

混凝土裂缝成因分析及建筑施工防控技术研究

李世平

天保建设集团有限公司 河北 保定 072750

摘要: 混凝土裂缝是建筑工程常见质量病害,直接影响结构稳定性与使用寿命。本文阐述混凝土结构基础特性与裂缝分类特征,从材料、施工、设计、环境四大维度系统剖析裂缝产生核心成因。结合工程施工实际,从原材料管控、施工工艺优化、结构设计完善、后期修复监测等方面,提出全方位裂缝防控关键技术。研究旨在有效规避混凝土开裂问题,提升建筑工程施工质量与结构安全耐久性,为同类工程施工提供技术参考。

关键词: 混凝土;裂缝成因;建筑施工;防控技术

引言: 随着建筑工程规模化发展,混凝土凭借优异性能成为主流施工材料,但裂缝病害始终是工程质量管控的重难点。混凝土自身抗拉强度低、易收缩变形的固有特性,叠加施工不规范、设计不合理、环境多变等外界因素,极易诱发各类裂缝,轻则影响建筑外观与耐久性,重则引发结构安全隐患。为有效解决该工程难题,本文深入探究混凝土裂缝形成机理与核心诱因,针对性制定施工防控与修复技术,助力提升建筑工程施工标准化与质量管控水平。

1 建筑工程混凝土裂缝基础理论与分类特征

1.1 混凝土结构基本特性

(1) 混凝土材料特性。混凝土属于多相复合型建筑材料,由砂石骨料、水泥、水及外加剂拌合固化而成,内部结构不均匀。该材料具备典型的性能差异化特征,抗压强度优异,能够承受较大竖向压力,但抗拉、抗折强度极低,抗变形能力较差。同时混凝土存在收缩变形大、导热性能差、脆性较强的特点,这些并非施工缺陷,而是材料固有的物理力学属性,也是混凝土结构极易产生裂缝的核心内因,为各类裂缝的产生提供了基础条件。(2) 混凝土硬化变形机理。混凝土从拌合成型到完全硬化会经历完整的物理化学变化过程。拌合阶段混合料均匀融合,初凝阶段水分开始缓慢蒸发,水泥水化反应逐步启动,释放少量水化热;终凝阶段水化反应加剧,水化热集中释放,结构初步成型;后期硬化阶段,内部水分持续散失,水泥石持续收缩。全过程中水分蒸发、水化热释放、体积收缩引发的不均匀变形,会使结构内部产生拉应力,当应力超出混凝土抗拉极限,就会产生裂缝,形成变形与裂缝的直接关联^[1]。

1.2 混凝土裂缝常见分类

(1) 按成因分类:可划分为材料性、施工性、结构性、环境性裂缝四大核心类型,覆盖混凝土裂缝产生的

全部核心诱因。(2) 按形态分类:分为表面裂缝、深层裂缝、贯穿裂缝三类,不同形态裂缝的扩散范围、发展速度存在差异,危害等级逐层递增。(3) 按危害性分类:分为无害微裂缝、有害裂缝、危险结构性裂缝,该分类方式为工程现场裂缝分级管控、针对性修复提供核心依据。

1.3 不同类型裂缝的特征及危害

(1) 干缩裂缝:为施工现场最常见裂缝,主要出现在混凝土表层,形态细碎、分布无规则。长期发展会造成结构渗水、内部钢筋锈蚀,大幅降低混凝土结构耐久性。(2) 温度裂缝:多发于大体积混凝土结构,由结构内外温差过大、温度应力失衡导致,易形成贯穿性裂缝,直接破坏结构整体性与稳定性。(3) 荷载与沉降裂缝:因结构受力超标、荷载分布不均或地基不均匀沉降引发,裂缝形态规整、方向性显著,会直接削弱结构承载力,存在重大结构安全隐患。(4) 塑性裂缝:产生于混凝土初凝前期,主要由表层水分快速蒸发、振捣不密实、养护不及时导致,裂缝浅而宽,稳定性差,极易持续扩展恶化,诱发次生裂缝。

2 建筑施工中混凝土裂缝核心成因分析

2.1 材料因素引发的裂缝成因

(1) 胶凝材料选用不当。水泥作为核心胶凝材料,选型不合理是裂缝产生的重要源头。在大体积混凝土工程中,若选用高水化热水泥,水泥水化反应过程中会集中释放大量热量,使结构内部温度急剧升高,成型后内外形成较大温差,产生温度应力并引发温差裂缝。同时,若水泥细度、安定性指标不达标,会大幅加剧混凝土硬化过程中的体积收缩变形,从材料根源提升裂缝产生概率。(2) 骨料性能缺陷。骨料是混凝土的骨架结构,其质量直接决定混凝土整体性能。骨料级配失衡、颗粒搭配不合理,或含泥量、杂质含量超标,会严重降低混凝土成型后的密实度与骨料、砂浆间的粘结强度。结构内

