

建筑工程施工中混凝土裂缝修复技术要点探讨

丁 飞¹，孙华磊^{2*}，王 静³，刁权宗⁴

(1. 山东科建质量检测评价技术有限公司，山东 威海 264200;

2. 山东省城乡发展集团有限公司，山东 济南 250014;

3. 陕西青华建设工程有限公司，陕西 西安 710116;

4. 山东薛诚项目管理有限公司，山东 枣庄 277000)

摘 要 混凝土裂缝是建筑工程施工中普遍存在的质量通病，其形成与材料特性、施工工艺、环境因素等诸多因素密切相关。若修复不及时或修复方式不当，裂缝会持续侵蚀建筑结构的整体性与耐久性，进而引发严重的安全隐患。裂缝修复技术的适配性直接决定修复效果与结构长期稳定性，但当前的修复实践中仍存在类型识别不清、材料选择随意、工艺控制粗糙等问题，导致裂缝修复后反复出现，不能达到长效防控的目的。根据建筑工程施工实际情况，准确找到裂缝类型及成因，完善修复材料选取标准与施工工艺规范，建立健全修复过程管控与长期监测机制，同时借助专利导航梳理核心技术布局与风险防控要点。通过以上举措，可以促使裂缝修补和预防互相促进，从根源上解决结构安全问题，全面提升建筑工程施工质量及耐久性。

关键词 建筑工程；混凝土裂缝；修复技术；过程控制；专利导航

中图分类号：TU755.7

文献标志码：A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.26.033

0 引言

混凝土是建筑工程主要的结构材料，由于自身具有脆性，施工过程中受到各种扰动的影响，很容易产生裂缝缺陷，高海拔、严寒等特殊环境更严重。裂缝的形成不是单一因素造成的，是由材料内部应力失衡、施工工艺缺陷、环境侵蚀这三个因素共同造成的，细微裂缝如果不及时处理，在温度变化、荷载的作用下会慢慢扩大，破坏混凝土结构的防渗性、承载力，严重时危及建筑的整体安全。目前，大部分裂缝修复技术只停留在表面处理上，没有对裂缝成因进行系统的分析，修复方案针对性差，修复后缺少长期监测工作，造成裂缝频繁复发，存在许多安全隐患，核心修复技术的专利布局分散、侵权风险和技术壁垒防控不力等问题也限制了该类技术的规范化应用。

1 建筑工程施工中混凝土裂缝修复技术要点

1.1 裂缝类型识别与成因分析

裂缝类型准确识别是科学选择修复技术的前提，不同种类的裂缝成因、发展走向、给结构带来的危害程度大相径庭，随意修补只会加重结构的损伤。裂缝识别要冲破传统外观观察的束缚，联系结构受力特性

以及施工记录，把表面裂缝，深层裂缝，贯穿裂缝区分开来，表面裂缝大多由表面收缩引发，深度较浅并且不会影响结构承载能力，深层裂缝已经深入结构内部，会削弱结构的整体性，贯穿裂缝直接破坏结构的防渗性和稳定性，应当首先处理^[1]。成因分析要从材料、施工、环境三个方面入手，材料方面多由于配合比不合理、骨料级配失衡造成收缩不均，施工方面多由于浇筑振捣不密实、养护不及时引起，环境方面多由于温度骤变、湿度波动造成温度应力和干缩应力，严寒地区尤为明显，新浇筑混凝土中水分快速结冰膨胀很容易造成裂缝。应力失衡是裂缝产生的主要原因，混凝土硬化时水化热和环境温度差造成内外应力不协调，应力大于材料抗拉强度时就会产生裂缝，如果不能及时控制，裂缝会不断扩展。

1.2 表面修复材料选择与施工工艺

表面修复适合于浅层裂缝，材料选择要兼顾黏结性、抗裂性、耐久性，应选用与混凝土基材相容性好、收缩率低的修复材料，摒弃单一材料的传统做法。材料选择要根据裂缝宽度、环境条件来定：窄缝用聚合物水泥浆，黏结强度大、施工方便；宽缝用柔性修补

作者简介：丁飞（1989-），男，专科，助理工程师，研究方向：建筑工程。

*通信作者：孙华磊（1981-），男，硕士研究生，工程师，研究方向：结构优化设计。E-mail: 158066775@qq.com

材料,能适应混凝土结构的微小变形,防止修复层与基材剥离。施工工艺要遵照规范的流程控制,应该先清除裂缝表面的松散杂物和浮灰,用水冲洗干净后晾干,防止杂质影响黏结效果^[2]。修复材料涂抹应分层进行:第一层为底涂,保证与基材紧密结合;第二层及以上分层涂抹到与结构表面齐平,涂抹过程中要排除气泡,防止出现空鼓现象。施工完毕后应及时养护,严格控制环境温度和湿度,防止修复层收缩产生新的裂缝;寒冷地区要搭建保温棚,保持恒温养护,保证修复材料充分硬化。

