

声波透射法在基桩检测中的应用

林 超

(广州建设工程质量安全检测中心有限公司, 广东 广州 510440)

摘 要 钻孔灌注桩的质量控制是一项复杂的操作,其目的是确定桩身可能存在的缺陷以及不同工艺制成的桩材的强度。桩身缺陷的存在以及桩身材料强度特性的降低,会导致建筑结构后续运营阶段的安全隐患。由于桩基材料的承载力不应小于地面的承载力,因此有必要严格遵守混凝土质量的设计强度值,以保证设计建筑有关使用寿命的可靠性。本文对声波透射法的原理和检测判断依据进行了探讨,并给出了工程实际应用,旨在为同类型的基桩检测工程提供参考依据。

关键词 基桩 声波透射法 检测

中图分类号:P62

文献标识码:A

文章编号:1007-0745(2022)11-0010-03

1 前言

随着科技的不断发展和国家对基础建设的大力支持,我国住宅建设日益增多。桩基作为房屋的基础部分,随着工艺的不提高已经朝着超长、大直径桩施工的方向进行发展,因此钻孔灌注桩这种桩基施工方法备受施工方青睐。由于钻孔灌注桩制造过程的多阶段和复杂性,以及其结果对人为因素的依赖性,在钻孔灌注桩中会出现各种缺陷:无混凝土区、孔隙、混凝土强度下降、天然土夹杂等^[1]。在制造过程中,由于桩基在长度、连续性、形状、直径、混凝土强度等设计特性上的偏差,导致桩基承载能力的损失和桥梁、基础的沉降,甚至是建筑物和结构的破坏。传统的静荷载桩试验、高应变动力试桩作为最具代表性的试验,只能确定桩的承载力,无法保证桩作为钢筋混凝土结构的质量,这也是国际标准对钻孔灌注桩钻孔完整性控制的原因^[2]。因为直接检测的方法包括传统方法的桩基检测、取样和实验室的后续检测等方法,不但耗时而且昂贵。因此,有必要研究一种价格低廉并且不会破坏混凝土结构的检测方法,以方便快速了解桩基的完好程度。

桩安装质量的主要要求是:符合几何参数、混凝土连续性和混凝土强度符合声明参数^[3]。世界范围内的实践提出了对此类结构进行质量测试的各种方法,几乎所有这些方法都基于两种方法:声波检测和反射波检测^[4]。低应变反射波法由于发射能量低,遇到缺陷衰减快,不利于测试深大桩基。声波透射法因其不受桩长、桩径条件限制,结果直观可靠而广泛应用于混凝土基桩检测。本文阐述了声波透射法检测的原理,讨论了

检测数据的处理和评判依据,并利用工程实例进行了分析。

2 声波透射法检测的原理

声波透射法是指利用声波的透射作用,对材料的整体完好性进行检测,并可以直接基于反射波形得到相对准确的检测结果^[5]。当声波通过非均匀性材料时,反射波形会产生一定的变化,从而可以根据其变化推断材料内部为何种缺陷,如破桩、夹泥、密实度不足等。该方法检测桩身构造完整性的基本原理为:通过声波脉冲发射器向混凝土中发射高频弹性脉冲信号,当波触及混凝土缺陷后,由于波在缺陷内部透射与反射,可明显减少所收集到的透射能量。当建筑物内部存在结构疏松、蜂窝、空洞等严重问题时,就会出现声波散射和衍射,而通过波形的第一波的频率、波形的功率衰减特征、时间变化规律以及波形畸变情况等,就能够得到该部位建筑物的结构密实性数据以及不同侧面、不同层次的声波特性。这样就可以得出混凝土参考强度以及内部缺陷的所有位置信息和特征。

3 检测数据处理与判断

3.1 声速概率法

混凝土由于自身特性而具有不均匀性,因此声速测试的数值会出现符合正态分布的离散。但在混凝土缺陷处会导致声速降低而出现不符合正态分布的异常值。因此,确定声速临界值时应该基于其平均值和标准差,否则可能导致由于声速平均值过小而被误判的情况出现。声测值的平均值、标准差、变异系数计算如式(1)~(3)。

