

## 正交异性钢桥面铺装病害分析及维修对策研究

谢飞<sup>1</sup>, 谢智荣<sup>2</sup>, 肖百豪<sup>3</sup>

(1.佛山市中策广明高速公路有限公司, 广东 佛山 528000; 2.佛山市中策佛江北高速公路有限公司, 广东 佛山 528000; 3.长沙理工大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410114)

**摘要:** 以广东佛山平胜大桥为工程背景, 对正交异性钢桥面板桥面铺装病害及成因进行检查和分析; 根据病害检查结果, 采用双层环氧沥青混合料铺装整体重铺的方法对桥面铺装进行维修, 并通过有限元数值模拟, 对维修前后结构安全性进行对比分析。结果显示, 桥面铺装维修方案对桥梁整体受力影响较小, 且维修后效果较好。

**关键词:** 桥梁; 钢桥面板; 桥面铺装; 维修对策; 病害分析

**中图分类号:** U445.7

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2668(2020)05-0125-04

正交异性钢桥面板为纵横向互相垂直的加劲肋(纵肋和横肋)连同桥面盖板所组成的共同承受车轮荷载的桥面板结构, 具有质量轻、运输架设方便、施工周期短等优点, 已成为大、中跨径钢桥常用的桥面结构形式, 特别对于超大跨径桥梁, 受重量的影响, 绝大多数采用正交异性钢桥面板。但正交异性钢桥面板使用过程中桥面铺装极易损坏, 易出现开裂、车辙、拥包、推挤等病害。钢桥面铺装破损, 在运营周期内需频繁维修, 养护成本极大, 已成为钢桥面板发展中的技术瓶颈。该文以广东佛山平胜大桥为工程

背景, 分析正交异性钢桥面板桥面铺装病害并研究其维修对策。

## 1 工程概况

佛山平胜大桥为一座自锚式悬索桥, 位于南海平洲横跨东平水道连接顺德区, 是构建中广佛经济圈内重要交通枢纽。主桥全长 680.20 m, 总体布置为 39.64 m+5×40 m+30 m(砼加劲梁及锚跨)+350 m(钢加劲梁)+30 m+29.60 m(砼锚跨), 两端设置 GQF-MZL480 型伸缩缝。主桥桥型布置见图 1。

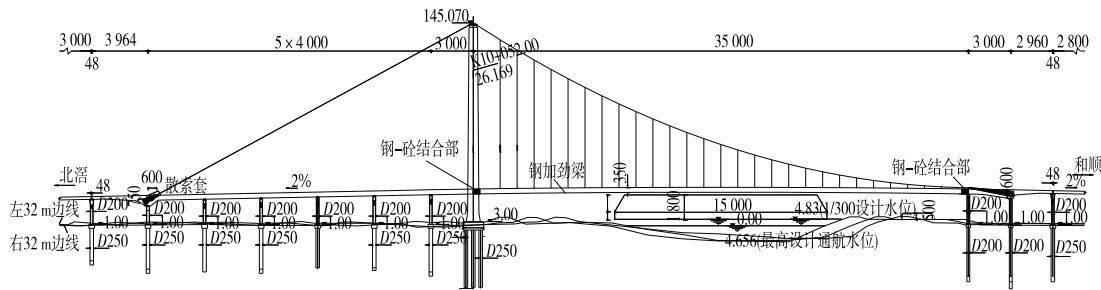


图 1 佛山平胜大桥桥型总体布置(单位:标高为 m,其他为 mm)

