

The Application of Green Concrete in Municipal Pipeline Construction

Lina Gao

Guoji Construction Group Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030000, China

Abstract

This paper focuses on the application research of green concrete in municipal pipeline construction. By analyzing the requirements of municipal pipeline engineering for material properties, combined with the characteristics of green concrete such as environmental friendliness, durability and excellent mechanical properties, this paper explores its application advantages and technical key points in pipeline foundations, pipeline structures and ancillary facilities. Studies show that green concrete, by adding industrial waste residue and adopting low-carbon production processes, can reduce carbon emissions by 30% to 50%, while meeting the performance requirements of municipal pipelines such as impermeability, frost resistance and corrosion resistance. Through case analysis and verification, the application of green concrete in municipal drainage and water supply pipeline projects can effectively improve the project quality, extend the service life of pipelines, and reduce the total life cycle cost. This article aims to provide theoretical basis and practical guidance for the promotion and application of green concrete in municipal pipeline construction, and to contribute to the green and low-carbon development of municipal engineering.

Keywords

Green concrete Municipal pipeline Low-carbon and environmentally friendly Durability Engineering Application

绿色混凝土在市政管道施工中的应用

高丽娜

国基建设集团有限公司, 中国 · 山西 太原 030000

摘要

本文聚焦绿色混凝土在市政管道施工中的应用研究。通过分析市政管道工程对材料性能的需求, 结合绿色混凝土环保、耐久、力学性能优良等特性, 探讨其在管道基础、管道结构及附属设施中的应用优势与技术要点。研究表明, 绿色混凝土通过掺加工业废渣、采用低碳生产工艺, 可降低碳排放30%-50%, 同时满足市政管道抗渗、抗冻、抗腐蚀等性能要求。通过案例分析验证, 绿色混凝土在市政排水、给水管道工程中应用, 能有效提升工程质量, 延长管道使用寿命, 降低全生命周期成本。本文旨在为绿色混凝土在市政管道施工中的推广应用提供理论依据与实践指导, 助力市政工程绿色低碳发展。

关键词

绿色混凝土; 市政管道; 低碳环保; 耐久性; 工程应用

1 引言

市政管道作为城市基础设施的重要组成部分, 承担起给排水、燃气输送、电力通讯等核心任务, 工程质量怎样, 直接关系到城市运行的安全和居民生活质量, 市政管道施工采用传统混凝土, 存在资源消耗偏大、环境污染重、耐久性不足等问题, 普通混凝土鉴于抗渗性能较差, 造成给排水管道渗漏率达到 15%-20% 之高, 也造成了水资源的无谓消耗, 还引发像道路塌陷之类的次生灾害, 伴随“双碳”目标推进及绿色施工理念的普及态势, 迫切需求开发环境友好、性能优良的新型建筑材料, 这在市政工程领域凸显。绿色混凝土

借助掺入工业废渣(像粉煤灰、矿渣粉)、开展配合比设计优化、运用低碳生产工艺, 在维持力学性能正常的期间, 明显降低水泥的用量与碳排放水平, 道路工程与建筑结构里, 绿色混凝土应用效果良好, 但针对市政管道施工开展的系统性研究与应用尚显不足。本文通过分析绿色混凝土特性, 探讨其在市政管道施工中的应用技术, 为推动市政工程绿色化发展提供参考。

2 绿色混凝土的特性分析

2.1 环保性能

绿色混凝土经大量添加工业废渣来替换水泥, 实现资源循环利用以及碳排降低。若掺加 1 吨粉煤灰, 可减少 0.8 吨的二氧化碳排放, 将生产成本降低了约 80 元, 一部分绿色混凝土还能借助建筑垃圾破碎再生骨料, 可实现 40% -

【作者简介】高丽娜(1989-), 女, 中国河北张家口人, 本科, 高级工程师, 从事市政研究。

60%的骨料替代率,有效缓和天然砂石资源短缺矛盾。

2.2 力学性能

依靠对配合比设计的优化,绿色混凝土可契合市政管道工程的力学需求,试验结果表明,绿色混凝土中掺有20%矿渣粉与15%硅灰,28天其抗压强度可至45MPa,拥有6.5MPa抗折强度,符合排水管道基础(C25)、给水管道结构(C30)的强度规格,其弹性模量比普通混凝土降低了10%-15%,更适宜应对管道因温度改变引发的变形,减少产生裂缝的概率。

