

# 聚合物改性砼铺装体系对钢箱梁桥面板局部受力改善的试验研究

付信根

(广东合众路桥科技股份有限公司, 广东 广州 510310)

**摘要:** 大跨径钢箱梁桥的桥面板局部受力复杂, 易出现铺装层早期损坏和局部疲劳开裂等病害。文中以某单跨 64 m 大跨径钢箱梁桥桥面铺装改造为例, 通过加载试验, 分别对聚合物改性砼铺装前后结构应变和面板变形进行测试, 分析聚合物改性砼铺装体系对钢箱梁桥桥面板局部受力的改善效果。结果表明, 采用聚合物改性砼铺装改造后钢箱梁桥的局部应力得到改善, 应变和变形均减小。

**关键词:** 桥梁; 钢箱梁桥; 聚合物改性砼; 桥面板; 局部受力

中图分类号: U445.7

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)03-0138-06

## 1 工程概况

某简支钢箱梁桥全长 919.6 m, 跨径组合为 14 × 64 m, 桥面宽 9 m, 单向双车道, 两侧人行道各宽

1.5 m。主梁为双箱单室结构, 桥面系为正交异性结构。钢箱梁典型截面见图 1(右侧为实腹式, 左侧为桁架式)。

桥面铺装层采用 SAC13、SAC10 多碎石密实型

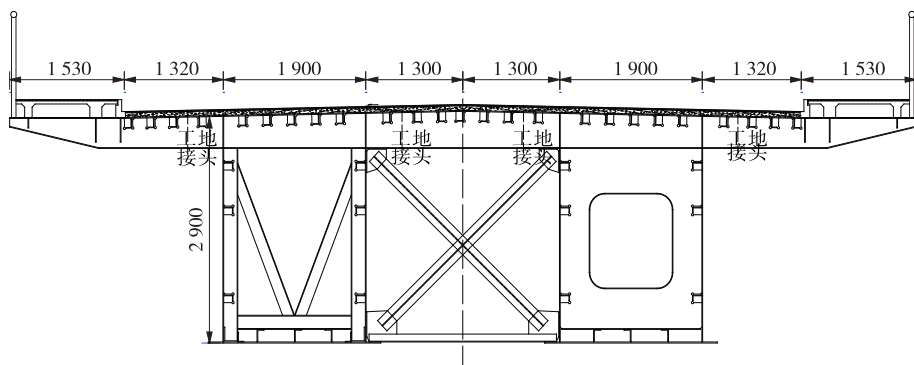


图 1 主梁典型横截面(单位:mm)

