

建筑主体混凝土裂缝成因及施工防控技术研究

盛松松

中国能源建设集团天津电力建设有限公司 天津 300180

DOI: 10.32629/ems.v8i7.21145

[摘要] 建筑主体混凝土裂缝会危及结构安全, 影响其耐久状况以及实际使用效果, 其产生原因涵盖原料调配, 温度变形, 现场工序, 养护环境以及外力作用等各种因素, 深入分析混凝土裂缝形成的机理, 并结合主体结构施工特点, 整理出原料控制, 配比调节, 浇筑振捣, 温度养护以及动态观测等应对方法, 裂缝管理贯穿于设计选材, 现场施工和后期保养的全过程, 依靠规范管理和技术支撑, 可以减小裂缝发生的可能性, 保证建筑主体混凝土结构的整体质量和长久程度, 具有一定的实用价值。

[关键词] 建筑主体; 混凝土裂缝; 裂缝成因; 施工防控; 质量控制

引言:

建筑工程体量不断扩充, 混凝土主体结构承担整体承载力, 保障运行安全并维持长期使用状况, 裂缝常见于施工过程之中, 会破坏建筑外观, 削弱结构原本性能, 引发渗漏问题及使用风险。裂缝产生的原因错综复杂, 仅仅依靠后期修补难以符合工程质量要求, 针对建筑主体混凝土裂缝实施研究, 剖析各种产生原因, 整理施工期间可行的预防措施, 从而给改善主体结构施工质量给予参考指引。

一、建筑主体混凝土裂缝的主要表现及危害

(一) 建筑主体混凝土裂缝的常见类型

混凝土裂缝主要包括塑性收缩、干缩、温度、沉降和荷载裂缝。塑性收缩裂缝多出现在初期, 分布不规则, 常由表面失水过快或养护不足引起; 干缩裂缝多在硬化后出现, 裂缝较细、范围较广; 温度裂缝常见于大体积构件或温差较大部位, 方向受结构约束影响; 沉降裂缝多发生在梁柱节点、墙体转角及基础不均匀沉降处; 荷载裂缝与受力状态有关, 常沿受拉部位发展, 走向较固定。

(二) 混凝土裂缝对结构安全的影响

混凝土裂缝会削弱主体结构整体性, 若出现在梁板、柱、剪力墙等承重构件中, 将改变受力状态。裂缝会破坏截面完整性, 降低受拉区抗裂能力, 削弱钢筋与混凝土黏结, 导致传力异常^[1]。较宽或持续发展的裂缝还会降低构件刚度, 增大挠度和变形, 影响正常使用。若裂缝与冷缝、蜂窝麻面集中出现, 将进一步削弱承载力。高层建筑主体结构裂缝还可能影响整体抗震性和稳定性。

(三) 混凝土裂缝对建筑耐久性和使用功能的影响

混凝土裂缝会降低结构表面密实度, 使水、空气、氯离子等有害介质进入内部, 削弱保护层作用并加速钢筋锈蚀; 锈胀力又会推动裂缝继续扩展, 影响结构耐久性。地下室、屋面、外墙、卫生间等受潮或受水压部位, 裂缝易引发渗漏、返潮、饰面空鼓和墙面污染, 降低使用功能与舒适度。裂缝还影响外观, 增加后期维修加固成本。部分细微裂缝虽短期危害不明显, 但在温湿度变化、冻融和长期荷载作用下, 可能逐步发展为质量缺陷。

二、建筑主体混凝土裂缝的主要成因分析

(一) 材料质量与配合比不合理引起的裂缝

混凝土质量的好坏对主体结构抗裂有着直接的影响。采用安定性差、强度等级低的水泥, 或砂石含泥量高、骨料级配不合理时均会影响混凝土的密实度与稳定性。不合理的配合比设计将导致水灰比过大使混凝土凝结硬化后产生较大孔隙率及疏松结构, 并且其收缩也随之增大; 而过多水泥用量则将使水化热增加从而显著地提高温升值, 并使其在降温过程中产生较大的拉应力。掺加外加剂时若控制不好, 也有可能引起对混凝土终凝时间、坍落度损失和早期强度的影响的问题。对原材料检验不严格, 在施工中随意加水调整混凝土的和易性将破坏原有配比平衡状态, 致使混凝土强度、抗渗和抗裂能力降低进而引起主体结构裂缝。

(二) 温度变化与收缩变形引起的裂缝

混凝土硬化期受水化热、气温和湿度变化影响。墙、板、梁等大体积或强约束构件内部升温后散热慢, 表面降温快, 易产生温度应力; 当其超过早期抗拉强度时便会开裂。硬化后, 干燥收缩、自收缩和碳化收缩也会引发变形, 水分蒸发

越快, 收缩越明显。若结构端部、钢筋、模板或既有构件限制变形, 拉应力会集中于薄弱部位^[2]。昼夜温差大、季节变化明显, 或高温大风施工时, 表面失水加快, 表里变形不协调, 裂缝易沿表面或约束处扩展。

