

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2021.03.053

# 橡胶沥青应力吸收层在城市新建道路中的应用研究

江智勇, 潘思祎

(中国市政工程西南设计研究总院有限公司, 四川 成都 610000)

**摘要:**为减少或延缓城市道路半刚性基层反射裂缝的萌生、扩展,通过室内试验研究了橡胶沥青应力吸收层路用性能,分析其作为半刚性基础抗裂措施的抗裂效果。结合城市新建道路工程现场试验段,对其施工工艺和施工质量控制要点进行了总结,提高了现场施工的质量,并对现场试验段的长期使用效果进行跟踪观察。结果表明,铺设橡胶沥青应力吸收层后,路面的疲劳、剪切、拉拔和低温抗裂性能均具有较大的提高,其路面在使用较长一段时间后均未出现反射裂缝,其能较好的防止或延缓反射裂缝的产生、扩展。

**关键词:**橡胶沥青;应力吸收层;城市道路;工程应用

**中图分类号:** P632

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1009-7716(2021)03-0179-04

## 0 引言

沥青路面半刚性基层,由于具有较高的强度和承载能力,被广泛用于道路结构,但其存在一些早期病害,如反射裂缝等<sup>[1-2]</sup>。研究发现,国内新建道路投入使用1~2 a内均出现大量裂隙,根据钻芯取样试验结果,大部分的道路裂缝都为半刚性基层引起的反射裂缝,且与气候相关性不大。反射裂缝存在,一定程度上降低路面结构强度,进而加速路面弯曲破坏<sup>[3-4]</sup>,并且可能引起路面的其他类型病害<sup>[5]</sup>。我国地域跨度较大,自然环境变化复杂多变<sup>[6-7]</sup>,但路面结构形式与材料配比设计基本不变<sup>[8]</sup>,其路面质量主要与材料、设计、施工技术、管理等因素有关,由于半刚性基层材料为水硬性材料,其物理化学反应持续时间较长,基层强度和刚度随龄期增长而不断增强,表现出较强温度和湿度敏感性<sup>[9-10]</sup>,若施工条件较差,可能引起干缩和温缩,半刚性基层与上下层之间的磨阻作用减缓其收缩变形,从而形成拉应力,可能会导致断裂,产生缺陷。在水-力-温度耦合作用下,易产生应力集中,导致裂纹逐渐萌生扩展,发展成为贯通裂缝,导致路面裂缝的产生,常被称为反射裂缝<sup>[11-13]</sup>。路面反射裂缝的产生也与其结构形式单元有关<sup>[14]</sup>。因此,在沥青路面结构设计中,采用新技术、新方法、新工艺,提高沥青混合料路用性能,对降低道路建设和养护成本、延长使用寿命具有重要意义<sup>[15-16]</sup>。

收稿日期: 2020-08-11

作者简介: 江智勇(1990—),男,本科,工程师,从事路桥设计工作。

本文通过研究橡胶沥青应力吸收层的路用性能,并将其应用于城市新建道路工程,对其施工工艺、质量控制进行重点分析,讨论其在城市新建道路中的应用。

## 1 橡胶沥青应力吸收层路用性能

### 1.1 疲劳性能

图1为试样示意图与小梁试件,应力吸收层厚为1 cm,应力吸收层下为1 cm 沥青混合料,其上为3 cm 沥青混合料,裂缝宽度为0.5 cm。试验温度15℃,加载为应变控制,控制应变为250  $\mu\epsilon$ ,取10万次荷载作用下的劲度模量占初始模量百分比作为评价指标(若抗疲劳性能较强,则劲度模量取初始劲度的50%时的次数)。



