

# 纤维对沥青混合料稳定性的影响研究\*

牛季收, 姚立阳

(平顶山工学院, 河南平顶山 467001)

**摘要:**纤维在沥青混合料中的作用效果一直受到人们的关注,文中针对这一问题选用了四类纤维,分别采用普通沥青和改性沥青,选用沥青混合料 AC-16I 型,客观的分析了纤维沥青混合料的高温稳定性、低温稳定性、水稳定性和抗疲劳性能等路用性能。研究表明:纤维加入后,最佳沥青用量、空隙率、矿料间隙率、稳定度和流值均有不同程度增加,而密度下降;高温稳定性、低温抗裂性能、抗疲劳性能和耐水害性能等路用性能均有一定改善;其中高温和抗疲劳性能的改善最为显著,并且添加纤维的普通沥青混合料性能达到甚至超过改性沥青的性能,改性沥青再添加纤维性能将更好。

**关键词:**沥青混合料;纤维;稳定性;疲劳性能

**中图分类号:**TU535 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7329(2007)04-0114-04

## Study on Influence of Fiber to Stability of Asphalt Concrete Pavement

NIU Ji-shou, YAO Li-yang

(Pingdingshan Institute of Technology, Henan 467001, China)

**Abstract:** The effect of fiber in asphalt mixtures has attracted general concern. For study of this problem, four kinds of fibers are chosen in this test. Asphalt and modified asphalt are adopted in asphalt mixtures AC-16I. The road performance influenced by additional fiber was analyzed impersonally, i. e. the stability of asphalt concrete under high temperature condition, anti-crack ability under low temperature condition, the water resistance and fatigue performance. It was shown through the research that the optimum asphalt content, air void rate, clearance rate of the mineral powder, saturation degree, and the flow value were increased and the density was decreased after adding the fiber. The road performance, such as the stability of asphalt concrete under high temperature condition, anti-crack ability under low temperature condition, water resistance and fatigue performance, was obviously improved, and the high temperature stability and fatigue performance improved most evidently. The fiber asphalt mixture performance reached and even exceeded the modified asphalt mixture performance. The modified asphalt performance after adding fiber would be improved more greatly.

**Keywords:** asphalt mixture; fiber; stability; fatigue performance

纤维作为一种高强、耐久、质轻的增强材料,在沥青混凝土中的研究和应用最早可以追溯到 20 世纪 60 年代。国外学者,美国的 Toney, C. A.<sup>[1]</sup>, Jeng, Y. S.<sup>[2]</sup>和 Liup 教授,以及 Shiou-San Kuo<sup>[3]</sup>和 Jeb, S. ting<sup>[4]</sup>教授就这种新型材料进行了大量研究取得了一定成果并应用于实际公路工程中,他们的研究主要集中在聚酯和聚丙烯纤维,认为纤维对沥青混凝土的各项路用性能有不同程度的改善。在我国纤维沥青路面的研究起步晚,但发展迅速,也取得了一些成果<sup>[5,6,7]</sup>,

20 世纪 90 年代末开始应用于道路工程。另外,在我国《公路沥青路面设计规范(JTJ014-2004)》中也提出,有条件时沥青混凝土中可添加纤维提高其使用性能。本文针对纤维对沥青道路性能的影响问题,选用了两种聚酯纤维、一种聚丙烯腈纤维、一种混合纤维、一种木质素纤维和一种矿物纤维,并分别选用 AH-70 重交沥青和 SBS(I-D)型改性沥青,配制纤维沥青混合料 AC-16I,研究其高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性及抗疲劳性能等路用性能。

\* 收稿日期:2007-03-06

作者简介:牛季收(1965-),男,河南省西华县人,副教授,硕士,主要从事新型材料及施工技术的研究。

## 1 原材料与混合料类型

### 1.1 沥青

普通沥青选用壳牌 70 号重交沥青,改性沥青采用原沥青为壳牌 70 号重交基质沥青,改性剂为深圳路安特 SBS(I-D)型,掺量为 3.8%。其各项技术指标均满足规范<sup>[8,9]</sup>要求。

