

速度型传感器在桩基检测中的应用研究*

张清河 施景勋

(华侨大学土木工程系, 泉州 362011)

摘要 讨论速度型传感器在反射波法桩基质量检测中的应用效果. 研究这种传感器的频响特性、安装方法以及在检测中的激振问题等对检测结果的影响, 并结合工程实例进行了相应的分析.

关键词 桩基质量检测, 反射波法, 速度型传感器

分类号 TU 473.16

目前, 桩基检测中反射波法主要使用的传感器有速度型和加速型传感器. 前者频响特性好, 测试范围宽, 在可测频响范围内线性度较好; 但存在现场安装麻烦, 抗干扰能力差、价格昂贵、对振源选择要求较高、检测不当而易使信号产生漂移和失真等问题. 后者则具有价格便宜、抗干扰性能强、对高频振源的不良反映单一等优点, 特别是易于现场安装. 速度型传感器频带窄和线性较差, 不同安装方式可导致各种不同的安装谐振频率, 且存在欠阻尼振荡信号. 因此, 研究实测曲线中可能出现的有关特性, 对提高桩基检测的质量有重要的意义. 本文在大量模型桩检测结果的基础上探讨速度型传感器的应用效果, 并结合实例加以分析研究.

1 速度型传感器的频响特性

目前, 普通的速度型传感器大都为地震测试用的检波器. 在桩基检测中, 常用的这类检波器的谐振频率有 10 Hz, 14 Hz, 28 Hz, 38 Hz 等几种, 阻尼系数在 0.5~0.7 之间. 图 1 为 38 Hz 地震检波器的频响曲线, 阻尼系数为 0.5. 这类检波器通常使测试结果产生欠阻尼的振荡信号, 影响人们对桩身缺陷的判断. 90 年代以来, 人们在研究传感器的结构后, 采用牺牲灵敏度和增大阻尼的办法来拓宽频响曲线的线性范围, 研制出高阻尼的速度检波器. 这种检波器的上限频率可达 1~2 kHz, 线性度相对较好, 用于测桩基本可满足测试频带的宽度要求.

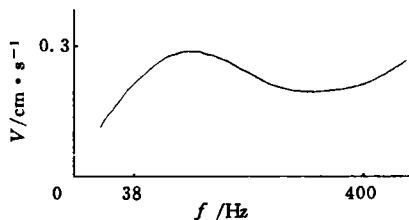


图1 38Hz地震检波器频响曲线

2 影响速度传感器检测效果的两个关键问题

2.1 激振问题

桩基质量检测中振源的主频和频宽与敲击材料的硬度、质量、接触面和碰击时间等因素有

* 本文 1997-01-13 收到

直接的关系,其中,以材料硬度的影响最为明显.通常,在实际检测中必须根据桩可能存在的缺陷位置和桩型(桩径大小和桩身长短)等具体要求来确定相应的激振能量及频率范围.例如,对于桩的浅部缺陷应采用能产生高频波的小铁锤轻敲法;对于桩底反射或桩的中深部缺陷,则宜采用较大的铁锤或尼龙锤等不同材料的锤激振.当激振效果不理想时,还可通过改变铁锤下的垫板材料(如毛巾或橡皮)和增减垫板厚度等方式来调整测试效果,以达到激振选频和减少干扰的目的^[1].

2.2 传感器的安装效果

速度传感器在不同安装方式下,其欠阻尼振荡的主频是不同的.目前,速度型传感器的安装有采用石膏、橡皮泥或黄油等粘接的方式,也有采用打孔或手按等安装方式.一般情况下,用石膏等耦合剂粘接的地震检波器比用手按方式进行检测的振荡主频要来得高.实验表明,前者的安装谐振频率约为 $1.4\sim 1.6\text{ kHz}$,后者仅约为 $650\sim 800\text{ Hz}$.按砵与波速的关系(取一般值为 $3\,300\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$),估计前后两者所对应的缺陷位置约为 $1.0\sim 1.2\text{ m}$ 和 $2.0\sim 2.5\text{ m}$.实际上,在不同耦合精况下,速度型传感器在上述位置内是难以用定量方法检测出相应缺陷的,因为缺陷信号被叠加在谐振频率里,以致速度传感器在判断浅部缺陷时有其局限性.因此,为减少盲区范围,应选择较好的安装方法来使地震检波器在安装后的谐振频率向高频方向移动,或者直接选用高阻尼的速度检波器来增大测试系统的频带宽度.与地震检波计相比,高阻尼速度传感器在检测中对粘接方式有较高的要求,只有桩头平整,且用石膏或橡皮泥等耦合剂能较好连接时,才可检测出较好的波形.否则易产生高频寄生波,从而导致误判和多判.还有和地震检波器一样选择合适的锤击力度,这也是能否获得理想波形的关键.

