

钢纤维混凝土技术在公路桥梁施工中的应用分析

周春洪

凤凰县公路建设养护中心

摘要: 为了提高钢纤维混凝土应用水平,通过对某公路桥梁工程项目的研究,分析钢纤维混凝土配合比设计,并且探讨了钢纤维混凝土施工工艺。结果表明钢纤维混凝土施工技术可以提高桥面的力学性能,延长公路桥梁使用寿命,为交通安全提供重要保障。由此可见,钢纤维混凝土技术值得推广和应用。

关键词: 公路桥梁施工; 钢纤维混凝土技术; 应用技术

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.11.049

随着我国公路桥梁工程不断发展,涌现了许多新工艺、新设备以及新材料,并广泛应用在工程项目中,取得了良好的效果。钢纤维混凝土作为一项新型材料,具有良好的抗冲击性能、抗变形能力以抗裂性,更能够满足工程项目的建设需求。对此在公路桥梁工程项目中,如何科学、合理的运用钢纤维混凝土施工技术,成了相关工作者探讨的主要问题之一。

一、工程概况

于1996年建设的某公路桥梁工程,桥梁全长120m,宽12m。上部结构为3×30m 实腹式圬工板拱桥,下部结构为重力式桥台,扩大基础。经过多年使用,桥面铺装出现严重损坏,影响公路桥梁运营安全,对此对原公路桥梁进行加固改造,由原设计荷载汽—15,挂—80提升至汽—20,挂—100,具体主要方法为将原有公路桥梁桥面混凝土进行铣刨处理,桥面铺装采用钢纤维混凝土,主拱圈增加钢筋混凝土拱肋等,以此改善旧公路桥梁性能状况,延长桥梁使用寿命。

二、钢纤维混凝土配合比设计

本工程桥面铺装采用抗折强度为 7.0Mpa的钢纤维混凝土,采用长径比为60的剪切型钢纤维;使用的水泥类型为425号海螺牌普通硅酸盐水泥,对该水泥进行性能测试,结果表明水泥密度为311g/cm³, 28d 抗折强度为7.31Mpa;采用密度为2.65g/cm³的中粗性河砂,碎石密度为2.66g/cm³,最大粒径控制在20mm范围之内;饮用水适当掺入FDN-5 减水剂,可按 3%的体积率规格掺入^[1]。

(一) 抗折强度

试验方法、组成材料质量、拌制条件变化、施工操作等因素会对钢纤维抗折强度产生一定的影响,引起了钢纤维抗折强度的不稳定性,对此要按照高于设计强度标准,对钢纤维配制抗折强度进行设计,其具体计算式如下:

$$f_{ft配}=f_{ft设}+Z \cdot \delta =7.62\text{Mpa}$$

上述式子中, $f_{ft设}$ 、 Z 、 δ 分别表示的为钢纤维混凝土设计抗折强度(7.0Mpa)、保证率系数(1.04)、钢纤维混凝土抗折强度的均方差(0.6)。

(二) 体积率和水灰比

水灰比、钢纤维类型等是影响钢纤维混凝土抗折强度的主要因素,对此还需要计算钢纤维混凝土长径比、体积率及水泥抗折强度之间的关系,其关系式如下:

$$C/w=(f_{tf配}/R_t-\beta t V_f l_f/d_f-0.31)/0.12=2.14$$

上述式子中, C/w 、 R_t 、 βt 、 v_f 分别表示的是钢纤维灰水比(2.14)、水泥实测 28d 抗折强度(7.31Mpa)、钢纤维对抗折强度的影响系数(0.62)、钢纤维体积率(1.28%)。

(三) 单位用水量

若水灰比保持不变,钢纤维混凝土的和易性,不仅受钢纤维体积率的影响,还受单位用水量的影响,对此需要根据钢纤维混凝土混合料,合理确定单位用水量,其计算式如下:

$$G_w=722.28/(\ln T-\ln 0.191-44.36v_f)=187\text{kg/m}^3$$

上述式子中, G_w 、 T 、 v_f 分别表示的为单位用水量、施工要求工作度(16s)、钢纤维体积率(1.28%)。

(四) 砂率

根据砂的状况,对砂率进行计算,结果为46%。

(五) 单位水泥用量

单位水泥用量根据已知水灰比和用水量进行计算,计算公式^[2]如下:

$$G_c=C/w \cdot W=400.2\text{kg/m}^3$$

上述式子中, G_c 、 C/w 、 W 分别表示的为单位水泥用量(400kg/m³)、水灰比、用水量。

(六) 砂石用量

砂石用量按照假定容重法进行计算， 1m^3 钢纤维混凝土砂石总重根据 $2450\text{kg}/\text{m}^3$ 钢纤维混凝土容重进行计算，结果如下：

$$G_s + G_g = 2450 - G_w - G_f - G_c = 1763/\text{m}^3$$

$$\text{砂量：} G_s = (G_s + G_g) S = 811\text{kg}/\text{m}^3$$

$$\text{石量：} G_g = (G_s + G_g) - G_s = 952\text{kg}/\text{m}^3$$

上述式子中， G_w 、 G_f 、 G_c 、 S 分别表示的为水的重量（ $187\text{kg}/\text{m}^3$ ）、钢纤维用量（ $100\text{kg}/\text{m}^3$ ）、水泥用量（ $400\text{kg}/\text{m}^3$ ）、砂率（0.46）。由此可得， 1m^3 钢纤维混凝土中的钢纤维、水泥、水、砂、石分别为 100kg 、 400kg 、 187g 、 811kg 、 952kg ，钢纤维混凝土重量配合比为：水泥：砂：石=1：0.47：2.03：2.38。

