

Application of side-hole seismic transmission wave detection method in effective pile length detection of existing pile foundations

Rong Zhang

Guangzhou Huantou Nansha Environmental Protection Energy Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, China 510300

Abstract

This paper focuses on the application of the borehole seismic transmission wave detection method in effectively detecting the pile length of existing pile foundations. First, it provides an overview of pile foundation detection methods, followed by a detailed introduction to the borehole seismic transmission wave method, covering key points such as load-bearing capacity detection, testing hole arrangement, and test pipe embedding, while indicating that this method can identify low-velocity defects. Through the analysis of practical application cases, it is found that performing detection and analysis using borehole seismic transmission waves requires prior understanding of the stratification of foundation soils and wave velocities. Signal analysis from on-site engineered pile testing shows that this method can not only determine the effective pile length of the pile to be tested but also assess pile integrity, accurately identifying the location, length, and severity of low-velocity defect segments, providing an effective technological means for quality detection in construction engineering pile foundation works.

Keywords

Borehole seismic transmission wave method; load-bearing capacity detection; testing hole arrangement; test pipe embedding; low-velocity defects.

旁孔地震透射波检测方法在既有桩基础有效桩长检测中的应用

张荣

广州环投南沙环保能源有限公司, 中国 · 广东 广州 510300

摘 要

本文聚焦旁孔地震透射波检测方法在既有桩基础有效桩长检测中的应用。首先概述桩基检测方法,接着详细介绍旁孔地震透射波法,涵盖承载力检测、测试孔布置、测试管埋设等要点,并指出该方法可识别低速缺陷。通过实际应用案例分析,发现进行旁孔地震透射波的检测分析需预先掌握地基土分层状况与波速。现场工程桩测试信号分析显示,该方法不仅能确定待检桩有效桩长,还可评价桩身完整性,精准给出桩身低速缺陷段的位置、长度及严重程度,为建筑工程桩基础施工质量检测提供了有效的技术手段。

关键词

旁孔地震透射波法; 承载力检测; 测试孔布置; 测试管埋设; 低速缺陷

1 桩基检测方法概述

桩基的主要功能是进行上部结构的荷载的传递,为此桩身要有足够的刚度、强度和稳定性,同时桩侧和桩底的岩土体也要能够提供足够的承载能力。桩基的质量检测同时包含承载力和完整性两方面的内容。桩身承载力检测包括单桩竖向抗压承载力、竖向抗拔承载力和水平承载力检测,桩身承载力检测主要通过静载试验完成,其中单桩竖向抗压承载

力还可以采用高应变法进行检测。桩身完整性检测主要通过低应变法、高应变法动测以及声波透射法和钻芯法等

桩基工程质量的好坏,关系着所支撑的建(构)筑物的安全。目前的各种桩基质量检测方法,因桩身信息识别困难,对既有工程桩的检测能力有限,对桩身质量缺陷一般较难以给出定量性的判断。在此背景下,旁孔地震透射波法作为一种相对成熟的方法,已由住房和城乡建设部发布了现行标准规范《城市工程地球物理探测标准》(CJJ/T 7-2017),并在建筑检测行业内有大量的成功应用,检测结果可信度高。

【作者简介】张荣(1971-),中国广东梅州人,本科,工程师,从事电力工程管理研究。

2 旁孔地震透射波法检测方法介绍

旁孔地震透射波法,通过专用的检测仪及对应的采集传感器、数据分析软件形成一整套检测系统,可进行桩的旁孔地震透射波和地基波速的下孔法测试分析。通过检测仪收集声波传感器接收敲打桩身时发出的地震波信号,储存在数据盘内,通过后台分析软件系统进行分析桩身质量缺陷,此方法稳定、检测方便,具有良好的技术效果和可靠性。

2.1 基本原理

旁孔地震透射波法在与桩头相连的混凝土结构实体(承台、上部结构)激震,所激发的应力波传至桩顶,并沿着桩身向下传播并透射于桩侧岩土中,利用桩侧钻孔接收透射波,分析其运动学特征和动力学特征,判断是否有桩基础、检测桩长及桩身缺陷,评价桩身完整性。其工作原理如图1所示。运动学特征和动力学特征包括波速特征、波幅特征等。透射波沿着桩身向下传播过程中,在桩身缺陷和桩底出现反射,也会透射到桩侧岩土中。当建筑物采用浅基础时,桩下无桩,在承台、上部结构激震,所激发的透射波传至浅基础底面,透射于岩土层中,利用旁侧钻孔接收透射波,分析其运动学特征和动力学特征,可测定基础底面埋深。

