

基于有限元数值模拟的新下花桥静载试验分析

粟进清

(邵阳县公路建设养护中心, 湖南 邵阳 422100)

摘要: 对桥梁结构进行静载试验,是各类桥梁施工质量控制与评定中的重要环节。文中利用有限元软件建立新下花桥梁格有限元模型进行数值模拟,基于有限元分析结果,开展现场静载试验,通过将挠度和应变试验结果与理论结果的比较,对该桥的承载能力和工作状况作出评价。

关键词: 桥梁;空心板桥;静载试验;有限元数值模拟

中图分类号:U446.1

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2020)05-0103-03

随着各类桥梁的大量建设,桥梁数量迅猛增长,随之出现桥梁因承载能力不足或损伤而垮塌的事故,桥梁承载能力和工作性能检测成为桥梁安全性能评定的重要内容。静载试验是有效评价桥梁承载能力和工作性能的一种重要方法。该文通过有限元数值模拟,对新下花桥开展静载试验,并对试验结果进行分析评价其承载能力。

1 工程概况

新下花桥位于湖南省邵阳县,上部结构采用 2×20 m 预应力砼筒支空心板,桥面连续,全桥长 46.04 m。下部结构采用实体墩扩大基础,桥台采用桩基础。横向由 7 片空心板组成,采用 C50 砼,中板和边板宽度分别为 1.24、1.495 m,高度为 0.95 m。桥面铺装采用 16 cm 厚 C40 防水砼。荷载等级为公路—I 级。

2 有限元数值模拟

选取第 1 跨进行静载试验。使用桥梁有限元分析软件 MIDAS/Civil 建立梁格模型对桥梁进行数值模拟分析。计算模型采用 7 组纵梁单元模拟 7 片空心板,共划分为 212 个单元。为更好地模拟桥梁实际受力性能,考虑桥面铺装的影响,在梁上加设板单元,共划分为 180 个单元。板单元和梁单元采用共节点连接(见图 1)。

加载工况分为 2 种:工况 I 为第 1 跨 4[#] 空心板

最大正弯矩,横桥向中载;工况 II 为第 1 跨 1[#] 空心板最大正弯矩,横桥向偏载。采用 4 台汽车进行加载,每台车总重 380 kN。根据设计荷载标准,在所测试截面的内力影响线上按最不利位置,根据实际加载车辆轴重、轴距等进行布载,计算控制截面在试验荷载作用下最大内力和按设计要求布置荷载作用下控制截面的理论内力。静载试验各工况荷载效率系数见表 1。

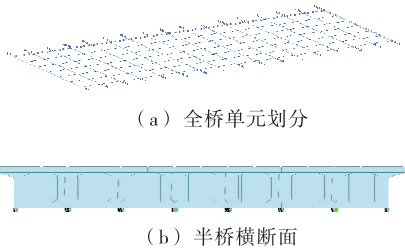


图 1 新下花桥有限元模型

表 1 静载试验加载工况与荷载效率系数

工况号	试验荷载效应/	设计荷载计算值/	效率系数/
	(kN·m)	(kN·m)	%
I	631.19	628.15	102.8
II	728.42	724.92	104.8

3 静载试验方案

3.1 加载工况

试验荷载分 4 级加载和 2 次卸载,各静载试验工况的加载方案和布载方式分别见表 2、图 2。

表 2 新下花桥静载试验加载方案

工况号	工况描述	加载				卸载	
		第 1 级	第 2 级	第 3 级	第 4 级	第 1 级	第 2 级
I	第 1 跨 4 [#] 空心板最大正弯矩	1 [#] 车	2 [#] 车	3 [#] 车	4 [#] 车	3 [#] 车	1 [#] 车
II	第 1 跨 1 [#] 空心板最大正弯矩					4 [#] 车	2 [#] 车

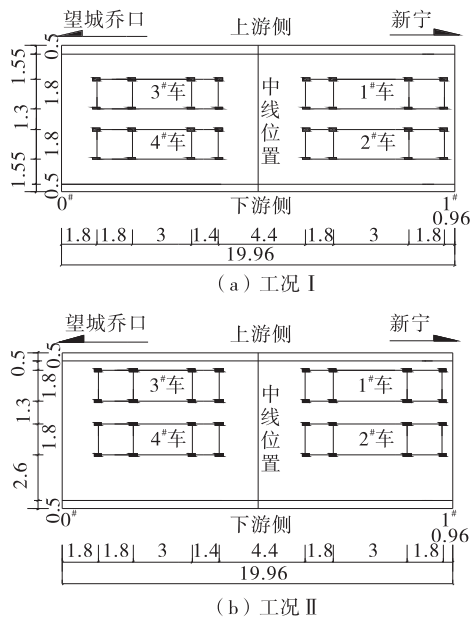


图2 新下花桥静载试验车辆布载(单位:m)

