

路面基层与面层废旧料泡沫沥青复合冷再生研究

梁国彦 朱树青
(山东建筑大学 交通工程学院 山东 济南 250101)

摘要: 通过对基层与面层原材料分析与级配设计, 确定最佳含水率与最佳沥青用量, 并进行车辙试验、低温弯曲试验、冻融试验评价掺加基层废旧料的复合冷再生混合料性能。
关键词: RAP; 泡沫沥青; 最佳含水率; 最佳沥青含量; 劈裂强度
中图分类号: U416.217 **文献标识码:** A

Research on foamed asphalt cold recycled mixture added RAP of base course

LIANG Guo – yan ZHU Shu – qing
(School of Transportation Engineering ,Shandong Jianzhu University ,Shandong Jinan 250101 China)

Abstract: Through analyzing grass – roots and surface

materials and the gradation design ,the optimum moisture content and the optimum asphalt content were confirmed. Then rutting test , low – temperature bending test and freeze – thaw test were conducted in order to evaluate the performance of composite cold recycled mixtures adding base course RAP.
Key words: RAP; foamed bitumen; optimum moisture content; optimum asphalt content; indirect tensile strength

1 原材料分析

试验沥青路面铣刨料为胶州湾高速大修产生的废旧料 ,面层铣刨料经机械筛分为三档 ,基层铣刨料铣刨后未做分档处理。筛分结果见表 1。泡沫沥青采用普通道路石油沥青 70#沥青制备 ,采用专业设备进行沥青发泡试验 ,通过不同温度不同含水量条件下大量试验确定沥青最佳发泡条件为: 发泡温度 170℃ ,发泡用水量 2.5%。膨胀率为 15 倍 ,半衰期为 9 s ,满足规范的要求^[1]。

表 1 路面铣刨料筛分结果

筛孔尺寸 (mm)	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
面层 1 [#]	100	97.2	77.3	55.6	42.3	8.6	.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
面层 2 [#]	100	100	100	97.0	88.0	70.9	18.3	5.1	2.4	1.3	0.9	0.6	0.5
面层 3 [#]	100	100	100	100	98.3	96.2	73.8	37.7	22.6	10.6	4.9	2.3	1.1
基层旧料	100	98.3	90.2	82.2	73.1	63.7	47.1	33.8	25.2	15.6	8.8	4.6	2.4

根据筛分结果和相关研究^[2] ,铣刨旧料掺量约为 75% ,冷再生混合料性能较优。掺加部分新集料进行级配设计 ,拟定设计 AC – 20 a 和 AC – 25 a(约 75% 面层 RAP + 25% 新集料) 与 AC – 20 b 和 AC – 25 b (约 45% 面层 RAP + 30% 基层 RAP + 25% 新集料) 四

个级配。合成级配见表 2。
四个级配的旧料掺量都约为 75% ,按照规范试验方法固定泡沫沥青用量 3% ,水泥掺量 1.5% ,依据规程^[3]进行重型击实试验 ,确定最佳含水率。测得含水率与最大干密度关系见图 1、图 2。AC – 20 a 最佳含水率 4.2% ,最大干密度 2.078 g/cm³ , AC – 25 a 最佳含水率 4.0 ,最大干密度 2.05 g/cm³ ;级配 AC – 20 b 最佳含水率 5.3% ,最大干密度 2.054 g/cm³ , AC

收稿日期: 2015—02—06
作者简介: 梁国彦(1988—) ,女 ,山东菏泽人 ,研究生。

表2 合成级配

筛孔尺寸 (mm)	31.5	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-20a	100	99.4	95.0	89.3	80.3	60.2	35.6	21.7	15.2	10.3	7.8	6.5	5.6
AC-25a	100	97.6	78.7	68.7	63.5	54.8	32.2	21.5	14.7	10.0	7.3	6.2	5.3
AC-20b	100	99.0	91.6	86.7	78.5	63.0	38.2	26.7	18.2	11.9	8.4	7.1	5.7
AC-25b	100	97.6	78.7	68.2	62.2	54.2	37.6	28.5	19.5	12.6	8.7	7.3	5.7

-25 b 最佳含水率 5.5% ,最大干密度 2.082 g/cm^3 。

根据图 1 和图 2 中数据可知,相同类型的再生混合料得出的最佳含水率无较大变化,最大干密度变化亦不明显,说明泡沫沥青的‘点焊’作用对两种矿质混合料是一样的,级配类型对含水率和最大干密度影响不大。

掺加基层废旧料复合再生混合料最佳含水率呈明显增加趋势,提高约 1.3% 左右。由于面层铣刨料矿料表面被老化沥青裹覆,矿料空隙被堵塞并且沥青是憎水的,所以在矿料表面形成的水膜较明显。基层废旧料棱角性较差,矿料表面含有较多的土颗粒,容易吸水,拌和后,矿料表面比较暗,造成了混合料的最佳含水率增大。

