

# 道路桥梁施工中钢纤维混凝土施工技术

李享

安徽开源路桥有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v4i3.5769

**[摘要]** 传统钢筋混凝土材料在应用过程中存在耐腐蚀性差、抗磨能力低及易开裂等问题,越来越难以满足现代桥梁工程所需的大跨、高强、耐腐蚀等建设需求。钢纤维混凝土是目前道路桥梁工程施工中常用的材料,它能充分发挥钢纤维与混凝土的优点,提高道路桥梁整体强度、延展性,保证工程建设质量。本研究主要探讨了道路桥梁工程的钢纤维混凝土施工技术要点,仅供参考。

**[关键词]** 道路桥梁; 钢纤维混凝土; 施工技术

**中图分类号:** U416 **文献标识码:** A

## Construction technology of steel and fiber concrete in road and bridge construction

Li Xiang

Anhui Kaiyuan Road and Bridge Co., LTD. Anhui Hefei 230000

**[Abstract]** Traditional reinforced concrete materials have poor corrosion resistance, low wear resistance and easy cracking, which is more and more difficult to meet the construction needs of large span, high strength, corrosion resistance and so on required by modern bridge engineering. Steel fiber concrete is a commonly used material in the construction of road and bridge engineering. It can give full play to the advantages of steel fiber and concrete, improve the overall strength and ductility of road and bridge, and ensure the quality of engineering construction. This study mainly discusses the technical points of steel fiber concrete construction in road and bridge engineering, for reference only.

**[Key words]** road and bridge; steel fiber concrete; construction technology

### 引言

混凝土施工中,应用纤维复合材料能提升混凝土的各项性能。在普通混凝土中加入适量钢纤维或金属纤维,能有效提升混凝土的抗拉性能、抗剪能力与抗冲击强度,形成超高性能纤维混凝土。在公路桥梁加固修复项目中,通过合理应用超高性能纤维混凝土,能够提升桥梁质量与安全性,推动我国建筑行业的可持续发展。

### 1 钢纤维混凝土性能

钢纤维混凝土是通过在普通混凝土中掺加乱向分布的短钢纤维而制成的新型多相复合材料,其抗裂性、耐磨性、抗冲击性、与水泥材料的亲和性好,可延长路面使用寿命。作为新型建筑材料,钢纤维混凝土强度和重量比较大,可较好地抵御外力作用。根据相关试验,按照2%的比例将钢纤维掺入混凝土材料,抗压性能、抗拉强度、抗弯强度、抗剪强度可分别提升15%、50%、80%和100%;钢纤维混凝土与普通混凝土相比,抵御荷载或冲击作用的性能可提升5~10倍,抗弯折及抗拉性能也随之大幅提升;钢纤维混凝土比普通混凝土材料的收缩值低8%~20%,收缩性能显著改善;按照1.5%的比例掺加钢纤维的

混凝土抗弯疲劳寿命为 $1 \times 10^6$ 次,应力比为0.68,比普通混凝土0.51的应力比大33.33%;按照2%的比例掺加钢纤维的混凝土抗弯疲劳寿命为 $2 \times 10^6$ 次,应力比为0.94,比普通混凝土0.57的应力比大64.91%。

### 2 钢纤维混凝土施工技术要点

#### 2.1 工程概况

某高速公路桥梁共有4条车道,全长大约100km,按照100km/h的速度设计,以及至少5.5MPa的抗拉强度、不低于40MPa的抗压强度建设该项目。为提高路桥整体性能,决定部分路段采用钢纤维混凝土结构。

#### 2.2 原材料及配合比设计

(1) 钢纤维:钢纤维材料的性能直接决定着钢纤维混凝土的路用性能;考虑到普通钢纤维混凝土破坏主要因钢纤维拔出而非拉断,故首先应保证钢纤维在破坏时所承受的最大拉应力值满足要求。根据《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTGD40—2015),路用钢纤维尺寸、强度及用量应满足以下要求:钢纤维材料单丝抗拉强度应在600MPa以上,长度应为粗集料公称粒径的1.35~2倍,且钢纤维必须与粗集料匹配;铣削型钢

纤维直径应不超出 26.5mm, 剪切型钢纤维直径不超出 19mm。根据体积率计算, 钢纤维掺加量应控制为 0.6%~1.0%。公路工程应适用锚固端钢纤维, 不得使用两端带弯钩或直角形状的钢丝切断型钢纤维以及波浪形等容易引发成团的钢纤维。

