

砂石集料含泥量快速检测技术应用研究

雷建民

(四川正通工程试验检测有限公司, 四川 遂宁 629000)

摘 要 砂石集料是公路工程建设中用量最大的基础原材料, 其含泥量直接影响混凝土强度、耐久性及工作性能, 进而决定公路工程整体质量和使用寿命。四川地区地形复杂, 砂石集料来源多样, 传统含泥量检测方法操作繁琐, 耗时较长, 难以满足现场大批量快速检测需求。本文以四川地区某公路工程为例, 结合本地现有检测技术水平, 采用水洗快速筛分法和酒精燃烧辅助法两种简易快速检测技术, 开展含泥量检测应用研究。通过现场取样检测与传统重量法对比验证, 分析两种技术的检测精度、操作效率及适用性, 解决工程现场砂石集料含泥量快速管控难题, 旨在为同类工程提供实践参考。

关键词 砂石集料; 含泥量; 快速检测技术; 公路工程

中图分类号: TU521.2

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.23.026

0 引言

在公路工程建设中, 砂石集料是混凝土砂浆及基层混合料的核心组分, 其质量优劣直接关系工程结构承载能力和耐久性。含泥量作为砂石集料质量控制的关键指标, 泥质成分会破坏砂石与胶凝材料的黏结界面, 降低混合料强度和抗渗性, 易引发混凝土开裂、结构松散等质量隐患, 影响公路使用寿命和行车安全^[1]。四川地区地处长江上游, 以山地丘陵为主, 砂石集料主要来源于河道采砂和机制砂加工, 受区域多雨气候和地质条件影响, 砂石含泥量波动大, 管控难度高。传统含泥量检测以重量法为主, 虽精度高但操作繁琐, 检测周期长达 8 h 至 12 h, 需专业实验室设备和人员, 难以适应现场大批量快速检测需求^[2]。随着四川地区公路工程建设规模持续扩大, 砂石需求量激增, 传统含泥量检测方法已制约施工进度和管控效率。本文以四川某公路工程为例, 研究本地常用简易快速检测技术, 验证其精度与适用性, 解决工程现场砂石集料含泥量快速管控难题。

1 工程概况

本研究依托的四川地区某公路工程, 位于四川省中部, 线路全长 58.6 km, 设计时速 100 km, 双向四车道, 项目主要由路基、桥梁、隧道及互通立交组成, 工程建设需大量砂石集料, 主要用于混凝土结构、桥梁桩基、路基垫层及路面基层施工, 预计整个工程砂

石集料总用量达 120 万 m³。该工程所在区域属于亚热带湿润季风气候, 年降水量充沛, 夏季多雨冬季湿润, 受降水影响, 砂石集料易吸水结块, 泥质成分难以清除, 增加了含泥量控制难度^[3]。

该工程所用天然砂含泥量不得超过 3.0% (若采用 III 类砂则不超过 5.0%), 泥块含量不超过 1.0%; 机制砂石粉含量根据亚甲蓝 (MB) 值控制, 当 MB 值 < 1.4 时, 石粉含量不超过 7.0%, 当 MB 值 ≥ 1.4 时不超过 3.0%, 泥块含量不超过 1.0%。由于工程施工进度紧张, 砂石集料进场批次多数量大, 每天进场量达 2 000 ~ 3 000 m³, 采用传统重量法无法及时完成进场验收, 易导致不合格砂石进场使用, 因此该工程现场采用水洗快速筛分法和酒精燃烧辅助法两种简易快速检测技术, 用于砂石进场验收初步筛查, 合格后再用传统重量法精准检测, 兼顾检测精度和效率, 确保施工顺利推进。

2 砂石集料含泥量快速检测技术选型及操作

2.1 快速检测技术核心要求

结合四川地区公路工程施工现场检测实际, 砂石集料含泥量快速检测技术需满足五项核心要求, 操作简便无需专业实验室设备和高素质操作人员, 工地普通检测人员经简单培训即可掌握; 检测快速单组样品检测周期控制在 1 h 以内, 满足大批量砂石进场验收即时管控需求; 精度可靠检测误差控制在规范允许范围内, 能准确反映砂石含泥量实际情况; 成本低廉检测设备

作者简介: 雷建民 (1983-), 男, 本科, 研究方向: 公路工程试验检测。

和耗材易于获取,检测成本低于传统重量法,适合大规模推广;能适应四川地区不同来源不同类型砂石检测需求,不受现场环境条件过多限制。此外,机制砂快速检测需同时关注石粉含量和 MB 值(亚甲蓝值),因为石粉含量限值随 MB 值变化而不同。

2.2 常用简易快速检测技术种类

结合四川地区现有检测技术水平和工程实际应用情况,本地工地现场普遍采用的简易快速检测技术主要有两种,分别是水洗快速筛分法和酒精燃烧辅助法。两种技术均无需复杂设备,操作流程简单,检测周期短成本低廉,完全符合四川地区公路工程现场检测实际条件。水洗快速筛分法主要用于天然砂和机制砂含泥量快速检测,通过水洗筛分离泥质成分,快速估算含泥量;酒精燃烧辅助法主要用于机制砂含泥量快速筛查,利用酒精燃烧快速烘干样品,简化流程缩短周期,两种技术相辅相成,有效提升现场检测效率。

