

竹埠港特大桥检测与加固技术分析

刘洋

(长沙理工大学, 湖南 长沙 410114)

摘要: 对潭邵(湘潭—邵阳)高速公路竹埠港湘江特大桥外观、结构材质和结构状态参数进行检测,计算桥梁结构承载力和上部结构自振频率,结果表明其外观及材质存在缺陷,承载力和上部结构自振频率均满足相关要求;同时针对桥梁外观存在的问题提出加固维修方法。

关键词: 桥梁;检测;加固维修;承载力;自振频率

中图分类号: U445.7

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)03-0148-03

由于大量桥梁建于 20 世纪 80 年代,设计荷载等级及相关材料强度等级偏低,整体强度特别是钢筋数量不能满足现阶段交通需求和规范要求,由此带来一系列安全问题。随着时间的增长和经济的发展,交通需求量日益增大,荷载量不断增加,桥梁常年在不安全情况下使用,产生了一系列病害,并进一步降低了桥梁承受荷载的能力和安全性。且在自然因素反复作用下,钢筋砼、伸缩缝、支座等逐渐产生锈蚀、破坏等现象,影响美观,甚至影响正常使用。为保障财产和人身安全,节省新建桥梁所需大量资金,对桥梁进行及时检测并对产生危害、不能满足运输要求和承载力强度要求的桥梁进行加固、维修,具有重要经济和社会意义。

1 桥梁概况

潭邵(湘潭—邵阳)高速公路竹埠港湘江特大桥为典型的预应力砼连续刚构桥,跨越湘江,共 28 孔,全长 1 178.8 m,桥面全宽 31.0 m;主桥为 54 m+3×98 m+54 m 连续刚构,两边桥孔分别为 6×42 和 8×42 m 预应力钢筋砼连续箱梁;下部结构为双柱式墩;桥面铺装为水泥砼路面;左右幅 28[#] 桥台设一道异型钢单缝式伸缩缝,0[#] 桥台和 6[#]、11[#]、19[#] 墩设模数式伸缩缝;人行道外侧设一道钢筋砼护栏。

2 桥梁检测

该桥检测内容和方法见表 1。

表 1 桥梁检测内容及方法

检测项目	检测内容	检测方法
外观检测	对桥梁上部结构、下部结构、桥面系各部件及构件进行外观缺陷、损伤检测	目测
结构材质检测	结构砼强度检测	回弹法
	钢筋锈蚀电位检测	半电池电位法
	碳化深度检测	碳化深度仪法
	钢筋保护层厚度检测	电磁法
结构状态参数检测	桥梁荷载等级和结构自振频率检测及计算	规范法

2.1 桥梁外观和材质检测分析

该桥箱梁裂缝较多,桥面系病害也较严重,如砼路面出现纵横斜向裂缝、接缝处浅层边角剥落、局部磨光脱皮露骨露筋等(见图 1、图 2),评定为三类桥。

砼和钢筋材料评定标度均为 1,砼实测强度及碳化深度满足设计要求,结构计算时设计强度值无需进行折减。保护层厚度偏小,对结构钢筋耐久性可能有轻度影响。



图 1 下游侧翼板破损

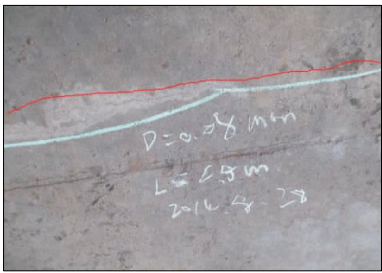


图 2 箱梁底板破损

2.2 桥梁结构自振频率检测评定

桥跨结构不仅受自重作用,还受到外界各种荷载因素的作用,桥跨结构所承担的激励是平缓的各模态向量历经各宽带无规律无计划的随机激励。结构动力响应的主谐向量会在其自身频率周边产生细小振动,可利用拾振器或放大器放大到所需大小,记录桥跨受各种荷载振动的时程曲线,得到桥梁各阶阻尼比、振型和自振频率。

该桥主桥实测频率 f_{mi} 为 1.82 Hz,理论频率 f_{di} 为 1.32 Hz, f_{mi}/f_{di} 为 1.38。根据 JTG/T J21—2011《公路桥梁承载能力评定规程》(见表 2),其评定标度为 1。

