

大体积顶板混凝土施工技术在房建工程中的应用研究

杨健

江西建工第一建筑有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i11.8515

[摘要] 大体积顶板混凝土施工是房建工程中的关键环节，其施工质量直接影响建筑结构的安全性、稳定性和耐久性。本文围绕大体积顶板混凝土施工技术展开系统研究，结合房建工程高层化、大跨度的发展趋势，从施工前准备、核心施工技术及质量控制要点等方面进行深度阐述，旨在为房建工程中

[关键词] 房建工程；大体积顶板混凝土；施工技术；温控防裂；质量控制

Research on the Application of Mass Concrete Slab Construction Technology in Housing Construction Engineering

Yang Jian

Jiangxi Construction Engineering First Co., Ltd.

[Abstract] The construction of mass concrete slabs is a key link in housing construction engineering, and its construction quality directly affects the safety, stability and durability of the building structure. Focusing on the mass concrete slab construction technology, this paper conducts a systematic study. Combined with the development trend of high-rise and long-span housing construction projects, it elaborates in depth on the pre-construction preparation, core construction technology and key quality control points. The purpose is to provide scientific technical reference for the construction of mass concrete slabs in housing construction engineering, and promote the standardized, refined and efficient application of construction technology.

[Key words] Housing Construction Engineering; Mass Concrete Slab; Construction Technology; Temperature Control and Crack Prevention; Quality Control

一、引言

随着城镇化进程的加速推进，房建工程逐渐向大跨度、高层化、复杂化方向发展，大体积混凝土结构在地下室顶板、转换层顶板等关键部位的应用日益广泛。深入研究大体积顶板混凝土施工技术，可进一步完善大体积混凝土施工理论体系，丰富高温水化热调控、裂缝防控等关键技术的研究成果，为相关规范标准的修订提供理论支撑。通过优化施工工艺、细化控制措施，能有效降低裂缝产生概率，提高工程施工质量，减少后期维修加固成本，对于保障房建工程结构安全、推动行业高质量发展具有重要的现实意义。

二、大体积顶板混凝土施工前准备

（一）技术准备

技术准备是保障施工科学性的前提，需构建“图纸会审-

方案编制-技术交底-模拟验证”的闭环体系。施工图纸会审阶段，除核查顶板结构尺寸、混凝土强度等级、钢筋布置外，还需重点分析结构受力特点、后浇带设置位置及温控构造措施，结合地质勘察报告评估地基承载力对顶板施工的影响；施工方案编制需采用数值模拟方法（如 ANSYS 有限元分析）对水化热分布、温度应力变化进行预演，明确浇筑分层厚度、振捣参数、温控指标等关键参数，制定针对性的裂缝应急处理方案；技术交底需采用“书面+可视化”模式，通过 BIM 三维模型演示施工程序，确保施工人员精准掌握技术要点；同时，需组织技术人员开展专项培训，重点学习大体积混凝土施工规范、温控监测方法及应急处置流程。

（二）材料准备

材料质量是控制混凝土性能的基础，需建立“源头筛选-

进场检测-储存管理”的全链条管控机制。水泥优先选用低热矿渣硅酸盐水泥或低热粉煤灰硅酸盐水泥，其 7d 水化热峰值应 $\leq 270\text{kJ/kg}$ ，确保水化热缓慢释放；粗骨料选用 5-31.5mm 连续级配碎石，针片状颗粒含量 $\leq 10\%$ ，含泥量 $\leq 1\%$ ，通过优化骨料级配提高混凝土密实度，降低孔隙率；细骨料选用 II 区中砂，细度模数控制在 2.3-3.0，含泥量 $\leq 3\%$ ，泥块含量 $\leq 1\%$ ，避免有害杂质影响混凝土强度；外加剂选用缓凝型高效减水剂，其减水率 $\geq 25\%$ ，缓凝时间延长至 12-16h，同时需满足氯离子含量 $\leq 0.2\%$ 、碱含量 $\leq 3.0\text{kg/m}^3$ 的要求，减少对混凝土性能的不利影响；掺合料选用 I 级粉煤灰（需水量比 $\leq 95\%$ ）或 S95 级矿渣粉（比表面积 $\geq 400\text{m}^2/\text{kg}$ ），替代率控制在 20%-30%，通过“水泥-掺合料”复合胶凝体系降低水化热峰值。