沥青砼(见图 2), 因交通量逐年增加及其他原因, 桥面铺装层出现裂缝、推移、坑槽等病害。

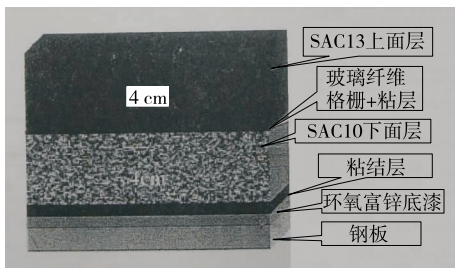


图 2 桥面现有铺装结构

桥面系采用正交异性结构, 钢桥面板也出现不同程度的裂纹。鉴于国内同类型结构的多座钢桥桥

面板均出现裂纹病害(见图 3), 为研究正交异性钢桥面板的改造方法, 采用聚合物砼对桥面铺装进行改造。先在该桥第 13 跨(试验跨)进行试铺装, 根据

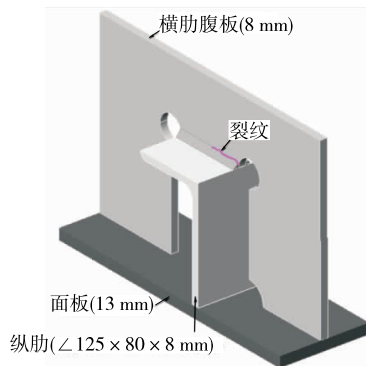


图 3 正交异性钢桥面板纵肋与横肋连接处裂纹示意图

试铺装前后结构应变、变形决定是否采用该方案进行全桥施工。

2 有限元模型参数

对聚合物改性砼铺装前(铲除现有破损的桥面铺装)和铺装后的状态进行对比分析。该桥采用正

交异性钢桥面板,该类铺装体系对车辆荷载的响应具有明显的局部性,利用 ANSYS 有限元软件选取局部梁段建立模型进行局部受力分析。根据现场实际,计算时分 6 条纵向加载线,每条加载线纵向分 2 个轮位进行加载(见图 4)。采用汽车轮载,触地面积为 230 mm×250 mm,单轮重 43.8 kN。

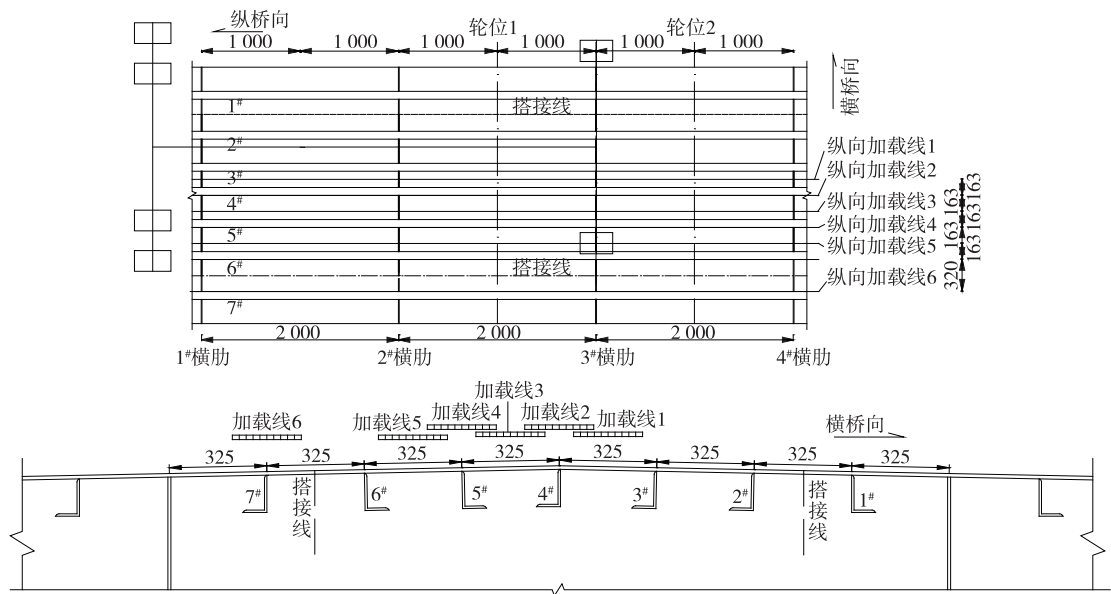


图 4 正交异性钢桥面板局部受力分析加载轮位示意图(单位:mm)

交异性钢桥面板,该类铺装体系对车辆荷载的响应具有明显的局部性,利用 ANSYS 有限元软件选取局部梁段建立模型进行局部受力分析。根据现场实际,计算时分 6 条纵向加载线,每条加载线纵向分 2 个轮位进行加载(见图 4)。采用汽车轮载,触地面积为 230 mm×250 mm,单轮重 43.8 kN。

交异性钢桥面板,该类铺装体系对车辆荷载的响应具有明显的局部性,利用 ANSYS 有限元软件选取局部梁段建立模型进行局部受力分析。根据现场实际,计算时分 6 条纵向加载线,每条加载线纵向分 2 个轮位进行加载(见图 4)。采用汽车轮载,触地面积为 230 mm×250 mm,单轮重 43.8 kN。

