

地基与基础工程施工中大体积混凝土裂缝控制

丰学军

北京燕山玉龙石化工程股份有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i12.19244

[摘要] 本文聚焦地基与基础工程施工中大体积混凝土裂缝控制问题,结合大体积混凝土导热特性、体积效应及地基约束条件,探析裂缝产生的核心机理与控制关键。通过梳理温度应力、收缩变形及施工扰动对裂缝的影响,明确裂缝控制在基础承载力、结构耐久性中的核心价值,针对现有控制措施中针对性不足、协同性欠缺等问题,提出系统性管控策略。研究旨在为优化大体积混凝土施工工艺、提升裂缝防控效能提供理论支撑,助力地基基础工程实现结构安全与长效稳定的双重目标。

[关键词] 地基与基础工程; 大体积混凝土; 裂缝控制; 温度应力; 收缩变形

中图分类号: TU755 文献标识码: A

Crack Control of Mass Concrete in Foundation and Substructure Engineering Construction

Xuejun Feng

Beijing Yanshan Yulong Petrochemical Engineering Co., Ltd.

[Abstract] This paper focuses on the crack control of mass concrete in foundation and substructure engineering construction. Combined with the thermal conductivity characteristics, volume effect, and foundation constraint conditions of mass concrete, it explores the core mechanism of crack generation and key control points. By analyzing the influence of thermal stress, shrinkage deformation, and construction disturbance on cracks, it clarifies the core value of crack control in foundation bearing capacity and structural durability. In view of the problems of insufficient targeting and lack of coordination in existing control measures, systematic control strategies are proposed. The research aims to provide theoretical support for optimizing mass concrete construction technology and improving crack prevention efficiency, helping foundation engineering achieve the dual goals of structural safety and long-term stability.

[Key words] foundation and substructure engineering; mass concrete; crack control; thermal stress; shrinkage deformation

引言

地基与基础作为工程结构的核心承载部分,其施工质量直接决定整体工程的安全稳定性。大体积混凝土因强度高、整体性好,被广泛应用于地基基础施工,但受自身水化热释放、体积收缩及外部约束等因素影响,极易产生裂缝。裂缝不仅会削弱混凝土结构承载力,还可能引发渗漏水、钢筋锈蚀等连锁问题,加剧结构损伤。当前部分施工中,裂缝控制多侧重单一环节管控,缺乏全流程协同思维,导致裂缝防控效果不佳。基于此,本文围绕裂缝产生机理、影响因素及优化策略展开研究,构建全流程管控体系,为提升地基与基础工程施工质量提供思路。

1 大体积混凝土裂缝产生的核心机理及影响因素

大体积混凝土裂缝的产生是内部应力变化与外部约束条件共同作用的结果,其核心机理在于混凝土内部温度场与湿度场分布不均,引发应力集中,当应力超过混凝土抗拉强度时,便会

形成裂缝。影响裂缝产生的因素贯穿施工全流程,涵盖材料特性、配合比设计、施工工艺及环境条件等多个维度,各因素相互关联、相互叠加,共同决定裂缝的产生概率、形态及危害程度。精准把握裂缝产生机理与影响因素,是制定科学防控措施的前提,对提升裂缝控制效能具有重要意义^[1]。

2 大体积混凝土裂缝控制的核心要点与现存问题

2.1 裂缝控制核心要点

材料管控是裂缝控制的前置基础,核心在于选用适配性强、性能稳定的原材料,优化混凝土配合比,降低水化热释放量与收缩变形幅度。需优先选用低水化热水泥、优质掺合料及级配良好的骨料,通过配合比调整提升混凝土抗拉强度、流动性及体积稳定性,同时减少水泥用量,从源头控制水化热产生。温度管控是核心环节,需通过精准调控混凝土浇筑温度、水化热温升及降温速率,平衡内部温度梯度,削弱温度应力。变形管控聚焦混凝

土收缩变形的合理释放,通过优化施工工艺减少收缩约束,提升结构适应变形的能力。养护管控贯穿施工后全过程,需维持混凝土适宜的温度与湿度环境,促进强度增长与水化反应充分进行,降低收缩裂缝产生概率。

2.2 材料与配合比设计问题

材料选用与配合比设计不合理,是引发裂缝的重要源头因素。部分施工中为追求施工效率与早期强度,盲目选用高水化热水泥,且未合理掺加掺合料,导致混凝土水化热集中释放,内部温升过快,形成较大温度梯度。骨料级配设计不当,粗细骨料搭配不合理,空隙率过大,需增加水泥用量填充空隙,间接加剧水化热释放与收缩变形。外加剂选用缺乏针对性,部分缓凝剂、减水剂与水泥适应性不佳,不仅影响混凝土工作性能,还可能导致收缩变形增大;同时,外加剂掺量控制不准,易引发混凝土凝结时间异常,增加裂缝风险。配合比设计缺乏动态调整意识,未结合施工环境温度、湿度及地基条件优化参数,导致混凝土性能与实际需求不匹配。

