

成桥静动载试验及分析

陈 宇¹, 易泽翰²

(1. 佛山市南海区路桥建设有限公司, 广东佛山 528200; 2. 广东国通新型建材有限公司, 广东广州 511455)

摘 要:对某大桥进行了成桥静力和动力荷载试验及分析, 通过现场静动力荷载试验, 测得其各种力学指标和性能指标, 并与理论计算的结果及相应规范的要求进行比较, 从而对桥梁的整体性能和结构安全做出评价, 以确保桥梁的主体结构处于完好的技术状态和良好的使用状态, 保证桥梁投入使用后的安全运营。在对现场测试结果及理论分析结果进行综合分析、比较的基础上, 对其进行总体评价, 保证该桥长期稳定运营。进行的试验及分析对同类桥型具有借鉴意义。

关键词:静动载试验; 力学指标; 性能指标

中图分类号: U445.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2007)03-0034-03

1 工程概况

某大桥为一座全长 180 m 的简支板桥, 采用桥面连续的铺装形式, 单孔跨径 20 m, 计算跨径 19.96 m, 共 9 跨。桥宽: 7m(行车道)+2×0.45 m(安全带)=7.9 m。采用双向 3% 纵坡, 横坡为双向 1.1%。该桥横断面组成为 6 片预应力混凝土空心板, 标准空心板宽 1.215 m, 高 0.90 m, 板间通过混凝土铰缝连接。该桥设计荷载为: 汽-15, 挂-80; 设计车速为: 40 km/h。

2 静载试验

桥梁结构静载试验的目的, 主要是测试桥梁在试验荷载作用下的变形和内力状况, 从而判定结构的强度和刚度等力学性能^{[1][2][3]}。

2.1 静载试验工况

在静载试验之前, 首先要确定加载位置。根据该桥的实际跨径布置, 并对其进行理论计算, 发现跨中截面和支点截面为设计荷载作用下的受力最不利的截面, 因此选择这两个截面作为试验的关键加载位置, 同时确定静载试验的三个工况。

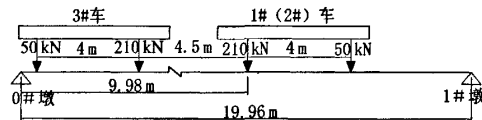
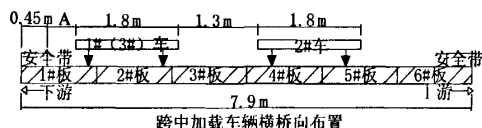
工况 1: 按跨中截面正弯矩最不利进行横桥向对称加载。

工况 2: 按跨中截面正弯矩最不利进行横桥向偏心加载。

工况 3: 按支点剪力最不利进行横桥向对称加载。

在加载位置确定之后, 试验荷载的确定采用等效荷载法。根据理论计算分析, 该桥最不利受力由挂-80 控制, 按桥梁关键截面影响线的形式进行最不利加载, 并保证达到一定的荷载试验效率

^[4]来确定实际加载车辆的数目, 确保荷载试验的效果。最终, 选定 3 辆车作为最不利加载的加载车, 每辆车总重各为 260 kN, 后轴重 210 kN, 前轴重 50 kN, 三辆车分别编号为 1#、2# 和 3#, 各辆车的几何参数和各工况的荷载布置情况如图 1、图 2 所示。



注: 偏载时 A=0.5 m, 对称加载时=1.05 m

图 1 跨中加载车辆布置图

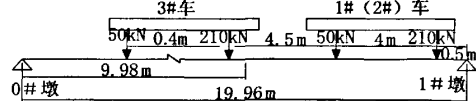
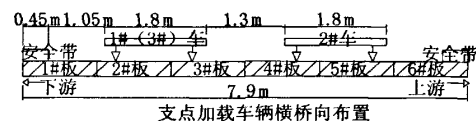


图 2 支点加载车辆布置图

在所有的荷载工况开始之前, 为了检查所有的试验装置和测试装置是否运转正常, 为了使桥梁结构能够进入正常的工作状态, 需对桥梁进行预加载。在每一个荷载试验工况进行加载时, 所有的荷载并不是一次全部加载实现, 而是分级逐步进行的。

