

SEBS 改性沥青试验研究

郑传峰, 陈浩, 苏俊省, 徐宁, 王誉泽

(吉林大学 建设工程学院, 吉林 长春 130026)

[摘要] 通过 SEBS 和 SBS 的对比试验评价 SEBS 改性剂的改性效果。根据高、低温稳定性试验及水稳定性试验结果分析可知, SEBS 改性沥青混合料具有较优的试验性能。SEBS 改性沥青混合料的车辙动稳定度平均为 5 837 次/mm, 与 SBS 改性沥青混合料相比其真空饱水残留稳定度 MS' 及低温弯曲应变能密度分别提高 5% 和 7%, 这表明 SEBS 改性沥青混合料具有较好的抵抗车辙、水损害、低温开裂的能力, 其路用性能更优。

[关键词] SEBS 改性沥青混合料; 车辙; 水稳定性; 低温稳定性

[中图分类号] U 414.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1674-0610(2011)02-0034-04

Experimental Study on SEBS Modified Asphalt

ZHENG Chuanfeng CHEN Hao SU Junsheng XU Ning WANG Yuze

(College of Building Engineering Jilin University, Changchun, Jilin 130026, China)

[Abstract] This experimental study is to value the the modification effects of SEBS as a modifier by the contrast tests of SEBS and SBS modified asphalt concrete. The test results of the rutting test, the water stability test and the microthem stability test show that SEBS modified asphalt has good basic test performances. The average DS of SEBS modified asphalt concrete can be 5837 times per millimeter and its MS' and low-temperature bending strain energy density separately increase 5% and 7% to compare with SBS modified asphalt concrete. These datas illustrate that SEBS modified asphalt concrete has a good ability to resist rutting, water damage and low-temperature crack, so its road performance is better.

[Key words] SEBS modified asphalt concrete; rutting test; the water stability test; the low-temperature stability test

当前 SBS 沥青改性剂已被普遍认同, 且其在桥梁铺装等方面应用十分广泛。SBS 改性沥青(热塑性橡胶改性沥青)能显著改善沥青温度敏感性和提高低温韧性, 但由于 SBS 含有不饱和键, 在外界光和热的作用下易发生降解使改性沥青性能恶化, 损害道路服务功能, 从而缩短道路服务寿命^[1-3]。国内外试验研究发现, 由于 SEBS 沥青改性剂中含苯乙烯-乙烯-丁烯-苯乙烯共聚物, 从而使由其制备的改性沥青具有优异的抗疲劳和耐老化等性能。而且, SEBS 作为改性剂可大大提高改性沥青的耐光氧化性能, 其老化后性能高于 SBS 改性沥青, 从而提高了改性沥青的使用寿命。在公路上应用, 可以增加路面使用寿命, 减少养护成本^[3-7]。

1 试验准备

1.1 SEBS 改性剂

SEBS 是对 SBS 的 B 段的双键进行选择性的加氢, 加氢后, 中间软段结构可视为聚乙烯、聚丁烯-1 和一部分未饱和的聚丁二烯的共聚物。SEBS 新型弹性体的分子链上饱和和双键加氢饱和后, 比 SBS 具有更优良的稳定性和良好的耐热性。经过加氢后, SEBS 与沥青中轻质组分具有不同的相容性, 从而更易形成聚合物网络, 改善改性沥青的综合性能^[8-9]。

1.2 沥青

基质沥青采用的是购自盘锦北方沥青股份有限公司的 AH-70^{FS} 沥青。改性沥青基本性质试验结果见表 1。

根据表 1 试验结果可知, 含量分别为 4% 和 6% 的 SEBS 改性沥青混合料中, 6% 的 SEBS 改性沥青

[收稿日期] 2010-09-09

[基金项目] 吉林大学创新基金资助研究项目(2009C63113)

