

建筑工程中混凝土质量缺陷分析与控制

文 / 王海霞 青海省海东市互助县住房和城乡建设局

摘要：在建筑工程混凝土施工时，受施工材料、工艺等因素影响混凝土结构容易产生裂缝、蜂窝、麻面、露筋等质量缺陷，直接影响混凝土结构安全、使用功能。为减少混凝土质量缺陷产生，提升混凝土结构强度，本文通过分析混凝土质量缺陷的类型，从混凝土施工材料选择、混凝土浇筑、振捣、养护多方面解析混凝土质量缺陷控制方案，以提高建筑工程混凝土质量，保证建筑工程运行效果，延长工程使用寿命。

关键词：建筑工程；混凝土；质量缺陷；控制措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.16.030

引言

建筑工程中混凝土材料应用普遍，是组成建筑主体的结构，其质量对于建筑工程的安全性、功能性、耐久性、使用寿命存在直接影响。但建筑工程混凝土结构投入使用中质量问题发生率较高，裂缝、蜂窝、麻面、露筋的情况比较常见，导致建筑工程美观性下降，也会造成使用寿命缩短，无法满足建筑工程使用需求。因此，深入分析建筑工程混凝土质量缺陷，并采取合理控制措施，使建筑工程混凝土质量合格，满足建筑工程运行需求，延长使用寿命。

一、混凝土质量缺陷的类型

(一) 裂缝

建筑工程混凝土结构病害发生概率较高的是裂缝，其形成原因多样化且具备复杂性。混凝土结构裂缝的原因主要是内外温差大、收缩变形、地基不均匀沉降、荷载作用多因素共同影响，导致裂缝发生。混凝土结构裂缝有如下几种表现形式：温度裂缝，混凝土硬化过程中水化热没有及时释放而造成的；收缩裂缝，混凝土干燥时引发体积收缩出现裂缝；沉降裂缝，因为地基承载力不足，出现沉降不均匀引发裂缝；荷载裂缝，由于混凝土结构受到外部荷载分布不均匀而引发裂缝。

(二) 蜂窝

建筑工程混凝土结构病害中蜂窝比较常见，主要是因为粗骨料颗粒之间砂浆填充的密实度不足而造成混凝土内部呈现出蜂窝状的孔洞缺陷，蜂窝见图1所示。

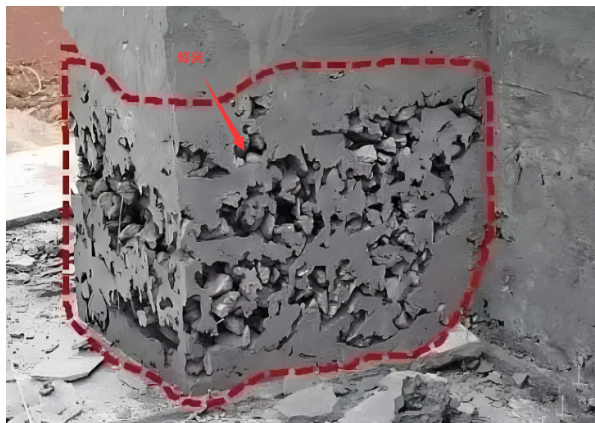


图1 蜂窝

该缺陷问题形成的原因，主要是配合比设计不当、搅拌不均匀、振捣不密实，极大的影响混凝土结构强度。混凝土材料设计阶段配合比选择不合理，造成砂浆量无法充分填充骨料空隙引发蜂窝；混凝土生产制作阶段搅拌不均匀，各种材料分布不均衡造成整体性能下降；由于混凝土结构振捣的过程中并未按照工艺方案要求进行，各位置振捣密实度不达标存在气泡形成蜂窝结构^[1]。

(三) 麻面

建筑工程混凝土结构施工过程中表面存在粗糙、不光滑的情况，主要为微小凹坑或斑点，这就是麻面缺陷。该缺陷是因为模板表面不光滑、脱模剂涂抹不均匀、混凝土振捣不密实造成的，对表面质量产生不利影响。由于模板加工时表面粗糙度过高，浇筑后和混凝土粘连引发表面麻面。而混凝土振捣过程中并未按照技术方案进行，表面砂浆层过薄，不能覆盖骨料颗粒形成麻面。

