

交通工程砂石料含水率对施工质量的影响分析

蔡巧巧

浙江公路技师学院 浙江 杭州 310012

摘要: 随着交通工程建设的蓬勃发展,砂石料作为基础施工材料,其质量把控至关重要。其中,含水率是影响砂石料性能的关键因素之一。砂石料含水率若控制不当,会显著影响混凝土的配合比、工作性及强度发展,进而对交通工程的施工质量产生深远影响。本文旨在深入分析交通工程中砂石料含水率对施工质量的具体影响,探讨有效的含水率控制策略,为提升交通工程建设质量提供科学依据。

关键词: 交通工程;砂石料含水率;施工质量的影响

引言: 在交通工程建设中,砂石料作为不可或缺的基础材料,其质量直接关系到整个工程的稳固与耐久。而砂石料的含水率,作为影响其物理力学性能的重要指标,对施工质量有着不容忽视的影响。含水率过高或过低,都可能导致混凝土配合比失衡、工作性变差、强度降低等一系列问题,进而影响交通工程的安全性和使用寿命。因此,深入分析砂石料含水率对施工质量的影响,对于提升交通工程建设质量具有重要意义。

1 交通工程砂石料含水率基本理论

1.1 砂石料的物理性质与分类

(1) 粒径:砂石料粒径是划分类别的核心指标,交通工程中通常将粒径大于5mm的归为碎石,小于5mm的为砂,不同粒径材料适配不同工程部位,如大粒径碎石用于路基基层,细砂用于混凝土拌和。(2) 级配:指砂石料不同粒径颗粒的分布比例,良好级配能减少空隙率,提升路基压实度与混凝土强度,交通工程中需通过筛分试验确保级配符合设计规范。(3) 吸水性:与材料孔隙结构相关,孔隙多且连通性好的砂石料吸水性强,会直接影响含水率,进而改变混合料配合比,需重点关注。

1.2 含水率的定义与测量方法

(1) 含水率的定义:①天然含水率指砂石料在自然状态下所含水分质量与干料质量的百分比,反映材料天然含水状态;②饱和面干含水率是材料表面干燥、内部孔隙完全饱和时的含水率,是确定混凝土最佳用水量的关键参数。(2) 常见测量方法:①烘干法为标准方法,将试样烘干至恒重后计算含水率,精度高但耗时久;②酒精燃烧法通过酒精燃烧失水计算,适用于现场快速检测,精度稍低;③快速测定仪利用电容或电阻原理,数分钟内得出结果,效率高,常用于施工过程中的实时监控^[1]。

1.3 含水率的影响因素

(1) 环境湿度:湿度高时,砂石料易吸收空气中水分,含水率升高;湿度低则水分易蒸发,含水率降低,多雨地区需加强含水率监测。(2) 温度:温度升高加快水分蒸发,含水率下降;低温环境水分蒸发慢,含水率相对稳定,夏季施工需频繁调整含水率检测频率。(3) 堆放方式:露天堆放易受雨雪影响,含水率波动大;覆盖防雨布或室内堆放能减少环境对含水率的影响,保证材料性能稳定。(4) 材料自身特性:颗粒表面积大、孔隙率高的砂石料,与水分接触面积大,含水率更易受环境影响,如细砂比碎石含水率变化更敏感。

2 交通工程含水率对施工质量的影响机制分析

2.1 对混凝土性能的影响

(1) 含水率对混凝土配合比设计的干扰:砂石料实际含水率与设计假定值偏差时,会直接改变混凝土水胶比。若含水率高于设计值,相当于额外增加用水量,导致水胶比增大;反之则水胶比减小。水胶比偏离设计标准,会打破混凝土各组分比例平衡,使混凝土性能偏离预期,增加施工质量控制难度。(2) 对混凝土工作性的影响:含水率过高会使混凝土拌合物中自由水增多,坍落度增大、流动性过强,易出现离析、泌水现象,浇筑后表面易形成疏松层;含水率过低则会导致拌合物干涩,坍落度偏小、流动性差,难以充分振捣密实,易产生蜂窝、麻面等缺陷,影响混凝土浇筑施工效率与外观质量^[2]。(3) 对混凝土强度与耐久性的影响:含水率过高导致水胶比增大时,混凝土硬化过程中会形成更多孔隙,孔隙率升高,抗压、抗拉强度显著下降;同时,过多孔隙为外界水分、有害物质渗透提供通道,加速混凝土碳化,增大碳化深度,降低抗冻、抗渗等耐久性指标,缩短混凝土结构使用寿命。

