

文章编号: 1002-0268 (2007) 11-0033-04

环氧树脂沥青桥面防水材料性能研究

王新明, 黄 卫

(东南大学 智能运输研究所, 江苏 南京 210096)

摘要: 通过分析桥面防水性能及要求, 得出桥面结构中防水粘结层设置的重要性。选定了高剂量 SBR 改性橡胶沥青和环氧沥青进行材料性能试验, 从防水层设置环境所需的材料性能要求出发, 进行了拉伸试验、剪切试验和拉拔试验, 据此分析了防水材料的物理力学性能、路用性能和抗损伤性能要求。研究表明, 高剂量 SBR 改性橡胶沥青和环氧沥青均具有良好的路用性能和物理力学性能; 环氧沥青的抗拉强度与抗剪强度均较 SBR 改性橡胶沥青大, 并且粘结力极强, 受高温等因素的影响相对较小, 可用于钢桥和水泥混凝土桥面防水层, 是一种优良的桥面防水材料。该研究为改进和优化防水层设置, 正确选择优良路面防水层提供了有力依据。

关键词: 道路工程; 防水层; 试验; 环氧沥青; SBR 改性沥青

中图分类号: U414.3

文献标识码: A

Material Performance of Epoxy Resin Asphalt for Bridge Waterproof Deck

WANG Xin-ming, HUANG Wei

(Institute of Intelligent Transportation of Southeast University, Jiangsu Nanjing 210096, China)

Abstract: By analyzing the function of bridge waterproof deck and structure requirements, waterproof deck is very important in structure of bridge asphalt pavement. By analyzing waterproof layer material performance and environmental requirements, epoxy resin asphalt and SBR modified asphalt are selected to conduct tensile test, shearing test and pulling test. The study indicates that, both SBR modified asphalt and epoxy resin asphalt have good road performance and physical properties; epoxy resin asphalt waterproof layer has better shearing and pulling test results with higher binding quality and less relevance effected by high temperature; it can be used on steel and concrete bridge as a kind of good waterproof material for bridge deck. The research can effectively improve and optimize the waterproof layer and provide a basis for waterproof layer.

Key words: road engineering; waterproof deck; testing; epoxy resin asphalt; SBR modified asphalt

0 引言

美国从 20 世纪 60 年代开始认识到桥面发生腐蚀破坏的严重性。1979 年, 美国国会报告指出: 研究和合理设置防水层的主要目的是保证和提高桥梁的耐久性, 可有效防止因冰冻造成的桥面混凝土破坏和主梁钢筋的锈蚀, 设置防水层的费用和效益比为 1 2.75, 显然经济效益十分显著。

我国从 20 世纪 80 年代开始逐渐认识到桥面锈蚀的严重性, 开始意识到桥面防水的重要性, 开始在北京、天津、广东、山西等地铺设柔性防水层。由于缺乏系统研究, 只是简单参照屋面防水技术要求, 所用

产品也大都为屋面防水专用材料。但桥面防水材料所处物理力学环境比屋面防水条件要严格苛刻得多, 除了要求防水材料具有不透水、耐高温、低温、耐腐蚀、耐老化, 还要与桥面铺装层具有良好粘结力, 更重要的是要具有抵抗汽车水平荷载和垂直应力的综合作用, 具有良好的抗剪性能, 具有抵抗桥面裂缝的张拉作用和疲劳影响等作用。

柔性防水材料按施工方法与材料特性的不同可分为热固型、热熔型、溶剂型 3 种材料。热熔型材料由改性沥青 (如 EVA、PE、SBR) 等组成; 溶剂型材料一般多指乳化沥青和可溶性的橡胶沥青; 热固性材料指环氧沥青, 它通过往沥青中掺入一定比例的环氧树

收稿日期: 2007-06-25

作者简介: 王新明 (1975 -), 男, 江苏新沂人, 博士研究生, 研究方向为沥青与沥青混合料. (wangxm@szgl.net)

