

超声波法在交通工程基桩完整性检测中的应用探讨

黄湖明 陈铭

温州信达交通工程试验检测有限公司 浙江温州 325105

【摘要】在交通工程建设过程中,由于地质条件复杂多变、施工工艺差异以及人为因素等影响,基桩在施工过程中会出现各种缺陷,若未被及时发现和处理,将严重威胁交通工程的长期使用安全,准确、高效地检测基桩完整性成为交通工程建设中的关键环节。超声波法凭借其独特的优势在交通工程基桩完整性检测中得到了广泛应用,能够在不破坏基桩结构的前提下,快速、全面地检测基桩内部的缺陷情况,为工程质量评估提供可靠依据。基于此,本文章对超声波法在交通工程基桩完整性检测中的应用进行探讨,以供相关从业人员参考。

【关键词】超声波法;交通工程;基桩完整性检测;应用

Application of Ultrasonic Method in Integrity Testing of Traffic Engineering Foundation Piles

Huang Huming Chen Ming

Wenzhou Xinda Traffic Engineering Testing Co., Ltd. Zhejiang Wenzhou 325105

【Abstract】In the process of transportation engineering construction, due to complex and variable geological conditions, differences in construction techniques, and human factors, various defects may occur in foundation piles during the construction process. If not detected and treated in a timely manner, it will seriously threaten the long-term safety of transportation engineering. Accurately and efficiently detecting the integrity of foundation piles has become a key link in transportation engineering construction. The ultrasonic method has been widely used in the integrity testing of traffic engineering foundation piles due to its unique advantages. It can quickly and comprehensively detect the internal defects of foundation piles without damaging the structure of the piles, providing reliable basis for engineering quality assessment. Based on this, this article explores the application of ultrasonic method in the integrity testing of traffic engineering foundation piles, for the reference of relevant practitioners.

【Key words】ultrasonic method; Transportation engineering; Pile integrity testing; application

引言

交通工程中的基桩作为支撑结构,其完整性和强度直接关系到桥梁、高速公路等基础设施的安全性和稳定性。传统的基桩检测方法虽然能提供较为准确的检测结果,但往往具有破坏性、耗时长、成本高等缺点。因此,无损检测技术特别是超声波法,因其非破坏性、高效性和准确性,逐渐成为基桩完整性检测的首选方法。

一、交通工程基桩完整性传统检测方法的局限性

(一) 检测范围与全面性局限

钻芯法是传统检测方法之一,它通过在基桩上钻孔取芯,对芯样进行直观观察和试验分析,以此判断基桩的完整性。该方法只能获取钻孔位置的基桩内部信息,对于钻孔之间的区域,无法确切知晓其状况,存在明显的检测盲区。由于基桩的完整性在不同位置存在差异,仅依据有限的钻孔芯样,难以对整个基桩的完整性进行全面、准确的评估。对于大直径基桩,若钻孔数量不足,即便在钻孔处未发现缺陷,

也不能排除钻孔间存在缩颈、夹泥等问题。开挖法虽能直接观察基桩一定深度的表面情况,但对于未开挖的深埋部分,依然无法检测,无法覆盖基桩整体,难以全面反映基桩的质量状况。

(二) 检测精度与可靠性问题

低应变反射波法利用弹性波在桩身中的传播特性来检测基桩完整性,但该方法受多种因素干扰,导致检测精度和可靠性受限。桩身材料的不均匀性、桩周土的性质以及桩长等因素,都会对弹性波的传播产生影响。长桩在信号传播过程中,信号会逐渐衰减,使得接收到的信号变得微弱且复杂,难以准确识别和分析,对于深部缺陷的检测精度大打折扣。当桩身存在多个缺陷或缺陷类型较为复杂时,反射波信号会相互叠加,增加了准确判断缺陷位置、程度和类型的难度,容易出现误判或漏判的情况,从而降低了检测结果的可靠性,无法为工程提供精确的基桩质量信息。

(三) 检测效率与成本问题

传统检测方法在检测效率和成本方面存在较大弊端,钻芯法操作流程繁琐,从钻孔设备的安装调试,到钻孔取芯、芯样的加工与试验分析,每个环节都需耗费大量时间。对于

大型交通工程中的众多基桩，逐一采用钻芯法检测，将严重拖延工程进度。钻芯法所需的设备成本较高，包括钻孔设备、芯样加工设备以及检测试验仪器等，并且取芯过程中还因意外情况导致设备损坏，增加额外成本。开挖法同样如此，土方开挖与回填不仅需要大量人力物力，而且对周边环境影响较大，若基桩数量多或埋深大，成本将急剧上升，检测效率却极为低下，难以满足现代交通工程快速建设的需求。

二、超声波法在交通工程基桩完整性检测中的优势

（一）超声波无损检测的方法概述

按照超声波换能器通道在桩体中的不同的布置方式，超声波透射法基桩检测有桩内单孔透射法、桩外单孔透射法、桩内跨孔透射法三种方法。桩内跨孔法检测根据两换能器相对高程的变化，又可分为平测、斜测、交叉斜测、扇形扫描测等方式。现场的检测过程一般首先是采用平测法对全桩各个检测剖面进行普查，找出声学参数异常的测点。对声学参数异常的测点采用加密平测测试、斜测或扇形扫描等细测方法进一步检测，这样一方面可以验证普查结果，另一方面可以进一步确定桩身缺陷的位置及其严重程度，为桩身完整性类别的判定提供可靠依据。

