

The construction control method of massive concrete cracks in port and waterway engineering is analyzed

Xiaoqing Meng

China Shipping Engineering Construction Administration Co., Ltd., Beijing, 100070, China

Abstract

In port and channel engineering, large volume concrete structures are widely used in wharf foundation, caisson, wave wall and other key parts, and the temperature stress caused by the accumulation of hydration heat inside them becomes the main hidden danger of cracks. Cracks not only affect engineering durability, but also pose a potential threat to structural stability. Combined with the special environment and construction requirements of port and waterway engineering, this paper analyzes the mechanism of crack generation from the aspects of material selection, construction technology, temperature control and later maintenance, puts forward targeted construction control strategies, and focuses on the role of temperature control measures and monitoring technology in practical projects. Through scientific construction organization and whole process quality control, the incidence of cracks can be effectively reduced, and the overall performance and service life of concrete structures can be improved, which has important guiding significance for the construction quality of port and waterway engineering.

Keywords

port waterway engineering; Mass concrete; Crack control; Temperature stress; Construction management

试析港口航道工程大体积混凝土裂缝的施工控制方法

孟小庆

中海工程建设总局有限公司, 中国 · 北京 100070

摘 要

港口航道工程中大体积混凝土结构广泛应用于码头基础、沉箱、挡浪墙等关键部位, 其内部水化热积聚导致的温度应力问题成为裂缝产生的主要隐患。裂缝不仅影响工程耐久性, 还对结构稳定性造成潜在威胁。结合港口航道工程的特殊环境与施工要求, 本文从材料选配、施工工艺、温度控制及后期养护等方面分析裂缝产生的机制, 提出针对性的施工控制策略, 重点探讨温控措施与监测技术在实际工程中的作用。通过科学的施工组织与全过程质量管控, 能够有效降低裂缝发生率, 提升混凝土结构的整体性能与使用寿命, 对港口航道工程建设质量具有重要指导意义。

关键词

港口航道工程; 大体积混凝土; 裂缝控制; 温度应力; 施工管理

1 引言

港口航道工程作为国家交通基础设施的重要组成部分, 其建设质量直接关系到港区功能的稳定发挥与航运安全。大体积混凝土因其优良的力学性能和整体性被大量用于港口结构中, 但其内部因水化热集中释放形成的温度梯度, 极易诱发温度裂缝, 给工程质量埋下隐患。港口区域施工环境复杂, 潮汐、湿度、风力等因素进一步加剧混凝土裂缝问题的复杂性。传统裂缝控制方法在面临港口航道工程实际条件时往往难以奏效, 必须结合工程特性与施工周期进行系统性分析。本文聚焦裂缝形成机理与关键控制环节, 探索适应港口航道工程需求的控制方法。

【作者简介】孟小庆(1988-), 男, 中国山东潍坊人, 本科, 工程师, 从事港口与航道施工技术与管理研究。

2 港口航道工程大体积混凝土的工程特点

2.1 港口航道工程结构类型与混凝土体积特征

港口航道工程常包含码头平台、沉箱基础、防波堤、引桥、系泊设施等大型水工结构, 这些构筑物对整体强度与耐久性的要求极高, 常需采用一次性整体浇筑的方式实现结构稳定。因其设计厚度与体积显著大于常规混凝土构件, 所用混凝土常具备单次浇筑体积大、热释放集中、冷却周期长等特征, 形成了典型的大体积混凝土工程属性, 施工中面临温控与开裂的双重挑战。

2.2 大体积混凝土在港口航道中的应用现状

在港口航道工程建设过程中, 大体积混凝土广泛应用于承载荷载较大的基础构件与耐久性要求较高的防护结构中。实际应用中普遍存在裂缝控制难、温度场分布不均、施工周期受限等问题, 严重时甚至引发结构耐久性下降与功能

退化。尽管当前施工技术不断发展,相关裂缝控制措施已逐步推广,但在复杂海洋气候与工期压力下,裂缝风险仍为施工中的重点控制难题,必须持续优化技术路径以保障工程安全。

2.3 程环境对混凝土性能的特殊影响

港口航道工程常处于沿海或近海区域,受潮湿、盐雾、风力和昼夜温差等多种环境因素影响,混凝土在早期硬化过程中极易受到外部扰动,导致内外温差剧烈、表面干缩加剧,进而诱发不规则裂缝。海洋环境中的氯离子侵蚀也对混凝土长期稳定性构成威胁,使得裂缝一旦形成更易扩展并引发钢筋锈蚀。工程位置接近水体,基础承压大,温控不当易导致裂缝贯穿,严重时影响整体结构服役性能。

