

文章编号: 0451-0712(2004)12-0108-04

中图分类号: U414.75

文献标识码: A

纤维沥青混凝土的低温抗裂机理研究

郭乃胜, 赵颖华

(大连海事大学道路与桥梁工程研究所 大连市 116026)

摘 要: 作为沥青混凝土纤维加强筋, 聚酯纤维能够很好地提高沥青混凝土路面的力学性能。通过不同纤维掺量的沥青混凝土在不同温度下的试验研究, 对其低温抗裂机理进行了分析, 在劈裂试验的基础上提出了最佳纤维掺量。

关键词: 聚酯纤维沥青混凝土; 最佳掺量; 低温; 劲度模量

近几年来, 许多国家采用一种新型材料——纤维增强复合材料对沥青混凝土路面结构进行加固和修复。这种新技术在国际上已引起了关注和重视, 并已经得到广泛的应用和发展。由于聚合纤维复合材料具有抗腐蚀能力强、质量轻、抗拉强度高、防磁、防电、耐热性与耐久性良好等特点, 因此用纤维复合材料增强路面比采用其他方法更具有优越性。纤维增强的方法可以应用于道路工程的不同方面^[1], 例如加固、修补和封闭裂缝等, 并且对于不同环境下的路面结构, 纤维均能够发挥其有效作用。利用纤维增强路面的结构强度, 路面的抗弯、抗拉和抗剪能力均能得到明显改善, 路面抵抗裂缝的能力得到明显提高。作为修补材料使用时, 能减少裂缝宽度, 延缓裂缝发展。与其他改善路面性能的新材料相比, 用纤维增强的方法在施工时只需将纤维拌入沥青混合料中, 无需大型机械设备及复杂的施工工艺, 不会明显增加路面结构的施工难度。我国自 20 世纪 90 年代以来开始进行了聚酯纤维沥青混凝土的研究^[2], 且已经应用于高等级公路路

面工程中。然而, 目前在对纤维沥青混凝土的低温性能研究和确定纤维掺量的研究方面还很有限。本文针对聚酯纤维沥青混凝土的低温抗裂性能进行了试验研究, 在此基础上对纤维沥青混合料的低温破坏开裂机理进行了分析, 通过对含不同纤维掺量的沥青混合料试件在不同低温条件下的劈裂强度、劲度模量以及破坏应变的试验结果进行比较, 提出了最佳纤维掺量。

1 聚酯纤维的性能

聚酯纤维的断裂延伸率表征纤维的强度及韧性, 断裂延伸率越大说明该材料的韧性越好, 不易拉断, 这样掺入沥青混合料中就可提高其抗裂性能。聚酯纤维具有 38% 的断裂延伸率。这样在昼夜温差的热胀冷缩及外力冲击等的影响下, 聚酯纤维沥青混凝土可以承受很大的拉伸变形, 作为沥青混凝土纤维加强筋, 能够很好地提高沥青混凝土路面的力学性能。另外, 其力学性能特点表现为在 $-40^{\circ}\text{C} \sim$

基金项目: 辽宁省自然科学基金项目(98108002); 沈阳市科技计划资助项目(199951053-00)

收稿日期: 2004-06-28

汽车行驶的速度低, 水泥混凝土路面板块接缝对汽车行驶的舒适性不会有影响。水泥混凝土路面虽然也会被油污污染、磨光, 但它可以清洗、清理并重新拉毛。它的缺点是路面色泽存在反差。

3 结语

提高山区高速公路连续上坡路段和大纵坡路段

通行能力, 减少路面病害产生, 适当调整路基横断面布置, 采用不同路面面层类型和路面结构组合是可行的。

参考文献:

- [1] JTG B01-2003, 公路工程技术标准[S].
- [2] JTJ 011-94, 公路路线设计规范[S].

