

超声波透射法在公路桥梁基桩检测中的应用

薛记鲁

(东汇检测认证集团有限公司, 山东 济南 250000)

【摘要】 为了确保公路桥梁工程的安全, 准确地判断其承载力, 必须对其进行检测。首先, 从理论上分析超声波透射法的理论基础及适用范围, 并以某高速公路为实例, 探讨超声波透射法在公路桥梁基桩检测中的应用要点, 避免由于人为因素引起的测量误差, 为同类公路桥梁基桩检测提供借鉴。

【关键词】 超声波透射法; 公路桥梁; 基桩检测; 应用要点

随着我国公路网规模的扩大, 公路建设的压力也日益增大, 在建设中既要确保工程质量, 又要确保工期。桥梁是高速公路建设中无法避免的建设热点与难点, 同时也为混凝土灌注桩在桥梁工程中的广泛使用提供了机遇, 对保证公路桥梁工程的安全与质量具有重要意义。所以, 非破坏性检测技术也随之进入了公路桥梁的检测领域, 尤其是超声波透射法的应用最为广泛。超声透射技术能够实现对某一部位的局部探测, 通过准直透射的方式, 揭示冲击过程中的缺陷, 精确地判断出目标的位置, 从而为桩基检测的精确预测提供非常可靠的判断依据。

一、超声波透射法的基本原理和应用范围

(一) 公路桥梁基桩检测采用超声波透射法原理
拟在桩身内部埋设若干根管道, 在管道中沿着探头逐点探测, 通过声学参量的改变, 实现对桩身缺陷及桩身完整性的评估。通过在待测桩体内预先埋置两个或多个竖直平行的管道, 并在管道内引入一定数量的清水, 再将超声脉冲发射装置与接收装置置于声测管中, 利用超声波仪器激励发射产生波动的换能器。之后, 超声波通过桩身, 通过混凝土, 传递到接收传感器, 在此过程中, 超声波脉冲到达桩身缺陷处, 使其发生波形改变, 从而判定桩身是否存在缺陷, 为后续检测提供了便利, 当检测地基桩身存在缺陷时, 可从该波形的改变进行判定。当混凝土局部出现蜂窝状结构时, 超声辐射将使其发生散射、衍射, 并对含缺陷部位产生不同的频带响应。

(二) 超声波透射法适用范围公路桥梁基桩检测

按照 JTGT3512-2020《公路工程基桩检测技术规程》中所述, 当桩基长度小于 40 m 时, 需使用超声

发射法(超声波透射法), 要求桩径大于 2 m, 桩长大于 40 m。低应变法是一种有效的检测方法, 但因其直径不能满足超声探测的基本条件, 导致在射出超声后没有足够的传导通路, 所以可以用低应变法对桩身进行检测。在公路桥梁工程中, 当采用超声透射法进行基桩检测时, 必须根据工程的具体条件, 在桩前预埋预声测管, 直径小于 0.8 米的, 至少要安装两个, 大于 0.8 米且小于 1.5 米的, 要安装三个。按此顺序, 当直径更大和直径为 2.5 m 时, 埋置声导管的数目也相应增大。

二、基桩检测超声波透射法类型

(一) 桩内的单孔透射

在工程桩基施工过程中, 因多种原因, 可能只有一条通道可供检测, 这时可在其孔中放置传感器, 并用隔音材料对传感器进行隔离。该传感器在发出超声波后, 通过耦合水流到达孔壁表面, 在其表面滑动, 然后再通过耦合水返回接收式换能器, 从而获得声波在传输过程中的相关参数, 从而判定基桩的状况。

(二) 扇形扫测法

所谓的扇形扫测法, 就是在测试过程中, 将两个传感器分别放置在一定的高度上, 然后将两个传感器分别放置在不同的位置上, 使得两个传感器的运动轨迹呈扇形分布。有时可采用扇形扫测法, 以防止传感器波动太大, 对桩顶、桩底等部位造成影响, 不能用斜测法进行探测; 而且, 还可以用来验证和判断, 任何可能出现的异常。

(三) 桩内的跨孔透射

它是桩基地基检查中应用最多的一种方法。采用这种方法时, 首先要在桩体内安放两个或更多的声波

导管,向导管里注入清水,然后在两个导管中分别放置一个发射和接收换能器。超声波从发出的换能器中发出,通过两管之间的混凝土再回到接收的换能器中,根据实际情况,可以获得声波的参数,通过对其进行分析,获得对应的波形,从而可以判断桩的混凝土状况。

