

科技研究

声波透射法在桩基检测中的应用与研究

孟洋

中国建筑第八工程局有限公司东北公司

DOI:10.12238/jpm.v6i4.7913

[摘要] 桩基施工质量直接关系到整个工程项目的整体质量。为保证桩基础的工程质量，必须采用声波法对其进行无损检测。超声波透射法是基于超声波特有的频率和方向性等特点，对桩身进行无损探伤。当超声波通过裂纹或孔隙时，将产生的声波作用于裂纹上，并将裂纹与反射的信息直接反应在其幅值与速度上。利用超声检测技术，使工程技术工作者能够更好地掌握工程场地及工程质量状况，进而对桩基础的整体性能进行评价。即使是刚浇筑完的砼，也能利用声波法对桩身的完整性进行检验，使桩身的工程质量得到预先检验。声波传播过程中存在着多个环境因子，这些因子对声波的影响非常大，为了保证试验的精度，对数据的收集与处理提出了更高要求。

[关键词] 声波透射法；桩基检测；应用

Application and research of acoustic wave transmission method in pile foundation detection

Meng Yang

China Construction Eighth Engineering Bureau Co., LTD.Northeast Company

[Abstract] Pile foundation construction quality is directly related to the overall quality of the whole project. In order to ensure the engineering quality of the pile foundation, the nondestructive testing must be conducted by acoustic wave method. Ultrasonic transmission method is based on the unique frequency and direction characteristics of ultrasonic. When the ultrasonic wave passes through the crack or pore, the generated sound wave is applied on the crack and directly reacts the information of the crack and the reflection in its amplitude and velocity. Using the ultrasonic detection technology, the engineering and technical workers can better grasp the engineering site and the engineering quality status, and then evaluate the overall performance of the pile foundation. Even if the concrete is just poured, the integrity of the pile can be tested by the wave method, so that the engineering quality of the pile can be tested in advance. There are several environmental factors in the process of acoustic wave propagation, which have a great influence on the acoustic waves. In order to ensure the accuracy of the test, higher requirements are put forward for data collection and processing.

[Key words] acoustic wave transmission method; foundation pile detection; application

在国家的经济和科技的不断发展下，建筑工程的施工工艺、以及测试技术都有了很大的革新和发展，而目前在施工项目中使用的最多的就是声波传输技术。对声波法在桩基质量检验中的运用进行了探讨，望能为国内施工单位的健康发展，获得较大的经济效益。

一、声波透射法检测桩基质量的原理

1. 声波在混凝土中的传递特点。作为一种包含多元组分的混合物，其内部结构与普通建筑材料相比更为复杂，给其施工

过程中的质量检验造成了很大困难。目前采用的方法对钢筋混凝土进行测试时，存在着不同的测试效果，且存在多次反射现象，且与混凝土集料含量直接相关。所以，为了充分利用声发射技术对钢筋砼结构进行有效的探测，必须选择低频率的声波来进行探测，从而保证了在砼内部的声波能够被正确地接受。

2. 混凝土声波透射法检测中的声波。目前，对于桩基础的质量监测，一般都是以脉冲声为主，以超声探测为主。由于其周期性、断续发射、持续期更短等特性，使得其比单一频率声

波更为复杂,可提高探测的科学性。尽管基于脉冲声探测的声传输法因其复杂程度可以有效地提升探测效果,但由于余弦波在混凝土内部的传输速率差异,使得其在远距离情况下很可能出现频率失真,从而降低了对其探测的效果。

3. 声波透射法检测技术。目前,利用声波法对桩基础进行探测的方法有三种:第一种是钻孔内钻孔的方法。对于桩基,在已完成上部结构、埋设检测管线的情况下,利用桩外透视方法检测桩的施工质量,是一种行之有效的办法。为确保该方法能够高效地实现监测目标,探测通道必须靠近桩基础外部,选择不会对桩基结构、安全性和整体施工质量产生不利影响的区域,确定探测孔道的准确定位。本项目针对沉桩施工过程中,桩身内部土体中存在的声传播速率急剧下降的问题,提出了在桩端布置高能量的平板传感器,利用该传感器将桩身内部土体由上向下传递的声波以慢速传播的方式传递出去,充分吸收与土体之间的耦合性,从而实现对桩身内部土体的有效探测。但是,目前的桩身管测试方法受限于测试距离和测试设备的使用频率,不能全面检查整个桩的结构,仅能判定断裂的桩和层间的状态。二是单孔堆内渗透试验。在仅有一孔桩的情况下,桩中的单孔透射法可以用于对桩的质量进行检验,并将其用于桩心采样后,以其为主的检验方法。为保证桩的质量而进行的更深层次检查。采用隔音材料将测试装置和被测物体隔绝开来,然后将声波通过传感器送入到混凝土桩中,并通过反射、折射等多种声参量,通过声波在混凝土中的滑移和折射来实现对混凝土桩的质量检测。与跨孔声波探测相比,桩身内部的单孔透射法更为复杂,获得的声波数据更为丰富,所以在采用该探测方式的过程中,需要将其与信号处理手段结合起来,从而提高探测结果的科学性。三是在桩身内部进行贯入试验。在桩基础中预留两个或更多个声波导管,使接受与发送传感器可以被合理地分离布置。在测试过程中,通过发送传感器产生的声波穿过混凝土桩,然后通过传感器采集并分类,最后得到实际的桩身质量和相应的参数。目前,我国基桩检测技术主要局限于受、传两个方向,且存在着方位上的差别。通过对目前比较常用的声波法进行分析,可以看出,这种方法是一种比较成熟、可靠、实用的技术,具有一定的实用性和实用性,具有一定的推广价值。因此,在对混凝土桩基础进行测量之前,必须保证测量管道的准确定位,这样才能保证测量结果的准确性和可靠性。

