

文章编号:1005-0523(2014)04-0016-05

Sasobit在SMA沥青混合料中的应用研究

姚城熙,徐波,于新

(河海大学土木与交通学院,江苏 南京 210098)

摘要:通过新型的试验方法对比室内制作的SMA-13和在不同压实温度条件下成型的掺入3%的Sasobit温拌剂下的SMA-13马歇尔试件的一系列体积指标,确定掺入Sasobit温拌剂下SMA-13的室内最佳压实温度范围,进而确定现场摊铺温度为140℃左右;通过比较两种不同混合料的高温性能、低温性能以及水稳性能,试验结果表明:掺入3%的Sasobit温拌剂的SMA-13混合料高温性能优于普通的SMA-13混合料,低温与水稳性能略低于普通的SMA-13混合料。

关键词:Sasobit;高温性能;低温性能;水稳性能

中图分类号:U416.217

文献标志码:A

当今世界,经济的快速发展,社会文明化程度愈来愈高,人们在改造自然界的同时出现了一些前所未有的危机,比如说能源危机、环境污染、温室效应等。传统的热拌SMA混合料虽然应用广泛,路面性能优越,技术也十分成熟,但是带来一系列问题,例如铺筑SMA路面时温度很高引起能源浪费、CO₂排放过多造成城市的“热岛效应”显著以及胶结料粘度过高不好压实摊铺。因此将温拌技术^[1]应用到SMA路面材料摊铺中很有必要,它不仅将原来沥青混合料的施工温度降低20~30℃,减少了污染和热能浪费,而且其高温性能远远优于热拌SMA混合料,特别是在冬季施工时降温比较快时能延迟混合料固结时间,保证压实度,既环保又经济。

1 Sasobit温拌机理及混合料配合比设计

1.1 Sasobit温拌机理

Sasobit温拌剂^[2]是SASOL-WAX公司研发部门开发的新型改性剂,是一种长链脂肪族烃,被称为FT固体石蜡,以白色薄片、淡黄色小颗粒或粉末的形式存在。Sasobit温拌降粘机理与Sasobit的物理化学性质有关,一般Sasobit的熔点只有100℃左右,当路面摊铺温度高于它的熔点时,小颗粒此时就会融化成液体状态,起到润滑的作用^[3-4],它能够吸附沥青中与它结构相近似的饱和组分,形成稳定溶液而不离析,更好的溶解沥青中的沥青质,从而降低沥青粘度;低于熔点时,在沥青中形成一种晶体网状结构,包裹沥青中的饱和分,保证沥青饱和分溶剂的稳定性,增加沥青的流动性,提高沥青低温粘度。从而达到降低混合料施工温度,减少低温施工难度,实现温拌化。

1.2 温拌SMA-13的制备过程

沥青采用的是江苏保利SBS改性沥青,集料采用的是镇江茅迪的玄武岩集料,南通创新的矿粉,外掺剂为东台市道康建材的木质素纤维、Sasobit温拌剂。首先将集料(含矿粉)与SBS改性沥青放在烘箱内加热保温1h以上,从烘箱中取出一定比例的集料(含矿粉)放入搅拌锅内,搅拌50~60s,再将一定的比例的热沥青、Sasobit和木质纤维,搅拌90~120s。搅拌结束后需要放入烘箱内重新保温加热0.5~1h,然后对混合料进行

收稿日期:2014-04-15

作者简介:姚城熙(1989—),男,硕士研究生,研究方向为道路与铁道工程;于新(1976—),男,教授,高级工程师,博导,研究方向为道路与铁道工程。

试件成型,为了 Sasobit 温拌剂更加均匀分布于沥青混合料中,在混合料性能试验中把搅拌时间延长至 150 s。

1.3 混合料配合比设计

沥青采用的是江苏保利 SBS 改性沥青,集料采用的是镇江茅迪的玄武岩集料,矿粉为南通创新矿粉,外掺剂为东台市道康建材的 0.4% 木质素纤维、3% 的 Sasobit 温拌剂,其技术指标均满足规范的要求。按体积设计方法进行 SMA-13 混合料的配合比设计^[5],首先初选矿料(含矿粉)A、B、C 3 种级配,3 种集料混合物的级配筛分如表 1 所示,初选 6.25% 的油石比,双面各击实 75 次制作马歇尔试件,击实温度为 170℃,成型温度为 160℃,测定 VCA_{mix} 及 VMA 等指标,测试结果见表 2 和表 3。

