UDC

中国土木工程学会标准

P T/CCES 1－201X

双速度低应变法检测基桩技术规程

Technical specification for testing of foundation Piles by double speed low strain method

201X–X–X X 发布 20 1 X–X–X 实施

中国土木工程学会 发布

**中国土木工程学会标准**

双速度低应变法检测基桩技术规程

Technical specification for testing of foundation Piles by double speed low strain method

**T/CCES 1－201X**

批准单位：中国土木工程学会

施行日期：2019年x月x日

201X 北 京

**前 言**

为规范基桩低应变扭转波法测试和分析方法，根据《关于发布《2017年中国土木工程学会标准研编计划（第一批）》的通知》（土标[2017]14号），中国建筑科学研究院有限公司等单位以国家、行业现行标准、规范和有关规定为依据，经广泛调研、征求意见和反复修改，编制了本规程。

本规程共分6章，主要内容包括：1总则；2术语和符号；3基本规定；4仪器设备；5现场检测；6检测数据分析及判定。另有本规程用词说明。并附有条文说明。

本标准由中国土木工程学会负责管理，中国建筑科学研究院有限公司负责具体条文内容的解释。在执行过程中如有建议和意见，请反馈至中国土木工程学会标准与出版工作委员会秘书处（地址：北京市北三环东路30号中国建筑科学研究院A1611；邮政编码：100013），以供今后修订时参考。

本规程主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

北京筑业兴邦工程科技有限公司

本规程参编单位：福建省建筑科学研究院、河北省建筑科学研究院、北京万兴建设[集团有限公司](http://ccn.mofcom.gov.cn/916829)

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

目次

[1 总则 5](#_Toc1045898)

[2 术语和符号 6](#_Toc1045899)

[2.1术语 6](#_Toc1045900)

[2.2 符号 6](#_Toc1045901)

[3 基本规定 7](#_Toc1045902)

[4 仪器设备 10](#_Toc1045903)

[5 现场检测 12](#_Toc1045904)

[5.1 现场准备 12](#_Toc1045905)

[5.2 信号采集 14](#_Toc1045906)

[6 检测数据分析及判定 15](#_Toc1045907)

[本标准用词说明 18](#_Toc1045908)

[引用标准名录 19](#_Toc1045909)

# 1 总则

**1.0.1为基桩的桩身完整性检测评价提供可靠依据，做到技术先进、数据准确、评价正确，制定本规程。**

【条文说明】基桩的桩身完整性对评估基桩的安全性和耐久性意义重大，目前的规范对于扭转波检测和评价新建和既有基桩尚没有相关规定，因此，为了规范低应变扭转波法的应用，以便更好的推广，制定了本规程。

**1.0.2本规程适用于采用低应变扭转波法对新建基桩和既有基桩进行桩身完整性的检测与评价。**

【条文说明】低应变法一般而言主要指采用较小能量对基桩进行激励，利用一维杆的波动特性对桩身完整性进行检测，可采用沿桩身轴线方向的力和力偶进行激励，激励不同，波的特性有所不同，《建筑基桩检测技术规范》JGJ106中规定的低应变是指在桩顶沿桩身轴线方向进行力的激励，利用了一维杆纵波特性对基桩完整性进行检测，本规程的低应变为在桩顶或桩侧施加力偶，利用一维杆的扭转波特性对桩身完整性进行检测。扭转波具有波长比纵波波长短，且对桩身截面变化比较敏感的特性，因此，在检测基桩的浅部缺陷包括水平裂缝上相对纵波更有优势；另外，对既有基桩在桩侧进行激励时，扭转波在上部结构横向尺寸满足一定条件时，上部结构可以近似为与桩顶固接，此时，可以根据一维杆的特性去除了上部结构的影响，从而可以较准确的判定既有基桩的桩身完整性。

**1.0.3建筑、交通和港口基桩检测除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。**

# 2 术语和符号

## 2.1术语

2.1.1 既有基桩

桩顶上部和上部承台或基础结构相连接的基桩。

2.1.2 扭转波低应变

在桩顶附近，采用桩身瞬态激励，产生沿桩身轴线方向传播的扭转波，通过波动理论，对桩身完整性进行判定的检测方法。

2.1.3 桩身完整性

 反映桩身截面尺寸相对变化、桩身材料密实性和连续性的综合定性指标。

## 2.2 符号

L―――第一个测量截面至桩底距离

L1―――激振块安装截面至桩顶距离

V―――截面速度信号

Wc―――桩身代表波速

V ↑―――速度上行波

V ↓―――速度下行波

δ ―――上部结构反射系数

# 3 基本规定

**3.1.1 本方法适用于新建和既有基桩的桩身完整性检测。对于既有基桩，需要时可判定基桩和上部结构的连接状况。**

【条文说明】对于既有基桩，当需要了解基桩上部结构和基桩连接状况时，可根据激励在桩顶的反射情况判定基桩与上部结构的连接状况，上部结构同基桩无任何连接时，激励脉冲为同向反射且反射幅值比大约为1；当上部结构同基桩连接牢固时，激励脉冲为负向反射，反射幅值比大约为1。

