

# 公路工程混凝土病害及防治探讨

范天奇

宁夏交通建设股份有限公司 宁夏 银川 750004

**摘要:** 公路工程混凝土病害直接影响道路结构安全性与使用寿命, 常见类型包括裂缝、表面缺陷及强度不足等。其成因涉及设计不合理、施工不规范、环境因素及车辆荷载超标等多个方面。针对这些问题, 需通过优化设计方案、加强施工管理、改善环境条件及控制车辆荷载等综合措施进行防治。本文系统分析了公路工程混凝土病害的类型、成因, 并提出相应防治策略, 旨在为提升公路工程混凝土结构耐久性提供参考, 保障公路交通的安全稳定运行。

**关键词:** 公路工程; 混凝土; 病害; 防治

引言: 随着我国公路交通事业的快速发展, 混凝土作为主要结构材料, 其质量直接关系到公路工程的服役性能与寿命。然而, 在实际工程中, 受设计、施工、环境及荷载等多重因素影响, 混凝土结构常出现裂缝、表面损伤、强度不足等病害, 不仅增加养护成本, 还可能引发安全隐患。深入研究这些病害的形成机理与防治方法, 对提高公路工程质量、降低后期维护压力具有重要意义。本文结合公路工程实践, 探讨混凝土常见病害类型及成因, 进而提出针对性防治措施, 为公路工程混凝土结构的耐久性提升提供理论与技术支持。

## 1 公路工程混凝土常见病害类型

### 1.1 裂缝病害

裂缝是公路工程混凝土最常见的病害之一, 按成因可分为干缩裂缝、温度裂缝、荷载裂缝等。干缩裂缝多呈不规则网状或平行状, 常见于混凝土表面, 主要因水分蒸发过快导致体积收缩不均引发; 温度裂缝多为纵向或横向贯通性裂缝, 在大体积混凝土结构中较易出现, 由内外温差过大产生应力集中所致; 荷载裂缝则多分布在车辆频繁碾压区域, 表现为横向或斜向裂缝, 严重时甚至会延伸至结构内部。裂缝不仅会降低混凝土的抗渗性和耐久性, 还可能成为水分、有害物质侵入的通道, 加速钢筋锈蚀和结构破坏。

### 1.2 表面缺陷病害

表面缺陷主要表现为蜂窝、麻面、起砂、露筋等形式。蜂窝多因混凝土振捣不密实, 骨料间隙未被砂浆填满, 形成类似蜂窝的孔洞, 常见于构件棱角或钢筋密集区域; 麻面是由于模板表面不光滑、脱模剂涂刷不均, 导致混凝土表面出现大量小凹坑; 起砂表现为混凝土表面骨料裸露、质地疏松, 多因水泥用量不足或养护不当使表层强度降低; 露筋则是钢筋保护层厚度不足或振捣过度, 导致钢筋暴露在外, 易受腐蚀。这些表面缺陷不仅影响结构外

观, 还会削弱混凝土的防护能力, 加速内部结构劣化。

### 1.3 强度不足病害

强度不足是指混凝土实际强度未达到设计要求, 表现为结构承载能力下降, 在荷载作用下易出现变形、破损等问题。此类病害通常在混凝土浇筑完成后的强度检测中被发现, 或在使用过程中因承载力不足出现过度沉降、断裂等现象。其直接后果是降低结构的安全储备, 无法承受设计荷载或正常使用荷载, 严重时可能导致结构坍塌, 对公路交通的安全运行构成极大威胁<sup>[1]</sup>。

## 2 公路工程混凝土病害成因分析

### 2.1 设计因素

#### 2.1.1 结构设计不合理

结构设计中若忽视荷载分布特性, 如支座间距过大、配筋方式不当, 易导致局部应力集中, 引发裂缝。同时, 未充分考虑结构变形空间, 如伸缩缝设置不足或位置不合理, 会使混凝土因温度变形受约束产生裂缝。此外, 结构截面尺寸设计偏小, 难以承受实际荷载, 也会加速混凝土损伤。

#### 2.1.2 混凝土配合比设计不当

配合比设计中若水泥用量过多, 会增加水化热, 导致温度裂缝; 砂率不合理, 如细砂比例过高, 会降低混凝土流动性和强度。水灰比控制不当, 过大易使混凝土密实度不足, 抗渗性下降; 过小则会导致振捣困难, 形成蜂窝等缺陷, 直接影响混凝土强度和耐久性。

### 2.2 施工因素

#### 2.2.1 原材料质量控制不严

原材料质量把控松懈时, 水泥强度等级不达标、安定性不合格, 砂石骨料含泥量超标、级配不合理, 外加剂型号选错或掺量失控等问题频发。这些不合格原材料混合后, 直接导致混凝土强度降低、和易性变差, 为后续开裂、强度不足等病害埋下隐患。

