

高模量沥青混合料试验研究与应用

王 梅

(陕西省交通规划设计研究院有限公司, 陕西 西安 710065)

摘 要: 为探讨高模量沥青混合料的性能特点和路用性能表现,以实体项目为依托,对高模量沥青混合料BBME(Béton Bitumineux à Module Élevé, BBME)、EME(Enrobé à Module Élevé, EME)进行试验研究。马歇尔试验结果表明:高模量沥青混合料与传统改性沥青混合料相比,具有高油石比、低空隙率和高饱和度特点。通过水稳定性、高温稳定性和低温抗裂性能试验,检验了高模量沥青混合料能均衡高温和低温性能,综合性能远超过传统改性沥青混合料的性能。对现场施工路段进行质量检测,结果表明路面使用效果较好。应用成果证明高模量沥青混合料是一种高品质的筑路材料,适合于交通量较高的城市道路的沥青路面上、中、下面层,值得在该地区公路工程中广泛应用及进一步推广。

关键词: 高模量沥青混合料;BBME;EME;性能检验;质量检测

中图分类号: TU535;U416.217

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)08-0098-04

Experimental Study and Application of High Modulus Asphalt Mixtures

WANG Mei

(Shanxi Provincial Transportation Planning and Design Research Institute Co., Ltd., Xi'an 710065, China)

Abstract: In order to explore the performance characteristics and pavement performance of high modulus asphalt mixtures, based on an actual project, the experiment research on high modulus asphalt mixtures BBME (Béton Bitumineux à Module Élevé) and EME (Enrobé à Module Élevé) was carried out. Through the Marshall test, the results show that high modulus asphalt mixtures have the characteristics of high asphalt-aggregate ratio, low void ratio and high saturation compared with the traditional modified asphalt mixtures. By testing the water stability, high-temperature stability and low-temperature crack resistance, it was tested that the high modulus asphalt mixture can achieve a balance between high-temperature and low-temperature performances, and the comprehensive performance far exceeds that of traditional modified asphalt mixtures. Quality inspections are carried out on the on-site construction road sections. The results show that the pavement usage effect is good. The successful application proves that high modulus asphalt mixture is a high-quality road construction material, and is suitable for the upper, middle and lower layers of asphalt pavements on urban roads with high traffic volumes, which is worth widely applying and further promoting in highway engineering in this region.

Keywords: high modulus asphalt mixtures; BBME; EME; performance inspection; quality inspection

0 引 言

高模量沥青混合料起源于法国,这一创新理念由20世纪80年代的法国学者率先提出,其核心理念是通过增大沥青混合料的劲度模量,来有效提升其在高温条件下的抗车辙性能。

自2000年起,我国公路领域的专家学者采纳了法国高模量沥青混合料技术,旨在解决路面车辙问题,改善行车的安全性与舒适性,高度关注高模量沥青混合料EME和BBME技术^[1-5]。EME(高模量沥青

碎石)、BBMEB(高模量沥青混凝土)是采用低标号硬质沥青和连续级配的集料组成的沥青混合料。通常向基质沥青中加入高模量改性剂,增强沥青混合料的动态模量,进而提升其抗车辙能力^[6]。相比传统的改性沥青混合料,高模量沥青混合料设计思路独特,抗车辙、抗疲劳开裂等路用性能优异,适合于各等级公路的上、中、下面层,尤其适用于高温、低温天气和重载交通地区,解决了许多传统沥青混合料在特殊环境下的施工和技术难题。

本文以西安高新区唐遗址公园南延伸绿廊项目(一期)K0+000~K5+400路段工程项目为依托,对高模量沥青混合料进行各项指标试验,并结合工程项目探讨高模量沥青混合料的性能特点和路用性能表

