

钢筋混凝土框架结构常见裂缝成因与防治措施

杨白雪

湖北省建筑科学研究设计院股份有限公司 湖北 武汉 430060

【摘要】：钢筋混凝土框架结构裂缝防治关系建筑安全、耐久与使用功能的保障，裂缝形成受结构设计、构造配筋、材料性能、配合比、施工工艺、温度收缩及后期维护等因素作用，呈现类型多样、成因复杂、危害持续的特征。分析常见裂缝表现与形成原因，从设计优化、材料控制、施工管理、早期养护、检测评估和修补加固等方面构建防治体系，助力框架结构工程质量提升。

【关键词】：钢筋混凝土；框架结构；裂缝成因；施工控制；防治措施

DOI:10.12417/2811-0528.26.13.087

钢筋混凝土框架结构依托梁、柱、楼板与衔接节点组合成型，承接建筑整体竖向荷载与各类水平外力，整体成型品质会长期左右建筑运行安全及实际使用年限。建筑建造阶段内部构件易产生裂缝瑕疵，破坏外立面观感与防渗能力，降低建材耐久度，弱化构件刚性及整体受力承载能力。结构全周期都会滋生裂缝隐患，结合裂缝类别判定、诱因研判与整改手段落实整体管控。

1 钢筋混凝土框架结构裂缝类型及危害表现

1.1 荷载作用引起的结构受力裂缝表现

荷载催生形成的结构受力裂缝分布于梁端、跨中、柱根、节点核心区及楼板受拉区域，外观形态贴合构件实际受力状态。弯矩持续作用会让梁跨中产生竖向裂缝，缝隙顺着受拉边缘逐步向上延展；剪弯叠加作用覆盖梁端位置，斜向缝隙逐步生成，持续蔓延至建筑节点范围。柱构件承受轴压、偏心受压与水平外力，表面会生成竖向缝隙、斜向缝隙或是表层压碎类破损纹路。集中外力、现场堆料与支座限制作用作用于楼板，板面会生成放射纹路、贯通纹路或顺着钢筋走向排布的缝隙。受力特征直观体现在各类缝隙之上，缝隙宽窄长短跟随外力波动产生改变，直观反映建筑整体结构的实际受力情况。

1.2 温度收缩引起的非结构性裂缝表现

温度收缩裂缝源于混凝土硬化阶段水化热散发、内外温度波动、干缩变形和构件边界约束条件，多显现于楼板、墙体、梁侧面以及大面积现浇混凝土构件表层位置。混凝土内部温度会在成型初期先升后降，表层热量散失速度更快，内部降温进程相对迟缓，温差催生的拉应力突破混凝土早期抗拉极限便会生成表层裂缝^[1]。干燥收缩裂缝整体排布细碎零散且无固定规律，顺着结构薄弱位置与构造交接位置不断延展。模板拆除节

点、养护环境湿度、外界风力及日光带来的温度波动，都会让裂缝呈现网状横向斜向等多种排布形式，这类裂缝不会破坏建筑原有结构受力体系，弱化构件表层密实程度与外部防护基础性能。

1.3 裂缝对结构安全与耐久性能的影响

裂缝损害钢筋混凝土框架结构外观品质，改变构件内部建材原有防护状态，裂缝贯通或是宽度不断扩张，空气、水分、氯离子和二氧化碳渗入混凝土深层，加速钢筋锈蚀反应与碳化发展进程。钢筋锈蚀引发体积膨胀，撑破表层防护结构，延展裂缝分布区间，造成建筑结构持续老化劣化。受力形变产生的裂缝降低梁柱板构件刚性，加大结构形变幅度，弱化节点束缚作用，降低框架整体抗震水准。地下室、屋面、卫生间这类潮湿空间出现裂缝会引发渗水问题，干扰建筑日常使用体验，加大检修难度，拉高长期养护投入。