表 1 3 种级配的设计组成结果

Tab. 1 Three kinds of gradation design results

级配类型	通过下列筛孔(方孔筛,mm)的质量百分率/%									
	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
级配 A	100	95.5	61.5	26.6	19.9	16.4	14.2	12.7	12.1	10.1
级配 B	100	95.9	64.2	28.7	21.4	17.3	14.7	12.9	12.3	11.2
级配 C	100	96.2	66.9	30.8	22.8	18.2	15.2	13.2	12.5	9.3

表 2 VCA_{DRC} 测试结果

Tab. 2 VCA_{DRC} test results

级配类型	捣实容重/($g \cdot cm^{-3}$)	4.75 mm 通过百分率/%	粗集料毛体积密度/($g \cdot cm^{-3}$)	$VCA_{DRC}/%$
级配 A	1.605	26.6	2.810	42.88
级配 B	1.621	28.7	2.810	42.31
级配 C	1.633	30.8	2.810	41.89

表 3 初试级配的体积分析

Tab. 3 Volume analysis of the initial grading

级配类型	油石比/%	毛体积密度/($g \cdot cm^{-3}$)	空隙率/%	$VMA/%$	$VFA/%$	$VCA_{mix}/%$	计算理论密度/($g \cdot cm^{-3}$)
级配 A	6.25	2.445	4.42	17.51	74.78	41.64	2.558
级配 B	6.25	2.457	3.94	17.10	76.92	41.36	2.558
级配 C	6.25	2.466	3.60	16.81	78.60	41.14	2.558
要求	/	/	3 ~ 4.5	≥ 16.5	75 ~ 85	$\leq VCA_{DRC}$	/

通过对比以上选用的 3 种集料配比,级配 A、B、C 均满足 VCA_{mix} 小于 VCA_{DRC} 和 VMA 大于 16.5% 这两个条件,为保证一定的浮动范围,根据经验一般选用适中的级配 B 较为适宜。

1.4 确定最佳油石比

按级配 B 称取矿料,分别采用 6.0%、6.3%、6.6% 3 种油石比,双面各击实 75 次成型马歇尔试件,然后将成型的试件检测马歇尔体积指标,试验结果见下表 4。根据 JTJ E20-2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(以下简称规程)要求用谢伦堡析漏试验和肯特堡飞散试验检验所选油石比混合料的飞散和析漏性能,试验结果见下表 5 和表 6。

表 4 沥青混合料马歇尔试验结果

Tab. 4 Marshall test results of asphalt mixture

级配类型	油石比/%	稳定度/kN	流值(0.1 mm)	空隙率/%	$VMA/%$	$VFA/%$	$VCA_{mix}/%$	毛体积密度/($g \cdot cm^{-3}$)	计算理论密度/($g \cdot cm^{-3}$)
SMA-13	6.0	6.86	29.6	5.02	17.37	71.13	40.60	2.442	2.571
	6.3	7.42	30.5	3.94	17.10	76.92	41.36	2.457	2.558
	6.6	7.21	37.4	2.52	16.73	84.93	41.09	2.475	2.539
要求	/	宜 ≥ 6.0	20 ~ 50	3 ~ 4.5	≥ 16.5	75 ~ 85	$\leq VCA_{DRC}$	/	/

表5 谢伦堡析漏试验结果

Tab. 5 Shellen leak test results

级配类型	油石比	析漏1	析漏2	析漏3	平均	要求
SMA-13	6.3	0.06	0.07	0.05	0.06	≤0.10

表6 肯特堡飞散试验结果

Tab. 6 Kent flying test results

级配类型	油石比	飞散率1	飞散率2	飞散率3	平均	要求
SMA-13	6.3	5.8	4.9	6.4	5.8	≤15

根据SMA路面设计要求空隙率应控制在3%~4.5%,油石比为6.3%时空隙率为3.94%,其它指标(VMA、VCA、稳定性、饱和度等)也均满足设计要求。所选油石比6.3%时的析漏试验和飞散试验结果均可满足规范要求,因此选取6.3%为设计油石比。

1.5 确定摊铺温度

在前面的基础上,确定油石比为6.3%的级配B,外掺剂添加0.4%的木质纤维和3%的Sasobit温拌剂,测定在不同压实温度下的马氏体积指标,如表7。

表7 不同成型温度温拌SMA混合料马歇尔试验结果

Tab. 7 The Marshall test results of warm mix SMA mixture at different forming temperatures