250℃ 的温度内不脆化、不软化变形,每根纤维都是独立的,具有极强的吸附性,且不缠绕,能够产生巨大的内聚力,可以大大抑制沥青混凝土的开裂、剥落,最终

达到提高公路质量和延长寿命的效果。表 1 为聚酯纤维的主要性能参数。

表 1 聚酯纤维的性能参数

原料	纤维类型	纤维直径 mm	拉伸强度 MPa	断裂伸长率 %	纤维长度 mm	比重 g/cm ³	熔点 C	燃点温度 C	弹性模量 MPa
聚酯纤维	单丝	0.015±0.005	1 165	38	6	1.36~1.4	260	>560	9 536

2 纤维沥青混凝土低温抗裂试验研究

由于北方气候寒冷且持续时间较长或者气温的骤降,会使沥青混凝土路面由于收缩或者来不及应力松弛而产生开裂。沥青混合料在低温状况下保持足够的韧性是防止路面开裂的根本措施。在沥青混合料低温性能评价方面有多种试验手段,劈裂试验是测试低温破坏性能的主要方法。由于劈裂试验得到的强度值较稳定,且变异性较小,因此本文主要从劈裂试验方法来评价纤维沥青混合料的低温抗裂性能。

2.1 原材料基本性状

(1)沥青采用辽河—90 号沥青;(2)纤维选取山东泰安产聚酯纤维;(3)矿料采用玄武岩碎石,石灰岩石屑和矿粉;(4)矿料级配采用抗滑层 AK—13A;(5)纤维掺量分别为沥青混合料总重的 0、0.15%,0.2%和 0.25%;(6)试验温度分别为 10℃、0℃、-10℃和-20℃。

2.2 劈裂试验结果分析

此次试验严格按照文献[4]进行,试验及计算结果见表 2 和图 1。

从纤维沥青混合料的劈裂强度与温度的关系曲线图(图 1(a))可以看到,当纤维掺量为零时,其曲线呈峰状,峰值的温度称为沥青混合料的脆化点。根据文献[5]盘锦沥青的脆化点为-13℃,在高于脆化点温度区,劈裂强度随温度的增加迅速降低,低于脆化点温度后,劈裂强度变化甚小,且劈裂强度逐渐降低。沥青混合料加入纤维后,劈裂强度明显提高,劈裂强度随温度的降低一直处于上升趋势,当温度低于脆化点温度后,劈裂强度增加缓慢。用脆化点来评价沥青混合料的低温性能有一定的规律,要比用破坏应变和劲度模量评价更为合理[5]。因此聚酯纤维加入后相当于降低了的沥青混合料的脆化点温度,沥青混合料的低温抗裂性能得到增强。

万方数据

表 2 不同纤维掺量及温度下的劈裂试验结果

纤维掺量 %	温度 C	破坏荷载 kN	劈裂强度 MPa	垂直方向 变形/mm	破坏 应变	劲度模量 MPa
0	10	27.4	2.71	1.84	0.05 588	834.634 5
	0	38.38	3.8	1.64	0.004 98	1 313.116
	-10	42.42	4.2	1.54	0.004 677	1 545.582
	-20	37.05	3.67	1.28	0.003 887	1 624.896
0.15	10	29.71	2.94	1.79	0.005 436	930.864 8
	0	40.48	4.01	1.53	0.004 646	1 485.239
	-10	44.03	4.36	1.48	0.004 494	1 669.542
	-20	44.13	4.37	1.12	0.003 401	2 211.192
0.20	10	30.2	2.99	1.75	0.005 314	968.302 4
	0	42.33	4.18	1.48	0.004 494	1 600.544
	-10	47.9	4.69	1.36	0.004 13	1 954.383
	-20	48.65	4.78	1.05	0.003 189	2 579.867
0.25	10	26.37	2.61	2.11	0.006 408	701.024 2
	0	38.04	3.75	1.78	0.005 405	1 193.856
	-10	39.94	3.96	1.67	0.005 071	1 343.846
	-20	41.72	4.09	1.41	0.004 282	1 643.917

图 1(b)显示,纤维掺量为 0 的沥青混合料的劲度模量随温度的提高而逐渐降低,呈下降趋势,随温度高于脆化点温度后,劲度模量急剧下降;当温度低于脆化点温度时,劲度曲线平缓。加入纤维后的沥青混合料的劲度模量在-20℃~10℃范围内没有出现明显的转折点,劲度模量相对于普通沥青混合料的脆化点温度对应的劲度模量增大。

从图 1(c)可看出,纤维沥青混合料的破坏应变随温度降低逐渐减小。破坏应变与温度的关系基本上呈扁 S 型,这与文献[4]中提到的普通沥青混合料破坏应变图形基本一致。

由以上试验结果可知,在 4 种不同纤维掺量中,当纤维掺量为 0.2%时,沥青混合料的劈裂强度最高,因此可得出结论,以增强沥青混凝土低温抗裂性能为目的的最佳纤维掺量为 0.2%。