图1 试样结构示意图与试样

根据试验结果,小梁试件的残留劲度百分比为69.4%。

### 1.2 剪切性能

剪切试验试样尺寸为 $\phi 150 \text{ mm} \times 105 \text{ mm}$ 的圆

柱体,采取现场钻芯,并将其切割成标准试件,在其顶面(不涂透层)设橡胶沥青应力吸收层,然后在上面碾压沥青混合料,厚度为 50 mm,试件成型按厚度控制在 10.5 cm,经过一定时间养生,并进行剪切试验。试验加载速率为 50 mm/min,试验温度分别为 30℃。

根据试验结果,试样的抗剪强度为 0.78 MPa,破坏时位移达到 1.19 mm,其抗变形能力较强。

### 1.3 拉拔性能

拉拔试验试样为  $\phi 52 \text{ mm} \times 90 \text{ mm}$  圆柱体,其中水泥稳定碎石基层厚度 40 mm,沥青面层厚度 40 mm,试件成型后用环氧树脂将接头粘牢,24 h 后进行试验,试验温度为 30℃,加载速率为 10 mm/min。

由表 1 可知,胶结料用量为 1.8 kg/m<sup>2</sup> 时,试样平均拉拔强度为 0.34 MPa,胶结料用量为 2.4 kg/m<sup>2</sup> 时平均拉拔强度为 0.35 MPa,胶结料用量为 3.0 kg/m<sup>2</sup> 的平均拉拔强度为 0.37 MPa。随着橡胶沥青洒布量的增加,其拉拔强度呈增大的趋势,其抗变形能力逐渐增强,一定程度上延缓反射裂缝的扩展。

表 1 拉拔试验结果

橡胶沥青用量 (kg·m <sup>-2</sup> )	拉拔强度 /MPa			平均拉拔强度 /MPa
	S1	S2	S3	
1.8	0.34	0.37	0.32	0.34
2.4	0.37	0.34	0.34	0.35
3	0.36	0.38	0.37	0.37

### 1.4 低温抗裂性能

通过将轮碾法成型的板块切割成 250 mm × 30 mm × 35 mm 的棱柱体,并将其置于恒温水槽(-10℃)中 45 min 以上,调整支座支点间距为 200 mm ± 0.5 mm,加载速率以 50 mm/min。

根据试验结果,试件的最大弯拉破坏应变为 5 242.71  $\mu\epsilon$ ,弯曲劲度模量为 2 379.12 MPa,断裂能为 1.17J;具有较好的低温抗裂性能。

表 2 基质沥青技术参数

物理特征	密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	针入度/(0.1 mm)	软化点/℃	延度/(15℃/cm)	黏度/(60℃/pa·s)	弹性恢复/%
量值	1.028	66.0	45.5	>100	185	12.4

表 3 集料技术参数

物理特征	密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	含水率/%	黏附性(AR)	<0.075 mm 含量/%	吸水率/%	针片状/%	压碎值/%
量值	2.968	1.7	5 级	0.50	1.2	6.2	12.2
规范要求	≥2.6	-	≥5 级	≤1.0	≤2.0	≤12	≤10

## 2 橡胶沥青应力吸收层工程应用

将橡胶沥青应力吸收层某城市新建道路工程,以抑制或减缓路面反射裂缝的产生,并对其施工工艺进行分析,控制其施工过程质量,并观察其长期的使用效果。

### 2.1 原材料

本次道路新建工程橡胶沥青应力吸收层所用基质沥青为 70# 道路石油沥青,其性能见表 2。粗集料采用质地坚硬、干净整洁,其技术性能见表 3。橡胶粉无杂质,纤维含量应低于 0.5%,含有 4%的碳酸钙,防止其产生粘结。集料石质坚硬、清洁,图 2 为基质沥青、粗集料和橡胶粉。