(四) 露筋

建筑工程混凝土结构内部配置的钢筋是提高结构承载力、稳定性的关键，一旦出现露筋问题影响结构强度。混凝土结构露筋，是因为保护层厚度不足、钢筋绑扎不牢固、振捣时钢筋移位造成的。保护层厚度不足，投入使用后外部环境侵蚀下造成耐久性下降；钢筋绑扎不牢固，使其浇筑时发生移位而引发露筋；振捣过程中操作不当，出现钢筋外露在表面引发露筋缺陷。

二、建筑工程混凝土质量缺陷对建筑工程的影响

(一) 对结构安全的影响

建筑工程混凝土结构出现质量问题，对结构强度、安全性、耐久性产生不利影响，特别是裂缝、蜂窝、麻面、露筋而影响结构承载力与稳定性。裂缝发生时导致其截面积减小，抗弯、抗剪性能不足，外部侵蚀性物质进入到内部引发钢筋锈蚀影响结构强度。蜂窝、孔洞导致混凝土密实度下降，抗压强度不足，受到外力作用时发生破坏。露筋指的是钢筋暴露在外无法提高结构强度，也会受到外部环境侵蚀影响及耐久性。上述缺陷发生后，如果混凝土结构处于极端条件或者意外荷载作用造成其损伤严重，引发人员伤亡和财产损失。

(二) 对使用功能的影响

建筑工程混凝土质量缺陷对其使用性能有直接影响，

如麻面、露筋缺陷导致美观性不足，客户满意度下降，防水性、防潮性不合格，也会影响建筑居住舒适性。裂缝、蜂窝缺陷发生后，渗水、漏水发生概率较高，对室内装修、设备产生损害造成成本升高。此外，上述缺陷的发生影响建筑结构的隔、音隔热性能，对整个建筑节能产生不利影响。

（三）对经济效益的影响

由于建筑工程混凝土结构发生质量缺陷，对于项目经济效益有直接影响。建筑结构发生缺陷问题后进行修复需要投入大量的人力、物力、财力，使得工程成本升高。而对于严重的质量缺陷来说，需进行建筑物重新建设，

经济损失巨大。质量缺陷的出现造成建筑工程结构使用寿命缩短，频繁维修和保养也会耗费大量资金。除此之外，建筑工程出现质量缺陷对于建筑物市场价值造成影响，无法正常使用，出售、出租难以完成^[2]。

三、建筑工程混凝土质量缺陷的控制措施

（一）原材料质量控制

建筑工程混凝土生产的过程中严格遵守国家标准、行业规范以及设计标准，对各材料进行检查验收，使其质量合格再进行混凝土材料生产制作。同时，建设完善的质量管理档案，做好各项质量参数检查和记录工作，使得混凝土质量具备可追溯性，具体检测要求可见表1。

表1 原材料质量控制要求

原材料	技术指标	数据要求
水泥	强度等级	42.5级、52.5级
	安定性	合格
	凝结时间	初凝时间≥45分钟，终凝时间≤600分钟
	细度	符合国家标准，如比表面积≥300m ² /kg
砂	细度模数	根据设计要求，一般在2.4~3.0之间
	含泥量	≤1.0%（对于中砂）
	泥块含量	不允许
石	颗粒级配	符合设计要求，保证良好的级配曲线
	含泥量	≤0.7%（对于碎石）
	泥块含量	不允许
	压碎值	≤16%（对于碎石）
水	pH值	符合饮用水卫生标准，一般6.5~8.5
	氯离子含量	≤0.06%（对于钢筋混凝土用水）
外加剂	减水率	根据产品说明书，一般≥15%
	泌水率比	≤95%

