

# 基桩完整性检测方法应用分析

王涿沛

建研院检测中心有限公司 北京 100020

**摘要:** 各类工程项目存在的意义, 都是为民众工作生活、出行等各项活动提供服务, 建设项目工程质量及其安全性与社会大众人身安全关系重大, 因此保证施工质量可靠性, 是工程项目建设施工的首要原则, 通过专业技术方法开展试验检测作业, 则是了解和判断施工质量是否达到要求标准的重要手段。鉴于桩基础形式在各类建设项目中的应用颇为广泛, 同时基桩质量又是影响项目上部结构安全稳定性的主要因素, 所以本文主要开展基桩完整性检测方法应用研究。

**关键词:** 基桩完整性检测; 检测方法应用; 桩基检测

## Application analysis of foundation pile integrity testing methods

Luopei Wang

Jiayan Institute Testing Center Co., Ltd. Beijing 100020, China

**Abstract:** The significance of the existence of all kinds of engineering projects, are to provide services for people's work, life, travel and other activities, construction project engineering quality and safety and the public personal safety is very related, so to ensure the reliability of construction quality, is the first principle of engineering project construction, through professional technical methods to carry out test and testing operations, is an important means to understand and judge whether the construction quality meets the required standards. In view of the extensive application of pile foundation form in various construction projects, and the quality of foundation pile is the main factor affecting the safety and stability of the superstructure of the project, this paper mainly carries out the application research of foundation pile integrity detection method.

**Keywords:** Foundation pile integrity testing; Application of detection methods; Pile foundation inspection

### 引言

在工程项目建设中, 桩基础施工是初始性施工环节, 桩基施工质量对于后期施工安全以及整体工程项目稳定性与耐久性具有深远影响, 随之现代化建设项目工程规模越来越大, 桩基础施工质量重要性愈加突出。由于开展桩基础施工作业时, 桩身较易在地质条件等多种原因影响下出现质量问题, 从而留下安全隐患, 因此必须开展高水平的基桩完整性检测, 对桩身质量进行有效把控。而今基桩完整性检测方法越来越多, 且日渐成熟, 合理分析检测方法具体应用, 可促进检测作业高效开展。

### 1 基桩桩身完整性检测方法类型

#### 1.1 低应变法检测

这种检测方法在桩身完整性检测中最为常用。它的应用优势在于简便易行, 方便快捷, 即使是刚入门的基桩检测作业人员, 也可轻而易举地学会数据采集的各项操作流程, 检测单价不高, 总体成本低廉, 因而在业界受到普遍

欢迎。但是低应变法检测的缺陷也是显而易见的, 对外部影响因素过于易感, 对数据分析人员的专业性以及工作经验依赖性很高, 还须结合现场实况对数据进行量化定性, 如果检测过程遇到特殊情况以及地质条件过于复杂时, 检测结果很难保证精准度。

#### 1.2 高应变法检测

这种检测方法通常给人留下一种属于承载力范畴检测方法的印象, 实际上, 它在桩身完整性检测方面也非常适用。它的原理近似于低应变法检测, 区别仅仅在于高应变法检测有更大的激振能量, 能更好地反馈深部基桩的即时状态, 如果能够选择专业适用的激振锤重, 可以更加精准高效地对基桩实施动承载力检测。高应变法检测方法的劣势也很突出, 要求提前加固检测对象桩体的桩头, 必须有吊装机械助力, 不但推高了检测成本, 但是效率却更低, 数据分析更加困难, 且激振波无法获得高频率, 导致无法提升分辨率, 如果异常迹象存在于浅部桩身且尺寸不大,

经常遭到无视。

上述两种检测方法有一个统称，即动测法，激振能量、桩身的截面均匀性和材质以及周边岩土性状等因素，对检测结果会产生很大影响。

### 1.3 声波透射法检测

这种检测方法的用途也很广，它对直径偏大且超长的灌注桩更加适用。它的应用优势在于可以落实精细化检测，非常精准，即使异常迹象尺寸不大也会检测出来，通过平测结合扇形扫测以及斜测，能够对异常状况进行近乎实况的编绘，在直径偏大的钢管桩完整性检测中也很适用。缺陷是效率不高，对声测管过于倚重，反馈范围局限于声测管的覆盖范围，而且产生海量数据，无法检测预制桩。声测管通常在钢筋笼上布设，除去少量人工挖孔桩，钢筋笼为满足施工要求一般都造型独特，声测管无法铺设到和钢筋笼底部一样长，所以声波透射检测法无法反馈基桩底部的真实全貌。而且声波透射检测法有过于复杂的数据采集流程，对作业人员经验要求较高，如果结果分析期间遭遇极端状况，不能精准测定异常迹象是来自桩身还是声测管。

上述3种检测方法的理论基础都是机械波传播，属于无损检测类型，数据采集必须亲临现场，且需要配置专用仪器，处理软件必须专业适用，作业人员对现场实况以及工作经验进行有机结合。才能对波形做出精准分析，最终确定该基桩的整体完整性。这种原理在广义上属于相通的定性检测，受制于影响及制约性因素，对基桩的检测无法测得准确长度。

