

建筑工程混凝土裂缝防治技术的理论分析与应用探讨

施其芬

浙江航兴建设集团有限公司, 浙江 湖州 313000

[摘要] 混凝土因其高强度、经济性及施工便捷性, 在各类建筑结构中得到了广泛应用, 由于混凝土的低抗拉强度及脆性特征, 在受到外部荷载、温度变化及收缩等因素的影响时容易产生裂缝, 这些裂缝不仅影响结构的安全性, 还显著降低了其耐久性, 尤其是在大体积混凝土、高层建筑及桥梁等复杂结构中, 裂缝问题尤为突出。随着建筑技术的不断进步, 裂缝控制的研究已逐步从以往的修复措施转向预防性防治, 随着技术手段的完善, 裂缝控制效果得到了显著改善, 尤其通过优化结构设计、改进材料选择、提升施工工艺以及引入新型混凝土等方法。结合当前的技术进展, 探讨混凝土裂缝防治的新方法与应用, 进一步提高结构的长期稳定性。

[关键词] 建筑工程; 混凝土裂缝; 防治技术; 理论分析

DOI: 10.33142/ucp.v2i1.15613

中图分类号: TU755

文献标识码: A

Theoretical Analysis and Application Exploration of Concrete Crack Prevention Technology in Construction Engineering

SHI Qifen

Zhejiang Hangxing Construction Group Co., Ltd., Huzhou, Zhejiang, 313000, China

Abstract: Concrete has been widely used in various building structures due to its high strength, economy, and construction convenience. Due to its low tensile strength and brittle characteristics, concrete is prone to cracking when subjected to external loads, temperature changes, and shrinkage. These cracks not only affect the safety of the structure, but also significantly reduce its durability, especially in complex structures such as large volume concrete, high-rise buildings, and bridges, where crack problems are particularly prominent. With the continuous advancement of construction technology, research on crack control has gradually shifted from traditional repair measures to preventive prevention and control. With the improvement of technical means, the effect of crack control has been significantly improved, especially through optimizing structural design, improving material selection, enhancing construction techniques, and introducing new types of concrete. Combining current technological advancements, explore new methods and applications for preventing and controlling concrete cracks, and further improve the long-term stability of structures.

Keywords: construction engineering; concrete cracks; prevention and control technology; theoretical analysis

引言

混凝土作为建筑工程中常用的基础材料, 因其卓越的强度与经济性, 在各种结构中得到广泛应用。但作为脆性材料, 混凝土在施工及使用过程中容易产生裂缝, 这些裂缝不仅影响结构的安全性与耐久性, 还严重损害其外观。裂缝的存在显著降低了混凝土的承载能力, 甚至可能加速结构老化, 从而增加了维护与修复的成本。因此, 混凝土裂缝的有效防治, 已成为建筑工程领域亟需解决的关键问题。深入分析混凝土裂缝的产生机制及其力学特性, 探讨裂缝控制的理论依据并结合实际施工经验, 提出切实可行的防治技术。通过为裂缝防治提供理论基础与技术指导, 期望为建筑工程中的混凝土裂缝控制提供有效的参考与支持。

1 建筑工程混凝土裂缝的成因

1.1 混凝土收缩

混凝土收缩是导致裂缝产生的主要因素之一, 通常可分为塑性收缩、干缩及自收缩三种类型。在混凝土浇筑后

的初期阶段, 塑性收缩往往首先出现, 此时由于水分蒸发速度较快, 混凝土表面会发生收缩, 混凝土仍处于塑性状态, 水泥颗粒之间的胶结力逐渐减弱而形成微裂缝。干缩则发生在混凝土硬化过程中, 随着水分的挥发或环境干燥, 水泥浆中的水分逐渐流失导致体积收缩, 这类裂缝主要出现在混凝土表面, 特别是在大面积、薄层或暴露于高温与强风环境中的混凝土表面, 干缩裂缝不仅影响外观还可能危及混凝土的耐久性, 进而加速水分渗透和钢筋腐蚀。自收缩通常发生在混凝土硬化后期, 因水泥水化反应中水泥颗粒的结合而形成致密结构, 导致混凝土体积缩小。不同于干缩, 自收缩主要见于掺有矿物掺合料或高性能混凝土中, 初期通常不易察觉, 然而随着时间推移, 较大裂缝的形成可能影响混凝土结构的使用寿命。尽管这些收缩现象难以避免, 通过合理优化混凝土配比、控制水胶比并采取适当的养护措施, 裂缝的发生可有效减少。在浇筑与硬化过程中, 湿度、温度及养护条件的合理控制是防止收缩裂缝的关键。

