

酰胺类润滑剂对 SBS 改性沥青混合料动态模量的影响

李连进

(安徽交控工程集团有限公司, 安徽合肥 230000)

摘要: 为研究酰胺类润滑剂对 SBS 改性沥青混合料力学响应的影响, 在基质沥青中添加 MAR 和 SBS 对其进行复合改性处理, 并运用 SPT 进行动态模量试验。结果显示, 随着温度的降低或加载频率的增加, 两种沥青混合料的动态模量均有增加趋势, 且添加 MAR 的沥青混合料动态模量比 SBS 改性沥青混合料有明显提高。另外, 当 SBS 改性沥青中 MAR 掺量为 1.5% 时, 与 MAR 掺量为 0% 的 SBS 改性沥青相比, 其混合料的相位角 δ 明显比后者减小, 且随温度的升高, 两种样品的相位角差距越来越明显, 说明 1.5% 掺量的 MAR 能够显著降低 SBS 改性沥青高温时的粘性流动, 从而提高其混合料抵抗永久变形的能力。

关键词: 塑料润滑剂, 沥青混合料, 动态模量

中图分类号: U414 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01—0154—03

随着《公路沥青路面设计规范》的修订, 对沥青混合料粘弹性的研究日益受到重视^[1]。在研究沥青混合料的力学特性时, 必须对其进行动态粘弹特性的研究^[2]。在同样的载荷作用下, 沥青混合料的弹性模数越大, 表明其应变变形就越小, 其疲劳寿命也相应越大^[3]。但沥青混合料作为典型的粘弹性材料, 其动态模量值会随着试验温度或加载频率的变化而发生改变, 因此在各种荷载作用下, 其应力响应也有较大的差别^[4-5]。为了准确的反应出添加塑料润滑剂对 SBS 改性沥青道路力学特性的影响, 本文运用单轴压缩测量混合料动态模量的方法进行室内试验^[6], 分析添加塑料润滑剂 MAR 后, SBS 改性沥青混合料力学特性的变化^[7]。

1 试验材料与试验方案

1.1 试验材料

基质沥青选用国产 A 级 70# 沥青。选用 MAR 作为塑料脂酸酰胺; SBS 聚合物选用 1301; 选择山东优质石灰岩集料, 并选用石灰岩磨细矿粉作为填料, 对 AC-20 沥青混合料进行了设计。润滑剂, 其主要成分为含有较多羟基脂肪酸酰胺的乙撑双硬。

1.2 复合改性沥青制备

采用湿法制备添加塑料润滑剂 MAR 与 SBS 改性剂的复合改性沥青, 试验仪器为 FLUKO 剪切机。不同掺量 MAR 改性沥青三大指标如表 1 所示。

表 1 不同 MAR 掺量复合改性沥青三大指标试验结果

掺量/%	软化点/°C	25°C 针入度 0.1mm	5°C 延度/cm
0	63	51.5	41.5
1.5	88	50	35.7
1.8	88	49	23
2.0	90	47	22
2.2	>90	46	26.5

SBS 改性沥青添加 MAR 复合处理后, 其软化点随 MAR 含量的增加而增大。当掺量超过 1.5% 后, 由于 MAR 含量过高, 在其内部形成了一个稳定系统, 在 5°C 延度上表现为先降后升。所以, 本研究以 1.5% 为 MAR 的最优添加量。

1.3 沥青混合料组成设计

根据马歇尔试验结果, 在规范推荐 AC 范围内, 采用三条不同的级配曲线。级配采用 S 形曲线, 适当降低接近最大粒径的粗骨料和细集料中 0.6mm 以下细集料的比例, 并适当地提高中档级配的粗骨料。在设计时, 参照 Superpave 沥青混合料限值及控制点的设计思想, 以防止“驼峰”的出现, 并对 Bayer 法中的 CA、FAf 和 FAc 等填充参数进行检验。

1.4 试验方法

本实验采用 SPT 装置对 MAR 掺量为 0% 和 1.5% 的两种改性沥青混合料进行单轴压缩试验, 通过对两种沥青混合料的动态模量和相位角与温度、加载频率的关系, 分析添加塑料润滑剂 MAR 后, SBS 改性沥青混合料力学特性的变化。

2 结果与讨论

2.1 动态模量与加载频率的关系

在相同的载荷条件下, 不同加载频率会对沥青混合料应力—应变时间产生影响, 进而影响沥青混合料的动态模量。在 5°C、25°C、45°C 条件下, 对不同频率下两种沥青混合料试件的动态模量进行对比分析, 结果如图 1 所示。

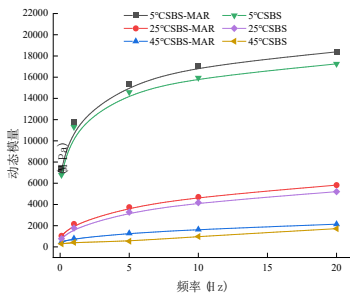


图1 不同温度条件下动态模量与频率关系图

从图1可以看出,在相同的试验温度条件下,掺加1.5%塑料润滑剂MAR的SBS-MAR复合改性沥青混合料比SBS改性沥青混合料的动态模量要高,且随着频率的增加,两种材料的动态模量变化均呈现先快后慢的趋势。随着温度的升高,沥青混合料的动态模量呈现出降低的趋势,这是由于沥青混合料随温度的升高趋于粘性状态,容易产生永久变形,从而导致路面发生车辙病害;低温时混合料必须具有足够的韧性,才能承受较大的变形。

