

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2022.09.001

玄武岩纤维排水高黏沥青混合料性能研究

李俊峰¹, 李文凯², 李正强³, 邵景干², 黄运军²

(1. 河南交通职业技术学院, 河南 郑州 450046; 2. 河南交院工程技术集团有限公司, 河南 郑州 450046;
3. 河南省豫冀高速公路有限公司, 河南 郑州 450046)

摘要: 为了改善排水式沥青路面的路用性能及延长其使用年限, 选用高黏剂 (LT-HVA) 及玄武岩纤维 (BF) 稳定剂制备玄武岩纤维排水式高黏沥青混合料。排水式沥青混合料因其良好的透水性能及降噪能力而被广泛应用到夏季多雨地区, 但其空隙率较大导致内部结构受到外界多重因素的侵扰而破坏, 沥青与骨料之间黏附能力衰退较快, 沥青胶浆易从骨料之间剥落, 影响沥青路面的使用年限及服务水平。在 OGFC-13 排水式沥青混合料中掺入高黏剂及玄武岩纤维, 以期延缓沥青路面结构层病害的出现, 改善沥青路面的路用性能。在沥青、高黏剂、玄武岩纤维等原材料性能研究的基础上, 制备玄武岩纤维高黏沥青, 通过动态剪切流变试验评价玄武岩纤维及高黏剂对沥青流变性能的影响。通过配合比设计, 确定沥青、高黏剂、玄武岩纤维不同掺配组合下沥青混合料的最佳油石比。通过对沥青混合料开展高温抗车辙、低温抗开裂、抗水损害及抗疲劳等相关试验来验证 OGFC-13 排水式沥青混合料路用性能。结果表明: 高黏剂及纤维的掺入, 能够改善沥青的温度敏感性; 高黏剂及纤维的掺入均能改善混合料的路用性能, 其中 SBS+LT-HVA+BF(9 mm, 3%) OGFC-13 沥青混合料高温稳定性、水稳定性及抗疲劳性能最优, SBS+LT-HVA+BF(12 mm, 0.3%) OGFC-13 沥青混合料低温性能最优。

关键词: 道路工程; 路用性能; 性能对比; 沥青混合料; 玄武岩纤维

中图分类号: U414.01

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268 (2022) 09-0001-08

Study on Performance of Basalt Fiber Porous High Viscosity Asphalt Mixture

LI Jun-feng¹, LI Wen-kai², LI Zheng-qiang³, SHAO Jing-gan², HUANG Yun-jun²

(1. Henan College of Transportation, Zhengzhou Henan 450046, China;

2. Henan College of Transportation Engineering Technology Group Co., Ltd., Zhengzhou Henan 450046, China;

3. Henan Henan-Shanxi Expressway Co., Ltd., Zhengzhou Henan 450046, China)

Abstract: In order to improve the road performance of porous asphalt pavement and extend its service life, basalt fiber porous high viscosity asphalt mixture is prepared by using high viscosity agent (LT-HVA) and basalt fiber (BF) stabilizer. Porous asphalt mixture is widely used in rainy areas in summer because of its good water permeability and de-noise ability, but its large void ratio will cause the internal structure to be damaged by the intrusion of multiple external factors, the adhesion between asphalt and aggregate declines rapidly, and the asphalt mortar is easy to peel off from the aggregate, which affects the service life and service level of asphalt pavement. OGFC-13 porous asphalt mixture is mixed with high viscosity agent and basalt fiber in order to delay the occurrence of diseases in asphalt pavement structural layer and improve the road performance of asphalt pavement. Based on the study of the properties of asphalt, high viscosity agent, basalt fiber and other raw materials, the basalt fiber high viscosity asphalt is prepared. The influence of basalt fiber and high viscosity agent on the rheological properties of asphalt is evaluated by dynamic shear rheological test. The best asphalt-aggregate ratio of asphalt mixture under different mixing combinations of asphalt, high viscosity agent and basalt fiber is determined

收稿日期: 2021-11-12

基金项目: 交通运输部重点科技项目 (2021-TG-001); 河南省交通运输科技计划项目 (2021J5)

作者简介: 李俊峰 (1982-), 男, 河南开封人, 硕士, 高级工程师. (191420482@qq.com)

by mix design. The pavement performance of OGFC-13 porous asphalt mixture is verified by the tests of high-temperature rutting resistance, low-temperature cracking resistance, water damage resistance and fatigue resistance, etc. The result shows that (1) the addition of high viscosity agent and fiber can improve the temperature sensitivity of asphalt; (2) the addition of high viscosity agent and fiber can improve the pavement performance of the mixture, among them, SBS+LT-HVA+BF (9 mm, 3%) OGFC-13 asphalt mixture has the best high-temperature stability, water stability and fatigue resistance, and SBS+LT-HVA+BF (12 mm, 0.3%) OGFC-13 asphalt mixture has the best low-temperature performance.

