

市政道路桥梁工程中混凝土裂缝成因及防治措施

文 / 任心和 龙港市社会事业局

摘要：市政道路桥梁工程中，混凝土裂缝的发生是常见且影响工程质量与使用寿命的重要问题。裂缝的成因主要包括外部荷载、温湿变化、施工工艺不当及材料选择不合理等因素。裂缝不仅降低结构的强度和耐久性，还可能影响桥梁的安全性。为有效防治混凝土裂缝，必须从设计、施工、养护等多方面入手。采取合理的配比设计、改进施工工艺、加强养护管理等措施，能够有效预防和控制裂缝的产生，确保市政道路桥梁的长期稳定性和安全性。

关键词：混凝土裂缝；成因；防治措施；市政桥梁；工程质量

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.09.052

引言

市政道路桥梁是城市基础设施的重要组成部分，承载着日常交通的重任。然而，在其建设和使用过程中，混凝土裂缝的产生常常成为影响工程质量和长期使用安全的重要问题。裂缝不仅会降低桥梁的承载能力，还可能引发结构性损坏，进而影响行车安全。研究裂缝的成因与防治措施，不仅对提升市政道路桥梁工程质量至关重要，也为今后的工程实践提供了科学依据与指导。有效防止裂缝的发生，是保证市政基础设施稳定性和耐久性的重要手段。

一、混凝土裂缝的主要成因分析

在市政道路桥梁工程中，混凝土裂缝的产生是一个多因素作用的结果。混凝土裂缝的成因通常可分为外部因素、内部因素以及施工因素等。外部因素如荷载作用、温湿度变化、地基沉降等，是导致混凝土裂缝发生的重要原因。荷载作用主要是指车辆和其他交通负荷对桥梁结构产生的压力，长期作用会使混凝土产生塑性变形，进而导致裂缝的出现。此外，温湿度变化是桥梁混凝土结构中较为常见的裂缝成因。温度的剧烈波动会导致混凝土内部产生温度应力，特别是在寒冷或炎热的季节，混凝土的热膨胀和收缩很容易使结构表面出现裂缝。湿度变化也会引起混凝土内水分的蒸发与吸收，导致微裂纹的扩展，从而引发更大的裂缝。

内部因素主要包括混凝土的配合比、强度等级及其耐久性等。混凝土的配合比直接影响其密实度和抗压强度，若水泥与水的比例不合理，会导致混凝土的干缩和开裂。混凝土强度的不足也会导致裂缝的产生，尤其是在施工过程中未能满足设计强度要求时，混凝土容易因受力不均而产生裂缝。混凝土的耐久性不足，尤其是在高腐蚀环境中，裂缝会加速其恶化过程。若混凝土中水泥的选用不当或掺合料不合格，会降低混凝土的抗裂性能，从而易发生裂缝。

施工因素也在裂缝形成中起着重要作用。混凝土的浇筑和养护工艺直接影响其质量和稳定性。浇筑过程中

若混凝土振捣不充分或不均匀，可能导致混凝土内部出现空隙或孔洞，这些缺陷在受力时容易引发裂缝。养护不当也是导致裂缝产生的关键因素。混凝土在初期养护过程中，若水分蒸发过快，或者养护温度控制不当，都会导致表面干裂或内部应力积聚，从而产生裂缝。结合实际工程案例，不同的外部因素和施工质量不均常常交织作用，进一步加剧了裂缝的形成和扩展。

二、外部荷载对混凝土裂缝的影响

外部荷载对混凝土裂缝的影响不可忽视。在市政道路桥梁工程中，混凝土结构通常需要承受车辆荷载、交通频繁变动以及各种外部作用力的长期影响。随着荷载的持续作用，混凝土内部的应力不断积累，如果荷载超过混凝土的设计承载能力，便会引起裂缝的形成和扩展。荷载作用引发的裂缝通常表现为弯曲裂缝和剪切裂缝，特别是在桥梁的支撑部位和跨中区域，最易受到荷载集中作用，导致裂缝的发生。

