

工程混凝土外加剂使用存在的问题及对策研究

曹晓辉

新疆北新科技创新咨询有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]混凝土外加剂在提升工程混凝土工作性、强度及耐久性方面具有重要作用,但在实际应用中仍存在材料适配性差、掺量控制不当、环境适应性不足及质量标准缺失等问题。文中系统分析了工程混凝土外加剂的主要类型与功能,重点探讨了其在选择、复配、施工及环境适应等方面存在的具体问题,并从技术、管理和环境三个层面深入剖析问题成因。在此基础上,提出优化材料选择、严格掺量控制、研发专用外加剂、完善标准体系及加强人员培训等对策,以提升外加剂的应用效果,保障混凝土工程质量。

[关键词]工程混凝土;外加剂;使用问题;对策研究;质量监管

DOI: 10.33142/ec.v9i7.20049

中图分类号: TU528.042

文献标识码: A

Research on the Problems and Countermeasures of the Use of Engineering Concrete Admixtures

CAO Xiaohui

Xinjiang Beixin Science and Technology Innovation Consulting Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Concrete admixtures play an important role in improving the workability, strength, and durability of engineering concrete. However, in practical applications, there are still problems such as poor material adaptability, improper dosage control, insufficient environmental adaptability, and lack of quality standards. The article systematically analyzes the main types and functions of engineering concrete admixtures, focusing on the specific problems in their selection, compounding, construction, and environmental adaptation, and deeply analyzes the causes of these problems from the perspectives of technology, management, and environment. On this basis, measures are proposed to optimize material selection, strictly control the dosage, develop specialized additives, improve the standard system, and strengthen personnel training to enhance the application effect of additives and ensure the quality of concrete engineering.

Keywords: engineering concrete; admixtures; usage issues; countermeasures research; quality supervision

引言

混凝土外加剂是优化混凝土性能、适配工程需求的关键材料,在大体积混凝土、高性能混凝土工程中发挥重要作用。当前,工程建设对混凝土性能要求不断提升,但外加剂使用中常因材料适配性不足、施工操作不规范、环境适应性差等问题,导致混凝土强度下降、耐久性衰减,影响工程质量与安全。深入研究外加剂使用问题及对策,可填补行业应用短板,推动混凝土工程向高质量、高稳定性方向发展,具有重要工程实践意义。

1 工程混凝土外加剂的主要类型与功能

1.1 外加剂分类

工程混凝土外加剂按功能与成分可分为多个类别。减水剂是应用最广泛的类型,包含普通减水剂、高效减水剂、

聚羧酸系减水剂,普通减水剂减水率较低,适用于对强度与流动性要求不高的普通混凝土;高效减水剂减水率显著提升,能在降低水胶比的同时保障混凝土流动性,适配中高强度混凝土;聚羧酸系减水剂兼具高减水率与良好保坍性,且对环境友好,常用于高性能混凝土工程^[1]。除减水剂外,还有多种专用外加剂。引气剂能在混凝土内部引入微小封闭气泡;缓凝剂可延缓混凝土凝结过程;早强剂能加速混凝土早期强度发展;防冻剂能降低混凝土冰点,避免低温下受冻;膨胀剂能在混凝土硬化过程中产生适度膨胀,补偿收缩裂缝,各类外加剂可根据工程需求单独或复配使用。

1.2 核心功能

外加剂的核心功能体现在多方面。改善工作性是重要

作用,能调节混凝土的流动性、粘聚性与保水性,如减水剂可提升流动性,满足泵送施工对混凝土和易性的要求,引气剂能增强粘聚性,减少施工过程中的离析与泌水现象。调节凝结时间与硬化速度也是关键功能,缓凝剂可延长凝结时间,避免高温环境下混凝土过快凝结导致施工无法顺利进行,早强剂能加快硬化速度,缩短混凝土养护周期,满足紧急工程的进度需求。增强力学性能与耐久性方面,减水剂通过降低水胶比提升混凝土强度,引气剂引入的气泡能增强抗冻性与抗渗性,延长结构使用寿命。此外,外加剂还能帮助混凝土适应特殊环境需求,防冻剂适配低温施工,膨胀剂适用于干湿交替的腐蚀环境,确保混凝土在复杂条件下仍能保持稳定性能。