Key words: road engineering; road performance; performance comparison; asphalt mixture; basalt fiber

0 引言

经济的快速发展,我国基础设施建设取得巨大成就,人们对交通设施的要求已不满足于方便出行,而是对道路的行车舒适性、安全性等服务水平提出了更高的诉求。交通行业已把如何改善路面的耐久性、行车安全性作为目前努力的方向。常规密级配沥青混合料空隙率较小,平整度较好,能够保证行车的舒适性,但其排水效果一般,且随着使用年限的增加抗滑性能逐年降低,尤其多雨地区路面积水不能快速排出,严重影响行车安全。排水式沥青混合料具有降噪、排水、抑雾气、抗滑等优点,是沥青路面重要的一种结构层,尤其适用多雨地区,但其空隙率较大,往往在18%~25%之间,混合料内部结构会暴露在外界环境中,会加速沥青老化,同时也会受到雨水特别是压力动水的冲刷,沥青胶浆极易从骨料之间脱落,影响路面路用性能和使用年限。纤维在混合料中能够起到吸附、稳定沥青的效果,相关学者21世纪初已提出将纤维掺入到排水式沥青混合料中来改善路面性能的理论。本研究选用的玄武岩纤维是一种矿物纤维,是由玄武岩通过一定工艺拉丝而成,较其他纤维具有力学性能好、物理化学稳定性强、与沥青相容性好等优点^[1]。高黏剂作为一种外加剂掺入混合料中,能够改善沥青的性能,增强骨料之间的黏韧性,能够改善排水式沥青混合料沥青胶浆易脱落的缺点。目前关于玄武岩纤维排水高黏沥青路面的研究较少,需做进一步深入研究。郭黎黎、文湘^[2]将不同比例的TPS掺入沥青混合料中,并进行了相关性能的研究,发现TPS的掺入,能够改善混合料的抗水损害、耐磨及耐久性能。Kimberly R Lyons等^[3]研究发现纤维及SBS改性剂的组合能够改善沥青胶浆的抗剥落能力。Jian-Shiuh Chen^[4]将普通沥青、聚合物改性沥青、高黏沥青及纤维以不同的掺配比例掺入到混合料中,发现掺高黏沥青及纤维的排水式沥青混合料较其他混合料整体综合性能更优。韦佑坡等^[5]研究

发现,玄武岩纤维掺量为0.4%时,AC-13C沥青混合料整体路用性能最优。郝孟辉^[6]等研究发现,选用长度为6 mm,掺量为0.3%的玄武岩纤维,AC-13C沥青混合料高温稳定性、低温抗裂性分别提高了61.3%,24.9%,疲劳性能提高了2倍。OGFC开级配排水式沥青路面采用高黏剂来改善沥青与矿料之间的黏结强度,增强沥青路面的抗飞散能力已是业内常用的措施,本研究在现有研究的基础上侧重于玄武岩纤维对排水式沥青路面性能的影响研究,将LT-HVA高黏剂及玄武岩纤维掺入到排水式OGFC-13沥青混合料中,并开展高温抗车辙、低温抗开裂、抗水损害及抗疲劳等路用性能研究,为排水式沥青路面结构层的应用提供理论基础。

1 原材料

1.1 沥青

沥青的性能对沥青路面结构层的使用年限及服务水平有着关键性作用,本研究采用某石油化工有限公司生产的SBS I-D改性沥青进行研究,其主要性能指标检测结果详见表1。

表1 SBS I-D聚合物改性沥青主要技术指标试验结果

Tab.1 Main technical indicators and test result of SBS I-D polymer modified asphalt

检测项目	技术要求	试验结果
针入度(25℃, 100 g, 5 s)/(0.1 mm)	40~60	51
软化点/℃	≥60	65.5
延度(5 cm/min, 5℃)/cm	≥20	27
闪点/℃	≥230	246
弹性恢复(25℃)/%	≥75	81
135℃运动黏度/(Pa·s)	≤3	2.537
贮存稳定性离析, 48 h软化点差	≤2.5	2.0
RTFOT后 残留物	质量变化/%	±1.0
	针入度比(25℃)/%	≥65
	残留延度(5℃)/cm	≥15

1.2 高黏度改性剂

由于排水沥青路面空隙率较大, 其抗水损害能力较差, 本研究选用某材料科技有限公司生产的 LT-HVA 高黏改性剂来改善常规 SBS I-D 聚合物改性沥青胶浆的黏度, 从而增强矿料之间的黏聚力, LT-HVA 主要性能指标检测结果见表 2。

表 2 LT-HVA 主要技术指标试验结果

Tab. 2 Test result of main technical indicators of LT-HVA

检测项目	技术指标	试验结果
软化点/℃	≥80	86
针入度 (25 ℃)/(0.1 mm)	≥40	43
延度 (15 ℃)/cm	≥50	>100
135 ℃黏度/(Pa·s)	≤3.0	2.226
黏韧性/(N·m ⁻¹)	≥20	28.7
韧性/(N·m ⁻¹)	≥15	19.6
RTFOT 后	质量变化/%	≤0.6
残留物	针入度比 (25 ℃)/%	≥65
60 ℃黏度/(Pa·s)	≥20 000	46 782

1.3 纤维

纤维在混合料中能够起到吸附、稳定沥青的作用, 能够改善矿料之间的黏附性, 减少沥青胶浆从空隙中剥落, 改善排水沥青路面的路用性能。本研究选用的玄武岩纤维由郑州某玄武石纤有限公司生产, 其型号分别为 BF6 mm-12 μm, BF9 mm-12 μm, BF12 mm-12 μm, 3 种纤维主要技术指标试验结果见表 3。

