

基于诱导振动的钢管混凝土脱空无损检测技术的研究及应用

格桑泽仁

(西藏自治区交通工程质量安全监督局,拉萨 850001)

摘要:由于钢管混凝土具有强度高、耐疲劳等特点,在桥梁工程中得到了广泛应用。钢管混凝土在施工或运行过程中,因混凝土材料配比、环境等多方面因素影响,导致钢管混凝土脱空现象普遍存在。通过对比现有钢管混凝土脱空检测方法,在敲击法的基础上提出了基于诱导振动法的钢管混凝土脱空检测技术。并深入分析敲击力度等方面对该方法的影响,同时利用该方法对钢管混凝土桥梁进行现场测试,并对测试结果进行破损验证,验证结果与测试结果吻合度高。通过现场对该方法进行工程检测应用,说明该方法能够准确测试钢管混凝土的脱空。为钢管混凝土脱空提供新的可靠测试方法,为钢管混凝土结构的补修加固方案提供可靠依据。

关键词:诱导振动法;钢管混凝土;脱空;无损检测

中图分类号:TU132

文献标志码:A

引言

众所周知,混凝土具有很好的抗压性能,但抗弯特性很低,而钢材具有很强的抗弯性能,在受压时,钢材很容易失稳^[1-2]。钢管混凝土则结合了二者的优点,钢管的存在,提供的围压可使混凝土处于侧向受压状态,使得钢管混凝土的抗压承载力优于普通混凝土,而混凝土的存在可提高钢管的刚度。因此,核心混凝土处于多向受压,使两种材料的优点得以充分发挥,使混凝土的抗弯性能大为改善,可以避免或延缓钢管发生部分屈曲,从而使钢管混凝土具有高强度、重量小、延性强、耐疲劳、耐冲击等力学性能和省工省料、架设轻便、施工快捷等特点,使钢管混凝土技术在桥梁工程中得到大量应用。

据相关资料^[3],钢管混凝土拱桥的脱空(脱粘)现象普遍存在。根据脱空产生的原因,可以分为以下两类:

(1)核心混凝土不密实引起的脱空:主要为在浇筑过程中缺陷引起混凝土和钢管界面的孔洞、水膜

层造成。

(2)脱粘引起的脱空:在轴压、温度、收缩、徐变等因素作用下,核心混凝土与钢管接触面间产生的拉应力、剪应力超出两者的粘结强度而产生的脱空^[4-5]。例如,钢管混凝土拱桥直接与阳光作用。夏季,钢管表面温度可达80℃,而内部核心混凝土一般为50℃。钢管混凝土拱桥历经多年,核心混凝土经过长期的收缩、徐变完成(相当于降温20℃)。这两种情况共同作用^[6],相当发生约70℃温差,在大直径钢管中很容易导致钢管和核心混凝土脱空(即钢管与核心混凝土分离),特别是在拱顶部位。

当出现该情况后,使整个钢管混凝土的受力情况发生重大变化。造成混凝土的围压降低,严重情况下,可导致钢管本身发生座屈的可能,进而大幅降低钢管混凝土的承载力^[7-8]。

及时明确钢管混凝土脱空位置及区域,并进行相应处理,对其进行有效检测是必不可少的。目前,根据我国的相关规程及标准,已对钢管混凝土的内部质量检测

给出了相应的检测方法。

1 现有检测方法对比

经过对现有方法的归纳,主要检测方法包括钻芯法、敲击法、超声波检测法、冲击回波法^[9-11],其主要特点见表1。

表1 各测试方法统计一览表

方法	分析参数	优点	不足
钻芯法	观察脱空	精度高	效率低,不宜大量采用
敲击法	声音的音强、音调	效率高	受环境噪声影响大,随机性强,误差较大
超声波检测法	超声波的声速、振幅、波形等	检测精度一般	不易区分信号传播路径、需要双面测试
冲击回波法	频谱分析确定脱空	检测精度一般	受钢板厚度影响大

通过各检测方法的对比,可以发现这些方法虽然都有相应的适用范围,但是其缺点也相对明显。需要对现有方法进行改进或提出新的方法。其中,检测方法中的敲击法,其根本是通过敲击被测对象,通过声音来确定缺陷位置。该方法在进行测试时,对环境噪声的要求高,且存在较强的随机性。研究者在此基础上,提出了基于卓越周期及持续时间的钢管混凝土脱空的无损检测方法:诱导振动法。

