

建筑工程和市政工程现浇混凝土施工裂缝控制技术研究

文 / 薛 侃 深圳宏一科技集团有限公司

摘要：本研究深入分析现浇混凝土施工裂缝控制技术，以提升建筑工程质量。对裂缝类型系统分类，结合实际案例数据统计分布规律，从材料、施工等多方面分析裂缝成因。提出涵盖材料选择优化、施工工艺改进、温度控制措施及养护方法的施工控制技术，探讨裂缝修补技术。研究发现，合理施工控制技术可显著降低裂缝发生率与宽度，有效修补技术能恢复结构性能。这些成果对提升建筑工程整体质量，确保结构安全与耐久性有重要意义。

关键词：现浇混凝土；裂缝；施工控制技术；修补技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.23.018

引言

现浇混凝土技术优势显著，在建筑结构领域应用广泛。能有效控制建筑物自重，具备优异隔音效果，显著缩短工期并降低综合造价，展现明显经济效益与社会效益。现代建筑工程项目中，现浇混凝土构件作为核心结构部件，整体性和稳定性对建筑物安全性和耐久性起决定性作用。该技术灵活性和适应性强，能满足不同类型建筑设计需求，进一步推动在建筑行业的普及与应用。

一、建筑工程和市政工程现浇混凝土施工裂缝控制概述

在建筑工程与市政工程中，现浇混凝土结构因材料性能、施工工艺及环境因素的耦合作用，极易产生收缩、温度、沉降等多类型裂缝。通过系统梳理裂缝分布规律与成因机理，控制策略已从传统的“事后修补”转向“全过程预控”：在材料端优选低热水泥、连续级配骨料及活性掺合料，降低水化热与收缩；在施工端强化模板支撑刚度、分层浇筑与“快插慢拔”振捣，减少早期变形；在养护端推行覆盖+喷雾复合保湿，确保早期湿度 $\geq 90\%$ 、时间 ≥ 7 d；在温度端采用实时测温-冷却水循环联动，将内外温差控制在 ≤ 20 °C。工程实证显示，集成应用上述措施后，楼板裂缝发生率可由45%降至12%，宽度普遍 < 0.2 mm，显著提升了结构的耐久性、安全性与使用寿命。

二、现浇混凝土裂缝类型及分布规律

表1 现浇混凝土裂缝类型及分布统计

裂缝类型	出现频率 (%)	主要分布位置	典型宽度 (mm)	占比 (%)
斜裂缝	62	内外墙交接处、建筑角落	0.5-1.5	60%
收缩裂缝	25	楼板表面 (养护不足区域)	≤ 0.3	30%
温度裂缝	10	大体积浇筑区域 (夏季施工)	1-3	7%
沉降裂缝	3	地基软弱区域、转角部位	1-5 (随沉降变化)	3%

三、现浇混凝土裂缝成因分析

(一) 材料因素

混凝土配合比中，水灰比和水泥用量不合理会增加裂缝概率。较高水灰比使混凝土硬化时孔隙率大，抗拉强度降低，收缩量增加；水灰比超0.5，干缩率提高15%~20%，加剧裂缝。水泥用量过多会增加水化热引发

(一) 常见裂缝类型

现浇混凝土常见裂缝包括收缩裂缝、温度裂缝、沉降裂缝等。收缩裂缝由水分蒸发或水化反应致体积收缩产生，宽度小、分布均匀；温度裂缝因内外温差大引发，宽度较大，多出现于浇筑早期；沉降裂缝与地基沉降或模板支撑不稳相关，宽度随沉降变化，集中于转角或荷载区^[1]。按表现形式可分为横向、纵向、弯曲及斜裂缝等，其中斜裂缝发生率超60%，常见于墙角及交接处，对结构承载影响显著。

