

房屋建筑工程大体积混凝土施工技术研究

史晋皖

(安徽拓鑫建设集团有限公司, 安徽 合肥 230031)

摘要 城市化进程的持续推进使城市具有越来越强的虹吸效应, 人口聚集带来了对居住建筑和功能建筑需求的提升。大体积混凝土结构以其独特优势在现代房屋建筑工程建设中发挥着重要作用, 尤其在大型、高层建筑的基础底板、承台、剪力墙等关键部位的应用越来越广泛。大体积混凝土结构具有体积庞大、浇筑量高等属性, 施工技术面临各种挑战。本文从大体积混凝土结构的材料特性和技术难点出发, 深入分析了大体积混凝土结构在建筑工程应用中的关键技术要点, 并对其未来发展趋势进行了探讨, 以期为现代建筑工程的质量提升提供借鉴。

关键词 房屋建筑; 大体积混凝土; 连续浇筑; 施工缝

中图分类号: TU755

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.20.015

0 引言

大体积混凝土施工技术的深化研究和应用实践, 对建筑行业的发展和现代化城市的建设具有提升工程质量与安全性、推动施工效率与经济效益、促进绿色建筑与可持续发展、引领行业技术进步等多个维度的积极作用。因此, 针对大体积混凝土施工技术进行深入研究, 既是解决当前工程难题、优化现代工程建设质量的必然需求, 也是推动建筑行业高质量发展, 推动建筑产业深刻融入我国产业现代化转型事业的重要动力。我们不仅要持续推动大体积混凝土施工技术理论和应用策略的完善与优化, 还要充分重视现代数字技术、绿色技术等先进科学成果在建筑领域的应用, 平衡好工程安全、经济效益和可持续发展之间的关系, 推动我国建筑领域健康可持续发展。

1 大体积混凝土结构的特性与技术难点

大体积混凝土结构在现代建筑工程中应用广泛, 从大量的工程应用实例来看, 大体积混凝土结构具有其独特的特性和施工难点。大体积混凝土结构的施工是一项综合了材料科学、热力学控制及精细化施工管理的复杂施工项目, 需要从多个维度应对大体积混凝土结构的固有特性所带来的挑战, 从而保障工程安全与耐久性。

1.1 大体积混凝土结构的特性分析

1. 大体积混凝土结构具有体积庞大与内外温差大的属性, 这也是大体积混凝土结构最典型的特征。通常情况下, 大体积混凝土结构的最小几何都在 1 米以上, 这种庞大的体积会导致结构内部的水化热难以快速散发, 内部热量的积聚非常显著, 会在大体积混凝土结

构内部形成较大的温差, 而这种温差会引发温度应力, 当应力超出混凝土的抗拉强度时, 就会在结构上形成裂缝。并且, 为了确保大体积混凝土结构的整体性, 施工时需要进行连续浇筑并且不允许留施工缝^[1]。

2. 大体积混凝土结构所使用的材料及其配合比也具有一定的特殊性。为了降低大体积混凝土结构内部的水化热, 大体积混凝土施工中应尽可能减少水泥的使用量, 通过在水泥中掺入粉煤灰、矿渣粉等矿物掺合料及缓凝型外加剂优化配合比, 而这对施工方的施工控制和设计能力有一定的要求, 其所使用的骨料也需要级配良好且含泥量低, 从而达到减少结构收缩度、提高密实度的目的。

3. 大体积混凝土结构的热工性能比较复杂, 由于水泥水化反应释放的热量在结构内部快速积聚, 形成了绝热温升的现象, 导致混凝土内部温度远高于表层, 温差可达数十摄氏度, 这种热梯度对结构稳定性构成了较大的挑战。

1.2 大体积混凝土结构的技术难点

1. 温度控制与裂缝防治。水化热所引起的温差应力是大体积混凝土结构施工中的一项核心难点。为了保证大体积混凝土结构的整体性和质量稳定性, 要将其内外温差控制在 25 °C 以内。当前, 在一些大体积混凝土结构工程实践中, 通过预冷骨料、分层浇筑、内部埋设冷却管及覆盖保温层等措施对温度进行调控。这些温控思路可以分为内部控制和外部控制两种, 内部控制就是采用深井水拌和或掺冰块降低材料的入模温度, 而外部控制就是使用蒸汽养护或覆盖麻袋达到减缓表面散热的效果^[2]。

2. 收缩变形与约束应力。在混凝土硬化过程中,会出现不同程度的干燥收缩、化学收缩现象,并且受到混凝土结构体积的影响,收缩变形往往会形成收缩裂缝。这种收缩变形在大体积混凝土结构中表现得尤为明显,收缩变形的累积效应也更为显著,需要在施工中加入一定量的膨胀剂实现补偿收缩,或者设置一定区域的后浇带,以分块浇筑的形式释放应力。