3 工程实例分析

3.1 锤击效果的比较

泉州某实验基地6[#]模型桩,桩长为 4.25 m ,桩径为 $0.25\text{ m}\times 0.25\text{ m}$, $3.50\sim 4.25\text{ m}$ 扩颈,扩颈面积为 1.5 倍.图2(a)为用 28 Hz 地震检波器、手按检测、铁锤敲击桩头测得的结果.该图除可见桩底多次反射外,不见其它缺陷信号,桩底多次反射的间隔时间随速度检波器欠阻尼振动的衰减而有逐步递减的趋势.图2(b)为同一检测方法用小锤(地质锤)快速轻敲获取

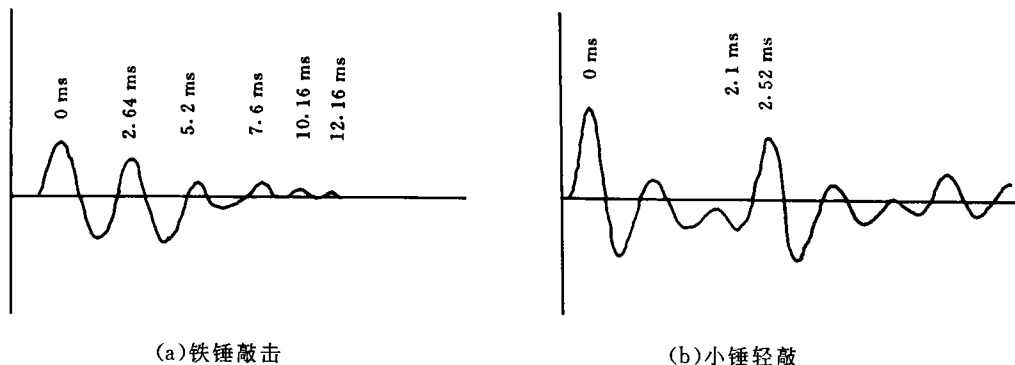


图2 锤击效果的比较

的检测结果.由于振源频率高,其在 $t=2.1\text{ ms}$ 时获得了一反射震相且桩底反射时间略小于

图 2(a),由图 2(b)计算可得该桩平均波速值为 $3\,373\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. 计算表明,该桩在 3.5 m 处扩颈,结果与实际相符. 本例表明:(1) 对于短桩、小桩和上(浅)部缺陷应选用小锤轻敲的方法才能获取相应的缺陷信号;(2) 桩基的平均波速值随敲击力的大小而略有变化,当敲击力越小,测得的波速值越高.

3.2 检波器粘接方式的比较

11[#] 模型桩,桩长 6.2 m ,桩径 0.4 m ,该桩在 $4.0\sim 4.9\text{ m}$ 处离析. 图 3(a)和图 3(b)为同一种敲击振荡下,用 28 Hz 地震检波计于不同粘接方式测得的两种结果,在这两图中桩底反射

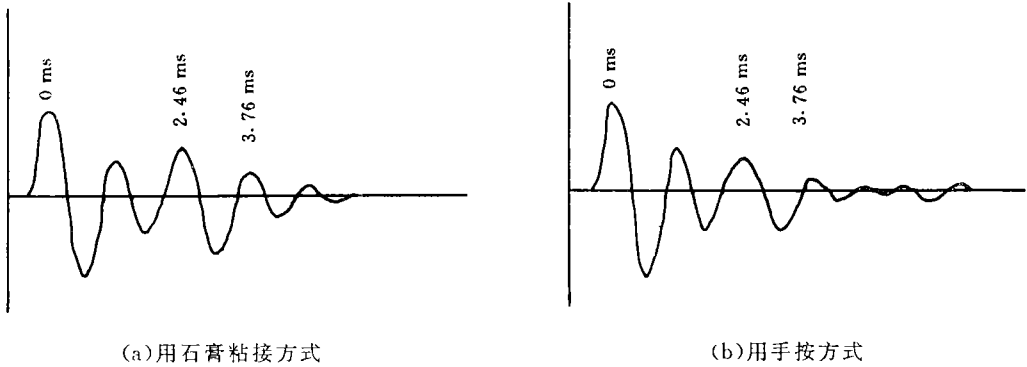


图 3 不同粘接方式的比较

均不明显. 石膏粘接方式得到的缺陷自振频率较小,有明显的缺陷反射震相时较易判断;手按检测的波形看似完好桩,但在 $t=2.46\text{ ms}$ 处其反射波幅减少,频率降低具备离析这类缺陷的一些特征^[2]. 如震源选择不好,手按式可使缺陷频率变得很不明显而导致误判. 这主要是由于手按式的安装谐振频率远低于用石膏等耦合剂粘接的谐振频率,以致相当于增加了一个低通滤波器而使波形频率变低,或加大速度检波器上部缺陷的盲区范围.

