

道路桥梁施工中出现桥梁裂缝的原因分析

王 东 谢灵静

浙江有色地球物理技术应用研究院有限公司 浙江 绍兴 312000

摘 要：道路桥梁施工中，桥梁裂缝是影响结构安全性与耐久性的常见问题。本文从荷载、温度、地基、施工工艺及材料五个维度分析裂缝成因，包括设计荷载计算失误、水泥水化热影响、地基不均匀沉降、混凝土浇筑质量缺陷、材料质量不达标等具体因素，并针对性提出荷载控制、温度调节、地基处理、工艺改进及材料管控等措施，旨在为预防和控制桥梁裂缝提供系统性参考，保障道路桥梁工程的施工质量与使用寿命。

关键词：道路桥梁；施工；桥梁裂缝；原因

引言：道路桥梁作为交通基础设施的核心组成，其结构完整性直接关系到通行安全与工程寿命。然而，在施工及使用过程中，桥梁裂缝的出现屡见不鲜，不仅削弱结构承载力，还可能引发钢筋锈蚀、渗漏等连锁问题，加剧结构损伤。探究裂缝成因是制定有效防控措施的前提，此类裂缝的产生往往是荷载不合理、温度变化、地基沉降、施工工艺缺陷及材料质量问题等多因素共同作用的结果。本文通过系统分析施工中桥梁裂缝的成因，结合实际工程场景梳理关键影响因素，为工程实践中裂缝的预防与治理提供理论依据和技术指导。

1 道路桥梁施工中出现桥梁裂缝的概述

在道路桥梁施工过程中，桥梁裂缝是指桥梁结构构件（如梁体、板件、墩柱、桥台等）表面或内部出现的宏观开裂现象，是工程建设中较为普遍且需重点关注的质量问题。这类裂缝形态多样，按走向可分为横向裂缝、纵向裂缝、斜向裂缝及网状裂缝；按深度可分为表面裂缝、浅层裂缝和深层裂缝；按成因则可分为结构性裂缝与非结构性裂缝，其中结构性裂缝多由荷载、地基沉降等因素引发，直接影响结构承载力，而非结构性裂缝常因温度变化、材料收缩等导致，虽初期对承载力影响较小，但易加速结构老化。从分布特征来看，裂缝在桥梁不同部位的出现概率存在差异，梁体受拉区、支座附近、墩柱与基础连接处及混凝土浇筑层间界面是裂缝高发区域^[1]。裂缝的存在不仅破坏结构的整体性和耐久性，还会导致雨水、腐蚀性介质等侵入内部，引发钢筋锈蚀、混凝土碳化等连锁反应，进而削弱结构强度和稳定性。

2 道路桥梁施工中桥梁裂缝产生的原因分析

2.1 荷载因素

2.1.1 设计阶段荷载计算失误

设计过程中，若对桥梁承受的恒荷载（如结构自重、桥面铺装重量）或活荷载（如车辆荷载、人群荷

载）计算不准确，未充分考虑荷载组合效应或荷载分布规律，易导致结构设计强度不足。例如，忽略局部荷载集中现象或低估冲击荷载影响，会使构件实际受力超出设计预期，进而引发裂缝。

2.1.2 施工阶段荷载违规施加

施工期间，若未严格遵循施工方案控制临时荷载，如堆载材料过量、重型施工机械随意停放或通行，会使未达到设计强度的结构过早承受超额荷载。此外，混凝土浇筑时布料不均导致局部受力集中，或模板支撑系统受力失衡，均可能造成构件在施工阶段产生裂缝。

2.1.3 使用阶段荷载超出预期

桥梁投入使用后，若实际通行车辆的重量、数量超出设计荷载标准，如超载货车长期通行，会使结构承受的应力持续超过允许值。同时，未按规定限制特种车辆通行，或桥面堆载重物未及时清理，会加速构件疲劳损伤，逐渐引发结构性裂缝。

2.2 温度因素

2.2.1 水泥水化热导致的温度裂缝

大体积混凝土施工中，水泥水化过程释放大量热量，使内部温度快速升高，而表面散热较快，形成较大内外温差。这种温差产生的温度应力超过混凝土早期抗拉强度时，会在构件表面产生不规则的温度裂缝，多呈网状或放射状。

2.2.2 环境温度变化引起的裂缝

昼夜温差大或季节交替时，桥梁结构因温度升降发生热胀冷缩。若结构约束较强（如伸缩缝设置不足、支座固定过死），无法自由伸缩，会产生温度应力。当应力超过材料极限，就会出现纵向或横向裂缝，尤其在梁体、桥面等部位较常见。

2.2.3 蒸汽养护或冬季施工不当产生的裂缝

蒸汽养护时，若升温过快、恒温温度过高或降温速

率失控,混凝土表面与内部温差骤增,易引发表面裂缝。冬季施工若未采取有效保温措施,混凝土在凝结硬化阶段受冻,或突然遭遇寒潮导致温度急剧下降,会使混凝土内部结构受损产生裂缝。

