道路桥梁施工中的裂缝成因及预防策略研究

佘攀登
湖南省高速公路集团有限公司怀化分公司靖州南路产养护管理所　湖南　怀化　418400

摘　要：在道路桥梁施工过程中，裂缝问题对交通安全构成严重威胁，不仅影响桥梁的外观，对桥梁的耐久性也有较大影响，同时也增加后期道路桥梁的维护成本，影响工程的效益与经济回报，是当前施工管理中的重要关注点。为此，应深入分析裂缝形成的具体原因，并提出有效的预防措施，以减少其对道路桥梁施工的负面影响。基于此，本文对道路桥梁施工中的裂缝成因及预防策略进行探讨。

关键词：道路桥梁；裂缝成因；预防

引言：道路桥梁裂缝影响道路桥梁外观、耐久性，还导致结构性损害，并引发潜在的安全风险。为有效预防施工过程中出现裂缝，施工设计与执行应严格遵循相关标准，确保施工工艺的合理性，选用高品质的建筑材料以降低裂缝发生概率。施工过程中应加强质量管理与监控，及时发现潜在问题并进行整改，防止裂缝扩展，避免其发展成严重的结构缺陷，确保桥梁运营安全。

1 道路桥梁施工裂缝的危害性

1.1 影响结构稳定性

桥梁作为交通运输的重要基础设施，其结构安全性决定交通流畅与公共安全，裂缝扩展至一定程度会导致材料局部破坏，削弱承载力，导致桥梁结构失稳。在桥梁受力部位，裂缝可导致应力集中，破坏原有应力分布，进而引发更加严重的结构性问题。裂缝会增加局部区域的应力，影响桥梁动力响应，在车辆荷载的动态作用下，裂缝会加剧振动幅度，造成结构二次损害。在桥梁的跨越部分，裂缝会导致钢筋混凝土梁体的黏结力下降，使钢筋无法发挥应有的承载作用，最终导致结构整体失效。裂缝还对桥梁疲劳性能产生负面影响，长期荷载作用下，裂缝的逐步扩展会导致疲劳裂纹传播，从而降低结构的使用寿命。

1.2 影响经济效益与社会效益

裂缝会增加桥梁养护成本，扩展到桥梁关键部位时修复工作会更加复杂且费用高昂。桥梁早期损伤使其在后期运营过程中需要频繁进行结构加固，耗费大量人力、物力、财力，还会导致停工，增加经济负担。对于城市桥梁，裂缝带来的交通影响会直接导致运输效率下降，出现道路交通拥堵情况，造成货物运输延误，从而影响地方经济的正常运转。裂缝还影响桥梁载重标准，交通负荷加大的情况下，损伤部分的承载力不足使得桥梁使用寿命大幅缩短，迫使管理部门进行大规模加固，增加替代成本。裂缝带来的安全隐患还会降低公众对基础设施的信任度，影响公众出行信心。裂缝频繁出现会使原本预期的服务年限缩短，提前消耗财政预算，妨碍公共资金的合理分配与使用，影响社会资源的配置效率。

2 道路桥梁施工中的裂缝成因

2.1 设计缺陷

设计缺陷直接影响桥梁结构的长期稳定性，设计过程中未能充分考虑荷载的变化及桥梁结构的实际受力情况，导致设计计算偏差过大，造成结构在施工及使用过程中受到不均匀的应力分布，引发裂缝。在桥梁跨径设计中，若未合理考虑跨度与支撑条件之间的关系，忽视地质条件变化对桥梁基础的影响，将导致桥梁发生不均匀沉降，从而在桥梁关键部位出现裂缝。设计时若材料选择不当，未充分考虑混凝土的物理力学特性，会导致材料的力学性能不能满足桥梁长期使用的需求，进而引起裂缝的产生。若混凝土配比、钢筋保护层厚度等设计因素未经过严格验证，将导致桥梁在实际使用过程中承受超出设计承载能力的应力，导致裂缝的生成。部分道路桥梁施工忽视施工条件的合理设计，未充分考虑施工过程中的温湿度波动，导致施工后的应力释放不均，产生裂缝。在桥梁长期运营中，对桥梁维修养护周期、维修技术的预判存在不足，未能设计合理的预防措施，导致结构逐渐疲劳老化，进而促使裂缝扩展[1,2]。

2.2 荷载问题

过大的交通荷载是导致裂缝形成的直接原因，在桥梁设计荷载计算不充分且未考虑未来交通量增长的情况

作者简介：姓名：佘攀登（1982-03），性别：男，籍贯：湖南省长沙市，民族：汉族，职称：助理工程师，职务：靖州南路产养护管理所副所长，研究方向：道路与桥梁隧道工程专业，主要从事道路与桥梁隧道的管理与养护工作。

