

文章编号:1671-8879(2011)02-0017-04

盐化物沥青混凝土抑制结冰与融雪试验

张洪伟^{1,2}, 韩 森¹, 张丽娟¹, 吕晓霞¹

(1. 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;

2. 内蒙古交通设计研究院有限责任公司, 内蒙古 呼和浩特 010010)

摘 要:为了解决中国北方气候寒冷地区路面积雪结冰对公路发展和交通安全运营的影响,采用室内路面破冰模拟试验仪验证盐化物沥青混凝土的抑制结冰能力,通过现场观测验证路面的融雪能力。结果表明:在抑制结冰试验中提出的指标摆值平均加权衰减量与摆值平均加权衰减率,可以定量描述盐化物沥青路面的抑制结冰能力;盐化物融冰雪沥青路面与普通沥青路面相比不易积雪,且积雪与路面粘附性较差,积雪易清除。

关键词:道路工程;盐化物沥青混凝土;路面破冰模拟试验仪;抑制结冰;融雪

中图分类号:U416.217

文献标志码:A

Antifreezing and snow melting of MFL modified asphalt concrete

ZHANG Hong-wei^{1,2}, HAN Sen¹, ZHANG Li-juan¹, LU Xiao-xia¹

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education,

Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Inner Mongolia

Communications Design and Research Institute Co Ltd, Hohhot 010010, Inner Mongolia, China)

Abstract: In order to solve the problem that the snow or ice on the pavement impacts on the road performance and transportation security in cold areas in northern China, this paper adopted indoor simulating tester for antifreeze pavement to verify the antifreezing capability of MFL modified asphalt concrete and its snow melting function by observing the testing process. Two indicators proposed in the antifreeze test which were defined as attenuation amount weighted average of BPN and attenuation rate weighted average of BPN could describe the antifreezing capability of MFL modified asphalt concrete pavement quantitatively. Compared with ordinary asphalt pavement, the snow on the modified asphalt concrete pavement can be melted more easily, and the adhesion of snow with the surface of road is more weak, so the snow can be cleared easily. 4 tabs, 5 figs, 8 refs.

Key words: road engineering; MFL modified asphalt concrete; simulating tester for antifreeze pavement; antifreezing; snow melting

收稿日期:2010-04-10

基金项目:陕西省交通科技项目(09-07K)

作者简介:张洪伟(1982-),男,内蒙古赤峰人,内蒙古交通设计研究院有限责任公司工程师,长安大学工学博士研究生,

E-mail:hhhtzhw@qq.com。

0 引言

在寒冷的冬季,许多公路与城市道路经常遭受冰雪的危害,降雪较大时基本呈冰雪路面状态。冰雪使路面附着系数大大降低,导致汽车打滑、制动距离显著延长,甚至制动失灵、方向失控,造成严重的交通事故^[1-2]。这些问题已成为道路交通安全和人民生活、财产安全的重大隐患,因此冰雪路面问题一直困扰着道路养护部门。

盐化物沥青混合料是采用粉体形式的盐化物材料(MFL)置换混合料中的部分矿粉,通过盐化物中氯化钠的析出来降低路表冰雪的冰点,将冰雪转化为液态水或水蒸气排出路面,达到融化冰雪的效果,所铺筑的路面属化学类抗冻路面(MFL Modified Asphalt Concrete,简称 MFLAC)^[3-6]。如何定量评价这种路面抑制结冰与融雪能力,目前尚没有统一和确定的方法。为此,本文采用负温度有水轮碾试验,对不同温度下盐化物沥青混合料抑制结冰与融雪进行了试验,探寻此种路面的抑制结冰的能力与融雪能力。

1 试验方案

1.1 原材料技术性质

1.1.1 盐化物

MFL 是一种多孔结构的材料,经过特殊的加工工艺将氯化钠包裹于多孔的火成岩中。作为盐化物沥青混合料的重要组成成分,MFL 的技术性质必然会对混合料的性质产生较大的影响,其化学组成与结构组成对混合料的影响非常显著,检测结果见表 1(表中含量均为质量分数)。MFL 的主要成分包括:二氧化硅、氯化钠、氧化镁、氧化钙等,其中有效成分为氯化钠,占总量的 55%左右。

表 1 MFL 质量技术指标及检测结果

检测项目	标准	检测结果
外观	粉末状	粉末状
表观相对密度/ (g·cm ⁻³)	2.25~2.35	2.269
含水量/%	≤0.5	0.2
盐分含量/%	55±10	51
pH	8.0~8.5	8.2
筛分结果/%	<0.6 mm 颗粒含量 100	100
	<0.15 mm 颗粒含量 90~100	94.4
	<0.075 mm 颗粒含量 80~100	81.9

