

文章编号:1006-7329(2003)03-0041-04

提篮拱桥吊索动内力的测试与分析*

钟轶峰¹, 殷学纲², 邓朝荣¹

(1.重庆大学 土木工程学院, 重庆 400045; 2.重庆大学 资环学院, 重庆 400044)

摘要:中承式钢管混凝土提篮拱桥是一种有效的桥梁形式,对四川内江新龙坳提篮拱桥吊索在匀速行驶过桥时和在测点附近紧急刹车两种最通常的动态车辆激励下的长/短吊索的动应变响应进行了测试。比较了长索与短索动应变(动内力)之差别,并对吊索的冲击系数和动态增量进行计算。这些测试与分析,对桥梁进行维修与加固有重要的参考价值。

关键词:钢管混凝土; 提篮拱桥; 动内力; 车辆激励; 动态增量

中图分类号:U441+.3

文献标识码:A

Test and Analysis of Suspension Cable's Internal Force of a Basket Handle Type Arch Bridge

ZHONG Yi-feng¹, YIN Xue-gang², DENG Chao-rong¹

(1. College of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P.R. China; 2. College of Resource and Environment, Chongqing University, Chongqing 400044, P.R. China)

Abstract: The steel pipe concrete arch bridge of basket handle type is a new bridge type. According to the test and analysis of act-strain response of the long/short suspension cable in Xinglongqiao arch bridge under two typical dynamic vehicle bestirs, the difference between the long and short cable's act-strain was determined. Furthermore, the cable's shock factor and dynamic increment were calculated. According to these tests and analysis, some important references for maintaining and reinforcing the bridge are obtained.

Keywords: steel pipe concrete; basket handle type arch bridge; act-strain response; vehicle bestir; dynamic increment

拱式桥梁在我国公路建设中,曾有过突出的贡献,在四川省境内近80%的桥梁是拱桥体系。然而随着吊桥、斜拉桥等大跨、轻型桥梁体系的逐渐壮大和发展,拱桥体系由于结构陈旧、单调、明显失去了竞争力,跨越能力也不能适应需要,因此,需要对拱桥结构形成进行新的研究和探索,让拱桥重新崛起,与现代P.C体系相竞争。

成渝高速公路内江提篮拱桥就是其中的一种新型的组合拱型结构。所谓提篮拱,就是将通常的(中)下承式平等肋拱的拱肋向桥轴线方向倾斜,甚至在拱顶处合拢,形成空间的拱式结构以改进其静力图式。

成渝高速公路已通车近十年,路桥都难免有一定程度的损伤积累。特别是其中的桥梁很有必要进行检测。受成渝高速公路集团公司委托,我们(重庆大学资环学院工程力学系与土木工程学院)联合四川大学对成渝高速公路上的内江提篮拱桥在运动车辆激励下的长/短吊索的动应变响应进行了测试,以比较在两种最通常的动态激励下,长索与短索动应变(动内力)之差别。这些测试与分析,是对桥梁进行损伤检测与评估的重要组成部分,由此可得到桥梁维修与加固的可靠的科学依据。

* 收稿日期:2003-02-28

作者简介:钟轶峰(1975-),男,重庆市人,博士生,主要从事桥梁与隧道工程研究。

1 测试工况与测试目的

1.1 测试工况

- 1) $v = 30 \text{ km/h}$, 重 20 t 的载重车, 匀速行驶过桥时, 测量长短索的动应变并记录;
- 2) $v = 30 \text{ km/h}$, 重 20 t 的载重车, 驶上桥面时, 在测点附近紧急刹车, 测量长短索的动应变并记录。

1.2 测试目的

比较在以上两种最通常的动态激励下, 长索与短索动应变(动内力)之差别。对桥梁进行损伤检测与评估, 得到桥梁维修与加固的科学可靠的依据。

2 测试原理与测试系统

当载荷车辆在桥上行驶时, 吊索的张力随行车的位置发生变化, 安装在吊索上的附加式变形传感器检测出吊索的变形过程, 从而根据应变的变化推算出内力的变化。为比较长、短索的动内力的差异, 每次测试以一根长吊索和一根短吊索为一组, 测试系统组成如图 1。

