

Hon7686 改性沥青混合料抗水损害性能研究

魏腾飞^{1,2}, 王大明^{2*}, 朱宇杰³

(1.昆山城市建设投资发展集团有限公司, 江苏 昆山 215300; 2.南京林业大学 土木工程学院; 3.南京润程工程咨询有限公司)

摘要:为研究 Hon7686AC-13(霍尼韦尔改性沥青 AC-13)改性沥青混合料的抗水损害性能,对基质沥青 AC-13 混合料和 SBSAC-13 改性沥青混合料进行对比试验,除采用常规的浸水马歇尔残留稳定度、冻融劈裂强度比指标外,还增加了浸水飞散损失率、浸水车辙、渗透系数等指标。试验结果表明:Hon7686 改性沥青混合料的抗水损害性能优于基质沥青和 SBS 改性沥青混合料;Hon7686 改性剂可以提高沥青混合料中沥青与集料的黏附性,但黏附性提高程度与 SBS 改性剂相比稍显逊色;Hon7686 改性沥青混合料具有较高的抗变形强度,且抗变形能力比基质沥青混合料和 SBS 改性沥青混合料强;Hon7686 改性剂可以有效提高沥青混合料的压实度,减少混合料的空隙率。所以掺加 Hon7686 新型改性剂可显著改善沥青混合料的抗水损害性能。

关键词:沥青路面;混合料;水损害;Hon7686 改性剂;新材料

沥青路面因具有平整度好、噪音低、便于养护等一系列优点,被广泛应用于中国城市道路。近年来,由于道路交通量大幅增长及轴载量的不断增加,道路沥青路面出现了各种病害,且主要以早期水损害为主。沥青路面水损害,是指在因行车荷载产生的动水压力或真空负压抽吸循环作用下,存在于路面结构空隙中的水慢慢渗入沥青与集料的黏结界面或沥青内部,导致沥青与集料之间的黏附性降低直至最终丧失,沥青膜从矿料表面脱落,从而使沥青路面出现麻面、松散、掉粒、唧浆、坑槽、网裂等病害。水稳定性是评价沥青混合料抗水损害性能的关键指标,其方法是通过测定沥青混合料浸水前后力学性能的变化量,间接度量抗剥落能力,沥青混合料饱水后的强度降低越少,表明其水稳定性越好。为验证 Hon7686 改性沥青混合料的抗水损害性能,该文试验除采用常规的浸水马歇尔残留稳定度、冻融劈裂强度比等指标外,还增加浸水飞散损失率、浸水车辙、渗透系数等指标来研究 Hon7686 改性沥青混合料的各项抗水损害性能。

1 原材料

1.1 沥青

采用 70# 基质沥青和 SBS 改性沥青,其各项性能

指标均满足相关规范要求。

1.2 集料

研究所用粗、细集料均采用石灰岩集料,检测结果如表 1 所示。

表 1 集料试验结果及技术要求

指标	单位	试验结果	技术要求
压碎值	%	11.40	≤26
洛杉矶磨耗损失	%	4.35	≤28
吸水率	%	0.73	≤2.0
针片状含量	%	6.21	≤15
表观相对密度		2.686	≥2.6

1.3 填料

填料选用经石灰岩磨细后制成的矿粉,试验结果如表 2 所示。

1.4 改性剂

Honeywell TitanTM 聚合物改性剂(简称 Hon)是美国霍尼韦尔公司专门用于对沥青进行改性的一种新材料,Hon 改性剂不仅性能优越,且添加工艺简单,施工中无需其他任何特殊工艺和设备,且每吨价格与 SBS 改性剂相差无几。目前在中国上海、山东、江苏、内蒙一些地区均有应用。Hon 改性剂的物理指标见

收稿日期:2019-02-20(修改稿)

作者简介:魏腾飞,男,硕士,E-mail:1027593576@qq.com

*通信作者:王大明,男,副教授,E-mail:njwdm2000@163.com

表 3,化学成分见表 4。

表 2 矿粉的试验结果及技术要求

试验指标	单位	试验结果	技术要求
表观密度	g/m ³	2.711	≥2.5
粒度范围	<0.6 mm %	100	100
	<0.15 mm %	99.7	90~100
	<0.075 mm %	88	75~100
外观		无	无团粒结块
亲水系数		0.6	<1.0
塑性指数		2	<4.0

