

# 混凝土结构裂缝成因分析与施工阶段预防措施研究

刘 磊

山东省临沂市河东区山东第一康复医院 山东 临沂 276000

**【摘要】**：混凝土结构因材料特性与施工环境等因素，裂缝问题较为普遍。裂缝不仅影响结构外观，更可能削弱承载能力与耐久性，威胁工程安全。本文结合工程实践，系统分析混凝土结构裂缝的主要成因，涵盖材料、施工、环境及设计等方面，重点针对施工阶段提出针对性预防措施，包括材料质量管控、施工过程优化、养护措施强化等，为提升混凝土结构施工质量、减少裂缝产生提供参考。

**【关键词】**：混凝土结构；裂缝成因；施工阶段；预防措施

DOI:10.12417/2705-0998.26.01.009

## 1 引言

混凝土凭借强度高、可塑性强、成本低廉等优势，广泛应用于建筑、桥梁、道路等各类工程领域。然而在实际工程中，混凝土结构裂缝现象屡见不鲜。轻微裂缝可能仅影响结构美观，严重裂缝则会破坏结构整体性，导致钢筋锈蚀，降低结构耐久性与承载能力，甚至引发安全事故。据统计，超过八成的混凝土结构病害与裂缝相关，因此深入分析裂缝成因，制定科学有效的施工阶段预防措施，对保障工程质量具有重要现实意义。本文基于多年工程实践经验，对混凝土结构裂缝成因进行全面剖析，并聚焦施工关键环节提出具体预防策略。

## 2 混凝土结构裂缝成因分析

混凝土结构裂缝成因复杂，往往是多种因素共同作用的结果。结合工程实际，可将其归纳为材料因素、施工因素、环境因素及设计因素四大类，其中施工因素是导致裂缝产生的主要诱因之一。

### 2.1 材料因素

材料质量直接决定混凝土的性能，不合格材料或不合理配比易引发裂缝。水泥方面，水泥标号选择不当、安定性不合格，或使用过期水泥，会导致混凝土硬化过程中体积变化异常，产生内应力引发裂缝。骨料质量问题同样关键，骨料级配不良、空隙率大，会增加混凝土用水量；含泥量过高则会降低骨料与水泥浆的粘结力，同时加剧混凝土收缩，这些都可能导致裂缝产生。外加剂使用不当也会引发问题，如外加剂与水泥相容性差，或掺量超标，会改变混凝土凝结时间与体积稳定性，诱发裂缝。此外，混凝土配合比设计不合理，如水灰比过大、水泥用量过多，会导致混凝土收缩增大，强度发展不均衡，进而产生裂缝。

### 2.2 施工因素

施工过程是混凝土结构形成的关键环节，施工工艺不规范、操作不当极易引发裂缝，具体表现为以下方面。

搅拌环节，搅拌时间不足会导致混凝土匀质性差，各部位性能不均，产生内应力；过度搅拌则会破坏骨料颗粒，增加混

凝土含气量，降低强度。运输环节，运输距离过长或运输过程中颠簸剧烈，会导致混凝土离析、泌水，浇筑后易形成薄弱层面，引发裂缝。浇筑环节，浇筑顺序混乱、布料不均，会导致混凝土堆积过高产生侧压力，或局部振捣不实形成蜂窝、麻面，后期易发展为裂缝；振捣不当是重要诱因，振捣不足会导致混凝土密实度不够，存在孔隙，振捣过度则会使水泥浆与骨料分离，降低结构整体性。

养护环节，养护不及时、养护时间不足，或养护方式不当，会导致混凝土表面水分快速蒸发，内部水分补给不足，产生干燥收缩裂缝；尤其在高温或大风天气，水分蒸发速度加快，裂缝风险显著增加。模板拆除环节，拆除时间过早，混凝土强度未达到设计要求，无法承受自身重量及施工荷载，易产生弯曲裂缝或剪切裂缝；模板支撑体系不稳定，会导致混凝土浇筑过程中或硬化初期产生不均匀沉降，引发裂缝。钢筋工程施工不当也会间接导致裂缝，如钢筋保护层厚度不足，会使钢筋锈蚀体积膨胀，挤压混凝土产生裂缝；钢筋布置偏差过大，会导致结构受力不均，局部应力集中引发裂缝。