1.2 设计因素

混凝土裂缝的产生通常与建筑结构的设计密切相关,设计不当往往是裂缝形成的重要原因之一。在建筑结构设计阶段,配筋设计的疏忽、结构形式的不当选择以及荷载计算的不足,均可能成为裂缝发生的诱因。配筋设计的合理性直接影响混凝土的受力状态,虽然混凝土具有较强的抗压能力,但其抗拉性能较弱,尤其在受拉或弯曲时,主要依赖钢筋承担拉力。若钢筋的布置不合理,例如间距过大、数量不足或过于密集,混凝土的受力将不均匀,从而在局部区域产生应力集中,最终引发裂缝。尤其在受弯构件中,配筋不足往往导致受拉区产生裂缝,严重时甚至可能导致结构失效。结构形式的选择也对裂缝的产生有着直接影响,连续梁和框架结构由于变形较大,若设计时未充分考虑变形限制或支撑条件,某些部位的应力可能过大进而引发裂缝。在复杂结构中,支座设置不当或变形不均匀,往往易于产生局部裂缝,并加剧其扩展。荷载的合理考虑在设计中同样至关重要,若设计未能充分评估实际荷载或极限荷载的影响,混凝土结构可能在长期使用中承受超负荷,导致裂缝的产生。精确的荷载传递路径计算与合理的荷载分布安排是避免局部过载引发裂缝风险的关键。

1.3 荷载引起的裂缝

荷载引起的裂缝通常发生在混凝土结构受外力作用时,尤其是在长期荷载或短期过载情况下,这些裂缝不仅影响结构的外观,还可能削弱其耐久性甚至危及使用安全。静载裂缝主要出现在结构长期承受恒定荷载时,当混凝土结构持续受到重力荷载或其他固定荷载作用时,塑性变形会发生,进而导致裂缝的产生。此类裂缝常见于梁、板等受弯构件,通常出现在受拉区域,因为此处的承载能力相对较弱,随着时间的推移荷载的持续作用将加剧裂缝的扩展,最终可能影响结构的整体稳定性。与静载裂缝不同,动载引起的裂缝是由突发或周期性荷载引发的,常见于桥梁、楼板等受频繁振动的结构中,动载裂缝相较于静载裂缝更为复杂,除了因突增荷载引发的瞬时裂缝外,还可能由于荷载频繁变化导致裂缝的疲劳扩展。特别是在高频振动或冲击荷载作用下,混凝土内部会迅速积聚较大的应力波,从而产生微裂缝,随着时间的推移这些微裂缝会逐渐扩展。此外,荷载引起的裂缝与结构设计、施工质量及使用环境息息相关,若设计阶段未能充分考虑荷载变化,或者在施工过程中混凝土的质量与工艺未严格控制,裂缝往往会提前显现。因此,在设计及施工过程中必须全面评估结构的使用荷载、荷载分布以及材料的力学性能,合理布置配筋,选择适当的构件尺寸,从而有效降低荷载引发裂缝的风险。

2 混凝土裂缝防治的理论基础

2.1 混凝土裂缝的力学分析

混凝土裂缝的形成与其内部应力分布密切相关。作为一种脆性材料,混凝土在受拉或弯曲时抗拉性能较差,裂

缝通常会首先出现在受拉区。从力学角度分析,裂缝的产生与局部应力集中以及材料性能的不均匀性密切相连,外部荷载施加于混凝土结构时,若局部应力超出混凝土的抗拉强度或抗压能力,裂缝便会形成。在受弯构件中混凝土受力后,受拉区会发生延性破坏,微裂缝逐渐扩展为宏观裂缝,裂缝的扩展方向、尺寸与荷载的类型、大小以及混凝土的初始状态紧密相联系。此外,温度变化、湿度波动及收缩等因素也会导致裂缝的发生,由于温度变化引起的膨胀或收缩,结构中会产生额外的应力;而干缩及塑性收缩则引起体积变化进而产生拉应力,当这些应力超过混凝土的抗拉极限时,裂缝便不可避免地发生。力学分析为裂缝防治提供了理论依据,通过合理分配荷载、优化混凝土配比以及改进结构设计等措施,可以有效控制裂缝的产生,确保混凝土结构的稳定性。