表 3 Hon 改性剂物理特性

产品形态	酸碱性	堆积密度/ (kg · m ⁻³)	熔点/ ℃
粉状	酸性	625	137

1.5 配合比设计

沥青混合料的目标级配为 AC-13,混合料的级配曲线如图 1 所示。

沥青混合料以 5.0%的沥青用量为中值,以 0.5%为间隔成型 5 组马歇尔试件,用体积法进行指标控制。通过马歇尔沥青混合料设计方法,确定 AC-13 沥青混合料的最佳沥青用量为 5.0%。

表 4 Hon7686 化学组成

元素	线类型	表观相对 密度	k 比值	Wt/ %	Wt(Sigma)/ %	标准样品 标签	厂家标准
C	K 线系	39.37	0.393 69	89.26	0.65	C Vit	是
O	K 线系	2.86	0.009 63	10.74	0.65	SiO ₂	是

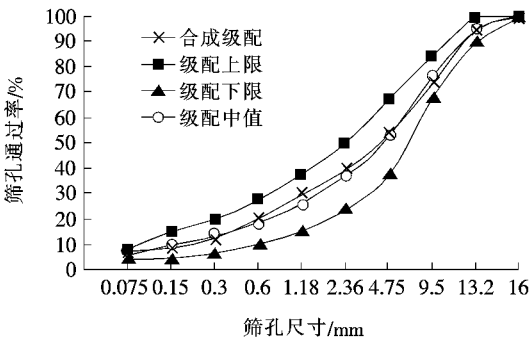


图 1 AC-13 合成级配曲线

1.6 Hon7686 改性剂最佳掺量

Hon7686 改性剂的室内拌和工艺流程为:集料中加入 Hon 干拌 90 s;加入沥青拌和 90 s;加入矿粉拌和 90 s;制成沥青混合料。

采用以上方式添加 Hon7686 改性剂,分别掺入矿料总质量 0%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5% 的 Hon7686 改性剂拌制沥青混合料,并成型沥青混合料试件,测定其路用性能。根据试验结果综合分析得到:Hon 改性剂掺量为 0.3%时沥青混合料性能较好,因此,确定 Hon7686 改性剂的最佳添加量为 0.3%。

室内拌制 Hon7686AC-13 沥青混合料时,拌和温度和时间等条件的控制如下:

- (1) 集料加热温度:170~175 ℃。
- (2) 沥青加热温度:155~165 ℃。
- (3) 将拌和好的沥青混合料在压实温度下置于

145 ℃恒温烘箱中保温 1 h 后翻转,恒温烘箱中继续保温 1 h 后,进行击实。

(4) 沥青混合料拌和温度应控制为 150~155℃,击实和车辙成型试件的温度控制为 140~145℃。

2 水稳定性对比研究

为验证 Hon7686 改性沥青混合料的抗水损害性能,以基质沥青混合料和 SBS 改性沥青混合料作为对比项进行分析。

2.1 浸水马歇尔试验

分别对 3 种混合料进行浸水马歇尔试验,试验结果见表 5。

表 5 马歇尔试验结果

混合料 种类	浸水稳定度/kN		残留稳定 度/%	技术要 求/%
	0.5 h	48 h		
基质	11.14	9.21	82.8	≥80
Hon7686	16.95	16.40	96.8	≥85
SBS	16.32	15.54	95.2	≥85

由表 5 可看出:3 种沥青混合料均满足技术要求。其中,Hon7686 改性沥青混合料的残留稳定度最大,SBS 改性沥青混合料略低,但 Hon7686 和 SBS 两种改性沥青混合料的残留稳定度均高于基质沥青混合料。因此,单从残留稳定度这一指标看,在恶劣环境下(水

浸泡)基质沥青混合料的水稳定性最差,其次是 SBS 改性沥青混合料,Hon7686 改性沥青混合料的水稳定性最好,说明 Hon7686 有利于提高沥青混合料的水稳定性。

2.2 冻融劈裂试验

为了更好地验证 Hon7686 改性沥青混合料的抗水损害性能,对 3 种沥青混合料分别进行 1、2、3 次冻融循环劈裂试验。

首先,按照每组 4 个试件的标准将每种混合料分别成型 4 组试件;把第 2、3、4 组试件进行真空饱水,再放入保鲜袋中加入约 10 mL 水,拧紧袋口,置于 -18°C 的高低温循环箱 16 h,取出试件,拆掉塑料袋,立即置于 60°C 的恒温水浴中浸泡 24 h;然后,将 4 组试件全部放入 25°C 恒温水浴中浸泡 2 h;取出第 1、2 组试件进行劈裂试验,第 3、4 组试件各重复上述操作 1 次和 2 次后再进行劈裂试验。试验结果如图 2、3 所示。