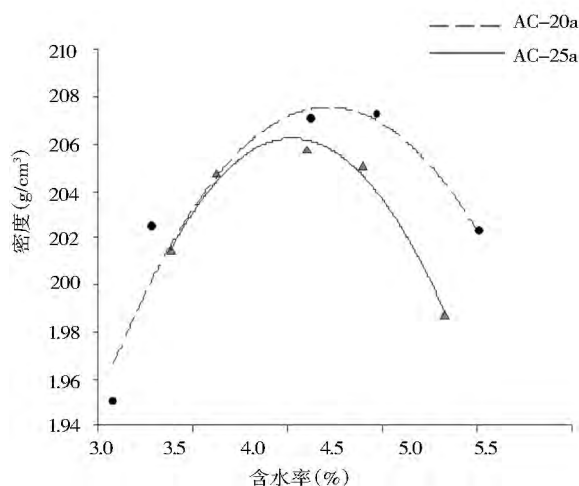


图1 AC-a型混合料击实曲线

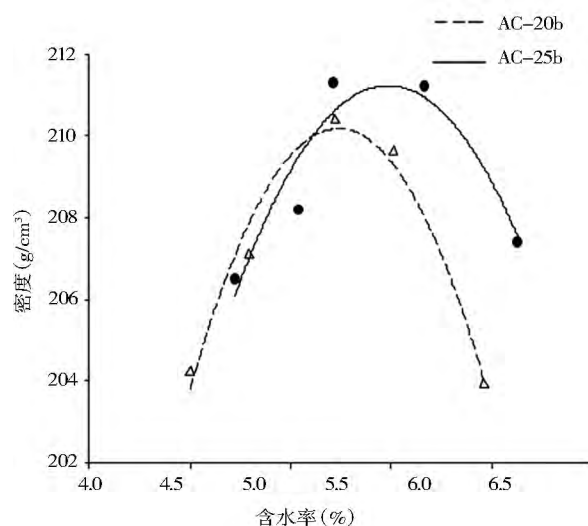


图2 AC-b型混合料击实曲线

图6。从图3~图6可以看出,沥青含量由1.5%变化至3.5%,AC-20a和AC-25a劈裂强度变化幅度0.1 MPa;复合再生混合料沥青用量较大,劈裂强度变化幅度约为0.3 MPa,对沥青含量较普通再生混合料敏感,但都与热拌沥青混合料不同,劈裂强度会随沥青含量的增大而增大,这是因为冷再生混合料中沥青含量只有2%~3%,远低于普通热拌沥青混合料的沥青含量。

泡沫沥青混合料特殊的结构使得混合料中水泥在浸水后充分水化,虽然发生沥青胶浆微粒剥落但强度无明显衰减;AC-20b和AC-25b混合料15℃湿劈裂强度较普通泡沫沥青冷再生混合料强度明显减小,表明矿料类型对劈裂强度有较大的影响。

沥青含量为2.5%时,四个级配混合料劈裂强度较大且干湿劈裂强度比都大于75%,均满足沥青路面再生技术规范关于基层、底基层以及下面层的技术指标要求。沥青含量超过2.5%时,劈裂强度增大不明显,AC-20a劈裂强度有下降趋势而AC-20b劈裂强度略有增大。综合考虑干湿劈裂强度,确定最佳泡沫沥青含量为2.5%。

2 最佳沥青含量

在含水率一定的条件下,分别按1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、3.5%五个沥青含量制作马歇尔试件。由于70#沥青软化点未超过50℃,60℃、48 h 养生条件对泡沫沥青混合料中沥青的分布有很大影响,因此试验采用40℃、72 h 未脱模养生,养生完成后,立即进行15℃劈裂试验和浸水劈裂试验,试验结果见图3~

