

混凝土梁桥承载力试验研究

高晓磊,张天申

(清华大学 结构工程检测中心,北京 100084)

摘要:从工程实例的角度进行了桥梁荷载试验设计和桥梁荷载试验数据分析的研究。本次桥梁荷载试验从T梁承载力性能、横向联系性能、桥面板局部承载力性能、盖梁承载力性能、桥台承载力性能等5方面对该桥的承载力状况和安全运营状况进行了检核和评估。试验结果表明:该桥的各项试验指标均处于正常的范围之内,桥梁现状可满足正常使用和安全运营的要求,但桥梁局部存在的损伤。本文试验的思路、方法可供类似桥梁的评估工作参考。

关键词:混凝土梁桥;T梁;承载力;桥梁荷载试验

中图分类号: TG333.17

文献标识码: A

A study on the bearing capacity test of one concrete beam bridge in Beijing

GAO Xiao-lei, ZHANG Tian-shen

(Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: For the study on the bearing capacity test of bridge, the paper presents the study of the bridge test design and data analysis joining the project example in Beijing. The bridge load experiment detects and evaluates the bearing capacity, transverse joint performance, the local deformation, coping and abutment bearing capacity. The results shows that the various test indexes of the bridge are normal, the bridge situation could meet the requirement of the normal usage and safety transport. But considering that the local of the bridge has damage, some advice is given to repair the damage. The idea and methods of this paper can be used on the similar projects.

Key words: concrete beam bridge; T beam; bearing capacity; bridge load test

桥梁作为线路的主要组成部分,是城市道路全线正常健康运营的关键。但是随着北京市机动车数量的持续增长和桥梁服役时间的增加,桥梁出现了不同程度的老化和病害,甚至严重破坏,严重影响了桥梁的承载能力和安全运营。如何对这些“带病”桥梁进行“体检”便成了如今工作的当务之急。桥梁荷载试验是一种较直观的桥梁承载力评定方法,且被广大工程技术人员普遍接受。就目前而言,桥梁荷载试验存在的主要问题是怎样更精细、更有效地利用荷载试验数据结果识别桥梁的损伤和实际承载力水平^[1]。针对上述问题,本文从工程实例的角度对桥梁荷载试验的设计和结果分析进行了综合研究,其结果可供类似桥梁的评估工作参考。

1 桥梁概况

某简支混凝土矮腹T梁桥,建成于1990年,全长为5孔式跨度布置: $17 + 3 \times 16 + 17 = 82$ m;下部结构采用钻孔灌注桩墩柱和土工织物轻型桥台,其横向布置如下图所示。设计荷载:汽-超20、挂-120。

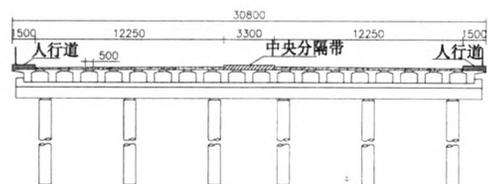


图1 桥梁横向布置图

Fig.1 The lateral arrangement plan of bridge

在结构定期检测中发现该桥存在的主要损伤为:桥台背局部区域下沉,挡墙外倾;T梁表面有大量U型裂缝、盖梁斜向和竖向裂缝。在发现上述问题之后,对该桥的盖梁和主梁按照设计图纸进行了核算,满足汽-超20、挂-120的要求。由于土工织物轻型桥台的相关参数不详,无法对桥台的工作状况进行核算。鉴于以上问题,并为了准确了解桥梁的实际承载力和工作状况,对该桥进行了荷载试验。

2 T梁的计算分析

根据设计图纸、桥梁实体结构和现场检测结果,加载跨(北侧第一跨)北侧为伸缩缝,可自由伸缩,故在建模的过程中将其简化为如下力学模型。



图2 T梁模型简化示意图
Fig.2 The schematic drawing of the simplified T beam model

根据设计规范^[2-3],采用 midas/CIVIL 软件,利用 Beam 和 Plate 单元建立该桥上部结构有限元模型:

荷载组合 I: 1.2 恒载 + 1.4 汽车荷载 + 0.8 人群荷载。

荷载组合 II: 1.2 恒载 + 0.7 汽车荷载 + 1.0 人群荷载。

荷载组合 III: 1.2 恒载 + 0.4 汽车荷载 + 0.4 人群荷载。

荷载组合 IV: 汽车荷载 + 人群荷载。

其计算结果如下:

表1 模型计算挠度

Tab.1 The deflection of model calculation

荷载组合	组合 I	组合 II	组合 III	组合 IV	控制挠度
最大挠度/mm	36.77	29.14	25.32	11.17	28.33
挠跨比	1/462	1/583	1/671	1/1 522	1/600