3. 施工组织与质量控制。大体积混凝土结构具有浇筑量大、时间长的特性,而通常使用到大体积混凝土结构的建筑工程,也往往具有施工周期长、涉及的主体多的特点。这需要施工方协调好混凝土供应、运输、振捣等环节的连续性,避免出现冷缝。同时,在分层浇筑时,要确保在下层初凝之前完成上层的覆盖,在大体积混凝土结构的长厚比大于3时可以使用斜面分层法。除此之外,大体积混凝土结构的质量控制对养护环节的要求也更加严格,浇筑完成后需要保持至少15天的湿润状态,实时监测结构整体的温度与强度变化,及时采取必要的养护手段和弥补措施。

4. 泌水与离析风险。大体积混凝土结构在浇筑过程中容易由于骨料下沉、水分上浮导致泌水,进而形成表层空隙和内部不均匀的问题,影响混凝土结构的抗渗性与耐久性。针对这一情况,需要优化配合比,控制好坍落度,采用二次振捣配合合理的振捣工艺改善混凝土结构的密实度。

2 大体积混凝土结构关键施工技术

2.1 原材料选择与配合比设计

大体积混凝土的原材料选择和配合比设计是控制结构内部的水化热、提高混凝土结构整体抗裂性的关键路径。首先,在水泥的选择上,应当优先选用低热硅酸盐水泥或矿渣水泥,这种水泥的铝酸三钙含量相较于普通水泥更低,可以使混凝土结构的水化热控制在一个较低的水平。在粗骨料的选择上,最好使用连续级配的碎石或卵石,骨料的粒径不超过40 mm,其中含泥量控制在1%以内,而细骨料则优先选用细度模数在2.3~3.0之间的中砂,细骨料的含泥量则要控制在1%以内。在掺合料的使用上,粉煤灰掺量在原材料中的比重控制在15%~40%为宜,矿渣粉的掺量控制在50%以内,并且这两种掺合料的总量不能超过水泥总用量的一半。这一施工技术的整体思路就是以其他一部分原料取代部分水泥,达到最终降低水化热,改善原料和易性的目的。在外加剂的选择上,现代建筑工程多选用缓凝型高效减水剂,水胶比控制在0.35~0.45,每单位的用水量不超过170 kg,还可以

在其中加入一定量的膨胀剂,能够起到补偿收缩的效果。最后,大体积混凝土结构原材料的配合比设计也非常关键,每立方米的水泥用量在250~320 kg中最佳,并通过60 d强度适配优化配比,加入合成纤维或钢纤维增强结构的抗拉性能。

2.2 大体积混凝土结构施工工艺控制

大体积混凝土结构施工工艺的关键在于控制好结构的浇筑温度和振捣密实度。在浇筑作业之前,需要预埋冷却水管,并采用深井水给混凝土原料降温,确保原材料的入模温度不超过32℃,为了降低外部高温的影响,在夏季进行施工时,最好选择夜间进行浇筑作业。在分层浇筑作业中,可以按照斜面分层、薄层推进的浇筑原则,每一个浇筑层的厚度控制在500 mm以内,初凝时间则控制在10~14个小时,确保上下层混凝土的衔接。在振捣作业环节,可以采用高频插入式振捣器,并严格遵循快插慢拔的原则,每个振捣点的振捣时间控制在30秒以内,在间隔两个小时后实施二次振捣,能够有效地消除泌水孔隙。对于泵送混凝土坍落度,需要控制在160 mm左右,控制好混凝土的运输时长,确保达到施工场地的混凝土质量满足工程设计要求,在浇筑完成后及时覆盖塑料薄膜减少表面水分蒸发,同时达到控制温差的效果。除此之外,对于如9 m的厚筏板一类的超厚混凝土结构,需要进行分块浇筑,并预留出一定的后浇带,同时在浇筑体的内部每隔3~5 m设置一个测温点,监控结构内部温差的动态变化和降温速率的实际速率。

2.3 裂缝控制技术

裂缝是影响大体积混凝土结构稳定性和整体性的关键因素,对整个工程的质量也具有较大的影响。当前,对于大体积混凝土结构中的裂缝控制主要从温度应力、收缩变形及外部约束三个方面的控制入手。首先,对于由于温度应力而产生的裂缝,可以通过优化水化热释放路径实现有效控制,包括采用冷却水管循环降温、预埋热电偶实时监控等。其次,对于由于混凝土硬化收缩变形而导致的裂缝,则通常使用膨胀剂来补偿自收缩,并通过二次抹压来消除表面塑性收缩。大体积混凝土结构中抗裂配筋设计则需要采用小直径、密间距的钢筋网片,并在转角、孔洞一类的应力集中区增设加强筋,也能够起到控制收缩变形的效果。最后,外部约束裂缝控制则主要通过设置滑动层来减少基底摩擦力,并采用跳仓法施工分割大体积结构为小块体,释放早期收缩应力。除此之外,聚丙烯纤维的使用也能够一定程度上分散内部应力,提升混凝土的抗拉强度^[3]。