（三）现场准备

现场准备需围绕“机械保障-模板支撑-钢筋绑扎-监测布置”四个核心环节展开。施工机械配置需根据工程量和施工进度合理规划，混凝土搅拌站需配备自动计量系统，计量精度控制在 $\pm 2\%$ 以内；输送泵选用高压混凝土泵（工作压力 $\geq 16\text{MPa}$ ），布料机采用液压式布料杆，覆盖半径 $\geq 15\text{m}$ ，确保布料均匀；振捣器选用插入式高频振捣器（振动频率 $\geq 12000\text{r/min}$ ），同时配备平板振捣器备用，进场前需进行空载试运行，确保运行稳定。模板支撑体系采用“钢管脚手架+覆膜胶合板”组合，钢管选用 $\Phi 48 \times 3.5\text{mm}$ 无缝钢管，立杆间距 $\leq 0.8\text{m}$ ，水平杆步距 $\leq 1.2\text{m}$ ，立杆底部设置可调底座和垫板，顶部采用顶托调节标高，模板接缝采用双面胶密封，缝隙宽度 $\leq 2\text{mm}$ ，防止漏浆；模板搭设完成后需进行承载力和变形验算，确保挠度 $\leq L/500$ （L 为模板跨度），抗压强度满足施工荷载要求。钢筋绑扎需严格遵循设计图纸和施工规范，受力钢筋采用 HRB400E 级钢筋，绑扎间距偏差 $\leq \pm 10\text{mm}$ ，保护层厚度采用水泥砂浆垫块控制，垫块强度等级 \geq 混凝土强度等级，间距 $\leq 1\text{m}$ ，确保钢筋位置准确、绑扎牢固；对于大跨度顶板，需在钢筋绑扎完成后进行预应力张拉工艺的前期准备，检查锚具、夹具的质量和安装精度。此外，需在顶板不同区域（中心区、边缘区、角部）布置温度传感器和应变计，传感器埋深为板厚的 1/2 和 1/4 处，间距 $\leq 3\text{m}$ ，与数据采集仪连接，实现施工过程中温度和应变的实时监测。

三、大体积顶板混凝土核心施工技术

（一）混凝土配合比设计

大体积顶板混凝土配合比设计需遵循“低水化热、高流动性、高耐久性、高抗裂性”的四高原则，采用正交试验法优化参数。具体设计要点如下：一是控制水胶比在 0.40-0.50 之间，

胶凝材料总量控制在 $350-400\text{kg/m}^3$ ，其中水泥用量 $\leq 280\text{kg/m}^3$ ，通过掺加掺合料替代水泥，降低水化热释放量；二是确定合理的砂率，根据骨料级配试验确定砂率为 36%-39%，确保混凝土和易性良好，坍落度控制在 160-180mm，扩展度 $\geq 500\text{mm}$ ；三是外加剂掺量通过试配确定，一般为胶凝材料总量的 0.8%-1.2%，同时可掺加适量引气剂（掺量 $\leq 0.05\%$ ），引入微小气泡改善混凝土抗冻性和抗裂性；四是进行水化热模拟试验，通过绝热温升试验测定混凝土 7d 绝热温升 $\leq 50^\circ\text{C}$ ，确保温度应力在混凝土抗拉强度范围内。配合比设计完成后需进行三次平行试配，分别检测混凝土的立方体抗压强度（7d、28d）、工作性（坍落度经时损失）、水化热峰值及凝结时间，确保各项指标满足设计和规范要求。

