

道路桥梁施工中混凝土裂缝成因分析及应对措施

曹莉

河南中州路桥建设有限公司

DOI: 10.32629/jpm.v7i1.8661

[摘要] 混凝土裂缝是道路桥梁工程中普遍出现且易被忽视的质量问题，直接关系到结构的耐久性以及运营安全，其成因是材料波动、温湿度变形、施工工艺有偏差、早期养护不充分以及不利约束等多因素耦合所致。裂缝容易引发钢筋被锈蚀、保护层出现劣化及承载性能衰减，显著增添后期养护的成本与风险。本文结合工程工况与管理特点，分析裂缝类型、危害及诱因，提出材料、工艺、养护等综合防控措施，经工程案例验证有效，为同类工程提供参考，具有推广价值。

[关键词] 道路桥梁；混凝土裂缝；措施

Analysis and Countermeasures of Concrete Cracks in Road and Bridge Construction

Cao Li

Henan Zhongzhou Road and Bridge Construction Co., Ltd.

[Abstract] Concrete cracks are a common and easily overlooked quality problem in road and bridge engineering, directly related to the durability and operational safety of the structure. Their causes are the coupling of multiple factors such as material fluctuations, temperature and humidity deformation, construction process deviations, insufficient early maintenance, and unfavorable constraints. Cracks can easily cause corrosion of steel bars, deterioration of protective layers, and degradation of bearing performance, significantly increasing the cost and risk of later maintenance. This article analyzes the types, hazards, and causes of cracks based on engineering conditions and management characteristics, and proposes comprehensive prevention and control measures such as materials, processes, and maintenance. These measures have been verified to be effective through engineering cases and provide reference for similar projects, with promotional value.

[Key words] roads and bridges; Concrete cracks; measure

引言

在交通基础设施持续扩容背景下，道路桥梁工程正朝大跨径、重载化与寿命周期耐久性目标演进，结构所处环境也更加复杂。日照与昼夜温差、风干与冻融、氯盐侵蚀及车辆荷载等共同作用，使早龄期裂缝更易产生并在服役期发展。裂缝和简单的“施工瑕疵”不是一回事，在道路桥梁的实际施工当中，构件厚度有较大变化、约束作用极为显著、连续浇筑组织难度较大，温度梯度和收缩变形往往在初期就引发开裂；原材料批次有差异、拌和与运输的情况、泵送与振捣的操作、模板支架的刚度及拆模的时机等均可能增加裂缝风险，假如仅依靠事后修补，往往没法消除渗透通道以及耐久性隐患。基于此，本文以“材料—工艺—环境—管理”全过程为主线，聚焦施工阶段成因链条与可操作控制措施，使分析与建议更贴近工程实践与验收要求。并从全寿命视角提出过程控制要点，便于在现场直

接落实与验收对接，增强建议的针对性与更可操作性。

1 道路桥梁混凝土裂缝的表现特征与工程影响

道路桥梁混凝土裂缝在形态表现与致裂机理上具有明显的场景差异。像桥面铺装层、箱梁顶板及翼缘板的薄壁区域，往往会产生沿桥向或横向的细微龟裂纹，多数和早期失水收缩、温度梯度以及表面约束有关系；墩身、盖梁、端横梁这类大体积部位，鉴于水化热与散热不均，易形成温度裂缝，甚至是贯通裂缝，裂缝多数呈现竖向或斜向分布，于水化热峰值出现或昼夜温差显著的阶段更易冒出来；伸缩缝临近区域、湿接缝及新旧混凝土相交接的地方，就因变形不协调以及界面约束形成裂缝密集带。裂缝的危害不只是体现在外观存在缺陷上，更会造成结构防护与受力体系的强度减弱；裂缝为水、二氧化碳以及氯离子开通了快速通道，加速钢筋生锈及耐久性的退化；裂缝引起刚度降低以及应力重新分布，较易诱发疲劳扩展、

