

高性能桥面防水涂料研究

胡达和¹, 张廉正², 周华林², 余海龙², 柯万春²

(1. 北京市政专业设计研究院 北京市 100037; 2. 北京建华华创工程技术有限公司 北京市 100044)

摘 要: 研究了桥梁防水涂料应具备的力学性能, 并根据桥梁防水的要求, 介绍了 BCW-100 高性能桥面防水涂料的主要性能及其独特的性能。

关键词: 桥梁; 高性能防水涂料; 剪应力; 潮湿基面; 环保

由于桥梁耐久性问题越来越突出, 各界对桥面防水问题越来越重视。由于桥面防水与建筑防水有很大不同, 前者的动荷载远远高于后者, 使用特性和条件也不相同, 故不能照搬建筑对防水的要求, 因此有必要研制桥面专用防水涂料。

1 桥面防水材料力学性能分析

1.1 对北京六环路酸枣岭桥沥青混凝土桥面在车辆荷载作用下的变形观测

通过连续拍摄、计算, 得到路面的横向和竖向变形时间变化曲线如图 1 所示。

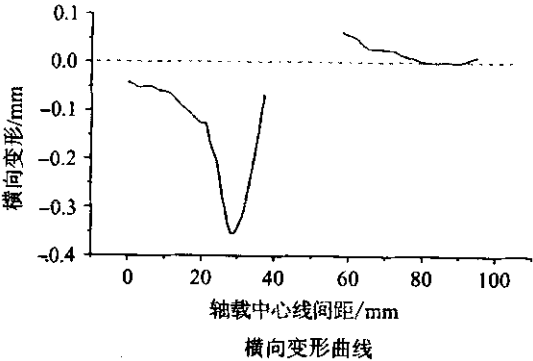
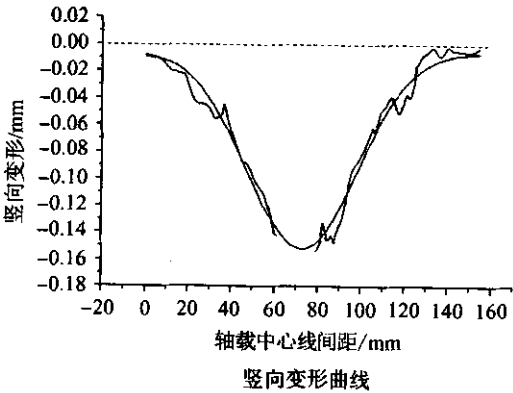


图 1 实测路面变形曲线

通过图像分区网格计算, 得到的变形场分布如图 2 所示。

从测试结果可以看出, 在车辆荷载作用下, 桥面结构中产生很大的水平推动力, 这就要求防水层具有较大的抗剪能力。

1.2 防水层的层面剪应力分析

本文采用 SuperSAP 程序用块单元。T 形梁桥桥面铺装的做法是: 沥青混凝土 (9 cm) + 防水层 (2 mm) + 混凝土找平层 (8 cm)。以下对 2 mm 防水层进行剪应力分析。

荷载为汽车一超 20 级, 测试其在 30 % 水平荷载作用下的防水层面剪应力, 此时顺桥方向的剪应

力已达到 0.73 MPa, 层面剪应力如图 3 所示。

以上分析表明, 对防水层的抗剪强度在设计时应提出要求, 再加上一定的安全储备, 假设乘以安全储备系数 1.3, 防水层面剪应力应在 1.0 MPa 以上。

1.3 防水层抗裂性能分析

混凝土桥面在动荷载作用下, 可能造成混凝土的开裂。这就要求在混凝土开裂的情况下, 防水层依然保持完整状态, 只有这样防水层才能真正起到防水作用。一般认为, 混凝土裂缝宽度在 0.2 mm 以内时, 为无害裂缝, 也就是说在混凝土出现 0.2 mm 裂缝宽度时, 防水层不应断裂。因此防水层的力学性能应能满足下述条件之一。