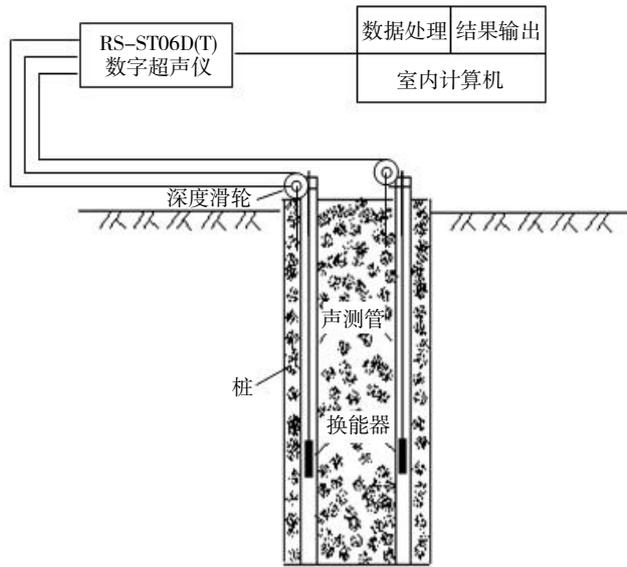
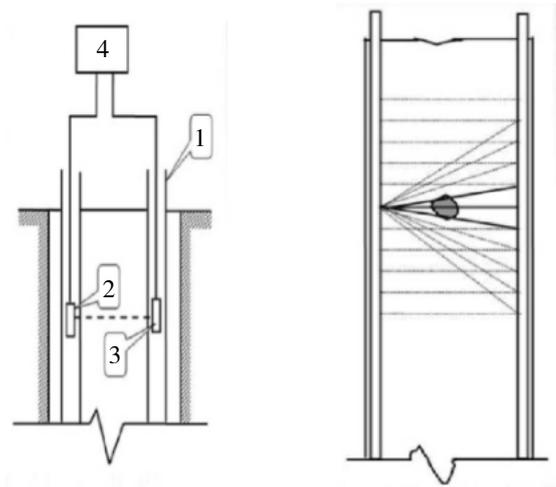


图1 基桩声波透射法检测示意图



1- 声测管 2- 发射换能器
3- 接收换能器 4- 超声波检测仪

图2 桩声波传播检测示意图

$$V_m = \frac{1}{n} \sum V_i \quad (1)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum V_i^2 - nV_m^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$C_v = \frac{S_x}{V_m} \quad (3)$$

式中 V_m 为声测值的平均值； V_i 为第 i 个测点的声测值； n 为测点数； S_x 为声测值的标准偏差； C_v 为声测值的变异系数。

当声测值不大于 V_0 时，该数据予以剔除，直到剩余的数据均大于 V_0 时， V_0 作为异常判断临界值 V_c ，按式(4)计算。

$$V_0 = V_m - \lambda S_x \quad (4)$$

式中 λ 为参数，由中值滤波检测值查表得； V_0 为声速异常判断值。

3.2 PSD 判据

在现场测试中，可能会受诸多因素的影响，不同桩号的钻孔灌注桩内混凝土的均匀性具有一定的差异性，因此声波接收的时间也是相对离散的，并且考虑到钢筋笼的影响，声测管可能存在一定的位移，这会导致实际测量值产生或大或小的波动。针对上述问题，通常采用 PSD 方法，其计算方法见式(6)。

$$PSD = \frac{(t_i - t_{i-1})^2}{z_i - z_{i-1}} \quad (6)$$

式中 t_i, t_{i-1} 为相邻两个测点的声时值； z_i, z_{i-1} 为相邻两个测点的深度值。

4 工程实例

4.1 仪器设备

检测仪器设备采用武汉岩海公司制造的 RS-ST06D(T) 非金属声波检测仪(编号 JM018)、跨孔换能器 $\Phi 25$ 等。检测仪器设备现场连接如图 1 所示。

4.2 工程概况

本工程位于 K0+460~K0+500 段混凝土钻孔灌注桩，设计桩长 37.507~44.507m，桩径为 $\Phi 1200$ mm，设计混凝土强度等级为 C40，桩端持力层为中风化砂岩。