2.2 裂缝控制的理论依据

裂缝控制的核心目标在于通过科学的设计与施工手段,尽量避免或减少裂缝的产生,裂缝的控制不仅关系到混凝土的外观,更直接影响结构的安全性、耐久性及其功能性。裂缝控制的理论基础源于力学原理,混凝土裂缝的形成通常由于应力分布不均、变形过大或局部过载等因素。因此,在设计阶段,合理的荷载分配及确保均匀受力是防止裂缝的关键措施,优化配筋设计有助于提升混凝土的抗拉强度,分散荷载从而有效降低裂缝产生的风险。材料性能的优化也是裂缝控制的重要环节,通过调整水胶比、选择适当的骨料,以及采用高性能混凝土(HPC)或掺加矿物掺合料,可增强混凝土的抗拉强度减少收缩性,从而有效减少裂缝的发生。施工工艺对裂缝控制同样至关重要,采取适当的养护措施,如保湿覆盖或加热养护,能够有效防止温度波动引起裂缝。同时,合理控制混凝土的浇筑、振捣及收面工艺确保了其密实性,从而减少裂缝的生成。在结构设计方面,合理设置伸缩缝、变形缝,并采取防止不均匀沉降的措施,能够显著减小裂缝的发生概率。

2.3 裂缝控制的设计原则

裂缝控制的设计原则着眼于通过合理的设计手段预防裂缝的发生,从而确保结构在荷载及环境变化作用下保持其完整性与耐久性。荷载的合理分配是裂缝控制的基础,在设计过程中需确保荷载在结构上均匀分布,避免局部过载导致应力集中。特别是在受拉区域,通过优化配筋设计来增强抗拉强度,而在受压区域,确保压缩强度足以防止局部压溃,从而有效防止裂缝的产生。混凝土的变形控制同样至关重要,温度变化、湿度波动及收缩等因素,均可能引起混凝土变形进而导致裂缝^[1]。因此,设计时必须充分考虑这些因素,合理布置伸缩缝与变形缝,引导混凝土在变形过程中均匀受力,减少因不均匀收缩而产生裂缝的风险。材料选择在裂缝控制中发挥着关键作用,低水胶比、适当的骨料粒径及均匀的混合比例,有助于提高混凝土的

密实度,进而减少裂缝的发生。此外,使用外加剂,如减水剂或膨胀剂,可显著改善混凝土的抗裂性与耐久性。施工质量控制同样不容忽视,浇筑、振捣及养护过程必须严格按照设计要求进行,以确保混凝土的密实性与均匀性,防止温差或养护不当引发裂缝。此外,合理安排施工时序,避免过大温差,也是一项控制裂缝的重要措施。

3 建筑工程混凝土裂缝防治的技术措施

3.1 施工材料控制

施工材料的控制在混凝土裂缝防治中具有至关重要的地位。混凝土的质量直接受到水泥、骨料与水的选择及配比影响。因此,严格控制这些材料的质量,对于提高混凝土的抗裂性能至关重要。水胶比过高,通常会导致混凝土收缩裂缝的产生,合理调整水与水泥的比例不仅保证强度的同时,还兼顾抗裂性能,这一点尤为关键。骨料的选择应考虑其粒径的均匀性、洁净度以及无杂质特性,通过这些控制措施,可以有效提升混凝土的密实度,降低空隙率,进而减少裂缝的发生风险。外加剂的使用能够显著改善混凝土的性能,并有效降低裂缝的风险。减水剂的添加,不仅能提高混凝土的流动性,还能有效控制水胶比,减少干缩裂缝的出现,膨胀剂在混凝土硬化过程中发挥作用,抵消收缩应力,尤其在大体积混凝土的施工中能够有效预防温度裂缝的形成,矿物掺合料如粉煤灰或硅灰的加入,不仅提升混凝土的抗裂性,还能增强其耐久性,从而减少因环境变化引起的裂缝。