部易形成多处应力集中薄弱点,在硬化收缩过程中极易诱发不均匀收缩裂缝,影响结构整体稳定性^[2]。(3)配合比设计不合理。水胶比、砂率、外加剂掺量是配合比设计的核心参数。工程中水胶比偏高、砂率失衡、外加剂掺量不当等问题频发,会直接增大混凝土塑性变形,降低其抗拉强度与抗裂性能,使混凝土在初凝、硬化阶段极易出现变形开裂问题。

2.2 施工工艺不当引发的裂缝成因

(1)浇筑作业不规范。混凝土浇筑施工流程把控不严,浇筑速度过快、单次分层浇筑厚度超标,会导致混凝土内部排气、沉降不充分。同时,浇筑间歇时间过长易形成冷接缝,破坏混凝土结构整体性与连续性,后续受力及收缩过程中会沿接缝位置产生裂缝。(2)振捣工艺缺陷。振捣作业是保障混凝土密实度的关键工序。振捣不充分会使混凝土内部遗留蜂窝、孔洞等质量缺陷,形成结构薄弱区;振捣过度则会造成骨料离析、表层砂浆富集,引发局部不均匀收缩,最终形成规律性裂缝。(3)模板与拆模管控不当。模板支撑刚度不足、拼接缝隙过大易出现漏浆、模板变形问题,导致混凝土成型后产生变形裂缝。此外,施工中常存在拆模过早的问题,此时混凝土强度未达到设计标准,无法承受自身自重及外部荷载,极易引发结构性裂缝。(4)养护管理缺失。养护不到位是施工现场干缩裂缝频发的主要原因。混凝土浇筑完成后,养护不及时、养护时长不足、现场温湿度管控不当,会导致表层水分快速蒸发,内外收缩速率不一致,进而产生大面积干缩裂缝^[3]。

2.3 设计与结构因素引发的裂缝成因

(1)结构设计不合理。建筑结构设计阶段,若构件截面尺寸突变、关键受力节点设计存在缺陷,会造成局部应力集中,当集中应力超出混凝土自身抗拉极限强度,结构便会产生开裂问题。(2)配筋设计不规范。配筋率不足、钢筋布设间距过大、保护层厚度不达标等设计问题,会大幅降低钢筋的约束作用,削弱结构整体抗裂性能,无法有效限制混凝土硬化及受力过程中的变形开裂。(3)地基设计考量不足。地基设计未结合施工现场地质条件优化处理方案,地基承载力不均匀,后期易出现不均匀沉降,牵拉上部混凝土结构,引发整体开裂病害。

2.4 环境与后期使用因素引发的裂缝成因

(1)温湿度环境变化。建筑结构长期暴露在自然环境中,昼夜、季节温差过大会使混凝土反复热胀冷缩,长期循环作用产生疲劳裂缝。同时,干燥的气候环境会加速混凝土内部水分流失,进一步加剧干缩变形与裂缝扩展。(2)外界荷载与侵蚀。施工阶段临时荷载超标、后期使用

阶段荷载过载,会超出结构设计受力范围引发受力裂缝。此外,雨水、酸碱等腐蚀性介质会侵蚀混凝土表层及内部结构,破坏结构完整性,加速原有裂缝延伸、扩宽。

3 混凝土裂缝建筑施工防控关键技术

3.1 原材料质量精细化管控技术

(1)优选适配原材料。原材料品质是防控混凝土裂缝的基础,需根据建筑工程类型、结构特点及施工环境针对性选材。针对大体积混凝土、高层主体结构等易产生温差裂缝的工程,优先选用低水化热、安定性指标合格的优质水泥,从源头减少水化热集中释放问题。同时严格把控砂石骨料质量,筛选级配连续、颗粒均匀的骨料,严控骨料含泥量、杂质含量及针片状颗粒比例,杜绝不合格骨料进场,避免因骨料缺陷造成混凝土强度不足、应力集中等开裂隐患。(2)优化混凝土配合比。结合施工现场温湿度、施工工艺及结构使用需求,开展科学化配合比设计。合理控制水胶比与砂率,避免水胶比过高导致混凝土塑性收缩过大。适量掺加粉煤灰、矿粉等掺合料与高效减水剂,在保障混凝土和易性、流动性的前提下,降低水泥用量、减少水化热释放,有效提升混凝土密实度、抗裂性与抗渗性,大幅降低硬化过程中的收缩变形,抑制裂缝产生^[4]。(3)原材料进场检验管控。建立完善的原材料进场抽检与验收制度,落实全过程质量管控。对水泥、骨料、外加剂、掺合料等核心原材料,严格按照规范标准逐项检测强度、安定性、含水率、性能指标等参数,严禁不合格材料投入施工。同时做好材料分类存放与防护,避免水泥受潮结块、骨料混杂质,彻底从材料源头规避裂缝质量隐患。

