

Research and Application of Concrete Crack Control Technology in Prefabricated Buildings

Liyao Guo

Shenzhen Construction Engineering Group Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518057, China

Abstract

This study deeply discusses the crack control technology of prefabricated building concrete, analyzes the causes and classification of cracks through engineering cases, and puts forward a series of crack-prevention and repair measures. It is found that optimizing the concrete ratio, selecting high performance materials and strengthening the curing can effectively prevent cracks. New materials such as high performance fiber and enhancer are used to modify concrete, which significantly improves its crack resistance. Using acoustic emission and digital image technology to monitor cracks, combined with self-healing materials to achieve automatic repair, it provides innovative strategies for crack control and repair of concrete cracks in prefabricated buildings. This study is of great significance for improving the quality and safety of prefabricated construction engineering.

Keywords

prefabricated building; concrete crack; anti-crack measures; crack monitoring; self-healing materials

装配式建筑混凝土裂缝控制技术研究与应用

郭立瑶

深圳市建工集团股份有限公司, 中国 · 广东 深圳 518057

摘要

本研究深入探讨了装配式建筑混凝土裂缝控制技术, 通过工程案例分析裂缝成因和分类, 并提出一系列防裂与修补措施。研究发现, 优化混凝土配比、选择高性能材料和加强养护可有效预防裂缝产生。采用新型材料如高性能纤维和增强剂进行混凝土改性, 显著提高了其抗裂性能。利用声发射和数字图像技术监测裂缝, 结合自愈材料实现自动修复, 为装配式建筑混凝土裂缝控制与修补提供了创新策略。本研究对提升装配式建筑工程质量和安全性具有重要意义。

关键词

装配式建筑; 混凝土裂缝; 防裂措施; 裂缝监测; 自愈材料

1 引言

随着社会对建筑业的环保和效率要求越来越高, 装配式建筑凭借节能、环保和高效的特点, 逐渐成为建筑业的发展趋势。然而, 混凝土裂缝问题作为装配式建筑的一个难题, 严重影响了建筑的安全性和性能表现。为解决这一问题, 关于装配式建筑混凝土裂缝控制技术的研究成为业界的热点话题。本研究旨在分析和探讨装配式建筑混凝土裂缝控制技术, 提出一系列具有实际指导意义的防裂和修补措施。本研究首先通过工程案例分析, 探讨了裂缝的成因、裂缝分类以及防裂措施。接着采用了新型材料和技术, 对裂缝进行了修复与评估。研究结果表明, 采取控制水泥用量、选择适当骨料、提高混凝土抗裂性以及养护措施等方式, 可以有效地防

止裂缝发展。此外, 通过使用高性能纤维和增强剂对混凝土进行改性, 可以显著提高其抗裂性。

2 装配式建筑混凝土裂缝成因与分类

2.1 装配式建筑混凝土裂缝成因分析

装配式建筑混凝土裂缝的成因是一个复杂的多因素问题, 不仅与材料的内在性能有关, 还受到外界环境和施工工艺的影响^[1]。从材料成分角度来看, 水泥的用量和质量、骨料的种类和粒径分布以及水灰比是影响混凝土裂缝的重要因素。采用高水灰比的混凝土容易在硬化过程中产生干缩裂缝, 这主要是由于水分蒸发引起体积收缩所致^[2]。

环境因素在混凝土裂缝的形成中也起着至关重要的作用。在高温、低湿环境下, 混凝土表层容易出现干缩裂缝, 高温加速了水分的蒸发, 低湿则使得外部环境无法提供足够的水分补充, 进一步加剧了裂缝的发展。温度循环变化可引起热胀冷缩, 对于外墙和暴露于室外的构件尤为明显, 这种温度变化产生的应力会导致混凝土表面和内部的裂缝。

【作者简介】郭立瑶 (1992-), 男, 中国陕西西安人, 本科, 工程师, 从事高层建筑、装配式建筑新技术应用与施工管理研究。

施工工艺不当也是混凝土裂缝生成的关键因素之一。粗糙的施工工艺如混凝土振捣不足、表面压实不够、养护时间不充足，都会导致裂缝的产生。特别是在装配式建筑中，预制构件接缝处是裂缝高发点，接缝不紧密或封装不当都会引发裂缝。

受力因素，尤其是结构负荷和沉降不均，也会导致裂缝的产生。装配式建筑的组装过程中，预制构件组装不当或组装后施加的外部荷载不均匀，都会导致结构的应力集中，从而引发裂缝。

化学反应也是裂缝形成的一个重要因素。当混凝土中的水泥与水发生水化反应后，生成的水化产物在硬化过程中会增大体积，若没有及时缓解这种膨胀压力，可能会在混凝土内部产生自应力裂缝。周围环境中的氯离子、硫酸盐等化学侵蚀也会导致混凝土的裂缝形成。

