

# A Study on Load Test of Manned Skybridge in Aqueduct

Baobing Wang<sup>1</sup> Yu Duan<sup>2</sup>

1. Yunnan Tongcheng Engineering Testing Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

2. Zhaotong Management Office, Yunnan Communications Investment & Construction Group Co., Ltd., Zhaotong, Yunnan, 657000, China

## Abstract

In order to check whether the design parameters and quality of the prestressed concrete continuous box girder meet the requirements, the paper carried out a load test on the prestressed continuous box girder of a bridge, and tested its working performance under the load as a dual function of aqueduct and pedestrian traffic. In the process of the test, the method of concrete test block loading is used to test the stress, deflection, fundamental frequency and array of the continuous box girder, and compared with the theoretical value, the quality of the prestressed continuous box girder is evaluated according to the design regulations of highway reinforced concrete. The evaluation method of the paper can provide useful reference for similar projects.

## Keywords

aqueduct; footbridge; load test capacity assessment

# 渡槽人行天桥荷载试验研究

王保兵<sup>1</sup> 段宇<sup>2</sup>

1. 云南通衢工程检测有限公司, 中国·云南昆明 650000

2. 云南省交通投资建设集团有限公司昭通管理处, 中国·云南昭通 657000

## 摘要

为检验预应力混凝土连续箱梁的设计参数和质量是否满足要求, 论文对某桥的预应力连续箱梁进行了荷载试验, 测试连续箱梁在作为渡槽及人行通行双重功能的荷载作用下其工作性能。试验的过程中运用了混凝土试块加载的方法, 检验了连续箱梁的应力、挠度、基频和阵型, 并和理论值相比较和研究, 根据公路钢筋混凝土的设计规定, 对该预应力连续箱梁做出质量评估。论文的评估方法可为同类型项目提供有益的参考。

## 关键词

渡槽; 人行天桥; 荷载试验承载能力评定

## 1 引言

随着近年来公路桥梁的快速发展, 对周边人文环境或多或少会产生影响。例如周边行人的通行、原有河流的流淌路径等。为解决此类问题。某桥采用渡槽人行天桥形式设计<sup>[1,4]</sup>, 既桥面行人通行、箱内河水流通。然而由于现浇工艺的参差不齐, 荷载作用与传统桥梁有所差别, 为检验其设计参数和质量是否满足要求。荷载试验是桥梁建成后承载能力评估的可靠方法。

## 2 工程概况

该桥跨径布置为 4.6+20+2×17.675+11+3=73.95m, 桥梁全长 73.95m 两侧设置两个梯道。上部结构为现浇预应力

钢筋混凝土连续箱梁, 桥墩均采用桩柱式墩, 梯台采用承台+桩基础。左右幅横断面布置为: 0.25m(栏杆)+2.7(人行道)+0.25m(栏杆), 主桥全宽 3.2m。

## 3 荷载试验目的

本次试验目的是对试验梁的实际承载能力进行评定, 以判断是否可正常投入使用。评定的方法是桥梁荷载试验<sup>[2]</sup>, 荷载试验分为静载试验和动载试验两部分。静载试验是通过对该桥梁进行试验加载, 测量在试验荷载作用下的结构反应(即变形和应变), 通过与按桥梁设计计算的结构反应的理

论值进行比较; 动载试验是通过检测桥梁结构固有振动特性(自振频率、振型和阻尼比), 与理论值进行比较。通过静动载试验结果来综合判断该桥在使用荷载作用下的工作状

态, 评定桥梁结构性能及实际承载能力<sup>[3]</sup>。

## 4 荷载试验内容及结果

本次采用 Midas civil 有限元软件进行理论计算分析。

(1) 静载试验: 桥梁的受力特点, 为检验最不利截面的受力状况, 便于测试和观测, 并使测试结果具有代表性, 本次试验选择跨中截面为试验截面。主要检验连续梁结构最不利截面的最大正弯矩、最大挠度。具体内容包以下四个部分:

