

路桥工程中混凝土裂缝防治措施探讨

时营浩

本溪公路监理有限公司 辽宁 本溪 117000

摘要: 路桥工程中混凝土裂缝是影响结构耐久性与安全性的常见病害,其成因涉及材料性能、施工工艺、环境条件等多维度因素。本文系统探讨裂缝防治策略,提出材料优选与配比优化、施工工艺精细化控制、温度应力协调管理及构造措施完善等综合措施。通过全周期管理实现裂缝有效预防,延长工程使用寿命,保障结构安全与功能稳定性,为路桥工程耐久性提升提供科学依据。

关键词: 路桥工程;混凝土裂缝;防治措施

引言:路桥工程作为交通基础设施核心组成部分,其结构安全性与耐久性直接关系社会经济发展。混凝土裂缝作为常见病害,因材料收缩、温度应力、施工缺陷及环境侵蚀等因素引发,易导致钢筋锈蚀、结构承载力下降等次生问题。科学识别裂缝成因并制定针对性防治措施,是保障路桥工程全生命周期安全运行的关键前提。

1 路桥工程混凝土裂缝概述

路桥工程中混凝土裂缝是影响结构耐久性与安全性的常见病害,一旦出现易引发钢筋锈蚀、渗漏剥落,大幅降低结构承载能力与服役年限,必须提早预判、全程管控,其成因复杂且防治需多维度综合施策。混凝土裂缝的产生往往与材料性能、施工工艺、环境条件等因素密切相关,需从设计、施工到养护全流程进行控制,以实现裂缝的有效预防与治理。(1)材料优选与配比优化:通过选用低水化热水泥、掺加优质矿物掺合料(如粉煤灰、矿粉)及高性能外加剂,可降低混凝土水化热峰值,减少温度应力导致的裂缝风险;合理调整骨料级配与砂率,控制混凝土坍落度,能提升其抗裂性能。(2)施工工艺精细化控制:施工过程中需严格控制分层浇筑厚度与振捣质量,避免过振或漏振导致混凝土内部不密实;采用二次抹压工艺可消除早期塑性收缩裂缝,而养护阶段通过覆盖保湿膜、喷洒养护剂等方式保持混凝土表面湿润,可有效抑制干缩裂缝的产生。(3)温度应力与变形协调管理:针对大体积混凝土结构,需通过埋设冷却水管、设置温度监测点等方式实时监控内部温度变化,采取动态调整养护措施(如调整养护水温、延长养护时间)以平衡温度梯度;在结构设计中合理设置伸缩缝、后浇带等构造措施,可缓解因温度变化或收缩变形引起的裂缝问题。路桥工程混凝土裂缝防治需立足材料、施工、养护全周期管理,结合工程实际条件制定针对性措施^[1]。通过科学的材料选择、精细的施工控制及合理的构造设计,

可显著降低裂缝发生概率,延长工程使用寿命,保障结构安全与功能稳定性。

2 路桥工程混凝土裂缝产生的主要原因

2.1 混凝土材料自身因素

混凝土材料特性是引发路桥工程裂缝的核心内在因素,需深入分析其物理化学性质对裂缝形成的影响。(1)水泥细度与凝结时间:水泥细度过大会加速水化反应,导致混凝土早期收缩加剧,易产生塑性裂缝;凝结时间过长则可能延长养护周期,增加环境因素干扰风险;需根据施工环境调整水泥细度,如选用中热水泥并控制凝结时间在合理区间,平衡水化速度与裂缝控制需求。(2)骨料碱活性:部分骨料含活性二氧化硅等成分,与混凝土中的碱发生碱骨料反应,生成膨胀性物质导致内部应力集中,引发网状裂缝;通过检测骨料碱活性,优先选用非活性骨料或低碱水泥,可有效阻断反应路径,减少此类裂缝发生。(3)水灰比平衡:水灰比过高会降低混凝土密实度,增大干缩变形幅度;过低则可能导致混凝土流动性不足,施工时难以振捣密实,形成内部孔隙;需通过配合比试验确定最佳水灰比,在满足施工性能的前提下,提升混凝土抗裂能力。科学调控材料性能参数,从源头降低裂缝发生概率,是保障路桥工程结构安全与耐久性的关键路径。

2.2 施工工艺不当因素

路桥工程中混凝土裂缝防治需聚焦施工环节精准控制。施工工艺不当是引发裂缝的关键诱因,具体可从以下方面展开:(1)混凝土配比失衡:若水灰比过高或骨料级配不合理,会降低混凝土内部胶结能力,导致早期收缩变形增大;反之,水泥用量过大则易因水化热集中引发温度裂缝,需通过试验优化配合比以平衡强度与抗裂性。(2)浇筑振捣不充分:浇筑过程中若分层厚度超标或振捣时间不足,混凝土内部易形成孔隙或蜂窝状缺

