

# 桥面防水粘结材料性能研究

居 浩, 黄晓明

(东南大学交通学院 南京市 210096)

**摘 要:** 铺装结构中防水粘结层的设置至关重要。本文检验了 3 种防水粘结材料的原材料性能, 并通过室内模拟比较了三者实际的路用性能, 为合理选择防水粘结材料提供了依据。

**关键词:** 桥面铺装; 防水粘结材料; SBS 改性沥青; 路用性能

防水粘结层与铺装面层的设计及施工是有机的整体, 不容忽视。防水粘结层性能的好坏对桥面铺装的使用寿命影响很大。如果面层水透过防水粘结层渗入桥面板, 铺装层和桥面板之间粘结力下降, 甚至会产生脱层现象, 将导致桥面铺装使用品质的迅速恶化。

用于桥面的防水粘结材料应具备抵抗面层摊铺和碾压的能力, 能抵抗热沥青混合料的高温作用和经受行车荷载的考验, 并在此条件下与桥面和面层粘结良好, 保证水分无法渗透到桥面板。本文选定以下 3 种材料进行防水粘结试验。

## (1) 高剂量 SBS 改性沥青。

SBS 改性沥青的优越性能在于其能在沥青中形成的三维网状结构, 高劲度的聚苯乙烯“节点”及超韧性的聚丁二烯“链”克服了沥青自身的缺陷, 大大增强了沥青低温变形能力及耐高温性能, 使 SBS 改性沥青具有“刚柔并济”的力学特性。研究中采用以 5% 以上 SBS 为主要改性剂的改性沥青作为防水粘结材料。

## (2) 环氧沥青。

环氧沥青分 A、B 两组分。使用前 A 组分 120℃ 预热 1 h, B 组分 70℃ 预热 1 h 后, 按重量比 A : B = 100 : 25(0.5) 的比例混合; 搅拌 5~10 min 后立即使用。该混合料在烘箱内 120℃、15 min 基本固化, 常温 24 h 完全固化。

## (3) 专用粘结剂桥面二涂防水粘结层。

主要化学成分为氯丁胶乳化沥青防水涂料。专用粘结剂桥面二涂防水粘结层应用较广, 分为 1 号

料和 2 号料。施工时, 用 1 号底层料喷涂第一层, 用量为 1.45~1.52 kg/m<sup>2</sup>。实干后, 用 2 号面料, 按 0.1~0.15 kg/m<sup>2</sup> 的用量喷涂第二层。实干后整体平均厚度 0.5~0.6 mm。喷涂结束, 养护 24 h 以上, 经检查实干后方可进行沥青混凝土铺装层施工。

## 1 原材料质量检验

目前我国还没有统一的桥面防水粘结的设计、施工、检验方面的规范, 因此, 本文首先对桥面防水粘结层原材料进行试验研究。

### 1.1 低温韧性

防水材料低温性能的好坏直接关系到其耐久性。冬季气温骤降会使防水粘结材料的抗拉伸性能降低, 收缩变形过大以至发生脆裂。因此防水粘结材料必须具有一定的耐低温性能。从表 1 可以看出, 3 种不同防水粘结材料性能均符合低温要求。但在耐低温方面, 专用粘结剂优于环氧沥青及 SBS 改性沥青材料。

### 1.2 耐热性

在铺设沥青混合料时, 防水粘结层会受到高温骨料的冲击, 如果其耐热性差就会导致流淌。从实用性考虑, 要求防水粘结材料在一定温度下、一定时间内不流淌, 并以此来评价其抵抗沥青混凝土高温破坏的能力。

3 种材料中, SBS 改性沥青耐热性最好, 试件加热后基本完好, 无流淌、起泡等现象; 环氧沥青加热后, 有少许气泡在基层砂浆表面孔洞处; 专用粘结剂—1 号和专用粘结剂—2 号材料的耐热性相近, 但其

表1 低温韧性试验结果

材料	低温韧性试验结果		
	-20℃	-10℃	-5℃
环氧沥青	有相应柔度,弯曲时脆裂	有一定柔度,弯曲时有裂纹	保持完好
5% SBS 改性沥青	有相应柔度,弯曲时脆裂	有一定柔度,弯曲时有裂纹	保持完好
专用粘结剂-1号	无变化	无变化	无变化
专用粘结剂-2号	无变化	无变化	无变化
专用粘结剂-1号+2号	无变化	无变化	无变化

