

文章编号:1671-8879(2008)02-0005-04

应力吸收层沥青混合料的路用特性

李祖仲,陈拴发,张登良,陈华鑫,周 燕

(长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室,陕西 西安 710064)

摘 要:通过对自主研发的 Sampave 特种改性沥青的应力吸收层混合料进行低温弯曲试验,分析沥青结合料对应力吸收层沥青混合料低温抗裂性能的影响;采用拉伸与拉压疲劳试验,比较不同沥青结合料的应力吸收层混合料抗拉伸变形与抗拉压疲劳性能。结果表明,研发的 Sampave 特种改性沥青混合料具有优良的低温抗裂、抗拉伸和抗拉压疲劳性能,但单一改性剂 SBR 改性沥青并不能达到应力吸收层沥青结合料的性能要求。

关键词:道路工程;反射裂缝;Sampave;应力吸收层;路用性能

中图分类号:U414.75 **文献标志码:**A

Road performance of stress absorbing layers in asphalt mixture

LI Zu-zhong, CHEN Shuan-fa, ZHANG Deng-liang, CHEN Hua-xin, ZHOU Yan

(Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education,
Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: This paper carried out the bending beam test on the materials in stress absorbing layers of Sampave asphalt, analyzed the influences of asphalt binder on anti-cracking performance, carried out the tensile and tension-compression fatigue tests on the materials in stress absorbing layers with the different asphalts, and then evaluated the influences of asphalt binder on anti-tensile and fatigue performances. The results show that Sampave asphalt mixture has a better performance for preventing cracks under low temperature and also for resisting tension-compression fatigue. But the performance of SBR asphalt is lower than the one of asphalt binder in stress absorbing layers. 5 tabs, 2 figs, 11 refs.

Key words: road engineering; reflective crack; Sampave; stress absorbing layers; road performance

0 引 言

在旧水泥混凝土路面大修及改造工程中,加铺沥青混凝土罩面能有效地改善旧水泥混凝土路面的使用性能,提高路面的通行能力。但由于旧水泥混凝土路面普遍存在接缝或裂缝,在车辆荷载与环境因素作用下,易产生反射裂缝,严重影响了加铺层的

使用寿命。为了抑制或延缓反射裂缝产生,工程中常在旧水泥混凝土路面上设置玻纤格栅^[1]、土工布^[2]等土工织物材料。该措施在使用的开始阶段,能起到一定的防裂效果,但随着时间推移,防裂作用并不明显,不能很好地解决路面的反射裂缝问题^[3]。研究表明:加铺应力吸收层能很好地消解水泥混凝土板块接缝或裂缝处的应力集中现象,降低沥青加

收稿日期:2007-04-01

基金项目:国家西部交通建设科技项目(200231800030)

作者简介:李祖仲(1973-),男,湖南邵东人,博士研究生,E-mail:zuzhongli@126.com

铺层层底荷载应力和温度应力,有效地延缓反射裂缝形成,延长了加铺层的使用寿命^[4-7]。目前,对如何评价应力吸收层材料的路用性能的研究还很少。为此,本文通过对自主研发的 Sampave 特种改性沥青、Koch 特种沥青和 SBR 改性沥青的应力吸收层混合料进行低温弯曲试验,分析沥青结合料对应力吸收层沥青混合料低温抗裂性能的影响;采用拉伸与拉压疲劳试验,比较上述 3 种沥青的应力吸收层沥青混合料抗拉伸变形与拉压疲劳性能。

1 原材料组成与技术特性

1.1 沥青结合料技术性质

Sampave 特种改性沥青、Koch 特种沥青和 SBR 改性沥青(分别简称 Sampave、Koch、SBR)的技术性能见表 1。

表 1 3 种改性沥青老化前后的基本技术性能

技 术 指 标	老 化 前			老 化 后			
	Sampave	Koch	SBR	Sampave	Koch	SBR	
不同温度(℃)	15	27	30	29	23	27	23
下针入度/ (0.1 mm)	25	74	88	91	66	81	61
	30	110	131	121	88	115	85
不同温度(℃)	5	69	43.9	>150	36.9	34.9	41
下延度/cm	15	>150	115.3	>150	115.0	109.0	98
软化点/℃		82	75	53	86	78	56
弹性恢复率/%		98	99	56	86	93	48