在每一个荷载试验工况的过程中, 需要对各项力学性能指标进行测试, 这些指标主要包

收稿日期: 2006-11-07

作者简介: 陈宇(1973-), 男, 广东人, 工程师, 从事路桥施工及管理工作。

括主梁的挠度、主梁的应变和应力等。

理论计算的挠度分别如表 1、表 2 所示,相应的挠曲线分别如图 3、图 4 所示。实测的应变、应力以及理论计算值见表 3、表 4。

2.2 静载试验结果

在静载试验中,满载情况下,实测的挠度以及

表 1 跨中偏载时满载挠度表

距离(m)	上游理论值(mm)	上游实测值(mm)	校验系数(%)	残余变形(mm)	下游理论值(mm)	下游实测值(mm)	校验系数(%)	残余变形(mm)
0	0	0	-	0	0	0	-	0
5	4.1	3	73	0	5.2	4	77	0
10	9.8	8	82	1	11.7	10	85	2
15	3.3	3	91	0	3.9	3	77	0
20	0	0	-	0	0	0	-	0

表 2 支点对称加载时满载挠度表

距离(m)	上游理论值(mm)	上游实测值(mm)	校验系数(%)	残余变形(mm)	下游理论值(mm)	下游实测值(mm)	校验系数(%)	残余变形(mm)
0	0	0	-	0	0	0	-	0
5	3.2	3	94	0	3.2	3	94	0
10	6.3	6	95	1	6.3	5	79	1
15	2.8	2	71	0	2.8	2	71	0
20	0	0	-	0	0	0	-	0

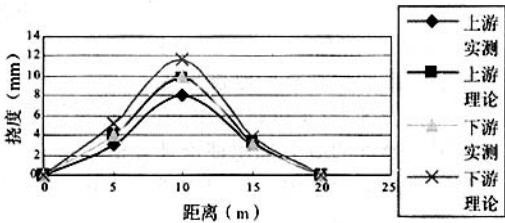


图 3 跨中满载挠曲线

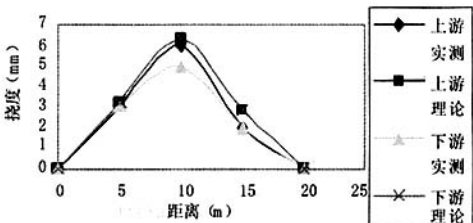


图 4 支点对称满载挠曲线

表 3 跨中偏载时满载应力表(受拉为 -, 受压为 +)

板号	测点位置	理论应力(MPa)	实测应力(MPa)	校验系数(%)	残余应力(MPa)
1#	跨中底缘	-3.409	-3.291	97	-0.099
2#	跨中底缘	-3.351	-3.145	94	-0.043
3#	跨中底缘	-3.266	-3.065	94	-0.056
4#	跨中底缘	-3.149	-2.954	94	-0.072
5#	跨中底缘	-3.027	-2.902	96	-0.032
6#	跨中底缘	-2.926	-2.863	98	-0.011

表 4 支点对称加载时满载应力表(受拉为 -, 受压为 +)

板号	测点位置	理论应力(MPa)	实测应力(MPa)	校验系数(%)	残余应力(MPa)
1#	跨中底缘	-2.154	-2.013	93	0
2#	跨中底缘	-2.171	-2.076	96	-0.031
3#	跨中底缘	-2.394	-2.189	91	-0.040
4#	跨中底缘	-2.394	-2.177	91	-0.038
5#	跨中底缘	-2.171	-2.085	96	-0.045
6#	跨中底缘	-2.154	-2.001	93	0.009

3 动载试验

桥梁检测动载试验是动力测定评价方法的基本测试项目,是为了满足工程应用的需要,应用理

论分析与试验测试相结合的科学方法解决桥梁振动问题的必要手段,是桥梁检测工作中的重要环节,其对桥梁使用状况和承载力的评价提供了重要的数据参数。桥梁检测中动载试验的内容主要是结构动力特性和动载响应的试验与分析,量测的主要部位是结构动力效应最大的构件,以及动应力及动变形的控制截面等^{[4][5]}。

3.1 自振特性测试

自振特性的测试采用脉动法,通过对拾振器拾取的响应信号进行谱分析,可确定桥梁的自振频率和模态,再将功率谱进行细化处理,利用半功率点带宽法求得桥梁的阻尼比。分析所得的频谱见图 5,阻尼比计算见图 6,实测前两阶频率及对应的阻尼比见表 5。理论计算的前两阶模态见图 7、图 8。

3.2 动荷载响应测试

动荷载响应测试的主要目的是模拟在各种行车条件下,桥梁的动应力响应以及实测桥梁的冲击系数。在动载试验的过程中,分别测试了一辆车以各种速度进行跑车、刹车和跳车等各种情况下

