

超声波多参数综合分析法在基桩检测中的应用

郭素杰

(中国科学院广州地球化学研究所 广州市 510640)

提要 采用超声波的声时、声幅以及 PSD 判据多参数综合分析法,判断基桩的桩身质量,克服了单一参数易造成误判的缺点,提高了桩身质量评价的准确性。

关键词 基桩 超声波 声时 声幅 PSD 判据 多参数综合分析法

APPLICATION OF THE ULTRASONIC MULTI - PARAMETER SYNTHETIC ANALYSIS METHOD IN THE FOUNDATION PILE DETECTION

Guo Sujie

(Guangzhou Institute of Geochemistry, Academia Sinica)

Abstract The sonic time and sonic amplitude of the ultrasonic wave and the multi - parameter synthetic analysis method of PSD criterion to examine the quality of pile body, overcomes the defects of the single parameter method which enables erroneous result. This method enhances the precision of the assessment of the quality of pile body.

Keywords foundation pile; ultrasonic wave; sonic time; sonic amplitude; PSD criterion; multi - parameter synthetic analysis

1 前言

超声波技术是目前应用最广泛的物理探测手段之一,是金属无损探伤领域中最重要方法。目前,该技术也被广泛应用于混凝土非破损试验中,是检测混凝土灌注桩连续性、完整性、均匀性以及混凝土强度等级的有效方法。它能准确地检测出桩身混凝土因浇灌所造成的夹层、断桩、孔洞、蜂窝、离析等内部缺陷,并能测出混凝土灌注的均匀性及强度等级等性能指标。是当前灌注桩检测技术的重要方法之一。通常该方法仅用于桩径大于或等于 600mm 的灌注桩。

由于混凝土质量的复杂性,即钢筋混凝土的表面粗糙和其本身的非均匀性,使测试方法和结果分析较为困难。目前普遍采用声时、声幅、波型、频率和‘PSD’判别法来评价混凝土桩的桩身质量。但都是采用单参数,而没有利用多参数综合评价混凝土质量。本项目选择了广州市内环路东山口立交桥江湾主线段中三段人工挖孔混凝土灌注桩和一模拟桩,使用 CTS-25 型混凝土超声检测仪和湘潭无线电厂生产的频率为 35kHz 的承压式超声换能器,采

作者简介:郭素杰,女,33岁,硕士,助理研究员,地球物理专业。

用声时、声幅和‘PSD’值多参数研究桩的混凝土质量,给出综合评价结果。同时,研究了参数之间的相关关系。经抽芯验证,评价结果完全正确。这说明采用多参数综合法提高了混凝土质量评价的准确性。

2 超声波基桩检测的原理和方法

混凝土灌注桩超声脉冲检测的基本原理是:在桩内预埋若干根声测管作为检测通道,将超声脉冲发射换能器和接收换能器置于声测管中,管中充满清水作耦合剂。由仪器中的脉冲信号发生器发出一系列电脉冲,加在发射换能器的压电体上,转换成超声脉冲,该脉冲穿过待测的桩体,并为接收换能器所接收,再转换成电信号,由仪器中的测量系统测出超声脉冲穿过混凝土所需的时间、接收波幅(本文用衰减值表示波幅的变化),并由声时计算出的‘PSD’值,然后对所测的三种参数进行综合判断和分析,即可对混凝土各种内部缺陷的性质、大小和位置作出判断。

2.1 灌注桩超声波脉冲法的检测方式

超声波检测混凝土桩一般采用双孔检测。把发射换能器和接收换能器分别置于两声测管中。检测中超声脉冲穿过两管之间的混凝土,这种检测方式

的有效范围即为超声脉冲从发射换能器到接收换能器所穿过的范围。随着两换能器沿着桩的纵轴方向同步升降,使超声脉冲扫过桩的纵剖面,从而得到各项声参数沿桩纵剖面的变化数据。由于实测时是沿纵剖面逐点移动换能器,逐点测读各项声参数值,所以测点间距视要求而定。在发现缺陷时,对测点进行加密,并可采用斜测或扇形扫描来确定其厚度。

