

文章编号:1005-0523(2016)03-0034-06

热沥青在不同界面间的层间粘结性能分析

刘靖¹, 张劲泉¹, 郝庚任²

(1. 交通运输部公路科学研究院, 北京 100088; 2. 同济大学道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 201804)

摘要:为了评价热沥青层间粘结油的实际效果和最佳洒布用量,利用砖面粘结强度拉拔法和拉拔模具,对 SBS 改性沥青,橡胶沥青, TB 沥青, TB 复合改性沥青, ESSO70# 基质沥青这 5 种热沥青在钢-沥青混凝土界面, 沥青混凝土-沥青混凝土界面, 水泥混凝土-沥青混凝土界面间的层间粘结性能进行了对比分析。研究表明:5 种热沥青在不同的界面上均有较好的粘结强度,其中 SBS 改性沥青的粘结强度最佳,而且热沥青在不同界面间的最佳沥青用量都介于 $0.6 \sim 0.8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

关键词:热沥青;层间粘结强度;拉拔试验;钢界面;沥青路面;水泥混凝土路面

中图分类号:U414

文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2016.03.006

我国公路沥青路面结构设计,采用双圆均布垂直荷载作用下的弹性层状连续体系理论进行计算^[1],弹性层状体系理论有若干个基本假定,其中之一是层间接触面应完全连续^[2]。若面层与面层,面层与基层之间的粘结状态改变,则层底最大主拉应变、最大剪应力、竖向压应变会发生显著改变,从而导致结构层发生拉裂、剪切、压密等破坏^[3-4],而路面层间能保持良好的层间连续状态是建立在足够的层间粘结强度上的。层间粘结强度主要体现在两个方面,即水平方向的抗剪切能力和竖直方向的抗拉拔能力。而目前多数研究对层间的抗剪强度指标做过详细计算,并提出了相应的强度指标^[5],但对于层间材料的粘结强度指标未提出明确要求,因此对层间竖向抗拉拔强度给出量化的计算分析很有必要。

粘层油在实际工程中应用很广泛:在钢桥面铺装沥青混凝土工程中,层间粘结是桥面铺装需要解决的诸多问题中的首要问题^[6];对于超薄沥青混凝土罩面,粘结层的良好处理至关重要^[7];混凝土桥面沥青铺装中的关键技术是铺装层与混凝土面板是否有良好的粘结性能^[8]。而不同的界面情况必然会对粘层油种类和洒布量有不同的要求,但是现行的交通部公路沥青路面设计、施工规范对不同种类的粘层油只有一个推荐的喷洒量: $0.3 \sim 0.6 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2}$ 或 $0.4 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2}$ ^[9]。为此本文通过拉拔试验来评价 5 种常用的热沥青在钢-沥青混凝土、沥青混凝土-沥青混凝土、水泥混凝土-沥青混凝土 3 种工程中常见界面间的层间粘结性能,从而提出了不同工况下粘油种类的选择和最佳洒布量的确定。

1 材料与试验

1.1 材料

本研究中选用的热沥青主要有 SBS 改性沥青,橡胶沥青, TB 沥青, TB 复合沥青, ESSO70# 基质沥青。前 4 种改性沥青都是在 ESSO70# 基质沥青的基础上,加入改性剂后,在实验室制备而成。制备方法:SBS 改性沥青由 ESSO70# 外掺 4.5% SBS 在 $185 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温下拌合而成;橡胶沥青由 ESSO70# 内掺 18% 40 目废旧子午胎橡胶粉在 $185 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温下拌合而成;TB 改性沥青由内掺 20% 40 目废旧子午胎橡胶粉在 $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温反复剪切

收稿日期:2015-01-18

作者简介:刘靖(1973—),女,高级工程师,博士,研究方向为沥青与沥青混合料。

拌合而成;TB 复合改性沥青由所述 TB 沥青外掺 1.5%SBS 在 185 ℃高温下拌合而成。

根据《JTG E20-2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程》对 ESSO70# 基质沥青和各改性沥青进行指标检测,其主要指标可见表 1 与表 3。改性剂 SBS 的主要技术指标见表 2。

