

钻孔灌注桩钢筋笼长度的无损检测方法

万明浩 赵永辉 陈冰 吴健生 陈军 叶智勇

摘 要 上海地区软土地层中施工的工程地基基础,大量采用钻孔灌注桩。每根灌注桩的钢筋笼有几节焊接而成。钻孔灌注桩施工结束后,如何检测其钢筋笼长度和焊接质量是一个难度很大的问题,本文介绍采用高精度基础桩现场诊断仪和地质雷达仪检测钻孔灌注桩钢筋笼长度的方法及效果。

关键词 无损检测;基础桩;地质雷达探测

THE NON-DESTRUCTIVE INSPECTION OF THE LENGTH OF REINFORCEMENT CAGE FOR THE BOREHOLE INJECTION PILE

Wan Minghao, Zhao Yonghui, Chen Bing, Wu Jiansheng, Chen Jun

(Tongji University, Shanghai 200092)

Ye Zhiyong

(Shanghai Far East International Bridge Construction Corporation, Shanghai 200092)

Abstract In Shanghai area, borehole injection piles are used in large quantities for construction foundation in soft soil strata. The reinforcement cage for each injection pile consists of several parts linked together through welding. After the completion of the borehole injection pile construction, the inspection of the length of the reinforcement cage and the examination of welding quality constitute a very difficult problem. This paper recounts the technology and effects of applying high-precision foundation pile diagnostic device and geological radar to the inspection of the length of reinforcement cage for the borehole injection pile.

Key words nondestructive inspection; foundation pile; geological radar detection

桩能将上部结构的荷载传到深层稳定的土层中去,从而大大减少基础的沉降和建筑物的不均匀沉降。所以,各种桩基础在上海地区软土地层中得到广泛采用,而且实践证明它是一种极为有效、安全的基础形式。仅上海市1995年施工的大小工程3000多项,用桩量达数十万根,其中大部分为钻孔灌注桩。

黄浦江某大桥引桥的桥墩基础采用钻孔灌注桩,桩长42 m,钢筋笼长33.5 m,由4节焊接而成,分别为6.5 m, 9 m, 9 m, 9 m。施工中,监理人员发现其中一根桩施工时少放了一节钢筋笼。这样,实际钢筋笼长度仅23.5 m,将会影响其承载力。为此,怀疑其它已完成的钻孔灌注桩钢筋笼的长度是否合格,必须进行无损检测。

检测灌注桩钢筋笼长度有很大难度,但是,如果检测成功将有很大的意义。目前,一个工程的静载试验一般为2~3组,而且事先指定桩位,施工单位尽力做好,一

一般都达到设计要求，而低应变动测只能检测桩身质量，是否存在扩、缩颈，离析等等，施工单位少放钢筋是不知道的。如能检测，则可防止施工单位偷工减料，确保桩身质量。

1 使用荷兰IFCO公司生产的IT基础桩现场诊断仪进行检测

在钢筋笼上方焊接钢板，IT仪器的传感器用石膏固接在钢板上，用手锤敲击钢板，产生应力脉冲，应力波沿钢筋往下传播。当钢筋存在缺陷或中断后，波阻抗发生变化，产生的反射波传播回铁板，由IT仪器的传感器接收。

在已知桩长(L)的情况下，根据桩底反射时间(t)，用 $C=2L/t$ 计算桩身平均波速，再由 $L_m=C \cdot t_m/2$ 确定缺陷位置(t_m 为桩身缺陷截面的反射时间)。反之，如果已知波速

C，例如，钢筋的波速为7 380 m/s(速度计算公式为 $C = \sqrt{E/\rho}$ ， ρ 为介质密度，E为弹性模量)，可以根据钢筋笼的底面反射时间，用 $L=C/2t$ ，求得精确的桩长。

IT仪器采用瞬态反射波法，配备了加速度传感器，仪器对所采集信号具有指数放大和滤波功能，放大倍数在1~100内选，提高了深部信号增益，具有很高的信噪比，桩底反射(本次为钢筋笼底面反射)和缺陷部位的反射波在振幅、相位和频率上的变化十分清楚、直观。

本次所检测的钢筋笼与下面的混凝土关系属于弹性情况(未固结)，故钢筋笼底面的反射信号应与钢筋笼顶面的信号同向；4节钢筋笼之间如果焊接不好，则属于截面积减小，反射信号与钢筋笼顶面的信号同向；钢筋笼如果少放1~2节，则对应的长度缩短。