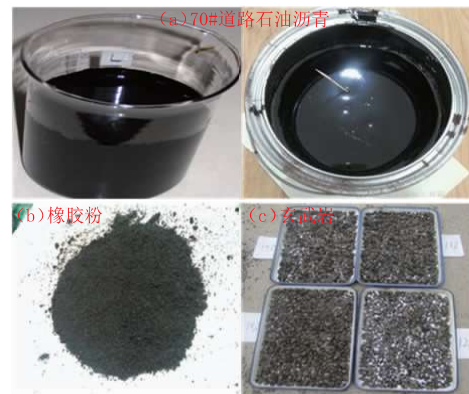


图 2 基质沥青、粗集料和橡胶粉

### 2.2 橡胶沥青应力吸收层施工

#### 2.2.1 橡胶沥青制备

先将 70# 道路石油沥青加热到 150℃~160℃,泵送至溶胀灌,同时加热到 190℃~200℃,待温度稳定后,再加入 30 目橡胶粉,使其与基质沥青高速搅拌均匀,胶粉在高速搅拌过程中溶胀,搅拌时间为 15~20 min,温度保持在 180℃~185℃之间。剪切分散后的橡胶沥青输送至反应罐内进一步反应,反应温度 185℃~190℃,反应时间 30~35 min,完成橡胶沥青制备。

## 2.2.2 橡胶沥青应力吸收层施工

### (1) 施工准备

施工前,应将道路基层的表面清扫干净,路基表面不得留有浮浆、杂物等。应尽量使基层表面骨料颗粒部分裸露,以便与橡胶沥青应力吸收层更好的粘结。

橡胶沥青制备完成,其储存量能满足施工要求,粗集料准备充足,施工机械设备(同步碎石封层车、25 t 胶轮压路机等)准备就绪。

### (2) 施工

采用同步碎石封层车进行橡胶沥青应力吸收层的施工(见图3)。应先将高温(185℃~190℃)的橡胶沥青均匀的洒布在清理后的基层上,随时检查橡胶沥青的洒布量,以便及时调整洒布量。沥青洒布不足或漏洒,可采取人工进行补洒。



图3 同步封层车施工

碎石撒布应紧跟橡胶沥青洒布,以防止橡胶沥青洒布后,温度降低过快导致橡胶沥青与碎石之间的粘结力不足。施工过程中,应随时检测碎石撒布量。碎石撒布不足或漏撒,应及时进行人工补洒。

碾压应在碎石撒布完成后及时进行,采用25 t 胶轮压路机进修碾压,并与同步碎石封层车保持5 m以内(见图4)。为防止因温度降低较快导致橡胶沥青与碎石的粘结力减弱,碾压应及时进行,否则会降低应力吸收层的施工质量,进一步影响路面的抗裂效果。因此初压时,橡胶沥青温度不低于100℃。



图4 碾压

碾压完毕后,人工清扫应力吸收层表面松散的碎石,避免沥青面层与其之间的粘结降低,影响路面整体性能。

## 2.3 橡胶沥青应力吸收层施工检测

现场施工检测主要包含橡胶沥青及洒布量、粗集料撒布量、外观检查以及刹车试验等。

### (1) 橡胶沥青

施工前,制备的橡胶沥青应满足技术要求,施工现场以橡胶沥青针入度、软化点、回弹模量作为质量控制指标,对原材料进行检测,其检测结果见表4,满足规范要求。

表4 橡胶沥青检测结果

试样	针入度/(0.1 mm)	软化点/℃	回弹模量/MPa
SR1	50.7	60.5	86
SR2	47.5	70.1	89
SR3	48.3	63.8	83
技术要求	≥25	≥57	≥80

### (2) 橡胶沥青洒布量

先测量工程纸的质量和尺寸,再将其放在路基顶面,待同步封层车经过后,称量工程纸的质量,并进行记录,见图5。根据试验结果,橡胶沥青的平均洒布量为2.8 kg/m<sup>2</sup>,满足要求。



图5 现场沥青量检测

### (3) 集料撒布量

在碎石撒布车行经的路面上预先放好托盘,记录托盘质量与尺寸,当碎石撒布车经过后,测量托盘质量,并记录,见图6。集料平均撒布量为12.1 kg/m<sup>2</sup>,满足规范要求。