1.1.2 沥青与矿料

沥青采用陕西国创 SBS 改性沥青,粗集料采用

商州杨峪河石料厂生产的碎石,细集料采用现场加工石灰岩生产的机制砂,检验结果见表 2、表 3。

表 2 SBS 改性沥青技术要求及检测结果

检测项目	规范要求	检测结果
针入度(25 ℃,100 g,5 s)/0.1 mm	60~80	75
延度(5 ℃,5 cm/min)/cm	≥40	44
软化点(环球法)/℃	>70	88.5
密度(15 ℃)/(g·cm ⁻³)	实测	1.025

表 3 粗、细集料检测结果

集料	技术指标	试验值	规范值
粗集料	压碎值/%	13.5	≤26
	洛杉矶磨耗率/%	11.8	≤28
	磨光值	48.6	≥38
	吸水率/%	0.3	≤2.0
	针片状颗粒含量/%	6.3	≤12
	表观相对密度/(g·cm ⁻³)	2.744	≥2.6
	毛体积相对密度/(g·cm ⁻³)	2.725	
细集料	表观相对密度/(g·cm ⁻³)	2.740	

1.2 级配组成

盐化物沥青混合料替换混合料中的部分矿粉,可以适应各种级配形式,本文采用掺加 0 与 3%的 MFL 进行对比研究,级配见下页表 4。

1.3 试验方法

试验在自行研发的路面破冰模拟试验仪 STAP (Simulating Tester for Antifreeze Pavement)上进行,可以根据需要模拟冬季负温度及车轮轮碾作用。冬季,沥青混凝土路面表层在形成薄层冰面时,一般仍有车辆通行,此时不同的路面其表面摩擦因数都有一定程度衰减;鉴于沥青混凝土路面,一般采用摆式摩擦仪的摆值表征其表面粗糙程度。本文认为,可以用此指标反映沥青混凝土路面表层积雪结冰过程中摩擦因数的衰减情况^[7-8]。

具体试验步骤如下。

(1)根据马歇尔试验确定混合料的最佳沥青含量,采用轮碾法成型试板(长 300 mm,宽 300 mm,高 50 mm),放置 24 h 后进行试验。

(2)在试验前 4 h,将试验仪温度设定在要求的负温度;用摆式摩擦仪测定试板摆值,然后移入试验仪中放好,在表面均匀喷洒 15 mL 水,开始试验。

(3)每碾压 10 min,迅速将试板取出,测试其摆值,然后再放回,并再次均匀喷洒 15 mL 水,重复此过程,直至试板表面轮碾带处完全结冰。综合考虑冬季降雪时气温以及路表能够结冰,试验温度设定为-1 ℃、-5 ℃、-10 ℃。

表 4 集料合成级配

级配类型	下列筛孔(mm)的通过率/%										
	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
MFLAC-16	100	96.6	83.6	70.2	44.6	30.7	22.0	15.6	10.7	8.2	5.9
AC-16	100	96.8	84.2	71.2	44.8	30.7	21.1	15.5	11.0	8.1	5.5

2 抗冻结路面抑制结冰效果对比

2.1 温度对摆值的影响

不同温度下 2 种路面在冻结过程中摆值(BPN)的变化如图 1 所示。

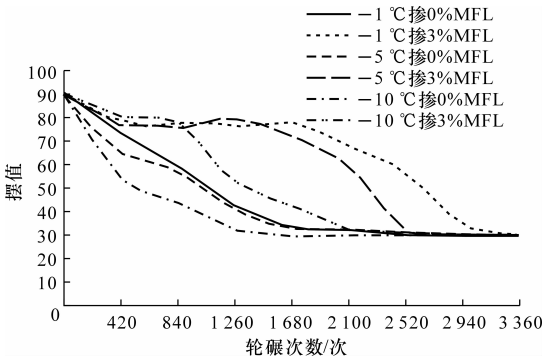


图 1 温度对摆值的影响

从图 1 可看出,在相同温度下,随着轮碾次数的增加,2 种路面的摆值都有明显衰减,这与实际路面降雪结冰过程相符;在衰减过程中,盐化物沥青路面的衰减幅度明显小于普通路面,但随轮碾次数的增加,2 种路面的摆值最终都衰减到 30,表明试板表面已形成一层冰膜,继续冻结,只会使冰膜的厚度增加,不会对摆值衰减有影响,故摆值保持稳定。

