

大纵坡小半径弯桥环氧沥青钢桥面铺装关键技术研究

唐好鑫

太原市市政工程设计研究院 山西 太原 030002

摘要:为解决大纵坡小半径钢桥梁在较低温度下桥面铺装问题,从铺装材料及施工工艺等方面开展研究,解决了温拌型环氧沥青材料性能和施工工艺等关键技术,改进了专用拌和设备,保证了环氧沥青混合料的质量性能,减少废料比例,降低了施工成本。

关键词:环氧沥青;钢桥面铺装;大纵坡小半径

引言

随着我国桥梁建造技术的快速发展,大型桥梁越来越多采用了跨径大、质量轻、美观大方的悬索或斜拉式的正交异性板钢箱梁桥。钢桥面沥青类铺装的高温稳定性、抗疲劳开裂性、对钢板变形的随从性、层间黏结、防水性能以及施工的易性等均有极高的要求。近年来,针对我国的气候特点和交通荷载特征,在钢桥面铺装工程中,对整体铺装结构方案、铺装材料的性能指标、钢桥面防水体系等方面的研究获得了较大的进展,并在实际应用方面也取得了可喜的成果^[1]。

环氧沥青混合料作为大跨径钢桥面铺装材料,国外于20世纪60年代后期开始研究和应用,很多钢桥梁的桥面铺装都采用环氧沥青混合料,但几乎是针对纵坡较小的大跨径钢桥面铺装,而对大纵坡小半径弯桥桥面铺装目前还没有广泛应用和系统研究。现阶段,我国经济社会已进入新的发展阶段,交通基础设施建设方兴未艾,大量交通枢纽或者城市立交桥系统中的匝道普遍采用钢结构作为桥梁主体,大纵坡、小半径弯桥成为钢桥梁的一种常用形式。随之而来的便是在这种大纵坡、小半径钢桥面上的铺装结构存在着一系列尚未解决的技术问题^[2]。

太原天龙山区域防火旅游通道工程是一条山区专用公路,其中有4座钢结构桥梁全长3000余米,钢箱梁桥面宽度9~12米,最小弯道半径37m,最大合成坡度4.74%。从施工可靠性及使用安全性考虑,经国内专家论证,桥面铺装设计采用环氧沥青混凝土。该项目工期紧,施工难度大,需要从桥面铺装材料及施工工艺等方面开展试验研究。

首先,从施工角度考虑,桥梁纵坡大、转弯半径小,与大跨径刚桥梁相比,桥面铺装具有很大的特殊性,无疑加大了施工难度。

环氧沥青是一种热固性材料,环氧沥青黏结层施工后一两天内处于凝胶状态,在坡度较大的情况下摊铺机

在未固化的环氧沥青黏结层表面行驶会发生打滑和粘轮现象。另外,在压路机碾压过程中,由于纵坡大,压路机在未固化的黏结层界面上施加较大的水平剪力,容易造成黏结层破坏和铺装层推移,影响铺装层的施工效果。

其次,从受力角度分析,由于纵坡大、转弯半径小,汽车荷载的作用对铺装层受力非常不利。因此要求铺装层具有更高的高温稳定性和界面安全性。

第三,从使用角度看,大纵坡、小半径弯桥的桥面要求铺装表面粗糙、抗滑安全系数大,以保证行车的安全性。环氧沥青混凝土采用了类似AC-10型级配,细集料含量大,铺装表面宏观构造深度小,在雨多的地区,雨后桥面极易形成水膜,对行车安全不利。行之有效的做法是铺装下层采用环氧沥青混凝土,上层加铺SMA一类的结构层,形成一种组合结构^[3]。

总体来说,大纵坡、小半径弯桥钢桥面铺装要求便于施工操作,高低温性能优良,界面稳定性高,铺装表面粗糙,抗滑性能好。

各种沥青类(包括热拌型环氧沥青)桥面铺装的施工温度普遍要求在160℃以上,浇注式沥青混凝土施工温度在220℃以上,传统的温拌型环氧沥青施工温度为115℃至125℃。按照交通行业有关技术标准和规范的规定,沥青类材料施工时的气温要求不小于10℃,当气温低于5℃或接近0℃时施工,施工质量难以保证。对于我国北方较寒冷地区来说,由于工期等因素影响,往往需要在较低气温条件下施工,通常的沥青类(包括进口环氧沥青)桥面铺装受到了很大的限制。在我国当前桥梁建设事业迅速发展的背景下,深入开展适用于特殊桥梁桥面铺装的材料和施工工艺,具有重要的理论意义和很强的实用价值。