的动应力时程响应,通过最大动应力的值,计算出相应各种条件下的冲击系数。

在各种模拟行车条件下,通过对动应力时程响应曲线进行分析,实测的主跨跨中主梁顶面的动应力时程响应曲线分别如图9~图12所示,相应的动应力极值和冲击系数见表6。

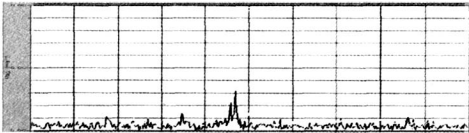


图5 频谱图

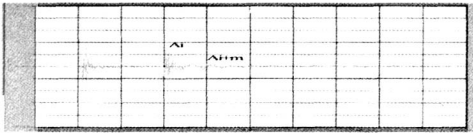


图6 阻尼比计算图

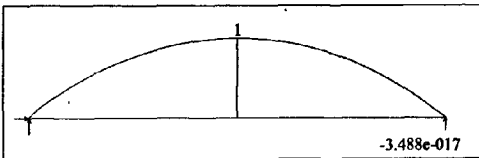


图7 1阶模态

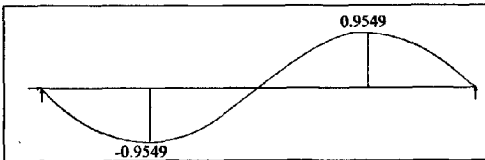


图8 2阶模态

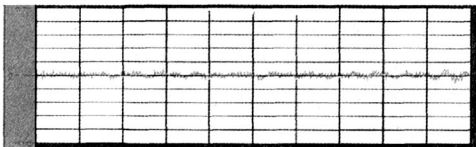


图9 匀速20 km/h跑车跨中应变时程曲线

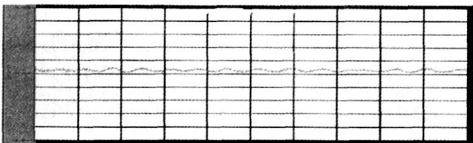


图10 匀速30 km/h跑车跨中应变时程曲线

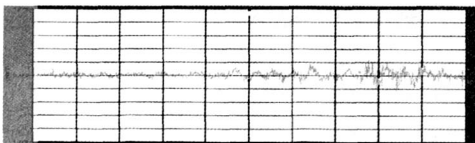


图11 30 km/h跨中刹车跨中应变时程曲线

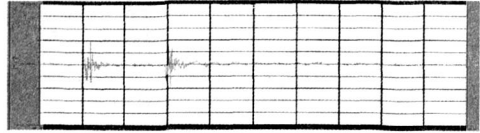


图12 30 km/h跨中跳车跨中应变时程曲线

表5 频率及阻尼表

频率阶次	理论频率(Hz)	实测频率(Hz)	实测阻尼比(%)
1	6.152	5.965	3.5
2	9.437	9.346	2.9

表6 动应力及冲击系数表

行车条件	动应力测点位置	动应力极值(MPa)	冲击系数
匀速20 km/h跑车	3#板跨中底缘	-1.457	1.10
匀速30 km/h跑车	3#板跨中底缘	-1.543	1.12
30 km/h跨中刹车	3#板跨中底缘	-1.762	1.19
30 km/h跨中跳车	3#板跨中底缘	-1.857	1.21

4 结论

从表1、表2、图3、图4可以看出,在等效试验荷载作用下,该桥的实测挠度比理论计算的挠度小,且都没有超出规范^[6]的规定,说明该桥的实际刚度比理论计算的刚度要大。

从表3、表4可以看出,在试验车辆作用下,实测各测点的应力都比理论计算值要小,且都没有超出规范的规定,说明该桥的实际强度比理论计算的强度高。

从表5即频率和阻尼比表可以看出,实测频率与理论计算频率比较吻合,而且比理论计算的频率小;实测的最大阻尼比为3.5%。说明该桥具有一定的抗振能力,但阻尼比较小,耗散能量的能力小,桥梁振动衰减较慢,桥梁结构容易产生疲劳。

从表6可以看出,当试验车辆以各种行车条件通过该桥时,最大的动应力不超过1.857 MPa,实测桥梁的最大冲击系数不超过1.21,说明该桥具有一定的抗冲击能力。

详尽的现场静动载试验及分析表明,该桥能满足通车以后安全运营的要求,其力学性能、整体性能和安全性能也是满足设计和规范要求。

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,等.大跨径混凝土桥梁的试验方法[M].北京:人民交通出版社,1982.
- [3]雷俊卿.桥梁安全耐久性与病害事故分析[J].中国安全科学学报,2005,15(2):86-90.
- [4]李桂华,许土斌,吴晓援,等.大型桥梁动力特性检测方法[J].应用力学学报,1996,13(1):48-52.
- [5]欧阳政伟,余志武,蒋丽忠,等.异型钢-预应力混凝土叠合板组合箱梁桥成桥试验[J].长沙铁道学院学报,2003,21(2):50-55.
- [6]公路钢筋混凝土与预应力混凝土桥涵设计规范(JTJ023-85)[S].