

公路桥梁施工中钢纤维混凝土技术的应用

陈德应

安徽瑞鑫检测技术有限公司, 安徽 合肥 230000

[摘要] 尽管传统混凝土在桥梁施工中具备一定的力学性能, 但抗裂性与耐久性相对有限, 难以应对现代交通负荷及复杂环境带来的挑战。通过增强混凝土的物理特性, 钢纤维混凝土有效改善了其抗裂、抗冲击等性能, 成为解决这一问题的有效手段。随着钢纤维混凝土技术的不断成熟, 桥面铺装、桥墩加固等领域的广泛应用, 已显著提升了桥梁施工的质量与效率。

[关键词] 公路桥梁; 钢纤维混凝土; 施工; 技术应用

DOI: 10.33142/ucp.v1i5.14432

中图分类号: U445

文献标识码: A

Application of Steel Fiber Reinforced Concrete Technology in Highway Bridge Construction

CHEN Deying

Anhui Ruixin Testing Technology Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract: Although traditional concrete has certain mechanical properties in bridge construction, its crack resistance and durability are relatively limited, making it difficult to cope with the challenges brought by modern traffic loads and complex environments. By enhancing the physical properties of concrete, steel fiber reinforced concrete effectively improves its crack resistance, impact resistance, and other properties, becoming an effective means of solving this problem. With the continuous maturity of steel fiber reinforced concrete technology, the widespread application in bridge deck paving, pier reinforcement and other fields has significantly improved the quality and efficiency of bridge construction.

Keywords: highway bridges; steel fiber reinforced concrete; construction; technical application

引言

随着公路交通需求的持续增长, 桥梁承载能力与耐久性面临日益严格的挑战。钢纤维混凝土作为一种新型高性能材料, 凭借卓越的抗裂性、抗冲击性和耐久性, 已在公路桥梁施工中得到广泛应用。桥梁结构的综合性能不仅因此显著提升, 施工过程中的效率与成本也得到了优化, 探讨钢纤维混凝土在公路桥梁建设中的应用优势与关键技术, 为未来桥梁施工提供理论支持与技术参考。

1 钢纤维混凝土技术在公路桥梁施工中的优势

1.1 提高结构承载能力与耐久性

钢纤维混凝土在公路桥梁的结构承载能力与耐久性方面表现出显著提升, 通过在混凝土中加入钢纤维, 抗拉、抗剪及抗弯曲性能得到有效增强, 特别是在承受荷载时展现出更强的抗裂性与韧性, 与传统混凝土相比这种改性混凝土在长期使用过程中, 能更好地抵御交通荷载、温差变化及环境侵蚀, 显著减少由开裂或磨损引发的结构损害。具有较优越抗冲击性与抗疲劳性的钢纤维混凝土, 特别适用于需承受频繁荷载变化或重载的桥梁。即使在长时间暴露于湿气、盐分或冻融循环等恶劣环境条件下, 依旧能够保持卓越的耐久性进而延长桥梁使用寿命, 并有效降低维护与修复的成本。

1.2 增强施工效率与质量控制

钢纤维混凝土在公路桥梁施工中显著提升了施工效率及质量控制, 通过加入钢纤维, 混凝土的韧性得到了增

强, 裂缝产生的概率大幅降低, 从而减少了因修补裂缝而需要的返工时间。与传统混凝土相比, 钢纤维混凝土的自密实性与流动性更为优越, 浇筑时对振捣的需求显著减少简化了施工过程。此外, 钢纤维的均匀分布提高了混凝土的整体稳定性, 避免了由于材料不均匀而引发的质量波动, 从而确保了结构的长期稳定性。凭借卓越性能钢纤维混凝土不仅缩短了施工周期, 还有效避免了因材料不合格或施工问题而导致的工期延误, 提升了项目的进度管理与成本控制水平。

1.3 优化施工成本与施工周期

钢纤维混凝土在公路桥梁施工中的应用, 显著优化了施工成本与周期, 通过加入钢纤维, 混凝土的抗裂性与韧性得到了显著提升, 后期维护与修复的需求大大减少, 从而有效降低了长期运营与维护费用。与传统混凝土相比, 钢纤维混凝土在施工过程中更加易于成型, 减少了对复杂工艺及过度振捣的依赖, 进而降低了人工成本, 钢纤维混凝土在环境适应性方面表现出色, 即使在温差较大或湿度较高的条件下质量也能保持稳定, 避免了因环境因素造成的施工延误, 通过缩短施工周期并减少维护频次, 钢纤维混凝土显著提升了工程的经济效益确保资金投入能够得到更高效的利用。

