

文章编号:1671-8879(2005)06-0018-03

改性沥青玛蹄脂及沥青玛蹄脂碎石路用性能

彭 波

(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:分析了沥青玛蹄脂碎石混合料的路用性能,其中包括马歇尔稳定度、水稳定性、低温抗裂性、高温稳定度、疲劳耐久性和抗滑性能,并与密级配沥青混凝土进行了对比分析;同时研究分析改性沥青及纤维玛蹄脂 PG 指标。结果表明:沥青玛蹄脂碎石混合料级配从连续级配理论变化到间断级配理论,骨架结构与玛蹄脂填充度是间断级配的关键;改性沥青及玛蹄脂 PG 指标性能对混合料性能具有明显的影响;沥青玛蹄脂碎石混合料中粉胶比应高于普通密级配沥青混合料,且具有较密级配沥青混合料更好的路用性能,适合作高等级公路沥青面层。

关键词:道路工程;沥青玛蹄脂碎石;密级配沥青混凝土;玛蹄脂 PG 分级;路用性能

中图分类号:U414.75

文献标识码:A

Performance of modified asphalt matrix and stone matrix asphalt

PENG Bo

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

Abstract: This paper tests the performance of Stone Matrix Asphalt (SMA) bituminous mixture, including Marshall stability, high temperature rutting, low temperature crack resistance, water stability, fatigue resistance and skid resistance. The performance of SMA are compared with the one of dense grad asphalt concrete, its PG standard of modified asphalt and fiber matrix were analyzed. The results indicate that the gradation of SMA changes from continuous graded theory to gap-graded theory; the skeleton structure and mastic asphalt compactness is the key of gap-graded theory; modified asphalt and PG index of mastic have obvious influence on the performance of mixture. The ratio of filler to bituminous contents of SMA is more than the one of universal close-graded asphalt mixture; the performance of SMA is better than the one of close-graded asphalt mixture. 10 tabs, 6 refs.

Key words: road engineering; stone matrix asphalt; dense grad asphalt concrete; PG standard of matrix; performance

0 引 言

沥青混合料组成设计,不仅要考虑到高温稳定

性和低温抗裂性,而且应兼顾疲劳耐久性和抗水损害性能;但这些性能往往是相互制约、相互矛盾的^[1]。普通的密级配沥青混凝土受级配组成理论所

收稿日期:2004-10-09

基金项目:河南省科技攻关项目(2001 012);长安大学青年基金项目(2003 01)

作者简介:彭 波(1970-),男,湖南双峰人,长安大学副教授,博士研究生。

限,已很难较好地解决这种矛盾。

沥青玛蹄脂碎石混合料(Stone Matrix Asphalt, 简称 SMA),是在德国浇注式沥青混凝土基础上发展的一种新型沥青混合料,依靠间断级配理论和纤维沥青胶浆填充理论^[2],以较好的高、低温性能及耐久性和抗滑性能著称。确定适合的沥青玛蹄脂指标和间断级配组成是 SMA 成功的关键,对 SMA 路用性能具有显著影响。

1 原材料性能

1.1 沥青

采用壳牌 SBS 改性沥青,其性能指标达到中国改性沥青规范 I-D 要求,并达到 SHRP PG70-22 级要求,如表 1、表 2 所示。

表 1 改性沥青常规性能指标

针入度(25℃)/ (0.1 mm)	软化点/ ℃	5℃延 度/cm	25℃密度/ (g·cm ⁻³)	含蜡 量/%
57	76	31	1.020 3	1.78
薄膜加热试验(163℃,5 h)			粘度(135℃)/ (Pa·s)	P. I 指数
质量损失/%	针入度比/%	5℃延度/cm	2.381	+0.23
0.004	73	17.4		

表 2 改性沥青 PG 分级指标

闪点/℃	粘度(135℃)/ (Pa·s)	动态剪切 G* /sinδ (70℃)/kPa
321	2.381	1.768
压力老化残留物		
动态剪切 G* /sinδ (28℃)/kPa	BBR 蠕变劲度 S(-12℃)/MPa	m (-12℃)
3 720	132	0.386
旋转薄膜烘箱残留物		
质量损失 (163℃)/%	动态剪切 G* /sinδ (70℃)/kPa	
0.057	2.743	

