

建筑工程混凝土及后浇带施工关键技术应用

单文莉

(枣庄市薛城区鸿森建筑工程有限公司, 山东 枣庄 277000)

摘要 本文深入探讨了建筑工程混凝土及后浇带施工的关键技术应用。在混凝土施工方面,从原材料质量控制、配合比设计、搅拌与运输三个维度展开,强调了全过程检测机制、动态调整及精细化管理的重要性。后浇带施工则聚焦于设置、施工时间选择、钢筋处理等关键技术,提出了科学的时序规划与质量控制措施。通过系统化的技术应用,有效降低了结构裂缝发生率,提升了建筑工程的整体质量与耐久性,以期为行业实践提供理论依据与技术参考。

关键词 建筑工程; 混凝土施工; 后浇带施工

中图分类号: TU755

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.17.016

0 引言

随着建筑行业的快速发展,对建筑工程质量的要求日益提高。混凝土作为建筑结构的主要材料,其施工质量控制至关重要。而后浇带施工则是解决混凝土结构因温度、收缩等因素产生的裂缝问题的有效手段。因此,深入研究混凝土及后浇带施工的关键技术,对于提升建筑工程的整体质量具有重要意义。

1 建筑工程混凝土施工关键技术

1.1 原材料质量控制

在混凝土工程质量控制体系中,原材料的品质保障是决定结构耐久性与安全性的首要环节。施工前须依据《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204)及相关行业标准,对水泥、骨料(砂、石)、外加剂等核心组分实施系统性质量检测,确保其物理、化学性能满足设计及施工要求。

1. 水泥质量控制。水泥作为胶凝材料,其早期强度与体积稳定性直接影响混凝土硬化过程。需按批次抽样检测其3天、28天抗压与抗折强度,同时检验凝结时间、安定性等关键指标。例如:硅酸盐水泥的3天抗压强度应不低于17.0 MPa(依据GB/T17671-2021),安定性经沸煮法测试后试件不得出现明显变形或裂缝。此外,需核查水泥生产日期,避免使用超过三个月且未复检的库存水泥,防止因吸湿结块导致活性降低^[1]。

2. 骨料质量管控。细骨料(砂)的级配与含杂质量需重点控制。细度模数应维持在2.3~3.0区间,以平衡混凝土的工作性与强度;含泥量按重量计不得超过3.0%(C30及以上强度等级混凝土要求 $\leq 2.0\%$),必要时采用水洗工艺处理。对于粗骨料(碎石或卵石),需通过筛分试验验证其粒径分布,超逊径颗粒含量严

格控制在规范限值内(如超径 $\leq 5\%$ 、逊径 $\leq 10\%$),并检测压碎值($\leq 20\%$)、针片状颗粒含量($\leq 15\%$)等力学指标。特别在机制砂应用场景中,需增加石粉含量(MB值 ≤ 1.4)与亚甲蓝吸附试验,防止黏土矿物对减水剂效果的干扰。

1.2 配合比设计

混凝土配合比的科学设计是平衡强度、耐久性、工作性与经济性的核心环节,需依据《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ55)及工程特性进行多维度参数优化。设计过程须统筹结构设计强度等级(如C30、C40)、耐久性指标(抗冻等级F150、抗渗等级P8)、施工环境(泵送高度、振捣方式)及原材料性能(水泥活性、骨料吸水率)等要素,通过理论计算与试验验证形成适配性方案^[2]。

1.2.1 设计参数确定

(1) 强度保证率:按结构安全等级设定配制强度,如C30混凝土配制强度需达38.2 MPa(标准差取5.0 MPa,保证率95%),计算公式为 $f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma$ 。

(2) 水胶比阈值:根据耐久性要求限定最大水胶比,如露天结构混凝土水胶比 ≤ 0.50 ,氯盐环境 ≤ 0.40 (参照GB/T50476)。(3) 骨料级配优化:采用连续级配碎石时,粒径范围宜选5~31.5 mm,空隙率 $\leq 42\%$;砂率控制在28%~42%,高强混凝土可降至24%~28%。

1.2.2 计算与试配流程

(1) 基准配合比计算:采用绝对体积法或质量法确定初始配比。以C30泵送混凝土为例,每立方米材料用量参考范围:水泥280~350 kg,粉煤灰60~100 kg,砂率38%~42%,减水剂掺量0.8%~1.2%。(2) 试拌调整:在 $\pm 2\%$ 用水量范围内调整坍落度至180~220 mm,

