

旧板拱桥提载后承载能力评估

王正 陈彦羽 潘观赐 蒙圣松

广西交通工程检测有限公司 广西南宁 530011

摘要: 本文以某旧板拱桥为背景, 研究旧板拱桥在桥梁设计荷载等级的提高后能否满足现在设计规范的要求。通过对现有桥梁进行检测, 并作出承载能力评定, 最后应用荷载试验对结构实际承载能力进行验证。本文详细介绍了结构仿真分析、桥梁外观检测及特殊检测、荷载试验等相关方面的内容。

关键词: 有限元; 承载能力评定; 桥梁检测; 荷载试验

一、前言

1. 桥梁概况

该桥结构形式为1×30m空腹式拱桥, 采用浆砌混凝土预制块, 桥宽7.0m。桥面布置为0.2m(防撞护栏)+6.6m(行车道)+0.2m(防撞护栏)。下部结构采用重力式浆砌片石桥台。设计年代及设计车辆荷载: 不详。由于道路改扩建需要, 需要对沿线桥梁进行提载, 判断该桥是否符合设计荷载公路-II级设计需求。

2. 桥梁检测主要情况

该桥经过长时间的运营, 从桥梁外观检测状况看, 主体结构病害为拱肋底面渗水泛碱及少部分砂浆脱落, 主要原因为桥面排水不畅, 导致雨水从桥面渗入, 然后经拱上填料向下渗透至拱肋底面。

典型病害图见图2~3。



图1 桥梁立面照



图2 拱肋渗水泛碱图



图3 拱肋砂浆脱落图

同时, 对桥梁进行特殊检测, 具体包括桥梁结构尺寸调查、桥面线形测量、拱轴线测量、混凝土砌块强度检测、砂浆强度检测, 得到桥梁结构的总体刚度状况信息及材质状况信息。

3. 桥梁承载能力验算

(1) 结构有限元模拟

准确的仿真计算分析是进行结构内力计算的前提。本桥采用midas建立结构有限元模型进行受力分析。全桥采用杆系有限元模型建立, 共分为191个节点, 224个单元。

边界条件的模拟: 主拱拱肋采用无铰拱, 拱脚采用固端约束。腹拱拱肋靠近桥台侧采用固端约束, 腹拱与拱上立墙采用刚性连接连接, 拱上立墙与主拱肋采用刚性连接。

整体结构离散图见图4。

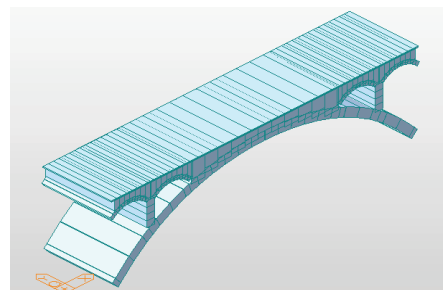


图4 主桥结构离散图

(2) 桥梁检算系数确定

综合桥梁外观检测, 特殊检测结果, 得到桥梁承载

能力检算系数、截面折减系数, 计算结果见表1~2。

表1 上构承载能力检算系数Z1计算表

序号	检测项目	评定标度 D_j	权重 α_j	承载能力检算系数评定标度 $D = \sum \alpha_j D_j$	检算系数 Z_1
1	缺损状况	2	0.4	1.4	1.13
2	材质强度	1	0.3		
3	自振频率	1	0.3		

表2 截面折减系数计算表

序号	检测项目	评定标度 R_j	权重 α_j	截面损伤评定标度 R	截面折减系数 ξ_c
1	材料风化	2	0.20	$R = \sum_{j=1}^N R_j \alpha_j = 1.80$	0.93
2	物理及化学损伤	2	0.80		

表4 主拱圈持久状况承载能力极限状态验算结果汇总

验算截面	内力性质	设计轴力 (kN)	设计弯矩 (kN·m)	偏心距 e_0 (m)	偏心距允许值 (m)	偏心距是否满足《圬工》规范	轴力抗力 (kN)	抗力/内力	抗力是否满足
拱脚	最大弯矩	-10463	1902	0.182	0.24	满足	-11600	1.11	满足
	最小弯矩	-10818	-887	0.082	0.24	满足	-16907	1.56	满足
L/8	最大弯矩	-8856	267	0.030	0.24	满足	-19664	2.22	满足
	最小弯矩	-9120	-661	0.072	0.24	满足	-17413	1.91	满足
L/4	最大弯矩	-7751	745	0.096	0.24	满足	-16154	2.08	满足
	最小弯矩	-8903	202	0.023	0.24	满足	-20060	2.25	满足
3L/8	最大弯矩	-7208	447	0.062	0.24	满足	-17971	2.49	满足
	最小弯矩	-8330	36	0.004	0.24	满足	-21039	2.53	满足
L/2	最大弯矩	-7052	262	0.037	0.24	满足	-19293	2.74	满足
	最小弯矩	-8122	-71	0.009	0.24	满足	-20798	2.56	满足

注: 1、《圬工》规范指《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61-2005)。2、轴力压为负拉为正。