2.3 施工过程管控问题

施工过程管控不到位,是裂缝产生的主要诱因之一。混凝土浇筑环节,浇筑温度控制不佳,高温环境下未采取降温措施,或低温环境下未做好预热防护,导致混凝土入模温度过高或过低,加剧内部温度应力积累。浇筑工艺不合理,布料不均匀、振捣不密实,易形成局部孔隙与薄弱区域,这些部位抗拉强度较低,成为裂缝萌发的突破口;同时,浇筑间歇时间过长,新旧混凝土结合面粘结强度不足,易产生收缩裂缝。温度管控缺乏系统性,水化热温升阶段未采取有效的保温措施,降温阶段未控制降温速率,导致混凝土内外温差超过限值,引发温度裂缝。此外,施工过程中对地基约束条件考虑不足,未采取有效措施释放收缩变形,加剧应力集中^[2]。

2.4 养护与环境适配问题

养护措施不当与环境适配性不足,进一步加剧裂缝风险。混凝土浇筑完成后,养护启动不及时,表面水分快速蒸发,导致表层混凝土收缩速率过快,与内部混凝土形成变形差,产生表面裂缝。养护方式单一,仅注重保湿而忽视温度管控,或保温措施不到位,无法有效控制混凝土降温速率,导致内外温差持续过大,引发深层裂缝与贯穿裂缝。养护周期不足,过早停止养护,混凝土强度未达到设计要求,抗拉能力不足,无法抵御后期收缩应力与温度应力。同时,施工环境变化应对不足,高温、大风、降雨等恶劣天气下未采取针对性防护措施,加剧混凝土表面失水与温度波动,增加裂缝产生概率;环境温度骤变时,未及时调整养护策略,导致应力集中现象加剧。

3 地基基础工程中大体积混凝土裂缝控制的优化策略

3.1 优化材料选型与配合比设计

以低水化热、高体积稳定性为核心目标,优化材料选型与配合比设计,从源头削弱大体积混凝土裂缝产生的内在诱因,为裂缝防控奠定基础。材料选型需聚焦性能适配性,优先选用矿渣硅

酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥等低水化热品种,搭配粉煤灰、矿粉等优质掺合料替代部分水泥用量,有效降低水化热集中释放风险。掺合料需严格控制细度与活性指标,确保与水泥颗粒形成协同水化效应,在减少胶凝材料用量的同时,提升混凝土抗拉强度、密实度及体积稳定性,增强结构抗裂潜能。骨料选用遵循级配优化原则,优先采用粒径适宜、级配连续的碎石与中砂,最大限度降低骨料空隙率,减少胶凝材料填充用量,间接抑制水化热生成与收缩变形。同时严格管控骨料含泥量,避免杂质削弱骨料与胶凝材料的粘结强度,保障混凝土结构整体性与耐久性。外加剂选用与水泥适配性强的缓凝高效减水剂,既能延长混凝土凝结时间,分散水化热释放峰值,又能优化工作性能,减少拌和用水量,降低干缩变形风险;需通过前期试验确定最优掺量,兼顾混凝土流动性、凝结时间与体积稳定性,避免掺量不当引发性能波动。配合比设计需结合施工环境温湿度、地基受力特性及结构强度要求,通过多组试验优化水胶比、胶凝材料总量及骨料配比参数,在满足设计强度与施工性能的前提下,实现水化热释放量与收缩变形幅度的最小化,全面提升混凝土抗裂性能,为后续施工环节的裂缝防控提供支撑^[3]。

3.2 强化施工全过程精准管控

强化施工全过程精准管控,需以工艺优化为核心构建精细化管控体系,通过各环节闭环管控减少施工扰动,衔接前期材料优化成果,筑牢裂缝防控的过程防线。浇筑前期筹备需做到精准细致,先彻底清理地基基层,剔除杂物、浮渣并分层找平压实,确保基层平整密实、受力均匀,从源头规避因约束不均引发的应力集中问题。同时,结合实时环境温度动态调整入模温度,高温环境下对骨料提前洒水降温、搅拌用水采用制冷处理,必要时对搅拌设备进行遮阳防护;低温环境下则对水泥、骨料等原材料预热,保证入模温度严格控制在规范合理区间,避免温度偏差积累形成隐性应力风险。浇筑过程中,采用分层递进的浇筑方式,根据混凝土初凝时间合理把控每层浇筑厚度与布料速率,配合机械布料设备确保混凝土摊铺均匀有序,杜绝局部堆积或布料断层。选用高频振捣器作业,振捣时遵循“快插慢拔”原则,振捣至表面泛浆、无气泡溢出即停止,既杜绝振捣不密实形成孔隙、薄弱层,也避免过度振捣破坏骨料级配、降低混凝土抗拉性能,保障结构整体性与密实度。严格控制浇筑间歇时长,确保新旧混凝土结合面处于初凝前的有效粘结区间,对衔接薄弱部位可采取二次振捣工艺,强化结合面粘结强度,防止后期产生收缩裂缝。此外,加强浇筑全过程动态质量巡查,安排专人跟踪排查孔隙、离析、泌水等问题,发现后立即采取补振、二次压光等处理措施,避免形成结构薄弱区域;科学规划施工工序,合理划分作业区域,规避外部荷载、人员踩踏对未凝结混凝土的扰动,同步做好施工过程记录,实现各环节可追溯、可管控,保障施工稳定性与可控性。

