

土木工程建筑中混凝土结构的施工技术分析

陆 建

永润建设工程有限公司 浙江 金华 321000

摘 要：土木工程建筑中，混凝土结构作为核心组成部分，其施工技术对工程质量具有决定性影响。本文详细探讨了混凝土结构的基本概念、组成材料及特性，分析了施工前准备、混凝土制备、运输、浇筑与振捣等关键施工环节。同时，强调了施工材料质量控制、配合比设计优化以及安全与环保措施的重要性，旨在为土木工程建筑中的混凝土结构施工提供技术指导和参考。

关键词：土木工程建筑；混凝土结构；施工技术

引言：在土木工程建筑领域，混凝土结构因其高强度、耐久性好、施工灵活等特性而被广泛应用。随着建筑技术的不断发展，混凝土结构施工技术也面临新的挑战与要求。本文将从混凝土结构的组成材料、施工前的准备、混凝土的制备、运输、浇筑与振捣等关键环节入手，深入分析土木工程建筑中混凝土结构施工技术，旨在为提高混凝土结构施工质量和效率提供理论依据和实践指导。

1 混凝土结构的基本概念与特性

1.1 混凝土结构的组成材料

混凝土结构的核心组成材料包括水泥、骨料、水和添加剂。水泥作为胶凝材料，与水发生水化反应形成硬化体，将骨料粘结成整体；骨料分为细骨料（砂）和粗骨料（石），占混凝土体积的70%~80%，起到骨架支撑作用；水的用量直接影响混凝土的和易性与强度；添加剂则根据需求调节性能，如减水剂可改善流动性，早强剂能加速硬化，防冻剂适用于低温施工。

1.2 混凝土结构的主要特性

（1）高抗压强度：混凝土在受压状态下表现优异，标号较高的混凝土抗压强度可达数百兆帕，能承受巨大竖向荷载，适合作为承重结构的核心部分。（2）良好的耐久性：在正常环境中，混凝土对风化、腐蚀等具有较强抵抗能力，若配合适当的防护措施，可维持数十年甚至上百年的结构稳定性。（3）防火性能：混凝土属于不燃材料，高温下强度下降缓慢，能为建筑提供有效的防火保护，优于钢结构等易燃材料。（4）施工方便：混凝土可通过搅拌、浇筑等工艺在现场成型，适应各种复杂结构形状，且施工设备相对简单，便于大规模应用。（5）维护费用低：结构成型后无需频繁检修，日常维护主要针对表面损伤，相比钢结构的防锈处理等，长期维护成本显著降低^[1]。

1.3 混凝土结构的种类

（1）素混凝土结构：仅由混凝土构成，无钢筋等增强材料，主要用于承受压力的次要构件，如基础垫层。（2）钢筋混凝土结构：由钢筋和混凝土共同组成，钢筋承担拉力，混凝土承担压力，协同工作发挥各自优势，是目前应用最广泛的混凝土结构形式。（3）预应力混凝土结构：通过预先施加应力，抵消使用过程中产生的部分拉应力，提高结构的抗裂性和刚度，常用于大跨度桥梁、屋架等。（4）组合混凝土结构：结合其他材料（如钢材、木材）形成复合结构，例如钢-混凝土组合梁，兼具钢结构的韧性和混凝土结构的刚度，适用于重载、大跨度工程。

