公路桥梁施工阶段混凝土裂缝成因及防治要点

许国清

(潜山县第一建筑安装工程有限公司, 安徽 安庆 246300)

摘要 本文探究了公路桥梁施工阶段混凝土裂缝的成因及有效防治措施, 分析了公路桥梁施工中混凝土裂缝的相关情况, 指出混凝土材料特性、施工工艺不当、外部环境影响、结构设计不合理、养护措施不当等是导致裂缝产生的原因, 并针对这些成因提出了合理选择混凝土材料、严格控制施工工艺、加强环境监测与控制、进行合理结构设计以及采取科学合理的养护措施等策略, 以期有效防治公路桥梁施工阶段混凝土裂缝、保障公路桥梁施工质量与结构安全提供借鉴。

关键词 公路桥梁; 施工阶段; 混凝土裂缝

中图分类号: U445

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.12.031

0 引言

公路桥梁是交通基础设施中的重要组成部分, 其施工质量直接关系到交通安全和畅通。混凝土是公路桥梁建设中最常用的一种材料。然而, 在施工阶段, 混凝土开裂现象频频发生, 不仅影响外观, 而且对结构的稳定性和耐久性构成了严重威胁。这些裂缝的原因很复杂, 有材料本身的原因, 也有施工技术上的偏差, 外界环境的影响, 结构设计上的缺陷, 以及维修工作的不完善。因此, 深入研究公路桥梁施工过程中混凝土裂缝产生的原因, 提出预防措施, 对于提高公路桥梁建设质量和延长其使用寿命具有重要意义。

1 公路桥梁施工阶段混凝土裂缝的成因

1.1 混凝土材料本身的特性

混凝土主要由水泥、骨料、水以及外加剂等多种材料混合而成。水泥在水化过程中会释放大量的热量, 尤其是在大体积混凝土施工时, 内部温度急剧上升, 而表面散热较快, 形成较大的温度梯度。当混凝土内部产生的温度应力超过其抗拉强度时, 就容易出现裂缝。此外, 水泥的品种和质量也会对裂缝产生影响, 不同品种水泥的水化热特性、凝结时间等存在差异。例如: 低热水泥的水化热相对较低, 能有效降低混凝土内部温度升高幅度, 减少温度裂缝产生的可能性。骨料的粒径、级配以及含泥量同样关键。骨料粒径过小或级配不良, 会导致混凝土的孔隙率增大, 水泥浆用量增加, 从而增大混凝土的收缩量, 引发收缩裂缝。而骨料含泥量过高, 会降低骨料与水泥浆之间的粘结力, 削弱混凝土的整体性能, 在受力时容易从含泥部

位产生裂缝。外加剂的种类和掺量若使用不当, 也可能影响混凝土的性能, 如引气剂掺量过多, 会使混凝土内部产生过多的气泡, 降低混凝土的强度, 增加裂缝出现的风险。

1.2 施工工艺不当

在混凝土浇筑过程中, 如果振捣不当, 混凝土内部将出现大量的孔洞, 这将导致混凝土结构强度降低, 在随后的荷载作用下, 孔洞周围极易出现应力集中, 从而导致裂缝的产生。另外, 由于浇筑速度过快, 混凝土在凝结硬化过程中会出现不均匀沉降, 特别是在浇筑高度差异较大的情况下, 由于沉降差异会导致混凝土内部出现拉应力, 当拉应力超过混凝土的极限抗拉强度时, 就会产生裂缝。混凝土泵送时, 若泵送压力过高或管线布置不当, 会造成混凝土离析、粗骨料从水泥浆中脱离, 影响混凝土均匀性及强度, 为裂缝的产生埋下隐患。模板施工也是混凝土开裂的主要原因。由于模板刚度不够, 混凝土浇筑时易产生变形, 导致混凝土表面出现不规则裂纹。由于模板过早拆模, 混凝土强度未达到承载力, 在自重和外荷载的共同作用下易产生开裂。从钢筋工程角度看, 钢筋布置间距、数量和锚固长度等方面的问题, 都会影响到混凝土和钢筋的协同工作, 从而导致混凝土在受力过程中无法有效地传递荷载到钢筋上, 导致混凝土内部拉应力过大而产生裂缝。

1.3 外部环境的影响

温度变化是导致混凝土裂缝产生的重要外部环境因素之一。在昼夜温差较大的地区, 混凝土表面温度

在短时间内大幅波动,表面混凝土因温度变化迅速收缩或膨胀,而内部混凝土温度变化相对滞后,这种内外温差产生的温度应力会使混凝土表面产生裂缝。在夏季高温时段施工,混凝土入模温度过高,加之水泥水化热的叠加作用,混凝土内部温度急剧上升,当内部温度与外界环境温度差值超过一定范围时,就容易出现温度裂缝。湿度环境同样对混凝土裂缝有显著影响。混凝土在干燥环境中水分会迅速蒸发,导致混凝土表面收缩,而内部水分迁移缓慢,收缩不均匀,从而产生收缩裂缝^[1]。特别是在大风天气下,混凝土表面水分蒸发速度加快,收缩裂缝出现的概率更高。此外,环境中的侵蚀性介质,如酸、碱、盐等,会与混凝土中的水泥水化产物发生化学反应,破坏混凝土的内部结构,降低混凝土的强度和耐久性,使混凝土在长期使用过程中逐渐产生裂缝。例如:在海边等氯离子含量较高的环境中,氯离子会渗透到混凝土内部,腐蚀钢筋,导致钢筋体积膨胀,进而使混凝土表面产生顺筋裂缝。