（二）配合比优化设计

混凝土材料生产制作阶段加强配合比优化设计，使得混凝土材料性能达到技术标准。配合比的设计从强度、和异性、耐久性方面展开，从而保证混凝土性能达到技术标准。通常情况下，正式施工开始前应进行混凝土材料试配。试配过程中根据设计方案调整水泥用量、砂率、水灰比参数，使混凝土材料性能达到最佳状态。同时，经过试配结果的分析，加强配合比检测，并根据要求调整使得混凝土质量合格。

（三）规范施工操作

1. 搅拌

混凝土作为混合性的材料，搅拌过程中严格按照技术标准进行，保证混凝土材料性能达到要求。根据混凝土材料搅拌制作要求，其搅拌时间一般控制在2~3min之间，使得混凝土材料充分搅拌均匀。搅拌过程中选择强制式搅拌机为主，提高搅拌效率，可以适当缩短搅拌时间，一般为90s以上。混凝土搅拌阶段按照技术标准合理调整投料顺序，通常先将粗骨料、水泥、细骨料加入设备内，充分干拌均匀后再加入水与外加剂，湿拌达到规定时间。混凝土搅拌制作阶段随时抽查混

土材料塌落度，使其在设计标准要求的±20mm以内。假设设计方案中规定塌落度为180mm，则塌落度控制在160~200mm，使得混凝土工作性能合格^[3]。

2. 运输

混凝土材料搅拌制作结束后检测达到要求，即可运输到作业现场。运输过程中合理规划运输路线，尽量缩短运输时间，避免出现离析、沁水的问题影响混凝土性能。混凝土运输采用专用混凝土搅拌车进行，运输时间在90min以内。如果运输距离比较远或者环境温度较高，可以适当增加运输车搅拌速度，并采取必要降温措施。混凝土材料运输阶段车辆搅拌速度为2~4r/min，运输环节具备均匀性。

3. 浇筑

建筑工程混凝土结构施工时浇筑作为核心工序，关系到混凝土结构的性能和建筑施工效果。混凝土浇筑阶段对各项参数展开检测，使混凝土材料均匀，使其填充到模板内部，确保混凝土结构性能不受影响。浇筑开始后保持连续进行，尽量避免设置施工缝，否则将会影响接缝位置的强度。根据建筑工程施工需求调整浇筑速度，需综合考虑到混凝土供应能力、结构特点调整，使其速

度为 $15\text{m}^3/\text{h}$ 以内，顺利完成浇筑作业。大体积混凝土浇筑施工过程中采取分层浇筑施工方式，单层厚度控制在 500mm 以内，且两层之间间隔时间在初凝时间以内，防止设置冷缝导致结构强度不合格^[4]。

4. 振捣

混凝土结构施工中振捣作为重点工序，是提高混凝土结构密实度的关键。振捣施工中以插入式振捣器为主，振捣棒插入到下层混凝土结构内 50mm 左右，使得上下两层连接达到整体性。振捣过程中单次振捣时间 $2030 \sim \text{s}$ ，以表面不再下沉、无气泡冒出、表面泛浆为准。振捣时间间隔距离设定为振捣棒直径的 1.5 倍，通常在 400mm 左右，防止漏振、过振影响混凝土结构性能。针对钢筋密集度较高或者薄壁结构，选择使用小直径振捣棒或者附着式振捣器，防止存在死角而影响混凝土结构密实度。

(四) 加强养护管理

1. 制定养护计划

建筑工程混凝土施工中选择适宜养护方案，分析混凝土种类、强度等级、气候条件、结构特性确定。养护施工过程中，其时间通常在 14 天以上。如果混凝土强度等级较高，还要延长养护时间。养护阶段根据现场具体情况选择适宜养护方法，主要为自然养护、蒸汽养护、喷涂养护剂。养护施工制定详细养护方案和工艺流程，例如：每日定时喷水保湿、覆盖保湿材料，使得混凝土表面始终处于湿润状态^[5]。

2. 加强养护监督

根据建筑工程混凝土施工需求加强养护监督，随时抽查检测混凝土养护是否合格，养护记录是否完整。监督小组具备较高的专业知识水平和丰富经验，并且准确判断养护施工效果，及时发现潜在问题。现场监督过程中对混凝土表面湿润度、温度控制以及是否存在裂缝、剥落情况展开检测，并及时采取修复措施外，建设养护、监督、追溯机制，做好现场记录工作，明确责任人，一旦发生严重问题立即追究相关人员责任。

