

文章编号: 0451-0712(2006)08-0346-03

中图分类号: U414.01

文献标识码: B

纤维沥青混凝土路用性能研究

苏志东

(广东省公路建设有限公司 广州市 510600)

摘要: 通过对掺加 0.25% 和 0.3% 博尼纤维以及未加纤维的沥青混合料的高温稳定性、低温抗裂性及抗水害能力等路用性能进行了试验, 结果表明博尼纤维沥青混合料具有优良的路用性能。继而分析了纤维改善沥青混合料路用性能的机理, 并提出了施工注意事项。

关键词: 博尼纤维; 路用性能; 性能评价

国内外高等级公路建设实践表明, 沥青混凝土路面普遍存在突出的工程问题是路面的使用寿命不长和路面的早期损坏。现代交通对高等级公路沥青混凝土路面提出了更高的要求, 目前在改善和提高沥青混合料路用性能方面主要有两个大的研究方向和技术应用: 一方面是改善矿质混合料的级配来提高沥青混合料的高温抗变形能力, 如沥青玛蹄脂碎石(SMA)结构、多碎石(SAC)结构、大粒径沥青混凝土(LSAM)等; 另一方面是通过改善沥青性能品质来提高沥青混合料的粘聚力, 增强抵抗变形能力, 如 SBS 改性沥青、SBR 改性沥青、PE 改性沥青等。近年来, 在沥青混合料中加入纤维加筋材料以改善其整体的物理力学性能, 也逐渐成为重要的研究应用方向。本文就聚酯纤维沥青混凝土路用性能进行研究。

1 原材料

沥青采用道路石油沥青 A-90 号, 其主要的技术指标见表 1。

表 1 沥青主要技术指标

指标	A-90
25 C 针入度/0.1 mm	92
15 C 延度/cm	>100
软化点/C	41.5
含蜡量/%	1.8

碎石使用石灰岩, 压碎值为 12%, 针片状颗粒含量 8%。矿粉采用石灰石磨制。碎石技术指标见表

2。级配采用 AC-16 级配, 见表 3。

表 2 粗、细集料和矿粉密度 g/cm^3

>4.75 mm	4.75~0.075 mm	矿粉
2.696	2.698	2.723

表 3 沥青混合料级配组成

混合料级配类型及中值	通过下列筛孔尺寸(mm)的质量百分率/%					
	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36
AC-16	100	95~100	75~90	58~78	42~63	32~50
中值	100	97.5	82.5	68	52.5	41
混合料级配类型及中值	通过下列筛孔尺寸(mm)的质量百分率/%					
	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	<0.075
AC-16	23~37	16~28	11~21	7~15	4~8	
中值	30	22	16	11	6	

研究采用的聚酯纤维主要物理化学性能指标见表 4。

表 4 聚酯纤维主要物理化学性能指标

直径/mm	长度/mm	密度 g/cm^3	颜色	熔点温度	抗拉强度	断裂延伸度/%
				C	MPa	
0.02±	6.35±	1.36±	白色	>249	517±26	33±9
0.002 5	1.58	0.04				

2 试验结果及分析

为了分析掺加聚酯纤维前后沥青混凝土技术性能的变化, 研究采用外掺纤维的方法, 剂量为混合料总重的 0.25% 和 0.3%。

2.1 马歇尔稳定度试验

按部颁标准《公路工程沥青混合料试验规程》(JTJ 034-2000)的规定,对不同的沥青混合料进行马歇尔试验,试验结果见表5。

表5 马歇尔试验结果

混合料类型	最佳油石比/%	空隙率/%	稳定度/kN	$\frac{\text{流值}}{0.1 \text{ mm}}$
纤维 0.25%	5.0	3.9	10.1	30.7
纤维 0.3%	5.1	4.1	12.6	34.2
未加纤维	4.8	4.0	8.8	29.2

从表5试验结果可知,加入博尼纤维后,沥青混合料的马歇尔稳定度提高,从一定程度上说明,沥青混合料的高温性能得到改善。改善的原因在于纤维的加筋作用,使沥青混合料的强度提高。掺加纤维后沥青混凝土的最佳油石比增大0.3%左右。

