

公路正交异性钢桥面铺装的设计与探讨

谢小华

(中铁长江交通设计集团有限公司, 重庆 401121)

摘要: 目前, 大跨度桥梁大多由正交异性钢桥面铺装体系铺设而成。正交异性钢桥面由铺装层和钢顶板两部分构成, 能为汽车提供充分的支承力和摩擦力, 抵抗外部荷载。由于车辆与周围环境的相互影响, 桥面铺装层很容易出现病害, 从而影响其使用寿命。桥面病害的发生与桥面板的刚性、铺装材料的强度密切相关。目前, 国内外对桥面铺装层的优化设计都是以提高材料强度为主要内容, 已有一些研究结果。但是, 部分钢桥在采用优质材料进行铺装后, 仍然会出现一些问题。提高桥面的刚度, 可以有效改善桥面的受力和变形, 避免桥面病害的发生, 优化桥面铺装。本文对德国、日本和美国等几个具有代表性国家的钢桥面铺装技术进行详尽的分析, 并就SMA型桥面铺装材料、浇筑式沥青混凝土、环氧改性沥青混凝土等铺装材料的特性和使用状况进行较为详尽的分析, 对公路正交异性钢桥面铺装的设计要点和设计流程进行分析。

关键词: 正交异性; 钢桥面铺装; 桥面板刚度

中图分类号: U443.31 **文献标志码:** A



正交异性桥面板结构具有质轻、高强、施工方便等特点, 在中国、日本、欧洲等多个地区得到广泛应用。钢箱梁桥面铺装技术是项技术难题。钢箱梁的施工条件、施工工艺、质量控制和需求的特殊性, 使其强度、抗疲劳、抗车辙、抗剪切、变形协调等性能都得到提高, 但至今还没有一套行之有效的理论和方法^[1]。近年来, 随着大跨径桥梁的不断发展, 正交异性钢桥面钢箱梁由于其优异的力学性能和经济性能被广泛应用, 但由于其在工程上的实际应用问题并未得到很好的解决, 因此钢箱梁在使用周期内出现的破坏现象时有发生, 所以正交异性钢桥面铺装技术的研究引起学术界和工程界的广泛关注。

1 正交异性钢桥面的定义

正交异性钢桥面结构由横向横隔板、纵向加劲肋及其共同支撑的桥面板组成, 钢桥的纵向和横向的弹性特性不同, 在相同的方向, 桥面的刚度会有很大的差别, 从而导致桥梁的刚性和变形的不均匀性。在此之前, 德国在第二次世界大战后重建一些大跨度桥梁, 但那时钢材紧缺, 因此采用正交异性钢板作为桥面材料, 以节约钢材。

2 正交异性钢桥面铺装研究现状

2.1 德国桥面铺装技术标准的发展情况

德国率先对钢桥面铺装进行深入研究, 在此基础上发展30多年, 于1992年形成较为完整的钢桥面铺装规范。随着交通荷载和新材料的发展, 德国钢桥面铺装技术在近几年得到改进, 特别是轴载和交通量的增加, 使德国的桥面路面出现一些问题, 相关专业人员正在积极地研究对策^[2]。

2.2 日本钢桥面板铺装技术进展

日本钢桥面铺装是从1950年开始的, 1956年日本引进、发展德国Guss Asphalt (浇筑式沥青混凝土) 技术, 并将其应用于钢桥面铺装施工。1961年的《沥青路面概要》列入并发布钢桥路面铺设技术规程和指导方针。1960年后, 日本的大型桥梁都采用正交异性钢桥面, 主要是为减轻自身质量, 所以在1967年的基础上增加树脂铺装层, 主要有以下两个优点: ①钢桥表面黏合性较好, 抗重复疲劳能力较好。②钢桥面的接合部可以提高铺层的平整度, 降低裂缝发生概率。由于运输量的急剧增长和重型车辆的增多, 1978年的《铺装大纲》对路面的性能提出以下要求: 铺装沥青混凝土具有良好的耐高温变形能力。1977年3月制定《本州四国连络桥桥面铺装规范》。依据本四连

络桥的调研与研究结果,日本于1998年修订的《柏油路面概要》中,提出一般桥面铺设设计与施工技术规范。日本的主要桥面铺装层通常都是30~40 mm的浇筑式沥青混凝土,而磨损层则是在30~40 mm,通常不设置独立的防水,仅在钢桥表面涂抹溶剂型胶结层。