表 1 聚合物改性砼铺装改造各结构层材料性能参数

结构层	材料名称	弹性模量 /GPa	抗拉强度 /MPa	泊松比	线膨胀系数/ ( $\times 10^{-5}$ )	剪切强度 /MPa
FRP 聚合物阻裂防水粘结层 I	FRP 聚合物材料 I	20	370	0.30	0.6	>30
铺装层 70 mm 聚合物改性砼	聚合物乳液改性砼	20	>6	0.17	0.5	>5
FRP 聚合物阻裂防水粘结层 II	FRP 聚合物材料 II	20	370	0.30	0.6	>30
表面层 10 mm 聚合物改性砼	聚脂改性砼	20	>15	0.17	0.5	>8

3 试验方案

3.1 试验区域

该简支钢梁跨径为 64 m,施工时在工地现场按纵向分为 3 段用高强度螺栓拼接而成。根据钢梁的截面特点,确定图 5 所示桥面板局部变形和应力横向测试区域。纵桥向测试区域尽量选择受箱梁整体弯曲应力影响较小的部位,同时避开梁端受力相对

复杂的梁段。结合桥梁现场实际情况,确定图 6 所示桥面板纵向测试区域。

3.2 测点布置

根据桥梁结构受力特点,结合现场实际情况,布设图 7 所示局部受力测试截面。测点布设时主要考虑组成正交异性桥面系的横肋、纵肋、面板 3 种主要构件的受力和变形状况,应变测点布置见图 8,桥面板局部变形测点布置见图 9。

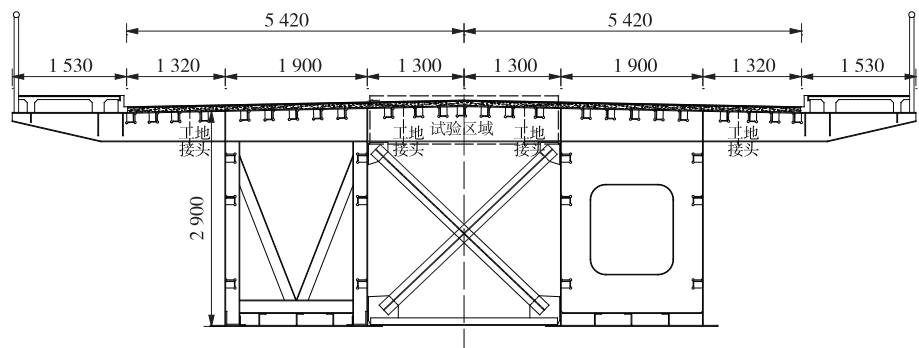


图5 桥面板横向测试区域布设(单位:mm)

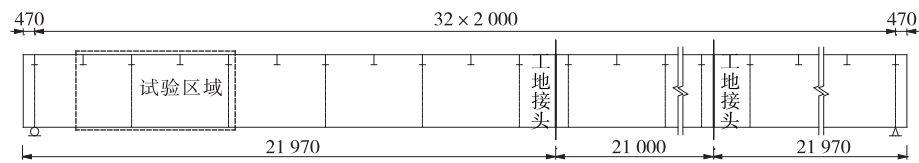


图6 桥面板纵向测试区域布设(单位:mm)

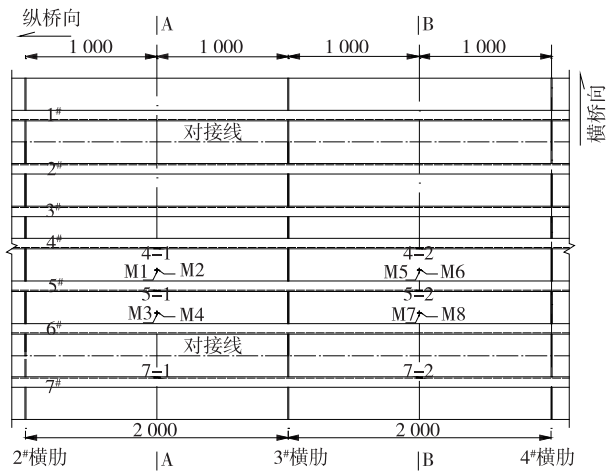


图7 测试截面布置(单位:mm)