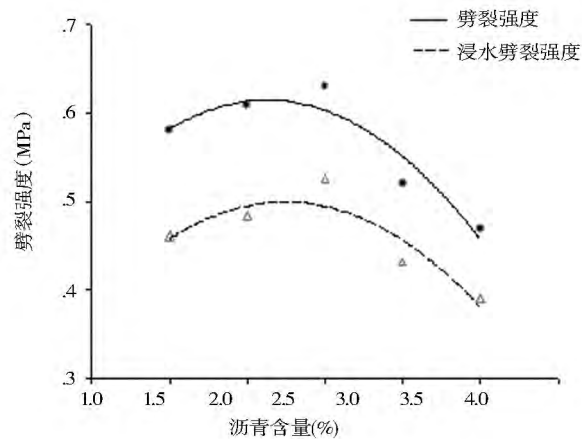


图 3 AC-20 a 劈裂强度曲线

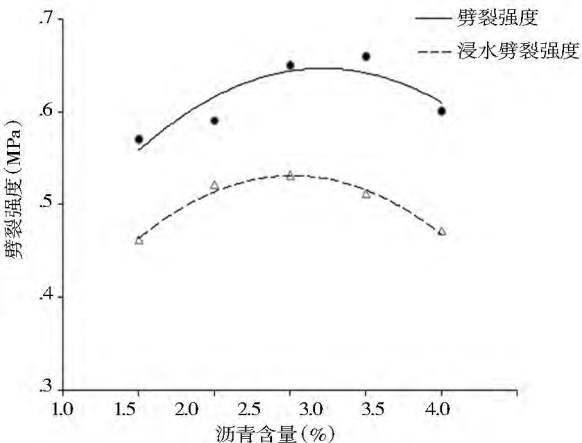


图 4 AC-25 a 劈裂强度曲线

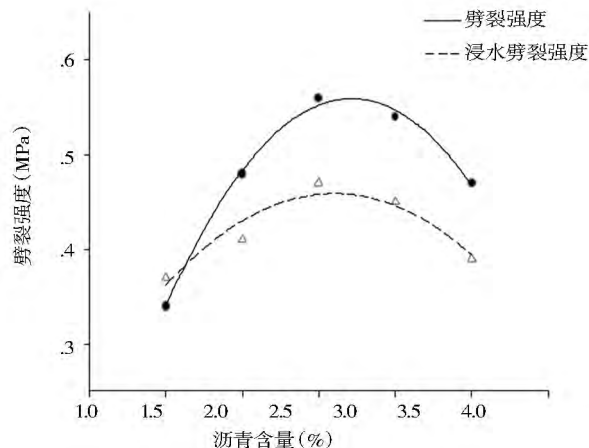


图 5 AC-20 b 劈裂强度曲线

3 性能试验

3.1 车辙试验

在最佳含水率和最佳沥青含量下制作车辙试件,并连同试模在 40℃ 条件下烘干至恒重后进行 60℃ 车辙试验。在试验过程中,泡沫沥青冷再生混

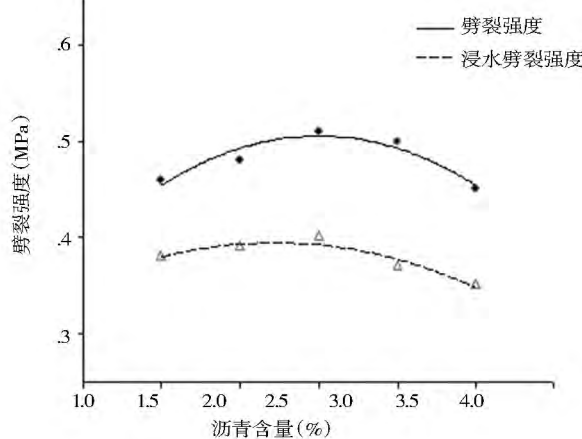


图 6 AC-25 b 劈裂强度曲线

合料车辙板试件在胶轮下出现颗粒粘轮现象,试件整体性、粘聚性较差,在胶轮反复行走过程中出现略微松散并带离原位。车辙试验结果见表 3。由表 3 可知:各个级配混合料的动稳定度都远大于规范对于该指标要求^[4],不同类型混合料之间的差距不明显,不同级配之间差异也较小。高温稳定性明显优于热拌沥青混合料,充分证明了水泥-泡沫沥青冷再生混合料优异的高温性能。水泥作为一种水硬性材料,在养生过程中发生水化反应,生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 CaCO_3 等物质,使混合料强度增大,对提高混合料的高温稳定性作用明显。

表 3 车辙试验结果

类型	AC-20 a	AC-25 a	AC-20 b	AC-25 b
动稳定度 DS (次/毫米)	12 216	11 087	12 724	11 086

3.2 低温弯曲试验

掺加基层废旧料复合后,泡沫沥青冷再生混合料试件在切割过程中边角处出现部分松散,试件切割成型难度较大。低温弯曲试验结果见表 4。从表 4 可以看出,两种类型混合料的低温弯曲破坏应变有一定的差距。未掺加基层旧料的混合料能够满足规范对弯曲破坏应变 $\geq 2\,000\ \mu\epsilon$ 的要求;复合后的混合料的破坏应变明显减小,以致无法满足规范技术指标要求。

泡沫沥青冷再生混合料中发挥胶结料的是水泥和沥青,沥青含量较低且点状分布,不能完全裹覆矿料,而水泥抗拉能力较差,加之基层旧料矿料表面洁净程度较差,影响水泥和沥青的胶结作用,所以混合料的低温弯曲破坏应变呈较低水平。考虑到冷再生沥青混合料应用层位较低,一般应用于下面层或基层,对低温性能指标可放宽限制。

(下转第 51 页)

以得到各个监测位置的应力、挠度、振动频率、振幅、工作温度、行车信息等多个方面的信息。

参考文献:

[1] 马跃,陈保平,王响.山西小沟特大桥健康监测系统研究[J].国防交通工程与技术 2007 5(3):35-37.
[2] 刘效尧,蔡键,刘晖.桥梁损伤诊断[M].北京:人民交通出版社 2002:150-214.
[3] 官厅湖特大桥施工设计图[Z].