注:专用粘结剂-1号表示仅涂刷专用粘结剂-1号材料;专用粘结剂-2号表示仅涂刷专用粘结剂-2号材料;专用粘结剂-1号2号表示按施工步骤先涂刷专用粘结剂-1号,实干后再涂刷专用粘结剂-2号。如无特别说明,以下各试验中试件标示含义相同。

表面会产生较大气泡。

### 1.3 粘结强度

粘结强度试验可初步测试各防水粘结材料的粘结性能。试验结果如表2。

表2 不同材料粘结强度

材料种类	专用粘结剂-1号	专用粘结剂-2号	专用粘结剂-1号2号	SBS 改性沥青	环氧沥青
粘结力/N	70	300	180	270	280
粘结强度/MPa	0.14	0.6	0.36	0.54	0.56

可见,环氧沥青与SBS改性沥青的粘结强度接近,都好于专用粘结剂。试验结果表明,专用粘结剂-2号粘结强度高达0.6 MPa,但与专用粘结剂-1号组合后,粘结强度大为下降。实际施工中,两种材料联合使用,专用粘结剂-1号主要起防水作用,专用粘结剂-2号主要起防刺破作用。试验结果也体现了它们不同的功能和作用。但不能因为专用粘结剂-1号是防水材料而对其粘结性能不做要求。

### 1.4 不透水性

由于实际桥面铺装时防水粘结层上部还要进行面层沥青混合料的摊铺碾压,在此过程中可能会造成防水粘结层的刺破损伤。为进一步检验3种材料的防水特性,本文改进了试验条件,利用车辙板碾压成型“水泥混凝土+沥青混凝土”的复合试件,在两层间使用不同防水粘结材料进行试验。结果表明,在路面渗水仪57 cm水柱下30 min,试件下方无渗水迹象。

## 2 室内模拟试验

为了使室内试验更好地反映防水粘结材料的实

际路用性能,并能在各材料间进行优选,本文进一步模拟了防水粘结材料在整个桥面铺装体系中的作用。

### 2.1 剪切试验

桥面防水粘结层,包括整个铺装层,是在垂直和水平荷载的综合作用下工作的,因此防水粘结层的抗剪切能力是评价其优劣的重要技术指标之一。

为真实模拟混凝土桥面沥青铺装的实际情况,利用车辙板试模成型试件。首先在特制试模(30 cm×30 cm×3.5 cm)内,浇注水泥混凝土(配合比为C:S:G:W=430:605:1210:184,减水剂1.5%)。首先将拌和好的水泥混凝土混合料倒入试模,分层插捣均匀,通过机械振动台振密成型;然后表面刷毛养生7 d后拆模,28 d后试验。试验时,在水泥混凝土块完全干燥的情况下,将表面打磨去浮浆,涂刷防水粘结层,然后覆盖3.5 cm厚的沥青混凝土并碾压。冷却后脱模,切割成50 mm×50 mm×70 mm的试件进行剪切试验,每组4个平行试件。

夏季高温时,沥青混凝土桥面最高温度在60℃以上。桥面实测表明,高温环境下的剪切力作用对防水粘结层是最不利的。考虑到材料对温度的敏感性,本文进行了不同温度下的抗剪强度测定。此外,在25℃时,就防水粘结材料的用量(涂膜)、加载速度、桥面准备状况等因素对层间抗剪强度的影响规律进行探讨。

根据已有经验,试件受力面与加载方向取成40°夹角,试验加载速度取50 mm/min。如图1所示,当施加荷载为P时,试件受剪面的剪切强度 $\tau = \frac{P \times \sin \alpha}{S}$ ,式中:P为作用荷载,N;S为试件受剪截面积,cm<sup>2</sup>;α为试件受力面与荷载作用方向的夹角,rad。

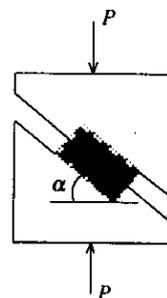


图1 剪切试验示意

#### 2.1.1 有无防水粘结层对比

图2给出了水泥混凝土与沥青混凝土层间不加防水粘结层、加6% SBS改性沥青、加环氧改性沥青、

加专用粘结剂防水粘结材料等4种粘结状况在25℃下的剪切试验结果。可以看出,在常温25℃下,两混凝土层间不加防水粘结层时的抗剪强度较低,但由于水泥混凝土表面是经过拉毛处理而并非完全光滑的,层间存在相应的摩擦阻力,因而在带正压力情况下剪切强度仍然存在。