**3.1.2桩身完整性检测结果评价，应给出每根受检桩的完整性类别。桩身完整性分类应符合表3.1.2的规定，并按本规程第6章规定的技术内容划分。**

表3.1.2桩身完整性分类表

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

【条文说明】基桩完整性的类别定义同《建筑基桩检测技术规范》JGJ106。

**3.1.3当采用水平集中力进行扭转波激励时，应采取措施消除基桩横向振动和纵向振动对信号的干扰影响。**

【条文说明】对于基桩而言，真正施加纯力偶是极其困难的。当采用水平集中力从桩身侧边切线方向激励，基桩获得力偶的同时，由于在水平集中力作用下，基桩会发生弯曲振动，而基桩的弯曲刚度较小，横向弯曲振动较明显，给扭转波检测带来了较大干扰。同时，由于人工激励无法保证激振方向水平，因此可能存在纵向振动。根据弹性叠加原理，其质点的振动速度V如式（1）。单个检测点和激振点与桩中心连线的夹角为900时，由于扭转方向同传感器测试方向，纵向振动及弯曲振动与测试方向垂直，传感器横向灵敏度为ζ，则采集的速度信号V’如式(2)，

V=Vn+Vw+Vz （1）

V’=Vn+（Vw+Vz）ζ（2）

 考虑人工激励无法保证激振方向为沿水平切线方向，水平集中力与传感器测量方向存在水平夹角，假设夹角为α，则有下式：

V’=Vn+ Vwsinα+（Vwcosα+Vz）ζ （3）

 根据式（3），显然 采集的速度信号不仅仅包含有扭转波信号，同时包含弯曲及纵向干扰信号。当在测量截面安装两支传感器且符合5.1.3条和6.1.1条时，能够基本消除基桩横向振动和纵向振动的信号，从而使结果判定更加准确可靠。

**3.1.4 对于既有基桩检测，当在桩身侧面激励时，并且满足下列条件时，上部结构的反射需考虑基桩顶部固接的作用，应将上部结构对激励或桩身缺陷的上行反射信号去除后进行完整性判定。**

 **1 基桩顶部应嵌于上部结构混凝土中，基桩顶部与上部结构交接处应完整。**

 **2 下行激励信号与上行激励经上部结构反射后的信号波形应相似，最大幅值比值宜不小于0.8。**

【条文说明】既有基桩顶部和上部结构相连接，桩身激励或桩身广义阻抗引起上行波向上传播时，上部结构将可能产生反射，根据部课题“一种既有桩基质量检测的新方法”（K22015036）的三维有限元计算研究表明，对于扭转波速度时程曲线，横向尺寸的变化影响如图1所示，当板径和桩径比增大到2时，上部结构仅产生明显负向反射，反射系数接近1，此时，上部结构与基桩顶部可以近似为固接作用。纵向尺寸的变化影响如图2所示，激励脉冲波长不变，桩径为0.5m，板径和桩径比为3时，纵向尺寸（板厚）的变化影响较小，反射系数接近为1。考虑到实际基桩桩身的阻尼的影响，波在桩身传播的能量耗散及采集系统的滤波影响，反射系数要小于1。

图1不同直径的板对基桩扭转波反射波形曲线

图2 不同厚度的板对基桩扭转波反射波形曲线

**3.1.5 新建基桩的桩身完整性检测数量应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ/106规定。当需要检测既有基桩的桩身完整性时，检测数量应符合《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T422规定。对发生事故的既有基桩宜适当增加检测数量。**

【条文说明】当需要评估既有基桩的性能时，为了能够反映基桩的总体情况，需要抽取一定比例基桩进行检测，考虑到既有基桩相对于新建基桩检测，需要对靠近桩头部分的土体进行开挖，以便在桩身安装激振块和传感器，测试相对更加繁琐，因此相对新建基桩抽检数量大幅减少。既有建筑检测数量应符合行业标准《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T422相关规定。

