

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.