4.3 检测方法

4.3.1 混凝土桩声波传播检测方式

根据声波换能器通道在桩身布置，采用桩跨孔传播的检测方法，桩声波传播检测示意图如图 2 所示。

4.3.2 声波管道铺设要求

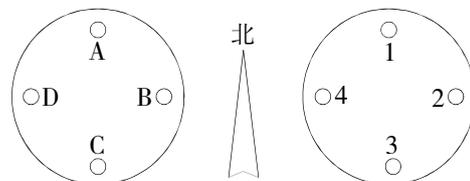


图3 声测管埋管分布示意图

灌注桩中加设声测管具有严格的要求，过少会导致检测的有效范围降低，甚至无法有效地判断桩基质量，对工程带来重大安全隐患；声测管数量过多，尽

表1 桩身质量完整性检测结果表

桩号	桩径 (mm)	测试深度 (m)	测面	平均声速 (km/s)	声速异常判定值 (km/s)	声速标准差 (km/s)	变异系数 (%)
QL1	1200	30.23	AB	4.345	3.935	0.107	2.5
			AC	4.428		0.182	4.1
			BC	4.197		0.141	3.4
QL2	1200	31.13	AB	4.383	4.180	0.111	2.5
			AC	4.504		0.113	2.5
			BC	4.519		0.094	2.1
			AC	4.379		0.099	2.3
			BC	4.318		0.086	2.0

管会提高检测精度,但是这需要增加更多的经济成本。此外,对于一根灌注桩来说,声测管数量增加意味着桩内混凝土含量减少,这可能会导致设计承载力无法达到要求。《建筑基桩检测技术规程》中规定了 $D>2000\text{mm}$ 时,应埋设4根声测管。声测管编号以正北方向顺时针开始第一根管为A或1,并依次编号为A、B、C、D或者1、2、3、4,声测管编号见图3所示。

4.4 现场实测

所测试基桩桩径1200mm,根据规范要求应埋设3根声测管。声测管编号分别为A、B、C点,声测管按等边三角形均匀布置(构成3个声测剖面)。测量两相邻声测管外壁间的距离,数据如下:A-B剖面测距730mm,B-C剖面测距730mm,A-C剖面测距730mm。

对QL1桩和QL2桩通过声波透射法进行测试,本工程桩身质量检测结果如表2所示。

通过表1各个参数可知:A-B,A-C,B-C剖面各个参数没有发现异常,且三个剖面形均不存在畸变,因此,根据规范可以将QL1号桩评为I类桩。同理,通过表1可知:A-C、B-C剖面于0.2~0.4m处测点声学参数异常,有轻微缺陷,桩身基本完整。根据规范将QL2号桩评为II类桩。

5 结论

桩基础是减少建筑物沉降的有效方法之一,钻孔灌注桩桩身的质量直接影响工程的安全运营。声波透射法是如今基础工程中应用最广泛的无损检测技术之

一,掌握声波透射法的原理和使用对工程实际具有重要作用。本文通过对声波透射法的理论阐述以及实际工程的运用,得出以下结论:

1. 实测QL1桩为I类桩,QL2桩为II类桩。试验结果真实有效,一定程度上避免了使用完整性不符合要求的桩,防止工程事故的发生。

2. 在目前的无损检测方法中,声波透射法对于缺陷部位具有较高的敏感可靠性。特别是对于多个缺陷桩,可以在不相互影响的情况下,准确地获得每个缺陷的位置及严重程度。

参考文献:

- [1] 张逸. 围护桩钢筋笼焊接质量对基坑工程性状的影响[D]. 杭州:浙江工业大学,2020.
- [2] 马建,孙守增,芮海田,等. 中国筑路机械学术研究综述·2018[J]. 中国公路学报,2018,31(06):1-164.
- [3] 张勋,黄茂松,胡志平. 砂土中单桩水平循环累积变形特性模型试验[J]. 岩土力学,2019,40(03):933-941.
- [4] 王凌波,王秋玲,朱钊,等. 桥梁健康监测技术研究现状及展望[J]. 中国公路学报,2021,34(12):25-45.
- [5] 张文亮,辛公锋,宋雷,等. 混凝土非均匀性对声波衰减作用的模拟分析[J]. 科学技术与工程,2022,22(21):9044-9053.