主跨主梁为全焊扁平流线形封闭单箱三室钢加劲梁, 采用正交异性钢桥面板, 其标准横断面见图 2。钢加劲梁通过吊杆与主缆相连, 吊杆标准间距为

12 m, 吊杆锚固于钢加劲梁腹板侧的锚箱上。边跨和锚跨为砼箱梁。主桥钢加劲梁的正交异性钢桥面板采用 50 mm 厚环氧沥青砼桥面铺装。

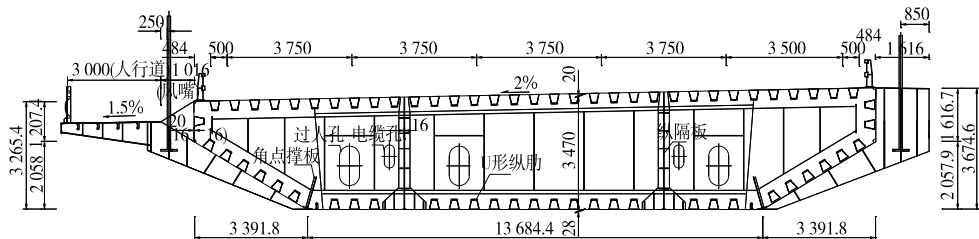


图 2 佛山平胜大桥主跨主梁 1/2 跨中标准断面(单位: mm)

## 2 桥面铺装病害分析

### 2.1 桥面铺装病害

经过一段时间运营后,主桥钢加劲梁的正交异

性钢桥面板桥面铺装出现一系列病害(见表1),裂缝分布见图3、图4。

### 2.2 病害类型及成因分析

根据平胜大桥钢桥面铺装层的病害现状及国内

表1 佛山平胜大桥桥面铺装病害分类统计

病害类型	左幅				右幅			
	病害面积/m <sup>2</sup>		所占比例/%		病害面积/m <sup>2</sup>		所占比例/%	
	各类病害面积	合计	各类病害占比	合计	各类病害面积	合计	各类病害占比	合计
裂缝类	龟裂	0.00	0.0		0.45		0.9	
	块状裂缝	2.63	3.4	10.10	0.00	1.28	0.0	2.62
	纵向裂缝	4.92	6.4		0.45		0.9	
	横向裂缝	0.17	0.2		0.38		0.8	
松散类	坑槽	0.98	1.3	1.28	1.02	1.02	2.1	2.09
	松散	0.00	0.0		0.00		0.0	
其他类	裂缝修补	55.98	73.3	88.62	23.77	46.62	48.6	95.30
	块状修补	11.74	15.4		22.85		46.7	
总计		76.42		100.0		48.92		100.0

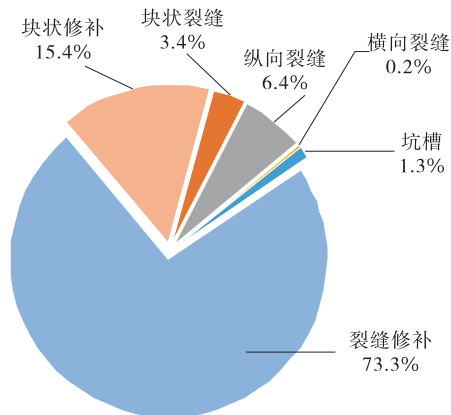


图3 佛山平胜大桥左幅桥面病害类型分布

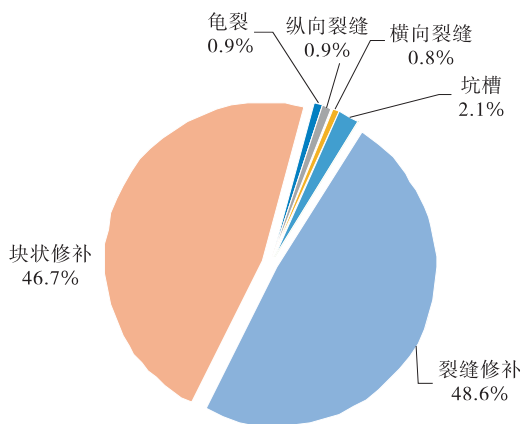


图4 佛山平胜大桥右幅桥面病害类型分布

桥面铺装的情况,分析正交异性钢桥面板环氧沥青混合料铺装的主要病害类型为鼓包开裂、纵向开裂和脱层开裂,鼓包开裂易进一步发展成坑槽病害。

#### 2.2.1 鼓包开裂

环氧沥青砼的空隙率一般低于3%,施工中混合料内或层间可能进入水,导致环氧沥青砼出现鼓包病害。如果水量较大或混合料温度较高,鼓包会在碾压后马上出现,且通车后高温季节会出现鼓包开裂,并在轮载作用下加速鼓包开裂病害的扩展,若维修处理不当,最后可能发展为坑槽病害。鼓包开裂病害整体上集中出现在一个区域,在轮迹带区域的鼓包开裂病害发展较快。