2 钢筋混凝土框架结构裂缝形成的主要原因

2.1 结构与构造措施不足引发裂缝

结构规划及构造方案存在缺陷，成为框架结构裂缝生成的关键诱因，梁、板、柱截面规格选取偏小，受拉区域钢筋排布欠缺，钢筋排布间距偏大，构件承受常规荷载会积聚偏高拉应力，裂缝会提前显现成型。框架梁柱节点承受多重外力作用，箍筋加密区间有限、锚固长度不足、钢筋衔接点位排布不合理，节点抗剪性能与整体束缚性能持续下降。楼板洞口、转角、悬挑端头及结构平面变化位置会积攒集中应力，未增设补强钢筋与构造加固方案，裂缝顺着结构薄弱位置持续蔓延。变形缝、后浇带、沉降缝排布缺乏合理规划，温度形变、收缩形变与地基沉降差无法消解，框架构件滋生额外拉应力进而催生裂缝。

作者简介：杨白雪（1994.12），女，汉族，湖北武汉人，硕士研究生，工程师，研究方向为建筑结构。

2.2 混凝土材料性能与配合比控制不当引发裂缝

混凝土原料品质与配比管控失衡, 干扰框架构件密实程度、抗拉水平及整体体积稳定状态, 水泥掺量超标、水化热量过高, 结构前期快速升温, 内外温差逐步拉大, 催生温度类拉伸应力。水胶比值偏高优化拌合物料流动效果, 提升表层泌水现象与内部空隙占比, 削弱固化混凝土防渗、抗裂及综合强度。骨料级配错乱、泥沙含量超标、外加剂适配度不足, 引发物料分层离散, 加大收缩变形, 造成强度指标起伏。细骨料占比提升抬高整体用水需求, 粗骨料规格选用偏差削弱内部骨架支撑效力, 现场坍落度标准脱离设计参数, 私自加水调整施工状态, 打乱既定配比方案, 构件表层材质强度不足, 逐步产生塑性收缩类裂缝。

2.3 施工工艺质量缺陷与养护不到位引发裂缝

施工操作存在工艺瑕疵, 养护管理落实欠缺, 设计理念和材料本身性能难以契合建筑实体整体品质, 支撑体系刚性指标偏弱, 立杆排布间隔超标, 模具拆除时间提前, 梁板构件产生大幅形变, 未达标混凝土持续承载额外外力。钢筋排布发生偏移, 表层防护厚度不足, 垫块布设方式杂乱, 钢筋搭配混凝土形成的整体受力作用持续降低。混凝土浇筑阶段铺层厚度超标, 振捣操作失衡失误, 结构内部产生蜂窝孔洞及分层断裂等不良表层问题。施工接缝清理不够彻底, 接缝接触面湿度缺失, 先后浇筑的混凝土结合粘结强度大幅下降, 构件成型初期缺少保湿遮蔽养护手段, 表层水分快速散失, 收缩应力不断积聚, 缝隙缓慢出现在楼板梁体与墙柱的衔接位置。

3 钢筋混凝土框架结构裂缝预防控制要点

3.1 优化结构设计参数与构造配筋措施

优化结构设计参数可结合构件受力特征、裂缝宽度管控及节点抗震表现展开, 框架梁柱截面规格贴合跨度标准、荷载等级与抗震设防硬性要求, 受拉区域钢筋排布不止贴合基础承载标准, 兼顾建筑常态使用阶段的裂缝管控需求。北京一处住宅建筑采用地上18层钢筋混凝土框架体系, 楼板厚度保持120 mm, 框架梁截面规格300 mm×650 mm, 施工完工后多处梁端生成0.18 mm左右斜向裂纹。专业核算得知梁端负弯矩区域钢筋占比不足, 箍筋加密区间长度达不到规范标准。调整原有设计方案, 更换梁端上部纵筋型号, 缩小箍筋排布间距, 在节点核心区增设闭合箍筋结构, 后续同类楼层裂纹数量大幅减少, 构件整体硬性指标与节点束缚效果实现改善。