1.2 集料

集料采用玄武岩,矿粉由石灰岩磨细而成;其指标如表 3 所示。

表 3 集料物理性能指标

类型	密度/ (g·cm ⁻³)	压碎 值/%	洛杉矶磨 耗值/%	扁平状 含量/%	磨光值 (BPN)	冲击 值	亲水 系数
集料	2.867 1	11.3	14.3	6.1	48	15.3	—
矿粉	2.589 7	—	—	—	—	—	0.756 8

1.3 级配类型

采用密级配沥青混凝土 AC-16 I、沥青玛蹄脂

碎石混合料 SMA-16 级配,如表 4 所示。

表 4 沥青混合料级配

筛孔尺寸/mm	级配	
	AC-16 I	SMA-16
19.000	100.0	100.0
16.000	97.5	95.0
13.200	82.5	75.0
9.500	68.0	55.0
4.750	52.5	25.0
2.360	41.0	20.0
1.180	29.5	18.0
0.600	22.0	—
0.300	16.0	12.5
0.150	11.0	—
0.075	6.0	10.0

从表 4 可以看出,沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA-16 与密级配沥青混凝土 AC-16I 相比,SMA 为间断级配^[3],矿粉含量很高,相应沥青用量也较高,加入纤维稳定后,依靠纤维玛蹄脂填充集料间隙。这些变化将从总体上影响沥青混合料的路用性能。

2 改性沥青玛蹄脂性能

改性沥青玛蹄脂不仅起到填充集料间隙的作用,而且直接影响到混合料高、低温性能^[4];同时,由于玛蹄脂控制着混合料的空隙率,因此玛蹄脂性能是否适宜至关重要。经试验确定,沥青用量 6.1%,矿粉 10%,木质素纤维 0.3%,玛蹄脂性能试验结果如表 5 所示。

表 5 纤维玛蹄脂 PG 指标

初始玛蹄脂	旋转薄膜烘箱残留物	压力老化残留物	
动态剪切 G* /sinδ≥5.0 (70℃)/kPa	动态剪切 G* /sinδ≥11.0 (70℃)/kPa	动态剪切 G* /sinδ≤25 000 (28℃)/kPa	BBR, S≤1 500 (-12℃)/MPa
9.76	17.32	4 175	378

从试验结果看出,玛蹄脂性能较优异,符合 PG70-22 等级要求。进一步分析玛蹄脂,其粉胶比为 1.63,说明 SMA 混和料的粉胶比范围较普通密级配沥青混凝土粉胶比范围 0.6~1.2 大得多。这是因为 SMA 中粗集料含量在 70%以上,集料表面的玛蹄脂膜非常厚,玛蹄脂没有足够的劲度,就无法保证厚的玛蹄脂膜存在。因此,较大的粉胶比是适宜的。

3 沥青混合料路用性能

3.1 沥青混合料马歇尔试验

不同类型沥青混合料马歇尔试验结果见表 6。

表 6 沥青混合料马歇尔试验

级配 类型	最佳沥青 用量/%	马歇尔稳 定度/kN	矿料间 隙率/%	流值/ (0.1 mm)	密度/ (g·cm ⁻³)	空隙 率/%
AC-16 I	5.0	16.35	13.85	30.1	2.7820	4.37
SMA-16	6.1	11.30	17.89	38.2	2.8108	3.20

从表 6 可以看出,密级配沥青混凝土 AC-16 I 的马歇尔稳定度较高,其次为沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA-16。

中国目前使用较多的 AC 型沥青混凝土,属于典型的密实-悬浮结构^[5],细集料胶浆多且致密,在力学性能上表现为马歇尔稳定度较高。而沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA-16 是间断级配,粗集料含量高,沥青胶浆多,中间尺寸集料含量少,因此 SMA 的马歇尔稳定度较低。