收稿日期: 2025-01-02

作者简介: 王梅(1984—),女,硕士,高级工程师,从事公路工程勘察、试验检测工作。

现,研究其在公路工程中的应用。

1 工程概况

西安绿廊项目机动车道采用沥青混凝土路面结构,该路面结构层层级构成:底基层 2 层 20 cm 厚 4% 水泥稳定碎石、基层 20 cm 厚 5% 水泥稳定碎石、下面层 8 cm 厚 EME-20 高模量沥青混合料、中面层 6 cm 厚 EME-16 高模量沥青混合料、上面层 4 cm 厚 BBME-13 高模量沥青混合料,总厚度为 78 cm。该项目为市政道路,位于西安高新区,路面宽 15 m,双向 8 车道,是西安市打造的重点绿廊项目,建设质量标准高,要求严。

2 原材料

2.1 沥青

该项目采用的是由西安某厂生产的高模量沥青 HMB-W,该沥青由天然沥青改性制得,是通过向天然沥青中加入石油沥青及特定添加剂等,以提升其性能,最终得到改性后的沥青胶结材料。对 HMB-W 型沥青进行室内试验,其各项性能指标如表 1 所列。

以上试验技术指标均满足《天然沥青高模量混合料施工技术规范》(DB61/T 1332—2020)^[7]中关于改性天然沥青的规定要求。表 1 所列结果显示: HMB-W 型沥青展现出低针入度、高软化点的特性,表明其具有良好的耐高温性能,特别适合于高温及重载交通环境的应用。

2.2 集料

针对项目所提供的粗集料、细集料,我们进行了

表 1 HMB-W 高模量沥青技术指标

指标	试验结果	技术要求
针入度(25℃,5 s,100 g)/0.1 mm	28	20~35
软化点(T&B)/℃	79	≥60
延度(25℃,5 cm/min)/cm	64	≥25
闪点/℃	276	≥260
密度(25℃)/(g·cm ⁻³)	1.215	实测
弹性恢复(25℃)/%	73	≥60
表观黏度(175℃)/(Pa·s)	1.2	≤3
贮存稳定性离析,48 h 软化点差/℃	0.6	≤2.5
质量变化/%	-0.2	≤0.5,≥-0.5
TFOT 后 针入度比(25℃)/%	70	≥65
延度(25℃,5 cm/min)/cm	21	≥10

筛分、密度、吸水率等试验,所有结果均达到《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)^[8]中关于 S16(粒径 0~3 mm)、S15(粒径 0~5 mm)、S14(粒径 3~5 mm)、S12(粒径 5~10 mm)、S10(粒径 10~15 mm)、S9(粒径 10~20 mm)等粒径的具体要求。

2.3 填料

矿粉由石灰岩经研磨加工而成,呈现干燥、洁净、无结块、无杂质状态,试验检测结果满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)^[8]的技术要求。

3 矿料级配

根据项目路面结构要求,以高模量沥青 HMB-W 为结合料,下、中、上面层分别选用 EME-20、EME-16、BBME-13 沥青混合料,其矿料级配范围参如表 2 所列。

表 2 高模量沥青混合料矿料级配范围

单位:%

混合料类型	通过下列筛孔(mm)的质量百分比							
	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	0.075
BBME-13	—	—	100	90~100	—	39~60	28~43	6.5~7.5
EME-16	—	100	90~100	—	66~84	42~64	27~42	5.5~8.0
EME-20	100	90~100	—	—	66~84	42~64	27~42	5.5~8.0

由表 2 可知,高模量沥青混合料的级配具有细料偏多、级配偏细的特点。

根据级配范围,经调试设计出 EME-20、EME-16、BBME-13 的各矿料合成级配,具体如表 3 所列。

表 3 EME-20、EME-16、BBME-13 级配设计结果

单位:%

合成级配/mm	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
EME-20	100	99.1	96.7	93.5	78.3	53.2	30.5	18.8	14.6	10.4	8.7	7.1
EME-16	—	100	96.6	91.4	76.4	44.7	35.1	22.6	13.0	9.5	7.3	6.1
BBME-13	—	—	100	98.3	81.3	53.3	33.4	24.2	15.9	11.4	10.0	7.3

