

厦门市宏业工程建设技术有限公司作业指导书	文件编号:XHYJ3j-18-F
	第 1 页 共 7 页
基桩低应变动力检测细则	年 月 日第 次修订
	颁布日期: 2009 年 07 月 01 日

1 依据标准

- 1.1 《基桩低应变动力检测规程》(JGJ/T93—95)
- 1.2 《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)
- 1.3 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202-2002)

2 检测目的

- 2.1 评价桩身完整性;
- 2.2 推定桩身缺陷类型及其在桩身中的位置;

3 一般规定

3.1 检测方法

- 3.1.1 低应变动力检测方法主要有: 反射波法, 声波透射法, 机械阻抗法。
- 3.1.2 上述方法均以一定的物理力学条件为基础, 完成各自的动测任务、对于具体工程项目, 应根据不同的物理条件要求加以选用。

3.2 检测数量

- 3.2.1 对于一柱一桩的建筑物或构筑物, 全部基桩应进行检测。
- 3.2.2 非一柱一桩时, 应按施工班组抽测, 抽测数量应根据工程的重要性、抗震设防等级、地质条件、成桩工艺、检测目的等情况, 由有关部门协商确定。检测混凝土灌注桩桩身完整性时, 抽测数不得少于该批桩总数的 20%, 且不得少于 10 根; 对混凝土预制桩, 抽测数不得少于该批桩总数的 10%, 且不得少于 5 根。

当抽检不合格的桩数超过抽测数的 30%时, 应加倍重新抽测。加倍抽测后, 若不合格数仍超过抽测数的 30%时, 应全部检测。对于采用声波透射法时, 加倍重新检测可采用其他检测方法。

3.3 仪器设备一般规定

- 3.3.1 仪器设备性能应符合各检测方法的要求。
- 3.3.2 检测仪器应具有防尘、防潮性能, 并应在-10~50℃环境下正常工作。在现场使用微机时, 应采取保温或降温措施。
- 3.3.3 传感器应采取严格防潮、防水措施, 搬运时应进行防震保护。
- 3.3.4 仪器长期不使用时, 应按说明书要求定期通电。长途搬运时, 仪器应装在有防震措施的仪器箱内。
- 3.3.5 仪器设备应每年进行一次全面检查和调试, 其技术指标应符合仪器质量标准的要求。

3.4 检测前的准备工作

厦门市宏业工程建设技术公司检测部作业指导书	文件编号: XHYJ3j-18-E
	第 2 页 共 7 页
基桩低应变动力检测细则	年 月 日第 次修订
	颁布日期: 2007 年 02 月 01 日

- 3.4.1 检测前委托单位应提供下列资料: 工程概况、工程地质勘察报告、桩基础施工平面图、工程桩设计资料和施工纪录。
- 3.4.2 检测前还应做好下列准备: 进行现场调查; 对所需检测的单桩做好测前处理; 检查仪器设备性能是否正常; 根据建筑工程特点、桩基的类型以及所处的工程地质环境, 明确检测内容和要求; 通过现场测试, 选定检测方法和仪器技术参数。

4 反射波法

4.1 适用范围

本方法可适用于无损检测桩身结构的完整性, 判定缺陷类型(断裂、离析、空洞、蜂窝、缩径、扩径等)及其在桩中的部位, 同时也可以对桩长进行核对, 对桩身混凝土质量做出评价。适用于各种混凝土桩、钢桩及木桩。

4.2 仪器设备

- 4.2.1 仪器一般由传感器、数据采集(放大、滤波、记录)、处理和监视系统, 以及专用附件组成。
- 4.2.2 数据采集放大部分的增益一般应大于 60dB, 其频带宽度应宽于 10~2000Hz, 滤波频率可调。终端具有波形监视设备模拟记录或数字磁记录装置。
- 4.2.3 对多道数据采集系统, 其放大器应具有良好一致性。其振幅一致性偏差应小于 3%, 相位一致性偏差应小于 0.1ms, 折合输入端的噪声水平应低于 1 μ V(Vpp)。
- 4.2.4 接收传感器可使用速度型或加速度型。速度传感器灵敏度应优于 300mV/cm/s, 加速度传感器灵敏度应优于 100mV/g, 同类型传感器应具有良好一致性。

4.3 检测准备

- 4.3.1 收集工程地质勘察资料、基桩设计和施工资料。
- 4.3.2 对于被测桩均应进行桩头处理, 包括挖出桩头, 清理桩周场地、凿去浇灌的浮浆部分, 使桩头安装传感器和激振部位平整。要求切除桩头外延过长的钢筋。
- 4.3.3 检测前, 应对主机及传感器进行必要的检测和测试, 使用模拟桩进行系统校验, 发现问题及时送交仪修人员调试或检修。不合格的仪器或传感器不准用于检测。