三、超声透射法用于公路桥梁基桩的检测。

根据超声波的传播与接收方式,可分为两大类:超声透射法和超声波回波法。超声波回波法。适用于要求材质相对均一,材质和介质对超声基本无影响。然而,超声透射法无需考虑介质,也可以应用于非均质材料如混凝土、钢筋等,因而在桥梁桩基础检测中多采用超声透射法。本课题以某公路为工程实例,通过对工程中公路桥梁基桩的超声波透射法进行测试,对超声透射法的应用进行了分析。

(一) 工程概况

某公路工程,全线为东西向,全长 83.579 km,其中有 11 座桥,全部为双幅桥,本工程上部结构采用多跨先简支后连续箱梁(简支 17 m、19 m、20 m、22.5 m、25.5 m、26.6 m、30 m、35 m),多跨现浇连续梁和(40+2×70+40)m 的连续刚构。根据桥梁结构特点,提出了一种新型的双柱墩和一种薄壁型实心墩,即高速中心分隔带主墩采用薄壁墩,跨高速采用现浇连续梁墩,其余均采用柱型墩,墩顶最高可达 27.4 m。基础分柱桩和群桩基础(基桩+承台)两种,柱桩用于柱式桥墩,而群桩基础用于薄壁桥墩。其中,漠阳江大桥是世界上最长的桥梁,主桥桥墩为 61 米,桥墩长度为 40 米。在 3# 桥墩 2# 桩基础施工中,利用 RSM-SY5 型声源仪对桩基进行了测试。

(二) 超声波透射法检测应用要点

1. 基本要求。拟通过对 11 座桥梁的综合分析,以每一座桥为一个检查单位,逐一进行检查,确保每一单元都能在一一定的时限内完成检测。在试验过程中,要严格控制试验时间,当砼强度达 70%,并能承受 15 MPa 或更高的压力时,才能进行超声波探伤,直到混凝土浇筑完毕。针对公路桥梁工程的特殊要求,在桩帽基础开挖完毕、桩头拆除、声测管上部导管后,对桩基进行检测,一般情况下,待承台上的桩基浇筑 20 天后,才能进行超声检查。

2. 准备工作。(1) 预埋声测管。在埋设声测管

的基础上,对于 1.5 m 以下的桩基,必须预先埋设三个以上的声测管,对于 1.5 m 以上的桩基,需要预先埋设 4 个以上的声测管。(2) 检查仪器和设备。桩基础检验需要的仪器主要有超声波监测仪、换能器和显示系统等。在对桩进行检验之前,必须对有关的仪器进行检验。首先要对仪器本身进行检查,保证仪器处于良好状态;其次,对仪器进行试装,保证仪器在通电后仍能正常工作,保证检测工作的顺利进行。

3. 展开检测。在检测开始前,先对各个检测点的间隔进行设置,并输入待测试桩的有关设计参数,例如,本次检测的桩基是 3 号墩 2# 桩,则将此参数预先输入到检测装置中,并做好记录。在具体的检测中,可以根据基桩的平测法、斜测法和扇形扫射法等不同的桩基条件,选用适当的超声透射法,如有需要,还可以对桩基的平测法、斜测法、扇形扫射法等进行钻孔采样。(1) 其主要体现了平面测量的适用状况,在公路桥梁工程桩基检测中,平面测量是一种常用的检测手段,但是,当平面测量时,若发现了异常,则可灵活地采用倾斜式侧面反射或扇形反射法对其进行加密试验,以使检测结果更加牢固;若在平面测量中发现不正常,则在平面测量时,先将超声波发射器与接收换能器放置于 1、2 声管的底部,在同一标高下,超声波从下向上发出,按照预先设置的检测点间隔,同步打开接收换能器,检测接收超声波发射时超声波波长、声时、波幅、纵速等有关参数,在超声波发射时,每一个探测点声波信号都会被自动调整,最后生成超声波曲线。结合近年来在高速公路桥梁检测中的运用,掌握了超声成像技术对桩基混凝土病害的位置和类型进行分析的重要手段,可实现对各类病害的快速、准确的诊断,并能及时地提出相应的防治措施,保障公路工程建设的质量。(2) 斜测量法主要用来检验测试结果,在本工程桩的检验中,使用斜测量法的方法有两种。一是在设置收发转换器时,要注意将二者之间的高低间距拉开,发送转换器应高于接收转换器,最好是一步完成,然后将发射转换器置于可疑点之下 0.5 倍的桩半径上;二是将收发转换器互换,使其在发射传感器之上一阶左右,并在桩身半径 0.5 倍疑似点之下。但是,在使用斜测量方法的时候,一定要控制好步长,一般不超过 100 mm,在对发送和接收换能器的操作过程中,一定要控制好力度,尽量