(三) 施工工艺和养护管理不到位引起的裂缝

施工工艺控制不规范是建筑主体混凝土裂缝形成的关键因素, 混凝土运输历时过长, 坍落度出现明显损耗时, 如果现场经由加水来提升流动性, 就会引发强度与密实度降低。在浇筑期间, 分层厚度的掌控失当, 下料高度过高, 振捣不够均匀, 极易引起离析, 蜂窝, 孔洞以及局部薄弱区域的产生, 从而给裂缝的发展创造契机, 模板支撑的刚度不够或者拆模时间提前, 会造成还未达标强度的混凝土遭受过大的形变, 进而引发早期裂缝的出现, 到了养护阶段, 如果未能及时洒水, 覆盖不严密或者养护时间短, 混凝土表面的水分会快速流失, 内外湿度差扩大, 收缩应力不断汇集。

三、建筑主体混凝土裂缝的施工防控技术

(一) 原材料选择与混凝土配合比优化技术

原材料控制重点在于强度, 稳定性以及抗裂性能方面, 水泥要挑选质量稳定, 安定性合格且与工程强度等级相符的种类, 防止由于水化热过大或者凝结性能不正常而产生早期裂缝。砂石骨料需把控含泥量, 针片状颗粒占比以及级配情况, 以确保混凝土拌合物具备优良的密实度和均匀度, 配合比设计须遵照主体结构部位, 施工季节和浇筑状况来执行改良, 恰当调节水灰比, 砂率以及胶凝材料的使用量, 削减过多用水引发的收缩变形, 外加剂和掺合料的选择应当经由适配来完成, 凭借减水剂来改良流动性, 利用粉煤灰, 矿粉之类材料来减少水化热并加强后期性能。

(二) 混凝土浇筑与振捣施工控制技术

混凝土浇筑应按构件特性合理安排顺序, 保证连续作业和分层质量。浇筑前检查模板、钢筋、预埋件及施工缝处理, 避免杂物、漏浆、钢筋位移影响成型。下料时控制自由倾落高度, 防止离析和浆体流失; 分层厚度应匹配振捣设备, 使上下层充分结合。振捣要插点均匀、深度适宜、时间恰当, 振捣棒适当插入下层混凝土, 减少冷缝和夹层^[3]。以表面泛浆、无明显气泡、不再显著下沉为准。施工缝应按受力要求预留, 续浇前做好凿毛、清理和湿润。

(三) 混凝土温度控制与养护防裂技术

温度控制与养护管理属于减小主体混凝土裂缝的关键技术部分, 大体积构件, 厚墙以及梁板节点这些地方要着重把控入模温度和内外温差, 可以经由减小拌合水温, 对骨料遮阳, 分段分层浇筑, 设立测温点等手段来缩减温度应力。在高温季节施工的时候, 应当避开强烈的日照时段, 并及时覆盖保湿材料, 以减少表面水分的蒸发; 而在低温季节施工时, 则要采用保温覆盖或者蓄热养护的方法, 免除混凝土出现早期冻害现象, 养护工作要在终凝之后立即展开, 维持混凝土表面处于潮湿状态, 防止因为失水速度太快而引发干缩裂缝的发生。

四、建筑主体混凝土裂缝施工质量控制措施

(一) 施工前技术准备与质量管理控制

施工之前的技术准备工作需包含图纸审查, 专项方案编写, 材料试验以及人员交底等内容, 对于主体混凝土较易产生裂缝的地方, 要事先剖析梁板结合处, 剪力墙转角, 后浇带, 施工缝以及大体积构件的受力及变形特征, 从而确定浇筑次序, 振捣方法, 保养需求以及温控指标。上海中心大厦主楼基础底板施工时, 底板厚度为 6 米, 混凝土方量约为 6 万立方米, 施工之前会先做一块长 8 米, 宽 6 米, 厚 3 米, 体积为 144 立方米的大尺寸试块来做模拟试验, 用以核实水泥, 骨料, 外加剂以及配合比情况, 并由专家来评审有关水化热和内外温差控制的数据, 这样的准备工作可以把裂缝风险往前推, 防止施工过程中由于方案不明, 参数不准确或者组织不到位而引发质量问题。

(二) 施工过程关键环节监督控制

施工过程中的质量控制要着重关注混凝土供应, 运送, 浇筑, 振捣以及现场协调这些重要部分, 主体结构浇筑的时候, 混凝土需持续供应, 不能因为停止时间太长而产生冷缝, 运送途中要掌握坍落度的变化情况, 绝对不可随便加水来改变工作性能, 浇筑现场应当指定专人去检查模板支撑情况, 钢筋保护层厚度, 预埋件的位置以及分层浇筑的厚度^[4]。上海中心大厦基础底板施工时, 现场组织了 6 家搅拌站同时供料, 投入了 450 辆搅拌车, 19 辆泵送设备以及 2000 多名施工人员, 最快的时候每小时浇筑量达 1100 立方米以上, 还凭借 GPS 系统了解车辆的运输状况, 这种经营方法保障了混凝土供应的节奏, 浇筑的连续性以及施工秩序, 缩减了由于暂停, 离析, 漏振和工序衔接不合理而引发的裂缝。