2.2 装配式建筑混凝土裂缝分类

装配式建筑混凝土裂缝可依据其成因、位置及特征进行多维分类。从成因上，可分为干缩裂缝、温度裂缝、塑性收缩裂缝和荷载裂缝等。干缩裂缝主要由水分蒸发导致的混凝土体积收缩引起；温度裂缝则因温度变化导致混凝土热胀冷缩而形成；塑性收缩裂缝发生在混凝土初凝阶段，受风速、湿度等环境因素影响；荷载裂缝通常因结构受力超过其承载能力而出现。从位置上，可分为表面裂缝和结构裂缝，表面裂缝多出现在混凝土表层，影响美观与耐久性；结构裂缝则深及结构内部，对建筑整体安全性造成更大威胁。根据特征分类，裂缝可分为水平裂缝、垂直裂缝、斜裂缝和网状裂缝等，各类型裂缝在形态上存在显著区别，对其形成机理和扩展趋势的研究有助于裂缝防控技术的精准制定。

2.3 影响装配式建筑混凝土裂缝的主要因素

影响装配式建筑混凝土裂缝的主要因素包括材料性质、施工工艺和环境条件等。材料性质方面，水泥与骨料的选择直接影响混凝土的抗裂性能。施工工艺中，混凝土的搅拌、振捣、浇筑与养护过程都可能导致裂缝产生。环境条件如温度变化、湿度和化学侵蚀也会加剧裂缝的形成与发展。结构设计不合理和外部荷载的变化可能导致应力集中，进一步引发裂缝。综合考虑这些因素是有效控制装配式建筑混凝土裂缝的关键。

3 装配式建筑混凝土裂缝防控技术及材料

3.1 控制水泥用量与选择适当骨料

水泥用量的控制与适当骨料选择在装配式建筑混凝土裂缝防控中至关重要。水泥用量与混凝土的体积变化率密切相关，较高的水泥用量易导致水化热增加，从而引起混凝土内部温度梯度差异增大，最终导致温度裂缝的生成^[3]。合理控制水泥用量，能够有效降低水化热对混凝土的影响，减少裂缝的发生。

在骨料选择方面，应针对装配式建筑的需求，选用粒

径合理、颗粒级配良好的骨料。粒径过大的骨料易在混凝土内部形成应力集中点，而粒径过小则会增加水泥浆需求，提高水化率，均不利于裂缝控制。级配良好的骨料有助于形成致密的内部结构，减少应力集中现象，提升混凝土的抗裂性。

骨料的性质同样在混凝土裂缝防控中起着重要作用。采用吸水率低、耐久性好的骨料可以减少骨料与水泥浆体之间的膨胀差异，从而降低内应力导致的裂缝风险。应重视骨料的洁净度，杂质过多的骨料会影响界面过渡区的粘结性能，减弱混凝土整体强度，易引发裂缝。骨料的洁净度应严格控制，以保证混凝土的质量。

3.2 混凝土抗裂性能的提高与养护措施

混凝土的抗裂性能在很大程度上决定了装配式建筑的安全性和耐久性。提高混凝土的抗裂性能可以从材料选择和施工工艺两个方面入手。通过优化水泥和骨料的比例，可以有效提高混凝土的抗裂性能。高质量的水泥和骨料不仅能够提高混凝土的强度，还能减少内部应力，从而防止裂缝的产生。在混凝土中添加适量的高性能纤维，如聚丙烯纤维、钢纤维等，也可以显著增强其抗裂性能。纤维在混凝土内部形成一道道障碍，能够有效地阻止裂缝的扩展。

养护措施对混凝土抗裂性能的提高同样重要。混凝土在硬化过程中需要充足的湿度和适宜的温度条件，才能达到最佳的强度和抗裂性能。为此，可以采取喷洒养护液、覆盖湿布、使用液膜养护剂等方法，保持混凝土表面的湿润。养护时间的控制也非常关键，过早或过晚的养护都会影响混凝土的最终性能。

应力分布不均匀也是混凝土裂缝产生的主要原因之一。通过设置适当的伸缩缝和控制缝，可以有效减少混凝土内部应力集中，从而降低裂缝发生的风险。研究表明，合理的养护与结构设计相结合，能够在很大程度上提高装配式建筑混凝土的抗裂性能，延长建筑使用寿命。

3.3 新型材料与技术裂缝防控中的应用

新型材料与技术裂缝防控中得到了广泛应用。高性能纤维如钢纤维、玻璃纤维和碳纤维通过增强混凝土的抗拉强度和韧性，有效防止裂缝的产生。添加剂和抗裂增强剂如超塑化剂和纳米材料，能够优化混凝土内部结构，提高其抗裂性能。自充填混凝土技术利用混凝土自身流动性和填充能力，减少了微裂缝的产生与扩展。形状记忆合金和自愈材料在裂缝修补上表现出优异效果，通过材料自身的恢复性能，实现裂缝的自动修复，提高建筑耐久性和安全性。

4 装配式建筑混凝土裂缝监测与自动修复技术

4.1 声发射与数字图像相关技术在裂缝监测与评价中的应用

在装配式建筑中，混凝土裂缝的监测与评价是确保结构安全和性能的重要环节。声发射技术和数字图像相关技术在这一领域展现出显著优势。

声发射技术是一种实时监测手段,通过检测材料内部产生的高频弹性波来识别和定位裂缝。该技术能够在裂缝萌生初期进行早期预警,防止裂缝扩展带来的严重后果。其基本原理是,当混凝土内部由于应力作用发生微观裂缝、裂纹扩展甚至材料破碎时,会释放出声波。通过布置在混凝土表面的传感器,声发射系统能够捕捉到这些声波信号,并通过分析信号特征,推断出裂缝的位置、大小及其发展趋势。