1.2 矿料级配组成及沥青用量

应力吸收层介于旧水泥混凝土路面与沥青加铺层之间,其矿料公称最大粒径小于 5 mm,矿料细,沥青用量大,具有不同于其他裂缝缓解层的粘弹流变特性,矿料级配组成与沥青用量见表 2。

表 2 应力吸收层矿料级配(沥青质量分数为 9.1%)

筛孔孔径/mm	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	0.075
通过率/%	100	91.4	77.3	58.1	36.8	20.7	11.3	8.7

2 低温弯曲试验及结果分析

对采用 Sampave 特种改性沥青、Koch 特种沥青和 SBR 改性沥青的应力吸收层混合料进行小梁弯曲破坏试验,评价应力吸收层材料低温抗裂性能,矿料级配与沥青用量见表 2。试件尺寸:30 mm×35 mm×250 mm,跨径 200 mm;中点加载,试验温度为 0℃和-10℃,在 SANS 万能材料试验机上进行试验。测试系统自动采集最大破坏荷载、挠度、抗弯拉强度、最大弯拉应变、弯曲劲度模量和断裂能等数据,试验结果见表 3。

表 3 不同沥青混合料的应力吸收层弯曲破坏试验结果

温度/℃	混合料类型	最大破坏荷载/kN	跨中挠度/mm	抗弯拉强度/MPa	最大弯拉应变/ 10^{-2}	弯曲劲度模量/MPa	断裂能/J
0	Sampave	1 136.4	5.67	9.28	2.55	363.6	10.94
	Koch	1 347.1	6.82	10.91	3.07	358.3	13.67
	SBR	877.9	3.01	7.17	1.35	529.1	3.86
-10	Sampave	1 436.8	1.15	11.73	0.52	2 266.4	1.25
	Koch	1 533.6	1.36	12.52	0.61	2 045.6	1.34
	SBR	1 073.8	1.09	8.77	0.49	1 787.0	0.77

从表 3 可看出,沥青对应力吸收层混合料低温抗裂性能的影响较显著,Sampave 与 Koch 混合料均表现为优良的低温抗裂性能,在 0℃和-10℃时,两种混合料的跨中挠度、最大弯拉应变和断裂能等性能指标基本接近;单一改性剂 SBR 改性沥青混合料的抗裂性能指标与前两者存在较大差距,不能达到应力吸收层沥青结合料的性能要求。

沥青劲度模量随试验温度下降而增大,延性下降,在-10℃时,3 种混合料弯曲劲度模量均明显增大,跨中挠度、最大弯拉应变和断裂能显著降低,抗裂性能下降,这说明低温环境温度也是影响其抗裂性能的因素之一。

3 等速拉伸破坏试验及结果分析

3.1 等速拉伸破坏试验

采用 Sampave 特种改性沥青、Koch 特种沥青和 SBR 改性沥青的应力吸收层混合料,分别成型试件,进行等速拉伸破坏试验,模拟应力吸收层所受的张拉应力,测试其抗拉伸变形的能力,见图 1。试件形状为两端粗、中间细,中间有效尺寸为 25 mm×25 mm×100 mm,试件总长为 150 mm。为便于观测,在试件各侧面着色,观察断裂变形的全过程,试验在 SANS 万能材料试验机上进行,拉伸速度为 5 mm/min,试验温度为 15℃。

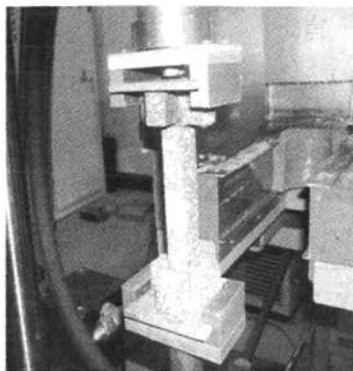


图 1 等速拉伸破坏试验

3.2 试验结果分析

测试系统自动采集最大拉伸应力、最大拉伸长度和断裂能等数据,每种沥青混合料采用 3 个试件进行平行试验,试验结果取其均值,见表 4。

表 4 不同沥青混合料拉伸试验结果

混合料类型	最大拉伸应力/MPa	最大拉伸长度/mm	拉伸断裂能/J
Sampave	0.589	19.92	3.42
Koch	0.544	25.18	3.82
SBR	0.700	8.18	1.35