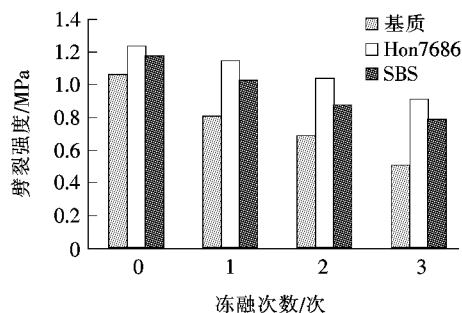


图2 混合料在不同冻融次数下的劈裂强度对比图

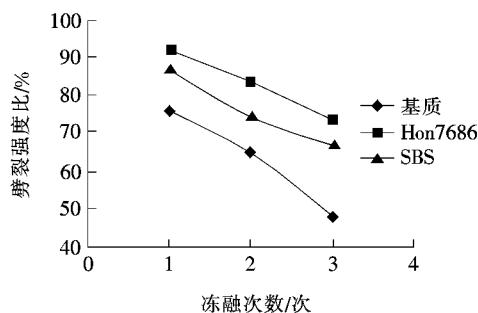


图3 混合料在不同冻融次数下的劈裂强度比趋势图

由图 2、3 可以看出:

(1) 随着冻融循环次数的增加,沥青混合料的劈裂强度越来越小,这是因为在冻融循环过程中,水进入沥青混合料内部,当水凝结成冰体积增大,在混合料内部产生了加大的膨胀力,使沥青与集料之间的黏结作用不断下降,所以在冻融循环后混合料的劈裂强度逐渐减少。

(2) 3 种沥青混合料的冻融劈裂强度比均随冻融次数的增加而呈递减趋势,且基质沥青混合料的递减速度要比 Hon7686 和 SBS 两种改性沥青混合料更快;Hon7686 改性沥青混合料的劈裂强度比下降速度较 SBS 改性沥青混合料慢,因此可认为 Hon7686 改性沥青混合料较基质沥青混合料和 SBS 改性沥青混合料具有更好的水稳定性。

2.3 浸水飞散试验

浸水飞散试验是以飞散损失率作为评价混合料水稳定性的指标,其实质是在标准飞散试验的基础上,提高浸水温度,增加浸水时间。对于浸水飞散试验,首先将成型好的标准马歇尔试件置于 60°C 恒温水箱中浸泡 48 h,取出,在室温下放置 24 h,放入洛杉矶磨耗试验机进行标准飞散试验。

采用上述方法分别对 Hon7686AC-13 改性沥青混合料、基质沥青 AC-13 沥青混合料以及 SBS AC-13 改性沥青混合料进行浸水飞散试验,飞散次数分别选取 100、200、300、400、500 次。试验结果见图 4。

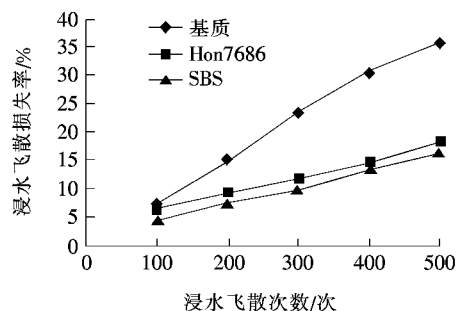


图4 不同浸水飞散次数下损失率变化趋势图

由图 4 可知:试验条件相同时,3 种沥青混合料的浸水飞散损失均随飞散次数的增加而增加,说明随着飞散次数的增加,集料所包裹的沥青与其黏结力越来越小,抗剥落性能越来越差。但是,改性沥青混合料的损失率始终比普通沥青混合料小,这表明 Hon7686 改性剂对提高沥青混合料的黏附性是有帮助的,但同时也应注意,Hon7686 的飞散损失率始终高于 SBS 改性沥青混合料,说明 SBS 改性剂在提高沥青与集料的黏附性方面作用更显著。

2.4 浸水车辙试验

进行浸水车辙试验,首先将成型好的车辙板置于 60°C 恒温箱中 6~12 h,然后将试件置于 60°C 恒温水槽中进行车辙试验,测定动稳定度。试验中,每种混合料分别进行 3 组平行试验,比较 3 种沥青混合料浸水条件下动稳定度的变化情况,试验结果见表 6。

