

公路施工中混凝土性能检测与优化措施

余小弟

云南交投公建工程检测咨询有限公司 云南 昆明 650200

摘要: 公路工程中混凝土性能直接关乎结构安全与使用寿命。本文围绕公路施工混凝土核心性能要求,系统探讨力学性能、工作性能、耐久性 & 长期性能的检测技术与方法,剖析检测环节关键要点。基于检测结果,从配合比调整、施工过程管控、检测保障体系构建三方面提出针对性优化措施,形成“检测-反馈-优化”的闭环管控模式。研究成果可为提升公路混凝土施工质量、延长工程服役年限提供技术支撑,具有实际应用价值。

关键词: 公路施工; 混凝土性能; 检测技术; 优化措施

引言: 随着公路交通事业的快速发展,对工程结构耐久性与安全性的要求不断提升,混凝土作为公路施工核心材料,其性能优劣直接影响工程整体质量。当前公路施工中,混凝土性能受材料配比、施工工艺、环境因素等影响易出现波动,检测与优化工作存在诸多亟待完善之处。因此,深入研究公路施工混凝土性能检测技术,制定科学合理的优化措施,对保障公路工程质量、降低运维成本、推动交通基础设施高质量发展具有重要现实意义。本文就此展开系统研究。

1 公路工程混凝土的核心性能要求

1.1 力学性能要求

力学性能是公路混凝土承载能力的核心保障,直接决定路面结构的安全稳定性。其中抗压强度是基础指标,用于抵御车辆荷载、路基沉降带来的竖向压力,保障路面不发生过度压缩变形;抗弯拉强度则针对公路通行中产生的弯曲应力,避免路面出现开裂、断板等结构性病害,是维系公路通行安全的关键力学参数。

1.2 耐久性要求

耐久性是混凝土适应复杂自然环境、实现长期服役的前提。抗渗性能可阻挡雨水、地下水等渗透,避免内部钢筋锈蚀引发结构损坏;抗冻性能确保混凝土在冻融循环环境中保持结构完整性,防止出现剥落、崩解;抗侵蚀性能则抵御土壤中有毒介质的侵蚀,延缓混凝土老化,延长公路使用寿命。

1.3 工作性能要求

工作性能直接影响混凝土施工质量与效率,是适配公路施工工艺的关键。流动性保障混凝土在浇筑过程中均匀填充模板、覆盖钢筋,确保结构密实;黏聚性能防止混凝土在运输、浇筑环节出现离析、分层,保证材料匀质性;保水性则减少水分过快蒸发,避免表面早期裂缝,为强度发展提供良好条件。

1.4 长期性能要求

长期性能聚焦混凝土使用过程中的稳定表现,是保障公路长期可靠运行的重要支撑。体积稳定性可控制混凝土硬化及服役期间的收缩、膨胀变形,避免产生结构性裂缝;抗裂性能则抵御温度变化、湿度波动等外界因素引发的非结构性裂缝,减少病害隐患,维持公路结构长期完整性^[1]。

2 公路施工中混凝土性能检测技术

2.1 公路施工中混凝土力学性能检测技术与方法

公路施工中混凝土力学性能检测需兼顾施工便捷性与检测准确性,核心聚焦抗压强度与抗弯拉强度,具体技术与方法如下:(1)抗压强度检测技术。回弹法是现场应用最广的无损检测技术,通过回弹仪检测混凝土表面硬度,结合碳化深度等参数换算抗压强度,具有操作简便、检测快速、无结构破坏的特点,适用于大面积快速筛查;超声回弹综合法在回弹法基础上结合超声波传播速度检测,通过双参数协同分析弥补单一回弹法受表面状态、骨料品种等因素的影响,提升检测精度;钻芯法为有损检测,通过钻芯机钻取芯样并经处理后进行抗压试验,结果直接反映实体强度,常作为无损检测结果的验证手段,适用于高精度要求或质量争议部位检测。

(2)抗弯拉强度检测技术。小梁试验法为标准检测方法,通过制备标准小梁试件进行三点或四点弯曲试验,测定断裂时的抗弯拉强度,结果精准且直观反映抗弯曲破坏能力;劈裂试验法为间接检测方式,对圆柱体试件施加径向压力使其劈裂,通过劈裂力计算劈裂抗拉强度以推断抗弯拉强度,操作简便、试件制备难度低,适用于现场快速检测或批量筛查。(3)力学性能检测质量控制技术。检测前需校准仪器,确保精度达标,如回弹仪定期率定、超声仪校验声时精度、钻芯机检查钻头磨损;检测中严格选择具代表性的检测部位,避开钢筋密