观察粘聚性与保水性。当扩展度低于 450 mm 时,可增加 5~10 kg/m³ 砂用量或调整减水剂缓释组分。(3) 强度验证:制作 150 mm 立方体试件,标准养护 28 天后抗压强度需同时满足 $f_{cu,0} \geq 38.2$ MPa 且 $f_{cu,min} \geq 0.95f_{cu,0}$ (GB/T50081)。

1.2.3 施工配合比动态调整

(1) 骨料含水率修正:每日开盘前测定砂石含水率,调整实际用水量。若砂含水率由 2% 升至 5%,每立方米混凝土需减少用水量 (800 kg 砂 × 3%) = 24 kg。(2) 温度适应性调节:高温季节 (> 35 °C) 掺入缓凝组分,延长初凝时间至 6~8 小时;低温环境 (< 5 °C) 提高水泥用量 10%~15%,并掺入早强剂。(3) 生产误差补偿:建立统计过程控制 (SPC) 模型,当水泥活性实测值较设计值低 5 MPa 时,需增加 5% 水泥用量或提高减水剂掺量 0.1%。

1.3 搅拌与运输

混凝土拌合物的均质性与运输时效性是保证结构匀质性的重要控制节点,需依据《混凝土搅拌站(楼)》(GB/T10171)及《混凝土质量控制标准》(GB50164)建立全流程作业规范,重点管控搅拌工艺参数、运输设备性能与时效管理。

1.3.1 搅拌站配置要求

(1) 设备选型:采用双卧轴强制式搅拌机,单机容量 ≥ 2 m³,主轴转速 15~35 r/min,叶片与衬板间隙 ≤ 5 mm,确保粗骨料破碎率 < 1%。(2) 计量系统:胶凝材料采用螺旋秤动态计量 (精度 $\pm 1\%$),骨料用电子皮带秤 (精度 $\pm 2\%$),液态外加剂配备高精度流量计 (误差 $\leq \pm 0.5\%$)。(3) 温控系统:高温季节配置骨料预冷装置 (出机温度 ≤ 30 °C),冬季增设热水供应系统 (水温 ≤ 60 °C)。

1.3.2 搅拌工艺控制

(1) 投料顺序优化:采用分步投料法,即 10% 粗骨料 → 全部胶凝材料 → 剩余骨料 → 80% 拌合水 → 外加剂溶液 → 20% 拌合水,减少粉料结团。(2) 搅拌时间控制:普通混凝土净搅拌时间 ≥ 30 秒,掺纤维或膨胀剂延长至 60~90 秒,C60 及以上高强混凝土采用二次搅拌工艺 (首次搅拌 40 秒 → 静停 15 秒 → 二次搅拌 20 秒)。

(3) 匀质性检测:每班次进行两次搅拌机卸料性能测试,同一批次混凝土的坍落度差值 ≤ 30 mm,表观密度差值 ≤ 50 kg/m³,砂浆密度差值 $\leq 1.6\%$ (GB/T4477)。

2 建筑工程后浇带施工关键技术

2.1 后浇带设置

后浇带作为混凝土结构温度收缩应力的主动调控措施,其科学设置需依据《混凝土结构设计规范》(GB50010)

及《建筑抗震设计规范》(GB50011)进行力学计算与构造设计,重点解决超长结构温度变形、混凝土收缩徐变及地震作用下的变形协调问题^[3]。

1. 设置依据与计算原则。温度收缩应力控制基于年温差 ΔT (取 20~35 °C)、混凝土线膨胀系数 α_c ($1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$) 及弹性模量 E_c (3.0×10^4 MPa),计算温度应力 $\sigma = \alpha_c \cdot E_c \cdot \Delta T$,当 $\sigma \geq 0.5f_{tk}$ (抗拉强度标准值) 时,需设置后浇带。结构几何约束条件超长框架结构 ($L > 55$ m)、大底盘裙房 (平面尺寸 > 150 m) 或存在刚度突变的转换层区域,按间距 ≤ 40 m 设置闭合式后浇带。功能分区需求在地下室与主楼交界处、施工段交接部位设置变形适应性后浇带,带宽 ≥ 800 mm。

2. 设计参数控制普通后浇带宽度取 800~1 200 mm,抗震后浇带加宽至 1 000~1 500 mm。超厚底板 ($h > 2$ m) 后浇带两侧设 45° 加腋,腋高 300 mm。钢筋混凝土框架结构后浇带间距取 20~30 m,剪力墙结构取 25~35 m,工业建筑大跨空间结构取 30~40 m。后浇带混凝土采用较两侧结构高一等级的补偿收缩混凝土 (掺 8%~12% 微膨胀剂),限制膨胀率 $\geq 0.025\%$ (水中 14 d 养护),干缩率 $\leq 0.015\%$ (GB50119)。

