

钢纤维混凝土技术在路桥工程中的应用研究

王佳音

(河北省承德市双交建工集团有限公司,河北省承德市,067000)

摘要 为提高路桥工程中钢纤维混凝土技术的应用效果,本文对钢纤维混凝土的应用特点进行了总结,并从原材料、配合比设计、投料及搅拌、混凝土浇筑和掺量检验等方面对钢纤维混凝土施工控制措施进行了分析,为同类型工程项目积累了经验,旨在以后类似项目中推广和应用。

关键词 路桥工程;钢纤维混凝土;配合比设计

中图分类号:TU528.572 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2025)04-0064-02

路桥工程作为交通基础设施的重要组成部分,对材料性能要求极高,需要在承载能力、耐久性、抗冲击性及施工效率等方面达到严格标准。传统混凝土材料在面对复杂荷载和环境条件时,易产生裂缝及耐久性问题,限制了其在某些特殊场景中的使用。钢纤维混凝土作为一种性能优异的复合材料,拥有良好的抗拉强度、抗裂性能、抗疲劳性能及韧性^[1]。这些优异特性使得钢纤维混凝土在路桥工程中展现出巨大的应用潜力,尤其在承载高荷载、抗震要求高及恶劣环境下的工程中表现突出。

1 钢纤维混凝土应用特点

1.1 力学性能

在相同体积下,钢纤维混凝土的抗拉强度和抗压强度要比普通混凝土高,这种性能可以提高混凝土的韧性,起到改善混凝土应力集中的作用。具体参数见下表1。

表1 普通混凝土与钢纤维混凝土参数对比

参数	普通混凝土	钢纤维混凝土	增长率
抗拉强度/MPa	3.4	6.8	78%
抗压强度/MPa	30.2	38.5	23%
极限抗弯强度/MPa	5.8	8.9	65%

1.2 抗变形性能

作者简介:王佳音(1989~),女,汉族,河北承德人,本科,工程师,研究方向:路桥建设及养护。

钢纤维的加入使混凝土在受到荷载时表现出更好的塑性变形能力。当混凝土在外力作用下发生微裂缝时,钢纤维能够通过和混凝土基体的粘结,限制裂缝的扩展,起到增强材料韧性和塑性变形能力的作用。同时,这种抗裂性能显著提高了钢纤维混凝土的整体变形能力,延缓了材料的破坏过程。综合两者效果使得钢纤维混凝土在荷载下能承受较大的变形而不容易发生脆性断裂,尤其在桥梁等需要抗震和抗冲击的结构中,能够提供更大的安全保障。

1.3 抗疲劳性能

钢纤维混凝土表现出优异的抗疲劳性能,其关键在于钢纤维在荷载作用下与骨料和混凝土基体共同形成了一层界面过渡区^[2]。这一过渡区能够有效优化材料内部的应力分布,减弱应力集中现象,同时降低变形滞后的可能性。此外,界面过渡区还形成了新的应变能释放路径和微孔结构,有助于裂缝的细化、均匀化和密集化,从而显著提升了钢纤维混凝土的抗疲劳性能。

2 钢纤维混凝土施工控制措施

2.1 原材料

钢纤维作为一种高强度、高韧性的先进材料,具有抗拉强度高、韧性好、耐腐蚀和耐疲劳等显著优势^[3]。其在混凝土中的分布对力学性能有重要影响,主要受钢纤维长度(100~300mm)和密度(1 200~1 600kg/m³)的影响。粗集料选用碎石,最大公称粒径31.5mm,表观密度2 896kg/m³,细集料表观密度2 589kg/m³,松散堆积密度1687kg/m³,石粉含量4.5%,单粒级最大压碎指标19%,空隙率29.6%,细度模数

2.8. 水泥性能测定结果为:密度 $3.61\text{g}/\text{m}^3$,比表面积 $368\text{m}^2/\text{kg}$,标准稠度用水量 27.5% ,安定性合格,初凝时间 380min ,终凝时间 580min ,3d抗折强度 5.5MPa ,抗压强度 29.3MPa ,28d抗折强度 8.7MPa ,抗压强度 50.2MPa 。结果表明,水泥物理力学性能良好,满足设计要求。