表 1 ESSO70# 基质沥青的主要技术指标

Tab.1 Property index of ESSO70# basic asphalt

项目	指标要求	结果
针入度(25 ℃)/0.1 mm	60~80	62.4
延度(15 ℃)/cm	≥100	>150
软化点/℃	≥47	48.3
粘度(135 ℃)/Pa·s	—	0.56
密度(15 ℃)(g·cm ⁻³)	—	1.037
TFOT 163℃老化 5 h	质量损失比 /%	≤0.8
	针入度比/%	≥61
	延度(10℃)/cm	≥6

表 2 SBS 材料的主要技术指标

Tab.2 property index of SBS polymer

300% 拉伸应力/MPa	拉伸强度/MPa	断裂伸长率/%	断裂比/%
2.7	21.6	700	48

表 3 各改性沥青的主要技术指标

Tab.3 Property index of modified asphalt

项目	SBS 改性沥青	橡胶沥青	TB 沥青	TB 复合改性沥青
针入度(25 ℃)/0.1mm	50.3	53.2	159.1	101
软化点/℃	80.1	72.6	49.1	59.9
延度(5 ℃)/cm	35.5	—	28.1	50.7
粘度(135 ℃)/Pa·s	2.23	—	0.77	1.05
粘度(177 ℃)/Pa·s	0.76	3.4	—	—

1.2 试验设备与试验方法

目前还没有评价材料的粘结强度的标准方法,大多数学者都是利用 MTS 进行混合料间的拉拔试验拉检测层间材料的粘结强度大小^[10],或者自行开发拉拔仪,如长安大学申爱琴教授提出的部分自行设计的试验方法。本次试验采用的是砖面粘结强度拉拔法,砖面粘结强度拉拔法中的试验模型是实际路面结构粘结模型的一个简化。主要设备如图 1、图 2 所示。

1.3 试验温度的确定

在拉拔试验中,层间破坏要么发生在界面间,要么发生在粘层间。界面间破坏属于粘附性破坏,而粘层间破坏属于内聚力破坏。本文侧重研究的是沥青与不同界面间的粘附性破坏,因此要尽量保证层间破坏发生在界面间。在研究温度变化对层间材料粘结强度的影响中发现:低温条件下更易导致粘结材料从底面界面处断裂。表 4 中给出的采用砖面粘结强度拉拔法测试的基于钢板底面的不同 5 种沥青材料在 5 ℃水浴中的断裂面发生情况。



图 1 砖面粘结强度拉拔仪与拉拔底座
Fig.1 Instrument brick surface poll out test and base

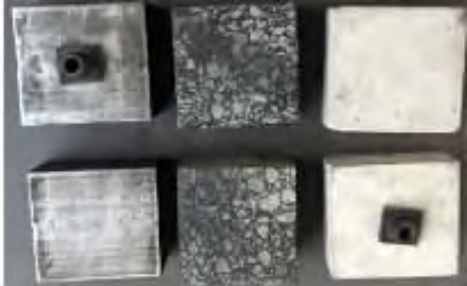


图2 3 种底座
Fig.2 Three kinds of base

由实验数据得:5℃水浴中进行的拉拔试验有 18/26 的拉拔断裂面试发生在界面间,有 4/26 的断裂面发生在半沥青半界面处,另有 4/26 的断裂面发生的沥青自身。因此在 5℃水浴条件下进行粘结强度拉拔试验能保证绝大多数破坏发生在界面间。综上所述,实验温度确定为 5℃。

表 4 不同五种沥青材料在 5℃水浴中的断裂面发生处
Tab.4 Fracture place for 5 kinds of hot asphalt in water bath at 5℃

沥青种类	拉拔力 /kN	断裂位置
267# 改性沥青	1.78	界面处
	1.58	界面处
	2.62	沥青
70# 伊朗沥青	1.07	界面处
	1.18	界面处
	0.98	界面处
	1.07	界面处
	1.10	界面处
	1.69	部分界面
68# 改性沥青	3.41	沥青
	2.76	沥青
	1.33	界面处
	1.35	界面处
	1.27	界面处
	1.18	界面处
70# 镇海沥青	0.78	界面处
	0.68	界面处
	0.75	界面处
	0.85	界面处
	1.75	部分界面处
	1.72	部分界面处
30# 改性沥青	0.95	界面处
	0.82	界面处
	0.87	界面处
	2.36	沥青
	1.12	部分界面处

