

# 建筑工程施工中钢筋混凝土质量通病及控制措施分析

姜 辉, 常明迁

(北京建工集团(厦门)建设有限公司, 北京 053400)

**摘 要** 钢筋混凝土作为现代建筑工程中应用最为广泛的结构材料, 其施工质量直接关系到建筑物的安全性、耐久性与使用功能, 在整个建筑工程中占据着不可替代的核心地位。随着我国城市化进程加速推进, 大量高层建筑、超高层建筑以及特种工程结构不断涌现, 对钢筋混凝土结构质量提出了更高要求。本文通过分析钢筋混凝土施工中的典型质量通病, 从材料选择、配合比设计、施工工艺等多角度提出针对性控制措施, 旨在为提升建筑工程钢筋混凝土结构质量提供实用参考, 从而促进工程建设质量水平整体提升。

**关键词** 钢筋混凝土; 质量通病; 施工质量控制; 配合比设计; 振捣工艺

中图分类号: TU755

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.13.021

## 0 引言

在实际施工过程中, 尽管技术规范日趋完善, 施工机械装备不断更新, 但钢筋混凝土结构依然频繁出现各类质量问题, 据住建部 2023 年统计数据, 全国工程质量安全监督抽查中, 钢筋混凝土结构质量问题占比高达 37.8%, 成为建筑工程质量通病的“重灾区”。就工程现场实际情况而言, 钢筋混凝土构件经常出现蜂窝麻面、孔洞凹陷、钢筋外露、保护层不足、表面裂缝等常见缺陷, 这些问题若得不到及时处理, 长期暴露在复杂环境中, 会导致结构使用寿命明显缩短, 增加后期维护成本。

## 1 钢筋混凝土质量通病分析

### 1.1 蜂窝与孔洞问题

蜂窝与孔洞问题作为钢筋混凝土结构最为常见的表面缺陷, 主要表现为构件表面呈现大小不等的凹坑或孔洞, 混凝土骨料裸露于表面, 严重时甚至形成贯通性空洞。造成此类问题的主要原因包括: 混凝土配合比设计不合理, 水灰比控制不当导致坍落度过小, 增加了混凝土流动难度; 粗骨料粒径偏大 ( $\geq 31.5$  mm) 或含泥量超标 ( $> 1.5\%$ ), 影响混凝土工作性; 模板接缝不严密, 漏浆现象严重; 钢筋间距过小 (小于骨料最大粒径的 1.5 倍), 形成“窗帘效应”阻碍混凝土充分填充; 振捣工作不到位, 特别是构件转角处、钢筋密集区振捣不充分, 留下气泡未能排出<sup>[1]</sup>。

### 1.2 漏筋问题

漏筋问题指钢筋裸露于混凝土表面或保护层厚度

严重不足的现象, 主要原因包括: 钢筋定位措施不当, 垫块数量不足或分布不均 (每平方米少于 4 个), 导致浇筑过程中钢筋位移; 混凝土浇筑高度过大 (超过 2 m 自由倾落), 冲击力导致钢筋变形位移; 模板支撑系统刚度不足, 在混凝土侧压力作用下发生变形<sup>[2]</sup>; 施工人员操作不当, 踩踏钢筋造成变形下沉。

### 1.3 裂缝问题

裂缝作为钢筋混凝土结构最常见且危害最大的质量通病之一, 根据其成因与特征可分为塑性裂缝、收缩裂缝、温度裂缝与结构裂缝等多种类型。塑性裂缝主要出现在混凝土初凝前, 通常呈现不规则网状分布, 深度可达构件厚度的 1/3, 多由混凝土表面失水速率过快 (蒸发速率  $> 1$  kg/m<sup>2</sup>·h) 引起; 干缩裂缝则因水泥水化热释放与环境温差 ( $\geq 20$  °C) 导致温度应力超过混凝土抗拉强度而形成, 多呈现贯通性、规则性特征; 温度裂缝在大体积混凝土结构中尤为常见, 内外温差达 25 °C 时即可诱发严重裂缝; 结构裂缝则与荷载作用直接相关, 常出现在受力集中区域, 呈现规律性分布特征。

