

SMA 层下二阶热固性环氧沥青黏结层的试验研究

徐爱民

(湖南机场股份有限公司, 湖南 长沙 410000)

摘 要: 在夏季高温天气下桥面温度高达 60℃以上, 桥面铺装结构中的常规沥青类粘结层的黏附能力会随温度升高大幅下降, 造成沥青铺装面层与下层之间的黏结及抗剪强度不足而发生剪切推移病害。采用二阶环氧沥青作为 SMA 层下的防水黏结层进行了试验研究, 验证了其作为 SMA 层下防水黏结层的可行性。

关键词: 桥面铺装; 剪切推移; 二阶环氧沥青; SMA; ERS 钢桥面铺装

中图分类号: U443.33

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)10-0186-03

1 研究背景

桥面铺装是桥梁建设的重要组成部分, 作为桥梁行车系统的重要组成部分, 桥面铺装的好坏直接影响到行车的安全性、舒适性和桥梁正常使用寿命。桥面铺装一般由防腐层(钢桥)、防水粘结层、铺装面层等构成。铺装层在行车荷载及外界的风载、温度变化等综合因素影响下, 其受力和变形的十分复杂。常规的桥面铺装层黏结材料的强度和抗剪性能较弱, 尤其是在夏季高温天气下, 桥面温度达 60℃以上, 桥面铺装层稳定性进一步减弱。如常规沥青类黏结剂的黏附能力一般随温度升高大幅下降, 使得沥青铺装层之间、铺装层与桥面板间的黏结及抗剪强度严重不足。在重载车刹车制动力的作用下, 铺装层之间容易发生剪切推移病害, 铺装层间的黏结失效是造成桥面铺装层损坏的主要原因之一。典型剪切推移病害见图 1。



图 1 典型剪切推移病害图

收稿日期: 2021-04-08

作者简介: 徐爱民(1975—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事交通工程及桥隧工程管理工作。

防水黏结层作为铺装层的重要组成部分和性能薄弱环节, 已成为提升桥面铺装质量的重点研究内容。

当前, 热喷改性沥青、改性乳化沥青、以及沥青基防水涂料等是桥面铺装结构中最常见的界面黏结材料, 这些沥青类黏结材料有一个共性, 即黏结材料自身会随着环境温度的升高变软甚至液化, 使得桥面铺装层的黏附能力快速下降。在夏季, 桥面铺装层的表面温度可达到 60℃甚至更高, 在此温度下, 改性沥青类黏结层对界面的附着力(抗拉拔能力)降低至 0.1 MPa, 远低于国家规范要求的 1.75 MPa。在此条件下, 在车轮荷载的作用下, 该界面上的铺装层容易出现推挤蠕动, 形成剪切推移破坏。

解决这个问题需要一种界面黏结材料, 在高温下仍保持对界面良好的黏结性能。

二阶环氧沥青黏结剂是一种热固性黏结材料。它通过在沥青中掺入一定比例的环氧树脂及固化剂和其它改性剂后, 在加热条件下发生固化反应成为热固性的交联结构。由于沥青被束缚在环氧树脂交联网络中, 从而从根本上改变沥青的热塑性行为, 提高沥青的力学性能和耐温能力。

二阶热固性环氧沥青材料在常温条件下可以完成部分交联固化反应, 使得防水黏结层表面干燥, 可以满足施工车辆行驶, 不黏车轮。当上层施工热拌沥青混合料施工时, 固化剂与环氧树脂在热量作用下快速完成最终固化反应, 称为不可逆转的固化材料, 与热拌沥青混合料有机地融为一体, 显著提升层间结合力与防水能力。

二阶环氧沥青作为一种热固环氧沥青材料具有在高温下较好黏结性和防水性。二阶环氧沥青由环氧树脂和石油沥青组合而成, 分树脂和固化剂两个组

分,当 A、B 两个组分混合后即发生化学的交联固化反应,生成较强的环氧沥青固化物。该固化物具有强度高和对温度不敏感的特点,因此采用二阶环氧沥青作为防水黏结界面可以解决铺装层间的剪切推移病害问题。其性能优异,可应用于所有钢桥及混凝土桥桥面 SMA 铺装底部防水黏结层。

