

泡沫温拌再生沥青高低温性能研究

徐波, 徐佳骏, 张娜
(江苏京沪高速公路有限公司, 江苏淮安 221415)

摘要: 为研究回收沥青掺量对泡沫温拌沥青高低温性能的影响, 分别对掺加 0%、20%、40%、60%、80% 回收沥青的泡沫温拌沥青进行软化点、DSR 和 BBR 试验。试验表明: 随着回收沥青掺量的增加, 泡沫温拌再生沥青的软化点、车辙因子和破坏温度值逐渐升高; 当回收沥青的掺量达到 60% 及以上时, 泡沫温拌再生沥青胶结料的高温性能明显改善; 胶结料试样的低温抗裂性能随着回收沥青掺量比例的增加而逐渐降低, 当回收沥青的掺量大于 40% 时, 泡沫温拌再生沥青的蠕变劲度 S 和蠕变速率 m 值不能满足规范要求, 低温抗裂性能较差; 建议回收沥青的掺量小于 60%。

关键词: 回收沥青; 泡沫温拌; 再生技术; 高低温性能

中图分类号: U416.217

文献标识码: A

Investigation on High and Low Temperature Properties of foamed warm-mix recycled asphalt

XU Bo, XU Jiajun, ZHANG Na

(Jiangsu Jinghu Expressway Co. Ltd., Jiangsu Huaian, 221415, China)

Abstract: In order to investigate the influence of recycled asphalt content on high and low temperature properties of foamed warm-mix asphalt, the softening point test, dynamic shear rheological test and BBR test are conducted with 0%, 20%, 40%, 60%, 80% recycled asphalt. The results indicate that, with the increase of recycled asphalt content, the softening point, rutting factor and fail temperature of the foam warm-mix asphalt increase gradually, and the high temperature performance of the asphalt binder is obviously improved. The low temperature crack resistance of foamed asphalt decreases with the increase of the proportion of recycled asphalt content. When the recycled asphalt content is more than 40%, the creep stiffness and creep strain rate of the foamed asphalt cannot meet the requirements of the specification, and the low temperature cracking performance is poor. So the proper amount of recycled asphalt is less than 60%.

Key words: Recycled asphalt; Foamed warm-mix; Recycling Technology; High and low temperature performance

泡沫温拌再生技术是将泡沫温拌技术与热再生技术相结合, 不仅能够保证路面的质量, 而且可以实现废旧材料的循环利用与节能减排。国内外对于温拌再生技术已经有了一定的研究。Bussa 等^[1-2]研究发现温拌再生技术能够提高再生混合料的高温性能和疲劳性能。H.A.Rondón 等^[3]发现与传统的热拌沥青混合料相比, 温拌再生沥青混合料具有更好的抗水损害性能和高温性能。Zhao S 等^[4]研究发现,

随着 RAP 掺量 (0%、30%、40%、50%) 的逐渐增加, 温拌再生沥青混合料的高温抗车辙性能和抗水损害性能逐渐增强。刘明珠等^[5]发现 RAP 的加入可以提高沥青混合料的高温稳定性能, 同时其低温性能不断降低, 并建议 RAP 材料掺量的上限为 35%。李佳坤^[6]的研究结果表明, RAP 料掺量增加能够提高混合料的高温性能, 同时会降低混合料的低温性能和疲劳性能。肖飞鹏等^[7]发现回收沥青能够提高温拌

投稿日期: 2016-09-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (51278173)

作者简介: 徐波 (1990-), 男, 江苏宿迁人, 硕士研究生, 助理工程师, 从事高速公路养护工作。

再生沥青的高温性能,但是会降低温拌再生沥青的疲劳性能。通过国内外的调研发现,目前对于泡沫温拌再生沥青高低温流变性能的研究并不多见。因此,文章针对掺加0%、20%、40%、60%、80%回收沥青的泡沫温拌沥青进行高温性能和低温性能测试,以明确回收沥青掺量对泡沫沥青高低温性能的影响,最终确定回收沥青的合适掺量。

1 试验材料

1.1 回收沥青

试验所用的RAP材料为某公路上面层的铣刨料,采用旋转蒸发器法^[8]进行沥青的回收,所得的回收沥青的性能指标如表1所示。

表1 回收沥青的技术指标

测试项目	测试结果
针入度(25℃)/0.1 mm	10.9
延度(15℃)/cm	0.4
软化点/℃	75.7
密度(15℃)/(g·cm ⁻³)	1.031
溶解度(三氯乙烯)/%	99.5

