

文章编号:1005-0523(2012)01-0039-04

钢桥面环氧沥青防水粘结层耐久性影响分析

王 胜,叶 奋,武金婷,蒋国杰

(同济大学道路与交通工程教育部重点实验室,上海 201804)

摘要:大量现场调查表明,因防水粘结层失效而造成的钢桥面铺装层脱层或滑移是造成钢桥面铺装病害的重要原因之一,交通荷载、温度、水等因素通常被认为是影响铺装防水粘结层长期使用的主要因素。根据钢桥面铺装特点与技术要求,选择环氧沥青作为防水粘结层进行试验研究。考虑两种温度(25℃、70℃)的拉拔试验和剪切试验,明确了防水粘结层的温度敏感性;选择不同表面构造钢板进行拉拔试验,考察其对环氧沥青防水粘结层粘结性能的影响;以高温浸水拉拔试验和剪切试验,评价了高温水对钢桥面铺装防水粘结层的影响;试验结果表明:随着温度的升高,防水粘结层的拉拔强度和抗剪强度下降很快;随着浸水时间的增加,拉拔和抗剪强度下降较慢,且抗剪强度基本不变。因此,采用环氧沥青作为钢桥面防水粘结层时,温度应作为首要考虑因素。

关键词:钢桥面铺装;环氧沥青;防水粘结层;剪切试验;拉拔试验

中图分类号:U443.33

文献标识码:A

钢桥面沥青铺装工程是国内工程界至今未能完全解决的难题,国内多家科研单位也做了大量的尝试与试验,试图较好地解决这一难题,在实践中也发现与总结了许多以往未遇到的新问题^[1]。钢桥面铺装层与钢板之间的防水粘结层和防腐层的破坏是桥面铺装层破坏的主要引导因素之一。因此,防水粘结层的耐久性直接影响到桥梁的使用质量和桥梁的使用寿命。英国在1949年开始了一系列试验来研究钢桥面铺装,当时沥青混合料在正交异性钢桥面上的应用在德国、荷兰、法国已得到了很好的发展^[2]。

我国钢桥面铺装是从上世纪八十年代开始的^[3-4],最早采用的防水粘结层是乳化沥青或者改性乳化沥青,但其使用寿命只有几个月。为了提高防水粘结层的粘结性能,延长钢桥面铺装的使用寿命,桥面铺装研究者们不断改进防水材料。2000年,南京长江二桥研究人员在国内首次成功地使用美国生产的环氧沥青混凝土对南京长江二桥进行了铺装,使用配套的环氧沥青作为防水粘结材料。南京长江二桥桥面铺装的成功为我国钢桥面铺装提供了新的铺装结构和新的防水粘结材料。

本文通过对比钢桥面正交异性板的粘结材料,以环氧沥青作为本文的试验对象。选择40°作为斜剪试验的剪切角,利用MTS810(material testing system 810)试验机、剪切仪和拉拔仪,对不同条件下桥面铺装层间的抗剪强度和粘结强度进行研究。通过室内模拟试验,分析影响层间稳定性的因素,研究不同条件下抗剪强度和粘结强度的变化规律。

1 防水材料

目前,应用于正交异性钢桥面铺装的粘结层材料按施工方法与材料特性的不同分为热熔性粘结材料、溶剂型粘结材料和热固性粘结材料3种^[5]。热熔型粘结材料由沥青掺加树脂和各种聚合物组成,具有一定的变形能力和防水封闭作用,但是在高温下容易变软造成钢桥面沥青铺装产生推移;溶剂型粘结材料一般多指乳化沥青和可溶性橡胶沥青,其在高温时也容易软化,并且材料内部含有热敏性物质,遇摊铺高温时

收稿日期:2011-12-06

作者简介:王胜(1987—),男,硕士研究生,主要从事道路建筑材料及桥面铺装研究。

会释放出气体,从而使铺装层产生气泡;热固性粘结材料指环氧沥青,它是将环氧树脂加入沥青中,经与固化剂发生固化反应,形成不可逆的固化物,同前两类材料相比,这种材料无论在粘结能力、变形能力,还是在热稳定性方面,都具有明显优势且使高温时车辙与推移现象明显减少。

根据国内外钢桥面铺装防水粘结层材料的应用情况和发展方向,本文选用国产环氧沥青作为试验材料。环氧沥青属热固性材料,一般分为A、B两组分,它将环氧树脂加入沥青中,经与固化剂发生固化反应,形不可逆的固化物。这种材料无论在粘结能力、变形能力,还是在热稳定性方面,都具有明显优势^[6]。A组分的性能要求如表1所示,B组分的性能要求如表2所示。