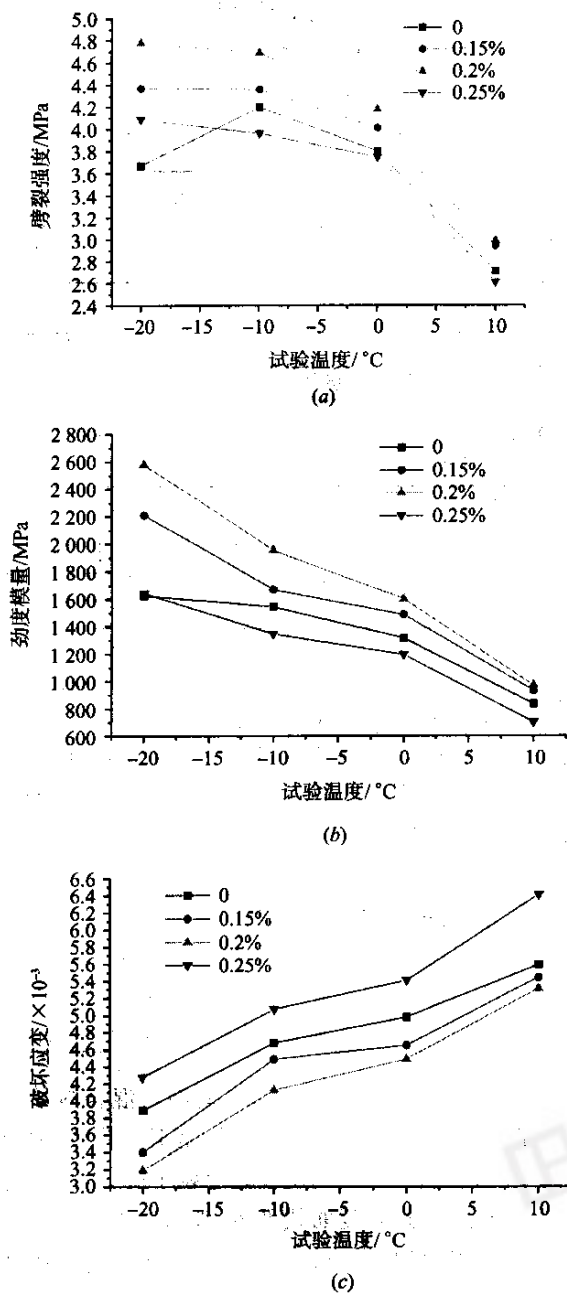


图 1 不同纤维掺量的沥青混合料劈裂试验结果

3 纤维沥青混合料的低温开裂机理

影响沥青混凝土路面温度裂缝的因素主要有^[6]: 沥青的性质; 沥青混合料的组成; 路面结构的几何尺寸; 基层的影响; 土基应力集中的影响; 路龄; 交通量。对于纤维沥青混合料来讲, 沥青脆化点越低, 说明沥青混合料低温抗裂性能越好。掺入一定量的聚酯纤维后能降低沥青混凝土脆性的主要原因在于纤维的阻裂效应。在结构形成过程中, 由于纤维的比表面大, 从

而吸附存在于沥青混合料中的“自由沥青”, 提供巨大的内聚力, 沥青混合料的粘聚力增加, 使破坏强度增加, 其纤维与沥青混合料之间的作用参照图 2 和图 3 (放大 72 倍)。另外, 纤维沥青混合料中纵横交错的纤维使混合料具有了较高的弹性, 沥青混凝土的强度得到提高, 相应地沥青混凝土脆性有所降低。在受力过程中聚酯纤维阻止了裂缝的引发, 从而减少了裂缝源的数量, 并使裂缝尺度变小, 降低了裂缝尖端的应力强度因子, 缓和了裂缝尖端的应力集中程度。纤维掺量为 0.2% 时的沥青混合料的劈裂强度相对纤维掺量为 0 时提高的幅度最大, 在 -20°C 时提高了 30.25%。对于纤维掺量为 0.25% 时, 由于没有增加沥青用量, 纤维吸附沥青多, 相对沥青用量减小, 使沥青混合料的应力松弛性能降低, 应力松弛性能越低, 低温抗裂性能越差。根据文献[5], 沥青用量在最佳用量的 0.5%~1.0% 范围内波动时, 对开裂率无明显影响。因此纤维用量相对较大时, 应适当地增加沥青用量 (0.2%) 是适宜的, 在低温下仍然能保持柔韧性和较高的抗拉强度, 使混合料的低温抗裂性能增强, 能有效地抵抗应力, 减少路面温缩裂缝的产生以及可以防止反射裂缝的发展。