二、声波透射法在桩基检测中存在的问题

1. 声测线未对齐对测试结果的影响。在现场检查期间中,检验人员往往会以为两条不同的声波测定直线仅在同一直线上,这样就不会对测试的结果造成微小的影响。声波测试中,声波检测每隔 20 厘米就会重复一遍,使得检测过程中两条声

波测试线路难以相互配合,从而造成检测过程中两条声波测试线路的错位。在测量中,由于两个及多个声道不同步,导致测量值错误,或到达某一测量高度后产生错误。此外,测试人员在测试期间如果没有随时 4.0 km/s 时,则两根管子之间的有效距离将会随海拔而改变,分别为 500, 600, 800 和 1000 毫米。若两根声波管道的刻度有差异,则检测过程中所得到的检测结果也会发生改变,从而造成两根声波管道的间距偏离真实情况。根据各测点的间距,求出各测点的间距,求出各测点的传播距离,进而求出被测波的传播速度。波速必须与 4.0 km/s 的原始预测波速进行比较。

2. 系统延迟时间的设置会对测试结果造成影响。按照特定的桩基检验工艺规程,在进行野外勘察时,必须对其进行标定和调试,不能发生任何延误,因为在进行野外勘察时,检验人员往往不对其进行标定。此外,在进行测试的过程中,测试机上有时会配置多条测试线,也就是换能器。一旦测试中使用不同的换能器,就会导致系统测试期间出现延迟,造成系统测试结果精确性下降。同时,测试的声速数值也会发生改变。举个例子,如果测量结果与预设值相差甚远,则声速数值测试也将因此而改变。反之,当实际测量得出的数值就会明显大于设定数值,那么声速值和测量误差将随着声音的时差而变化。

3. 管距测量不准确对测试结果的影响。在进行声波测试时,必须在测试之前通过对桩身表面进行测试,并将其记入设备中,并对相应的声波速度作相应的记录。在检测时,若发现声波导管之间的间距不对,则会影响最后检测的准确度。比如,当声波导管间距 600 毫米,试验的持续时间一般是 150 us 时,则表明声波导管的导管间距的测定有错误,从而使导管间距的效应使桩身试验的结果产生偏差。

4. 声测管不平行的影响。在灌注混凝土前,桩基钻孔完成后,若干个声波测试管道可采用钢筋笼或其它实际手段预先埋设。声学导管是换能器中接受并传递声波的一个关键途径。首先,声音测量管道中的水需要被灌满,作为主接头。在适当的时间范围内,可以利用超声检测器对纵向和一定的角度进行采样。采集到的声波数据可以被详细地分析,评价和处理。最终获得了物体的阴影区域,位置,以及对物体的完整度进行评价。声波在声波传播中是一个十分关键的参数,它不仅与声波传播的时间有关,而且还与声波传播的距离有关。所以,在测量过程中,一定要保证一定的平行度,不会对试验的效果造成很大的影响,有时还会造成试验的失败。若声波导管为竖直且相互平行,则声波导管间的间距应以普通测点为准。但若管道不是平行放置,声波测量范围会随着距离的改变而改变,造成测量误差。若两根管子不是平行的,则会在某种程度上对测量结果产生影响。

三、声波透射法在桩基检测中的应用对策

1. 规避声测管干扰。在此基础上，应根据具体工程条件，选用合适的检测手段，以避免对管道检测产生的影响。比如，一个改建工程中，4根桩的直径分别为150，200，100，120厘米，主要桩径120厘米。若采用声波法对基桩进行检验，会发现管波的干涉。尤其是在距桩基6米以内，对声波法探测信号的干扰尤为突出。依据工程规范及业主提出的各项要求，对管道进行多次检测，发现管道内有较多的油垢，并有较大渗漏。分析认为，由于在试验中加水后，由于防锈剂过量，造成了管道内的含水量较高，从而对检测的精度产生了较大的影响。