在桥梁的设计中，混凝土的抗拉强度较低，因此在受到外部荷载时，尤其是动态荷载作用下，混凝土结构容易出现拉应力集中区，导致裂缝的形成。交通荷载的变化会导致混凝土结构不断承受不同强度的重复荷载，这种反复的荷载作用不仅增加了裂缝产生的几率，还可能加速裂缝的扩展。当交通量增大或交通荷载异常时，裂缝可能会扩展至结构的关键部位，严重影响桥梁的整体安全性和使用寿命。

荷载引起的振动效应可加剧混凝土裂缝的形成，特别是在大型桥梁中，车辆经过产生的振动会加大内部应力波动，迅速扩展微小裂缝，影响结构稳定性。尤其是在老旧桥梁或未考虑未来荷载增大的设计中，容易引发结构性裂缝。因此，设计时需充分考虑未来交通荷载增加和荷载重复作用的影响，避免超负荷运行导致裂缝。外部荷载的不均匀分布、强度增加及重复作用是混凝土裂缝的重要原因。为确保结构稳定和耐久性，设计和施工时应充分考虑荷载因素，采取相应防治措施，减少裂缝发生。

三、温湿变化与施工工艺在裂缝产生中的作用

温湿变化和施工工艺在混凝土裂缝的产生中扮演着重要角色。在市政道路桥梁工程中，混凝土的固化过程及其后期养护受到环境因素的强烈影响。温度变化，特别是温度骤升骤降时，混凝土的膨胀和收缩会引起较大的内部应力，导致裂缝的产生。当温度较高时，混凝土内部水分蒸发速度加快，可能引发表面干裂；相反，当温度降低时，混凝土会出现收缩现象，如果收缩受到限制，便会产生拉伸应力，从而导致裂缝的出现。这种温度应力不仅影响混凝土表面的完整性，还可能渗透到深层区域，尤其是在桥梁的接缝处和构件之间，容易形成裂缝，影响整体结构的稳定性。

湿度变化同样对混凝土的抗裂性能有显著影响。在干旱的环境条件下，混凝土表层的水分迅速蒸发，导致表面干裂现象的出现。而在湿度较高的情况下，混凝土可能会吸收过多的水分，导致膨胀现象，从而诱发裂缝。这种湿度波动所引发的裂缝，通常出现在混凝土的早期养护阶段，特别是在湿度差异较大的季节，温湿变化的综合作用会加剧裂缝的形成。

除了环境因素，施工工艺对裂缝的产生具有决定性作用。在混凝土浇筑过程中，若振捣不充分或不均匀，容易出现孔洞和空隙，降低密实度，增加裂缝风险。尤其在大体积混凝土浇筑时，水化热引起的温差若未及时冷却，会导致温度不均，从而产生裂缝。此外，若混凝土配合比不合理，水泥与水的比例不当，容易引发干缩，导致裂缝的出现。混凝土凝固和硬化过程中，若湿度和温度环境不适宜，强度可能不足，后期更易出现裂缝。施工细节对裂缝的生成至关重要。合理的施工工艺、有效的环境温湿度控制以及适当的后期养护，都是防止裂缝生成的关键。因此，施工中应严格控制温湿度，确保标准化操作和后期养护，以减缓温湿变化对混凝土结构的负面影响，提升其耐久性和抗裂性能。

四、材料选择不当与裂缝发生的关系

材料的选择在混凝土结构的耐久性和裂缝控制中具有至关重要的作用。市政道路桥梁工程中，若未能合理选择混凝土的原材料，可能导致混凝土的力学性能不足，进而引发裂缝。水泥、骨料、外加剂等原材料的质量与配比，直接影响着混凝土的抗裂性能。水泥的质量是影响混凝土裂缝发生的重要因素之一。如果水泥的强度等级过低，或者使用了不合格的水泥，可能会导致混凝土的硬化过程不完全，产生内应力，形成裂缝。尤其是在高温环境下，低强度水泥的混凝土更容易发生干裂现象，影响整体结构的稳定性。