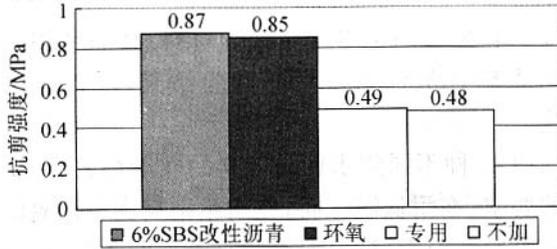


图2 使用防水粘结层前后效果对比

在3种防水粘结材料中,SBS改性沥青与环氧沥青的抗剪切能力相当,都优于专用粘结剂材料。专用粘结剂材料的抗剪切能力略优于无粘结材料时的层间状况。这与前面的原材料试验结果一致,见表3。

### 2.1.2 防水粘结层厚度

因为基面处理的不同,或拉毛的程度不同等都会影响剪切试验结果。本文改水泥混凝土块为水泥砂浆试块,且试块表面不做特殊处理,自然成型。将试块养生至规定时间,在完全干燥的情况下,打磨去除表面浮浆并涂刷一定厚度的满足用量要求的防水粘结层。然后,铺设沥青混凝土。根据不同防水粘结材料的密度,控制防水粘结材料的厚度分别为0.5 mm、1 mm、1.5 mm和2 mm。

可见,SBS改性沥青、环氧沥青的抗剪切强度不

表3 不同用量防水粘结材料的剪切强度值

MPa

温度/℃	5% SBS 改性沥青				环氧改性沥青				专用粘结剂
	0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm	0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm	
0	3.35	3.67	3.69	2.81	3.58	3.24	3.08	4.01	0.83
25	0.63	0.58	0.65	0.61	0.65	0.63	0.3	0.5	0.31
60	0.13	0.13	0.16	0.2	0.14	0.17	0.06	0.09	0.09

论在何种环境温度下都大于专用粘结剂材料。所有材料的抗剪切强度随温度升高而降低。SBS改性沥青与环氧沥青都存在最佳厚度。经回归分析,环氧沥青防水粘结材料的较佳厚度为1.0 mm,SBS改性沥青为1.3 mm。

### 2.1.3 固化时间

环氧沥青材料为两相固化体系,存在固化时间的问题。这关系到施工中,对涂刷防水粘结层以及摊铺下面层的时间限制。为了解环氧沥青防粘层涂刷与沥青混凝土层铺设的间隔时间对其剪切强度的影响,本文选取了0 h、0.5 h、1 h、2 h、4 h等5个不同时间段分别进行试验见表4。

表4 涂刷环氧沥青防水粘结层后不同时间  
碾压沥青混凝土剪切强度值

碾压间隔时间/h	0	0.5	1	2	4
剪切强度/MPa	0.71	0.7	0.75	0.52	0.54

结果显示在0~1 h内完成涂刷防水粘结层和碾压沥青混凝土,其剪切强度变化不大,2 h以后则显著下降。由此可知环氧沥青材料的固化时间对层间的剪切强度有较大影响,施工中必须严格控制好各工序的衔接,按时完成。

### 2.1.4 界面影响

水泥混凝土的表面特性不同,必然影响防水粘结层的应用效果。以6% SBS改性沥青为例,试验不同混凝土表面处理对剪切强度的影响,结果显示:随着界面粗糙程度的增加,剪切强度成线性增大;高温情况下尤其明显,速率加快。嵌石处理是在水泥混凝土凝固前,在其表面镶嵌统一的9 mm大粒径石灰岩石子。铺设沥青混凝土时,嵌于表面的石子与沥青混凝土融为一体,增大了抗剪强度。

表5 不同基面处理剪切强度对比

不同温度/℃	光滑	拉毛	嵌石
55	0.08	0.37	0.64
25	0.97	1.12	1.31

因此,铺设防水粘结层前应对水泥混凝土铺装进行处理,扫尽浮尘,保持清洁。同时清除水泥混凝土表面的浮浆。可以进行拉毛处理,但最好使用专用机械,以获得均匀的粗糙表面。在混凝土表面进行拉毛处理时,要求拉毛程度均匀一致,同时不能顺着行车方向拉毛,否则将减小其抗剪强度,在车辆行驶时易造成桥面剪切破坏。建议施工中水泥混凝土拉毛方向与行车方向垂直。

### 2.2 拉拔试验

一般认为在桥面铺装中,梁板与沥青混凝土的粘结强度对铺装体的抗疲劳特性有很大影响,可以采用拉拔试验来确定防水粘结层与梁板和沥青混凝土的粘结力状况。同时,也能反映两种混合料分层施工时的层间粘结力。