(2) 水泥: 钢纤维混凝土主要使用 P.042.5 级普通硅酸盐水泥, 且水泥用量应控制为 360~450kg/m<sup>3</sup>。

(3) 集料: 公路工程钢纤维混凝土采用粒径为钢纤维长度 2/3 以内的石料, 即粒径为 5~20mm 的连续级配碎石; 细集料则采用细度模数为 3.5 的粗石屑。当钢纤维混凝土拌和料和易性相同时, 砂料粒径过大容易引起离析和泌水, 而粒径过小, 则水泥用量必然增大, 不利于施工成本控制。

(4) 外掺剂: 为改善混合料和易性, 提高强度, 降低水泥用量, 必须掺加聚羧酸系高性能减水剂, 选择外掺剂类型时必须保证其与水泥材料的适应性, 并根据施工要求、材料属性等确定具体用量。

#### (5) 配合比控制

确定各种原材料质量标准后, 要做好混合料的配置, 明确各种组分用量的控制, 确保钢纤维混凝土充分发挥优越性能。钢纤维混凝土强度会随着坍落度的增加而降低, 通过平衡按照 0.43 控制水灰比, 此时无论是坍落度还是抗压强度都能达到钢纤维混凝土的最佳状态。

### 2.2 钢纤维制作

钢纤维混凝土制作方法分为冷拔法和钢丝切断法两种。采用冷拔法制作钢纤维时, 既能保证钢纤维表面的光滑程度, 又能增强材料黏结强度。钢丝切断法对切刀和冲床过于依赖, 为提升切割效率, 一般选用旋转刀具, 但这种方法制作时材料损耗较大, 施工成本不易控制。为保证材料质量和属性, 该公路工程采用冷拔法和钢丝切断法相结合的方式, 使用直径为 0.4~0.8mm 的冷拔钢丝, 通过钢丝切断法将其切割为固定长度的钢纤维, 所制成的钢纤维混凝土抗拉强度可达 1000~2000MPa。

### 2.3 浇筑

在工程施工中, 施工人员要由高处往模板内倒入混凝土, 在此过程中要选择采用科学、有效的方法, 防范发生离析的情况。在施工中要选择使用分层连续浇筑的方法。在下层发生重塑或者是初凝以前要进行上层浇筑, 逐层地进行浇筑。在对施工缝凿毛进行处理的时候, 要保证混凝土有着良好的强度, 有效地防范增大施工难度或者是影响施工质量情况的发生。要结合施工缝的状况科学地选择处理方法, 例如, 补差锚固钢筋等。在工程施工中, 在发生初凝以前, 施工人员要借助于抹子反复地对外漏的混凝土表面进行搓压, 操作 2 次。假如道路桥梁的面积很大, 那么要借助于机械设备对其给予妥善的处理。在浇筑大体积混凝土的时候, 要保证各层的间隙不超过 7d。而且要严格地记录浇筑的过程, 建立浇筑档案, 及时、科学地储存信息资料。

### 2.4 振捣和整平

摊铺钢纤维混凝土后应及时采取振捣措施。该工程采用的是插入式振捣棒, 面层采用大功率平板振动器振捣, 使用刮板进行收面高程控制。由于钢纤维混凝土缺乏足够的流动性, 为保证工程结构整体施工效果, 要重点对边角部位进行振捣, 避免产生蜂窝病害。在振捣过程中, 混凝土不再下沉则表示振捣结束。振捣人员操作振捣棒应坚持快插慢拔的原则, 控制好振捣间距、时间等要素, 避免发生过振、漏振等问题。振捣时, 如果发现钢纤维外露, 应及时压下钢纤维和石子, 确保钢纤维在结构 10~30mm 深度, 以免后期行车阶段影响车辆安全通行。