#### 2.2.2 纵向开裂

环氧沥青砼的抗疲劳性能优良,一般表现出良好的抗疲劳耐久性。该桥运营过程中,部分重载、超载现象严重,导致环氧沥青铺装纵向开裂,且开裂基本位于轮迹带区域的加劲肋上缘位置。从纵向开裂病害发生位置和交通条件分析,纵向开裂主要是由环氧沥青铺装材料的结构性强度破坏所致。

#### 2.2.3 脱层开裂

脱层开裂是目前环氧沥青铺装的一种主要病害,一般面积较大,连续长度可能超过10 m,宽度1~2 m。打开脱层开裂位置铺装层,发现脱层多发生在钢板表面,部分发生在上下层之间。脱层黏结层的颜色与正常颜色有差异,黏结层为橙黄色,且基本没有黏结强度,而一般黏结层为无色或黑色,表明黏结层材料反应出现异常,导致黏结层强度过低或失效。脱层开裂后,雨水会进入脱层位置,脱层的黏结层处于潮湿状态,加速脱层病害发展。

### 3 维修对策研究

#### 3.1 桥面铺装维修对策

对于桥梁铺装病害的维修,实际工程中提出了多种局部修复方案。该桥环氧沥青铺装已运营 10 年以上,材料的各项性能指标均有所下降,若采用局部维修方案,运营中钢桥面铺装维修对交通影响严重,且新铺装完成后两种材料的使用寿命差别太大。此外,钢桥面铺装改造时需对钢桥面进行抛丸除锈、油漆涂装,如果保留部分原有铺装则不利于钢桥面清理,易造成新旧铺装结合处提前破坏。为保证铺装接缝平整、密实及排水需要,对全桥钢桥面铺装进行铣刨重铺。铺装采用双层环氧沥青混合料,上面层增铺厚度 5 mm,即调整为 30 mm,并采用较粗级配环氧沥青混合料,提高表面抗滑性能;下面层为 25 mm 厚,采用较细级配环氧沥青混合料保证防水密实。铺装层总厚度为 55 mm,层间及铺装层与桥面板间涂布环氧树脂黏结剂,并在抛丸除锈 4 h 内喷涂环氧富锌漆。铺装层结构见图 5。

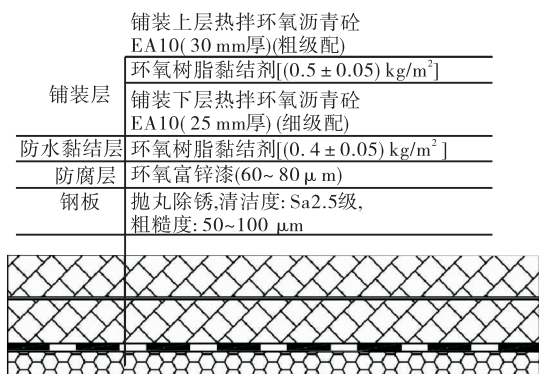


图 5 维修后钢桥面铺装结构示意图

#### 3.2 维修前后安全性对比分析

适当提高钢桥面铺装层厚度有利于铺装层施工碾压、铺装层分层功能设计及铺装层的耐久性,短期来看可解决桥面铺装的病害问题,但需进一步分析桥面铺装维修后桥梁结构的安全性。为此,采用有限元方法对桥梁上部结构维修前后的安全性进行对比分析。

##### 3.2.1 有限元模型

采用 BLNAS 有限元软件模拟桥梁受力情况,主缆采用悬链线索单元模拟,吊索采用组合单元—膜单元模拟,桥塔、加劲梁采用梁单元模拟,同时考虑加劲梁竖曲线等的变化。全桥共 343 个节点,梁单元 260 个,膜单元 29 个。主缆锚固在加劲梁上。

