

文章编号:1005-0523(2011)06-0038-04

特殊条件下PE-Y改性沥青混合料的高温性能试验研究

张春昱, 王伟, 孟庆营, 张红兵

(天津市市政工程研究院滨海分院, 天津 300457)

摘要:在沥青混合料中掺加PE-Y抗车辙剂的根本目的在于提高混合料的高温稳定性,增强沥青混合料在高温下抵抗永久变形的能力。为模拟更加恶劣的环境条件,进行了特殊温度车辙试验和浸水车辙试验研究,并首次引入综合稳定指数C作为评价指标。试验结果表明:PE-Y变形体的加筋嵌挤、胶黏作用对提高混合料的高温稳定性效果十分显著,即便在很高的温度条件下,PE-Y变形体交织搭桥形成的空间网络结构仍然能够发挥作用,而且能够降低沥青混合料的水敏感性,使得混合料在荷载、高温和水耦合作用的严酷条件下,仍然能够具有较强的抵抗永久变形的能力。

关键词:车辙试验;PE-Y改性沥青混合料;高温性能;综合稳定指数

中图分类号:U414

文献标志码:A

沥青混合料的高温稳定性,是指沥青混合料在高温和重复荷载的反复作用下抵抗永久变形的能力。用于评价沥青混合料高温稳定性能的试验方法有很多,如单轴加载试验、三轴压缩试验、弯曲蠕变试验、简单剪切试验、室内车辙试验和大型环道试验等^[1]。在诸多试验中,室内车辙试验是一种较为简单直观的试验方法,它是在规定的温度下,通过板块状试件与车轮间的往复相对运动,使试件在车轮的重复作用下产生压密、剪切、推移和流动,模拟沥青路面在车轮的反复作用下形成车辙的实际过程,通过位移传感器将试件在相应时间的变形进行测定来检验沥青混合料的高温稳定性^[2]。该方法原理直观、设备简单、操作简便,是检验沥青混合料高温性能的基本试验方法。由于PE-Y(polyethylene,聚乙烯复合高聚物抗车辙剂,简称“PE-Y”)改性沥青混合料常用于对混合料高温性能要求较高的特殊路段^[3],为模拟更加恶劣的环境条件,在原车辙试验的基础上改变试验条件,进行了特殊温度车辙试验和浸水车辙试验研究。

1 基于室内车辙试验的沥青混合料高温性能评价指标探讨

在对沥青混合料动稳定度的测试过程中发现,对车辙板碾压时,前45 min(压实过渡期)已产生较深的车辙,经过这个阶段的再压实过程,车辙板的密度已基本趋于稳定;在随后的15 min(压实稳定期)碾压过程中,混合料的永久变形量变化不大,存在由此计算的动稳定度很大,而总辙深亦很大的现象;且同时可能出现一些试验板在碾压过程中永久变形量相对变化均匀,总辙深虽相对较小,动稳定度却达不到要求的现象。显然,仅采用动稳定度评价沥青混合料的高温稳定性是不够的,动稳定度指标虽然与沥青混合料的永久变形存在一定的相关性,但并不能完全反映沥青路面实际发生的永久变形^[4]。因此,需要提出一个更加全面的指标,把压实过渡期和压实稳定期的变形都考虑进去。于是有研究提出了综合稳定指数(complex stability index)C的概念^[5],以更好地利用车辙试验结果表征沥青混合料抵抗高温永久变形的能力。

综合稳定指数C的计算公式为

$$C = \frac{N(t_2 - t_1)}{d_1(d_2 - d_1)} \times C_1 \times C_2 \quad (1)$$

式中: d_1 表示试验时间为 t_1 (45 min)时试件变形量; d_2 表示试验时间为 t_2 (60 min)时试件变形量; N 表示

收稿日期:2011-10-20

作者简介:张春昱(1980—),男,工程师,主要研究方向为道路工程。

试验轮往返碾压速度,通常情况下取 $42 \text{次} \cdot \text{min}^{-1}$; C_1 表示试验机类型修正系数,曲柄连杆驱动试件的变速行走方式为1.0,链驱动试验轮的等速行走方式为1.5; C_2 表示试件系数,试验室制备的宽300 mm的试件为1.0,从路面切割的宽150 mm的试件为0.8。

