

土木建设与混凝土施工技术浅谈

项楚渝 胡明华

安徽省交通规划研究总院股份有限公司 安徽 合肥 230000

摘要: 混凝土作为土木建设中的核心材料,其施工技术直接影响工程结构的安全性与耐久性。本文从混凝土材料特性出发,探讨配合比优化、温度应力控制、分层浇筑及振捣等关键技术要点,结合大体积混凝土、深基坑支护等典型应用场景,分析裂缝防治、抗渗性提升等质量管控措施。同时,展望超高性能混凝土、自修复材料等创新方向,为土木工程绿色化、智能化发展提供技术参考。

关键词: 土木建设;混凝土施工技术;核心应用;常见问题;对策

引言:土木建设是国家发展的基础支撑,而混凝土作为其核心材料,施工技术直接决定工程的质量与寿命。随着建筑规模扩大、结构形式复杂化及环境适应性要求提升,混凝土技术需兼顾强度、耐久性与施工效率的平衡。本文从混凝土材料特性与施工工艺出发,结合典型工程场景,分析关键技术控制要点及常见问题对策,并探讨智能化、绿色化创新方向,为土木工程可持续发展提供技术参考。

1 混凝土施工技术基础理论

1.1 混凝土材料特性

(1) 原材料组成中,水泥作为胶凝材料,常用硅酸盐水泥,需根据工程环境选合适品种;骨料分粗骨料(碎石、卵石,粒径5-25mm)和细骨料(中砂为主,含泥量 $\leq 3\%$);外加剂可改善性能,如减水剂减少用水量、缓凝剂延长凝结时间,掺量需严格按配合比控制。(2) 混凝土强度等级按立方体抗压强度标准值划分,从C15到C80,不同工程选对应等级,如基础用C25-C30;性能指标还包括抗渗性(P6-P12等级)、抗冻性(F50-F300等级),需结合使用环境确定。

1.2 施工技术分类与流程

(1) 模板工程设计要计算承载力,保证刚度和稳定性;安装需精准定位,接缝严密防漏浆;拆除遵循“先支后拆、后支先拆”原则,承重模板需待混凝土强度达75%以上方可拆除。(2) 钢筋工程加工包括调直、切断、弯曲,误差控制在规范范围内;绑扎要确保间距均匀,保护层厚度达标;连接可采用绑扎搭接、焊接(电弧焊、闪光对焊)或机械连接(直螺纹套筒),保证接头强度。(3) 混凝土浇筑需分层进行,分层厚度根据振捣方式确定(插入式振捣为300-500mm);振捣要密实,避免漏振、过振;养护需及时覆盖保湿,常温下养护不少于7天,抗渗混凝土不少于14天^[1]。

1.3 关键技术指标

(1) 坍落度控制需匹配施工方式,泵送混凝土坍落度100-160mm,现场浇筑50-90mm,施工中每2小时检测一次,偏差超20mm需调整。(2) 配合比设计优化要兼顾强度与经济性,通过试配确定水胶比,高强混凝土水胶比 ≤ 0.38 ,同时控制砂率35%-45%,减少离析。(3) 养护条件对强度影响显著,温度低于5℃需采取保温措施,否则强度增长缓慢;湿度不足会导致表面开裂,强度降低10%-20%。

2 土木建设中混凝土施工技术的核心应用

2.1 基础施工环节

(1) 大体积混凝土施工需重点管控温度应力,预防裂缝产生。通常采用分层浇筑法,每层厚度控制在300-500mm,浇筑间隔不超过混凝土初凝时间;内部预埋冷却水管,通入循环水降低水化热,将内外温差控制在25℃以内;表面覆盖保温棉或麻袋,减少热量散失,同时在混凝土中掺入粉煤灰、矿渣粉等掺合料,替代部分水泥,降低水化热峰值。(2) 深基坑支护中混凝土应用广泛,常见形式有排桩支护、地下连续墙。排桩支护采用钻孔灌注桩,桩径多为800-1200mm,桩间距1.2-1.5m,混凝土强度等级不低于C30,确保桩体承载能力;地下连续墙施工时,需采用膨润土泥浆护壁,成槽后浇筑C35-C40抗渗混凝土(抗渗等级P8-P10),墙体厚度600-1200mm,形成连续防渗支护结构,抵御基坑周边土压力与地下水压力。

2.2 主体结构施工

(1) 高层建筑混凝土泵送技术需解决垂直输送难题,选用高性能泵送混凝土,坍落度控制在180-220mm,且具备良好的和易性与保水性;采用超高压混凝土泵(工作压力 $\geq 35\text{MPa}$),搭配耐磨输送管,垂直输送高度可达300m以上;施工中合理布置布料机,避免输送管