2 外加剂使用中存在的主要问题

2.1 材料选择与适配性问题

材料选择与适配性不足是外加剂使用的突出问题。外加剂与水泥、掺合料的相容性常存在缺陷,不同品种水泥的矿物成分差异会影响外加剂作用效果,如硅酸盐水泥与矿渣硅酸盐水泥对减水剂的吸附能力不同,相容性不足时易导致混凝土坍落度损失过快,无法满足施工和易性要求;掺合料如粉煤灰、矿粉的细度与活性也会干扰外加剂功效,活性低的掺合料可能吸附大量外加剂,降低其有效浓度。不同类型外加剂复配时易出现冲突,减水剂与引气剂复配若比例不当,会导致协同效应失衡,要么引气量不足无法提升抗冻性,要么引气量过多降低混凝土强度;早强剂与缓凝剂复配时,若成分比例不合理,可能相互抵消作用,既无法加速早期强度发展,也难以有效调节凝结时间,影响混凝土性能稳定性。

2.2 掺量控制与施工工艺问题

掺量控制不当会直接引发混凝土性能波动。外加剂掺量不足时,无法充分发挥预期功效,如减水剂掺量不够会导致水胶比偏高,混凝土强度与耐久性下降;掺量过量则易产生负面效应,缓凝剂过量会使混凝土凝结时间过长,延误施工进度,早强剂过量可能导致混凝土内部产生裂缝。施工工艺不当进一步加剧问题^[2]。搅拌时间不足会导致外加剂与混凝土组分混合不均,局部区域外加剂浓度过高或过低,引发混凝土性能离散;投料顺序错误也会影响效果,如将外加剂与骨料同时投入而未先与水混合,会导致外加剂被骨料吸附,无法均匀分散在混凝土中,降低作用效率。

2.3 环境适应性挑战

环境因素对外加剂效果的影响显著。温度变化会干扰外加剂作用,高温环境下水分蒸发过快,缓凝剂可能因作用时间缩短而失效,导致混凝土过早凝结;低温环境则会

降低外加剂活性,防冻剂若无法有效降低混凝土冰点,易使混凝土内部水分结冰膨胀,造成结构损伤。复杂环境会导致外加剂耐久性下降,在海水环境中,氯离子会侵蚀外加剂有效成分,削弱其对混凝土性能的提升作用;化学腐蚀环境下,酸碱物质会与外加剂发生反应,破坏其分子结构,使混凝土抗渗性、抗冻性等性能逐步衰减,影响工程结构使用寿命。

2.4 质量稳定性与标准缺失

外加剂产品质量稳定性不足,同一厂家不同批次的产品因原材料纯度、生产工艺波动,性能指标存在差异,如减水率、引气量等关键参数波动,导致混凝土性能难以保持一致,增加工程质量控制难度。行业标准不完善带来检测与验收困难,部分外加剂类型缺乏统一的性能检测方法,检测机构因标准不明确,难以准确评判产品质量是否达标;验收环节缺乏统一依据,易导致不合格外加剂流入工程,为混凝土结构安全埋下隐患。

3 外加剂使用问题的成因分析

3.1 技术层面

技术研究不足是引发外加剂使用问题的核心原因。外加剂分子结构与水泥矿物成分的匹配机制研究存在短板,现有研究未能充分揭示不同分子结构外加剂与水泥中硅酸三钙、硅酸二钙等矿物成分的相互作用规律,无法精准预判二者相容性,导致实际应用中常出现坍落度损失过快、强度发展异常等问题,只能通过反复试错调整,增加使用风险^[3]。复配技术缺乏系统理论指导,当前行业多依赖经验试配,未能建立不同类型外加剂成分间的协同作用模型,如减水剂与引气剂复配时,无法通过理论计算确定最优比例,只能凭借过往经验调整,易导致协同效应失衡;早强剂与缓凝剂复配时,因缺乏成分反应机理研究,难以规避相互抵消的问题,复配效果稳定性差,进一步加剧混凝土性能波动。