1.4 结构设计不合理

在公路桥梁结构设计时,如果不能准确地分析其受力状态,将导致其承载力的不足。如车辆动力冲击效应、风荷载和地震荷载等随机荷载没有被充分考虑,导致桥梁实际服役过程中所承受的荷载超出了设计要求,导致混凝土内部应力过大,从而导致混凝土开裂。结构构件尺寸设计不当也会导致开裂。如果构件截面尺寸过小,在相同荷载作用下,构件内的应力水平将显著上升,从而易在受拉区产生裂缝。同时,当结构刚度设计不合理时,在服役期间将产生较大的变形,从而导致混凝土内部产生附加应力,加速裂缝的产生与扩展。另外,结构设计也是影响混凝土开裂的重要因素。如节点处没有合理设置构造筋,在受复杂应力作用下,混凝土易因约束不足而发生开裂。在变截面结构中,由于截面发生突变,应力分布不均,如果没有采取有效的加固措施,变截面上也会出现裂纹。

1.5 养护措施不当

混凝土养护是保证其性能和防止裂缝产生的关键环节。在混凝土浇筑完成后,若未能及时进行养护,混凝土表面水分迅速蒸发,会导致混凝土表面失水干燥,产生收缩裂缝。特别是在高温、干燥的环境下,水分蒸发速度更快,养护不及时对混凝土的危害更大。养护时间不足同样会影响混凝土的性能。混凝土在凝结硬化过程中需要一定的时间来充分水化,形成稳定

的结构。若养护时间过短,混凝土的强度增长不足,内部结构不够致密,在后续承受荷载时容易出现裂缝。养护方法不当也会引发裂缝问题^[2]。例如:采用洒水养护时,若洒水不均匀,混凝土部分区域湿润,部分区域干燥,会导致混凝土收缩不均匀,产生裂缝。在冬季施工时,若未采取有效的保温养护措施,混凝土在低温环境下,内部水分结冰膨胀,会破坏混凝土的内部结构,产生裂缝。此外,在混凝土养护过程中,过早施加外部荷载,如在混凝土强度未达到设计要求时就上面堆放材料或进行后续施工操作,会使混凝土受到额外的应力,导致裂缝产生。

2 公路桥梁施工阶段混凝土裂缝的防治要点

2.1 合理选择混凝土材料

合理选择混凝土材料是预防裂缝的基础。在水泥选用上,需根据工程实际情况,优先考虑低热水泥。大体积混凝土施工时,低热水泥能显著降低水化热的释放量,减少内部温度急剧上升的情况,有效控制温度裂缝。例如:在大型桥梁承台施工中,使用低热水泥可使内部温度上升幅度降低20%~30%,大大减小温度应力对混凝土的破坏。对于骨料,应严格把控粒径和级配,选用粒径适中、级配良好的骨料,能降低混凝土的孔隙率,减少水泥浆用量,从而降低混凝土收缩风险。如连续梁桥的箱梁施工,采用合理级配的骨料,可使混凝土收缩率降低10%~15%。同时,要严格控制骨料含泥量,确保其不超过规范要求,避免因含泥量过高削弱骨料与水泥浆的粘结力。外加剂的使用要精准,依据混凝土的性能需求和施工环境,精确计算外加剂的种类和掺量^[3]。比如在夏季高温施工时,适量添加缓凝剂可延长混凝土的凝结时间,便于施工操作,同时避免因水泥水化过快导致的裂缝问题;而在冬季施工,使用防冻剂能降低混凝土内部水分的冰点,防止混凝土受冻开裂。

2.2 严格控制施工工艺

严格控制施工工艺是防治裂缝的关键。在混凝土浇筑过程中,要确保振捣密实,采用合适的振捣设备和振捣方法,使混凝土内部的气泡充分排出,提高混凝土的密实度和强度。以桥梁墩柱浇筑为例,采用插入式振捣棒,按照规定的振捣间距和时间进行振捣,可有效避免因振捣不密实产生的内部空隙和裂缝。控制浇筑速度,避免不同部位混凝土浇筑高差过大,防止不均匀沉降导致的裂缝。在大型桥梁的悬臂浇筑施工中,严格控制两侧悬臂浇筑的速度和高差,可将不