骨料的质量和级配对混凝土裂缝的产生有着至关重要的影响。骨料是混凝土的主要组成部分，其质量直接

关系到混凝土的密实性和强度。如果骨料中含有较多杂质或粒径分布不均匀，会导致混凝土的抗拉强度和抗压强度下降，从而增加裂缝发生的风险。骨料的膨胀性也是裂缝形成的潜在隐患。若骨料中含有膨胀性矿物，如膨胀石英或膨胀黏土，这些矿物在水化过程中会吸水膨胀，导致混凝土产生裂缝，特别是在潮湿环境下，这种膨胀现象更为显著，进而影响结构的稳定性和耐久性。

外加剂使用不当可加剧裂缝的发生。外加剂通常用于改善混凝土工作性或增强抗冻性、抗渗性，但若使用过量或选择不当，可能导致混凝土收缩性增加，硬化过程中产生较大拉应力，进而引发裂缝。特别是速凝型外加剂，会加速凝固，未给混凝土足够的水化时间，也易引发裂缝。水灰比是影响混凝土强度和裂缝的重要因素。若水灰比过高，混凝土强度降低，易发生干缩和裂缝；若水灰比过低，混凝土流动性差，结构密实性不均，亦增加裂缝风险。适量的水分有助于水化反应，过多则增加孔隙率，降低抗裂性能。材料选择应考虑工程实际需求，确保抗裂性、耐久性和强度等性能。合理选择水泥、骨料、外加剂及其比例，能有效减少裂缝产生，提升混凝土结构的安全性和使用寿命。



图1 水泥、骨料、外加剂的混凝土图

五、裂缝防治的关键技术措施

在市政道路桥梁工程中，裂缝防治对混凝土结构的长期稳定性和安全性至关重要。首先合理的设计与施工是防治裂缝的基础。在设计阶段，应考虑荷载能力、温度变化、湿度影响等因素，确保结构能承受预期荷载，合理分配应力，避免应力集中。设计时还要合理安排接缝位置，确保足够钢筋配置，提高混凝土抗拉强度，避免裂缝发生。在施工阶段，混凝土的配合比、施工工艺和环境控制至关重要。合理的配合比能提高混凝土密实性和强度，减少裂缝。施工时，要确保浇筑均匀，避免振捣不足导致孔隙，降低抗裂性。特别是在大体积混凝土浇筑时，应合理控制水化热，防止因温差过大引发裂缝。

采用温控措施，如保温或分层浇筑，能够有效控制混凝土温度变化，减少裂缝风险。

养护阶段是裂缝防治的重要环节。混凝土浇筑后，应及时进行湿养护，特别在高温季节，采用保湿措施（如覆盖湿布或养护膜）可有效减缓水分蒸发，防止干裂。在低温环境下，延长养护时间，确保充分水化，亦有助于避免裂缝。材料选择方面，使用抗裂性能良好的水泥和适宜的骨料至关重要。应避免使用膨胀性较强的骨料，如膨胀石英和膨胀黏土，这些成分会在水化过程中膨胀，引发裂缝。同时，选择符合设计要求强度的水泥，避免因强度不足导致裂缝。在外加剂的选择上，依据工程需求选用抗裂、抗冻或减水剂等，可有效提升混凝土的抗裂性能，减少裂缝的发生。通过合理的养护管理、材料选择及外加剂使用，能够有效防止裂缝的产生，确保混凝土结构的稳定性和耐久性。

为了有效防治混凝土裂缝，采用钢纤维或聚合物纤维增强混凝土是一种重要的技术手段。钢纤维能够显著增强混凝土的抗拉强度和抗裂性，尤其在受到动态荷载或震动较大的情况下，钢纤维能够有效抑制裂缝的扩展，提升结构的抗裂性能。这种纤维的加入可以改善混凝土的力学性能，确保其在复杂的荷载条件下仍能保持较好的稳定性。此外，聚合物纤维的应用则进一步增强了混凝土的韧性和抗渗性，减少水分进入混凝土内部，从而有效降低裂缝的产生。通过钢纤维和聚合物纤维的双重作用，混凝土的抗裂性能得到提升，能够有效延长市政道路桥梁的使用寿命，保障桥梁的安全性及长期稳定性。