### 1.4 钻芯法检测

这种检测方法已经迈入有损检测范畴，应用优势是非常直观，能精准测定基桩长度及异常部位尺寸。它利用钻芯取样实施强度检测，基桩的确切强度可大致推断出来，这种功能上述3种检测方法无法达成。钻芯法检测与孔内摄像技术有机结合，能够准确反馈桩底沉渣即时状态，也可对桩底持力层进行钻进，进而测定桩体性状。钻芯法检测的缺陷在于只能窥测钻孔内的状况，无法点面结合，局限性太大，在完整性检测上误判风险较高。

高应变法检测以及低应变法检测能够在更多桩身检测中应用，包括灌注桩和预制桩等在内的完整性检测都很适用，而且刚性基桩中的粉煤灰碎石桩以及少量钢桩也可有效检测，但是不适于以砂石桩和水泥土桩等为代表的柔性基桩，还有近H性钢桩和薄壁钢管柱的检测，如果基桩自身外形尺寸多变，且周边地质条件过于复杂，高低应变法检测很可能引起结果误判或难判，因此不宜使用。钻芯法以及声波透射法不能用于直径不大的灌注桩及预制桩检测，更适用于易发外观变形的基桩检测。一些使用灌注桩的建筑工程有过大长径比，最大比值可达100米以上，如果桩径

不足，完整性检测只能选择声波透射法。

## 2 基桩完整性检测方法应用实例及效益分析

### 2.1 工程概况

以福建省漳州市一个棚户区改造工程为例，工程占地接近40000平方米，建筑总面积接近120000平方米，共有高层住宅楼10栋，多层幼儿园1栋，单层配电房3栋，还有商业裙楼，地下室1层，满堂红设计。工程基础施工包括超过1000根冲孔灌注桩，设计单根桩体静载测试竖向抗压强度荷载值最大可达5200到14600千牛，检测总吨位高达50000吨，竖向抗拔力单根桩体静载测试最大荷载值最大可达1200千牛。工程拟通过对单桩实施竖向抗拔力和抗压强度荷载静载测试，决定通过低应变法检测以及钻芯法检测获取完整性可靠性数据支撑。具体做法是基桩全数检测结合建筑工程国标基桩检测规范，采取低应变法检测。

### 2.2 检测目标

工程基桩选择低应变反射法开展桩身完整性检测，力求获取地质条件和施工过程记录等数据资料，依据检测结果综合研判基桩的完整性。

### 2.3 低应变反射法

#### (1) 原理

这种检测方法的别名是锤击法，它的理论基础是一维弹性杆应力波波动力学理论。低应变反射法应用于基桩检测，桩顶部位采取竖向激振，纵向弹性波从桩顶由上而下传播，如果桩身有严重离析、扩颈、缩颈以及断桩等质量缺陷，就会导致弹性波传播期间发生不同变化，桩顶传感器对弹性波实施接收、放大、滤波以及判断，得出缺陷发生的类型和严重程度以及具体位置等结论。

#### (2) 应用优势

与高应变法检测相比，低应变反射法检测更加简便易行，高效灵活，成本不高等应用优势，尤其适用于大量且面积较广的无损检测，过程期间不会影响桩体，优势巨大。

#### (3) 局限性

低应变反射法的局限性很明显，即不能直接对检测结果实施量化，而且要求长径比不得超出5到40米范围，在特长桩以及墩基检测中不适用。而且如果低应变反射法不能对桩底实施有效检测，则无法判断实际桩长及强度。权威国标基桩检测规范规定，不得单独通过低应变反射法对桩身实施完整性检测，福建省省级住建厅也曾就桩基检测发文，明文规定如果桩基包括大于等于3节预制桩、桩长在40米以上以及低应变法检测期间桩底无明显反射的任何一种问题，不得单独通过低应变法检测基桩。如果选用其它检测方法，则必须保证桩身检测数量大于等于总数的三分之一，如果必须采取高应变法检测，检测数量要大于等于总数的六分之一，且大于等于5根。所以如果基桩检测选择低

应变反射法，还须结合其它适用方法同时检测。

## 2.4 低应变反射法应用

### (1) 采集资料

检测机构须提前采集关于检测对象的类型、长度、设计方案、地质条件以及施工记录等在内的数据资料在此基础上完成整理分析，重点采集工程设计等级信息，有利于精准判定检测结果。

### (2) 桩顶清理

提前对待测基桩桩顶部位的杂物以及浮浆实施彻底清理，这些杂质激振状况下会有脉冲产生，导致检测结果失准。检测人员尤其要对锤击以及传感器的连接等位置进行彻底清理，要整洁无物且表面平滑，不得残留石块、浮渣以及残渣，平面借助打磨机打磨到光滑整洁，保证混凝土崭新骨料表面外露，防止表面质量不达标对锤击方向造成不利影响，为安装传感器以及激振锤击创造有利条件。桩顶浮渣会影响桩顶桩身材质一致性，破坏应力波传递及测试信号质量，导致检测结果失准。

