

高温环境下混凝土施工裂缝防控技术研究

吴琼明

江西鹏景建设工程有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i4.15160

[摘要] 高温环境下混凝土施工过程当中裂缝问题,会严重影响建筑工程的质量以及使用寿命。基于此,本文针对混凝土在高温环境下容易产生裂缝这一问题,通过对混凝土内部结构膨胀、湿度变化和温度应力等因素进行深入分析,以研究混凝土裂缝的形成机理。并结合工程实践情况,从混凝土材料选择、施工工艺优化、温度控制和养护措施等多个方面,系统地提出预防和控制混凝土裂缝的技术。研究表明,借助科学的施工管理和有效的技术措施,能够显著降低高温环境下混凝土裂缝的发生概率,提高混凝土结构的整体性能和耐久性。

[关键词] 高温环境; 混凝土裂缝; 温度控制; 施工工艺; 养护措施

中图分类号: TV331 **文献标识码:** A

Research on Crack Prevention and Control Technology in Concrete Construction under High Temperature Environment

Qiongming Wu

Jiangxi Pengjing Construction Engineering Co., Ltd

[Abstract] The problem of cracks during concrete construction in high temperature environments can seriously affect the quality and service life of building projects. Based on this, this article focuses on the problem of concrete cracking easily in high-temperature environments. Through in-depth analysis of factors such as internal structural expansion, humidity changes, and temperature stress in concrete, the formation mechanism of concrete cracks is studied. And based on engineering practice, systematically propose techniques for preventing and controlling concrete cracks from multiple aspects such as concrete material selection, construction process optimization, temperature control, and curing measures. Research has shown that with scientific construction management and effective technical measures, the probability of concrete cracks occurring in high-temperature environments can be significantly reduced, and the overall performance and durability of concrete structures can be improved.

[Key words] high temperature environment; Concrete cracks; Temperature control; Construction technology; Maintenance measures

随着建筑工程规模持续不断地扩大以及施工环境的复杂多样,高温环境下混凝土施工质量控制已然成为工程建设当中的重要课题。当环境温度超过35℃的时候,混凝土的水化反应会加快且内部温度随之升高,同时表面水分快速蒸发,导致混凝土产生温度应力和收缩应力进而引发裂缝问题。这不但影响建筑物的外观和使用功能,更会降低结构的耐久性并缩短其使用寿命。所以,研究高温环境下混凝土裂缝的成因以及防控措施,对于提高混凝土工程质量和延长建筑物使用寿命具有重要的理论价值和实践意义。

1 研究工程概况

某高层住宅建筑项目的总建筑面积达到了67773m²,其中地

上建筑面积是45855m²,地下建筑面积为21918m²,建筑高度有58.2m,地上一共17层且标准层层高为3.3m。作为大型居住建筑工程该项目采用框架剪力墙结构体系,基础形式是天然筏板结合地下柱墩的方式,楼板采用不同厚度的现浇混凝土板,厚度分别为100mm、120mm、180mm和200mm。工程设计选用C30到C50不同强度等级的混凝土,设计使用年限为50年,结构安全等级为I级,抗震设防烈度为VI度,抗震设防类别为乙类,耐火等级为一级,混凝土构件保护层厚度要求为30到50mm(如图1所示)。经过地质勘察可知建筑场地地形平坦且开阔,地质条件较为优越,地基土以杂填土、粉土、强风化砂岩、中等风化砂岩、微风化砂岩等为主,基岩内滞留地下水呈孔隙潜水状态,主要由地表水及

大气降水补给且流向自西向东。项目所在区域属于亚热带季风气候,具有典型的夏热冬冷特征,夏季高温天气持续时间较长,最高气温可达40℃以上且昼夜温差显著,这种气候特征对混凝土施工质量控制提出了严峻挑战,尤其在防止混凝土开裂方面需要采取针对性措施。

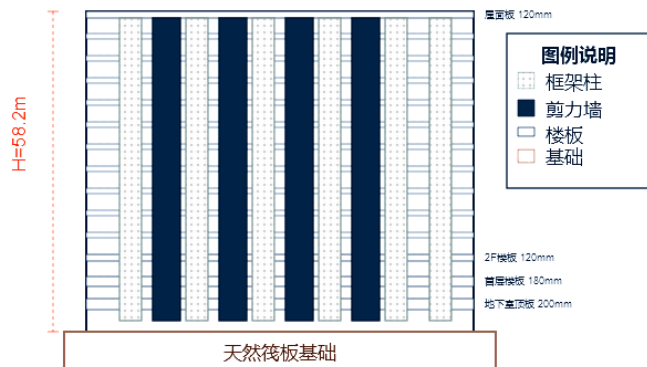


图1 框架剪力墙结构剖面示意图

2 裂缝形成机理分析

2.1 温度场梯度效应

混凝土在进行浇筑过程的时候,水泥水化反应会释放出大量热量,再加上外界高温环境所产生的影响,使得结构内部温度场分布呈现出明显不均匀性。依据温度应力计算公式如下:

$$\sigma_t = \alpha E \Delta T / (1 - \mu) \quad (1)$$

式中: σ_t 为温度应力 (MPa), α 为混凝土线膨胀系数 ($1/^\circ\text{C}$), E 为混凝土弹性模量 (MPa), ΔT 为温度差 ($^\circ\text{C}$), μ 为泊松比。