陷,削弱结构整体性;过度振捣则可能导致骨料沉降离析,加剧表面裂缝风险,需严格遵循分层浇筑、快插慢拔的振捣规范。(3)养护措施滞后:早期养护不到位是裂缝产生的常见原因,如保湿覆盖延迟、温度控制失效等,会使混凝土表面水分蒸发过快,产生塑性收缩裂缝;冬季施工时若未采取保温措施,低温环境会加速表面冻胀开裂,需根据环境条件制定针对性养护方案^[2]。施工工艺的精细化控制贯穿于混凝土生产、运输、浇筑及养护全周期,通过规范操作流程、强化过程监管,可有效降低裂缝发生概率,提升路桥工程耐久性与安全性。

2.3 结构设计不合理因素

结构设计不合理是引发混凝土裂缝的重要人为因素,需从设计逻辑与构造细节中探寻裂缝产生的根源。(1)结构布局失衡:荷载分布不均易导致局部应力集中;如梁板跨度过大、支撑点间距过密或过疏,会因自重或外部荷载引发弯曲变形,产生横向裂缝。需通过优化跨度比、增设支撑节点,平衡荷载传递路径,减少应力集中风险。(2)受力分析偏差:设计阶段对温度应力、收缩应力等附加作用考虑不足,易导致配筋不足或布置不合理;例如未充分考虑混凝土早期收缩与温度变化叠加效应,会使实际受力状态超出设计预期,引发裂缝。需通过精细化受力分析,结合工程实际条件,合理确定配筋率与钢筋布置方式。(3)构造措施缺失:伸缩缝、后浇带等构造措施设置不当,会因混凝土收缩或温度变化引发裂缝;如未根据工程规模与环境条件设置足够伸缩缝,会导致混凝土因热胀冷缩产生贯穿性裂缝。需结合工程所在地的气候特征与结构特点,科学设置构造措施,提升结构整体抗裂能力。优化结构设计逻辑,完善构造细节,是从设计源头上控制混凝土裂缝的关键举措,对保障路桥工程结构安全与耐久性具有基础性作用。

2.4 外部环境影响因素

路桥工程中混凝土裂缝的产生常与外部环境因素直接关联,需针对性分析环境条件对混凝土性能的影响机制。(1)温度变化:昼夜温差大或季节交替时,混凝土内部与外部温度差异显著,易引发温度应力裂缝;如夏季高温导致混凝土快速升温,冬季低温则可能造成表面冻胀开裂。需通过调整施工时间、采用保温材料覆盖或设置温度监测点,平衡混凝土内外温差,降低温度裂缝风险。(2)湿度波动:环境湿度变化直接影响混凝土干燥速度,干燥过快会导致塑性收缩裂缝,而长期潮湿环境则可能引发碱骨料反应加剧;通过覆盖保湿膜、定期喷洒养护水或使用养护剂,维持混凝土表面湿润状态,可有效抑制干缩裂缝产生。(3)风力作用:强风会加速混

凝土表面水分蒸发,增加塑性收缩裂缝风险;尤其在干燥多风地区,需采取挡风屏障、调整混凝土配合比或添加抗风化外加剂,提升混凝土抗风能力,减少裂缝发生^[3]。外部环境因素对混凝土裂缝的影响具有动态性与复杂性,需结合工程所在地的具体气候条件,制定差异化防治策略,从环境调控层面实现裂缝的有效预防与控制。

3 路桥工程混凝土裂缝的具体防治措施

3.1 优化混凝土材料配比与质量控制

混凝土材料配比的精细化调整是裂缝防治的核心环节,贴合路桥结构特性,扼制开裂本源诱因,兼顾结构耐久与施工适配双重要求,需立足工程实际需求实现性能与成本的平衡。(1)水泥适应性筛选:针对不同气候条件选择水泥品种,如寒冷地区选用早强型水泥减少冻融损伤,炎热地区选用中低热水泥降低水化热峰值;水泥用量需通过试验确定最佳范围,避免因用量不足导致强度不足,或过量引发收缩裂缝。(2)骨料质量管控:骨料需经过严格筛选,确保粒径均匀、含泥量低、无碱活性成分。通过调整粗细骨料比例,优化混凝土内部骨架结构,提升抗裂性能;例如适当增加细骨料比例可改善混凝土和易性,减少施工离析风险。(3)外加剂功能匹配:根据施工环境与混凝土性能需求选择外加剂类型;如高温环境下可添加缓凝剂延缓凝结时间,减少塑性裂缝;低温环境可选用早强剂加速强度发展,避免冻胀开裂。外加剂掺量需通过小试、中试逐步验证,确保与水泥、骨料等材料兼容。材料配比优化需贯穿混凝土生产全流程,从原材料检验到配合比设计,再到生产过程控制,形成闭环管理体系,为路桥工程裂缝防治提供坚实支撑。

