

桥梁施工中大体积混凝土裂缝控制措施研究

涂书慧

中铁武汉大桥工程咨询监理有限公司 湖北 武汉 430050

【摘要】：大体积混凝土在桥梁承台、墩身等关键受力构件中应用广泛，水泥水化热导致的内外温差、多重收缩变形与结构约束易引发裂缝，直接影响桥梁结构安全与耐久性。文章深入剖析开裂机理，梳理材料、温度、施工设计等核心诱发因素，从材料管控、施工温控、养护防护维度给出全流程可落地的裂缝控制方案，为桥梁工程大体积混凝土抗裂施工提供实践支撑。

【关键词】：桥梁施工；大体积混凝土；裂缝控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.13.036

引言

大体积混凝土在桥梁承台、主塔、箱梁等关键承重构件中应用广泛，裂缝会削弱结构承载力并诱发耐久性病害，直接关系到结构使用寿命与运营安全。水化热积聚造成的内外温差超标、收缩变形受约束、施工与设计管控不到位等，都是混凝土开裂的重要诱因。针对这一工程难题，文章系统分析开裂机理与相关诱因，制定针对性防控策略，为提升桥梁大体积混凝土施工质量与结构耐久性提供支持。

1 桥梁大体积混凝土开裂机理分析

桥梁大体积混凝土构件实体尺寸偏大，水泥水化过程中释放的大量热量受材料导热性能限制难以快速向外扩散，与表层形成明显温度梯度，进而产生较大温度应力。硬化全周期内混凝土会持续发生塑性收缩、干缩及温度收缩变形，表层水分蒸发速率过快会加剧收缩差异，内部收缩变形受结构自身与基底双重约束无法自由释放。温度应力与收缩应力叠加形成的拉应力一旦超出混凝土对应龄期抗拉强度，内部便会产生微裂缝且逐步扩展。混凝土徐变特性可缓解部分应力，但水化热升温峰值期与快速降温阶段，应力变化速率远超徐变调节能力，约束应力持续累积，最终诱发表面裂缝或深层贯穿裂缝，直接关系到桥梁结构受力稳定性与长期耐久性^[1]。

2 桥梁大体积混凝土裂缝问题的主要诱发因素

桥梁大体积混凝土裂缝的诱发因素涵盖材料、温度、变形及施工设计多个维度。材料选择与配合比设计不合理是核心原因，水泥类型与用量把控偏差会加剧水化热释放，集料级配不当、含水率超标会扩大混凝土收缩幅度，外加剂与水胶比控制不当直接影响结构体积稳定性^[2]。浇筑后水泥水化热大量积聚，混凝土内部散热迟缓，与表层形成明显温度梯度，降温阶段的收缩变形受承台、墩身等结构约束无法释放，进而产生较大拉应力。硬化前后混凝土会依次出现塑性收缩、干缩及温度收缩，表面水分蒸发过快会加剧收缩差异，进一步放大应力失

衡状态。施工浇筑工艺不规范、养护措施不到位，结构配筋与保护层厚度设计不合理，均会造成应力集中，最终诱发表面裂缝或深层贯穿裂缝，影响桥梁结构的耐久性与受力安全。

3 桥梁施工中大体积混凝土裂缝控制措施

3.1 材料源头管控与配合比优化设计

材料选择与配合比设计是控制桥梁大体积混凝土裂缝的基础环节，需从原材料选型、质量管控到配合比调试实现全流程精细化把控。水泥选型优先采用中低热硅酸盐水泥，通过实验室检测确定水泥收缩性能参数，避免选用收缩值超标的水泥品种，同时严格控制水泥用量，在满足混凝土设计强度的前提下减少水泥掺量，从源头降低水化热释放总量。所有原材料进场需逐批次检验，不合格材料严禁入场，从源头杜绝质量隐患。集料选用需兼顾弹性模量与级配合理性，粗骨料采用连续级配碎石，控制含泥量与针片状颗粒含量，细骨料选用质地坚硬的中粗砂，严控含水率波动范围，通过低弹性模量、低膨胀系数的集料降低混凝土收缩幅度与孔隙率，减缓内部水分蒸发速度。施工中需掺入优质粉煤灰、矿渣粉等矿物掺合料，替代部分水泥以延缓水化热释放速率，同时添加高效减水剂，在保证混凝土流动性的前提下降低水胶比，减少内部空隙与水分散失，提升混凝土密实度与体积稳定性。配合比设计需结合桥梁承台、墩身、箱梁等不同构件的施工条件与环境温度，通过多组试验确定最优配比，冬夏施工需动态微调配比参数，平衡强度、耐久性与抗裂性能，确保混凝土在硬化过程中收缩变形可控，避免因材料配比失衡引发早期裂缝。