①挠度测量②应变(应力)测量③支点沉降测量④裂缝监测。

(2) 动载试验: 测定小连续梁结构固有振动特性(自振频率、振型和阻尼比)。

### 4.1 静载试验

各工况的计算结果及重物布载如图 1~ 图 3 所示。

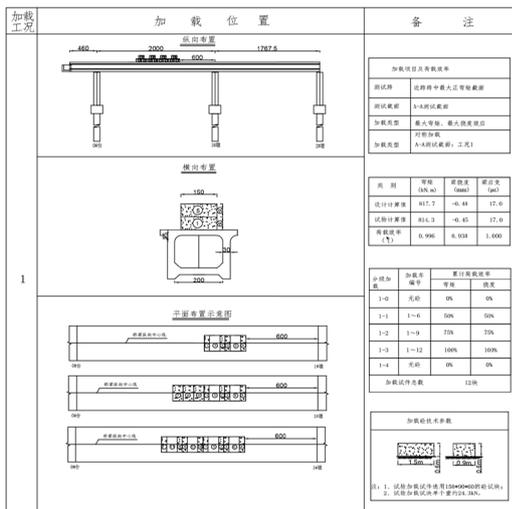


图 1 边跨最大正弯矩加载布置 (单位: cm)

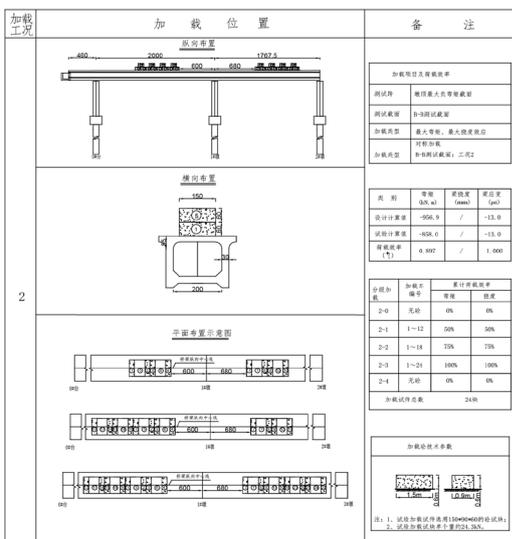


图 2 墩顶最大负弯矩加载布置 (单位: cm)

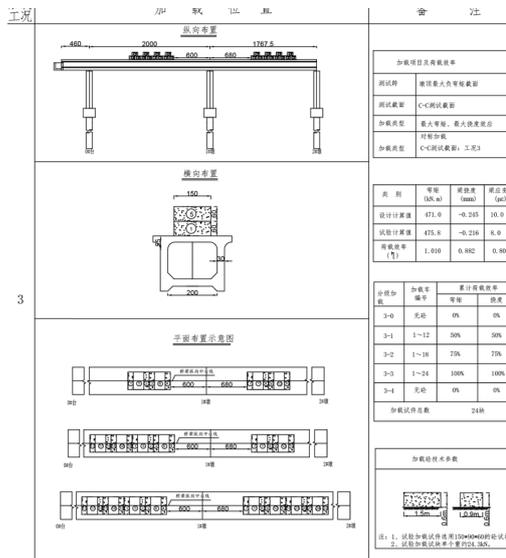


图 3 中跨最大正弯矩加载布置 (单位: cm)

各级荷载作用下该桥实测应变结果如表 1~3 所示。

表 1 边跨最大正弯矩测试结果 (单位:  $\mu\epsilon$ )

梁号	实测应变	残余应变	相对残余应变	弹性应变	计算值	校验系数
左腹板	-4.0	0.0	0.0	-4.0	-6.5	0.62
	2.2	0.0	0.0	2.2	3.8	0.58
底板	5.4	0.2	3.7	5.2	8.9	0.59
	5.6	0.1	1.8	5.5	8.9	0.62
右腹板	2.3	0.0	0.0	2.3	3.8	0.61
	-3.9	0.0	0.0	-3.9	-6.5	0.60

表 2 墩顶最负正弯矩测试结果 (单位:  $\mu\epsilon$ )

梁号	实测应变	残余应变	相对残余应变	弹性应变	计算值	校验系数
左腹板	5.1	0.0	0.0	5.1	8.3	0.62
	6.6	0.1	1.5	6.5	11.2	0.58
	6.8	0.2	2.9	6.6	11.2	0.59
上底板	6.5	0.1	1.5	6.4	11.2	0.57
	6.5	0.1	1.5	6.4	11.2	0.57
右腹板	5.3	0.2	3.8	5.1	8.3	0.62
左腹板	-1.5	0.0	0.0	-1.5	-2.4	0.63
	-4.1	0.0	0.0	-4.1	-6.8	0.60
	-4.3	0.0	0.0	-4.3	-6.8	0.63
下底板	-4.0	0.0	0.0	-4.0	-6.8	0.59
	-4.0	0.0	0.0	-4.0	-6.8	0.59
右腹板	-1.4	0.0	0.0	-1.4	-2.4	0.58

