

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2021.03.041

上海长江大桥主桥钢桥面铺装维修方案对比分析

杨媛媛¹, 苏凯², 程斌³

[1.上海城投公路投资(集团)有限公司,上海市200335; 2.上海城投研究总院,上海市200031;
3.上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院,上海市200240]

摘要:上海长江大桥自2009年建成通车至今已逾12 a,期间受重载交通、江面气候潮湿等影响,该桥的主桥钢桥面铺装曾出现过一定程度的病害,因此分别进行了两次规模较大的维修工程。基于铺装病害状况、维修方案及方案实施效果,对两次维修的技术方案进行了对比分析。分析结果表明,在国内重载交通日益严重的现状下,选择钢桥面铺装材料和结构体系时应重点考虑其对重载交通的适应性,同时应提高层间及铺装与钢板间的黏结体系质量,以确保钢桥面铺装体系的长期服役性能,减少各类病害和后续的日常维修。

关键词:钢桥面铺装;桥面维修;铺装结构;重载交通

中图分类号:U418.6⁺7

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2021)03-0133-04

0 引言

上海长江大桥建成通车于2009年10月31日,起于隧道长兴岛登陆点,沿地面横穿长兴岛并从东北部跨越长江口北港水域,直至崇明岛陈家镇。上海长江大桥全长16.63 km,主桥为双塔双索面全漂浮钢箱梁斜拉桥,为双向六车道,设计时速为100 km/h,是上海到崇明越江通道南隧北桥的重要组成部分。

该桥桥面行车道铺装原结构如图1所示,主桥行车道采用5.5 cm厚双层国产环氧沥青混凝土(EA-10)铺装,下面层3 cm、上面层2.5 cm;紧急停车带采用5.5 cm厚双层浇注式沥青混凝土(GA-10)铺装。半幅环氧沥青铺装层宽度为12 m,浇注式沥青混凝土铺装宽度为4.15 m^[1]。

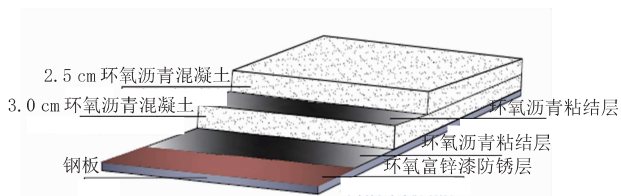


图1 上海长江大桥钢桥面行车道铺装原结构

上海长江大桥自建成通车以来,已运行12 a,期间因重载交通、江面气候潮湿等影响,铺装出现了一定的病害情况,因此于2013年和2017年进行了两次规模较大的铺装维修工程。其中,第二次维修

收稿日期:2020-10-15

作者简介:杨媛媛(1982—),女,硕士,高级工程师,主要从事高速公路运营养护工作。

取得了较好的效果,目前铺装总体运行状况良好,未再出现明显病害。本文将对上海长江大桥使用期间的两次铺装维修采用的方案进行对比分析,包括两次方案所针对的病害情况、方案内容和方案实施效果评价等^[2-6]。

1 第一次维修方案研究及分析

1.1 病害情况

至2013年中,上海长江大桥钢桥面铺装开始出现一系列路面病害,首先发生了鼓包现象,随后在低温季节主桥面开始开裂且裂缝快速发展,并出现坑塘,如图2所示。在所有车道中,上行三车道出现的坑塘现象最为严重。此外,在2013年4月雨季前后桥面开始出现金属锈迹。期间原施工单位对该桥面铺装病害处采取了注浆、裂缝封闭、修补等措施,但桥面病害发展情况依旧存在。



图2 2013年桥面裂缝和坑塘情况

1.2 维修方案

针对上行三车道铺装出现较重病害的情况,原施工单位于2013年9月专门对上行三车道进行了维修。采用热拌环氧沥青混凝土,铺装结构采用5.5 cm单层式铺装,替换了原先的双层环氧沥青混凝土