2.2 沥青混合料的水稳性

水损害是沥青混凝土路面的一种常见病害形式。水损害发生的主要原因是沥青混合料在水的长期作用下,沥青膜逐渐从矿料表面剥离,矿料与矿料之间的粘附性不复存在,沥青混凝土路面混合料逐渐出现掉粒、松散、坑槽等病害。在寒冷地区,冰雪、霜的入侵更是加剧了路面病害,低温病害常常与水的损害作用相互交织。有必要对纤维沥青混凝土和普通沥青混凝土的水稳性做试验比较。

以冻融劈裂试验评价沥青混合料的水稳性,试验方法做以下概述。

(1) 双面击实各50次,制作马歇尔试件。

(2) 将试件分成两组,每组4个试件。将第一组4个试件在25℃水浴中保温2h,试验时加载速率为50mm/min,压条宽度为12.7mm,得到劈裂强度 R_1 。

(3) 将另一组试件进行冻融过程,先真空饱水,真空条件下保持15min,恢复常压,试件在水中置30min;试件取出,放入塑料袋中,加入约10ml水,扎紧袋口,将试件分别放入-180℃,冷冻16h;后将试件取出,立即放入(60±0.5)℃的水浴中,保温24h;再将试件取出放入25℃水浴中保温2h,然后采用与第一组试件一样的方法进行劈裂试验,得到劈裂强度 R_2 。

(4) 残留强度比 $TSR=R_1/R_2 \times 100\%$ 。

试验采用英国ELE公司生产的自动马歇尔仪,经改装后(加宽12.7mm的上下压条),测得最大荷

载 F ,按式 $R=0.00628F/h$,计算劈裂强度 R 。按上述方法进行冻融劈裂试验,试验结果见表6。

表6 冻融劈裂试验结果

沥青混合料	未冻融试件 劈裂强度/MPa	经冻融试件 劈裂强度/MPa	残留强度比 TSR/%
未加纤维	0.648	0.51	78.7
纤维 0.25%	0.710	0.58	82
纤维 0.30%	0.754	0.65	86

从表6结果可以看出,加入纤维后,沥青混凝土冻融前后的劈裂强度均略高于原沥青混凝土,且在冻融循环苛刻条件的作用下,劈裂强度降低程度小,残留强度比大,这说明纤维沥青混凝土的抗冻融性能好于普通沥青混凝土。而且随纤维掺量增加,沥青混凝土的抗水害性能增强。

沥青混凝土中的纤维,多向分布,起着加筋作用,使混合料的抗力增加,使沥青混合料的劈裂强度提高。另外由于纤维的加入,使粘附在矿料的沥青膜变厚,抗水损害能力增强。

2.3 沥青混合料车辙试验

车辙是沥青路面的常见病害之一,车辙是在车辆渠化交通作用下车辆轮迹带上形成的凹陷,车辙的产生会使道路的服务能力显著降低。近年来随着我国经济建设和交通事业的发展,交通量显著增加、轴载加大,车辙问题迅速激化,故而防止和治理车辙已成为高等级公路及城市干线道路的重要课题。车辙试验能很好地反映车辙的形成过程,得到了世界各国的广泛认可与采用,本研究即采用车辙试验来评价沥青混合料加纤维前后的抗车辙能力。

本研究采用的车辙仪为日本三井公司开发研制的浸水式车辙试验仪,经过改造后,可用于车辙试验。混合料按马歇尔密度控制,由拌和机拌和后,用轮碾机单向碾压成型,成型温度140℃。试验条件如下。

(1) 试件尺寸:30cm×30cm×5cm。

(2) 试件养生:在恒温箱中恒温养生5h以上,试验温度为60℃。

(3) 轮压:0.7MPa。

(4) 碾压速度:(42±1)次/min。

用动稳定度 DS (即单位车辙深度所需的碾压次数)来表征混合料抗车辙能力, DS 越大,抗车辙能力越好:

$$DS=42 \times 15 / (d_{60} - d_{45}) \quad (1)$$

式中: DS 为动稳定度, 次/mm; d_{45} 为轮迹碾压 45 min 的变形量, mm; d_{60} 为轮迹碾压 60 min 的变形量, mm。

沥青混合料的车辙试验结果见表 7。

表 7 车辙试验结果

沥青混合料	45 min 变形/mm	60 min 变形/mm	动稳定度/(次/mm)
未加纤维	6.85	7.58	875
纤维 0.25%	5.10	5.70	1 050
纤维 0.30%	4.92	5.45	1 189