2.2 对沥青混合料性能的影响

(1) 含水率对沥青与集料粘附性的影响:集料表面

存在水分时,会在集料与沥青间形成水膜,阻碍沥青与集料的紧密结合,降低二者粘附性。在交通荷载与雨水反复作用下,水膜会不断破坏沥青-集料界面,引发水损害,导致沥青混合料出现剥落、松散等问题,严重影响路面结构稳定性^[3]。(2)对沥青混合料压实效果与空隙率的影响:含水率过高的沥青混合料,在压实过程中水分难以排出,会在混合料内部形成“气垫”,阻碍集料颗粒的紧密排列,导致压实度不足;同时,未排出的水分会增加混合料内部空隙,使空隙率升高。而空隙率过大不仅会降低沥青混合料的承载能力,还会加剧雨水渗入,进一步诱发水损害与老化问题。

2.3 对基层与路基施工质量的影响

(1)含水率过高导致的问题:基层与路基施工中,若材料含水率过高,超出最佳含水率范围,压实过程中土壤颗粒间摩擦力减小、粘聚力降低,易出现“弹簧土”现象,导致压实度难以达到设计要求。后续运营中,未充分压实的基层与路基会因荷载作用发生不均匀沉降变形,引发路面开裂、凹陷等病害,影响道路通行安全性与舒适性。(2)对基层材料强度与稳定性的影响:含水率过低时,基层材料颗粒间粘结力不足,难以形成稳定结构,强度无法满足设计要求;含水率过高则会稀释基层材料中的胶结成分,降低材料整体强度,同时使基层材料抗冲刷能力下降,在雨水浸泡与渗透作用下,易发生软化、崩解,破坏基层结构稳定性,缩短道路使用寿命^[4]。

3 工程案例分

3.1 案例选择与数据采集

(1)典型交通工程项目选取:①高速公路项目:选取某新建双向四车道高速公路,施工路段以混凝土路面与沥青基层为主,涉及砂石料用量大,含水率影响范围广;②桥梁项目:选择城市跨江大桥,重点关注桥梁墩柱、箱梁等混凝土结构施工,对混凝土性能要求严苛;③机场道面项目:选取regional机场跑道翻新工程,道面混凝土需具备高平整度与耐久性,含水率控制至关重要。(2)现场数据采集:通过现场布设含水率监测点,采用烘干法与快速测定仪相结合的方式,每日定时采集砂石料含水率数据,记录频率为每2小时1次;同时整理施工日志,收集混凝土配合比调整记录、压实度检测报告、质量缺陷整改记录等,形成完整数据链,为后续分析提供支撑。

3.2 含水率波动对施工质量的具体影响

(1)混凝土质量问题关联性分析:在桥梁项目墩柱施工中,某批次砂石料含水率较设计值高3%,未及时调整配合比,导致混凝土拌合物坍落度超出设计范围

20mm,出现严重离析现象;浇筑后7天,墩柱表面出现多条纵向裂缝,经检测,裂缝深度达5mm,分析认为是含水率过高导致混凝土强度不足,收缩应力引发开裂。(2)沥青路面病害成因分析:高速公路沥青基层施工期间,遭遇连续阴雨天气,集料含水率较标准值高2.5%,压实过程中形成“气垫效应”,检测显示压实度仅为92%(设计要求 $\geq 96%$)。通车1年后,该路段出现大面积水损害,路面松散、坑槽频发,同时伴随明显车辙,深度最大达8mm,追溯成因,初始含水率超标导致的压实度不足是核心诱因。

3.3 案例总结与启示

(1)经济损失与工期延误:机场道面项目因砂石料含水率失控,导致2000m²道面混凝土强度不达标,需全部返工,直接经济损失超120万元;返工导致工期延误15天,间接影响机场通航计划,造成额外成本支出。(2)经验与教训:①经验:高速公路项目后期建立“含水率-配合比”动态调整机制,实时根据监测数据调整用水量,后续施工未再出现质量问题;②教训:桥梁与机场项目初期对含水率监测重视不足,未制定应急预案,导致问题发生后处置被动,后续工程需强化前期监测与风险预判,建立完善的含水率管理体系。

4 交通工程砂石料含水率控制措施与优化建议

4.1 材料选择与预处理

(1)选用低吸水性砂石料:优先选择孔隙率低、表面致密的砂石料,如花岗岩碎石、石英砂等,此类材料吸水率通常低于2%,能大幅减少环境水分对含水率的影响。在材料采购阶段,需通过试验检测筛选吸水率达标材料,同时要求供应商提供材料吸水率检测报告,从源头降低含水率波动风险;对于高吸水率的砂石料(如石灰岩碎石),需评估其在工程中的适用性,必要时进行额外处理。(2)覆盖防雨、排水设计等预处理措施:砂石料堆放场地需硬化处理,设置2%-3%的排水坡度,配备排水沟与集水井,避免雨水积存渗入料堆;采用防水帆布或钢结构防雨棚全覆盖料堆,棚体高度不低于5m,保证通风的同时防止雨水直接冲刷。此外,对进场砂石料实行“分层堆放、先进先出”管理,底层材料堆放高度不超过1.5m,减少下层材料因自重压实导致的含水率不均,预处理阶段需定期检查覆盖完整性与排水系统通畅性。

