

基于荷载试验的某立交桥结构性能评价

党立俊

(广州广大工程检测咨询有限公司, 广东 广州 050061)

摘要:广东省东莞市某跨线立交桥于2004年建成通车,为检验该桥的承载能力和正常使用状态是否满足设计要求,对该桥进行了荷载试验。介绍了荷载试验的检测内容、检测方法、加载工况以及检测结果。由检测结果可以得出,该桥的承载能力和正常使用状态满足设计荷载等级的要求,可以正常使用。

关键词:桥梁检测;荷载试验;结构性能;校验系数

中图分类号:U446 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-0300(2009)03-0034-05

1 引言

桥梁的使用状态和安全性对于保障公路交通的畅通有着重要意义,然而由于荷载的长期作用,结构的自然老化,环境的不利影响以及养护维修的缺失,桥梁在使用过程中不可避免的会出现损伤^[1]。因此有必要对现有的桥梁进行常规以及定期检测,而荷载试验则是检验桥梁承载能力和正常使用状态是否满足要求的有效手段。

广东省东莞市某跨线立交桥为曲线连续梁桥,道路中心线曲线半径 $R = 800\text{ m}$,单幅桥跨径布置为 $4 \times 23 = 92\text{ m}$ 。单幅桥面全宽 19.20 m ,桥面横向布置为 0.50 m (防撞护栏) + 15.50 m (行车道) + 3.20 m (人行道)。该桥上部结构为等高度预应力混凝土连续箱梁,横断面为单箱三室,箱梁底宽 14.20 m ,两侧翼缘各宽 2.50 m ,梁高 1.45 m ,采用C50混凝土现浇。墩柱及承台采用C30混凝土,钻孔灌注桩采用C25混凝土。该桥的设计荷载等级为汽-超20、挂-120,于2004年建成通车。

2 理论分析计算

采用MIDAS/Civil程序建立空间梁格的有限元计算分析模型,模型轴线、尺寸等严格按照实际结构模拟。模型共划分为588个节点和1035个空间梁单元,如图1所示。采用该有限元模型进行桥梁的设计荷载及试验荷载内力、试验荷载反应和自振特性的分析计算。