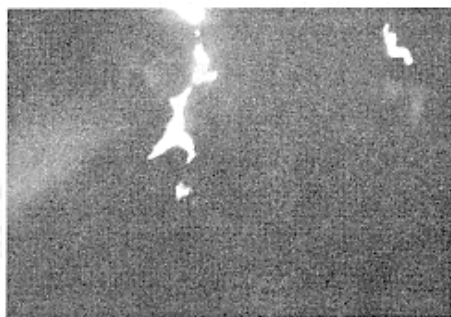


图 2 普通沥青混合料



图 3 纤维沥青混合料

4 结语

(1) 采用聚酯纤维增强沥青混凝土路面的低温抗裂性能是一种有效的方法。加入纤维后的沥青混

合料劈裂强度和劲度模量明显得到加强,脆化点的温度下降,在-20℃~10℃的温度范围内没有明显的转折点,即沥青混凝土的低温抗裂性能得到加强。

(2)确定了 0.2%为最佳纤维掺入量。当纤维掺入量为 0.25%时,应该将沥青用量增加 0.1%~0.2%,这样才有助于提高纤维沥青混凝土的低温抗裂性能。

(3)纤维加入时一定要搅拌均匀,纤维应同热干料一起在干拌刚开始时加入搅拌机。干拌时间以 30~50 s 为宜;湿拌时间通常为 60 s,以保证纤维尽可能分散均匀。

(4)为了满足纤维沥青混合料的击实度,在制备劈裂试件击实时,对于级配 AK-13A 的沥青混合料可以采用正反面各击实 75 次。

参考文献:

[1] Kuo S S, Armaghani J M, Scherling D. Accelerated Pavement Performance Testing of Ultra-Thin Fiber Reinforced Concrete Overlay [J]. Recycled Concrete Aggregate, and Patching Materials, 2002, (6).

[2] 李炜光,等. 纤维加强沥青路面的研究[J]. 西安公路交通大学学报, 1998, 3(18).

[3] 张争奇,胡长顺. 纤维加强沥青混凝土几个问题的研究和探讨[J]. 西安公路交通大学学报, 2001, 21(1).

[4] JTJ 052—2000, 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].

[5] 沈金安. 沥青及沥青混合料路用性能[M]. 北京:人民交通出版社, 2001.

[6] 黄晓明,吴少鹏,赵永利. 沥青与沥青混合料[M]. 南京:东南大学出版社, 2002.

Anti-Cracking Mechanism of Asphalt Concrete Reinforced by Polyester Fibers under Low Temperature

GUO Nai-sheng, ZHAO Ying-hua

(The Institute of Road and Bridge, Dalian Maritime Univ., Dalian 116026, China)

Abstract: As a reinforcing fibre of asphalt concrete, the polyester fiber will improve the mechanics capability of asphalt pavement. Through the study on blending different polyester fiber contents by weight with the asphalt concrete under different temperature conditions, the anti-cracking mechanism at low temperature is analyzed and the optimum fiber contents by weight are put forward on the basis of splitting experiment.

Key words: polyester fiber-reinforced asphalt concrete; optimum bleuded content; low temperature; stiffness moduli

宁夏“三纵六横”路网初步形成

近年来,宁夏紧紧抓住国家实施西部大开发战略、加快基础设施建设的机遇,公路交通事业得到长足发展。目前,一个以首府银川为中心,横贯东西、纵连南北的“三纵六横”公路网络已初步形成,公路各项技术指标居西部地区前列。

目前,银川境内共有 2 条国道主干线、6 条国道及 7 条省道,高速公路通车里程已达 500 多 km,基本构成了宁夏公路交通主骨架。

随着公路建设的步伐加快,宁夏公路密度达到每平方公里 17.94 km;每万人拥有公路里程近 20.5 km。全区汽车保有量达 12 多万辆,拖拉机 20 多万辆。全年全社会完成公路客运量达 5 000 多万人次,旅客周转量 30 多亿人公里;完成货运量 5 000 多万 t,货物周转量 60 多亿吨公里。