表 2 桥梁自振频率评定标度

f_{mi}/f_{di}		评定标度
上部结构	下部结构	
≥ 1.1	≥ 1.2	1
[1.00, 1.10)	[1.00, 1.20)	2
[0.90, 1.00)	[0.95, 1.00)	3
[0.75, 0.90)	[0.80, 0.95)	4
< 0.75	< 0.80	5

2.3 桥梁承载力验算分析

2.3.1 桥梁结构承载力验算

根据相关设计规范,依据检测结果对正常使用极限状态及结构荷载能力极限状态进行计算,评定桥梁承载能力。计算公式如下:

$$\gamma_0 S_{ud} \leq R(f_d, \xi_c \alpha_{kc}, \xi_s \alpha_{ks}) Z_1 (1 - \xi_e) \quad (1)$$

$$\gamma_0 S_{ud} = \gamma_0 \left(\sum_{i=1}^m S_{Gid} + \xi_q S_{Q1d} + \psi_c \sum_{j=2}^n S_{Qjd} \right) \quad (2)$$

式中: γ_0 为结构的重要性系数,按 JTG D60—2004《公路桥涵设计通用规范》的规定取值; S_{ud} 为承载能力极限状态下作用基本组合的效应组合设计值; $R(\Delta)$ 为构件的承载力函数; f_d 为材料强度设计值; ξ_c 为配筋砼结构的截面折减系数; α_{kc} 为构件砼几何参数值; ξ_s 为钢筋的截面折减系数; α_{ks} 为构件

钢筋几何参数值; Z_1 为承载力验算系数; ξ_e 为承载力恶化系数; S_{Gid} 为第 i 个永久作用效应的设计值; ξ_q 为活载修正系数; S_{Q1d} 为汽车荷载效应的设计值; ψ_c 为在作用效应组合中除汽车荷载效应外的其他可变作用效应的组合系数; S_{Qjd} 为在作用效应组合中除汽车荷载效应外的其他第 j 个可变作用效应的设计值。

2.3.2 空心板承载力验算参数确定

结合该桥实际情况,通过无损检测、结构外观缺陷检查,按相关规范进行技术状况评定,得出空心板承载力验算参数(见表 3)。

表 3 桥梁结构承载力验算参数取值

参数	取值
永久作用系数 γ_g	1.20
汽车荷载系数 γ_q	1.40
结构重要性系数 γ_0	1.00
配筋砼结构的截面折减系数 ξ_c	1.00
钢筋砼结构的截面折减系数 ξ_s	1.00
承载力恶化系数 ξ_e	0.035 2
承载力验算系数 Z_1	1.11
活载修正系数 ξ_q	1.00

2.3.3 桥梁承载力验算

采用 MIDAS/Civil2012 建立模型。由于该桥主桥采用不相等的五跨连续刚构结构,需考虑下部结构,建模时将桥墩与主梁同时模拟;边孔箱梁属于现浇梁段,可不考虑桥墩,仅模拟主梁。主桥模型分为 200 个单元、219 个节点,边孔 8×42 m 箱梁模型分为 151 个单元、152 个节点,边孔 6×42 m 箱梁模型分为 113 个单元、114 个节点(见图 3)。