2 诱导振动法基本原理

当钢管混凝土产生脱空时,敲击钢管时振动特性会发生钢管的弯曲刚度显著降低,卓越周期增长;振动能量的逸散变缓,振动的持续时间变长(图1)^[12-13]。

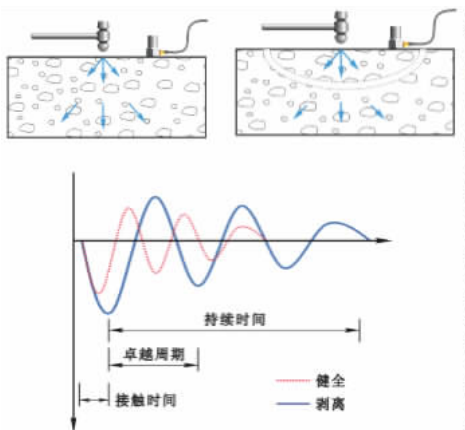


图1 诱导振动法原理

3 影响因素分析

利用激振锤对结构进行激振时,需要注意振动信号

卓越周期的影响因素。可能的影响因素包括:传感器的固定方式、敲击力度等。其中为了避免传感器固定方式对卓越频率的影响,传感器可采用专用统一固定方式进行拾振。对激振锤敲击力度的影响,进行如下模拟试验进行分析。

3.1 试验设计

为了避免测试对象的塑性变形对卓越周期的影响,测试对象采用厚度约20 mm的钢材,传感器探头的固定方式采用磁性固定的方式(传感器探头的位置不变),同时采用不同的敲击力度对相同位置激振。测试结果见表2。

表2 测试数据

序号	最大电压/V/力度	卓越周期/ms
1	0.1450	0.162
2	0.3708	0.162
3	0.4477	0.162
4	0.5252	0.162
5	0.6836	0.162
6	0.7415	0.162
7	1.0718	0.162
8	1.4837	0.162
9	1.7398	0.162
10	2.2778	0.162

3.2 试验结果分析

通过试验可知,当被测对象内部情况相同时,不同的敲击力度对测试信号的卓越周期没有影响,说明激振锤的敲击力度对基于卓越周期的钢管混凝土脱空的检测方法没有影响。

4 现场试验

4.1 工程概述

测试对象桥梁为独拱肋钢管混凝土拱梁组合桥,桥长97.2 m,宽24 m。主拱肋高140 cm,宽310 cm,左右钢管外径均为140 cm,壁厚为25 mm(图2)。



图2 某钢管混凝土桥梁

根据现场的情况,对结构的重点部位进行布点测试,测点布置方案如图3所示。为了提高测试效率及测试结果的准确性,现场测试时,传感器的固定采用磁性吸附方式。

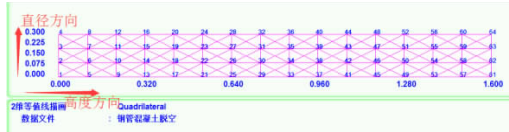


图3 测点布置

4.2 测试结果

测试发现该桥某区域存在大面积脱空(图4)。施工单位随即对测试结果显示脱空位置处进行钻孔验证。因脱空深度为几毫米,通过肉眼无法精确判断,因此对钻孔区域进行注水验证。由于注入的水迅速渗入,表明该区域存在大面积脱空,从而验证了检测结果。

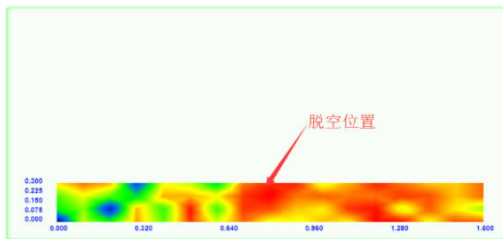


图4 测试结果图

4.3 试验结果分析

通过在现场利用诱导振动法对在役钢管混凝土桥梁进行脱空检测,并对脱空位置进行破损验证,测试结果与开孔的结果一致性较高。

对测试数据采用相对分析评判方法,即采用了超声法检测混凝土缺陷技术规程中异常数据的处理方法^[14],当测试区域内同时包括脱空与密实的状态时有较好的测试精度,而测试区域内存在大面积或全部脱空的情况时,则存在较大的测试偏差。