随着温度的降低,盐化物沥青混凝土的摆值衰减速度明显加快。

2.2 温度对摆值衰减量的影响

不同温度下 2 种路面在抑制结冰过程中摆值衰减量随轮碾次数的变化如图 2 所示。

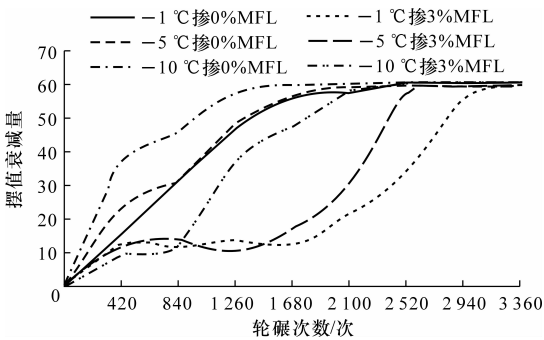


图 2 温度对摆值衰减量的影响

从图 2 可看出,随着轮碾次数的增加,2 种路面的摆值衰减量随之增大;在相同温度和相同时间下,盐化沥青路面的衰减量明显小于普通路面。盐化物

沥青混凝土在相同时间下,温度越低,摆值的衰减量越大。这表明,盐化物沥青混凝土路面在冻结初期与不掺 MFL 的普通沥青混凝土路面相比具有较高的摩擦因数,有利于保证一定的行车安全。

2.3 温度对摆值平均加权衰减量的影响

为了直观对比路面抑制结冰效果,考虑冻结过程中轮碾作用影响,引入加权系数摆值平均加权衰减量,即考虑不同轮碾次数下摆值衰减量的平均变化,按式(1)计算

$$\bar{F}_{\text{BPN}} = \frac{\sum (N \Delta_{\text{BPN}})}{\sum N} \tag{1}$$

式中: \bar{F}_{BPN} 为摆值平均加权衰减量; N 为轮碾次数; Δ_{BPN} 为相对初始值的摆值衰减量。

经过计算,可以得到不同路面类型的摆值平均加权衰减量,结果如图 3 所示。

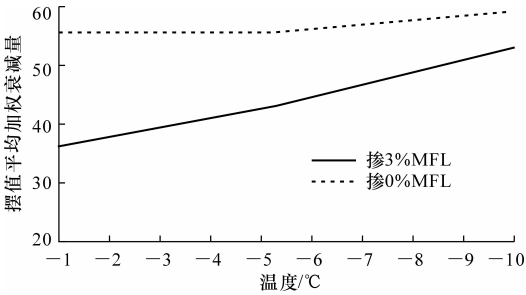


图 3 温度对摆值平均加权衰减量的影响

由图 3 可以看出,盐化物沥青混凝土的摆值平均加权衰减量明显小于普通路面,随着冻结温度的降低,盐化物沥青混凝土的摆值平均加权衰减量呈线性增加,按此变化趋势可知,在达到一定温度后(小于 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$),盐化物路面的摆值平均加权衰减量最终将与普通路面相同,此时盐化物沥青混凝土将失去抑制冻结的优势。

2.4 温度对摆值平均加权衰减率的影响

为了进一步对比不同路面类型冻结过程中摆值平均加权衰减率的变化情况,考虑冻结过程中轮碾作用的影响,引入加权系数摆值平均加权衰减率,即考虑不同轮碾次数下摆值衰减率的平均变化,并按式(2)计算,结果如下页图 4 所示。

$$\bar{\rho}_{\text{BPN}} = \frac{\sum (N \Delta_{\text{BPN}} / \rho_{\text{BPN}(0)})}{\sum N} \tag{2}$$

式中: $\bar{\rho}_{\text{BPN}}$ 为摆值平均加权衰减率; $\rho_{\text{BPN}(0)}$ 为初始摆值。

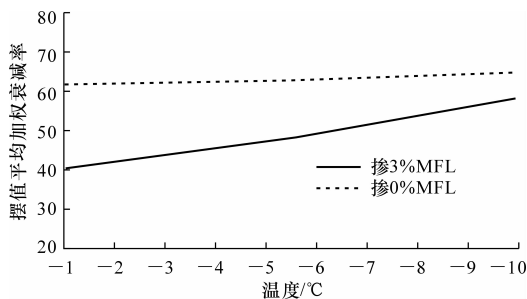


图4 温度对摆值平均加权衰减率的影响

从图4可以看出,盐化物沥青路面的摆值平均加权衰减率明显小于普通路面,且与温度变化具有良好的线性相关性,表明摆值平均加权衰减率和温度可用线性模型表征。

综上所述,可以采用摆值平均加权衰减量与摆值平均加权衰减率来评价盐化物沥青混凝土的抑制结冰能力,进而确定合适的MFL掺量。

3 室内融雪效果评价

为了检验盐化物融雪沥青路面的实时融雪效果,按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》试验方法,分别制作了盐化物含量为4.7%(修正后)的沥青混合料试件(长30 mm,宽30 mm,高5 mm)(MFLAC-16)和普通沥青混合料AC-16试件,成型脱模后置于室外,观察降雪过程中的融雪化冰效果;同时观察盐化物融雪沥青路面试验路在降雪过程中的融雪化冰效果。