为了更好地利用车辙试验结果对PE-Y改性沥青混合料的高温稳定性进行更加准确地评价,研究以综合稳定指数作为评价指标。可是,由于该指标出现较晚应用较少,又没有形成技术标准,因此,本文仍旧保留动稳定度这一常用指标,以便综合应用相互佐证,对混合料的高温性能作出更加合理的评价。

2 特殊高温条件下PE-Y改性沥青混合料的高温性能研究

沥青混合料是一种粘弹性材料,其物理力学性能与温度和荷载作用时间密切相关,因此,车辙试验温度应能够反映夏季高温时段混合料所处的实际路面温度。有资料表明,我国大部分地区处于纬度夏季高温炎热区域,很多地区夏季沥青路面最高温度可达 $70 \text{ }^\circ\text{C}$ ^[6]。再者,PE-Y改性沥青混合料常用于对混合料高温性能要求较高的特殊路段,如山区公路的长陡坡路段,轴载重,车速慢,根据时温等效原理,这些路段混合料将处于更加严酷的温度环境中。而我国《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052-2000)规定车辙试验环境温度为 $60 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$,仅以此温度评价掺加抗车辙剂沥青混合料的高温抗变形能力,不符合混合料实际所处的温度条件。因此,有必要提高车辙试验的环境温度,进行特殊温度车辙试验,以更好地评价PE-Y改性沥青混合料的高温性能。

本次试验选用一般骨架密实型SAC 20矿料级配,沥青结合料统一采用SK 90#基质沥青,统一掺加0.4%的PE-Y抗车辙剂,拌制混合料碾压成型3组试件进行特殊温度车辙试验($60 \text{ }^\circ\text{C}$ / $65 \text{ }^\circ\text{C}$ / $70 \text{ }^\circ\text{C}$, 0.7 MPa),试验结果如表1所示。

整理表1中数据绘制不同试验温度下PE-Y改性沥青混合料动稳定度、综合稳定指数C的对比直方图,如图1~图2所示。

表1 不同试验温度下PE-Y改性沥青混合料的车辙试验结果

Tab.1 Rutting test result in different test temperatures		
试验温度	动稳定度 $DS/$ $\text{次} \cdot \text{mm}^{-1}$	综合稳定指数 $C/\text{次} \cdot \text{mm}^{-2}$
$60 \text{ }^\circ\text{C}$	9 692	9 568
$65 \text{ }^\circ\text{C}$	7 590	5 275
$70 \text{ }^\circ\text{C}$	6 563	4 256

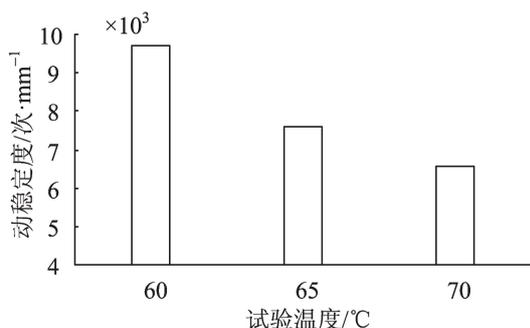


图1 不同试验温度下的动稳定度

Fig.1 Dynamic stability in different temperatures

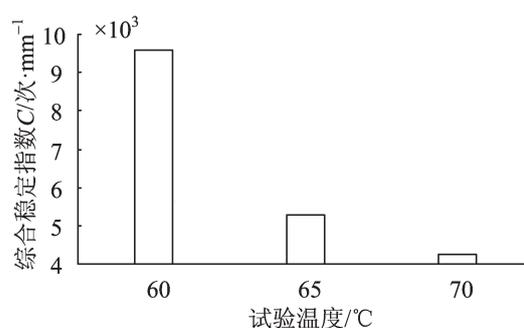


图2 不同试验温度下的综合稳定指数

Fig.2 Comprehensive stability index in different test temperatures

通过对表1和图1~图2中不同试验温度下PE-Y改性沥青混合料高温性能指标对比结果的分析,可以得到如下结论:

1) 即便在 $70 \text{ }^\circ\text{C}$ 的高温条件下,PE-Y改性沥青混合料的动稳定度仍能达到 $6 563 \text{次} \cdot \text{mm}^{-1}$,远远超过规范规定的改性沥青混合料动稳定度($60 \text{ }^\circ\text{C}$) $\geq 2 800 \text{次} \cdot \text{mm}^{-1}$ 的要求。这说明,PE-Y改性沥青混合料的高温性能十分优越,即便在很高的温度条件下,PE-Y变形体交织搭桥所形成的空间网络骨架结构仍然能够发挥作用,使得混合料可以抵抗异常严酷的温度环境的考验。