脂及固化剂与催化剂后在加热条件下发生复杂物理化学反应而得到。

SBR 改性橡胶沥青材料是一种常用的热熔型防水材料,广泛用于大中小桥桥面防水材料,在宜昌长江大桥、厦门海沧大桥桥面防水上得到应用。环氧沥青桥面防水材料是近年开发使用的。本文选定了高剂量 SBR 改性橡胶沥青和环氧沥青进行材料性能试验。

1 桥面防水材料性能要求

根据钢桥桥面防水材料所处的物理力学环境和特点,经综合分析,应具有以下一些性能。

1.1 物理力学性能

(1) 不透水性。对于绝大多数沥青桥面铺装,由于空隙率的存在,总有部分水分下渗到桥面铺装层的底部,交通荷载对路面的反复冲击作用会促使这些空隙水形成瞬间的高压。作为桥面防水层,必须具有良好的不透水性。尤其在伸缩缝前的硬路肩处,合成坡度造成铺装层底部容易积聚下渗水,非常容易发生铺装层和桥面板的损坏。在这些薄弱位置,尤其要注意防水层的不透水性。试验表明,在路面渗水仪 57 cm 水柱作用下 30 min,试件均无渗水现象,表明材料的不透水性良好。

(2) 粘结性能。对桥面铺装层和桥面板间的粘结能力强,并且在桥面温度变化范围(-15~+70)内性能稳定。具有良好的抗剪切性能,能够抵抗水平汽车荷载作用,不会形成铺装层和桥面间的脱离现象。

(3) 耐老化性能。柔性防水材料多为有机材料或高分子改性沥青材料,而有机物最大缺点是容易老化。在自然条件、荷载等各种因素综合作用下,防水材料会发生以过氧基为中间体的链式反应(自动氧化过程)。防水材料的耐老化性能过差,还会降低与其他层次的粘结力,导致面层早期破坏。因此,要求防水材料应具有优良的耐久性能,尤其不应含有已老化再生胶。

1.2 路用性能

(1) 高温稳定性能。具备抵抗沥青混凝土施工温度(高温破坏)的性能,在摊铺碾压的时段内可抵抗短期破坏。在桥梁运营期间,面层薄温度高,防水层要具备抵抗长时间高温作用的性能。

(2) 耐低温性能。防水材料在低温状况下具备良好的抗裂能力,避免剧烈降温造成自身开裂,丧失防水能力。

1.3 抗损伤性能

(1) 抗刺破及不透水性。防水层施工过程要简单、方便,自动化程度高,劳动强度低。防水层材料应能适应宽的温度范围施工,具有不太复杂的施工工艺,便于一般技术人员操作。施工过程中,防水层要能够抵抗摊铺机、压路机、自卸车辆等大型设备的破坏,在沥青高温作用下碾压无刺破现象。

(2) 抗腐蚀性。桥面难免有车辆燃油泄漏到沥青表面,防水材料要具备抵抗汽油、柴油等有机溶剂的破坏,一般在有机溶剂中浸泡 2 h 无变化。

2 材料性能试验

2.1 防水材料的制备

本研究的环氧沥青防水材料为两组分:一组分为环氧树脂,采用无锡树脂厂生产的 E.A51,另一组分为自制的固化组分,包括环氧树脂固化剂、直馏石油沥青等。为了提高固化物的柔韧性,添加了长链的、两端具有活性基团的增韧剂,并且添加了具有活性基团的长链聚合物增容剂,以改善环氧树脂与直馏石油沥青的相容性。环氧沥青防水层的技术指标见表 1。

表 1 环氧沥青防水层的技术指标

技术指标	实测结果	技术要求	试验方法
抗拉强度(23)/MPa	7.89	6.0	ASTIM D 638
断裂时的延伸率(23)/%	247	190	ASTIM D 638
热固性(300)	不熔化	不熔化	
吸水率(7 d,23)/%	0.07	0.3	ASTIM D 570
在荷载作用下的热挠曲温度/	-17.2	-18~-15	ASTIM D 648
粘度增至 1 Pa·s(121)耗时/min	27	20	参 JTJ052-2000

