

International Journal of Civil Engineering and Machinery Manufacture

Volume 1, Issue 2, August 2016

Part III

President: Zhang Jinrong

Chief Planner: Qiao Jun

Executive Chief Editor: Wang hua, Pedro Ribeiro Godoi

Editorial Board: Li Shu, Wang Yawen, Gao Shufen, Wei Zhang, Su Daqi, Sun To, Yu Borui,
Souza, Pei Liu, Yang Lu, Guoquan Min, Meng Yu

Audit Committee: Zhitang Song, Xu Lijuan, Dong Peiwang, Su Jianmin, Ali Coskun, You Wenying,
An Xin, Yan Yanhui, Tang Ming, Yang Ming, Zhi Zhong, Xiao Han, Sun Wenjun,
Licheng Fei, Bom Sook Kim, Lijie Li, Jin Hong Cha, Tan Ker Kan,
Wenzhong Shen, Zhaohui Zhong, Yong Shao, Vikram Kate

Publisher: HongKong New Century Cultural Publishing House

Address: Unit A1, 7/F, Cheuk Nang Plaza, 250 Hennessy Road, Wanchai, Hong Kong

Tel: 00852-28150191

Fax: 00852-25445670

Contents

Dynamic Load Test and Effect Analysis and Evaluation of Bridge Structure	
<i>Zhiwen HUI, Huizhong PU</i>	(167)
Road Traffic Volume Analysis and Forecast	
<i>Shuangshuang CAO</i>	(171)
Study on Properties of Red Mud with Coal Gangue Ce-mentitious Material	
<i>Yang LI</i>	(179)
Performance Comparison of Different Molding Methods of Sasobit Warm Mix Recycled Asphalt Mixture	
<i>Shengchao Liang</i>	(183)
Grey Theory in Forecasting of Expressway Traffic Accident	
<i>Qinglin GUO</i>	(189)
Fault Diagnosis and Modal Analysis of Deep Groove Ball Bearing	
<i>Hai WANG</i>	(193)
Influence of Engineering Construction on Road Traffic and its Improvement Measures	
<i>Bingyang CHEN^{1,2}, Fa WANG^{1,2}</i>	(197)
Distribution based on Two-lane Mountain Road Highway Driving Test Visual Attention Point	
<i>Fa WANG</i>	(201)
Study on Damage Detection and Cause of Cement Con-crete Pavement	
<i>Fa WANG^{1,2}, Bingyang CHEN^{1,2}, Jun HUANG¹, Hailin ZHANG</i>	(205)
The Mix Design Method of Cold Recycling Technology	
<i>Chaosheng WU</i>	(209)
Greening Landscape Design of Mountainous Freeway based on its Characteristics	
<i>Jianguang YE</i>	(213)
The Research Status of High Performance Concrete	
<i>Muxiu LU</i>	(218)
Lime Soil Compaction Pile To Treat Collapsible Loess Subgrade	
<i>Ming Ji</i>	(221)
Analysis of Mean Aerodynamic Force Coefficient based on the Dynamic Characteristics of Large Span Arch Bridge and the Force	
<i>Mingliang ZHANG</i>	(224)
Application of Asphalt Concrete Pavement on Geother-mal Recycling Technology	
<i>Yujie KANG</i>	(229)
The Initial Equilibrium State of Suspension Cable based on Matlab Software	
<i>Xin Liu¹, Wei Zhang</i>	(233)
Road Modeling Design Based On Civil 3D	
<i>Xin LIU</i>	(237)
Analysis on Spatial Stress of the Segment No.0 of Conti-nuous Girder Bridge Under the Load Combination	
<i>Linmeng PANG</i>	(241)
Project Management in Construction Project Life Style	
<i>Feng WANG</i>	(245)

Research on velocity distribution of River Channel with Nearshore Back-flow Zone

Xingwen Chen.....(251)

Dynamic Load Test and Effect Analysis and Evaluation of Bridge Structure

Zhiwen HU¹, Huizhong PU²

¹School of Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, CHINA

²Transport Bureau of Keqiao District, Shaoxing, 312030, CHINA

Abstract: Based on a bridge dynamic loading tests were carried out, and the theoretical analysis results and the test results are analyzed and compared, verify the bridge structure dynamic characteristics and is normal or not responding, on the main bridge of the bridge structure of the carrying capacity and operating conditions were analyzed and evaluated, judge whether or not to meet the requirements of the safety of the bridge.

