强度降低和裂缝产生。应严格执行养护制度,保持适宜的温度和湿度,确保混凝土逐渐发展其强度,减少早期干缩裂缝的发生。(4)预应力施工控制:预应力施工过程中,应严格控制张拉力、锚固系统质量和张拉程序。使用自动化的张拉设备和实时监控系统的提高预应力施加的精度,防止因操作不当引起的裂缝。(5)接缝和连接处理:桥梁中的接缝和连接部位是裂缝高发区,施工时应确保这些部位的密封性和整体性,采用合适的填缝材料和连接方式,确保力的传递顺畅,减少裂缝发生。(6)应用现代化施工设备和技术:如采用自升式脚手架、滑模施工等先进施工技术可以提高施工效率,同时减少对结构的干扰和损害,有助于控制裂缝的产生。(7)质量控制与监督:强化施工现场的质量管理,定期对工程材料、施工过程进行检测和评估。建立严格的质量监督体系,确保每个施工环节均符合设计要求和规范标准。

3.3 材料选择与应用

第一，选择高质量的水泥、骨料和掺合料，使用减水剂和引气剂优化混凝土性能，降低收缩和渗透性，提高抗裂性。第二，科学设计混凝土配合比，确保满足结构性能要求，减少因材料比例不当引起的裂缝。第三，根据结构受力特点选择合适的钢筋，并合理布局，特别是在应力集中区域，确保足够的抗裂性能和承载能力。第四，采用预应力技术，在混凝土硬化前引入压应力，以抵消部分拉应力，控制裂缝产生。第五，加入纤维增强材料可以显著提升混凝土的抗冲击性和抗裂性。第六，正确选择和使用防水材料和密封剂，防止水分和腐蚀性物质侵蚀结构。第六，选择与原材料相兼容的修补材料，确保修复后的结构与原结构良好结合，避免新裂缝的产生。

3.4 加强使用与维护管理

第一，过载作用控制：严格执行限载和限行规定，加强车辆监管，防止超载和非规范施工车辆通行。定期评估桥梁承载能力，采取加固措施确保满足交通需求。第二，冲击荷载控制：在敏感部位设置缓冲装置，减少冲击荷载对结构的损害。加强车辆行驶管理，限制紧急刹车、重物坠落等可能产生冲击荷载的行为。第三，维护不当控制：建立桥梁维护管理制度，定期全面检查桥梁，及时发现并处理损伤。对早期裂缝等损伤采取有效修补措施，防止进一步扩展。选择与原材料性能相匹配的维修材料，确保维修质量。第四，排水不畅控制：加强桥梁排水系统设计和施工质量控制，确保排水畅通。定期检查清理桥面、伸缩缝等部位的排水系统，防止堵塞和积水。在雨水季节或融雪期间加强巡查和维护。第五，提升维护水平：加强桥梁维护人员培训和管理，提高专业技能和责任意识。制定科学的维护计划和预算，确保维护工作有效实施。引入先进技术和设备，提高维护效率和质量^[4]。

3.5 建立监测与预警系统

(1) 部署多种传感器，如应变计、位移传感器、加

速度计等，实时收集桥梁的结构响应数据，包括应力、变形和振动等特性。(2) 利用专业分析软件处理和分析数据，识别异常模式和趋势，监测裂缝发展及其他结构变化；再建立桥梁健康监测系统(SHMS)，集成多种传感器和数据处理平台，对桥梁进行全面监控。该系统提供桥梁整体和局部性能的信息，便于及时发现和定位裂缝。根据监测数据建立预警机制，一旦裂缝或其他结构问题达到预设阈值，系统将自动发出警报。(3) 定期评估监测数据，生成详细报告，跟踪桥梁健康状况，并为未来维护和修复工作提供决策支持。利用远程监控技术，如无线传感网络和云平台，实现对桥梁的远程实时监控，确保偏远地区桥梁也能得到有效监控和维护。(4) 配备专业技术人员负责监控系统的运行、维护和升级，并进行持续培训，确保他们能有效地使用监测系统，并在发现问题时采取适当行动。

结语

在总结道路桥梁设计施工中裂缝成因及控制策略时，我们深刻认识到裂缝问题的复杂性和解决该问题的紧迫性。通过深入分析裂缝的成因，我们提出了针对性的控制措施，如优化结构设计、改进施工技术、合理选择材料、加强使用与维护管理以及建立监测与预警系统，我们可以有效减少裂缝的产生，提高道路桥梁的安全性和耐久性，为人们的出行安全和社会的发展稳定贡献我们的力量

参考文献

- [1]张淋彬.道路桥梁设计问题与施工中裂缝成因分析[J].大众标准化,2022(24):107-109.
- [2]张平,游海伦.道路桥梁设计问题与施工中裂缝成因分析[J].价值工程,2022,41(13):153-155.
- [3]陈春燕.试析道路桥梁设计施工中裂缝成因及控制方法[J].建筑工程技术与设计,2020(28):1442.
- [4]王福周.道路桥梁设计和施工过程中裂缝成因分析[J].建筑与装饰,2022(11):101-103.