

# 钢丝纤维混凝土路面的应用研究

宋焕宇<sup>1,2</sup> 朱宏平<sup>1</sup> 罗 辉<sup>1</sup>

(1 华中科技大学 土木工程与力学学院, 湖北 武汉 430074;  
2 平顶山市公路管理局, 河南 平顶山 467000)

**摘 要:** 利用截断的矿山废钢丝绳, 按一定用量掺入普通混凝土中, 并运用这种路面材料铺筑道路, 试验及工程应用表明这种材料铺筑的路面具有良好的路面性能, 可适应道路路面重载、耐磨及抗冲击的要求, 并能减小结构厚度, 且早期强度较高, 可缩短工期, 具有一定经济效益。结合道路工程的实践, 对钢丝纤维混凝土路面结构作了简要的论述

**关键词:** 钢丝纤维; 混凝土路面; 性能及强度; 配合比

**中图分类号:** TU 416 216 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7037(2005)01-0023-03

钢纤维混凝土路面在国外已广泛应用于公共汽车站、收费站、行驶重型汽车的路面及旧路面的加铺层。我国从 70 年代开始试验研究与应用, 在现行的 JTJ 012-94《公路水泥混凝土路面设计规范》(简称《规范》)中, 已列入钢纤维混凝土路面的适应场合、材料的基本要求、配合比设计、厚度设计及接缝设置等。

在矿区井田开采时, 需用较多的钢丝绳, 常用钢丝绳直径为 20~30 mm, 绳长不等。在正常使用与安全条件下, 钢丝绳使用 4~5 月就得更换。采用废旧钢丝绳剪切小段掺入混凝土中, 铺成路面或作桥面铺装层, 这种钢丝纤维混凝土比普通混凝土的路用性能有一定的改善和提高。

## 1 钢纤维混凝土的性能

已有的研究表明钢纤维混凝土是一种新型路面材料, 由于钢纤维的掺入, 提高了混凝土的抗拉强度和抗弯强度, 也提高了抗冲击性、抗耐磨性和抗疲劳性。图 1 和 2 显示了在实验室通过掺入不同量的钢纤维(掺入量为 30~45 kg/m<sup>3</sup>), 混凝土的抗压强度可提高 5.8%~12.6%, 有的提高约 20%; 抗弯强度可提高 2.4%~20%, 可减小厚度 10% 左右。

试验表明钢纤维混凝土的收缩值较普通混凝土小, 其收缩值随钢纤维掺量的增加而减小(图 3), 所以混凝土面板的横向伸缩缝间距可加大。我

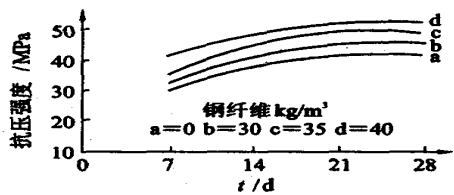


图 1 钢纤维掺量与抗压强度

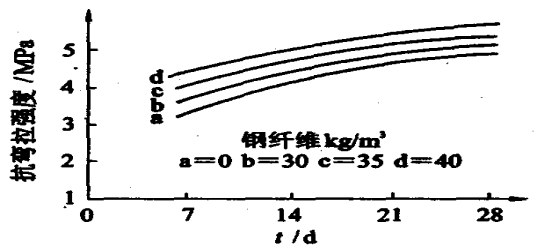


图 2 钢纤维掺量与抗弯拉强度

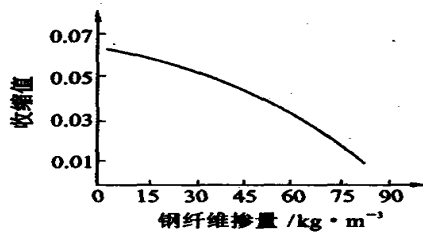


图 3 钢纤维掺量与收缩值

国试验研究表明, 伸缩缝间距在 30 m 以下未发现有裂缝产生, 一般可为 15~20 m。因此, 钢纤维混凝土路面不仅减少了因行车荷载作用导致的损坏, 还减少了路面结构中薄弱点处的伸缩缝数量,

收稿日期: 2004-07-26

作者简介: 宋焕宇(1963-), 男, 博士研究生; 武汉, 华中科技大学土木工程与力学学院(430074)。

基金项目: 教育部新世纪优秀人才计划资助(2005 年度); 教育部博士点基金资助(20030487016)。

而且在伸缩缝处因集料的啮合与钢纤维的作用,提高了接缝传荷能力.同时,钢纤维混凝土减少了收缩裂缝,比普通混凝土具有更好的抗渗性

通过试验还可发现钢纤维混凝土不像普通混凝土那样开裂后不久就破坏,它仍有一定的剩余承载力,具有韧性,能吸收部分冲击力,有较好的抗冲击性能(图4).该图还表明:混凝土表面受冲击开裂时的受冲击次数随钢纤维掺量的增加而增加,平均抗冲击性能提高2~3倍(试验采用8kg钢球从25cm高自由下落到直径15cm,厚5cm的混凝土试件表面,记录开裂时受冲击的次数).