2.3 耐久性能

绿色混凝土显示出卓越的抗渗、抗冻与抗腐蚀成效,其微观结构的致密让抗渗等级达P8以上,比普通混凝土的抗渗等级提升了2个级别,有效遏制给排水管道出现渗漏现象,处于抗冻融试验进行阶段,历经300次冻融循环的阶段后,质量损失的百分比<3%,动弹性模量留存比例>85%,适用于严寒地方的市政管道铺设,抵御硫酸盐及氯离子的能力提升了40%,提高沿海地区及工业污染区域管道的使用寿命。

3 绿色混凝土在市政管道施工中的应用技术

3.1 管道基础施工应用

3.1.1 材料设计优化

市政管道基础需有高强度、高度的稳定性以及良好抗变形之力,以达成支撑上部管道结构与分散荷载目的,在绿色混凝土配比设计活动里,借助大量掺入工业废渣达成性能与环保间的平衡,施行“粉煤灰+矿渣粉”双掺体系收效明显:若粉煤灰掺量把控在25%-35%,若矿渣粉的添加量在15%-25%这个区间,28天后混凝土的抗压强度可达30-40MPa,符合排水管道C25、给水管道C30的强度规范。为提升基础抗渗的能力,不妨添加5%-8%的硅灰,让混凝土内部孔隙实现细化,抗渗等级实现P8以上水平,借助掺入0.1%至0.15%的聚丙烯纤维,有效抑制因塑性收缩形成的裂缝,增加基础的持久稳固性,配合比设计的时候,要严格让水胶比处于0.4-0.45这个区间,使混凝土工作性和强度实现平衡效果^[1]。

3.1.2 施工工艺创新

在管道基础的施工进程里,采用“分层浇筑振捣并辅以智能温控”工艺:把控每层浇筑的厚度为30-50cm,以插入式振捣器进行梅花样式的振捣,振捣时间以混凝土表面无明显下沉、气泡不再溢出为准,防止过度振捣引发混凝土离析,马上把透水保水薄膜覆盖上去,借助物联网温湿度传感器对混凝土内部温度做实时监测,当内外温差突破25℃界限,开启智能喷淋体系实施降温保湿,让基础在适宜环境下顺利硬化,养护期起码要7天,该阶段严禁车辆上路通行,以防基础结构被扰动^[2]。

3.2 管道结构施工应用

3.2.1 预制管材生产技术

处于预制混凝土管道生产环节,应用绿色混凝土要冲破早期强度与耐久性的平衡难题,借助“低水胶比、高效减水剂及早强剂”的技术路线,能让管道脱模强度于12小时内达到设计强度的70%,于某DN1000排水管道生产期间,采用了0.38这一水胶比,添入15%硅灰与20%的矿渣粉,额外添加0.5%三乙醇胺早强剂,实现12小时即可脱模,跟普通混凝土比起来,生产效率提升了50个百分点。为增强管道抵御裂缝的性能,可把钢纤维添加到混凝土中,体积掺量0.8%-1.2%,促使管道抗裂性能呈现30%-50%的提升态势,在模具设计采用高频振动成型技术,把振动频率调控至50-60Hz,保证混凝土密实度达98%以上,大大降低管道出现渗漏的风险。