弯折角度过大,同时在混凝土中掺入缓凝型减水剂,延长初凝时间,确保浇筑连续性。(2)预制构件与装配式建筑连接技术是结构安全的关键,常见灌浆套筒连接。预制柱、梁端部预留钢筋,插入对应灌浆套筒后,灌注高强度无收缩灌浆料(抗压强度 $\geq 85\text{MPa}$),灌浆料需饱满,密实度通过超声波检测;叠合楼板拼缝处采用后浇带连接,浇筑C35微膨胀混凝土,补偿收缩,防止拼缝开裂,确保装配式结构整体受力性能^[2]。

2.3 特殊工程场景

(1)桥梁工程中高强混凝土应用于主梁、桥墩等关键部位,强度等级多为C50-C80,通过优化配合比,采用低水胶比(0.28-0.35)、掺入硅灰等活性掺合料,提升混凝土抗压强度与抗折强度;同时添加纤维(钢纤维、聚丙烯纤维),增强抗裂性能,适应桥梁承受的动荷载与疲劳作用,延长使用寿命。(2)水利工程的抗渗混凝土技术核心是提升抗渗性能,常用C25-C40混凝土,抗渗等级P8-P12,通过调整骨料级配,增加密实度,同时掺入引气剂,形成均匀微小气泡,阻断渗水通道;在大坝、水闸等部位,采用连续浇筑工艺,设置止水带(橡胶止水带、铜止水带),加强施工缝防渗处理,防止渗漏^[3]。

(3)极地或海洋环境下的耐久性混凝土需抵御极端气候与腐蚀介质,采用低氯离子含量水泥(氯离子含量 $\leq 0.06\%$),掺入阻锈剂(亚硝酸钙、氨基醇类阻锈剂),防止钢筋锈蚀;添加抗冻剂(乙二醇、尿素类),提升混凝土抗冻等级至F300以上,适应极地低温冻融循环;海洋环境中还需控制水胶比 ≤ 0.40 ,增强混凝土密实度,抵御海水盐分侵蚀。

3 土木建设中混凝土施工技术的常见问题与对策

3.1 质量问题分析

(1)裂缝产生多源于温度应力与收缩变形。温度应力方面,大体积混凝土水化热积聚,内外温差超 25°C 易引发裂缝;收缩变形则因混凝土初凝后水分蒸发过快,或养护不及时导致体积收缩。防治需优化配合比,掺入粉煤灰降低水化热,浇筑后覆盖保温层,同时采用二次振捣减少内部空隙,确保养护期湿度达标。(2)蜂窝麻面与孔洞多因浇筑振捣不密实、模板接缝漏浆或混凝土离析所致。施工中需控制坍落度在合理范围,振捣时插入式振捣器移动间距不超作用半径1.5倍,确保无漏振;模板安装前需检查密封性,接缝处粘贴海绵条,浇筑前先浇筑50-100mm厚同配比水泥砂浆,避免烂根。若出现缺陷,小面积蜂窝麻面可用1:2水泥砂浆修补,孔洞需剔除松散部分,采用高一强度等级混凝土分层浇筑密实。(3)强度不足多因配合比偏差、养护不当或原材料

质量不达标。补救需先检测实际强度,若轻度不足,可在表面涂刷界面剂后浇筑50-80mm厚高一强度等级细石混凝土;中度不足可采用压力注浆,注入环氧树脂浆液提升强度;严重不足则需拆除返工,重新按规范浇筑合格混凝土,同时追溯问题根源,调整配合比并加强原材料进场检验。

3.2 技术优化方向

(1)智能化施工提升质量管控精度。物联网监测系统可实时采集混凝土温度、湿度、应力数据,通过云端平台分析预警,如大体积混凝土温控系统可自动调节冷却水管流量;3D打印技术适用于复杂构件施工,采用特种打印混凝土(流动性好、早期强度高),实现免模板浇筑,减少人为误差,目前已用于小型景观构件、装配式建筑节点制造。(2)绿色混凝土材料助力可持续发展。再生骨料混凝土将建筑垃圾破碎筛分后替代部分天然骨料,掺量可达30%-50%,用于路基、非承重墙体等部位,降低资源消耗;低碳水泥(如石灰石硅酸盐水泥)替代传统硅酸盐水泥,每吨可减少碳排放15%-20%,搭配矿渣粉、粉煤灰等掺合料,在保证强度的同时实现低碳生产。(3)自动化设备提高施工效率与质量。机械振捣采用智能振捣机器人,通过传感器识别混凝土密实度,自动调整振捣时间与频率,避免漏振、过振;智能养护系统可根据环境温湿度自动调节喷淋量与保温措施,如桥墩养护中,智能覆膜系统能实时监测混凝土表面温度,确保护养条件稳定^[4]。

3.3 管理措施改进

(1)构建施工过程质量控制体系。实行“三检制”(自检、互检、专检),每道工序验收合格后方可进入下一道;建立原材料追溯系统,对水泥、骨料、外加剂等实行批次管理,不合格材料严禁入场;关键环节(如大体积混凝土浇筑、预应力张拉)需编制专项施工方案,经专家论证后实施,同时留存影像资料备查。(2)加强人员培训与安全操作规范。定期组织施工人员培训,涵盖混凝土施工工艺、质量标准、安全操作规程(如振捣设备使用、高空作业防护),考核合格后方可上岗;施工现场设置警示标识,配备安全帽、安全带等防护用品,杜绝违章作业,同时建立应急预案,针对混凝土浇筑中断、设备故障等突发情况制定处置流程,确保施工安全有序。