下，实际使用荷载会超出桥梁的设计承载能力，导致结构产生裂缝。图1为不同受理条件下的裂缝示意图[3]。

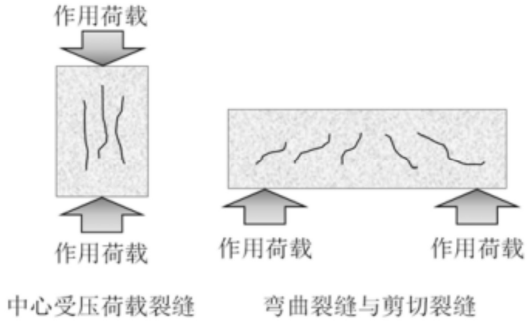

图1 常见荷载裂缝的主要类型

荷载过大通常会引起桥梁结构的过度变形，采用预应力混凝土结构时局部应力集中现象更加明显，若应力过大或分布不均，极易引发裂缝，如图2为盖梁受力产生网状裂纹。车辆荷载、温度荷载、风荷载等不同荷载的组合效应导致结构不同部位产生不同类型的裂缝，由于动态荷载对桥梁的影响，车辆行驶产生的振动效应会加剧桥梁的疲劳损伤，长时间作用于结构后导致微裂缝扩展，形成宏观裂缝，从而影响桥梁的整体稳定性。

图2 盖梁受力产生网状裂纹

不同荷载的作用方式及其交替作用还使桥梁受力状态发生变化，导致结构反复变形，进而诱发裂缝的发生。桥梁支座、桥墩等部位应力过大会导致局部裂缝的生成并扩展，影响桥梁的长期使用安全。桥梁施工过程中若忽视对荷载分布的合理分析，未充分考虑荷载变化对桥梁结构产生的长期影响，会使桥梁早期损伤，裂缝的出现更加频繁。如图3所示，为道路桥梁裂缝展示图。

图3 道路桥梁裂缝展示图

斜坡上的桥梁立柱受边坡推力作用同样可产生裂纹，如图4所示。

图4 边坡推力引起的立柱裂缝

2.3 施工材料

混凝土配合比设计不合理，原材料质量不合格，会导致混凝土强度不足，从而在浇筑过程中形成裂缝。水泥、骨料和水的比例失调，使用不符合标准的水泥，都会影响混凝土的凝结性能，导致混凝土内部产生不均匀收缩，进而产生裂缝，如图5。桥梁跨中、支座等受力较大部位，混凝土抗拉强度较低，其受拉应力超过其极限值时裂缝便会发生。钢筋强度等级不符合设计要求，钢筋防腐保护层厚度不足，安装位置偏差，会影响其与混凝土的黏结性能，导致钢筋与混凝土之间的相互作用不良，使桥梁在荷载作用下出现裂缝。

图5 水泥不合格导致的混凝土裂缝

桥梁施工中，若未严格按照设计要求选择高性能的水泥基材料，将导致混凝土的抗裂性能不足，进而影响桥梁的整体结构稳定性。施工过程中若未严格控制材料的养护条件，温湿度过高或过低，混凝土水化反应受到不利影响，会出现早期裂缝。在盐分较高的环境中，钢筋容易发生锈蚀，导致混凝土膨胀破坏，裂缝扩展[4]。

2.4 温度因素

混凝土浇筑过程中，水泥水化反应会释放大量热量，这种自生热效应在温差较大的环境中会导致混凝土内部温度过高，形成温度梯度，从而引发热膨胀，产生裂缝。当混凝土温度变化较快时，外部冷却速度和内部水泥水化反应释放的热量存在差异，导致表面和内部温度梯度过大，混凝土表面由于收缩速率较快产生表面裂缝，而内部则因为水化热积累产生膨胀导致内外应力差异，造成裂缝的出现，如图6。

在高温夏季或寒冷冬季施工时，混凝土温差变化剧烈，无法有效控制混凝土的温升过程，导致温度裂缝产生，桥梁支座、主梁受温度应力影响最为明显。在桥梁长期运营过程中，由于昼夜温差变化的反复作用，桥梁

结构不断受到热胀冷缩的影响，导致混凝土与钢筋的膨胀系数不一致，产生热应力，导致裂缝的逐渐扩展。在桥梁长时间暴露于高温或低温环境中时，温度变化引起的膨胀和收缩效应会加剧裂缝形成，温度引起的位移变形易导致局部应力集中，从而促进裂缝的形成。