与剪切试验相同,用车辙板预制5 cm厚的水泥混凝土试件,然后按“表面处理——涂刷防水粘结层——碾压沥青混凝土铺装”的顺序成型试件。待试件完全冷却固化后,用钻芯机钻孔,孔径为 $\phi 50$  mm,直钻至混凝土梁板位置取出钻头,用快凝环氧树脂将拉头粘在沥青混凝土表面,养护12 h后,将芯样放于拉力试验仪中,以100~200 N/s的固定速度对拉杆加力,直至芯样破坏,如图3所示。

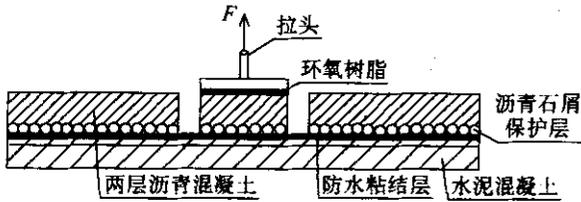


图3 拉拔试验示意

#### 2.2.1 不同防水粘结材料对比

表6列出了水泥混凝土板与沥青混凝土层间不加防水粘结层、加6% SBS改性沥青、加环氧改性沥青、加专用粘结剂防水粘结材料等4种不同层间状况在25℃时的拉拔试验结果。可以看出,常温下,无防水粘结层混凝土层间拉拔强度较低。在3种防水粘结材料中,SBS改性沥青与环氧沥青的效果相近,均优于专用粘结剂材料。

表6 使用防水粘结层前后效果对比

不同试件	不加粘结层	6% SBS 改性沥青	环氧沥青	专用粘结剂
拉拔/MPa	0.31	0.81	0.80	0.25

#### 2.2.2 温度影响

根据前述剪切试验结果,选取不同防水粘结材料的最佳用量,在不同温度情况下测试其拉拔强度,从表7的数据可以看出,各材料拉拔强度随温度变化有较大差异,高温情况下的拉拔强度值仅为常温的10%。因此夏季高温时,对桥面交通及重车通行进行管制尤为重要。

### 3 结语

本文通过试验比较了3种桥面防水粘结材料的

表7 不同环境温度下各种防水粘结材料剪切强度对比

不同材料	下列环境温度(℃)下各种防水粘结材料剪切强度对比/MPa		
	0℃	25℃	60℃
6% SBS 改性沥青	2.09	0.81	0.08
环氧沥青	1.59	0.80	0.05
专用粘结剂	1.15	0.25	0.05

性能。它们分别是专用粘结剂材料、高剂量 SBS 改性沥青和环氧沥青。根据试验结果,可得出以下结论。

(1) 3种不同防水粘结材料的性能均符合高、低温的要求。在耐低温方面,专用粘结剂优于环氧沥青及SBS改性沥青材料。而在耐高温方面,SBS改性沥青的耐热性最好。环氧沥青与专用粘结剂—1号和专用粘结剂—2号材料耐热性相差不多。

(2) 环氧沥青与SBS改性沥青的粘结强度接近,均高于专用粘结剂。试验显示,专用粘结剂—2号的粘结强度很高,但与专用粘结剂—1号组合后,粘结强度却大为降低。模拟实际施工过程,在防水粘结层上碾压成型沥青混凝土后使之处于静压状态,3种防水粘结材料都不透水。

(3) SBS改性沥青与环氧沥青的抗剪切能力相近,均优于专用粘结剂材料。

(4) 3种材料的抗剪切强度随温度增加而降低。SBS改性沥青与环氧沥青存在一最佳厚度。环氧沥青防水粘结材料厚度宜为1.0 mm,SBS改性沥青为1.3 mm。

(5) 水泥混凝土表面状况对防水粘结层剪切强度影响很大。建议施工时,对水泥混凝土表面进行一定的处理,清除水泥混凝土表面的浮浆。采用拉毛处理时建议使用专用机械,以获得均匀粗糙的表面。

(6) 3种防水粘结材料中,SBS改性沥青与环氧沥青的抗拉拔效果接近,都优于专用粘结剂材料。各材料的拉拔强度随温度变化有较大差异。高温情况下拉拔强度值仅为常温的10%。因此夏季高温时节,应对桥面交通及重车通行进行管制。