作法是将已知钢筋笼长度33.5 m、滤波系数0.0 m和钢筋波速7 380 m/s输入IT基础桩现场诊断仪做检测，如果钢筋笼完好，则波形均匀变化，只有底部反射，且底部反射长度对应位置为33.5 m左右；如果钢筋笼缩短，则底面反射长度对应为缩短的长度，且33.5 m左右无底面反射；如果钢筋笼焊接不好，则焊接不好处应有反射，反射信号对应长度即为焊接不良部位，并且在33.5 m处仍有反射信号。

根据上述分析原则，4根桩的钢筋笼长度如下：1号桩在23.8 m处存在与顶面同向的反射信号，而在对应33.5 m处没有反射信号，说明1号桩的钢筋笼长度仅23.8 m，少放一节钢筋笼(图1)。2号桩在15.6 m处存在与顶面同向的反射信号，并在32.8 m处存在与顶面同向的反射信号，反映了钢筋笼在15.6 m处焊接不大好，其钢筋笼的全长仍达到32.8 m(图2)。3号桩曲线均匀光滑，在33.4 m处存在与顶面相同的反射信号，反映了该钢筋笼焊接质量很好，钢筋数量上下一致，长度达33.4 m(图3)。4号桩曲线最复杂，在6.6 m，23.8 m，33.3 m处都存在与顶面相同的反射信号，而且在6.6 m处的反射信号特别强，说明其连接质量很差，但钢筋笼长度仍达33.3 m(图4)。