本项目研究针对以上一系列问题,从铺装材料和施工技术方面提出了有针对性的技术措施,为解决大纵坡、小半径钢桥梁的桥面铺装在较低温度下施工提供一

个可行的解决方案。

1 关键技术和创新点

1.1 大纵坡钢箱梁桥面铺装的力学分析

汽车行驶在坡度较大的桥面上时,铺装层除了受到正常的竖向压力、水平摩阻力以外,还要受到重力在斜面的分力(下滑力)和刹车制动力。这就增加了汽车荷载对桥面铺装层的作用力(水平叠加力)。本项目研究对象:天龙山区域防火通道高架桥钢桥面铺装的合成坡度为4.7%,汽车荷载的作用力比平坡(或小纵坡)条件下的状况有较大的区别。

模型建立过程中,铺装结构及桥面板为了能够充分的体现铺装结构层间的应力应变,选取细化的线性减缩单元CPS4R。减缩单元比普通的完全积分单元在每个方向少一个积分点,它具有更精确的位移求解,网格存在扭曲变形时,精度影响小^[4]。

大纵坡状态下最不利位置处的位移呈现三段式线性上升,达到0.01~0.015段内,位移不发生改变,随着应力的增大,位移变大,呈现直线上升态势。平坡状态下在1时间点前呈现非线性上升,斜率由小变大再变小,变化频率较高,在1时间点后,呈现直线上升态势。两种状态下的最不利荷载处的位移值基本一致。所以,纵坡对最不利荷载处的位移影响较小。

环氧沥青桥面铺装应力分析结论:

(1) 正交异性钢桥面铺装层横向最大拉应力位于纵隔板处的铺装层表面,最大应力值0.821MPa,纵向最大拉应力位于横隔板处的铺装层表面,应力值0.521 MPa。

(2) 正交异性钢桥面铺装层的层间最大剪应力发生在横桥向不含纵隔板的部位,最大应0.463 MPa。

(3) 大纵坡钢桥面铺装的层间剪应力比平坡状态大23%,最大应力为0.563MPa。受力条件处于最不利状态。

1.2 解决的关键技术

通过系列试验研究,本项目解决了如下关键技术:

1.2.1 通过材料配方试验研究,使得温拌型环氧沥青技术特点具有重大突破,A、B组分混合后的粘度增长速度大大减缓,120℃温度下粘度升至3Pa.s的时间达到100min,110℃温度下粘度升至3Pa.s的时间达到120min。彻底解决了温拌型环氧沥青容留时间短、施工节奏急促,施工技术难以掌握的难题。

1.2.2 改进的环氧沥青混凝土专用拌和设备,采用集料通过冷料仓计量,小型滚筒批量加热技术,使得集料温度更准确,误差小于±2℃。环氧沥青A、B组分配比采用称重计量方式,使得A、B组分配比误差小于1%。大大提高了环氧沥青混合料的拌和质量 and 成品率。

1.2.3 改进后的温拌型环氧沥青混合料可以采用100℃~110℃的拌和温度,混合料摊铺温度可以采用85℃~100℃,碾压温度可以采用40℃~80℃;适宜的施工气温可以低至0℃以上。使得环氧沥青混凝土施工适应范围更广,对环境的影响更小,具有非常明显的节能、环保特性。

1.2.4 采用混合料运输车辆“小型化”、“少装载”,摊铺顺序“先内后外”、“先低后高”,碾压工艺“先胶后钢”、“胶钢交替”等一系列措施进行施工组织管理,总结了一套适用于“纵坡大”、“桥面窄”、“半径小”的钢桥面环氧沥青混凝土运输、摊铺、碾压施工技术,成功实施了太原天龙山区域防火旅游通道高架桥钢桥面环氧沥青混凝土铺装工程。

1.3 创新点

1.3.1 成功研发了适用于特种工程条件(大纵坡小半径弯桥)的温拌型环氧沥青材料,最大容留时间达到120min以上,环氧沥青混合料适宜的拌和温度为100℃~110℃,适应的施工气温为0℃以上。温拌型环氧沥青施工操作空间更为宽松,环氧沥青混合料的废料比例大幅度降低。

1.3.2 改进完善了温拌型环氧沥青混凝土钢桥面铺装施工工艺,采用改进的小型加热滚筒拌和设备及称重配料计量系统,拌和温度误差由以往的±10℃降低到±2℃,配料精度由以往的±10%提高到±1%,保证了环氧沥青混合料的质量性能,减少了环氧沥青混合料废料比例,降低了施工成本。