表 6 浸水车辙试验结果

混合料 种类	常规车辙		浸水车辙	
	变形(60 min)/mm	动稳定度/ (次·mm ⁻¹)	变形(60 min)/mm	动稳定度/ (次·mm ⁻¹)
基质沥青	2.609	3 028	3.398	2 172
Hon7686	1.311	8 289	1.039	6 363
SBS	2.117	8 513	2.795	6 237

由表 6 可知：

(1) 3 种混合料在动水冲击作用下，Hon7686、SBS 改性沥青混合料的动稳定度明显高于基质沥青混合料，动稳定度分别相对增加了 1.93 和 1.87 倍。

(2) Hon7686、SBS 改性沥青混合料的 60 min 车辙深度较基质沥青混合料分别减少了 69.4% 和 17.7%。表明在级配和试验条件相同时，Hon7686 改性沥青混合料较基质沥青混合料具有较好的水稳定性，且优于 SBS 改性沥青混合料。

(3) 由于试验条件不同，3 种混合料在浸水后动稳定度均呈下降趋势，基质沥青混合料动稳定度降低 28.3%，Hon7686 改性沥青混合料动稳定度降低 23.2%，SBS 改性沥青混合料动稳定度降低 26.7%，此结果同样验证了 Hon7686 改性沥青混合料的水稳定性较其余两种沥青混合料好。

(4) Hon7686 改性沥青混合料的常规车辙、浸水车辙 60 min 变形量均小于基质沥青和 SBS 改性沥青混合料，且浸水车辙总变形量小于标准车辙的总变形量，说明 Hon7686 改性沥青混合料具有很好的抗变形强度，浸水后抗变形能力增强，水稳定性能更好。

2.5 渗水试验

渗水试验是测定碾压成型车辙板的渗水系数，是反映沥青混合料水稳定性的一个重要指标。因此，检验沥青混合料的水稳定性有必要进行渗水试验。同样地，分别对基质沥青、Hon7686、SBS 改性沥青混合料进行渗水试验，结果见表 7。

表 7 渗透试验结果

混合料种类	空隙率/%	渗水系数/(mL·min ⁻¹)
基质沥青	4.0	11.6
Hon7686	3.8	基本不透水
SBS	4.1	6.3

由表 7 可知：基质沥青混合料的渗水系数最大，为 11.6 mL/min，其次是 SBS 改性沥青混合料，渗水系数

为 6.3 mL/min。而 Hon7686 改性沥青混合料在进行渗水试验时，水面下降至一定程度后基本保持不动（也就是只填充了仪器与试件之间的空隙），这说明 Hon7686 改性沥青混合料基本不透水，从而表明 Hon7686 改性剂可以有效提高沥青混合料的压实度，减少混合料的空隙率，因此其水稳定性最好。

3 微观形貌特征

试验选取拌和好的基质沥青混合料和 Hon7686 改性沥青混合料，利用场发射扫描电子显微镜对混合料中的沥青微观形貌进行观察分析，进而深入分析 Hon7686 改性剂对混合料的水稳定性能的改善机理。试验对基质沥青混合料和 Hon7686 改性沥青混合料表面分别进行了 2 000、4 000 倍的微观形貌观察。试验结果见图 5。

由图 5 可以看出：Hon7686 改性沥青混合料中集料表面比基质沥青混合料中集料表面裹覆的沥青均匀，综合分析 Hon7686 对混合料的改性机理如下：Hon7686 改性剂熔化后不仅使沥青更容易往集料内部渗透，还可以使集料表面得到较好的湿润，所以无论是沥青和集料之间的黏附性还是集料与集料之间的黏附性都得到了较大改善，在一定程度上缓解了水对混合料的破坏作用，使混合料的抗水损害能力有了很大程度的提高。

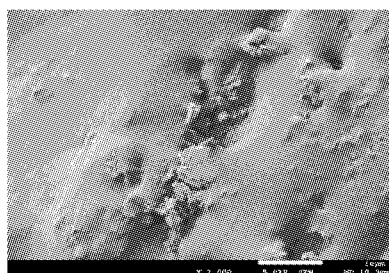
4 结论

根据 Hon7686 改性沥青混合料、基质沥青混合料和 SBS 改性沥青混合料室内浸水马歇尔残留稳定度、冻融劈裂强度比、浸水飞散损失率、浸水车辙、渗透系数试验对比研究，可以得出如下结论：