[作者简介] 郑传峰(1981-), 男, 吉林集安人, 讲师, 博士研究生, 主要从事道路材料的教学与科研。

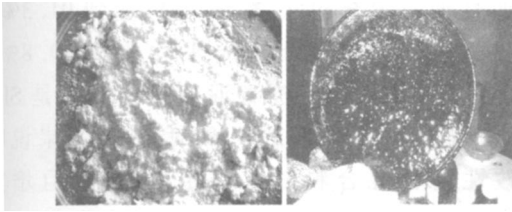


图 1 SEBS改性剂及 SEBS改性沥青

Figure 1 SEBS modifier and SEBS modified asphalt

表 1 改性沥青基本性质试验结果

Table 1 Test results of modified asphalt elementary properties

改性沥青	针入度 (25 °C, 0.1 mm)	软化点 /°C	延度 (15 °C) /cm	粘度 (60 °C) / (Pa · s)
SBS改性沥青	56	47.2	>100	1 815
4% SEBS改性沥青	59	48.2	>100	2 101
6% SEBS改性沥青	52	46.1	>100	2 265

表 2 沥青混合料级配

Table 2 Graduation of asphalt mixture

筛孔 /mm	AC-13级配范围		合成级配	
	上限	下限	计算值	实测值
13.2	100	90	100	99.6
9.5	85	68	82.9	81.6
4.75	68	38	52.7	51.5
2.36	50	24	32.5	34.2
1.18	38	15	24.9	26.4
0.6	28	10	15.7	15.5
0.3	20	7	10.7	10.0
0.15	15	5	9.1	8.4
0.075	8	4	7.5	7.1

2 试验方法

2.1 车辙试验

目前采用车辙动稳定度指标 DS 进行沥青混合料高温稳定性的判定, 且已在全世界范围内得到推广和应用。众多研究表明, 动稳定度能较好的反映沥青路面在高温季节抵抗车辙的能力。动稳定度的实质是测定试验轮在往返行走时所形成的车辙变形速率。为了减小试验过程中产生的误差, 每种类型混合料做三组平行试验, 采用轮碾成型仪成型, 切割制作 300 mm × 300 mm × 50 mm 试件。试验温度 60 °C, 轮压为 0.7 MPa, 施加的总荷重为 78 kg 试验轮每分钟往返 42 次^[10]。动稳定度由下式计算:

$$DS = \frac{(t - t_1) \times 42}{d_2 - d_1} \alpha \times e \quad (1)$$

式中: DS 为沥青混合料动稳定度; t_1, t_2 为试验时间, 通常为 45 min 和 60 min; d_1, d_2 为与试验时间 t_1, t_2 对应的试件表面的变形量, mm; α, e 为试验机或试样修正系数。

2.2 水稳定性试验

本文采用沥青混合料浸水马歇尔试验, 利用 MS' 值 (浸水马歇尔稳定度 / 未浸水马歇尔稳定度)

具有更高的粘度。SEBS 改性沥青的针入度和软化点与 SBS 改性沥青的针入度和软化点相比分别降低 7.1% 和 2.3%, SEBS 改性沥青的粘度比 SBS 改性沥青的粘度提高 24.8%。

1.3 混合料级配

本试验采用的 AC-13 密集配。根据图解法, 得到的级配见表 2。

评价高性能沥青混合料的水稳定性效果。采用马歇尔击实法成型圆柱体试件, 双面击实各 50 次。每种沥青混合料制作试件 8 个, 分成两组, 一组用于测定浸水马歇尔稳定度, 另一组用于测定未浸水的马歇尔稳定度。MS' 值由下式计算:

$$MS' = \frac{MS_2}{MS} \times 100 \quad (2)$$

式中: MS' 为混合料真空饱水残留稳定度, %; MS 为试件的稳定度, kN; MS_2 为马歇尔试件真空饱水稳定度, kN。

2.3 低温弯曲试验

沥青混合料低温弯曲试验用于测定热拌沥青混合料在低温加载时弯曲破坏的力学性质。采用试验温度为 -10 °C, 加载速率为 50 mm/min, 每类沥青混合料制作 3 个试件做平行试验, 利用轮碾成型后切割制成 250 mm × 30 mm × 35 mm 棱柱体小梁, 跨径为 200 mm。试验过程中数据采集系统自动采集荷载传感器和位移计数据。由下式计算破坏时的抗弯拉强度 R_B , 破坏时梁底最大弯拉应变 ϵ_B 和破坏时弯曲劲度模量 S_B :

$$R_B = \frac{3LP_B}{2bh^2} \quad \epsilon_B = \frac{6hd}{L^2} \quad S_B = \frac{R_B}{\epsilon_B} \quad (3)$$