4.2 施工工艺优化

(1)动态调整配合比:在拌合站设置含水率实时检测点,每批次砂石料进场后,采用快速测定仪检测含水率,若检测值与设计基准值偏差超过0.5%,立即启动配合比调整程序。例如,当砂石料含水率较基准值高1%时,

按“每1%含水率增加量,减少用水量0.8%-1%”的公式修正,确保混凝土水胶比、沥青混合料油石比符合设计要求;调整后需制作试件检测性能,验证配合比修正效果,避免盲目调整。(2)改进拌合与运输方式:采用强制式搅拌机替代自落式搅拌机,强制式搅拌机搅拌转速达30-40r/min,能将砂石料与水快速均匀混合,减少因含水率不均导致的拌合不匀问题;运输环节使用密闭式罐车或覆盖防雨布的运输车,混凝土运输时间控制在1h内,沥青混合料运输时间不超过30min,同时在运输车辆上安装温度与湿度监测装置,实时监控材料状态,避免运输过程中水分蒸发或雨水渗入^[5]。

4.3 监测与信息化管理

(1)含水率快速检测技术应用:在砂石料堆放场、拌合站关键节点安装物联网湿度传感器,传感器精度达 $\pm 0.1\%$,数据采集间隔为10min,实时将含水率数据传输至云端管理平台;引入智能含水率监测系统,系统可自动生成含水率变化曲线,对比设计限值,当数据超限时自动推送提醒至管理人员手机端,实现“实时监测-数据分析-异常预警”一体化管理,替代传统人工抽样检测,提升监测效率与准确性。(2)建立含水率预警机制与应急预案:设定三级预警阈值,当含水率超出设计值0.5%-1%时启动蓝色预警,增加检测频率;超出1%-2%时启动黄色预警,暂停材料使用并调整配合比;超出2%以上时启动红色预警,停止施工并排查原因。同时制定应急预案,针对雨天、高温等特殊天气,提前储备干燥砂石料,配备烘干设备(如滚筒式烘干机),当含水率超标时,可对砂石料进行烘干处理,确保施工连续进行。

4.4 标准与规范完善

(1)提出交通工程砂石料含水率限值建议:结合不同工程类型提出差异化限值,高速公路混凝土结构用砂石料含水率限值为1%-3%,沥青混合料用集料含水率限

值为0.5%-1.5%,路基基层用砂石料含水率限值为最佳含水率 $\pm 1\%$;针对特殊气候区域(如多雨地区、高温干旱地区),建议在基础限值上浮动0.3%-0.5%,确保限值适应地域环境特点。(2)推动相关施工规范与验收标准的修订:建议在《公路桥涵施工技术规范》《公路沥青路面施工技术规范》中,增加砂石料含水率监测频率、检测方法的具体要求,明确配合比动态调整的操作流程;在验收标准中,将砂石料含水率控制情况纳入过程质量评价指标,占比不低于10%,同时规定含水率超标时的整改措施与复检要求,通过规范完善倒逼施工单位重视含水率管理。

结束语

通过对交通工程中砂石料含水率对施工质量影响的深入分析,我们深刻认识到合理控制砂石料含水率对于确保工程质量的关键作用。含水率不仅影响着混凝土的各项性能,还直接关系到交通工程的整体稳定性和耐久性。因此,在施工过程中,我们必须严格把控砂石料的含水率,采取科学有效的控制措施,以确保施工质量的达标。未来,我们还将继续深入研究,为交通工程建设提供更加精准、可靠的含水率控制方案。

参考文献

- [1]胡海波,封卫国.混凝土配合比设计中砂石含水率控制技术[J].土木工程信息技术,2020,8(2):12-15.
- [2]赵芳,司马飞.砂石含水率对混凝土工作性能影响的研究[J].工程建设,2021,33(4):56-59.
- [3]赵晓青,钱枫.基于工程实际的混凝土砂石含水率优化策略研究[J].建筑材料学报,2019,22(3):425-429.
- [4]黄瑶.干湿环境下含水率对再生混凝土性能影响研究[J].居业,2022(08):71-73.
- [5]何坤,袁璞.含水率与干湿循环对蒸压轻质混凝土抗压强度的影响[J].科学技术与工程,2021,(20):86-88.