3.3 试验加载

局部加载试验采用1台总重约400 kN的二轴汽车,其轴重、轴距、前轮着地面积见表2。

表2 加载车辆参数

工况	前后轴距/cm	轮距/cm	总重/kN	前轴重/kN	后轴重/kN	前轮着地面积/m <sup>2</sup>
铺装前	450	190	401.6	87.3	314.4	0.23×0.25
铺装后	450	190	400.5	86.8	313.5	0.23×0.25

4 测试结果分析

对试验跨在聚合物改性砼铺装前后结构应变、面板变形进行测试。

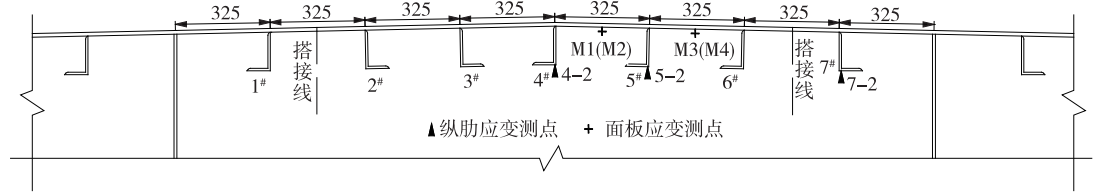


图8 A、B截面应变测点布置(单位:mm)

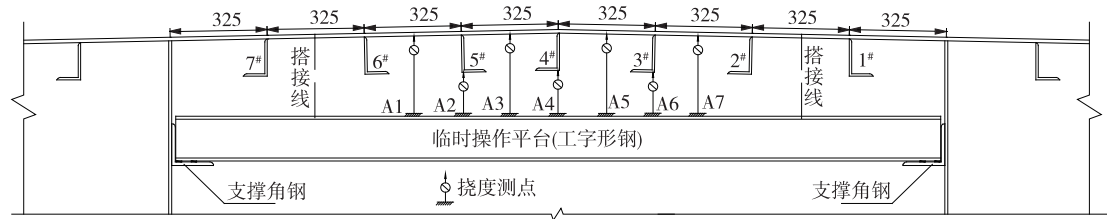


图9 A截面桥面板局部变形测点布置(单位:mm)

4.1 应变测试结果分析

聚合物改性砼铺装前后结构应变测试结果见表 3、图 10~11,最大局部应变对比见表 4。

由表 3、图 10~11 可知:当车轮行至测点正上方时对应测点的应变值最大,当车轮向前后移动时测试部位的应力衰减较快;桥面板仅在其相邻两个纵肋范围内产生较大局部应力。

由表 4 可知:在试验荷载作用下,采用聚合物改性砼铺装后对钢箱梁局部应力改善较明显,纵肋实测应变减少 80%、理论应变减少 77%,面板实测应变减少 88%、理论应变减少 86%。

4.2 面板变形测试结果分析

聚合物改性砼铺装后面板局部变形测试结果见表 5 和图 12。

表 3 聚合物改性砼铺装前后各加载线下应变测试结果

工况	加载线	轮位 1 的应变/ $\mu\epsilon$						轮位 2 的应变/ $\mu\epsilon$					
		4-1	5-1	M1	M2	M3	M4	4-2	5-2	M5	M6	M7	M8
铺装前	1	521	38	-117	-65	-46	-10	448	-35	-92	-72	-35	0
	2	589	187	200	70	-62	-113	572	152	83	5	-31	-29
	3	361	450	701	196	-118	-140	337	478	628	170	-107	-49
	4	141	652	163	14	143	43	146	555	165	10	175	29
	5	11	351	-54	-46	773	258	4	309	-48	-94	755	216
	6	-2	5	-18	6	-6	1	-7	-14	-22	-9	76	7
铺装后	1	-17	-17	-45	-22	-7	22	46	0	-95	50	-12	11
	2	113	6	0	-6	-23	-84	125	17	11	12	-28	68
	3	75	40	67	79	30	107	82	149	73	23	-17	0
	4	45	88	33	-90	84	34	57	153	15	-11	17	11
	5	23	-12	-6	-67	130	-57	33	89	-40	-5	62	-39
	6	14	0	8	102	61	-17	19	5	-6	51	5	40

