

道路桥梁裂缝原因分析及处理措施

崔 磊

驻马店市宇畅路桥养护工程有限公司 河南 驻马店 463000

摘 要：道路桥梁裂缝主要由温度变化、混凝土收缩、地基沉降、钢筋锈蚀及冻胀等因素引起。处理措施包括采用表面修补法如涂抹防水涂料，灌浆法注入环氧树脂封闭裂缝，嵌缝法填充止水材料，以及结构加固法增强整体性能。预防上，应优化混凝土配合比，加强温度与施工控制，确保养护到位。这些措施有助于恢复道路桥梁的耐久性与安全性。

关键词：道路桥梁；裂缝原因；处理措施

引言：道路桥梁作为城市交通的重要组成部分，其结构安全至关重要。然而，裂缝作为常见的病害现象，不仅影响结构的美观性，还严重威胁到道路桥梁的使用安全和耐久性。本文旨在深入剖析道路桥梁裂缝的成因，从设计、材料、施工及环境因素等方面展开讨论，并提出相应的处理措施，以期道路桥梁的养护与管理提供科学依据，保障交通基础设施的安全运行。

1 道路桥梁裂缝的危害性

1.1 裂缝导致的腐蚀问题

(1) 道路桥梁出现裂缝后，会成为水、空气和各类杂质侵入的通道。雨水、地下水等水分通过裂缝渗透到结构内部，与空气中的氧气、二氧化碳等气体结合，形成腐蚀性环境。同时，外界的氯离子、硫酸盐等杂质也会随水渗入，这些物质与钢筋发生化学反应，逐渐破坏钢筋表面的钝化膜，引发钢筋腐蚀。(2) 钢筋发生腐蚀后，其体积会显著增加，通常可膨胀2-6倍。这种体积膨胀会对周围的混凝土产生巨大的膨胀应力，使混凝土内部出现更多细微裂缝，进而导致混凝土保护层剥落。随着时间的推移，钢筋与混凝土之间的粘结力逐渐丧失，混凝土构件的整体坚固性被严重削弱，结构的承载能力大幅下降。

1.2 裂缝引发的道路桥梁变形与坍塌风险

(1) 裂缝的存在会改变道路桥梁结构的受力状态，使结构内部的应力分布变得不均匀。原本由整体结构共同承担的荷载，会因裂缝的出现而集中在裂缝周边的局部区域，增加了道路桥梁的负担。同时，裂缝会破坏结构的整体性，导致内部组织不匀，降低结构的稳定性和耐久性。(2) 当裂缝不断扩展，结构内部的损伤积累到一定程度时，就可能引发结构变形。例如，桥梁的梁体可能出现弯曲、下沉等变形，道路路面可能出现凹凸不平。若变形得不到及时控制，随着荷载的持续作用和外界环境的影响，结构的承载能力会进一步恶化，最终存

在坍塌的可能性，严重威胁过往车辆和行人的安全^[1]。

1.3 裂缝导致的混凝土碳化

(1) 混凝土碳化是指空气中的二氧化碳与混凝土中的氢氧化钙发生化学反应，生成碳酸钙和水的过程。裂缝的存在加速了二氧化碳向混凝土内部的渗透，使得碳化反应在更深层次发生。当碳化深度达到钢筋表面时，会破坏钢筋表面的钝化膜，使钢筋失去保护，从而引发钢筋锈蚀。(2) 混凝土碳化会降低混凝土的碱度，原本混凝土的高碱性能为钢筋提供良好的钝化环境，而碱度的降低使得这种钝化环境遭到破坏，促进了钢筋锈蚀的发生和发展。钢筋锈蚀后体积膨胀，又会进一步加剧混凝土的开裂，形成恶性循环，严重影响道路桥梁结构的使用寿命和安全性。

2 道路桥梁裂缝的成因分析

2.1 设计因素

(1) 桥面铺装层厚度设计不合理是常见隐患。若厚度偏薄，无法承受车辆长期碾压产生的疲劳应力，易在轮迹集中区域出现横向裂缝，短期内便会发展为网状破损；若厚度过大，会增加桥梁恒载，改变梁体受力模式，导致梁体下缘出现受力裂缝。(2) 配筋率不足会降低结构抗拉性能。在桥梁受拉区域，钢筋配置未达设计标准时，混凝土会率先承受拉力，超过其极限抗拉强度后产生裂缝，如连续梁的负弯矩区，配筋不足易引发梁体顶部横向裂缝。(3) 桥梁薄弱部位设计不当易形成应力集中。如支座附近未设置加强钢筋、伸缩缝构造设计简单，在车辆冲击荷载作用下，这些部位会因应力集中出现斜向裂缝，且裂缝扩展速度较快。(4) 地基变形设计考虑不足会引发沉降裂缝。在软土地基或填土地基区域，若未充分计算地基沉降量并采取加固措施，桥梁运营后地基不均匀沉降会使结构产生附加应力，导致梁体出现由下至上的竖向裂缝。

