

桩基完整性低应变反射波法检测技术

王敏晟

广东省有色工业建筑质量检测站有限公司 广东 广州 510725

【摘要】：桩基是建筑工程的主要承重构件，它的完整程度直接决定着工程的安全稳定。低应变反射波法由于检测速度快、操作简单、成本低等优点，在桩基质量检测中得到了广泛应用。本文主要针对桩基完整性低应变反射波法检测技术进行研究，分析其基本原理、检测过程以及波形特点，并探究桩身缺陷种类同反射信号变化规律之间的联系。通过分析检测数据可以得到低应变反射波法对于桩基完整性评价的效果以及存在的问题，从而提高桩基质量检测准确度提供一定的借鉴意义。经过研究发现，合理使用低应变反射波法可以有效地发现桩身缺陷，提高桩基检测工作的可靠程度。

【关键词】：桩基完整性；低应变反射波法；无损检测；反射波信号；桩身缺陷

DOI:10.12417/2705-0998.26.13.008

引言

由于建筑工程规模越来越大，桩基础在高层建筑、桥梁以及大型基础设施中被广泛应用。桩身完整性属于决定桩基承载能力及工程安全性的重要因素，所以开展高效的、精确的检测技术研究有着十分重要的意义。低应变反射波法是一种常用的桩基无损检测方法，它通过对桩身应力波的传播和反射情况进行分析来确定桩身缺陷的位置和类型。该方法在实际使用时还会受到检测条件、信号分析、经验判断等各方面的制约。本文主要对低应变反射波法检测技术进行研究，分析它的应用原理和检测效果，从而给提高桩基完整性评价水平提供依据。

1 桩基完整性检测需求及低应变反射波法应用现状

1.1 桩基完整性对工程安全的重要影响

桩基是建筑结构和地基之间的中间环节，起着传递上部荷载、控制沉降变形的作用。桩身内部如果有断裂、夹泥、缩径或者混凝土离析等缺陷，就会造成桩体承载力降低，进而影响整个结构稳定。高层建筑、桥梁工程以及大型基础设施建设时，桩基的好坏直接影响到工程的使用寿命和运行的安全性。由于桩身缺陷一般在地下，施工结束后很难从外观看出来，只能依靠专业的检测手段来分析桩体内的情况。开展桩基完整性检测工作，能够有效发现施工期间出现的质量问题，并给工程验收及后续的安全评价赋予数据支撑。

1.2 桩基完整性检测技术的发展现状

随着工程建设项目规模越来越大，桩基检测技术也朝着高效、精确以及无损的方向发展。目前常用的桩基完整性检测方法有低应变反射波法、声波透射法、钻芯法等，不同的检测方法适用范围、检测精度、实施条件都有所不同。钻芯法可以直观地获得桩身材料情况，但是检测过程中会对桩体产生局部的影响，并且检测的数量也会受到限制^[1]。声波透射法适合于大直径灌注桩检测，但是需要预埋声测管，对施工条件有较高的要求。低应变反射波法由于设备简单、检测速度快、适用范围广等特点，在许多工程项目中被广泛使用，是评价桩身完整性

的常用技术手段。

1.3 低应变反射波法在桩基检测中的应用价值

低应变反射波法是根据应力波在桩身内传播的规律来判断桩体内部结构的好坏。检测时，在桩顶施加瞬时冲击力，让产生的应力波沿着桩身向下传播，遇到桩身截面发生变化、材料性质不同或者有缺陷的地方就会出现各种各样的反射信号。通过采集并分析反射波形来确定缺陷的位置、种类以及影响的程度。无需破坏桩体结构，检测过程方便快捷，适合大批量桩基质量检测。低应变反射波法在实际工程中可以大大提高检测的速度，给施工质量控制和桩基的安全评价提供可靠的依据。

2 低应变反射波法检测原理与技术流程分析

2.1 低应变反射波法的基本工作原理

低应变反射波法就是用应力波在桩身内部传播和反射的规律来判断桩的完整性的一种无损检测方法。检测时用锤击等手段在桩顶施加小冲击荷载，使桩体产生瞬态应力波，用传感器记录波在桩身中传播的过程。桩身结构连续、材料均匀的时候，应力波可以保持稳定的传播，得到的反射信号有比较明显的规律；当波传到桩身的缺陷处或者桩底的时候，由于介质的阻抗发生了改变，就会出现反射、透射等情况。根据采集到的波形幅值、相位、传播时间等参数来分析桩身内部结构的变化情况，从而达到评价桩基完整性的目的。

