

公路桥梁施工中钢纤维混凝土施工技术的应用分析

安传峰

青岛交通工程监理咨询有限公司

摘要:在道路工程中,桥梁是重要工程之一,其工程建设质量直接关系到整个公路的质量。在桥梁工程中,混凝土结构是最基础的建筑材料,其强度对整个工程的性能有着直接影响。而采用钢纤维混凝土的公路桥梁,其路面开裂现象很少,且桥面材料抗冲磨性能好,值得大力推广。基于此,本文着重对钢纤维混凝土在公路桥梁建设中的运用进行探讨与分析。

关键词:公路桥梁;钢纤维混凝土;施工技术;应用

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.20.070

引言

从现代公路桥梁工程的发展趋势来看,钢纤维混凝土施工技术是随着绿色施工、高质量施工等要求而研发的一种新技术。该技术在普通混凝土中掺量短钢纤维,从而提高公路桥梁工程的施工质量。从公路桥梁施工质量和经济利益的角度出发,建筑施工单位应积极采纳并实施钢纤维混凝土施工策略,通过不断完善技术管理,弥补技术短板,推动我国公路桥梁建筑行业的可持续发展。

一、钢纤维混凝土材料概述

(一) 钢纤维混凝土材料性能

钢纤维混凝土作为一种新型施工材料,其独特之处在于将短钢纤维融入传统混凝土结构中,旨在强化其抗微观裂纹及宏观损伤的能力,从而显著提升其弯曲、拉伸、冲击抵抗及疲劳性能。该材料的独特性能体现在以下几个关键领域:①钢纤维在混凝土内部的随机分布,显著提升了其弯曲和冲击韧性。研究表明,相较于常规混凝土,采用钢纤维混凝土其弯曲强度可提升50%~150%,拉伸强度也相应增长40%~50%。适量地添加钢纤维,不仅可以显著改善混凝土的抗压性能,如图1所示,而且还能提高其抗压耐受性。②钢纤维混凝土展现出卓越的抗剪特性。在常规混凝土中,开裂荷载接近其极限承载力,然而在钢纤维混凝土中,即使在开裂荷载下,其承载能力仍有一定上升空间,并且随体积增大,其开裂荷载、极限承载力以及延展性均有所增强。③钢纤维混凝土还具备出色的拉伸强度、抗冻性和耐磨性。能有效抵御温度应力引发的公路桥梁裂纹,同时显著提高混凝土的拉伸强度和塑性,为结构稳定性提供了强有力保障^[1]。

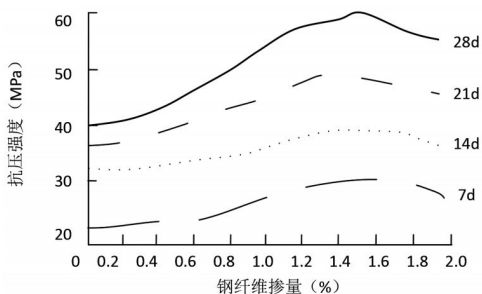


图1 钢纤维掺量与钢纤维混凝土性能之间的关系

(二) 钢纤维混凝土材料类型

钢纤维的类别依据制备工艺,可划分为剪切钢纤维、切断钢纤维、切割钢纤维及熔融钢纤维等几大类型。剪切钢纤维是由较薄的钢材制成的,厚度往往控制在0.3~0.6mm,拉伸强度可达700MPa;切割钢纤维是由厚度较大的钢材或铸锭制得的,具有较强的力学强度和较好的黏结能力;熔融态钢纤维以钢液为主体,具有良好的弹性和拉伸强度,然而,在钢液降温时,钢液与大气进行氧化,在其表面形成一层氧化物膜,严重影响其与混凝土之间的结合;尽管切断钢纤维的抗弯性能卓越,但其与混凝土的结合度相对较低^[2]。将钢纤维混凝土用于公路桥梁时,按照设计需求,对其进行适当配比,适当选择基材,对其抗拉强度、承载力等施工特性进行不断优化与提高,确保施工质量与效率。各种标号的钢纤维混凝土的配比如表1所示。