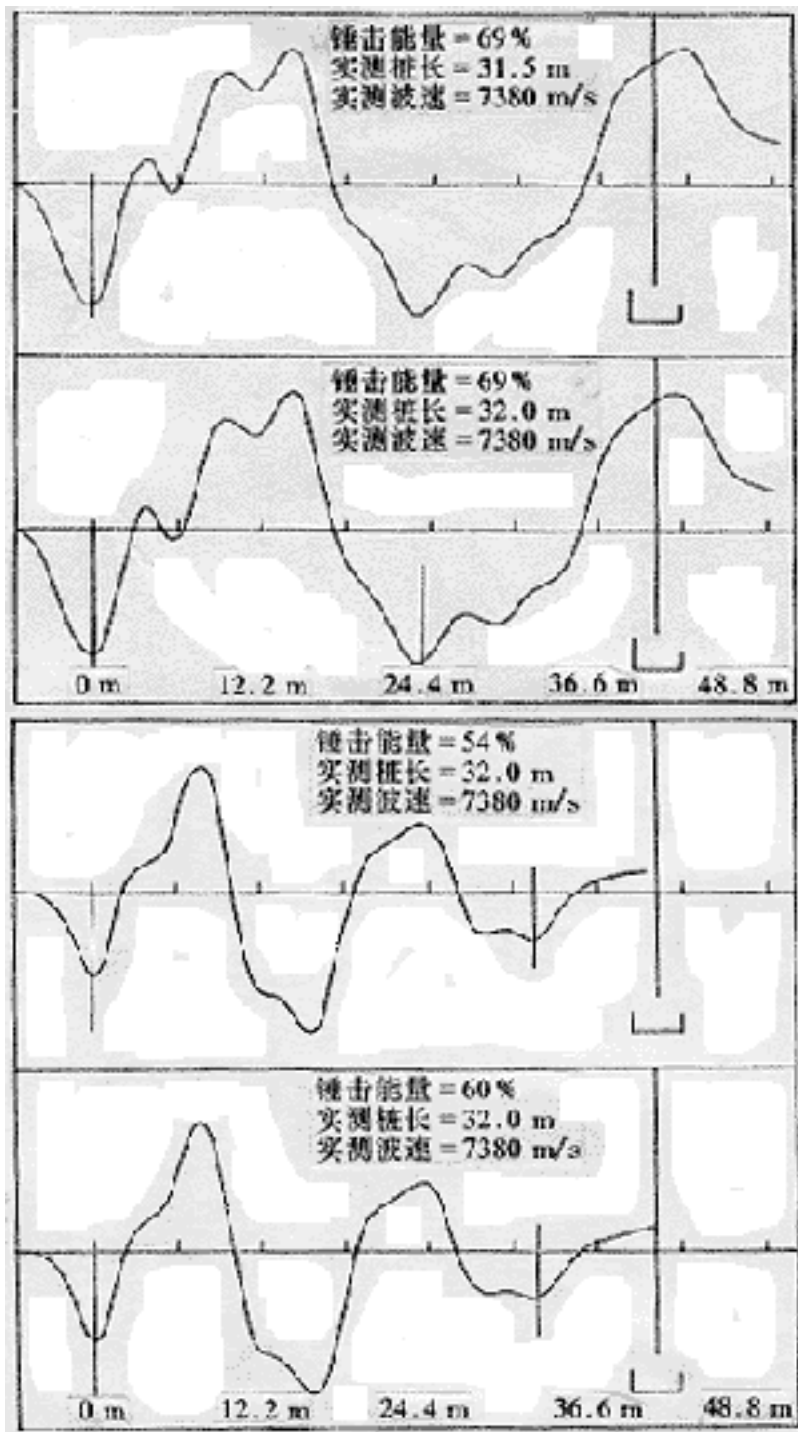


图1 1号桩检测曲线

图2 2号桩检测曲线

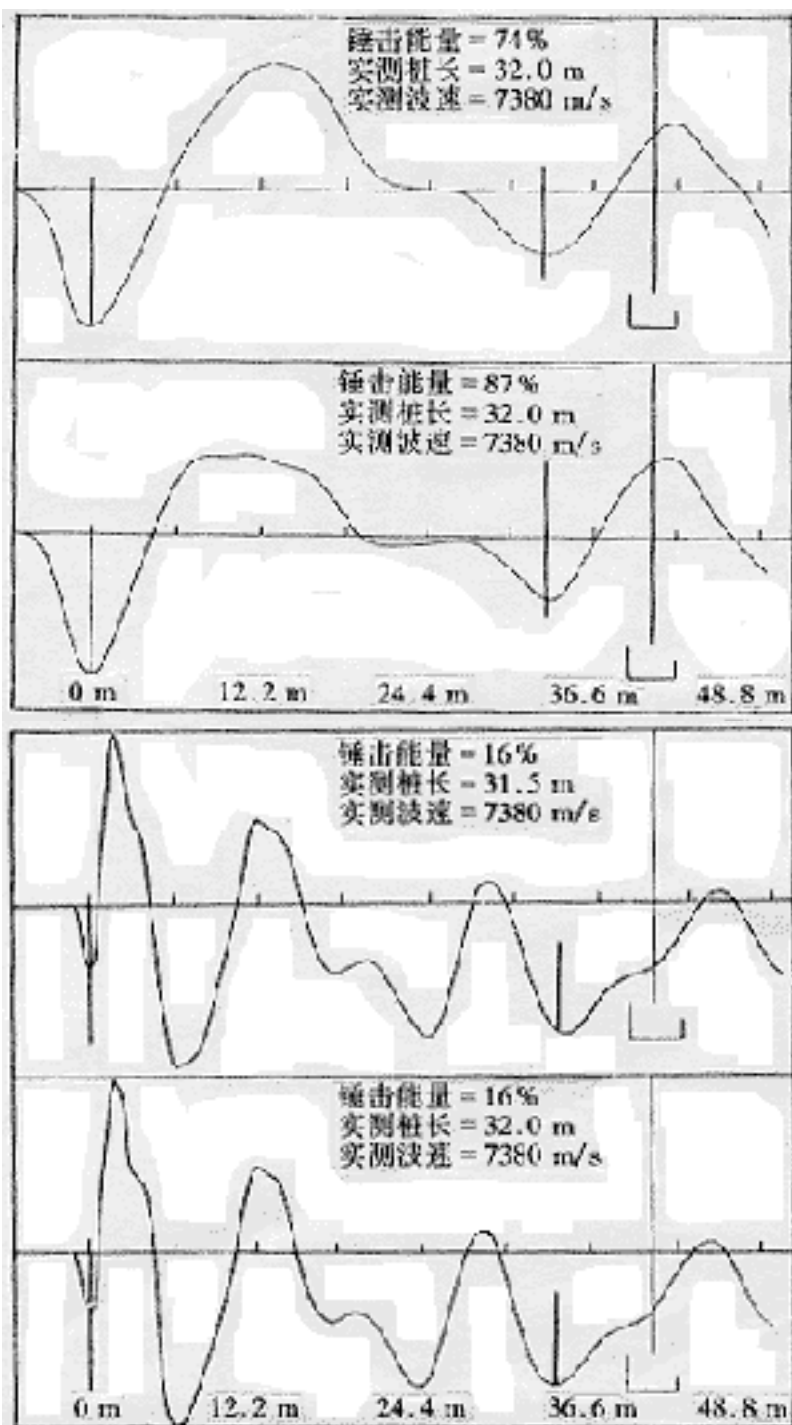


图3 3号桩检测曲线

图4 4号桩检测曲线

2 用加拿大Sensors & Software Inc.公司EKKO?4型地质雷达检测的结果

地质雷达与探空雷达相似，对地下异常地质体进行扫描检测。它利用高频电磁波以宽频带短脉冲形式，由地面通过天线T送入地下，经地下地层或目的体反射后返回地

面，为另一天线R所接收，脉冲波行程需时 $t = \frac{\sqrt{4z^2 + x^2}}{v}$ 。当地下介质中的波速 v 为已知时，可根据测到的精确的 t 值，由上式求出反射体的深度。