数字图像相关技术则通过对一系列图像进行比对分析,精确监测混凝土表面裂缝的产生和扩展。利用高分辨率相机对建筑结构进行周期性拍摄,通过图像处理软件对比不同的图像,可以得到裂缝的宽度、长度等详细信息。相较于传统的裂缝监测方法,数字图像相关技术具有非接触、全场测量的优点,能够在大面积范围内提供高精度的裂缝监测数据。例如,在某高层装配式建筑项目中,通过布置声发射传感器,能够实时监测混凝土内部裂缝的产生和发展,及时捕捉微小裂缝的扩展信息。同时,利用高清数字图像采集设备对混凝土表面进行定期拍摄,结合图像分析软件,准确识别裂缝的位置、长度和宽度,为裂缝评估提供量化数据。

4.2 裂缝自愈合方法的应用

在装配式建筑混凝土裂缝自动修复领域,科研人员和工程师们已经取得了显著的进展,开发出多种高效的自愈合方法。其中,化学自愈合方法,特别是微胶囊自愈合技术,引起了广泛关注。这种技术通过在混凝土制备过程中掺入含有活性物质的微胶囊,当混凝土表面或内部出现裂缝时,微胶囊会感应到裂缝的应力变化并破裂,释放出内部的活性物质。这些活性物质能够迅速渗透到裂缝中,并与其周围的水泥基体发生化学反应,形成新的固体物质,从而填充裂缝,实现混凝土的自动修复。

除了微胶囊自愈合技术,聚合物自愈合技术也为混凝土裂缝的自动修复提供了新的思路。该技术利用聚合物材料的独特性质,在混凝土中添加特定的聚合物材料。当裂缝产生时,聚合物材料能够感知到裂缝的存在,并通过其特有的分子链运动和交联反应,将裂缝两侧的混凝土重新连接起来,从而实现裂缝的自动封闭。

微生物自愈合技术则是另一种创新的混凝土裂缝自动修复方法。这种方法通过在混凝土中添加特定的微生物和营养物质,当裂缝出现时,微生物能够在裂缝中生长和繁殖,产生代谢物质如碳酸钙等。这些代谢物质能够逐渐沉积在裂缝中,形成坚硬的填充物,从而有效封闭裂缝。

此外,仿生自愈法作为一种新兴的裂缝处理方法,也

展现出了巨大的潜力。该方法借鉴了生物体的自我修复机制,通过在混凝土中添加特殊的化学成分,使其能够在出现裂缝时自动分泌出液芯纤维组织。这些液芯纤维组织能够迅速渗透到裂缝中,并在其中固化成固体物质,从而实现裂缝的自动愈合。这种方法不仅能够有效修复裂缝,还能够提高混凝土的强度和耐久性。

综上所述,化学自愈合方法、聚合物自愈合技术、微生物自愈合技术和仿生自愈法等混凝土裂缝自愈合技术为装配式建筑的结构安全和长期使用提供了强有力的保障。随着这些技术的不断发展和完善,相信未来装配式建筑将能够更加安全、可靠地服务于人类社会。

4.3 装配式建筑混凝土裂缝控制技术及其对工程质量与安全性的影响

装配式建筑混凝土裂缝控制技术的应用对工程质量与安全性具有显著影响。合理控制水泥用量、选择适当骨料和采用合适的养护措施能够有效防止裂缝的形成和扩展,从而提高混凝土的整体性能和耐久性。高性能纤维和增强剂的使用显著增强了混凝土的抗裂性能,减少了裂缝产生的可能性。声发射和数字图像相关技术的应用在裂缝监测和评价中提高了检测的精准度,及时发现和处理裂缝有助于维持结构的安全性和稳定性。这些措施的综合运用,不仅有效提高了装配式建筑的工程质量,显著提升了其安全性能,确保了建筑物的使用寿命和用户的安全。

5 结语

本次研究对装配式建筑混凝土裂缝控制技术进行了深入分析与探讨,通过结合工程案例,研究了裂缝的成因、分类及防裂措施,并采用新型材料和技术对裂缝进行修补。研究发现,通过合理的施工与养护措施,结合高性能纤维、增强剂等新型材料改性混凝土,可以显著提高混凝土抗裂性能。同时,利用声发射、数字图像相关技术对裂缝进行实时监测与评价,均为装配式建筑混凝土裂缝控制与修补提供了有效策略。

参考文献

- [1] 汤俊.预制装配式混凝土构件裂缝控制技术[J].中国厨卫,2021(3):35-36.
- [2] 胡其星.装配式建筑预制混凝土板裂缝预防及控制措施[J].砖瓦,2022(3):46-48.
- [3] 刘畅.装配式建筑ACC板外墙施工裂缝控制技术[J].中国住宅设施,2022(4):19-21.