通过上述计算，确定钢纤维混凝土配合比设计，之后需要对配合比设计进行混合料试拌，对养护 28d 的试件抗折强度进行测定，检查测定结果是否满足要求，如果无法满足，需要将钢纤维混凝土配合比设计有关参数进行调整，直至满足要求为止。

三、钢纤维混凝土施工工艺

（一）施工准备

在钢纤维混凝土施工之前，施工准备至关重要，对此需要做好以下几个方面：一是施工检查。检查桥面是否清理干净，检查模板标高是否符合设计要求，检查焊接处理是否到位、检查施工设备器具是否运转正常、检查钢筋绑扎是否牢固，检查混凝土配合比各项性能是否符合要求。二是泵的选择和布置。选择具有混凝土输出能力的泵，其输送力必须大于管壁与混凝土间的摩阻力，与此同时要严控泵技术性能，混凝土初凝时间等影响泵输送能力的相关因素。与此同时在便于混凝土运输及向泵供料的临近浇筑地点合理布置泵，且还应保证所处地点场地坚实，供水，供电、排水等配套设施齐全。在本次施工中，在桥头旁空地设置型号为HBT30 的台泵，泵送混凝土应遵循由下至上的顺序进行浇筑。三是施工技术交底工作。组织施工人员开展施工技术交底工作，使得施工人员能够充分掌握钢纤维混凝土配合比设计要求以及钢纤维混凝土施工流程，确保钢筋混凝土施工质量。

（二）混凝土拌和

在泵送混凝土施工过程中，拌制钢纤维混凝土，按照设计比例，依次将钢筋混凝土原材料投入到搅拌机中，需要注意的是用钢纤维经过挤压，会出现成团现

象，需要先将钢纤维分散，尤其是剪切型和圆直型钢纤维，分散后再投入到搅拌机中，否则会影响钢纤维混凝土质量。钢纤维混凝土搅拌过程中，需采用适应的搅拌机械，根据不同搅拌机械，采用适宜投料方式和顺序，具体包括卧轴式搅拌机拌和工艺、自落式搅拌机的拌和工艺、涡浆式搅拌机的拌和工艺。具体是粗细骨料和水泥通过料斗进入搅拌筒内，钢纤维经分散机直接进入拌和筒，之后对进入搅拌机筒内的混合料进行干拌，干拌半分钟后，直接加入水和外加剂，湿拌 $1.0\sim 1.5\text{min}$ ，拌和均匀后出料，这样可以增强拌合料拌和的均匀性^[4]。

（三）混凝土运输

在混凝土运输时，既要考虑混凝土生产情况，既要考虑混凝土浇筑进度，保证道路畅通，能够尽快的完成混凝土运输，严格控制搅拌完成与运输之间时间，不得超过 1h 。本次工程工程施工中，主要通过溜槽实现混凝土的运输，拌和站的设置距离施工现场较近，方便混凝土的运输。

（四）混凝土泵送

泵送混凝土之前，先输送同标号适量的水泥砂浆，以起到润滑管道内壁作用。在开始泵送混凝土过程中，对于料斗内，应灌满混凝土，避免泵送混凝土过程中吸入空气造成堵塞。如果发生泵送供料不及时的情况，需要适当放慢混凝土泵送速度。如果发生中断，且间歇时间超过 45min ，对于管内残留混凝土，应立即用压力水或其他方法冲洗掉，然后再重新进行泵送混凝土。压送困难时，可用木槌敲击易堵塞部位，并放慢泵速或反转泵，以防堵塞，严禁加水，要保证混凝土泵的连续作业，泵送混凝土停泵时，会造成堵塞。

（五）混凝土浇筑与养护

通过泵送混凝土进行浇筑时，会对模板造成较大的侧压力，所以为了防止模板发生模型，应做好支模设计，采用适当模板支撑和加固措施，为混凝土浇筑奠定良好基础。在泵送混凝土时，要观察模板情况，一旦发现胀模等情况，需要立即停止泵送，对模板重新进行处理，之后再开始进行混凝土浇筑。完成混合料泵送后，根据一定的摊铺顺序，即板边、边角、板中顺序，进行科学、合理的摊铺，设置适宜的摊铺厚度。混凝土振捣时，主要采用平板振捣器，适当结合插入式振捣器，振捣时，可以采用分层振捣方式，振捣时间控制在