## 2 钢筋混凝土质量通病控制措施

### 2.1 施工前期质量控制

施工前期质量控制对预防钢筋混凝土质量通病具有奠基性作用, 应当从设计审核、材料把关、工艺策划等多方面入手进行系统管控。其一, 组织专业技术人员对施工图纸进行全面审核, 重点关注构件截面尺寸与钢筋配筋情况, 发现钢筋密集区域 (净距小于 25 mm) 及时提出优化建议, 必要时可采用三维可视化技术进

行节点复杂部位的碰撞检查,确保设计的可施工性。其二,建立完善材料进场检验制度,水泥需进行标准稠度测试(稠度要求26%~30%),强度检验符合设计要求。其三,制定详细的施工方案与技术交底文件,明确关键工序控制点,针对钢筋绑扎、混凝土浇筑等环节制定具体技术参数与验收标准<sup>[3]</sup>。

## 2.2 钢筋施工质量控制

1. 钢筋加工与安装规范。钢筋工程质量直接影响混凝土结构的整体性能,加工安装环节必须严格控制技术参数与操作规范。钢筋下料应严格按照施工图纸要求进行,误差控制在 $\pm 10$  mm以内;在弯曲加工中,弯钩角度控制在 $135^\circ \pm 5^\circ$ ,弯钩直线段长度不小于钢筋直径的10倍;弯折半径满足规范要求(受力钢筋不小于 $3d$ ,非受力钢筋不小于 $2d$ ),避免应力集中引发开裂。安装定位阶段,必须采用足够数量的垫块确保钢筋位置稳定,柱类构件每平方米不少于5个,板类构件每平方米不少于4个,垫块强度等级应高于混凝土设计强度一个等级;对于复杂节点区域可采用定型夹具固定钢筋,确保浇筑过程中不发生位移;保护层厚度控制尤为关键,应根据环境等级确定合理厚度(一般环境25~40 mm,腐蚀环境40~50 mm),通过塑料垫块或混凝土垫块准确定位。

2. 钢筋绑扎与焊接要求。钢筋连接质量对确保结构整体性能至关重要,绑扎与焊接工艺必须符合规范要求。绑扎连接应采用22#镀锌铁丝,绑扎点数量满足规定(梁柱钢筋交叉点不少于50%,且均匀分布),绑扎方式根据受力情况选择“八”字形或“十”字形,确保紧固牢靠;对于剪力墙、梁板类构件,相邻两根受力钢筋的接头应错开,错开距离不小于钢筋搭接长度的1.5倍,避免应力集中。采用焊接连接时,电渣压力焊接头抗拉强度不应低于钢筋抗拉强度的95%,闪光对焊接头强度不低于90%;焊接工艺参数必须经过试验确定,焊接电流控制在320~480 A,电压控制在22~32 V,焊接速度3~7 cm/min;焊后必须进行外观检查与力学性能检验,确保接头质量。钢筋连接区域需设置在低应力区,避开构件最大弯矩区域<sup>[4]</sup>;同一截面钢筋接头百分率严格控制,受拉区不超过50%,受压区不超过25%。施工中特别注意避免小直径钢筋与大直径钢筋直接焊接(直径比不宜超过1:1.7),防止热影响区脆性断裂;焊接完成后进行必要的保温养护,确保接头区域缓慢冷却,减少残余应力。

## 2.3 混凝土材料选择与配合比设计

1. 粗骨料选择。粗骨料质量对混凝土工作性与耐久性有重大影响,选择应符合工程特性需求。针对不

同构件特点,选择合适粒径范围的粗骨料,一般柱墙等构件宜选用5~25 mm连续级配骨料,对于特别密集钢筋区域,最大粒径不宜超过20 mm;骨料针片状颗粒含量严格控制在15%以下,过高会降低混凝土流动性,增加蜂窝麻面风险;骨料表面清洁度直接影响粘结性能,泥土含量必须控制在0.5%以下,石粉含量不超过1%;对于高强混凝土工程,骨料压碎指标不应超过12%,确保有足够的力学性能。实际应用中,优先选择机制碎石作为粗骨料,其棱角性有利于提高混凝土整体强度(可提高5%~10%);在低温环境施工时,应检测骨料含水率(控制在4%~6%)并适当调整用水量,避免因含水率波动导致混凝土性能不稳定。