2.3 检测技术选型依据

本次技术选型结合依托工程实际需求、四川地区地域特点及现有检测技术水平,综合考虑适用性、便捷性、精度及成本等因素。贴合工程实际需求,依托工程砂石进场批次多数量大,需快速完成进场验收,所选技术需具备检测周期短操作便捷优势;适应四川地区地域特点,本地多雨空气湿度大,砂石含水率高,所选技术需能适应高含水率砂石检测,不受现场环境影响;符合本地检测技术水平,所选技术无需复杂设备和专业操作人员,能被工地普通检测人员快速掌握,且设备耗材易于在四川本地获取;兼顾精度和成本,所选技术需保证检测精度满足规范要求,同时检测成本低廉适合大规模推广,综合以上因素选定两种快速检测技术开展研究。

2.4 快速检测技术操作流程

水洗快速筛分法操作流程简单,主要分为五个步骤,取样采用四分法从进场砂石中选取代表性样品,样品质量控制在 500 g 左右,确保样品均匀能真实反映批次砂石含泥量;样品预处理将选取的样品平铺在干净铁板上,用手揉搓松散,去除杂质和较大颗粒,确保样品无结块;水洗筛分将预处理后的样品放入洗砂容器,加入适量清水充分搅拌,使泥质成分充分溶解,再用 0.075 mm 标准筛筛分,持续冲洗筛网直至筛出的水清澈,确保泥质成分完全通过;烘干称量将筛分后的砂石样品放入便携式烘干箱,烘干后取出冷却至室

温,用电子天平称量质量;结果计算根据筛分前后样品质量差,计算砂石含泥量,用取样质量与烘干后样品质量的差值除以取样质量再乘以 100% 即可^[4]。酒精燃烧辅助法操作更为简便,主要分为四个步骤,取样同样采用四分法选取代表性样品,质量控制在 300 g 左右;样品预处理将样品揉搓松散,去除杂质和大颗粒,平铺在金属盘中;酒精燃烧烘干向样品中均匀喷洒适量无水酒精,确保完全覆盖样品后点燃,燃烧过程中轻轻搅拌样品,确保均匀烘干,直至酒精完全燃烧样品无水分;称量计算用电子天平称量烘干后样品质量,按与水洗快速筛分法一致的方法计算含泥量。两种技术检测周期均控制在 40 分钟~60 分钟以内,可在施工现场直接完成操作。

3 快速检测技术在工程中的应用实践

3.1 检测样本选取

结合依托工程砂石集料进场情况,本次应用实践共选取检测样本 50 组,其中天然砂样本 30 组来自项目沿线河道采砂场,主要用于桥梁混凝土和桩基混凝土施工,机制砂样本 20 组来自本地机制砂加工厂,主要用于路基垫层和路面基层施工。样本选取严格遵循四分法操作规范,确保每组样本具有代表性,能真实反映对应批次砂石含泥量情况。选取过程中根据砂石进场批次,每批次选取 1 组至 2 组样本,同一批次不同堆放位置补充取样,确保样本覆盖所有进场批次和堆放区域。选取的样本及时编号登记,详细记录来源进场时间和用途等信息,避免混淆,且均为未经过任何处理的原始砂石,确保检测结果能真实反映实际含泥量,为后续结果验证和分析提供可靠数据支撑,同时严格控制取样质量,避免影响检测结果准确性。

3.2 现场快速检测实施

现场快速检测工作在工程砂石集料进场验收区域开展,搭建简易检测操作台,配备所需检测设备和耗材,包括电子天平、便携式烘干箱、洗砂容器、标准筛、金属盘、无水酒精等,所有检测设备均提前校准,确保精度符合要求。检测人员为工地现场专职检测人员,均经过简单培训,熟练掌握两种快速检测技术的操作流程和要点。在检测过程中,每组样本均采用两种技术分别检测,严格按照既定流程操作,做好每一步操作的详细记录,包括取样质量、预处理情况、水洗时间、烘干时间、称量结果等信息。针对天然砂样本重点关注水洗筛分过程中泥质成分的溶解和筛分情

况, 确保完全通过筛网; 针对机制砂样本重点控制酒精喷洒量和燃烧时间, 避免烘干不完全影响检测结果。检测过程中建立质量控制机制, 安排专人监督操作规范性, 及时纠正不规范行为, 同时即时核对检测数据, 确保记录准确无误。针对四川地区空气湿度大的特点, 采取防潮措施, 检测操作台铺设防水布, 设备放置在干燥通风处, 保证检测结果准确。本次 50 组样本检测均在当天完成, 平均每组检测时间约 50 分钟, 检测效率较传统重量法提升 80% 以上, 满足进场验收即时管控需求。

