

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2020.10.049

声波 CT 技术在旧桥粘钢加固评价中的应用

赵晓鹏, 姚琦发

(北京同度工程物探技术有限公司, 北京市 102209)

摘要: 在役桥梁运营维护中,粘钢加固技术由于其经济、便捷等特点是保证桥梁安全运营的重要手段。但由于现有检测手段的不足,旧桥粘钢加固后修复效果是未知的。为弥补检验修复效果这一空白,将 CT 技术引入旧桥粘钢加固评价当中,以安徽某大桥的工程为例,用声波 CT 技术可以检测加固区域混凝土整体质量,得到定性、定量的检测结果,为旧桥加固修复情况提供客观评价,且可增强后续处治的针对性,并节约维修成本。

关键词: 声波 CT;质量检测;桥梁病害;粘钢加固

中图分类号: U445.7*2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)10-0181-03

0 引言

综观世界发达国家,其建筑业进展大可分为三个时期^[1]:高速新建时期、新建与维护并重时期、着重运营维护时期。同理,伴随着我国公路桥梁建设取得迅猛发展,我国对在役桥梁的运营维护需求与日俱增^[2]。由于粘钢加固技术结构简单、施工便捷、经济实用等特点^[3],在桥梁的运营维护中大放光彩。粘钢加固技术国内外研究众多^[4-6],但大多是理论模型计算与试验,未曾见探讨应用于评价在役桥梁粘钢加固效果的检测方法。而对旧桥修复来说,评价粘钢加固效果、检测加固后混凝土整体质量,这恰巧是重要及必要的,这将验证修复情况是否达到理论预期。

普遍检测粘钢加固效果的方法是外观检测技术,这早已被证明不能满足混凝土内部病害诊断的需求^[7]。目前国内桥梁混凝土质量检测常用方法主要有超声法、回弹法和钻芯法等^[8-11]。上述方法都不能良好反映粘钢加固修复后病害位置混凝土整体质量。声波 CT 技术是一项迅速发展的现代无损检测技术,在保证测区的射线密度与正交性的前提下,能得到较为准确的定量桥梁状况数据^[12]。声波 CT 技术的研究近年来在工程检测中引起广泛关注,进入桥梁检测领域已有时日^[13-14],但本文以安徽某大桥为例,证明声波 CT 技术还可以对粘钢加固修复区域进行检测,拓宽了声波 CT 技术的检测范围,填补了评价旧桥粘钢加固修复效果这一检测空白^[15]。

1 声波 CT 技术

层析成像技术 (computed tomography, CT),其实质是以某一传感机理,布设阵列式传感器来采集各个方向上体现介质内部特性的投影数据(核心理论:Radon 变换)。运用特定的反演算法[常用算法如代数重建法 (ART)^[16]、联合代数重建 (SIRT)^[17]等],绘制体现被测体内部特性的图像。基于解析反演图像来获得目标信息,实现反映介质参数分布的检测。

声波 CT 技术以直达波走时来重构混凝土内部的弹性波波速分布,基于色标、网络坐标的综合展示,从而精确体现混凝土内部分布特征。常用的工程 CT 方法以弹性波 CT 为主,以频率不同可分为地震波 CT、声波 CT 及超声波 CT。激发频率越高,检测的分辨率越高,但衰减越快,传播距离较短。为取得检测的最佳效果,基于检测目标的尺寸与保证检测精度的前提下,合理选取激发波的频带。声波检测中,激发的波在混凝土内部与表面传播,波速与混凝土的密实性、弹性模量有关,混凝土的弹性模量又体现其强度和力学特性,故以波速为被检物理量能反映混凝土质量及结构特性^[18]。纵波波速 V_p 、密度 ρ 、弹性模量 E 的关系如下:

$$V_p = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (1)$$

基于此,声波 CT 技术不仅普遍运用于桥梁混凝土的质量检测,还能够在运营桥梁粘钢加固效果评价中发挥重要作用。

2 工程概况

安徽某公路大桥长 1 152 m,为七跨一联的双

收稿日期:2020-04-06

作者简介:赵晓鹏(1974—),女,本科,工程师,从事物探新方法新技术的开发管理工作。

塔双索面预应力混凝土斜拉桥(见图1)。

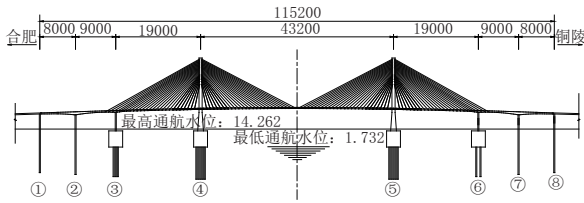


图1 安徽某桥主桥桥型布置图(单位:cm)