（二）混凝土浇筑工艺

大体积顶板混凝土浇筑采用“分层推移、连续浇筑、斜面分层”的施工方法，严格控制浇筑速度和层间间隔时间。浇筑前需对模板、钢筋、预埋件进行全面检查，清除模板内的杂物和积水，对钢筋和模板进行洒水湿润（模板不得有积水）。浇筑顺序遵循“从远到近、对称浇筑、先中间后边缘”的原则，根据顶板面积划分若干浇筑区域，每个区域配备 2-3 台振捣器，采用“一泵一区、分区推进”的方式，确保浇筑连续进行。分层浇筑厚度根据振捣器有效作用半径确定，一般为 300-400mm，层间浇筑间隔时间 \leq 混凝土初凝时间（通过试验确定，一般为 8-12h），避免出现冷缝。混凝土输送过程中，需控制泵送速度为 $20-30\text{m}^3/\text{h}$ ，布料机出口与浇筑面的距离 $\leq 1.5\text{m}$ ，防止混凝土离析；振捣时采用“快插慢拔”的方式，振捣点呈梅花形布置，间距 $\leq 500\text{mm}$ （不超过振捣器作用半径的 1.5 倍），振捣时间控制在 20-30s，至混凝土表面泛浆、无气泡溢出、下沉均匀为止，振捣器插入下层混凝土的深度 $\geq 50\text{mm}$ ，确保层间结合紧密。浇筑过程中安排专人进行“三检制”（自检、互检、交接检），重点检查浇筑厚度、振捣质量、模板变形情况，若发现模板位移、漏浆等问题，立即停止浇筑并采取加固措施。

（三）温控防裂技术

温控防裂是大体积顶板混凝土施工的核心技术，需构建“主动降温+被动保温+动态监测”的综合防控体系。主动降温采用内冷法与原材料预冷相结合的方式：在顶板内部预埋 $\Phi 40\text{mm}$ 镀锌冷却水管，水管呈双向布置，水平间距 1.5m，垂直间距 1.2m，水管进出口分别与集水箱、水泵连接，形成循环水系统，浇筑完成后立即通入 $20-25^\circ\text{C}$ 的循环冷却水，冷却水流量控制在 $1.5-2.0\text{m}^3/\text{h}$ ，通过热交换带走混凝土内部热量，冷却时间不少于 7d，确保混凝土内部最高温度 $\leq 65^\circ\text{C}$ ；原材料预

冷方面, 夏季施工时对骨料采用遮阳棚覆盖+喷雾降温, 对搅拌用水采用冰水(温度 $\leq 10^{\circ}\text{C}$), 降低混凝土入模温度(入模温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$); 冬季施工时对原材料加热(水泥除外), 确保入模温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 。被动保温采用“多层覆盖”方案: 混凝土浇筑完成后, 初凝前覆盖一层塑料薄膜(防止水分蒸发), 初凝后覆盖阻燃草帘被(厚度 $\geq 50\text{mm}$), 若环境温度较低或温差较大, 可增加岩棉板保温层, 确保混凝土表面温度梯度 $\leq 2^{\circ}\text{C}/\text{d}$, 内部与表面温差 $\leq 25^{\circ}\text{C}$, 表面与环境温差 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ 。动态监测采用无线传感网络技术, 实时采集混凝土内部、表面温度及环境温度数据, 每2h记录一次, 绘制温度变化曲线, 当温差超过规定值时, 立即调整冷却水流速或增加保温层厚度, 实现温控措施的动态优化。此外, 可在混凝土中掺加膨胀剂(掺量为胶凝材料总量的8%-10%), 利用其补偿收缩作用抵消温度收缩, 减少裂缝产生。

