

高层建筑混凝土施工技术要点

乔稳增¹, 裴金丽²

(1. 阳信万通路桥工程有限公司, 山东 滨州 251800;
2. 博兴县创美宏科建设工程有限公司, 山东 滨州 256500)

摘 要 高层建筑混凝土施工作为土建施工关键环节, 对建筑整体结构性能和使用寿命具有重要影响, 随着建筑高度不断提升, 混凝土施工技术面临诸多挑战。本文针对高层建筑混凝土施工中存在的技术难点, 从混凝土原材料选用、配合比设计、浇筑工艺、养护方法等方面进行深入分析, 通过优化混凝土泵送工艺参数、改进振捣方式、采用智能温控养护等措施, 有效解决高层建筑混凝土施工中的关键技术问题。实践结果表明, 采用合理的混凝土施工技术, 能够显著提升混凝土结构施工质量, 确保高层建筑结构性能满足设计要求。

关键词 高层建筑; 混凝土施工; 泵送工艺; 振捣技术; 温控养护

中图分类号: TU974

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.17.012

0 引言

随着城市化进程的加快和土地资源紧缺, 高层建筑工程项目数量持续增长。高层建筑混凝土施工具有结构荷载大、施工难度高、环境影响因素多等特点。针对混凝土施工中泵送压力大、振捣不均匀、温度应力集中等问题, 需要采用先进的施工技术和工艺。通过优化混凝土材料性能、改进施工工艺、加强养护管理等措施, 能够有效提升混凝土结构施工质量。本文基于工程实践经验, 从多个技术层面探讨高层建筑混凝土施工要点, 旨在为同类工程施工提供参考。

1 高层建筑混凝土材料性能要求

高层建筑混凝土材料选用直接影响结构整体性能, 原材料选择需重点把控水泥、粗细骨料及外加剂等关键组分。

水泥应选用强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥, 初凝时间控制在 45 min 以上, 终凝时间不超过 390 min。粗骨料宜选用粒径 5 ~ 25 mm 连续级配的碎石或卵石, 压碎指标应小于 10%, 针片状颗粒含量控制在 15% 以下; 细骨料采用中砂, 细度模数 2.5 ~ 3.2, 含泥量应控制在 3% 以下。减水剂选用聚羧酸系高性能减水剂, 减水率达 25% 以上, 且不产生泌水离析现象。配制的混凝土除满足强度要求外, 还需具备良好的和易性、保塑性及抗裂性。坍落度需控制在 180 ~ 220 mm, 扩展度 500 ~ 600 mm, 含气量 3% ~ 5%, 泌水率不超过 3%。外加剂掺量严格按照试验数据确定, 且需进行相容性试验, 确保与水泥等其他组分间无不良反应。混凝土

原材料进场时应对其基本性能指标进行检测, 确保各项指标满足规范要求^[1]。

2 混凝土施工工艺技术

2.1 混凝土配合比优化设计

高层建筑混凝土配合比设计需在满足强度等级要求基础上, 重点考虑泵送性能及工作性能。针对 C40 混凝土, 水胶比控制在 0.38 ~ 0.42, 胶材用量 380 ~ 420 kg/m³, 其中掺入 15% ~ 20% 的粉煤灰可改善混凝土工作性。砂率控制在 38% ~ 42%, 粗骨料采用 5 ~ 25 mm 连续级配, 其中 5 ~ 10 mm 占比 25% ~ 30%, 10 ~ 20 mm 占比 45% ~ 50%, 20 ~ 25 mm 占比 20% ~ 25%。高性能减水剂掺量 1.2% ~ 1.8%, 在搅拌过程中分次加入以充分发挥减水效果。配制的混凝土除满足抗压强度要求外, 还应具备良好的和易性及保塑性。新拌混凝土坍落度控制在 180 ~ 220 mm, 1 h 坍落度经时损失不超过 30 mm。在配合比设计过程中应进行多组试配, 通过调整砂率、外加剂用量等参数确定最佳配合比。实验室试配完成后, 需在现场进行工业化试配, 确保配合比在实际施工条件下的适用性。