表1 各种标号钢纤维混凝土配比

标号	抗拉强度 / MPa	钢纤维含量 (%)	主骨料粒径 /mm	钢纤维直径 /mm
高标号	≥ 500	0.5 ~ 2.0	≤ 10	0.45 ~ 0.70
中低标号	≥ 500	≥ 0.5	≤ 15	≥ 0.4

二、钢纤维混凝土在公路桥梁施工中的作用

(一) 可以防止路面变形

相较于常规混凝土,钢纤维混凝土展现出更高的抗压性能优势,且结构稳定性更高。以普通混凝土为基础的公路工程,极易产生开裂、开裂等问题,经对这一现象进行了深入地研究,认为其产生的根本因素是由于混凝土的抗压性能不足。针对这一问题,我国开展了大量的研究工作,并选取了钢纤维混凝土作为试验材料,结果表明,采用钢纤维混凝土,路面的抗压强度具有明显提高。通过实验得出,采用挠度法进行测试时,钢纤维混凝土会展现出更强大的韧性,因此在公路桥梁施工中,采用钢纤维混凝土可以有效抑制路面变形,能够有效提高公路路面承载能力,防止公路坍塌或桥身开裂,从而保证人们的生命财产安全,为人们的出行创造良好环境,促进我国交通事业的发展。

(二) 可以减少裂隙的形成

钢纤维混凝土的抗压性能优良,尽管钢纤维混凝土占地面积大、自重大,但对公路桥梁的建设却没有太大影响。除以上几点外,通过采用动态路面探测器,可以看出,当车辆流量不大时,普通混凝土可承载车辆,但随着通行量不断增加,车辆拥堵、车辆滞留时间增加,普通混凝土荷载超过其承载极限,便会导致钢筋与混凝土在荷载作用下发生离析,引发公路桥面开裂,引发交通安全事故。然而,在采用钢纤维混凝土时,因其呈无序排列,其受力与负压力呈正相关,因此当负压较大时,其与混凝土不易弥散,并展现出良好的粘接强度,

可防止因车辆拥堵及滞留时间增加而产生的裂纹，从而提高工程的总体质量，提高公路桥梁的服役年限。

（三）可以抵御自然灾害

在钢纤维混凝土中，由于内部掺量短钢纤维，如图2所示，能够有效抵抗外部冲击。根据相关研究可知，在掺入适量的钢纤维后，混凝土抵抗外部撞击的能力较未掺入时可增加几倍，可见其良好的耐冲击性能。在传统的公路桥梁建设中，如果采用普通混凝土，在滑坡、泥石流等灾害中，容易产生破坏，导致公路桥梁坍塌，危及人民生命财产安全，造成严重的经济损失和社会舆论。但采用钢纤维混凝土后，可提高公路桥梁抗冲性能，达到抗灾、提高公路桥梁服役年限和保障人民生命财产安全的目的^[3]。



图2 钢纤维混凝土内部结构

三、钢纤维混凝土技术要点

（一）分类处理

将钢纤维混凝土材料应用于公路桥梁工程中，要提高其施工质量，必须进行钢纤维分类处理工作，否则在进行钢纤维混凝土拌和过程中，会产生结块现象，从而影响施工质量与安全。为提高钢纤维分类处置工作质量，在完成处理后，要将钢纤维原料分批投放到拌合设备中，这样既能防止结块问题，又能明显提高拌合速度。一般情况下，为更好地提高拌合效率，在向拌合设备中投放钢纤维原料前，应先在入口处加装筛网。在选用拌和设备时，要根据钢纤维的特性来确定，通常情况下，为避免过度投入钢纤维造成的设备超载，通常会采用反向拌和设备或强力拌和设备等，这种方式不但能够达到较好的拌合效果，还能够大幅度地提高钢纤维混凝土的性能。

（二）原材料配合比的确定

通常情况下，钢纤维混凝土的砂率配比为30%~50%，并根据工程的具体情况，确定选择直径为19mm的卵石和碎石砂率。根据项目设计工作年限，对普通混凝土的抗弯强度、抗拉强度、水泥掺量、水胶比等参数进行计算。一般来说，在浇注过程中，需严格控制混凝土拌和物的坍落度，控制在10mm范围内，并通过调整水灰比来适应钢纤维含量的变化。例如，每增加0.5%