主桥主梁采用π形肋板式截面,C50混凝土浇筑。两侧边肋梁高2m,梁顶宽1.5m,梁底宽1.7m。桥面幅宽23m,桥面板厚32cm,高跨比1/194,如图2所示。梁上索距8m,每节段设一道横梁。

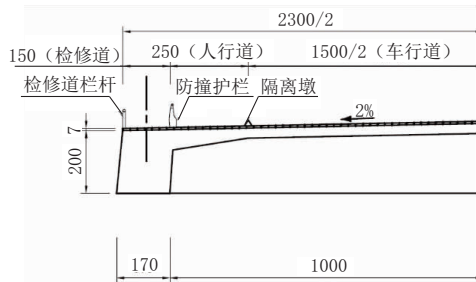


图2 π形梁设计标准(单位:cm)

某处π形梁过渡截面位置存在一处混凝土掉块(见图3),现已粘钢修复(见图4)。



图3 原有掉块状况



图4 粘钢后表面状况

3 检测方案

根据π形梁上述检测需求,以及设计图和现场踏勘情况,拟采用多排列组合对测的检测方案。

肋板的顶板表面被各种设施占用(见图5),检测空间不大。同时可使用的检测设备主要是梁下

的桥梁检查车(见图6、图7)。



图5 顶板斜拉索锚固段



图6 π形梁现场底部示意图



图7 桥底检查车

此次检测中肋板宽度在1.7~1.85m,较宽,因此需要划分为四个CT截面。同时π形梁肋板顶板路面上存在各种设施,因此截面划分方法如图8所示。

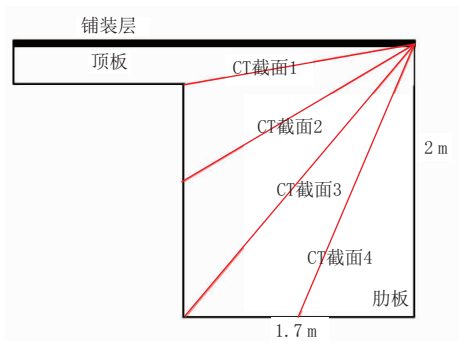


图8 π形梁肋板CT截面划分(截面图)

采用对测法观测,首先将检波器布置在顶板最外侧,然后采用梁下检查车在π形梁内侧的不同截面处依次激发(见图9)。每个截面都是对测法观测。

每个排列中采用25cm的测点间距,采用64道接收,一个排列最长15.75m。单个排列的射线密度和正交性如图10所示。

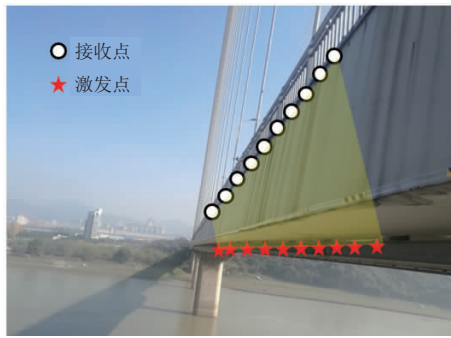


图9 π形梁肋板每个CT截面均采用对测法观测

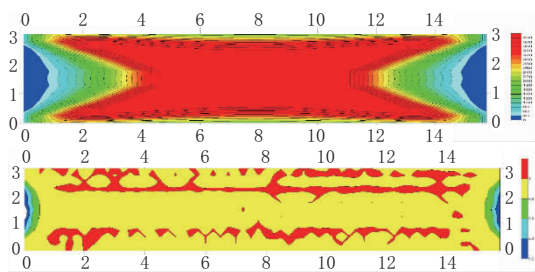


图10 单个排列的射线密度和正交性

可以看出单个排列两侧中部的射线密度和正交性不足,形成盲区,故需要进行多排列组合叠加。排列叠加时,相邻两个排列重合2 m,且测区应大于目标区域。

4 检测结果分析

将不同波速区间用彩虹色色标进行区分,以红色为高波速区域,绿色为中间波速段,深蓝色体现低速区域,形成被测区域波速云图,以体现混凝土内部情况。对应图3和图11中可以看出,混凝土有过破损掉块,波速较完整处低,存在从外向内发育的低速松散区,需要修补。