2 二阶环氧沥青的强度、变形和阶段性试验

二阶环氧沥青是二阶段反应性材料,在常温条件下洒布后在可以较快地发生第一阶段固化反应使得其表干固化。在其表面固化后,车辆和人员在其上作业时不会发生黏连。当上面层 SMA 热拌沥青混合料铺筑时,该黏结层在 SMA 混合料 165℃左右的温度作用下重新液化,与热拌沥青混合料中的沥青熔融相连,并在此温度条件下迅速地发生第二阶段固化反应,生成固化的环氧沥青黏结层。

在桥面铺装的实际施工过程中,二阶环氧沥青黏结层在常温下洒布直到表干,然后 SMA 等热拌沥青混合料的摊铺碾压施工使黏结层界面经历了一个温度由高至低逐步递减的过程,直至界面恢复到常温状态。在实验室条件下,以 150℃平均 1 h 来模拟实际工程中 SMA 混合料高温对界面固化的作用应该与实际情况比较接近的。以此为试验条件,对二阶环氧沥青材料进行不同养生温度 and 不同加热时间的拉拔和胶膜拉伸试验可以验证二阶环氧沥青黏结层在类似实际工程的条件下对桥面铺装的黏附能力。二阶环氧沥青技术指标见表 1。

表 1 二阶环氧沥青技术指标

检测项目	技术要求	试验方法
断裂强度 25℃/MPa	≥5.0	拉伸,养生 150℃/1 h
断裂伸长率 25℃/%	≥100	拉伸,养生 150℃/1 h
对混凝土(钢板)的拉拔力 25℃/MPa	≥5.0	拉拔,养生 150℃/2 h
对混凝土(钢板)的拉拔力 60℃/MPa	≥1.0	拉拔,养生 150℃/2 h
组合件层间拉拔强度 25℃/MPa	≥1.5 或沥青混合料自身强度	拉拔,组合件成型后养生 60℃/48 h

试验采用的二阶环氧沥青双组分比例为 A : B=1 : 2.5。在试验室常温条件下,二阶环氧沥青完成第一阶段反应达到指干时间约为 24 h。此时的胶结料并没有完全固化,经过上面层 SMA 混合料初始摊铺温度 165℃左右的温度,二阶环氧沥青呈现熔融状态,并在此温度下开始了第二阶段的固化反应。结果见图 2 和图 3。



图 2 试验室常温 1 d 后试件表干图



图 3 被 SMA 再次加热后呈熔融状态图

在试验室对比以 150℃分别加热 0.5 h 和 1 h 然后再加不同时间的自然养生后进行二阶环氧沥青胶结料哑铃形试件的断裂强度试验得到表 2。试验见图 4。

表 2 拉伸强度对比试验结果

胶膜拉伸试验	150℃0.5 h	150℃1 h	条件和说明
断裂强度 25℃	6.61	7.04	再自然养生 1 d
断裂强度 25℃	6.73	7.51	再自然养生 3 d
断裂强度 25℃	7.12	7.84	再自然养生 5 d



(a)胶膜拉伸试验照片



(b)拉拔试验照片

图 4 试验图

以 150℃2 h 为边界条件替代缓慢的后期增长可了解该胶结料的终极强度特性。在交结料固化后测试从 5℃~70℃温度下的界面拉拔强度,试验结果见表 3。

上述试验可以代表黏结层在 150℃保温 0.5 ~ 2 h 的条件下的性能。但实际工地上有时并不能确保一

表3 150℃2 h后环氧沥青对钢板拉拔强度试验结果

试验温度 /℃	实测值 /MPa			
	1	2	3	平均值
5	14.62	13.88	14.51	14.34
25	11.63	11.45	10.41	11.16
50	6.52	5.45	5.89	5.95
70	2.06	2.68	1.87	2.20

定具备 150℃0.5~2 h 的固化条件。在夏季,沥青桥面的温度超过 60℃应是常见的工况,模拟此工况对黏结层进行 60℃养生条件下环氧沥青胶结料进行断裂强度和断裂延伸率的试验,其结果见表 4。