级配类型	压实温度/℃	稳定性/KN	流值 (0.1 mm)	空隙率/%	VMA/%	VFA/%	毛体积密度/ (g·cm ⁻³)	计算理论密度/ (g·cm ⁻³)
温拌 SMA-13	115	7.78	37.4	5.75	18.66	69.20	2.411	2.558
	125	8.04	30.5	4.81	17.85	73.06	2.435	2.558
	135	8.53	29.6	3.91	17.07	77.11	2.458	2.558
	145	9.07	27.4	3.56	16.77	78.79	2.467	2.558
	155	8.76	25.3	2.89	16.20	82.14	2.484	2.558
要求	/	/	20~50	3~4.5	≥16.5	75~85	/	/

对比表4和5可知,掺加Sasobit温拌剂^[6]时,压实温度在135度时,空隙率、VMA、VFA等体积指标与热拌SMA-13沥青混合料最为接近。所以温拌沥青混合料温度控制在135~145℃时,进行压实效果最好。室内试验控制的压实温度,相当于现场控制的摊铺温度,添加了温拌剂Sasobit后摊铺温度由160℃以上降低到140℃左右。

2 混合料路用性能评价

2.1 高温稳定性

根据规程^[7-8]要求分别制作3组掺3%的Sasobit的温拌SMA-13和未掺加Sasobit的SMA-13车辙板,分别制作3组掺3%的Sasobit的温拌SMA-13和未掺加Sasobit的SMA-13,在60±1℃,0.7±0.05MPa条件下进行车辙试验,试验开始后50~60min测定动稳定度,检验沥青混合料的高温稳定性,试验结果汇总于表8。

表8 车辙试验动稳定度

Tab. 8 Rutting test dynamic stability

混合料类型	油石比/%	车辙动稳定度/(次·mm ⁻¹)				要求	变异系数/%
		1	2	3	平均		
未掺加	6.3	4 658	3 846	4 318	4 274	≥3 000	9.5
掺加	6.3	7 586	6 325	7 147	7 019		9.1

从上表8两种混合料平均值对比可知,温拌SMA-13大幅度提高了动稳定度,说明温拌SMA-13的高温

抗车辙能力远远强于热拌SMA-13混合料,Sasobit的加入,大大提高了混合料的高温性能。

2.2 低温性能

制作Sasobit温拌剂的车辙板试件,并按要求经轮碾成型后切割成250×35×30 mm的小梁试件,跨径为200 mm,分别选取5组掺3%的Sasobit的温拌SMA-13和未掺加Sasobit的SMA-13,在-10℃条件下进行低温弯曲试验,分别对这5组结果取平均值,试验结果如下表9所示。

表9 小梁弯曲试验结果

Tab. 9 Test results of trabecular bend

混合料类型	油石比/%	最大荷载/ kN	跨中挠度/ mm	抗弯拉强度/ MPa	劲度模量/MPa	破坏应变/ $\mu\epsilon$	要求/ $\mu\epsilon$
未掺加	6.3	1.118	0.584	9.13	2 981.0	3 065	≥2 500
掺加	6.3	0.790 2	0.553	6.45	2 221.9	2 903.3	

根据表9,通过比较两种混合料的均值,得出在规定温度和固定的剪切速率下掺加3% Sasobit的温拌SMA-13的弯曲破坏力学性能低于未掺加Sasobit的SMA-13,掺了3% Sasobit的温拌SMA-13低温力学性能低于未掺加Sasobit的SMA-13。

2.3 水稳定性

根据规程要求分别通过浸水马歇尔稳定性和冻融劈裂试验模拟路面实际环境,评价混合料的水稳定性。

根据要求分别成型油石比为6.3%的掺3%的Sasobit与不掺Sasobit温拌剂的标准马歇尔试件3组,分别计算3组平均值,在非条件(0.5 h)和条件下(48 h)测定其空隙率、马歇尔稳定度、流值以及残留稳定度结果见表10。

表10 浸水马歇尔稳定度试验结果

Tab. 10 Test results of immersion Marshall stability

混合料类型	非条件(0.5 h)			条件(48 h)			残留稳定度 S_0 /%	要求/%
	空隙率/ %	马歇尔稳定 度/kN	流值(0.1mm)	空隙率/ %	浸水马歇尔稳 定度/kN	流值(0.1mm)		
未掺加	4.1	7.14	31.1	4.2	6.54	32.8	91.2	≥85
掺加	4.1	7.26	32.0	4.1	6.48	34.5	89.3	

比较表10两种不同混合料的试验数据,掺3%的Sasobit的温拌SMA-13马歇尔稳定度都略低于未掺加Sasobit的SMA-13,而流值则呈现相反的趋势;掺3%的Sasobit的温拌SMA-13抗水稳性能与不掺Sasobit温拌剂的SMA-13相当都能满足规范要求。

