

新型温拌沥青添加剂研发 及其沥青混合料疲劳实验研究

王文奇^{1,2} 罗忠贤² 郭玉金² 文 龙³ 赵壮立⁴ 谢远新^{5*}

(1.西华大学土木建筑与环境学院,成都 610039;2.西南交通大学土木工程学院,成都 610031;
3.北京市市政工程研究院,北京 100037;4.香河鼎泰园区建设发展有限公司,香河 065400;
5.重庆大学土木工程学院,重庆 400030)

摘 要 通过马歇尔稳定度实验、疲劳强度实验、残留稳定度实验等对自行研发的新型温拌沥青混合料各项路用指标以及疲劳强度进行了系统评价,对比分析了 3 种自行研发的新型温拌沥青混合料与普通热拌沥青混合料的路用性能差异。结果表明新型温拌沥青混合料稳定度、高低温性能、疲劳强度良好,具有优质的物理力学性能。C 型温拌沥青混合料能在降低沥青混合料拌和温度的同时,还能提高沥青混合料的疲劳性能,并且不降低沥青混合料的抗水损坏的性能。

关键词 道路工程,路用性能,马歇尔稳定度,温拌沥青混合料,疲劳强度

Research of new type of warm mix asphalt additive and the fatigue of asphalt mixture

Wang Wenqi^{1,2} Luo Zhongxian² Guo Yujin² Wen Long³ Zhao Zhuangli⁴ Xie Yuanxin⁵

(1.School of Civil, Architectural and Environmental Engineering, Xihua University, Chengdu 610039;
2.School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031;
3.Beijing Municipal Engineering Research Institute, Beijing 100037;
4.Xianghe Dingtai Construction Development Co., Ltd., Xianghe 065400;
5.College of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030)

Abstract The road index and fatigue strength of a new type of asphalt mixture were systematically evaluated based on marshall stability test, fatigue strength test, residual stability test and so on. A systematic evaluation was made on the fatigue strength and items of pavement performance. The three new warm mix asphalts were compared and contrasted with the ordinary warm asphalt in their differences in pavement performance. The results showed the new warm mix asphalt had the features of higher stability, high low temperature, good fatigue strength and excellent physical mechanics. C-type asphalt can lower the temperature, enhanced the fatigue strength as well as kept the ability to resist the water damage.

Key words road engineering, pavement performance, marshall stability, warm mix asphalt, fatigue strength

石油沥青是我国道路的主要路面材料^[1]。热拌沥青混合料的拌和、摊铺、压实环节耗能巨大,排放有害物质,同时加热环节还加重了沥青的老化^[2]。因此,降低沥青黏度从而降低沥青混合料的拌和温度成为人们重点关注的问题^[3]。2000 年在国际沥青会议上,美国壳牌公司和挪威公司提出了沥青的

温拌技术(WMA)^[4],它是一种沥青行业应对全球气候变暖、能源消耗的新兴技术^[5]。

近年来我国多地遭遇严重雾霾天气,面临着巨大的节能减排压力^[6]。推广使用如温拌沥青技术等节能减排技术成为交通运输部要求。我国已经有很多路面采用温拌沥青混合料,应用效果良好^[7],经

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51308476);绿色建筑与节能四川省重点实验室开放课题(szjj2015-074);四川省教育厅科研项目(16ZB0164);中央高校基本科研业务费专项资金项目(2682015CX083);道路工程四川省重点实验室开放研究基金(15206569)

作者简介:王文奇(1980-),男,博士研究生,讲师,主要从事沥青路面材料方面的研究。

联系人:谢远新(1980-),男,博士研究生,高级工程师,主要研究领域:沥青路面材料。

济效益和社会效益突出^[8]。Ayman 等^[9]、马育等^[10]、郭乃胜等^[11]、宋宽彬等^[12]对温拌沥青开展了研究。Kim 等^[13]、Si 等^[14]、Husam 等^[15]以及金光来等^[16]对沥青混合料疲劳问题进行了研究工作。文献调研发现对于新型温拌添加剂研发和温拌沥青混合料的疲劳性能等方面的研究,还有大量工作有待进一步完成。本研究采用掺加自行研发的 A、B、C 三种型号的新型温拌剂的沥青混合料制备试件,通过实验测得温拌混合料的各项马歇尔实验参数、疲劳强度,进而和基质沥青的热拌沥青混合料对比,对其路用性能进行评价。