2.3 钢桥面铺装在美国的发展

美国从1967年起就引进正交异性钢桥面板,钢桥面板的设计规范主要参照德国的有关规范制定。美国学者Metcalf在1967年对环氧沥青路面进行模拟疲劳对比试验,并将其与环氧沥青混凝土进行对比,结果显示其耐久性高于常规沥青混凝土,从而使其在美国得到广泛的使用。美国AASHTO在1973年第一次将其纳入正交异性钢桥面钢桥的设计条款,但是有关要求、设计指导等方面的资料很少。美国《1994年桥梁设计规范》(AASHTOLRFD)对钢桥的设计要求进行重大修改,即钢桥面顶板厚度应不小于14 mm或小于其最大间距的4%,在这种情况下,桥面的局部变形比例由1/300降至1/1200。当然,这种挠度是指汽车的轴载,如果车

辆超载,将导致路面的强度受损。美国AASHTO1994标准规定,桥面铺装层应作为正交异性钢桥面板结构体系的一部分,并按试验结果确定其弹性特性。

3 我国钢桥面铺装的情况

3.1 我国钢桥面铺装使用状况

我国桥面铺装材料最初采用的是双层型铺装材料,而目前国外很少采用这种结构形式的钢桥面铺装材料,近几年才开始采用环氧沥青和浇注式沥青混凝土铺装层。安庆长江大桥在2004年采用浇注式沥青混凝土后,再铺SMA型桥面铺装材料,说明国内的钢桥面铺装材也在不断地改善和提高。国内钢桥首次建成时,其钢桥面板厚度仅为12 mm,而近期新建成的钢桥,其厚度已达14 mm或16 mm,可见钢桥面板的刚性性能要求已从整体上进行提高^[1]。我国主要大跨径桥梁钢桥面铺装维修情况统计数据见表1。

SMA型双层铺装的早期损坏较为严重,主要有高温车辙、横向推移、纵向推移、开裂等。浇注式沥青混凝土桥面铺装出现早期车辙、开裂损坏,这些桥面铺装大部分在3年内出现病害,4年左右开始翻修。其中环氧沥青桥面铺装目前表现较好。

表1 我国主要大跨径桥梁钢桥面铺装维修情况统计数据

桥名	建成时间/年	第一次大修/年	第二次大修/年
马房大桥	1984	1992	2001
西陵长江大桥	1996	1997	—
虎门大桥	1997	1998	2003
江阴长江大桥	1999	2003	2004
汕头礮石大桥	1999	2004	—
厦门海沧大桥	1999	2002	—
武汉军山长江大桥	2001	2004	—

3.2 国内桥梁桥面铺装材料的探讨

(1) SMA型桥面铺装材料

我国钢桥面板铺装自实施SMA型桥面铺装材料后,在两个方面取得显著的进步:一方面,提高高黏度改性沥青的性能,同时使用有机合成纤维。经过高黏度改性后,其性能均达到SHRP分级的PG82-22或PG82-28级。另一方面,在SMA型混合料中,一般使用木素纤维作为稳定剂,根据一些研究证明,有机合成纤维使SMA型混合料的热稳定性、疲劳开裂性、抗水损性能得到改善。然而,在SMA型钢桥面上,出现一些严重的车辙、开裂、推移等早期病害,其使用寿命为3~5年。而SMA型使用的沥青已接近最高等级,其

施工温度已接近极限,因此,如何进一步改善和提高这种铺装材料的性能是研究人员面临的技术难题。

(2) 浇注式沥青混凝土

我国内地也采用浇注式沥青混凝土桥面铺装。例如江阴长江大桥于1999年竣工,铺装层为50 m宽的单层浇注沥青混凝土,再以重交AH-70沥青+TLA湖沥青配制的改性沥青,在英国已有的沥青玛瑞脂基础上进行改良,但其耐高温性、稳定性难以达到环境要求。由于其黏度高,必须将施工温度提升至240℃,否则会导致老化,降低改性效果。目前这种复合改性浇注式沥青混凝土的高温稳定性、抗疲劳性能是否适应我国的气候和交通环境,有待于进一步检验。