(二) 结合实际案例的数据统计

实际工程中，斜裂缝在部分项目占比超60%，分布于墙角及交接处，宽约1mm；收缩裂缝占比约25%，常见于表面；温度裂缝在大体积混凝土夏季施工中易出现，宽2-3mm，集中于浇筑后7天内；沉降裂缝在地基处理不当处频发，宽度随沉降扩大。裂缝分布规律与成因关联紧密，为控制技术制定提供依据。通过对多个实际工程案例的调研与分析，可以清晰地了解现浇混凝土裂缝的分布规律及其出现频率。例如，在A工程中，斜裂缝的发生率显著高于其他类型裂缝，占比超过60%，其主要分布于内外墙交接处及建筑四个角落，裂缝宽度一般在1mm左右，并可能延伸至结构集中荷载作用位置（参考案例数据）。为直观展示不同裂缝类型的分布特征，统计某地区50个工程项目数据，整理成表1：

温度裂缝，过少则可能强度不足；每增加10%，内部温升提高5°C~8°C，促进温度裂缝。施工中需严格控制配合比，保证水灰比和水泥用量合理。水泥水化热来自水泥矿物与水的化学反应，热量积聚使内外温差增大产生温度应力，超过抗拉强度时出现裂缝^[2]。水化热与水泥品种、细度及掺合料比例相关，普通硅酸盐水泥水化

热较高，矿渣硅酸盐水泥较低。混凝土厚度越大，内部热量越难散发，温升越高；厚度超 1 米时，内部最高温度可达 60℃ 以上，易形成温度裂缝。施工中应优先选低热水泥，添加粉煤灰等掺合料降低水化热。为验证材料因素对裂缝的影响，设计如下实验：（1）实验目的：对比不同水灰比和水泥品种对混凝土收缩率的影响。（2）实验方法：制备 4 组混凝土试块，分别采用普通硅酸盐水泥（P.O 42.5）和低热水泥（LLH），水灰比分别为 0.4、0.5、0.6，标准养护 28 天后测量收缩率。

实验结果如表 2 所示：

表 2 不同水灰比与水泥品种的收缩率对比（%）

组别	水泥品种	水灰比	收缩率
1	普通水泥	0.4	0.65
2	普通水泥	0.5	0.82
3	普通水泥	0.6	1.10
4	低热水泥	0.5	0.52
5	低热水泥	0.6	0.68

结论：（1）水灰比越高，收缩率显著增加；（2）采用低热水泥可显著降低收缩率，建议优先选用。

（二）施工因素

模板支撑体系稳定性影响施工质量，支撑不稳会导致混凝土浇筑和养护时不均匀沉降或变形，引发裂缝。支撑系统刚度不足、安装不规范，如间距过大、连接不牢，无法承受荷载，会使模板局部下沉或倾斜。混凝土强度未达设计强度 75% 时提前拆模，构件弹性变形系数降低 10%~15%，增加裂缝概率。施工中需按规范安装和拆除模板，确保支撑稳定。养护时间和方法影响显著，养护不足使表面水分蒸发快，引发干缩裂缝；时间过短影响强度发展，降低抗裂能力。浇筑后前 7 天的早期养护关键，需保持表面湿润以减少干缩应力。自然养护时未覆盖保湿材料或喷水不足，无法满足湿度要求；养护时间每减少 1 天，干缩率增加 5%~8%。低温环境下养护不当可能导致表面结冰，引发冻融裂缝。施工中需据混凝土特性和环境选合适养护方法，控制好时间和湿度。

四、现浇混凝土裂缝施工控制技术

（一）材料选择优化

合理选择水泥品种和强度是减少裂缝的关键。普通硅酸盐水泥水化热较高，易导致内部温度应力集中，引发温度裂缝；矿渣水泥或粉煤灰水泥水化热较低，更适合大体积混凝土工程。水泥强度需匹配工程需求，强度等级超过设计要求 20% 时，混凝土抗裂性能会下降约 15%，选材时需综合工程环境与结构设计要求。优化骨料级配能有效减少混凝土收缩、提高抗裂性能。连续级配的骨料可降低混凝土孔隙率，减少收缩量。石子粒径宜控制在 5-30mm 范围内，以减少骨料间空隙，提高密实度；砂率优化至 40%-45% 时抗裂性能最佳，施工前需对骨料级配严格筛选。