表 3 玄武岩纤维主要技术指标试验结果

Tab. 3 Test result of main technical indicators of basalt fiber

检测项目	技术指标	试验结果
外观合格率/%	≥90	100
长度/mm	—	6, 9, 12
直径/μm	—	12
线密度/tex	—	230
断裂强度/MPa	≥2 000	2 318
弹性模量/(×10 ⁴ MPa)	≥8.0	8.7
断裂伸长率/%	2.4~3.1	2.7
吸油率/%	≥50	58

2 动态剪切流变试验

2.1 玄武岩纤维高黏沥青制备

本研究将不同掺配比例的玄武岩纤维、SBS I-D 改性沥青及 LT-HVA 高黏剂混合制备玄武岩纤维高黏沥青, 其中 BF (9 mm, 3%) 表示纤维长度为

9 mm, 掺量为 3% (占沥青质量), 掺配方案见表 4。已有研究表明^[7], LT-HVA 高黏度剂与 SBS 改性沥青的最佳掺比为 8:92。

表 4 BF, LT-HVA, SBS I-D 掺配方案

Tab. 4 Blending scheme of BF, LT-HVA and SBS I-D

类型	LT-HVA: SBSI-D	纤维长度/mm	沥青中 BF 掺量/%	混合料中纤维掺量/%
SBS	—	—	—	—
SBS+LT-HVA	8:92	—	—	—
SBS+LT-HVA+BF	8:92	6	3	0.3
SBS+LT-HVA+BF	8:92	6	4	0.4
SBS+LT-HVA+BF	8:92	9	3	0.3
SBS+LT-HVA+BF	8:92	9	4	0.4
SBS+LT-HVA+BF	8:92	12	3	0.3
SBS+LT-HVA+BF	8:92	12	4	0.4

为使玄武岩纤维充分束状分散, 本研究选用叶片式沥青搅拌器制备玄武岩纤维高黏沥青试样, 操作步骤如下: (1) 将纤维置于 105 ℃烘箱内烘至恒重。(2) 加热容器至 175 ℃, 将一定质量流动状态的沥青倒入容器, 然后按照掺配比例加入 LT-HVA 高黏剂, 用搅拌器在 (175±5)℃ 的温度下对上述试样进行高速剪切 60 min, 然后在 175 ℃ 温度下静置 1 h。(3) 按照掺配比例将纤维缓慢地加入沥青中进行高速剪切 10 min, 然后在 175 ℃ 温度下静置 30 min。借鉴美国 SHRP 方法评价沥青性能, 本研究选用 CVO 型动态剪切流变仪检测玄武岩纤维高黏沥青的高温性能, 在试验温度分别为 58, 64, 70, 76 ℃ 和 82 ℃ 时测定其复数模量 (G^*)、相位角 (δ) 及抗车辙因子 ($G^*/\sin \delta$) 来评价沥青的高温黏弹特性。

2.2 动态剪切试验

通过对不同 BF, LT-HVA, SBSI-D 掺配方案的沥青进行不同温度时的复数模量、相位角及抗车辙因子试验来评价沥青黏性及弹性变化情况, 试验结果见图 1。

由图 1 可以得出: 复数模量表征沥青在一定温度下抵抗变形的能量大小, 复数模量越大, 沥青抵抗变形能力越强, 随着试验温度的升高, 玄武岩纤维高黏沥青的 G^* 逐渐降低, 但降低幅度逐渐减小; 相同试验温度下, 纤维和 LT-HVA 的掺入, 沥青 G^* 有所增大, 这表明纤维和 LT-HVA 能够改善沥青的抗剪切变形能力。