15s~30s, 待到混凝土表面无气泡可以结束振捣。振捣时, 可以采用振动梁对混凝土进行人工找平, 完成之后, 在通过钢滚筒对钢纤维混凝土表面依次滚压, 使得钢纤维混凝土得到进一步整平, 要求钢纤维不得裸露在外。分两次修整平面时, 第一次先进行找平, 并且抹平, 第二次抹平是在混凝土表面无泌水时进行, 完成抹平后, 应进行拉毛, 可沿模板方向进行, 控制好拉毛深度, 一般1mm~2mm较为适宜。在完成混凝土浇筑, 需要及时的对混凝土进行养护, 通常情况下, 混凝土养护时间不少于7d, 如果混凝土中加入缓凝剂或掺粉煤灰时, 则可以适当延长养护时间, 一般不少于14d。在养护期间, 需要适当洒水湿润, 覆盖薄膜, 防止混凝土发生开裂的情况, 除此以外, 混凝土强度未达到强度时, 应禁止上人^[5]。

(六) 切缝

切缝时, 既要考虑气温, 又要考虑钢纤维混凝土强

度, 要及时切缝, 又要避免过早切缝。对于钢纤维混凝土, 设置多种切缝, 按照垂直于路中心线的要求设置胀缝, 要保证缝壁垂直, 缝隙宽度一致, 对于缝隙当中, 禁止出现连浆情况, 及时的将填缝料浇灌在缝隙内, 通常情况, 达到25%-30%的混凝土强度时, 进行缩缝切缝, 利用切缝机进行切割, 切缝深度控制为3cm。在设置施工缝位置时, 保持与路中心线垂直, 与此同时要满足胀缝或缩缝设计位置的要求。针对胀缝、缩缝, 采用石油沥青进行填缝。

四、试验结果

完成本工程的桥面铺装施工后, 通过现场取样试验, 测定养护28d 钢纤维性能。试验时, 采用钻孔取芯, 对钢纤维混凝土开展劈拉试验, 并且与普通混凝土进行对比, 具体结果如表1所示。由表1的可以得出, 与普通混凝土强度相比, 钢纤维混凝土抗折强度和抗压强度均有所提高, 分别提高了28.99%、8%。

表1 劈拉试验结果

混凝土类型	减水剂	配合比	R28抗压强度MPa	R28抗折强度MPa
钢纤维混凝土	0.8%	220: 490: 558: 1132	6.54	43.4
普通混凝土	0.8%	190: 420: 573: 1407	5.07	40.2

与普通混凝土的抗裂性能相比, 钢纤维混凝土桥面铺装具有较高的抗断裂性能, 从桥面铺装实际使用情况来看, 受各种因素的表现, 桥面极个别地方出现裂缝, 但是观察裂缝可以发现出现裂缝的地方扩张速度较慢, 与此同时由于钢纤维能够在缩缝位置起到连接作用, 可以传授一定的荷载, 且不容易出现断开的情况, 这样就大大降低了错台等病害发生的概率^[6]。经过半年的通车试验, 钢纤维混凝土桥面无明显断板、开裂等现象, 具有良好的使用效果。同时它相对养生期短, 养护工作量大为减少, 方便行车。

总结

通过对公路桥梁工程项目的研究发现, 钢纤维混凝土施工技术的运用, 与普通混凝土相比, 获得了良好的使用效果, 具体表现在质量好、使用寿命、方便行车等等, 大大提高公路桥梁工程项目建设经济效益。在实际公路桥梁工程项目建设过程中, 要结合工程项目的实际情况, 科学、合理的开展钢纤维混凝土配合比设计, 并且还要抓住钢纤维混凝土施工工艺要点, 保证钢纤维混凝土施工效果, 进而为整个公路桥梁工程施工奠定良好基础。

参考文献

[1] 陈宇良, 姜锐, 陈宗平, 张绍松. 复合受剪钢纤维再生混凝土破坏机理及强度计算[J]. 工程力学, 2023, 40(03): 88-97+128.

[2] 李茂, 岳燕飞, 钱觉时, 贾兴文, 代小兵, 林璐丹. 钢纤维增强磷酸镁水泥混凝土力学性能研究[J]. 武汉大学学报(工学版), 2022, 55(07): 691-698.

[3] 陈新昌, 林国潮, 罗剑凌, 凌礼贤. 基于热传导的粉煤灰钢纤维超高强混凝土温度裂缝控制[J]. 工业加热, 2021, 50(10): 18-22.

[4] 阿丽亚·沙塔尔. 钢纤维混凝土技术在道路桥梁施工中的实际运用[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(09): 136+139.

[5] 马伟. 钢纤维混凝土在现浇预应力混凝土桥梁中的应用[J]. 工程技术研究, 2020, 5(17): 140-141.

[6] 王新院. 钢纤维混凝土技术在路桥施工中的运用研究[J]. 运输经理世界, 2020(07): 139-140.

作者简介: 周春洪(1976-), 男, 汉族, 湖南湘西人, 大专, 工程师, 研究方向: 公路工程。