4 最佳油石比确定

按照确定的矿料组成,通过运用马歇尔试验

方法^[9],确定了各路面层的最佳油石比:EME-20 为 5.9%、EME-16 为 6.0%、BBME-13 为 6.2%。

最佳油石比下 EME-20、EME-16、BBME-13 种类

型沥青混合料的马歇尔物理力学性能指标分别如 表4所列。

表4 3种沥青类型的最佳油石比试件试验结果

沥青类型	油石比/%	毛体积相对密度	最大理论相对密度	空隙率/%	间隙率/%	饱和度/%	稳定度/kN	流值/mm
EME-20	5.9	2.479	2.537	2.3	12.8	82.0	18.28	3.30
EME-16	6.0	2.479	2.550	2.8	14.4	80.6	19.15	2.90
BBME-13	6.2	2.706	2.782	2.7	14.6	81.5	25.24	2.58

3 种类型沥青混合料的最佳油石比均比传统改性沥青混合料的油石比高,反映出高模量沥青混合料高油石比的特点。分析表4可知,3种类型的空隙率分别为2.3%、2.8%、2.7%,均比传统改性沥青混合料大于3%的空隙率低;饱和度分别为82%、80.6%、81.5%,均比传统改性沥青混合料小于80%的饱和度高,体现了高模量沥青混合料的低空隙率、高饱和度的特点。

5 高模量沥青混合料的性能检验

在确定的最佳油石比下制备了马歇尔试件,对其进行了水稳定性、高温稳定性及低温抗裂性能检验^[9],以此全面评估其综合性能。

5.1 水稳定性检验

利用浸水马歇尔和冻融劈裂试验来评估沥青混合料的水稳定性表现,如表5、表6所列。

表5 浸水马歇尔试验结果

混合料类型	最佳油石比/%	马歇尔稳定度/kN	浸水马歇尔稳定度/kN	残留稳定度/%	技术要求/%
BBME-13	6.2	20.18	18.20	90.2	≥85
EME-16	6.0	19.15	17.38	90.8	
EME-20	5.9	18.28	16.66	91.2	

表6 冻融劈裂试验结果

混合料类型	最佳油石比/%	未冻融劈裂强度/MPa	冻融劈裂强度/MPa	冻融劈裂强度比/%	技术要求/%
BBME-13	6.2	1.54	1.28	83.1	≥80
EME-16	6.0	1.60	1.39	86.9	
EME-20	5.9	1.73	1.56	90.2	

由表5可知,残留稳定度均在90%以上,远远超出规定值85%,冻融劈裂强度比也满足技术要求,很显然,BBME和EME的水稳性能均较好。

5.2 高温稳定性检验

制作尺寸为300 mm×300 mm×50 mm试件,在(60±0.5)℃下养护6 h,在压强为0.7 MPa条件下,进行车辙试验,试验结果如表7所列。

5.3 低温抗裂性检验

将尺寸为300 mm×300 mm×50 mm试件,用切割机切成25 mm×30 mm×35 mm的小梁试件,在-10℃

表7 高温车辙试验结果

混合料类型	最佳油石比/%	动稳定度/(次·mm ⁻¹)	技术要求/(次·mm ⁻¹)
BBME-13	6.2	8 750	≥5 000
EME-16	6.0	8 050	
EME-20	5.9	6 300	

下养护6 h,以50 mm/min的加载速率进行低温弯曲试验,计算出梁底最大弯拉应变,试验结果如表8所列。

表8 低温弯曲试验结果

混合料类型	最佳油石比/%	-10℃最大弯曲破坏应变με	技术要求με
BBME-13	6.2	3 632	≥2 500
EME-16	6.0	3 785	
EME-20	5.9	3 831	

根据表9和表10试验结果,BBME和EME的动稳定度均超过5 000次/mm标准,低温弯曲破坏应变均超过3 600 με,远高于规定的2 500 με标准,实现了高温和低温性能的均衡。

综合以上试验结果,高模量沥青混合料的水稳性、高温稳定性和低温抗裂性能均较好,综合性能远超过传统改性沥青混合料的性能,适合于交通量要求较高的沥青路面上、中、下面层,是一种高品质的筑路材料。