温度在 58~76 ℃ 之间时, 纤维和 LT-HVA 的掺入, 沥青 δ 会降低, 表明此试验条件下, 沥青弹性

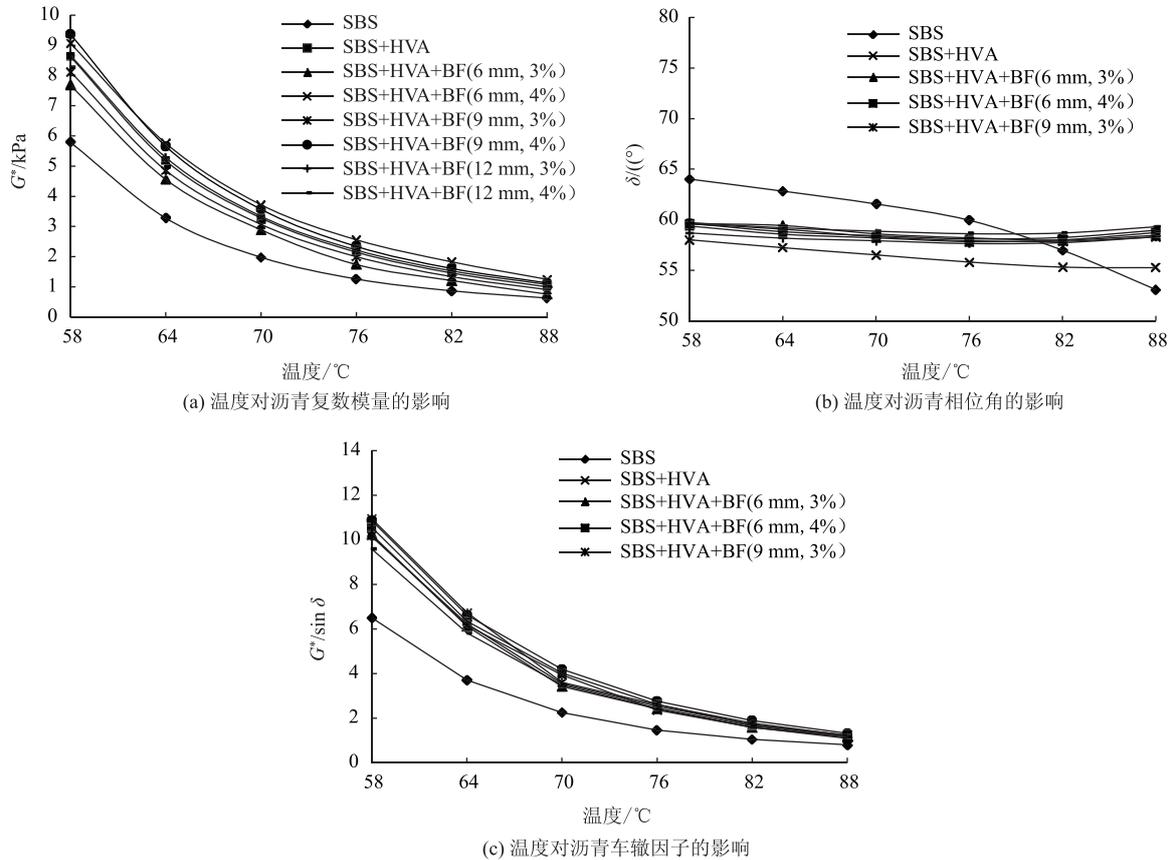


图 1 动态剪切试验结果

Fig. 1 Dynamic shear test result

增强,黏性降低,改善了此试验温度范围内沥青的抗变形能力;温度在 76~88 °C 之间时,SBS 改性沥青的 δ 会急剧下降,且小于同时掺有纤维和 LT-HVA 的 SBS 改性沥青,表明此试验温度范围内纤维和 LT-HVA 改善了沥青的黏性部分,同时也降低了沥青的弹性部分,提高了沥青的高温稳定性能。

随着试验温度的升高,不同纤维和 LT-HVA 掺配方案沥青的 $G^*/\sin \delta$ 逐渐降低,但降低幅度逐渐减小。试验温度相同时,掺有纤维和 LT-HVA 沥青的 $G^*/\sin \delta$ 试验结果均明显高于 SBS 改性沥青。纤维长度为 9 mm,掺量为 3%,4% 时沥青所呈现出的车辙因子最大,表明纤维和 LT-HVA 的掺入,能够较好地改善沥青的温度敏感性,且纤维长度和掺量的不同对沥青温度敏感性的改善效果存在差异。

3 路用性能

3.1 配合比设计

本研究选用 OGFC-13 排水式沥青混合料展开研究,粗集料分别为 10~15,5~10 mm 和 3~5 mm 玄武岩碎石,细集料为 0~3 mm 石灰岩石屑,填料为

石灰岩磨细的矿粉。由于矿料级配设计过程中 4.75 mm,9.5 mm 筛孔间距较大,研究中增加了孔径为 7.5 mm 的方孔筛,矿料级配结果见表 5。

表 5 OGFC-13 矿料级配设计结果

Tab. 5 OGFC-13 mineral aggregate gradation design result

类型	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率/%									
	13.2	9.5	7.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
上限	100	80	40	30	22	18	15	12	8	6
下限	90	60	15	12	10	6	4	3	3	2
中值	95	70	27.5	21	16	12	9.5	7.5	5.5	4
目标级配	94.6	71.3	29.0	19.8	15.4	12.4	10.6	8.3	5.9	4.7

JTG E20—2011 要求配合比设计时油石比的间隔为 ± 0.5 ,本研究为更精确求取最佳油石比,在经验最佳油石比的基础上将间隔规定为 ± 0.3 。对不同玄武岩纤维规格及不同掺量的 OGFC-13 沥青混合料进行析漏损失、肯特堡飞散损失及马歇尔试验确定最佳油石比及马歇尔相关参数指标,析漏损失、肯特堡飞散损失试验结果分别见图 2~图 3,马歇尔试验结果见表 6。