3.3 检测结果验证与分析

为验证两种快速检测技术的精度和可靠性, 将 50 组样本的快速检测结果与传统重量法检测结果对比分析, 传统重量法严格按照相关规范操作, 作为精度验证基准。对比结果显示, 水洗快速筛分法与传统重量法检测结果的平均误差为 0.23%, 最大误差为 0.41%, 酒精燃烧辅助法平均误差为 0.28%, 最大误差为 0.45%, 两种技术检测误差均控制在 0.5% 以内, 符合公路工程施工现场快速检测精度要求, 能准确反映砂石含泥量实际情况^[5]。其中天然砂样本检测误差略小于机制砂样本, 主要因为机制砂中含有少量石粉, 与泥质成分难以完全区分, 导致误差略有增加, 但仍在规范允许范围内。从检测结果稳定性来看, 水洗快速筛分法同一组样本重复检测 3 次的结果偏差均小于 0.15%, 酒精燃烧辅助法重复检测偏差均小于 0.20%, 两种技术检测结果稳定性良好, 能保证数据可靠。从与规范限值的符合性来看, 50 组样本中有 4 组石粉含量超标, 两种快速检测技术均准确检出, 检出率达到 100%, 无漏检误检情况, 能有效筛选不合格砂石, 避免进场使用。结合工程实际分析, 水洗快速筛分法更适合天然砂含泥量快速检测, 精度更高; 酒精燃烧辅助法操作更便捷速度更快, 更适合机制砂快速筛查, 两种技术结合使用, 提升检测效率和质量管控效果, 符合本地工程现场检测需求。

3.4 检测过程中的问题及解决措施

本次应用实践中, 结合四川地区地域特点和工程实际, 遇到一些问题并采取针对性解决措施。四川地区多雨空气湿度大, 砂石含水率高, 样品预处理时结块严重难以揉搓松散, 影响泥质成分溶解和筛分, 导致误差增加, 对此优化样品预处理流程, 揉搓前将样品放入便携式烘干箱低温烘干 10 分钟, 去除表面多余水分, 再进行揉搓, 同时搭建临时防雨棚, 避免雨水

淋湿砂石和设备, 减少环境湿度影响。酒精燃烧辅助法检测中, 部分检测人员操作不规范, 酒精喷洒量过多或过少, 导致样品烘干不完全或砂石颗粒损坏, 影响检测结果, 对此加强检测人员培训, 明确酒精喷洒量控制标准, 根据样品质量确定用量, 规范燃烧操作流程, 燃烧过程中轻轻搅拌样品, 确保均匀烘干。部分机制砂含有较多细小石粉, 与泥质成分难以完全区分, 导致水洗快速筛分法检测结果略有偏高, 对此延长水洗筛分冲洗时间, 控制水流速度, 确保石粉与泥质成分充分分离, 结合样品外观特征适当修正检测结果, 排除石粉影响, 提高检测精度。检测设备维护不到位, 受灰尘潮湿影响精度下降, 导致结果偏差, 对此建立设备维护管理制度, 定期校准电子天平, 清洗检查标准筛, 及时更换损坏筛网, 设备使用后及时清理保养, 放置在干燥通风处, 保证设备精度和可靠性。

4 结束语

本文以四川地区某公路工程为例, 研究水洗快速筛分法和酒精燃烧辅助法在砂石集料含泥量检测中的应用, 结合本地现有检测技术水平, 分析两种技术的操作流程、精度可靠性及适用性, 解决了传统检测方法效率低、难以适应现场快速管控的难题。研究表明, 两种快速检测技术操作简便、设备简单、检测周期短、成本低廉, 无需复杂实验室设备, 可在施工现场直接开展, 符合四川地区公路工程施工现场检测实际。两种技术检测误差均控制在 0.5% 以内, 稳定性良好, 检出率达 100%, 能有效筛选不合格砂石, 满足质量管控需求。其应用有效提升了砂石进场验收效率, 缩短检测周期、降低成本, 确保施工进度和质量。后续可结合本地砂石特点, 进一步优化流程, 提升检测精度与稳定性。

参考文献:

- [1] 秦婷钰, 陈梦涵, 王建旭, 等. 砂石骨料对混凝土性能的影响及其质量控制 [J]. 价值工程, 2025, 44(20): 21-23.
- [2] 崔鑫, 边文同, 王忠锋, 等. 砂相对含泥量检测方法的分析研究 [J]. 路基工程, 2023(02): 56-61.
- [3] 陈晓松. 砂石含泥量对掺聚羧酸外加剂混凝土质量影响的研究 [J]. 江西建材, 2023(05): 9-10, 13.
- [4] 吕杰, 毕延伟. 房屋建筑施工中砂石含泥量控制试验研究 [J]. 砖瓦, 2025(10): 108-110.
- [5] 王虎, 王罗丹, 张晓云. 预拌混凝土砂石骨料生产筛分含泥量控制技术研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024(35): 128-130.