

弹性波与声波透射技术在铁路桥梁桩基检测中的应用研究

江锦涛

中铁上海工程局集团第六工程有限公司 云南 昆明 650000

摘要: 为了提升桥梁的整体安全, 本文通过对弹性波和声波透射技术在铁路桥梁桩基检测中的应用研究, 探讨了弹性波和声波透射技术的基本原理及应用条件, 分析了声波与弹性波在铁路桥梁桩基力学性能检测中存在的问题, 并提出了相应的解决措施。

关键词: 铁路; 桩基; 无损检测

0 引言

随着我国铁路网建设的快速发展, 对铁路工程质量要求也越来越高。在铁路工程建设中, 桩基工程作为基础设施, 其质量至关重要。在实际施工中, 对桩身质量进行检测是确保桩基础强度和整体稳定性的重要手段。由于桥梁桩基属于隐蔽工程, 常规检测方法难以满足检测要求。目前, 桩基质量检测方法主要包括完整性检测、基桩低应变动力检测、高应变动力检测及桩身混凝土质量检验。其中, 完整性检测是对基桩进行基础承载能力和变形能力评估的重要手段, 是保证桩基施工质量的基础; 基桩低应变动力检测是利用冲击动荷载作用下的弹性波在桩体中传播规律的检测方法; 桩基混凝土质量检验是通过检查混凝土强度、桩身混凝土完整性等指标来判断桩的质量情况。在铁路桥梁工程建设中, 由于各种原因, 如施工工艺、地质条件、设计指标等可能会出现不同程度的缺陷, 其中很多缺陷都是难以修复的, 从而降低了桩基础在设计使用年限内的承载能力和安全可靠。因此, 对铁路桥梁桩基进行有效检测十分必要^[1]。弹性波和声波透射技术均是应用声波传播规律并结合弹性波理论来研究工程中各类缺陷(如孔洞、夹渣、缩颈、离析等)对声波传播规律的影响。由于两种方法各自优点及缺点, 在实际应用中两者结合使用, 会产生更好的效果^[2]。本文中弹性波和声波透射技术在铁路桥梁桩基检测中具有很好的适用性, 对有效地提高铁路桥梁桩基检测效率和精度具有积极的推动作用。在此基础上, 总结了两种技术在铁路桥梁桩基力学性能检测中存在的问题及解决措施, 对提高工程质量有一定参考意义。

1 弹性波与声波透射技术概述

铁路桥梁桩基工程作为隐蔽工程, 在施工过程中难以对其质量进行检测。弹性波检测技术主要是利用声波

发射装置向土层或混凝土中发射弹性波, 并通过接收到反射的波场, 从而对混凝土质量进行检测。而声波透射技术是在桩顶安装超声波传感器, 利用接收来自混凝土表面的超声波信号, 并通过与声速对比来判断混凝土表面是否存在缺陷。因此, 两种技术的应用特点存在较大差异。弹性波检测技术是利用机械振动法进行桩基质量检测, 不需破坏桩身, 但不能准确判断混凝土内部缺陷状况。而声波透射技术是利用机械振动法及超声波传感器结合实现对桩基质量进行检测的新型检测方法。声波透射技术具有较高的准确性和稳定性, 且能快速、准确地确定桩身缺陷类型及其位置等信息。因此, 在铁路桥梁桩基检测中得到广泛应用^[3]。然而由于其应用条件较苛刻, 使得其不能很好地满足铁路桥梁桩基检测要求。在实际检测中发现, 声波透射技术在桩身混凝土缺陷类型识别和桩身缺陷位置定位上存在较大局限性, 导致其无法实现铁路桥梁桩基的全面检测。

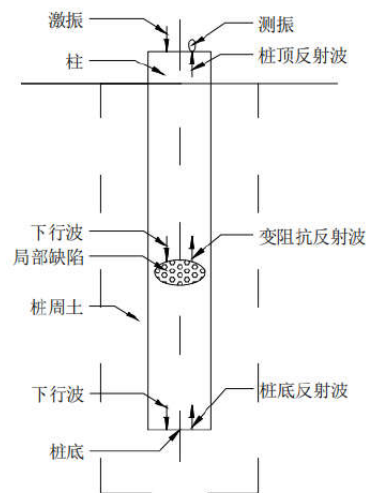


图1 低应变弹性波反射法基本原理示意图
基桩反射波检测, 也就是基桩低应变动力检测, 是指对

桩顶施加激振能量，引发桩身及周围土体的微幅振动，用仪器记录桩顶的速度与加速度，并用波动理论对其进行研究^[4]，最终达到了判定桩身完整性、预估桩基承载能力的目标，具有快速、经济等特点，是当前使用最广泛的一种方法，其基本原理见图1。