2.2 混凝土输送泵送工艺

高层建筑混凝土泵送输送系统由混凝土输送泵、钢管及软管等组成, 泵送系统的合理设置对确保混凝土输送质量至关重要。输送泵选型应根据施工层数确定泵送压力和输送量, 300 m 以上建筑宜选用最大输出压力达 28 MPa 的大功率输送泵。输送立管采用 Φ125 mm 的无缝钢管, 管壁厚度 8 mm, 立管接头采用快速锁扣

连接方式,每 50 m 设置一道减压弯头,立管固定支架间距控制在 3 m 以内,且应与建筑主体结构可靠连接。输送管道布置时应避免急弯及管径突变,弯头半径不小于 1 m,标准布管仰角控制在 $120^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 。泵送前需对管道进行清洗,采用水泥浆对管壁进行润滑,避免因摩擦力过大引起堵管。泵送过程中混凝土坍落度控制在 200 ± 20 mm,确保混凝土具备良好的流动性和可泵性,泵送速率应与浇筑速度相匹配,避免因输送能力不足造成施工缝。输送管末端采用变径软管,软管长度不超过 5 m,出料口距浇筑面高度控制在 300 mm 以内^[2]。

2.3 混凝土浇筑技术

高层建筑混凝土浇筑施工是一项复杂而严谨的工程,施工前必须编制详细的施工方案,科学合理划分浇筑区段和施工缝位置。结构墙、柱混凝土应采用分层浇筑工艺,每层浇筑高度严格控制在 1.5 ~ 2 m 范围内,确保混凝土质量。楼板混凝土施工时应从一端开始向另一端整体推进浇筑,保持均匀连续。混凝土下料必须使用串筒或软管等设备,下料高度不得超过 2 m,以防止混凝土发生离析现象。

在具体施工过程中,浇筑速度要与混凝土的初凝时间相匹配,通常控制在每小时 0.3 ~ 0.5 m,这样能够确保新浇筑的混凝土与已经凝固的混凝土之间结合良好。对于结构转换层、地下室外墙等重要构件,更要采用分层匀速浇筑方式,将每层厚度控制在 300 ~ 500 mm。在施工过程中要特别注意及时进行混凝土的二次平整和收面处理,采用木抹子反复打磨,避免出现漏浆、蜂窝、麻面等质量缺陷。当气温超过 30 °C 时,要采取合理的降温措施并在混凝土中适量添加缓凝型减水剂,以延长混凝土的可施工时间。

2.4 混凝土振捣技术

高层建筑混凝土振捣采用插入式振动器与附着式振动器相结合的方式,振捣时间和位置的控制直接影响混凝土的密实度。插入式振动器选用振幅 1.0 ~ 1.2 mm,振动频率 180 ~ 200 Hz 的高频振捣棒,振捣棒直径根据钢筋间距确定,一般选用 $\Phi 50 \sim \Phi 70$ mm。振捣时振捣棒应快插慢拔,插入深度应超过下层混凝土 50 ~ 100 mm,振捣点间距以振捣棒作用半径的 1.5 倍确定,振捣时间以混凝土表面不再出现气泡,泛浆呈现均匀为准,一般持续 15 ~ 25 s。对于柱、剪力墙等竖向构件,振捣棒应沿断面长边方向均匀布置振点,振捣深度每次不超过 500 mm。楼板振捣除采用插入式振捣外,还需在模板上设置附着式振动器,振动器间距 3 ~ 4 m,振动时间控制在 10 ~ 15 s。对于钢筋密集部位,宜采用 $\Phi 30$ mm