表 7 试验结果表明, 纤维沥青混合料呈上凸型, 表明随着碾压次数的增加, 纤维沥青混合料的变形增量逐渐减小或不再增强, 抗车辙性能增加。试验过程中也发现: 未加纤维沥青混合料车辙深, 隆起现象较严重, 而加入纤维后, 这些现象明显减轻。车辙的形成由两个方面的原因构成, 沥青层本身的压密, 主要发生在初期, 随后则主要发生沥青混合料的侧向流动变形, 侧向流动变形的大小与矿料的级配、沥青性质及用量有关。未加纤维与加入纤维对混合料初期的压密变形影响不大, 而对后期的侧向流动变形有较大的影响, 加入纤维后, 纤维吸附及稳定沥青, 使沥青的粘稠度和粘聚力增大, 同时由于纵横交错的“加筋”作用, 使混合料具有较高强度, 使混合料的抗车辙性能提高。纤维沥青混合料的整体性、抗剪性及抗车辙能力增强。聚合物纤维在混合料中分布均匀, 在混合料中以多向丝样分布, 按照混合料总重 0.25% 的比例加入纤维, 大约每 m^3 有超过 10 亿根分离纤维, 起到“加筋”作用, 强度提高, 纤维沥青混凝土的动稳定度高于未加纤维的普通沥青混凝土, 高温稳定性较好。

2.4 沥青混合料低温弯曲试验

为了评价纤维沥青混凝土的低温性能, 试验采用 -10C 低温弯曲试验, 试件尺寸为 $5\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 24\text{ cm}$ 。试验结果见表 8。

表 8 沥青混凝土低温弯曲试验结果

沥青混合料	弯曲强度/MPa	弯曲变形/mm	劲度模量/MPa
未加纤维	8.85	1 600	5 531
纤维 0.25%	10.10	2 965	3 407
纤维 0.30%	14.92	3 206	4 654

由表 8 试验结果可以看出, 掺加纤维后沥青混凝土的低温弯曲强度和弯曲应变增加, 弯曲劲度模量降低, 说明其低温性能得到了显著改善; 随纤维剂量增加其抗低温开裂效果越显著。

3 纤维的作用机理

当纤维加入到沥青混凝土中, 纤维与周围基体(沥青以及沥青胶浆)、纤维与纤维之间存在着复杂的相互作用, 根据各种理论分析的结果, 纤维不但对沥青具有改性的效果, 同时还会显著影响沥青混合料的韧性和破坏过程, 即具有改性、加筋和桥联作用, 显著地提高了沥青混凝土的抗车辙能力和抗低温裂缝能力, 延长了疲劳寿命。

4 施工注意事项

纤维沥青混凝土路面的施工工艺基本与普通沥青混凝土相同, 但应注意以下几个方面的问题。

(1) 保证纤维用量。为了保证纤维添加的计量准确, 建议采用自动的纤维添加设备, 若没有自动添加设备时, 也可以采用其他的添加方式, 但要注意添加的时间。

(2) 保证纤维的均匀拌和。纤维在沥青混合料中的分布直接影响着纤维沥青混凝土的性能, 纤维必须均匀分布, 不发生结团现象。为了保证纤维的良好分布, 在矿料干拌过程中按量加入纤维, 先干拌 20~30 s 后, 然后加入沥青再进行正常搅拌 35 s。

(3) 碾压达到足够的压实度。由于纤维具有一定的弹性, 使沥青混凝土较难以压实, 故在碾压阶段, 可在正常碾压的基础上, 加压 2~3 遍, 同时要求压实度达到 98% 以上。

(4) 其他施工要求。诸如施工安排、各环节的温度、碾压程序等与普通沥青混凝土路面相同。

5 结论

沥青混凝土掺加纤维后, 其抗水害能力和抗永久变形能力提高, 低温抗开裂能力显著改善, 其最佳油石比比普通密级配沥青混凝土增大 0.3% 左右。施工时需要延长拌和时间 5~10 s, 其他工艺与一般沥青混凝土施工相同, 具有较好的推广应用价值。