

桩基础检测技术的研究及应用分析

文 / 宋 勇 核工业西南勘察设计研究院有限公司

摘要: 随着我国城乡建设事业的迅速发展, 桩基工程越来越多。由于地质条件及施工人员施工技术等因素, 部分桩存在一定程度的缺陷。如何保证桩基质量, 排除隐患, 应运而生的桩基检测技术成为一个热门而得到广泛重视。地基基础检测主要有低应变、声波透射法、桩身自反力平衡静载试验法等检测方法。

关键词: 地基基础检测; 自平衡; 低应变; 声波透射

【DOI】 10. 12254/j. issn. 2096-6539. 2025. 18. 009

引言

万丈高楼从地起, 桩基工程的质量是建筑工程质量保证的基本根源, 为了保证土建工程的质量安全, 桩基质量检测是起到了十分关键的作用, 这一点引起了工程界的普遍关注, 现行的规范规程把桩基检测作为工程检测中一个重要环节, 无论对检测数量及检测类别的规定都更加详尽。地基基础检测技术方法分为几类, 技术特点各有不同, 现对几种主要的检测方法进行研究。

一、低应变反射波法

(一) 基本原理

反射波法定义: 在桩顶位置施以一个低能量瞬态或稳态激振, 并采用相应的传感器来采集桩顶的速度时程与力时程曲线。基于波动理论, 采取时域与频域分析的方法来检测桩身的完整性。

(二) 工程实例应用分析研究

工地 3# 楼 76# 桩, 桩径为 800mm, 施工柱长为 19.60m, 混凝土强度 C30, 为机械钻孔灌注桩。该桩安置区域为中风化泥岩作为设计持力层, 共耗费 15 天进行浇筑。如图 4-2 所示, 其现场测试获取实测曲线图。对图进行分析, 可以确定该桩的实测桩长为 18.43m, 而施工桩长为 19.60m, 由于机械钻孔桩桩顶部分混凝土质量较差, 故施工方将桩顶截去约 80cm, 这么一核算, 基本桩长一致。实测曲线显示, 该桩在 5.5m 出存在着扩径问题, 经过核查发现该处扩径问题产生于施工过程中钻孔垮孔时所浇筑的混凝土方量较大, 因此在这一位置产生了一个扩大头的现象。扩径问题不会降低桩的竖向承载力, 因此可以忽略。分析到此处可能会有很多人觉得该桩桩长校核结果一致且不存在质量问题, 桩底清晰且桩身完整, 可以判定为 I 类桩。上述分析的思路看似合理, 但是很明显这种分析并不深入, 会给留存有较大的质量隐患。对于实测曲线图进行更加深入的分析, 我们可以发现, 其首波幅值为 143.05mv, 而桩底反射信号幅值为 17.76mv, 即占首波幅值的 14.21%。若是该桩较短且安置于卵石层为底的区域, 是正常的检测数据。但是本处区域持力层为中风化泥岩, 并且桩长较长, 这意味着正常情况下桩底不会形成较大的同向反射波, 这意味着在

桩底有着沉渣或是离析问题存在, 综合分析确定桩身完整性并不符合设计要求, 因此被判定为 IV 类桩。

为了能够对检测的结果进行进一步的验证, 本处采取金刚石钻芯法检测的方式。现场进行钻芯法, 在桩底位置有着厚为 0.5m 的较差质量的混凝土, 并且在混凝土与持力层之间还存在着 0.2m 的沉渣, 这与前面的分析结果相符。

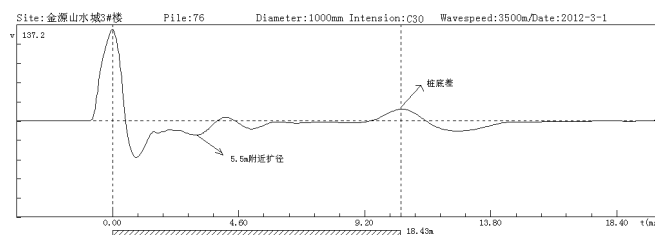


图 1 低应变实测曲线图 (76#)

