

建筑工程中混凝土施工质量控制策略研究

阮俊涛

天津泰达人才发展有限公司 天津 300000

摘要: 建筑工程中混凝土施工质量控制是保障工程安全与耐久性的核心。研究指出,需从原材料检验、配合比优化、施工工艺监管三方面协同发力,严格把控水泥、骨料、外加剂等性能指标,通过全过程质量控制理论实施事前预防、事中动态监测及事后缺陷修补。同时结合PDCA循环持续改进工艺,结合智能化监控与绿色材料应用,可有效减少裂缝、强度不足等质量问题,提升工程整体质量水平。

关键词: 建筑工程;混凝土施工;质量控制策略

引言:混凝土作为建筑工程的核心材料,其施工质量直接影响结构安全与耐久性。然而,受原材料波动、施工工艺缺陷及环境因素干扰,混凝土易出现裂缝、强度不足等质量问题,威胁工程寿命。本文聚焦混凝土施工全过程,从材料选择、配合比设计、工艺监管到智能化监控技术应用展开研究,旨在构建系统性质量控制策略,为提升建筑工程质量、降低全生命周期成本提供理论支持与实践指导。

1 混凝土施工质量控制理论基础

1.1 混凝土材料特性与质量标准

(1) 原材料技术要求严格把控。水泥需符合GB175标准,强度等级匹配工程需求,安定性、凝结时间等指标达标。骨料方面,粗骨料颗粒级配合理,含泥量 $\leq 1\%$,针片状颗粒含量 $\leq 10\%$;细骨料宜选用中砂,含泥量 $\leq 3\%$,泥块含量 $\leq 1\%$ 。外加剂需经适配性试验,符合GB8076标准,掺量精准控制在推荐范围。(2) 混凝土性能指标是质量核心。强度需达到设计等级,立方体抗压强度按规范制作试块检测;耐久性需抵抗冻融、碳化等破坏,通过抗渗、抗冻等试验验证;工作性以坍落度为关键指标,根据施工工艺调整,确保浇筑顺畅。

1.2 质量控制基本理论

(1) 全过程质量控制理论贯穿施工全程。事前控制聚焦原材料检验、配合比设计、施工方案编制及人员培训;事中控制实时监测施工工艺、设备运行及混凝土浇筑质量;事后控制包括强度检测、缺陷修补及质量验收,形成闭环管理。(2) PDCA循环在施工中动态应用。计划阶段明确质量目标与控制措施;执行阶段严格落实方案;检查阶段通过试验检测排查问题;处理阶段总结经验并优化流程,持续提升质量控制水平。

1.3 影响因素分析

(1) 环境因素中,温度过高易导致混凝土失水过快

产生裂缝,过低则延缓凝结硬化;湿度过低需加强养护保湿,过高需防范钢筋锈蚀等问题,需根据环境参数调整施工策略。(2) 工艺因素直接影响质量,搅拌时需控制投料顺序与搅拌时间,确保匀质性;浇筑时避免漏振、过振,防止蜂窝麻面;养护需保证足够时间与湿度,保障强度发展。(3) 人为因素至关重要,操作人员需严格遵守施工规范,避免违规操作;管理水平体现在质量检测、隐患排查等环节,完善的管理体系能有效降低质量风险。

2 建筑工程中混凝土施工常见质量缺陷及成因分析

2.1 表面质量缺陷

(1) 蜂窝、麻面、孔洞的产生机理与施工操作密切相关。蜂窝多因混凝土配合比中骨料级配不合理(如粗骨料过多、细骨料不足),或振捣不密实导致砂浆未能填满骨料间隙,形成类似蜂窝的空隙;麻面源于模板表面不光滑、未涂刷脱模剂,混凝土表面与模板粘连,拆模后留下凹凸不平的麻点,或浇筑时混凝土含气量过大,气泡未及时排出附着于模板表面;孔洞则是严重的表面缺陷,多因浇筑过程中漏振,或钢筋密集区域混凝土无法充分填充,形成深度超过保护层厚度的空洞,若未及时处理会直接影响结构承载力^[1]。(2) 裂缝类型需结合形成时间与诱因区分。塑性收缩裂缝常出现在混凝土浇筑后1-3小时,此时混凝土表面失水过快(如高温、大风环境),内部水分未及时补充,表面体积收缩受内部约束产生裂缝,多呈不规则网状;干缩裂缝形成于混凝土硬化后期,因水泥水化反应持续消耗水分,若养护不及时,混凝土内部水分流失导致体积收缩,当收缩应力超过混凝土抗拉强度时产生,裂缝多为纵向或横向,宽度通常在0.1-0.3mm;此外,温度裂缝因混凝土内外温差过大(如大体积混凝土内部散热慢、表面降温快)引发,裂缝深度较深,可能贯穿构件截面。