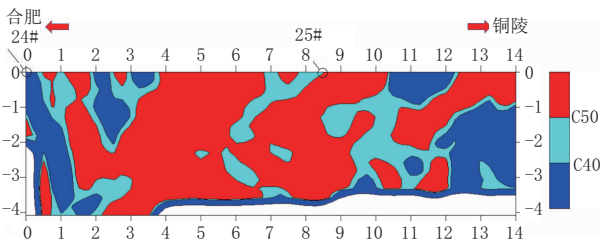


图11 π形梁粘钢加固区域CT截面1-4强度云图

根据试验对照,将其中速度大于4 300 m/s,认为C50以上混凝土强度,用红色表示;速度小于4 200 m/s,为C40以下混凝土强度,用蓝色表示;速度在4 200~4 300 m/s,为C40~C50过渡区,用浅蓝色表示。形成强度云图,以反映粘钢加固区域混凝土内部异常。从图12中可以看出,此段发现混凝土内部存在缺陷。当波速值小于4 200 m/s,且面积大于1 m²,判定混凝土内部可能还存在损伤,即粘钢加固效果不好。

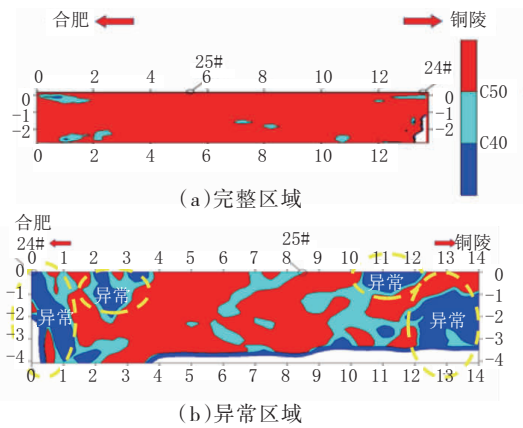


图12 有无缺陷对比

根据检测结果,施工单位迅速对该桥开展具有针对性的修复工作,保障该桥运营安全。

5 结语

粘钢加固技术是一种实用、经济的修复手段,得到工程界普遍认可。此次工程实例表明,声波CT技术是目前评价粘钢加固后混凝土情况的一种较先进、实用且可靠的方法,能够准确评价粘钢修复区域混凝土的密实性,定性、定量指出修复缺陷与漏洞。其还可对检测区域整体成像,能对后续修复治理提供更详细、精确的资料。声波CT技术对旧桥粘钢加固修复质量检测与评价具有良好的应用前景和广泛的应用价值,值得推广。

参考文献:

- [1] 曹双寅,邱洪兴,王恒华.结构可靠性鉴定与加固技术[M].北京:中国水利水电出版社,2001:1-2.
- [2] 张喜刚,刘高,马军海,等.中国桥梁技术的现状与展望[J].科学通报,2016,61(4):415.
- [3] 范锡盛,曹薇,岳清瑞.建筑改造和维修加固新技术[M].北京:中国建筑工业出版社,1999:369.
- [4] Wu Y F, Oehlers D J, Griffith M C. Rational definition of the flexural deformation capacity of RC column sections[J]. Engineering Structures, 2004, 26(5): 641-650.
- [5] 汪昕,张继文,吕志涛,等.槽形CFRP板条嵌入式增强混凝土梁受剪性能试验研究[J].土木工程学报,2008(8):36-42.
- [6] 张望喜,徐帅,李庆玲.局部构件加固对钢筋混凝土框架结构整体性能的影响[J].防灾减灾工程学报,2013,33(2):140-146.
- [7] 宣纪明,沈福兴.桥梁检测技术研究及工程运用[J].桥梁建设,2007(S1):158-160.
- [8] Malhotra V, Carino N. Handbook on non destructive testing of concrete[M]. 2nd ed. Taylor & Francis, 2004: Chapter 8.
- [9] 申永利,孙永波.基于超声波CT技术的混凝土内部缺陷探测[J].工程地球物理学报,2013,10(4):560-565.
- [10] 张吉,师学明,陈晓玲,等.超声波CT技术在混凝土无损检测中的应用现状及发展趋势[J].工程地球物理学报,2008(5):596-601.
- [11] 王磊,张建仁,张克波.回弹法和钻芯法检测劣化桥梁混凝土