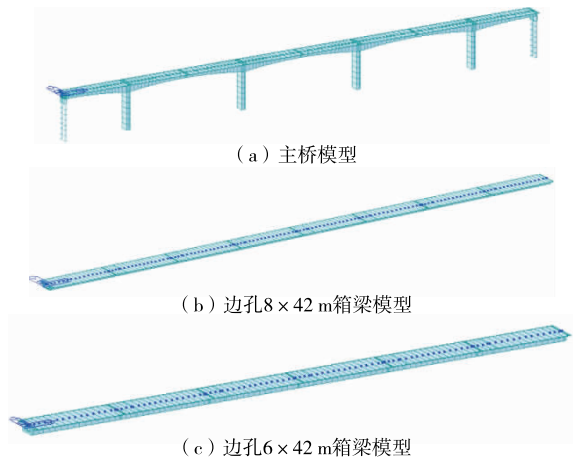


图 3 竹埠港湘江特大桥计算模型

将验算参数分别应用至程序中进行折减,依照

相关规范选择基本组合进行验算,将计算结果和表 3 所示承载能力验算参数代入式(2),得到边板承载

能力验算结果(见表 4)。该桥承载能力满足汽车一超 20 及公路—I 级荷载的要求。

表 4 竹埠港湘江特大桥承载能力评定结果

结构名称	荷载类型	验算截面	抗力/ (kN·m)	荷载效应/ (kN·m)	抗力/ 荷载效应	评定结果
主桥	汽车一超 20	主跨 98 m 跨中	209 976.2	181 600.8	1.16	满足要求
		边跨 54 m 跨中	209 976.2	180 210.5	1.17	满足要求
	公路—I 级	主跨 98 m 跨中	209 976.2	182 687.4	1.15	满足要求
		边跨 98 m 跨中	209 976.2	184 377.8	1.14	满足要求
8×42 m 现浇箱梁	汽车一超 20	第三跨 42 m 跨中	119 394.3	107 217.7	1.11	满足要求
		第四跨 42 m 跨中	119 394.3	107 625.1	1.11	满足要求
	公路—I 级	第三跨 42 m 跨中	119 394.3	109 661.2	1.09	满足要求
		第四跨 42 m 跨中	119 394.3	110 053.1	1.08	满足要求
6×42 m 现浇箱梁	汽车一超 20	第二跨 42 m 跨中	119 394.3	100 176.3	1.19	满足要求
		第三跨 42 m 跨中	119 394.3	100 573.7	1.19	满足要求
	公路—I 级	第二跨 42 m 跨中	119 394.3	102 676.3	1.16	满足要求
		第三跨 42 m 跨中	119 394.3	103 073.7	1.16	满足要求

3 桥梁的加固维修

根据该桥外观、结构检测和计算结果,其承载力和自振频率满足相关要求,但外观存在很多问题。针对其外观提出以下维修加固措施:

(1) 砼表面缺陷处理。在排干积水、清理松散砼、钢筋表面后,对较浅的砼疏松区及有少量坑洞的区域采用环氧砂浆进行修补,对砼整块剥落、桥面层缺损漏筋、伸缩缝砼漏筋等较大体积区域则采用环氧砼修补。

(2) 钢筋外露锈蚀处理。凿除表层砼,漏出新鲜砼,并清洗砼界面,除锈后涂刷渗透型阻锈剂,然后按砼表面缺陷修复法修复。

(3) 上下部裂缝处理。缝宽<0.1 mm 时采用环氧树脂胶直接封闭;缝宽≥0.1 mm 时采用壁可法裂缝灌注胶封闭;桥面裂缝采用环氧树脂胶封闭。

(4) 空心板铰缝渗水处治。空心板铰缝渗水严重时,从梁底灌注灌缝胶,对破碎的铰缝砼进行修复。由于水分会影响环氧胶强度,灌胶需在连续晴朗的天气下进行;下雨后累计 7 d 日间气温超过 30℃,且板底铰缝积水彻底干燥后才能施工。

(5) T 梁横隔板裂缝修复。对开裂严重的情况,在修复砼裂缝和破损后采取植筋、焊接横向连接钢板的加固措施。

(6) 空心板底板间勾缝脱落的处理。将表层清

理干净后勾缝。如无关联病害且无美观要求,可不作勾缝处理。

4 结语

竹埠港湘江特大桥外观检测发现问题较多,如砼路面纵横斜向裂缝、接缝处浅层边角剥落、局部磨光脱皮露骨露筋等,评定为三类桥梁;结构自振频率检测和承载力验算结果显示其承载力和自振频率满足相关要求。需针对其外观采取维修加固措施。

参考文献:

- [1] 张树仁,郑绍珪,黄侨,等.钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁结构设计原理[M].北京:人民交通出版社,2004.
- [2] 孙会.旧桥检测及加固方法研究与应用[D].西安:长安大学,2013.
- [3] 范立础.桥梁工程:下册[M].北京:人民交通出版社,1986.
- [4] 寇建平.桥梁静动载试验检测分析[J].四川水泥,2016(5).
- [5] 邵鹏磊.公路桥梁现场检测与技术状况评定[D].郑州:郑州大学,2016.
- [6] 张广元.预应力混凝土桥梁检测评定与加固设计的研究探索[D].北京:北京市市政工程研究院,2015.
- [7] 韩廷洪.高速公路桥梁外观检测及修复处理[J].公路,2012(6).