表4 60℃养生 24 h 环氧沥青的断裂强度和断裂延伸率

A : B=1 : 2.5, C1=C2=1.3%						
养生 条件	试验 温度 /℃	试验项目	实测值			平均值
			1	2	3	
60℃24 h	25	断裂强度 /MPa	12.98	13.56	13.81	13.45
		断裂延伸率 /%	83.5	93.4	95.6	90.8

在 60℃24 h 养生条件下, SMA 混合料成型温度 170℃~180℃, 采用二阶环氧沥青和高黏改性沥青两种材料进行了 RA+SMA 组合试件的层间拉拔、斜剪对比试验, 结果见表 5、表 6。

表5 模拟自然高温养生 RA+SMA 组合试件层间拉拔强度试验结果

组合类型	用量 /(kg·m ⁻²)	试验温度 /℃	拉拔强度 /MPa
RA+ 二阶环氧沥青 +SMA	1.0	25	3.21
RA+ 二阶环氧沥青 +SMA	1.0	60	0.62
RA+ 高黏改性沥青 +SMA	1.0	25	1.61
RA+ 高黏改性沥青 +SMA	1.0	60	0.08

表6 模拟自然高温养生 RA+SMA 组合试件层间斜剪强度试验结果

组合类型	用量 /(kg·m ⁻²)	试验 温度 /℃	斜剪强度 /MPa
RA+ 二阶环氧沥青 +SMA	1.0	25	3.60
RA+ 二阶环氧沥青 +SMA	1.0	60	0.76
RA+ 高黏改性沥青 +SMA	1.0	25	1.32
RA+ 高黏改性沥青 +SMA	1.0	60	0.13

3 结果分析

从指干试验可以看出: 在常温下二阶环氧沥青可以在 1 d 左右的时间固化到指干, 然后经 SMA 混合料摊铺后界面温度可达 165℃左右, 在此温度下二阶环氧沥青呈熔融状态与 SMA 混合料融合在一起

并发生第二阶段反应。

以 150℃0.5 h 和 1 h 小时来模拟实际工程中 SMA 混合料高温对界面固化的作用, 环氧沥青的断裂强度在 0.5 h 已经达到了 1 h 相应强度的 90%, 说明环氧沥青第二阶段反应在前半小时内速度较快, 之后的反应即使在高温下强度增长也非常缓慢。这与实际工程施工中, SMA 初始摊铺温度在 165℃左右半小时后逐渐下降的过程类似。

150℃半小时后环氧沥青强度的增长速度已经放缓, 所以用 150℃2 h 为边界条件替代缓慢的后期增长可以模拟出环氧沥青完全反应后的强度特性。从实验结果可以看出, 环氧沥青完全固化后的对钢板的黏结强度在常温下可达到 11 MPa, 是钢结构桥梁规范要求 1.75 MPa 的 6 倍以上。

在 SMA 摊铺后环氧沥青黏结层从较高温度到与环境温度一致需要一段时间, 其后在环境温度下其强度仍会缓慢增长。我们采用 60℃24 h 温度条件来模拟这种情况的进行试验, 首先, 从胶结料试验结果可以看出与实际情况类似的条件下, 环氧沥青固化后有较高的强度和变形能力。其次, 采用国内较常见的 ERS 钢桥面铺装结构中 RA 与 SMA 制成组合试件进行组合试件拉拔试验, 其结果表明在常温下组合铺装体系拉拔破坏处是在 SMA 混合料中而不是在环氧沥青界面层, 组合体系的单纯抗拉拔强度大于 3 MPa。

4 结 论

采用二阶环氧沥青作为 SMA 层下黏结层, 黏层油洒布完成后一天左右可以表干, 黏结层在施工上面层时不会与上面层施工车辆产生黏轮现象。摊铺 SMA 后半小时内环氧沥青强度增长快, 夏季一天后固化基本可以完成。

二阶热固性环氧沥青作为界面黏结层可以大幅度提高铺装层与界面的黏结能力, 增强桥面铺装组合结构整体的高温稳定性和可靠性, 可以较好地解决传统改性沥青黏结层的高温稳定性问题。

参考文献:

- [1] JT/T 1131—2017, 钢桥面铺装冷拌树脂沥青[S].
- [2] JTG D64—2015, 公路钢结构桥梁设计规范[S].