挠度增大与渗漏方面的病害，增加养护开支同时影响通行的安全性。因此，应坚持“预防优先、过程控制为主、修补为辅”，在施工阶段前置管控关键触发因素。并明确以预防为主、治理为辅的控制原则，增强其可实施性，便于指导现场工序安排与后续维护决策。

2 道路桥梁施工中混凝土裂缝成因的关键问题分析

2.1 材料与配合比波动引发的收缩开裂问题

道路桥梁对混凝土的和易性、泵送性、早期强度及耐久性指标要求较高，但现场常因材料来源多、批次差异大而导致拌合物性能波动。水泥品种和掺合料活性出现变化、砂石含泥量超出正常水平或级配不合理、外加剂适应性不达标等，会引起水胶比与含气量的变动，引起泌水离析情形或粘聚性有缺陷，致使孔结构与收缩发展不协调，为求施工便利而胡乱加水或过量掺入外加剂，也将增大收缩量、降低弹性模量并弱化早期抗拉能力，在温差和约束共同作用下引发塑性收缩、干燥收缩甚至贯穿裂缝。尤其桥面铺装、湿接缝等薄层或界面部位对收缩更敏感，配比控制一旦失稳，裂缝常呈网状或沿界面扩展，渗水与冻融风险随之升高。应通过批次比对与复核，确保指标稳定并可追溯。从源头显著降低收缩差异诱发裂缝发生概率。

2.2 温度应力与约束条件叠加导致的温差裂缝问题

道路桥梁构件常具有截面厚、散热受限或保温不均等特点，水化热释放与外界温度波动叠加后易形成显著温度梯度。大体积部位里面升温快、表面散热快，若是内外温差过大，表层承受的拉应力可能超出早龄期抗拉强度，最终造成开裂；如箱梁顶板、翼缘板之类受日照影响的区域，约束条件下，昼夜循环的温差引发反复拉压作用，推动微裂缝逐步变成可见裂缝，模板支架刚度、预应力孔道的布置情况、钢筋密集程度以及新旧混凝土界面等改变约束水平：变形越难实现释放，应力越集聚起来，裂缝更容易在转角、孔道周边以及截面突变处显现。若对浇筑季节、昼夜温差、风速及保温措施研判不足，温控指标缺失或执行不严，温差裂缝往往突发且扩展性强，给修补与耐久性带来长期隐患。并结合测温与保温制度，形成可执行的温控闭环，显著降低风险。

2.3 施工工艺与早期养护薄弱造成的塑性裂缝与界面裂缝问题

施工组织与工艺控制往往是裂缝形成的主导因素。处于泵送距离变得较长、入模温度较高或风干强度大的条件里，当浇筑间歇时间太长、振捣不密实或者二次抹面时机选择不当，表层容易出现塑性收缩的裂缝或沉降裂缝；若钢筋密集情形出现或保护层控制不平稳时，泌水及沉降的移动受阻，钢筋上方更易出现裂缝区域。模板刚度若不足、拼缝漏浆会削弱局部强度，而拆模过早会让早龄期构件受自重与温度变形的作用而出现

拉裂，更应关注的是养护方面薄弱：覆盖保湿未及时落实、洒水次数不足、养护期限过短或材料不契合，会造成表层失水速率过快、收缩梯度迅速增高，进而产生龟裂。桥面铺装、湿接缝等界面部位若凿毛清理、界面剂涂刷与浇筑衔接控制不到位，也易产生沿界面扩展的裂缝与空鼓，最终表现为渗水、剥落与耐久性下降，以确保开裂风险总体可控且可追溯。