2.2 反射波信号传播特征与缺陷识别方法

反射波信号变化特点同桩身内部质量状况存在着紧密联系，不同种类的缺陷会引发不一样的波形回应。桩身出现断裂、严重缩径等阻抗降低的地方，反射波一般会有明显的同相反射信号，而有扩径或者大阻抗变化的地方，就会产生反向反射。在检测过程中根据波形中出现的异常反射点的时间来确定缺陷所在的深度，用应力波传播速度来计算^[2]。信号幅值衰减程度、波形连续性、反射位置的变化都可以作为判断桩身质量的标准。对于复杂的工程环境还要考虑桩长、混凝土材料性质、施工资料等因素，从而提高缺陷识别的准确度。

2.3 桩基完整性检测的具体实施流程

低应变反射波法检测流程包括现场准备、仪器安装、信号采集、数据分析四个部分。检测前要对桩顶进行处理,保证检测面平整,按照工程要求选取合适的传感器安装位置。测试时用冲击装置给桩顶加力,用加速度传感器或者速度传感器来获取应力波反射信号。采集之后,用专业的分析软件对波形数据加以处理,从中挑选出有效的信号特征,并且联系桩身的设计参数来判定桩基的完整性等级。实际检测的时候还要注意控制冲击能量、传感器安装的质量、环境干扰等因素以保证检测结果可靠。

3 低应变反射波法检测过程中存在的问题分析

3.1 检测信号受现场条件影响的问题

低应变反射波法在现场检测的时候,会受到施工环境及现场状况的影响,而造成采集到的信号发生偏离。桩顶处理质量、混凝土龄期、桩身周围土体约束情况、检测设备的状态都会影响到反射波的传播。桩顶有浮浆、松散混凝土或者不平整的地方,都会减小冲击能量的传递效果,造成检测波形出现杂乱的变化。土层性质不同,应力波衰减速度也会不一样,从而使得缺陷反射信号不清楚。另外现场噪声、机械振动这些外界干扰因素也会对传感器的采集造成影响,使有效的信号同干扰信号无法分开。因此,在检测过程中要充分考虑到现场环境因素对于数据可靠性的影响。

3.2 桩身缺陷判断准确性不足的问题

低应变反射波法主要是根据反射信号的特征来判断桩身的质量,但是由于桩体内部结构比较复杂,有些缺陷不容易被准确地识别出来。不同类型的缺陷在波形上会有相似之处,比如轻微的缩径、局部混凝土质量不好等都会出现类似的反射特点,从而加大了识别的难度^[3]。桩身长度、截面变化、混凝土强度、施工工艺的不同都会影响到波传播规律,使得实际检测曲线和理论模型之间存在一定的差别。当缺陷很小或者埋得很深的时候,反射信号经过多次衰减之后就会变弱,从而使异常特征不明显。因此要依靠多个参数以及工程资料来开展综合分析,防止单凭一个参数就得出错误的结果。

3.3 检测人员经验对结果分析的影响问题

低应变反射波法检测结果有很强的专业分析特点,波形判定时要联系信号特性及工程背景来评判。不同的工程条件下反射波的变化规律不一样,检测人员对于波形异常、信号干扰以及缺陷特征的认识水平会左右最后的判断结果。部分复杂的波形会受到桩底反射、土层变化和施工因素的影响,只凭经验判断很容易造成误判。除此之外,数据处理参数的选择、滤波的方式以及分析的方法都会对结果造成影响。所以检测过程要严格按照操作规程执行,加强数据分析标准,提升检测结果的一致性、准确度。

4 提高低应变反射波法检测准确性的优化措施

4.1 完善现场检测条件控制方法

提高低应变反射波法检测精度要从检测现场各个环节入手来控制质量。检测工作开始之前,应该根据工程实际情况对桩顶进行清理和处理,清除浮浆、杂物和松散层,使冲击能量可以顺利地传到桩身内部。同时还要合理布置传感器的位置,使设备同桩顶有较好的接触,减小信号采集时出现的误差。检测过程中还要控制锤击力度和激振方式,防止由于冲击能量太大或者太小而造成波形质量不好。对于复杂的施工环境来说,应该降低外界的振动和噪声干扰,做好仪器的校准及参数的设定工作,从而保证检测数据稳定可靠,给之后的分析赋予正确的参照。

4.2 加强反射波信号数据分析能力

反射波信号分析属于影响低应变检测结果的关键部分,应当借助现代数据处理手段加强分析精确度。检测时要对得到的波形加以挑选并处理,削减噪声,设备误差这些因素给信号特性带来的干扰。通过对反射波传播的时间、波幅的变化、频率的特性、相位的关系等进行分析,可以更准确地确定桩身的异常部位。对于复杂的缺陷情况,应该把桩身结构参数、施工记录、设计资料等各方面结合起来做比较,而不能单凭一个波形特征来判定^[4]。并且采用数字分析的方法以及智能识别技术可以加快信号处理的速度,并且能使得缺陷的定位和种类判断更为合理。