综合考虑以上数据及现场检测情况,该桥上部结构的承载力可以满足正常荷载的使用要求,但安全储备较经验值偏低。

3 桥梁承载力试验设计

试验方案的设计应考虑现场试验条件、设备、试验实施的可行性和安全性等多方面的综合因素。

3.1 试验指标设计

考虑到桥梁存在的问题以及后期的加固设计,本项目拟定试验目的为:桥台工作状况,T梁承载力性能,桥面板局部承载力性能,横向联系状况以及盖梁裂缝的开展情况。根据上述试验目的确定以下试验指标。

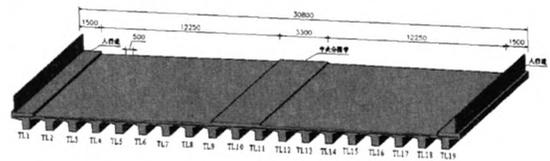


图3 桥梁上部结构三维示意图及主梁编号
Fig.3 The 3d schematic drawing of the bridge superstructure and serial number of girder

位移: TL5 和 TL15 支座位移, TL5 和 TL15 跨中截面、1/4 截面和 3/4 截面, TL1 ~ TL15 的奇数梁跨中截面位移, 湿浇带位移。

应变: TL5 和 TL15 跨中截面(上、中、下), 1/4 截面和 3/4 截面。

裂缝宽度: 盖梁受力裂缝。

3.2 荷载布置和加载工况设计

加载跨径的确定原则: 跨径大、桥面宽、截面小、荷载大、受力最不利、损伤严重。根据上述原则,此次加载跨为该桥北侧第一跨,该跨跨径 17 m,桥台沉陷,盖梁和 T 梁裂缝多且宽。

荷载布置方式的确定原则: 根据桥梁的影响线,按受力最不利位置布载。

4 试验结果分析

4.1 主梁承载力分析

在主梁受力最不利工况下,梁体的挠度和应变如下图所示。图 4、图 5 所示。

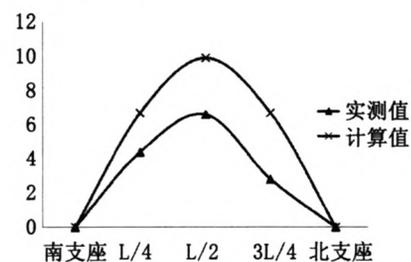


图4 TL15在最不利工况下的挠度对比图
Fig.4 The contrast diagram of TL15 deflection under the most unfavorable working condition

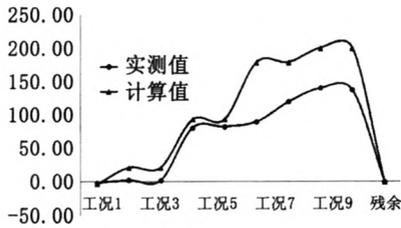


图5 TL15在各工况下的应力对比图

Fig.5 The contrast diagram of TL15 stress under the various working conditions

由计算值与实测值的对比结果可知:TL15 实荷加载试验的校验系数 η 值大致集中在 0.5 ~ 0.8 之间,大部分测点的实测值小于理论计算值,校验系数处在合理的变化区间,表明主梁的承载力可以满足原设计的要求。

4.2 横向联系分析

在满载和偏载工况下,各个梁体的挠度如图6、图7所示。

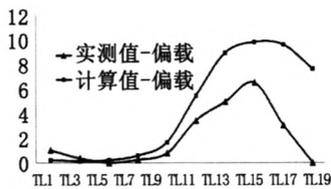


图6 在偏载工况下各个梁的挠度值

Fig.6 The girders deflection under offset load condition

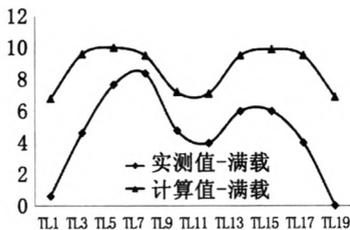


图7 在满载工况下各个梁的挠度值

Fig.7 The girders deflection under full condition

横向分布系数理论计算值与试验实测值的分布趋势是一致的,一方面说明了计算模型是与桥梁实际状况基本一致;另一方面说明了桥梁的实际横向联系工作状况较为良好。

从理论方面考虑:双营桥主梁为矮腹式 T 梁,具有较大的抗扭刚度,可以减小对横向联系的依赖,并大大降低横向联系的受力,对横向联系起到很好的保护作用。

4.3 桥台沉降分析

在各个工况下,TL5 和 TL15 位置处盖梁和北

侧桥台的位移如下图8、图9所示。

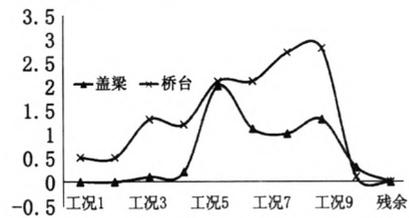


图8 TL5位置处盖梁和北侧桥台的位移

Fig.6 The TL5 displacement at coping and abutment

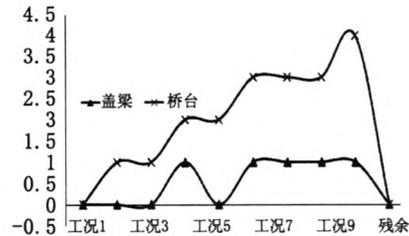


图9 TL15位置处盖梁和北侧桥台的位移

Fig.7 The TL15 displacement at coping and abutment

TL5 与 TL15 南北支座在试验荷载下均会产生一定量的变形与沉降值,根据变形与沉降值的总体变化趋势可以判断出北侧大于南侧、东侧大于西侧,但支座的变形与沉降均处在弹性变形的范围内。