Keywords: Dynamic load test; Dynamic characteristics; Dynamic response; Carrying capacity

桥梁结构动载试验及效果分析评价

胡志文¹, 蒲会中²

¹重庆交通大学土木工程学院, 重庆, 中国, 400074

²绍兴市柯桥区交通运输局, 绍兴, 中国, 312030

摘要: 本文通过对某大桥主桥进行动载试验, 对理论分析结果与试验结果进行分析对比, 验证桥梁结构动力特性及动力响应是否正常, 对桥梁主桥结构的承载能力及运营状态进行分析评价, 判断桥梁的安全性是否满足要求。

关键词: 动载试验; 动力特性; 动力响应; 承载能力

1 引言

桥梁结构的动力冲击系数、阻尼比、振型、固有频率等参数是判断桥梁使用性能和结构整体刚度的重要参量。为获取这些桥梁评价参数, 通过利用激振方法引起桥梁结构的振动, 利用某些特殊传感器和计算机装置捕捉多种参数数据的试验方法就是桥梁结构的动载试验。桥梁结构的固有频率、阻尼系数和振动波形等都是桥梁结构的动力特性表征值, 这些表征值与桥梁所受荷载等外部条件无关, 只与桥梁结构本身的结构组成形式、刚度、质量分布、支撑形式和材料特性等有关。桥梁结构在使用过程中受到动荷载作用, 桥梁结构各部分的动力响应如应力、位移、振幅、加速度、频率等, 不仅能够反映出桥梁结构在动荷载作用下的动力状态, 还能普遍反映出桥梁使用者在使用过程中的生理、心里状态和安全舒适度。桥梁动载试验所获得的实测信号数据, 是对桥梁结构自身振动规律的普遍反映和桥梁结构动力特性的客观评价。

2 工程概况

该试验所依托的桥型为单跨 764m 悬索桥, 主梁

采用钢箱梁, 索塔形式为门型框架形式, 基础形式为钻孔灌注群桩基础; 上游引桥为 4×30m 预应力混凝土 T 梁+3×90m 预应力混凝土 T 形刚构; 下游引桥为 17×30m 预应力混凝土 T 梁。按照双向四车道高速公路标准设计, 设计时速 80km/h, 设计荷载为公路-I 级荷载: 2.5kN/m²。主桥: 全宽 27.5m, 其中行车道宽: 2×2×3.75m; 中央分隔带宽: 2.0m; 左侧路缘带宽: 2×0.5m; 紧急停车带: 2×2.50m; 防撞护栏、灯柱: 2×0.75m; 检修道: 2×1.5m。

青草背长江大桥为主跨 788m 单跨双铰筒支钢箱梁悬索桥, 在设计成桥状态下, 中跨理论垂度为 78.8m, 垂跨比为 1:10。主缆中心距 28.70m。吊索间距 16.0m (近塔吊索距塔中心线 18.0m)。通航标准为 I-(2)级, 其通航净高 18.0m, 通航净宽为双向通航净宽 382m, 最高通航水位: 183.44m。

3 试验内容

该项目试验含两项内容, 即脉动试验和跑车试验。

(1) 脉动试验

在桥面上没有车辆通过以及其他周期性干扰力的

情况下，桥址处风荷载、地脉动、水流等随机荷载激励会引起桥跨结构的微小振动响应，利用高灵敏度动力测试装置测定结构的动力特征（自振频率、阻尼比、振型等）。

(2) 跑车试验

试验时在不干扰的情况下，采用 4 辆重 300kN 的试验车并排横向对称布置，分别以 20km/h、30km/h、40km/h、50km/h 的速度通过主桥结构，由于车辆荷载会对桥面产生一定的冲击力，从而使桥梁结构产生强迫性振动，车辆荷载通过桥面后桥梁结构会产生振动衰减效应。通过动力测试装置，测定桥跨结构主要控制截面测点的动应变时域历程曲线、功率图谱，从而得到桥梁主要控制截面测点在不同车速下的最大动应变及冲击效应。

