

桩体完整性检测中低应变反射波法误判因素研究

赵蕴林, 吴磊, 吕航, 刘力豪

(四川理工学院土木工程学院, 四川 自贡 643000)

摘要:近年来,低应变反射波法由于其测试方便、速度快和价格相对较低等特点得到了广泛使用,但其技术本身的一些问题,如测试盲区、理论缺陷、微裂缝影响、外界因素等对最后的测试波形产生严重的影响,最终导致对桩基缺陷的误判,给工程带来较大损失。通过工程实例分别探讨了测试盲区、理论缺陷、微裂缝、外界因素、有效检测深度等对于低应变检测结果发生误判的可能,并就桩基检测中易出现误判的各种情况进行分析,总结出防止严重误判的方法。只有在全面了解各种影响检测技术准确性的因素和客观正确分析检测结果的基础上,不断探索才能在实践中不断积累经验,在最大程度上减少误判的发生。

关键词:测试盲区;理论缺陷;外界因素

中图分类号:TU223.6

文献标志码:A

引言

低应变反射波法是假定桩是一维弹性杆^[1],在桩顶利用手锤施加脉冲力 $F(T)$ 后,激发应力波沿桩身传播,遇到波阻抗变化处产生反射波,因测试方便简单,价格低廉的特点得到了广泛使用^[2]。实际在运用该法时,用力敲击桩面使之产生一个沿桩身向下传播的应力波,如果桩身完整,则应力波将会一直传到桩底,并在桩底产生反射波^[3],但当桩身某部位存在缺陷时,则应力波会在该处立刻发生反射,反射波信号由桩面的检波器接收传入电脑后分析而得出结论,但其技术本身存在的问题,如测试盲区、理论缺陷、微裂缝影响、外界因素等对最后的波形产生严重的影响,从而导致对桩基缺陷的误判,给工程带来较大损失^[4]。本文就桩基检测中容易出现误判的各种情况进行分析,总结出防止严重误判的方法。

1 检测理论

低应变法的检测原理来源于应力波理论,基本原理是在桩顶进行竖向激振,从而使桩中产生应力波,并沿桩身向下传播,当桩身存在明显阻抗界面(如桩底、断裂、离析、夹泥、缩颈、扩径)部位,将产生反射波,利用特定

仪器接收、放大、滤波和数据处理,可识别来自桩身不同部位的反射信息^[5],通过对反射波波形的分析计算判断桩身完整性,从而达到判定桩身缺陷的程度及其位置。

检测规范中对于桩身完整性和缺陷的程度评估,按缺陷对桩身结构承载力的影响程度统一划分为四类^[6]: I类—桩身完整。II类—桩身有轻微缺陷,不会影响桩身结构承载力的发挥。III类—桩身有明显缺陷,对桩身结构承载力有影响。IV类—桩身存在严重缺陷,一般应进行补强处理。

采用低应变反射波检测桩基时,如果要提高该方法的检测精度,就必须对影响桩基判断的相关因素做较为深入和详细的研究^[7],从而达到在结果检测中最大化的剔除误判因素^[8]。

2 方法的自身问题

2.1 测试盲区

该盲区深度范围在1倍桩径至1/2波长之间。盲区的大小与激发脉冲信号的宽度密切相关,实测过程中可以通过提高力锤硬度、减弱激发能量、减小脉冲宽度等方式减小盲区范围^[8]。低应变反射波检测法的理论假设之一是平截面假设,在实际测试中手锤对桩体表面敲

击而产生的振动波实际上是球面波,只有在桩体中传播到一定深度后才能近似地看作平面波。应力波在桩头附近产生的大量杂乱反射会干扰缺陷反射波的强度和形状,导致误判^[9]。

此外,敲击桩面产生的应力波在遇到缺陷后将出现上行波和下行波两种波形,应力波遇到缺陷后产生的自底部向上的反射波信号会被能量较大的激振波所掩盖,故在实测信号中很难识别出桩体浅部缺陷^[10]。在大量实践中,总结出: $\lambda = \delta \cdot C_0$, $\lambda / \Delta h \geq 5$,式中, λ :下行波波长, δ :应力波的周期, C_0 :应力波的波速, Δh :桩头距离缺陷的长度。如缺陷位置满足条件会使波动性状不明,实测波形表现为大振幅低频信号,容易与测试中常见的桩体离析缺陷波形混淆,最终导致严重误判。