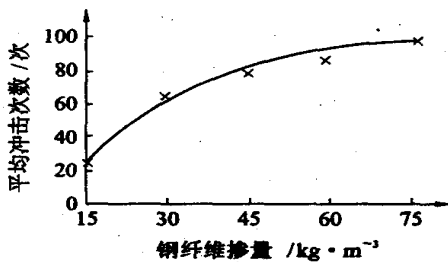


图4 抗冲击次数与钢纤维掺量关系

## 2 钢纤维混凝土路面

矿山的各种钢丝绳由绳纤维芯 $m$ 股 $\times n$ 根组成(图5),每根钢丝直径

0.4~3.3mm.把旧钢丝绳剪切成长3~6cm,正常操作下可保证钢纤维分散均匀.钢纤维用量按

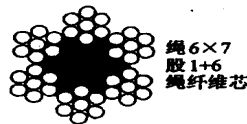


图5 常用钢丝绳

拌和混凝土体积的1%~1.2%掺入混凝土中,骨料为1~2.0cm级配碎石、中粗砂、525普通硅酸盐水泥,混凝土配合比为:水灰比( $w/c$ )0.47,砂率0.46,水泥砂石比1:2.4:2.83.混凝土用量为:水泥358kg,水168kg,中粗砂862kg,碎石1.012kg,钢丝纤维70kg.其施工程序同普通水泥混凝土路面.混凝土混合料采用拌和机拌制,或人工拌料,顺序为碎石、砂、水泥,搅拌过程中均匀

加入钢丝和水,每盘拌和时间不短于1.5min,混凝土坍落度为3~4cm.用翻斗车将混凝土运至工点,摊铺、振捣并整面抹光,湿养护20d后通车.经测试,28d不掺钢丝的普通混凝土抗弯拉强度为5.08MPa,钢丝纤维混凝土为5.64MPa,提高约11%.

矿山路主要行驶载重8~15t的重型自卸汽车,设计车道初期标准轴载为1.080次/d,属重交通,设计年限30年,根据《规范》计算设计使用年限内车道的标准轴载累计作用次数,并取混凝土的设计弯拉强度 $f_{cm}$ 为5.0MPa,弯拉弹性模量 $E_c$ 为3.090MPa,计算基层顶面的回弹模量 $E_{tc}$ ,考虑该混凝土面板内最大温度梯度值,接缝传荷能力的应力折减系数,疲劳应力系数,超载及动载等因素的综合影响系数,最后计算确定矿山路混凝土面板厚度为25cm,(此板厚系按普通混凝土路面设计计算).若按《规范》,钢纤维混凝土路面厚度根据钢纤维用量取普通混凝土路面厚度的0.55~0.65倍,但从试验路分析,圆钢丝的表面积较小,混凝土与钢丝间的握裹力偏低,加上施工的技术水平和设备等因素,取0.8~0.85,则钢丝纤维矿山混凝土路面的面板厚约21cm.

矿山路的车速、路面平整度等指标与交通部标准相比可适当降低,但车辆轴载大,车辆振动引起的动载有时会超过静载,而钢纤维混凝土的性能适应了矿山路“重载、耐磨、抗冲击”的要求.是一种路用性能优良的新型材料.钢丝纤维混凝土路面的矿山路,其胀缝、施工缝的设置与普通混凝土路面相同,基层采用15cm厚的二灰砾石以及15cm厚10%灰土以确保基层具有足够的强度和稳定性.

## 3 钢丝纤维混凝土配合比及强度

由不同的水泥用量和钢纤维掺量所组成的配合比,其试件的抗压强度与抗弯拉强度和普通混凝土相比均可提高(表1).

表1 钢纤维混凝土不同配合比的物料组成及强度

编号	水灰比 $w/c$	水 泥			碎石	钢纤维	抗压强度/MPa			抗弯拉强度/MPa		
		水	砂	水			3 d	7 d	28 d	3 d	7 d	28 d
A1	0.44	350	766	154	1.150	0	-	31.0	41.0	-	3.92	5.53
A2	0.44	350	762	154	1.141	30	-	31.1	43.5	-	4.02	5.60
A3	0.44	350	761	154	1.142	40	-	32.7	44.9	-	4.33	5.85
A4	0.44	350	761	154	1.141	50	-	41.5	46.5	-	4.53	6.63
B1	0.46	420	678	193	1.109	0	25.6	36.7	46.3	4.44	5.02	5.66
B2	0.46	420	674	193	1.095	30	25.7	37.0	47.0	4.47	5.24	6.16
B3	0.46	420	670	193	1.088	50	25.5	37.6	48.4	4.46	5.56	6.22
B4	0.46	420	665	193	1.079	80	27.7	38.2	50.2	4.46	6.25	6.40
C	0.40	340	560	136	1.300	60	29.9	37.2	50.1	-	5.75	6.48
D	0.46	350	817	160	1.127	60	-	-	46.1	-	-	6.70