2 钢纤维混凝土的主要特点

2.1 强度与耐久性

钢纤维混凝土的强度与耐久性无疑是最为突出的特

性之一，通过在传统混凝土中加入钢纤维，抗拉、抗压及抗剪强度得到了显著提升，尤其在复杂荷载的作用下钢纤维能够有效地分散应力，抑制裂缝的形成与扩展，这种增强的性能使钢纤维混凝土能够承受更大的交通荷载与冲击力，尤其适用于桥梁与道路等基础设施，进而延长了结构的使用寿命。在耐久性方面，钢纤维混凝土表现出极为优异的抗冻融性与抗渗性，即使在极端气候条件或湿润环境中，依然能够保持稳定的性能，减少因温差变化、湿气侵蚀及化学反应引起的结构退化。

2.2 抗裂性与抗冲击性

钢纤维混凝土的抗裂性与抗冲击性正是其在工程应用中受到广泛青睐的关键优势。钢纤维的加入使混凝土的韧性得到了显著提升，在受力作用下能够有效地均匀分散应力，减少因局部应力集中而引发的裂缝问题，在遭受较大拉力与弯曲力时依然能够保持强大的抗裂能力，从而有效避免裂缝在长期使用过程中的扩展，这一优点尤其在桥梁结构及高负荷路面等高应力区域表现得尤为突出，钢纤维混凝土在抗冲击性能方面同样具有显著优势，能够抵抗外部的突发冲击或荷载变化，减少破裂或碎裂的风险。特别是在高速公路桥面或重型车辆频繁通行的路段，钢纤维混凝土能够有效吸收冲击力分散外力作用，进而延长结构的使用寿命，并降低事故发生的风险。

2.3 耐磨性与抗冻性

钢纤维混凝土在耐磨性与抗冻性方面展现了显著的优势，在极端环境条件下的应用愈加广泛，通过钢纤维的增强，混凝土整体结构的强度得到了提升，表面具备了更强的抗磨损能力。在高交通量区域，如道路、桥梁及机场跑道，频繁的荷载与摩擦常常导致路面的磨损，钢纤维混凝土凭借其出色的耐磨性，能够显著延缓这一磨损过程，保持路面的平整性与功能性，减少了后期养护与修复的需求。同时，钢纤维混凝土的抗冻性能亦堪称优异，尤其适合寒冷地区使用，混凝土中的钢纤维有效抑制了水分冻胀引起的裂缝扩展，减少了冻融循环对结构的破坏。在多变的气候条件下，这一特性尤为重要，确保了无论是在寒冷地区的桥梁建设，还是在高磨损区域的路面应用中，钢纤维混凝土都能够长期保持优异的耐久性与可靠性，抵御恶劣天气及高强度使用带来的损害。

3 公路桥梁施工中钢纤维混凝土技术的应用

3.1 桥梁桥面铺装

在公路桥梁施工中，钢纤维混凝土技术在桥面铺装的应用显著增强了桥面结构的整体性能。桥面作为承受交通荷载及气候变化的关键部分，耐久性、抗裂性与耐磨性直接关系到桥梁的使用寿命与安全性，通过增强混凝土的抗裂与抗冲击能力，钢纤维混凝土有效防止了交通荷载及温差变化引起的裂缝扩展。在高交通量的桥梁上，钢纤维混凝土能够抵御频繁碾压及重型车辆的冲击力，从而减少桥

面早期破损与凹陷的风险，混凝土中钢纤维的加入不仅提高了抗磨损性能，还确保了桥面长期保持平整，显著降低了频繁修复与维护的需求，进而减少了运营成本。在恶劣天气下，钢纤维混凝土展现出优异的抗冻融性，有效避免了桥面因冻胀而产生裂缝，进一步增强了桥梁的安全性与耐久性。