六、综合防治策略及其实施效果

在市政道路桥梁工程中，裂缝防治需要通过综合策略来实现，以确保混凝土结构的长期稳定性和安全性。综合防治策略不仅包括设计、施工、养护等环节的有机结合，还需要通过创新技术和先进材料的应用来全面提高混凝土的抗裂性能。通过系统的措施，能够有效降低裂缝的发生率，并增强桥梁的耐久性。设计阶段的优化是综合防治策略的基础。合理的结构设计能够有效分配混凝土受力，避免局部应力集中，进而减少裂缝的产生。在设计过程中，需对桥梁的荷载、温湿度变化等环境因素进行充分预测，确保混凝土能够在预定条件下长期稳定运行。同时，设计时应采用合理的接缝和施工缝布局，以防止因接缝不当而导致的裂缝扩展。

在施工过程中，严格控制施工工艺是裂缝防治的关键。混凝土的配合比、施工技术以及浇筑方法直接影响其裂缝控制效果。通过精确控制水灰比、合理选择骨料和外加剂，确保混凝土具有良好的抗裂性。同时，施工过程中要避免振捣不均匀，确保混凝土的密实性。大

体积混凝土的施工需采取温控措施，以控制水化热，防止温度差异过大引发裂缝。在此过程中，施工人员的专业操作和质量监控是确保工艺标准实施的保障。养护阶段的科学管理对裂缝的防治效果至关重要。混凝土浇筑后的早期养护是防止干裂和温差裂缝的关键。在高温季节，要采取遮盖湿养护等措施，保持混凝土表面的湿润，防止水分过快蒸发。对于低温环境，应采取加热养护等方法，确保混凝土能够在适宜的温度下充分水化，避免由于水化不足导致的裂缝。

材料的选择和应用也是裂缝防治中的重要组成部分。选用高性能的水泥、骨料和外加剂能够提高混凝土的抗裂性能。采用抗冻水泥或加入抗裂纤维的混凝土，可以大大增强其抗裂性。采用钢纤维、聚合物纤维等增强材料，可有效抑制裂缝的扩展，提高混凝土的抗裂性和韧性。通过这些综合防治策略的实施，市政道路桥梁工程的裂缝发生率显著降低。结构的抗裂性能得到有效提升，桥梁的耐久性和安全性得以保障。实际案例表明，实施综合防治策略后，许多工程项目的裂缝问题得到了有效遏制，延长了结构的使用寿命，节约了大量维修和维护成本，极大提高了公共基础设施的服务质量和安全水平。

结语

混凝土裂缝的防治是市政道路桥梁工程中不可忽视的关键问题。通过分析裂缝的成因、外部荷载、温湿度变化、施工工艺以及材料选择的影响，采取合理的设计、施工和养护措施，能够有效减少裂缝的发生。实施综合防治策略，不仅能提升混凝土结构的耐久性和安全性，还能降低维修成本，延长结构使用寿命。为确保市政工程质量，未来仍需不断优化防治措施，推动技术创新，以应对复杂的工程挑战。

参考文献

- [1] 王杰，张丽. 市政道路桥梁混凝土裂缝成因分析与防治措施[J]. 建筑技术, 2020, 51(6): 734-738.
- [2] 李勇，赵敏. 混凝土裂缝的影响因素及防治策略研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2019, 43(10): 22-26.
- [3] 陈伟，杨波. 温湿度变化对混凝土裂缝形成的影响及控制方法[J]. 建筑材料学报, 2021, 24(3): 103-108.
- [4] 何文杰，刘磊. 混凝土裂缝防治中的施工工艺及技术探讨[J]. 市政工程, 2018, 31(4): 57-61.
- [5] 王琳，张晨. 材料选择对混凝土裂缝控制的影响[J]. 建筑科学与工程学报, 2022, 39(1): 45-50.
- [6] 李建华，赵林. 大体积混凝土裂缝的防治措施及其实施效果分析[J]. 结构工程师, 2020, 36(2): 112-116.