因此,在实际检测中测试盲区的深度与桩径、锤重及敲击力度、桩头表面的刚度和平整度有关。

2.2 理论模型缺陷

基桩低应变反射波法的基本理论是一维波动方程,采用信号拟合技术^[11]。该技术由于桩土介质太复杂,并不成熟,在工程实践中,大量使用的是时域波形分析。该法是通过在缺陷反射界面处入射波和反射波幅值的变化来判断缺陷,而在实际操作中,如果遇到波阻抗渐变的情况则无法进行评判,而阻抗渐变范围如果与反射波长的比值越小,则桩体缺陷越难判断。

2.3 有效检测深度

该法的检测深度有上限,并非对于任何桩长的灌注桩都可达到通长检测的效果,其原因主要在于应力波自身的能量衰减,仪器的测试精度和性能。

应力波能量衰减主要是由于桩周土阻力、桩身缺陷、桩身材料的阻抗等三个因素^[12]。桩侧土阻力对应力波的耗散,主要体现在应力波沿桩身向外辐射和桩土的相对运动。桩周土阻力越小,桩身强度越高,桩土刚度比越大,则有效检测深度越大。其次,应力波在经过缺陷时会有能量损失,缺陷越多则能量损耗越大,一般在检测到第三个缺陷时,波形振幅已经变得十分微弱。第三,桩身材料的阻尼对应力波能量衰减的影响相对最弱,并不是决定有效检测深度的主要因素,一般,灌注桩体的阻尼大于预制桩体,低标号砼的阻尼略大于高标号砼的阻尼。

测试仪器精度和性能对于微弱信号的捕捉能力是决定有效检测深度的另一个主要因素,目前最深的有效检测深度可以达到55 m的极限深度,基本上可以覆盖工程中所有桩长。

目前低应变有效检测长度为30倍桩径,所以,如在测桩中出现有效桩长不能覆盖实际桩长时,必须采用其他方法。

3 其他因素影响

3.1 土层影响

土层的影响主要是由于桩周局部硬土层与桩体紧密结合在一起,由于附着的泥土密度不一,阻抗大小也不同,造成整个桩体的阻抗变化,在反射波形的形状判读中容易与扩径或缩径的波形混淆^[13],容易判断为桩身的缺陷,但实际上桩体并无扩径或缩径,这样,一根正常完整的桩体却被误判为桩体缺陷,导致不必要的桩体开挖修补,从而产生不必要的经济损失。

3.2 微裂缝影响

低应变应力波如果遇到0.01 mm宽度的水平微裂缝,由于微裂缝的分隔造成桩体分离,致使应力波无法穿过该空格,形成与断桩相似的波形,此类缺陷可采用高应变反射波检测法。

3.3 检测方法不规范造成的影响

目前有众多的检测单位因为市场竞争的原因,检测方法不规范,故更易造成检测结果失真:(1)为图方便,不处理桩头就直接检测,如桩顶浮浆未去掉或测点不平整造成所采曲线不可靠。(2)测点位置不对,数量不够,而造成检测数据失真和缺陷。(3)锤击时在检波器旁敲击,造成所采集信号失真。(4)混凝土龄期过短就进行检测所采集曲线会出现异常形状,从而误判。

4 工程实例分析

4.1 实例一

四川某建筑工地共有186根桩,其桩径为C30, $\Phi 800 \sim \Phi 1200$ 的人工挖孔灌注桩,平均桩长为26 m。该工程的地质情况很差,从上至下依次为:杂填土,厚0.6 m;砂土,厚1.2 m;淤泥,厚16 m~18 m。该工程先由当地的一家检测单位做了低应变试桩检测,结果为I类桩128根,II类桩58根,没有不合格桩。随后另外一家检测单位对所有基桩进行了桩基静载荷试验,结果有18根桩不合格,达不到规定强度要求,且承载力偏低较多,平均比设计值偏低25%,其中有3根桩竟然比设计值低40%以上^[14],严重不符合要求,这引起了三个单位之间的争议与矛盾。

对本次结果会有如此大的误判,原因主要有以下三点:(1)第一家检测单位没有认真研究工程地质报告,对第二层与第三层之间典型的软硬土交界面附近的反射重视不够;(2)该工程检测的测试盲区达3.2 m,其中12根不合格的测桩的缺陷为浅部断桩,位于测试盲区内,第一家检测单位忽略了这个问题,把浅部断桩也检测为好桩,予以通过;(3)本次检测中采用的仪器精度不够及桩侧土阻力的原因导致有效检测深度为25 m,不能覆盖