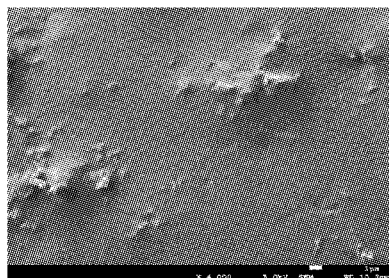
(1) 通过浸水马歇尔、冻融劈裂、浸水飞散、浸水车辙和渗透试验对比研究，结果均表明 Hon7686 改性剂的掺入可以有效改善沥青混合料的水稳定性，且其抗水损害性能优于 SBS 改性沥青混合料。

(2) 肯塔堡浸水飞散试验表明，Hon7686 改性剂可以提高沥青混合料中沥青与集料的黏附性，但黏附性提高程度与 SBS 改性剂相比稍显逊色。

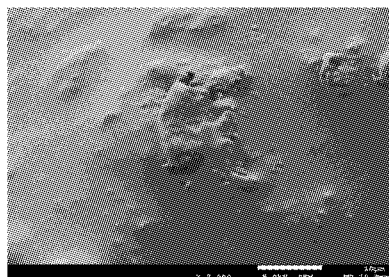
(3) 浸水车辙试验表明，Hon7686 改性沥青混合料具有较好的抗变形强度，且抗变形能力比基质沥青混合料和 SBS 改性沥青混合料强。浸水车辙试验结果可以有效评价沥青混合料的水稳定性。



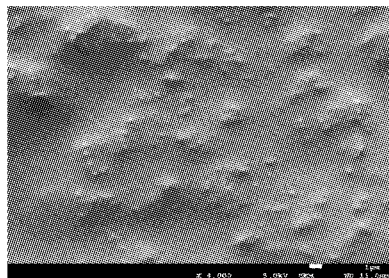
(a) 2 000 倍基质沥青



(b) 4 000 倍基质沥青



(c) 2 000 倍 Hon7686 沥青



(d) 4 000 倍 Hon7686 沥青

图5 基质沥青、Hon7686 改性沥青微观图像

(4) 渗透试验表明,Hon7686 改性剂可以有效提高沥青混合料的压实度,减少混合料的空隙率。

(5) 微观形貌特征反映出 Hon7686 改性剂熔化后不仅使沥青更容易往集料内部渗透,还可以使集料的表面得到较好的湿润,所以无论是沥青和集料之间的黏附性还是集料与集料之间的黏附性都得到了较大的改善,在一定程度上缓解了水对混合料的破坏作用,使混合料的抗水损害能力有了很大程度的提高。

由此可以得出,Hon7686 改性剂通过降低混合料的空隙率,增加沥青与集料间的黏附力,可以改善沥青混合料的抗水损害性能。

参考文献:

- [1] 吴以来.市政道路沥青路面水损害成因及防治[J].江西建材,2013(4).
- [2] 李剑.高速公路沥青路面早期水损害防治措施研究[D].长安大学硕士学位论文,2003.
- [3] JTG E20—2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [4] JTG E42—2005 公路工程集料试验规程[S].
- [5] JTG F40—2004 公路沥青路面施工技术规范[S].
- [6] 胥亮. Honeywell TitanTM7205 聚合物改性沥青混合料施工工艺研究[D].长安大学硕士学位论文,2012.
- [7] 成然,徐栋梁.沥青混合料水损害的室内研究[J].石油沥青,2010(4).
- [8] 邵腊庚,郭芳.某高速公路沥青路面早期水损害处治方案设计[J].中外公路,2008(2).
- [9] 潘宝峰,邵龙潭,王哲人.沥青路面水损害研究新方法[J].武汉理工大学学报,2009(2).
- [10] 钟立昌,尹超,张帅帅.沥青路面水损害原因及防治对策[J].华东公路,2013(3).
- [11] 杨美荣.浅析沥青混凝土路面产生水损害的原因[J].公路,2011(4).
- [12] 汪法仁.解决高速公路沥青路面水损害早期破坏的技术途径[J].科技与创新,2013(8).
- [13] 沙晓鹏.沥青混合料水作用后性能的变化及抗水损害指标研究[D].长沙理工大学硕士学位论文,2011.
- [14] 李锐.沥青混合料抗水损害试验研究[D].大连理工大学硕士学位论文,2016.