（二）检测全面性与高效性

超声波法可实现对基桩全方位检测，在桩身预埋声测管，通过换能器在不同声测管间发射与接收超声波，能够获得多个检测剖面的数据。相较于部分传统检测方法只能检测局部区域，它能全面覆盖基桩内部，无检测盲区，可有效发现各处缺陷。该方法操作相对简便快捷。现场检测时，换能器沿声测管匀速下放，仪器自动采集数据，检测速度快。对于大规模交通工程的基桩检测，能在短时间内完成大量基桩的检测工作，极大提高检测效率，为工程建设节省时间成本，确保工程进度顺利推进。

（三）无损检测与对基桩影响小

超声波法属于无损检测技术，不会对基桩结构造成破坏。不像钻芯法需钻孔取芯，或开挖法需对基桩周边土方进行挖掘，这两种方法会削弱基桩的承载能力，影响其在工程中的正常使用。而超声波法仅通过声测管传播超声波来检测基桩内部情况，基桩的完整性和力学性能不受影响。这对于已建成或正在使用的交通工程基桩检测尤为重要，既能获取基桩内部质量信息，又能保证基桩在后续工程中的安全性和稳定性，无需额外采取修复措施来恢复基桩因检测造成的损伤。

（四）检测结果准确性与可靠性高

超声波在基桩混凝土中传播时，其声速、波幅、频率等参数会因混凝土内部缺陷而发生变化。通过精确测量这些参数，并运用科学的数据分析方法，如概率法、PSD判据法等，可准确判断基桩内部缺陷的位置、大小和类型。当基桩存在

夹泥、空洞等缺陷时，超声波传播路径发生改变，声速降低、波幅衰减，这些变化能在检测数据中清晰体现。多个检测剖面的数据相互印证，进一步提高检测结果的可靠性。与其他检测方法相比，超声波法在检测基桩完整性方面具有较高的准确性，为交通工程基桩质量评估提供可靠依据。

三、超声波法在交通工程基桩完整性检测中的应用要点

（一）资料收集详尽

设计图纸包含了基桩的关键信息，如桩径决定了超声波检测时的传播距离与信号覆盖范围，桩长则影响着检测过程中信号的衰减程度，混凝土强度等级与超声波在混凝土中的传播速度密切相关，这些参数为后续检测方案的制定提供了理论依据。施工记录同样不可或缺，它记录了基桩从成桩工艺到混凝土浇筑的全过程。成桩工艺若采用钻孔灌注桩，需关注钻孔过程中是否出现塌孔现象，这导致桩身局部夹泥或缩径；钢筋笼制作与安装细节，如钢筋间距、长度等，影响着混凝土的包裹性和基桩的整体性能；混凝土浇筑过程中的浇筑速度、高度变化等，若出现中断或异常，引发断桩等严重缺陷。

（二）仪器精准校准

在每次检测前必须依据相关标准规范，对超声波检测仪及换能器进行严格校准。校准过程中，使用标准试块是关键步骤。标准试块具有已知的精确尺寸和声学特性，通过将仪器在标准试块上采集的数据与试块的实际参数进行比对，能够准确校准仪器的声时、声速、波幅等重要参数。定期对仪器进行全面的维护保养，检查仪器的硬件设备，如线路是否老化、接口是否松动，避免因硬件故障导致检测数据异常。对仪器的软件系统进行更新和优化，保证数据处理算法的准确性和先进性。校准后的仪器在检测过程中，能够稳定且精确地发射和接收超声波信号，为获取准确的基桩内部信息奠定坚实基础。

（三）声测管规范埋设

声测管的规范埋设是在桩身周边的布置需严格按照设计要求执行，数量和间距的确定要综合考虑基桩的直径、长度以及检测精度要求。均匀布置声测管能够保证超声波在基桩内形成有效的检测网络，全面覆盖基桩内部各个区域，避免出现检测盲区。埋设过程中确保声测管垂直至关重要，若声测管倾斜，会导致超声波传播路径发生偏差，使得检测数据出现误差，进而影响对基桩完整性的准确判断。声测管底部必须密封良好，防止在混凝土浇筑过程中泥浆或杂物渗入管内，堵塞管道，阻碍换能器的顺利下放以及超声波信号的正常传播。顶部加盖保护，可避免施工过程中其他物体掉入管内造成损坏。

（四）换能器安装与下放

安装时务必保证换能器牢固地固定在检测装置上，与声

测管内壁实现充分耦合。在基桩检测中通常于声测管内使用清水,清水能使超声波信号在换能器与桩身混凝土之间较好地传输。在换能器下放过程中,速度要保持匀速且缓慢。过快的下放速度导致换能器与声测管内壁发生碰撞,不仅会损坏换能器,还使换能器位置发生偏移,导致采集到的信号出现偏差。要精确记录换能器下放的深度,通过在检测装置上设置清晰的深度标记或借助高精度的测量仪器,确保检测数据与桩身实际位置能够准确对应。