边界条件为桥塔塔底固结,加劲梁在两端可竖向转动。维修方案中桥面铺装增厚 5 mm,每延米以增重 2.46 kN/m 计算。有限元模型见图 6。

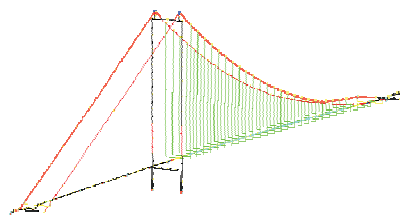
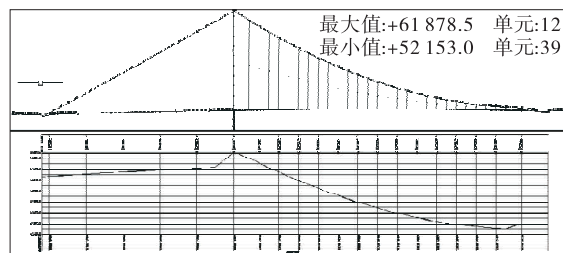


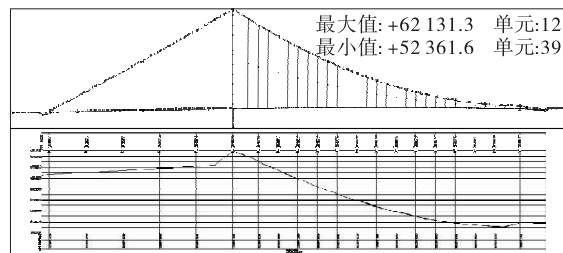
图 6 佛山平胜大桥有限元模型

##### 3.2.2 主缆内力计算结果与分析

图 7 为维修前后主缆内力计算包络图。由图 7 可知:原铺装方案主缆内力最大值为 61 879 kN,最小值为 52 153 kN;维修铺装方案主缆内力最大值为 62 131 kN,最小值为 52 362 kN,主缆内力最大增加 252 kN,维修方案对主缆受力影响很小。



(a) 原铺装方案



(b) 维修铺装方案

图 7 桥面铺装维修前后主缆内力包络图(单位:kN)

##### 3.2.3 吊杆内力计算结果与分析

图 8 为维修前后吊杆内力计算包络图。由图 8 可知:原铺装方案吊杆内力最大值为 1 091 kN,最小值为 871 kN;维修铺装方案吊杆内力最大值为 1 092 kN,最小值为 874 kN,吊杆内力最大增加 3 kN,维修方案对吊杆受力影响很小。

##### 3.2.4 主梁内力计算结果与分析

原铺装方案主梁内力最大为 100.4 MPa,维修铺装方案主梁内力最大为 101.3 MPa。主梁内力增加 0.9 MPa,小于规范规定的主梁内力不超过 200 MPa 的要求,维修方案对主梁受力影响很小。

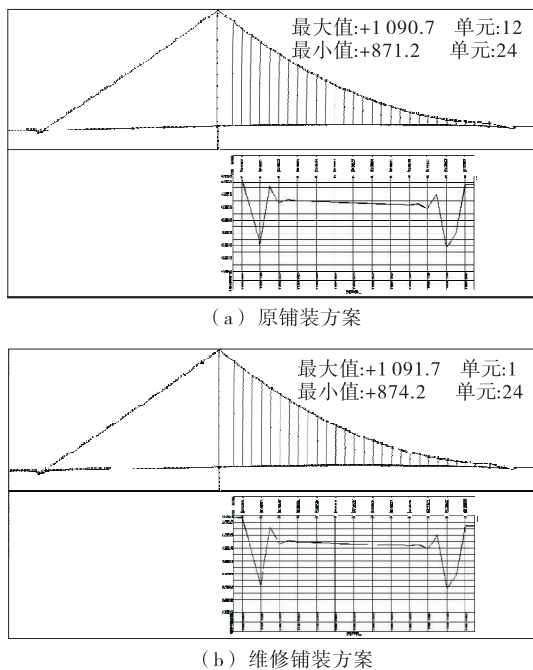


图8 桥面铺装维修前后吊杆内力包络图(单位:kN)