(EA-10)铺装结构,如图3所示。

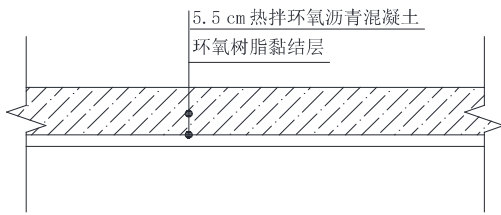


图3 第一次维修采用的铺装结构

1.3 实施效果

上行三车道经过第一次维修后,总体效果不尽如人意。根据2016年现场调查结果显示,上行三车道已出现较多的裂缝、推移等病害,有多处位置经小范围修补后又产生了新的裂缝,如图4所示。



图4 2016年上行三车道铺装损坏情况

2 第二次维修方案研究及分析

2.1 病害情况及分析

至2016年,上海长江大桥钢桥面铺装的各类病害情况较先前又有所发展。在上行车道中,三车道的上坡段发生了较为严重的开裂、鼓包损坏,一、二车道也有一定的开裂、修补等病害。下行的三条车道均出现了较为严重的损坏,主要病害类型包括裂缝、坑洞(部分坑洞内环氧沥青层间的黏层清晰可见)、修补等损坏,近中跨位置铺装沿轮迹开裂情况较为严重,如图5所示。



图5 2016年下行车道铺装损坏情况

根据现场铺装情况调查、养护维修记录、交通情况和相关的工程经验,铺装损坏主要原因如下:

(1)重载、超载交通大量重复作用。根据上海长

江大桥2016年某时段的交通数据(见表1、表2)分析得出,中大型货车在上行三车道的日交通量最大,其中约四分之一货车轴重超过100 kN,轴重超过设计要求(140 kN)的比例近10%,远超过其他车道。这是上行三车道损坏速度比其他车道要快的主要原因。

表1 上海长江大桥2016年某时段各车道平均交通流量数据

车型	下行			上行		
	三车道	二车道	一车道	一车道	二车道	三车道
小客车 /%	45.3	57.0	59.1	63.6	58.7	51.2
大客车 /%	6.4	5.3	0.7	1.0	3.7	3.8
小货车 /%	25.8	26.0	36.5	31.6	27.2	25.4
中货车 /%	14.9	9.9	3.6	3.8	9.4	15.2
大货车 /%	7.6	1.8	0.1	0.0	1.0	4.5
车道合计 / 辆	4 890	8 362	7 080	7 534	8 150	4 484
方向合计 / 辆	20 332			20 168		

表2 上海长江大桥2016年某时段车辆轴载比例 单位:%

轴重分布范围 / kN	中货车			大货车		
	上行三车道	上行二车道	下行三车道	上行三车道	上行二车道	下行三车道
0~50	40.75	55.13	66.46	9.04	17.43	50.18
50~100	35.65	30.41	21.02	66.23	63.67	36.58
100~150	14.37	9.39	10.45	16.69	11.93	10.01
150~200	6.15	0.69	0.39	5.97	5.50	3.07
200~250	2.51	1.32	0.14	1.84	1.10	0.16
250~300	0.56	0.29	0	0.23	0.37	0
大于300	0	0	0	0	0	0

(2)黏层失效。根据现场维修翻挖的情况,发现黏层厚度偏大,部分黏层厚度达到2 mm,超过了0.5 mm的设计厚度,此外部分黏层材料未完全固化,使黏层材料松软、发黏、无强度,导致黏层失效,进而产生脱层,引发了铺装面层各类病害。

(3)日常缺陷损坏维修不当。原施工单位针对鼓包现象进行了注浆处理,但由于材料及工艺制约,导致了注浆料与铺装层无法黏结、注浆料厚薄不均等问题,且部分渗透水仍蓄存于铺装内,造成水损害。