(7) 鉴于试验中专用粘结剂材料的各项性能不如SBS改性沥青与环氧沥青,尤其是专用粘结剂—1号与专用粘结剂—2号组合后性能低于两种材料单独使用;环氧沥青与SBS改性沥青各项性能较好,但环氧沥青施工控制较难,且价格昂贵;本研究推荐高剂量SBS改性沥青作为高速公路水泥混凝土桥面的防水粘结材料。

文章编号: 0451-0712(2005)12-0137-03

中图分类号: U418.326

文献标识码: A

# 醋酸钙镁代替食盐作为融雪剂对 钢筋腐蚀性问题的研究

程川海, 刘 凯, 路新瀛

(清华大学土木工程系 北京市 100084)

**摘 要:** 对醋酸钙镁代替食盐作为融雪剂的关键问题之一“融雪剂对钢筋的腐蚀性”进行了研究, 通过实验对国内和国外在应用醋酸钙镁作为融雪剂方面普遍担心的两个问题进行了验证, 结果表明醋酸钙镁代替食盐作为融雪剂可以大幅度降低对钢筋的腐蚀。

**关键词:** 融雪剂; 醋酸钙镁; 食盐; 钢筋; 腐蚀

食盐是过去常用的融雪剂, 它对公路和桥梁路面, 以及路面下的钢筋和周围动植物的危害性都相当大<sup>[1,3]</sup>, 是诱发钢筋腐蚀的重要因素之一。为了解决食盐作为融雪剂的危害, 人们开始寻找无氯环保型的融雪剂。醋酸钙镁是国外特别是美国最先代替食盐作为融雪剂的产品之一<sup>[2]</sup>, 国内目前还很少使用。醋酸钙镁作为融雪剂还没有被广泛推广, 其原因主要有两个方面: 国内方面, 还有很多人担心醋酸钙镁是不是比食盐对钢筋的腐蚀性小很多; 国外方面, 虽然已经确定单独使用醋酸钙镁的确比食盐对钢筋的腐蚀性小很多, 但还不确定在以前食盐作为融雪剂已经腐蚀的钢筋混凝土路面上洒醋酸钙镁, 会减少还是增加对钢筋的腐蚀。本文利用电化学交流阻抗原理在融雪剂中加速钢筋腐蚀的方法, 证明了不但单独使用醋酸钙镁比食盐对钢筋的腐蚀性小很多, 而且在已经被食盐腐蚀了的钢筋上用醋酸钙镁也会减少钢筋的腐蚀, 从而可以解除人们的顾虑。

## 1 试验原理

图 1 是交流阻抗法采用的腐蚀等效电路。

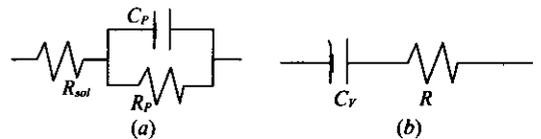


图 1 腐蚀等效电路

图 1 中 (a)  $C_p$  为界面双层电容,  $R_p$  为钢筋试样的极化阻抗,  $R_{sol}$  为溶液阻抗。  $R_p$ 、 $R_{sol}$  都是遵从欧姆定律的阻抗, 因此, 可视为一般电路。交流阻抗的原理是: 给等效电路施加不同频率的极小交流电压 ( $< 10 \text{ mV}$ ), 从此时的交流阻抗中测定  $C_p$ 、 $R_p$ 、 $R_{sol}$ 。因为电路中有  $C_p$ , 所以电压和电流的相位不同。用矢量表示电位和电流, 以便进行研究。图 1 中 (a) 若用  $Z_p$  表示交流阻抗矢量, 则电位可用  $E = Z_p I$  表示。图 1 中 (b) 这样的串联回路中,  $Z$  (记为  $Z_s$ ) 有与 (a) 完全相同的  $E \sim I$  关系 (与 (a) 等效), 其阻抗和容量分别以  $R_s$ 、 $C_s$  表示时, (a) ~ (b) 之间的关系为:

收稿日期: 2005-07-12

## 参考文献:

- [1] 王涓. 水泥混凝土桥面沥青混凝土铺装防水粘结层的性能研究[D]. 南京: 东南大学, 2004.
- [2] 黄晓明, 吴少鹏. 沥青与沥青混合料[M]. 南京: 东南大学出版社, 2002.
- [3] 吴明. 防水材料的力学性能[A]. 中国建筑防水材料[C]. 1994.
- [4] 罗晓辉, 高金歧, 傅裕寿, 徐世法. 桥面铺装基底粘结材料性能研究[J]. 北京建筑工程学院学报, 1999, 15(2).
- [5] JTJ032-94, 公路沥青路面施工技术规范[S].