3.2 沥青混合料冻融劈裂强度比

由表 7 可以看出,沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA-16 的冻融劈裂强度较高,其次为密级配沥青混凝土。

表 7 沥青混合料水稳定性

类 型	AC-16 I	SMA-16
冻融劈裂强度比/%	89.0	97.6

冻融劈裂强度比反映水进入混和料后,经冻、融循环作用,水份对沥青与集料粘结性的一种破坏作用,水分逐渐渗入沥青与矿料的界面或沥青内部,使沥青与矿料之间的粘附性降低并逐渐丧失粘结能力,从而使沥青膜逐渐从矿料表面剥离^[6]。沥青混合料对水损害的抵抗能力很大程度上取决于沥青与集料的粘附性以及细集料胶浆是否充分填充了粗集料留下的空隙,即与剩余空隙率的大小有关,剩余空隙率较小,沥青粘附性及填充效果越好,水稳定性越好。

3.3 沥青混合料低温抗裂性

两种级配类型沥青混合料低温抗裂性能采用切口小梁能量法来评价,试验结果如表 8 所示。从试验结果看,沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA-16 与密级配沥青混凝土低温抗裂性能基本相当。沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA-16 虽然粗集料含量高,但其沥青含量高,矿粉含量高,形成致密的沥青胶浆,低温环境时能提供较好的低温延展型。

表 8 沥青混合料 0℃ 水稳定性

类 型	AC-16 I	SMA-16
0℃ 弯曲应变能/(kJ·m ⁻³)	0.076	0.083

3.4 沥青混合料高温稳定性

沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA-16 的动稳定度显著高于密级配沥青混凝土。试验结果如表 9 所示。密级配沥青混凝土的粗集料悬浮在细集料胶浆中,抗车辙能力受温度影响较大,故动稳定度不高;沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA 中 4.75 mm 以上粗集料含量高达 75%,粗集料之间互相嵌挤锁结,形成空间骨架结构,细集料胶浆只起到填充粗集料空隙作用,即使细集料胶浆受热变软,对高温抗车辙能力造成的影响也很小,是典型的骨架-密实结构,因此其高温稳定性最好。

表 9 车辙试验

类 型	AC-16 I	SMA-16
动稳定度/(次·mm ⁻¹)	1 453	6 213

3.5 沥青混合料抗滑性

不同级配沥青混合料抗滑性能采用摆值(反映摩擦系数)和构造深度来评定,试验结果见表 10。

表 10 沥青混合料抗滑性能

类 型	AC-16 I	SMA-16
摆值/BPN	42	77
构造深度/mm	0.60	1.05

以抗滑性能来看,尤其是构造深度,沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA-16 具有相当好的抗滑性能,而密级配沥青混凝土抗滑性能则相对较差。

由此可以看出,粗集料含量的提高有利于加大混合料表面的宏观纹理构造,可以有效增加混合料的抗滑性能,特别是构造深度,增加幅度非常明显。相对密级配沥青混凝土,沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA-16 增幅达 61%,对沥青路面而言,较大的构造深度对于有效防止雨天高速行驶时的汽车“飘滑”现象,保证行车安全,延缓路面抗滑性能的衰减有显著的作用。

4 结 语

(1) 沥青玛蹄脂碎石混合料与密级配沥青混合料相比,粗集料含量显著提高,级配理论已从连续级配变化到间断级配理论,骨架结构与玛蹄脂填充度是间断级配的关键。

拌质量,提高搅拌效率。

(4)研究消除搅拌低效区的方法和措施,有着重要的社会和经济效益,以及良好的工业应用前景。

参考文献:

References:

- [1] 冯忠绪. 混凝土搅拌理论与设备[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
FENG Zhong-xu. Concrete mixing theory and equipment [M]. Beijing: People's Communications Press, 2001.
- [2] 江建卫. 周期式振动搅拌机的试验研究[D]. 西安:西安公路交通大学,1998.
JIANG Jian-wei. Test study of vibrating mixer of periodic type [D]. Xi'an: Xi'an Highway University, 1998.
- [3] 赵利军,杜占领,冯忠绪. 新型振动搅拌装置的试验研究[J]. 中国公路学报,2005,18(2):120-122.
ZHAO Li-jun, DU Zhan-ling, FENG Zhong-xu. Experimental research on new vibratory mixer[J]. China Journal of Highway and Transport, 2005, 18(2): 120-122.
- [4] 赵利军. 双卧轴搅拌机参数优化及其试验研究[D]. 西安:长安大学,2002.