由表 4 可知,3 种沥青混合料拉伸性能呈现出较大的差异性,尽管 SBR 改性沥青延度较大,但其混合料的最大拉伸长度和断裂能却最小,分别仅为 Koch 沥青混合料的 32.5%和 35.3%;而 Sampave 沥青混合料却达到 79.1%和 89.7%,与 Koch 沥青混合料抗拉伸性能接近。

4 拉压疲劳试验及结果分析

4.1 拉压疲劳试验

沥青混合料作为粘-弹-塑性材料,影响疲劳试验结果的因素较多,包括荷载条件、材料性质和环境因素等。对应力吸收层的材料特性和受力状态进行了较深入的研究^[8-11],表明拉压疲劳试验能较好地模拟其在路面结构中的受力状况和疲劳特性。

采用 Sampave 特种改性沥青、Koch 特种沥青和 SBR 改性沥青的应力吸收层混合料,以控制应力加载模式进行拉压疲劳试验,试件成型方法与等速拉伸破坏试验一致。试验仪器为 810 Materiel Test System,参数确定为:试件的有效尺寸为 25 mm×25 mm×100 mm;试验温度为(15±0.3)℃;加载频率为 5 Hz;加载波形为正弦波;确定拉压应力比为 10:1,即拉应力输入正值,压应力输入负值,两者绝对值之比为 10:1。

4.2 试验结果分析

3 种沥青混合料的应力强度比分别取 0.2、0.3、0.4、0.5,每组按 3 个试件进行平行试验,试验结果取其均值作为代表值,见表 5(R^2 为相关系数)。

按照拉伸应力与疲劳寿命的双对数线性回归,可表示为

$$N_f = k \left(\frac{1}{\sigma_T} \right)^n$$

式中: N_f 为疲劳寿命(次); σ_T 为施加的拉伸应力(MPa); n 为应力-疲劳寿命双对数回归曲线的坡度系数; k 为应力-疲劳寿命双对数回归曲线截距的自然指数;回归疲劳曲线见图 2。

表 5 拉压疲劳试验结果

混合料类型	应力强度比	应力水平/MPa	疲劳寿命/次	k	n	R^2
Sampave	0.2	0.117 8	134 279	603.77	2.552 0	0.966 7
	0.3	0.176 7	49 495			
	0.4	0.235 6	31 285			
	0.5	0.294 5	11 325			
Koch	0.2	0.108 8	132 902	1 224.26	2.153 4	0.982 6
	0.3	0.163 2	71 066			
	0.4	0.217 6	32 906			
	0.5	0.272 0	18 745			
SBR	0.2	0.14	154 885	46.21	4.172 5	0.988 1
	0.3	0.21	32 930			
	0.4	0.28	11 706			
	0.5	0.35	3 039			

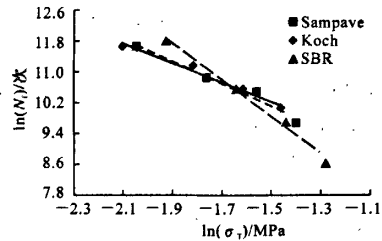


图 2 回归疲劳曲线

从表 5 中的数据和图 2 曲线可以看出:

(1)针对以上 3 种混合料,坡度系数 n 值越大,疲劳曲线越陡,表明疲劳寿命对应力水平变化越敏感。3 种混合料疲劳寿命随应力水平的增大而呈现明显下降趋势,说明随着荷载和变形的增加,应力吸收层抗疲劳性能逐渐减弱。就 3 种混合料而言,SBR 的坡度系数最大,其疲劳寿命随应力水平的增加衰减的速度最快;Sampave 的坡度系数略高于 Koch 的坡度系数,但比较接近。

(2) k 值表明了疲劳曲线的线位高低,其值越大,疲劳曲线的线位越高,材料的抗疲劳性能越好。Sampave 沥青与 Koch 沥青的 k 值相差不大;SBR 沥青与两者相差甚远,不具有可比性。

(3)3 种混合料在低应力强度比作用下,疲劳寿命比较接近。当应力强度比在 0.4 附近时,疲劳寿命的差异性逐步体现出来,可以看出 SBR 沥青混合料明显劣于前两者;同时也表明,Sampave 和 Koch 的沥青混合料更具有抵抗较高拉压应力疲劳的优越性能。