小直径振捣棒进行补充振捣,确保混凝土振捣密实,振捣过程中应避免振捣棒碰触钢筋和模板,防止产生窝料和串标。

2.5 混凝土施工缝处理

高层建筑施工缝的合理设置与处理对确保结构整体性能具有重要意义。施工缝应设置在结构受力较小部位,墙、柱宜设置在基础顶面上 150 ~ 200 mm 处,梁设置在跨度 1/3 处,板宜设置在短向跨度 1/3 处。施工缝处混凝土终凝后需立即进行凿毛处理,采用高压水枪冲洗清理浮浆,确保新旧混凝土结合面的粗糙度不小于 6 mm。施工缝表面采用环氧树脂粘剂进行处理,粘剂涂抹厚度 1.5 ~ 2 mm,待表面达到指触干燥后进行后续混凝土浇筑。对于受力较大的施工缝,宜在缝面增设短钢筋或剪力键,提高结合面抗剪强度。施工缝处钢筋连接采用焊接或机械连接,确保钢筋连接强度满足设计要求。施工缝浇筑时需先铺设 30 ~ 50 mm 厚的水泥砂浆过渡层,减小新旧混凝土收缩差异^[3]。

2.6 高层建筑大体积混凝土施工

高层建筑大体积混凝土施工是建筑工程中的重点和难点,主要应用于地下室底板、转换层等承重关键部位。为确保施工质量,混凝土配比选用中热水泥并掺入 30% ~ 40% 的粉煤灰,有效降低水化热峰值。施工前必须采用预冷工艺,将粗骨料预冷至 5 ~ 10 °C,拌合用水温度严格控制在 4 ~ 7 °C 之间,通过这些措施确保出机口混凝土温度不超过 25 °C。在浇筑区域需预先科学布设测温导线,形成完整的温度监测网络,实时掌握混凝土内部温度变化情况。

在施工工艺方面,大体积混凝土必须采用分层分块浇筑方式,每层厚度严格控制在 300 ~ 500 mm 范围内,单个浇筑块体面积不得超过 400 m²。在浇筑过程中要合理布设冷却水管,水管间距保持在 1.2 ~ 1.5 m 并确保循环冷却水温度控制在 12 ~ 15 °C。混凝土浇筑完成后要立即采取保温覆盖措施,使用塑料薄膜和保温材料进行全面覆盖,同时采用持续喷淋养护方式,严格控制混凝土表面温差不超过 25 °C。对于特别厚大的混凝土结构(厚度超过 2 m),更要配备智能测温 and 自动喷淋系统,通过科技手段实现温度场的精确控制,确保混凝土内部温度应力控制在安全范围内。

3 混凝土养护技术措施

3.1 混凝土温控养护

高层建筑混凝土温控养护需根据结构特点和环境条件制定合理的养护方案。混凝土浇筑完成后需立即在

表面覆盖一层塑料薄膜,防止水分快速蒸发并在薄膜上铺设10 cm厚的棉被或草帘进行保温,表面测温点布设间距不大于5 m,温度监测频率每2 h一次。当环境温度低于5℃时,需采取防冻保温措施,在模板外侧包裹保温材料,保温层厚度不小于30 mm。对于大体积混凝土,采用冷却水管进行降温,冷却水管间距1.2 m,埋设深度距表面200 mm,冷却水流速控制在0.5 m/s。混凝土内部温升超过25℃时开启冷却循环水,持续时间不少于7 d。当气温超过30℃时,在混凝土表面设置遮阳棚并采用喷雾降温,确保混凝土表面温度不超过35℃。养护期间混凝土内外温差控制在15℃以内,降温速率不超过2℃/h,避免产生温度裂缝^[4]。

3.2 混凝土湿度养护

高层建筑混凝土湿度养护对提高结构耐久性具有重要作用。混凝土终凝后即可进行湿度养护,养护方式包括洒水、覆盖、喷雾等。混凝土表面采用喷雾养护,喷头间距3 m,喷雾压力0.2 MPa,确保表面持续湿润。水平构件可采用蓄水养护,将混凝土表面围挡成50 mm深的蓄水池,养护水温与混凝土表面温差不得超过10℃。垂直构件宜采用土工布覆盖养护,土工布与混凝土表面紧密贴合并定时喷水保持湿润,养护用水需采用清洁水,pH值6~8,避免使用海水或污水。标准养护时间不少于14 d,且混凝土强度达到设计强度的70%以上。当环境湿度低于65%时,需增加洒水次数,确保混凝土表面不出现干燥状态。拆模后的混凝土构件继续进行喷雾养护,养护时间不少于7 d,避免因失水过快导致收缩裂缝。