4 土木建设中混凝土施工技术的发展趋势

4.1 技术创新方向

(1)超高性能混凝土(UHPC)的推广应用加速。其抗压强度可达150-250MPa,抗拉强度超8MPa,兼具高韧

性与抗渗性,通过掺入钢纤维、超细硅灰等组分优化性能,目前已用于桥梁铺装层、隧道衬砌、高层建筑关键节点等场景。未来将进一步降低成本,开发免蒸养UHPC配方,拓展至装配式构件连接、海洋工程结构等领域,减少结构截面尺寸,提升工程使用寿命至100年以上。

(2) 自修复混凝土材料研发取得突破,成为解决裂缝问题的核心方向。主流技术路径包括微生物自修复(掺入芽孢杆菌,遇水激活生成碳酸钙填充裂缝)、胶囊型自修复(内装环氧树脂等修复剂,裂缝扩展时胶囊破裂释放修复剂)、形状记忆合金自修复(利用合金相变产生的应力闭合微裂缝)。当前研发重点是提高修复效率与耐久性,未来有望实现“裂缝-修复-再监测”的闭环功能,减少后期维护成本,尤其适用于隧道、水利大坝等难检修工程^[5]。

4.2 行业规范与标准化

(1) 国内外施工标准存在差异,需推动协同统一。国际上,美国ACI规范侧重材料性能指标与施工工艺细节,欧洲EN标准强调环境适应性与耐久性设计;国内GB规范在大体积混凝土温控、装配式混凝土连接等领域更贴合本土工程需求,但在超高性能混凝土、智能化施工等新兴领域标准滞后于国际。未来需加强国际对标,借鉴欧美先进经验,完善UHPC应用、自修复材料性能评价等细分标准,同时推动中国标准在“一带一路”基建项目中的推广应用。(2) 智能化施工标准制定需求迫切。当前物联网监测、3D打印混凝土等技术缺乏统一标准,如传感器布设密度、数据传输协议、3D打印构件强度检测方法等尚未明确,导致技术应用规范性不足。需加快制定《混凝土智能化施工技术标准》,明确智能设备选型要求、监测数据阈值、质量验收指标等内容,建立“数据采集-分析-预警-管控”的标准化流程,保障智能化技术安全高效落地。

4.3 可持续发展要求

(1) 低碳排放与循环利用技术成为行业转型重点。一方面,通过推广低碳水泥(如硫铝酸盐水泥、石灰石硅酸盐水泥)、优化配合比(提高掺合料替代率至50%

以上),每立方米混凝土碳排放可从传统的280kg降至180kg以下;另一方面,完善再生骨料分级利用体系,将建筑垃圾破碎加工的再生骨料分为I-V级,分别用于路基垫层、非承重构件、承重构件,2030年目标实现再生骨料利用率超60%,同时探索工业固废(钢渣、粉煤灰)在混凝土中的高值化应用,推动“资源-产品-废弃物-再生资源”的循环模式。(2) 适应气候变化的耐久性设计成为新要求。极端气候(高温、严寒、强降雨)频发,需优化混凝土耐久性设计体系:高温地区采用耐热骨料与缓凝型外加剂,提升混凝土耐高温性能;严寒地区提高抗冻等级至F400以上,掺入引气剂改善孔结构;多雨地区加强抗渗设计,采用自密实混凝土减少施工缺陷。同时,建立基于气候分区的耐久性数据库,结合大数据预测不同气候条件下混凝土性能衰减规律,为工程设计提供精准依据,确保结构在气候变化背景下仍能满足使用年限要求。

结束语

混凝土施工技术是土木建设质量的核心保障,贯穿于材料配比、浇筑养护到结构成型的全生命周期。随着建筑功能多元化与环境挑战加剧,技术创新需兼顾强度、耐久性与绿色低碳目标。未来,超高性能混凝土、智能监测技术及模块化施工的融合应用,将推动行业向高效化、精细化方向升级,为构建安全、环保、智能的土木工程体系提供坚实支撑。

参考文献

- [1]朱金梅,葛冬冬.土木工程施工建设中混凝土施工技术的探究[J].模型世界,2023(12):142-144.
- [2]王凌琳.浅述混凝土施工技术在土建施工建设中的应用[J].居业,2024,(02):90-92.
- [3]李婷.土木工程中混凝土浇筑施工技术的应用[J].中国水泥,2025,(03):112-114.
- [4]魏彩云.土木工程施工中混凝土浇筑施工技术的应用[J].建材发展导向,2025,23(02):100-102.
- [5]宋迪.土木工程中的混凝土施工技术研究[J].四川建材,2024,50(09):107-108.