2.2 施工时间选择

在建筑施工过程中,后浇带施工技术的有效应用,需严格遵循技术关键点,其中确定施工时间及选择施工材料为首要步骤。在某建筑项目的施工实践中,针对后浇带技术的应用,施工方综合管理、技术及施工等多元要素,以此来确定具体的施工时间^[4]。在建筑主体结构的混凝土完成并且沉降趋于稳定之后,便可以定义施工时间点,此时,选择后浇带的施工边界时应考虑 50% 的沉降系数,并严格控制收缩时间不超过 60 d,以保证沉降量符合设计和规范的标准,并确保后浇带的施工质量达到预定要求。

2.2.1 龄期控制基准

(1) 收缩后浇带:普通硅酸盐水泥混凝土两侧结构龄期 ≥ 45 天 (C30-C50 强度等级),C60 及以上高强混凝土延长至 60 d。掺矿物掺合料混凝土粉煤灰掺量 $> 30\%$ 或矿粉掺量 $> 50\%$ 时,龄期修正系数取 1.2,即封闭时间 = $45 \times 1.2 = 54$ d。采用同条件养护试块弹性模量达到设计值 85% 作为判定标准,或通过非破损检测 (回弹-超声综合法) 验证混凝土成熟度 $\geq 3 000$ °C·h。

(2) 沉降后浇带:主楼结构封顶后持续监测沉降速率,当连续 30 天沉降量 ≤ 1 mm 且速率 ≤ 0.02 mm/d 时方可封闭。敏感区域 (如差异沉降敏感设备基础) 需满足双指标倾斜率 ≤ 0.005 ,曲率半径 $\geq 5 000$ m。

常温季节选择日气温 10~25 °C 时段施工,优先在夜间 (20:00-次日 6:00) 完成浇筑。高温规避当连续 3 天

气温 $> 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时暂停施工,或采用预冷混凝土(入模温度 $\leq 28\text{ }^{\circ}\text{C}$)配合夜间作业^[5]。低温限制环境温度 $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时启用暖棚法施工,棚内温度维持 $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$,混凝土出机温度 $\geq 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (GB/T50924)。

2.2.2 动态监测与调整

(1) 收缩应变监测:预埋振弦式应变计(精度 $\pm 3\text{ }\mu\text{e}$)于后浇带两侧 1 m 处,监测频率每日2次。当收缩应变速率 $< 0.5\text{ }\mu\text{e}/\text{d}$ 且累计值 $> 200\text{ }\mu\text{e}$ 时启动封闭程序。

(2) 温度梯度控制:沿结构厚度方向布置5层温度传感器(间距 $\leq 150\text{ mm}$),控制内外温差 $\leq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。遇突发气温骤变(24 h降温 $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$)时,延迟施工并采取覆盖电伴热毯等应急措施。

大体积混凝土结构在核心温度降至 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下且降温速率 $\leq 2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{d}$ 时封闭后浇带。掺入35%矿粉替代水泥,延长水化热释放周期至28天以上。超长弧形结构分阶段封闭后浇带,每段长度 $\leq 15\text{ m}$,间隔时间 ≥ 7 天。采用GPS实时监测曲率变化(精度 $\pm 1\text{ mm}$),曲率半径偏差 $> 2\%$ 时暂停施工。

高寒地区施工选择9-10月温度稳定期施工,后浇带封闭后立即铺设 50 mm 厚岩棉保温层。混凝土添加防冻组分(亚硝酸钠掺量 $3\% \sim 5\%$),临界受冻强度 $\geq 5\text{ MPa}$ 。龄期验证核查施工日志与同条件试块抗压强度报告,强度达到设计值100%且离散系数 $\leq 10\%$ 。温度记录提供连续15天气象数据及混凝土芯部温度监测曲线,温度梯度 $\leq 15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 。变形协调性后浇带封闭后30天内,相邻结构沉降差 $\leq L/1\text{ }000$ (L 为结构跨度),裂缝宽度 $\leq 0.1\text{ mm}$ 。

2.3 钢筋处理

后浇带区域的钢筋处理需遵循《混凝土结构设计规范》(GB50010)及《钢筋机械连接技术规程》(JGJ107)的技术要求,针对不同功能类型的后浇带采取差异化的构造措施,确保结构在温度变形、沉降差及地震作用下的力学传递连续性^[6]。