### 1.2 集料

集料主要采用玄武岩集料,矿粉为石灰石矿粉,其 0.075 筛孔的通过量为 97%。

### 1.3 纤维

纤维采用聚丙烯腈纤维:德国产德兰尼特(Dolanit(r) AS)聚丙烯腈纤维;聚酯纤维:美国产博尼维(BoniFbers(r))聚酯纤维,国产 DCPET 聚酯纤维;混

合纤维:福塔纤维(FORTA(r) AR 纤维由聚丙烯和芳纶纤维混合形成的纤维物);木质素纤维:JRS 公司产的 ARBOCEL 木质素纤维;矿物纤维:加拿大产的福贝(FIBROX)纤维,共四类六种纤维。

### 1.4 沥青混合料

本研究采用的沥青混合料是 AC-16I 型的级配中值。

## 2 纤维对沥青混合料高温稳定性的影响

### 2.1 纤维对沥青混合料马歇尔试验指标的影响

所用沥青为普通沥青和改性沥青两种,纤维及沥青用量均为最佳用量。六种纤维对 AC-16I 中值级配的马歇尔试验结果的影响如表 1 和表 2 所示。

表 1 普通沥青混凝土掺加不同纤维的马歇尔试验结果

纤维类型	沥青用量/%	稳定度/kN	流值/mm	密度/ $g \cdot cm^{-3}$	VV/%	VA/%	VMA/%	VFA/%
无纤维	4.6	9.96	3.68	2.454	3.548	10.508	14.056	74.760
Dolanit(r) AS	4.7	11.22	3.83	2.444	3.805	10.683	14.488	73.735
BoniFbers(r)	4.7	11.47	3.91	2.446	3.727	10.691	14.418	74.153
FORTA(r) AR	4.7	11.16	3.74	2.441	3.923	10.670	14.593	73.115
DCPET	4.7	11.09	3.79	2.439	4.002	10.661	14.663	72.706
木质素纤维	4.7	10.64	3.77	2.435	4.160	11.462	15.622	73.374
矿物纤维	4.7	10.85	3.85	2.437	4.056	11.155	15.211	73.335

表 2 改性沥青混凝土掺加不同纤维的马歇尔试验结果

纤维类型	沥青用量/%	稳定度/kN	流值/mm	密度/ $g \cdot cm^{-3}$	VV/%	VA/%	VMA/%	VFA/%
无纤维	4.7	13.25	3.72	2.458	4.131	11.205	15.336	73.063
Dolanit(r) AS	4.8	14.56	3.89	2.450	4.224	11.236	15.460	72.678
BoniFbers(r)	4.8	14.83	3.96	2.451	4.147	11.244	15.391	73.056
FORTA(r) AR	4.8	14.52	3.78	2.444	4.283	11.229	15.512	72.389
DCPET	4.8	14.36	3.81	2.432	4.356	11.211	15.567	72.018
木质素纤维	4.8	13.78	3.83	2.439	4.475	12.188	16.663	73.144
矿物纤维	4.8	13.91	3.88	2.440	4.394	11.834	16.228	72.923

由表 1 和表 2 可知,纤维加入后,最佳沥青用量、空隙率、矿料间隙率、稳定度和流值均有不同程度增加,而密度下降,六种纤维对 AC-16I 中值级配的马歇尔试验指标的作用效果没有明显差别,BoniFbers(r)聚酯纤维略胜一筹。在 AC-16I 中使用普通沥青加纤维的效果要明显优于不加纤维的效果;由表 2 知,改性沥青混凝土再添加纤维性能可以更进一步提高。