(下转第 154 页)

腔体内部灌浆密实是灌浆套筒连接有效的先决条件。国内外试验室内的灌浆套筒连接是十分有效的,但施工现场往往难以保证腔体密实。其正常使用条件下的力学性能与传统现浇砼类似,且施工速度快,具有较大优势。该技术在低抗震设防烈度地区已广泛应用,高地震危险区域的应用仍在研究中。

灌浆金属波纹管连接属于锚固连接范畴,其定位误差一般控制在 5 mm 以内。其力学性能与传统现浇砼类似。但由于该技术对钢筋的插入深度有严格要求,造成外露钢筋较长,增大了运输成本和钢筋损坏风险。其在国内应用较少。

承插式连接的公差要求低,20 世纪 90 年代初,北京积水潭桥中的 5 座桥梁均采用承插式预制砼桥墩。GB 50007《建筑地基基础设计规范》对承插式柱与杯口的构造作了规定,但由于该连接方式抗震性能较差,近几年基本没有应用案例。

插槽式连接对水平公差要求较低,外露钢筋对孔洞所在构件的钢筋干扰小,连接的锚固性能、延性良好。但现场需浇筑一定数量的砼。国内主要用于桩基与承台、盖梁的连接。

后张预应力筋连接主要用于墩柱与承台、盖梁及盖梁、墩柱节段的连接,它往往配合剪力键(槽)与环氧树脂胶接缝实现节段拼装,由于设计理论与施工经验较成熟,国内应用较多。

湿接缝连接多用于预制墩柱与承台、预制盖梁间的连接,其力学性能接近现浇砼。但会显著增加现场钢筋搭接、砼浇筑作业量。

4 结语

全装配式桥梁是时代发展到一定程度后的产物,这不仅需要关键技术的突破,更需要配套流程、工艺及管理措施。为促进其发展,建议从以下方面进行研究或制定政策:

(1) 支持相关协会与企业参与标准制定,逐步建立并完善覆盖设计、生产、施工、验收和使用维护全过程的全装配式桥梁技术标准体系,完善全装配式桥梁建设工程造价计价办法。

(2) 提高从业人员技能,加强高地震烈度地区装配式桥梁建造研究。

(3) 提高信息化与工业化水平,促进绿色发展。

参考文献:

- [1] 项贻强,郭树海,陈政阳,等.快速施工桥梁技术及其研究[J].中国市政工程,2015(4).
- [2] 张本良.城市快速路桥梁预制拼装施工期间的地面道路通行效益分析[J].中国市政工程,2016(4).
- [3] 黄少文.东海大桥海上非通航孔墩身施工技术[J].世界桥梁,2014(增刊).
- [4] 闫明吉,殷天军,卞蜀陵,等.上海长江大桥工程墩柱分节预制安装施工技术[J].中国港湾建设,2010(3).
- [5] 孙业发,刘长义,王海波,等.港珠澳大桥墩柱干接缝结构匹配预制技术[J].中国港湾建设,2015(8).
- [6] 陈家勇.预制装配桥墩的构造设计及抗震性能研究[D].南京:东南大学,2014.
- [7] 周翔宇.全预制装配桥梁工程实施要点简析[J].中国市政工程,2017(3).
- [8] 郑清林,王霓,陶里,等.套筒灌浆缺陷对装配式混凝土柱抗震性能影响的试验研究[J].土木工程学报,2018,51(5).
- [9] 高润东,李向民,王卓琳,等.基于预埋钢丝拉拔法的套筒灌浆饱满度检测技术研究[J].施工技术,2017,46(17).
- [10] 陈文龙,李俊华,严蔚,等.基于压电阻抗效应的套筒灌浆密实度识别试验研究[J].建筑结构,2018,48(23).
- [11] 郭辉,徐福泉,代伟明,等.便携式 X 射线检测钢筋套筒灌浆连接密实度试验研究[J].施工技术,2018,47(22).
- [12] 葛继平,王志强,李建中,等.装配式预应力混凝土双柱桥墩抗震性能研究进展[J].地震工程与工程振动,2013,33(3).
- [13] GB 50007,建筑地基基础设计规范[S].
- [14] 胡伟强,陈晓磊,姜波,等.配置 600 MPa 钢筋预制混凝土柱连接区抗震性能试验研究[J].土木建筑与环境工程,2018,40(6).

收稿日期:2019-01-23

(上接第 150 页)

- [8] 李闯.既有铁路扩大基础桥梁病害检测评估与整治方法研究[D].北京:中国铁道科学研究院,2012.
- [9] 蔚三艳.浅析公路桥梁检测新技术[J].中华民居,2012(3).

- [10] JTG/T J21-2011,公路桥梁承载能力检测评定规程[S].
- [11] JTG D62-2004,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

收稿日期:2018-05-31