式中 R_B 为试件破坏时的抗弯拉强度, MPa; ϵ_B 为试件破坏时最大弯拉应变; S_B 为试件破坏时的弯曲劲度模量, MPa; b, h 分别为跨中断面试件宽度和高度, mm; L 为试件的跨径, mm; P_B 为试件破坏时的最大荷载, N; d 为试件破坏时的跨中挠度, mm。

3 试验结果及分析

3.1 车辙试验

由图 2 可知, SEBS 改性沥青混合料的动稳定度平均达到 5 837 次/mm, 比 SBS 改性沥青混合料的

稳定度 5 663次 /mm 高 3.1% (且远高于改性沥青混合料稳定度的标准值 2 800次 /mm), 说明 SEBS 改性沥青混合料的高温稳定性更好。而且, SEBS 含量为 6% 的改性沥青混合料的动稳定度高于含量为 4% 的改性沥青混合料, 说明改性沥青混合料中增加 SEBS 含量至 6% 可以改善改性沥青混合料的高温稳定性。

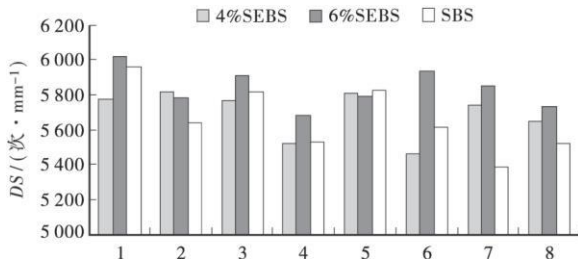


图 2 改性沥青混合料的车辙试验结果

Figure 2 Wheel tracking test results of modified asphalt mixture

3.2 水稳定性试验

由表 3 可知, SEBS 含量为 6% 的改性沥青混合料的 MS' 值最大, 平均达到 94.3%, SEBS 含量为

表 3 混合料水稳定性试验结果

Table 3 Moisture susceptibility test results of mixture

改性沥青混合料	MS' 值 (浸水马歇尔强度 / 未浸水马歇尔强度)								均值 / %
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	
4% SEBS	89.5	90.3	91.4	92.7	90.2	91.3	93.7	91.5	91.3
6% SEBS	93.2	95.2	91.2	97.8	96.1	92.3	94.5	94.1	94.3
SBS	89.2	88.3	90.1	89.8	88.5	91.4	90.9	90.3	89.8

表 4 低温弯曲试验结果

Table 4 Test results of low-temperature bending

改性沥青混合料	强度指标		劲度模量 / MPa	弯曲应变能密度 / (kJ · m ⁻³)
	弯曲破坏应变 (10 ⁻⁶)	弯曲破坏强度 / MPa		
4% SEBS	3 749	9.57	2 564	4.61
6% SEBS	4 213	9.89	2 315	4.73
SBS	3 518	9.32	2 715	4.42

温稳定性优于 SBS 改性沥青混合料。

4 结论

① SEBS 作为新型的沥青改性剂, 可以显著提高沥青混合料的力学性能及其路用性能。质量分数为 6% 的 SEBS 改性沥青混合料的动稳定度可达 5 837 次 /mm, 真空饱水残留稳定度 MS' 值达 94.3%, 低温弯曲破坏应变 4 213 (10⁻⁶), 低温弯曲破坏强度 9.89 MPa, 低温弯曲劲度模量 2 315 MPa, 弯曲应变能密度 4.73 kJ/m³。