3.2 测点布置

(1) 应变测点布置。在第1跨跨中截面的空心板底面粘贴标距为8 cm的应变片,采用静态电阻应变仪测试各测点应变(见图3)。

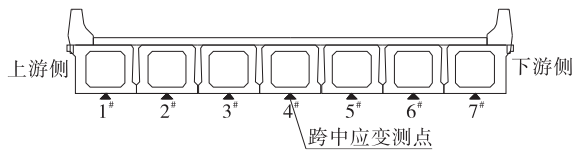


图3 应变测点横断面布置

(2) 挠度测点布置。采用精密水准仪对第1跨最大弯矩截面进行挠度测试,并对支座截面进行沉降观测。各测试截面挠度测点见图4。

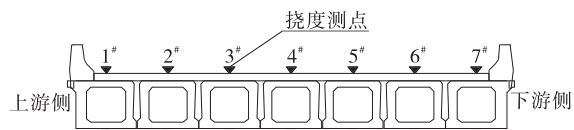


图4 挠度测点横断面布置

4 静载试验分析

4.1 工况 I 试验结果与分析

4.1.1 应变试验结果与分析

工况 I 下应变测试结果见表3和图5,其中以正表示受拉、负表示受压。由表3和图5可知:工况 I 下应变校验系数 η 最大值为0.71,最小值为0.69,相对残余应变最大为4.2%,小于容许值20%,满足JTG/T J21—01—2015《公路桥梁荷载试验规程》的要求。

表3 工况 I 下各空心板的应变

测点	总应变	弹性应变			残余应变	
	实测值/ $\mu\epsilon$	实测值/ $\mu\epsilon$	理论值/ $\mu\epsilon$	校验 系数	实测值/ $\mu\epsilon$	相对残余 应变/%
1#	88	88	128	0.69	0	0.0
2#	95	92	130	0.71	3	3.2
3#	96	94	136	0.69	2	2.1
4#	101	97	138	0.70	4	4.0
5#	97	94	136	0.69	3	3.1
6#	96	92	130	0.71	4	4.2
7#	91	88	128	0.69	3	3.3

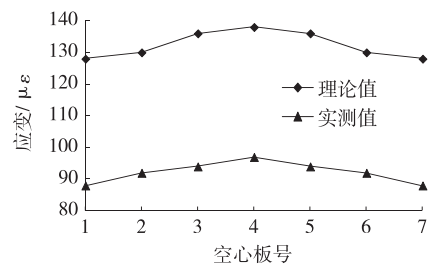


图5 工况 I 下各空心板应变的横向分布

4.1.2 挠度试验结果与分析

工况 I 下挠度测试结果见表4和图6,其中负表示下挠。由表4和图6可知:工况 I 下挠度校验系数 η 最大值为0.79,最小值为0.77,相对残余变位

表4 工况 I 下各空心板的挠度

测点	总变位	弹性变位			残余变位	
	实测值/mm	实测值/mm	理论值/mm	校验系数	实测值/mm	相对残余变位/%
1#	-8.63	-8.58	-11.00	0.78	-0.05	0.6
2#	-9.42	-9.12	-11.77	0.77	-0.30	3.2
3#	-9.88	-9.50	-12.25	0.78	-0.38	3.8
4#	-10.22	-9.88	-12.56	0.79	-0.34	3.3
5#	-9.53	-9.47	-12.25	0.77	-0.06	0.6
6#	-9.46	-9.25	-11.77	0.79	-0.21	2.2
7#	-9.08	-8.56	-11.00	0.78	-0.52	5.7