表1 环氧沥青A组分技术要求

Tab.1 Technical requirements of Group A of epoxy asphalt		
技术指标	技术要求	试验方法
粘度(25℃)/10 ⁻³ Pa·s/	6000~25000	GB/T12007.4-1989
环氧当量(含1克环氧当量的材料克数)	185~210	GB/T 4612-1984
颜色(加德纳(Gardner))	≤4	GB/T12007.1-1989
含水量/%	≤0.05	ASTM D 1744
闪点(COC)/℃	≥200	ASTM D 92
比重(25℃)/g·cm ⁻³	1.16±0.03	ASTM D 1475
外观	透明琥珀状	目视

表2 环氧沥青B组分技术要求

Tab.2 Technical requirements of Group B of epoxy asphalt		
技术指标	技术要求	试验方法
酸值/mg KOH·g ⁻¹	≤200	T0626-2000
闪点(COC)/℃	≥250	T0611-1993
含水量/%	≤0.05	T0612-1993
粘度(25℃)/10 ⁻³ Pa·s	>800	T0625-2000
比重(25℃)/g·cm ⁻³	1.00±0.15	T0603-1993
颜色	黑色	目视

2 试验方法

2.1 剪切试验

根据喷砂除锈国标 GB8923-88 对钢块(5 cm×10 cm×10 cm)表面进行喷砂除锈,使其清洁度达到 Sa2.5 级,粗糙度控制在 50~100 μm。试验前将钢块置于 40℃ 的烘箱中至少 4 h 去除钢块表面的水分。按照要求在已喷砂除锈的钢板表面涂布环氧沥青防水粘结层,用量为 0.8 kg·m⁻²。然后装入 10 cm×10 cm×10 cm 的模具中,将一定量环氧沥青混合料装入模具中,用静压法成型,使压实后的沥青混合料密度与设计密度相符。本文试验使用的环氧沥青混合料为 EA-10。将压实后的试件放置于 120℃ 的烘箱中保温 6h,使环氧沥青防水粘结层与环氧沥青混合料完全固化。将成型好的试件根据试验的需要,在 MTS 材料试验机进行剪切试验,加载速率为 50 mm·min⁻¹。抗剪强度:

$$\tau = \frac{P \sin \alpha}{A} \quad (1)$$

式中: τ 为抗剪强度,MPa; P 为抗剪压力,kN; α 为剪切角,本试验中为 40°; A 为剪切面面积,cm²。

2.2 拉拔试验

拉拔试验采用的钢拔头尺寸为 9 mm×9 mm,加载速率为 50 mm·min⁻¹。当对试件加载荷载 F 时,粘结强度:

$$\sigma = \frac{F}{a \times b} \quad (2)$$

式中: σ 为粘结强度,MPa; F 为试件承受的最大拉力,kN; a 为粘结面的长度,cm; b 为粘结面的宽度,cm。

2.3 表面构造影响试验

本试验为了研究除锈不够彻底或者钢板生锈对防水粘结层的影响,分别选用不同构造深度和不同锈蚀程度的钢板进行粘结强度试验,试验温度为 25℃。按照钢板的锈蚀程度分为清洁度 Sa2.5 级和锈蚀程度 FR-2 级(表面生锈形成红棕色锈层,锈层能遮盖住原表面,均匀分布或散布,附着较好,用干燥的手轻轻擦拭时,只有少量脱落在手上留下痕迹)。并选用粗糙度 <10 μm 和粗糙度 50~100 μm 进行粘结强度对比试验。

2.4 浸水试验

为了检验防水粘结层抵抗水侵蚀的能力,即防水粘结层材料的隔水能力、与钢板的结合性能,试验温度为70℃。试验前将水箱温度加热至70℃,将成型好的试件放入70℃的恒温水箱中。达到预定的时间后取出来在放在25℃的恒温水箱中浸泡1h,然后取出在25℃的气温条件进行剪切和拉拔试验。

3 试验结果及分析

3.1 剪切试验

钢桥面铺装层承受的腐蚀环境主要有气候环境如温度、太阳光、紫外线等,介质环境如空气成分、铺装层面汽车尾气、雨水、汽车货物污染物等^[7]。作为防水粘结层,由于铺装上层将其覆盖住,所以主要受到温度和水的影响。根据国内某钢箱梁桥对钢桥面铺装实测的资料,当最高环境气温为34℃时,桥面钢板表面和铺装表面混合料中的温度分别为62℃和69.5℃。因此,本文选择25℃、70℃作为环氧沥青防水粘结层抗剪性能试验温度,每个试验成型3个平行试件,试验结果如图1所示。