4 试验方法

根据主桥总体状况和设计等资料，选取桥面多个重要位置布设传感器，利用屏蔽导线输入信号采集系统采集和存储速度、动应变等信号，利用计算机系统对采集和存储的重要信号进行计算分析，从而得到桥梁主梁结构的振动、振型、阻尼比、动应变和冲击系数等的参数测量值。动态测试系统框图如图 1 所示。

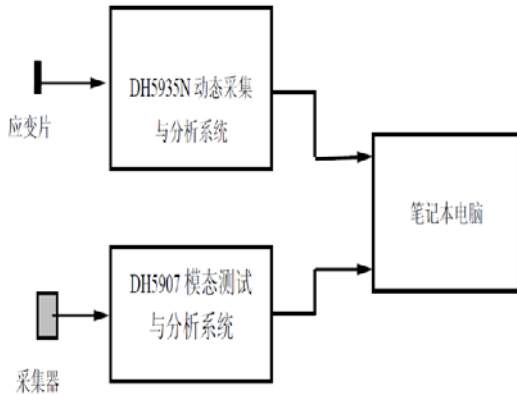


图 1. 动态测试系统框图

5 测点布置

动载试验测点布置表如表 1 所示。

表 1. 动载试验测点布置表

项目	测试位置	测点
动应变	主跨 S3 截面	H1~H6
脉动信号	桥面	1#~21#

6 动载试验结果

6.1 脉动试验结果

通过实施主桥脉动试验，得到的试验测试结果包括主桥基频、振型以及阻尼比，测试结果如表 2 所示：

表 2. 主桥结构动力特性参数测试结果

振型描述	实测频率(Hz)	计算频率(Hz)	实测频率与计算频率比值	阻尼比 (%)
竖弯一阶	0.191	0.151	1.24	2.72

其实测振型如图 2 所示：

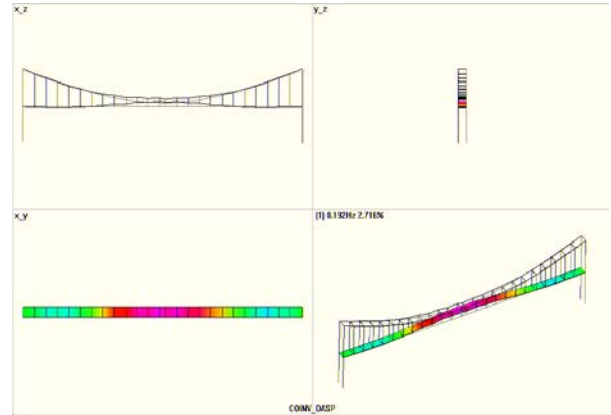


图 2. 竖弯一阶实测振型图

频谱分析图形如图 3 所示：

6.2 跑车试验结果

该跑车试验采用 4 辆重车匀速通过主桥桥梁，车速分别采用 20km/h、30km/h、40km/h、50km/h，共分为 4 个工况。动应变测试结果如下表 3 所示。

由动应变时间历程曲线，通过分析计算可得到桥梁结构的应变（应力）增大系数，计算公式为：

应变增大系数：

$$K = \frac{\epsilon_{d \max}}{\epsilon_{j \max}} = \frac{\epsilon_{d \max}}{(\epsilon_{d \max} - \epsilon_p)}$$

式中：

$\epsilon_{d \max}$ —最大动应变；

$\epsilon_{j \max}$ —最大静应变；

ϵ_p —动应变信号半峰值。

一般认为，试验工况下跑车试验与实际车辆行驶路线有所差别，因此各个测试点的应变（应力）分布规律与实际情况会不可避免的出现误差，为了使分析结果更加准确，我们采取静应变分量直接在动态时程