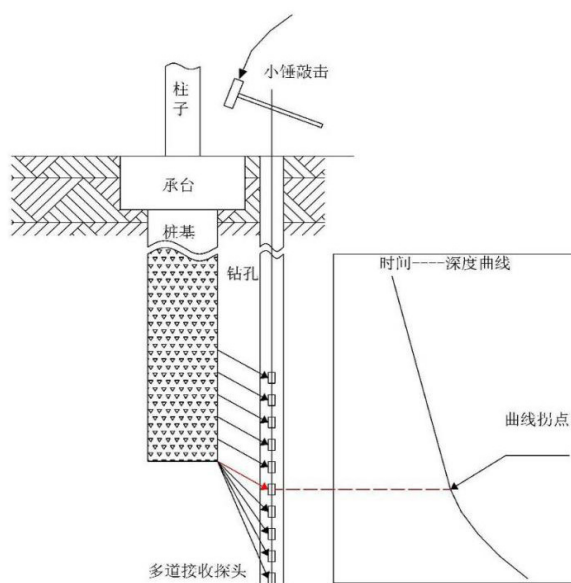


图1. 旁孔地震透射波法工作原理示意图

2.2 测试孔布置

图1中所示,检测的测试孔宜设置在距基桩外侧边缘不大于1.0m的土中,并且测试孔中心线应平行于桩身中心线,即测试孔与受检桩之间的水平距离沿桩的纵向保持不变;测试孔宜采用液压操纵的钻机打设,并配置适宜的水泵、扶正稳定器的钻具,钻头外径宜不小于100mm;测试孔深度宜达到受检桩设计桩底标高以下5m,垂直度偏差不应大于0.5%。

2.3 测试管埋设

测试管内径应大于井中检波器外径;测试管应有足够

的刚度,宜采用内径不小于50mm的专用测斜管;测试管导槽方向应对准受检桩的桩身轴线,下端封闭,上端加盖,管内无异物,测试管连接处应光滑过渡,管口高出地面(或水面)不宜小于500mm;测试管与孔壁之间应回填密实;测试前管内应注满清水;当测试孔深度大于30m时,应进行垂直度测量,测量误差不应大于0.01°;每个测试孔在成孔过程中,应按常规的勘察要求,进行初见水位测量、岩性分层描述,下入测试管前测量稳定水位,形成工程地质柱状图,并且要求岩芯装箱拍照。

2.4 现场检测:

传感器应放至测试管底部,从下往上测试;应在桩顶或承台面激发信号;测点间距不应大于500mm,桩底部位宜适当加密,间距不宜大于200mm;在全孔采样中应每10个记录点观察一次各道波列,如发现初至时间后延点,测点间距适当加密。

2.5 影响旁孔地震透射波的地质因素

运用旁孔地震透射波检测桩端深度及桩身完整性时,所依据的主要是基桩旁孔内首至透射波传导时间和深度关系(以下简称“时深关系”)的变化。桩身中存在的低速缺陷段及断裂、扩颈、缩径、扩底等桩身材料及截面尺寸的变化,会影响旁孔内首至透射波的传播路径与传导时间,继而导致旁孔透射波的时深关系图中出现转折变化。除此之外,天然土层的孔隙率饱和度、频率、渗透系数及含气量等因素会对透射波在其中的传播速度产生影响,反应在物理力学性质不同的土层内透射波的首至时间将有相对增加或减小的变化。因此,待检桩的旁孔内首至透射波时深关系,不仅与桩身的材料参数和截面尺寸有关,还与桩侧及桩端以下土体的分层性质有关。因此,在运用旁孔地震透射波对深度地基中的桩进行质量检测时,有必要预先了解地基土的分层情况及波在其中的传播速度,为辨识引起旁孔内首至波时深关系变化的主要因素提供判据,从而可提高桩长和桩身完整性检测分析结果的可靠性。

2.6 检测数据分析与判定

依据现场所收集的各类信息,需要检测受检桩的桩底埋深 H_p ,按规范《城市工程地球物理探测标准》(CJJ/T 7-2017)中的公式进行判定:

$$H_p = \begin{cases} H_g & (D_x < 1m) \\ H_g - \frac{D_x \cdot V_c}{\sqrt{V_m^2 - V_c^2}} & (D_x > 1m) \end{cases}$$