（二）施工工艺改进

模板安装需确保支撑系统稳固，立杆间距根据混凝土浇筑高度和荷载情况科学计算，设置足够剪刀撑增强整体稳定性，避免因支撑不稳导致混凝土变形开裂。模板拆除时间需严格把控，至少待混凝土强度达到设计强度的 75% 以上方可拆除，防止过早拆模引发沉降裂缝。混凝土浇筑应遵循“分层浇筑、循序渐进”原则，避免一次性浇筑厚度超过 500mm，以防内部温度应力集中增加裂缝风险。振捣需采用“快插慢拔”法，保证混凝土充分密实，避免过振导致表面浮浆过多增加收缩裂缝风险，或漏振形成内部空洞降低结构强度。

（三）养护方法

养护的核心是保持混凝土表面湿润，常用覆盖养护（塑料薄膜或麻袋）和喷水养护，其中覆盖养护可使表面湿度保持在 90% 以上，有效减少干缩裂缝^[3]。养护时间不少于 7 天，大体积混凝土或特殊环境下的工程需适当延长；环境湿度较低时，需采取加湿措施增强养护效果，提升混凝土抗裂性能。

五、裂缝施工控制技术的效果验证

（一）工程数据对比

为验证裂缝施工控制技术实际效果，选取多个采用不同施工控制措施的现浇混凝土工程案例进行数据统计与分析。某住宅小区项目未采取系统化控制技术时，楼板裂缝发生率达 45%，宽度超过 0.3mm 的占比约 20%。另一类似项目实施优化材料选择、改进施工工艺及加强养护等综合控制技术后，裂缝发生率降至 15%，宽度普遍在 0.2mm 以内。另一商业建筑项目采用温度控制措施和合理模板支撑系统后，裂缝发生率从 38% 降至 12%，宽度分布更集中，主要在 0.1mm 至 0.2mm 之间。这些数据表明，裂缝施工控制技术应用能有效减少发生频率，明显抑制宽度。进一步分析发现，施工控制技术对不同类型裂缝影响程度不同。收缩裂缝控制方面，优化混凝土配合比和加强早期养护效果显著。

（二）控制技术有效性分析

基于上述实际工程数据对比分析，可知裂缝施工控制在降低裂缝发生率和减小宽度方面效果显著。优化材料选择和配合比设计，提升混凝土自身性能，减少材料因素引发的裂缝。合理选择低水化热水泥和优化骨料级配，能有效降低内部温升幅度，减少温度裂缝。施工工艺改进方面，严格控制模板工程和规范混凝土浇筑与振捣操作，显著提高混凝土构件整体稳定性，避免施工不当导致的变形和裂缝。

六、现浇混凝土裂缝修补技术

（一）修补工艺选择

针对不同裂缝宽度和深度，需选择合适修补工艺以达最佳效果。表面裂缝（宽度小于 0.2mm）通常采用表面封闭法，涂抹环氧树脂胶泥或聚合物改性水泥砂浆，形成致密保护层，防止水分和空气侵入，避免钢筋锈蚀。

宽度 0.2mm 至 1.0mm 之间的裂缝，注浆法是有有效修补手段，选用环氧树脂或聚氨酯作为材料，通过压力注入内部，实现完全填充。更深或更宽裂缝（宽度大于 1.0mm）需采用剔槽灌浆法，在裂缝处开凿 V 型槽，填充环氧砂

浆或聚合物改性水泥砂浆等高强度修补材料。贯穿性裂缝还需结合结构加固措施，如增设钢筋网片或碳纤维布，提高整体承载能力。修补工艺选择需综合考虑裂缝特性、施工条件和经济成本等因素，严格按相关规范执行。

