

# 超长混凝土结构裂缝控制施工技术分析

彭吉祥 窦文超 苗浩 张仕扬 李坤煌

中国建筑第七工程局有限公司 河南郑州 450000

**摘要:** 这篇文章深入探讨了超长混凝土结构中裂缝产生的原因, 并强调了裂缝控制施工中的关键技术环节。在此基础上, 结合工程实例探讨了其施工过程中的裂缝控制技术要点。首先, 我们探讨了温度的波动、荷载的影响, 以及施工品质和材料选择如何影响裂缝的形成。同时还阐述了收缩变形引起裂缝产生的机理及防治措施。本文结合某工程实例, 详细论述了超长混凝土结构裂缝控制技术, 包括温度控制、抗裂设计及钢筋布置与锚固措施等内容, 并进行了相应的经济分析。本研究为超长混凝土结构施工提供了关键的技术指导, 能够有力地遏制裂缝的产生, 从而增强了结构的稳固性和持久性。

**关键词:** 超长混凝土结构; 裂缝控制; 施工技术

## 引言

超长混凝土结构在建筑项目中占据了核心位置, 但由于其独特的结构属性, 裂痕问题始终是限制其应用的主要障碍。因此, 做好该类型建筑工程施工过程中的裂缝控制技术就显得尤为重要了。本研究的目的是深入了解超长混凝土结构中裂缝的成因, 并突出裂缝控制施工中的核心技术要点, 期望为相关的工程项目提供有力的技术指导。本文主要以某大型建筑项目为例, 针对该项目超长混凝土结构存在的实际问题进行研究, 探究了超长混凝土结构设计与施工工艺要点, 以供同行参考借鉴。首先, 我们计划从裂缝生成的根本原因出发, 探讨温度波动、荷载影响以及施工质量等多个因素是如何影响裂缝生成的。其次, 结合某大型水利工程实例, 研究该工程所处环境以及地质条件, 总结出此类工程施工过程中应注意的事项。

## 1 超长混凝土结构裂缝形成原因

### 1.1 温度变化引起的裂缝

由于超长混凝土结构具有较长的长度, 它容易受到温度波动的不良影响。随着时间的推移和环境的改变, 混凝土结构可能出现裂缝。在日夜温度差异或季节性温度波动的条件下, 混凝土结构容易受到热胀冷缩效应的影响, 从而导致其内部应力发生变化。因此, 对超长混凝土结构进行温度场分析和应力场计算是非常重要的工作。

混凝土作为一种广泛使用的建筑材料, 其内部质地均匀且具有良好的耐压性能。然而, 混凝土也有其脆性大和抗拉性能相对较弱的缺点。在建筑实践中, 温度的波动是影响混凝土结构稳定性的关键因素之一。特别是在极端气候条件下, 温度的剧烈变化可能导致混凝土内部应力的迅速累积, 进而引发裂缝。

当外部环境温度升高时, 混凝土会经历热膨胀。这种膨胀并非完全自由, 尤其是在混凝土结构受到空间限制的情况下, 如混凝土梁、柱与其他建筑元素连接处, 其内部会产生膨胀应力。若这些应力未能得到有效的释放, 就会在材料内部积累, 从而在结构中产生微裂纹或导致现有裂纹的扩展。相反, 当温度下降时, 混凝土会收缩。如果收缩受阻或不均匀, 则会在结构中产生收缩应力。这些应力如果超出了混凝土的抗裂能力, 同样能导致裂缝的形成。

### 1.2 荷载作用下的裂缝

超长混凝土结构, 由于其巨大的尺寸和长距离承载特性, 面临的工程挑战尤为复杂。这类结构在设计与施工中需要精确考虑多种荷载因素, 其中不仅包括常规的静态荷载, 如自重和施工期间的荷载, 还包括动态荷载, 如风荷载、交通荷载及地震影响。此外, 温度变化引起的膨胀或收缩、以及混凝土本身的徐变效应, 即随时间

逐渐发生的变形, 也对这类结构的稳定性和耐用性提出了更高要求。

超长混凝土结构的荷载传递特性意味着, 任何荷载的变化都需要在整个结构长度上进行分析和管理。例如, 温度升高导致的膨胀不仅可能在结构中引起轴向压力增加, 还可能影响结构的整体弯曲状态。在冬季, 温度下降引致的收缩同样会导致应力集中, 尤其是在结构的支承和连接点处。长时间的徐变更可能导致结构发生不可逆的变形, 影响结构的整体几何形态和功能。

为了防止因荷载超标而导致的结构破坏, 工程师必须设计出具有足够抗弯、抗剪和抗压能力的结构, 并在结构中设置适当的伸缩缝和接缝, 以适应温度和荷载变化带来的影响。这需要通过精细的力学分析和结构仿真, 来确保所有潜在的风险都能得到有效的预测和控制。此外, 采用高强度、高韧性和更好耐久性的混凝土材料, 也是提高超长结构耐久性的重要措施。在施工和使用过程中, 还需要定期对结构进行检查和维护, 及时发现并修复可能出现的裂缝和损伤, 以确保结构安全长久地服役。这种