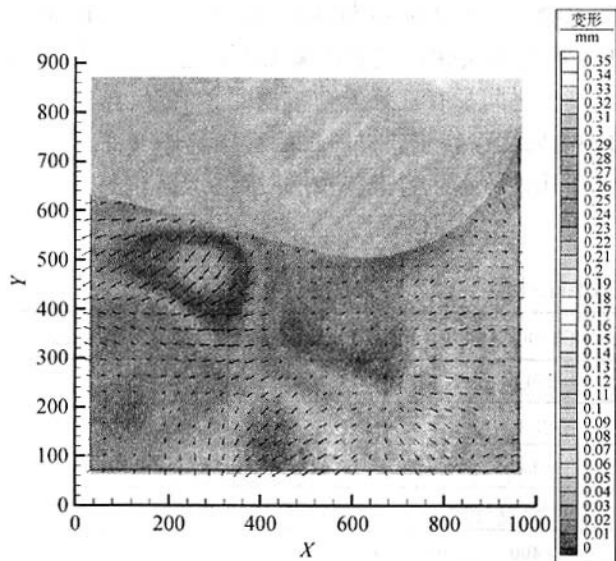


图2 计算变形分布场

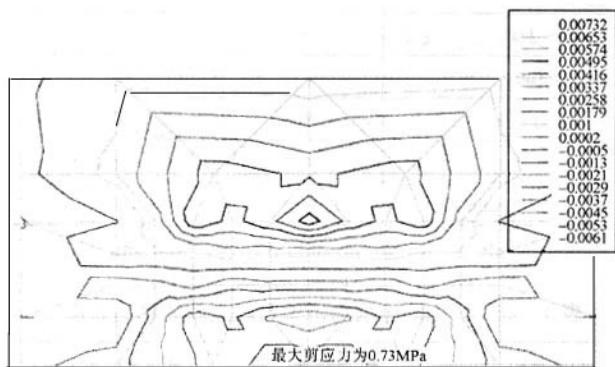


图3 防水层面顺桥向剪应力

(1)由防水材料的延伸率、拉伸强度及抗剪强度的关系可得:

$$\sigma \geq \frac{\tau \times \delta}{h \times \epsilon} \quad (1)$$

由于须满足: $\sigma \times h \geq \tau \times l$ 而: $l \times \epsilon = \delta$

式中: σ 为材料的抗拉强度; τ 为防水材料混凝土板的剪切强度; h 为防水层厚度; l 为裂缝每侧脱开长度; ϵ 为材料的延伸率; δ 为裂缝宽度之半。

为防止防水层被拉断,防水层在裂缝处应有一小段与混凝土脱开,以适应开裂的需要,这就要求防水层材料的特性应满足式(1)的关系。

(2)由材料的剪切角、拉伸强度及抗剪强度的关系可得:

$$\frac{\tau' h}{G} \geq \delta \quad (2)$$

因为 $\tau' = G \frac{\delta}{h}$, 且 $\tau \geq \tau'$

式中: τ' 为防水层材料的剪应力; G 为防水层材

料的剪切模量;其他符号同前。

由此可知,防水层材料应满足式(2)的关系,此时混凝土与防水材料之间不脱开。

1.4 沥青混凝土摊铺对防水材料的要求

1.4.1 高温不流淌性能

高速公路或一级公路施工中,沥青混凝土摊铺最高温度可达150~170℃。因此需要保证在此温度范围内,防水层材料不流淌,即高温不流淌性。

1.4.2 高温抗硌破性能(抗碾压性能)

在沥青混凝土摊铺过程中,需要对温度高达140~150℃的沥青混凝土进行碾压。这就要求防水层在此条件下,不会被沥青混凝土硌破,即高温抗硌破性能。

1.5 桥面运行对防水材料的要求

(1)防水材料具备足够的抗拉强度和断裂延伸率,虽然防水层不承担结构荷载,但是防水层的抗拉强度和断裂伸长率是其实现防水性能的基础;

(2)防水层与水泥混凝土及沥青混凝土之间的抗剪强度应足以抵抗由于车辆荷载产生的水平剪应力;

(3)防水层应具有良好的抗裂性及裂缝追随能力;

(4)防水层应具有优良的抗疲劳性能,适应较大的温度范围;