3 港口航道工程大体积混凝土裂缝的成因分析

3.1 水化热引起的内应力裂缝

大体积混凝土在硬化过程中水泥水化反应剧烈释放大量热量,导致内部温度迅速升高,而表层混凝土因与外界接触冷却较快,形成内外温差梯度。这一温度差在混凝土内部引起显著的拉应力,当该应力超过混凝土早期抗拉强度时即会产生裂缝。港口航道工程因结构体积巨大、一次性浇筑厚度大,使水化热无法迅速释放,内部热量积聚,裂缝风险成倍增加。若未及时采取有效控温降温措施,将导致裂缝贯穿结构截面,影响整体安全性能。温度裂缝多发生在混凝土初期养护阶段,且在无约束释放空间的部位表现更为明显,成为施工过程中的主要隐患之一。

3.2 外部温度变化导致的热胀冷缩裂缝

港口航道工程通常处于温差变化较大的环境中,昼夜气温起伏、季节交替以及海风影响会使混凝土表层反复经历胀缩循环。大体积混凝土由于体积大、导热慢,表层随气温变化快速收缩或膨胀,而内部温度变化滞后,形成热应力差异。随着时间积累,重复胀缩作用逐步削弱混凝土结构整体性,若未设置合理的伸缩缝或温控缓冲措施,裂缝将在混凝土表面甚至内部逐渐扩展并深化,最终形成贯穿性开裂。在码头和防浪墙等受风面较大的部位尤为常见,裂缝不仅影响结构耐久性,还可能成为侵蚀介质的通道,缩短使用寿命。

3.3 收缩与结构约束产生的应力裂缝

混凝土在硬化和干燥过程中不可避免地发生体积收缩,当其与周边结构、钢筋、模板或地基之间存在强约束关系时,这种收缩行为无法自由释放,导致内部产生拉应力。当拉应力超过混凝土早期抗裂能力,裂缝即在约束区域出现。港口航道工程中常采用密集配筋与封闭模架结构以增强构件稳定性,反而增加了混凝土的约束程度,使收缩应力更加集中。施工时若未合理安排浇筑顺序或控制养护湿度,混凝土在硬化早期即可能出现裂缝隐患,表现为纵向、斜向或穿透性裂缝,给后期维修与使用带来极大难度。

4 港口航道工程大体积混凝土材料控制方法

4.1 优化胶凝材料及掺合料配比

胶凝材料与掺合料的合理对比大体积混凝土裂缝控制具有决定性意义。在港口航道工程中,传统单一使用水泥易导致水化热集中释放,需通过掺入适量粉煤灰、矿渣粉或硅灰等材料延缓水化过程、降低热峰温度、优化内应力分布。粉煤灰具有较强的火山灰反应活性,能够提升后期强度并改善混凝土密实性,矿渣粉则有助于提升耐久性与抗裂性能。各类掺合料应根据原材料性能、工程部位特点及施工环境进行配比优化,既要确保混凝土强度满足设计要求,又要兼顾其体积稳定性与温升控制效果。在实际应用中还需结合工作性要求,协调胶凝体系的流动性与粘聚性,避免泌水离析现象引发局部应力集中,从而实现整体材料性能与抗裂能力的协同提升。

4.2 降低水胶比与合理控制骨料级配

降低水胶比可有效减缓水化反应速度,抑制温度峰值产生,是控制大体积混凝土裂缝的重要措施。在港口航道工程中,为兼顾施工性能与耐久性,水胶比需控制在合理区间,通过提高骨料用量与优化颗粒级配提升骨架密实性,降低混凝土总胶凝材料需求量。粗细骨料的级配结构应有助于提高混凝土内部填充度,避免因骨料堆积不合理引发微观空隙集中形成应力源。粒径较大的碎石可用于降低水泥用量与水化热积聚,小粒径骨料可增强混凝土粘结性能,二者需根据结构构件的尺寸与热控需求综合设计。通过级配优化和适度掺加减水剂,在保证混凝土和易性的前提下达到水胶比的有效控制,从根源上减少裂缝风险并延长结构服役寿命。

4.3 选择低水化热水泥及添加剂

水泥品种选择直接关系到水化热释放速率与总热量,是影响大体积混凝土温控水平的关键因素。在港口航道工程中,应优先选用低水化热硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥,以降低早期水化反应速度,延缓温度峰值的出现,减轻温差应力集中程度。低水化热水泥在硬化初期升温速度缓慢,可与外部温控措施形成协同作用,显著降低内应力积聚风险。适当加入膨胀剂、减水剂与缓凝剂等添加材料,能够进一步调控水化速率与混凝土体积变化,增强抗裂性与耐久性。添加剂的种类和掺量应结合水泥品种、环境温度、浇筑方式等实际条件科学选取,以保障混凝土性能的稳定发挥并抑制早期开裂问题,从而满足港口航道工程对混凝土质量的高标准要求。

5 港口航道工程大体积混凝土施工工艺控制

5.1 分层分段合理浇筑方案设计

大体积混凝土在港口航道工程中往往承担重要的结构作用,其浇筑方案设计直接影响整体温控效果与裂缝控制成效。分层分段施工是降低水化热集中释放的有效方式,通过控制每层混凝土的厚度与相邻段的时间间隔,可实现温度梯度的渐进过渡,避免大面积一次性浇筑导致的快速升温与剧