② 通过对试验结果的分析可知, 质量分数为 6% 的 SEBS 改性沥青混合料具有较好的路用性能,

4% 的改性沥青混合料次之, 平均值达到 91.3%, SBS 改性沥青混合料的最小, 平均值为 89.8%。SEBS 含量为 6% 的改性沥青混合料 MS' 值是 SBS 改性沥青混合料 MS' 值的 1.05 倍。该结果说明 SEBS 改性沥青混合料的水稳定性较好, 且增加 SEBS 含量可以改善改性沥青混合料的水稳定性。

3.3 低温弯曲试验

由表 4 数据可知, SEBS 含量为 6% 的改性沥青混合料的弯曲破坏应变比 SEBS 含量为 4% 的改性沥青混合料的弯曲破坏应变增加 12.3%, 比 SBS 改性沥青混合料弯曲破坏应变增加 19.8%。SEBS 含量为 6% 的改性沥青混合料的极限破坏强度应变比 SEBS 含量为 4% 的改性沥青混合料的极限破坏强度增加 3.3%, 比 SBS 改性沥青混合料极限破坏强度增加 6.1%。SEBS 含量为 6% 的改性沥青混合料的弯曲应变能密度比 SEBS 含量为 4% 的改性沥青混合料的弯曲应变能密度增加 2.6%, 比 SBS 改性沥青混合料弯曲应变能密度增加 7.0%。SEBS 改性沥青混合料的低温弯曲劲度模量降低, 低温性能得到提高。综上可知, SEBS 改性沥青混合料的低

且略优于 SBS 改性沥青混合料的路用性能。

③ 由于 SEBS 中的不饱和键远少于 SBS 因此, 其具有较好的抗氧化及抗老化性能, 从而提高沥青路面的使用寿命, 减少养护成本。

④ 通过不同质量分数的 SEBS 改性沥青及改性沥青混合料的对比试验可知, SEBS 改性剂的合理质量分数为 6% 左右。

【参考文献】

- [1] 赵晶, 李学英, 张肖宁. 新型嵌段共聚物改性沥青的研究 [J]. 哈尔滨建筑大学学报, 2001, 34(6): 124-127.
- [2] 郑传峰, 徐龙宪, 焦晓磊, 等. 桥面铺装用高性能沥青及沥青混合料的试验研究 [J]. 公路, 2010, (5): 87-90.
- [3] 陆兆峰, 何兆益, 黄刚, 等. 天然岩沥青改性沥青路面抗车辙性能分析 [J]. 公路交通科技, 2010, 27(5): 17-21.
- [4] 敖盛. 天然沥青改性沥青混合料路用性能研究 [J]. 公路工程, 2010, 35(3): 159-166.
- [5] 张争奇, 张登良. 改性沥青影响因素的探讨 [J]. 国外公路, 1992, (1): 38-42.

- [6] 徐飞龙,张耀明,许志鸿.高性能沥青混合料应用技术研究[J].同济大学学报,2005,33(7):904-908.
- [7] 赵晶,张肖宁.改性沥青技术与效果评价.中国公路学报[J].1997,(4):18-24.
- [8] 解建光,钱春香,肖庆一.碱渣改善 SEBS改性沥青混合料水稳

- 定性的试验研究[J].公路交通科技,2004,21(3):6-21.
- [9] 解建光,钱春香,肖庆一,等. SEBS改性沥青性能研究与机理分析[J].东南大学学报,2004,34(1):96-99.
- [10] JTJ 052-2000.公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].