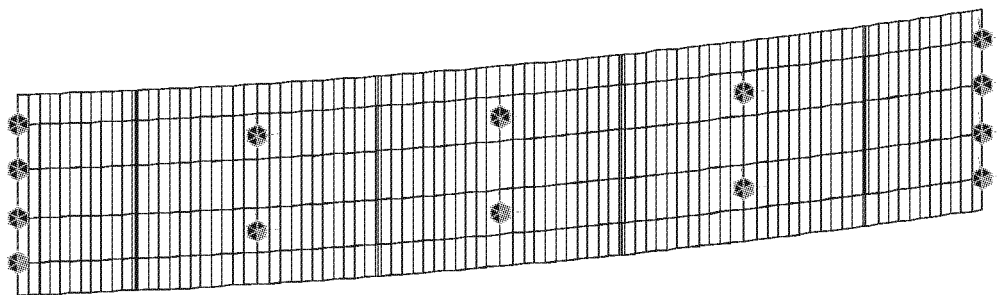


图1 梁格计算模型

利用动态规划加载法计算出该桥在设计活载作用下各主要截面设计活载内力控制值,汇总如表1所示。

收稿日期:2009-04-01

作者简介:党立俊 男 1981年出生 助理工程师

表 1 设计活载下控制截面的最大弯矩汇总 kN · m

截面位置	汽-超 20 + 人群		挂-120		控制值	
	max	min	max	min	max	min
1#支点	0	0	0	0	0	0
L/4	1 269	-178	1 729	-169	1 729	-178
L/2	1 391	-345	1 917	-351	1 917	-345
3L/4	922	-503	1245	-617	1 245	-503
2#支点	278	-1 344	177	-1 262	177	-1 344
L/4	887	-559	1 232	-668	1 232	-559
L/2	1 237	-426	1 698	-335	1 698	-426
3L/4	911	-508	1 199	-603	1 199	-508
3#支点	383	-1 239	263	-1 154	263	-1 239
L/4	921	-501	1 206	-602	1 206	-501
L/2	1 242	-424	1 701	-333	1 701	-424
3L/4	887	-582	1 224	-690	1 224	-582
4#支点	287	-1 327	180	-1 262	180	-1327
L/4	925	-498	1 252	-613	1 252	-498
L/2	1 433	-326	1 925	-336	1 925	-326
3L/4	1 347	-159	1 844	-152	1 844	-159
5#支点	0	0	0	0	0	0

3 荷载试验

3.1 静载试验

静载试验是使试验荷载在指定位置对桥梁进行加载,测试桥面的挠度、桥梁控制截面的应力增量。静载试验需要首先通过理论分析,在试验前计算出各控制截面的内力影响线,进行静力加载计算,然后根据静力计算结果与荷载试验结果进行比较,再结合原施工控制所获得成桥状态恒载应力以确定桥梁结构的实际工作状态与设计期望值是否相符,并判定结构的施工质量、运营安全度。它是检验桥梁结构实际性能,如强度、刚度等的最直接、有效的方法。试验荷载按照桥梁的静力试验活载内力与设计活载内力之比不小于 0.85、且不大于 1.05 的原则确定。试验时,需要尽可能减少温度对测量结果的影响;同时,需要注意分级加载^[2,3]。

3.1.1 试验加载工况

根据该桥梁的结构形式和受力特点,选取其中的三跨作为试验对象,检测 1#~2#、2#~3#、3#~4#墩之间桥跨的跨中最大正弯矩以及 2#墩支点处的最大负弯矩,使其达到加载效率。如图 2 所示,共分为以下 4

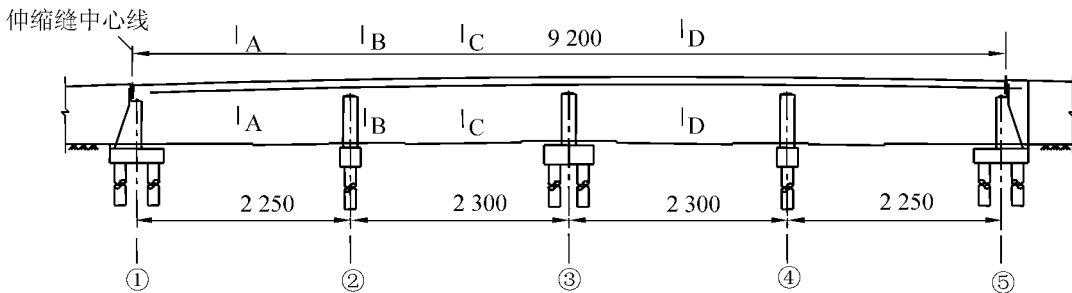


图 2 检测截面位置示意 (单位: cm)

个加载阶段进行加载:① 加载阶段一,使 2#~3#墩之间的跨中正弯矩达到加载效率;② 加载阶段二,使 2#墩支点截面处的负弯矩达到加载效率;③ 加载阶段三,使 1#~2#墩之间的跨中正弯矩达到加载效率;④ 加载阶段四,使 3#~4#墩之间的跨中正弯矩达到加载效率。

试验采用汽车加载,需要 6 辆重约 300 kN 的重车。试验时,加载车装填沙石压重,并经地磅称量后与计算试验荷载值相差不超过 5%。

3.1.2 测点布置

在试验桥幅检测跨的支点、四分点、跨中位置等处共设置 13 个挠度变形测点,如图 3 所示。测点采用长 2 cm 特制螺栓固定在桥面铺装层上。竖向变形测量采用二等水准测量,水准测量测试精度为 0.1 mm,采用 NA2/GPM3 型精密水准仪,后视点设置在测试桥跨外。