2.2 用于判断的基本物理参量

超声脉冲穿过混凝土后,被接收换能器所接收,该接收信号带有混凝土内部的许多信息,如何把这些信息分析出来,予以定量化,并建立这些物理量与混凝土内部缺陷的定量关系,是当前采用超声脉冲法检测的关键问题。目前,已被用于灌注桩混凝土内部缺陷判断的物理参量有声时、波幅、接收频率和接收波波形。现分述如下:

①声时:即超声脉冲穿过混凝土所需的时间。如果两声测管基本平行,当混凝土质量均匀,没有内部缺陷时,各横截面所测得的声时值基本相同;当有缺陷时,由于缺陷区的泥、水、空气等内含物的声速远小于完好混凝土的声速,所以使穿越时间明显增大。而且当缺陷中的物质与混凝土的声阻抗不同时,界面透过率很小,声波将根据惠更斯原理绕过缺陷继续传播,波线呈波折状。由于绕行声程比直达声程长,因此,声时值也相应增大。所以,声时值是缺陷的重要判断参数。

②接收信号的幅值:它是超声脉冲穿过混凝土后衰减程度的指标之一。接收波幅值越低,混凝土对超声脉冲的衰减越大。根据混凝土中超声波衰减的原因可知,当混凝土中存在低强度区、离析区以及夹泥、蜂窝等缺陷时,将产生吸收衰减和散射衰减,使接收波幅明显下降。从而在缺陷后形成一个声阴影。幅值可直接在接收波上观察,也可用仪器的衰减器测量(本项目采用该法)。测量时调整首波幅度3个格,读出仪器的衰减值。

衰减与混凝土质量具有相关性。它对缺陷区的反映比声时值更为敏感。所以,它也是缺陷判断的重要参数之一。

另外,频率和波形也可用来判定混凝土质量。由于仪器不能采样,无法进行频率分析;同时,由于影响波形畸变的因素很多,目前尚无定量指标,只是经验性的,故此两参数不作为本文的研究参数。

3 资料解释方法

对所检测的模拟桩和工程桩采用下面三种方法来原因混凝土缺陷,把三种方法评判的缺陷区综合起来分析,最后确定缺陷的位置、大小和性质。现分述如下:

①声时标准的判定式:

$$q_t = \mu t + 2\sigma t \quad (1)$$

式中, q_t 为桩身有无缺陷的临界值; μt 为声时平均值; $2\sigma t$ 为声时标准差。把声时大于 q_t 的区列为异常区。

②接收能量的判别式:

$$q_D = \mu q - 6 \quad (2)$$

式中, q_D 为波幅判断的临界值; μq 为衰减量的平均值;把波幅值大于临界值的测区列为异常区。

③PSD判据含义:

$$K_{\mu} \cdot \Delta t = \frac{(t_i - t_{i-1})^2}{(H_i - H_{i-1})} \quad (3)$$

式中, $K_{\mu} \cdot \Delta t$ (即 PSD)为缺陷判据。其物理意义为声时—深度曲线相邻两点的斜率与相邻时差值的乘积。 t_i 和 t_{i-1} 为相邻两测点的声时值; H_i 和 H_{i-1} 为相邻两测点的深度。绘制 PSD—深度曲线来判断缺陷情况。

对于声时、衰减确定的异常区,结合 PSD 曲线进行综合分析。有些缺陷声时反映不明显,可能在衰减上反映出来。另外,由 PSD 公式可知,其对声时具有指数放大作用。因此,缺陷区 PSD 值较声时反映明显,而且运用 PSD 判据基本上消除了声测管不平行或混凝土不均匀等因素所造成的声时变化对缺陷判断的影响。但如果声时读数有错误,那么 PSD 会将错误数据进行放大,造成误判。因此,应综合三种判别方法进行分析来确定桩身的混凝土质量。对所确定的缺陷区采用斜测和扇形扫描来确定缺陷的大小。

4 结果分析

本项目选择了人工挖孔灌注桩和模拟桩共 35 条,研究其声学参数的变化。比较 35 条桩的声时、衰减和 PSD 数据,在没有缺陷的桩中,三种曲线随深度变化都比较平缓,也很一致,桩身完整,混凝土胶结良好,无缺陷存在。在有缺陷的桩中,三者则会有