3.2 桥墩与桩基加固

钢纤维混凝土在桥墩与桩基加固中的应用，显著提高了桥梁基础结构的稳定性与耐久性。桥墩与桩基作为支撑桥梁整体结构的关键部分，长期承受来自交通荷载、风力及地震等外部力量的作用，强度与稳定性对桥梁的安全至关重要，通过将钢纤维加入混凝土中，抗拉、抗剪及抗压性能得到了有效提升，进而增强了桥墩与桩基的抗裂性与抗冲击性。钢纤维的均匀分布有效避免了外部冲击或地基沉降引发的裂缝扩展，特别是在桩基受力较大或地质条件不良的情况下，整体性能得到了显著改善，使用寿命也得到延长，钢纤维混凝土在施工过程中展现出良好的流动性与自密实性，能够均匀填充复杂形态的桩基，减少了空洞或缺陷的产生，从而提高了施工质量。通过采用钢纤维混凝土进行加固，不仅增强了桥墩与桩基的承载力，还提升了其抗震性能，尤其在地震多发区域，能够有效减小震动对基础结构的影响，保障桥梁的安全性与可靠性。

3.3 隧道和边坡防护

钢纤维混凝土在隧道与边坡防护中的应用，显著提升了结构的稳定性与安全性。隧道与边坡常常面临复杂的地质条件，尤其在山区或软弱地质区域防护系统的可靠性尤为重要，通过增强混凝土的抗裂性、抗冲击性及抗剪切能力，钢纤维混凝土在防护工程中起到了关键作用。外部荷载能够通过钢纤维有效分散，从而防止地质沉降或外部冲击引起的裂缝扩展，尤其在隧道开挖或边坡支护过程中，钢纤维混凝土有助于抵御土体运动或地震带来的破坏。高抗磨损性是钢纤维混凝土在隧道建设中的突出优势，它能够承受频繁车辆通行所带来的摩擦力与冲击，显著减少了后期维修与修复的需求。在边坡防护中，钢纤维混凝土不仅增强了土壤的稳定性，还有效防止了岩石滑坡与泥石流等灾害的发生。卓越的耐久性与抗冻融性能在高寒地区应用时尤为有效，能够避免温差变化引发的结构损害。

3.4 路面施工

钢纤维混凝土在路面施工中的应用，显著提高了路面的耐用性及施工效率。传统路面常因频繁的交通荷载和环境变化而出现开裂、沉陷等问题，尤其在高交通量的道路上维修成本居高不下，通过增强混凝土的抗裂性、抗冲击性及抗磨损性，钢纤维混凝土有效解决了这些问题。钢纤维的加入使混凝土在承受重载和高速交通冲击时，展现出了更为优异的韧性与延展性，能够更好地分散压力减少裂缝的产生与扩展，从而延长了路面的使用寿命，钢纤维混

混凝土的抗冻性与耐水性同样表现出色,特别适用于温差较大或湿度较高的地区,能够抵御冻融循环带来的破坏,保持路面结构的稳定性。在施工过程中,钢纤维混凝土因其优良的流动性不仅易于铺设还能提高施工效率,减少振捣及养护时间进而缩短施工周期并降低项目成本。

4 钢纤维混凝土施工技术与质量控制

4.1 材料选择与配比设计

钢纤维混凝土的施工技术与质量控制中,材料选择及配比设计至关重要。混凝土的性能与所选材料的质量及其配比紧密相关,施工前必须确保原材料的科学选择与精准配比。钢纤维的种类、长度、形状及其与混凝土基材的粘结性,都会直接影响混凝土的强度、抗裂性与耐久性^[1]。常见的钢纤维形式包括圆形、矩形与扭曲型,不同形状的钢纤维在混凝土中的分布情况与作用效果各异,选择时应根据具体工程要求来确定。水泥、骨料及外加剂的选用也必须符合相关标准,确保其稳定性与适应性,水泥的标号、骨料的粒径与均匀性等因素,直接影响混凝土的最终强度与耐用性。在配比设计方面,钢纤维的添加量应合理控制,通常其体积比应保持在 0.5%到 2%之间,过多或过少都会影响混凝土的工作性与成本效益。同时,水胶比、砂石比及外加剂的使用量,应根据现场施工条件与环境要求进行适当调整,确保混凝土在流动性、可施工性及最终强度方面均能达到设计标准。