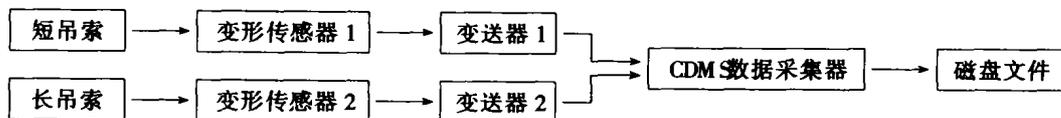


图 1 测试系统组成图

以成渝路由成都至重庆方向分左侧吊索、右侧吊索; 每侧吊索按上端点顺序编号为: $D1 \rightarrow D1'$ 。如图 2 所示。

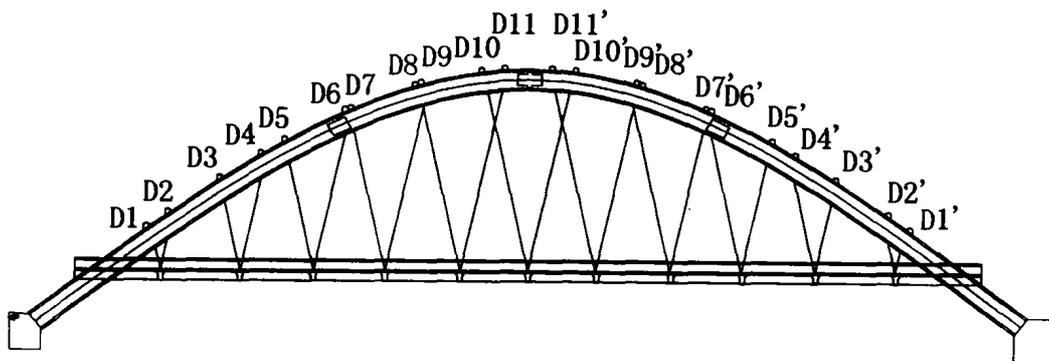


图 2 吊索编号示意图

3 实测记录与吊索动内力

3.1 实测记录

每次测一长一短吊索组的动态应变, 共 8 组(如表 1)。

表 1 动态应变测试文件编号

组编号	1	2	3	4
测量位置	左 D1 - 左 D10	左 D2 - 左 D10'	左 D1' - 左 D10'	左 D2' - 左 D10
文件名	YLZ1YX1	YLZ2YX1	YLZ3YX1	YLZ4YS1
组编号	5	6	7	8
测量位置	右 D1 - 右 D10	右 D2 - 右 D10'	右 D1' - 右 D10'	右 D2' - 右 D10
文件名	ZLZ1YS3	ZLZ2YS1	ZLZ3YS1	ZLZ4YS1

对于第一种工况——重量约为 20 t 的载重车,以 $v = 30 \text{ km/h}$ 的速度驶过桥,多次测试信号质量,一致性都较好;而第二种工况,由于载重车刹车时比较缓慢,由刹车产生的冲击效果不明显。但本次所测试的内江桥由于东流量已远超过设计时的设计流量,以及桥面年久失修,桥面平整度不符合规范要求。根据测到的振动信号分析,当桥面不平整时,动态增量增大 4~5 倍,桥面的平整与否对动态增量的影响极大,即桥面不平整度对车辆的冲击作用十分敏感(图 3)。

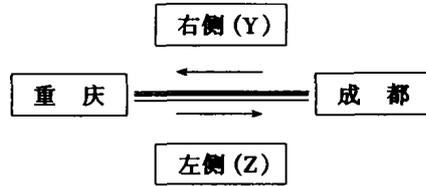


图 3 第一种工况载重车的行车走向图 (图中箭头表示行车走向)