**3.1.6 检测前应收集下列资料：**

 **1基桩的工程勘察资料、基础结构桩基设计文件、施工记录等**

 **2 委托检测的原因及检测的范围**

 **3 检测现场实施的可行性**

# 4 仪器设备

**4.1.1 低应变扭转波采集系统应由传感器、信号传输线缆、双速度采集仪、激振设备等组成。**

**4.1.2 低应变扭转波采集仪主要性能指标应符合表2.1.2规定，**

**表4.1.2双速度采集仪主要性能指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **项目** | **指标** | **要求** |
| **信号测量系统** | **通道数目** | **≥2** |
| **最低采样速度** | **≥500kHz** |
| **任意两通道一致性** | **幅值** | **≯1%** |
| **延时** | **≯1%** |
| **输出端噪声** | **≯** |
| **动态范围** | **>120db** |
| **存储系统** | **单通道采样点数** | **>1024点** |

【条文说明】采集系统由于需要采用双通道同时进行采集信号，需要利用信号间的相位差进行波速分析及上下行波分离，因此，相对于《基桩动测仪》JG/T 3055的要求对仪器性能有所提高，特别是对于设备的采样速度和通道的一致性有更高的要求。

**4.1.3测量系统采用加速度传感器，加速度传感器的主要性能指标应符合表4.1.3规定，传感器应采用相同的规格和型号的产品，且性能指标应接近。**

**表4.1.3 加速度传感器主要性能指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **项目** | **指标** | **要求** |
| **动态性能** | **灵敏度** | **≮5mV/ms-2** |
| **横向灵敏度** | **≤5%** |
| **频率范围** | **1~10kHz** |
| **量程范围** | **＞50g** |
| **幅值线性度** | **≤1%** |
| **安装谐振频率** | **＞20kHz** |
| **环境** | **最大承受冲击** | **＞1000g** |
| **工作温度** | **-20～+50℃** |

【条文说明】不同厂家不同规格的传感器性能不一致，为避免同一信号采集后，波形可存在较大差异，并导致较大的分析误差，因此本条规定采用相同的规格和型号的产品，并且性能指标应接近。由于受横向振动和纵向振动的影响，因此为了减少干扰，传感器的横向灵敏度应尽可能的小。

**4.1.4信号传输线缆宜采用低噪声同轴电缆，与传感器相连的线缆直径不宜大于2mm。**

【条文说明】传感器连接线缆不能太粗，信号线越粗附加质量越大，信号线缆的振动对采样信号干扰越大。

**4.1.5激振设备包括能激发宽脉冲和窄脉冲的力锤、锤垫及激振块。**

【条文说明】由于采用集中力激振扭转波，需在基桩顶部或侧面安装激振块，使用力锤进行敲击，并采用不同材质和厚度的锤垫来调节脉冲宽度。

**4.1.6 采集设备应具备多通道速度显示、频域分析和上下行波分离等功能。**

# 5 现场检测

## 5.1 现场准备

**5.1.1 受检桩应符合下列规定：**

 **1桩头的材质、强度应于桩身相同，桩头部分的截面尺寸宜与桩身基本相同。**

 **2桩身四周应平整，桩头混凝土应密实。**

 **3 桩身轴线应为直线，且桩顶平面应垂直于桩身轴线。**

【条文说明】本规程规定的方法不适用于倾斜基桩及桩身轴线为折线的基桩检测。

**5.1.2激振块应符合下列规定：**

**1激振块宜为实心块状、金属材质，其三维方向尺寸应远小于激振波长，激振面应平滑；**

**2激振块宜采用结构胶牢固固定于基桩桩顶或桩侧。**

**3激振块的激振平面应通过桩身截面几何形心，且平行于桩身轴线。**

【条文说明】第1款规定要求激振块的三个方向的自振频率应远大于激振脉冲频率，降低激振块振动对测试影响。第3款规定激振块安装时，激振面应垂直于激振力方向，减少横向振动的干扰。