2 试验结果与分析

2.1 钢-沥青混凝土界面粘结性能分析

试验底面选取钢面,成型前预先加热钢底面和拔头,加热钢底面的加热温度为 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$,改性沥青加热温度为 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$,基质沥青加热温度为 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ (选取不同的加热温度,一是便于热沥青摊铺均匀,二是防止沥青老化),成型模型,试验环境为 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水浴。5 种热沥青在不同洒布量下的粘结强度曲线如图 3 所示。

由图 3 可知在钢界面上 SBS 改性沥青的整体粘结效果明显优于其余 4 种,而且层间粘结强度随 SBS 改性沥青洒布量的增加逐渐增大。但是当沥青洒布量大于 $0.8\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 后,强度将不再增加。

2.2 沥青混凝土-沥青混凝土界面粘结性能分析

试验选取 AC-13 沥青混凝土作为底面,将成型好的 AC-13 混合料块切割成 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}\times 5\text{ cm}$ 的沥青混合料块。摊铺热沥青前先将沥青混凝土底面和拔头加热,混合料底面的加热温度为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$,这样便于热沥青能均匀的摊铺在沥青混凝土块上,拔头加热温度为 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。改性沥青加热温度为 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$,基质沥青加热温度为 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$,待沥青能够完全自由流淌再开始洒布沥青成型模型。试验环境为 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水浴,由实验所得数据可得 5 种类热沥青在不同洒布量下的粘结强度曲线如图 4 所示。

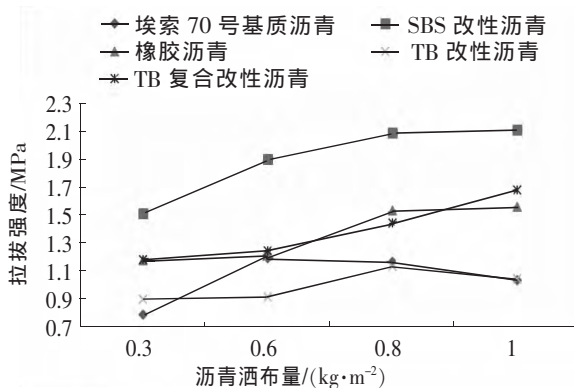


图 3 在钢界面上五种热沥青随沥青洒布量的不同粘结强度变化图

Fig.3 Five types of asphalt's bond strength change with different asphalt spraying amount on steel surface

由图 4 可知四种改性沥青在沥青混凝土界面上的粘结效果要明显优于 ESS070# 基质沥青,而且当沥青洒布量大于 $0.6\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 后层间粘结强度不再有明显增加,因此可将 $0.6\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 作为该界面上的最佳沥青洒布量。与此同时,相比在钢界面,SBS 改性沥青在沥青混凝土界面上并无十分明显的优势。

2.3 水泥混凝土-沥青混凝土界面间粘结性能分析

由于五种热沥青在钢底面和沥青混合料底面上的最佳沥青用量都介于 $0.6\sim 0.8\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。所以在水泥面上只选取 $0.6\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 洒布量对这五种热沥青进行了粘结强度评价。

试验中先浇筑 C35 水泥混凝土试块,然后切割成 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}\times 5\text{ cm}$ 的混凝土块。然后

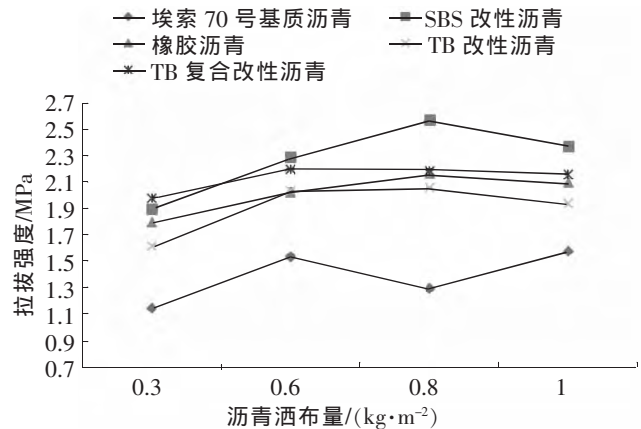


图 4 在沥青混凝土界面上五种热沥青随沥青洒布量的不同粘结强度变化图

Fig.4 Five types of asphalt bond strength change with different asphalt spraying amount on bituminous surface