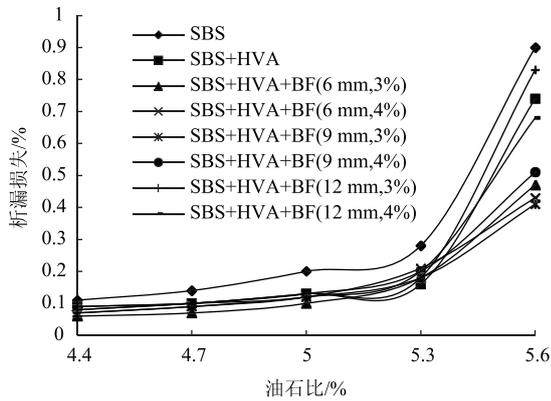


图 2 析漏损失试验

Fig. 2 Leakage loss test

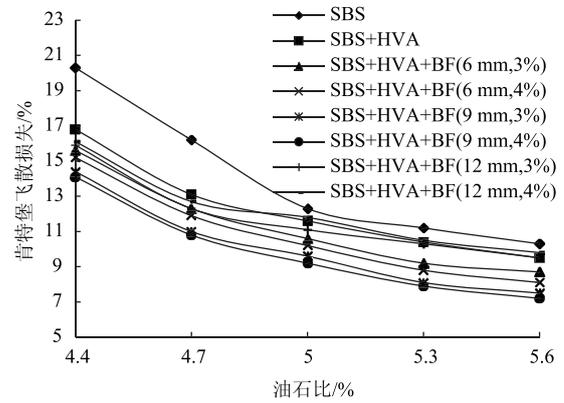


图 3 肯特堡飞散损失试验

Fig. 3 Kentburg dispersion loss test

表 6 最佳油石比及马歇尔试验结果

Tab. 6 Optimum asphalt-aggregate ratio and Marshall test result

混合料类型	最佳油石比/%	毛体积相对密度/($g \cdot cm^{-3}$)	VV/%	MS/kN	析漏损失/%	飞散损失/%
OGFC-13(SBS)	4.83	2.397	22.8	5.78	0.18	14.7
OGFC-13(SBS+HVA)	4.94	2.391	21.8	7.64	0.13	12.2
OGFC-13(SBS+HVA+BF6, 3%)	5.04	2.388	21.2	8.05	0.12	10.1
OGFC-13(SBS+HVA+BF6, 4%)	5.09	2.384	21.6	8.23	0.14	9.4
OGFC-13(SBS+HVA+BF9, 3%)	5.06	2.391	21.4	8.54	0.13	9.1
OGFC-13(SBS+HVA+BF9, 4%)	5.11	2.386	21.2	8.78	0.15	10.6
OGFC-13(SBS+HVA+BF12, 3%)	5.08	2.393	20.9	9.03	0.14	10.9
OGFC-13(SBS+HVA+BF12, 4%)	5.13	2.388	21.2	9.48	0.15	11.2

3.2 高温稳定性

沥青面层是一种柔性结构层, 高温环境下, 在车辆轴载的长期作用下易形成车辙病害, 车辙、泛油、拥包是沥青路面高温稳定性差的主要表现形式^[8-11]。本研究选用 60 °C 环境下的车辙试验来评价不同纤维规格及不同掺量 (占混合料质量) 的 OGFC-13 沥青混合料高温抗车辙能力, 试验结果见图 4。

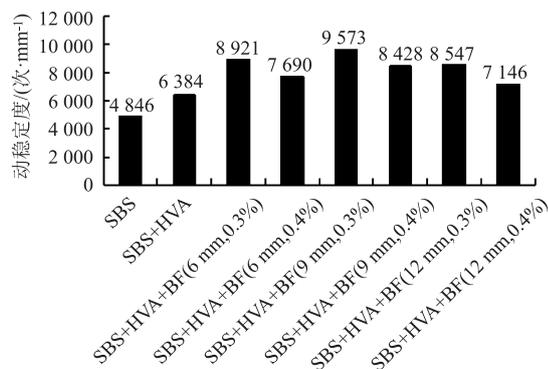


图 4 动稳定度试验结果

Fig. 4 Dynamic stability test result

由图 4 可以得出: 高黏剂及纤维的掺入能够改善 OGFC-13 排水沥青混合料的高温抗车辙能力; 掺

量相同, 纤维长度为 9 mm 时动稳定度试验结果最优, 长度相同, 纤维掺量为 0.3% 时动稳定度试验结果较好。这主要因为高黏剂能够改善沥青的黏度, 增强沥青胶浆与矿料之间的黏结强度, 限制了矿料之间的滑移, 承载能力得到提高, 有效改善了混合料高温环境下抵抗车辆轴载塑性变形的能力; 而纤维在混合料内部形成三维乱相分布状态, 同时纤维能够起到吸附、稳定沥青的效果, 进一步限制矿料之间的滑移, 改善了混合料的高温抗车辙能力, 同时 OGFC-13 沥青混合料工程最大粒径为 13.2 mm, 粗集料在混合料中的中心间距多为 6~12 mm 之间, 纤维过短搭接效果不明显, 纤维过长及掺量较大存在搭接冗余, 因此纤维长度为 9 mm, 掺量为 0.3% 时, 混合料表现出更高的高温抗车辙能力。

3.3 低温抗裂性

沥青混合料对温度较为敏感, 低温环境下, 混合料变得硬而脆, 当混合料内部的允许拉应力小于温缩应力时, 沥青路面就会形成轻微裂缝, 如不加以处治就会形成更为严重的块状裂缝甚至龟裂等严重病害^[12-14]。冬春季节交替时, 沥青路面往往会呈现很多裂缝, 这些裂缝的出现是混合料低温抗开裂

能力差的主要表现形式。本研究选用 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 小梁弯曲试验来评价不同纤维规格及不同掺量的 OGFC-13 沥青混合料低温抗开裂能力, 试验结果见图 5。