3.2 加强混凝土原材料选择与配合比管理

混凝土原材料挑选需把控水泥品类、骨料搭配、泥沙含量、外加剂适配度与拌合物料施工状态, 低水化热且性质稳定的水

泥更适配现场施工, 减缓前期温度快速上升产生的温差应力。粗骨料保持完整连续级配, 严控异形颗粒与杂质占比, 稳固内部支撑结构, 减缓成型后的收缩变形^[3]。细骨料维持合理细度指标, 减少砂浆用料增多引发的干燥收缩问题, 配比方案规划里把控水胶比例与砂料占比, 结合浇筑高度、构件疏密与季节环境设定坍落度数值, 杜绝现场加水调节物料流动状态。掺入粉煤灰、矿粉与各类外加剂前完成适配检测, 让结构强度、拌合状态、凝固周期与抗裂水平保持平衡。

3.3 规范浇筑振捣流程与早期养护控制

浇筑振捣流程要贴合混凝土密实状态把控与前期体积稳定需求开展施工, 梁柱板交汇位置钢筋排布紧凑, 现场浇筑阶段把控分层用料厚度, 墙体与立柱分层投放物料, 过高落差会破坏混凝土整体匀质状态。振捣设备落点保持均衡分布, 深入下层混合料内部完成衔接融合, 减少内部空隙产生, 过长时间振捣会改变砂浆与骨料分布状态。楼板表层混凝土进入凝固前期, 二次表层压实操作能够闭合表层细微收缩纹路, 外界气候环境会影响养护方式选择, 薄膜遮盖、补水润湿、垫层铺设都可改善构件养护环境。

4 钢筋混凝土框架结构裂缝治理技术措施

4.1 表面封闭处理适用于轻微稳定裂缝

表面封闭处理适用于宽度较小、发展稳定且未影响承载性能的裂缝, 楼板表层收缩裂缝、梁侧细微干缩裂缝及墙柱交接处浅层裂缝均适用。处理前清理裂缝周边浮浆、灰尘、油污及松散颗粒, 用钢丝刷、压缩空气或清水冲洗, 确保基层洁净坚实。宽度较细的裂缝, 采用环氧树脂胶泥、聚合物水泥砂浆或柔性防水涂料封闭, 在裂缝表面形成连续防护层。潮湿环境及有防渗需求的部位, 优先选用粘结力强、抗渗性优的材料, 适当扩大封闭范围, 表面封闭后检查粘结牢固度与涂层连续性, 避免水分及有害介质持续侵入混凝土内部。

4.2 压力灌浆修补适用于贯通性受力裂缝

压力灌浆修补适配裂缝较深、贯通性强且影响构件整体性与抗渗性的受力裂缝, 框架梁、柱、板及节点部位修复多采用该方式。施工前依据裂缝宽度、深度、走向及渗漏状况布置灌浆嘴, 沿裂缝方向按间距布设, 用封缝胶封闭裂缝表面, 保障浆液沿裂缝内部扩散^[4]。灌浆材料选用低黏度环氧树脂浆液或水泥基灌浆料, 细裂缝及强度恢复要求高的部位用前者, 较宽裂缝或湿润环境用后者。灌浆时从低压缓慢升压, 相邻灌浆嘴出浆后逐一封闭, 防止压力过大导致裂缝扩大, 浆液固化后清除灌浆嘴、修整表面, 让裂缝内部重新形成可靠粘结整体。

4.3 结构加固处理适用于发展性危险裂缝

结构加固处理适配裂缝持续发展、宽度超允许范围、构件变形显著或承载能力下降的裂缝,需先开展结构检测与受力复核,明确裂缝与超载、钢筋锈蚀、截面不足或基础变形的关联。框架梁出现明显弯剪裂缝,粘贴碳纤维布、外包型钢、增大截面或增设支撑均可提升抗弯抗剪性能。柱构件存在竖向贯通裂缝、保护层剥落或箍筋约束不够,外包钢、钢筋混凝土围套或纤维复合材料环向约束能增强承载能力与延性。加固施工需保障基层凿毛、除锈、植筋、界面处理及锚固连接的施工品质,加固完工后复测裂缝宽度、构件挠度及节点变形,确认结构受力状态稳定。