2.4 大体积混凝土结构的养护技术

养护环节是巩固大体积混凝土结构施工质量的核心环节,而这一环节的最终目的是维持浇筑完成的混凝土湿度和温度稳定。在混凝土保湿环节,要在混凝土终凝后立即覆盖塑料薄膜,通过蓄水或喷淋养护,养护时长通常需要超过两个星期,如果使用的抗渗混凝土则延长到一个月左右。在混凝土结构保温环节,通常会使用 XPS 挤塑板、棉毡一类的保温物品对混凝土结构表面进行覆盖,控制好混凝土结构表面与大气温差。在大体积混凝土结构侧面则可以使用带保温层的模板,拆模后贴附湿麻袋并定期补水。

3 大体积混凝土结构施工的创新发展方向

3.1 智能化监测

基于新型技术的大体积混凝土结构监测手段正在重构大体积混凝土施工的质量管理体系。物联网、大数据和人工智能等新型智能技术的发展为大体积混凝土结构施工的智能化监测提供了更加高效便捷的工具。基于云平台的远程监测系统具备从温度感知层到远程监控层的五级架构的功能,能够实现混凝土内部温度、湿度及应力的实时动态监测与预警^[4]。例如:中冶建工基于物联网技术研发的“测温装置”采用预埋件与驱动件联动技术,无需依赖钢筋绑扎就可以精准获取大体积混凝土结构中的多点温度数据,并且相较于传统测温手段误差率更低,有效解决了传统人工测温效率低、误差大的问题。除此之外,当前已经在部分大体积混凝土结构施工中应用的混凝土浇筑匀质性智能检测系统,能够通过移动式悬挂框架与多功能复合检测器,实时分析混凝土的坍落度、骨料分布等参数,并结合 AI 算法生成施工优化建议,能够大幅度提高大体积混凝土结构的匀质性合格率。下一阶段,大体积混凝土结构的智能化监测技术将聚焦数字孪生技术与施工场景的深度集成,通过 BIM 模型与实时监测数据的双向映射,实现裂缝风险的预判与工艺参数的自主调节。

3.2 绿色材料的应用

在推动我国建筑产业现代化转型的过程中,绿色施工理念具有重要地位,而绿色材料正是绿色施工理念下的重要实践成果。大体积混凝土结构中的绿色材料的创新更加关注施工过程的低碳转型,比如再生骨料混凝土是先将废弃混凝土进行破碎,再对其级配进行优化,再生骨料混凝土的使用替代了相当一部分的天然骨料,并且由于再生骨料混凝土具有较高的抗渗系数,在降低资源消耗的同时还有提升混凝土抗氯离

子渗透性的作用。工业固废的再利用也是大体积混凝土结构绿色施工的重点内容,如粉煤灰与矿渣粉双掺技术,在降低混凝土结构内部水化热峰值的同时,能够有效地减少大体积混凝土结构施工中的水泥用量,以及生物骨料混凝土与地质聚合物水泥的研发,进一步丰富了大体积混凝土结构施工中绿色材料的选择。

3.3 施工工艺创新

大体积混凝土结构施工工艺的创新以裂缝控制与效率提升为目标。当前,大体积混凝土结构施工中使用的跳仓法,是通过将施工区域进行合理划分,控制浇筑间隔,替代传统后浇带,不仅能够减少混凝土结构的冷缝,还能够有效地缩短工期,这一施工方法在某些大型建筑工程项目中已经成功应用。同时,全蓄水温控工艺结合分层浇筑与循环冷却水系统通过动态调整蓄水深度与通水策略,能够将混凝土结构的内外温差稳定在较低的水平,大幅度降低温度应力所导致的结构裂缝。除此之外,智能化工艺设备在现代大体积混凝土结构施工中的应用也越来越普遍,基于人工智能技术开发的温控系统能够做到监测、预警和处置一体化,实现降温速率的自动调节^[5]。下一阶段,3D 打印技术与自密实混凝土的结合有望突破复杂结构的施工瓶颈,减少大体积混凝土结构施工对传统施工技术的依赖。

4 结束语

大体积混凝土结构施工的关键点在于混凝土结构的温度和裂缝控制,通过对现有施工技术要点进行分析,能够有效地提高大体积混凝土结构施工中技术应用的准确性。同时,将大体积混凝土结构施工技术的创新发展作为未来研究的重点方向,既能够提高大体积混凝土结构施工质量,又能够进一步推动我国建筑产业的现代化发展。

参考文献:

- [1] 李玉欣. 土木工程中大体积混凝土结构施工技术运用[J]. 产品可靠性报告, 2024(12):141-143.
- [2] 刘新博. 超长混凝土结构跳仓法施工技术[J]. 工程设计与设计, 2024(24):130-132.
- [3] 荆林. 房建施工中混凝土裂缝控制技术的研究与应用[J]. 陶瓷, 2024(12):173-176.
- [4] 陈伟仙. 浅析大体积混凝土施工质量的控制措施[J]. 四川水泥, 2024(12):141-143.
- [5] 连蓁燕. 建筑工程中大体积混凝土结构施工研究[J]. 房地产世界, 2024(21):158-160.