6 施工及质量检测

该项目高模量沥青混合料路面的施工方法与传统改性沥青混合料相同,除应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)要求外,还有其他要求。高模量沥青混合料的拌合时间宜适当延长,经试拌确定,拌和机每盘拌和时间应达到55 s以上,施工温度也较传统改性沥青混合料应大约提高20℃。高模量沥青混合料的油石比高、空隙率低、细料偏多,施工时宜压实。该项目施工的碾压方式为3台13 t的双钢轮振动压路机、4台30 t的胶轮压路机和1台小型压路机用于面层边角碾压。通过试验段确定本项目碾压共经历前静后振2遍的双钢轮初压、3~6遍的胶轮复压和1~2遍的双钢轮终压3个阶段,并遵循“紧跟慢压、高频低幅、先低后高、均匀水少”

的碾压原则。

施工后,对现场 K0+000~K5+400 路段上面层(宽 15 m,双向 8 车道)质量进行检测^[10],抽检结果如表 9 所列。渗水系数、构造深度和摩擦系数检测结果均满足规范及设计对上面层的技术要求,表明路面结构密实,综合使用性能较好。该路段通车半年,现场检查发现路面状况良好,无车辙等病害出现。

表 9 现场路面检测结果

桩号位置	渗水系数/ (mL·min ⁻¹)	构造深度/ mm	摩擦系数 (BPN)
左幅 K0+090	51	0.6	54
左幅 K1+520	48	0.6	52
左幅 K2+360	52	0.5	53
左幅 K3+745	53	0.6	54
左幅 K4+630	50	0.6	53
左幅 K5+100	46	0.5	52
右幅 K5+390	42	0.6	53
右幅 K4+760	44	0.5	54
右幅 K3+640	55	0.6	53
右幅 K2+680	50	0.5	54
右幅 K1+590	49	0.6	52
右幅 K0+585	39	0.5	53

7 结 语

本文针对西安高新区唐遗址公园南延伸绿廊项目,对高模量沥青混合料 BBME、EME 在公路工程中的实际应用进行了试验研究,探讨高模量沥青混合料的综合性能。研究表明:高模量沥青混合料 EME-20、

EME-16、BBME-13 的最佳油石比分别为 5.9 %、6.0 %、6.2 %,空隙率均低于 3 %,饱和度均大于 80 %,与传统改性沥青混合料相比,具有高油石比、低空隙率和高饱和度的特点。BBME 和 EME 的残留稳定度均在 90 % 以上,动稳定度均达到 6 000 次/mm 以上,低温弯曲破坏应变均达到 3 600 $\mu\epsilon$ 以上,都远大于规定值,实现了高温和低温性能的均衡。施工时,每盘拌和时间长于到 55 s,施工温度应比传统改性沥青混合料提高大约 20 $^{\circ}\text{C}$ 。现场对路面质量检测,结果表明路面使用效果良好。该项目成功将高模量沥青混合料应用于交通量较高的城市道路,证明高模量沥青混合料是一种高品质的筑路材料,值得在该地区广泛应用及进一步推广。

参考文献:

[1] 郭寅川,张争明,邵东野,等.高模量天然沥青混合料设计及路用性能对比研究[J].硅酸盐通报,2021(8):2811-2821.

[2] 李彩霞.高模量沥青性能研究[J].中外公路,2018(5):253-256.

[3] 周震宇,曾峰,郝玮,等.高模量沥青混合料马歇尔法配合比设计指标研究[J].公路,2021(7):69-75.

[4] 张珂.闪长岩在高模量沥青混合料上面层中的应用研究[J].四川水泥,2022(3):247-251.

[5] 吴丽文.高模量沥青混合料路面施工质量控制研究[J].交通世界,2022(30):138-140.

[6] 余建强,王海飙,孙明刚,等.高模量沥青混凝土制备工艺与 PR.M 的最优掺量研究[J].森林工程,2023(5):175-182.

[7] DB61/T 1332—2020,天然沥青高模量混合料施工技术规范[S].

[8] JTTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].

[9] JTG E20—2011,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].

[10] JTG 3450—2019,公路路基路面现场测试规程[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: roadbridgeflood@163.com