（a）表面裂纹　　（b）深层裂纹

图6 温度裂纹

3 道路桥梁施工中裂缝的预防策略

3.1 提升工程设计阶段的质量控制

在道路桥梁施工过程中，应加强对地质勘察数据的深入分析与审查，确保设计方案精准反映施工环境的复杂性，根据实际地质条件合理选择结构形式与施工方法。在不均匀沉降区域，应采取适应性更强的设计方案，加大基础的承载能力，优化桩基设计，以减少因沉降不均引发的裂缝问题。在桥梁结构设计时，应综合考虑温度应力、湿度变化等因素，合理确定构件的抗裂性与耐久性设计参数，设计时应充分考虑混凝土的收缩及温度引起的应力变化，采用适宜的混凝土配合比，以有效提高结构的抗裂性能。在桥梁设计过程中，需确保施工图的完整性与准确性，详细说明所有构件尺寸、材料规格，避免施工过程中因设计误差导致的施工偏差，从而引发裂缝。设计阶段还需加强结构计算与模型验证，应用现代工程软件对设计方案进行全面的模拟分析，提前识别潜在裂缝风险，并优化设计参数来有效规避相关问题。设计人员应根据工程的特定要求对桥梁的防水、防腐等细节给予充分关注，合理配置防护层，在腐蚀性较强的环境中采用耐腐蚀性材料，避免因环境因素导致的裂缝扩展。同时，制定多方审核与评审机制，确保设计方案经过专业团队的严密审查，及时发现并纠正潜在问题，从而为后续施工阶段的质量保障奠定坚实基础[5]。

3.2 有效控制桥梁荷载

在道路桥梁施工过程中，应在设计阶段严格按照荷载标准进行桥梁的结构设计与计算，确保桥梁能够承受最大设计荷载，为未来增加的交通荷载留有足够的安全余量。在此基础上，合理选择桥梁的结构形式与材料，并根据交通流量、桥梁使用年限等因素进行荷载分布的合理规划，避免集中荷载对桥梁局部区域造成过度应力集中，导致裂缝的出现。在施工过程中，施工方案应充分考虑荷载的施工模拟，建立科学的荷载模型，结合实际施工阶段的荷载变化合理安排施工过程中的临时荷载分布，确保桥梁结构在施工过程中不会遭受超载现象。对于大型桥梁，施工期间的重型机械荷载应严格控制，避免施工设备频繁通过结构薄弱部位产生不均匀荷载分布，从而引发裂缝。施工过程中要保证桥梁支撑系统的均匀受力，避免出现因支撑不均而造成结构应力集中，影响整体抗裂性能。在桥梁投入使用后的运营阶段，应建立完善的荷载监测系统，对桥梁运行荷载进行动态检测，及时掌握桥梁的荷载变化趋势，并根据实际运营荷载调整桥梁的维护与加固方案，防止超荷运行导致桥梁结构逐渐产生疲劳裂缝。针对交通荷载对桥梁的长期影响，定期进行桥梁的荷载性能评估与疲劳分析，确保桥梁的长时间稳定运行。

3.3 做好施工材料的质量控制

材料采购应严格遵循国家与行业相关标准，确保所有使用的原材料符合规定的质量要求，水泥、钢筋、混凝土等关键材料需由具备资质的供应商提供，并在进场前进行严格的检验与抽样检测，确保其物理力学性能满足设计要求。对于混凝土材料，应控制水胶比，选择适合的配合比，使用高性能外加剂，以增强混凝土的抗裂性能与抗渗透能力。对于钢筋材料，应进行抗拉强度、延伸率等相关性能的检测，确保钢筋的力学性能符合设计要求，防止因钢筋质量问题导致的结构开裂。施工过程中，应对混凝土的搅拌、运输、浇筑等环节进行严格控制，确保混凝土配比精确，搅拌均匀，避免因混凝土不均匀导致的局部收缩不一致，防止裂缝发生。在混凝土浇筑过程中，应严格控制浇筑的速度与温度，防止温度梯度过大引起温差裂缝，并采取适当的养护措施，保证混凝土在初期养护阶段内的湿度与温度条件，避免因养护不足引起的干缩裂缝。对于桥梁的预应力钢筋，施工过程中应严格控制张拉力的均匀性，确保预应力筋的合理张拉与锚固，避免因预应力不均而导致裂缝问题。施工过程中，应对材料存储与运输条件加强管理，在潮湿、腐蚀环境中对钢筋水泥进行防潮防腐处理。施工后期，应及时清理施工现场的废料、残余材料，避免其对桥梁结构产生负面影响，保持施工区域整洁，减少施工过程中产生的材料质量隐患[6]。