2. 排除声测管接头影响。按照国内有关的超声测试规范，在对砼质量进行检验时，必须对管道内的噪声进行消除。特别是在某些重大建设工程中，常采用多根管道同时测量桩身质量。为此，必须要对桩身的检查区域进行适当的控制，并根据不同的桩身厚度来确定其质量。这是由于，超声检测装置只能对试验管进行调试，当变换装置改变时，试验结果也会随之改变。这主要是由于在探测过程中，存在着很大的噪音，使得探测到的声波速度也随之改变。因此，高、低级别的探测资料都会发生变化，从而对探测的精度产生很大的影响。为了防止试验中出现误差，必须排除管道连接件对测量精度的不利影响。根据实测资料，分析了等效振幅的变化规律。若波形有突变，则应考虑声波导管的连线。其它测定的结果可参照测定管子的装配资料。

3. 规避弯曲声测管干扰。在声波法中，基桩的无损探伤往往需要使用不锈钢探针。由于不锈钢探针是一种专用的辐射式传感装置，它的集流环对测量结果的影响非常微小，几乎可以忽略。因此，在工程勘察中，受工程建设的影响，管道声波测量的测量值存在很大的误差。当声波侧导管发生挠曲时，其输出的回波不稳。若不能确保探测波的常态，则会极大地影响探测的准确性。为减小管道的弯曲效应，应尽量减小管道的弯曲度，若管道在检测时产生较大的弯曲，则表明检测结果与设计要求相差甚远。因此，必须在试验时尽可能地避开试验曲线，因为试验曲线一发生，就会使试验段的长度大大减少，从而避开预定的试验区间，为后续的空桩试验打下良好的基础。反射的回波误差一定要比实际的测距要小，而且一定要超出规范。所以，在评价头发根部质量时，往往会产生较大的误差，而不能把它作为评价头发根部瑕疵的一个客观指标。所以，在试验之前，必须对测声筒的状况进行检测，以防止使用时产生的干扰。

4. 及时更新检测设备。声波法是一种对基桩进行无损探伤的方法，它的检验方法比较简便，是根据检验人员以往的工作经验进行的。但是，检测仪器的好坏也会影响检测的准确度。

在特殊工况下，试验人员必须对试验仪器进行多次校验，并对试验装置进行升级，以提高试验结果的准确度和准确度。目前市场上通用的测试装置包括：中研技术 RSM-SY6 型，RSM-SY7 型，德图仪表 SUT-PIT 型，建研技术 BR-PST 型。该仪器具有更好的探测精度，可以将工作电压维持在 500 V/1000 V，高通工作在 10 kHz 以上，在 30 kHz 以下。该方法可以将信号的时延范围从 10 到 65535975。为了消除人工错误，采用了一种内置的锂电池的全自动测深仪，极大地加快了探测的速度，并且具有自动解译的功能，可以精确地读取声波的数值，可以在野外进行较长时间的工作。另外，为了便于在较复杂的工况下工作，还预留了一个外接电源接口，具有一定的推广应用价值。

四、桩基检测技术的应用

1. 声波透射法检测技术的应用。超声透射法是一种利用超声传播特征、检测桩身内部损伤的方法。上世纪 70 年代，声波传导法就能根据这一特征对水泥桩进行质量判别。在修建铁路，修建住宅，修建道路等方面，也被广泛应用。在科学技术手段不断提高的今天，现有的 AE 技术已经具备了强大的资料处理与分析功能，能够依据辨识出来的资料，对工程中出现的问题进行成因及位置查找，从而为工程施工的质量保障。

2. 采集方法的具体选择。在实际应用中，声波透射检测法通常在检测过程中使用水平测量（即在同一水平上同时测量接收传感器和发送传感器），以确保水平测量通道不超过 100m m。尤其是在提升测量高度的过程中，提升的速度的速率不能超过 0.5 米/秒，以确保试验波形的稳定。当出现部分偏离时，应通过增大检测值来减小首次检测的间距，进而减小缺陷的尺寸和面积。应该尽量避开由于仪器的原因而造成的测定错误。在这个程序中，步长可以调节到 50 毫米，之后再行测量。若发现有不正常之处，应经交叉检验，CT 及其它影像学检查，以判断缺损程度。扇区扫描必须保证两个换能器的横向角度在 40 度以内。

总之，声波透射法桩身完整性检测中准确度较高，声波异常信号与实际缺陷部位呈现出较高的一致性，其检测结果与钻芯法形成良好的一致性，特别对于桩身深部缺陷，显示出比低应变反射波法更强的缺陷信号反应能力。在基础埋深较深的项目中承载力检测一般在自然地面进行，完整性检测在设计标高进行（坑底）进行，存在着检测的随机性难以保证和完整性检测相对滞后等问题，从而增大了工程的质量风险。

【参考文献】

- [1]赵利堂.声波透射法在桩基检测中的应用.2022.
- [2]魏黎明.关于声波透射法在桩基检测中的应用研究.2023.