

混凝土梁受弯裂缝开展规律及施工应对措施研究

关洪亮

哈尔滨远东理工学院 黑龙江 哈尔滨 150025

【摘要】：混凝土梁为建筑核心承重结构，弯曲裂缝影响结构承载、耐久性能与使用安全。依托试验现象与理论推演，剖析裂缝形态发展特征，探究材料、荷载、施工养护、环境的作用机制，解读配筋约束裂缝的内在原理，完善原料、配筋、浇筑振捣相关施工工艺。梁体受弯裂缝呈外宽内窄楔形，缝宽随深度递减，螺纹钢与密配筋可约束裂缝扩张，各类因素改变截面应力与材料属性促使裂缝产生发展，相关成果可为梁体裂缝防控提供理论与技术支撑。

【关键词】：混凝土梁；受弯裂缝；开展规律；影响因素；裂缝控制

DOI:10.12417/2811-0536.26.08.005

引言

混凝土梁取材便利、受力性能优良，广泛应用于房建、桥梁等工程结构，工作状态直接影响建筑整体安全与耐久。构件以受弯受力为主，混凝土抗拉性能较差，弯矩作用下梁体受拉区域易产生裂缝。裂缝持续扩展会损伤截面性能、降低构件承载力，严重时引发结构安全隐患。受弯裂缝为工程常见病害，成因复杂且受多类条件共同影响。分析裂缝形态与发展规律，明确各类因素作用机制，落实合理施工管控措施，能够减少裂缝产生，提升构件服役寿命，可为工程安全管控提供理论与应用依据。

1 混凝土梁受弯裂缝开展规律分析

1.1 受弯裂缝形态与断面特征

弯矩作用下混凝土梁裂缝集中产生于跨中区域，梁顶、梁底受拉边缘优先起裂，顺着截面高度向中和轴延伸。裂缝竖向排布且垂直主拉应力，梁侧裂缝呈现渐变轮廓^[1]。红墨水灌注与剖切试验证实裂缝截面呈楔形结构，表层裂缝开度最大，向内持续收窄至闭合状态。截面应力梯度与混凝土拉应力衰减形成该裂缝特征。梁体两侧裂缝发展状态相近，依托两侧裂缝参数插值计算，能够推定内部裂缝真实形态与深度，改善表层观测的研究缺陷。

1.2 裂缝宽度与深度发展规律

混凝土梁受弯裂缝宽度与深度呈显著负相关，深度越大对应宽度越小，深度越小则表面开口越宽。裂缝初期仅见于梁顶、梁底受拉边缘，宽度小且深度浅。弯矩荷载增大时，裂缝快速向截面内部伸展，深度不断增加，表面开口同步扩大。裂缝尖端接近中和轴区域，延伸速度放缓，宽度发展趋于平稳。裂缝宽度沿深度线性递减，梁体受拉边缘表面宽度最大，尖端宽度趋近于零。这一渐变规律与截面拉应变沿高度分布

完全契合，印证裂缝楔形断面的稳定特征。

1.3 配筋参数对裂缝发展的影响

钢筋表面样式与配筋数量主导受弯裂缝的开展状态。两类钢筋的控裂表现存在明显差异，螺纹钢与混凝土咬合紧密，能够约束侧向形变与裂缝扩张，裂缝宽度均匀且最小区域贴合钢筋位置，结构控裂表现更为优良^[2]。光圆钢筋黏结性能较差，界面易产生滑移，裂缝集中且宽度更大，有效控裂能力不足。双筋布置可拓宽截面约束范围，缓解局部集中开裂问题，单条裂缝宽度得到有效控制。钢筋密集排布可进一步分散裂缝，降低结构最大裂缝宽度。

2 受弯裂缝产生的主要影响因素

2.1 材料性能因素

混凝土自身抗拉强度与极限拉应变是受弯裂缝萌生的基础材料因素，截面拉应力超极限抗拉强度、拉应变超极限拉应变，裂缝即会产生。钢筋与混凝土黏结性能直接影响裂缝开展形态，螺纹钢肋纹结构可提升界面咬合力，延缓裂缝扩展；光圆钢筋界面黏结力不足，易引发裂缝快速扩张。混凝土强度等级决定基体抗裂能力，高强度混凝土密实度高、抗拉性能优，能延迟开裂并减小裂缝宽度。配合比设计中，水泥、骨料、水胶比与减水剂用量失衡，会增大混凝土收缩、降低抗拉强度，成为裂缝产生的内在诱因。