结合现场检测损伤情况(东北角桥台沉降、外倾,并且东北角边梁现浇带渗水)分析,造成上述结果的原因有两点,一方面,双营桥桥台为土工织物轻型桥台,较南侧盖梁墩柱刚度偏小,另一方面,根据检测结果和荷载试验结果,北桥台东侧防水设施部分或已全部失效。

4.4 盖梁裂缝分析

本次加载试验的同时在盖梁负弯矩区域位置安装了裂缝监测仪,对裂缝宽度变化值进行为期 3 d 的监测,根据监测数据分析得出影响盖梁裂缝宽度的主要原因。

加载试验过程中盖梁裂缝:

采集时间:4月1日0时至4月1日3时。

采集频率:2次/小时。

变化范围:0~0.011 mm。

正常运营过程中盖梁裂缝:

采集时间:4月1日3时至4月3日15时。

采集频率:2次/小时。

变化范围:0~0.022 mm。盖梁裂缝变化情况

试验结果分析:

(下转第46页)

等于板厚时)的极限承载力提高了 1.17 倍,在刚度比 β 趋于无穷大的极限状态下,板的极限承载力可提高 1.69 倍。

参考文献:

- [1] R 派克, W L 根勃尔. 钢筋混凝土板[M]. 上海: 同济大学出版社, 1992.
 [2] 蒋琳. 钢筋混凝土空心板的薄膜效应研究[D]. 长沙: 中南大学, 2007.

- [3] 李围. ANSYS 土木工程应用实例[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.
 [4] 尚晓红, 邱峰. ANSYS 结构有限元高级分析方法与范例应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
 [5] 李永春. 钢筋混凝土矩形板薄膜效应的有限元分析[D]. 武汉: 华中科技大学, 2006.
 [6] R. 派克, W. L. 根勃尔. 钢筋混凝土板[M]. 上海: 同济大学出版社, 1992.

(责任编辑 刘存英)

(上接第 37 页)

混凝土在温度作用下的应变 $= \alpha_c * t$

当温度变化 1°C 产生的应变为 $10\mu\epsilon$; 在裂缝变化情况的测量过程中, 裂缝仪标距 100 mm。在裂缝仪的标距范围内每变化 1°C , 裂缝仪变化的长度为 0.001 mm。在 2012 年 4 月 1 日 0 时到 2012 年 4 月 4 日 0 时, 北京地区的最大温差为 20°C , 故裂缝的变化主要是由温度效应引起的。

4.5 桥面板局部承载力分析

结合双营桥大修计划, 为了验证桥面板的承载力性能, 荷载试验中对桥面板进行了轮压试验。轮压试验选择损伤较为严重的 T 梁间桥面板。

加载轮重: 60 kN。

加载位置: TL18、TL19 跨中桥面板。

加载位移: 3.0 mm。

根据《混凝土结构设计规范》GB50010 - 2010, 有特殊要求的受弯构件挠度限值为 $l/300$, 其中计算跨径 $l = 1\ 600 - 500 = 1\ 100\ \text{mm}$, 故其挠度限值为 $4.4\ \text{mm} > 3.0\ \text{mm}$ 。

5 结语

1) 桥梁荷载试验结果表明该桥的各项检测指

标均在正常的范围之内, 可以满足桥梁的正常运营和安全运营的要求。

2) 土工织物轻型桥台经过 20 多年的荷载作用, 已基本处于稳定状态, 但北桥台东侧防水设施部分或全部失效, 建议对该桥台进行防水和限水处理。

3) T 梁和盖梁裂缝较多, 建议对主梁裂缝采取封闭处理, 考虑到盖梁的裂缝宽且深的情况下, 建议对盖梁采用组合结构进行加固处理。

参考文献:

- [1] 周海俊, 吴永昌, 谭也平, 等. 桥梁荷载试验研究综述[J]. 中外公路, 2008, 28(4): 164 - 166.
 [2] JTG D60 - 2004, 公路桥涵设计通用规范[S].
 [3] JTG D62 - 2004, 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
 [4] JTG/T J21 - 2011, 公路桥梁承载能力检测评定规程[S].
 [5] JTG H11 - 2004, 公路桥涵养护规范[S].
 [6] JTG D60 - 2004, 公路桥涵设计通用规范[S].

(责任编辑 刘存英)