(三) 裂缝隐患检查与早期处理措施

裂缝隐患检查应贯穿混凝土浇筑后至养护结束全过程,重点监测表面失水、温差变化、边角变形、施工缝结合及早期受力。对大体积或强约束构件,应设置测温点,记录内部与表层温度;发现温差异常时,及时采取覆盖保温、洒水保湿、延迟拆模或调整养护方式等措施。以上海中心大厦基础底板为例,施工中预埋温度传感器并接入计算机系统,实现温度自动监测,便于掌握水化热及降温过程。若出现细小裂缝,应按宽度、深度和发展趋势采取封闭、灌浆或局部修补,防止水分和有害介质侵入。



图1 建筑主体混凝土结构裂缝隐患现场检测

五、建筑主体混凝土裂缝防控体系的完善路径

(一) 建立全过程裂缝防控管理机制

全过程的裂缝防控管理工作机制贯穿设计交底、材料进场、配比审查、现场浇筑、养护监控和后期检验全过程。针对主体结构特点,施工单位应编制裂缝发生风险清单,将梁板交接处、剪力墙转角部位、后浇带部位、施工缝、大体积混凝土等容易产生裂缝部位进行严格管控。每个环节应形成相应的质量验收记录,并使材料检验报告、坍落度检测、振捣记录、测温数据和养护状况可追查。管理措施中还应界定建设单位、监理单位、施工单位以及检测单位的职责与责任范围,防止将防裂工作简单地看成一个工序或某一方责任。

(二) 提升施工人员技术水平与责任意识

混凝土裂缝防治措施的有效落实与施工作业人员的技术水平息息相关。在主体结构施工前进行关于混凝土浇筑顺序、振捣、施工缝留置与处理、模板拆除、温度控制以及养护要求等技术交底,让操作人员清楚地了解不同构件的施工重点。对泵送工、振捣手、模板工和养护工人等分别结合本职工作

内容进行培训学习,以防振捣不到位、分层厚度大及覆盖养护不及时等人为操作因素而引起混凝土裂缝现象^[5]。在管理上还应做到责任到人制度,在关键部位设置班组负责制。技术人员加强现场旁站监督和过程检查指导,使施工作业人员形成一种质量意识,在施工作业过程中减少盲目和随意性。

(三) 强化裂缝防控技术应用与工程质量保障

根据工程体量、结构形式和环境选择性应用裂缝防控技术,杜绝仅后期修补的措施。在温度应力较大的主体构件部位采用低水化热胶凝材料与优化配合比设计,分层及分段施工技术,智能温控以及保温保湿养护等技术。通过控制楼板、墙体和节点部位钢筋保护层、增加构造筋用量以及规范处理施工缝等延长混凝土养护龄期提高抗裂性能。运用信息化管理技术保障质量,基于测温信息数据分析、混凝土强度信息数据、养护记录信息以及巡检信息及时发现因温差超标、失水过快而引发的早期开裂迹象。应用该技术应结合质量验收,将裂缝宽度、发展情况、修复质量及耐久性需求纳入控制工程质量范畴之内。

结语:

建筑主体混凝土裂缝防控对结构安全性、耐久性及使用质量影响很大,其产生原因涉及多方面,如材料、配比、温度变化、施工工艺和养护等。因此在建筑施工过程中要采取严格的质量控制措施,从原材料的选择到混凝土配合比的优化、浇筑振捣的规范化操作、温度的控制与养护以及排查安全隐患等多个环节入手构建综合性的预防措施体系,以期有效减少混凝土裂缝的发生概率,提高建筑物主体结构施工的质量水平。

[参考文献]

- [1] 郑文佳. 建筑主体工程施工中温度裂缝的控制策略探究[J]. 建材发展导向, 2025, 23(22): 118-120.
- [2] 谈铭河. 建筑主体结构施工中裂缝的成因及预防措施[J]. 工程技术研究, 2025, 10(21): 20-22.
- [3] 周鸣, 蔡振苗. 建筑主体结构施工中裂缝的成因及预防控制施工应用[J]. 价值工程, 2023, 42(20): 114-116.
- [4] 陈东方. 医院高层建筑主体结构混凝土收缩裂缝检测方法[J]. 建筑监督检测与造价, 2022, 15(4): 25-29.
- [5] 赵丽军. 高层建筑主体工程施工中温度裂缝的预防控制研究[J]. 居舍, 2021, (24): 179-180.