式中:

H_g ——首波到达时间—深度曲线拐点对应的深度(m);

D_x ——桩顶在桩端平面投影位置与测试孔之间的水平距离(m);

V_m ——桩身混凝土的纵波波速(m/s);

V_c ——桩端土的平均纵波波速 (m/s), 宜根据现场土层波速测试结果确定。

3 旁孔地震透射波法的实际应用案例

以下举例一个项目中, 采用旁孔地震透射波法抽检该项目管桩, 检测工程桩桩长的实例应用。该项目位于广州市南沙区的某厂区, 已投产多年, 南沙区为深厚软土地质, 地下淤泥层厚度平均达到 37 米, 淤泥层要固结硬化时间较长。厂内有一个正在使用中的油罐罐体, 其基础为圆形桩承台基础, 基础直径 22m, 厚度 1m, 混凝土强度等级为 C40。桩基为桩径 $\Phi 600$, 壁厚 130, 桩身混凝土强度设计等级为 C80 的高强预应力混凝土管桩, 桩端持力层为强风化花岗岩, 设计桩长 40m, 施工记录工程桩有效桩长为 39.7 米。

在生产运行中该基础出现下沉开裂现象, 经检查发现在基础一侧有一块表面已发生裂纹, 经现场拆除罐体外围护板后, 发现罐底与基础表面已发生分离, 间隙有 100-120mm。为保证安全运行, 有必要对基础进行永久性的加固处理, 为给基础加固设计提供有效桩长的资料, 建设单位委托有关检测单位采用旁孔地震透射波法对此桩基础进行既有建筑桩基础的有效桩长进行检测, 判定该桩的有效长度是否达到桩端持力层要求。

检测过程通过对该桩透射波原始记录的首至波初至时间计算, 分析判定透射波首至波初至时间的拐点埋深, 再分别比较此埋深以上桩身段和以下土层段的透射波速度; 测量桩 - 孔测试水平距离与竖向距离; 按依据《城市工程地球物理探测标准》(CJJ/T 7-2017), 结合钻孔所揭露的地质条件, 推算该工程桩有效桩长, 为判定工程桩的施工质量提供了有利证据。

下面以受检桩 (编号 18-58#) 的检测波形 (图 2 单孔地震透射波法波列图) 进行简述。通过对该桩地震原始记录的直达波初至时间计算, 地震直达波初至时间拐点位于埋

深 42.4m, 以上桩身段视速度 4554m/s, 以下土层段视速度 1689m/s。桩 - 孔测试水平距离 0.20m, 桩孔测试竖向距离 0.80m, 按平移法进行桩底深度校正, 通过软件分析推算出该管桩长度为 41.3m。

18-58#管桩 (YK-8 孔):

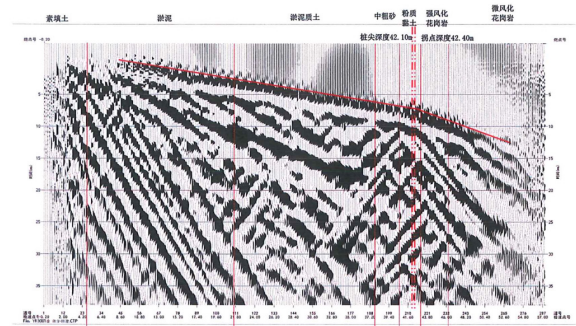


图 2. 单孔地震透射波法波列图

4 结语

旁孔地震透射波的检测分析需要预先了解地基土的分层状况及其波速, 现场工程桩的测试信号分析结果表明, 旁孔地震透射波不仅能够用于确定待检桩的有效桩长, 也可用于桩身完整性评价, 能够给出桩身低速缺陷段的位置、长度及缺陷的严重程度, 为建筑工程桩基础施工质量检测提供有效的检测手段。

参考文献

- [1] 胡明鉴, 郭强, 汪劲祎. PSPT旁孔透射法在桩基无损检测中的试验研究 [J]. 岩土力学, 2023, 44(S1):1-10.
- [2] 赵志峰, 魏迎奇, 蔡红. 地震波跨孔透射法检测既有桩基桩长的关键技术分析 [J]. 水利水电技术, 2021, (51):180-186.
- [3] 刘伟, 陈国兴, 朱升冬. 基于旁孔透射波法的既有桥梁桩基长度检测研究 [J]. 地震工程与工程振动, 2021, (41):198-206.