2 案例分析

2.1 工程概况

某铁路工程设计为单线铁路，设计时速为200km/h，桥长为1018m，采用钻孔灌注桩。本工程一共分为3个标段，其中Ⅱ标段地质条件相对较好，Ⅰ标段地质条件

较为复杂。为了保证工程质量，需要对Ⅱ标段桩基进行检测。桩基的主要原材料为水泥、石子和砂。根据施工设计要求，Ⅰ标段为桩基成孔、灌注混凝土；Ⅱ标段为桩基成孔、灌注混凝土；Ⅲ标段为桩基成孔、灌注混凝土；而Ⅳ标段则是对Ⅱ和Ⅲ标段进行检测。桩基础施工完成后进行静载试验，验证其完整性和承载力。试验共分为3个测点：1号测点位于桩身中部，2号测点位于桩身底部，3号测点位于桩身上部。3号测点的位置由下而上依次是1#、3#。检测方法采用弹性波和声波透射技术，通过计算弹性波速度和声波振幅来计算桩身完整性。

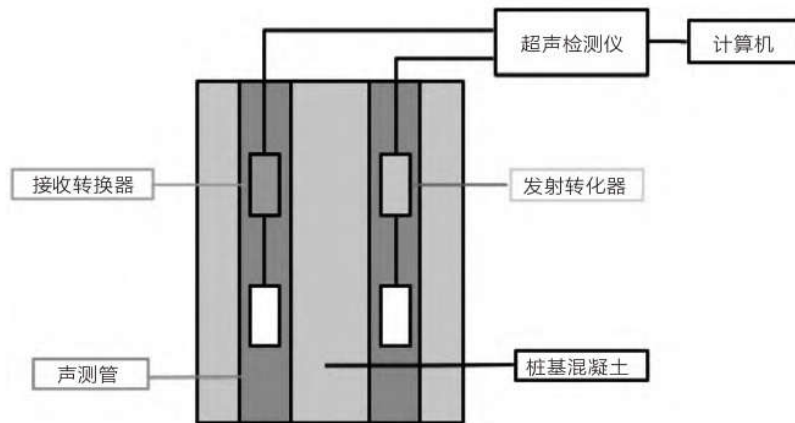


图2 超声波检测桩基混凝土原理

2.2 应用

2.2.1 铁路桥梁混凝土桩基检测准备

(1) 超声波检测管线埋设

超声探桩是在超声探桩过程中，作为能量转换装置的一条管道，采用超声探桩技术对铁道桥墩的砼进行无损探伤时，必须事先埋好探头。管道的主体材料要以金属为主，管道的接头采用螺旋接头，管道的内径不能比换能装置的外径小15毫米。一般情况下，为防止混杂物侵入管道，管道的密封部位一般不超过基桩300mm。声波检测管道的数目直接影响到检测结果的准确性和检测断面的数目。

(2) 超声波检测设备准备

在轨道交通中，对钢筋砼灌注桩进行无损检测的方法主要有声波探伤装置、能量转换装置、计算装置和检测管道等。在进行正规的测试之前，应该对超声波测试装置进行调整和调整，以确保测试中所包含的延迟时间和超声波传播时间等数据能够达到测试的要求和要求，并且能够达到测试的要求。

2.2.2 超声波检测技术工序实施

在进行轨道桥梁桩基础的不同断面的测试时，应该

首先进行平测，然后进行更为细致的加密平测、扇形扫测或倾斜检测等。在进行平面测量的过程中，必须确保超声波探伤设备和收发转换设备，在管道内同步进行。在进行倾角观测时，通过在管线上设置接收和发射换能装置，实现在管线上同步提升，在各探测部位探测出异常参数，实现对桩基础病害的精确定位。其中，扇扫描探测是在一定的位置上，对其他测量点进行扫描探测，并对它们进行扫描。在扇形扫描检测中，各个检测点的距离是有差异的，尽管可以利用转换的波速来进行对比，但是并不适合于超声振幅的对比，因此，人们只能根据相邻的检测点的波幅数据的变化，来进行分析和判断是否有混凝土的质量问题。