结果表明:在5°C条件下,两种沥青混合料的弹性模量随频率增加而增大,但动态模量差异较小,说明塑料润滑剂对其低温抗裂性能影响较小;而在试验温度45°C,加载频率为0.1Hz时,添加塑料润滑剂后,SBS改性沥青混合料的动态模量较未添加MAR的混合料动态模量有显著提高,这说明塑料润滑剂MAR添加到SBS改性沥青中,可以起到改善其混合料的高温稳定性的作用。

2.2 动态模量与温度关系

不同温度条件下,沥青混合料的力学性能表现为低温弹性高温粘性,但随着温度升高,沥青混合料的动态模量、抗拉强度明显下降,出现应力松弛、蠕变等现象。通过比较两种改性沥青混合料的动态模量,研究其动态模量随温度变化规律,探讨添加MAR对SBS改性沥青混合料力学性能的影响。试验温度仍然采用5°C、25°C和45°C,并在相同荷载条件下,加载频率分别为0.1Hz、1Hz、5Hz、10Hz和20Hz。图2是两种沥青混合料动态模量随温度变化的曲线关系图。

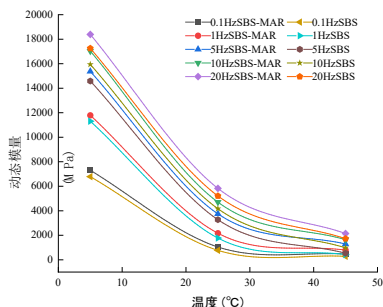


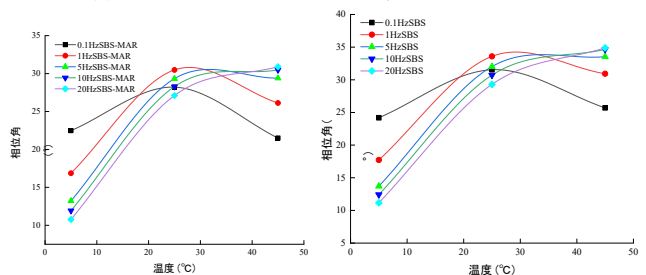
图2 沥青混合料动态模量与温度的变化关系图

从图2可以看出,塑料润滑剂MAR掺量为0%和1.5%的两种沥青混合料的动态模量均随着试验温度的下降呈现出明显的下降趋势,且温度在5°C和25°C之

间时,两种沥青混合料的动态模量下降幅度明显高于25°C和45°C之间;当加载频率相同时,SBS-MAR复合改性沥青混合料比SBS改性沥青混合料的动态模量大,45°C加载频率5Hz时,其动态模量比未添加塑料润滑剂的SBS改性沥青混合料高2.4倍,说明MAR对高温变形性能有明显改善。

2.3 相位角与温度及加载频率关系

沥青混合料中粘滞和弹性部分的比率的变化可以通过其相位角 δ 反映,在粘弹性材料中,相位角 δ 的变化区间为 $0^\circ - 90^\circ$ 。相位角能反映出材料的粘弹属性,在相位角 δ 为 0° 时,材料表现为完全的弹性状态,而在相位角 δ 为 90° 时,材料就会呈现完全的粘性状态。而沥青混合料的相位角也随试验条件的变化而发生变化,本文以三种温度、五种频率为试验条件,对两种沥青混合料相位角结果进行汇总,如图3所示。



(a) SBS-MAR 复合改性沥青 (b) SBS 改性沥青

图3 沥青混合料相位角随温度变化关系图

无论是否添加塑料润滑剂MAR,两种沥青混合料的相位角随试验条件的改变而变化的趋势基本一致,均随温度的升高,呈现先升高后下降的趋势,当加载频率小于1Hz时,相位角的最大值出现在25°C,当频率不低于5Hz时,相位角在45°C时出现最大值,高温段变化趋于平缓。由于沥青混合料的相位角 δ 反映沥青混合料内部粘性与弹性成分的比例,因此相同加载频率下沥青混合料低温相位角较小,说明沥青混合料中的弹性成分多为粘性部分,近似于弹性体,随着温度升高,沥青混合料的相位角增大,说明粘性成分比例增大,沥青易发生粘性流动,发生塑性变形。选取了四个不同频率下两种混合料的相位角随温度变化的曲线,如图4所示。