1 实验部分

1.1 温拌沥青材料

(1)基质沥青。选择了国内道路工程界应用广泛且各项指标均符合 70 号道路石油沥青 A 级技术要求的石油沥青。

(2)温拌改性剂。自行研发了有机降黏型 A、B、C 三种型号的新型温拌剂。三种温拌剂主要成分都是饱和直链烷烃,次要成分是不成比例的醇、酚、醚类物质。经过工艺改进,基本不存在杂质成分。A 型温拌剂为浅黄色块状,B 型温拌剂为深黄色块状,C 型温拌剂为浅棕色块状。

(3)温拌改性沥青的制备。通过前期实验,确定质量分数为 3%的掺量为最佳掺量。把基质沥青加热到 140℃,然后将温拌改性剂加入基质沥青中,搅拌 30~60min,速度为 100r/min。

(4)矿料。实验研究采用的粗集料、细集料、矿粉均为石灰岩,产地为四川省眉山市彭山区岷江河谷。

1.2 混合料配合比及实验设计

1.2.1 矿料级配确定

AC-13 型沥青混合料级配组成见表 1。

级配类型		通过以下筛孔的质量百分率/%									
		16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-13 级配	100	90~	68~	38~	24~	15~	10~	7~	5~	4~	
		100	85	68	50	38	28	20	15	8	
实际级配		100.0	95.0	76.5	53.5	37.0	26.5	19.0	13.5	9.9	5.4

1.2.2 最佳油石比的确定

通过实验确定热拌基质沥青和温拌沥青的 AC-13 沥青混合料最佳油石质量比是 4.7%。

1.2.3 实验温度

实验拌和温度为 130℃、击实温度为 120℃。

2 结果与讨论

2.1 马歇尔稳定度实验

试件采用电动马歇尔成型仪器制作。相同油石比热拌基质沥青混合料和 3 种温拌沥青混合料的马歇尔稳定度实验结果见表 2。

表 2 马歇尔稳定度实验结果							
项目	表观密度/(g·cm ⁻³)	马歇尔稳定度/kN	流值/mm	空隙率/%	饱和度/%	间隙率/%	浸水残留稳定度/%
热拌 AC-13 沥青混合料	2.426	10.50	2.8	4.12	69.3	13.5	93.2
A 型温拌 AC-13 沥青混合料	2.425	11.52	2.5	4.13	68.1	13.8	92.2
B 型温拌 AC-13 沥青混合料	2.428	11.55	2.6	4.14	67.6	13.9	90.9
C 型温拌 AC-13 沥青混合料	2.424	11.65	2.3	4.12	67.6	13.9	91.0
规范要求值	实测值	≥8	2~4	3~5	55~70	≥13.0	≥80

由表 2 可知,温拌 AC-13 沥青混合料的马歇尔稳定度、浸水残留稳定度与基质沥青热拌 AC-13 沥青混合料相差不大,且各项马歇尔实验参数满足规范技术要求,这说明自行研发的温拌沥青混合料具有优良的路用性能。

2.2 疲劳实验

本研究采用四点小梁弯曲疲劳实验。具体的实验设备、实验参数及实验过程如下:

(1)实验机为澳大利亚进口,包括环境箱、UTM-14P、电脑及动态伺服机。

(2)实验温度为(15±0.1)℃。

(3)加载波形和频率。10Hz 连续式半正弦荷载。

(4)加载方式:采用应力控制。

(5)试件成型方法。轮碾压实混合料成型制备车辙试件,再用切割机切割成小梁试件。

(6)试件尺寸。长×宽×高=(300±2)mm×(50±2)mm×(50±2)mm。

(7)实验判断标准。试件完全断裂时的次数为该试件的疲劳寿命。

(8)试件准备。

试件成型后第二天脱模,按照标准尺寸切割成小梁,并对小梁试件逐一进行尺寸及体积参数检验,选用尺寸符合要求,体积参数比较接近的小梁试件。

实验前,将试件在 $(15\pm0.1)^{\circ}\text{C}$ 的环境中保温 4h 以上,待试件内部的温度达到实验规定的温度可开始实验。

(9)实验过程。

破坏实验-疲劳实验:首先对同种材料进行破坏实验,得出破坏应力,根据破坏应力和应力比计算出疲劳加载应力,由试件个体尺寸反算得出实验加载荷载。试件断裂时的次数为该试件的疲劳寿命。同一种材料在相同应力下,做 3—5 根平行实验,平均值为该混合料的最终疲劳寿命。