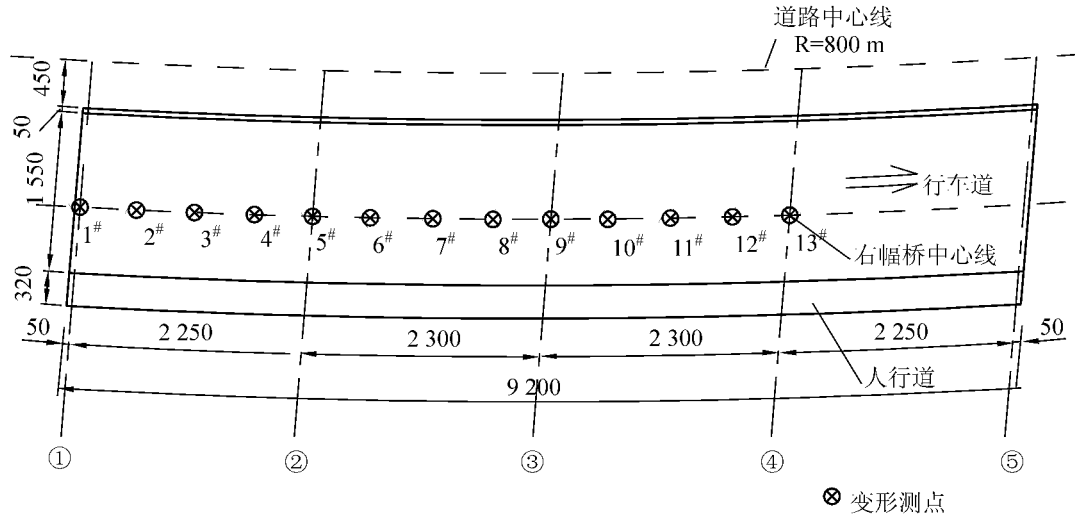


图 3 变形测点布置示意(单位:cm)

应变测试截面选在 1#~2# 桥跨跨中 A-A、2# 墩处 B-B、2#~3# 桥跨跨中 C-C 和 3#~4# 桥跨跨中 D-D 截面,如图 2 所示。应变测点布置在测试截面箱梁的底部和腹板外侧,每个截面布置 8 个应变测点,共计 32 个。应变测点布置如图 4 所示。

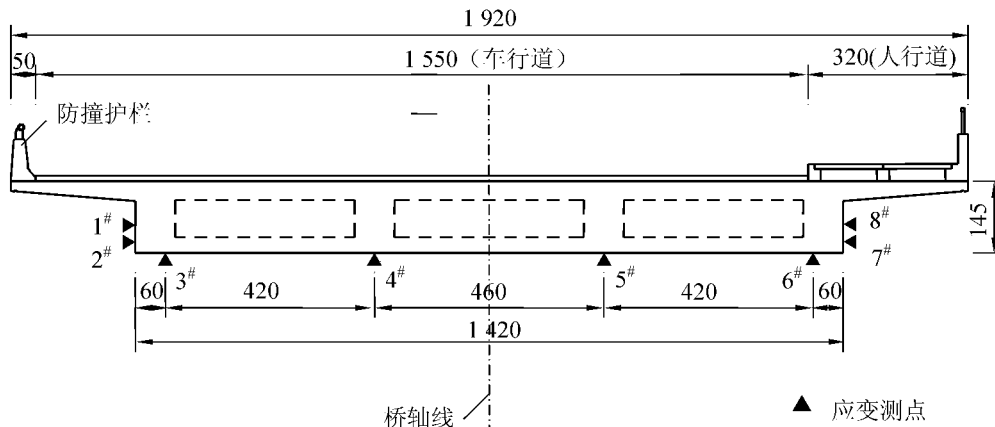


图 4 检测截面应变测点布置(单位:cm)

3.2 动载试验

桥梁结构的动载试验是利用某种激励方法激起桥梁结构的振动,测定桥梁结构的固有频率、阻尼比、振型、动力系数、动力响应(加速度、动挠度)等参量的试验项目,从而宏观地判断桥梁结构的整体刚度与运营性能^[4]。本次试验采用地脉动及跳车工况进行动载试验。