4.4 检测技术

- 4.4.1 对每个检测工地均应进行激振、接收条件的选择试验, 确定最佳激振和接收条件。
- 4.4.2 根据不同的桩型必须进行仪器接收参数(放大、滤波、采样频率或记录时间长度等)的对比试验, 以确定方法的有效性。
- 4.4.3 在一个检测工地中, 应尽量保持接收参数和传感器的一致性, 以便进行有效波的

厦门市宏业工程建设技术公司检测部作业指导书	文件编号:XHYJ3j-18-E
	第 3 页 共 7 页
	年 月 日第 次修订
	颁布日期: 2007 年 02 月 01 日
基桩低应变动力检测细则	

对比分析。

4.4.4 激振点一般选择在桩头中心部位、传感器应牢固地安置在桩顶上避免产生随机谐振。对于桩径大于 350mm 的桩可安置两个或多个传感器接收。

4.4.5 根据不同激发频率要求，应采用不同重量和材质的击锤进行激振。

4.4.6 当随机干扰较大时，多次重复激振，以增强反射信号，压制随机干扰，提高信噪比。

4.4.7 为提高检测的分辨率，应采用小能量激振，并选用高截止频率的传感器和放大器。

4.4.8 放大器增益选择，不允许产生限幅削波现象。在满足能记录到桩底 2 次反射的情况下，宜采用较高的采样频率。

4.4.9 在桩头上进行横向激振，对浅部断桩，缩径和严重离析等缺陷有较明显的反映，可与纵向激振检测配合进行。

4.4.10 对每根被检测的单桩，均应重复测试，时域波形应有较好的重复性。当重复性不好时应及时清理激振点，改善传感器安置条件或排除仪器的故障，重新进行测试。

4.4.11 对于异常波形，应在现场及时分析研究，首先排除可能存在的激振或接收条件不良因素的影响后，再重复测试。

4.5 检测过程

4.5.1 做好前述各项准备工作，即可开始检测；

4.5.2 接上电源，启动采集器和微机，稍等片刻，微机自检完毕，使之进入低应变测试状态，屏幕上出现参数设置表；

4.5.3 通过微机键盘设置合适的仪器工作参数，如：采样时间、滤波档、放大倍数等。然后使之进入采集信号状态；

4.5.4 使桩顶的传感器和连线等安装无误，使仪器进入等待采集信号状态；

4.5.5 用击锤垂直激振桩顶，使仪器触发，屏幕上出现桩体振动的时域波形曲线；可以通过键盘操作，对波形幅度进行调整；

4.5.6 通过对时域波形的形态及频域分析，初步分析被测桩的完整性，并决定时域波形曲线是存盘还是消除重测。必要时，可对时域波形进行较详细的分析、处理和判断。

4.5.7 各种型号动测仪的使用方法略有不同，具体操作详见各型号仪器的《测试操作说明书》。

4.6 检测数据分析与判断

4.6.1 通过资料分析，判别有无断裂、离析、夹泥或缩径等缺陷，并确定其部位，判别桩长及混凝土质量是否满足设计要求，对单桩完整性做出评价。

厦门市宏业工程建设技术公司检测部作业指导书	文件编号: XHYJ3j-18-E
	第 4 页 共 7 页
	年 月 日第 次修订
基桩低应变动力检测细则	颁布日期: 2007 年 02 月 01 日

4.6.2 桩体浅部断裂的定性评价,可依据横向激振对同类横向震动特征之间差异来进行判别。存在横向裂缝的桩有自振频率降低、衰减历时明显增加及波列复杂等现象,在一定实践经验基础上,可对桩体浅部断裂缺陷做出定性评价,为了保证判别准则的一致性,桩身出露长度大体相同,激振及仪器接收参数应保持不变。

4.6.3 根据波形图中入射波、反射波振幅、频率、相位以及波的到达时间,分析判别桩底反射或桩间反射。

4.6.4 施工质量好的单桩,其反射波具有下列特征。

- (1)桩底反射明显,易于读到双程传播时间值;
- (2)波形规则,波列清晰;
- (3)桩材平均波速较高;
- (4)在频谱分析图上,基波的主峰明显;
- (5)同一施工区桩体波形,桩底反射信号特征往往有较好的相似形。