5 结 语

(1)通过低温弯曲试验,自主研发的 Sampave 特种改性沥青混合料与 Koch 沥青混合料的跨中挠

度、最大弯拉应变和断裂能等性能指标基本接近,具有优良的低温抗裂性能。

(2) 通过等速拉伸破坏与拉压疲劳试验, Sampave 特种改性沥青混合料与 Koch 沥青混合料的拉伸断裂能、疲劳寿命接近;单一改性剂 SBR 改性沥青混合料与两者相差较远。

(3) 采用多种橡胶类改性剂进行复合改性的方法是研制应力吸收层沥青结合料的方向之一,但单一改性剂 SBR 改性沥青并不能达到应力吸收层沥青结合料的性能要求。

参考文献:

References:

- [1] 张争奇,胡同康,张登良. 塑料格栅沥青路面路用性能的研究[J]. 西安公路交通大学学报,1999,19(3):10-13.
ZHANG Zheng-qi, HU Tong-kang, ZHANG Deng-liang. The use of netlon in the asphalt pavement[J]. Journal of Xi'an Highway University, 1999, 19(3): 10-13.
- [2] 李淑明,许志鸿,蔡喜棉. 土工织物对复合式路面结构内力影响分析[J]. 中国公路学报,2006,19(1):28-31.
LI Shu-ming, XU Zhi-hong, CAI Xi-mian. Analysis of impact of geo-textile on stress of composite pavement structure [J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(1): 28-31.
- [3] 廖卫东,王小雄. 沥青加铺层抗反射裂缝足尺疲劳试验[J]. 长安大学学报:自然科学版,2006,26(5):9-12.
LIAO Wei-dong, WANG Xiao-xiong. Full-scale-fatigue test on anti-reflective cracking of asphalt overlay[J]. Journal of Chang'an University, Natural Science Edition, 2006, 26(5): 9-12.
- [4] 廖卫东,陈拴发,刘云全. STRATA 应力吸收层抗疲劳特性研究[J]. 武汉理工大学学报,2003,25(12):1-4.
LIAO Wei-dong, CHEN Shuan-fa, LIU Yun-quan. Research on anti-fatigue performance of STRATA stress absorbing layers [J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2003, 25(12): 1-4.
- [5] 杨斌,陈拴发,廖卫东,等. STRATA 应力吸收层对加铺层荷载及温度应力的影响分析[J]. 公路交通科技,2005,22(9):27-30.
YANG Bin, CHEN Shuan-fa, LIAO Wei-dong, et al. STRATA stress-absorbing layer's impact on load stress and thermal stress in overlay[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2005, 22(9): 27-30.
- [6] 陈拴发,郑木莲,杨斌,等. 破裂水泥混凝土路面板沥青加铺层温度应力影响因素[J]. 交通运输工程学报,2005,5(3):25-30.
CHEN Shuan-fa, ZHENG Mu-lian, YANG Bin, et al. Thermal stress influence factors of asphalt overlay on cement concrete pavement cracking slab [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005, 5(3): 25-30.
- [7] 张忠岐,吴江龙,狄瑾. STRATA 反射裂缝应力吸收层施工技术[J]. 武汉理工大学学报,2003,25(12):38-40.
ZHANG Zhong-qi, WU Jiang-long, DI Jin. Elementary exploration on the construction technology of STRATA stress absorbing layers [J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2003, 25(12): 38-40.
- [8] 张鹏. 旧水泥混凝土路面黑色罩面反射裂缝的防治[J]. 长安大学学报:自然科学版,2005,25(3):16-18.
ZHANG Peng. Defence methods for reflective cracks in existed cement concrete black pavement [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005, 25(3): 16-18.
- [9] 李祖仲. 应力吸收层沥青混合料路用性能研究[D]. 西安:长安大学,2005.
- [10] 黄志义,王金昌,朱向荣. 含裂缝沥青混凝土路面的粘弹性断裂分析[J]. 中国公路学报,2006,19(2):18-23.
HUANG Zhi-yi, WANG Jin-chang, ZHU Xiang-rong. Viscoelastic fracture analysis of asphalt concrete pavement with cracks[J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(2): 18-23.
- [11] Donald K C. Designing asphaltic concrete mixes which are more readily compacted [J]. Asphalt Paving Technologists, 1990, 59(1): 341-359.