的钢纤维，需额外添加或减少约8kg/m³的水量；而纤维直径每变动10mm，会导致用水量相应增减10kg/m³。

（三）设置钢纤维拌和时间

在进行钢纤维拌和施工过程中，投料的先后次序和时机等因素对拌和质量有较大影响。由于钢纤维混凝土的特性，其对拌和过程中的投放次序、投放时间等方面有着较高要求，如此才能充分发挥其应有作用。一般情况下，钢纤维混凝土的拌和过程为：砂石、钢纤维混凝土、掺入水泥。至于时间控制，在进行钢纤维和水泥原料拌和时，应控制在1.5min左右，然后再加入水拌和3min，以此保证钢纤维混凝土的拌和质量，如图3所示。



图3 钢纤维混凝土拌和

（四）振捣器选择

钢纤维混凝土具有较好的抗收缩性，其强度与振动器的选用有着密切关系。一般来说，在制作钢纤维混凝土时，应尽量选用平滑的振动器，这样才能获得良好的振捣效果；相反，若振动器表面不平，在实际振捣时，钢材极易堆积在某个部位，振捣效果不佳，无法达到预期效果。另外，在预制好钢纤维混凝土后，应尽量防止混凝土接缝凸出，从而影响混凝土的浇注施工。在混凝土表面达到一定强度后，可采取覆盖措施，如使用麻袋或草垫等，以便整体提高混凝土浇筑质量，又能充分发挥其所具有的优良特性^[4]。

（五）浆料运输

在运输浆料时，以自卸车为主。在运输时，泥浆受振动，使钢纤维沉降，造成空气质量和坍落度降低，对泥浆的均匀度产生一定影响。因此，应尽量减少运送的路程和时间，以免造成泥浆污染。一般情况下，最大运送时长应以测试中规定的周期及施工作业期来计算。

（六）施工裂缝处理

尽管钢纤维混凝土具有优良的力学特性，但在应用于公路桥梁施工时，受外界各种因素的影响，难免会产生开裂等问题。因此，在使用该技术时，也要进行针对性裂缝治理。对于由于钢纤维混凝土含砂量过大而导致的开裂，可以选用特殊的机械进行加工，如选用专用的压纹机进行构造压实，既可提高公路桥梁道路的平整度，又可有效抑制开裂问题。

(七) 抗折强度

一般情况下，每铺设400m²的钢纤维混凝土后，应制备2套抗折试件，随后每次铺设1000~2000m²浆料时，再多制作1套抗折试件。在施工过程中，将混凝土试件按实际施工环境进行湿养，同时对7d龄期混凝土的强度进行检测，检验其能否大于28d龄期的70%，如果不能满足，则要对其进行加固处理。

(八) 工程养护

正如普通混凝土工程相同，钢纤维混凝土浇筑完成后同样需要养护。始养时间通常是在抹面2h后，表面已具有一定强度后进行。可以采用麻袋、草垫等将其表面覆盖，每天浇水几次，保证其湿润，具体的养护周期不能少于7天。也可以采用防水膜进行表面处理，防止水泥砂浆中的水分快速挥发，确保水化过程的顺利进行。

四、公路桥梁施工中钢纤维混凝土技术的应用

(一) 公路方面

1. 路面铺装

将钢纤维混凝土用于路面铺装，可以降低铺装厚度以及减少或不设置纵缝，可以有效控制横向伸缩缝的数量，因此其在融冻性和耐磨性方面具有明显优点，有助于提高公路的使用年限。现阶段，钢纤维混凝土多用于以下几种类型的路面铺装：①全截面路面。该类型路面，其钢纤维混凝土的使用厚度约为普通混凝土的50%~60%，钢纤维混凝土的掺量一般为0.8%~1.2%。对于双车道路面，一般没有纵向接缝。②复合式路面。其主要分为双层和三层设计，双层设计是将地面分为两个层面，一层为普通水泥（底层），一层为钢纤维混凝土（顶层），铺设量为普通混凝土的2/5~3/5。三层设计将道路结构划分为底层、中层和顶层，底顶层均采用钢纤维混凝土，中层采用普通混凝土。双层设计总造价投入少，施工工艺简便；三层设计可以提高结构的稳定度，降低路面的开裂问题，具体应结合不同的工程特性及使用需求来确定。