3.3 数据处理效果的比较

15[#] 模型桩,桩长 6.1 m ,其中 $2.2\sim 2.5\text{ m}$ 离析, $4.3\sim 4.5\text{ m}$ 夹泥. 图 4(a)为用 10 Hz 地

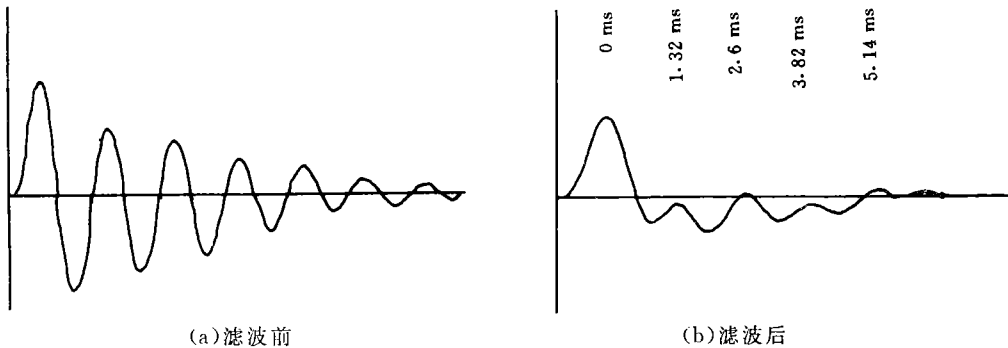


图 4 滤波效果的比较

震检波器、手按方法检测,铁锤敲击,结果只显示出速度检波器欠阻尼的振动波形,而看不出缺陷反映,在工程上易发生误判. 图 4(b)为图 4(a)选用 400 Hz 进行低通滤波后的图形,结果表

明,该桩第1缺陷反射点 $t_1=1.32\text{ ms}$ (同相),第2缺陷反射点 $t_2=2.6\text{ ms}$ (同相). 桩底反射为 3.82 ms . 由此求得该桩平均波速值为 $3\,194\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,缺陷位置分别在 2.1 m 和 4.2 m 处,且第2缺陷比第1缺陷更严重,此结果与实际相符. 大量实践表明,数字滤波对速度传感器检测的重要性,通常滤波档的选择必须根据桩型及各种配套方法(如振源方式、耦合方式、敲击方式等)进行选择. 由于滤波参数的选择带有较强的经验性,因此,应注意避免由于滤波参数选择不当而导致误判等问题的出现.

3.4 高阻尼速度检波器与地震检波器检测波形的比较

图5为1[#]模型桩的实测曲线,该桩桩长 4.25 m ,桩径 $0.25\text{ m}\times 0.25\text{ m}$, $1.0\sim 2.1\text{ m}$ 处严