2.3 地基因素

2.3.1 地基不均匀沉降导致的裂缝

地基土层分布不均、承载力差异大,或地基处理深度不足、压实度不够,易使桥梁基础产生不均匀沉降。结构各部位沉降量不同步,会在梁体、墩柱等构件中产生附加应力,当应力超过混凝土抗拉强度时,便会出现以斜向裂缝为主的结构性裂缝,且裂缝多随沉降差异增大而扩展。

2.3.2 地基土冻胀引起的裂缝

在季节性冻土区,地基土中的水分受冻结冰体积膨胀,会对基础产生向上的冻胀力;解冻时土体积收缩,基础又会产生下沉。这种周期性冻胀与融沉反复作用,会使桥梁结构产生不均匀变形,进而在墩台、基础与上部结构连接部位引发裂缝,严重时可导致结构位移。

2.4 施工工艺因素

2.4.1 混凝土浇筑质量问题

混凝土浇筑时,若振捣不密实,易出现蜂窝、麻面,内部形成空隙,后期受应力作用会产生裂缝;浇筑分层过厚且未振捣到位,层间结合不良,易产生夹层裂缝;浇筑顺序混乱导致混凝土初凝后继续浇筑,会因新旧混凝土收缩不一致引发裂缝。

2.4.2 钢筋施工不规范

钢筋绑扎时,间距、保护层厚度不符合设计要求,保护层过薄易使钢筋锈蚀膨胀,导致混凝土开裂;钢筋焊接质量差,存在夹渣、咬边等缺陷,受力时焊接部位强度不足,会引发局部裂缝;钢筋安装位置偏差大,使结构受力分布改变,易产生应力集中裂缝。

2.4.3 模板施工不合理

模板支撑刚度不足,浇筑时发生变形或沉降,会使混凝土结构产生弯曲裂缝;模板拼接不严出现漏浆,导致混凝土表面蜂窝,进而发展为裂缝;模板拆除过早,混凝土强度未达标,在自重或施工荷载作用下易产生收缩裂缝或受力裂缝。

2.5 材料因素

2.5.1 水泥质量不合格

使用的水泥强度等级不达标、安定性不合格,或水泥存放时间过长受潮结块,会导致混凝土强度不足、凝结硬化异常。水泥中游离氧化钙、氧化镁含量过高,水化反应不完全,后期会继续膨胀,使混凝土内部产生应力,进而引发裂缝。

2.5.2 骨料质量不佳

骨料级配不合理,粗细骨料比例失调,会导致混凝土和易性差,振捣时易出现离析。骨料中含泥量、杂质超标,或存在软弱颗粒、针片状颗粒过多的情况,会降低混凝土的密实度和强度,使混凝土在受力或收缩过程中产生裂缝。

2.5.3 外加剂使用不当

外加剂品种选择与工程需求不符,或掺量控制不准确,会影响混凝土性能。如减水剂掺量过多导致混凝土泌水离析,早强剂使用不当使混凝土早期收缩过大,引气剂掺量不足降低混凝土抗冻性,这些都会引发不同类型的裂缝^[2]。

3 道路桥梁施工中桥梁裂缝的控制措施

3.1 荷载控制措施

3.1.1 精确计算设计荷载

设计阶段需依据桥梁功能定位、交通流量及区域荷载特征,严格按照现行规范进行荷载计算。采用有限元分析等先进技术,精准模拟恒荷载(结构自重、附属设施重量)与活荷载(车辆、人群、风力等)的分布规律,充分考虑荷载组合效应及冲击系数。对特殊部位(如支座、跨中、悬臂端)进行局部受力验算,确保设计荷载取值留有合理安全储备,避免因计算偏差导致结构受力超限。

3.1.2 规范施工荷载管理

施工前制定详细的荷载管理方案,明确不同施工阶段的允许荷载限值。对堆载材料实行分区、分层堆放,避免集中堆载超过地基及结构临时承载力,重型施工机械通行需规划专用路线并验算路基及下部结构受力。混凝土浇筑时控制布料速度与厚度,避免因瞬间荷载过大导致模板支撑变形,同时加强施工过程中的荷载监测,发现超载迹象立即停工整改。

3.1.3 限制使用阶段荷载

桥梁投入运营后,需设置明确的荷载限制标识,严禁超载车辆通行。建立常态化交通监测机制,利用称重系统、视频监控等技术手段实时监控通行车辆重量,对超载行为及时拦截处理。针对特殊荷载(如大型设备运输),需提前进行结构受力验算,制定专项通行方案并采取临时加固措施,防止荷载超出结构承受能力引发裂缝。

3.2 温度控制措施

3.2.1 控制水泥水化热

选用水化热较低的水泥品种,如矿渣硅酸盐水泥,减少水泥用量,同时掺入粉煤灰等矿物掺合料替代部分水泥,降低水化热总量。混凝土搅拌时采用冰水拌合或

冷却骨料,控制入模温度不超过 25°C 。大体积混凝土施工中,设置冷却水管,通过循环水带走内部热量,实时监测混凝土内部与表面温差,确保温差不超过 25°C ,避免因温差过大产生裂缝。