4 试验结果及分析

4.1 静载试验结果分析

由于篇幅所限,在此仅给出主要试验数据。挠度校验系数如表 2 所示,应变校验系数如表 3 所示,均基本满足《大跨径混凝土桥梁的试验方法》^[2]关于预应力混凝土桥梁校验系数 $\beta < S_e/S_{stat} \leq \alpha$,其中, $\alpha = 1.05$, $\beta = 0.70$ 的要求,表明结构的强度及刚度较好。图 5 为纵向测点在工况 3、6、8 试验荷载作用

下的挠度实测值与计算值对比曲线。

表2 挠度校验系数

截面	实测值/mm	计算值/mm	校验系数
A-A	-1.4	-1.9	0.74
C-C	-1.1	-1.7	0.65
D-D	-1.2	-1.7	0.70

表3 应变校验系数

截面	实测值/mm	计算值/mm	校验系数
A-A	39	50	0.78
B-B	-34	-33	1.03
C-C	33	44	0.75
D-D	31	44	0.70

试验结束前对试验桥跨进行了残余变形及应变观测,1#~2#桥跨跨中截面的3#挠度测点最大实测挠度值

为-1.7 mm,相应的残余挠度值为-0.3 mm,残余挠度与最大实测挠度的比值为0.18;1#~2#桥跨跨中A-A截面应变测点的最大实测应变值为41,相应的残余应变值为2,残余应变与最大实测应变的比值为0.05。残余变形及应变值均满足《大跨径混凝土桥梁的试验方法》^[2]中关于预应力混凝土桥梁 $S_p/S_{tot} \leq \alpha$,其中, $\alpha = 0.20$ 的要求,表明结构处于弹性工作状态。

4.2 动载试验结果分析

该桥的振动特性理论计算结果见表4,实测加速度时程曲线及频谱如图6、图7所示。动测数据分析表明:实测一阶自振频率为6.055 Hz,阻尼比为0.448 8%,而对应的理论计算一阶频率为5.702 Hz,实测