2 土木工程建筑中混凝土结构的施工技术

2.1 施工前的准备工作

（1）混凝土材料的选择与检验：除常规要求外，针对特殊工程需强化材料筛选，如海洋工程优先选用抗硫酸盐水泥，严寒地区骨料需进行冻融循环试验（质量损失率 $\leq 5\%$ ）。检验时增加水泥氯离子含量检测（ $\leq 0.06\%$ ），骨料放射性检测（内照射指数 ≤ 1.0 ），添加剂需提供与水泥的相容性报告，确保材料适配性。（2）施工图纸的审核与技术交底：审核时重点关注复杂节点的钢筋排布，如主次梁交接处箍筋加密区范围、预埋件与钢筋的冲突处理。技术交底采用BIM模型可视化演示，明确大体积混凝土的分层浇筑厚度（ $\leq 300\text{mm}$ ）、后浇带留置位置及浇筑时间间隔（ ≥ 28 天），并签订技术交底确认单留存归档。（3）施工现场的清理与测量：清理时对基坑底部进行钎探试验（每30cm步距检查地基承载力），软土地基需提前进行换填或注浆处理。测量放线使用双检制，即施工队初测后由监理复测，控制桩设置防护围栏，水准点定期复核（每周一次），确保结构定位误差符合高层结构 $\leq 10\text{mm}$ 、多层结构 $\leq 8\text{mm}$ 的标

准^[2]。(4)施工机械与设备的检查与维护:搅拌站需校验计量系统(误差 $\leq \pm 2\%$),输送泵管道进行1.5倍工作压力水压试验(持压5分钟无渗漏)。为振捣器配备备用电源(发电机输出功率 $\geq$ 设备功率1.2倍),定期检查泵车臂架液压系统(油位、油温及密封性能),建立设备维护台账记录检修细节。

2.2 混凝土的制备

(1)配合比设计:依据工程要求的强度等级、工作性(坍落度100~180mm)及耐久性,通过试配确定材料比例。例如C30泵送混凝土配合比(重量比)可为水泥:砂:石:水=1:1.8:3.5:0.52,掺加3%聚羧酸减水剂(以水泥重量计),减水率达20%。配合比需动态调整:夏季高温($\geq 30^\circ\text{C}$)增加0.5%缓凝剂,使初凝时间延长至6小时以上;冬季负温($\leq -5^\circ\text{C}$)加入5%防冻剂,确保在 -10°C 不冻结。试配时制作3组试块,标准养护28天后检测抗压强度,需 $\geq$ 设计强度的115%。(2)原材料选择:水泥强度等级应比混凝土设计强度高1~2个等级(C30用42.5级,C50用52.5级),且进场日期不超过3个月(受潮结块水泥需重新检验)。骨料采用连续级配,细骨料选中砂(细度模数2.3~3.0),含泥量超标时需用水冲洗;粗骨料用5~25mm碎石,针片状颗粒含量 $\leq 10\%$,粒径不超过构件截面最小尺寸的1/4(如200mm梁截面,石子最大粒径 $\leq 50\text{mm}$)。添加剂功能适配:泵送混凝土加泵送剂(含引气成分,改善润滑性),大体积混凝土加粉煤灰(替代30%水泥,降低水化热峰值),抗渗混凝土加膨胀剂(补偿收缩,提高密实性)。(3)搅拌工艺:采用强制式搅拌机,投料顺序严格遵循“骨料→水泥→干拌30秒→加水 and 添加剂→湿拌90秒”,确保物料混合均匀。搅拌时间根据搅拌机容量调整:JS500型(0.5m^3)搅拌90秒,JS1000型(1m^3)搅拌120秒。搅拌过程中每小时检测1次坍落度,如C30泵送混凝土设计坍落度180mm,允许偏差 $\pm 20\text{mm}$;偏差超限时,在配合比范围内调整用水量(每立方米增减不超过5kg),严禁随意加水。搅拌完成后观察混凝土状态,应呈黏稠状、无离析,用铁锹铲起时能抱团下落^[3]。

2.3 混凝土的运输

(1)运输方式:短距离($\leq 5\text{km}$)用 6m^3 搅拌车,罐筒转速保持2~4r/min防止凝固;长距离(5~15km)用 12m^3 搅拌车,配备GPS定位监控运输时间。高楼层(≥ 10 层)运输用汽车泵(臂长37m),泵管直径125mm,水平管每10m设固定支架,垂直管与结构用抱箍连接,转弯处设 90° 缓冲弯管(曲率半径1m),减少压力损失。(2)运输时间:混凝土从搅拌机卸出到浇筑完毕的延续