2009年2月26日9:00~12:00,陕西西安地区的温度为-2℃,天降中雪,盐化物沥青路面的实时融雪效果如图5所示。

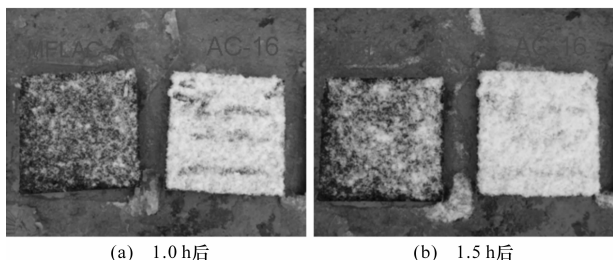


图5 实时融雪效果

由图5可以看出,降雪1.5 h后,普通沥青路面全部布满积雪,而盐化物融雪沥青路面仍具有较好的路面裸露效果。由此可以验证,在一定温度条件下,盐化物融雪沥青路面能够融化道路积雪,延迟路面积雪结冰,特别是在降雪初期或降雪量较小时,路面冻结抑制效果更为明显。

4 结 语

(1)采用路面破冰模拟试验仪与试验方案,评价抗冻结路面的抑制结冰能力是切实可行的。

(2)在一定温度范围内,盐化物融冰雪沥青混合料具有良好的抑制结冰能力。

(3)抑制结冰试验给出的摆值平均加权衰减量和摆值平均加权衰减率,可以定量描述抗冻结路面的抑制结冰能力。

(4)盐化物融冰雪沥青路面与普通沥青路面相比不易积雪,且积雪与路面粘附性较差,积雪易清除。

参考文献:

References:

- [1] 焦生杰,唐相伟,高子渝,等.环境温度对道路微波除冰效率的影响[J].长安大学学报:自然科学版,2008,28(6):85-88.
JIAO Sheng-jie, TANG Xiang-wei, GAO Zi-yu, et al. Influence of environmental temperature on road de-icing efficiency using microwave [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2008, 28(6):85-88.
- [2] 焦生杰,唐相伟,高子渝,等.微波除冰效率关键技术研究[J].中国公路学报,2008,21(6):121-126.
JIAO Sheng-jie, TANG Xiang-wei, GAO Zi-yu, et al. Study of key technology on microwave deicing efficiency[J]. China Journal of Highway and Transport, 2008, 21(6):121-126.
- [3] 村 國,竹 田,西 田.化学系添加剤による高機能舗装の凍結抑制化試験検討[J].日本雪工学会誌,2006,22(7):85-92.
- [4] 张金喜.废橡胶作为弹性沥青混凝土路面材料的实验研究[J].建筑材料学报,2004,7(4):396-401.
ZHANG Jin-xi. Feasibility of waste rubber as aggregate of elastic asphalt concrete (AC) [J]. Journal of Building Materials, 2004, 7(4):396-401.
- [5] 凍結抑制舗装技術研究会.凍結抑制舗装ポケットブック[R].東京:凍結抑制舗装技術研究会,2003.
- [6] 荒 木,竹 田,鈴 木.粉体-塩化物系凍結抑制舗装の追跡調査[J].舗装,1997,32(9):16-21.
- [7] 张洪伟,潘文君,沈 路,等.盐化物融冰雪沥青混合料室内试验研究[J].中外公路,2009(2):220-222.
ZHANG Hong-wei, PAN Wen-jun, SHEN Lu, et al. Study of mafilon modified asphalt mixtures [J]. Journal of China & Foreign Highway, 2009(2):220-222.
- [8] 黄 琪,赵 昕,雷 宇,等.沥青混合料级配类型与离析程度关系[J].交通运输工程学报,2009,9(2):1-6.
HUANG Qi, ZHAO Xin, LEI Yu, et al. Relationship between gradation type and segregation degree for asphalt mixture [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2009, 9(2):1-6.