3. 采用先进的养护技术

现代工程技术逐步发展之下，先进的混凝土养护施工技术逐步应用到实际中，如智能喷水养护系统、蒸汽养护技术、喷涂养护剂。智能喷水养护系统，结合混凝土表面湿度调整喷水频率和水量，使得混凝土结构有良好的湿度条件。蒸汽养护加强温度、湿度控制，使得混凝土水化反应合格，提高早期强度。喷涂养护剂混凝土结构表面形成保护层，避免水分蒸发或外部有害物质侵入而导致混凝土结构强度下降。通过上述新型养护施工技术，关注混凝土结构养护施工效果，落实各项控制措施，进而确保混凝土养护效果合格。

(五) 严格控制验收质量

1. 制定验收标准

建筑工程混凝土结构施工中，其验收主要从强度、耐久性、外观质量多个方面出发。混凝土强度检测极为

重要，例如：C30 混凝土 28 天抗压强度应在 30MPa 以上；耐久性检测中主要从抗渗、抗冻性能展开，例如：抗渗性达到 P8 以上；混凝土外观质量检测时，达到平整、无裂缝、无蜂窝、无麻面的要求。此外，验收标准中还要从尺寸偏差、预埋件位置方面展开，使得混凝土结构整体性、安全性达到技术标准。

2. 进行验收检验

建筑工程混凝土结构在最终收阶段通过验收检验的方式，确定各项性能指标是否达到建筑工程运行需求。例如：采用回弹仪检测混凝土结构强度，回弹值符合设计标准，且相同养护条件下试件抗压强度和回弹结果相互验证；采用超声波检测仪探测混凝土结构内部是否存在缺陷，没有空洞、不密实的情况再投入使用；使用塞尺、直尺作为工具检测混凝土结构表面平整度，使其偏差不超过 $\pm 5\text{mm}$ ；大体积混凝土加强温度监测，内外温差在 25°C 以内，避免发生温度裂缝；检测预埋件、预留孔洞尺寸，使其尺寸精度合格。

3. 加强验收监督

加强验收监督指的是在混凝土结构验收过程中落实各项监督措施，避免因为监督检查不到位而引发混凝土缺陷。根据验收监督工作需求组建高水平验收监督工作机构和小组，对验收的整个过程进行全面监督。监督过程中主要从如下几个方面内容进行：验收标准执行情况、检测方法正确性、检验数据真实性。监督人员具备较高的专业技术水平和丰富的经验，及时判断验收过程中是否存在问题并提出整改意见。同时，建设验收质量追溯机制，对验收时每个细节进行记录，以便发现问题后及时追究相关人员责任。如果验收过程中发现存在质量缺陷，立即组织施工单位修复、调整。

结语

建筑工程混凝土结构施工中病害问题发生概率较高，对混凝土结构强度、耐久性以及使用寿命产生不利影响。为保证建筑工程混凝土结构质量达到运行需求，需加强质量缺陷分析，并采取质量控制措施，从而提高建筑工程运行水平。同时，根据建筑工程混凝土质量控制工作标准加强各环节监督检查，使得每个工序按照设计方案逐步进行，使混凝土结构性能达到技术标准。

参考文献

- [1] 成城. 房屋建筑工程中混凝土施工质量控制 [J]. 中国住宅设施, 2023, (02): 133-135.
- [2] 王德兴. 住宅建筑工程中混凝土质量管理研究 [J]. 居舍, 2023, (19): 65-67.
- [3] 冯遥, 强裔. 建筑工程中混凝土结构的施工质量控制 [J]. 砖瓦, 2023, (11): 116-118+121.
- [4] 王皓飞. 建筑施工过程混凝土工程质量控制 [J]. 产品可靠性报告, 2024, (06): 50-51.
- [5] 叶公平. 住宅建筑工程中的钢筋混凝土质量监督措施 [J]. 居舍, 2024, (35): 166-169.