3.2 管理层面

管理机制不完善加剧外加剂使用问题。施工方对外加剂性能认知不足,技术人员未系统掌握外加剂的作用原理、适用范围及使用禁忌,在选型时仅依据产品宣传而非工程实际需求,如在高温环境下选用普通缓凝剂,未意识到耐高温性能不足;操作人员缺乏规范培训,掺量控制凭经验估算、搅拌工艺随意调整,如未按规定顺序投料,导致外加剂分散不均,无法发挥正常功效。供应链管理薄弱导致原材料质量失控,外加剂生产环节缺乏严格的质量管控,原材料纯度、生产工艺随批次波动,如减水剂生产中原材料杂质含量变化,直接导致产品减水率波动;施工方未建

立完善的供应链溯源体系,无法追溯外加剂原材料来源与生产过程,难以提前排查质量风险,使得质量不稳定的产品流入工程,引发后续使用问题。

3.3 环境层面

环境因素的复杂性未被充分考量,成为外加剂使用问题的重要诱因。极端气候条件对外加剂作用的干扰未被有效应对,现有外加剂产品多基于常规温湿度环境研发,未针对高温、严寒等极端气候优化配方,如高温下缓凝剂分子活性易受抑制,无法有效延长凝结时间;低温下防冻剂成分无法充分发挥作用,难以阻止混凝土内部结冰,导致结构损伤。工程环境复杂性的特殊需求未被充分满足,地下工程的高湿环境、海洋工程的高盐环境等,对之都有特殊性能要求,但现有产品研发未针对性地解决这些需求,如海洋工程中使用的外加剂未强化抗氯离子侵蚀能力,易被海水腐蚀破坏;地下工程使用的外加剂未优化抗渗性,无法适应高湿环境下的耐久性需求,导致混凝土性能逐步衰减。

4 解决外加剂使用问题的对策与建议

4.1 优化材料选择与适配性

优化材料选择需检测方法与产品研发双管齐下。建立外加剂与水泥、掺合料的相容性快速检测方法,通过实验室小批量试验,模拟工程实际配比,检测不同组合下混凝土的坍落度损失、凝结时间等关键指标,快速判断相容性是否达标,避免因相容性不足导致后续性能问题,建议每个工程开工前完成至少三组平行检测,确保结果可靠^[4]。同时开发多功能复合型外加剂,将减水、引气、缓凝等功能集成于单一产品,减少不同类型外加剂复配的需求,从源头规避复配冲突;对必须复配的场景,通过成分优化设计,增强各组分协同效应,如在减水剂与引气剂复配产品中添加协同剂,确保二者比例稳定且功效互补,提升复配效果稳定性,复配后需额外测试混凝土抗冻性与强度发展情况。

4.2 严格掺量控制与施工规范

掺量控制需依托科学指南与设备升级。制定精细化掺量指南,结合混凝土强度等级、施工工艺、环境条件等因素,明确不同外加剂的基础掺量范围,同时建立动态调整机制,根据原材料波动,如水泥强度变化、骨料含泥量差异实时微调掺量,建议每次原材料批次更换后重新验证掺量合理性,确保混凝土性能稳定。推广自动化搅拌设备,替换传统人工计量方式,通过智能控制系统精准控制外加剂投料量,误差控制在极小范围,设备需每月进行一次精度校准,每季度开展全面维护;优化搅拌程序,明确投料

顺序,比如外加剂先与水混合再加入胶凝材料,确定合理搅拌时间,确保外加剂与混凝土组分充分混合均匀,避免因搅拌不当导致的局部性能波动,搅拌后需观察混凝土外观,判断和易性是否达标。