雷达图形以脉冲反射波的波形形式记录。波的正负峰分别以黑白色表示，或者以灰阶或彩色表示。这样，同相轴或等灰色、等色线即可形象地表征出地下反射面。在波形图上各测点均以测线的铅垂方向记录波形，构成雷达剖面。

钢筋笼属低阻体，吸收系数大，其反射强度特别大，因此，波形很黑。本次每隔0.1 m探测一个点，通过4个桩的上方进行扫描检测。波形图的水平坐标为探测距离(m)，对应的钻孔灌注桩中心(即钢筋笼中心)为：1号桩1.6 m；2号桩3.9 m；3号桩6.2 m；4号桩8.5 m。左侧纵坐标为雷达波双程传播时间，右侧纵坐标为深度(即反映了钢筋笼长度)(图5)。

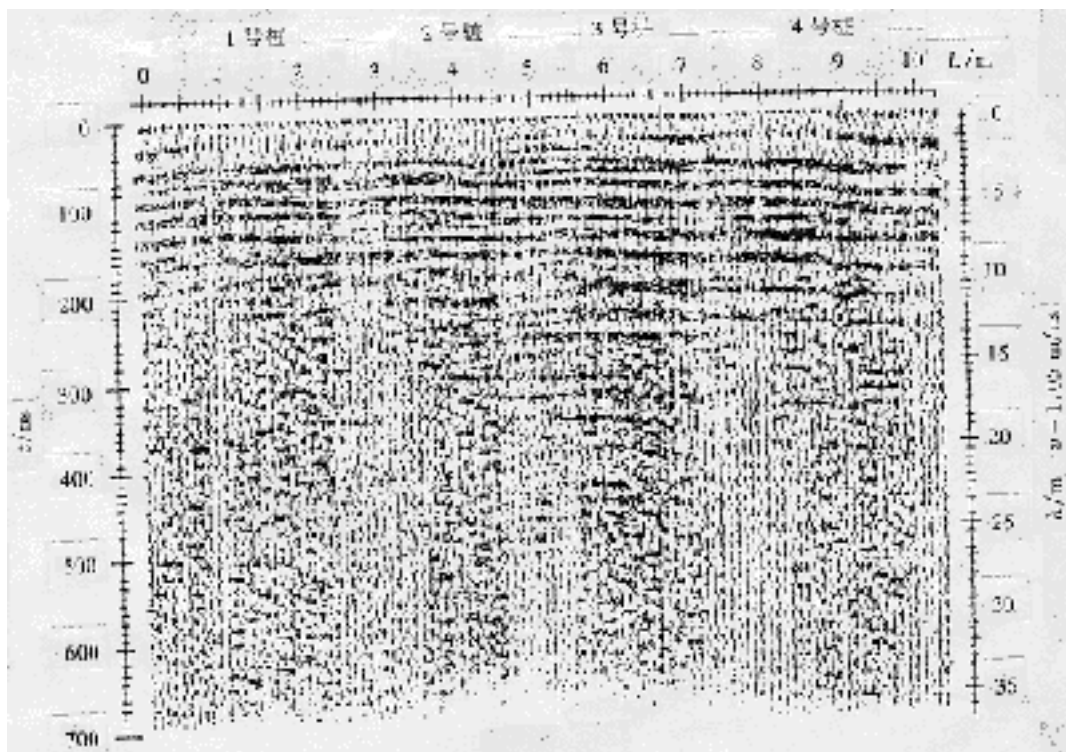


图5 地质雷达探测波形

由图5可见, 1号桩黑波形在23.5 m处中断, 少放一节钢筋笼; 2号桩、3号桩黑波形达33.5 m处, 钢筋笼长度正常; 4号桩情况比较复杂, 黑波形杂乱而且颜色浅, 深度达33.5 m。

3 结束语

通过2种方法检测, 一致性很好。3号桩的钢筋笼长度达33.4 m, 钢筋笼的质量最好。4号桩的钢筋笼长度达33.3 m, 但可能焊接较差, 1号桩钢筋笼长度仅23.5 m, 少放了一节钢筋笼。本次无损检测结果得到了证实, 为黄浦江某大桥引桥桥墩基础施工消除了隐患。同时, 为今后的钻孔灌注桩施工提供了新的检测手段。

作者简介: 万明浩, 男, 1941年生, 江苏常州人, 1965年毕业于长春地质学院物探系, 现任同济大学海洋地质系教授, 10年内获省、部级科技奖4项, 出版专著3本, 发表论文16篇。

作者单位: 同济大学, 上海 200092 上海远东国际桥梁建设总分司, 上海 200000

1996年5月6日收稿。