### 2.2.2 混凝土搅拌、运输与浇筑不规范

搅拌时未按配合比准确计量,水灰比波动过大,搅拌时间不足导致物料混合不均;运输过程中停留时间过长,出现离析、初凝现象;浇筑时未分层振捣或振捣过度、漏振,使混凝土密实度不足,内部形成蜂窝、空洞,影响结构整体性。

### 2.2.3 混凝土养护不到位

养护工作常被忽视,浇筑完成后未及时覆盖保湿,表面水分快速蒸发,导致干缩裂缝;养护时间不足,未达到规定龄期就停止,混凝土水化反应不充分,强度增长受限,表层硬度不足易起砂、破损,整体耐久性大幅下降。

## 2.3 环境因素

### 2.3.1 温度变化

昼夜或季节温差过大时,混凝土表面与内部产生温度梯度,引发热胀冷缩变形。当变形受到约束时,表面易产生温度裂缝,且裂缝会随温度反复变化逐渐扩展。高温环境还会加速混凝土水分蒸发,导致表层干缩加剧,进一步破坏结构完整性。

### 2.3.2 湿度变化

长期处于高湿度环境中,水分易渗透至混凝土内部,使钢筋锈蚀、体积膨胀,进而引发混凝土开裂、剥落。而湿度骤降时,混凝土表面水分蒸发速度远超内部,易因干缩不均产生网状裂缝,降低结构的抗渗性和耐久性。

### 2.3.3 冻融循环

在低温环境下,混凝土内部孔隙中的水分结冰膨胀,产生冻胀应力;温度回升后冰融解,形成孔隙负压。反复冻融循环会使混凝土内部结构逐渐疏松,出现表层剥落、裂缝扩展等现象,最终导致强度大幅下降,结构承载能力受损。

## 2.4 车辆荷载因素

车辆荷载是引发公路混凝土病害的重要外力因素。超载车辆长期通行时,对混凝土路面及基层的压力远超设计标准,易使结构产生超额应力,导致路面出现横向或纵向裂缝,严重时引发板块断裂。此外,车辆荷载的反复作用会使混凝土结构产生疲劳损伤,在轮迹带区域逐渐形成细微裂纹,随着荷载次数增加,裂纹不断扩展并贯通,形成坑槽、沉陷等病害。同时,车辆急刹、起步产生的冲击力,会加剧混凝土表层磨损和内部结构松动,降低整体承载性能<sup>[2]</sup>。

## 3 公路工程混凝土病害防治措施

### 3.1 优化设计方案

#### 3.1.1 合理进行结构设计

在结构设计阶段,需结合公路工程的交通流量、荷载等级及地质条件,开展精细化结构计算。对于桥梁、路面等关键部位,应采用有限元分析软件模拟应力分布,避免因支座间距过大、配筋间距不合理导致的局部应力集中。同时,充分考虑温度变形因素,合理设置伸缩缝和后浇带,间距根据当地气候条件精准计算,减少温度裂缝产生。对于软弱地基路段,优化基础结构形式,采用桩基础或复合地基处理,降低不均匀沉降引发的混凝土开裂风险。此外,在弯道、坡道等受力复杂区域,适当增加结构厚度和钢筋保护层厚度,提升整体承载能力。

#### 3.1.2 科学设计混凝土配合比

根据公路工程的使用环境和结构功能要求,进行混凝土配合比的多组试验优化。针对高温、高湿或严寒地区,调整胶凝材料组成,如在干燥地区增加粉煤灰掺量以减少干缩,在严寒地区掺入引气剂提高抗冻性。严格控制水灰比,根据强度等级要求精准调配,一般情况下水灰比不宜超过0.55,确保混凝土密实度。同时,优化砂石级配,采用连续级配骨料减少空隙率,降低水泥用量,既节约成本又减少水化热。对于大体积混凝土,通过掺入矿渣粉等矿物掺合料降低水化热峰值,减少温度应力,配合比设计完成后需进行试块强度检测和耐久性试验,验证其适配性后方可应用于实际工程。

## 3.2 加强施工管理

### 3.2.1 严格控制原材料质量

建立覆盖供应商选择至现场使用的全流程管理机制,优先选择资质完备、信誉良好的供应商,签订明确的质量保障协议。原材料进场时,水泥需提供完整出厂报告,现场检测其物理与化学性能,杜绝受潮或不合格产品;砂石骨料按批次检查洁净度、颗粒形状及级配,确保适配设计配合比;外加剂必须经水泥兼容性测试,防止成分冲突引发质量问题。材料储存采用分区隔离,水泥存放做好防潮并设监测设备,砂石料场设防雨设施及硬化场地,不同骨料间设隔离装置。定期清理料场并复检库存材料,避免杂质混入或使用过期材料。

### 3.2.2 规范混凝土搅拌、运输与浇筑作业

搅拌采用智能化控制系统,精准控制材料投入量,搅拌前校准设备以保证均匀性。根据混凝土强度等级调整搅拌时间,确保物料充分混合。运输选用带搅拌功能的专用车辆,装料前清理罐体残留物,依运输距离和环境采取防护措施,防止离析或初凝。浇筑前检查模板接缝严密性与支撑稳定性,处理表面并清理杂物。浇筑时