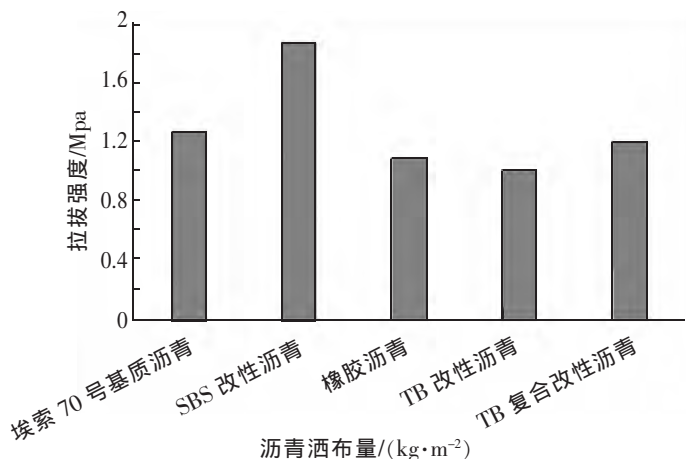


图 5 在水泥混凝土界面上洒布量为 $0.6\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 时五种热沥青的粘结强度变化图

Fig.5 Five types of asphalt bond strength change when the spraying amount of asphalt is $0.6\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ on concrete surface

再将沥青混凝土底面和拔头加热,混合料底面的加热温度为 60°C ,拔头加热温度为 120°C 。改性沥青加热温度为 180°C ,基质沥青加热温度为 150°C ,沥青能够完全自由流淌再开始洒布沥青成型模型。待强度形成,采用砖面粘结强度拉拔法检测,试验环境为 5°C 水浴。由实验数据得 5 种类热沥青在 $0.6\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 洒布量下的粘结强度如图 5 所示。

由图 5 可知沥青洒布量为 $0.6\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 时 5 种热沥青在水泥混凝土面上的粘结强度强弱顺序依次是: SBS 改性沥青> ESSO70# 基质沥青> TB 复合改性沥青> 橡胶沥青> TB 改性沥青。SBS 改性沥青的粘结效果明显优于其余 4 种,且后面 4 种沥青的粘结强度差别并不是很大。

2.4 热沥青在 3 种界面间的粘结强度对比

因为这 5 种热沥青在钢底面和沥青混合料底面上的最佳沥青用量都介于 $0.6\sim 0.8\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$,且本文在水泥面上只选取 $0.6\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 的洒布量进行实验。所以此处选择 $0.6\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 的洒布量下,不同界面上 5 种沥青的粘结强度进行对比分析,如图 6 所示。

由图 6 分析可得:

1) 4 种改性沥青在不同的底面上的粘结强度具有一致性,粘结强度由强到弱顺序依次是 SBS 改性沥青> TB 复合改性沥青> 橡胶沥青> TB 改性沥青。而且无论在哪种界面上,SBS 改性沥青的粘结效果都是最好的。

2) 总体看来,不同热沥青在沥青混凝土界面上的平均粘结强度要高于其他两个界面。这主要是由于热沥青能与原来沥青混凝土表面的沥青重新融合,从而增大了粘结强度。

3 结论

1) 本文研究的 5 种热沥青中 SBS 改性沥青在 3 种界面条件下的粘结效果都是最好的,因此实际工程中 SBS 改性沥青的应用范围最广。

2) 在钢界面和水泥混凝土界面上,SBS 改性沥青的粘结强度要明显大于其他几种沥青,因此这两种界面间选择 SBS 改性沥青做粘层油最合适。同时在这两种界面间的最佳洒布量介于 $0.6\sim 0.8\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 之间。

3) 在沥青混凝土界面,4 种改性沥青效果差异不大,可根据实际工程需要和经济性原则选取其中的一种作为粘层油,这 4 种改性沥青在沥青混凝土界面的最佳洒布量均为 $0.6\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

