

温度对防水黏结材料性能影响的试验分析*

刘攀¹, 岳晓文¹, 李凯², 盛兴跃¹, 李璐¹, 全弘彬¹

(1.重庆市智翔铺道技术工程有限公司, 重庆 401336; 2.重庆交通大学, 重庆 400074)

摘要: 选择 3 种钢桥面铺装防水黏结材料, 分别用于浇注式沥青混合料铺装体系和环氧沥青混合料铺装体系, 通过室内拉拔试验和剪切试验评价温度对其黏结性能的影响。结果表明, 温度会显著影响防水黏结剂的黏结性能, 随着温度升高, 其黏结强度逐渐下降; 对于同一防水黏结体系或铺装组合结构, 日本环氧黏层油的温感性强于美国环氧黏结剂和二阶环氧黏结剂; 对于同一防水黏结剂, 浇注式沥青混合料铺装体系的温感性强于环氧沥青混合料铺装体系; 温度、铺装层混合料及组合结构类型均会影响防水黏结剂的黏结性能。

关键词: 桥梁; 钢桥面铺装; 防水黏结材料; 温度; 黏结性能

中图分类号: U445.7

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2020)05-0120-05

防水黏结层能将沥青砼铺装层与钢桥面板黏结成整体, 并起到防水作用。目前国内应用较多的防水黏结材料主要包括甲基丙烯酸甲酯材料、环氧树脂、环氧沥青、改性沥青及溶剂型黏结剂等, 其中浇注式沥青混合料铺装体系主要采用甲基丙烯酸甲酯材料, 温拌环氧沥青混合料铺装体系主要采用环氧沥青, 热拌环氧沥青混合料铺装体系主要采用环氧树脂。工程实践和相关研究表明, 防水黏结层是桥面铺装体系中最薄弱的环节, 一旦防水黏结层失效, 将导致铺装层一系列病害, 并影响桥梁通行能力。为保证钢桥面板与铺装层的整体性, 防水黏结材料与钢桥面板之间及铺装层与铺装层之间必须具有优异的黏结性能。除材料本身的性能及施工质量等因素外, 外界环境同样影响防水黏结材料的黏结性能, 且其影响长期存在。其中温度是影响防水黏结材料及沥青混合料铺装层性能的关键因素, 温度升高, 材料逐渐变软, 力学强度随之衰减, 进而影响铺装结构的黏结性能。统计数据显示, 浇注式沥青混合料(GA)铺装体系和环氧沥青混合料(EA)铺装体系在

目前钢桥面铺装中占 80% 以上。该文针对 3 种防水黏结剂, 通过室内试验研究不同温度对这两种钢桥面铺装体系黏结性能的影响。

1 原材料与试验方法

1.1 原材料

(1) 选择 3 种钢桥面防水黏结材料进行试验, 分别为二阶环氧黏结剂(重庆市智翔铺道技术工程有限公司研制, 下称自研)、美国环氧黏结剂(美国 Chem Co System 公司研制)和日本环氧黏层油(日本大有建设株式会社 TAF 研制), 其组成及养护条件见表 1, 基本性能见表 2。

(2) GA-10 所用沥青为聚合物复合改性沥青, SMA-10 所用沥青为高弹改性沥青, EA-10 所用沥青分别为高韧性环氧沥青(自研)、美国环氧沥青(美国 Chem Co System 公司)和日本环氧沥青(日本大有建设株式会社 TAF)。粗、细集料均采用玄武岩, 坚硬, 无杂质, 无结团现象, 其技术指标均满足要求。混合料级配见图 1, 其中 GA-10 的油石

表 1 防水黏结材料的组成及养护条件

防水黏结材料种类	材料组成及比例	混合时材料温度/℃	养护温度/℃	养护时间/h
二阶环氧黏结剂	主剂(环氧树脂)和固化剂用量比为 100 : 43	主剂和固化剂均为 50	60	96
美国环氧黏结剂	组分 A(环氧树脂)和组分 B(固化剂及沥青等)用量比为 100 : 445	组分 A 85, 组分 B 135	120	4
日本环氧黏层油	主剂(环氧树脂)和固化剂用量比为 100 : 100	主剂和固化剂均为 50	60	96