2. 细骨料选择。细骨料品质对混凝土和易性与表观质量影响显著,选择标准应满足工程技术需求。细度模数控制在2.3~3.0之间,粒径分布均匀,过细或过粗都会影响混凝土性能;含泥量严格控制在3%以下,云母含量不超过2%,以免显著降低混凝土强度;对于泵送混凝土工程,细骨料需含有适量0.315 mm以下颗粒(8%~15%),增强混凝土粘聚性,防止离析泌水。在实际应用中,优先选用天然河砂作为细骨料,其圆滑表面有利于提高混凝土流动性;对于高强度混凝土,可采用细度模数较大(2.8~3.0)的中粗砂,降低用水量,提高强度;针对外露混凝土表面,宜选用颗粒级配良好的中砂(细度模数2.5~2.8),减少表面缺陷。在砂源紧缺地区,可考虑使用机制砂替代天然砂,但应注意控制石粉含量(不超过7%),必要时通过筛分或水洗方式降低石粉含量,并通过增加外加剂用量(增加0.2%~0.4%)补偿其对混凝土流动性的不利影响。

3. 外加剂选择。外加剂作为现代混凝土不可或缺的组成部分,合理选择对提高混凝土性能至关重要。减水剂类型应根据工程特点确定,一般工程可选用普通减水剂(减水率15%~25%),对于高强度、高流动性要求的混凝土宜选用高效减水剂(减水率25%~35%);缓凝组分含量需根据季节气温调整,夏季高温( $\geq 30^\circ\text{C}$ )时,掺入0.2%~0.3%缓凝型组分,延缓凝结时间2~4小时;冬季低温( $\leq 5^\circ\text{C}$ )时,选用早强型减水剂,配合1%~2%的氯化钙(非钢筋区域),加速硬化进程。对于大体积混凝土,应选用低热水泥配合适量粉煤灰(15%~30%)与缓凝型减水剂,控制水化热峰值温度不超过 $70^\circ\text{C}$ ,内外温差控制在 $25^\circ\text{C}$ 以内<sup>[5]</sup>。针对高流态自密实混凝土,需选用聚羧酸系高性能减水剂(用量0.8%~1.5%)配合粘度调节剂(0.05%~0.2%),确保高流动性(坍落度扩展度60~70 cm)与不离析性能兼具。外加剂使用前必须进行相容性试验,特别

是不同品牌或不同类型外加剂混用时,防止因不良反应导致混凝土性能劣化。

4. 配合比设计调整。混凝土配合比设计是确保质量的核心环节,必须根据工程特点进行针对性优化。水胶比应根据强度等级与耐久性要求确定,一般 C30 混凝土控制在 0.50~0.55, C40 混凝土控制在 0.40~0.45, 高强混凝土( $\geq$ C50)控制在 0.35 以下;单位用水量严格控制,泵送混凝土不超过  $185\text{ kg/m}^3$ ,普通混凝土不超过  $175\text{ kg/m}^3$ ,过高用水量将显著增加收缩开裂风险。胶凝材料总量应适度控制,通常 C30 混凝土胶凝材料用量  $380\sim 420\text{ kg/m}^3$ , C40 混凝土  $420\sim 460\text{ kg/m}^3$ ,过高将增加水化热与收缩量;砂率根据骨料特性与施工条件确定,一般泵送混凝土控制在 36%~40%,普通混凝土 33%~38%,过高或过低都会影响和易性。

#### 2.4 混凝土浇筑施工质量控制

1. 浇筑工艺控制。混凝土运输时间应严格控制,从拌合到卸料时间夏季不超过 90 分钟,冬季不超过 120 分钟,确保混凝土不发生离析与初凝;浇筑前必须再次检查混凝土坍落度( $\pm 20\text{ mm}$ )、含气量(4%~6%)等关键性能指标,确保符合设计要求;浇筑速度要科学控制,墙柱类构件宜控制在  $0.5\sim 1\text{ m/h}$ ,防止侧压力过大导致模板变形,楼板类构件宜控制在  $80\sim 120\text{ m}^3/\text{h}$ ,与振捣能力相匹配。混凝土倾落高度是控制离析的关键因素,直接倾落高度不应超过 2 m,超过时应采用串筒、溜管或泵送方式,减小冲击力;浇筑时应避免移动钢筋,必要时设置临时支架,确保钢筋位置稳定;雨天浇筑需搭设临时防雨棚,防止雨水冲刷导致水灰比增大;高温环境( $\geq 32\text{ }^\circ\text{C}$ )下浇筑应采取降温措施(如使用冰水拌合、遮阳养护等),控制混凝土入模温度不超过  $30\text{ }^\circ\text{C}$ ,降低温度应力开裂风险。