4.3 提升环境适应性技术

提升环境适应性需聚焦专用产品研发与智能技术应用。针对极端气候与复杂工程环境,研发专用外加剂,如耐高温缓凝剂通过优化分子结构,在高温下仍能保持活性,有效延长凝结时间;抗腐蚀外加剂添加抗氯离子成分,增强混凝土在海水环境中的抗侵蚀能力;抗冻融外加剂引入特殊抗冻组分,降低混凝土冰点,适应严寒施工需求,专用产品需通过多轮环境模拟试验验证性能。同时引入环境响应型智能外加剂,如温度/pH 敏感型缓凝剂,能根据环境温度或混凝土内部 pH 值自动调节缓凝效果,高温时增强缓凝作用,低温时减弱缓凝效应;pH 敏感型抗腐蚀外加剂在遇到酸性或碱性侵蚀时,自动释放防护成分,提升混凝土在复杂化学环境中的耐久性,智能外加剂需配套专用监测设备,实时反馈作用效果。

4.4 完善质量监管与标准体系

质量监管需覆盖生产到应用全流程。强化生产环节质量抽检,要求生产企业按批次检测外加剂关键性能指标,监管部门定期开展飞行检查,每半年至少抽查一次重点企业,确保产品质量稳定;建立全链条追溯机制,通过二维码等技术记录外加剂原材料来源、生产批次、检测报告等信息,施工方扫码即可追溯产品全生命周期,提前排查质量风险,追溯信息需保存至工程竣工验收后至少五年。推动行业标准细化,针对不同工程场景比如房建、水利、海洋工程制定差异化性能指标要求,明确检测方法与验收标准,避免因标准模糊导致检测与验收困难;定期更新标准内容,结合新材料、新工艺发展,补充新型外加剂的性能要求,确保标准与行业发展同步,标准更新周期建议不超过三年。

4.5 加强技术培训与人员管理

人员管理需围绕能力提升与经验积累。定期开展外加剂应用技术培训,每季度组织一次集中培训,针对技术人员重点讲解外加剂作用原理、选型方法、相容性判断等专业知识,针对操作人员强化设备操作、掺量控制、应急处理等实操技能,培训后组织考核,考核合格方可上岗,确保人员具备相应能力,考核不合格者需参加补考,直至达标。建立工程档案管理制度,详细记录每个项目中外加剂的类型、掺量、使用环境、混凝土性能检测结果等参数,同时收集使用过程中的问题与改进建议,形成经验数据库;

后续类似工程可参考数据库信息,快速确定外加剂使用方案,减少试错成本,同时为外加剂产品优化与技术升级提供实践依据,数据库需安排专人定期更新与维护,确保数据准确性。

5 结束语

工程混凝土外加剂的使用问题涉及技术、管理、环境等多个层面,解决这些问题需多方协同发力。通过优化材料选择与适配性、严格掺量控制与施工规范、提升环境适应性技术、完善质量监管与标准体系以及加强技术培训与人员管理等一系列措施,能够有效提升外加剂使用效果,保障混凝土性能稳定,为工程质量与安全提供坚实支撑,推动建筑行业朝着更高质量、更可持续的方向发展。

[参考文献]

- [1]王媛媛.混凝土外加剂与水泥适应性的改善措施分析探讨[J].科技资讯,2023,21(6):59-62.
- [2]张会敏.混凝土外加剂在水利工程中的实际应用[J].河北水利,2023(4):44-46.
- [3]赫世超.混凝土外加剂在建筑工程中的应用探讨[J].科海故事博览,2024(10):40-42.
- [4]蒋子健.不同外加剂对水工混凝土的影响研究[J].黑龙江水利科技,2025,53(8):27-30.

作者简介:曹晓辉(1982—),毕业于吉林大学土木工程专业,高级工程师,现就职于新疆北新科技创新咨询有限公司。