* 基金项目: 重庆市重点产业共性关键技术创新专项重点研发项目(cstc2017zdcy-zdyf0297)

表 2 防水黏结材料的基本性能

基本性能指标	二阶环氧黏结剂	美国环氧黏结剂	日本环氧黏层油
低温柔韧性	(-20 ℃,4 h)	弯曲保持完好	弯曲保持完好
	(-10 ℃,4 h)	弯曲保持完好	弯曲保持完好
高温耐热性	(180 ℃,1 h)	无起泡、流动等现象	略有流淌
	(240 ℃,1 h)	无起泡、流动等现象	流淌
耐酸性(酸雾试验)	表面完好,无剥落现象	表面完好,无剥落现象	表面完好,无剥落现象
耐盐性(盐雾试验)	表面完好,无剥落现象	表面完好,无剥落现象	表面完好,无剥落现象
不透水性	无渗水现象	无渗水现象	无渗水现象

比为 7.7%(拌和温度 240 ℃),SMA-10 的油石为 6.0%(拌和温度 180 ℃),EA-10 的油石比为 6.6%(美国 EA-10 的拌和温度 120 ℃,自研 EA-10 和日本 EA-10 的拌和温度 170 ℃)。铺装层沥青混合料性能指标见表 3。

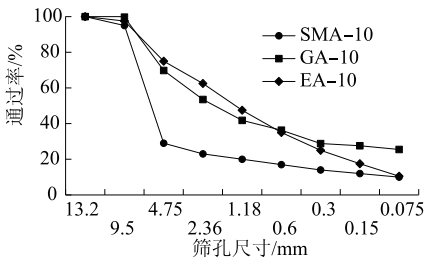


图 1 混合料级配曲线

表 3 铺装层沥青混合料的性能指标

铺装层材料种类	动稳定度 (60 ℃)/ (次·mm ⁻¹)	弯拉应变 (-10 ℃)/ με	稳定度 (60 ℃)/ kN	贯入度 (60 ℃)/ mm
浇注式沥青混合料 GA-10	926	2 850	—	3.35
高弹改性沥青 SMA-10	7 875	2 813	7.7	—
环氧沥青 自研	42 000	4 302	58.6	—
混合料 美国	39 375	3 665	58.1	—
EA-10 日本	42 760	4 040	83.0	—

1.2 试验方法

通过室内拉拔试验和剪切试验,分别测试不同温度下防水黏结体系和铺装组合结构的拉拔强度、剪切强度,评价桥面铺装防水黏结材料的黏结性能。

(1) 喷砂除锈使 90 mm×90 mm 钢板洁净度与粗糙度满足 Sa2.5 的要求,先均匀涂布环氧富锌漆,再涂布防水黏结材料,随后采用轮碾法加铺面层铺装材料。

(2) 按照 35 mm 铺装下面层混合料+防水黏结材料+35 mm 铺装上面层混合料成型车辙板,切割成 90 mm×90 mm 组合结构试件(见图 2)。其

中二阶环氧黏结剂、美国环氧黏结剂和日本环氧黏层油的涂布量均为 0.50 kg/m³。试件完全固化后,在 20、30、40、50、60 和 70 ℃温度下保温 5 h 以上,通过万能试验机进行拉拔试验和剪切试验。

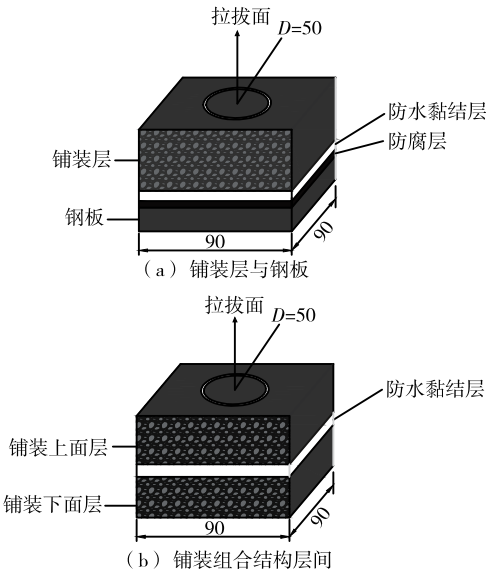


图 2 拉拔剪切试件(单位:mm)