表 3 中跨最大正弯矩测试结果 (单位:  $\mu\epsilon$ )

梁号	实测应变	残余应变	相对残余应变	弹性应变	计算值	校验系数
左腹板	-2.4	-0.1	4.2	-2.3	-4.0	0.58
	1.6	0.1	6.3	1.5	2.3	0.64
底板	3.4	0.1	2.9	3.3	5.5	0.60
	3.6	0.1	2.8	3.5	5.5	0.64
	3.5	0.1	2.9	3.4	5.5	0.62
右腹板	1.5	0.0	0.0	1.5	2.3	0.64
	-2.3	0.0	0.0	-2.3	-4.0	0.58

由上表可知:

(1) 各加载工况作用下, 各测试截面应变分级加载数据表明梁体结构内力变化呈接近于线性变化, 表明结构内力变化与结构受力状态相符。

(2) 各测试截面在相应工况作用下, 各测点混凝土应变校验系数介于 0.58 ~ 0.64 之间, 应力状态正常, 说明各测试截面结构强度满足设计荷载等级要求。

(3) 卸载后, 各测点的相对残余应变介于 0.0% ~ 6.3% 之间, 满足小于 20% 的规定, 表明各测试截面混凝土应变恢复较好, 在试验加载过程中呈弹性工作状态。

各级荷载作用下该桥实测挠度结果如表 4~5 所示。

表 4 边跨最大正弯矩测试结果 (单位: mm)

测点	实测挠度	残余变位	相对残余变位	弹性挠度	计算值	校验系数
左	-0.25	-0.01	4.0	-0.24	-0.45	0.53
中	-0.25	0.00	0.0	-0.25	-0.45	0.56
右	-0.23	0.00	0.0	-0.23	-0.45	0.51

表 5 中跨最大正弯矩测试结果 (单位: mm)

测点	实测挠度	残余变位	相对残余变位	弹性挠度	计算值	校验系数
左	-0.13	0.00	0.0	-0.13	-0.21	0.62
中	-0.14	0.00	0.0	-0.14	-0.21	0.67
右	-0.13	0.00	0.0	-0.13	-0.21	0.62

由上表可知:

(1) 各加载工况作用下, 各测试截面挠度分级加载数据表明梁体结构变形变化基本呈接近于线性变化, 表明结构变形与结构受力状态相符;

(2) 各测试截面在相应工况满载作用下, 各主要测点的挠度实测值均小于计算值, 校验系数在 0.51 ~ 0.67 范围内, 结构变形正常, 表明各测试截面结构刚度满足要求;

(3) 卸载后, 各测点的相对残余变形在 0.0% ~ 4.0% 范围内, 满足小于 20% 的规定, 表明梁体变形恢复较好, 梁体在试验加载过程中呈弹性工作状态。

## 4.2 动载试验

试验测试断面选择在连续梁 4 等分布置测点, 测试小连续梁自振频率以及阻尼比。如图 4 所示。

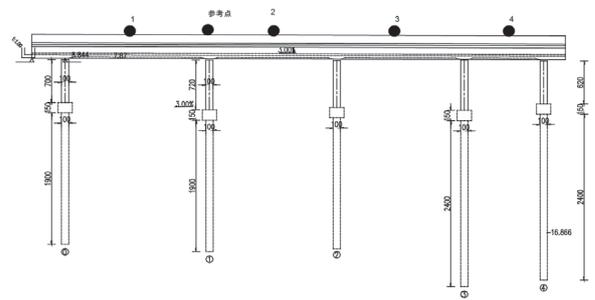


图 4 脉动试验测点布置

测试系统采用中国地震局工程力学研究所生产的低频响应较好, 灵敏度较高的拾震器、采集仪以及分析软件进行动态测试数据采集及后期分析处理。试验结果表 6、图 5~8 所示。

表 6 结构自振特性参数测试结果

阶数	振型描述	计算频率 (HZ)	实测频率 (HZ)	比值	实测阻尼比 (%)
1	1# 跨对称竖弯	13.548	14.099	1.041	5.247
2	3# 跨对称竖弯	17.538	18.791	1.071	0.621
3	主梁对称竖弯	22.843	23.794	1.042	1.484