### 2.3 环境因素

环境条件对混凝土结构稳定性影响显著，温度变化与湿度波动是主要诱因。温度方面，混凝土硬化过程中会释放大量化热，若结构体积过大，内部热量难以散发，会导致内部与表面温差过大，表面收缩受内部约束产生拉应力，当拉应力超过混凝土抗拉强度时，就会产生温度裂缝。此外，季节交替、昼夜温差变化，会使混凝土结构反复经历热胀冷缩，长期作用下易产生疲劳裂缝。湿度方面，混凝土长期处于干燥环境中，会持续收缩，若收缩受到约束，就会产生裂缝；在潮湿环境中，混凝土易吸收水分膨胀，干燥后又收缩，反复胀缩会加剧裂缝发展。另外，在寒冷地区，混凝土内部水分结冰膨胀，会破坏混凝土结构，产生冻融裂缝；在有腐蚀性介质的环境中，介质会侵蚀混凝土，降低其强度，诱发裂缝。

### 2.4 设计因素

设计不合理是混凝土结构裂缝产生的根源性因素之一。结

构设计中, 荷载计算偏差、受力分析不全面, 会导致结构局部应力集中, 超过混凝土承载能力引发裂缝。构件截面尺寸设计过小、钢筋配置不足或布置不合理, 会使结构刚度不足, 变形过大产生裂缝。构造设计不完善, 如未设置合理的伸缩缝、沉降缝, 或后浇带设置不当, 会无法释放混凝土收缩应力与结构沉降应力, 引发裂缝。此外, 设计中未充分考虑环境因素影响, 如在温差较大地区未采取有效的温度控制措施, 也会增加裂缝产生的风险。

### 3 施工阶段混凝土裂缝预防措施

结合上述裂缝成因分析, 施工阶段应从材料管控、施工工艺优化、养护强化、环境适应等方面入手, 采取综合预防措施, 最大限度减少裂缝产生。

#### 3.1 严格材料质量管控

材料进场前需进行严格检验, 水泥应查验出厂合格证、安定性检测报告, 严禁使用过期或质量不合格水泥; 骨料需检测级配、含泥量、强度等指标, 确保符合设计要求, 含泥量应控制在规范范围内, 碎石含泥量不超过 1%, 砂含泥量不超过 3%; 外加剂需进行相容性试验, 明确合理掺量, 避免与水泥发生不良反应。混凝土配合比设计应结合工程实际需求, 由专业实验室进行试配, 在满足强度要求的前提下, 合理控制水灰比与水泥用量, 减少混凝土收缩, 可适当掺入粉煤灰、矿渣粉等掺合料, 改善混凝土和易性与体积稳定性。搅拌过程中, 严格按照配合比计量材料, 控制搅拌时间在 2-3 分钟, 确保混凝土匀质性良好。

#### 3.2 优化施工工艺

运输环节, 合理选择运输设备与路线, 缩短运输距离, 运输时间不宜超过混凝土初凝时间, 运输过程中避免剧烈颠簸, 若出现离析现象, 需在浇筑前进行二次搅拌。浇筑环节, 制定科学的浇筑方案, 明确浇筑顺序与布料厚度, 一般布料厚度不超过 50cm, 采用分层浇筑、分层振捣的方式, 振捣采用插入式振捣器, 振捣至混凝土表面泛浆、无气泡冒出为止, 避免振捣不足或过度振捣; 浇筑过程中及时清除混凝土表面泌水, 防止泌水在骨料下方积聚形成薄弱层。钢筋工程施工中, 严格控制钢筋保护层厚度, 采用垫块固定钢筋位置, 确保垫块强度与数量满足要求; 钢筋绑扎与焊接需符合规范, 避免钢筋布置偏差。模板工程方面, 选用强度与刚度符合要求的模板材料, 支撑体系应进行承载力验算, 确保稳定性; 模板表面需清理干净并涂刷隔离剂, 避免与混凝土粘结; 拆除模板严格按照设计要求与规范规定, 根据混凝土强度发展情况确定拆除时间, 梁、板等构件拆除底模时, 混凝土强度应达到设计强度的 75% 以上, 大跨度构件需达到 100%。为更清晰呈现施工各环节的裂缝预防要点, 制定下表。