2 温度对防水黏结材料力学性能的影响

将 3 种防水黏结剂成型为哑铃形试件,固化完全后测试不同温度下拉伸强度和断裂伸长率,拉伸速率 200 mm/min。试验结果见图 3。

由图 3 可知:温度能显著影响防水黏结剂的力学性能,3 种材料均表现出较强的温感性。二阶环氧黏结剂和日本环氧黏层油均属于环氧树脂类材料,美国环氧黏结剂属于环氧沥青类材料,温度对其拉伸性能的影响既有相似之处又有区别。随着温度升高,3 种防水黏结剂的拉伸强度逐渐下降,二阶环氧黏结剂和日本环氧黏层油的断裂伸长率呈先增大后减小的趋势,美国环氧黏结剂则逐渐降低。同一温度下,二阶环氧黏结剂的拉伸强度大于美国环氧黏结剂和日本环氧黏层油,断裂伸长率则基本表现

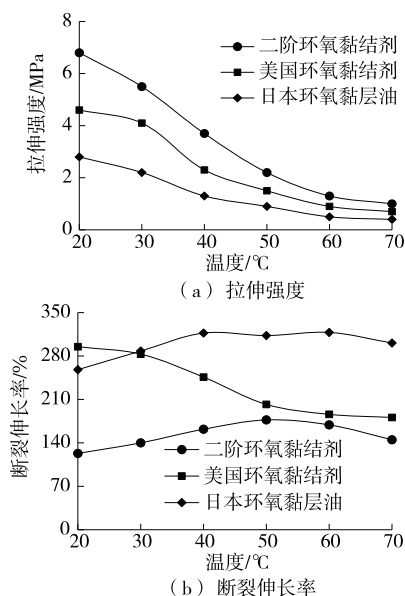


图3 温度对防水黏结剂力学性能的影响(单位:mm)

出日本环氧黏层油大于美国环氧黏结剂和二阶环氧黏结剂的规律。整体而言,常温下3种环氧黏结剂均表现出优良的力学性能,高温下则明显衰减。

3 温度对防水黏结材料黏结性能的影响

3.1 浇注式沥青混合料铺装体系

3.1.1 铺装层 GA-10 防水黏结体系

测试铺装层 GA-10 防水黏结体系在不同温度下的拉拔强度和剪切强度,结果见图4。

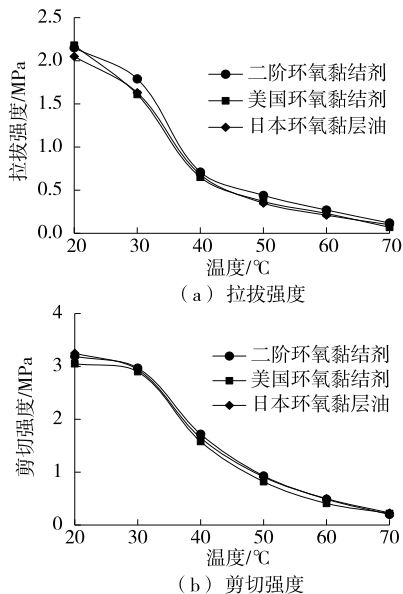


图4 温度对铺装层 GA-10 防水黏结体系黏结强度的影响

由图4可知:随着温度升高,GA-10 防水黏结体系的拉拔强度和剪切强度显著下降。温度低于

30 °C时,拉拔试验的破坏薄弱面基本处于富锌漆与防水黏结剂之间(80%);温度为40~60 °C时,其破坏薄弱面主要出现在混合料内部;温度更高时,全部为混合料内部破坏。对于 GA-10 防水黏结体系,不同温度下3种防水黏结剂表现出的黏结性能差异较小,浇注式沥青混合料 GA-10 的自身强度较低且温感性较强,试验结果并未反映其真实黏结强度。