(4)铺装内存在蓄水。三车道与紧急停车带间纵向接缝脱开,加上大桥所处位置气候潮湿,在裂缝处渗水,而紧急停车带不透水,导致三车道铺装层间蓄水,在高温和交通荷载作用下加速了层间剥离,最终使铺装结构整体性衰变。

2.2 维修方案

针对上海长江大桥钢桥面原始铺装使用至第7a出现的各类损坏,于2016年组织开展了铺装维修方案设计,并于2017年进行了维修工程。

基于对铺装损坏原因的调查分析,该铺装维修

方案的设计重点为:(1)对重载交通有一定的适应性和耐受性;(2)确保沥青铺装层层间及与钢板之具有良好的层间结合能力;(3)确保铺装结构具有良好的抵抗高、低温变形能力;(4)确保铺装体系具有良好的随同工作性;(5)减少和控制水的影响。

为满足上述设计要点,对多种典型铺装材料和结构方案进行比选,最终确定使用浇注式沥青混凝土+SMA的柔性铺装方案。铺装维修结构具体方案如下:

(1)行车道:采用总厚度为6.5 cm 浇注式沥青混凝土+SMA 铺装方案,黏层使用改性乳化沥青(PCR),防水黏结体系采用甲基丙烯酸甲酯,结构方案见表3。

表3 第二次维修行车道铺装结构

结构层次	铺装材料
铺装上层	3.5 cm SMA10(高弹性改性沥青,粗型级配)
黏层	改性乳化沥青(PCR)黏层,喷洒 0.3 ~ 0.5 kg/m ²
铺装下层	表面撒 10 ~ 15 mm 辉绿岩沥青预拌碎石 5 ~ 10 kg/m ² 3.0 cm 浇注式沥青混凝土
防水黏结层	丙烯酸树脂黏结剂,用量 0.3 ~ 0.4 kg/m ² 甲基丙烯酸树脂防水层,用量 2.5 ~ 3.5 kg/m ² 丙烯酸树脂底涂层,用量 0.2 ~ 0.3 kg/m ²
钢桥面板	钢板表面处理,清洁度 Sa2.5 级,粗糙度 60~100 μm

(2)紧急停车带:将原铺装上层 2.5 cm 浇筑式沥青混凝土铣刨,改为 3.5 cm SMA,黏层使用改性乳化沥青(PCR),下层保留原铺装的 3.0 cm 浇注式沥青混凝土及防水体系,结构方案见表4。

表4 第二次维修紧急停车带铺装结构

结构层次	铺装材料
铺装上层	3.5 cm SMA10(高弹性改性沥青,粗型级配)
黏层	改性乳化沥青(PCR)黏层,喷洒 0.3 ~ 0.5 kg/m ²
铺装下层	保留 3.0 cm 浇注式沥青混凝土及原铺装防水体系

为确保维修实施效果,现场施工中采取了一定的技术手段和措施,包括:(1)在不损伤钢板的前提下,对原铺装和环氧黏结层进行了彻底清理;(2)在钢板抛丸除锈后 4 h 内进行新防水黏结层施工,防止新锈斑产生。(3)通过专用机械严格控制铺装标高和厚度、摊铺速度和温度。

2.3 方案评价

大桥经 2017 年 10 月铺装维修工程完成至今已有 3 a,铺装应用效果良好。根据 2020 年底的现场回访情况,如图 6 所示,该桥面铺装状态完好,未出现开裂、鼓包、唧浆等路面病害。



图6 2020年底钢桥面铺装情况

此外,根据 3 a 内对桥面平整度的定期检测情况见表 5,桥面平整度系数(IRI)均未超过 2 m/km,铺装平整状态优良。

表5 2017-2020年钢桥面铺装平整度情况

时间	IRI/(m·km ⁻¹)	
	上行	下行
2017年底	1.52	1.83
2018	1.61	1.75
2019	1.59	1.75
2020	1.61	1.81

3 维修方案对比分析

从大桥的后续使用情况来看,第二次维修的效果明显优于第一次。通过对比,两次维修的区别主要体现在以下方面:

(1)维修规模:第一次维修仅对上行三车道进行翻修、改变铺装材料和结构,其他车道则维持原结构不做维修,因此相邻车道材料性能和结构存在差异,相互黏结效果不佳,协同性差,导致纵向裂缝产生。此外,其他车道铺装既有裂缝的发展也会影响到已修复的上行三车道,使该车道重新产生病害。而第二次维修对整个钢桥面铺装进行了彻底翻修,确保了铺装的整体性,避免了因为铺装材料与结构差异导致的协同性问题。

(2)铺装体系:第一次维修受现场交通、维修时间和局部施工条件等限制,采用的 5.5 cm 单层环氧沥青混凝土铺装单层厚度偏大难以压实,影响铺装质量;而第二次维修则采用了浇注式沥青混凝土+SMA 的双层铺装结构,避免了单层铺装结构使用同种材料导致的高温稳定性和低温抗裂性较差问题,同时充分发挥了两种材料的优势,使铺装结构具备了良好的抗疲劳、随同工作性、超载适应性、恒载增加较少、对原结构受力体系影响较少等优点。

(3)黏结体系:第一次维修并未完全解决黏结体系失效的问题,导致铺装性能后续进一步恶化;而第二次维修对钢板表面原有黏结层进行了清理,并采

用新的防水黏结体系和层间黏结体系,改善了铺装与钢板及两层铺装间的黏结性能,避免了因黏层失效导致的各种病害。

4 结 论

本文基于病害情况、维修方案、实施效果等方面,对上海长江大桥主桥钢桥面铺装的两次较大规模的维修情况进行了梳理,通过对比分析,总结了第一次维修方案存在的问题以及第二次维修方案的成功经验,可为国内其他大桥钢桥面铺装维修方案设计与实施提供一定的参考。

基于两次维修的实施效果和技术方案对比分析可知,在国内重载交通日益严重的现状下,对钢桥面铺装材料和结构体系的选择应考虑其对重载交通的适应性,同时应严格控制黏结体系的施工精度,提高

层间及铺装与钢板间的黏结体系质量,以确保整个铺装体系的工作性能和耐久性,减少各类病害和后续的日常维修。

参考文献:

- [1] 黄卫.大跨径桥梁钢桥面铺装设计理论与方法[M].北京:中国建筑工业出版社,2006.
- [2] 陈团结.大跨径钢桥面环氧沥青混凝土铺装裂缝行为研究[D].南京:东南大学,2006.
- [3] 吉青克,黄少文,左锋.上海长江大桥桥面沥青铺装的设计与施工[J].世界桥梁,2009(S1):50-53.
- [4] 许颖.钢桥面铺装使用情况调查及病害分析[D].重庆:重庆交通大学,2014.
- [5] 池尚林.高弹体改性沥青 SMA-10 在钢桥面中的应用研究[J].福建建设科技,2017(3):35-38.
- [6] 董亚平.G40 上海长江大桥钢桥面维修探索[J].城市道桥与防洪,2018(8):224-227.

（上接第 132 页）

将安全网绑在屋面梁上,由于厂房高度过高,缆风绳的位置可以选择在吊车梁上部。同时,第二榀屋面梁安装完成后,应立刻安装 3 道屋面檩条,使屋面系统形成整体,方可进行第三榀屋架的安装。

5 结 语

本工程在保证安全、质量的前提下,采用科学的施工办法,增加合理的辅助措施,进行必要的节点计

算,精心组织施工,加快了工程进度,解决了现场大跨度超高单层钢结构厂房施工中的难点,完全可以保证大跨度超高单层钢结构厂房安装的质量,本项目的成功实施可为类似工程设计和实践提供借鉴。

参考文献:

- [1] 陈禄如.建筑钢结构施工手册[K].北京:中国钢结构协会,2002.
- [2] GB 50017—2017,钢结构设计规范[S].
- [3] GB 50205—2001,钢结构工程施工质量验收规范[S].