冻融劈裂试验是指在规定的条件下(25℃,50 mm·min⁻¹)检测沥青混合料试件在受到水损害前后劈裂破坏的程度,通过冻融前后的强度比值来评价沥青混合料的水稳定性能。在试验时,调节恒温冰箱的温度在-18℃,分别制作10组两种SMA-13试件,其中取5组做冻融劈裂试验,分别计算5组平均值,试验结果见表11。

表11 冻融劈裂试验结果

Tab. 11 Test results of freeze-thaw splitting

混合料类型	非条件		条件		TSR/%	要求/%
	空隙率/%	非条件冻融劈裂强度/MPa	空隙率/%	条件冻融劈裂强度/MPa		
未掺加	4.2	0.809 7	4.2	0.680 1	84.0	≥80
掺加	4.1	0.779 9	4.1	0.627 8	80.5	

根据上表11可以看出掺加Sasobit的温拌SMA-13的非条件劈裂强度和条件冻融条件下的劈裂强度都要低于未掺加Sasobit的SMA-13,其比值TSR也呈现相同的结果。掺加了Sasobit的温拌SMA-13抗冻融性

能下降,抗水稳定性略有降低,但是幅度不大满足规范要求。

3 结论

1) 通过对比不同室内压实温度下热拌SMA-13和温拌SMA-13的马歇尔一系列体积指标,确定了室内温拌SMA-13的温度控制在135~145℃时,进行压实效果最好。室内试验控制的压实温度,相当于现场控制的摊铺温度,从而确定了添加了温拌剂Sasobit后摊铺一般控制在140℃左右。

2) 温拌SMA-13混合料摊铺温度从原来的160℃降到140℃,在保证其他其他性能条件下降温效果十分明显。而且在冬季施工条件下适当升高混合料温度,保证在温度降低过快的情况下延长施工时效,保证路面压实度以及施工质量。

3) 在高温性能上,掺3% Sasobit的SMA-13抗车辙能力远优于未掺Sasobit的SMA-13,远远高于标准要求,保证路面的耐久性。

4) 在低温性能上,掺3% Sasobit的SMA-13劲度模量以及破坏应变低于未掺Sasobit的SMA-13,但是还能符合路面性能要求。

5) 在水稳定性性能上,掺3% Sasobit的SMA-13残留稳定度较未掺Sasobit的SMA-13略有较低,冻融劈裂强度比降低较多,说明在短期的水损害下掺3% Sasobit的SMA-13强度下降不显著,经过长期的冻融循环下强度下降明显,但是仍能满足路面性能要求。

参考文献:

- [1] 刘平,周巧英.温拌材料及温拌技术国内外发展现状及展望[J].内江科技,2012,32(11):154-155,161.
- [2] 瞿翔,陈景雅,王坤.Sasobit对沥青混合料水稳定性的影响[J].公路与汽运,2013,28(3):104-106.
- [3] 吴乃明.温拌剂种类对沥青混合料性能影响的研究[D].黑龙江:东北林业大学,2013.
- [4] 吴耀东.降粘剂Sasobit对温拌沥青的性能影响与评价[J].北方交通,2012,33(2):7-10.
- [5] 王坤,陈景雅,王谦,等. DAT与SA温拌排水沥青混合料路用性能对比[J].华东交通大学学报,2013,30(3):65-69.
- [6] 侯曙光.热拌与温拌沥青混合料和易性试验[J].南京工业大学学报,2011,33(5):36-39.
- [7] 张业茂,胡光伟,陈小周,等.温拌SMA沥青混合料与热拌SMA沥青混合料路用性能的对比分析[J].中外公路,2012,32(1):257-260.
- [8] 中华人民共和国行业标准.JTJ E20-2011,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].北京:人民交通出版社,2011.

Research on the Application of Sasobit in SMA Asphalt Mixture

Yao Chengxi, Xu Bo, Yu Xin

(College of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: By comparing Marshall specimen of indoor-produced SMA-13 mixture and the one mixed with 3% Sasobit, this study determines a series of volume indices and the mixing and pavement compaction temperature with the added Sasobit. The comparison results of high temperature properties and water stability for two different mixtures show that the performance of SMA-13 mixture with 3% Sasobit at high temperature is superior to the common SMA-13 mixture, while its low temperature properties and water stability are slightly lower.

Key words: Sasobit; high temperature properties; water stability