1.2 泡沫沥青

泡沫沥青的制备选用70#道路石油沥青作为基质沥青,基质沥青的性能指标见表2。泡沫温拌沥青的制备参数如下:145℃的发泡温度;1.5%的发泡用水量;25℃的发泡水温。

表2 基质沥青基本技术指标

测试项目	技术要求	测试结果
针入度(25℃)/0.1 mm	60~80	70.9
延度(15℃)/cm	≥ 40	58
软化点/℃	≥ 46	48.1
闪点(开口)/℃	≥ 230	252
密度(15℃)/(g·cm ⁻³)	实测记录	1.034
溶解度(三氯乙烯)/%	≥ 99.5	99.8

2 高温性能试验与分析

2.1 软化点试验

软化点试验采用上海昌吉SYD-2806E型软化点试验仪进行,分别对掺加0%、20%、40%、60%和80%回收沥青的泡沫温拌沥青的软化点进行测试,

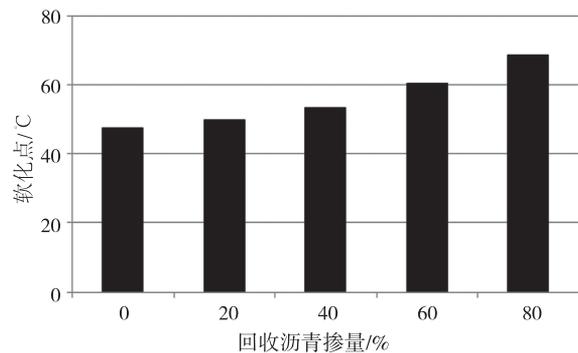


图1 泡沫温拌再生沥青试样的软化点

Fig.1 Softening point of foamed warm-mix recycled asphalt

试验结果如图1所示。

由图1可以看出,随着回收沥青掺量的增加,所得到的泡沫温拌再生沥青胶结料试样的软化点值越来越高。当回收沥青的掺量增加至80%时,胶结料的软化点值达到68.6℃,增幅为44.7%,泡沫温拌再生沥青胶结料的高温性能明显改善。

2.2 动态剪切流变试验

动态剪切流变仪可以研究沥青胶结料真正意义上的力学响应,这种试验方法使得沥青胶结料处在动荷载的作用下进行试验,可以准确的表征沥青胶结料的动粘弹性质^[9-10]。本次研究使用美国TA-AR1500^{EX}型动态剪切流变仪(DSR)对掺加0%、20%、40%、60%和80%回收沥青的泡沫温拌沥青进行温度扫描。试验条件为:温度为50℃~80℃(步长5℃);频率为10 rad/s;应变控制为12%。通过试验所得的泡沫温拌再生沥青的车辙因子 $G^*/\sin(\delta)$ 如下图2所示。

由图2可以发现,在相同试验温度下,随着回收沥青掺量的增加,泡沫温拌沥青的车辙因子在不断升高,高温性能逐渐改善。

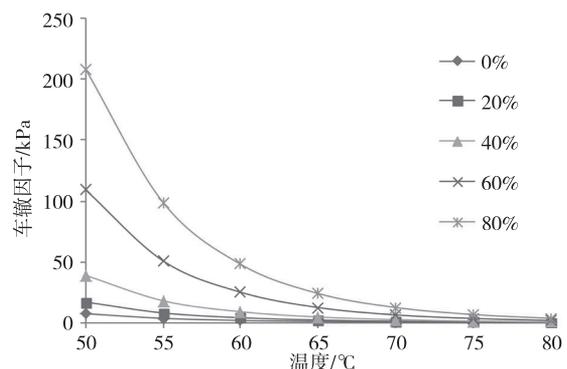


图2 泡沫温拌再生沥青的车辙因子

Fig.2 Rutting factor of foamed warm-mix recycled asphalt

建立车辙因子对数值 $\log(G^*/\sin\delta)$ - 温度 T 曲线图, 并对曲线进行回归分析, 得到不同回收沥青掺量下的泡沫温拌沥青在 $G^*/\sin\delta=1$ kPa 时的破坏温度值, 计算所得的破坏温度值如图 3 所示。