(3) 环氧改性沥青混凝土

我国将环氧改性沥青混凝土作为桥面铺装材料的研究很少, 20世纪90年代同济大学对其进行较为系统的研究。国内的环氧沥青在性能上与国外同类产品存在一定差距。南京长江大桥2000年的钢桥面铺装采用美国CheMCo公司的环氧沥青, 之后又将环氧沥青用于润扬大桥等。目前, 国内已建成的环氧沥青混凝土桥面已基本没有早期病害, 而南京长江二桥仅经历5年的试运行, 环氧沥青混凝土桥面铺设还有待于更多的实践检验。其造价高、施工难度大等问题有待于进一步完善^[4]。

4 公路正交异性钢桥面铺装的设计

4.1 设计要点

对国内外钢桥面工程实践的总结认为, 近几年钢桥面的设计应综合考虑气候条件、交通荷载特征、钢桥面板厚度的刚性性能等因素。

(1) 气候环境条件

我国大跨径梁桥的环境温度比欧美地区高, 且持续时间较长, 加上国内钢桥大多采用封闭的钢箱梁, 因此钢桥面铺设的环境比欧美国家复杂。由于沥青混凝土桥面是种具有较高温度敏感性的材料, 所以国外的桥梁铺设方案并不能完全适应国内的气候条件。日本大坂的温度与国内各大跨径钢桥的温度相近, 钢桥面铺装的经验对国内钢桥面铺装的设计有一定的借鉴意义^[5]。

(2) 交通荷载特点

我国交通荷载的重载比例较高, 加上钢桥的超载问题比较突出, 轴载和轮胎压力高于欧美国家, 因此对铺装的设计和材料性能提出更高的要求。

(3) 钢桥面板厚度的刚性性能

国内首次建成的钢桥桥面板厚度为12 mm, 而近期新建的钢桥桥面板厚度已达14~16 mm, 国内汽车轴载水平较高, 因此在桥梁板刚度较小的桥面铺装中, 铺装材料的选择也是重难点。

4.2 设计流程

(1) 对正交异性钢桥面铺装的气候和环境的使用情况进行分析, 应着重对其在不同温度下的应用进行研究。

(2) 对复合铺装层结构的交通应用状况进行分析, 求出一年内标准轴载的双向日平均当量作用

次数, 同时求出一条道路在一年中的累积等效作用次数。

(3) 制定复合铺装结构材料方案, 对其材料性能进行分析, 采用相关技术规范中的测试方法, 对复合铺装层的抗压回弹模量、泊松比等材料性能参数进行测量, 得出车辙与作用次数之间的关系, 同时采用实验分析的方法, 对相关参数进行测定。

(4) 通过对组合铺装层结构的失效类型进行分析, 确定其主要失效类型, 由此得出复合铺装层的设计控制指标及检验指标。

(5) 综合考虑焊接钉布置形式对复合铺装层结构的影响, 再进行复合铺装层材料的组合设计。

(6) 在条件许可情况下, 对钢桥桥面复合结构进行可靠性分析和设计。

5 结束语

综上所述, 钢桥面铺装在国外已有很长一段时间的研究与应用, 但在现代运输发展过程中, 钢桥面的铺装存在一些问题, 这就需要从发展角度综合考虑。钢桥面铺装层的设计应综合考虑气温环境条件、交通荷载特征、钢桥面板厚度和刚度性能等。我国桥面铺装层的环境状况比国外更为严苛, 因此, 应充分参考国外的成功经验, 结合我国气候、交通、桥面板的结构特点, 制定适合我国国情的钢桥面铺装施工方案。

参考文献

- [1] 纵焱, 罗瑞林, 程勋煜, 等. 正交异性钢桥面铺装体系受力特性分析[C]//第十七届中国CAE工程分析技术年会论文集.[出版者不详], 2021: 163-167.
- [2] 隆凯, 林帆, 张林艳, 等. 基于桥面铺装受力分析的正交异性钢桥面结构优化研究[J]. 公路工程, 2021, 46(3): 86-92, 104.
- [3] 唐子健. 正交异性钢桥面铺装体系优化设计[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2021.
- [4] 谢飞, 谢智荣, 肖百豪. 正交异性钢桥面铺装病害分析及维修对策研究[J]. 公路与汽运, 2020(5): 125-128.
- [5] 宋君超, 周艳. 正交异性钢桥面铺装有限元分析方法的比较[J]. 中外公路, 2019, 39(1): 82-86.