4.6.5 断裂界面或严重离析部位所产生的反射波,其到达时间要小于桩底反射波到达时间。断裂界面或严重离析的存在减弱桩底反射波的强度,甚至影响桩底反射波的出现。多个断面或多处严重离析存在,将记录到多个相互干涉的反射波组,形成复杂波形。应结合地质资料进行分析,以排除地质变化对波形带来的影响。

4.6.6 缩径与扩径的判别。缩径与扩径部位截面积变化将导致明显的反射波,其部位可按反射历时加以估算,类型可按相位判别,严重程度要结合施工记录及该异常部位的地层情况综合分析。

4.6.7 主要检测参数的确定

- (1)桩身混凝土的质量,可由桩底反射到达时间,直接计算桩身纵波的传播速度加以判定。
- (2)桩长利用施工区内桩的平均速度,由桩底反射到达时间来计算确定。

5 检测环境及安全要求

5.1 低应变检测仪器为高精密仪器,在运输和检测过程中应注意采取防震防水(雨),防晒等措施,以确保其不受损伤。

5.2 检测现场所接电源必须符合临时架设电源线路的要求,禁止乱扯电源、电线,防止漏电、触电等事故发生。

5.3 使用交流电时,仪器设备必须接有地线,要求电源 $220 \pm 20\text{V}$ 。当交流电压不稳定或停电时,备有蓄电池可以使用。

厦门市宏业工程建设技术公司检测部作业指导书	文件编号:XHYJ3j-18-E
	第 5 页 共 7 页
	年 月 日第 次修订
基桩低应变动力检测细则	颁布日期: 2007 年 02 月 01 日

- 5.4 禁止带电插拔计算机接口连线，以免造成接口损坏。
- 5.5 加电顺序：总电源→主机→打印机→计算机。断电按逆加电顺序进行。
- 5.6 当检测工地有施工进行时，应采取安全措施，保证检测人员和仪器设备安全。

6 低应变动测报告内容

- 6.1 见附录二
- 6.2 除附录二的内容外，还应包括下列内容：
- 6.2.1 实测信号曲线；
- 6.2.2 桩身波速取值；
- 6.2.3 桩身完整性描述、缺陷的位置及桩身完整性类别；
- 6.2.4 时域信号时段所对应的桩身长度进尺、指数或线性放大的范围及倍数；或幅频信号曲线分析的频率范围、桩底或桩身缺陷对应的相邻谐振峰间的频差。

补充：

B1 依据标准：《建筑桩基检测技术规范》（JGJ106-2003，J256-2003）

B2 现场检测

- B2.1 测量传感器安装和激振操作应符合下列规定
- B2.1.1 传感器安装应与桩顶面垂直；用耦合剂粘结时，应具有足够的粘结强度。
- B2.1.2 实心桩的激振点位置应选择在桩中心，测量传感器安装位置宜为距桩中心 2/3 半径处；空心桩的激振点与测量传感器安装位置宜在同一水平面上，且与桩中心连线形成的夹角为 90°，激振点和测量传感器安装位置宜为桩壁厚的 1/2 处。
- B2.1.3 激振点与测量传感器安装位置应避开钢筋笼的主筋影响。
- B2.1.4 激振方向应沿桩轴线方向。
- B2.1.5 瞬态激振应通过现场敲击试验，选择合适重量的激振力锤和锤垫，宜用宽脉冲获取桩底或桩身下部缺陷反射信号，宜用窄脉冲获取桩身上部缺陷反射信号。
- B2.1.6 稳态激振应在每一个设定频率下获得稳定响应信号，并应根据桩径、桩长及桩周土约束情况调整激振力大小。
- B2.2 信号采集和筛选应符合下列规定
- B2.2.1 根据桩径大小，桩心对称布置 2~4 个检测点；每个检测点记录的有效芯号数不得少于 3 个。
- B2.2.2 检查判断实测信号是否反映桩身完整性特征。
-

厦门市宏业工程建设技术公司检测部作业指导书	文件编号: XHYJ3j-18-E
	第 6 页 共 7 页
	年 月 日第 次修订
基桩低应变动力检测细则	颁布日期: 2007 年 02 月 01 日

B2.2.3 不同检测点及多次实测时域信号一致性较差, 应分析原因, 增加检测点数量。

B2.2.4 信号布应失真和产生零漂, 信号幅值不应超过测量系统的量程。

B3 检测数据的分析与判定

B3.1 桩身波速平均值的确定应符合下列规定:

B3.1.1 当桩长已知、桩底反射信号明确时, 在地质条件、设计桩型、成桩工艺相同的基桩中, 选取不少于 5 根 I 类桩的桩身波速值按下式计算其平均值:

$$c_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_i$$
$$c_i = \frac{2000L}{\Delta T}$$
$$c_i = 2L \cdot \Delta f$$

式中 c_m —桩身波速的平均值 (m/s);

c_i —第 I 根受检桩的桩身波速值 (m/s), 且 $|c_i - c_m| / c_m \leq 5\%$;

L—测点下桩长 (m);

ΔT —速度波第一峰与桩底反射波峰间的时间差 (ms);

Δf —幅频曲线上桩底相邻谐振峰间的频差 (Hz);

n—参加波速平均值计算的基桩数量 ($n \geq 5$)。

B3.1.2 当无法按上款确定时, 波速平均值可根据本地区相同桩型及成桩工艺的其他桩基工程的实测值, 结合桩身混凝土的骨料品种和强度等级综合确定。

B3.2 桩身缺陷位置应按下列公式计算:

$$x = \frac{1}{2000} \cdot \Delta t_x \cdot c$$
$$x = \frac{1}{2} \cdot \frac{c}{\Delta f'}$$

式中 x —桩身缺陷至传感器安装点的距离 (m);

Δt_x —速度波第一峰与缺陷反射波峰间的时间差 (ms);

C—受检桩的桩身波速 (m/s), 无法确定时间 c_m 值替代;

$\Delta f'$ —幅频信号曲线上缺陷相邻谐振峰间的频差 (Hz)。

B3.3 桩身完整性类别应结合缺陷出现的深度、测试信号衰减特性以及设计桩型、成桩工艺、地质条件、施工情况, 按表 B3.3-1 的规定和表 B3.3-2 所列实测时域或幅频信号特征进行综

厦门市宏业工程建设技术公司检测部作业指导书	文件编号: XHYJ3j-18-E
	第 7 页 共 7 页
	年 月 日第 次修订
基桩低应变动力检测细则	颁布日期: 2007 年 02 月 01 日

合分析判定。

B3.4 对于混凝土灌注桩,采用时域信号分析时应区分桩身截面渐变后恢复至原桩径并在该阻抗突变处的一次反射,或扩径突变处的二次反射,结合成桩工艺和地质条件综合分析判定受检桩的完整性类别。必要时,可采用实测曲线拟合法辅助判定桩身完整性或借助实测导纳值、动刚度的相对高低辅助判定桩身完整性。

B3.5 对于嵌岩桩,桩底时域反射信号为单一反射波且锤击脉冲信号同向时,应采取其他方法核验桩端嵌岩情况。

B3.6 出现下列情况之一,桩身完整性判定宜结合其他检测方法进行:

B3.6.1 实测信号复杂,无规律,无法对其进行准确评价。

B3.6.2 桩身截面渐变或多变,且变化幅度较大的混凝土灌注桩。

表 B3.3-1 桩身完整性分类表

桩身完整性类别	分 类 原 则
I 类桩	桩身完整
II 类桩	桩身有轻微缺陷,不会影响桩身结构承载力的正常发挥
III 类桩	桩身有明显缺陷,对桩身结构承载力有影响
IV 类桩	桩身存在严重缺陷

表 B3.3-2 桩身完整性判定

类别	时域信号特征	幅频信号特征
I	$2L/c$ 时刻前无缺陷反射波,有桩底反射波	桩底谐振峰排列基本等间距,其相邻频差 $\Delta f=c/2L$
II	$2L/c$ 时刻前出现轻微缺陷反射波,有桩底反射波	桩底谐振峰排列基本等间距,其相邻频差 $\Delta f \approx c/2L$,轻微缺陷产生的谐振峰与桩底谐振峰之间的频差 $\Delta f' > c/2L$
III	有明显缺陷反射波,其他特征介于 II 类和 IV 类之间	
IV	$2L/c$ 时刻前出现严重缺陷反射波或周期性反射波,无桩底反射波; 或因桩身浅部严重缺陷使波形呈现低频大振幅衰减振动,无桩底反射波	缺陷谐振峰排列基本等间距,相邻频差 $\Delta f' > c/2L$,无桩底谐振峰; 或因桩身浅部严重缺陷只出现单一谐振峰,无桩底谐振峰

注:对同一场地、地质条件相近、桩型和成桩工艺相同的基桩,因桩端部分桩身阻抗与持力层阻抗相匹配导致实测信号无桩底反射波时,可按本场地同条件下有桩底反射波的其他桩实测信号判定桩身完整性类别。