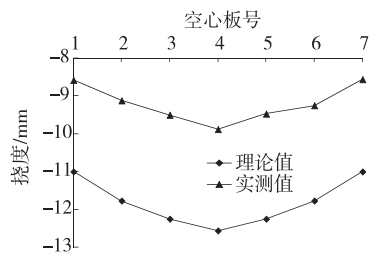


图 6 工况 I 下各空心板挠度的横向分布

最大为 5.7%, 小于容许值 20%, 满足 JTG/T J21—01—2015《公路桥梁荷载试验规程》的要求。

4.2 工况 II 试验结果与分析

4.2.1 应变试验结果与分析

工况 II 下应变测试结果见表 5 和图 7。由表 5 和图 7 可知: 工况 II 下应变校验系数 η 最大值为 0.73, 最小值为 0.70, 相对残余应变最大为 4.5%, 小于容许值 20.0%, 满足 JTG/T J21—01—2015《公路桥梁荷载试验规程》的要求。

4.2.2 挠度试验结果与分析

工况 II 下挠度测试结果见表 6 和图 8。由表 6 和图 8 可知: 工况 II 下挠度校验系数 η 最大值为 0.79, 最小值为 0.76, 相对残余变位最大为 3.4%, 小于容许值 20%, 满足 JTG/T J21—01—2015《公路

桥梁荷载试验规程》的要求。

表 5 工况 II 下各空心板的应变

测点	总应变	弹性应变			残余应变	
	实测值/ $\mu\epsilon$	实测值/ $\mu\epsilon$	理论值/ $\mu\epsilon$	校验 系数	实测值/ $\mu\epsilon$	相对残余 应变/%
1#	100	98	138	0.71	2	2.0
2#	102	100	144	0.70	2	2.0
3#	102	99	142	0.70	3	2.9
4#	97	95	135	0.71	2	2.1
5#	89	85	120	0.71	4	4.5
6#	83	81	112	0.72	2	2.4
7#	78	76	104	0.73	2	2.6

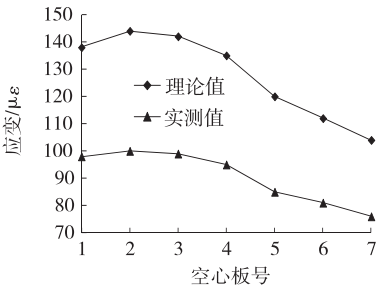


图 7 工况 II 下各空心板应变的横向分布

表 6 工况 II 下各空心板的挠度

测点	总变位	弹性变位			残余变位	
	实测值/mm	实测值/mm	理论值/mm	校验系数	实测值/mm	相对残余变位/%
1#	-10.02	-9.85	-12.64	0.78	-0.17	1.7
2#	-10.55	-10.26	-13.21	0.78	-0.29	2.7
3#	-10.32	-10.16	-13.14	0.77	-0.16	1.6
4#	-10.02	-9.89	-12.56	0.79	-0.13	1.3
5#	-8.73	-8.68	-11.35	0.76	-0.05	0.6
6#	-8.26	-7.98	-10.33	0.77	-0.28	3.4
7#	-7.45	-7.32	-9.36	0.78	-0.13	1.7

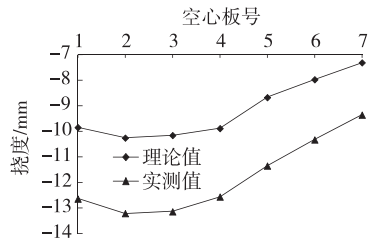


图 8 工况 II 下各空心板挠度的横向分布

5 结论

在各静载试验荷载作用下, 新下花桥的应变和挠度校验系数均满足规范要求, 结构强度满足规范

及使用要求, 且在设计荷载作用下具有一定的安全储备能力。各工况下控制截面主要测点的相对残余应变及相对残余变位均在 20% 以内, 结构在所施加荷载作用下处于弹性范围工作, 结构受力性能良好。各工况下实测挠度分布规律和应变分布规律与理论计算结果基本吻合。综上, 在正常使用状态下, 新下花桥的承载能力满足设计要求。

参考文献:

[1] 周海俊, 吴永昌, 谭也平, 等. 桥梁荷载试验研究综述[J]. 中外公路, 2008, 28(4): 164—166.