3 道路桥梁施工中混凝土裂缝防控与处置的对应措施

3.1 面向收缩风险的材料与配合比稳定化控制措施

针对材料与配合比波动引发的收缩开裂，应以“源头稳定—过程校核—现场纠偏”为主线建立可执行的控制体系。切实强化原材料一致性管理，开展水泥品种、强度等级，掺合料活性、细度，骨料含泥量、级配以及外加剂适配性方面的进场复验和批次对比，避免频繁替换造成拌合物性能急剧变化；对桥面铺装、湿接缝等薄层结构，宜运用收缩更可控的配合比思路，经由降低水胶比、改良砂率与级配状况、控制胶凝材料总量并搭配减水剂体系，减少泌水离析现象的出现并抑制收缩峰值。把“工作性—强度—收缩”协同指标添加到配合比设计与现场复核之中，严令禁止为追求坍落度随意地加水或超量掺入外加剂，必要时利用二次试拌核对不同温度条件下坍落度损失规律，保证泵送及入模性能稳定无异常，针对高敏感的部位，可采用适合工程的组合办法。如合理掺用膨胀剂或收缩降低剂并配合纤维增强、钢筋网片等，提高早期抗裂能力。同时配套严格养护以确保效果发挥。最后，建立拌和质量追溯与快速调整机制，对每车坍落度、入模温度、含气量等关键参数记录预警，异常时及时调整而非带病浇筑，从管理层面切断“批次波动—收缩差异—裂缝出现”的链式风险，并将关键参数纳入台账管理，实现异常预警与快速纠偏闭环，从制度层面保障稳定供料并减少波动幅度。

3.2 面向温差裂缝的温控设计与约束释放一体化措施

针对温度应力与约束叠加问题，应将温控由经验性操作提升为指标化、数据化过程管理。施工策划阶段需结合构件体积、散热条件与季节气候编制温控方案，明确入模温度、峰值温度及内外温差等控制目标，并据此选择胶凝材料体系与浇筑时段；处于高温或温差较大的季节，可运用冷却拌合用水、遮阳进行降温、夜间实施浇筑和缩短运输时间等方式降低入模温度，针对大体积部位，优先采用低热或中热体系，合理增大掺合料比例，配合分层分段不间断浇筑，避免集中放热引起温度过高攀升；布设测温点，留意温度曲线走向，依据实际测量结果动态调节保温厚度与拆模时间，保证温度梯度在可控范围。应积极优化相关约束条件：模板支架应具备充足刚度，防止不均匀约束，施工缝与后浇带的设置要有利于释放温度带来的变形，且符合整体受力；新旧混凝土相交接处要对间隔与界面处

理进行控制，降低模量差异所引起的变形不匹配状况。对箱梁顶板、翼缘板等受日照影响部位，应采取覆盖保温保湿、延长保温时间与分阶段揭除等措施缓释骤冷骤热，降低表层拉应力峰值，从而减少温差裂缝发生。并在关键部位建立测温—保温—拆模联动机制，依据实测动态调整覆盖厚度与揭除时机，避免温差突变造成附加拉应力，同时兼顾施工组织效率与安全要求。

3.3 面向施工与养护薄弱环节的工艺闭环与质量管理措施

针对塑性裂缝、沉降裂缝及界面裂缝等工艺与养护问题，应建立贯穿“浇筑—成型—养护—拆模—验收”的闭环控制链。浇筑阶段要优化施工组织，保障连续性均匀性，控制分层厚度和间歇时间，防止冷缝与弱界面；振捣应密实适度，重点关注钢筋密集区、孔道周边与转角部位，避免漏振导致蜂窝麻面或过振引起离析。成型与收面这一环节得把控好抹面时机，杜绝泌水未终止时进行抹压，造成表面封闭、内部水分迁移遇阻碍，结果诱发裂缝；针对桥面铺装等薄层区域，应结合风速与温度的具体情况，采取防风遮阳、喷雾抑制蒸发量等举措，养护事宜强调“及时、持续、有效”要点，浇筑完成后尽早覆盖保湿，维持足够的期限；若处于高温干燥或大风状况，需提高洒水的次数、保证覆盖严密，必要的时候选用保水性更强的养护材料，防止局部产生失养现象。拆模、张拉等关键工序要把强度与温控条件当作依据，切勿过早拆模，更不能在不利温差阶段施加附加效应，对湿接缝、新旧界面，应严格做好凿毛、清洁、湿润及界面剂涂刷工序，掌控浇筑衔接及振捣的手段，优化整体水平，并对裂缝巡检与缺陷处置环节进行前置，运用首件制模式、样板带领、旁站督查与记录追溯，达成从事后修复到过程预防的转变。并对关键工序实施旁站与样板引路，明确责任分工与验收节点，及时纠正偏差，避免问题累积。同时建立裂缝巡检与信息反馈机制，按部位、时间与宽度分级记录，形成处置闭环并为运维提供依据，确保全过程质量总体更可控更可核查。