4.3 结合多种检测手段提升判断可靠性

单一低应变反射波法对于一些复杂的工程来说,可能会存在检测上的不足之处,而将它与其他检测手段结合起来使用,则可以有效地提升桩基完整性的评价水平。对于大型桩基或者重要的工程,根据实际情况可以采用低应变反射波法和声波透射法、钻芯检测等方法来综合分析。不同的检测方法可以从不同的方面去反映桩身内部的状态,用各种检测结果互相检验的方法来减少由于单一类型检测造成的误判。低应变反射波法可以快速地对桩身的整体状况进行检查,其它检测方式可以对怀疑有缺陷的地方做进一步的核实,进而创建起更为完备的检测体系,改善桩基质量评定的精确度和可信度。

5 低应变反射波法在桩基完整性评价中的应用分析

5.1 低应变反射波法检测结果评价方法

低应变反射波法检测结果评价主要是根据得到的波形特征、反射时间、信号变化规律来判定桩身完整性等级。检测数据经处理之后,还要联系桩身的设计长度,截面尺寸,材料特性以及应力波的传递速度这些要素,从而完成对反射位置的计算并加以剖析。正常的完整的桩的反射波形一般比较连续,桩底反射信号清楚,波幅的变化有规律地出现;当桩身出现缺陷的时候,波形会表现出异常反射、波峰改变或者信号减弱的情

况。评价过程中要考虑到异常信号出现的位置、大小和持续的时间,从而确定它给桩基的整体性能造成的危害有多大。实际工程检测当中一般依照有关的技术标准对桩身完整性实施分类评定,把检测成果分成若干个等级,以此来为工程质量验收以及后续处置赋予参照。

5.2 典型桩身缺陷反射信号特征分析

桩身不同类型的缺陷对应着不同的反射波变化特征,通过对信号规律的分析就可以达到对缺陷形式的识别。桩身出现断裂或者明显的离析的时候,由于缺陷部位上下介质阻抗相差很大,应力波的传递受到了阻碍,就会产生较强的反射信号,波形里一般会有明显的异常峰值。对于缩径缺陷,因为局部截面减小,波阻抗降低,反射波幅度会改变,异常位置可以用传播时间来确定^[9]。扩径区桩身阻抗增大,反射信号会出现相位变化,和缩径的情况不一样。夹泥、蜂窝等混凝土质量问题会造成波形连续性变差,信号衰减速度变快。在实际分析时要联系缺陷大小、埋深位置和波形变化特点来做出判断,从而提高缺陷识别的准确性。

5.3 低应变反射波法检测技术应用效果分析

低应变反射波法对于实际工程桩基完整性检测来说比较

适合,可以满足大量的工程项目的快速检测要求。该技术用桩顶低能量冲击得到应力波反馈信息来分析桩身质量,不需要破坏桩体,适合施工完成后对桩体的质量抽检和工程验收。实际运用时可以很好地发现桩身断裂、缩径、扩径、混凝土不均匀等常见的病害,再通过信号分析找出异常区的位置。相比于传统的检测方式来说,低应变反射波法检测速度快、设备轻便、现场操作简单等优点,在短时间内就可以完成大量的桩基检测工作。但是该技术对检测环境以及数据分析水平有较高的要求,在使用的时候要根据工程实际情况作出合理的判断,从而保证检测结果能如实反映桩基完整情况。

6 结语

低应变反射波法属于桩基完整性检测的主要手段之一,借助应力波在桩身内部的传播情况,能够找到桩身内部存在的瑕疵,给工程质量把控赋予技术支撑。此法检测速度快、操作简便、不需要破坏性检测,但是现场环境、信号处理、缺陷判定都会影响结果。经过改进检测过程,增强数据分析能力,配合使用各种检测手段来提高桩基完整性评价的准确性,给工程安全提供有力保障。

参考文献:

- [1] 黄东炼.桩基完整性低应变检测与数值模拟研究[J].广东建材,2024,40(11):78-81.
- [2] 黄舜涛,蔡煜煜.论低应变反射波法检测 CFG 桩完整性的局限性[J].广东建材,2023,39(10):31-35.
- [3] 林伟,冯卓轩,余福宝,等.低应变反射波法在既有基桩完整性检测中的应用研究[J].广州建筑,2023,51(2):25-28.
- [4] 冯卓轩,胡贺松,刘春林,等.低应变反射波法基桩完整性检测研究综述[J].广州建筑,2023,51(2):113-116.
- [5] 刘志华.关于基桩低应变反射波法和钻芯法桩身完整性检测对比分析[J].广东建材,2019,35(2):37-40.