低应变反射波法是国内发展较为完善的一种桩基完整性检测方法, 经过多年的发展其已经建立起了较为完备的国家标准。在野外能够较为快速简便地对数据进行采集, 并且能够借助于成熟的分析手段对数据进行分析, 从而快速对桩基的质量做出准确的判断, 在工程中得到了广泛的使用。因此, 我们必须慎重对待检测, 避免外界干扰对于数据采集准确性的影响, 采到桩本身的信号, 并且做得至少四次信号重复性一致。根据桩的深度及缺陷位置的深浅选用合适的激振频率 (如力棒、铁锤、尼龙手锤、钢筋等), 只有得到第一手准确数据后, 才能谈结果的准确。

数据的分析必须结合现场实际情况, 如: 现场地质情况, 施工工艺、混凝土材料等因素。只有这样才能避免漏判、误判。当然作为在继续在发展改进的低应变检测手段, 也有一定的局限性, 它只能对桩进行定性的判定, 不能对桩进行定量判定, 对低应变检测有异议问题的桩应采用抽芯验证。

影响桩身完整性的因素是众多的, 桩身缺陷形成也是多种多样, 即使同一种缺陷类型由于其程度的不同使得所测曲线反映也有差异, 在对所测曲线认真进行分析时, 应结合工区的地质条件、地质分层、各地层的土工

参数和力学特征指标, 钻孔施工情况, 钢筋笼长度、施工记录、贯入度、混凝土配比、塌落度、充盈系数、锤击系数、锤击数等综合考虑解释结果和缺陷的性质及程度, 尽量使判断减少失误和提高精度。

二、声波透射检测技术

(一) 声波透射方法原理

超声波透射法基于高频弹性脉冲波在砧内的传播原理, 使用有着较高精度的接收系统对其波动特性进行捕捉, 从而获取砧内材料组成结构情况。在砧内, 若是有裂纹或是材料不均匀连续的情况时, 其缺陷部分会对脉冲波的传播形成较大的阻碍作用, 表现为显著的波阻抗界面。当砧内传播的脉冲波达到这些缺陷位置时, 其会对波产生一些反射与透射的作用, 使得最后接收到的波能量有很大的减弱。而若是在砧内有着一些类似于孔洞、蜂窝或是松散的问题时, 脉冲波在传播至这一位置时会形成较为严重的绕射与散射问题, 这会对波的达到时间与能量值形成较大的影响, 还会对波的频率形成很大的改变导致波形畸变。通过对上述波的数据进行分析, 能够对于砧的密实度等参数有准确的判断。通过测试收集并分析岩体在不同表面与高度位置的超声波动特征, 是能够准确地判定岩体内部所存在的缺陷位置, 并对其性质大小做出正确的评判。

(二) 工程实例应用研究分析

营山县上锦城项目, 桩地质情况由上至下为0~5m为地表土, 5~8m为粉质粘土, 8m以下为泥岩, 该人工挖孔桩桩径为1400mm, 4#桩桩长: 17.60m, 其桩身混凝土强度为C30, 设计要求其桩端持力层为中风化岩石, 按规范要求埋设3根声测管。

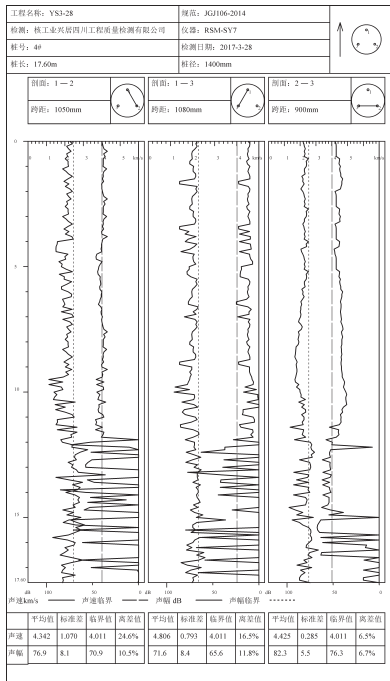


图3 实测曲线见图

由(图3)可以看出桩身上部混凝土声速变化较小, 而且每个面较一致, 波速大多在临界值之上, 桩身完整性较好, 而临近桩底11.60~17.60m部分, 声波异常变化, 且波动幅值较大, 该区域混凝土质量有明显问题, 且该桩的A-B面、B-C面及A-C面在临近桩底11.60m~17.60处也出现同样的现象, 故初步断定该低速区混凝土严重离析, 判为IV类桩。