信号中取值的方法，用消除动态分量后的最大值作为静应变分量值来计算 K 值。K 值较客观的反映出动荷

载对主梁的冲击效应。应变增大系数检测结果如表 4 所示。

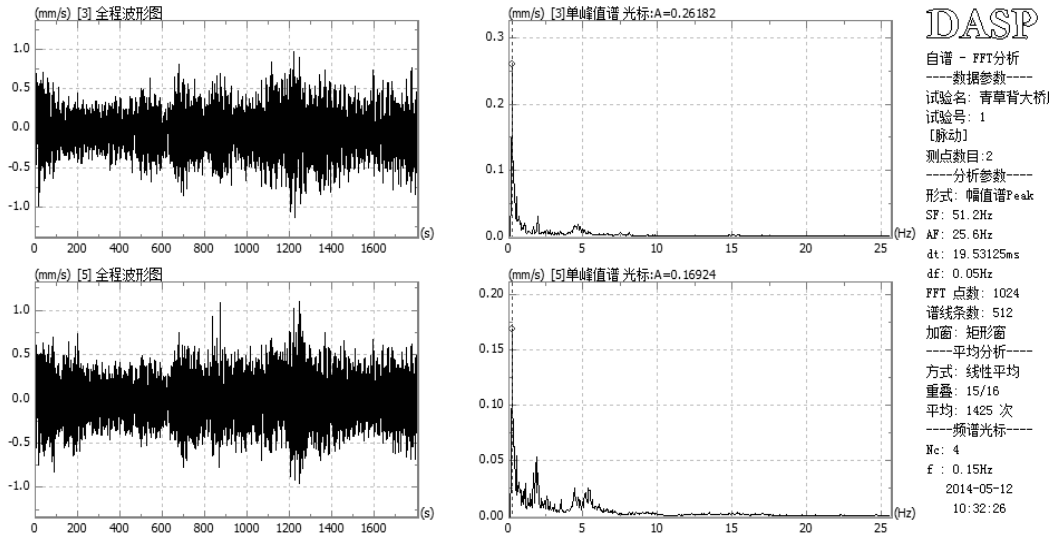


图 3. 结构频谱分析图形

表 3. 动力响应检测结果

工况	20km/h 工况 跑车动应变(με)	30km/h 工况 跑车动应变(με)	40km/h 工况 跑车动应变(με)	50km/h 工况 跑车动应变(με)
测点 1	68.47	67.37	62.61	66.31
测点 2	64.63	69.56	72.49	71.06
测点 3	68.72	71.18	74.11	74.78
测点 4	67.82	84.77	71.03	73.35
测点 5	76.75	79.09	92.94	113.22
测点 6	58.94	58.83	58.66	61.61

表 4. 应变增大系数检测结果

应变增大系数	20km/h 跑车工况	30km/h 跑车工况	40km/h 跑车工况	50km/h 跑车工况
K1	1.02	1.02	1.03	1.02
K2	1.02	1.02	1.01	1.01
K3	1.02	1.02	1.01	1.02
K4	1.02	1.01	1.02	1.02
K5	1.03	1.03	1.02	1.04
K6	1.02	1.01	1.02	1.01
平均 K	1.02	1.02	1.02	1.02
理论 K	1.05	1.05	1.05	1.05

7. 动载试验结果分析及结论

通过脉动试验结果分析可知，桥梁实测竖弯基频为 0.191Hz，比理论计算频率值 0.151 大，两者之间的比值为 1.24，阻尼比为 2.72%。主梁无较大裂缝和其他问题，主桥动力特性正常。各跑车试验工况下，测试截面实测动应变值正常，测试截面实测应变增大系数正常。主桥动力响应正常。

根据以上试验数据分析结果可得出以下结论：大桥主桥整体刚度大，行车性良好，承载能力符合设计活载标准的要求。

References (参考文献)

[1] 任伟新. 环境振动系统识别方法的比较分析[J]. 福州大学学报 (自然科学版), 2001, 29(6): 80-86.
 [2] 应怀樵. 波形和频谱分析与随机数据处理[M]. 北京: 铁道出版

-
- 社, 1983.
- [3] 刘自明.桥梁工程检测手册[M].北京:人民交通出版社, 2002.
- [4] 宋一凡.公路桥梁荷载试验及结构稳定[M].北京:人民交通出版社, 2002.
- [5] 宋一凡.公路桥梁动力学[M].北京:人民交通出版社, 2000.
- [6] 宁 京.桥梁动力学特性测试方法研究[D].西安:长安大学, 2005.
- [7] 李星新.既有桥梁结构承载力与剩余寿命研究[R].大桥局桥科院科研报告, 2006.
- [8] 苏超云,李德建.湘江北大桥动载实验结构状况研究[J].科技视野. 2008(11): 55.