1.3 压力注浆技术的应用参数与控制

压力注浆技术适合于深层裂缝和贯穿裂缝,其原理就是用高压把注浆材料注入裂缝,填满缝隙,并使注浆材料与混凝土基材一起成为一个整体,从而提高结构的整体性和防渗性。注浆材料应具有良好的流动性、黏结性,优先选用水泥基注浆材料,掺入少量外加剂以改善流动性,保证细小缝隙也能被充分填充;防水要求高的地方,应选用环氧类注浆材料来提高防渗效果^[3]。应用参数控制是保证注浆效果的重要手段,注浆压力要根据裂缝深度和宽度来调节,压力过高容易造成混凝土结构二次损伤,压力过低不能保证注浆材料充分渗透。注浆过程要采用分段注浆的方式,从裂缝低端向高端逐步推进,每段注浆完成后保持一定的压力一段时间,保证材料充分扩散;注浆完成后对注浆孔进行封堵,防止材料流失。施工期间要不断检测注浆压力及注浆量的变动情况,若出现压力突然增大或者注浆量明显异常时,就要立刻停止注浆并查找堵塞的缘由,防止因注浆不够而影响修复成果。

1.4 结构加固与裂缝长期监测方法

裂缝修补完毕后,要依照结构受力情况采取相应的加固手段,避免裂缝再次扩大,加固方案要根据裂缝所在位置及结构承载要求来确定,常用办法有粘贴碳纤维布、增设钢筋等。粘贴碳纤维布加固时要保证布面和混凝土表面紧密贴合,均匀涂刷专用黏结剂并排除气泡,保证加固效果;增设钢筋时,在裂缝两侧钻孔植入钢筋并与原有结构钢筋连接,提高结构抗拉能力^[4]。长期监测是保证修复效果持续有效的重要保证,监测系统要包含裂缝宽度、长度以及结构应力的变化等指标,依靠智能传感网络来完成数据的实时采集,创建起远程集中监控的形式,从而达成数据的实时传输和分析。监测过程中要设定预警阈值,裂缝宽度或者应力变化超过阈值的时候,就立刻发出预警,并且执行相应的处理办法,从而及时消除隐患。监测

数据要定时汇总分析,预估裂缝发展走向,给后期维修和改建赋予支撑,防止裂缝再发生危及结构安全。

2 建筑工程施工中混凝土裂缝预防与过程控制策略

2.1 混凝土配合比优化与收缩调控

裂缝预防的关键是控制混凝土收缩,配合比优化是主要的技术手段,应该摒弃传统只重视强度而忽视收缩性能的设计误区,合理搭配胶凝材料、骨料和外加剂。优化时要合理控制胶凝材料用量来减少水化热,选用级配好的骨料提高混凝土密实度、降低收缩率,掺入适量的膨胀剂、缓凝剂来补偿收缩、延缓水化热释放速率。收缩控制要贯穿于材料制备的全过程,严格控制骨料含水率及搅拌时间,保证混凝土搅拌均匀,防止由于搅拌不均造成收缩失衡。搅拌完成后及时浇筑,防止混凝土长时间停放造成和易性变差,引发浇筑困难和收缩裂缝,同时控制混凝土出机温度,高温时要采取降温措施,减小温度应力造成的裂缝风险^[5]。

2.2 温度应力控制与养护工艺改进

温度应力是导致混凝土裂缝的最主要原因,高海拔严寒地区温度变化幅度大、内外温差明显,应力失衡的风险就越大。温度应力控制要从浇筑温度和养护温度两个方面着手,浇筑前要控制混凝土原材料温度,防止骨料、水泥温度偏高;浇筑时要实时监测混凝土温度,防止浇筑温度过高或者过低。养护工艺要摒弃粗放式管理方式,根据不同的环境条件制定相应的养护方案,在高温时采取遮阳、洒水等降温措施来保持混凝土表面湿润,在严寒季节搭建全封闭保温棚,内部用蒸汽供暖保持恒温,在混凝土内部预埋通水管,循环通入温水以平衡内外温差,防止因热胀冷缩引起开裂。养护时间要符合规定要求,保证混凝土强度不断增大,减少收缩裂缝出现的可能性。

2.3 施工缝设置与浇筑顺序管理

施工缝设置不合理、浇筑顺序混乱都会造成混凝土结合不好、产生裂缝。施工缝应设在结构受力较小的地方,不得设在梁、柱等核心受力构件上,设置时应留设衔接钢筋,保证后浇混凝土与原结构紧密连接。浇筑顺序应符合分层浇筑、连续推进的要求,防止分层过厚造成振捣不密实,同时控制浇筑速度,保证下层混凝土初凝前完成上层浇筑,防止施工缝间隙过大。浇筑时需加强振捣控制,使用插入式振捣器保证振捣均匀,防止漏振和过振,漏振会造成混凝土密实度不够,过振会使骨料下沉、水泥浆上浮,都会引起收缩裂缝。振捣完成后应及时进行表面抹平,减少表面收缩裂缝的产生。