3.1.2 铺装组合结构 GA-10+SMA-10

测试铺装组合结构 GA-10+SMA-10 的拉拔强度和剪切强度,结果见图5。

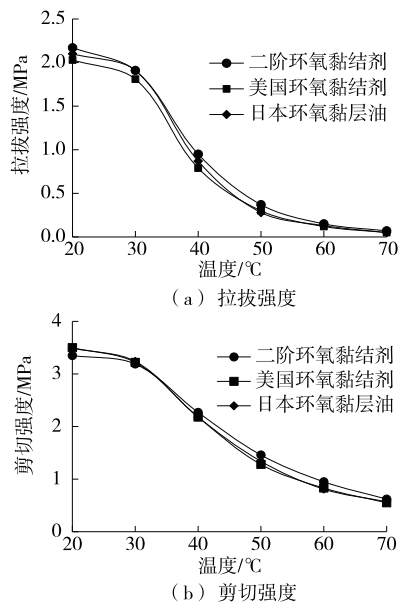


图5 温度对铺装组合结构 GA+SMA 黏结强度的影响

由图5可知:随着温度升高,铺装组合结构 GA+SMA 的拉拔强度和剪切强度显著下降。温度低于30 °C时,拉拔试验的破坏薄弱面处于层间(60%)和混合料内部(40%);温度大于40 °C时,主要为混合料内部破坏(80%以上)。对于 GA+SMA 结构,不同温度下3种防水黏结剂表现出的黏结性能差异较小,主要原因为浇注式沥青混合料 GA-10 和高弹沥青混合料 SMA-10 是热塑性材料,在高温下自身强度衰减明显,基本为混合料内部破坏。试验结果同样未反映其真实黏结强度。

3.1.3 铺装组合结构 GA-10+EA-10

测试铺装组合结构 GA-10+EA-10 的拉拔强度和剪切强度,结果见图6。

由图6可知:随着温度升高,铺装组合结构 GA+EA 的拉拔强度和剪切强度显著下降,拉拔试验的破坏薄弱面基本处于层间。和 GA+SMA 相比,GA+EA 的上面层铺装材料由热塑性的 GA-10

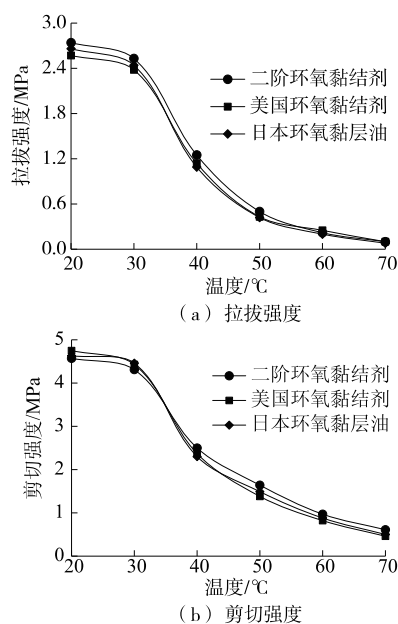


图6 温度对铺装组合结构 GA+EA 黏结强度的影响

变为热固性的 EA-10, 拉拔试验时几乎不会发生上面层混合料内部破坏, 结果能较好地反映其真实黏结性能。对于 GA+EA 结构, 不同温度下 3 种防水黏结剂表现出的黏结性能差异较小。