由于声波透射法出现异常, 故对4#桩采取了进一步检测, 运用钻芯法进行验证。



图4 4#桩混凝土芯样图

通过对(图4)4#桩进行混凝土钻芯, 可以看出: 4#桩在11.60~17.60m混凝土芯样以颗粒状、小块状为主, 芯样不连续、断口不吻合, 采取率极低。结合钻芯法可判定: 4#桩在11.60m~16.60m混凝土质量严重离析, 其形成原因为该桩施工工艺为水下浇注, 在浇注混凝土时, 砂浆随水流失, 导致骨料密集, 混凝土胶结不良。

通过声波透射法发现桩身混凝土质量问题, 运用混凝土钻芯法进行进一步验证, 通过声波透射法和混凝土钻芯法综合运用可以提高地基基础检测的准确性。

声波透射法进行检测时, 能够实现无损检测并且定量的分析所测得的数据信息, 并且能够取得较为准确可靠的结果。在实践中, 这一方法也在工程建设与检测领域受到了广泛的认可。但是, 该方法也有着其独特的局限性。比如其无法对基桩的扩径与缩径缺陷进行有效的检测, 并且其检测所需的声测管也在实际工作中, 经常性地发生堵塞与倾斜的问题, 并且会对其结果形成较大的影响。针对这一问题, 我们需要在实践中补充钻芯法与低应变法等方法, 确保检测结果的可靠。尤其是大直径灌注桩, 也就是超过800mm的情况下。要使用多种方法进行综合检测, 从而确保判断的准确。

三、自平衡检测技术

(一) 自平衡检测基本原理

桩身自反力平衡静载试验法的试验效果是与竖向抗压桩相类似, 通过该种试验方法是能够测试得到单个桩

在竖向上的极限抗压承载力，也能够对桩周土的极限摩阻力以及桩端土极限端阻力进行有效的检验。成桩时将荷载箱放置在桩身自反力平衡点处，并在桩顶处留有位移杆与输压管的伸出口。在进行试验的过程中，对于荷载箱的施压过程主要是通过桩顶伸出的输压管进行的，通过施压来推开箱盖与箱底，从而能够有效地调动位于桩上段的土向下与桩下段的土向下的两种阻力，并且这两种阻力的作用方向的是相反的。借助于压力表，是能够准确地测得在荷载箱内部的压力的，并且借助于位移传感器，还能够对于荷载箱的上下位移进行准确的测定。随着施压的不断进行，荷载箱内部的压力不断地上升，最后将会突破桩侧土与桩端的

阻力作用，形成破坏性的位移。根据各个传感器所采集的数据是可以绘制出“向上的力与位移图”及“向下的力与位移图”，根据“向上的力与位移图”及“向下的力与位移图”及相应的 $s_{上} - t$ 、 $s_{下} - t$ 曲线，并以此计算得到上、下段桩的极限承载力，并且针对处理上段桩侧阻力之后，与下段桩承载力进行加和即可得到桩的极限承载力。

(二) 工程实例应用研究分析

南充圣桦公馆项目，32# 桩、桩长 7 米，根据地勘报告，地面标高以下 1 米为砂土，以下均为岩石；荷载箱埋设位于桩端 1 米处，该桩桩侧抗拔 - 抗压阻力比 $\gamma = 0.95$ ；试验数据如下：