### 2.5 刻槽与切缝

为避免拉毛时将钢纤维材料带出, 应采用硬刻槽方式在钢纤维混凝土路面制作抗滑构造。待混凝土实际强度达到 8~12MPa 时, 通过刻槽机按照 25mm 的槽距、2.5mm 槽宽和 3mm 槽深横向刻槽。该钢纤维混凝土路面板长 12m, 宽 6m, 考虑到路面运行初期钢纤维混凝土抗拉强度尚不能完全发挥, 故在温度应力等的作用下, 可能引发裂缝。这种情况下, 跨越裂缝的钢纤维承担全部拉应力, 如果钢纤维强度不足以承担温缩应力, 必将拉断钢纤维材料。为此, 必须及时进行钢纤维混凝土路面板切缝处理, 避免钢纤维被拉断而影响路面性能。切缝时间的确定尤为重要, 过早会在锯片的扰动下造成钢纤维, 导致碎石、水泥等黏结松动, 引发早期破坏; 过晚则会造成混凝土不均匀开裂。该公路钢纤维混凝土路面板在混凝土实际强度达到 10~15MPa 时进行切缝, 根据面板尺寸, 切缝宽度控制在 3~5mm, 缝深 2.5mm, 切缝后应及时通过填缝料灌缝处理。浇筑完成的钢纤维混凝土采用与普通混凝土相同的养护技术, 以保持路面湿润为宜。

### 2.6 养护施工

若施工中加水量过多, 会出现桥面较厚、面积较大的情况, 易产生干缩裂缝, 对桥梁的使用效果以及美观性产生影响。应对桥面进行全面养护, 确保桥梁的可靠性。浇筑完的钢纤维混凝土初凝之后, 应在上方设置遮阳挡风设施, 封闭交通。科学养护, 尽量减少表面混凝土的暴露时间, 终凝后在表面洒水, 及时对混凝土暴露面进行紧密覆盖, 防止表面水分蒸发。

## 3 钢纤维混凝土施工的不足

(1) 施工质量较难控制。不同于实验室, 桥梁工程的现场施工环境复杂多变, 受复杂地域环境影响, 在制备、运输或泵送施工过程中, 钢纤维混凝土内部情况可能会发生改变, 如钢纤维在混凝土内分布不均匀(发生团聚)、塌落度下降及含气量改变等, 最终造成钢纤维混凝土材料性能下降。因此, 对于钢纤维混凝土, 在生产和运输过程中需要加强控制与管理, 确保规范施工, 同时还应深入探究保证钢纤维均匀分布的措施及检测技术。(2) 施工成本偏高。钢纤维混凝土自重大, 在生产中需要加入大量的钢材, 加大对钢材的消耗, 增加了工程建造的成本。这造成在施工过程中, 大多数项目没有足够的资金使用昂贵的钢纤维材料, 导致钢纤维混凝土在实际应用中受到较大限制。因此, 未来需要进一步研究钢纤维生产的低成本化,

并合理地应用于需要加固或增强的结构部位,使更多的桥梁工程可以在预算范围内应用钢纤维混凝土。(3) 缺乏资源再生的研究。现今对钢纤维材料的环保回收工作研究较为缺乏,如何“变废为宝”,实现钢纤维的可持续化利用既符合当前的“双碳”倡议,也利于钢纤维混凝土的推广应用。我国大型基建项目众多,钢纤维在桥梁工程中的应用具有独特优势,一旦实现钢纤维材料的再生利用,将在降低施工成本的同时,极大程度减轻对环境的负面影响,现实意义巨大。

#### 4 提升钢纤维混凝土施工质量措施

##### 4.1 加强前期准备工作

完善及加强前期准备工作,则后期任务在执行的过程中会更加顺利,从而保障公路工程在施工过程中的整体质量。前期工作在准备过程中主要包括材料的选择,如水泥、砂石等相关材料的选择,而这些材料在使用的过程中需要经过合理的配比和搅拌,才能增强其在应用过程中的性能,为增强混凝土路面施工技术打下坚实的基础,提高公路施工的整体质量。在选择水泥材料时,需要按照国家相关标准对水泥的物理及化学特性进行检验,这样既满足国家规定,又能满足施工要求;在选择砂石的过程中,应选择细度模数在 2.0~3.5 之间的砂石,含泥量也应控制在 3%之内,这样才能符合施工要求。此外,当材料运输到施工现场时,需要对其进行合理保存,确保材料在使用前,其性能不被破坏。可以根据施工要求对材料的防潮性或者其他方面进行管控,确保材料在使用的过程中不会出现质量问题导致成本受损。所以,加强材料在施工现场的保护工作,也是前期准备工作中的重要环节,从而增强公路工程的整体质量。