保持匀速稳定同步进行，如果发现了有问题的地方，要对每个地方进行两次以上的检查，以确保测量的精度。(3)对于公路桥梁工程基桩的超声透射检验而言，扇形扫描是非常有必要的，它区别于平、斜两种方法，它是将两个传感器分别布置在两根桩上，一根桩固定不动，一根接一根地移动。该方法可以按照其他传感器的运动呈扇形扫描（每个检测点的位置是可以转换的），通过这种方法探测到的超声数据不应该互相对比，而是要关注一个邻近检测点的数据变化，通过对超声波纵向速度和声波信号幅值的变化进行分析，最后确定缺陷点。但是，用扇形扫描法很难确定桩身底面的缺陷，此时可通过加密的平面测量加以确认。

4. 数据处理。拟以基桩完整性为研究对象，利用超声波透射法对基桩进行检测，结合声时程、振幅、PDS~IJ 判据、主频判据、随时间变化规律演化的声速准则等，对测试结果进行数字化处理，得到基桩完整性、桩身缺陷等信息，准确判定基桩是否存在相应的问题，准确其是否会对公路工程的质量以及使用造成一定的影响；将基桩完整性划分为 4 类，通过以上方法对基桩整体质量进行判定，并通过以上方法判定基桩的完整性。

在基桩检测中，桩身混凝土强度的判定也是一项重要的参考指标，见表 1。比如，根据超声波的声波时间，可以对桩基的弹性进行判定，根据超声波的振幅，可以对桩基的黏结表面性质进行判断。将声波参数与实测结果相结合，形成了基桩总体质量的数据图表。

表 1 桩身混凝土强度判断依据

质量	声时	波幅	波形
完好	均匀，无突变	无大衰减	正常
离析	增大	有衰减	畸变
断裂	显著增大	明显衰减	严重畸变

基桩完好时形成的波形比较平缓，有一定的规律性，声波时间曲线也是平缓的，接近于一条直线，没有明显的曲折，这都表明了基桩的整体性能良好。

如果桩基间存在间隙，则超声透射法测量的波形曲线将非常不平顺，有时还会产生畸变，桩身内部存在许多孔洞，这是一种比较明显的桩基问题，当超声通过桩身时，由于桩身的作用，超声信号的声场强度

将大幅提高，其相对差异可达 10%-20%，并有不同程度的衰减。

当桩发生破坏时，会产生显著的波状群，此波形畸变严重，表明桩体内存在重大缺陷，例如部分岩芯破裂等，在此情况下，当声波到达此处时，其振幅将显著降低，最高可达 30% 以上。

通过以上测试，可以得到本工程桩的超声波声时-声速-声幅深度曲线，可以清楚地看到，3# 墩 2# 桩桩的声时-音速曲线和声速曲线都很稳定，波动情况也很小，没有发生显著的变化，因此可以判定 3# 墩 2# 桩桩的完整性为 I 级。

四、结语

公路桥梁的建设受到环境因素的极大影响，特别是在遇到复杂的地质情况时，会对施工质量和进度产生很大的影响。此外，主要公路桥梁的基础一般都比较大，埋深也比较深，所以建设的风险也比较大。但是，要确保公路桥梁工程的施工质量，对桩基的监控是必不可少的，文章通过对超声透射法在公路桥梁基桩检测中的具体运用，认识到超声波透射法在公路桥梁基桩检测中的特殊优越性，可快速、准确地对病害部位作出判定，从而达到高精度、高安全的目的。因此，本文提出了采用本方法进行检测时，要注重对相应的仪器进行规范的操作，避免由于操作不当而造成的测量准确度不高，从而影响测试结果，从而有效地保障公路桥梁工程的施工质量。

参考文献：

- [1] 沈克义. 超声波技术在桥梁施工检测中的应用 [J]. 工程技术研究, 2018, 3(3): 59-60.
- [2] 龙建旭. 探讨桩基检测中桥梁混凝土超声波检测技术的应用 [J]. 中国建材科技, 2019, 28(3): 16-17.
- [3] 兰明. 基桩声波透射法检测的工程渡槽应用研究 [J]. 黑龙江水利科技, 2020, 48(1): 172-174.
- [4] 桑明丽, 吴欣, 周丽霞, 张涛. 某工程桩基检测中混凝土缺陷的原因分析及处治 [J]. 江西公路科技, 2020(3): 37-40.
- [5] 李燕. 超声波透射法在桥梁桩身完整性检测中的应用 [J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(1): 104-105.
- [6] 赵赛雷. 桩基完整性检测中超声波透射法的应用 [J]. 黑龙江交通科技, 2019, 42(1): 129-130.