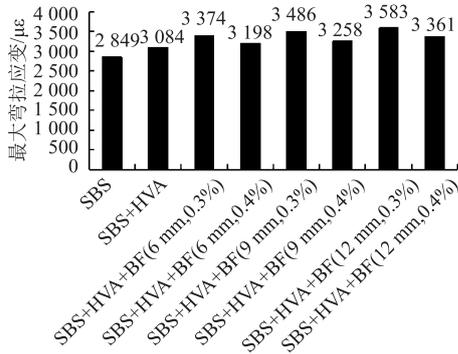


图 5 最大弯拉应变试验结果

Fig. 5 Maximum bending tensile strain test result

由图 5 可以得出: 高黏剂及纤维的掺入能够改善 OGFC-13 排水沥青混合料的低温抗开裂能力; 掺入 SBS + LT-HVA, SBS + LT-HVA + BF (6 mm, 0.3%), SBS+LT-HVA + BF (6 mm, 0.4%), SBS + LT-HVA + BF (9 mm, 0.3%), SBS + LT-HVA + BF (6 mm, 0.4%), SBS + LT-HVA + BF (12 mm, 0.3%)。SBS + LT-HVA + BF (12 mm, 0.4%) 较 OGFC-13 (SBS) 最大弯拉应变试验结果分别提高了 8.2%, 18.4%, 12.2%, 22.4%, 14.4%, 25.8% 和 18.0%, 其中 SBS+LT-HVA+BF (12 mm, 0.3%) 对混合料低温抗开裂能力改善效果最优。这主要因为高黏剂能够增强沥青胶浆之间的黏结强度, 纤维具有吸附、稳定沥青的作用, 同时纤维的掺入, 沥青用量也随之增大, 增加了矿料之间沥青膜的厚度, 能够增加沥青胶浆的黏度, 从而改善矿料之间的黏结强度, 低温环境下小梁底面抵抗剪切破坏的能力随之增强。

3.4 水稳定性

沥青路面在车辆轮胎揉搓、紫外线及雨水冲刷等外部环境长期作用下, 沥青胶浆会从矿料之间脱落, 导致沥青路面出现松散甚至坑槽等病害^[15-17]。本研究选用浸水马歇尔残留稳定度及冻融劈裂残留强度比两个试验来分析不同纤维规格、不同纤维掺量的 OGFC-13 沥青混合料水稳定性能, 试验结果分别见图 6~图 7。

由图 6~图 7 可以得出: 高黏剂及纤维的掺入能够改善 OGFC-13 排水沥青混合料的抗水损害能力, 其中纤维掺量及长度不同时, 冻融劈裂残留强度比的试验结果差别不大, 而纤维长度相同, 掺量为

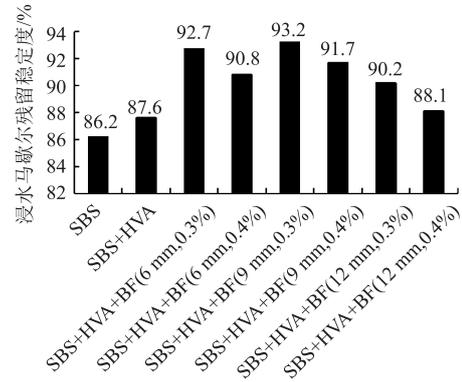


图 6 浸水马歇尔残留稳定度试验结果

Fig. 6 Immersion Marshall residual stability test result

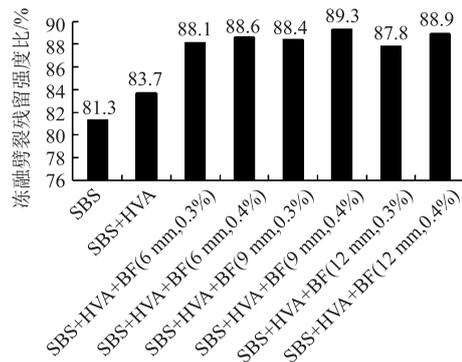


图 7 冻融劈裂残留强度比试验结果

Fig. 7 Freeze-thaw splitting residual strength ratio test result

0.3%时, 浸水马歇尔残留稳定度试验结果较优, 整体考虑, SBS+LT-HVA+BF (9 mm, 0.3%) OGFC-13 沥青混合料抗水损害能力最优。这主要因为, 纤维的掺入, 沥青用量随之增大, 飞散及析漏试验结果降低, 混合料内部沥青包裹纤维, 沥青胶浆黏度增加, 矿料之间黏结强度增大, 因此水稳定性能得到改善。

3.5 抗疲劳性能

在外界环境及车辆轴载的综合重复作用下, 沥青路面损伤逐渐积累, 结构层整体性能下降, 当作用次数超过结构层允许次数时, 路面内部产生的应力就会超过结构层自身抗力而发生疲劳破坏。这主要因为结构内部存在缺陷, 外力作用下会在薄弱处产生应力集中而出现轻微裂缝, 外力的重复作用会使得这些轻微裂缝延伸、汇聚, 结构层整体性能逐渐下降, 最终发生破坏。可用疲劳破坏时所能承受的重复应力大小及作用次数来表征沥青路面抵抗疲劳破坏的能力^[18-20]。本研究选用 UTM-25 疲劳试验机来研究排水式沥青混合料的抗疲劳性能, 试验结束条件为试件劲度模量下降 50%。本研究选用 650,

850 和 1 050 $\mu\epsilon$ 3 个应变控制水平进行试验,不同纤维规格及不同掺量的 OGFC-13 沥青混合料疲劳寿命和累积耗散能结果分别见图 8~图 9。