全部桩长 30 m 的范围,因此有 6 根桩端出现严重离析问题的桩没有被检测出来。

4.2 实例二

四川成都 2008 年 9 月初某工程由于个别基桩桩顶浮浆太深,引起了甲方对该工程桩质量的怀疑,从而采用了钻芯法对 10#、23#等桩进行了钻芯检测,钻芯结果表明 10#、23#桩存在严重质量问题。以上两根桩均为直径 1.5 m 的人工挖孔桩,总桩长 22 m~25 m,两根桩的缺陷部位为 12 m~15 m。实际上,在该段取不出完整芯样,说明砼强度极低且松散,但两桩均经过了低应变完整性检测,未发现问题,后又经过另一检测单位对该两桩的反射波法复测,曲线波形正常,如无钻芯佐证根本无法发现缺陷。通过对失败原因的分析,是方法本身的缺陷所致,当桩身混凝土松散时,一旦桩身阻抗突变不显著,比如桩身阻抗渐变,就不易产生明显的反射波^[15];二是混凝土的松散结构对应力波吸收强烈,使反射波信号减弱,导致接收的信号不能反映真实的质量;三是缺陷部位较深,超出了有效测试范围。

5 结束语

目前国内市场上应用的各种检测方法中,低应变检测逐渐成为主流方法,也是开展其他方法的依据,故检测人员的技术责任十分重大,如果出现误判就会给工程安全带来严重的后果。为了提高判断精度,只有对可能产生的各种缺陷作出充分了解,才能掌握各种误判波形性状^[16]。只有在全面了解各种影响低应变检测技术准确性的因素和客观正确分析检测结果的基础上,才能在实践中不断积累经验,最大程度上减少误判的发生。

参考文献:

- [1] 王登杰.反射波法低应变桩基检测探讨[J].山东大学学报:工学版,2011,25(17):63-65.
- [2] 王靖涛.桩基础设计与检测[M].武汉:华中科技大学出版社,2005.
- [3] JGJ106-2003,建筑基桩检测技术规范[S].
- [4] 王雪峰.桩基检测技术[M].北京:科学出版社,2001.
- [5] 陈凡,徐天平,陈久熙,等.基桩质量检测技术[M].北京:中国建工出版社,2003.
- [6] 陈万立.桩基低应变检测曲线判读的几个注意事项[J].工程与建设,2009,23(5):683-684.
- [7] JGJ 106-2003,建筑基桩检测技术规范[S].
- [8] 罗骥先.桩基工程检测手册[M].北京:人民交通出版社,2003.
- [9] 王杨生.基桩倾斜动测技术仿真研究[D].武汉:华中科技大学,2008.
- [10] 孙训方,方孝淑.材料力学[M].北京:高等教育出版社,2015.
- [11] 刘金砺.桩基设计施工与检测[M].北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [12] 刘明贵.桩基检测技术指南[M].北京:科学出版社,1995.
- [13] 刘勇.桩基低应变检测中的波形实测类型分析[J].建筑技术开发,2013,33(12):55-56.
- [14] 黄燕.低应变反射波检测桩身缺陷的判定方法[J].广西城镇建设,2007(11):59-61.
- [15] 张雄彪.低应变完整性检测和声波透射完整性检测的工作原理及方法浅析[J].工程技术,2015(12):86-87.
- [16] 要文堂.低应变无损检测法在桩基检测中的应用[J].铁道建筑,2012(3):30-32.

The Research of Pile Integrity Testing Misjudgment Factors in Low Strain Reflected Wave Method

ZHAO Yunlin, WU Lei, LV Hang, LIU Lihao

(School of Civil Engineering, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract: In recent years, because of the convenience, fast test speed and relatively low price, low strain reflection wave method has been widely used. But some problems of the technology, such as test blind area, defect theory, microfracture and external factors, have a significant impact on the final test waveform, eventually lead to the defect of pile and bring bigger loss to engineering. In this paper, through the project example, the test blind area, theoretical defects, microfracture, external factors, such as effective detecting depth of the possibility of miscalculation for low strain test result were respectively discussed, the pile foundation detection misjudgment of all kinds of conditions which were liable to occur were analyzed, and the method to prevent serious mistakes were summarized. Results show that only in the full understanding of all kinds of factors influencing the accuracy of the detection technology, and with the objective correct analysis on the basis of test results, then maintain a forever learning attitude to accumulate experience in practice, misjudgment can be reduced.

Key words: test the blind area; theoretical defects; external factors