(1) 设计原则与分类处理。伸缩后浇带(温度缝)允许 $\pm 15\text{ mm}$ 水平位移,钢筋采用断离法处理,搭接长度 $\geq 1.2l_{aE}$ (抗震锚固长度)。沉降后浇带预留 $\pm 30\text{ mm}$ 竖向变形空间,钢筋全截面贯通,增设 $\Phi 12@150$ 附加抗剪箍筋。抗震后浇带满足层间位移角 $1/100$ 的变形需求,主筋搭接接头率 $\leq 25\%$,距节点区 $\geq 500\text{ mm}$ 。断开位置距后浇带边缘 $\geq 300\text{ mm}$,相邻钢筋错位距离 $\geq 0.3l_{aE}$ (非抗震)或 $0.3l_{aE}$ (抗震)。板面钢筋断开率 $\leq 50\%$,梁底钢筋全断面连续,断开钢筋采用等强代换(面积差 $\leq 5\%$)。(2) 施工工艺控制。钢筋切割采用砂轮切割机,切口垂直度偏差 $\leq 2^{\circ}$,切割位置偏差 $\leq 5\text{ mm}$ 。搭接方

式优先选用直螺纹套筒连接(II级接头),套筒外露丝扣 $\leq 2P$ (螺距),扭矩值控制: $\Phi 20$ 钢筋 $\leq 220\text{ N}\cdot\text{m}$, $\Phi 25\text{ } \leq 320\text{ N}\cdot\text{m}$ (按JGJ107)。断离端部设置 $\Phi 8@200$ 限位箍筋,限制残余变形 $\leq 0.5\text{ mm}$ 。贯通钢筋可采用定距卡具固定,间距偏差 $\leq 10\text{ mm}$,保护层厚度偏差 $-3\text{ mm}, +5\text{ mm}$ 。后浇带内增设 $\Phi 16@200$ 双向焊接网片(网眼尺寸 $\leq 150\times 150\text{ mm}$),与主筋点焊固定。钢筋表面涂刷环氧树脂涂层(干膜厚度 $\geq 150\text{ }\mu\text{m}$),防止因长期暴露导致的锈蚀。(3) 特殊构造措施。悬挑长度 $> 6\text{ m}$ 时,主筋断开处预埋M30预应力筋(张拉力 $\geq 0.7f_{ptk}$),待封闭后二次张拉补偿变形。采用U形闭合箍筋(弯折半径 $\geq 4d$),间距加密至 100 mm ,提升抗剪能力。

高烈度地震区抗震等级 ≥ 8 度区域,钢筋搭接区域外包碳纤维布($300\text{ g}/\text{m}^2$,环向包裹3层),极限应变 $\geq 1.5\%$ 。梁柱节点区预埋BRB屈曲约束支撑(承载力 $\geq 1\text{ }500\text{ kN}$),耗能系数 ≥ 0.3 。海洋氯盐环境采用316 L不锈钢钢筋(Cr含量 $\geq 16.5\%$),连接套筒同步使用不锈钢材质。钢筋与模板间设置 5 mm 厚橡胶隔垫,防止电解腐蚀。

3 结束语

建筑工程混凝土及后浇带施工的关键技术在保障结构质量与耐久性方面发挥着至关重要的作用。通过对混凝土原材料的严格把控、科学的配合比设计与精细化的施工过程管理,以及后浇带的合理设置与精准施工,能够有效解决混凝土结构因温度、收缩等因素产生的裂缝问题,显著提升建筑工程的整体质量。在未来的工程建设中,应持续深化相关技术研究与应用,推动建筑工程行业高质量发展。

参考文献:

- [1] 李东东. 建筑工程中钢筋混凝土工程施工技术[J]. 建材发展导向, 2025, 23(05): 112-114.
- [2] 周云青. 建筑工程混凝土及后浇带工程施工关键技术[J]. 居业, 2023(09): 19-21.
- [3] 闫燕飞. 后浇带施工技术在房屋建筑工程中的应用[J]. 建材发展导向, 2024, 22(23): 90-92.
- [4] 廖秋生. 后浇带施工技术在高层住宅建筑工程中的应用[J]. 居舍, 2024(33): 32-35.
- [5] 谢博, 彭琨, 邹军, 等. 某大型公共建筑关键施工技术应用与研究[J]. 砖瓦, 2022(09): 162-164.
- [6] 谭石柱. 基于建筑工程混凝土及后浇带工程施工技术关键点分析[J]. 居舍, 2021(22): 61-62, 86.