2. 分层分段浇筑方法。分层分段浇筑是确保混凝土质量均匀性的重要技术措施,应根据结构特点科学划分。分层厚度应与振捣系统性能匹配,一般内部振捣器作用半径为  $10\sim 15\text{ mm}$ ,分层厚度控制在振捣器作用长度的 0.7~0.8 倍,通常不超过  $30\text{ cm}$ ;大体积混凝土基础可控制在  $40\sim 50\text{ cm}$ ,确保下层混凝土在上层浇筑前仍处于可塑状态(间隔时间控制在 2 小时内),避免形成施工冷缝。分段长度根据结构类型确定,连续墙体宜采用“跳仓法”施工,单段长度控制在 12 m 以内;柱类构件宜一次连续浇筑完成;大面积楼板宜划分为  $10\times 10\text{ m}$  左右的小区块,按照棋盘格顺序进行浇筑。接缝处理必须规范,水平施工缝表面应清理至露出骨料,保持粗糙度;竖向施工缝需采用钢丝刷清理或凿毛处理,新浇混凝土前涂刷水泥浆或界面剂,

确保新旧混凝土紧密结合。特殊结构如转换层、大跨度梁等,可采用后浇带技术,留设宽度  $300\sim 500\text{ mm}$  的后浇段,待主体结构收缩变形基本稳定后(一般 28 天以上)再进行封闭,有效减少收缩裂缝。

3. 混凝土振捣要求。混凝土振捣工艺直接决定了混凝土的密实度,是防止蜂窝孔洞的关键环节。振捣器选型应与结构特点匹配,一般构件宜选用  $\Phi 50\text{ mm}$  振捣棒,振动频率  $8\ 000\sim 12\ 000$  次/分钟;对于密集钢筋区域可选用  $\Phi 30\sim 40\text{ mm}$  小直径振捣棒,振动频率  $12\ 000\sim 16\ 000$  次/分钟;大体积混凝土可配合使用插入式振捣器与平板振捣器联合作业。振捣方法必须规范,插点间距控制在振捣器作用半径的 1.5 倍(约  $30\sim 50\text{ cm}$ ),形成作用圈重叠;振捣时间根据混凝土流动性确定,一般持续  $15\sim 30$  秒,以混凝土表面不再出现大气泡、表面平整呈现浮浆为准;振捣过程应避免触碰钢筋与模板,防止产生“窗帘效应”或离析现象。复杂节点区域如梁柱连接处,应重点加强振捣,可采用“二次振捣”技术,即首次振捣后  $15\sim 30$  分钟进行二次补充振捣,消除因沉降引起的空隙;墙柱类构件应采用分层斜插法振捣,振捣棒插入下层混凝土  $5\sim 10\text{ cm}$ ,确保层间结合紧密。大面积混凝土可结合人工振捣与机械振捣,形成有效互补,确保振捣质量均匀可靠。

### 3 结束语

钢筋混凝土质量通病治理是一项系统工程,需要从设计、材料、施工工艺等多方面综合考量,建立全过程质量控制体系。实践表明,提高施工人员技术水平与质量意识,落实各项技术标准与操作规程,才能从根本上提升钢筋混凝土工程质量。随着新材料、新工艺、新技术在建筑工程中的广泛应用,钢筋混凝土结构质量控制水平将不断提高,为打造安全耐久的建筑工程奠定坚实基础。

#### 参考文献:

- [1] 林国清. 建筑钢筋混凝土主体结构检测技术[J]. 质量与认证, 2025(02):97-99.
- [2] 刘聪莹. 钢筋混凝土结构无损检测技术应用[J]. 建筑机械, 2025(01):137-140.
- [3] 叶公平. 住宅建筑工程中的钢筋混凝土质量监督管理措施[J]. 居舍, 2024(35):166-169.
- [4] 俞传熙. 建筑工程中钢筋混凝土工程施工关键技术分析[J]. 中国水泥, 2024(12):110-112.
- [5] 吴祥高. 建筑房屋工程钢筋混凝土灌注桩施工技术分析[J]. 中国建筑金属结构, 2024,23(11):78-80.