**5.1.3传感器的基桩安装面应平整，宜采用粘接方式固定于桩侧或桩顶。对于桩顶有法兰盘的预应力管桩，可采用磁性基座将传感器吸附在桩顶法兰盘上。**

【条文说明】扭转波检测时，传感器与基桩安装面之间承受剪力而不是压力，因此不建议采用黄油做耦合剂粘接在基桩上，避免出现相对滑移影响测试结果。

**5.1.4 新建基桩的检测时，激振块和传感器的安装如图5.1.4所示，并应符合下列规定：**

 **1激振块和传感器可安装在桩顶，安装位置应靠近桩侧。**

 **2传感器和激振块与基桩截面几何形心连线形成的夹角宜为**900**，当采用两个传感器时，两个传感器应与基桩的几何形心对称安装。**

 **3传感器的测量方向为以安装截面几何形心为圆心时安装位置圆周的切线方向。**



1基桩、2第一传感器、3第二传感器、4激振块

图5.1.4 传感器及激振点安装示意图

【条文说明】如果采用两个速度传感器与基桩截面几何形心位置对称安装如图5.1.4所示，传感器与激振点均成900夹角时，传感器的横向灵敏度为ζ， V’1和V’2分别表示不同位置的传感器的测试速度，则有下式：

V’1=Vn1+Vw1sinα+（Vw1cosα+Vz1）ζ （1）

V’2=Vn2+Vw2sinα+（Vw2cosα+Vz2）ζ （2）

 由于弯曲和纵向振动在传感器安装截面内引起的振动速度大小相等方向相同，有下式：

Vw1=Vw2，Vz1=Vz2 （3）

由于两个测点和基桩几何形心点对称，扭转波引起的振动速度大小相等方向相反，有下式：

Vn1=-Vn2 （4）

因此，将式（1）减去式（2），并将式（3）和式（4）代入其中，经整理有下式：

Vn1=（V’1-V’2）/2 （5）

从而得到Vn1，消除了弯曲及纵向振动的影响，处理后的采集信号具有很强的一致性，减少了不确定性，提高了扭转波信号采集质量。

**5.1.5既有基桩的检测，激振块和传感器的安装如图5.1.5所示，并应符合下列规定：**

**1传感器安装位置以上的桩身截面应基本均匀且桩身无明显缺陷。**

**2激振块宜安装在距桩顶不小于1倍的桩径的桩侧表面处。**

**3传感器安装截面与激振块安装截面的间距不小于1倍桩径，传感器安装应符合5.1.4条3和4款。**

**4 当需要分离上下行波时，应沿桩身轴线布设两个传感器安装截面，两个传感器安装截面间距△L不宜小于0.5倍桩径，且两个传感器安装截面间隔应符合：**

**2×△L /Wc ≥ 30 tμ 5.1.5**

**式中：△L——两个传感器安装截面沿桩身轴线方向的间距，精确至0.01m；**

**Wc——扭转波波速，精确至1m/s；**

**tμ——仪器采样间隔，精确至μs**



1激振座；2传感器；3基桩； 4基础（承台、筏板或基础梁等）；

图5.1.5 既有基桩激振块和传感器的安装示意图

【条文说明】第1款规定传感器以上部分桩身截面无阻抗变化，如果阻抗变化的位置在传感器安装截面之间，则6.1.3-3和6.1.3-4式不成立，如果阻抗变化的位置在桩顶至传感器之间，则6.1.4-1和6.1.4-2式成立。

第2款规定激振块距离桩顶的距离不宜过近，由于上部结构与桩顶近似固接，所以距离越近，激励的幅值越小，当在桩顶激励时，则理论上幅值为零。另外，距离过近，应力波的三维效应明显。

第3款规定传感器距离激振块不宜过近，距离激励点过近，应力波三维效应明显，截面应力不均匀。

第4款规定两个传感器安装截面间隔距离不宜过近，距离过近，两个截面间波传播的时间越短，而采样间隔时间一定，则时间的误差相对变大，影响波速的确定及6.1.3条和6.1.4条的分析计算精度。

## 5.2 信号采集

**5.2.1激振操作应符合下列规定：**

**1激振力方向应垂直于基桩轴线且平行于激振块激振平面的法向方向。**

**2 应通过现场敲击进行激振，选择合适重量的激振锤和软硬适宜的锤垫。**

【条文说明】第一款规定激振力的方向要求，减少纵向振动及横向振动对信号的影响；第2款规定通过选择合适重量的激振锤和软硬适宜的锤垫调整激振力脉冲宽度，一般而言，桩径越大，桩越长，缺陷深度越深，地质条件越好，应该采用相对较宽的脉冲。

**5.2.2扭转波信号的采集和筛选应符合下列规定：**

 **1 当同一截面安装两个传感器时，两个传感器采集的信号不应有相位差异，且信号应基本一致。**

 **1 信号不应失真和产生零飘，信号幅值不应大于测量系统的量程；**

 **2 每个测点记录的有效信号数不宜少于3个；**

【条文说明】第1款规定了两个传感器采集信号的要求，由于两个传感器对称于截面几何形心安装，因此两个传感器信号不应有明显相位差异，且信号应基本一致，如果不满足，可能和激振操作有一定关系，应调整激振操作。