集区、预埋件及薄弱部位；建立无损与有损检测数据对比分析机制，偏差较大时排查影响因素，必要时增加芯样检测数量以保障结果可靠。

2.2 公路施工中混凝土工作性能检测技术

混凝土工作性能检测贯穿搅拌、运输、浇筑全流程，核心指标包括流动性、黏聚性、保水性，具体检测技术如下：（1）流动性检测技术。坍落度试验为常用方法，通过标准坍落度筒测定拌合物自重作用下的坍落高度，直观反映流动能力，适用于塑性、流动性混凝土；扩展度试验作为补充，在坍落度较大时测定坍落锥稳定后的最大扩散直径，精准评价高流动性混凝土性能；维勃稠度试验适用于干硬性混凝土，通过维勃稠度仪测定拌合物振动密实所需时间，时间越长流动性越差，适配路面基层、垫层等干硬性混凝土检测需求。（2）黏聚性与保水性检测技术。黏聚性通过直观观察和简单试验判断，用铁锹挑起拌合物观察是否离析分层，或用捣棒敲击锥体观察是否整体下沉无崩裂；保水性可同步于坍落度试验完成，观察拌合物表面泌水情况及底部水泥浆流失状态，无明显泌水和水泥浆流失则保水性良好。（3）工作性能动态检测技术。针对运输过程中的性能变化，在搅拌站出站和施工现场浇筑前分别检测坍落度或扩展度，建立性能衰减曲线判断稳定性；远距离运输或高温、大风等特殊环境下需增加检测频次，实时掌握性能变化，为施工节奏调整或外加剂添加提供数据支撑。（4）浇筑后初期工作性能追踪检测技术。在混凝土浇筑完成初凝前，通过观察表面平整度、泛浆情况及初期收缩迹象辅助判断性能，及时发现因配合比或施工不当导致的性能缺陷，为后续抹面、养护等工序调整提供依据^[2]。

2.3 公路施工中混凝土耐久性与长期性能检测技术

混凝土耐久性与长期性能检测需结合公路所处自然环境选择适配项目，核心指标包括抗渗性、抗冻性、抗侵蚀性及体积稳定性，具体检测技术如下：（1）抗渗性能检测技术。渗水试验法为标准方法，制备标准抗渗试件安装于抗渗试验仪，逐步施加水压力并记录首次渗水时的压力，据此评定抗渗等级；渗透系数检测法通过测定水的渗透速度计算渗透系数，定量反映抗渗能力，适用于桥涵、隧道等防水要求较高部位；现场抗渗检测技术通过专用仪器直接对结构表面检测，规避标准试件与实体结构的性能差异，结果更贴合实际。（2）抗冻性能检测技术。快速冻融试验法通过专用设备使试件在-18℃冻结、5℃融化的循环条件下反复冻融，定期测定质量损失率和相对动弹性模量，根据循环次数与性能衰减规律评定抗冻等级，适用于快速评价；慢冻试验法模拟自

然冻融环境，冻结速度慢、时间长，检测周期久但结果更贴近自然状态；盐冻试验法针对冬季撒除冰盐的公路混凝土，在冻融循环中加入氯盐溶液模拟盐冻环境，检测性能衰减情况，为寒冷地区抗冻设计与质量控制提供依据。（3）抗侵蚀性能检测技术。硫酸盐侵蚀检测通过将试件浸泡于不同浓度硫酸盐溶液，定期测定质量、强度变化及外观状态，分析侵蚀破坏程度；氯盐侵蚀检测包括氯离子渗透系数检测和含量检测，前者测定氯离子渗透速度评价抗侵入能力，后者通过化学分析测定不同深度氯离子含量判断渗透深度，为钢筋锈蚀风险评估提供支撑；碱-骨料反应检测通过制备含特定骨料的试件在高温高湿环境养护，观察膨胀开裂情况并测定膨胀率，判断骨料碱活性及反应风险等级。（4）长期性能检测技术。体积稳定性检测通过测定标准养护条件下试件的干燥收缩、自收缩等收缩率，分析硬化过程体积变化规律；抗裂性能检测通过平板约束试验模拟硬化约束条件，观察裂缝出现时间、宽度及发展情况评价抗裂能力；长期性能跟踪检测通过在实体结构中埋设传感器，实时监测温度、应变及裂缝变化，建立长期性能数据库，为服役状态评估和剩余使用寿命预判提供数据支撑^[3]。

3 公路施工混凝土性能优化措施

3.1 基于检测结果的混凝土配合比优化措施

基于混凝土性能检测数据开展配合比优化，要结合强度、耐久性、工作性能等检测指标反馈，科学调整各组份比例，具体措施如下：（1）胶凝材料体系优化。根据抗压强度、抗渗性等检测结果，合理选定水泥品种及强度等级，确保水泥性能与公路混凝土设计标准匹配；依据掺合料活性检测数据，优化粉煤灰、矿渣粉等掺合料与水泥的混合比例，在保障强度达标的前提下，提升混凝土密实度与耐久性，同时降低水化热产生量。（2）骨料级配优化。结合工作性能检测反馈的流动性、黏聚性数据，调整骨料粒径分布，构建密实堆积结构以减少胶凝材料用量；严格依据检测数据控制骨料含泥量、针片状含量等关键指标，剔除杂质超标的骨料，避免有害成分影响混凝土结构稳定性。（3）外加剂选型与掺量优化。参考流动性、凝结时间等检测结果，筛选适配的高效减水剂、引气剂等外加剂类型；通过梯度试验确定外加剂最佳掺量，结合后续性能检测数据动态微调，确保外加剂充分发挥改善工作性能的作用，同时规避过量掺加引发的强度下降、收缩增大等问题。（4）水胶比精准调控。以抗压强度、抗渗性检测数据为核心依据，在满足混凝土工作性能的前提下，尽量降低水胶比，提升混凝土密实度；针对不同气候、施工环境的检测反馈，微