3.3 混凝土早期养护

高层建筑混凝土早期养护工作应在终凝后2 h内开展,重点防止混凝土表面失水和开裂。混凝土浇筑完成后需立即在表面喷洒养护剂,喷洒量0.25 kg/m²,养护剂应均匀覆盖混凝土表面。养护剂凝固前在表面覆盖一层厚度0.1 mm的聚乙烯膜,膜与混凝土表面应紧密贴合,避免产生空腔。对于楼板等水平构件,在覆膜养护基础上增设遮阳网,遮阳网架设高度1.8 m。当风速超过3 m/s时,需在结构周边设置防风挡板,减少风力对混凝土表面的干燥作用。

3.4 混凝土后期养护

高层建筑混凝土后期养护工作应持续至设计强度形成。拆模后混凝土构件采用自动喷淋装置进行养护,喷淋管间距2 m,喷头直径1.5 mm,喷淋压力0.4 MPa。水平构件边缘采用土工布包裹,土工布下端浸入蓄水槽中,利用毛细作用保持混凝土湿润。垂直构件外包

2层土工布,内层土工布与混凝土表面直接接触,外层土工布起到保温作用,养护用水温度应与混凝土表面温度相近,温差控制在8℃以内。后期养护持续时间不少于28 d,每12 h检测一次混凝土表面含水率,含水率应保持在4%以上。当气温低于5℃时,养护用水需加热至15℃左右并在构件外侧增设保温层。对于后期出现的微裂缝,采用环氧树脂进行灌浆修补,灌浆压力0.3 MPa,裂缝两侧50 mm范围进行密封处理^[5]。

3.5 养护效果检测评估

高层建筑混凝土养护效果检测主要包括强度检测、外观质量检查和耐久性指标测试。混凝土强度检测采用回弹法和钻芯法相结合,回弹测区布置间距3 m,每个测区测试16个点,去除最大值和最小值后取平均值。钻芯取样位置应避开钢筋密集区域,取样深度不小于构件厚度的1.5倍。混凝土表面平整度采用2 m靠尺检测,板面平整度允许偏差5 mm,墙面8 mm。混凝土碳化深度检测选取典型部位,采用酚酞显色法测定,检测点间距2 m。氯离子含量检测取样深度分为0~10 mm、10~20 mm、20~30 mm三个层次,采用电位滴定法测定。

4 结束语

高层建筑混凝土施工技术是一项系统工程,需要从材料选用、施工工艺、养护措施等多个环节进行综合控制。通过优化混凝土配合比设计采用高性能减水剂提升混凝土工作性能,改进泵送工艺和振捣方式,加强混凝土养护管理,能够有效解决高层建筑混凝土施工中的技术难点。在实际施工过程中应根据工程特点和环境条件,合理选择施工技术方案,确保混凝土结构质量符合设计要求,为高层建筑结构耐久性提供可靠保障。

参考文献:

- [1] 贺将峰.混凝土浇筑施工技术在高层建筑工程中的运用研究[J].河南建材,2024(09):86-88.
- [2] 冯云法,李洋.关于混凝土施工技术在高层建筑中的运用探讨[J].工程机械与维修,2024(10):146-148.
- [3] 陈文强.铝模在高层建筑施工中的技术要点研究[J].中国建筑金属结构,2024,23(07):79-81.
- [4] 李鹤.混凝土施工技术在高层建筑工程中的应用研究[J].低碳世界,2024,14(05):103-105.
- [5] 杜永强.浅谈高层建筑工程施工中的桩基础施工技术[J].建材发展导向,2024,22(05):92-94.