由图1可以看出,温度对防水粘结层的抗剪强度影响是非常大的,在25℃抗剪强度为4.65 MPa;当温度为70℃时,抗剪强度急剧下降为0.84 MPa,下降幅度达81.94%。这说明虽然环氧沥青在高温情况下已经完全固化,但是高温仍然能使环氧沥青遭到破坏以致粘结层和钢板之间的抗剪能力下降。

3.2 拉拔试验

采用25℃和70℃作为试验温度。试块分2种,一种为钢块,一种为环氧沥青混凝土EA-10。粘结层的拉拔试验结果如下图2。

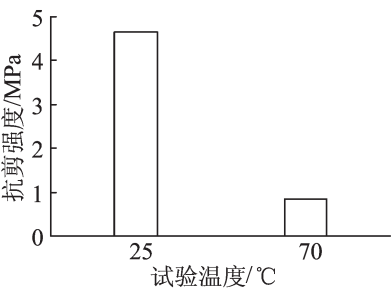


图1 不同温度下防水粘结层的抗剪强度
Fig.1 Shear strength of waterproof bonding layer in different temperatures

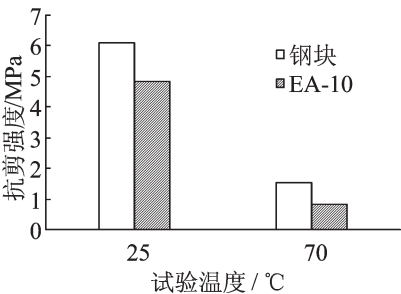


图2 不同温度条件下防水粘结层拉拔强度对比
Fig.2 Drawing strength of waterproof bonding layer in different temperature

由图2可以看出,温度对环氧沥青防水粘结层的粘结强度影响非常大,对于钢块而言,25℃时的粘结强度达到6.11 MPa,当温度上升到70℃时,粘结强度只有1.55 MPa,减少了74.6%;对于环氧沥青混凝土块而言,25℃时的粘结强度达到4.83 MPa,当温度上升到70℃时,粘结强度只有0.81 MPa,减少了83.2%。对比环氧沥青与钢块和环氧沥青混凝土块的粘结强度可知,无论是25℃还是70℃的条件下,与前者的粘结强度要明显大于后者。

3.3 表面构造对粘结性能影响

钢板表面的粗糙度各有不同,并且钢板容易生锈,在实际工程应用中,钢板的表面也存在具备除锈不够彻底的情况^[8]。为了研究这些因素对防水粘结层粘结强度的影响,本文对不同表面构造钢块进行了25℃拉拔强度试验,试验结果见表3。

表3 不同钢板表面构造条件下的防水粘结层拉拔强度

Tab.3 Drawing strength of waterproof bonding layer in different surface structure

参数	钢板表面清洁度 Sa2.5 级, 粗糙度 50~100 μm	钢板表面清洁度 Sa2.5 级, 粗糙度<10 μm	钢板表面锈蚀程度 FR-2 级*
拉拔强度/MPa	6.11	1.12	3.12

由表3可知,钢板的表面构造对防水粘结层的拉拔强度非常大。在25℃的条件下,粗糙度小于10 μm比粗糙度为50~100 μm的拉拔强度减小达81.7%,而生锈的情况下则比粗糙度为50~100 μm的拉拔强度减小48.9%。由此可见钢板的表面构造对防水粘结层的拉拔强度影响非常大,在铺粘结层前一定要做好喷砂除锈清洁工作。

3.4 浸水时间对粘结性能影响

铺装层是多孔质层,水可以通过沥青混凝土铺装层的孔隙到达层下的防水粘结层和防腐层界面,并且水一旦进入铺装层下粘结层和防腐层界面后很难消散,这些水在汽车和桥面震动载荷等共同作用下腐蚀防水粘结层界面,破坏铺装层面。汽车洒落的机油或汽油均会与桥面沥青发生溶胀和溶解作用,加剧沥青混凝土铺装层的表面空隙,更加有利于水穿过铺装层。试验测试了环氧沥青在70℃水中,粘结性能和剪切性能随着浸水时间的变化情况,结果见表4。

表4 不同浸水时间后防水粘结层剪切和拉拔试验结果

Tab.4 Drawing and shear strength of waterproof bonding layer in different soaking time

浸水时间/ d	抗剪强度/ MPa	拉拔强度/ MPa
0	4.65	6.11
1	4.59	6.04
2	4.51	5.94
5	4.50	5.63
10	4.47	4.68
15	4.45	4.23