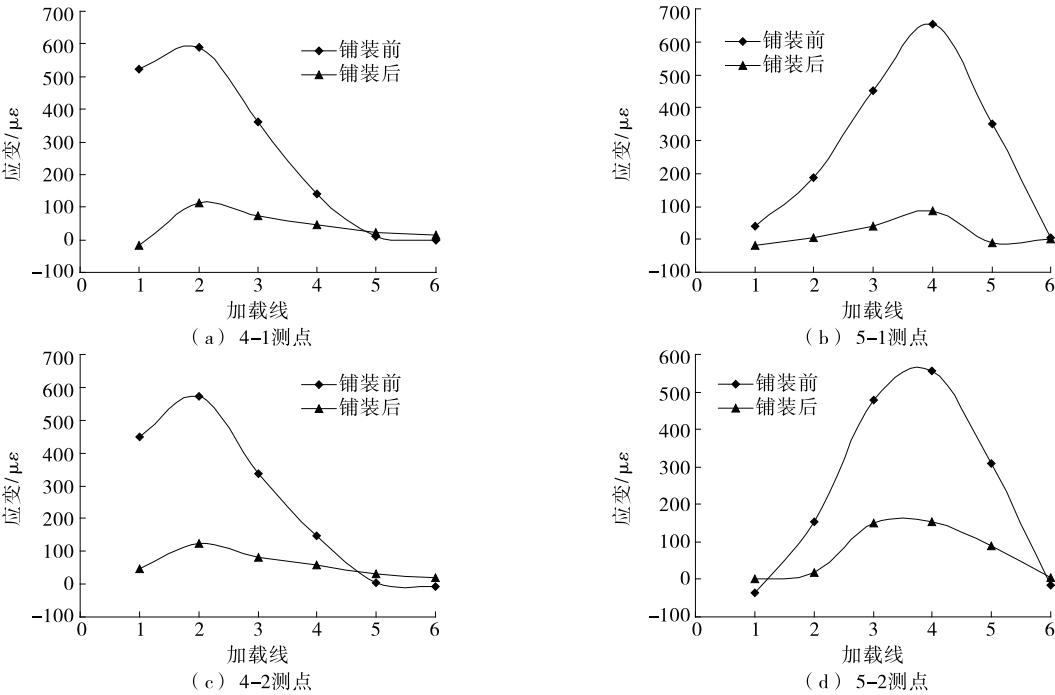


图 10 各加载线下聚合物改性砼铺装前后纵肋应变分布

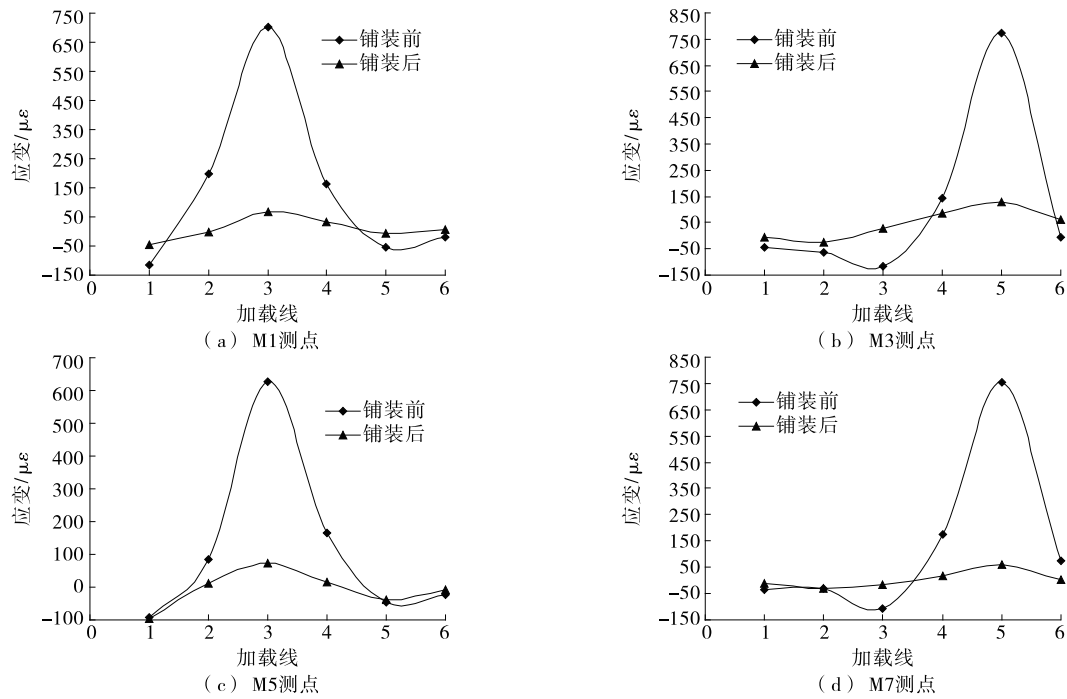


图 11 各加载线下聚合物改性砼铺装前后面板应变分布

表 4 聚合物改性砼铺装前后最大局部应变对比

测点	铺装前应变/ $\mu\epsilon$			铺装后应变/ $\mu\epsilon$			铺装前后应变差/%	
	试验值	试验平均值	理论值	试验值	试验平均值	理论值	试验值	理论值
4-1	589			113				
4-2	652	592	543	88	120	126	-80	-77
5-1	572			125				
5-2	555			153				
M1	703			67				
M3	773	715	650	93	87	93	-88	-86
M5	628			74				
M7	755			113				

表 5 聚合物改性砼铺装前后桥面板局部变形对比

工况	测点	各加载线下面板局部变形/mm					工况	测点	各加载线下面板局部变形/mm				
		1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