从这个公式能够知道,混凝土内外温差越大所产生的温度应力也就越大。通过现场温度监测得到的数据显示,混凝土内部温度能高达64℃,然而其表面温度仅仅只有40℃,这样就形成了24℃的巨大温度梯度^[1]。这种温度场分布特征会让混凝土各个部位产生不同程度热胀冷缩变形,进而引发显著的温度应力。当混凝土处于塑性状态的时候,其内部温度快速升高造成体积发生膨胀,可表层温度相对较低且散热速度迅速,在温度梯度作用下就会产生应力集中情况(如图2所示)。随着混凝土强度不断发展,其内外温差会逐渐扩大,结构各层出现不协调变形,当拉应力超过混凝土极限抗拉强度时便会形成贯穿性裂缝。

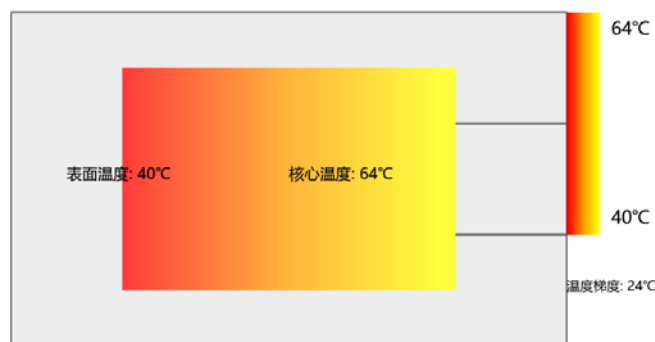


图2 混凝土温度场分布云图

2.2 环境温度影响

高温环境会明显推动混凝土裂缝的形成,具体体现在加速水分蒸发与增大温度应力两方面,夏季施工时白天的气温高达34℃而夜间降至10℃,巨大昼夜温差让混凝土表面反复经历热胀冷缩,白天高温加速混凝土表层水分蒸发从而降低和易性,还会在表面形成微细裂缝,夜间温度骤降使混凝土表层收缩但内部未完全冷却,温度仍处较高水平,不均匀变形加剧裂缝扩展。环境温度波动会影响混凝土原材料性能,致使拌和温度升高且入模温度超标,进一步加剧水化热积累效应,混凝土表面失水收缩和温度应力耦合作用,在结构薄弱部位形成应力集中区,引发不规则交错型裂缝。

3 裂缝防控关键技术

3.1 材料配比优化

经过深入分析混凝土组成材料的性能特点,研究之后确定出适用于高温环境的最优配合比方案,水胶比的确定使用下面这个计算公式:

$$W/B = W / (C + K_f \cdot F) \quad (2)$$

式中: W 为水用量 (kg/m^3), C 为水泥用量 (kg/m^3), F 为粉煤灰用量 (kg/m^3), K_f 为粉煤灰活性系数。

根据公式(2)优化配合比,水泥品种选用低水化热通用硅酸盐水泥,让其3d水化热控制在250kJ/kg以下,有效降低了水化热的积累效应^[2]。优化后的配合比采用“双掺法”技术,在保证混凝土强度和工作性能的条件下,掺入15%-20%的优质粉煤灰和0.5%-1.0%的缓凝型减水剂,不但降低了水泥用量,还显著改善了混凝土的工作性能,粗骨料选用粒径大且级配良好的碎石,细骨料采用中砂并把细度模数控制在2.5-3.0之间,有效改善了混凝土的和易性与抗裂性能。

3.2 温度控制技术

为解决高温环境下混凝土温度场控制这一难题,建立起全过程温度监控体系。降温用冰量通过下面这个式子来计算:

$$M_i = Q \cdot \Delta T / L_i \quad (3)$$

式中: M_i 为所需碎冰量 (kg), Q 为混凝土拌合物的热容量 ($\text{kJ}/^\circ\text{C}$), ΔT 为需要降低的温度 ($^\circ\text{C}$), L_i 为冰的溶解热 (kJ/kg)。

依据公式(3)的计算结果,在拌和水中添加适量片冰,每添加10kg片冰能够让混凝土温度降低1.0℃,并且片冰用量要严格控制在用水量的50%以内。混凝土入模温度需要严格控制在30℃以下,对于原材料储存要采用遮阳降温相关措施,像水泥、砂石等材料要存放在阴凉通风的地方并且覆盖薄膜,以此防止阳光直射致使温度升高^[3]。混凝土浇筑时段要选择在早晨或者傍晚等温度相对较低的时段,同时在结构内预埋冷却水管,管间距要控制在0.8m,进水口温度需维持在10~15℃,从而形成有效的冷却循环系统。