(5)防水层应具有较好的耐水、耐碱、耐盐等的侵蚀能力。

2 BCW-100 桥面防水涂料性能研究

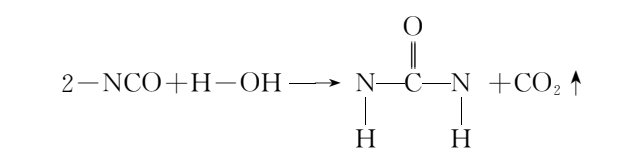
BCW-100 桥面防水涂料是一种100%固含量,双组分改性聚氨酯—脲防水涂料,是一种适合于公路、铁路,适用于混凝土桥又适用于钢桥的桥面专用防水涂料。它的主要性能特点如下。

2.1 环保性能

BCW-100 涂料的固体含量为100%,为无溶剂、无焦油类涂料。BCW-100 涂料中游离TDI含量低于0.1%,在施工时施工环境中的浓度不会超过空气中的允许浓度(小于0.143 mg/m³),不会对操作人员产生危害,因此该涂料属于环保型涂料。

2.2 潮湿基面施工性能

众所周知,双组分聚氨酯型涂料一般不能在潮湿基面施工。这是由于聚氨酯涂料本身的特性所决定的:在涂料固化过程中,由于混凝土基层中的水蒸气和-NCO反应生成CO₂,CO₂不能及时逸出,就会造成涂层起泡开鼓。反应式如下^[2]:



BCW-100 防水涂料经过特殊聚合反应处理，使其可以在潮湿基面施工，解决了双组分聚氨酯类

防水涂料一般不能在潮湿基面施工的难点。BCW-100 防水涂层在潮湿基面施工不起泡、不起鼓，并与混凝土之间具有良好的粘结强度。

2.3 防水涂料主要材料性能

几种防水涂料主要性能对比见表 1。

指 标		BCW-100	GB/T19250-2003 标准中Ⅱ型	Eliminator*	コニビエアー225**
固含量/%		100	>92	100	100
抗拉强度/MPa		8.5	>2.45	11.8	10.86
断裂延伸率/%		450~600	>450	130	663
耐碱性,23℃	拉伸强度保持率/%	>80	60~150	—	—
	延伸率/%	>450	>400	—	—
耐盐水,23℃	拉伸强度保持率/%	>80	—	—	—
	延伸率/%	>450	—	—	—
耐热性,80℃	拉伸强度保持率/%	100~150	80~150	—	—
	延伸率/%	>450	>400	—	—
撕裂强度/(N/mm)		>40	>14	70	41.2
低温柔性		-35℃	-35℃	-10℃	-10℃
不透水性		0.5MPa,60min	0.3MPa,30min	—	—

注：* 为英国 Stirling Lloyd 公司产品，** 为日本某公司产品。

从表 1 性能对比中，BCW-100 防水涂料远高于现行建筑聚氨酯的规范要求，具有与国外桥梁用防水材料性能相当的力学性能，并具有良好的耐碱、耐盐和耐水性能。作为桥面防水应用，BCW-100 涂层的基础力学性能是可靠的。

2.4 BCW-100 防水涂料主要应用性能

BCW-100 涂层抗摊铺碾压指标见表 2，与各层之间的粘结强度见表 3。

表 2 BCW-100 涂层抗摊铺碾压指标

实验项目	目 的	设计指标	BCW-100 涂层 实验结果
耐热性	检验防水材料能否承受热沥青混凝土的热作用	摊铺温度(约150℃)下持续 30 min 不流淌	170℃下持续 120 min 不流淌
		100℃下持续 4 h, 不发粘	100℃下持续 4 h, 不发粘
抗硌破及渗水实验	检验防水材料在热沥青混凝土碾压过程中的抗损坏情况和抗渗能力	无硌破(碾压温度 140℃), 渗水系数: ≤1ml/min	150℃沥青混凝土, 马歇尔试验成型, 涂层 0.5 MPa 压力下, 经 60 min 不透水