不同的反映,具体叙述如下:

4.1 模型桩

此模型桩缺陷严重,声时、衰减和 PSD 值反映都很明显。其试验结果为:在 1.3~1.7m 处为人造断层,另外从 2.6m 到底部为离析。两处缺陷在三种曲线上位置很吻合。缺陷的范围是采用斜测来确定的。测试曲线详见图 1。

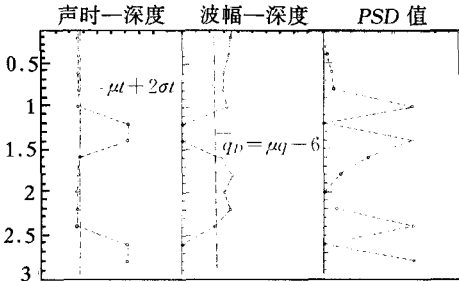


图 1 模拟桩超声波测试曲线

4.2 实测工程桩

实测的 34 条工程桩中,有缺陷的桩其缺陷程度不同,下面分别介绍:

4.2.1 桩身存在轻度缺陷

这时声时变化幅度小,尽管 PSD 对数据具有放大作用,但有时还是反映不出来。如图 2 中 55ja 号

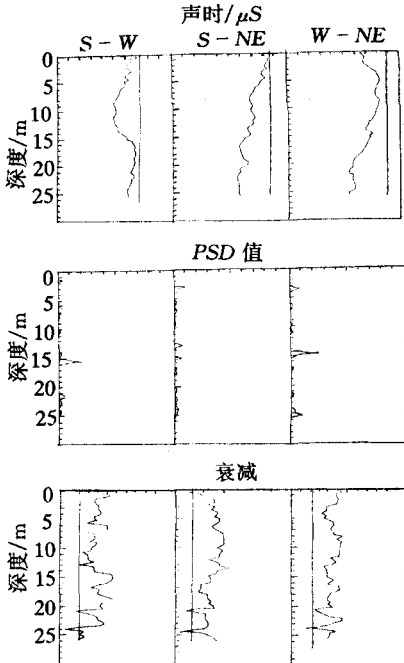


图 2 55ja 号桩超声波测试曲线

桩的 S—W、S—NE、W—NE 三对测孔的声时和 PSD 都没有反映出底部的缺陷。但衰减反映出在桩底 24m 处混凝土胶结稍差。又如图 3 中 54jb—1 桩的 E—NW 测孔底部衰减表明胶结稍差,但声时和 PSD 也未能反映出来。

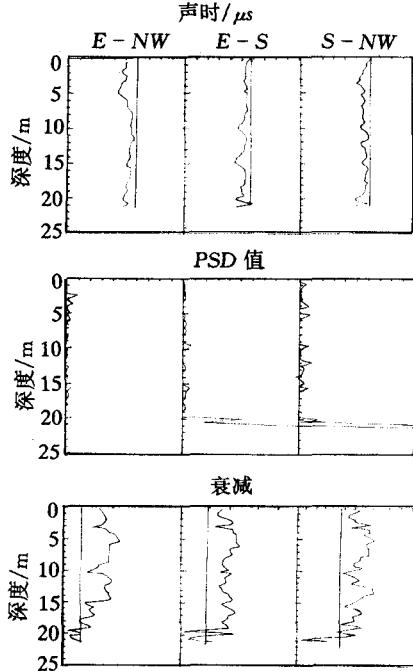


图 3 54jb—1 号桩超声波测试曲线

4.2.2 桩身存在中等缺陷

对于中等缺陷,有时声时反映不明显,但 PSD 和衰减反映的很突出。如图 3 中 54jb—1 桩的 E—S、S—NW 测孔底部混凝土胶结较差。

由此可见,采用单一方法判定基桩的混凝土质量,经常会出现误判和漏判。只有采用上述三种方法进行综合判定,才能给出混凝土缺陷的准确位置、大小和性质,才能正确评价混凝土质量。