2.2 荷载与受力状态因素

弯矩是引发混凝土梁受弯裂缝的直接荷载因素，跨中区域弯矩值最大，最易发育裂缝。弯矩荷载逐级增大，拉应力区范围扩大，裂缝数量、宽度与深度同步发展。荷载施加方式与受力均匀性影响裂缝规律，集中荷载下裂缝集中于跨中，均布荷载下分布更均匀。构件受力偏心、剪力与弯矩共同作用，会改变裂缝走向与断面特征，偏离纯弯作用下的楔形形态。长期持

续荷载引发混凝土徐变，裂缝宽度随时间缓慢增大，呈现长期开展特性。

2.3 施工与养护因素

施工阶段工艺缺陷会直接诱发受弯裂缝，混凝土浇筑时振捣不密实，内部会出现蜂窝、孔洞，削弱截面抗拉性能，成为裂缝萌生的薄弱点。钢筋位置偏差、绑扎不牢固，会改变其约束作用有效范围，降低控裂效果。构件成型时模板变形、支撑不稳定，会造成截面受力不均，提前产生微裂缝。养护阶段温湿度控制不当，会引发混凝土早期收缩开裂；养护时间不足、水分散失过快，表层混凝土强度未达标即承受应力，加剧裂缝开展。施工缝处理不当会降低截面整体性，裂缝沿施工缝快速扩展（见图1）。



图1 施工与养护因素

2.4 环境与使用条件因素

外部环境因素会加速受弯裂缝发展并改变其特征，温度变化引发混凝土热胀冷缩，与弯矩应力叠加，会扩大裂缝宽度、延长裂缝深度。湿度变化导致混凝土干湿循环，产生收缩应力，推动裂缝持续开展。长期使用中荷载超载、疲劳荷载作用，会让混凝土内部微裂缝不断扩展、贯通，形成宏观受弯裂缝。腐蚀性介质侵入裂缝内部，会腐蚀钢筋并使其体积膨胀，进一步撑开裂缝，形成恶性循环，降低构件耐久性与受力性能。

3 混凝土梁受弯裂缝控制施工应对措施

3.1 原材料与配合比优化措施

原材料选择上，选用高强低收缩水泥，控制用量

避免水化热过大引发收缩裂缝。采用级配连续、含泥量低的粗骨料与中粗砂，提升混凝土密实度与抗拉强度。优选高效减水剂，降低水胶比，减少收缩变形。配合比设计参考C60等高强混凝土，严格控制水泥、砂、石、水与减水剂比例，保证和易性与力学性能。通过试验确定最优配合比，提升混凝土自身抗裂能力，从材料源头降低受弯裂缝萌生概率。

3.2 钢筋配置与布置施工控制

钢筋配置优先选用螺纹钢筋，替代光圆钢筋增强与混凝土的黏结咬合力。根据截面宽度合理增加配筋数量，采用双根或密集配筋，扩大约束范围，分散裂缝发育、减小单条裂缝宽度^[3]。施工中控制钢筋位置，保证居中、间距均匀，避免偏位导致约束失效。严格把控钢筋保护层厚度，用定型垫块固定，确保符合设计要求，平衡应力传递与控裂效果。加强钢筋绑扎与焊接质量，避免松动降低控裂作用。

3.3 混凝土浇筑与振捣工艺

混凝土浇筑采用分层连续浇筑，避免冷缝与施工缝出现，跨中区域等弯矩较大部位优先浇筑，保证密实度。振捣采用插入式振捣器，快插慢拔、均匀布点，确保内部无蜂窝、孔洞、漏振区域，防止薄弱部位产生裂缝。控制浇筑速度与下料高度，避免离析，保证混凝土均匀性。浇筑中实时监测模板与支撑稳定性，防止变形造成截面受力不均，成型后及时修整表面，减少表层缺陷引发的微裂缝。

4 结语

本文围绕混凝土梁受弯裂缝展开全面研究，明确其形态特征、断面规律及宽度与深度的发展关系，阐明配筋参数对裂缝开展的调控作用，系统梳理材料、荷载、施工、环境四类影响因素的作用路径，提出针对性施工控制措施。合理优化原材料配合比、科学配置钢筋、规范浇筑振捣与养护工艺，可有效延缓裂缝萌生、控制裂缝发展。混凝土梁受弯裂缝控制是系统性工程，需结合材料特性、结构设计与施工实践综合管控。

参考文献:

- [1] 田格格.盐雾干湿循环作用下UHPC加固受损钢筋混凝土梁受弯性能研究[D].西安理工大学,2025.
- [2] 赵子玉,张状,孙远.水闸锈蚀钢筋混凝土简支梁受弯及变形扩展规律研究[J].水利技术监督,2025,(07):263-266.
- [3] 张国海.结构型钢纤维混凝土梁弯曲多裂缝自监测研究[D].大连理工大学,2025.