国内部分大桥钢桥桥面防水层也采用热熔型防水材料,是改性沥青类材料,由沥青掺加树脂(如松香)和各种聚合物(如 EVA、PE、SBR)等组,如宜昌长江大桥采用是 SBR 改性沥青防水层,厦门海沧大桥采用的是乳化橡胶沥青防水层。SBR 改性橡胶沥青防水材料的技术指标见表 2。

表 2 SBR 改性橡胶沥青防水层的技术指标

技术指标	试验结果	技术要求	试验方法
针入度(25 ,100 g,5 s)/(0.1 mm)	15.6	30	T0604-2000
软化点(R&B)/	105	100	T0606-2000
延度(5)/cm	84	50	T0605-2000
断裂延伸率(5 ,50 cm/min)/%	380	190	ASTIM D 638
回弹率(25 ,20 cm,30 min)/%	84	50	T0605-2000
运动粘度(190)/(mm ² ·s ⁻¹)	807	1 500	ASTIM D 445
与钢板粘附力(25)/MPa	1.4	1.2	拉拔试验

2.2 防水材料拉伸试验

为比较环氧沥青防水材料与 SBR 改性橡胶沥青防水材料的性能,分别测试 2 种材料平行试验的抗拉

强度与断裂延伸率。考虑试件成型的因素, 环氧沥青材料拉伸试验温度为 23 , SBR 改性橡胶沥青材料的拉伸试验温度为 5 。实测试验结果如表 3、表 4 所示。

表 3 防水材料抗拉强度试验

Tab. 3 Tensile strength test of waterproof material

试件编号	1号	2号	3号	4号	5号	6号	平均值	要求
环氧沥青/MPa	8.06	8.03	8.10	7.91	7.94	8.10	8.02	
SBR 橡胶沥青 /MPa	2.12	2.23	2.18	2.37	2.16	2.37	2.24	6.00

表 4 防水材料断裂延伸率试验

Tab. 4 Fracture elongation ration test of waterproof material

试件编号	1号	2号	3号	4号	5号	6号	平均值	技术要求
环氧沥青/%	220	230	240	220	220	230	227	
SBR 橡胶 沥青/%	206	212	207	220	215	210	212	190

由表 3、表 4 可见, 环氧沥青的断裂延伸率与 SBR 改性橡胶沥青的断裂延伸率相关不大, 但两者的试验温度存在较大差异, 因此不能将两者进行简单的对比。但两者的极限抗拉强度相差很大, 环氧沥青的抗拉强度较高, 而 SBR 改性橡胶沥青材料的抗拉强度不满足技术要求。

2.3 防水材料抗剪切性能

对于桥面铺装层的粘结层材料剪切性能试验采用如图 1 所示的装置。当对试件施加荷载 P 时, 试件剪切面上的剪切强度 $\tau = P/S$, 其中 S 为试件受剪切截面积。将试件切割成一定尺寸, 测试所能施加的最大破坏荷载 P , 从而计算出粘结层的剪切强度。

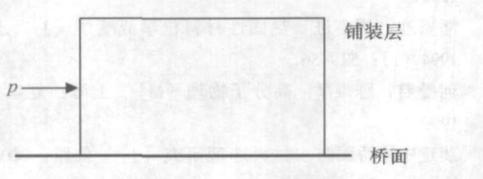


图 1 防水层剪切试验示意图

Fig. 1 Shearing test of waterproof layer

根据桥面铺装的实际使用条件, 车辆在桥面行驶时对粘结层所施加的水平剪切力, 最不利的情况是在高温环境条件下。因此, 本研究对环氧沥青粘结层进行了 20 和 60 的粘结层剪切强度试验, 结果如表 5 所示。试验表明: 环氧沥青、SBR 改性橡胶沥青的抗剪切强度不论在何种环境温度下均有较好的表现, 满足技术要求。所有材料的抗剪切强度均随着温度的升高而降低。各种材料均存在一个最佳厚度, 经试验分析, 环氧沥青防水层厚度为 1.0 mm, SBR 改性橡胶沥青防水层最佳厚度为 1.5 mm。