(上接第 30 页)

③ 施工过程中重要工作超前安排:在项目开工前甚至招投标期间,业主应组织力量对技术问题处治、优化设计、地质补勘与预报、电力架设、试验系统、实物丈量、后续招投标、驻地建设和职责制度建设及竣工资料等方面影响开工、造价、质量、工期的工作依法依规依程序超前安排,这样,项目才会无缝衔接,环环相扣,进展顺利。

④ 建设过程中关键指标及时调整:根据项目进展情况,业主应及时调整职责制度、部门设置与人员、不平衡报价、任务分工、各种临时机构、责任体系、工作重点、设计施工劳动竞赛方案、管理目标及目标管理考核办法等,使项目与时俱进,健康发展。调整一般以年度为单位。

7 EMTS模型的应用结论及建议

① 模型的综合运用使经济、生态和社会效益十分明显。能节约投资成本 5%左右,其他主要控制指标良好,但体制和机制对成本等各项指标有较大影响。

② EMTS模型充分体现了项目日常管理的专业性、系统性、计划性、无隙性、创新性,属于国际国内首创适合中国国情的一种项目精细化管理模型。随着项目的进展,管理内容、人员、目标等会发生变化,项目公司应随之作相应调整完善,以适应不断变化发展的需要。

③ 执行模型的最好方式是将上述每一个步骤内容汇总编制成员工手册并编成计算机软件程序,相关人员根据领导、部门、员工三个层级在网上进行计划操作,便于领导随时核查、修改和部署工作,提高办事效率。年度及月度 PDCA 循环是执行 EMTS 模型的较好计划周期。

④ 项目经理为模型的第一责任人,应经常检查执行情况,确保事事有人做,其他人员分工配合,加强协调。强烈的责任心是执行模型的基础,业主公司及上级单位采取必要的激励机制非常必要,使模型持续开展具有较好的动力源泉。

⑤ 模型对人员的素质要求较高,公司各部门应配备足够熟练的懂技术善管理会经营的人员。视情况进行适当的技术管理创新,并且不断学习培训交流,是执行模型的重要手段。

[参考文献]

- [1] 龚先兵.公路建设的 5S3T 项目管理模型研究与实践.《第五届全国公路科技创新高层论坛论文集》[C].北京:人民交通出版社,2010:240-245.
- [2] 龚先兵,周壮志.高速公路项目管理手册[M].长沙:湖南科技出版社,2005:200-300.
- [3] 张劲文,张起森.高速公路项目管理[J].中外公路,2001,21(5).
- [4] JTG H20-2007.公路技术状况评定标准[S].
- [5] 交通运输部,湖南省交通运输厅.行业工作报告[Z].2008-2011.

(上接第 33 页)

[参考文献]

- [1] Bishop A W, Blight G E. Some aspects of effective stress in saturated and partly saturated soils [J]. Geotechnique 1962, 13(3): 177-197.
- [2] D. G 弗雷德伦德, H. 拉哈尔佐合著,陈仲颐,等合译.非饱和土力学[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [3] 缪林昌,殷宗泽.非饱和土的剪切强度[J].岩土力学,1999,20(3):1-6.
- [4] 卢肇钧,吴肖茗,孙玉珍,等.膨胀力在非饱和土强度理论中的应用[J].岩土工程学报,1997,19(5):20-27.
- [5] 徐永福,史春乐.膨胀土的强度特性[J].长江科学院院报,1997,14(1):38-41.

- [6] 苗鹏.膨胀土胀缩规律及桩-土共同作用研究[D].硕士学位论文,株洲:湖南工业大学,2008.
- [7] GB/T 50123-1999.土工试验方法标准[S].
- [8] 杨同,徐川,王宝学,等.岩土三轴试验中的粘聚力与内摩擦角[J].中国矿业,2007,16(12):104-107.
- [9] 雷胜友,许瑛.原状膨胀土三轴剪切过程的损伤力学特性[J].岩石力学与工程学报,2004,23(增1):4392-4395.
- [10] 杨雪辉,党进谦,蒋仓兰.非饱和重塑黄土的三轴试验研究[J].路基工程,2008(4):115-116.
- [11] 李永乐,张红芬,余小光,等.原状非饱和黄土的三轴试验研究[J].岩土力学,2008,29(10):2859-2863.
- [12] 李建华,祝方才,廖新贵.土与结构物的接触特性研究[J].湖南工业大学学报,2009,23(3):1-4.