2.2 材料因素

(1) 混凝土原料规格不达标直接影响结构质量。水泥标号低于设计要求,会导致混凝土强度不足,受力后出现压碎性裂缝;砂石骨料级配不合理、粒径超标,会使混凝土密实度下降,形成渗水通道,引发内部钢筋锈蚀裂缝;骨料含泥量过高,会削弱水泥与骨料的粘结力,导致混凝土表面出现剥落裂缝。(2) 材料物理与化学属性对裂缝影响显著。钢材弹性模量不符合要求,受力变形过大易使混凝土保护层开裂;混凝土干缩率过大会产生无规则收缩裂缝;碱骨料反应产生的膨胀力会使混凝土内部出现网状裂缝,且随时间不断扩展。(3) 材料质量不合格是裂缝的直接诱因。使用受潮结块水泥会导致混凝土强度不均,出现局部低强区裂缝;钢材存在夹层、裂纹等缺陷,受力后会因应力集中引发周围混凝土开裂;混凝土中掺加劣质外加剂,可能导致凝结时间异常,产生早期塑性裂缝^[2]。

2.3 施工因素

(1) 施工时温度控制与养护不当易产生裂缝。夏季高温浇筑混凝土未采取降温措施,内部水化热积聚,与表面形成温差应力,会产生贯穿性温度裂缝;冬季施工未做好保温,混凝土易受冻害产生蜂窝状裂缝;养护时间不足7天,混凝土表面失水过快,会出现宽度0.1~0.3mm的干缩裂缝。(2) 施工缝处理不当影响结构整体性。新旧混凝土结合面未进行凿毛、清理和湿润处理,会形成分层界面,在荷载作用下出现水平裂缝;施工缝位置设置在梁体最大剪力处,易引发结构性断裂。(3) 铺装层施工不当问题突出。摊铺时混凝土坍落度控制不佳,过大会导致离析,过小会振捣不密实,形成蜂窝孔洞,后期在车辆荷载下产生应力集中裂缝;碾压过程中未达到规定压实度,会使铺装层强度不足,出现大面积龟裂。(4) 私自改动设计或偷工减料危害极大。减少受力钢筋数量、降低钢筋规格,会使结构承载能力下降,出现超载裂缝;混凝土中减少水泥用量、增加砂石比例,会导致强度偏低,产生通长裂缝;擅自取消防水层、伸缩缝等构造,会直接引发对应部位功能型裂缝。

2.4 荷载与环境因素

(1) 车辆超负荷运载加速裂缝发展。超载30%以上的货车对桥梁的冲击力是设计值的1.5~2倍,长期作用会使梁体产生疲劳裂缝,桥面铺装层出现纵向贯通裂缝;车辆急刹车产生的附加力,会使桥梁端部出现剪切裂缝。(2) 温度变化产生的应力导致裂缝。昼夜温差和季节温差使桥梁结构热胀冷缩,若伸缩装置失效,会引发梁体端部挤压裂缝;日照温差使桥面与梁体产生温度梯度,导致梁体向上弯曲,底部出现受拉裂缝。(3) 湿度、

冻胀等因素加剧裂缝扩展。潮湿环境中,水分通过裂缝渗入结构内部,使混凝土软化,同时引发钢筋锈蚀,锈蚀膨胀进一步扩大裂缝;寒冷地区冬季,裂缝中的水结冰体积膨胀,产生冻胀应力,反复冻融后裂缝宽度可从0.2mm扩展至1mm以上,导致混凝土剥落。

3 道路桥梁裂缝的处理措施

3.1 设计优化

(1) 提升路桥设计水平需以全方位现场考查为基础。设计团队应深入施工现场,详细勘察地形地貌、地质条件、水文环境及周边交通流量等信息,结合当地气候特征(如高温、严寒、多雨等)进行针对性设计。例如,在多雨地区需强化排水系统设计,避免雨水长期渗透引发裂缝;在地震高发区则要优化抗震结构设计,增强桥梁的整体抗裂性能。同时,引入BIM技术进行三维建模与模拟分析,提前预判设计方案中可能存在的薄弱环节,从源头减少裂缝产生的隐患。(2) 合理安排荷载设计与桥梁布局是设计优化的核心。荷载设计需严格按照现行规范,结合道路等级、预计交通量及车辆类型,确定合理的设计荷载与安全系数,避免因荷载预估不足导致结构超载开裂。桥梁布局应遵循受力均衡原则,优化梁体跨度、桥墩间距等参数,减少应力集中现象。例如,在连续梁桥设计中,合理设置支座位置与数量,使荷载均匀传递至桥墩;在桥面布局中,避免局部结构突变,确保力流顺畅^[3]。