3.3 实施动态温度调节与应力控制

实施动态温度调节与应力控制,需衔接施工全过程管控,建立精准化温度-应力协同调控机制,通过科学干预平衡温度场分

布,削弱裂缝产生的核心动力。水化热温升阶段,重点做好保温蓄热防护,选用保温性能优良的材料覆盖混凝土表面及侧面,减少热量快速散失,严格控制内外温差在合理范围。针对体积偏大的基础构件,可预埋冷却水管,借助循环水系统精准调控内部温升速率,有效分散水化热释放峰值,避免局部温度过高引发应力集中。降温阶段采用梯度降温模式,逐步缩减保温层厚度,严格控制降温速率,杜绝温度骤变导致的结构应力突变。同步布设多点温度监测点位,实时采集混凝土内部与表面温度数据,根据监测结果动态调整保温、降温措施,保障温度场均匀稳定。针对地基约束引发的应力累积,可在混凝土与地基接触面设置隔离层,弱化约束作用以释放部分收缩变形。对于超长、超大体积混凝土基础,合理设置后浇带或膨胀加强带,通过分段浇筑、分段释压的方式,化解整体收缩产生的拉应力,从根源上规避贯穿性裂缝的产生^[4]。

3.4完善全周期养护体系与环境适配

构建全周期、多元化养护体系,结合环境条件优化养护措施,提升混凝土抗裂能力。混凝土浇筑完成后,及时覆盖保湿材料,减少表面水分蒸发,初凝前进行二次压光,闭合表面微小裂缝;根据环境温度与混凝土温度变化,调整养护方式,高温干燥环境下,采取喷雾保湿与覆盖保温相结合的方式,维持混凝土表面湿度与温度稳定;低温环境下,采取保温加热养护措施,避免混凝土受冻,确保水化反应正常进行。延长养护周期,确保混凝土强度充分增长,养护时间不少于设计要求,必要时适当延长,直至混凝土收缩变形趋于稳定。针对恶劣天气,提前制定应急预案,高温大风天气加强保湿防护,降雨天气及时覆盖防雨材料,避免雨水冲刷未凝结混凝土;环境温度骤变时,快速调整保温、保湿措施,减少温度波动对混凝土结构的影响。养护过程中,加强对混凝土表面状态的巡查,及时处理出现的微小裂缝,避免裂缝进一步扩展。

3.5强化变形协调与裂缝预判防控

注重混凝土变形协调,强化裂缝预判与早期防控,提升裂缝控制的主动性与针对性。结合基础结构形式与地基条件,优化结

构设计,合理设置变形缝,为混凝土收缩变形提供释放空间;在混凝土构件转角、边角等应力集中部位,采取加固措施,增设构造钢筋,提升局部抗拉强度,抵御应力集中引发的裂缝。建立裂缝预判机制,结合混凝土配合比、施工工艺及温度监测数据,分析裂缝产生的风险点,提前制定针对性防控措施;对于高风险区域,加强监测频次,实时跟踪混凝土变形与应力变化情况,做到早发现、早处理。针对已产生的微小裂缝,及时采取封缝、灌浆等处理措施,阻止裂缝进一步扩展;对于较宽裂缝,需分析裂缝成因与危害程度,采用复合修复工艺,恢复混凝土结构的整体性与承载力。同时,加强施工过程中的技术交底与培训,提升施工人员对裂缝防控要点的认知,规范操作流程,减少人为因素引发的裂缝风险。

4 结束语

大体积混凝土裂缝控制是地基与基础工程施工中的核心技术难题,其防控效果直接关乎工程结构的安全稳定性与长效耐久性。本文通过剖析裂缝产生的核心机理与影响因素,针对材料、施工、养护等环节存在的问题,从材料优化、施工管控、温度调节、养护强化及变形协调五个维度提出优化策略,构建了全流程闭环管控体系。科学有效的裂缝控制需立足系统思维,强化各环节协同配合,实现从源头防控、过程管控到后期修复的全方位覆盖。未来需进一步推动技术创新与工艺优化,结合先进监测技术与材料性能提升,不断完善裂缝控制体系,为地基与基础工程施工高质量施工提供有力支撑。

[参考文献]

- [1]周魁.房建工程施工中大体积混凝土裂缝成因及控制技术[J].中国水泥,2025(1):100-102.
- [2]杨承磊,刘涛.建筑工程施工中大体积混凝土裂缝控制技术及其效果评价[J].北方建筑,2025,10(2):43-46.
- [3]刘艳君.房建工程中大体积混凝土浇筑及裂缝控制技术研究[J].石材,2025(11):125-127.
- [4]白治琴.建筑工程施工中大体积混凝土裂缝控制技术[J].工程机械与维修,2023(4):158-160.