3.4 科学控制施工温度

在大体积混凝土施工中，应重视混凝土的温度控制，避免由于温差过大导致的温度应力集中，产生裂缝。浇筑前，应合理选择施工时间，避开高温或低温的极端天气条件，确保混凝土的浇筑与养护在适宜的温度范围内。

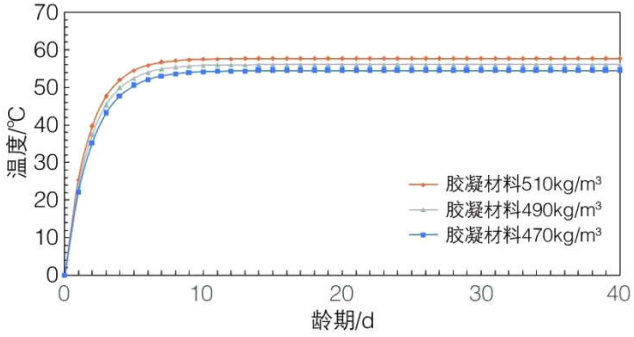

图7 不同胶凝材料用量的混凝土温升曲线

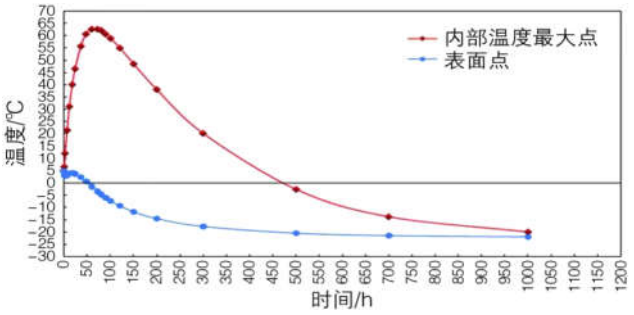

图8 大体积混凝土的表面及内部升温历程

在高温环境下施工，可以采用温控混凝土，使用低水胶比、高掺量的矿物掺合料，以降低混凝土的水化热，减少内外温差引发的裂缝风险，如图7、图8为不同水胶比下的混凝土温升曲线及大体积混凝土的升温历程。低温环境下，可以采用加热剂、保温覆盖等方法来确保混凝土在足够的温度条件下完成水化反应，防止由于冻结水化导致的混凝土强度不足及裂缝。混凝土的养护阶段也是温度控制的关键期，应根据环境温度变化及时调整养护措施，低温季节应采取覆盖保温、蒸汽养护等技术，确保混凝土在规定的温湿度条件下进行充分养护，避免因养护不足导致的早期裂缝[7]。

图9 温控前和温控后混凝土裂纹对比图

在桥梁沥青铺设施工中，沥青混合料的施工温度应控制在设计范围内，避免由于沥青冷却过快或过慢引发的不均匀收缩裂缝，施工过程中应采用温控设备，及时调整铺设速度，以保证沥青的最佳施工温度，如图9为温控前后的施工质量对比图。在桥梁结构施工过程中，应合理控制预应力施工区域的温度，防止因温度不均匀造成应力集中，从而诱发裂缝。

结束语：综上所述，为有效减少道路桥梁施工中的裂缝问题，需加强材料质量监控，合理控制施工工艺，并采取适当的温度补偿措施，有效防止裂缝发生，提升桥梁结构的稳定性与耐久性，从而确保道路交通的安全性。在桥梁设计、施工及维护过程中，应严格遵守相关规范标准，强化质量控制与现场管理，充分预防并有效控制裂缝的生成，确保桥梁的可靠性，延长其使用寿命。

参考文献

[1]陈佳运.市政道路桥梁施工中现场施工技术的应用[J].黑龙江科学.2023.14(24):132-134.

[2]刘春江.道路桥梁施工中混凝土裂缝成因及应对措施[J].汽车周刊.2024.(07):98-100.

[3]罗奕城.道路桥梁设计与施工裂缝成因分析研究[J].交通科技与管理.2023.4(19):113-115

[4]李师华.道路桥梁施工造价管理全过程控制探讨[J].散装水泥.2023.(06):63-65+68.

[5]林史仪.BIM技术在桥梁工程施工进度管理中的应用[J].城市建设理论研究(电子版).2023.(36):126-128.

[6]蔡涛.道路桥梁施工管理中存在的问题及优化措施[J].运输经理世界.2023.(36):80-82.

[7]黎梓峰.预应力技术在道路桥梁工程施工中的质量管理研究[J].运输经理世界.2023.(36):126-128.