**5.2.3既有基桩检测时，测试信号除应符合5.2.2条外，尚应符合下列规定：**

 **1 当存在传感器安装位置以上桩身阻抗变化引起的反射信号时，应调整激励点和速度传感器的安装位置。**

 **2 当采集两个截面的扭转波信号时，两个速度信号波形应基本吻合且相位差异较小，峰峰值应基本成比例，若两个速度信号明显不吻合，应分析原因调整试验方案。**

【条文说明】见5.1.5条第1款条文说明

# 6 检测数据分析及判定

**6.1.1 当截面仅安装一只传感器测量时，截面的测量信号为该传感器采集的信号。当测量截面安装两个传感器时，该截面的速度信号可按下式计算：**

**V*i* =**$ \frac{（V\_{i}^{1}-V\_{i}^{2}） }{2}$ **（6.1.1）**

**式中：V*i*―――测量截面*i*的速度信号。**

$V\_{i}^{1}$**―――测量截面*i*的通道1传感器采集的速度信号。**

$V\_{i}^{2}$**―――测量截面*i*的通道2传感器采集的速度信号**

【条文说明】横向集中力进行激振时，基桩发生纵向和横向振动，按5.1.4条进行传感器的安装，并按本条6.1.1式进行计算，可以减少或消除纵向和横向振动对扭转波的测试信号影响，从而得到较为纯净的扭转波信号，有利于提高缺陷的识别准确性。

**6.1.2桩身波速代表值可按下列方法确定：**

 **1 当激振块和传感器安装在桩顶时，每种类型基桩应选择不少于3根有桩底反射的完好桩，根据桩底反射时间和桩长计算每根桩的波速，其平均波速为该批桩桩身波速代表值。**

 **2 当有两个信号测量截面时，该根桩的桩身速度代表值按下式计算：**

**Wc*i*=**$\frac{∆L}{∆t}$

**式中：****△t―――速度波传播至x1处和x2测量截面的时间差，可以通过两个截面的速度信号的激励峰的时间差获得。**

 **Wc*i*―――第*i*颗桩的桩身波速。**

 **3 对于既有基桩，仅有一个信号测量截面时，该根桩的桩身速度代表值按下式计算：**

**Wc*i*=**$\frac{2L\_{1}}{∆t}$

**式中：****L1―――激振块安装截面至桩顶距离。**

 **△t―――上、下行激励脉冲传播至测量截面的时间差，可以通过截面的速度信号激励峰和负向激励峰间时间差获得。**

【条文说明】第二款规定采用两个桩身信号测量截面时，每个截面可以安装一个或两个传感器，通过测量激励峰传至两个测量截面的时间差来确定波速，这个波速是两个截面的混凝土桩身的实测波速，用这个波速代表整根桩的混凝土桩身平均波速。

 第三款规定了既有基桩波速的确定，特别是仅在一个截面安装有测量传感器时，可利用激励下行和激励上行反射后下行至测量截面的时间差来确定波速。

**6.1.3 当两个截面安装传感器测量速度时，可按下式计算上下行波函数：**

 **V1(t)＝V1↑(t)+V1↓(t) 6.1.3-1**

**V2(t)＝V2↑(t)+V2↓(t) 6.1.3-2**

**V1↑(t)=V2↑(t-(x2-x1)/Wc) 6.1.3-3**

**V1↓(t)=V2↓(t+(x2-x1)/Wc) 6.1.3-4**

**式中：** **V 1↑、V 1↓―――第1个测量截面速度上行波和下行波。**

**V 2↑、V 3↓―――第2个测量截面速度上行波和下行波。**

**x1 、x2―――第1个和第2个测量截面距离桩顶距离。**

【条文说明】根据杆的应力波理论，波在桩中传播，可以分解上行波和下行波，传感器接收的速度波有如下式：

V＝V↑+V↓ （5）

在基桩检测中我们真正关心的是V↑，因为只有上行波才携带有激励位置以下桩的缺陷信息。当已知两个截面的信号并且知道两个截面间的间距，可以利用6.1.3-1~6.1.3-4来连立求得两个截面处的速度上行波和下行波，通过分析上行波信号提高缺陷识别的准确性。