表5 主拱圈挠度验算结果表

正负挠度最大绝对值之和 (mm)	允许值 (mm)	评价
1.844	L/1000=30	满足

由表4和表5可知, 拱肋承载能力满足验算荷载公路-II级的设计要求。

4. 桥梁荷载试验

根据理论计算的结果, 桥梁承载能力满足公路-II级的设计要求。因而采用荷载试验对结构受力状况进行实际验证。综合相关规范要求, 静载试验测试主拱拱肋及腹拱的受力状况。静载测试断面分布见图5, 模态测试测点分布于主跨8分点位置, 横向布置于右侧行车道靠近护栏位置, 试验工况及加载效率见表6。

(3) 结构计算考虑荷载

桥梁计算荷载取值见表3。

表3 结构计算荷载参数表

编号	荷载	取值
1	恒载	按《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015)相关材料参数取值。
2	汽车荷载	公路-II级。
3	汽车荷载冲击系数	按《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015)计算取值。
4	温度荷载	整体升温: 14.0℃, 整体降温: -20.0℃。

(4) 结构承载能力验算

对主拱圈进行偏心距和承载能力、刚度验算, 验算结果见表4~5。

表6 主桥静载荷载试验工况一览表

工况	控制截面	设计弯矩 (kN·m)	试验弯矩 (kN·m)	加载效率
工况1 (偏载)	A	-299	-303	1.01
工况2 (偏载)	A	269	275	1.02
	B	436	382	0.87
工况3 (偏载)	C	111	85	0.77

试验准备工作, 在相应的测试断面位置布置位移传感器和应变传感器, 测试在静载车辆荷载作用下, 结构的受力状况。布置模态测试振子, 测试结构总体的刚度状况。

根据试验结果分析, 主桥构件应变校验系数最大值为0.49, 试验跨挠度校验系数最大值0.52, 校验系数均

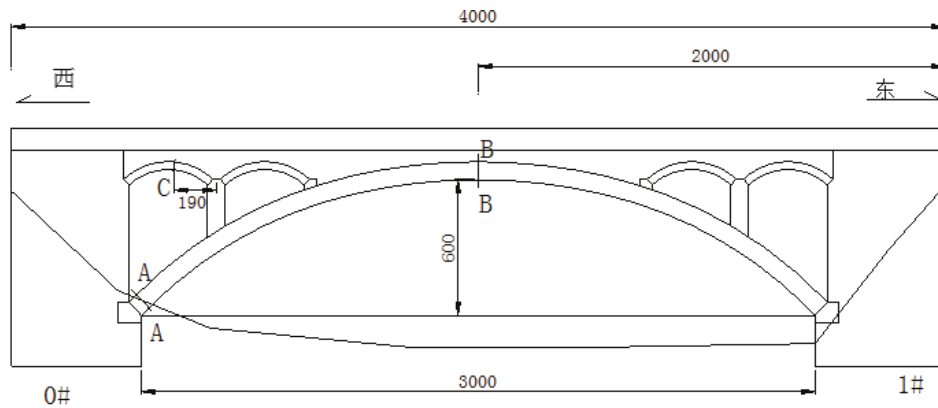


图5 控制断面及控制杆件示意图

小于1.0,表明结构强度刚度满足设计要求。应变和挠度相对残余均小于20%,结构处于弹性受力状态。桥梁实测振动频率大于理论值,表明结构刚度状况良好。

通过桥梁荷载试验,验证了结构受力状况符合计算的相关结果,结构安全可靠,满足公路-II级的设计要求。

五、结语

(1)早期修建的板拱桥具有良好的耐久性,有些桥梁外观状况依然较好,在桥梁提载过程中经过对旧有桥梁的承载能力评估,发现可以继续使用的桥梁,具有较好地经济效益和社会效益。

(2)对旧有板拱桥需经过严格的外观检测,特殊检测,测定桥梁当前的材质状况和技术状况,然后经过承载能力评估,最终使用荷载试验方法进行验证,完整的步骤保证了桥梁承载能力评估的科学性。

参考文献:

[1]中华人民共和国行业标准:《公路圪工桥涵设计

规范》(JTG D61-2005)(S).北京,人民交通出版社。

[2]中华人民共和国行业标准:公路桥涵设计通用规范(JTG D60-2015).(S).北京,人民交通出版社。

[3]中华人民共和国交通部标准:公路桥涵设计通用规范(JTJ 021-89).(S).北京,中华人民共和国交通部。

[4]《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/T 23-2011).(S).北京,人民交通出版社。

[5]中华人民共和国行业标准:公路桥涵养护规范(JTG H11-2004).(S).北京,人民交通出版社。

[6]中华人民共和国行业推荐性标准:公路桥梁荷载试验规程(JTG/T J21-2015)(S).北京,人民交通出版社股份有限公司。

[7]《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21-2011)(S).北京,人民交通出版社股份有限公司。

[8]宋小琼,赵娜.浅析在役石拱桥承载能力验算.江西建材,2016年第6期。