4 工程案例分析

某桥为城市快速路跨线节点工程，采用预应力混凝土箱梁与现浇桥面铺装组合体系。施工跨越夏季高温及秋季昼夜温差增大阶段，环境温湿度波动显著。浇筑后早期巡查发现，箱梁顶板、桥面铺装局部出现细微网状裂纹，部分区域横向呈连续发展态势，湿接缝附近存在轻微渗水隐患。项目组结合气象资料、施工记录及现场工况复核，明确裂缝风险由多因素叠加导致：入模温度偏高、日照致表层温度起伏、局部覆盖不严引发早期失养，加之铺装层较薄、水分蒸发强烈。若未及时干预，后续温差循环与车辆荷载可能加速裂缝扩展，形成耐久性损伤

通道。工程采用“预防优先、分类处置、过程强化”综合策略：一是稳定材料与配合比，严格试拌与到场复核，严禁随意加水，精准校核外加剂适配性与计量精度，保障坍落度及泵送性能稳定；二是前置温控措施，将浇筑调整至夜间或清晨，配合遮阳降温、冷却用水降低入模温度，对顶板及铺装层实施保温保湿覆盖，布设简化测温点跟踪内外温差，依据实测数据分阶段揭除覆盖；三是强化工艺与养护，控制连续浇筑及收面时机，增加喷雾保湿与洒水频次，湿接缝界面严格执行凿毛清理、湿润处理及界面剂涂刷工序。对已出现的细微裂纹，以渗透封闭与表面保护为核心处置方式，阻断渗透通道并设置观察期跟踪。治理期间同步开展关键工序旁站监督与记录追溯，确保措施闭环落地。实施后复测显示，裂缝扩展趋势显著放缓，局部渗水现象有效缓解，桥面外观质量与耐久性风险控制水平同步提升。该案例表明，将温控管理、材料稳定性控制及有效养护纳入施工全过程，以数据化管理支撑决策与责任落实，可显著降低道路桥梁早期裂缝风险，具备推广价值。

结束语

道路桥梁施工阶段混凝土裂缝具有多因素耦合特征，材料与配合比波动、温度应力及约束条件、施工工艺偏差、早期养护不足共同构成致裂因素。裂缝控制的核心是全阶段预防和闭环管理工作，不是仅靠单点补救措施：采用稳定原材料与配比的方式降低收缩波动风险，借助温控设计与约束优化削减温差拉应力的峰值，凭借连续浇筑及有效养护强化早龄期抗裂能力，依靠质量记录及过程监管保证措施落地执行，案例实证说明，当裂缝控制从凭借经验转向以方案化、指标化、责任化实施，可大幅降低裂缝出现比率及扩展走向，同步消除耐久性面临的隐患。后续同类工程应强化环境工况与关键指标监测评估，将裂缝控制嵌入施工组织、质量验收与运营维护协同体系，实现工程质量与全寿命成本综合优化，全面提升结构耐久性与运营安全水平。

[参考文献]

- [1]周咏梅.道路桥梁施工中混凝土裂缝成因及应对措施研究[J].运输经理世界, 2024(11): 123-126.
- [2]翟碧霞.道路桥梁施工中混凝土裂缝成因及应对措施[J].四川建材, 2024(2): 190-191, 197.
- [3]曹洪梅.道路桥梁施工中混凝土裂缝成因以及应对措施探讨[J].城市建设理论研究(电子版), 2023(20): 148-150.
- [4]蔡磊.道路桥梁施工中混凝土裂缝成因分析以及应对措施[J].科技视界, 2021(30): 115-116.
- [5]申鹏.道路桥梁施工中混凝土裂缝成因分析及应对措施[J].交通世界, 2021(15): 37-38.