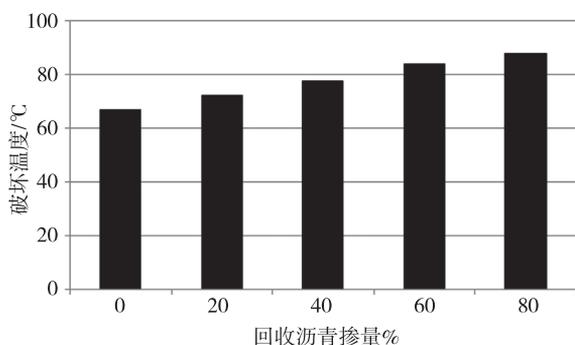


图3 泡沫温拌再生沥青的破坏温度值

Fig.3 Failure temperature of foamed warm-mix recycled asphalt

从图3可知, 泡沫温拌再生沥青的破坏温度值随着回收沥青掺量的增加而逐渐增大。当回收沥青的掺量为40%、60%、80%时, 泡沫温拌沥青的破坏温度值增幅分别为15.9%、25.8%和31.7%。表明随着回收沥青掺量的增加, 泡沫温拌再生沥青胶结料的高温性能逐渐变优, 在回收沥青的掺量达到60%及以上时, 泡沫温拌再生沥青胶结料的高温性能明显改善。

3 低温性能试验结果与分析

在 Superpave 设计体系和沥青结合料路用性能规范中采用弯曲梁流变试验 (BBR) 评价沥青结合料的低温抗裂性能, 其评价指标有蠕变劲度 S 值和荷载作用时沥青劲度随时间的变化率 m 值, 并且要求评价指标是 60 s 时的 S 值和 m 值^[1]。

本研究采用美国 CANNON 公司生产的弯曲梁流变仪, 对不同回收沥青掺量的泡沫温拌再生沥青进行 BBR 试验, 获取在 -12°C 、 -18°C 和 -24°C 的蠕变劲度 S 和蠕变速率 m , S 值越小, m 值越大, 胶结料的低温抗裂性越好。试验 60 s 时 S 和 m 值见图 4。

根据图 4 中数据可知, 在同一试验温度下, 随着回收沥青掺量的增加, 劲度模量 S 值逐渐增大, 而蠕变速率 m 逐渐变小, 表明胶结料试样的低温抗裂性随着回收沥青掺量的增加而逐渐降低。Superpave 设计体系规范中要求的是 60 s 的蠕变劲度 $S \leq 300$ MPa 和蠕变速率 $m \geq 0.3$ 。随着试验温度的降低, S 值明显增大, m 值明显减小, 表明泡沫温拌再生沥青的低温性能随着温度的降低而显著下降;

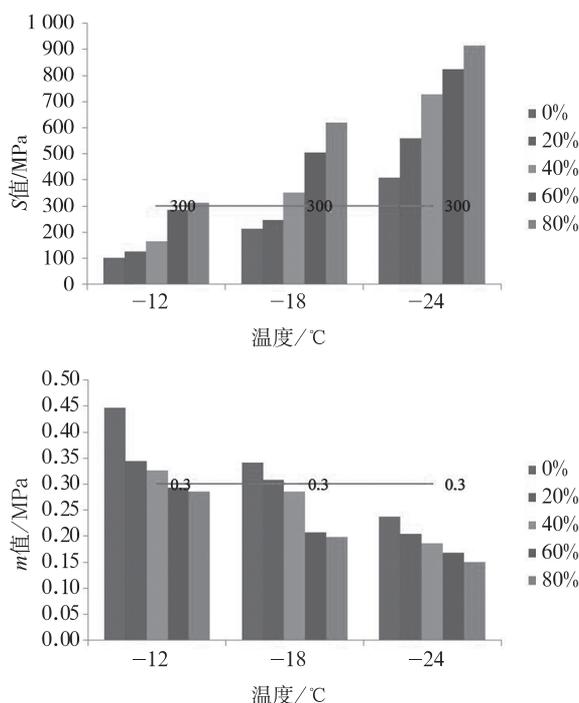


图4 试验 60 s 的 S 和 m 值

Fig.4 S and m values of test 60 s

在 -12°C 时, 80% 回收沥青掺量下的泡沫温拌再生沥青的 S 和 m 值均不能满足规范要求, 当回收沥青的掺量为 60% 时, 泡沫温拌再生沥青的蠕变速率 m 值不能满足规范要求, 而 S 值勉强可以。综合考虑泡沫温拌再生沥青的蠕变劲度 S 和蠕变速率 m 值, 建议回收沥青的掺量小于 60%。