### 2.2 纤维对沥青混凝土动稳定度的影响

为了评价沥青混凝土抗永久变形(车辙)能力,通常在室内采用圆柱体压缩蠕变试验、棱柱体小梁弯曲蠕变试验、扭转剪切试验、轮辙试验和简单剪切试验等方法。本研究仅以室内轮辙试验测试的动稳定度和变形速率来表征纤维沥青混凝土的高温性能,其结果如图 1 所示。

从图 1 的试验结果看出,改性沥青混凝土 AC-16I 的动稳定度是普通沥青混凝土的 2 倍多。各种纤

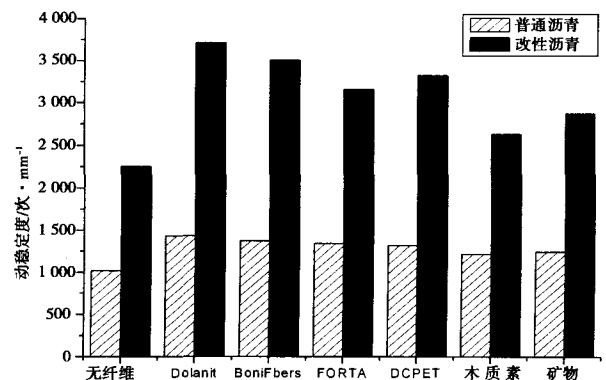


图 1 车辙试验

维的比较显示出 Dolanit(r) AS 聚丙烯腈纤维优于其他纤维,其在普通沥青混凝土 AC-16I 中,动稳定度提高 41%,在改性沥青混凝土 AC-16I 中,动稳定度提高 65%。改性沥青混凝土 AC-16I 再加 Dolanit(r) AS 聚丙烯腈纤维的动稳定度是普通沥青混凝土

AC-16I的3.6倍。

由此可见,对于重载作用的沥青路面,为了提高其抗车辙的能力,采用改性沥青加纤维,其抗车辙能力最强。在投资受限的情况下,采用沥青改性来提高路面抗车辙能力不失为一种经济的措施。

### 3 纤维对沥青混合料低温抗裂性能的影响

国内外用于研究沥青混凝土低温抗裂性能的试验方法有多种,主要包括:等应变加载的破坏试验(间接拉伸试验、弯曲、压缩试验)、直接拉伸试验、弯曲拉伸蠕变试验、受限试件温度应力试验、三点弯曲J积分试验、C\*积分试验、收缩系数试验和应力松弛试验等。

本研究采用了不同温度的间接拉伸试验(劈裂试验)方法,试验对六种纤维和两种沥青的沥青混合料进行了劈裂试验,试验结果如表3所示。

表3 纤维沥青混合料在不同温度下劈裂强度试验结果

混合料类型	纤维类型	15℃ /MPa	10℃ /MPa	0℃ /MPa	-10℃ /MPa	-20℃ /MPa
普通沥青	无纤维	1.523	2.424	3.501	4.192	3.236
	Dolanit(r) AS	1.648	2.565	3.577	4.272	3.366
	BoniFbers(r)	1.614	2.587	3.550	4.256	3.331
	FORTA(r) AR	1.585	2.502	3.592	4.245	3.309
	DCPET	1.576	2.533	3.535	4.232	3.287
	木质素纤维	1.553	2.465	3.514	4.211	3.268
改性沥青	矿物纤维	1.568	2.479	3.527	4.226	3.251
	无纤维	1.855	2.782	3.577	4.318	3.523
	Dolanit(r) AS	1.962	2.873	3.815	4.642	3.847
	BoniFbers(r)	1.986	2.849	3.772	4.600	3.888
	FORTA(r) AR	1.950	2.895	3.839	4.566	3.804
	DCPET	1.916	2.864	3.795	4.518	3.726
	木质素纤维	1.875	2.806	3.623	4.379	3.597
	矿物纤维	1.892	2.819	3.686	4.445	3.653