### 1.3 施工质量和材料问题

混凝土结构的耐久性和抗裂性能是保证建筑长期使用安全的关键因素, 它们极大程度上依赖于施工过程中的质量控制和使用的材料质量。高标准的施工管理不仅要求使用优质的原材料, 例如水泥、砂、碎石和添加剂, 还要求施工技术精确无误, 从而确保混凝土结构的均匀性和整体性。在实际工程操作中, 混凝土的浇筑必须均匀, 避免由于浇筑速度不当或方法错误导致的气泡和未充填区域的形成。此外, 养护过程中的控制也同样重要, 必须确保混凝土在固化过程中的湿度和温度得到适当管理, 以防止由于干缩过快引起的裂缝。

钢筋的配置和绑扎工作也必须严格按照设计要求进行, 错误的钢筋位置或松散的绑扎都可能在受力时导致混凝土内部应力分布不均, 进而形成裂缝。在外界环境因素影响下, 如温度波动造成的热胀冷缩, 如果结构设计没有恰当考虑到热膨胀系数, 或者缺乏必要的伸缩缝设置, 同样会在混凝土结构中产生温差应力, 增加裂缝发生的风险。收缩应力, 特别是在混凝土早期硬化阶段, 如果未能通过有效的养护措施来控制, 也会成为裂缝生成的诱因。

## 2 超长混凝土结构裂缝控制施工技术关键点

### 2.1 混凝土开裂评价

在超长混凝土结构的施工和设计过程中, 采用有限元软件进行精确的裂缝预测和结构分析已成为行业标准。这种高级仿真技术允许工程师在建造前就详细了解结构响应和潜在的脆弱性。通过输入结构的具体参数, 如材料性质、几何尺寸、荷载类型等, 有限元软

件能够模拟各种实际工况下的应力分布和变形情况,从而预测可能导致裂缝的关键区域。

特别是抗裂指数  $K$  的计算,它是评估混凝土结构裂缝抵抗能力的重要参数,可以通过有限元分析来精确评估。这一技术的应用不仅限于初步设计阶段,也极大地辅助了施工过程中的决策,使得工程团队能够根据模拟结果调整施工方案,例如改变混凝土的配合比、增加或减少钢筋的使用、调整浇筑速度或方法等,以优化结构的整体性能和减少裂缝的风险。

此外,三维有限元分析还提供了一个平台,让工程师能够比较不同砂浆材料对混凝土性能的具体影响。这种深入的材料对比和评估使得选择最合适的材料成为可能,从而在确保结构质量的同时,进一步增强其耐久性和抗裂性。通过这种方法,混凝土搅拌站可以实现更科学的配制,优化混凝土的整体质量和性能。

## 2.2 预应力技术

预应力技术是建筑工程施工中对混凝土裂缝进行有效控制的一种方法。通过对超长混凝土结构施加预应力,从而避免或延缓裂缝的产生,从而起到抵抗结构产生拉应力的作用。以某建筑工程为例,选用抗拉强度标准值达到 1860MPa 的高强度低松弛钢绞线作为预应力筋材料,采用预应力梁采用后张有粘结预应力技术。预应力筋布设时,考虑到间距与楼板厚度的关系,经过综合考虑,预应力张拉控制应力为  $1860 \times 0.75 = 1395$  MPa,每根预应力筋的张拉控制力为 195.3kN。预应力筋张拉时张拉构件混凝土立方体抗压强度不得低于设计混凝土等级值的 80%。进行铺设预应力筋施工时,按设计图纸要求设置固定支架以保证预应力筋的曲线定位,当预应力筋与普通钢筋或其它管线位置有冲突时,应当首先保证预应力筋位置的准确,束形图中预应力筋至梁底模板距离为预应力孔道中心至梁底的距离。预应力梁中每隔约 1.0m 设置一个预应力束支撑点,有效避免了开裂问题。

## 2.3 混凝土施工技术

### (1) 控制混凝土的出机以及浇筑温度

在超长混凝土结构的施工中,控制混凝土的总温升是至关重要的一步,因为温度的过度升高可能导致混凝土产生过多的热应力,从而增加裂缝的风险。根据我国相关规定,混凝土浇筑的最高温度应控制在  $25^{\circ}\text{C}$  以下,这一标准的制定主要是为了避免在高温时段进行浇筑作业,减少由于温度过高引起的各种质量问题。为此,建议在相对较冷的冬季或是夜间低温环境下进行浇筑,以自然降低混凝土的温度。