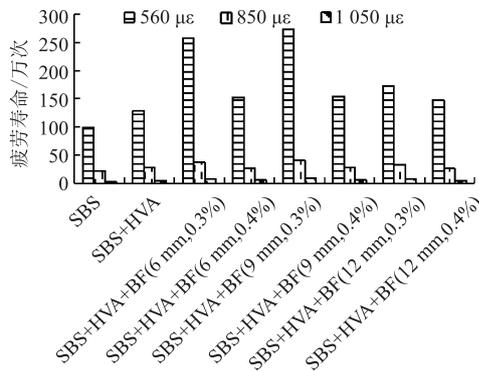


图 8 疲劳寿命试验结果

Fig. 8 Fatigue life test result

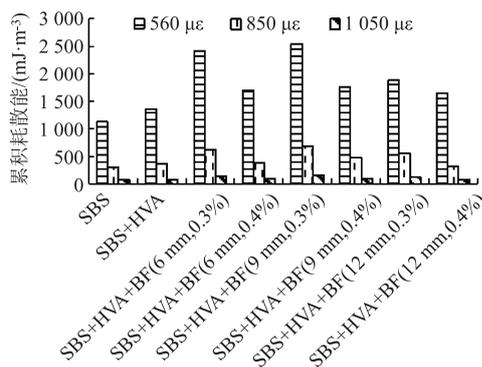


图 9 累积耗散能试验结果

Fig. 9 Cumulative dissipated energy test result

由图 8~图 9 可以得出:高黏剂及纤维的掺入能够改善 OGFC-13 排水沥青混合料的抗疲劳性能,随着应变的增加,混合料的疲劳寿命及累积耗散能均明显逐渐降低,且不同纤维规格及不同掺量的 OGFC-13 降低趋势一致,相同条件下,SBS+LT-HVA+BF(9 mm, 3%) OGFC-13 沥青混合料抗疲劳效果最优。究其原因,纤维在混合料中三维乱相分布起到相互搭接作用,荷载作用下能够一定程度限制试件开裂;纤维掺入,增加了混合料的沥青用量,矿料间的黏附性能增强;纤维能够固定自由沥青,限制矿料相对错动,使结构层整体稳定性增加,需要更大的荷载及能量才能使其发生开裂。

4 结论

通过对不同 SBS 改性沥青、LT-HVA 高黏剂、玄武岩纤维掺配方案的 OGFC-13 排水式沥青混合料配合比设计及高低温性能、水稳定性及抗疲劳等路

用性能研究得出以下结论:

(1) 纤维和 LT-HVA 的掺入,沥青抗剪切变形能力及高温稳定性增强,温度敏感性降低;随着纤维长度及掺量的增加,沥青混合料最佳油石比逐渐增大,但对空隙率影响较小。

(2) 高黏剂及玄武岩纤维的掺入能够改善排水沥青混合料的高温抗车辙、低温抗开裂、抗水损害及抗疲劳性能;高黏剂能够改善沥青的黏度,增强沥青胶浆与矿料之间的黏结强度,纤维具有吸附、稳定沥青的效果,沥青用量增大,增加了矿料之间沥青膜的厚度,且在沥青混合料内部呈三维乱相搭接分布,使沥青混合料稳定性增强;SBS+LT-HVA+BF(9 mm, 3%) OGFC-13 沥青混合料高温抗车辙、抗水损害及抗疲劳性能最优,SBS+LT-HVA+BF(12 mm, 0.3%) OGFC-13 沥青混合料低温抗开裂性能最优。

参考文献:

References:

- [1] WANG D, WANG L, GU X, et al. Effect of Basalt Fiber on the Asphalt Binder and Mastic at Low Temperature [J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2013, 25 (3): 355-364.
- [2] 郭黎黎. 大空隙排水性沥青路面耐久性研究 [D]. 西安: 长安大学, 2010.
GUO Li-li. Study on Durability of Porous Asphalt Pavement [D]. Xi'an: Chang'an University, 2010.
- [3] LYONS K R, PUTMAN B J. Laboratory Evaluation of Stabilizing Methods for Porous Asphalt Mixtures [J]. Construction and Building Materials, 2013, 49: 772-780.
- [4] CHEN J S, LEE C T, LIN Y Y. Influence of Engineering Properties of Porous Asphalt Concrete on Long-term Performance [J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2017, 29 (4): 1-7.
- [5] 韦佑坡, 张争奇, 司伟, 等. 玄武岩纤维在沥青混合料中的作用机理 [J]. 长安大学学报(自然科学版), 2012 (2): 39-44.
WEI You-po, ZHANG Zheng-qi, SI Wei, et al. Action mechanism of basalt fiber in asphalt mixture [J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2012 (2): 39-44.
- [6] 郝孟辉, 郝培文, 杨黔, 等. 玄武岩短切纤维改性沥青混合料路用性能分析 [J]. 广西大学学报(自然科学版), 2011 (1): 101-106.
HAO Meng-hui, HAO Pei-wen, YANG Qian, et al.