##### 4.2 把控材料配置

材料配置是混凝土配置的前期工作,配比期间各参数计算非常关键。及时整理混凝土材料质量资料,随后对混凝土材料科学配比,配比标准与路桥施工项目要求相符。配比的严格把控,是后续混凝土搅拌与浇筑等施工顺利完成的前提,也是混凝土结构施工质量保证的基础。混凝土材料配比设计相对来讲比较复杂,加上路桥工程项目跨度比较大,地理位置与环境的变化,混凝土型号也有所差异,因此混凝土配比的压力比较大。以路桥施工中的挖孔桩来讲,混凝土强度要求高,特别是对比钻孔桩,就需要针对钻孔桩、挖孔桩等分别配置混凝土材料,还要在施工期间严格控制施工质量。混凝土施工配比科学,对预防混凝土常见病害有重要意义。尤其是配比期间水的比例控制,一定要严格按照规定标准配置,这样才能够确保混凝土结构流动性,并且提高可塑性,还能够保证坍落度,科学规避蜂窝状空隙问题。混凝土配比过程中,需提前做好项目调查,尤其是施工现场作业情况,还要精准计算与科学实验,提高混凝土配比科学性。

##### 4.3 钢纤维施工技术管理

精细化管理模式的应用可以提高施工效率和施工质量,有助于提高企业市场发展的创新能力。施工企业员工尤其是管理

层首先应充分认识精细化管理模式的价值、应用意义、应用方式,然后结合路基路面施工项目采取精细化管理方式,编制并落实精细化管理体系。管理体系中应包括如下内容:(1) 细致地编写整体项目各大环节内容,同时利用信息化技术加强相关数据的收集、监测和整理。(2) 借助信息技术分析相关信息,如云计算、大数据等技术,及时确认施工方案中的安全隐患问题并采取预防措施,以此为基础编制管理方案。(3) 通过管理程序提高管理水平。此外,以国家相关法律法规和行业发展动态为基础完善项目管理内容,提高建筑工程管理质量和效率,实现全面、精细化管理。

##### 4.4 提高施工人员的综合素质

在公路工程执行过程中,想要提高混凝土路面施工技术在应用过程中的效果,首先提高施工人员的专业水平。可以在施工人员开展工作之前对其进行培训,同时加强安全知识的学习,使其增强其知识理论和实践内容,这样才能在提高专业水平的基础上,高效执行施工过程中的各项内容,落实责任制,确保在高素质施工团队的引领下,提高施工质量,增强公路工程运营的安全性和稳定性。此外,还需要设立相关的考核制度,检验施工人员的学习效果,如果施工人员在学习后依然存在操作失误或不规范的情况,则需辞退,防止综合素质不高的施工人员影响施工进度和质量。对于学习能力比较强,且在施工过程中表现优异的人员,可以提高工资或发放奖励,这样不仅能激发工作人员的积极性,还能加强工作人员的执行规范性,为提高混凝土路面施工技术做铺垫。当然,除了对施工人员进行培训外,也可以引进相关的施工人才,在施工人才的带领下,增强施工团队的力量。

#### 5 结束语

随着我国基建工程建设的不断发展,桥梁作为重要的地面障碍物跨越方案,深受工程师的青睐。钢纤维混凝土拥有良好的力学性能、耐腐蚀性以及抗冲击性,契合桥梁工程建设的复杂施工环境与恶劣服役环境要求,应用价值与潜力非常广阔。在施工过程中合理运用钢纤维混凝土技术,能够提高生产效率并且保证施工质量。未来尚需在充分认识钢纤维混凝土优势的同时把握好研究重点,使其在桥梁工程中得到更好的应用。

#### [参考文献]

- [1]年峰.道路桥梁施工中钢纤维混凝土技术应用探讨[J].建材与装饰,2020(19): 264+266.
- [2]李艳丽.钢纤维混凝土技术在道路桥梁施工中的应用[J].城市建筑,2020,17(15): 173-174.
- [3]张绪斌.桥梁施工中钢纤维混凝土施工技术要点探究[J].广东建材,2020,36(04): 64-66.
- [4]邸旨凡.桥梁施工中钢纤维混凝土施工技术研究[J].科学技术创新,2020(08): 117-118.
- [5]韩景科.钢纤维混凝土技术在道路桥梁施工中的应用新探[J].工程建设与设计,2020(05): 180-182.