时间严格控制:气温 $\leq 25^\circ\text{C}$ 时 ≤ 120 分钟,气温 $> 25^\circ\text{C}$ 时 ≤ 90 分钟。超过限值但未初凝时,可在现场添加适量同品牌减水剂(掺量 $\leq 5\%$),经快速搅拌2分钟后重新检测坍落度,合格方可使用,同时记录调整量和时间。

(3)注意事项:运输路线避开颠簸路段,搅拌车卸料前快速旋转(10~12r/min)3分钟,使混凝土重塑。卸料时观察状态:若出现骨料下沉、表面泌水,需人工翻拌均匀;若发现初凝(用手指按压无痕迹)或结块,立即废弃并分析原因(如运输时间过长、夏季未加缓凝剂)。泵车输送前先泵入1:2水泥砂浆润滑管道,避免堵管。

2.4 混凝土的浇筑

(1)浇筑前的准备工作:检查模板安装——钢模板拼缝用海绵条密封(缝隙 $> 2\text{mm}$ 时贴双面胶),支撑体系立杆间距 $\leq 1.2\text{m}$,扫地杆距地 $\leq 200\text{mm}$,确保承载力满足浇筑荷载($\geq 2.5\text{kN/m}^2$)。钢筋检查——间距偏差 $\leq \pm 10\text{mm}$,保护层厚度用专用垫块控制(板用15mm塑料垫块,间距 $\leq 800\text{mm}$;梁用25mm水泥垫块,间距 $\leq 1000\text{mm}$),预埋件位置偏差 $\leq 10\text{mm}$ 。清理模板内木屑、铁丝等杂物,用高压水枪冲洗后,在底部铺50mm厚同配比水泥砂浆(无石子),避免底部蜂窝。钢筋密集部位(如梁柱节点)预留 $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 振捣口,确保振捣到位。(2)浇筑过程中的控制:混凝土浇筑分层进行,插入式振捣器振捣时每层厚度 $\leq 500\text{mm}$,表面振捣器 $\leq 200\text{mm}$,层间间隔时间 ≤ 2 小时(普通水泥)。振捣遵循“快插慢拔”,插点呈梅花形布置(间距 $\leq 500\text{mm}$),振捣棒插入下层混凝土50mm,振捣至表面泛浆、无气泡溢出(约20~30秒),避免漏振(边角部位需特别注意)和过振(防止骨料下沉、砂浆上浮)。每工作班至少检测2次坍落度,同时制作3组试块(1组标准养护,1组同条件养护,1组备用),试块尺寸 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$,振捣密实后抹平表面^[4]。

(3)浇筑后的养护:混凝土浇筑完成后12小时内覆盖养护——平面构件用塑料薄膜全覆盖(边缘压严,防止透气),立面构件用麻袋包裹后洒水湿润(保持表面湿润状态)。养护时间:普通硅酸盐水泥 ≥ 7 天,掺缓凝剂或抗渗混凝土 ≥ 14 天,大体积混凝土 ≥ 21 天。气温低于 5°C 时改用阻燃棉被覆盖保温(禁止洒水),气温高于 35°C 时在薄膜上覆盖遮阳网,避免表面温度骤升。养护期间禁止在构件上堆载,7天内严禁上人作业,确保混凝土强度达70%设计值以上方可拆模。

3 土木工程建筑中混凝土结构施工的质量控制与安全环保

3.1 施工材料的质量控制

(1) 确保原材料质量合格: 建立严格的材料进场验收制度, 水泥需提供出厂合格证及3天、28天强度报告, 进场后按每200吨为一批次抽样送检, 检测抗压强度、安定性等指标; 骨料进场时检查级配、含泥量, 每400立方米抽样检测颗粒级配和压碎值; 添加剂需提供产品说明书和性能检测报告, 每批次进场后验证减水率、缓凝效果等关键参数, 严禁使用不合格材料。(2) 合理安排材料存储: 水泥存储于封闭仓库, 离地30cm以上并架空防潮, 不同品种、标号水泥分开堆放, 先进先出; 骨料分类堆放于硬化场地, 设置隔墙防止混料, 砂堆覆盖防雨布避免含水率骤变; 添加剂密封存储于阴凉处, 远离火源和高温, 标注生产日期和保质期, 防止受潮失效或变质。