2.2 配合比设计

配合比设计首先需要确定水泥与骨料的比例,这对混凝土的强度和耐久性有重要影响。水泥的种类和质量应与项目要求相匹配,同时骨料的粒径和级配也要合理,以保证混凝土的密实度和流动性。钢纤维的掺入量是配合比设计的关键因素。通常,钢纤维的掺量为混凝土重量的 $0.5\sim 2.0\%$ 之间。掺量过少可能无法达到预期的增强效果,掺量过多则可能影响混凝土的工作性。钢纤维的长度、形状和材质对混凝土的力学性能有重要影响,设计时要根据工程的具体要求,选择合适的钢纤维掺量。一般来说,较长的钢纤维能更好地增强混凝土的抗拉、抗裂性能,但也会对混凝土的工作性造成一定影响。因此,在配合比设计中应合理选择钢纤维的长度和类型。

2.3 投料及搅拌

将钢纤维直接掺入水泥基料中,通过搅拌使其与水泥基料充分混合;或者在水泥基料中掺入钢纤维后,再加入适量的粉煤灰进行搅拌,以确保钢纤维与水泥基料的均匀混合;或者先将钢纤维加入水泥基料中,然后再添加一定量的粉煤灰和水进行搅拌,确保混合均匀。在投料过程中,需严格控制投料顺序,以保证钢纤维的均匀分布,减少结团现象。推荐的投料顺序为:水泥→沙子→石料→钢纤维→清水。

搅拌应与投料同步进行,为确保混合均匀并满足施工要求,通常选择500型强制搅拌机,并采用分散布料方式,避免钢纤维结团。施工人员需确保混凝土搅拌时间不少于 30s ,以保证混凝土的和易性。在搅拌过程中,需确保搅拌机和材料的配比符合相关标准,并严格控制搅拌时间,避免超过 30s 。使用搅拌机前,还应对其进行充分预热。为防止在搅拌和运输过程中出现离析现象,并确保混凝土的和易性与流动性符合相关规范要求,在搅拌时,应首先确保混合均匀后再倒入模具中,接着使用振动棒进

行充分振捣和夯实,以确保混凝土的密实性和整体质量。

2.4 混凝土浇筑

在浇筑施工过程中,施工人员需严格遵守相关标准。浇筑过程中,应根据施工环境和工程实际情况合理控制混凝土的浇筑速度,避免因混凝土过于导致离析现象的发生。同时,还需要严格控制混凝土的坍落度,因为过大的或过小的坍落度都会影响混凝土的质量。为确保混凝土质量,在浇筑前应对混凝土进行筛分,清除其中的粗、细颗粒,以确保其整体性能符合要求。混凝土浇筑完成后,应通过人工或机械压光处理。为提升压光效果,在施工后 24h 内用塑料薄膜覆盖表面,这样有助于控制表面裂缝的产生。最后,需要对表面进行凿毛处理,以进一步提高钢纤维混凝土的整体性能,确保其强度与耐久性。

2.5 掺量检验

钢纤维掺量检验方法包括:①钢纤维含量检测,通过称重法或体积法测定混凝土中钢纤维的实际掺量,确保其符合设计配合比和工程标准;②钢纤维分布均匀性检测,利用显微镜或图像分析技术评估钢纤维在混凝土中的分布均匀性,均匀分布有助于提升混凝土的抗裂和抗冲击性能;③试件检测,通过抗压试块和抗拉试件等实验,评估钢纤维性能是否满足设计要求,确保混凝土整体质量达标。

3 结语

综上所述,钢纤维混凝土作为一种新型的复合材料,能够显著提高结构的整体稳定性与安全性,减少维护成本,延长使用寿命,降低环境污染,符合现代工程建设的需求。尤其是在抗裂、抗冲击、耐疲劳和耐久性等方面表现突出,它有效克服了传统混凝土在复杂荷载和恶劣环境条件下的不足,为路桥工程的设计与施工提供了更加优质的材料选择。

参考文献

- [1] 吴登.钢纤维混凝土路面施工技术分析[J].住宅与房地产,2022(14):71-74.
- [2] 马元,赵希胜,宋亚洲.浅谈路桥施工中钢纤维混凝土应用技术[J].绿色环保建材,2020(3):104+107.
- [3] 龙秋羽,李朝忠.钢纤维对混凝土力学性能与黏结性能的影响[J].四川水泥,2025(1):1-3.