为达到这一目的,工程团队可以采取多种工艺措施来降低混凝土原材料的温度,其中包括对石子等材料的预处理非常关键。石子虽然比热相对较小,但在混凝土中占有较高的比例,因此对其温度控制尤为重要。在高温环境下施工时,可采用覆盖或阴凉保存等方法,避免石子直接暴露在太阳下。此外,可在使用前对石子进行洒水,这样不仅可以利用水的蒸发带走热量,还能有效降低石子的温度,从而减少混凝土的总温升。

这些降温措施有助于降低混凝土中因温度差异造成的内应力,从而有效减少结构中的热裂缝,提升混凝土的整体质量和结构的耐久性。此外,采用这些方法还可以改善混凝土的工作性,使混凝土更加均匀,有利于提高其机械性能和耐久性。

### (2) 改进搅拌工艺

在混凝土的建设过程中,使用砂浆裹石技术是一种行之有效的办法,它能有效减少水分在混凝土内的累积,进而增强混凝土的整体品质。在实际应用过程中,通过使用砂浆包裹石子进行施工操作,可以提高混凝土的密实度,使其内部具有良好的流动性。这一工艺方法能有效地提升混凝土材料的附着力,使得石子与混凝土胶凝材

料能够更紧密地结合在一起,进而明显增强了混凝土的整体强度和持久性。在使用砂浆裹石时,需要注意其用量以及配比问题。另外,混凝土浇筑完成之后,可以实施终凝前的二次振动处理。由于振捣时对混凝土表面没有造成破坏,所以该工艺不会影响到后续工序的顺利进行。利用振动技术,我们能够去除混凝土泌出的水分和孔隙,从而增强混凝土结构的抗拉能力,并提高其抗裂特性。

## 2.4 优化混凝土配比方案

在混凝土结构施工中,确保混凝土质量和结构稳定性的一个关键环节是选择合适的原材料并优化配比方案。为此,建筑师和工程师通常会优先选择如中矿渣硅酸盐水泥这类具有较低水化热和凝结时间的材料,以减缓混凝土中水化热的释放和温度峰值的出现。此外,加入适量的减水剂和粉煤灰不仅有助于降低水化热,还可以改善混凝土的工作性和长期性能,从而提高结构的整体耐久性和稳定性。

在混凝土的配比过程中,粗细集料的选择和处理也显得尤为重要。一般来说,采用粒径范围为 5~25mm 的连续级配碎石作为粗集料,可以在维持理想的出沙率(约 45%)的同时,保证混凝土的紧密度和强度。对于细集料,选择细度模数为 2.6 的中砂,可以有效控制混凝土的流动性和密实性。集料的这种科学级配有助于达到更优的工作性和力学性能,确保混凝土在各种环境条件下的稳定表现。

此外,控制混凝土的坍落度至关重要,这不仅影响混凝土的施工性,也直接关系到混凝土的密实度和耐久性。合理的坍落度可以优化混凝土的泵送性能,确保施工过程的高效和经济性。在实际操作中,坍落度的控制需要根据泵送施工的具体要求来调整,以适应不同施工场景的需要。

## 2.5 施工现场智能测温技术

在混凝土施工中发挥关键作用的定期测温是防范裂缝风险的重要手段之一。为了减轻建筑工地人员的工作负担,智能测温技术成了行之有效的选择。该技术可将温度传感器安装在混凝土结构对结构表面的温度变化规律进行实时监测。施工人员通过获取温度数据,可以采取洒水维修膜维修等及时措施,有效避免温度产生裂纹。此外,目前市场上推广的 HC-TW80 等大体积无线混凝土测温仪也为施工企业提供了便捷的选择。施工时使用这种测温仪器,可以加强对温度的合理控制,使混凝土结构的建筑质量得到提高。不过,除了测温性能的考虑外,在选择智能测温手段时,技术成本也需要充分考虑。

## 3 结语

通过深入分析超长混凝土结构的裂缝控制施工技术,我们认识到裂缝问题是一个多方面的工程技术挑战,需要从多个角度采取综合性的解决策略。本文将某工程为例,探讨其施工中出现裂缝的情况以及控制措施。我们坚信,通过持续的技术革新和实践经验的积累,我们能够更为有效地处理超长混凝土结构的裂缝问题,从而提升工程的整体质量并确保建筑的安全性。

## 参考文献:

- [1]柯杰华.超长混凝土结构无裂缝施工技术[J].河南建材,2017,(06): 11-12.
- [2]杨金盾.超长混凝土结构无裂缝施工技术[J].江西建材,2017,(03): 76-77.
- [3]郭进平.超长混凝土结构温度裂缝及控制技术[J].工程建设与设计,2016,(17): 146-147+150.
- [4]汪淳.超长混凝土结构无裂缝施工技术分析[J].广东建材,2016,32(06): 65-67.