4) 相同的沥青种类和洒布量条件下,钢界面和水泥混凝土界面下的平均粘结强度要小于沥青混凝土界面,因此这两种界面应该是工程中重点关注的界面类型。

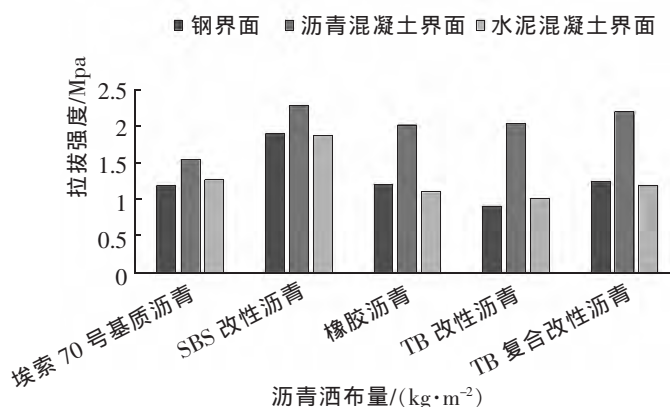


图 6 $0.6\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 洒布量下 5 种沥青在不同界面上的粘结强度对比

Fig.6 Five types of asphalt bond strength change when the spraying amount of asphalt is $0.6\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ on different surface

参考文献:

- [1] 中华人民共和国交通部. JTG D50-2006 公路沥青路面设计规范[S]. 北京:人民交通出版社,2006.
- [2] 邓学钧,黄晓明. 路面设计原理与方法 [M]. 北京:人民交通出版社,2001.
- [3] 杨庆国,王旭,王少怀,等. 基-面层间粘结状态对沥青路面车辙的影响[J]. 公路工程,2013, 38(5):282-286.
- [4] 魏姍,杨庆国,谷建义. 沥青路面基层与面层局部粘结失效的受力分析[J]. 重庆交通大学学报:自然科学版,2011, 30(3): 403-406.
- [5] 张占军,胡长顺,王秉纲. 水泥混凝土桥面沥青混凝土铺装结构设计方法研究[J]. 中国公路学报,2001,14(1):56-59.

- [6] 吴玉辉,周卫峰. 基于拉拔和车辙试验的沥青面层间黏层油性评价[J]. 天津大学学报. 2009,42(5):419-423.
- [7] 司正军. 超薄沥青混凝土面层性能的研究[J]. 中国矿业,2008,17(8):94-96..
- [8] 张占军,胡长顺,王秉纲. 水泥混凝土桥面沥青混凝土铺装结构设计方法研究[J]. 中国公路学报. 2001,14(1):56-59
- [9] 中华人民共和国交通部.JTG F40—2004 公路沥青路面施工技术规范[S]. 北京:人民交通出版社,2004.
- [10] 田小革,文湘,于斌. 排水性沥青路面防水粘结层拉拔性能试验研究[J]. 交通科学与工程. 2012,28(1):10-15.
- [11] 中华人民共和国交通部.JTG F30—2003 公路水泥混凝土路面施工技术规范[S]. 北京:人民交通出版社,2003.

Adhesive Property Evaluation of Hot Asphalt on Different Surface

Liu Jing¹,Zhang Jinqun¹,Hao Gengren²

(1. Highway Research Institute of the Ministry of Transport, Beijing 100088, China; 2. Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: With cohesive force as the evaluation standard, drawing tests were carried out by using SBS modified asphalt, rubber asphalt, TB asphalt, TB compound modified asphalt and ESSO70# basic asphalt as tack coat oil to evaluate effects of the tack coat oil and the optimum asphalt content on steel surface, bituminous concrete surface and cement concrete surface. Results indicate that all kinds of hot asphalt exhibit excellent performance with SBS modified asphalt exhibiting the best adhesive performance. It finds out that the adhesive property of asphalt is improved greatly when the application amount ranges from 0.6 to 0.8 kg·m⁻².

Key words: hot asphalt; adhesive property; drawing tests; steel surface; bituminous concrete surface; cement concrete surface

(责任编辑 王建华)