[4] 陈长征.结构损伤监测与智能诊断[M].北京:科学出版社 2001.
[5] 魏保立,苏晓慧.桥梁结构健康监测研究现状分析[J],北方交通 2008 .
[6] 韩大建,谢峻.大跨度桥梁健康监测技术的近期研究进展[J].桥梁建设 2002(6):69-73 .
[7] 王磊.多传感器技术及应用[M].北京:国防工业出版社 1998.

(上接第 41 页)

表 4 低温弯曲试验结果

类型	AC-20 a	AC-25 a	AC-20 b	AC-25 b
弯曲破坏 应变(με)	2 388	2 187	2 079	1 847

3.3 冻融劈裂试验

冻融劈裂试验结果见表 5。由表 5 可知,未掺加基层旧料的混合料 TSR ≥ 70%,满足规范的技术要求。掺加基层旧料复合后混合料水稳定性明显变差。尤其是 AC-25b 混合料不满足规范对泡沫沥青混合料的要求。另外,从表 5 中可以看出同组泡沫沥青混合料中沥青含量对冻融劈裂强度影响不大,而且随着沥青含量增加有所降低;中粒式混合料 TSR 普遍大于粗粒式混合料 TSR。

表 5 冻融劈裂试验结果

类型	沥青含量 (%)	冻融劈裂强度(MPa)	对照组劈裂强度(MPa)	冻融劈裂强度比 TSR(%)
AC-20 a	1.5	0.28	0.33	85.4
	2.0	0.27	0.32	84.8
	2.5	0.25	0.33	77.3
	3.0	0.24	0.32	73.5
AC-25 a	1.5	0.31	0.32	98.4
	2.0	0.28	0.38	73.0
	2.5	0.30	0.42	72.5
	3.0	0.29	0.40	71.8
AC-20 b	1.5	0.25	0.28	87.6
	2.0	0.28	0.40	70.1
	2.5	0.30	0.43	70.2
	3.0	0.29	0.37	79.4
AC-25 b	1.5	0.24	0.33	73.0
	2.0	0.25	0.40	64.0
	2.5	0.27	0.43	62.9
	3.0	0.20	0.33	60.9

其原因与其微观结构有关。泡沫冷再生混合料拌合过程中沥青泡沫喷出后与矿料接触破裂后,沥青微滴先与细集料粘合形成微粒,然后是以‘点焊’的方式粘附在粗集料周围,其余部分由水泥发挥粘结作用。浸水后,水分破坏了微粒的胶结作用^[5],使其从粗集料周围剥落,从而影响水稳定性。粗粒式再生混合料较细粒式再生混合料空隙率大,水更容易浸入。在冻融过程中更容易发生微粒剥落。

掺加基层废旧料复合后混合料的冻融劈裂强度出现衰减,冻融劈裂强度比面层旧料再生混合料冻融劈裂强度有所降低,这与基层旧料和沥青的粘附性差有一定关系,说明矿料性质对结合料的粘附是有一定影响。

4 结语

(1) 级配对泡沫沥青混合料最佳含水率的影响甚微;矿料类型对最佳含水率的影响显著。(2) 在较低沥青含量范围内,泡沫沥青冷再生混合料劈裂强度对沥青含量的变化不敏感,对于级配类型较敏感。(3) 复合冷再生混合料与常规泡沫沥青冷再生混合料都有非常好的高温稳定性;复合冷再生混合料低温性能和水稳定性较差,中粒式混合料尚能满足作为路面较低层位的使用要求,而粗粒式混合料使用要谨慎。(4) 矿料表面性质对泡沫沥青冷再生混合料胶结料的粘结有一定影响。

参考文献:

[1] JTG F41-2008.公路沥青路面再生技术规范[S].
[2] 贾那·托留汗.不同 RAP 掺量下乳化沥青冷再生混合料性能研究[J].公路交通科技 2012(9):147-149.
[3] JTG E40-2007,公路土工试验规程[S].
[4] JTG F40-2004,公路沥青路面施工技术规范[S].
[5] 蒋小茜.基于微观力学的泡沫沥青混合料成型机理研究[J].中外公路 2012,32(3):315-319.