5 结论

本项目共试验了 35 条混凝土桩。试验所获得的声时、衰减、PSD 曲线特征,采用三种方法来综合判断混凝土质量。经抽芯验证,判断准确。通过本项目的研究,对超声测桩得出以下结论:

①声时对轻度缺陷反映不敏感,仅凭声时来判断混凝土质量可能会出现漏判;

②PSD 对声时具有指数放大作用,在读数准确

的前提下,对缺陷的反映较声时敏感;

③相对而言,衰减对混凝土缺陷最敏感;

④只有综合分析声时、衰减和 PSD 值的变化,才能正确评价混凝土质量,准确确定其缺陷位置、大小、性质。任何单一参数方法评价都可能出现不同程度的误判。

参 考 文 献

- 1 罗骥先. 水工建筑物混凝土的超声检测. 北京:水力电力出版社,1990
- 2 赵鸿儒等. 全波震相分析. 北京:地震出版社,1991
- 3 陈嘉鸥,郭素杰等. 广州某工程混凝土基桩的灌浆补强处理. 岩土与工程新进展,广州:华南理工大学出版社,1996.419~421

(收稿日期:1998-07-28)



(上接第 60 页)

不仅具备常规仪器所有的各种功能,而且具有体积小、成本低、操作简便等优点。当然,随着方法技术的发展和进步,虚拟信号测试仪也需不断改进和完善。为此,欢迎有关专家和同行多提宝贵意见。

在测试仪器过程中,得到李丕武教授级高工和乔惠忠、冷元宝、耿玉平等同志的热情支持与帮助,

谨在此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 王运生. 瞬态面波法探测堤坝软弱层技术的研究与应用. 人民黄河,1996,(12)
- 2 王运生. 用对数分解法解释小应变测桩信号. 工程勘察,1997,(5)

(收稿日期:1998-05-13)



(上接第 57 页)

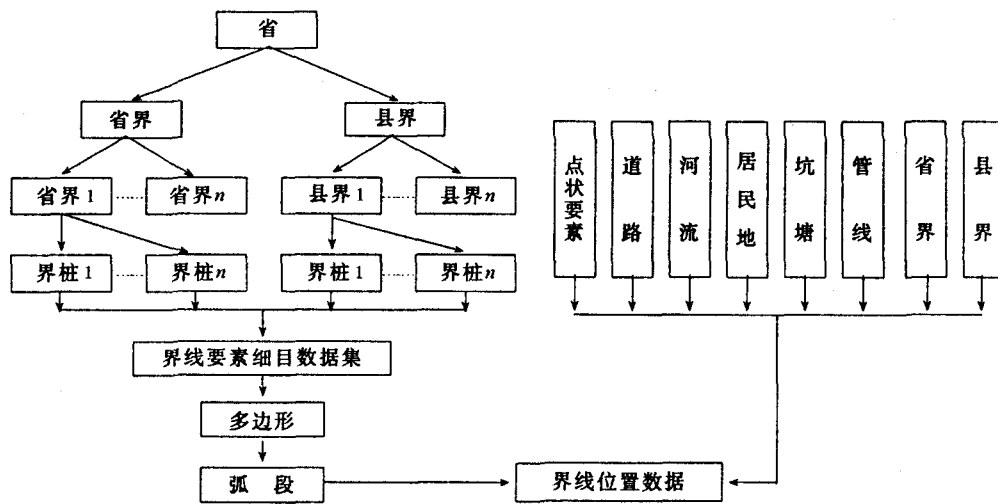


图 4 省级行政区域界线数据库系统关系、层次、网络模型

参 考 文 献

- 1 萨师煊,王珊. 数据库系统概论. 北京:高等教育出版社,1984
- 2 潘锦平. 软件系统开发技术. 西安:电子科技大学出版社,1989
- 3 王广芳,曹兰斌,黄孝慈. 数据结构. 长沙:国防科学技术大学出版社,1982

(收稿日期:1998-04-30)

目前,我国省县两级行政区域勘界尚在进行当中,在勘界档案自动化管理的道路上还需要做大量的工作。我们应积累经验,逐步走出我国建立行政区域界线数据库系统的道路。

本文仅是作者对行政区域界线数据库的粗浅探讨,不当之处,请同行予以指正。