由表3给出的试验结果可知,在AC-16I普通沥青混凝土中,纤维对提高低温抗裂性能有一定的贡献,但贡献不大,各种纤维之间没有明显差异。在AC-16I改性沥青混凝土中,纤维对提高低温抗裂性能贡献有所提高,但没有达到期望值,且各种纤维之间也没有大的差异。同时我们还发现,沥青改性的贡献超过了纤维的贡献,这一点值得我们深思。

### 4 纤维对沥青混合料水稳定性的影响

沥青混合料水稳定性的评定方法,通常分两个阶段进行:第一阶段是评价沥青与矿料的粘附性;第二阶段是评价沥青混合料的水稳定性。这两个阶段是不可分割的整体,决不能割裂开来看。前者的试验方法主要有水煮法、水浸法、光电比色法、搅动水净吸附法等;后者的试验方法广泛应用的有浸水马歇尔试验、冻融后劈裂强度比试验、浸水劈裂强度试验、浸水抗压强度试验、浸水车辙试验等。按照目前我国的技术要求,在

施工规范及设计规范中都规定采用了浸水马歇尔试验及和冻融劈裂试验来评价沥青混凝土的水稳定性。

本试验对六种纤维和两种沥青的沥青混合料进行了浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验。

#### 4.1 浸水马歇尔试验结果与分析

试件分成两组:一组在60℃水浴中保养30min后测定其马歇尔稳定度MS1;另一组在60℃水浴中恒温保养48h后测定其马歇尔稳定度MS2,用残留稳定度MS0来表征沥青混凝土的水稳定性,MS0值越大,水稳定性越好。AC-16I试验结果如图2所示。

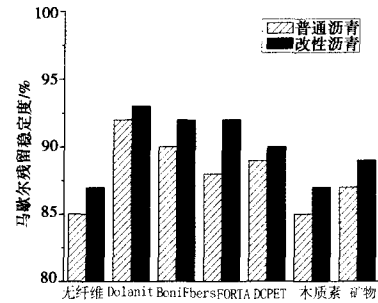


图2 马歇尔残留稳定度(MS0)

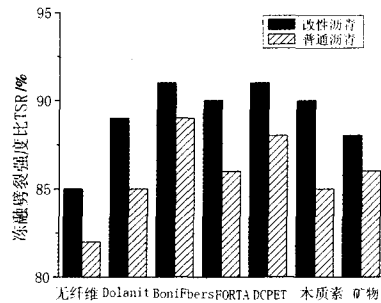


图3 冻融劈裂强度比(TSR)

由图2可以得出如下结论:在两种沥青的AC-16I中,纤维对提高沥青混凝土的残留稳定度有一定贡献,且聚酯和聚丙烯腈纤维的作用比其他纤维的作用明显。

#### 4.2 冻融劈裂试验结果与分析

我国的冻融劈裂试验是根据美国的洛特曼(Lottman)试验简化而成的。试件分成两组,试验对六种纤维和两种沥青的沥青混凝土作了试验对比,其试验结果如图3所示。

由图3可知,纤维对AC-16I的冻融劈裂强度有一定影响,其结论与纤维对沥青混凝土不同温度下劈裂强度的影响基本一致。

### 5 纤维对沥青混合料疲劳性能的影响

疲劳破坏作为沥青路面三大破坏形式之一,人们对疲劳性能的试验研究方法给予了很大的关注,归纳起来可以分为四类:一是实际路面在真实汽车荷载作

用下的疲劳破坏试验,如美国的 AASHTO 试验路,历时三年才完成;二是足尺路面结构在模拟行车荷载作用下的试验研究,包括环道试验和加速加载试验,如南非的重型车辆模拟车等;三是试板试验;四是室内小型试件的疲劳试验。由于前三种方法耗资大、周期长,开展得并不普遍,因此目前多采用周期短、费用低的室内小型疲劳试验。本试验采用小型试件的疲劳试验,其结果如图 4 所示。