因此,在实际测试钢结构脱空的过程中,准确设置脱空阈值将直接影响脱空的测试精度。

5 结束语

通过对钢管混凝土桥梁脱空现有测试方法的对比,发现现有方法对钢管混凝土脱空检测均存在一定程度的不足。本文在敲击法的基础上,采用高精度的传感器及信号采集装置,提出了针对钢管混凝土脱空测试的新方法(诱导振动法),并深入分析了该方法的相关影响因素。同时进行了相关的试验研究。

在室内对弹性结构(钢板)进行测试,得到脱空特征参数(卓越周期)与敲击力度大小基本无关。当混凝土结构表面出现脱空等缺陷时,卓越周期会随着脱空的严重程度不同而变化。通过现场实测,利用诱导振动法对钢管混凝土桥梁的脱空进行检测,并对检测结果进行破损验证,验证结果表明,该方法能够准确的测试出钢管混凝土的脱空位置及区域,为了更准确的测试钢管混凝土的脱空,需要准确的设置脱空阈值。

诱导振动法是的是钢管混凝土脱空检测的新的有效测试方法,为钢管混凝土的补修加固方案提供可靠的依据。

参考文献:

- [1] 蔡绍怀.现代钢管混凝土结构[M].北京:交通出版社,2007.
- [2] 钟善桐.钢管混凝土结构[M].3版.北京:清华大学出版社,2004.
- [3] 张永亮,焦楚杰,张亚芳,等.钢管混凝土脱空问题的研究进展[J].钢结构,2013,28(3):20-22.
- [4] 钟善桐.钢管混凝土中钢管与混凝土的共同工作[J].哈尔滨建筑大学学报,2001,32(1):6-10.
- [5] ROEDER C W,CAMERON B,BROWN C B,et al. Composite Action in Concrete Filled Tubes[J].Journal of Structure Engineering,ASCE.1999.125(5):477-484.
- [6] 吴德明,王福敏,殷祥林.基于温度影响的钢管混凝土脱空机理分析[J].重庆交通大学学报,2009,28(2):190-194.
- [7] 叶跃忠.混凝土脱粘对钢管混凝土中.低长柱性能的影响[J].铁道建筑,2001(2):2-4.
- [8] 饶德军,张玉红,王忠建.钢管混凝土拱肋泵送混凝土脱空成因分析与试验观察[J].铁道建,2005(3):14-16.
- [9] 杨劲.钢管混凝土脱空无损检测技术研究综述[J].中外公路,2012,32(5):189-191.
- [10] 韩西.基于声振法 voiding 的钢管混凝土脱空检测技术试验研究[J].公路工程,2012,37(1):108-110.
- [11] 高远富.钢管混凝土叠合柱弹性波 CT 空洞与脱空缺陷检测分析[J].物探化探计算技术,2015,30(3):89-95.

- [12] 吴佳晔.土木工程检测与测试[M].北京:高等教育出版社,2015. (4):49-51.
- [13] 郝挺宇,吴志刚,吴佳晔.冲击弹性波法在现场检测混凝土剥离缺陷中的应用[J].施工技术,2013,42 [S].
- [14] CECS21:2000,超声法检测混凝土缺陷技术规程

Research and Application on the NDT Technology for Concrete Vibro-vacancy Based on Induced Vibration

GESANG Zeren

(Tibet Autonomous Region Traffic Engineering Quality and Safety Supervision Bureau, Lhasa 850001, China)

Abstract: Due to its high strength and fatigue resistance, concrete-filled steel tube has been widely used in bridge engineering. However, void phenomenon of concrete-filled steel tube (CFST) is common in the process of construction or operation because of the ratio of concrete material and environment, and so on. In this paper, based on the knocking method, the hollow concrete filled steel tube (CFST) hollow steel tube based on induced vibration method is proposed. And the influence of the striking force on the method is analyzed. At the same time, this method is used to test the concrete-filled steel tubular bridge in the field, and the test results are verified by the damage test. The results agree well with the test results. It is proved that the method can accurately test the voids of concrete filled steel tube by the engineering application of the method in the field which provides a new reliable test method for concrete-filled steel tube (CFST) voids and provides a reliable basis for the repair and reinforcement of concrete-filled steel tubular structures.

Key words: induced vibration method; concrete filled steel tube; voiding; nondestructive testing