4 结论

1) 随着回收沥青掺量的增加, 泡沫温拌再生沥青胶结料的软化点值逐渐升高, 当回收沥青掺量达到 80% 时, 胶结料的软化点值增幅达到 44.7%, 泡沫温拌再生沥青胶结料的高温性能明显改善。

2) 泡沫温拌再生沥青的车辙因子和破坏温度值随着回收沥青掺量的增加而逐渐增大。当回收沥青的掺量达到 60% 及以上时, 泡沫温拌再生沥青胶结料的高温性能明显改善。

3) 在同一试验温度下, 随着回收沥青掺量的增加, 泡沫温拌沥青的劲度模量 S 值逐渐增大, 而蠕变速率 m 逐渐变小, 表明胶结料试样的低温抗裂性能随着回收沥青掺量的增加而逐渐降低。当回收沥青的掺量大于等于 60% 时, 泡沫温拌再生沥青的蠕变速率 m 值不能满足规范要求, 低温抗裂性能较差。综合考虑泡沫温拌再生沥青的高温性能和低温性能, 建议回收沥青的掺量小于 60%。

(下转第 33 页)

参考文献:

- [1] 陈家珑. 地震灾区建筑垃圾处理技术研究[J]. 建筑技术, 2009, 40(9): 822-824.
- [2] 周静海, 何海进, 孟宪宏, 等. 再生混凝土基本力学性能试验[J]. 沈阳建筑大学学报: 自然科学版, 2010, 26(3): 465-467.
- [3] 黄靖. 不同粗骨料种类再生混凝土的基本性能试验研究[D]. 南宁: 广西大学, 2012.
- [4] 叶腾, 徐毅慧, 张锦. 基于工作性能的再生混凝土抗压强度试验研究[J]. 建筑结构, 2014, 44(21): 75-77.
- [5] 张会芝, 郑建岚. 再生混凝土抗压强度及工作性能的影响因素分析[J]. 福州大学学报: 自然科学版, 2012, 40(4): 508-514.
- [6] 田志伟. 富含砖粒的再生混凝土试验研究[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2015.
- [7] 杨涛. 含再生砖粒混凝土的力学性能及框架柱抗震性能研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2013.
- [8] JGJ 55-2011, 普通混凝土配合比设计规程[S].
- [9] GB/T 50080-2002, 普通混凝土拌合物性能试验方法标准[S].
- [10] GB/T 50081-2002, 普通混凝土力学性能试验方法标准[S].
- [11] ACI Committee 318, Building code requirements for reinforced concrete[S].

(责任编辑 王利君)

(上接第23页)

参考文献:

- [1] SHU X, HUANG B, SHRUM E D, et al. Laboratory evaluation of moisture susceptibility of foamed warm mix asphalt containing high percentages of RAP[J]. Construction and Building Materials, 2012 (35): 125-130.
- [2] BUSS A, CASCIONE A, WILLIAMS R C. Evaluation of warm mix asphalt containing recycled asphalt shingles[J]. Construction and Building Materials, 2014 (61): 1-9.
- [3] RONDON H A, URAZ N C F, CH VEZ S B. Characterization of a Warm Mix Asphalt Containing Reclaimed Asphalt Pavements[C]// Airfield and Highway Pavements 2015. 2015: 19-30.
- [4] ZHAO S, HUANG B, SHU X, et al. Laboratory performance evaluation of warm-mix asphalt containing high percentages of reclaimed asphalt pavement[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2012(2294): 98-105.
- [5] 刘明珠. Sasobit 温拌再生沥青混合料路用性能评价[D]. 北京: 北京建筑大学, 2013.
- [6] 李佳坤. RAP 加工工艺及温拌再生沥青混合料路用性能研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2013.
- [7] XIAO F, PUTMAN B, AMIRKHANIAN S. Rheological characteristics investigation of high percentage RAP binders with WMA technology at various aging states[J]. Construction and Building Materials, 2015 (98): 315-324.
- [8] 樊亮, 李永振, 林江涛. 旋转蒸发器法回收沥青空白试验研究[J]. 公路, 2013(10): 194-196.
- [9] 马煜纓. 纤维沥青胶浆流变性能的试验研究[J]. 公路工程, 2014(5): 311-314.
- [10] 朱林, 徐大卫, 张诚. 用水量对泡沫沥青高温流变性能的影响[J]. 大连交通大学学报, 2014, 35(3): 73-76.
- [11] MARASTEANU M. Role of bending beam rheometer parameters in thermal stress calculations[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2004 (1875): 9-13.

(责任编辑 王利君)