1.4 环氧沥青桥面铺装使用效果

在环氧沥青混合料桥面铺装使用过程中,要对使用情况进行定期观察和跟踪评价,依托工程的平整度和渗水系数检测结果均满足要求。在天龙山环形钢桥面铺装中使用效果较好,详见图1-1。



图1-1 桥面铺装及全桥景观照片

2 总体性能指标

2.1 改进型温拌环氧沥青技术性能

本项目研发改进的新型环氧沥青技术性能与国内外同类产品相比,在可操作性和施工宽松性方面具有重大突破,无论是与美国环氧沥青相比还是与其他国产环氧沥青相比,混合料110℃的容留时间均达到其他产品的2倍以上,基本与日本的热拌型环氧沥青相当,总体上达到国际先进水平。为环氧沥青钢桥面铺装提供了价廉物美的优质新材料。为更为广泛地大量推广应用环氧沥青钢桥面铺装奠定了很好的基础。

2.2 改进的环氧沥青混凝土拌和设备技术性能

2.2.1 常用的沥青混凝土拌和设备是连续式加热集料、通过二次筛分(热筛分)进行配料的工艺,最大缺点是温度控制精度低,尤其是在集料含水量不均匀或粒径离散性较大的情况下,温度误差均在 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 以上。本项目采用小滚筒批量加热技术后,集料温度可控制在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 范围内,大大减少了混合料的温度离析。这一点对环氧沥青而言是非常重要的(超温拌和对环氧沥青的危害是致命的)。

2.2.2 多年来绝大多数环氧沥青混凝土配料方式均采用流量方式进行控制,其最大缺陷是流量稳定性较差,它随着温度的波动粘度也会有较大的波动,进而导致流量波动。其次,计量装置(流量计或计量泵)也会因为温度或长期磨损发生变化,致使计量误差加大,其变化幅度往往超过10%。这也是造成环氧沥青混凝土质量波动的重要问题。本项目采用称重计量的方式解决环氧沥青A、B组分配比控制方式,使其配比误差减小到 $\pm 1\%$ 。

本项目采用的这一套环氧沥青混合料拌和工艺是一个重大突破,尤其对于环氧沥青混凝土施工具有重大意义。

2.3 大纵坡小半径弯桥钢桥面铺装施工技术

国内外环氧沥青混凝土钢桥面铺装已有几十年的成功经验,东南大学获得国家科技进步二等奖的科技成果,也是建立在南京长江二桥及润杨长江大桥等大跨径钢结构桥梁基础上的。但用于中小跨径的钢结构桥梁钢桥面铺装的环氧沥青混凝土经验不足,也不乏存在失败的例子。本项目在太原天龙山区域防火旅游通道高架桥

钢桥面铺装中采用环氧沥青混凝土,针对纵坡大于4%,弯道半径小于100m(最小37m),桥面宽度8~11m,总计桥长约3000m的桥梁,在国内尚属首次。尤其是在10月底山区较低气温下施工,突破了前所未有的诸多限制,取得了完胜。使得工程建设大大缩短了工期,节约了大量资金,获得了社会各界的好评。

3 结论

3.1 应用措施

近年来,公路及市政工程中的钢结构桥梁建设发展迅速,但设计方案基本停留在笨重的“钢-混”叠合梁阶段,有一些桥面铺装采用热稳定性较差的“浇注式”沥青混凝土,或是采用造价较高的UHPC铺装。推广应用环氧沥青桥面铺装的主要措施首先是改变设计理念,在具备条件的桥梁结构中优先考虑采用环氧沥青混凝土。其次是鼓励、培养一批具有优秀施工管理经验的施工企业掌握这项技术,除了配备必要的施工设备(小滚筒拌和楼)外,对施工技术人员进行培训,造就一批文化素养较高的施工管理队伍。

3.2 应用的前景

我国桥梁建设方兴未艾,尤其是城市桥梁(高架桥和立交桥),正在大量采用重量轻、跨越性好、经久耐用的钢结构桥型方案。在公路建设方面,大量的山区公路和高速公路互通立交都在选用钢结构,环氧沥青桥面铺装的应用前景十分广泛。

参考文献

- [1]刘天羽.环氧沥青混合料在路面施工中的应用[J].交通世界,2018(11):47-49.
- [2]黄红明.热拌环氧沥青钢桥面铺装材料评价与应用研究[D].广州:华南理工大学,2013.(18):13-15
- [3]曾国东,黄红明,徐伟.静载作用下较厚型钢桥面环氧沥青铺装力学行为研究[J].中外公路,2023(05):156-162.
- [4]施晓强,倪大治,宗海,王立星.环氧沥青混凝土施工工艺精细化研究[J].工程建设,2020(11):62-67.