5 钢筋混凝土框架结构裂缝全过程质量管控路径

5.1 建立设计施工使用协同控制机制

设计、施工与运维多方联动管控体系的搭建,可让裂缝防控标准融入框架结构全周期管控流程。建筑设计环节划定梁柱节点、楼板洞口、悬挑构件、地下室外墙等易开裂区域的管控标准,配筋排布、后浇带预留、接缝排布与变形缝布设内容,都会转化为现场可落地的技术交底资料。现场施工依照施工图纸标准落实钢筋固定、模板搭设、混凝土浇筑、模具拆除以及成品养护等各项操作,关键施工环节搭配现场巡查与质量核验工作。建筑投入使用后禁止私自更改建筑用途、叠加额外楼面负重、拆解改动承重构件或是封闭各类变形缝。日常运维检修、结构状态排查与工程资料归档相互衔接,裂缝相关隐患可依托前期预防、中期管控、后期维保完成长效管控。

5.2 完善裂缝检测评估与动态监测制度

裂缝检测评估与动态监测制度的完善,核心围绕裂缝位

置、形态、宽度、深度、走向及发展速度展开。现场检查借助裂缝宽度观测仪、钢尺、塞尺、超声检测仪等工具,分类记录梁端斜裂缝、板面贯通裂缝、柱身竖向裂缝及节点区裂缝^[5]。检测资料需涵盖裂缝照片、测点编号、环境条件、构件名称及复测时间,助力判断裂缝稳定状态。宽度变化显著、位于受力关键区或伴随渗水、剥落、锈蚀的裂缝,需提高观测频次,结合混凝土强度、钢筋保护层厚度、碳化深度及构件挠度综合评估,动态监测结果能为维修时机、修补方式及加固范围提供支撑。

5.3 提升框架结构耐久性与工程质量水平

强化框架结构耐久性能与整体工程品质,可结合防水防腐抗渗抗裂及后期养护完善成套防护举措。建筑外露构件、地下空间、屋面区域、厨卫空间及外墙节点长期经受温湿度波动与水汽侵蚀,严格把控混凝土保护层厚度与成型密实程度,完善各类防水节点施工处理。长期接触氯盐侵蚀、低温冻融或是潮湿环境的建筑区域,匹配适配抗渗标准、收缩率偏低且耐久表现稳定的拌合原料,精细处理施工接缝、管道根部与预留洞口等细部构造。建筑投入运营后,定期排查表层渗漏、表层空鼓、表层脱落及钢筋锈蚀问题,及时修复各类局部破损,抑制细微缝隙持续扩张引发结构损伤。

6 结语

钢筋混凝土框架结构裂缝防治依托成因识别开展工作,结合结构设计、建材选用、现场作业、后期养护及定期巡检搭建完整管控模式。结合各类裂缝实际形态选用封闭处理、浆液灌注、构件加固等手段,削弱裂缝给建筑整体安全、耐久年限与日常使用带来的各类隐患。建筑建造阶段落实新型设计模式、智能监测手段与规范养护流程,稳步改善框架结构整体品质。

参考文献:

- [1] 王岩松,孙先红,赖振彬,等.混凝土结构缺陷及检测技术调查研究[C]//北京市建筑设计研究院股份有限公司,浙江省建筑设计研究院有限公司,亚太建设科技信息研究院有限公司.第二十届高层建筑抗震技术交流会论文集(下册).中国建筑第四工程局有限公司;贵州中建建筑科研设计院有限公司;贵阳市南明区建筑工程质量监督站,2025:534-541.
- [2] 赵海.基于 AI 的混凝土裂缝检测精度提升技术研究[J].实验室检测,2025,3(22):16-18.
- [3] 郑永定.某混凝土框架结构裂缝检测与成因分析[J].福建建材,2025,(11):67-70.
- [4] 邹迎亚.结构裂缝特征分析及检测实施方案设计[J].广东建材,2025,41(10):79-82.
- [5] 代积业.钢筋混凝土结构裂缝预防及修补技术分析[J].产品可靠性报告,2025,(07):173-174.