### (3) 布设传感器

在采集包括位移、速度以及加速度等在内的相关数据期间，要达到理想的灵敏度，要求传感器必须紧密贴合在基桩上，要提前把包括凡士林以及黄油等在内的耦合剂涂抹在二者的接触面上，涂抹要适度，太厚太薄都会引发二维效应，给应力波曲线造成不利影响。在实心桩桩心量测其半径，取半径数据的三分之二位置安装传感器，空心桩要选取和中心连线相垂直且桩壁厚度的一半的部位安装传感器，期间传感器以及激振点离钢筋笼主筋越远越好，防止主筋振动干扰检测结果。如果桩径有变，还须适度加设检测点，一旦桩顶有主筋外露，还须隔断处理主筋后再检测。

### (4) 现场检测

选择低应变反射检测方法，作业人员须提前对包括信号采集器、信号放大器以及传感器充电，同时进行全面的性能检查，激振点最好选在桩顶平面上的中心位置。检测浅部缺陷期间，激振设备最好质量轻便且质地坚硬，取其自重轻、能量不大且脉冲不宽的优点，确保缺陷位置精准锁定。在检测包括桩底在内的深部缺陷期间，激振设备最好选择自重重、质地柔软、能量很大、宽脉冲且衰减幅度不大的类型，保证桩身缺陷能够完全检测出来，而且软质激振设备伤害基桩的可能性小。低应变反射法检测期间，所有检测点都要保证一致性对应，但是不包括高频干扰和零漂。作业人员要在检测过程中对信号采集质量实施密切监测，结合现场信号实况对采样频率以及脉冲宽度进行对应调整，保证缺陷位置精准锁定。同时检测期间须结合不同桩体采取对应的锤及锤垫，通常桩长越大，选择的锤宜更软、更重且直径偏大。短桩所用锤体须直径更小、更轻且更硬。锤击时要攒足力气垂直砸向桩头，可对质点

起到更好的横向振动抑制效果。不得二次锤击，避免带来不必要的应力波干扰。低应变检测期间入射脉冲首波后面经常出很大反相波形，即反响脉冲。这种问题源自于传感器安装松动，与激振点间距不够，桩头混凝土松散，导致下层质量合格混凝土出现反射，以及桩身可能发生扩径。同时须注意现场检测的测试曲线，须选取重复性达标的曲线数量3条。

### (5) 处理信号干扰

低应变反射法检测期间，信号振荡随时可能出现。这种问题源自于多种因素，信号干扰、安装传感器、振源以及浅部缺陷都是致病成因。其中信号干扰出现后，在检测加速度期间信号内的积分成速度之后，原始加速度信号会出现振荡。要消除这种不利影响，作业人员可通过排查安装传感器的牢固性、核实加速度计性能、压缩振源频宽以及检查耦合剂应用质量等合理处置，恢复正常后信号振荡问题就会消失，如果还有信号振荡，就证明桩身肯定存在缺陷。

## 2.5 结果评估

实测获得时域波形图，纵横轴分别代表曲线振幅和桩长，数据传输及检测仪系统负责处理传感器数据。反射波振幅明显在桩顶和底部出现，中间部位反射波振幅并不明显，波形呈规则完整的曲线，证实桩身完整性良好。低应变检测期间存疑的部分桩体通过高应变检测、钻芯法以及浅层开挖相结合复测检测结果，所有桩基与设计标准完全相符。

### 结束语

总之对于工程项目而言，桩基础工程质量优劣关系重大，亟需通过加强试验检测，进行施工质量严格管控，基桩完整性检测是桩基础试验检测工作重点检测内容，随着国家科技水平提高，钻芯法、声波透射法等检测技术越来越成熟，结合实际详细分析各种基桩完整性检测方法优缺点及其具体应用，可以在促进检测技术优化改进的基础上，进一步提高基桩检测水平。

### 参考文献：

- [1] 谢炳生. 反射波法在基桩完整性检测中的应用[J]. 商品与质量, 2016, (01): 226-227.
- [2] 田普, 刘会会. 反射波法在基桩完整性检测中的应用[J]. 内蒙古科技与经济, 2015 (7): 3. DOI: CNKI: SUN: NM KJ. 0. 2015-07-039.
- [3] 巴特尔. 声波透射法在基桩完整性检测中的应用[J]. 工程技术(文摘版), 2016: 046-047.
- [4] 陈瑞河. 一种高效率的建筑基桩完整性检测装置: CN202011441667. 7 [P]. CN112647545A [2023-07-10].
- [5] 王骏, 李凡, 童进, 等. 声波透射法在基桩完整性检测中的应用[J]. 工程与建设, 2016 (1): 3.