3.3 施工工艺控制

施工工艺做到精细化控制对预防混凝土裂缝有决定性作用,混凝土浇筑采用分层浇筑技术且每层厚度严格控制在30~50cm,以此确保振捣密实并避免产生施工冷缝,模板支护系统采用高强度钢模板让刚度满足变形控制要求,同时支撑体系间距合理布置能有效防止混凝土浇筑时变形和位移,浇筑速度需与振捣工艺相互协调,通过调整浇筑节奏和振捣参数来确保混凝土充分密实。模板拆除时间要根据混凝土强度发展情况确定,拆模时混凝土强度必须达到设计值的75%以上,浇筑完成后需及时进行二次抹面和收光处理,以此改善表面致密性并减少塑性收缩裂缝产生,在负筋区域要设置临时通道并采用马凳支撑固定板面负筋,且支撑间距要控制在600mm以下,特别要注意混凝土浇筑过程需保证连续性避免出现施工缝,并且在浇筑前要对混凝土的坍落度进行复检确保满足施工要求,同时要严格控制混凝土的运输和浇筑时间。

3.4 养护技术措施

养护工作在混凝土浇筑后的整个硬化过程里都要开展,要依靠科学养护方案保证混凝土性能充分发展,混凝土浇筑完成以后要马上在其表面覆盖塑料薄膜或者土工布,同时依据保温层厚度计算公式来确定保温层的合理厚度,计算时要考虑混凝土结构厚度、导热系数以及内外温差等关键参数^[4]。养护用水的温度需要控制在20~25℃这个区间内,每隔5小时就要进行一次均匀喷淋,以此确保混凝土表面能够持续保持湿润状态,整个养护期不能少于14天,在这期间要通过温度传感器实时监测混凝土的内外温差,要是监测数据显示温控指标偏离了设定范围就要及时调整养护措施。针对大体积混凝土结构,在养护过程当中还要采用循环冷却系统,通过调节冷却水的流量和温度有效控制水化热的积累,养护方案的执行情况要被纳入质量控制体系,并且建立专门的养护记录,以此确保各项养护措施能够得到严格落实。

4 防控效果分析

4.1 裂缝控制效果

通过系统实施材料优化、温度控制等综合防控措施对混凝土裂缝产生发展进行全过程监测并获得大量实测数据,混凝土结构在不同施工阶段和使用环境下的裂缝特征参数如表1所示。

表1 混凝土结构裂缝控制效果分析表

监测阶段	裂缝宽度(mm)	裂缝深度(mm)	裂缝数量(条/100m ²)	裂缝控制率(%)
浇筑初期	0.15~0.20	40~60	8~12	85.3
养护期间	0.10~0.15	30~45	5~8	91.7
使用阶段	0.05~0.10	20~35	3~5	96.4

经数据分析可知随着防控措施深入实施混凝土裂缝得到有效控制,浇筑初期虽出现少量裂缝但其宽度和深度均在允许范围之内,养护期间凭借精细化管理和科学养护使裂缝参数持续改善,进入使用阶段后结构稳定性良好且裂缝控制效果显著充分证实防控措施有效。

4.2 温度场分布特征

混凝土结构内外的温度场分布情况对裂缝形成和发展起到决定性作用,通过在混凝土内部不同位置去布设温度传感器,监测记录下了结构各个部位的温度变化过程,采集到的温度场数据显示优化后混凝土内部最高温度控制在50℃以下,表面温度基本维持在35℃左右且内外温差从原来24℃降低到15℃以内。结构降温速率被控制在2.0℃/d有效避免温度突变引起的应力集中,水化热释放周期从传统工艺的7天延长到了10天使水化热积累和耗散过程更平缓。通过调节冷却水管系统的进水温度和流量实现混凝土内部温度场动态调控,温度应力因此得到了有效释放,温度监测数据表明优化后的温度场分布变得更加均匀且温度梯度显著降低,为混凝土结构整体性能提供了良好保障。

5 结语

对高温环境下混凝土施工裂缝问题开展系统研究后,阐明了裂缝形成时温度场变化规律与应力演变过程,研究结果显示采用优化配合比、温控施工和科学养护等综合防控技术,能有效控制混凝土裂缝的产生。实践证明通过合理施工组织与严格技术管控,可将混凝土表面裂缝宽度控制在0.2mm以内并显著提升工程质量和结构耐久性。研究成果对指导高温环境下混凝土施工有重要参考价值,建议在工程实践中进一步完善温度监测体系并建立更精确的裂缝预警机制。

[参考文献]

- [1]钱桂花.水利施工中混凝土防裂缝施工技术应用分析[J].散装水泥,2024,(05):85-87.
- [2]赵海宁.建筑混凝土裂缝成因分析与防控对策探究[J].房地产世界,2024,(01):106-108.
- [3]唐兴隆.混凝土裂缝修补施工技术要点与应用[J].中国建筑金属结构,2023,22(10):81-83.
- [4]刘晶晶.高速铁路箱梁预制施工裂缝防控技术[J].国防交通工程与技术,2021,19(S1):96-98.

作者简介:

吴琼明(1989--),男,汉族,江西宜春人,大专,研究方向:建筑施工。