3.2 规范施工工艺操作流程

施工工艺操作的精细化控制是确保混凝土质量、减少裂缝的核心手段,严控工序节点筑牢抗裂施工坚实防线,需从施工细节入手构建科学操作体系。(1)分层厚度控制:根据混凝土坍落度和施工环境,将浇筑层厚度严格控制在30-50厘米,避免因厚度不当导致内部散热不均或振捣困难;每层浇筑间隔时间需精准把握,确保下层混凝土初凝前完成上层施工,防止形成施工冷缝。(2)振捣点位布局:采用梅花形布点法,振捣棒插入点间距不超过45厘米,确保每个点位振捣时间不少于30秒,避免漏振或过振引发内部孔隙;振捣过程中需观察混凝土表面状态,以泛浆无气泡为判断标准,保障内部密实度均匀。(3)养护温度与湿度协同管理:通过覆盖保温材料与定时喷水相结合,维持混凝土表面温度波动不超过5℃,湿度不低于90%,减少因温湿度变化引发的干缩裂

缝和温度裂缝；冬季施工需增设加热装置，夏季则需加强遮阳与通风措施^[4]。施工工艺的规范化操作需贯穿混凝土施工全周期，通过现场监控与过程记录，确保每道工序符合抗裂要求。这种精细化控制不仅提升混凝土结构耐久性，更为路桥工程长期安全运行奠定坚实基础。

3.3 完善路桥结构设计细节

路桥结构设计细节的完善需聚焦构造措施与力学性能协同优化，提升结构抗裂韧性。（1）伸缩缝间距动态适配：根据工程所在地的年温差范围及结构长度，科学计算伸缩缝间距；温差大或长结构需加密伸缩缝，避免因热胀冷缩产生贯穿裂缝；温差小或短结构可适当放宽间距，减少施工复杂度；伸缩缝类型需匹配结构位移需求，如橡胶伸缩缝适用于小位移场景，模数式伸缩缝适用于大位移场景。（2）钢筋配置精准调控：结合混凝土收缩特性与荷载分布，优化钢筋直径、间距及布置方式；在梁体端部、板面负弯矩区等易裂区域加密钢筋网，提升局部抗裂能力；采用螺旋箍筋或纤维增强混凝土，增强结构整体韧性，抑制裂缝扩展。（3）结构形态应力分散：通过调整结构形态减少应力集中，例如采用渐变截面替代突变截面，降低端部应力峰值；在曲线桥、斜交桥设计中，通过弧形钢筋布置或渐变配筋率，平衡受力状态，减少因应力集中引发的裂缝。结构设计细节的完善需贯穿设计全流程，通过精细化力学分析与构造模拟验证，确保每个设计参数均能有效提升结构抗裂能力，为路桥工程长期安全运行提供坚实保障。

3.4 加强外部环境防护与后期养护

路桥工程混凝土裂缝防治需聚焦外部环境调控与养护工艺的精细化实施。环境因素与养护方式直接影响混凝土性能稳定性，具体可从三方面优化：（1）环境温湿度动态平衡：夏季施工时，通过遮阳棚、雾化喷淋系统降低混凝土表面温度，避免因快速失水产生塑性收缩裂缝；冬季则采用保温棉、电热丝覆盖养护，防止低温导致的水化反应停滞与冻胀开裂，确保养护环境温湿度始

终处于合理区间。（2）养护周期分阶段管理：早期养护重点在保湿，采用土工布覆盖并定时洒水，维持表面湿润状态，促进水泥水化反应充分进行；中期养护需结合温度监测，当混凝土内部温度与外界温差超过20°C时，采取循环水冷却或通风散热措施，减少温度应力裂缝风险。（3）特殊环境针对性防护：沿海地区需关注盐雾腐蚀对混凝土表面的侵蚀，定期喷涂防腐涂层；干旱地区则需加强表面密封处理，减少水分蒸发导致的干缩裂缝，通过定制化防护方案提升结构耐候性^[5]。抓实全过程养护管控杜绝早期裂缝萌生，科学的环境防护与养护管理能有效延缓混凝土老化进程，抑制裂缝扩展，为路桥工程提供持久稳定的结构支撑，延长其全生命周期运行年限。

结束语：路桥工程混凝土裂缝防治的未来方向需聚焦技术革新与系统集成。结合纳米改性材料提升混凝土抗裂性能，利用自修复技术实现裂缝自主愈合；通过物联网传感器实时监测结构应力变化，结合AI算法构建智能预警系统，实现裂缝早期识别与动态干预。这些技术融合将推动防治策略从被动修复向主动防控升级，最终提升路桥工程耐久性，支撑交通基础设施绿色可持续发展。

参考文献：

- [1]回安琪.浅谈道路桥梁工程中大面积混凝土裂缝的影响因素与防治措施[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(1):045-048.
- [2]李奕波.公路桥梁施工中水泥混凝土的裂缝防治技术[J].中国水泥,2025(4):116-118.
- [3]丁川洋.浅析道路桥梁工程中大面积混凝土施工技术及其裂缝防治措施[J].价值工程,2024,43(30):141-144.
- [4]赖新波.浅谈道路桥梁工程中大面积混凝土裂缝的影响因素与防治措施[J].建设机械技术与管理,2024,37(4):83-85.
- [5]郭伟彤.高速公路桥梁施工中混凝土裂缝的防治措施[J].四川建材,2024,50(10):190-192.