2) 随着试验温度的增加,沥青混合料的综合稳定指数C迅速衰减,温度条件对沥青混合料的高温性能

影响十分显著,随着温度的增加,混合料抵抗高温变形的能力不断衰减;同时,综合稳定指数 C 对混合料高温性能的变化要较动稳定度敏感得多,也就是说利用综合稳定指数 C 对沥青混合料的高温稳定性进行评价效果将更为明显,区分度更高。

3 浸水条件下 PE-Y 改性沥青混合料的高温性能研究

由于沥青路面存在大量的空隙与裂缝,因此,在路面材料的使用环境中不可避免地普遍有水存在^[7];然而在有水存在的恶劣环境下,沥青混合料的高温性能将会急剧下降,PE-Y 改性沥青混合料能否经受得住恶劣环境的考验,尚不可知。因此,有必要进行浸水车辙试验来模拟实际使用过程中混合料所处的水温耦合的恶劣环境。

为方便考察 PE-Y 改性沥青混合料在恶劣环境下的高温稳定性,本次试验研究选取普通沥青混合料、PE-Y (0.4%) 改性沥青混合料和 SBS (5%) 改性沥青混合料等 3 种混合料同时进行浸水车辙试验以资比较。将 3 种混合料的车辙板试件碾压成型后放置至冷却,再将试件放在 60 °C 空气中保温 6 h,然后放入 60 °C 恒温水槽中进行浸水车辙试验^[8] (60 °C, 0.7 MPa), 试验结果如表 2 所示。

整理表 2 中数据绘制在浸水条件下 3 种沥青混合料动稳定度、综合稳定指数 C 的对比直方图,如图 3~图 4 所示。

表 2 三种沥青混合料的浸水车辙试验结果
Tab.2 Results of immersion track test of three different asphalt mixtures

混合料类型	动稳定度 $DS/$ 次· mm^{-1}	综合稳定指数 $C/$ 次· mm^{-2}
普通	743	136
0.4%PE-Y	8 077	6 237
SBS	6 429	3 612

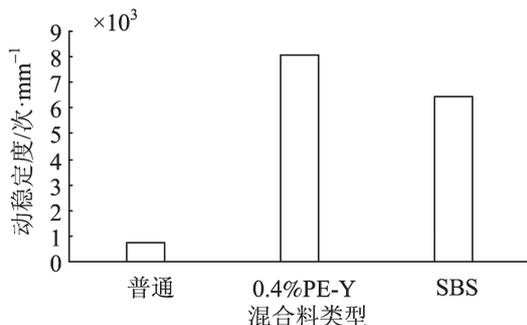


图 3 浸水条件下的动稳定度

Fig.3 Dynamic stability of the immersion track test

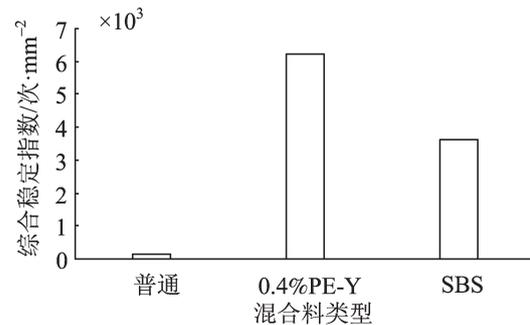


图 4 浸水条件下的综合稳定指数

Fig.4 Comprehensive stability index in the immersion track test

通过对表 2 和图 3~图 4 中在浸水条件下 3 种沥青混合料高温性能指标对比结果的分析,可以得到如下结论:

1) 即便在高温浸水条件下,PE-Y 改性沥青混合料的动稳定度仍能达到 8 076.9 次· mm^{-1} ,远远超过改性沥青混合料动稳定度 (60 °C) $\geq 2 800$ 次· mm^{-1} 的要求。这说明,PE-Y 改性沥青混合料的高温性能十分卓越,即便在荷载、高温和水的耦合作用下,仍然具有很强的抵抗永久变形的能力。进一步观察发现,在高温浸水条件下,PE-Y 改性沥青混合料的动稳定度是 3 种沥青混合料中最高的,远远高于普通沥青混合料,是普通沥青混合料的 11 倍;也高于使用 SBS 改性沥青混合料的动稳定度,是其 1.3 倍。这同样说明 PE-Y 改性沥青混合料高温性能的优越性,即便在高温浸水的恶劣条件下,仍然优于 SBS 改性沥青混合料。