3.2.2 应对环境温度变化

在混凝土表面覆盖保温保湿材料,如塑料薄膜、土工布等,减少环境温度骤变对混凝土的影响。设置合理的伸缩缝,间距符合规范要求,确保结构在温度变化时能自由伸缩,伸缩缝内填充弹性材料并定期维护,防止杂物堵塞。对桥梁结构易受温度影响的部位,如梁体、桥面铺装等,采用温度应力补偿设计,增强混凝土抗裂性能。

3.2.3 优化蒸汽养护及冬季施工工艺

蒸汽养护时,严格控制升温速率不超过 $10^{\circ}\text{C}/\text{h}$,恒温温度不超过 60°C ,且恒温时间根据构件强度增长情况确定,降温速率不超过 $5^{\circ}\text{C}/\text{h}$,避免温度剧烈变化导致混凝土开裂。冬季施工时,采用热水拌合、骨料预热等方式保证混凝土出机温度,浇筑后及时覆盖保温被或采用电热毯加热,确保混凝土在达到临界强度前不冻结,减少冻融破坏引发的裂缝。

3.3 地基处理措施

3.3.1 确保地基均匀沉降

施工前需开展详细的地质勘察,通过钻探与原位测试相结合的方式,明确土层的分布情况、厚度及承载力差异,并绘制详细的地质剖面图。针对软土地基,可选用堆载预压、真空预压或深层搅拌桩等方法进行处理,以提高地基承载力;对于不均匀地层,采用换填法置换浅层的软弱土层,或用碎石桩、灰土桩等进行加固处理。施工过程中,严格控制地基处理的压实度和平整度,分层碾压时需监测压实系数,确保地基各区域的承载力保持均匀。

3.3.2 预防地基土冻胀

在季节性冻土区进行地基处理时,应充分考虑冻胀因素,采用换填法,用粗砂、碎石等非冻胀性材料置换表层易发生冻胀的土层,减少地基土中的水分含量。设置盲沟、渗井等排水系统,将地基范围内的地下水引排至冻结深度以下,降低土体的含水量。在地表铺设聚苯乙烯板、炉渣等保温层,减轻冻融循环对地基的影响。合理确定基础的埋置深度,将基础底面置于当地冻结深度以下,避免地基土冻胀时对基础产生向上的推力,从而防止因地基冻胀导致桥梁结构出现裂缝。

3.4 施工工艺改进措施

3.4.1 提高混凝土浇筑质量

混凝土浇筑前需检查配比合理性,确保坍落度、和易性符合施工要求。浇筑过程中采用分层连续浇筑方

式,每层厚度控制在合理范围,避免因浇筑过厚导致振捣不充分。使用插入式振捣器时,遵循“快插慢拔”原则,确保振捣均匀,直至混凝土表面出现浮浆、不再下沉。浇筑完成后及时覆盖保湿,根据环境温度合理确定养护时间,避免因水分蒸发过快产生表面裂缝。同时,避开高温或严寒时段浇筑,减少温度应力对混凝土的影响,从浇筑环节减少裂缝产生的隐患。

3.4.2 规范钢筋施工操作

钢筋施工前需检查材质和规格,确保符合设计要求。绑扎时保证钢筋位置准确,间距均匀,绑扎点牢固,避免因松动导致钢筋位移。焊接接头需符合规范,确保焊缝饱满、无夹渣,避免因焊接缺陷产生应力集中。钢筋保护层厚度严格按设计控制,使用专用垫块固定,防止保护层过薄或过厚。施工中避免钢筋被随意切割、弯折,如需调整需经设计单位同意,通过规范操作保障钢筋骨架的整体性和受力稳定性,减少因钢筋施工不当引发的裂缝。

3.4.3 合理进行模板施工

模板选型需满足强度和刚度要求,确保在混凝土浇筑时不变形、不位移。安装模板前平整基底,保证支撑体系牢固,间距合理,避免浇筑时模板下沉。模板拼接处做好密封处理,防止漏浆影响混凝土外观和强度。拆除模板遵循“先支后拆、后支先拆”原则,根据混凝土强度确定拆模时间,避免过早拆模导致结构受力变形产生裂缝。拆模时轻拆轻放,避免碰撞结构表面,通过科学的模板施工减少对混凝土结构的损伤,降低裂缝出现的概率^[3]。

结束语

综上所述,道路桥梁施工中桥梁裂缝的产生是荷载、温度、地基、施工工艺及材料等多因素共同作用的结果。设计荷载计算失误、施工荷载违规施加、环境温度剧烈变化、地基不均匀沉降、施工工艺不规范及材料质量不达标等,均可能引发不同类型的裂缝。这些因素相互影响,某一环节出现问题便可能成为裂缝产生的导火索。深入分析这些原因,可为后续制定针对性防控措施提供坚实依据,对保障桥梁结构安全、延长其使用寿命具有重要意义,需在工程实践中给予足够重视。

参考文献

- [1]石艳.道路桥梁施工技术影响因素及提升途径分析[J].运输经理世界,2021(31):116-118.
- [2]苏陈.道路桥梁施工质量通病及改进措施探索[J].运输经理世界,2021(30):103-105.
- [3]木江.道路桥梁施工中裂缝的成因与预防对策分析[J].建筑工程技术与设计,2021(33):1823.