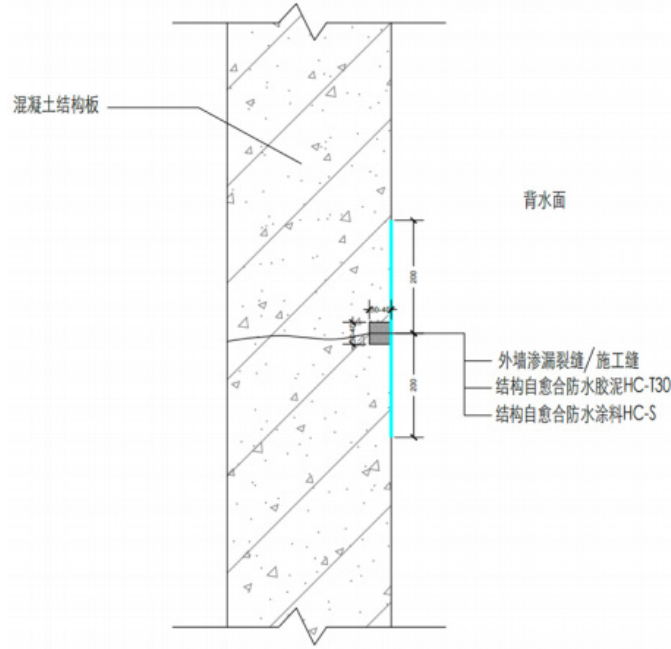


图 1 对裂缝和施工缝的防水处理

(二) 修补效果评估

修补效果评估是验证裂缝修补技术有效性的关键环节。通过实际修补案例数据分析，能全面了解修补后裂缝闭合情况、结构强度恢复程度及耐久性表现。某高层住宅项目针对构件表面裂缝采用环氧树脂胶泥封闭处理，一年跟踪观测显示，裂缝未重新开裂，表面平整度满足设计要求。另一案例中，宽度较大的贯穿性裂缝采用剔槽灌浆法结合碳纤维布加固，修补后构件抗弯强度提高

约 15%，达到设计荷载要求。通过超声波检测和钻芯取样等方法，可定量评估修补材料密实度和粘结强度。数据显示，注浆法修补后裂缝内部填充率达 90% 以上，修补材料与混凝土基体粘结强度高于原混凝土抗拉强度。这些结果表明，科学合理的修补技术和严格的质量控制措施能显著提升裂缝修补效果，为建筑工程安全性和耐久性提供保障。如表 3 所示：

表 3 常见裂缝修补材料性能对比

修补材料	粘结强度 (MPa)	耐久性	施工便利性	适用裂缝类型
环氧树脂	≥ 2.5	优	一般	中 - 大裂缝
水泥基灌浆料	1.8-2.2	良	较好	沉降裂缝
聚合物砂浆	1.5-2.0	中	优	细小裂缝

结语

现浇混凝土裂缝主要源于材料特性、施工工艺及环境因素的综合作用。研究表明，混凝土配合比不当、水泥水化热过高、模板支撑不稳及养护不足是裂缝形成的关键诱因。控制技术包括：优化水泥品种与骨料级配以减少收缩；改进模板工艺确保支撑稳定；加强温度监控与湿养护以降低开裂风险。对于已出现裂缝，表面封闭法和注浆法（如环氧树脂灌注）可有效恢复结构整体性与承载力。这些措施显著提升了工程质量和耐久性。

参考文献

[1] 于礼义, 司金龙, 郭晓红, 苑康文. 现浇混凝土

楼板裂缝控制技术研究 [J]. 科学技术创新, 2020, (36): 144-145.

[2] 武春阳. 探讨建筑现浇混凝土楼板裂缝控制措施 [J]. 工程建设与设计, 2023, (23): 189-191.

[3] 罗祥旺. 现浇混凝土楼板施工技术及其控制措施分析 [J]. 河南建材, 2018, (2): 156-157.

[4] 苏文财. 房屋建筑现浇混凝土施工裂缝及其控制技术分析 [J]. 四川水泥, 2022, (9): 149-151.

作者简介：薛侃，1985 年 8 月，男，汉族，湖南省益阳市桃江县，本科，现有二级建造师（市政/建筑专业），研究方向：建筑施工。