2) 在高温浸水条件下,3 种沥青混合料按综合稳定指数 C 的排序为 PE-Y 改性沥青混合料 > SBS 改性沥青混合料 > 普通沥青混合料。所以,在高温浸水条件下,依综合稳定指数 C 评价仍旧是 PE-Y 改性沥青混合料的高温稳定性最好,而 SBS 改性沥青混合料稍逊一点,前者是后者的 1.73 倍,普通沥青混合料的高温性能最次。

3) 综合分析认为,PE-Y改性沥青混合料的高温性能十分卓越。PE-Y的掺入不仅大幅提高了混合料的高温稳定性,而且能够降低沥青混合料的水敏感性,使得混合料在荷载、高温和水耦合作用的严酷条件下,仍然具有较强的抵抗永久变形的能力。

4 结论

1) 高温车辙试验表明:即便在很高的温度条件下,PE-Y变形体交织搭桥形成的空间网络结构仍然能够发挥作用,使得混合料可以抵抗异常严酷的温度环境的考验。

2) 浸水车辙试验表明:PE-Y抗车辙剂的掺入不仅大幅提高了混合料的高温稳定性,而且能够降低沥青混合料的水敏感性,使得混合料在荷载、高温和水耦合作用的严酷条件下,仍然能够具有较强的抵抗永久变形的能力。

3) 综合稳定指数 C 全面考虑了压实过渡期和压实稳定期的变形,而且对混合料高温性能的变化要较动稳定度指标敏感得多,利用综合稳定指数 C 对沥青混合料的高温稳定性进行评价将更加合理、效果也将更为明显、区分度更高。

参考文献:

- [1] 吕伟民. 沥青混合料设计原理与方法[M]. 上海:同济大学出版社,2001:1.
- [2] 交通部公路科学研究所. 公路工程沥青及沥青混合料试验规(JTJ052-2000)[S]. 北京:人民交通出版社,2000:6-15.
- [3] 王伟. PE-Y改性沥青混合料试验研究[D]. 西安:长安大学,2010:55-56.
- [4] 刘红瑛,戴经梁. 不同级配对沥青混合料车辙性能的影响[J]. 长安大学学报,2004,24(5):11-15.
- [5] 杜顺成,戴经梁. 沥青混合料永久变形评价指标[J]. 中国公路学报,2006,19(5):18-22.
- [6] 薛鹏涛,袁万杰等. 抗车辙剂在南方湿热地区的应用研究[J]. 交通标准化,2007,6(6):84-87.
- [7] 韩海峰. 高等级公路沥青材料永久性变形特性研究[D]. 上海:同济大学,2004:102-103.
- [8] 翟冬梅,黄晓明. 沥青混合料浸水车辙试验研究[J]. 华东公路,2002,8(4):76-78.

A Study on the Test of Bituminous Mixture Mixed with PE-Y Anti-rutting Additive on High Temperature Performance in the Special Severe Conditions

Zhang Chunyu, Wang Wei, Meng QingYing, Zhang Hongbing

(Binhai Branch of Tianjin Municipal Engineering Research Institute, Tianjin 300457, China)

Abstract: Fundamental purpose mixed with PE-Y anti-rutting additive is to improve the high temperature performance, enhanced ability to resist permanent deformation at high temperature. For simulation of the environmental conditions worsened, the special temperature rutting test and water rutting test research was carried out, and Complex Stability Index was first introduced as a comprehensive evaluation to PE-Y modified asphalt in high-temperature performance. The test results show that: the embedded, crowded reinforcement and the rubber adhesion of the PE-Y deformation are effective. Even in high temperature conditions, the deformation of the formation of the bypass interwoven space network structure still play a role. And it can reduce the asphalt mixture of water sensitivity, making the bituminous mixture in the harsh conditions coupled heat and water, and it still has a strong ability to resist permanent deformation.

Key words: rutting test; bituminous mixture mixed with pe-y anti-rutting additive; high temperature performance; complex stability index