均匀沉降控制在极小范围内,减少拉应力产生的裂缝风险。优化混凝土泵送工艺,合理布置泵送管道,控制泵送压力,防止混凝土离析。在模板工程方面,选用刚度足够的模板,在安装过程中保证其稳固性,避免在混凝土浇筑时发生变形。模板拆除时间应依据混凝土的强度增长情况,严格按照规范执行,确保混凝土强度能承受自身重力及外部荷载。钢筋工程要严格按照设计要求布置钢筋间距、数量和锚固长度,保证混凝土与钢筋协同工作良好,有效传递荷载,降低混凝土内部拉应力。

2.3 加强环境监测与控制

加强环境监测与控制对预防裂缝意义重大。针对温度因素,在施工过程中要实时监测混凝土内部和表面温度。在大体积混凝土施工时,可在混凝土内部预埋温度传感器,结合表面温度计,掌握温度变化情况。一旦发现内部温度与表面温度差值接近预警值,立即采取降温措施,如采用内部循环水管降温、表面覆盖保温材料等,确保温度差值控制在合理范围内,防止温度裂缝产生^[4]。对于湿度环境,在干燥、大风天气下,要增加混凝土表面的湿度。可采用喷雾养护、覆盖保湿土工布等方式,减少混凝土表面水分蒸发,降低收缩裂缝出现的概率。在海边等侵蚀性介质较多的环境中,对混凝土采取防护措施,如在混凝土表面涂刷防护涂层,阻止氯离子等侵蚀性介质渗透到混凝土内部,避免钢筋锈蚀引发裂缝。同时,根据当地气象条件,合理安排施工时间,尽量避开高温、低温、大风等恶劣天气时段,减少环境因素对混凝土施工质量的不利影响。

2.4 进行合理的结构设计

合理的结构设计是预防裂缝的重要保障。在设计阶段,要准确分析桥梁的受力情况,充分考虑车辆荷载的动态冲击作用、风荷载以及地震荷载等偶然荷载。运用先进的结构分析软件,对桥梁在各种荷载组合下的受力状态进行模拟计算,确保结构设计的承载能力满足实际使用需求。在确定结构构件尺寸时,要综合考虑荷载大小、结构形式等因素,避免梁、板等构件截面尺寸过小导致应力集中。例如:在设计简支梁桥时,通过精确计算,合理增大梁的截面尺寸,可有效降低混凝土受拉区的应力水平,减少裂缝产生。合理设计结构刚度,保证桥梁在使用过程中的变形在允许范围内,减少因变形产生的附加应力。在结构的节点部位和变截面处,要合理设置构造钢筋,增强混凝土的约

束能力,改善应力分布。如在连续梁桥的桥墩与梁体连接节点处,增设足够数量和规格的构造钢筋,可有效防止节点处因应力复杂产生的裂缝。

2.5 科学合理的养护措施

为了保证混凝土的使用性能,预防裂缝,必须采取科学合理的养护方法。混凝土浇筑后要及时养护。在高温干燥条件下,采用洒水养护结合塑料膜覆盖的方法,不仅可使混凝土表面保持湿润,而且可减少水的蒸发。养护时间应满足混凝土充分水化的需要,普通混凝土一般以7天为宜,大体积混凝土以14天为宜。在洒水养护时,应保证洒水均匀,使混凝土各部分保持湿润,防止因局部干燥而产生裂缝^[5]。为了保持混凝土内部温度不变,避免因内部水的冻结和膨胀而造成混凝土结构的破坏,采取了暖棚法和蓄热法等保温养护方法。同时,在混凝土养护过程中,不能过早地施加外力,要等到混凝土强度达到设计要求后,才能进行下一步的施工,以避免因附加应力引起的开裂。科学、合理的养护可使混凝土具有正常的强度生长和更密实的内部结构,从而有效地提高混凝土的抗裂能力。

3 结束语

在公路桥梁施工阶段,混凝土裂缝成因多元,涵盖材料特性、施工工艺、外部环境、结构设计及养护措施等方面。为防治裂缝,需合理选材、严控工艺、加强环境管控、优化结构设计并科学养护。当前这些措施已在一定程度上降低裂缝风险,但未来仍需持续创新,研发更优质的材料与工艺,提升监测技术精准度,深化结构设计研究,以进一步提升公路桥梁施工中混凝土的抗裂性能,保障交通基础设施的长期稳定与安全。

参考文献:

- [1] 田凯.公路桥梁施工阶段混凝土强度实时监测技术研究[J].时代汽车,2025(04):147-149.
- [2] 任志远.公路桥梁现浇混凝土箱梁施工阶段钢管桩支架法的应用分析[J].运输经理世界,2023(18):90-92.
- [3] 王立男.高墩施工技术在高速公路桥梁施工中的应用研究[J].科技资讯,2025,23(01):150-152.
- [4] 张庆龙.公路桥梁施工中的裂缝成因及防治措施探究[J].四川建材,2024,50(12):159-161.
- [5] 郭伟彤.高速公路桥梁施工中混凝土裂缝的防治措施[J].四川建材,2024,50(10):190-192.