### 3.2.5 主梁位移计算结果与分析

图9为维修前后主梁位移计算包络图。由图9可知:原铺装方案主梁位移最大为16.5 cm,维修铺装方案主梁位移最大为16.5 cm,主梁挠度几乎不变,满足规范要求。

## 4 结语

正交异性钢桥面板的桥面铺装容易发生损坏,及时对桥面铺装进行维修加固,有利于桥梁结构的安全和运营。基于广东佛山平胜大桥桥面铺装病害检查结果,提出采用双层环氧沥青混合料铺装整体重铺的维修方案。通过有限元模拟,维修前后结构各内力和挠度数值相差不大,对桥梁安全性的影响很小。经过长时间运营,维修后正交异性钢桥面板

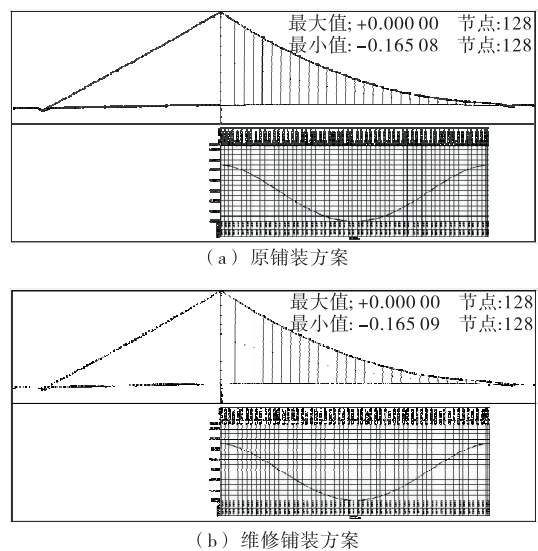


图9 桥面铺装维修前后主梁位移包络图(单位:m)

桥面铺装未发现明显病害,维修效果较好。

### 参考文献:

- [1] 黄卫.大跨径桥梁钢桥面铺装设计[J].土木工程学报, 2007,40(9):65-77.
- [2] 黄卫,钱振东,张磊.钢桥面铺装局部修复方案试验研究[J].土木工程学报, 2006,39(8):87-90.
- [3] 王迎军,朱桂新,陈旭东.虎门大桥钢桥面铺装的使用和维护[J].公路交通科技, 2004,21(8):64-67.
- [4] 程珊珊.高速公路沥青路面养护与维修方案的选择与设计[J].公路交通科技, 2005,22(5):24-28.
- [5] 林任生.高速公路桥梁病害分析及防治[J].公路与汽车, 2008(5):131-133.
- [6] 黄晓明.水泥混凝土桥面沥青铺装层技术研究现状综述[J].交通运输工程学报, 2014,14(1):1-10.
- [7] 周湘亮.桥面维修加铺沥青层结构的安全性分析[J].公路与汽车, 2017(4):157-160.

收稿日期:2020-05-18

(上接第119页)

年经验,文中所提出的观点在桥梁技术状况评定中更贴合实际。实例证明,文中所提出的构件评定方法比JTG/T H21-2011中的计算方法更合理,在该规范以后的修订中可予以借鉴。

### 参考文献:

- [1] 陕西省公路局.公路桥涵养护规范:JTG H11-2004[S].北京:中华人民共和国交通部,2004.
- [2] 交通运输部公路科学研究院.公路桥梁技术状况评定标

准:JTG/T H21-2011[S].北京:人民交通出版社,2011.

- [3] 高志波.《公路桥梁技术状况评定标准》中构件评分方法探讨[J].四川理工学院学报(自然科学版), 2013,26(1):64-66.
- [4] 王宗林,高庆飞,李钧,等.关于现行规范桥梁构件技术状况评定的合理性讨论[J].公路, 2015(9):135-139.
- [5] 李滢浩.现行规范和标准关于公路拱桥技术状况评定方法的对比研究[D].重庆:重庆交通大学,2014.

收稿日期:2019-12-25