从表 1 不同配合比的钢纤维混凝土强度可知, A4 和 B3 两组配合比的早期强度较高, 不同的是水泥、砂、碎石的用量差异, 可视矿山路的具体情况选择。此两组配合比能适合矿山路的要求, 可供矿山钢纤维混凝土路面设计参考。

#### 4 钢丝纤维混凝土路面设计探讨

目前钢纤维混凝土还处在实验和实践不断总结完善的阶段, 某些参数与指标有待统一规定, 但作为应用从设计角度提出以下探讨意见。

a 从国内外钢纤维混凝土路面的实践, 钢丝纤维的参数建议采用  $40 \sim 50 \text{ kg/m}^3$ 。

b 水泥可用 425 号及以上的普通硅酸盐水泥, 用量  $350 \text{ kg/m}^3$ , 配合比可采用表 1 的 A4 和 B3 组合。

c 混凝土面板是以设计抗弯拉强度作为控制指标, 而钢丝纤维混凝土板厚会相应减小, 所要求的抗弯拉强度与普通混凝土取的弯拉强度不同。为此, 建议 28 d 混凝土的设计弯拉强度提高  $0.5 \sim 1.0 \text{ MPa}$ , 各级交通量要求的混凝土设计弯拉强度不应低于表 2 中的值。

表 2 混凝土的设计弯拉强度

交通量	特重	重	中等	轻
弯拉强度 /MPa	5.5~6.0	5.5~6.0	5.0~5.5	4.5~5.0

d 钢丝纤维混凝土路面设计是以普通混凝土板厚的计算为基础, 其标准轴载、轴载换算、交通量分级、设计使用年限、标准轴载的累计作用次数及基层顶面当量回弹模量等设计参数按《规范》采用。

e 钢丝纤维混凝土路面板厚, 按其钢丝纤维掺量将普通混凝土路面厚度乘以系数  $0.8 \sim 0.85$ 。

f 钢丝纤维混凝土路面的最小厚度按交通量分级, 建议轻交通不小于 16 cm, 重交通不小于 18 cm。

g 钢丝纤维混凝土路面的纵缝根据路面宽度和每个车道宽而定, 横向缩缝间距可采用  $15 \sim 20 \text{ m}$ , 胀缝及施工缝的设置同普通混凝土。

h 混凝土中碎石最大粒径宜小于纤维长度的  $1/2$ , 且不大于  $20 \text{ mm}$ 。纤维应埋入混凝土表面内  $5 \text{ mm}$ 。

#### 5 钢丝纤维混凝土路面的经济性

采用矿山废旧钢丝绳剪切而成的纤维成本很低, 仅有剪切加工费用。根据公路工程预算定额分析, 将 25 cm 厚的普通混凝土路面与 21 cm 厚的钢丝纤维混凝土路面相比, 后者每  $100 \text{ m}^2$  工程造价可降低约 950 元, 降低 10% 左右。钢丝纤维混凝土路面的缩缝数量较普通混凝土路面少, 既方便施工及行车, 又减少缩缝的养护费用。钢丝纤维混凝土路面的早期强度较高, 有利于提前开放运营, 且路用性能良好, 能取得一定的经济效益, 还做到了废物利用。

#### 参 考 文 献

- [1] JTJ 012-94, 公路水泥混凝土路面设计规范[S]。
- [2] 冯平喜. 钢纤维增强路面混凝土的应用和发展[J]. 山西建筑, 2003, 29(4): 104-105.
- [3] 马芹永, 朱敏群. 钢纤维混凝土在路面桥面工程中的应用[J]. 中国市政工程, 2001, (6): 21-23.

### Applicant Study of the Concrete Road Surface with Wire Fiber

SONG Huan-yu<sup>1,2</sup> ZHU Hong-ping<sup>1</sup> LUO Hui<sup>1</sup>

(1. School of Civil Eng. & Mechanics, HUST, Wuhan 430074, China;

2. The Highway Dept. of Pingdingshan, Pingdingshan 467000, China)

**Abstract:** The nipping waste wire ropes of mining area are put into ordinary concrete in proportion. This material is paved to road surface. The test and actual application indicate that the road using this kind of materials has good function, and satisfies the claims of the heavy loading, wearability and lashing-resisting of road surface in mining area. The structural thickness of road surface can be reduced, the early strength is raised and the time limit for project is shortened, and certain benefits can be achieved. Based on the actual application of the road in mining area, the concrete road with wire fiber is introduced.

**Key words:** wire fiber; concrete road surface; function and strength; fit proportion