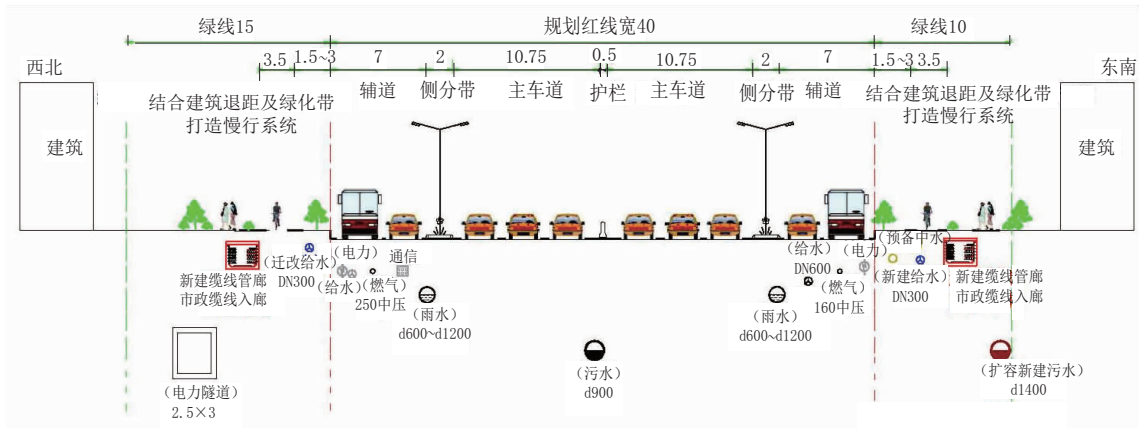


图4 道路标准段管线横断面图(单位:m)

位于非机动车道上的井盖均采用双层“隐形井盖”,即下层井盖为常规“五防”球墨铸铁井盖,上层方形井盖与路面平齐,铺装材料与非机动车道铺装材料一致。

位于人行道上的井盖,采用双层“隐形井盖”和艺术井盖相结合。艺术井盖(见图5)间隔约80m设置一处,点位结合绿化美观要求选取。

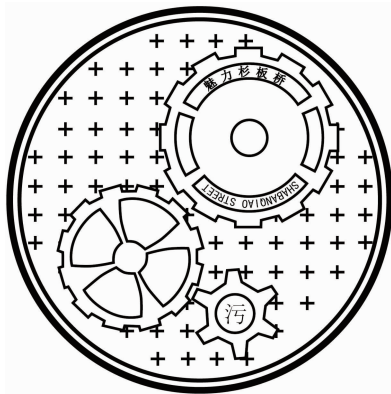


图5 艺术井盖

2.3.5 “海绵城市”工程措施

根据边界条件分析,杉板桥路位于膨胀土区域,下渗条件差,“海绵城市”措施以发挥“滞”功能为主。本次采用三大措施:人行道和非机动车道透水铺装、下凹式绿地和雨水花园。

3 结语

杉板桥路市政管线改造设计引入了公园城市街道一体化设计理念,可为同类项目提供借鉴。缆线入廊可能存在的运维问题,需相关方协商解决。

参考文献:

- [1] 成都市规划和自然资源局.成都市公园城市街道一体化设计导则[Z].成都:成都市规划和自然资源局,2020.
- [2] GB 50289—2016,城市工程管线综合规划规范[S].
- [3] 靳云辉,秦川,郝静,等.成都地铁6号线建设中的市政管线迁改设计[J].中国给水排水,2018,34(2):50-55.
- [4] 成都市规划和自然资源局.成都市公园城市智慧综合杆设计导则[Z].成都:成都市规划和自然资源局,2020.
- [5] 成都市规划和自然资源局.成都市规划管理技术规定[Z].成都:成都市规划和自然资源局,2020.

(上接第183页)

强度相关性研究[J].中外公路,2010,30(2):101-104.

[12] 路士义.声波层析成像在桥梁混凝土质量检测中的试验研究[D].沈阳:沈阳大学,2018.

[13] 黄欧龙,曹国侯,苏建坤,等.声波CT技术在斜拉桥大体积混凝土检测中的应用[J].工程地球物理学报,2016,13(6):794-798.

[14] 郭锋,杨勇,孙锐,等.声波CT技术在混凝土结构中的运用[J].工程地球物理学报,2013,10(2):256-258.

[15] 李轶鹏,王元清,王秀丽,等.钢结构的粘钢加固技术及其工程

应用[J].工业建筑,2017,47(11):154,202-206.

[16] Blundell C A. Resolution analysis of seismic P-wave velocity estimates using reflection tomographic inversion[D]. Clayton: Monash University,1993:23-25.

[17] 杨利普,徐志萍,李德庆. SIRT法层析成像在某核电站岩溶区的应用[J]. CT理论与应用研究,2014,23(2):219-226.

[18] 邱海涛,赵永贵,谭卓英,等.声波无损检测技术在南昌铁路隧道检测中的应用[J].广西地质,2002(3):75-78.