**6.1.4 对于既有基桩，当满足3.1.4条时，可根据下式消除上部结构的反射。**

**V=Ｖ’(t) -δV’(t-2L1/Wc) 6.1.4-1**

**V↑=Ｖ’(t)↑-δV’(t-2L1/Wc)↑ 6.1.4-2**

**式中****：V、V↑―――某测量截面速度波和上行波。**

 **V’、V’↑―――某测量截面消除上部结构反射后速度波和上行波。**

 **δ ―――上部结构反射系数，可根据首个激励峰和负向激励峰间幅值比确定。**

【条文说明】



1：激振座；2：传感器；3：基桩；4：脉冲τ’；

5：脉冲τ”；6：上部结构（承台、筏板或基础梁等）

图3既有基桩在桩测激励的波传播特征线图示

采用桩顶激励的基桩，一般为单个的钟形脉冲，其缺陷的反射规律比较简单，容易辨识。但对于有上部结构的既有桩基，桩身激励时，激励形成的速度脉冲沿桩身向上和向下同时传播，如图既有基桩在桩侧激励的波传播特征线图3所示，下行的脉冲τ’和上行遇上部结构反射后下行的脉冲τ”， τ’和τ”对激励位置以下桩身形成双重激励，由于脉冲τ”为上部结构反射后形成，因此存在相位延迟2L1/Wc，并且波形和幅值都可能和τ’存在较大差异，在不了解上部结构反射时，τ”引起反射缺陷难于辨识，特别是τ’和τ”引起的缺陷反射叠加在一起时，缺陷反射的识别更加困难。

根据弹性一维杆应力波理论，如果τ’和τ”两个脉冲性状相似，幅值成比例，那么这两个脉冲引起反射也是成比例的，其形成的速度波Ｖ’和V”也对应成比例。根据本文有限元计算的分析结果，当上部结构满足一定条件下，上部结构对于基桩顶部可以近似为固接作用，此时，脉冲τ’与τ”方向相反，幅值相差δ倍，因此有：

τ” = -δτ’ （10）

V” = -δV’ （11）

当两个激励共同作用时，根据弹性波叠加原理有：

V = V’+ V” （12）

考虑到脉冲τ”比τ’存在相位延迟2L1/Wc，因此有：

V = Ｖ’+Ｖ” = Ｖ’(t) -δV’(t-2L1/Wc) （13）

同样，对速度上行波也有：

V↑=Ｖ’↑+Ｖ”↑= Ｖ’(t)↑-δV’(t-2L1/Wc)↑ （14）

由于Ｖ通过实测已知，可以根据上式求得Ｖ’，从而理论上完全消除了上部结构所造成的影响。

**6.1.5 实测信号应能够进行合理解读，桩身完整性类别判定时，应排除地层影响，结合桩型施工工艺及上部结构的反射规律的等情况，按本规范表6.1.5对信号特征进行综合判别。**

**表6.1.5 桩身完整性判定**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **类别** | **单速度** | **上行波** |
| **Ⅰ** | **2L/C时刻前除上部结构对激励的反射外，无明显反射** | **2L/C时刻前，无明显反射** |
| **Ⅱ** | **2L/C时刻前除上部结构对激励的反射外，存在轻微缺陷反射** | **2L/C时刻前，存在轻微缺陷反射** |
| **Ⅲ** | **有明显缺陷反射，其特征介于Ⅱ类和Ⅲ类之间** |
| **Ⅳ** | **2L/C时刻前除上部结构对激励的反射外，存在严重的缺陷反射或重复反射** | **2L/C时刻前，存在严重的缺陷反射或重复反射** |

【条文说明】

**6.1.6 桩身缺陷位置应按下式计算确定**

***X*=**$\frac{1}{2000}×∆t\_{x}×$**Wc**

**式中：*X*―――第一个测量截面至缺陷位置。**

$∆t\_{x}$**―――速度波第一峰与缺陷反射波峰间的时间差（ms）。**

**6.1.7检测报告应包括下列内容：**

 **1 每个通道的速度信号曲线，采用行波分离时给出上行波信号曲线；**

 **2 激励距离上部结构的距离，激励位置和传感器安装位置的距离；**

**3 实测的波速；**

**4 时域信号时段所对应的桩身长度标尺、指数或线性放大范围及倍数；**

**5 桩身完整性描述、缺陷位置及桩身完整性类别。**

# 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为，“应符合……规定” 或“应按……执行”。

# 引用标准名录

《建筑基桩检测技术规范》JGJ/106

《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T422