3.2 环氧沥青混合料铺装体系

3.2.1 铺装层 EA-10 防水黏结体系

测试铺装层 EA-10 防水黏结体系的拉拔强度和剪切强度, 结果见图 7。

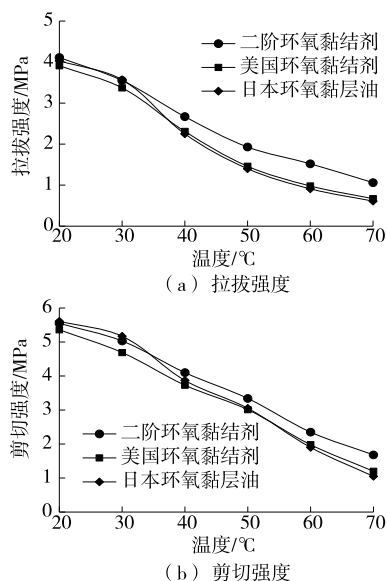


图7 温度对铺装层 EA-10 防水黏结体系黏结强度的影响

由图 7 可知: 随着温度升高, EA-10 防水黏结体系的拉拔强度和剪切强度逐渐下降, 但衰减幅度明显小于 GA-10 防水黏结体系, 其拉拔破坏薄弱

面基本处于富锌漆与钢板之间、富锌漆与防水黏结剂之间或混合料 EA-10 与拉拔头之间。与 GA-10 防水黏结体系不同, 环氧沥青混合料强度高, 试验过程中基本未出现混合料内部破坏。同一温度下二阶环氧黏结剂具有更高的黏结强度, 即使温度高达 70 °C, 其拉拔、剪切强度仍能分别达到 1.06 和 1.68 MPa。

3.2.2 铺装组合结构 EA-10+EA-10

测试铺装组合结构 EA-10+EA-10 的拉拔强度和剪切强度, 结果见图 8。

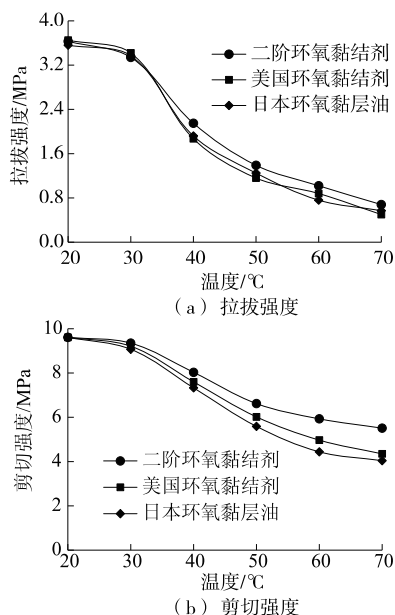


图8 温度对铺装组合结构 EA+EA 黏结强度的影响

由图 8 可知: 随着温度升高, 铺装组合结构 EA+EA 的拉拔强度和剪切强度逐渐下降, 其拉拔破坏薄弱面基本处于混合料与防水黏结剂之间或混合料 EA-10 与拉拔头之间, 基本没有混合料内部破坏。不同于浇注式铺装体系, EA+EA 的层间拉拔试验结果能较好地反映其拉拔强度, 但剪切试验结果受环氧沥青混合料中富余结合料的影响明显大于其真实值。同一温度下二阶环氧黏结剂的黏结性能优于美国环氧黏结剂和日本环氧黏层油, 温度越高越明显, 即使温度高达 70 °C, 其层间拉拔、剪切强度仍能分别达到 0.64 和 5.51 MPa。

3.2.3 铺装组合结构 EA-10+SMA-10

测试铺装组合结构 EA-10+SMA-10 的拉拔强度和剪切强度, 结果见图 9。

由图 9 可知: 随着温度的升高, 铺装组合结构 EA+SMA 的拉拔强度和剪切强度显著下降。温度

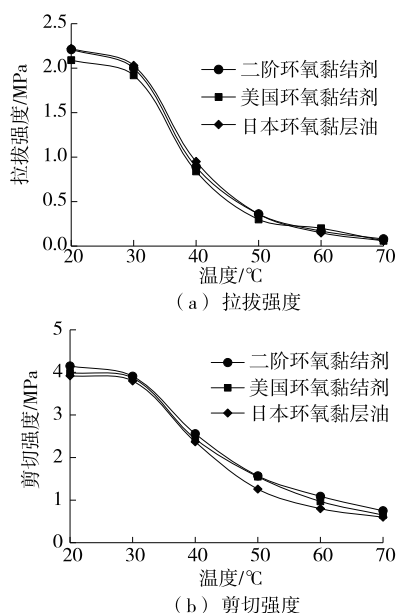


图9 温度对铺装组合结构EA+SMA黏结强度的影响

低于 30 °C 时,拉拔试验的破坏薄弱面基本处于层间;温度大于 40 °C 时,主要为混合料内部破坏。试验结果与铺装组合结构 GA+SMA 相似,两种结构的上面层铺装材料均采用 SMA-10,区别仅在于下面层铺装材料。进一步对比 EA+EA 的试验结果,可看出层间黏结强度由自身强度更小的铺装层材料决定。