表 1 施工各环节的裂缝预防要点

施工环节	预防重点	具体措施
搅拌	保证匀质性、控制配比	按计量投料, 搅拌时间 2-3 分钟, 定期校验计量设备
运输	防止离析、泌水	缩短运输时间, 避免剧烈颠簸, 离析后二次搅拌
浇筑	振捣密实、避免堆积	分层浇筑振捣, 振捣至泛浆无气泡, 及时清除泌水
钢筋工程	保护层厚度、布置精度	采用合格垫块, 严格绑扎焊接, 校验钢筋位置
模板拆除	拆除时间、支撑稳定	按强度要求确定拆除时间, 支撑体系验算稳定性

#### 3.3 强化养护管理措施

养护是预防混凝土干燥收缩裂缝的关键, 应坚持及时养护、充分养护的原则。混凝土浇筑完成后, 在初凝前需进行表面压光处理, 减少表面收缩裂缝; 初凝后及时覆盖保湿材料, 如土工布、塑料薄膜等, 避免表面水分快速蒸发。养护时间需满足规范要求, 普通混凝土养护时间不少于 7 天, 掺加缓凝剂或有抗渗要求的混凝土养护时间不少于 14 天。养护方式根据环境条件选择, 高温干燥天气可采用洒水养护与覆盖保湿相结合的方式, 确保混凝土表面持续湿润; 冬季施工需采取保温养护措施, 如覆盖保温被、搭设保温棚, 防止混凝土受冻产生裂缝。对于大体积混凝土, 养护过程中需加强温度监测, 及时调整养护措施, 控制内外温差不超过 25℃。

#### 3.4 针对性应对环境影响

针对温度变化引发的裂缝, 大体积混凝土施工前需制定专项温度控制方案, 可采用低热水泥、减少水泥用量、掺入掺合料等方式降低水化热; 浇筑过程中设置测温点, 实时监测混凝土内部与表面温度, 当温差超过规定值时, 采取覆盖保温或内部通水降温等措施。昼夜温差较大地区, 混凝土浇筑完成后需及时覆盖保温, 减少温度波动对结构的影响。雨季施工时, 需做好防雨措施, 避免雨水冲刷未硬化的混凝土表面, 导致表面强度降低产生裂缝; 雨后浇筑混凝土需检测骨料含水率, 及时调整配合比。寒冷地区冬季施工, 应选用防冻型外加剂, 确保混凝土在负温环境下正常硬化, 避免冻融裂缝。

#### 3.5 配合设计优化调整

施工前需深入熟悉设计图纸, 对设计中可能存在的裂缝风险进行排查, 如发现构件截面尺寸不足、钢筋配置不合理或伸缩缝设置不当等问题, 及时与设计单位沟通调整。施工过程中严格按照设计要求施工, 不得随意更改构件尺寸、钢筋规格及布置方式。对于设计中未明确的养护、温度控制等措施, 结合工程实际补充完善, 确保设计意图与施工措施有效结合, 从源头上减少裂缝产生。