4.2 钢纤维混凝土的搅拌与运输

钢纤维混凝土的搅拌与运输是确保混凝土质量的关键环节,直接决定了最终结构的性能。在搅拌过程中均匀分布钢纤维是首要任务,避免纤维聚集或分布不均,这些问题可能导致混凝土的抗裂性和耐久性下降。为了实现均匀混合,通常采用强制式搅拌机,这种设备能够提供较高的搅拌效率,从而确保钢纤维与其他原材料在短时间内充分融合^[2]。钢纤维的添加量需要精确控制,通常保持在 0.5%至 2%之间,任何偏差都会对混凝土的性能产生显著影响,钢纤维的长度、形状及表面处理方式,也会影响搅拌效果,尤其是长纤维或表面光滑的纤维可能难以均匀分散,应调整搅拌时间或方法确保混凝土的均匀性。在运输过程中,尤其需要避免混凝土的搅拌均匀性丧失或出现分层现象,由于钢纤维较为坚硬且密度较大,若搅拌不充分或运输时间过长,钢纤维可能沉降至混凝土底部,影响其性能的均匀性。为防止这一问题搅拌和振动应尽量减少,避免混凝土长时间暴露在空气中,特别是在高温环境下应采取有效的降温措施,保持混凝土的适宜温度,使用专用的混凝土运输车及泵送设备,有助于维持混凝土的一致性,从而避免因运输不当引起的质量问题。

4.3 施工过程中的质量控制要点

钢纤维混凝土的施工质量控制是确保结构长期稳定性的重要保障。在施工过程中材料质量的严格把关至关重要,必须确保水泥、骨料、钢纤维等原材料符合设计标准,并进行必要的质量检测。尤其是钢纤维的质量,直接影响混凝土的整体性能,钢纤维的长度、形状、表面处理以及数量需精确控制,确保均匀分布在混凝土中,避免聚集或沉淀现象的出现,这对混凝土的抗裂性与抗冲击性至关重要。混凝土的搅拌时间与速度应根据工作性要求进行调整,确保钢纤维与其他组分充分混合^[3]。若搅拌不充分或过度搅拌,混凝土的质量将难以达到标准,可能导致空洞或不均匀分布的问题,施工现场的环境条件,如温度和湿度的变化也可能影响混凝土的凝固与硬化过程。特别是在极端气候条件下,如高温或低温环境下应采取相应措施,如使用添加剂调节混凝土的流动性和凝结时间确保质量稳定。在浇筑与振捣环节中同样需要严格控制,避免混凝土的离析或分层现象,确保每一层的厚度均匀。在振捣过程中,过度振捣或振捣不足都可能对混凝土的质量产生不利影响,过度振捣会导致钢纤维分离从而降低其增强作用,而振捣不足则会导致混凝土密实性差影响其强度与耐久性。混凝土浇筑后,应确保表面湿润避免水分过快蒸发,防止裂缝的出现。养护的持续时间应根据环境条件与设计要求进行调整,一般情况下应保持适当的湿养护时间通常为 28 天,以确保混凝土强度的充分发展。

5 结语

钢纤维混凝土技术在公路桥梁施工中的应用,凭借卓越的强度、耐久性与抗裂性,显著提升了桥梁结构的承载力与施工效率。在桥面铺装、桥墩加固及隧道防护等领域,钢纤维混凝土不仅优化了施工成本与周期,还增强了工程质量,通过精确的材料选择、合理的配比设计及严格的质量控制,充分体现了其优异性能。随着技术进步,钢纤维混凝土将在公路桥梁建设中提供更加高效、可靠的解决方案,推动工程性能与耐久性的提升。

[参考文献]

- [1] 刘强. 公路桥梁施工中钢纤维混凝土技术的应用[J]. 大众标准化, 2024, 12(6): 163-165.
- [2] 韩冬红. 公路桥梁施工中钢纤维混凝土技术的应用[J]. 科技资讯, 2022, 20(14): 79-81.
- [3] 刘帅. 钢纤维混凝土技术在公路桥梁施工中的应用探究[J]. 工程机械与维修, 2022, 11(2): 84-85.

作者简介: 陈德应(1986.5—), 毕业院校: 安徽建筑大学, 所学专业: 无机非金属材料, 当前工作单位: 安徽瑞鑫检测技术有限公司, 职务: 副总经理, 当前职称级别: 中级。