表 3 BCW-100 涂层与桥梁各层之间的粘结强度*

性能指标		粘结方式	测试条件	测试值
拉伸粘结强度 MPa		防水涂层对干基面混凝土粘结	23℃	2.8
			60℃	2.2
		防水涂层对湿基面混凝土粘结	23℃	1.0
		1:2.5 的沥青砂粘结防水涂层	23℃	1.2
		防水涂层粘结钢板	23℃	5.5
剪切强度 MPa	斜剪, 40° 剪切角	防水涂层粘结混凝土	23℃	3.3
		沥青混凝土粘结防水涂层		2.2
		防水涂层粘结混凝土	60℃	2.2
		沥青混凝土粘结防水涂层		1.6
	直剪	防水涂层粘结混凝土	23℃	2.1
			60℃	1.8
	拉剪	防水涂层粘结钢板	-40℃	15.0
			20℃	5.0
			60℃	3.0

注：为了提高沥青混凝土与防水涂层之间的粘结力，在防水涂层上喷涂 0.2~0.3 mm 的专用增粘层。

从表 2 中看出,BCW—100 防水涂层完全能够抵抗由于摊铺碾压高温沥青混凝土时对防水涂层造成的影响,使其防水性能能够真正实现。

从表 3 中看出,BCW—100 防水涂层能够完全满足水泥混凝土桥或钢桥的防水要求。

2.5 BCW—100 防水涂层的抗裂性能

防水涂层应具有抵抗荷载下混凝土桥面板裂缝的能力。国外产品以各自的试验方法,规定了涂层抵抗裂缝(宽度)能力的指标,日本ユニビエアー255 产品,裂缝追随性可达 6.4 mm。英国产品 Stirling lloyd 规定桥接裂缝为 1 mm(−10 ℃、0 ℃、23 ℃),桥接静力裂缝为 2 mm(0 ℃)。BCW—100 涂层常温下进行了裂缝追随性试验,裂缝追随宽度达 3~6 mm,接近ユニビエアー255 涂层指标。

按式(1)计算,取涂层厚度为 1 mm,克服 4 MPa 的剪应力,抵御 4 mm 的裂缝,涂层在 −30 ℃ 下应具有 4.4 MPa 的抗拉强度,常温下应具有 1.6 MPa 的抗拉强度。实测表明,涂层的抗拉强度在 −30℃ 时为 15 MPa,常温下为 5.3 MPa,均为计算要求值的几倍。BCW—100 涂层在 60 ℃ 下的抗拉强度为 5.3 MPa,延伸率为 290%,是其最薄弱的性能,取此值按式(2)计

算,计算结果表明,该涂层可克服 5.1 MPa 的剪应力。BCW—100 涂层在低温下的性能进行了检测,试验可见,BCW—100 涂层在 −20 ℃ 下拉伸强度大于 11 MPa,−40 ℃ 下扯断伸长率仍大于 14%。表明该涂层在 −40 ℃ 下,其低温性能可充分满足工程设计指标要求。

3 小结

在国外桥面防水涂料的基础上,通过实桥的测量、理论分析,以及多年桥面防水施工的经验,总结了桥面防水应具有的性能,对所研制的 BCW—100 桥面防水涂层性能进行了全面的应用研究。通过大量的实验以及实桥的应用,证明了 BCW—100 是一种优异的桥面防水材料,完全能满足桥梁防水的特殊要求。

参考文献:

[1] 张廉正,胡达和,等. BCW—100 桥面防水涂料及应用技术评估报告[R]. 2004.
[2] 丛树枫,等. 聚氨酯涂料[M]. 北京:化学工业出版社,2003.

A Study on High Performance Water-proof Paint for Bridge Deck

HU Da-he¹, ZHANG Lian-zheng², ZHOU Hua-lin², SHE Hai-long², KE Wan-chun²

(1. Beijing Municipal Professional Deslgn Institute, Beijing 100037, China; 2. Beijing Jian Gong Hua Chuang Engineering Technology CO. LTD, Beijing 100044, China)

Abstract: The mechanical proprieties of water-proof paint for bridge deck are investigated. The main and unique proprieties of bridge deck BCW-100 high performance water-proof paint are introduced in accordance with the requirement of bridge waterproofing.

Key word: bridge; high performance water-proof paint; cut stress; moisture substrate; environment-friendly