(五) 检测剖面合理选择

圆形桩的检测剖面的选择需综合考量实际情况,在常规情形下可选取相互垂直的两个直径剖面进行检测,这样能够从两个正交方向获取基桩内部信息。当桩内布置3根声测管时,通常不会选择垂直直径剖面。因为此时按三角形分布的声测管所形成的检测剖面基本能覆盖桩身主要区域,同样可实现对基桩质量的有效检测。方形桩的检测剖面选择更为多样化,除了两条对角线剖面,还应选取两条垂直边线剖面。对角线剖面能够检测到桩角及对角线上的缺陷情况,而垂直边线剖面则可重点关注桩身侧边的完整性。这种多剖面的检测方式能够全面覆盖方形桩的各个部位,提高缺陷检测的概率。对于大直径桩或在交通工程中处于关键部位的基桩,由于其承载能力和稳定性对工程影响重大,适当增加检测剖面数量是必要的。可在原有剖面基础上,每隔一定角度增加一个检测剖面,进一步提高检测的覆盖范围和精度,确保能够及时发现基桩内部存在的各类缺陷,为交通工程的安全建设提供有力保障。

(六) 参数设定科学合理

发射电压需依据基桩混凝土强度与桩长来确定,对于高强度混凝土或较长的基桩,需提高发射电压,以确保超声波具备足够能量穿透基桩,使信号能顺利抵达接收端。若发射电压过低,超声波无法有效穿透基桩,导致接收信号微弱甚至无法接收,造成检测数据缺失。接收增益要保证接收到的信号幅值处于合适范围,便于仪器准确采集与分析。若增益过大,信号出现饱和和失真,丢失细节信息;增益过小,则微弱信号被噪声淹没,无法准确识别。采样频率也需根据基桩实际情况调整,较高的采样频率能捕捉到更细微的信号变化,适用于检测存在微小缺陷的基桩;而对于较为均匀、缺陷性较小的基桩,可适当降低采样频率,提高检测效率。

参考文献

- [1]叶时禄.基桩完整性检测技术在公路工程中的应用研究[J].运输经理世界, 2022, (34): 22-24.
- [2]任昊.基于超声法的基桩缺陷检测与分类研究[D].江苏大学, 2022.
- [3]王肖.桥梁桩基检测中混凝土超声波检测技术的应用[J].交通世界, 2021, (33): 65-66.
- [4]马学贵.超声波在路桥基桩检测中的优势体现[J].交通世界, 2021, (30): 30-31.
- [5]陈继岳.超声波法在基桩无损检测中的应用[J].黑龙江交通科技, 2021, 44(07): 247-248.
- [6]曹西文.超声波法在灌注桩检测中的分析应用[J].中国住宅设施, 2020, (12): 48-49.

(七) 数据采集规范有序

按照规定的测点间距逐点采集数据是全面获取基桩内部信息的关键,一般依据基桩类型、尺寸及设计要求确定合适间距。采集过程中,对同一测点应多次采集数据并取平均值。由于现场环境复杂,如施工振动、电磁干扰等,单次采集数据受偶然因素影响出现偏差。多次采集取平均可有效减少这种误差,提高数据稳定性与可靠性。操作人员要密切关注采集数据的变化趋势,一旦发现数据异常,如声时突然增大、波幅急剧下降等,应立即停止采集,检查仪器设备、声测管及换能器等是否正常,排查现场干扰因素,待问题解决后重新采集该测点及周边数据,确保采集数据真实、准确,为后续数据分析与基桩完整性判断提供可靠依据。

(八) 数据分析综合全面

概率法通过统计大量正常混凝土的声速数据,建立概率分布模型,以此确定异常数据界限,能有效识别出偏离正常范围的基桩部位,初步判断缺陷存在区域。PSD判据法对声速变化十分敏感,通过计算相邻测点声速变化率的平方,能突出声速突变位置,有助于发现基桩内部较小缺陷或缺陷边界。斜率法可根据声时或波幅随深度变化的斜率,判断基桩内部缺陷的大致位置与严重程度。将这些方法结合使用,相互印证补充。当概率法显示某区域存在缺陷,PSD判据法在该区域又出现明显异常,斜率法也呈现相应变化时,可更准确判定缺陷的存在、位置与性质。

结束语

总之,超声波法凭借其检测全面高效、无损检测以及结果准确性与可靠性高等显著优势,在交通工程基桩完整性检测领域占据重要地位。通过严谨遵循检测前准备、现场检测规范操作、科学数据分析等一系列应用要点,能够有效发挥其检测效能,准确判断基桩内部缺陷。随着科技的不断进步,超声波检测技术有望与更多先进技术进一步提升其自动化、智能化水平,更加精准地检测基桩完整性。相关行业标准和规范也将不断完善,为超声波法在交通工程基桩完整性检测中的科学应用提供更坚实的保障,从而推动交通工程建设质量迈向新的台阶。