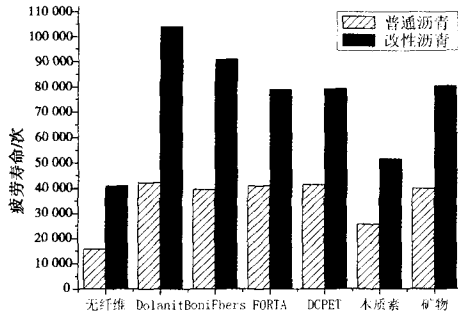


图 4 疲劳试验

由图 4 给出的试验结果可知,在 AC-16I 普通沥青混凝土中,纤维对提高抗疲劳性能有显著的贡献,并且 Dolanit(r) AS 聚丙烯腈纤维的改善效果最为明显。在 AC-16I 改性沥青混凝土中,纤维对提高抗疲劳性能的贡献也比较显著,且 Dolanit(r) AS 聚丙烯腈纤维和 BoniFibers(r) 聚酯纤维的效果最为显著。同时发现,除木质素纤维外,纤维对普通沥青混合料的改善效果与不加纤维改性沥青混合料的改善效果不相上下。

## 6 结论

1) 六种纤维对马歇尔试验的作用效果没有明显差别。对于马歇尔试验指标而言,使用改性沥青均能达到普通沥青加纤维的效果;当然改性沥青混凝土再添加纤维性能可以更进一步提高。

2) 对重载作用的沥青路面,为了提高其抗车辙的能力,采用改性沥青加纤维,其抗车辙能力最强。

3) 无论是普通沥青还是改性沥青,纤维对提高低温抗裂性能有一定的贡献,但不明显,且各种纤维之间也没有差异。同时我们还发现,改性沥青的贡献超过了纤维的贡献。

4) 纤维对沥青混凝土水稳定性提高有一定贡献,但在某种程度上讲不如改性沥青的作用。

5) 无论是普通沥青还是改性沥青,纤维对抗疲劳性能的提高极为显著;且加纤维的普通沥青混合料与不加纤维改性沥青混合料的抗疲劳能力不相上下。

## 参考文献:

- [1] TONEY C. A. Fiber Reinforced Asphalt Concrete Pavements: City of Tacoma [R]. Sponsor: Federal Highway Administration, Olympia, WA, Washington Div. Washington State Dept. Of Transportation, Olympia, Oct, 1987; 28.
- [2] JENG Y. S., LIU P. Performance Evaluation of Fiber Reinforced Asphalt Concrete [R]. Sponsor: Federal Highway Administration, Columbus, OH, Ohio Div. Ohio Dept. of Transportation, Columbus, Mar, 1994; 158.
- [3] SHIOU - SAN KUO, JAMSHID M. ARMAGHANI, DAVE SCHERLING. Accelerated Pavement Performance Testing of Ultra-Thin Fiber Reinforced Concrete Overlay [C]. Accelerated Paving Testing, Reno Nevada, 1999; 185-192.
- [4] JEB S TING, M. ASCE; ROSAL. SANTONI, M. ASCE; and STEVE L, M. ASCE. Full-Scale Field Tests of Discrete Fiber-Reinforced Sand [J]. Journal of Transportation Engineering, 2002, 9: 9-16.
- [5] 陈华鑫, 张争奇, 胡长顺. 纤维沥青混合料低温抗裂性能 [J]. 华南理工大学学报. 2004, 32(4): 82-86.
- [6] 孟维平. 聚丙烯纤维改善混凝土路用性能及使用耐久性的探讨 [J]. 公路. 2005, (6): 158-161.
- [7] 刘铁山, 延西利, 韩森. 外掺纤维沥青混合料的高温稳定性研究 [J]. 公路. 2006, (7): 140-142.
- [8] JTJ014-2004, 公路沥青路面设计规范 [S].
- [9] JTG F40-2004, 公路沥青路面施工技术规范 [S].

(编辑 陈 蓉)