## 4 案例分析

### 4.1 工程概况

本次选取某高层住宅楼工程作为验证对象,该工程位于温带季风气候区,夏季高温多雨,冬季寒冷干燥,昼夜温差较大,对混凝土结构抗裂性要求较高。工程核心信息如下表所示。

表2 工程核心信息

项目	具体内容
工程名称	某高层住宅楼
建筑面积	2.3 万平方米
主体结构形式	钢筋混凝土框架-剪力墙结构
建筑层数	地上 28 层, 地下 2 层
关键构件	大体积筏板基础(厚度 2.2m)、框架梁、楼板
施工周期	2022 年 3 月-2023 年 6 月

### 4.2 核心预防措施实施

结合前文提出的预防措施,该工程针对性制定施工方案,材料管控方面,选用 P.O42.5 低热矿渣水泥,骨料采用级配良好的碎石(含泥量 0.8%)和中砂(含泥量 2.5%),外加剂选用聚羧酸系高效缓凝减水剂,经相容性试验确定掺量为 1.2%;配合比设计中掺入 15%Ⅰ级粉煤灰替代水泥,水灰比控制在 0.45。施工工艺方面,大体积筏板基础采用分层浇筑法,每层厚度 40cm,使用插入式振捣器振捣,振捣半径控制在 30cm,避免漏振和过振;钢筋保护层厚度采用强度等级 C50 的水泥砂浆垫块控制,梁、板部位垫块间距分别为 80cm、100cm。养护与温度控制方面,混凝土浇筑完成后 1.5 小时内覆盖塑料薄膜+土工布,筏板基础额外覆盖保温被;采用自动化洒水养护系统,养护时间延长至 16 天;筏板基础内布设 24 个测温点,实时监测内外温度,通过内部循环通水降温系统控制内外温差在 20℃ 以内。

### 4.3 监测结果与分析

工程竣工后,建立为期 1 年的裂缝监测机制,采用裂缝宽

度仪(精度 0.01mm)对关键构件进行定期观测,监测结果如下表所示。

表3 监测结果

监测构件	监测点数	裂缝产生数量(条)	最大裂缝宽度(mm)	裂缝性质
大体积筏板基础	30	2	0.08	表面细微收缩裂缝
框架梁	45	5	0.06	表面细微收缩裂缝
楼板	60	8	0.07	表面细微收缩裂缝
剪力墙	35	0	0	无裂缝

监测结果显示,所有裂缝均为表面细微收缩裂缝,宽度均小于规范限值 0.2mm,且竣工后 3 个月内无扩展趋势,无影响结构安全的有害裂缝。结构实体检测结果表明,混凝土强度达标率 100%,钢筋保护层厚度合格率 98.5%,符合设计及规范要求。该工程通过严格落实材料管控、施工工艺优化、强化养护及温度控制等预防措施,有效控制了混凝土裂缝的产生,验证了前文提出的施工阶段预防措施具有较强的实用性和可行性,可为同类气候条件及结构类型的混凝土工程提供参考。

## 5 结论

混凝土结构裂缝成因复杂,材料、施工、环境、设计等多方面因素均可能导致裂缝产生,其中施工阶段的不规范操作是主要诱因。施工阶段预防裂缝需坚持系统性原则,从材料质量管控入手,优化搅拌、运输、浇筑、振捣、模板拆除等关键环节的施工工艺,强化养护管理,针对性应对环境影响,并配合设计优化调整。通过科学合理的综合预防措施,可有效减少混凝土结构裂缝的产生,提升工程结构的安全性、耐久性与使用寿命。后续研究可结合新型材料与施工技术,进一步完善裂缝预防与修复技术体系,为混凝土工程质量提升提供更有力的支撑。

## 参考文献:

- [1] 陆虎,王成启,田欣.工程裂缝控制技术研究与应用[J].港工技术与管理,2023(1):9-15.
- [2] 李蒙.基于提高防水性和稳定性的衬砌混凝土结构裂缝控制技术[J].烟台职业学院学报,2023(1):82-85,92.
- [3] 杨勇.浅析房建工程中混凝土结构裂缝成因及防范措施[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(5):4.