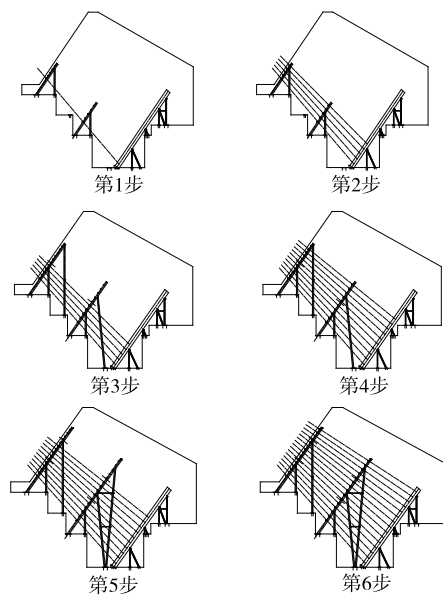


图10 锚杆的安装步骤

表2 定位支架及锚固系统的制作安装要求

项目	规定值或允许偏差	检查方法和数量	权值
支架中心偏位	10 mm	经纬仪;检查前后端	1
支架安装锚杆之平联高差	+2, -0 mm	水准仪;全部检查	1
锚杆坐标	纵 ±5 mm	经纬仪;每根检查	2
	横 ±2 mm		
	竖 +2, -0 mm		
后锚梁中心偏位	2 mm	经纬仪;每根检查	1
后锚梁倾斜度	符合设计要求,设计未规定时 1/2 000	倾角仪;每根检查	1
高强螺栓扭矩	±10%	测力扳手;抽查5%,每连接点不少于2次	3

常规整体框架式定位支架结构的优化,使结构更简单、受力更均匀,减少了常规整体式框架结构定位支架的钢材用量。施工工艺创新,既保证了主缆型钢

锚固系统的安装精度,又大幅降低了安装难度。同时,由于锚体砼与锚固系统同步施工,可有效压缩关键工序的施工时间,节省工期近40 d。目前,杭瑞洞庭湖大桥已建成通车,桥梁运行良好。该桥主缆型钢锚固系统的安装精度高、施工难度小、适用性强且经济可靠,可为同类工程施工提供参考。

参考文献:

- [1] 崔冰,董萌,贾立峰,等.一种新型悬索桥主缆锚固系统设计概念综述[J].中国工程科学,2013,15(8):12-17.
- [2] 唐宏,欧阳祖亮.特大跨径悬索桥主缆锚固系统施工定位技术研究[J].华东科技(学术版),2014(5):83-187.
- [3] 李好.防止悬索桥主缆鼓丝和扭转的主缆架设技术[J].中外建筑,2015(5):177-178.
- [4] 豆飞,徐永春,宋松林,等.自锚式悬索桥主缆锚固区受力分析及试验研究[J].公路,2018(12):155-160.
- [5] 甄宗标.超大型锚杆式悬索桥锚碇锚固系统施工关键技术[J].铁道标准设计,2019,63(12):73-78.
- [6] 陈旭峰.BIM技术在大型桥梁工程中的应用研究:以岳阳洞庭湖大桥为例[J].工程经济,2017,27(6):97-101.
- [7] 李海,鲜亮,姚志安.国内大跨径悬索桥锚碇锚固系统比较研究[J].公路工程,2011,36(6):31-33.
- [8] 苏强,王强,曾诚,等.我国悬索桥主缆预应力锚固系统设计探讨[C]//中国土木工程学会.第十六届全国混凝土及预应力混凝土学术会议暨第十二届预应力学术交流会论文集.北京:中国土木工程学会,2013:414-419.
- [9] 刘武,赵煜成,唐中滨.悬索桥主缆型钢锚固系统支撑定位技术[J].中外公路,2016,36(4):207-210.
- [10] 周可夫,张永健,王达.洞庭湖大桥型钢锚固系统新隔离防护体系试验及运用[J].中外公路,2018,38(4):146-149.
- [11] 中交第一公路工程局有限公司.公路桥梁施工技术规范:JTG/T F50-2011[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2011.

收稿日期:2020-03-02

(上接第105页)

- [2] 韦全余,徐春林,艾军,等.某简支空心板桥的静载试验与承载能力分析[J].公路与汽运,2009(5):145-149+160.
- [3] 章霄羽,艾军,叶翔,等.简支空心板桥静载试验分析[J].公路与汽运,2012(5):171-175.

- [4] 长安大学.公路桥梁荷载试验规程:JTG/T J21-01-2015[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.
- [5] 赵慧.预应力砼空心板现场静载试验研究[J].公路与汽运,2019(2):125-127.

收稿日期:2020-05-28