测试的典型左 D2' - 左 D10 动内力记录(经单位转换)如图 4 所示。

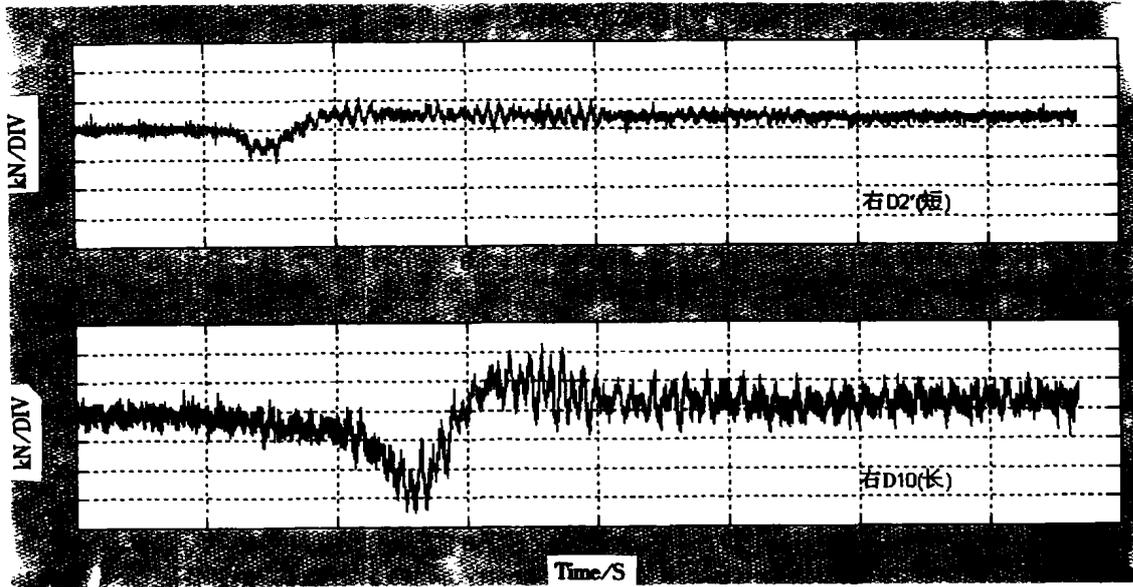


图 4 左 D2' - 左 D10 动力响应历程

8 组吊索的动内力峰值列于表 2 中。

3.2 吊索的冲击系数

3.2.1 定义

我们仿车辆过桥时 ϵ_{dy} , 表征其动力效应的“冲击系数”的定义, 定义了车辆载荷匀速过桥时吊索的“冲击系数”(见图 5), 用以表征吊索的动力效应。从记录的应变(内力)曲线来看, 吊索的动态应变(实线所示部分)可看成是车载静力作用(虚线所示部分)之应变曲线(随车在桥上之位置而变化)叠加上频率较高的振动应变部分。

定义“冲击系数”为: $\varnothing = \epsilon_{dy} / \epsilon_{st}$ 。其中: ϵ_{dy} 是车辆通过桥时所产生的吊索的应变(应力)峰值; ϵ_{st} 是同一辆车作移动静力作用时, 在此吊索中产生的应变(应力)峰值。

3.2.2 根据记录曲线可得所测的 8 组长/短吊索的冲击系数列表如表 3。

表 2 吊索动内力峰值一览表

文件名	测量位置	应变峰值 $\mu\epsilon$	动内力峰值(kN)
YLZ1YX1	右 D1(短)	72	35
	右 D10(长)	82	40
YLZ2YX1	右 D2(短)	82	40
	右 D10'(长)	153	75
YLZ3YX1	右 D1'(短)	153	75
	右 D10'(长)	123	60
YLZ4YS1	右 D2'(短)	31	15
	右 D10(长)	123	60
ZLZ1YS3	左 D1(短)	127	62
	左 D10(长)	112	55
ZLZ2YS1	左 D2(短)	93	46
	左 D10'(长)	93	46
ZLZ3YS1	左 D1'(短)	64	31
	左 D10'(长)	92	45
ZLZ4YS1	左 D2'(短)	82	40
	左 D10(长)	84	41