调水胶比参数,保障混凝土在不同服役条件下的长期性能稳定。

3.2 公路施工过程中混凝土性能的优化控制措施

施工过程是混凝土性能形成的关键阶段,要结合实时检测数据动态优化施工环节,强化各流程质量管控,确保混凝土性能稳步达标,具体控制措施如下:(1)搅拌过程优化。根据混凝土工作性能检测结果,调整搅拌时间与投料顺序,确保胶凝材料、骨料、外加剂等组分混合均匀;建立骨料含水率实时检测机制,结合检测数据动态修正加水量,规避骨料含水率波动导致的混凝土流动性偏差。(2)运输与浇筑过程优化。依据混凝土运输途中的工作性能检测反馈,合理规划运输路线、控制运输时长,减少坍落度损失;根据现场浇筑环节的流动性检测数据,调整浇筑速度与布料方式,确保混凝土均匀填充模板、覆盖钢筋,避免出现离析、蜂窝、麻面等缺陷。(3)养护工艺优化。结合混凝土强度发展检测数据,确定最佳养护起始时间,确保混凝土硬化初期获得充足养护;根据环境温湿度检测数据,调控养护温度与湿度,高温季节采取遮阳、保湿降温措施,严寒季节实施保温养护,保障混凝土强度稳步发展,减少温度裂缝产生。(4)施工质量动态监测。建立施工全过程检测台账,实时记录混凝土工作性能、强度等指标的检测数据;针对检测中发现的性能偏差,及时排查搅拌、运输、浇筑等环节的问题根源,快速调整施工参数,形成“检测-反馈-优化”的闭环管控体系^[4]。

3.3 检测保障体系优化措施

构建完善的检测保障体系,是确保优化措施有效落地的重要支撑,要从环境、仪器、人员、管理等多维度提升检测可靠性,具体措施如下:(1)检测环境优化。在施工现场搭建标准化临时检测棚,配备防尘、防振动设施,减少施工现场粉尘、机械振动对检测工作的干扰;安装温湿度调控设备,确保检测环境温湿度符合标准要求,避免环境因素导致检测数据失真。(2)检测仪器管理优化。建立检测仪器全生命周期管理台账,明

确仪器校准周期,定期委托专业机构开展仪器校准与维护,确保仪器精度达标;及时淘汰老旧、精度超标的检测设备,配备自动化、智能化检测仪器,提升检测效率与数据准确性;规范仪器操作、存放、运输流程,避免仪器因操作不当或保管不善受损。(3)检测数据管理优化。搭建检测数据信息化管理平台,实现检测数据实时录入、存储、查询与共享,减少人工记录误差;建立数据多级审核机制,明确审核流程与责任主体,确保检测数据真实可靠;利用大数据技术对检测数据进行统计分析,挖掘混凝土性能变化规律,为配合比优化、施工管控调整提供数据支撑。

结束语:本文系统梳理了公路施工混凝土核心性能要求,深入分析了各类性能检测技术要点,提出了涵盖配合比、施工过程及检测保障体系的全方位优化措施。研究构建的闭环管控模式,为解决混凝土性能检测与优化中的实际问题提供了有效路径。未来可进一步探索智能化检测技术的应用,推动检测与优化工作的数字化、精准化发展,持续提升公路工程混凝土结构的可靠性与耐久性,助力公路建设事业的持续进步。

参考文献

- [1]李雪.公路工程高性能混凝土试验检测研究[J].江苏建材,2025(4):44-45.
- [2]陶海峰,罗原浩,程智慧,刘志懋,甘进.基于回弹法的水下混凝土检测技术研究[J].交通科技,2025(1):49-54.
- [3]洪绍成.混凝土检测质量的影响因素及机理分析[J].砖瓦2025(8):129-131,134.
- [4]高锐 武立会.混凝土检测中常见问题及对策[J].建材发展导向,2014(1):252-252.
- [5]韩贺芳.高速公路水泥混凝土原材料质量异常案例的试验检测与控制策略[J].实验室检测,2025,3(18):286-288.
- [6]石凯.公路工程水泥混凝土原材料试验检测探究[J].建材发展导向,2025,23(1):10-12.
- [7]丁云鹏,于秀洋.公路混凝土稳定碎石层试验检测技术应用研究[J].水泥,2025(7):106-109.