在浸水15 d的时间里,防水粘结层的抗剪强度随着浸水时间的增加而逐渐降低,但是下降幅度不是很大。由此可见,水在高温条件下,短期内并不会对防水粘结层的抗剪强度造成太大影响,15 d后降幅达4.3%。

浸水时间在2 d以内,防水粘结层的拉拔强度下降的幅度很小,仅为2.8%;浸水时间在5 d以后,防水粘结层的拉拔强度下降速度增快;15 d后下降幅度达30.8%。由此可以看出,环氧沥青防水粘结层防水效果较好,虽然水在一定程度上降低了防水粘结层的粘结性能,但是其抗剪性能却没有下降很大。

4 结语

- 1) 钢板表面构造对防水粘结层拉拔强度影响很大,在摊铺粘结层前一定要做好喷砂除锈清洁工作。
- 2) 随着温度的升高,环氧沥青防水粘结层的抗剪强度和拉拔强度迅速降低,且下降幅度较大。
- 3) 随着浸水时间的增加,环氧沥青防水粘结层的抗剪强度和拉拔强度下降较慢,其中抗剪强度基本不变。
- 4) 在对环氧沥青防水粘结层进行设计时首先需要考虑的是温度因素。

参考文献:

- [1] 赵锋军. 钢桥面铺装环氧防水粘结层材料与结构试验研究[J]. 公路, 2006(7): 81-83.
- [2] 陈志一. 大跨径正交异性钢桥面铺装防水粘结层研究[D]. 西安: 长安大学, 2008: 3-7.
- [3] 黄卫. 润扬长江公路大桥建设钢桥面铺装[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005: 81-82.
- [4] 李洪涛. 大跨径悬索桥新型钢桥面铺装结构研究[D]. 南京: 东南大学, 2005: 2-3.
- [5] 龚谦. 环氧树脂在钢桥桥面铺装中的应用研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2006: 7-10.
- [6] 于力. 环氧沥青在大跨径钢桥面粘结层中的应用研究[J]. 公路, 2004(3): 56-57.
- [7] 沈承金. 钢桥面涂层腐蚀及其对沥青混凝土铺装层界面弱化机理的研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2009: 18-20.
- [8] DOWLING P J. The behavior of orthotropic steel deck bridge. developments in bridge design and construction[J]. University College Cardiff, 1971: 557-576.

(下转第60页)

A Study on Collusion-proof between Contractor and Design Unit in Construction Engineering

Yin Yilin, Dong Yu, Zhang Liying

(School of Management, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China)

Abstract: The collusion between contractor and design unit makes the owner bears great loss. While the consulting unit and supervision engineer are difficult to take effective management over the collusion, the owner is required to find useful ways to control its occurrence. This paper analyzes the reasons of the conspiracy through building the game model and points out the criteria how to identify and treat collusion. The owner can control the conspiracy between the contractor and design unit effectively through contract management. Contract management is a mean which sets up the contract terms to balance the right, responsibility and interests of the design unit. It prevents the occurrence of conspiracy by promoting the design unit refused to collusion by incentive and restraint mechanism. At last, this paper gives effective treatment methods for collusion.

Key words: collusion-proof; contract management; game model; incentive mechanism; restraint mechanism

(上接第42页)

Durability Analysis of Epoxy Asphalt Waterproof Bonding Layer of Steel Bridge Deck

Wang Sheng, Ye Fen, Jia Xiaoyang, Jiang Guojie

(The Key Laboratory of Road and Traffic Engineering, Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: Many field surveys show that delaminating or slip off of the steel bridge deck pavement layer caused by failure of the waterproof layer is one of the important reasons which caused the steel deck plate paving failure. The traffic load, temperature and water factor are usually considered as the main factors that affect long-term pavement performance of the waterproof layer binding. Epoxy asphalt is selected to be tested according to the characteristic and technical requirement of steel deck bridge pavement. Based on the drawing test and shear test in the two different temperatures of 25 °C and 70 °C, the paper determines the temperature sensitivity of waterproof layer. In addition, the effects of high temperature water on waterproof bonding layer of steel bridge deck are evaluated through drawing and shear experiments in high temperature. Experiment result indicates that the drawing strength and shear strength of the waterproof bonding layer falls sharply with the increasing of the temperature; the drawing strength and shear strength decline slowly with the increasing of soaking time and the shear strength tends to be unchanged. The temperature should be considered as the first factor when adopting epoxy asphalt as waterproof bonding material of steel bridge.

Key words: steel bridge deck pavement; epoxy asphalt; waterproof bonding layer; shear test; drawing test