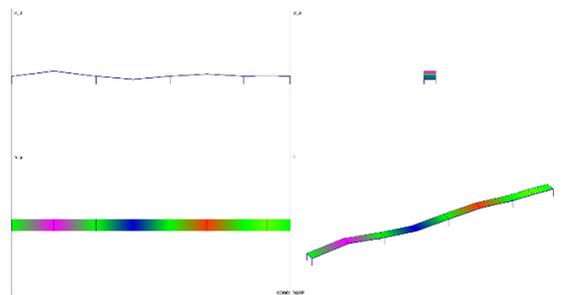


图 5 实测第 1 阶振型图

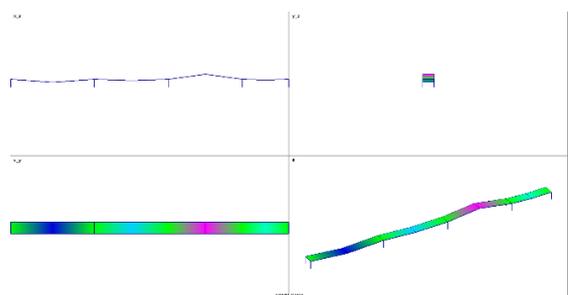


图 6 实测第 2 阶振型图

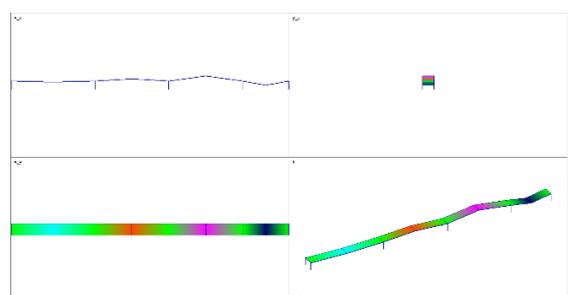


图 7 实测第 3 阶振型图

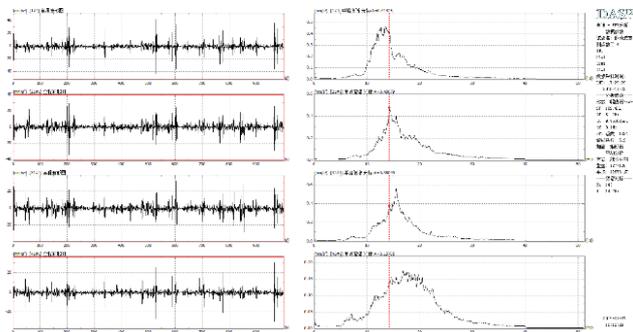


图8 实测频谱数据分析图

由上表及图可知: 自振频率实测值(基频)大于计算频率, 整体刚度满足要求。

### 4.3 外观观察结果

试验加载过程中, 试验梁体未有裂缝出现。

## 5 结论

(1) 试验前, 对试验跨结构混凝土进行了外观检查, 未发现可见裂缝。试验过程中及试验后, 测试截面以及附近区域, 未发现新增可见裂缝。

(2) 在试验荷载作用下, 各测试截面各级应变实测值与所施加的荷载量呈接近于线性变化, 表明结构内力变化与结构受力状态相符。满载时, 各主要测点应变实测值均小于计算值, 校验系数在 0.58 ~ 0.64 范围内, 应力状态正常; 卸载后, 各测点的相对残余应变在 0.0% ~ 6.3% 范围内, 均小于 20%, 在试验加载过程中呈弹性工作状态。测试截面结构强度

满足设计荷载等级要求。

(3) 在试验荷载作用下, 各测试截面各级挠度实测值与所施加的荷载量呈接近于线性变化, 表明结构挠度变化与结构受力状态相符。满载时, 各主要测点挠度实测值均小于计算值, 校验系数在 0.51 ~ 0.67 范围内, 变形状态正常; 卸载后, 各测点的相对残余变形在 0.0% ~ 4.0% 范围内, 均小于 20%, 在试验加载过程中呈弹性工作状态。测试截面结构刚度满足设计荷载等级要求。

(4) 自振频率实测值(基频)大于计算频率, 整体刚度满足要求。

(5) 综上所述, 试验梁强度、刚度满足设计要求, 可以投入使用。

## 6 结语

论文以渡槽、行人通行双重功能的荷载作用桥梁安全评估为背景, 介绍了从理论计算以及现场试验上, 对该既有桥梁通行进行安全评估的方法, 并给出了评估过程及结果。论文的评估方法可为同类型项目提供有益的参考。

### 参考文献

- [1] 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范.(JTG D62-2012).
- [2] 公路桥梁荷载试验规程.(JTG/T J21-01-2015).
- [3] 公路桥梁承载能力检测评定规程.(JTGT J21-2011).
- [4] 公路桥涵设计通用规范.(JTG D60-2004)