- ZHAO Li-jun. Parameters optimum and test study of twin-shaft mixer[D]. Xi'an: Chang'an University, 2002.
- [5] 姚运仕. 双叶片搅拌机参数优化及其试验研究[D]. 西安:长安大学,2004.
YAO Yun-shi. Parameters optimum and test study of double-blades mixer[D]. Xi'an: Chang'an University, 2004.
- [6] GB/T 9142-2000. 混凝土搅拌机[S].
GB/T 9142-2000. Concrete mixer[S].
- [7] 许安,崔建飞,江建卫,等. 混凝土搅拌机性能评定指标的探讨[J]. 西安公路交通大学学报,1999,19(2):70-72.
XU An, CUI Jian-fei, JIANG Jian-wei, et al. Discussion of the evaluating index of the concrete mixer performance[J]. Journal of Xi'an Highway University, 1999, 19(2): 70-72.
- [8] 赵利军,冯忠绪. 双卧轴搅拌机叶片排列的试验[J]. 长安大学学报(自然科学版),2004,24(2):94-96.
ZHAO Li-jun, FENG Zhong-xu. Test of blades arrangement for twin shaft mixer[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2004, 24(2): 94-96.

(上接20页)

(2)改性沥青及玛蹄脂 PG 指标性能对混合料性能具有明显的影响。

(3)沥青玛蹄脂碎石混合料中粉胶比应高于普通密级配沥青混合料。

(4)沥青玛蹄脂碎石混合料在水稳定性、低温抗裂性、高温稳定性、摩擦系数、构造深度等方面表现出较好的性能;但马歇尔稳定度不如密级配沥青混合料。

(5)总体上分析,沥青玛蹄脂碎石混合料具有较好的路用性能,适宜做高等级公路沥青面层。

参考文献:

References:

- [1] 林绣贤. 论 Superpave 组成配比的特色[J]. 华东公路, 2002, (1): 3-7.
LIN Xiu-xian. Characteristic of Superpave composition [J]. East China Highway, 2002, (1): 3-7.
- [2] 余叔藩. SMA 路面设计与施工[M]. 北京:人民交通出版社,2002.
YU Shu-fan. Design and construction of SMA pavement[M]. Beijing: People's Communications Press, 2002.

- [3] 张宗涛,刘中林,郝培文,等. 间断密级配沥青混合料配合比设计方法[J]. 西安公路交通大学学报,2001,21(4):22-25.
ZHANG Zong-tao, LIU Zhong-lin, HAO Pei-wen, et al. Design method of gap-graded HMA[J]. Journal of Xi'an Highway University, 2001, 21(4): 22-25.
- [4] 卢永贵,赵可. 沥青玛蹄脂性能试验研究[J]. 中国公路学报,2001,14(4):9-13.
LU Yong-gui, ZHAO Ke. Study of the test for the characterization of SMA mortars[J]. China Journal of Highway and Transport, 2001, 14(4): 9-13.
- [5] 彭波,田见效,陈忠达. Superpave 沥青混合料路用性能[J]. 长安大学学报(自然科学版),2003,23(5):21-23.
PENG Bo, TIAN Jian-xiao, CHEN Zhong-da. Road performance of superpave bituminous mixture[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2003, 23(5): 21-23.
- [6] 黄云涌,刘朝晖,李宇峙. 沥青混合料水稳性试验方法[J]. 交通运输工程学报,2002,2(2):19-22.
HUANG Yun-yong, LIU Zhao-hui, LI Yu-zhi. Method of asphalt mixture immersion stability test[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2002, 2(2): 19-22.