表 5 防水层剪切强度试验

Tab. 5 Shearing strength test result of waterproof layer

粘结材料	试验温度 /	破坏荷载 /kN	剪切强度 /MPa	技术要求 /MPa	试件破坏面位置
完全固化 环氧沥青 防水材料	21	42.95	6.84	3.0	铺装层与 桥面间
	60	1.91	0.97	0.6	铺装层与 桥面间
SBR 改性 橡胶沥青 防水材料	21	22.29	3.55	3.0	铺装层与 桥面间
	60	1.26	0.64	0.6	铺装层与 桥面间

针对桥面实际结构, 考虑水平力作用(摩擦系数为 0.5), 采用有限元分析计算, 常温时(21)桥面与铺装间的最大剪应力为 0.48 MPa, 高温(60)时为 0.33 MPa。

同时对比日本本四桥的试验结果表明, 采用环氧沥青粘结材料, 其抗剪强度远大于本四桥的试验结果, 也完全满足国外相关技术要求。

2.4 防水材料拉拔试验

研究结果表明在钢桥桥面铺装结构中, 桥面板或者混凝土调平层与沥青混凝土间的粘结强度对铺装体系的抗疲劳特性有较大的影响, 所以采用拉拔试验来评定桥面与沥青混凝土间的粘结状况。对于钢桥桥面, 正交异性钢桥面板喷砂除锈后采用环氧富锌漆进行防腐涂装, 再在其上铺筑沥青混凝土; 对于水泥混凝土桥面铺装, 柔性防水材料既起到防水的作用, 又起到粘结层的作用, 将水泥混凝土和沥青铺装层间应力传递, 发挥承上启下作用。拉拔试验主要检验桥面板和铺装层间的粘结强度, 反映沥青混凝土铺装和桥面间的粘结能力。试验在 3 种温度条件下进行: 低温(0 ± 2)、常温(23 ± 2) 和高温(60 ± 2)。试验结果见表 6 所示。

表 6 环氧沥青防水材料拉拔试验结果

Tab. 6 Pulling test result of epoxy resin asphalt waterproof material

试验温度 /	编号	破坏拉力 /kN	粘结强度 /MPa	平均值 /MPa	破坏面位置
0 ± 2	1	8.14	4.07	4.24	拉头和胶粘剂间
	2	8.14	4.07		拉头和胶粘剂间
	3	9.16	4.58		拉头和胶粘剂间
20 ± 2	1	5.70	2.85	2.82	铺装层内部
	2	5.58	2.79		铺装层内部
60 ± 2	1	2.04	1.02	0.97	铺装层内部
	2	1.84	0.92		铺装层内部

SBR 改性橡胶沥青材料的试验结果如表 7 所示, 同时对比厦门海沧大桥和宜昌大桥试验结果(表 8)。

表7 SBR改性橡胶沥青材料拉拔试验结果

Tab.7 Pulling test result of SBR modified asphalt waterproof material

防水材料类型	编号	粘结强度/MPa		破坏面位置
		实测	要求	
SBR改性橡胶 沥青材料	RS-1	1.96	2.75	铺装材料内部
	RS-4	1.89		
	平均值	1.92		

表8 其他钢桥 SBR改性橡胶沥青试验结果

Tab.8 Test result of SBR modified asphalt waterproof material on some steel bridges

桥梁名称	铺装形式	粘结层材料	粘结强度/MPa		
			0	25	60
宜昌长江大桥	双层 SMA	SBR改性橡胶沥青	-	1.4	-
厦门海沧大桥	双层 SMA	SBR改性橡胶沥青	-	1.3	0.35

由拉拔试验结果可见,各种防水材料随着温度的升高,粘结强度迅速下降。对于我国大部分地区,夏季高温桥面铺装层最高温度达到60~70,高温下的粘结强度就显得尤为重要。环氧沥青防水材料的粘结力较强,且粘结强度满足技术要求,而改性橡胶沥青粘结料的粘结强度相对较差,不能满足常温下大于2.75 MPa的技术要求。防水材料在高温下粘结强度衰减迅速,仅为常温下的1/5左右。