- Analysis on road performance of basalt chopped fiber modified asphalt mixture [J]. Journal of Guangxi University (Natural Science Edition), 2011 (1): 101-106.
- [7] 朱曼. 高黏度改性沥青性能评价方法与应用研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2015.
ZHU Man. Study on Performance Evaluation Method and Application of High Viscosity Modified Asphalt [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2015.
- [8] 周超, 汪涛, 张亚财, 等. 掺活化剂的胶粉改性沥青及其混合料性能与评价指标研究 [J]. 中外公路, 2018, 38 (5): 225-231.
ZHOU Chao, WANG Tao, ZHANG Ya-cai, et al. Study on Performance and Evaluation Indicators of Rubber Powder Modified Asphalt Mixed with Activator and Its Mixture [J]. Journal of China & Foreign Highway, 2018, 38 (5): 225-231.
- [9] 戚林玲, 龚建君, 王晓菲, 等. 基于抗车辙性能提升的复合高模量沥青混合料研究 [J]. 工程技术研究, 2019, 4 (2): 9-11.
QI Lin-ling, GONG Jian-jun, WANG Xiao-fei, et al. Research on Composite High Modulus Asphalt Mixture Based on Improvement of Rutting Resistance [J]. Engineering and Technological Research, 2019, 4 (2): 9-11.
- [10] 张楠, 郑南翔, 高志敏. 中空聚酯纤维沥青混合料的热阻及路用性能研究 [J]. 公路交通科技, 2018, 35 (10): 19-25.
ZHANG Nan, ZHENG Nan-xiang, GAO Zhi-min. Study on Heat Insulating and Pavement Performance of Hollow Polyester Fiber Asphalt Mixture [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2018, 35 (10): 19-25.
- [11] 钱璞, 李俊. 硅藻土改性沥青混合料高温性能分析 [J]. 中外公路, 2017, 37 (5): 281-284.
QIAN Pu, LI Jun. Analysis on High Temperature Performance of Diatomite Modified Asphalt Mixture [J]. Journal of China & Foreign Highway, 2017, 37 (5): 281-284.
- [12] 李慧萍, 王福满, 李晨. 玄武岩纤维对沥青混合料性能影响分析研究 [J]. 中外公路, 2016, 36 (4): 323-327.
LI Hui-ping, WANG Fu-man, LI Chen. Analysis and Study on Influence of Basalt Fiber on Performance of Asphalt Mixture [J]. Journal of China & Foreign Highway, 2016, 36 (4): 323-327.
- [13] 李志刚. DXG-1 抗车辙剂沥青混合料路用性能研究 [J]. 河南科学, 2020, 38 (8): 1264-1269.
LI Zhi-gang. The Road Performance of Asphalt Mixture with DXG-1 Anti-rutting Agent [J]. Henan Science, 2020, 38 (8): 1264-1269.
- [14] 陈昌宇. 玄武岩纤维沥青混合料路用性能与应用研究 [D]. 长沙: 长沙理工大学, 2012.
CHEN Chang-yu. Study on Road Performance and Application of Basalt Fiber Asphalt Mixture [D]. Changsha: Changsha University of Science & Technology, 2012.
- [15] 齐小飞, 邹晓翎, 阮鹿鸣, 等. 高RAP掺量下热再生混合料水稳定性影响因素研究 [J]. 中外公路, 2018, 38 (2): 248-252.
QI Xiao-fei, ZOU Xiao-ling, RUAN Lu-ming, et al. Study on Influencing Factors of Water Stability of Hot Recycled Mixture with High RAP Content [J]. Journal of China & Foreign Highway, 2018, 38 (2): 248-252.
- [16] 孔令坤, 李文凯. 不同纤维沥青混合料性能研究 [J]. 河南科学, 2020, 38 (5): 791-796.
KONG Ling-shen, LI Wen-kai. Study on the Performance of Different Fiber Asphalt Mixture [J]. Henan Science, 2020, 38 (5): 791-796.
- [17] 徐明非, 郭平, 李俊. 蒙脱土/SBS复合改性沥青混合料路用性能研究 [J]. 公路交通科技, 2019, 36 (1): 1-7, 15.
XU Ming-fei, GUO Ping, LI Jun. Study on Road Performance of Asphalt Mixture Composite Modified with Montmorillonite and SBS [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2019, 36 (1): 1-7, 15.
- [18] 周彦臻. PR.P高模量沥青混合料的动态模量及疲劳性能研究 [J]. 中外公路, 2017, 37 (6): 292-295.
ZHOU Yan-zhen. Study on Dynamic Modulus and Fatigue Performance of PR.P High Modulus Asphalt Mixture [J]. Journal of China & Foreign Highway, 2017, 37 (6): 292-295.
- [19] 杨琳. 基于低标号沥青与岩沥青掺配技术高模量沥青混合料耐久性试验研究 [J]. 公路工程, 2016, 41 (4): 297-301.
YANG Lin. Study on Endurable of High Modulus Asphalt Mixture Based on Low-grade Asphalt and Rock Asphalt Blending Technology [J]. Highway Engineering, 2016, 41 (4): 297-301.
- [20] 陆青清, 孙艳娜. 基于疲劳寿命的高模量材料结构层适用性研究 [J]. 上海公路, 2017 (1): 16-19, 4.
LU Qing-qing, SUN Yan-na. Study on Applicability of High Modulus Material Structural Layer Based on Fatigue Life [J]. Shanghai Highways, 2017 (1): 16-19, 4.