3.2 施工全流程工艺管控与温度场精准调控

施工工艺与温度场调控作为桥梁大体积混凝土裂缝控制的核心，需统筹施工方案编制、现场浇筑管控与温度动态监测，构建全流程闭环管理。施工前编制专项施工方案，优化结构布局与配筋设计，保证构件受力对称均匀，合理控制结构平面尺寸，规避约束集中引发的应力突变；精准设定混凝土保护层厚

度,优化配筋密度与构造钢筋布置,应力集中区域增设抗裂钢筋,强化结构整体抗裂性能。混凝土浇筑采用分区定点、分层推移的施工方式,结合桥梁构件尺寸划分浇筑区域,控制单次浇筑厚度与推进速度,振捣作业遵循快插慢拔准则,杜绝漏振过振现象,避免过快浇筑导致混凝土密实度不足、内部空隙增多。见图1

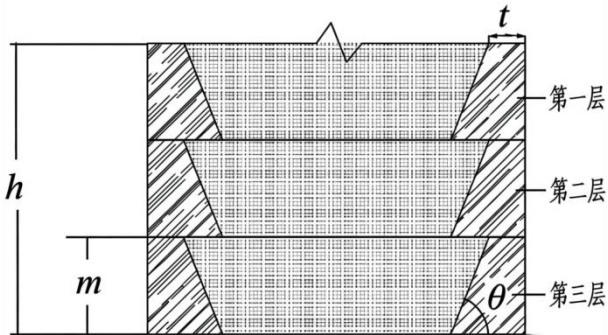


图1 桥梁大体积混凝土分层推移浇筑施工示意图

分层推移浇筑的施工工艺如图1所示,施工中需严格控制分层厚度(m)、浇筑斜面角度(θ),保障上下层混凝土在初凝前完成衔接,避免施工冷缝与水化热集中积聚。施工中严格把控混凝土坍落度,确保黏聚性、保水性与流动性达标,初凝前完成二次抹面作业,压实表面消除气泡与空隙,减少表面收缩裂缝产生。温度场调控需布设专用冷却水管路,采用标准规格钢管均匀分布于混凝土内部,固定管路位置防止浇筑过程中变形移位,混凝土初凝后启动冷却水循环,依据内部与表层温度监测数据实时调整冷却水流量与温度,缩小内外温差。严控混凝土入模温度,高温季节采取骨料遮阳、拌合水降温等措施,低温季节做好原材料预热与模板保温,借助无线温度传感器实时监测数据,超阈值立即预警并调整措施,确保温度应力处于安全区间。

参考文献:

- [1] 段玉和.房屋建筑施工中大体积混凝土裂缝控制措施的应用[J].房地产世界,2023,(23):154-156.
- [2] 齐守忠,佟智一,张柏恒.超长体积混凝土施工中的裂缝控制措施[J].中国住宅设施,2023,(05):130-132.
- [3] 焦建伟.跨长城大桥大体积混凝土施工中裂缝的预防、控制措施[J].运输经理世界,2021,(28):104-106.

3.3 保温保湿养护与后期裂缝长效防控

保温保湿养护与后期防控是巩固裂缝控制效果、保障桥梁结构耐久性的关键,需推行差异化养护与全周期监测管理。混凝土浇筑完成即刻启动保湿养护,炎热干燥环境通过喷雾洒水、覆盖保湿膜维持表面湿润,同步做好防风防护避免水分快速蒸发引发干缩裂缝;低温季节采用保温被、土工布多层覆盖,搭配局部保温手段缩小内外温差,地下承台构件可采取蓄水养护,保持稳定湿度与温度条件。养护周期依据混凝土强度增长与环境条件确定,确保水泥水化反应充分进行,养护期间定时检测表面温度与湿度,结合数据动态调整养护方式,避免养护不到位导致的表面干裂与内部收缩裂缝^[3]。结构成型后开展常态化裂缝巡查,借助专业检测工具排查表面与深层裂缝,必要时采用超声波无损检测判定内部裂缝状态;细微表面裂缝采用封闭处理工艺,涂刷专用封闭材料阻断水分与有害物质侵入,宽度超标的深层裂缝采用灌浆工艺,注入专用修补材料恢复结构整体性。建立桥梁大体积混凝土结构长效监测机制,定期跟踪构件裂缝发展状态,建立病害台账闭环处置,结合结构健康监测记录应力与变形数据,及时化解潜在裂缝隐患,凭借前期精准养护、中期动态监测、后期及时修补的全周期管控,实现裂缝长效防控,保障桥梁大体积混凝土结构的安全稳定与长期使用性能。

4 结语

本文针对桥梁大体积混凝土裂缝开展形成机理与诱发因素的系统研究,构建起材料源头优化、施工全流程调控、养护及后期防控的三位一体控制体系。所提措施贴合现场施工实际,可有效降低裂缝发生率,保障混凝土结构稳定性。研究成果为同类桥梁大体积混凝土工程的裂缝防控提供可靠技术参考,对延长桥梁服役年限、降低运维成本具备重要意义。