3.2 温度控制

(1) 制定科学的温控方案是预防温度裂缝的关键。施工前需计算不同施工阶段的温度影响,包括混凝土水化热升温、环境温度变化及日照温差等,根据计算结果确定温控指标(如内外温差不超过25℃)。同时,配备温度监测设备,实时监测混凝土内部及表面温度,当温度超过预警值时及时采取调控措施。(2) 加入硬性混凝土添加剂(如粉煤灰、矿渣)可降低水泥用量,减少水化热产生。水泥用量每减少10%,水化热温度可降低3~5℃,有效缓解混凝土内部升温过快的问题。此外,选择低热水泥品种,进一步控制水化热峰值。(3) 对碎石块进行冷淬处理(如洒水降温),可降低骨料初始温度,减少混凝土入模温度。在大体积混凝土施工中,采用分层浇筑方式,每层厚度控制在30~50cm,便于散热;同时,在混凝土内部预埋冷却水管,通过水循环带走热量,将内部温度控制在合理范围内。

3.3 材料质量保证

(1) 严格把控材料选购与验收环节,建立供应商资质审核机制,优先选择信誉良好、产能稳定的厂家。对

进场材料（如水泥、钢材、砂石）实行“双检”制度，即出厂合格证与现场抽样检测相结合，确保材料性能符合设计要求。例如，钢材需检测屈服强度、抗拉强度及伸长率，混凝土原料需检测细度模数、含泥量及有害物质含量。（2）根据自然因素适当调配混凝土比例，增强材料的适应性。在干燥地区，增加混凝土的保水性，适当提高砂率；在寒冷地区，掺入引气剂，提高混凝土的抗冻性；在沿海地区，选用抗盐雾腐蚀的水泥品种，并控制混凝土中的氯离子含量。通过针对性的配合比调整，提升材料对环境的抵抗能力，减少裂缝产生。

3.4 施工质量控制

（1）加强施工过程中的质量监管，实行“旁站监理”制度，对关键工序（如混凝土浇筑、钢筋绑扎、模板支护）进行全程监督。重点检查混凝土坍落度、振捣密实度、钢筋间距及保护层厚度等指标，确保施工符合规范要求。发现问题及时整改，避免因施工缺陷引发裂缝。（2）建立完善的管理体制，明确各岗位的质量职责，实行质量终身责任制。加强施工人员培训，提高操作技能与质量意识，确保施工工艺规范执行。同时，引入信息化管理系统，对施工过程进行全程记录与追溯，便于质量问题的分析与处理。（3）优选混凝土配合比，通过试配确定最佳水泥、砂石、水及外加剂比例，在满足强度要求的前提下，兼顾工作性与抗裂性。施工中严格按配合比计量投料，采用自动计量设备控制材料用量，误差控制在 $\pm 2\%$ 以内，避免因配比偏差导致混凝土性能波动^[4]。

3.5 裂缝修补技术

（1）表面修补法适用于浅层裂缝或装饰性修补。涂浆法是将水泥浆、环氧树脂等材料涂抹在裂缝表面，形成封闭层，阻止水分与杂质侵入；贴玻璃纤维布法是在裂缝表面涂刷胶粘剂后，粘贴玻璃纤维布，利用其高强度特性增强混凝土表面的抗裂能力，适用于宽度小于

0.2mm的裂缝。（2）灌浆法多用于深裂缝或有防渗要求的裂缝处理。采用压力灌浆设备，将水泥浆、环氧树脂浆液等注入裂缝内部，通过浆液的固化填充裂缝，恢复结构的整体性与密封性。对于宽度0.2-1mm的裂缝，可选用化学浆液；宽度大于1mm的裂缝，宜采用水泥基浆液。（3）嵌缝法适用于宽度较大（大于3mm）或需美观处理的裂缝。先将裂缝凿成V形或U形槽，清理干净后填入弹性密封材料（如聚硫橡胶、硅酮密封胶），再用聚合物砂浆抹平表面，既能封闭裂缝，又能适应结构变形。（4）结构加固法针对影响结构性能或承载力的裂缝，通过增加截面、粘贴钢板或碳纤维布等方式提升结构强度。例如，对梁体受拉区裂缝，可在表面粘贴碳纤维布，利用其高抗拉强度分担荷载；对桥墩裂缝，采用外包钢板加固，增强整体承载能力，确保结构安全。

结束语

综上所述，道路桥梁裂缝的产生源于多方面因素，但通过科学合理的设计、严格的材料质量控制、精细的施工管理和有效的后期维护，可以显著降低裂缝发生的风险。面对裂缝问题，我们应采取针对性的处理措施，及时修补裂缝，确保道路桥梁的结构安全和使用寿命。未来，随着技术的进步和管理水平的提升，道路桥梁裂缝的防治将更加高效，为城市交通的顺畅与安全提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]谷磊.道路与桥梁施工中裂缝产生的原因及处理措施[J].中国地名,2024,(06):55-57.
- [2]沈万中.道路与桥梁施工中裂缝产生的原因及处理措施[J].工程技术研究,2021,(09):93-94.
- [3]齐尚辉.道路桥梁施工中混凝土裂缝的原因及对策[J].住宅与房地产,2020,(15):205-206.
- [4]崔振杰.道路桥梁施工中混凝土裂缝的原因及对策分析[J].交通世界,2020,(Z2):150-151.