2.4 预应力施加时机与裂缝抑制效果

预应力技术是抑制混凝土裂缝的有效方法之一,施加时机对裂缝抑制效果起决定性作用。施加过早,混凝土强度不够容易造成结构损伤;施加过晚,不能有效地抵消收缩应力和荷载应力。施加时机要根据混凝土强度发展情况来确定,待混凝土强度达到设计强度规定比例后方可施加预应力,施加过程中要控制预应力值,防止超量施加造成结构开裂,施加完成后要及时锚固,保证预应力稳定有效。预应力施加之后可以有效地抵消混凝土收缩所引起的拉应力,进而抑制裂缝的产生和扩展,对于大跨度结构以及重载结构来说特别适用。施加过程中要实时监测混凝土应力的变化,根据监测数据动态调整预应力值,保证裂缝抑制的效果,做好预应力锚固部位的防护工作,防止锚固失效造成预应力损耗。

3 专利导航视角下混凝土裂缝修复核心技术布局及风险防控

3.1 核心专利识别与技术态势分析方法

核心专利识别要依靠专利导航工具,对混凝土裂缝修复相关领域的专利数据展开全面检索,主要集中在智能监测、新型修复材料、自动化施工这些核心技术方面,利用引文网络分析以及主路径分析来找出具有技术引领作用并且具备市场影响力的中心专利。技术态势分析要联系专利申请和授权情况,整理出核心技术的发展脉络,找出技术热点和空白之处,着重剖析智能监测系统,新型注浆材料这些领域的技术发展趋势。分析方法不能局限于传统的专利数量对比,而应该从专利的质量和专利关联性出发,挖掘出专利中的隐性技术关联,预测技术的发展方向,给相关企业的核心技术研发指明方向,防止由于盲目研发造成资源浪费。

3.2 企业专利布局密度与关键技术覆盖度

专利布局密度要根据企业的技术实力和市场需要来统筹考虑,以混凝土裂缝修复相关核心技术领域为重点,合理安排专利布局的数量和节奏,不能因为布局过于密集而造成资源浪费,也不能因为布局稀疏而造成技术壁垒缺失。关键技术覆盖度要求在核心技术方向上进行全方位的专利布局,主要针对智能监测、自动化注浆、材料配方改进等技术领域展开系统性的布局,创建起完备的专利保护体系。布局要遵照技术生命周期的规律,对于新兴技术领域先期开展布局工作,抢占技术制高点,对已有的成熟技术领域改进专

利组合,巩固技术优势,而且还要按照区域产业布局来调整专利区域的分布情况,从而提高专利布局的针对性与有效性。

3.3 竞争对手专利壁垒与侵权风险图谱

竞争对手专利壁垒分析要依靠专利导航工具,对混凝土裂缝修复相关领域竞争对手的专利布局展开全面检索,整理出其专利保护范围和技术壁垒分布状况,找出竞争对手专利布局的重点领域和薄弱环节。侵权风险图谱的创建要联系企业自身的技术方案和对手的专利,找出可能的侵权风险点,评判风险的高低以及影响的范围,进而针对高风险部分制订相应的规避措施。风险图谱要以可视化的形式表现出来,清楚地显示出竞争对手的专利壁垒分布状况以及自身的潜在侵权风险点,使企业可以迅速判断出风险的态势,避免专利侵权纠纷的发生,并且给企业的技术研发、专利布局提供依据,从而突破竞争对手的专利壁垒。

4 结束语

建筑工程施工中混凝土裂缝修复技术的核心在于准确修复和长效防控,从根本上消除结构安全隐患,提高建筑工程质量和耐久性。精准识别裂缝类型及成因、改善修复材料的选择和施工工艺、建立结构加固及长期监测体系,这些方面是提高修复效果的重要途径,把过程控制同预防措施结合起来,可以从源头上减少裂缝出现的概率。从专利导航的角度来说,要依靠专利导航工具系统来识别核心专利和技术的发展趋势,不断改善专利布局,有效地规避侵权风险,促进技术研发和专利保护的协同发展。

参考文献:

- [1] 腾翔. 建筑工程大体积混凝土裂缝与温度控制技术[J]. 四川水泥, 2026(03):110-111,114.
- [2] 苏伟,张建美,杨家兴,等. 建筑工程中混凝土裂缝控制与修复处理技术应用[J]. 中国建筑金属结构, 2026,25(06):40-42.
- [3] 曾利. 建筑工程混凝土结构施工技术要点及裂缝控制措施研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版) 工程技术, 2026(02):66-69.
- [4] 亢哲,田少庚,王丽珍. 建筑工程大体积混凝土裂缝控制技术分析[J]. 中国科技期刊数据库 工业 B, 2026(01):52-55.
- [5] 余伟强. 混凝土裂缝防治技术在建筑工程中的实践与解决方案[J]. 中文科技期刊数据库(引文版) 工程技术, 2026(03):98-101.