铺装前	A1	−0.21	−0.42	−0.80	−1.50	−1.71	铺装后	A1	−0.17	−0.22	−0.27	−0.29	−0.31
	A2	−0.38	−0.87	−1.55	−1.78	−1.09		A2	−0.27	−0.34	−0.38	−0.38	−0.33
	A3	−0.81	−1.59	−2.02	−1.09	−0.35		A3	−0.30	−0.37	−0.38	−0.32	−0.25
	A4	−1.74	−1.76	−1.17	−0.54	−0.17		A4	−0.40	−0.43	−0.31	−0.29	−0.21
	A5	−2.28	−1.26	−0.52	−0.23	−0.10		A5	−0.41	−0.35	−0.28	−0.23	−0.16
	A6	−1.48	−0.74	−0.29	−0.13	−0.06		A6	−0.39	−0.31	−0.24	−0.19	−0.13
	A7	−0.50	−0.25	−0.12	−0.07	−0.05		A7	−0.28	−0.21	−0.15	−0.12	−0.08
	理论最大值	−2.22	−1.81	−1.98	−1.72	−1.78		理论最大值	−0.44	−0.48	−0.44	−0.41	−0.35
铺装前后变形差/%			试验值					−82	−76	−81	−79	−82	
			理论值					−80	−73	−78	−76	−80	