2.2.3 超声波检测参数结果测评

基于在各检测点上获得的波幅值、速度值等参数，建立相应的桩基标高与其相应的标高之间的关系，实现对桩的无损测量，并在此基础上进行分析计算，最终获得桩的无损评定结果。

(1) 利用超声波速指标对桩基础的砼质量进行评价

通过对试验数据的统计分析，得出了超声在不同介质中的传输阈值。质量达标的混凝土中，关键的超声传

速指标具有分散性,在决定关键的声速指标时,需要用标准差法和平均法来定义关键的两个指标,以免得到的平均法较低,导致资料缺失。

(2) 利用超声幅度指标对桩基础的砼质量进行鉴别

超声振幅的各项指标必须经过比较才能得到,通常有一半以上的振幅是从探测得到的。当阈值很小时,以6dB的平均水平为阈值,并以此阈值来判断该裂纹的特定区域。由于声波时间参量的改变,会使混凝土的厚度波形的坡度增大,而声波时间参量的改变可以反映出混凝土的厚度,因此,利用声波时间参量的改变,可以帮助判断出混凝土的厚度波形。如果一个探测点的坡度有很大的起伏,则可以判断出该坡度属于未探测区。

(3) 超声波的波幅、波速和PSD的参量评定

当一个水泥桩基检测点位被判断为波幅异常,并且为一个问题有待确定的时候,应该使用更细致的加密平测、扇形扫测或倾斜检测的方法来进行后续的检测,并通过振幅计算的数据来判断出问题的准确方向和级别^[5]。若超声波振幅、传播速度、深度曲线斜率等与其阈值相差过大,则需结合施工工艺、波形等资料,对其进行准确定位。当地震波速度持续下降到某一阈值以下时,还需要通过钻探取样的方法来测量其强度。

2.3 检测方法存在问题及解决措施

2.3.1 检测方法存在问题

目前,声波和弹性波在铁路桥梁桩基检测中的应用主要存在以下问题:(1)声波透射法的测试精度较低。由于采用了一系列的信号处理措施,使得在低频范围内的波速不能准确地反映桩身质量,只能将测试结果作为参考值。(2)检测结果与现场实际情况偏差较大。声波透射法往往只对浅部混凝土质量进行检测,而对于深层混凝土的质量检测则难以实现。(3)对钻孔灌注桩检测的结果不能反映其完整性。

2.3.2 解决措施

针对上述问题,结合多年的桥梁桩基检测经验,建议采用声波透射法进行桥梁桩基质量检测时,应注意以下几个问题:(1)选择合适的测试设备和发射频率。由于基桩表面相对光滑平整,声波穿透效应较强,而桩底相对粗糙,声波无法穿透。因此,宜采用高质量声波发射机对基桩进行检测。(2)采用多次发射接收技术实现多点测试。当采用多个发射接收点对同一桩进行检测

时,会造成测试结果不稳定,应采用多次发射接收技术以实现对基桩完整性的准确判断。(3)检测前要合理布置测试点。为了提高测试结果的准确性,要充分考虑测点布置情况。如声测管在各测点的布置密度应合理、均匀分布;声测管直径尽量接近基桩直径或桩长;当测管直径较小时,应适当增大测管间距;在声测管出口处应设置反射装置;尽量使用同一根测管完成多个测点的检测工作。(4)应加强现场测试人员培训及管理。做好桩基检测人员的岗前培训,并严格按照规范进行操作。

3 结语

1)弹性波与声波透射技术均是对桥梁桩基的有效无损检测方法,两者各有特点。在实际工程中,应根据不同工程的实际情况合理选择检测方法,并结合具体情况进行相应分析。2)在铁路桥梁桩基检测中,声波透射法更适合检测有孔的单桩和群桩,而弹性波适合检测单桩;声波透射法所需要的仪器设备相对较少,且检测精度更高。3)弹性波和声波透射技术对桩身混凝土的缺陷检测效果较好。但由于弹性波在传播过程中会产生衰减、叠加等现象,因此需要通过改变传播介质的方式来克服其影响,以提高检测效果。4)弹性波和声波透射技术在铁路桥梁桩基检测中存在局限性,其应用范围应根据工程实际情况选择合适的检测方法。在进行弹性波和声波透射技术检测时,应考虑到测点布置、仪器性能等因素,确保两者优势得到充分发挥。5)在对铁路桥梁桩基进行弹性波和声波透射技术检测时,应结合工程实际情况制定合理的研究方案。例如,在单桩检测过程中应重点关注低应变反射波信号,而在群桩检测过程中则应重点关注波速和波幅变化特征等。

参考文献

- [1]卜德双.铁路桥梁混凝土超声波检测技术在桩基检测中应用探析[J].工程机械与维修,2022(03):79-81.
- [2]陈亮.声波透射法在铁路桥梁桩基检测中的应用[J].广西城镇建设,2021(05):72-75.
- [3]曾润忠,金晨,胡文韬.基于一维波动方程的桩基完整性检测方法[J].铁道建筑,2020,60(06):101-104.
- [4]林克琴.低应变反射波法在桩基检测中的应用探析[J].福建建材,2019,(4):29-65.
- [5]韩小敏.声波透射法在基桩质量检测中的应用研究[D].武汉:武汉理工大学,2007.