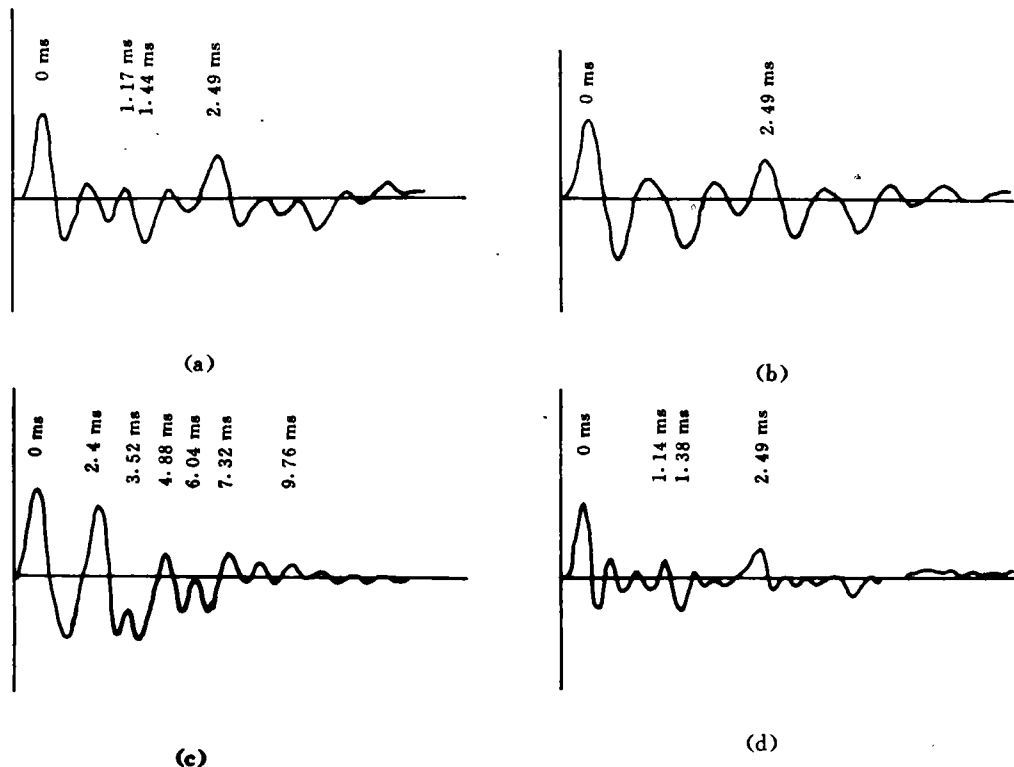


图5 两种检波器检测结果的比较

重缩颈. 图5(a)为用 28 Hz 高阻尼速度检波器、石膏粘接方式下铁锤敲击的波形. 该图可见清晰的桩底反射时间为 2.49 ms ,但缺陷反射出现在 $t=1.44\text{ ms}$ 处,相应缺陷位置为 2.46 m . 由于相位特征为反相反射,相应的缺陷性质为扩颈,而实际情况在 2.46 m 处却是缩颈回到正常截面时的位置,因此,该波形未反映出缩颈这一缺陷. 图5(b)为用同一种锤击力下的 28 Hz 地震检波器的检测波形,该图只见桩底反射的多次谐振动而未见缺陷反射. 图5(d)和图5(c)分别为用 28 Hz 高阻尼速度检波器和 28 Hz 地震检波器、石膏粘接、小锤敲击下的记录波形,其中图5(c)第1次桩底反射前不见缺陷信号. 由第1次与第2次桩底反射间的缺陷信号可求得缺陷位置在 1.9 m 处属缩颈型(同相反射)的缺陷. 图5(d)的图形比图5(c)更为理想,该图不但可见清晰的桩底反射,而且由 $t_1=1.14\text{ ms}$ (同相反射)、 $t_2=1.38\text{ ms}$ (反相反射),可判定该桩实际缩颈范围为 $1.9\sim 2.4\text{ m}$,此结果与实际相吻合. 本例结果表明,当粘接和锤击力度处

理得较好时,高阻尼速度检波器可获得相当理想的检测效果。

4 结束语

根据理论和实践经验可得如下结论。

(1) 速度检波器在其自振频率以下的低频段和大于 1 kHz 以上的频段的线性度较差。因此,速度型传感器不能准确或定量地测试 1.5 m 以内的浅部缺陷和 40 m 以下的深部缺陷。对于浅部缺陷通常根据工程经验用定性的办法来对其进行分析,或通过水平敲击等辅助方法来进行判断^[3]。

(2) 速度检波器与桩顶之间的耦合程度严重影响高频部分的测试效果,因此,良好的耦合方式(如石膏粘接等)才能保证高频信号的正确接收。

(3) 合理地选择激振能量和频谱成分才能检测出相应的缺陷信号。

(4) 数据处理是速度型检波器在检测中的一个重要环节,当现场测试信号不理想时,有时必须利用后处理手段来提取有效的测试信号。通常情况下,可采用全通信号(或是选取某一上限截止频率)保留全部原始(或有效)信息。然后,根据情况进行高、低通的数字滤波等处理方法来保留与桩基质量有关的信号,删除与桩基质量无关的干扰频率,使检测结果能反映同桩身质量的真实情况。

(5) 鉴于速度检波器与加速度计各自存在的优缺点,实际工程检测中对于疑难桩、长大桩或浅部怀疑有缺陷的桩必要时应结合加速计进行检测。通过调整测试参数(激振方式、粘接方式、数字处理等方法)使两者所反映的缺陷信息趋于一致,以尽可能地减少判断失误和提高检测水平。

参 考 文 献

- 1 林建生. 桩基无损质量检测中瞬态锤击法时域曲线的分析与研究. 北京:中国建材工业出版社,1993. 233~237
- 2 林建生. 弹性波反射法在桩基检测中的理论与应用. 华南地震,1994,14(1):48~55
- 3 地矿部勘查技术司. JGJ/T 93~95 基桩低应变动力检测规程. 北京:中国建筑工业出版社,1995

Research and Application of Velocity Type Transducer to the Quality Test of Pile

Zhang Qinghe Shi Jingxun

(Dept. of Civil Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract A study is made on the effect of applying velocity type transducer to the quality test of pile by reflection wave method; and on the influence of response frequency characteristic of this transducer on test results. The engineering examples are analysed correspondingly.

Keywords reflection wave method, velocity type transducer, quality test of pile