3.2.2 现场安装施工要点

市政管道的渗漏高发处往往是管道接口,采用微膨胀绿色混凝土实施接口处理,能显著提高密封程度,把微膨胀剂的掺加量控制在8%-10%,把膨胀率控制到0.02%-0.05%水平,能实现混凝土收缩的补偿,也防止了过度膨胀引起的结构破坏。在接口实施浇筑操作前,要给承插口进行凿毛方面处理,马上把水泥净浆界面剂刷上,加强新旧混凝土粘结的稳固性,在顶管施工这个阶段,作为触变泥浆的优质替代材料,绿色混凝土可行,凭借调整配合比达成目的,让混凝土坍落度达到200-220mm这个水平,扩展度实现500-600mm的范围,呈现良好的流动及填充特性,某污水顶管工程采用自密实绿色混凝土作为触变泥浆,顶进时的阻力降低达25%,周边土体扰动的范围降低了30%,为周边建筑物安全构筑了有效防线^[3]。

3.3 附属设施施工应用

3.3.1 检查井与阀门井建造技术

倘若检查井井壁采用C30抗渗绿色混凝土,必须重点解决防渗与抗腐蚀的麻烦,借助掺入3%-5%的有机硅防水剂,能让混凝土表面形成一层疏水层,实现抗渗等级提升至P10,处于腐蚀的环境当中,添加占比15%-20%的耐蚀矿物掺合料,可让混凝土的抗硫酸盐侵蚀系数增长到0.9以上,施工中采用钢模板一次性完成浇筑成型工艺,于模板的拼接缝隙处设置橡胶止水条,于某市政范畴项目里面,采用该技术,检查井渗漏率从传统工艺15%降低到3%以下,维护周期拉长至8-10年。

3.3.2 井盖与井座生产工艺

再生骨料绿色混凝土为井盖井座的生产提供环保解决途径,把建筑垃圾进行破碎以制成再生骨料,把替代比例把控在40%-60%,另外添加5%-8%的胶粉改性剂,可明显提升混凝土的韧性,就配筋设计相关事宜,采用双层且双向设置的钢筋网片,把钢筋间距调控在100-150mm,使井盖

承载能力达成 D400 等级 (400kN) 水平, 生产过程采用热压成型的工艺, 成型压力把控在 8 - 10MPa, 令井盖表面致密又光滑, 耐磨性上扬 40%, 采用该工艺产出的井盖, 抗疲劳性能较传统产品提升幅度为 30%, 极大减少“跳盖”现象频次。

4 应用中的关键问题与解决措施

4.1 材料性能波动控制

4.1.1 原材料品质差异问题

绿色混凝土以工业废渣作为核心掺合料, 其品质受生产工艺、储存条件以及运输过程的影响极为显著, 烧失量、活性指数及需水量比在粉煤灰中波动, 会直接牵动混凝土的凝结时间与强度变化; 矿渣粉比表面积与玻璃体含量的变动, 或许造成混凝土早期强度不充足或后期收缩量加大, 在某市政工程项目里, 鉴于粉煤灰烧失量超标情况, 规范要求此数值应 $\leq 5\%$, 让混凝土 28 天强度仅达设计值的 85% 而已, 其表面出现了细小的裂缝^[4]。

4.1.2 系统性控制措施

创建“三方联检”模式, 要求供应商呈上质量检测报告, 施工单位针对批次开展抽检, 监理单位推进平行检测事宜, 着重去检测粉煤灰的细度; 诸如矿渣粉比表面积 ($\geq 400\text{m}^2/\text{kg}$)、流动度比 ($\geq 95\%$) 之类的指标, 若遇到不合格材料, 迅速安排退场事宜。

依靠实时检测的实际数据, 采用响应面法创建材料性能跟配合比参数的关联模型, 若粉煤灰需水量比开始增大, 合理调整减水剂的掺加量; 若矿渣粉的比表面积降低了, 合理提升水泥用量抑或加大硅灰掺量, 维持混凝土工作性与强度的稳定水平, 引入原材料追溯管理平台, 用二维码标签记录废渣的来源、批次以及检测结果等信息内容, 于施工进行之际, 系统自动就异常数据给予预警提示, 进而推荐匹配的配合比调整途径, 实现对材料质量全流程追溯及智能调控。