注: ①内力计算公式: $F = \mu\epsilon \times 121 \times \pi \times R^2$, $R = 2.5 \text{ mm}$; ②内力值取 kN 整数。

表 3 长/短吊索的冲击系数

测量位置	冲击系数	测量位置	冲击系数	测量位置	冲击系数	测量位置	冲击系数
左 D1(短)	1.486	左 D10(长)	1.488	左 D2(短)	1.488	左 D10'(长)	1.490
左 D1'(短)	1.490	左 D10'(长)	1.488	左 D2'(短)	1.488	左 D10(长)	1.484
右 D1(短)	1.488	右 D10(长)	1.491	右 D2(短)	1.95	右 D10'(长)	1.495
右 D1'(短)	1.484	右 D10'(长)	1.489	右 D2'(短)	1.488	右 D10(长)	1.488
短索冲击系数均值	1.488	长索冲击系数均值	1.489				

从长、短吊索冲击系数的均值来看,二者的动力效应相差不大,但无论长索与短索,车辆载荷的动态效应约增大了 1/2 的静力作用。

3.3 吊索应变(内力)的动态增量

动态增量是某特定的车辆(一辆或几辆)移动荷载作用下,桥梁动态响应幅值的量值,即最大动应变与最大静应变之比。我们通过试验的方法测出某特定车辆的动态增量就可如实了解吊索在移动车辆荷载作用下的动态响应。

由本次试验和研究表明,动态增量受桥面平整度影响最大,与桥梁固有频率、结构阻尼、车行速度以及车辆数都有关系。内江新龙拗桥从成都到重庆方向有 1.8% 的纵坡,且由于桥面年久失修,有些地方达不到平整度要求,长、短吊索在车载通过桥时动态增量接近 50%,比李国豪等对 226 座各类公路桥梁所进行的车辆荷载过桥面的动态增量的均值 26% 要大得多,比我国所规定的钢筋混凝土拱桥(跨度 $L \geq 70$ m)的桥跨中点挠度之零动态增量,则更大得多了。故应对此类桥型吊索应变的动态增量采取措施加以限制,避免吊索的动态响应过大。

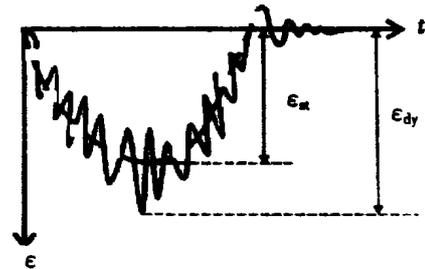


图 5 吊索“冲击系数”示意图

4 结论

1) 从这一次的测试结果来看,这一座桥在目前的情况下,对于车辆移动荷载的动内力响应,长短吊索二者的动力效应相差不大,并不存在规律的、稳定的、明显的差异。

2) 桥梁固有频率、结构阻尼、车行速度以及车辆数对动态增量都有影响,尤其是桥面的平整与否对动态增量的影响极大,即桥面不平整度对车辆的冲击作用十分敏感,当桥面不平整时,动态增量增大 4~5 倍。而动态增量太大对桥梁的承载能力有较大的影响,应采取相应的措施,如增大吊杆截面面积,在吊杆与桥面系锚固处加设减振器等,避免桥梁的动态增量过大。

参考文献:

- [1] 内江提篮拱桥吊索静张力与动应力测试报告[R]. 成渝高速公路有限公司, 2002.
- [2] 汤国栋. 拱式桥梁的新进展 - 成渝公路内江新龙拗提篮拱桥建成[J]. 成都科技大学学报, 1996, (4): 32 - 35.
- [3] 汤国栋. 集束钢管混凝土提篮拱桥[A]. 四川大学工程研究设计院论文集[C]. 成都: 四川大学出版社, 1996.
- [4] 李国豪. 桥梁结构稳定与振动[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1992.
- [5] 钟新谷. 吊杆刚度对系杆拱桥极限承载力的影响分析[J]. 湘潭矿业学院学报, 1994, (4): 15 - 19.