2.2 结构性缺陷

(1) 强度不足主要由配合比失误与养护不当导致。配合比失误表现为计算错误,水泥用量不足或水灰比过大,降低混凝土强度;实际投料时计量不准,骨料超量、水泥偏少,也会直接影响强度。养护不当则是关键因素,混凝土浇筑后未及时覆盖保湿,或养护时间不足,尤其早期养护缺失,水泥水化反应不充分,强度增长受阻;低温环境下未采取保温措施,混凝土凝结硬化缓慢,甚至发生冻害,破坏内部结构,导致强度不足。(2) 耐久性劣化核心诱因是碳化与钢筋锈蚀。碳化是空气中的二氧化碳渗透至混凝土内部,与水泥水化产物氢氧化钙反应生成碳酸钙,使混凝土碱度降低,当碳化深度达到钢筋表面,会破坏钢筋表面钝化膜,为钢筋锈蚀创造条件。钢筋锈蚀后体积膨胀,会挤压周围混凝土产生裂缝,裂缝又会加速水分、氧气等有害介质侵入,加剧钢筋锈蚀,形成恶性循环,导致混凝土结构承载力下降、耐久性大幅劣化,缩短工程使用寿命。

3 建筑工程中混凝土施工质量控制策略

3.1 事前控制策略

(1) 原材料质量检测与验收需建立严格标准。水泥进场时需查验出厂合格证与检验报告,按批次抽样检测强度、安定性、凝结时间等指标,不合格水泥严禁入场;骨料需检测颗粒级配、含泥量、针片状含量,粗骨料粒径需适配钢筋间距与浇筑部位,细骨料优先选用级配良好的中砂;外加剂需进行相容性试验,检测减水率、缓凝效果等,确保与水泥匹配,验收时需核对产品型号、掺量说明,杜绝使用过期或变质外加剂。(2) 配合比优化设计需结合工程实际需求。根据结构设计强度、耐久性要求(如抗渗、抗冻等级)及施工工艺(如泵送、振捣方式),通过试验确定基准配合比;针对不同环境调整参数,如高温环境需优化缓凝组分,严寒地区需提高抗冻性,同时控制水灰比在合理范围,在保证工作性的前提下减少水泥用量,降低收缩风险;配合比确定后需经技术部门审核,现场施工前进行试拌验证,确保满足设计与施工要求^[2]。(3) 施工方案与应急预案编制需全面细致。施工方案需明确施工流程、人员分工、设备配置,重点标注搅拌、运输、浇筑、养护等关键环节的技术参数,如搅拌时间、浇筑速度、振捣频率;针对可能出现的问题制定应急预案,如原材料供应中断时的替代方案、浇筑过程中遇降雨的防雨措施、混凝土坍落度异常的调整方法,同时配备应急设备与物资,确保突发情况能及时处理。

3.2 事中控制策略

(1) 搅拌与运输过程监控需聚焦时间与均匀性。搅拌时严格按配合比计量投料,控制搅拌时间(一般为60-120秒),确保混凝土组分均匀,严禁随意增减水量;运输过程中需使用密闭罐车,避免漏浆与水分蒸发,运输时间需控制在初凝前,夏季高温时需采取遮阳措施,冬季需保温,到达施工现场后检测坍落度,不符合要求时及时调整,严禁不合格混凝土浇筑。(2) 浇筑工艺控制需强化分层分段与振捣密实。浇筑时按“分层分段、由低到高”原则进行,分层厚度根据振捣设备确定(一般不超过300mm),分段浇筑间隔需控制在初凝前,避免出现冷缝;振捣采用插入式振捣器,振捣间距不超过振捣半径的1.5倍,振捣至混凝土表面泛浆、无气泡溢出为止,杜绝漏振、过振,钢筋密集区域需选用小型振捣器,确保混凝土充分填充。(3) 实时质量检测技术需科学应用。采用超声波检测技术实时监测混凝土内部密实度,通过声波传播速度判断是否存在空洞、裂缝等缺陷;使用回弹法检测混凝土表面强度,结合碳化深度修正检测结果,及时发现强度异常区域;对关键部位(如梁柱节点、承重构件)增加检测频次,检测数据需实时记录,发现问题立即停工整改,待问题解决后方可继续施工^[3]。