分层推进,控制每层厚度,振捣设备按规范操作以保证密实,避免蜂窝、麻面等缺陷。浇筑中关注混凝土工作性能,按规定制作试块检测强度。

### 3.2.3 强化混凝土养护工作

依据结构类型与环境条件制定专项养护方案。平面结构采用薄膜覆盖结合洒水养护,立面结构用土工布缠绕配合滴灌,确保表面持续湿润。高温时增加保湿措施并频繁查湿度,低温时采取保温手段维持适宜温度。严格遵循养护周期,普通混凝土不少于标准时长,特殊掺合料混凝土及预应力构件适当延长。养护期间设警示标识,禁止加载或通行,安排专人记录参数形成完整档案,保障混凝土充分水化,提升强度与耐久性。

## 3.3 改善环境条件

### 3.3.1 采取温度控制措施

在混凝土施工阶段,针对大体积混凝土结构,采用分层浇筑结合散热措施,减少内外温差。夏季施工时,对原材料进行预冷处理,如骨料洒水降温、水泥仓通风散热,搅拌时掺入适量冰块降低初始温度。浇筑完成后覆盖保温材料,必要时设置测温点实时监控温度变化,当温差过大时采取加热或降温措施调节,避免温度应力引发裂缝。对于运营期结构,可通过涂刷反射涂料减少阳光直射带来的表面升温,缓解温度变形影响。

### 3.3.2 做好防水防潮措施

在混凝土结构设计中增加防水构造,如设置防水层、止水带等,阻断水分渗透路径。施工时确保混凝土振捣密实,减少内部孔隙,必要时掺入防水剂提高抗渗性能。对结构表面进行密封处理,涂刷防水涂料或憎水剂,增强表面抗水能力。定期检查排水系统,及时清理积水,保持结构周围排水通畅,避免长期积水浸泡导致的湿度超标,降低钢筋锈蚀和混凝土劣化风险。

### 3.3.3 应对冻融环境的措施

在寒冷地区,混凝土配置时选用抗冻性优良的原材料,掺入引气剂形成均匀气泡,缓解冻胀应力。施工过程中确保混凝土密实度,减少孔隙率,提高抗冻基础性能。对已建成结构,冬季前清理表面积雪和积水,避免水分渗入后结冰膨胀。必要时在结构表面涂刷抗冻防护涂层,增强抗冻能力,同时定期检查结构状态,对出现的冻融损伤及时修补,延长结构在冻融环境下的使用寿命。

## 3.4 控制车辆荷载

### 3.4.1 加强交通管理

建立健全车辆荷载监管体系,在公路入口及关键路段设置称重检测设备,对超载车辆实行劝返或处罚,严禁其进入公路行驶。加大日常巡逻力度,采用动态监控与定点检查相结合的方式,严厉打击超载、超限运输行为。同时,完善货运车辆登记制度,对经常通行的货运车辆进行备案管理,定期核查其荷载信息,从源头减少违规运输。此外,通过宣传教育提高货运司机的合规意识,普及超载对公路结构的危害,引导其自觉遵守荷载规定。针对特殊时段和路段,如节假日货运高峰期或施工路段,制定临时交通管制方案,合理分流车辆,避免集中荷载对混凝土路面及桥梁造成过大压力,保障结构受力稳定。

### 3.4.2 优化路面结构设计

在路面设计阶段,充分考虑车辆荷载的实际分布情况,结合当地交通流量和车型特点,合理确定路面结构层厚度及材料强度。对于货车通行密集的路段,适当增加基层和面层的厚度,选用高强度、高韧性的混凝土材料,提高路面的承载能力和抗疲劳性能。优化路面结构组合形式,采用柔性基层与刚性面层相结合的设计,增强结构对荷载的缓冲作用,减少应力集中。同时,在桥梁、涵洞等结构的设计中,加大安全系数,强化关键部位的受力性能,如增加桥面铺装层的厚度和强度,设置加强筋提高结构整体性。通过合理的结构设计,使公路工程混凝土结构能够更好地承受车辆荷载,延长其使用寿命<sup>[1]</sup>。

## 结束语

综上所述,公路工程混凝土病害对道路的正常使用、行车安全及使用寿命危害显著。从裂缝、麻面蜂窝到剥落、冻融破坏等多种病害,其背后涉及原材料、配合比、施工工艺、环境因素及后期养护等复杂成因。为有效防治这些病害,需在材料选择、施工过程把控、养护管理及病害修复等多环节发力。

## 参考文献

- [1]袁敏.公路施工中混凝土路面施工技术的应用分析[J].中国高新科技,2020(22):81-82.
- [2]杨接,廖程,何森,乔稳超,李洪.公路混凝土施工工艺及质量管控[J].公路技术,2020,51(10):1190-1192.
- [3]武春芳.公路工程路桥施工中混凝土施工技术分析[J].工程建设与设计,2020(18):171-172