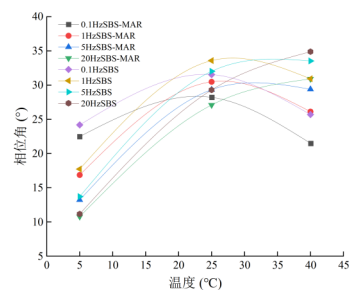


图4 不同加载频率条件下相位角随温度变化关系图

由图4可以看出,三种不同加载频率条件下,沥青混合料的相位角变化趋势基本一致,但SBS-MAR复合改性沥青混合料的相位角始终小于SBS改性沥青混合

武康大道隧道结构横断面抗震计算分析

殷建国, 杨司盟, 上官士青

(中交公路规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 本文以简州新城武康大道隧道结构为例, 利用反应位移法对隧道进行抗震分析; 简州当地埋深、地质条件、水等因素对隧道结构地震反应的影响进行分析, 并从中得出一些有益结论, 供有关人员对抗震设计和抗震分析做参考。

关键词: 隧道工程; 抗震; 反应位移法

中图分类号: U452.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01—0156—03

隧道工程作为国家生命线工程, 抗震计算分析是隧道工程重要设计内容之一。本文以简州新城武康大道隧道结构为例, 利用反应位移法对隧道进行抗震分析。

1 工程概况

成都市简州新城武康大道, 位于简州新城核心区内 (简阳市养马镇板板桥村), 是核心区内一条呈北西—南东走向的城市主干路。拟建隧道工程总长约 1.903km, 主要位于拟建的武康大道 (三溪路—简州大道) 道路下, 隧道里程为 K0+395—K2+298。其中单层隧道敞开段 263m, 单层隧道暗埋段 1550m, 双层隧道敞开段 10m, 双层隧道暗埋段 80m。

隧道敞开段采用 U 形槽结构, 暗埋段采用矩形箱涵结构。标准暗埋段隧道净宽 18.4m, 净高 5.5m, 隧道

工程大部分范围采用天然地基上的浅基础方案。根据勘察资料, 地道沿线分布的地层由人工填土、③1 淤泥质粉质粘土和坡残积粉质粘土及基岩组成。拟对基坑底的人工填土、③1 淤泥质粉质粘土和③3 膨胀性黏土进行换填处理或加固处理。软弱土层厚度 $\leq 4\text{m}$ 时, 本工程采用级配砂砾石回填, 采用分层压实, 压实系数不小于 0.96; 软弱土层厚度 $> 4\text{m}$ 时, 采用单轴搅拌桩方案进行地基处理。单轴搅拌桩采用直径 600, 搅拌桩水泥掺入量为 20% (空搅部位 8%), 水灰比 0.5。

隧道工程采用②1 层可塑性粉质黏土、③2 层可塑性粉质黏土、④2 强风化泥质砂岩或④3 中风化泥质砂岩作为基础持力层。

料, 说明在相同试验条件下加入 MAR 可以减小 SBS 改性沥青混合料的相位角, 从而提高 SBS 改性沥青混合料强度。两种沥青混合料在相同加载频率和低温下的相位角差异较小, 但随温度升高而增大。沥青混合料的相位角 δ 越小, 则损耗因子 $\tan \delta$ 越小, 表明沥青混合料在承受荷载发生形变时, 更多的是以弹性恢复的方式恢复变形, 减少了材料发生粘性流动产生永久变形现象的发生。这说明 1.5% 掺量的 MAR 能够显著降低 SBS 改性沥青高温时的粘性流动, 进而提高其混合料抵抗永久变形的能力。

3 结论

(1) MAR 加入后, 在低温高频下 SBS 改性沥青混合料的动态模量有明显提高, 高温稳定性得到改善。

(2) 相位角分析结果表明, MAR 的加入可以降低 SBS 改性沥青混合料的相位角, 且随着温度的升高, 混合料相位角降低幅度越大, 从而降低 SBS 改性沥青混合料的损耗因子 $\tan \delta$, 1.5% 掺量的 MAR 能够显著降低 SBS 改性沥青高温时的粘性流动, 进而提高其混合料抵抗永久变形的能力。

参考文献:

- [1] 郝冠奇. 低滚阻改性沥青混合料性能研究 [D]. 山东建筑大学, 2020.
- [2] 张军. SBS 改性沥青混合料动态模量粘弹性行为研究 [J]. 公路交通科技 (应用技术版), 2017, 13(08):40-44.
- [3] 程怀磊, 李斌, 刘黎萍, 孙立军. 移动轴载作用下路面沥青层动态响应模量主曲线研究 [J]. 中国公路学报, 2020, 33(10):125-134.
- [4] 韦金城, 崔世萍, 胡家波. 沥青混合料动态模量试验研究 [J]. 建筑材料学报, 2008, 11(06):657-661.
- [5] 朱莉, 高二利, 张玉林, 李晋, 于森章, 王勋. 海拉尔寒区 SBS 改性沥青混合料动态模量分析 [J]. 山东交通学院学报, 2021, 29(03):85-91.
- [6] 康佳旺. 大掺量胶粉/SBS 复合改性沥青混合料永久变形试验研究 [D]. 重庆交通大学, 2020.
- [7] 罗鸣, 陈超, 王涛. 3 种 AC-20 沥青混合料的动态模量及其主曲线拟合与分析 [J]. 长沙理工大学学报 (自然科学版), 2018, 15(01):30-35+78.