3.2 混凝土配合比设计的质量控制

配合比设计需结合工程结构类型(如梁柱、楼板)、强度等级、施工工艺(泵送或非泵送)及环境条件综合确定。由实验室通过试配优化, 兼顾强度和易性与经济性, 例如大跨度梁体需提高混凝土早期强度, 可适当增加水泥用量; 泵送混凝土需保证坍落度 $\geq 160\text{mm}$ 以适应管道输送。配合比需经监理工程师审核确认, 施工中若原材料更换(如骨料产地变化), 需重新试配并调整配合比, 严禁随意更改设计比例。

3.3 混凝土搅拌、运输、浇筑与振捣的质量控制

(1) 搅拌时严格按配合比投料, 采用电子计量系统控制材料用量(误差 $\leq \pm 2\%$), 搅拌时间符合规范(强制式搅拌机 $\geq 90\text{s}$), 确保混凝土色泽均匀、无结块; 运输过程中监测罐车转速($2\sim 4\text{r/min}$), 记录发车与到场时间, 超出初凝时间的混凝土坚决废弃, 卸料前快速搅拌3分钟防止离析。(2) 浇筑前全面检查模板尺寸(偏差 $\leq 5\text{mm}$)、钢筋间距($\pm 10\text{mm}$)及保护层厚度, 模板拼缝严密性(缝隙 $\leq 2\text{mm}$), 清理杂物和积水, 验收合格后方可浇筑。(3) 浇筑时控制每层厚度($\leq 500\text{mm}$)和速度(柱体 $\leq 3\text{m/h}$), 振捣采用插入式振捣

棒, 插点间距 $\leq 500\text{mm}$, 振捣至表面泛浆无气泡, 避免漏振或过振; 浇筑完成后及时抹平收面, 确保表面平整度偏差 $\leq 8\text{mm}$, 为后续施工奠定基础。

3.4 施工安全与环境保护措施

(1) 建立安全生产责任制, 对操作人员进行岗前培训, 特种作业人员持证上岗; 设置临边防护栏(高度 $\geq 1.2\text{m}$)、安全网及警示标识, 定期检查脚手架和模板支撑稳定性, 严禁超载堆放材料。(2) 施工现场安装喷淋系统和雾炮机降尘, 搅拌站封闭作业, 运输车辆加盖篷布防止遗撒; 选用低噪音振捣设备, 夜间施工(22:00-6:00)办理许可并控制噪音 $\leq 55\text{分贝}$, 减少对周边居民影响。(3) 推行材料限额领料制度, 混凝土搅拌按实际用量精准配料, 收集落地灰重新搅拌利用; 设置垃圾分类箱, 建筑废料(如钢筋头、碎模板)回收再利用, 减少建筑垃圾外运量, 实现绿色施工。

结束语

综上所述, 土木工程建筑中混凝土结构的施工技术涉及多个环节, 每个环节都对最终工程质量产生重要影响。通过优化施工前的准备工作、精确控制混凝土的制备与运输、科学实施浇筑与振捣作业, 并结合严格的质量控制与环保措施, 可以显著提升混凝土结构的施工质量。未来, 随着技术的不断进步和创新, 混凝土结构施工技术将继续向着更高效、更环保、更智能的方向发展。

参考文献

- [1]李瑞.土木工程建筑中混凝土结构的施工技术分析[J].工程建设与设计, 2020,(15):176-177.
- [2]刘盼盼.土木工程建筑中混凝土结构的施工技术分析[J].中国设备工程, 2022,(11):125-126.
- [3]安志龙.浅析土木工程建筑中混凝土结构施工技术[J].居舍, 2022,(06):58-60.
- [4]魏媛.基于土木工程建筑中混凝土结构的施工技术探究[J].石油化工建设, 2021,(12):134-135.