3.3 事后控制策略

(1) 缺陷修补技术需根据缺陷类型精准选用。针对表面蜂窝、麻面,先清理缺陷部位松散混凝土,用清水湿润后涂抹水泥砂浆修补;孔洞与裂缝采用环氧树脂注浆技术,先钻孔、埋管,注入环氧树脂浆液,确保浆液填满缺陷空间,固化后打磨平整;表面裂缝较小时可采用表面封闭法,涂刷环氧树脂胶,防止有害介质侵入。(2) 强度回弹检测与钻芯取样验证需严格执行。混凝土养护到期后,先采用回弹法进行大面积强度检测,对回弹值偏低的部位,钻取芯样进行抗压强度试验,芯样数量与位置需符合规范要求,确保检测结果真实反映混凝土强度;若强度未达标,需委托第三方机构复核,分析原因并制定加固方案,加固后重新检测,直至满足设计要求。(3) 质量追溯与责任认定机制需完善。建立全过程质量档案,记录原材料进场信息、配合比参数、施工过程数据、检测结果等,实现“从原材料到成品”的全程追溯;若出现质量问题,通过档案倒查问题环节,明确责任主体,依据责任认定结果追究相关责任,同时总结教训,优化后续质量控制流程^[4]。

4 建筑工程混凝土施工关键技术与应用创新

4.1 智能化监控技术应用

(1) 物联网传感器在温度/湿度监测中实现精准管控。将无线温度、湿度传感器预埋入混凝土内部及施工环境

中,实时采集数据并传输至云端平台,管理人员可通过终端设备远程查看。针对混凝土养护阶段,当传感器监测到内部温度超过60°C时,系统自动预警并联动喷淋设备降温;环境湿度低于养护标准(如RH<80%)时,触发保湿装置启动,避免因温湿度波动导致裂缝,相比传统人工巡检,监测频率提升至每分钟1次,数据误差缩小至±0.5°C/±2%RH。(2) BIM技术在施工模拟与质量管理中发挥核心作用。施工前通过BIM模型模拟混凝土浇筑流程,优化分层分段方案,提前排查钢筋与模板碰撞问题,减少现场返工;施工中将实时监测数据(如坍塌度、振捣时间)与BIM模型关联,生成质量可视化报告,直观呈现各部位施工质量;竣工后建立包含混凝土性能参数、检测结果的BIM质量档案,为后期运维提供数据支撑,某高层建筑项目应用后,施工效率提升15%,质量缺陷率降低20%。

4.2 绿色混凝土材料质量控制

(1) 再生骨料混凝土通过多维度优化提升性能。筛选建筑垃圾经破碎、筛分后的再生骨料,采用“预处理+参加改性剂”工艺,去除骨料表面杂质并改善界面黏结性;调整配合比,将再生骨料取代率控制在30%-50%,同时掺入粉煤灰、矿粉等掺合料,弥补再生骨料强度不足问题,优化后再生混凝土抗压强度可达C30等级,满足非承重结构需求,且碳排放较普通混凝土降低18%。(2) 低碳水泥基材料应用需遵循严格标准。选用以工业固废(如钢渣、磷渣)为原料的低碳水泥,其CO₂排放量较普通硅酸盐水泥减少40%以上;应用时需检测水泥的安定性、强度发展规律,明确掺合料最大掺量,同时通过试验验证混凝土的抗渗、抗冻性能,确保符合工程设计要求,目前该材料已在市政道路、地下管廊等项目中推广应用。

4.3 特殊环境施工策略

(1) 冬季施工防冻技术需双管齐下。外加剂选择方面,优先采用引气型防冻剂,掺量根据最低气温调整(-5°C至-10°C时掺量为3%-5%),避免使用氯盐类防冻剂以防钢筋锈蚀;保温措施上,浇筑完成后立即覆盖阻燃保温被,墙体、柱体采用电热毯包裹养护,确保混凝土临界强度达到7MPa以上再拆除保温层,有效防止冻害发生。(2) 夏季高温施工防护需多措并举。采用冷却管法时,在模板内部预埋循环水管,通入15°C以下冷水降低混凝土浇筑温度;施工现场搭建遮阳棚,覆盖砂石骨料避免暴晒,同时对搅拌用水进行降温处理(如加入冰块),将混凝土入模温度控制在30°C以下,减少塑性收缩裂缝产生,保障施工质量。

结束语

建筑工程中混凝土施工质量控制是保障结构安全与工程耐久性的关键环节。本研究通过系统分析材料性能、工艺参数及环境影响,提出了涵盖事前预防、事中动态监管与事后缺陷修复的全过程控制策略,并结合智能化监控技术与绿色材料应用,有效提升了施工质量稳定性。未来,随着BIM、物联网等技术的深化应用,混凝土施工质量控制将迈向更精准、高效的智能化阶段,为建筑行业高质量发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]冯遥,强裔.建筑工程中混凝土结构的施工质量控制[J].砖瓦,2023,(11):116-118.
- [2]成城.房屋建筑工程中混凝土施工质量控制[J].中国住宅设施,2023,(12):133-135.
- [3]卞学春.建筑工程混凝土施工质量控制策略探析[J].城市建筑空间,2022,(S2):34-35.
- [4]杨宏伟,柏朱安.建筑工程混凝土施工质量管理技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(10):104-105.