根据实验设备条件及各种混合料的极限破坏应力大小,确定疲劳加载应力比(加载应力/极限破坏应力)为 0.3。实验结果见表 3。

表 3 疲劳实验结果

项目	试件 序号	破坏 应力/ MPa	应力比	加载 应力/ MPa	疲劳 寿命/ 次	均值/ 次
热拌 AC-13 沥青混合料	1	4.500	0.3	1.350	4196	5189
	2				5669	
	3				6518	
	4				4534	
	5				5030	
A 型温拌 AC-13 沥青混合料	1	5.210	0.3	1.563	6200	6679
	2				6322	
	3				7200	
	4				6805	
	5				6870	
B 型温拌 AC-13 沥青混合料	1	5.330	0.3	1.599	6100	6737
	2				6166	
	3				6699	
	4				7500	
	5				7222	
C 型温拌 AC-13 沥青混合料	1	4.500	0.3	1.350	7526	8069
	2				8466	
	3				7886	
	4				9014	
	5				7451	

由表 3 可知,在相同应力比 0.3 情况下,根据疲劳寿命均值来看,前 3 种混合料的疲劳寿命差别不大,即 A 型和 B 型温拌改性剂没有降低混合料的疲劳性能,而 C 型温拌改性剂提高了混合料的疲劳性能。

3 结论

(1)对自行研制的温拌改性剂进行了沥青混合料性能实验,包括马歇尔稳定度、残留稳定度实验、

疲劳实验等,结果表明各项指标完全能够满足规范要求,温拌混合料具有优良的路用性能。

(2)3 种国产温拌剂的混合料抗疲劳性能良好。在温拌改性剂最佳掺量下,A 型和 B 型温拌沥青添加剂在降低沥青混合料拌和温度的同时,不降低混合料的抗水损坏性能和疲劳性能。C 型温拌沥青混合料在降低沥青混合料拌和温度、不降低混合料的抗水损坏性能的同时,能提高沥青混合料的疲劳性能。

参考文献

[1] 孙思萌,李晓林,郑广宇,等.纳米蒙脱土改性乳化沥青老化性能的研究[J].化工新型材料,2016,44(3):104-106,109.

[2] 张旭亮,陈勇.基于路用性能的温拌沥青混合料改性剂比选[J].材料导报(研究篇),2013,29(1):373-375.

[3] 孙忠武,林璐,李晓林,等.新型胶粉改性沥青降黏剂的研究[J].化工新型材料,2015,43(3):21-24,28.

[4] 张毅,安海超,杨人凤,等.薄层罩面用温拌纤维沥青混合料性能研究[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2014,46(2):224-232.

[5] Zhao S, Huang B S, Shu X, et al. Comparative evaluation of warm mix asphalt containing high percentages of reclaimed asphalt pavement[J]. Construction and Building Materials, 2013,44(10):92-100.

[6] Li Y M, Zhao R, Liu T S, et al. Does urbanization lead to more direct and indirect household carbon dioxide emissions? Evidence from China during 1996-2012[J]. Journal of Cleaner Production, 2015,102(1):103-114.

[7] 徐波,王凯,周王成.基于改进车辙因子的泡沫沥青高温性能评价[J].材料科学与工程学报,2015,33(6):899-902.

[8] 王文奇,文建华,石银峰,等.一种温拌剂对普通沥青和 SBS 改性沥青混合料的降温效果评价[J].施工技术,2015,44(11):78-81.

[9] Ayman Ali, Ala Abbas, Munir Nazzal, et al. Effect of temperature reduction, foaming water content, and aggregate moisture content on performance of foamed warm mix asphalt[J]. Construction and Building Materials, 2013,48(2):1058-1066.

[10] 马育,何兆益,何亮,等.温拌橡胶沥青的老化特征与红外光谱分析[J].公路交通科技,2015,32(1):13-18.

[11] 郭乃胜,谭忆秋,赵颖华.温拌再生沥青混合料路用性能关键因素影响分析[J].公路交通科技,2015,32(1):1-7.

[12] 宋宽彬,陈建新,范文忠,等.基于正交试验的水发泡温拌沥青混合料体积性能研究[J].公路交通科技,2015,32(10):19-24.

[13] Kim Yong-Rak. Mechanistic fatigue characterization and damage mModeling of asphalt mixtures [D] Ph. D Dissertation Texas A&M University, 2003.

[14] Si Zhimingm, Little, K N Lytton, et al. Characterization of micro gamage and healing of AC mixtures[J]. Journal of Materials in Civil Eegineering, 2007,14(6):461-470.

[15] Husam Sadek, Eyad Masad, Hussain Al-Khalid, et al. Probabilistic analysis of fatigue life for asphalt mixtures using the viscoelastic continuum damage approach[J]. Construction and Building Materials, 2016,126(15):227-244.

[16] 金光来.基于扩展有限元的沥青路面疲劳开裂行为的数值研究[D].南京:东南大学,2015.