烈收缩。浇筑顺序应结合结构形状、受力方向与模板布置合理规划,保证新浇筑层与已硬化层之间的界面过渡自然,减少冷缝产生及其诱发的裂缝风险。分段设计要预留施工缝位置并精确定位,确保后续衔接处结构完整性与抗渗能力。浇筑速度需匹配混凝土的初凝时间,控制泵送节奏与振捣频率,保持层间密实度一致。合理的浇筑节奏配合温控与养护措施,将形成协同效应,对抑制内应力集中和热裂缝扩展具有显著效果,提升整体结构的稳定性与耐久性。

5.2 控温降温措施在施工中的应用

控温降温是大体积混凝土裂缝控制的核心手段,在港口航道工程中尤为重要。混凝土浇筑前应通过预冷骨料、冷却拌合水或使用液氮降温等方式降低入模温度,减缓水化热初始释放速度。浇筑过程中可在混凝土内部埋设冷却水管,利用循环水系统带走多余热量,降低混凝土芯部温度峰值,并缩小内外温差。冷却系统的管径、布局与水流速度需经过热力模拟分析确定,以实现高效导热与结构温度场均衡。浇筑后要采用隔热被、喷雾装置或保温模板覆盖混凝土表面,控制外部散热速率,避免表层冷却过快形成强烈温度梯度。控温措施需全程监测混凝土内部温度变化,通过设置温度传感器采集数据,及时调整冷却策略与施工参数,使温度变化控制在裂缝阈值以下,实现裂缝的预防性管理。

5.3 养护工艺对裂缝控制的关键作用

养护工艺在大体积混凝土施工过程中直接决定了水化过程的完整性与裂缝风险控制水平,港口航道工程中由于海风强烈、湿度变化频繁,对养护方式提出更高要求。混凝土浇筑完成后需立即覆盖湿润土工布并加覆塑料薄膜,形成密闭养护环境,保持表面湿润状态,防止早期干缩开裂。养护周期应根据气候条件与混凝土强度增长规律灵活调整,确保关键强度形成阶段内部水化过程充分稳定。若养护不当,表面水分迅速蒸发会形成张拉应力,进而诱发贯穿性裂缝。对于关键结构部位还需配置洒水喷雾系统或保温层加强控湿控温,增强混凝土抗裂性能。养护过程中要同步开展裂缝预警监测,掌握裂缝发展趋势并及时修复。高质量养护工艺的执行将保障混凝土结构从早期到成型全过程的体积稳定性,提升港口航道工程耐久性与安全性。

6 港口航道工程大体积混凝土裂缝的监测与管理

港口航道工程中大体积混凝土裂缝的监测与管理是保障结构安全与延长服役寿命的关键环节。在施工过程中,应建立完善的裂缝监测系统,通过在混凝土结构内部和表面布设温度计、应力计、裂缝计等传感设备,实时获取温度变化、应力分布与裂缝发展数据。这些数据可为温控措施的调整与裂缝控制策略的制定提供科学依据。监测系统需覆盖典型结构部位与裂缝易发区域,并结合数据采集系统与信息平台实现动态分析与可视化预警。施工前通过模拟分析掌握温度场与应力场的演变规律,结合历史工程数据建立裂缝风险预判模型,为施工方案提供理论支撑。管理体系应贯穿设计、施工与运维全周期,在设计阶段预设裂缝控制目标,在施工阶段严格执行材料选配、温控措施与养护方案,在运维阶段通过定期巡检与数据比对评估结构状态。责任划分要明确,施工单位、监理单位及技术支持单位需形成联动机制,建立质量追踪闭环系统,确保港口航道工程在复杂海洋环境下具备稳定的结构性能与良好的运行效果。

7 结语

港口航道工程中大体积混凝土裂缝问题关系到整体结构的安全性与耐久性,已成为工程建设管理中的重点难题。通过对裂缝成因的深入分析,从材料选配、施工工艺、温控措施到养护管理建立系统性控制机制,是实现裂缝预防与抑制的有效路径。施工过程中应加强多维度监测与全过程质量控制,确保各项技术措施落地生效。结合港口环境特点与工程特性,持续优化施工技术与管理手段,将为提升工程本质质量与运行稳定性提供有力保障。科学系统的裂缝控制策略对推动港口航道工程高质量发展具有积极意义。

参考文献

- [1] 曹廷廷.港口与航道工程大体积混凝土施工裂缝控制研究[J].运输经理世界,2021,(05):119-120.
- [2] 张焱.探究港口与航道工程大体积混凝土施工中的裂缝问题及控制[J].珠江水运,2020,(01):101-102.
- [3] 张子严.港口与航道工程大体积混凝土施工中的裂缝问题及控制[J].工程技术研究,2019,4(13):116+148.
- [4] 钟舜琪.港口航道工程大体积混凝土施工裂缝控制研究[J].工程技术研究,2019,4(07):218+235.