2.5 防水材料热稳定性

在沥青混凝土铺装层摊铺过程中,温度较高可达160,防水材料在短时高温作用下,能否保持原有的性能,是防水层方案成功与否的关键,因此必须对防水材料进行高温稳定性试验。为了模拟摊铺施工现场对防水层的短期高温损坏,将成型好的拉伸试件与剪切试件置于160烘箱中保温,60 min后取出并在室温下冷却,观察有无脆化现象,同时在23条件下进行拉伸与剪切试验,试验结果如表9所示。

表9 防水材料热稳定性试验结果

Tab.9 High temperature stability test result of waterproof material

试验条件	断裂延伸率/%		抗拉强度/MPa		剪切强度/MPa	
	环氧 沥青	SBR改性 橡胶沥青	环氧 沥青	SBR改性 橡胶沥青	环氧 沥青	SBR改性 橡胶沥青
高温养护	212	193	7.66	1.94	2.85	1.35
标准养护	226	212	8.01	2.21	3.05	1.48
性能降低/%	6.19	8.96	4.37	12.22	6.56	8.78

由表9可见,高温对两种粘结层材料的性能均存在不同程度的影响,材料的抗拉强度与剪切强度等力

学指标受温度的影响大,而变形能力受温度的影响较小。总体说来,高温对环氧沥青防水材料的影响小于SBR改性橡胶沥青材料。实际施工时的温度虽然可能达到160,但这种温度的持续时间远小于试验条件所规定的60 min,因此防水材料受温度的实际影响比试验小。即便如此,高温对SBR橡胶沥青材料的性能影响仍应给予足够的重视。

3 结语

(1) 环氧沥青的断裂延伸率与SBR改性橡胶沥青的断裂延伸率相关不大,两者的极限抗拉强度相差很大,环氧沥青的抗拉强度较高,而SBR改性橡胶沥青材料的抗拉强度不满足技术要求。

(2) 防水材料的抗剪切强度均随温度的升高而降低。环氧沥青、SBR改性橡胶沥青的抗剪切强度不论在何种环境温度下均有较好的表现,满足技术要求。

(3) 各种防水材料随着温度的升高,粘结强度迅速下降。高温下的粘结强度就显得尤为重要。环氧沥青防水材料的粘结力较强,且粘结强度满足技术要求,而改性橡胶沥青粘结料的粘结强度相对较差,不能满足常温下大于2.75 MPa的技术要求。

(4) 高温对2种粘结层材料的性能均存在不同程度的影响,材料的抗拉强度与剪切强度等力学指标受温度的影响大,而变形能力受温度的影响较小。

参考文献:

- [1] 陈平,刘胜平.环氧树脂[M].北京:化学工业出版社,1999.
- [2] 潘璧连,周亨进.热固性材料化学流变学[J].热固性树脂,1994(1):52-56.
- [3] 何曼君,陈维孝.高分子物理[M].上海:复旦大学出版社,1999.
- [4] 裴建中.桥面防水材料选型研究[J].公路,2006(7):66-70.
- [5] 王晓,程刚,黄卫.环氧沥青混凝土性能研究[J].东南大学学报,2001,31(6):21-25.
- [6] 阎召辉,黄卫,钱振东.环氧沥青玛脂粘弹性能的细观研究[J].公路交通科技,2004,21(7):15-17.
- [7] 居浩,黄晓明.桥面防水材料性能研究[J].公路,2005(12):133-137.
- [8] 阎召辉,黄卫.环氧沥青粘度与施工性能研究[J].公路交通科技,2006,23(8):5-8.
- [9] 王新明,阎召辉,黄卫.环氧沥青混合料的弹性性能预测[J].公路交通科技,2007,24(7):35-38.
- [10] 阎召辉,黄卫,钱振东.环氧树脂沥青混合料粘弹行为的力学模型研究[J].公路交通科技,2007,24(7):6-9.