材料的存储条件同样不容忽视,水泥应避免存放于潮湿环境,而骨料则需保持干燥,以确保在使用时能够达到设计标准^[2]。在混凝土的搅拌、运输及浇筑过程中,必须保证材料的一致性,避免因操作不当而导致材料分布不均,这会直接影响混凝土的整体性能,并增加裂缝产生的可能性。

3.2 施工工艺与裂缝防治

施工工艺在混凝土裂缝防治中起着至关重要的作用,合理的工艺流程不仅能减少裂缝的发生,还能确保工程的整体质量。特别是在混凝土浇筑过程中,振捣工艺显得尤为关键,若振捣不到位,混凝土内部可能出现气泡或不均匀的结构,从而增加裂缝的风险。因此,为确保混凝土的密实均匀,必须根据其工作性及结构要求选择合适的振捣方法,避免因振捣不当而影响混凝土质量。温度控制同样是防止裂缝的关键环节,混凝土在硬化过程中,遭遇较大的温度波动时,热胀冷缩会引发裂缝,特别是在大体积混凝土施工中,内部与表面的温差较大,裂缝风险尤为突出。

为确保温度的稳定,应采取有效的温控措施,如合理安排浇筑顺序、使用温控水以及覆盖保温材料等,从而减少温差引发的裂缝^[3]。养护措施在混凝土施工过程中也不可忽视,若混凝土在初期硬化时水分蒸发过快,干缩裂缝便会容易发生。因此,施工期间应保持适当的湿润,采用洒水或覆盖保湿膜等方式,避免混凝土表面缺水导致不均匀收缩。在高温或低湿度的环境中,适当延长养护时间,能够有效促进混凝土水化,进而提高其抗裂性能。施工缝的处理同样至关重要,合理安排施工缝的位置与数量,避免过度集中是防止裂缝的重要手段,若施工缝设计不当或未进行妥善处理,可能成为裂缝的潜在诱因。设计时,应充分考虑施工缝的布置,并采取清理施工缝表面、使用专用黏结剂或接缝处理技术等措施以确保缝隙的密封性,避免水分渗透及应力集中,从而有效防止裂缝的发生。

4 结语

混凝土裂缝的防治是建筑工程中的一个关键问题,通过对裂缝成因的深入研究,其发生机制得以更好地理解,并为有效的防控措施提供了理论依据。从设计阶段的合理规划到材料选择的优化,再到施工过程中的质量控制,各方面措施的协同作用对于裂缝防治至关重要。裂缝的控制不仅仅是应用力学原理的过程,它更涉及到材料性能的改进与施工管理的严格把控,合理的荷载分配、适度的变形控制、合适材料的选择以及加强施工质量管理等,都是确保混凝土结构长期稳定性与耐久性的关键手段。随着混凝土材料技术与施工工艺的持续发展,裂缝防治技术必将在未来得到进一步完善。在设计阶段,所有影响因素需被全面考虑,结合科学的设计方法和先进的技术手段,从而提升混凝土结构的抗裂能力。理论与实践的有机结合,才能在根本上有效抑制裂缝的发生,保障建筑工程的质量与安全,推动建筑行业朝着更可持续发展的方向发展。

[参考文献]

- [1] 赵好. 建筑工程混凝土裂缝防治技术分析[J]. 砖瓦, 2024(12): 170-173.
- [2] 吴妙松. 建筑工程施工中混凝土裂缝的防治技术分析[J]. 散装水泥, 2023(5): 140-142.
- [3] 李悦. 建筑施工中混凝土裂缝产生原因与防治技术[J]. 佛山陶瓷, 2022, 32(12): 113-115.

作者简介: 施其芬(1990.3—), 毕业院校: 嘉兴学院南湖学院, 所学专业: 工程管理, 当前就职单位: 浙江航兴建设集团有限公司, 职务: 项目经理, 职称级别: 工程师。