4 结论

(1) 3 种环氧黏结剂均具有优良的力学性能。温度能显著影响防水黏结剂的力学性能,随着温度升高,其拉伸强度明显衰减,表现出较明显的温感性。在同一温度下,二阶环氧黏结剂的拉伸强度最大,断裂伸长率则小于日本环氧黏层油和 美国环氧黏结剂。

(2) 温度会显著影响防水黏结剂的黏结性能,随着温度升高,其黏结性能逐渐下降。对于同一防水黏结体系或铺装组合结构,日本环氧黏层油的温感性强于美国环氧黏结剂和二阶环氧黏结剂;对于同一防水黏结剂,GA-10 的温感性明显强于 EA-10,GA+SMA 的温感性强于 GA+EA 和 EA+SMA,EA+EA 则较弱。不同温度下二阶环氧黏结剂均表现出十分优异的黏结性能,完全能满足钢桥面铺装的使用要求。

(3) 防水黏结体系的黏结性能与防水黏结材料自身强度、防水黏结材料与钢桥面板之间的结合强度、铺装层与防水黏结材料之间的结合强度及铺装

层的自身强度都有较大关系,铺装组合结构的黏结性能主要与防水黏结材料自身强度、铺装层与防水黏结材料之间的结合强度及铺装层的自身强度密切相关。温度是影响上述强度的重要因素。

参考文献:

- [1] 肖晶晶,田超,刘宗普.浇注式钢桥面铺装层防水黏结体系综述[J].中国建筑防水,2015(10):36-39.
- [2] 汪明春.桥面铺装防水黏结层路用性能试验研究[J].公路交通技术,2015(5):16-19.
- [3] 詹桂超.桥面防水黏结层性能对比研究[J].公路与汽运,2016(4):186-189.
- [4] 钟庆军,胡德勇.钢桥面铺装防水黏结材料温度稳定性试验研究[J].中国建筑防水,2016(14):5-9.
- [5] 刘攀,李璐,郝增恒,等.钢桥面铺装环氧类防水黏结材料性能对比研究[C]//中国公路学会.首届钢桥面铺装技术研讨会论文集.北京:人民交通出版社股份有限公司,2018:134-142.
- [6] 任艳,刘细军.不同钢桥面铺装黏结层材料性能研究[J].石油沥青,2014,28(4):25-28.
- [7] 孟令国,江瑞龄,祝争艳.桥面防水黏结材料的性能对比研究[J].森林工程,2016,32(3):73-75.
- [8] 徐伟,黄红明,周源,等.新型环氧沥青混合料(N-EA)和黏结剂性能试验评价研究[J].公路工程,2014,39(1):50-53.
- [9] 李芸,黄克旺,谭振宇.沥青混凝土桥面铺装黏结层性能比选[J].广东公路交通,2017(2):33-36.
- [10] 姚美珍.固化时间与环境温度对环氧沥青黏结性能的影响[J].石油沥青,2016,30(3):24-27.
- [11] 赵锋军,鲁国烽,陈修和,等.钢桥面铺装环氧树脂防水黏结层施工质量控制[J].公路与汽运,2015(6):177-180.
- [12] 李志栋,黄晓明,陈广秀,等.同步碎石封层桥面防水黏结层温度敏感性研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2011,30(5):957-964.
- [13] 王志祥,许新权.基于温度变化的钢桥面防水黏结层性能研究[J].广东公路交通,2017,43(4):29-33.
- [14] 梁俊怡.环境温度与浸水条件对桥面防水黏结层性能的影响研究[J].黑龙江交通科技,2019(1):106-108.
- [15] 李海池.混凝土桥面防水黏结材料性能研究[D].西安:长安大学,2011.