3.2 施工全过程规范化防控技术

(1)浇筑工艺优化。规范混凝土浇筑施工流程,采用分层、分段、连续的标准化浇筑方式,严格控制单次浇筑厚度与浇筑速度,保证混凝土下料均匀、沉降充分。合理规划浇筑顺序,缩短浇筑间歇时间,杜绝因间歇过长形成冷接缝,有效保障混凝土结构的整体性与连续性,避免接缝位置开裂破损,提升结构整体稳定性。(2)振捣标准化作业。严格遵循“快插慢拔”的核心振捣原则,根据构件尺寸、混凝土坍落度合理布设振捣点位,精准控制振捣频率与振捣时间。全面杜绝欠振、漏振导致的蜂窝、孔洞等结构缺陷,同时避免过振引发的骨料离析、砂浆富集问题,确保混凝土整体密实均匀,减少局部不均匀收缩产生的裂缝。(3)模板与拆模管控。优先选用高强度、高刚度的模板材料,施工前做好模板拼接密封处理,杜绝漏浆问题,同时强化模板支撑体系加固,防止浇筑过程中模板变形、位移。严格遵循混凝土强度达

标拆模原则,依据同条件养护试块强度确定拆模时间,严禁提前拆模,避免混凝土强度不足承受荷载而产生结构性裂缝。(4)科学化养护施工。养护是防控干缩裂缝的关键工序,混凝土浇筑初凝后需及时开展覆盖保湿养护,采用土工布、薄膜覆盖等方式锁住内部水分。结合四季温湿度变化动态调整养护方案,高温干燥环境增加洒水频次,低温环境做好保温防护,严格保障养护温湿度与养护周期达标,有效抑制混凝土表面水分快速蒸发,减少大面积干缩裂缝^[5]。

3.3 结构设计优化防控技术

(1)优化结构受力设计。在建筑结构设计阶段,提前规避构件截面突变、转角集中、凹凸突兀等不合理设计,科学优化构件尺寸与整体结构布局。通过调整结构形式、增设过渡构件、优化受力节点等方式,分散局部集中应力,保证结构受力均匀合理,避免局部应力超出混凝土抗拉极限而产生受力裂缝。(2)规范配筋设计施工。根据结构受力计算结果合理确定配筋率、钢筋间距及保护层厚度,杜绝配筋不足、间距过大、保护层超标等问题。利用钢筋的抗拉性能与约束作用,限制混凝土硬化收缩、温度变形和受力变形,显著提升结构整体抗裂能力与变形协调能力,从设计层面提升混凝土结构稳定性。(3)强化地基防控设计。施工前全面开展地质勘察工作,结合场地土质、承载力、沉降特性优化地基处理方案。针对软土、杂填土、不均匀土层开展换填、压实、加固处理,提升地基整体均匀性与承载稳定性,有效控制地基不均匀沉降,避免地基变形牵拉上部结构引发大面积结构性裂缝。

3.4 裂缝后期修复与应急防控技术

(1)微裂缝修补技术。针对混凝土表层无害微裂缝,以封闭防渗、抑制扩展为核心目标,采用专用密封胶涂刷、聚合物砂浆抹面等方式进行修复。通过表层封闭处理,封堵细微孔隙与裂缝通道,阻断裂缝进一步扩展延伸的路径,同时提升结构表层密实度与抗渗性能,保护

内部结构不受外界环境侵蚀。(2)深层及贯穿裂缝修复技术。对于影响结构安全与使用功能的深层、贯穿性有害裂缝,需采用专业化加固修复技术。通过压力注浆方式填充裂缝内部空隙,实现结构密实修复;配合碳纤维粘贴、局部置换混凝土、结构补强加固等工艺,有效恢复混凝土结构整体性、承载力与稳定性,彻底消除结构安全隐患。(3)常态化监测与应急防控。建立施工全过程、全周期裂缝监测机制,定期对构件表面、关键节点、大体积结构进行巡查监测,及时发现初期细微裂缝并快速处置。同时针对极端温差、暴雨冲刷、临时荷载突变等特殊工况,制定完善的应急防控方案,提前落实防护措施,实现裂缝早发现、早防控、早修复,全面提升工程施工质量与结构安全性。

结束语

综上,混凝土裂缝的产生是材料、施工、设计、环境等多因素耦合作用的结果,防控工作需贯穿工程全周期。本文梳理裂缝类型与危害,剖析各类裂缝核心成因,构建了从源头管控、过程防控、设计优化到后期修复监测的完整防控体系。通过落实精细化原材料管理、标准化施工、科学化设计等技术措施,可有效降低裂缝发生率。以期为建筑混凝土施工质量管控提供实操依据,助力提升建筑结构安全性与服役寿命。

参考文献

- [1]李明,王强,张晓东.大体积混凝土温度裂缝成因及防控技术[J].建筑技术,2022,53(8):965-969.
- [2]张伟,刘芳,陈浩.混凝土配合比优化对裂缝防控的影响研究[J].混凝土,2023,22(3):135-138.
- [3]王建国,李娜,赵伟.高层建筑混凝土施工裂缝防控技术集成应用[J].施工技术,2022,51(15):124-128.
- [4]刘志强,王海燕,陈晓峰.混凝土裂缝修复技术效果评价体系构建[J].建筑科学,2023,39(5):156-162.
- [5]张晓东,李娟,王浩.智能温控技术在大体积混凝土裂缝防控中的应用[J].建筑机械,2023,9(6):78-82.