4.2 施工工艺适应性

4.2.1 工作性与凝结时间差异问题

由于掺合料具备火山灰效应与吸附特性, 绿色混凝土, 一般会有坍落度快速减少、凝结时间拉长等表现, 在夏季高温环境中施工之际, 在 30 分钟内, 掺粉煤灰混凝土坍落度损失可达 40%, 造成混凝土泵送受阻; 而在冬季那种低温环境里, 掺入矿渣粉的混凝土, 初凝时间可能达 8 小时以上, 拖慢施工的整体进度。

4.2.2 针对性工艺改进

采用复合型外加剂搭配体系, 如采用聚羧酸减水剂和缓凝剂 (柠檬酸、葡萄糖酸钠) 的复配组合, 依照环境温度调整掺量的占比, 夏季进入施工阶段的时候, 增加缓凝剂掺量 0.05% - 0.1%, 放慢坍落度损失的节奏; 冬季要降低缓凝剂的投放量, 再添入早强剂, 使初凝时间处于 6 - 8 小时范围。采用“搅拌站 - 运输 - 浇筑”综合性调度系统, 凭借 GPS 定位与实时路况研判, 将混凝土运输的时间把控在 30 分钟以

内, 倡导采用“薄层浇筑、快速振捣”工艺, 每层浇筑厚度限定为不超 30cm, 把振捣时间缩短为 15 - 20 秒, 降低离析问题出现几率。夏季施工时, 对原材料实施预冷操作, 让出机温度维持在 $\leq 25^\circ\text{C}$ 范围; 冬季实施暖棚加热、热水拌和操作, 浇筑之后用电热毯及保温棉被覆盖, 保证混凝土内部温度达 5°C 以上, 保障水化反应平稳开展^[5]。

4.3 成本优化策略

4.3.1 初期成本偏高问题

绿色混凝土受原材料采购、生产工艺改进及质量检测等环节影响, 初期成本增加, 含有 30% 粉煤灰和 20% 矿渣粉的绿色混凝土, 单方成本跟普通混凝土比起来高 15 - 25 元, 主要归因于废渣运输、存储所产生的费用, 还有外加剂成本的额外增加, 这成为阻滞其推广的关键缘由。

4.3.2 多维度成本控制方案

在市政工程集中区域搭建绿色混凝土搅拌站集群, 共同借助废渣资源供应链条, 减低运输花销, 跟周边的电厂、钢厂签订长久合作协议, 敲定废渣的采购定价, 比如某区域搅拌站联盟依靠集中采购途径, 把粉煤灰采购成本削减 20%, 采用 LCCA (全生命周期成本分析) 技法, 对绿色混凝土和普通混凝土在建设、维护、修复及拆除方面的成本进行比较。提议政府实施专项补贴政策, 为采用绿色混凝土的市政项目提供每立方米 30 - 50 元的财政补贴; 将绿色混凝土应用比例并入工程招投标评分体系范畴, 添加加分事项, 抓紧开展《市政工程绿色混凝土应用技术规程》编制, 厘清设计、施工及验收的标准, 推进该行业实现规范化运作。

5 结论

绿色混凝土借助其在环保、力学及耐久性能上的优势, 适合开展市政管道基础、结构及附属设施施工。采用合理规划的配合比与施工工艺, 市政管道工程质量可借绿色混凝土有效提升, 降低全生命周期的开支。推广绿色混凝土应用, 应解决材料性能把控、施工工艺适配及成本优化等方面难题, 倡导加大政策引导及技术标准建设力度。本项研究成果对市政工程绿色化发展有技术支撑作用, 往后可进一步摸索绿色混凝土智能化生产与施工的技术, 引领行业步入低碳转型之路。

参考文献

- [1] 王发. 市政道路施工建设中的质量控制研究[J]. 工程与建设, 2023, 37(04): 1322-1325.
- [2] 王国锋. 市政道路施工中混凝土施工技术的应用策略[J]. 中国住宅设施, 2023, (06): 187-189.
- [3] 林安周. 市政道路与桥梁工程混凝土施工技术分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (06): 85-87.
- [4] 彭翔. 市政道路混凝土路基施工的质量控制探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2022, (32): 127-129.
- [5] 高兆雄. 绿色混凝土在市政工程中的应用[J]. 江西建材, 2021, (07): 201+203.