图6 碎石撒布量检测



#### (4) 刹车试验

应力吸收层施工完成 24 h 后,用 BZZ-60 标准汽车,以 50 km/h 车速行驶过程中进行紧急制动,观察吸收层的粘结性能,见图 7。由结果可知,试验后,应力吸收层表面基本完好,未发生碎石脱落现象,沥青层也未出现破裂,表明其抗剪切能力较强。



图 7 现场刹车试验

#### (5) 外观检查

施工过程中,随时进行外观检查,见图 8。应使粗集料撒布均匀,无露撒,橡胶沥青无起皮、油包以及基层外露等,并且与基层的粘结应牢固。



图 8 外观检查

### 2.4 橡胶沥青应力吸收层应用效果

路面施工完成后,对其施工路段的路面状况进行观测,见图 9。发现通车使用 3 a 后,沥青路面状况完好,无裂缝出现,表现出较好的防裂效果。

## 3 结论

本文基于对橡胶沥青应力吸收层的路用性能试验,详细分析了应力吸收层的疲劳、剪切、拉拔和低温抗裂性能,在此基础上,将其应用于某城市新建道路工程,并通过跟踪观测,分析其防止或延缓半刚性基层反射裂缝的可行性。通过室内试验,结合工程现场应用,总结了橡胶沥青应力吸收层的施工工艺和质量控制重点,为其广泛应用提供



图 9 路面裂缝观测

了参考依据。

#### 参考文献:

- [1] 曹建建,郑炳锋.4类不同基层沥青路面长期性能研究[J].公路,2020(4):1-6
- [2] 王居福.论沥青路面裂缝特征及防治技术[J].中外建筑,2018(11):147-149.
- [3] 张晶,付伟,何斌,等.半刚性基层沥青路面防裂基布防裂效果现场试验研究[J].公路,2018,63(12):48-52.
- [4] 王居福.论沥青路面裂缝特征及防治技术[J].中外建筑,2018(11):147-149.
- [5] Bahia, H., Davies, R., Effect of Crumb Rubber Modifier (CRM) on Performance-Related Properties of Asphalt Binders[J].Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists,1994,63,414-438.
- [6] 潘睿.寒冷地区温拌橡胶沥青混合料应力吸收层防治反射裂缝的力学分析[J].公路,2019,64(1):52-58.
- [7] 梁海,王松雨.改性沥青在机场高速公路的应用与研究[J].公路,2009(6):116-119.
- [8] 申结结,郑传峰,胡孝阳,等.半刚性基层与柔性基层沥青路面结构对比分析[J].公路,2019,64(1):9-12.
- [9] 夏蕊芳.基于有限元分析法在半刚性基层路面反射裂缝的研究[J].公路工程,2017,42(3):18-25.
- [10] 王亚晓.环氧改性聚氨酯材料在半刚性基层沥青路面既有裂缝修复中的应用研究[D].湖南长沙:长沙理工大学,2015.
- [11] 宋健民,白鹏飞,管晓晴.半刚性基层沥青路面反射裂缝建模分析[J].公路工程,2017,42(3):40-44,51.
- [12] 孙文圃,白雨瓚,张洪亮.交通荷载作用下玻纤格栅对反射裂缝扩展的影响[J].公路与汽运,2019(6):83-87.
- [13] 林骋.交通荷载作用下沥青路面数值模拟分析[D].浙江杭州:浙江大学,2015.
- [14] 申结结,郑传峰,胡孝阳,等.半刚性基层与柔性基层沥青路面结构对比分析[J].公路,2019,64(1):9-12.
- [15] Guoping Qian,Ding Yao,Xiangbing Gong,etc. Performance evaluation and field application of hard asphalt concrete under heavy traffic conditions[J].Construction and Building Materials,2019,228(228).
- [16] 沈海清.基于多级嵌挤型骨架的沥青混合料配合比优化设计及路用性能评价[J].公路与汽运,2017(4):64-66,72.