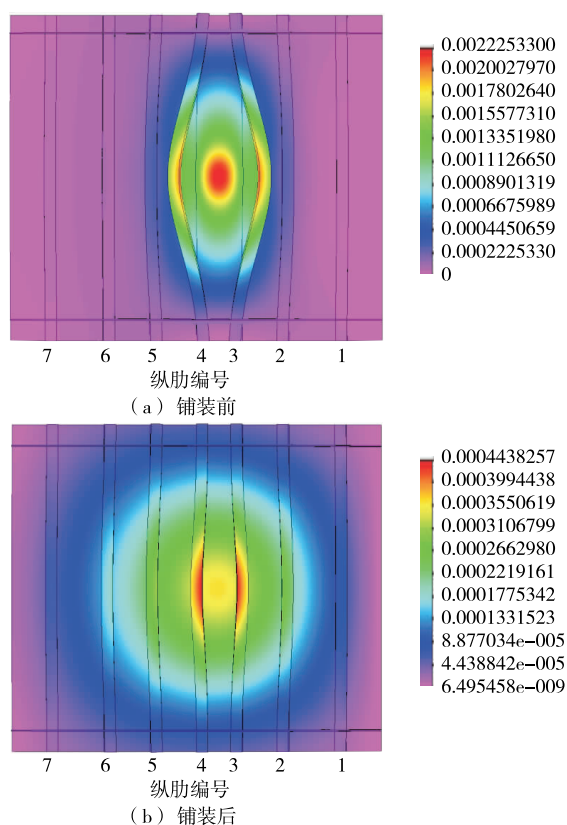


图 12 聚合物改性砼铺装后面板理论计算最大变形(单位:m)

由表 5 可知:在横向不同载轮作用下,各加载线作用位置测点的变形最大,向两侧逐渐减小;相同试验工况下,铺装前面板最大局部变形为 $-2.28\text{ mm}$ ,铺装后减小至 $-0.41\text{ mm}$ ,平均减少 $80\%$ ,理论变形平均减少 $78\%$ 。聚合物改性砼铺装对减小钢桥面板在局部轮压作用下产生的局部变形效果较明显。

(上接第 137 页)

墩”连续刚构 0<sup>#</sup> 块的方法获得成功。

## 5 结语

随着铁路建设的不断发展,连续梁桥越来越多。连续梁桥主梁 0<sup>#</sup> 块托架搭设极其麻烦,所需钢材数量多,墩柱封顶后方可施工,托架搭设影响其施工进度,且高空焊接作业多,安全风险大。装配式牛腿托架施工方法变高空焊接为地面焊接、空中装配,托架安装时间短,高空作业少,安全性较好,且施工完成后拆除简单,可周转使用,利用率高,还可解决铁路桥“花瓶墩”墩柱圆弧变形段支撑体系设置困难的问

## 5 结论

该文对某简支钢箱梁桥第 13 跨进行聚合物改性砼桥面铺装改造,对改造前后结构应变和面板变形进行测试,得到如下主要结论:1) 试验跨采用聚合物改性砼铺装改造后,钢箱梁的局部应力改善较明显,纵肋实测、理论应变分别减少 $80\%$ 、 $77\%$ ,面板实测、理论应变分别减少 $88\%$ 、 $86\%$ 。2) 试验跨采用聚合物改性砼铺装前的实测面板最大局部变形为 $-2.28\text{ mm}$ ,铺装后减小为 $-0.41\text{ mm}$ ,面板实测局部变形平均减小 $80\%$ ,理论变形平均减少 $78\%$ ,局部变形改善较明显。

聚合物改性砼材料的弹性模量对温度影响较敏感,其材料具有冷硬、热软的特性。该桥聚合物改性砼铺装试验在 1 月份完成,属于一年之中温度较低的时段,对聚合物改性砼在环境温度较高情况下的受力特征需进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 交通部公路科学研究所.大跨径混凝土桥梁的试验方法[R].北京:交通部公路科学研究所,1982.
- [2] JTJG D64—2015,公路桥涵钢结构及木结构设计规范[S].
- [3] JTJG D60—015,公路桥涵设计通用规范[S].
- [4] 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).
- [5] 李嘉,冯啸天,邵旭东,等.STC 钢桥面铺装新体系的力学计算与实桥试验对比分析[J].中国公路学报,2014,27(3).

收稿日期:2018—06—20

题,对铁路同类型桥梁施工有很大借鉴价值。

## 参考文献:

- [1] TB 10752—2010,高速铁路桥涵工程施工质量验收标准[S].
- [2] JTJ 025—86,公路桥涵钢结构和木结构设计规范[S].
- [3] 宋杰.高速公路连续刚构桥现浇支架施工改为牛腿托架法施工技术[J].建筑机械,2017(5).
- [4] 赵发伟.高速公路高墩大跨度刚构连续梁 0<sup>#</sup> 块牛腿托架法施工技术[J].价值工程,2016(9).
- [5] JTJG D60—2015,公路桥涵设计通用规范[S].

收稿日期:2019—02—27