Q-s 曲线

s-t 曲线

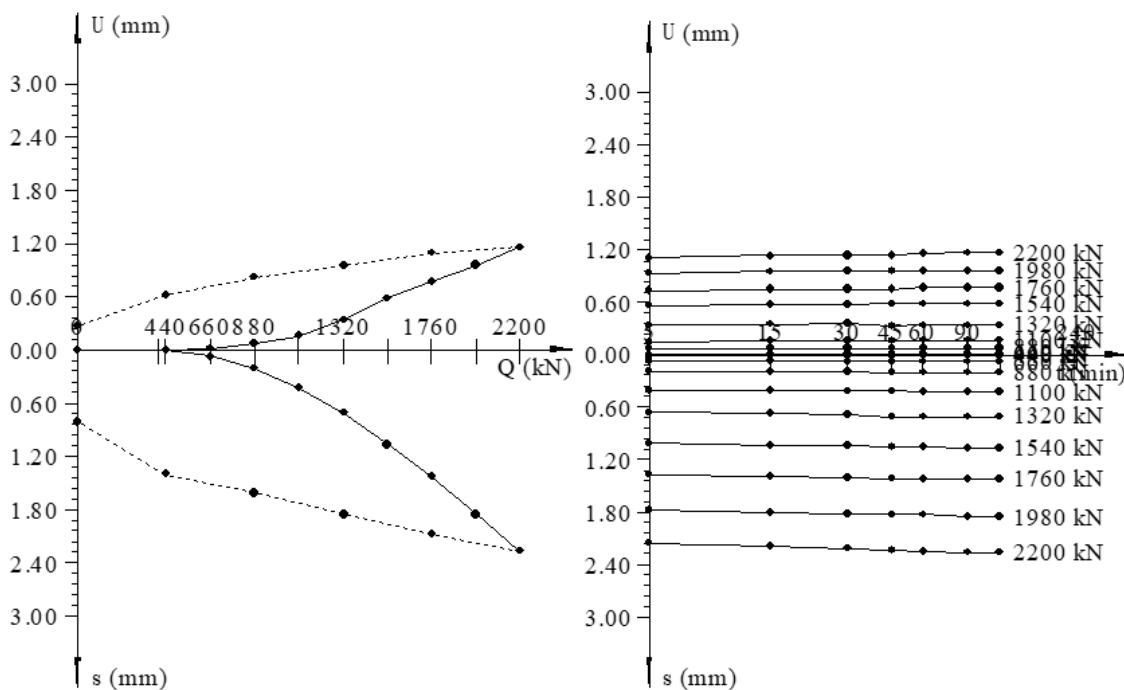


图 5：实测曲线图

该桩桩径为 1000mm；上段桩自重 $w_{上} = 108$ kN；上段桩身自反力 $Q_{u上} = 2230$ kN；根据公式 $(Q_{u上} - w_{上}) / \gamma = 2233$ kN；下段桩身自反力 $Q_{u下} = 2230$ kN；单桩竖向抗压极限承载力 $Q_u = 4463$ kN；单桩竖向抗压承载力特征值 $R_a = 2231$ kN；大于该桩单桩竖向承载力特征值为 2223 kN；该桩单桩竖向抗压承载力特征值满足设计要求。

结语

通过现场实际的检测及多种对比试验，使我们知道几种检测技术在基桩检测工程的可信性，准确度较高。但其也存在一定的问题，需要我们进一步总结。在高、低应变及声波检测中，我们必须理论并结合现场实际施工情况、混凝土材料及现场地质情况进行综合分析，只有这样才能避免漏判，误判，才能保证建筑基础质量。

进行对比试验尤为重要，在低应变检测、声波测试中，开挖验证及对问题桩进行钻芯验证，不仅能让我们在检测中总结丰富经验，而且也论证了这两种检测方法在基桩检测中准确度。

参考文献

[1] 雷宛，肖宏跃，邓一谦. 工程与环境物探教程 [M]. 北京：地质出版社，2006.
 [2] 王雪峰，吴世明. 基桩动测技术 [M]. 北京：科学出版社，2001.
 [3] 张宏. 灌注桩检测与处理 [M]. 北京：人民交通出版社，2001.
 [4] 高大钊，祝龙根，刘利民，耿乃兴. 地基基础测试新技术 [M]. 北京：机械工业出版社，1999. 10.