(四) 混凝土养护技术

大体积顶板混凝土养护需遵循“及时覆盖、充分保湿、缓慢降温、延长周期”的原则, 构建长效养护体系。养护时间根据混凝土强度等级和水化热释放情况确定, 不少于14d, 对于强度等级 $\geq \text{C40}$ 的混凝土, 养护时间延长至21d。养护初期(浇筑完成后1-7d)以保温保湿为主, 采用“塑料薄膜+草帘被+岩棉板”多层覆盖, 每天定时洒水2-3次, 保持草帘被湿润, 确保混凝土表面相对湿度 $\geq 90\%$, 防止表面失水过快产生干缩裂缝; 养护中期(8-14d)根据温度监测数据逐步拆除保温层, 拆除顺序为“先边缘后中心、先上层后下层”, 每天拆除厚度不超过总保温层厚度的1/3, 避免温度骤降引发裂缝; 养护后期(15d后)重点保护混凝土表面, 禁止堆载重物、碰撞敲击, 同时加强强度监测, 通过同条件养护试块抗压强度试验, 确定拆模时间(当混凝土强度达到设计强度的75%以上时方可拆模)和承载时间。养护期间需同步监测混凝土表面裂缝情况, 采用裂缝宽度尺定期检测, 若发现宽度 $\geq 0.2\text{mm}$ 的裂缝, 立即采用环氧树脂浆液进行压力灌浆处理, 防止裂缝扩展。

四、大体积顶板混凝土施工质量控制要点

(一) 原材料质量控制

建立“供应商准入-进场检验-过程抽检”的三级管控机制。供应商需具备相应的生产资质和业绩证明, 优先选择行业内知名企业; 原材料进场时需核查质量证明文件(合格证、检验报告), 并按规定比例抽样送检, 水泥每200t为一批次, 骨料每400 m^3 为一批次, 外加剂每50t为一批次, 掺合料每200t为一批次, 检测不合格的原材料严禁使用; 施工过程中定期对原

材料进行抽检, 重点监测水泥安定性、骨料含泥量、外加剂性能变化, 确保原材料质量稳定。

(二) 施工过程质量控制

施工过程质量控制采用“旁站监督+平行检验+数据追溯”的管理模式。旁站监督由监理单位和施工单位共同实施, 重点监控混凝土浇筑、振捣、温控、养护等关键环节, 做好旁站记录; 平行检验由第三方检测机构开展, 对混凝土坍落度、入模温度、振捣质量等进行随机抽检, 每工作班至少抽检2次; 数据追溯通过信息化系统实现, 将原材料检测数据、配合比参数、施工记录、温度监测数据等录入数据库, 形成可追溯的质量档案。

(三) 成品质量控制

成品质量控制包括外观质量验收和性能检测两部分。外观质量验收重点检查混凝土表面是否存在裂缝、蜂窝、麻面、露筋等缺陷, 裂缝宽度 $\leq 0.2\text{mm}$ 为合格, 超过0.2mm需进行处理; 蜂窝、麻面面积不得超过总面积的0.5%, 且每个缺陷面积 $\leq 0.04\text{m}^2$ 。性能检测需按规范要求制作标准养护试块和同条件养护试块, 标准养护试块用于评定混凝土强度等级, 同条件养护试块用于确定拆模时间和承载能力; 同时, 对混凝土的耐久性进行检测, 包括抗渗等级、抗冻等级、钢筋保护层厚度等, 确保各项性能满足设计要求。成品验收合格后, 需及时办理验收记录, 形成完整的质量验收资料。

五、结论

大体积顶板混凝土施工技术是房建工程中的核心技术之一, 其应用质量直接关系到建筑结构的安和使用寿命。未来可通过新型材料应用、施工工艺创新和绿色施工技术发展, 进一步优化施工技术, 提升工程质量和效益。

[参考文献]

- [1]王宇.大体积混凝土施工技术在房建工程中的应用[J].工程技术研究, 2022, 7(01): 63-64.
 - [2]黄皓渊.大体积混凝土施工技术在房建工程中的应用研究[J].房地产导刊, 2022, (11): 101-103.
 - [3]孟宪明.房建工程中大体积混凝土施工技术探究[J].中国科技期刊数据库 工业A, 2020, (05).
 - [4]王斌, 冯文杰, 秦保杰.房建工程中大体积混凝土施工技术的应用[J].建筑工程技术与设计, 2021, (25): 713-714.
- 作者简介: 杨健(1992-); 男, 汉族, 学历: 本科, 籍贯: 江西南昌, 职称: 中级工程师, 研究方向: 施工技术。