2. 路面修复

公路桥梁投入使用后，由于各种原因，不可避免会出现一些凹凸不平、开裂等现象。为确保施工质量，需要对病害部位进行及时修补，而钢纤维混凝土恰好是修补效果较好的材料之一。最常用的修补方法便是在损坏的道路表面覆盖一层钢纤维水泥，根据损坏程度由高到低分为三种：①复合覆盖。其主要内容是：将覆盖层与旧混凝土拌合，构成新的路面结构。②直接覆盖。即并非将新旧混凝土结合，而在二者间设置单独的隔离层。③分离覆盖。是在原有路面上，铺设一层路面^[5]。在使用中，可依据不同的道路损坏情况，适当选用不同的修复方法。

(二) 桥梁方面

1. 桥面铺装

对于桥面铺装，一般采用相对常规的施工方法，根据材料特性和需要选择具体的施工方法。①搅拌和输送。由于钢纤维混凝土具有较高的密实度，因此在拌和前需对其进行分散处理，以防止出现结块现象，从而提高施工质量。通常，钢纤维拌和技术与所使用的机械设

备有着直接关联，大致可以分为三种：卧轴式拌和、自落式拌和、涡桨式拌和，其入料顺序并不相同。在实际输送过程中，首先要协调好生产和浇注进程，保证道路畅通，保证从拌合结束到输送过程不超过60min。②浇注和养护。当砂浆抵达浇注点后，要立即铺设，按照先板边、在角落、后板中等顺序，同时要严格控制铺设厚度，预留出20%左右的沉降量，方便后续的找平作业。在振捣时，应遵循“缓拔快插”的原则，防止产生空穴。一般情况下，养护时间应为7d以上，若浆料中掺入了粉煤灰或缓凝剂等，则应确保养护时间在14d以上。只有当混凝土综合强度达1.2MPa以上，方可上人，若是掺入添加剂的话，其强度应在2.5MPa以上。若施工时间为冬季，还需盖上草毡进行保温。③整平和切缝。振捣完毕后，还要用条夯对其进行整平，然后用钢制辊轮进行整平。应根据当时的天气情况和钢纤维混凝土的强度，适时进行切缝工作，防止切缝过早。

2. 局部加固

由于长时间的荷载作用，桥梁的桥墩和桥面极易出现开裂或表面松散脱落的情况，为此，还需使用喷射器将钢纤维混凝土均匀地喷射到病害部位。为进一步提高建筑物的抗震性能，通常可按具体施工条件，将喷雾厚度设定为50~200mm。在此基础上，通过掺入含硫氯酸盐快硬水泥和TS型快凝剂，并将其均匀喷涂于病害部位，从而提高其抗裂能力。在此工艺中，应先对病损处进行凿削或喷砂处理，以便新旧混凝土能更好地结合，提高施工质量。

3. 上部承重

将钢纤维混凝土用于桥梁结构的受力部位，既能减轻桥梁自重，又能改善桥梁受力状态，并能对其变形问题进行有效控制。与传统的混凝土施工技术相比，采用钢纤维混凝土施工技术，可以有效减少上部材料的使用量，使得整个桥梁的外形更加优美，如此既可控制施工成本，又可确保工程经济效益。

结束语

综上所述，钢纤维混凝土作为一种新型施工材料，其在公路桥梁工程中有着广泛的应用前景，在提高公路桥梁的使用性能、施工质量以及降低工程成本等方面有着一定的优越性。在实际应用过程中，应先对材料进行科学配比，合理控制拌和时间、运输时间，同时做好浇注和振捣工作，强化其日常维护，如此才能最大限度地发挥该材料的价值，推动公路桥梁建筑领域的发展。

参考文献

[1] 赵树雄. 公路桥梁施工中钢纤维混凝土技术的应用分析[J]. 运输经理世界, 2023, (03): 107-109.
 [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] 孙虎. 公路桥梁施工中钢纤维混凝土技术的应用[J]. 四川建材, 2021, 47(12): 85-86.
 [4] 李效广. 公路桥梁施工中钢纤维混凝土技术的应用[J]. 交通世界, 2021, (15): 52-53.
 [5] 康亮. 论公路桥梁施工中钢纤维混凝土技术的应用[J]. 中国标准化, 2019, (18): 46-47.