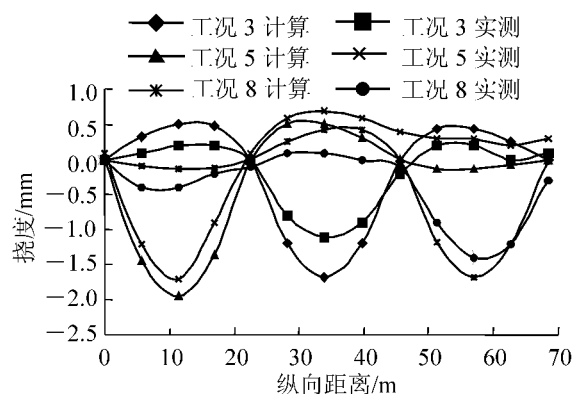


图5 纵向测点挠度实测值与计算值对比

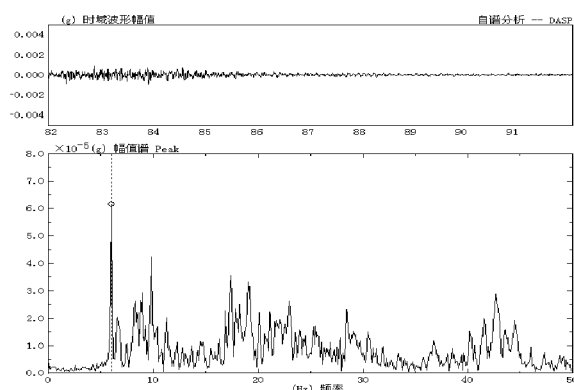


图6 地脉动加速度时程曲线及频谱

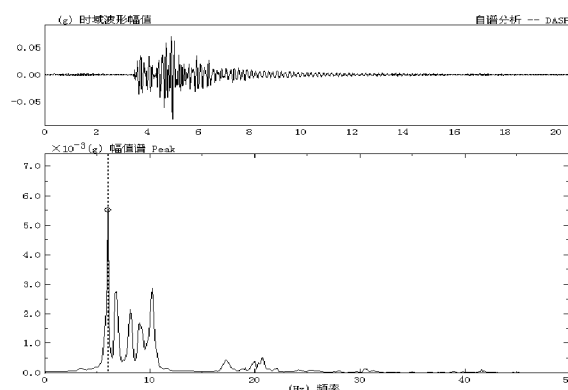


图7 跳车加速度时程曲线及频谱

频率大于理论计算值,说明该桥实际刚度较大,振动响应较小,行车性能较好。

5 结束语

经检测,该桥的检测指标基本满足《大跨径混凝土桥梁的试验方法》^[2]及设计荷载等级的要求,试验桥跨的桥墩未产生可观测到的沉降变位,试验桥跨未见肉眼可见新裂缝出现,结构处于弹性工作状态,承载能力和正常使用状态能够满足设计荷载等级的要求。桥梁的实际刚度较大,振动响应较小,行车性能较好。

表4 自振特性理论计算结果

阶次	自振频率/Hz	振型特点
一阶	5.702	反对称竖弯
二阶	6.498	对称竖弯
三阶	6.963	扭转

参 考 文 献

- [1]李亚东.既有桥梁评估方法研究[J].铁道学报,1997,19(3):109-115.
- [2]交通部公路科学研究所.大跨径混凝土桥梁的试验方法[M].北京:人民交通出版社,1982.

(下转第43页)

参 考 文 献

- [1] 刘建航,侯学渊. 基坑工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [2] 中国建筑科学研究院. JGJ120—S99 建筑基坑支护技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [3] 张明聚,郭忠贤. 土钉支护工作性能的现场测试研究[J]. 岩土工程学报,2001,23(3): 319-323.
- [4] 上海岩土工程勘察设计研究院. 基坑工程施工监测规程[S]. 上海:上海市建筑和交通委员会,2006.
- [5] 陈仲颐,周景星,王洪谨. 土力学[M]. 北京:清华大学出版社,1994.

Monitoring Analysis on Exterior-protected Construction of Foundation-pit of Subway in Suzhou

Mu Yongjiang

(The 2nd Engineering Co., Ltd. of the 13th Bureau Group of China Railway, Shenzhen 518083, China)

Abstract: A field monitoring program was carried out for the open-excavated project of a subway station in Suzhou, and the trends of the displacements of exterior-protected construction and the inner forces of support were under control in time. The changes of characteristics on the displacements and inner forces of foundation-pit with and without reinforced structure are analyzed respectively. The analytical results show that: the reinforced structures utilizing soil-cement mixed diaphragm wall can diminish the horizontal distortion of exterior-protected construction and the maximal value of inner forces because it can impede the development of slippage failure plane and diminish the soil pressure acted on the concrete diaphragm wall.

Key words: subway stations; reinforcing foundation-pit; constructing; monitoring

(上接第37页)

- [3] 周安,杨庆印,郝成义. 基于静载试验的桥梁结构性能评价[J]. 工程与建设,2008,22(5): 695-697.
- [4] 张俊平,周建宾. 桥梁检测与维修加固[M]. 北京:人民交通出版社,2006.

Structural Behaviors Evaluation of Bridge Based on Load Test

Dang Lijun

(Guangzhou Engineering Inspection and Consulting Company Ltd., Guangzhou 510006, China)

Abstract: In 2004, an overpass was completed and opened to traffic in Dongguan City, Guangdong Province. In order to test whether the load bearing capacity and normal working condition meet the design requirements of this bridge, load test has been carried out. The contents, methods, loading states and results of this load test are introduced in this paper. It can be concluded from the results of load test that the load bearing capacity and normal working condition meet the design requirements of the bridge, and the bridge can be kept in use regularly.

Key words: bridge detection; load test; structural behaviors; testing coefficient