

## 浅谈高、低应变法在桥梁桩基检测中的应用

潘凡厚

山东德宸工程检测有限公司, 山东 济南 250031

**[摘要]** 桥梁桩基检测是工程质检的必要环节, 该项检测在现代普遍采用高、低应变法来实现。本文为了了解高、低应变法在桥梁桩基检测当中的应用, 将对两种方法的基本原理、应用流程进行分析, 通过分析可知该方法在检测中的特征表现, 例如如何取值、取值如何判断等, 由此即可得知桥梁桩基检测结果。

**[关键词]** 高、低应变法; 桥梁桩基检测; 应用

DOI: 10.33142/aem.v1i2.883

中图分类号: TU473.1

文献标识码: A

### Discussion on the Application of High and Low Strain Method in the Detection of Bridge Pile Foundation

PAN Fanhou

Shandong DEhao Engineering Testing Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250031, China

**Abstract:** The detection of bridge pile foundation is a necessary part of engineering quality inspection. The test is widely used in modern times by high and low strain methods. In order to understand the application of high and low strain methods in the detection of bridge pile foundation, the basic principle and application flow of the two methods will be analyzed. The analysis shows the characteristic performance of the method in the detection, such as how to take values and how to judge values, etc., the bridge pile foundation test results can be known.

**Keywords:** high and low strain method; bridge pile foundation detection; application

#### 引言

高、低应变法在桥梁桩基检测当中一般分开使用, 但两者基本原理相同, 均通过应力波的反射原理来得出结果, 区别在于两者的能效, 即高应变法可以对桩基的完整性、承载力进行检测, 且检测时间很短, 低应变法可以对桩基的长度、缺陷、位置进行检测, 但检测时间相对较长, 因此在实际桥梁检测工作当中, 需要依照实际需求来进行选择。而本文研究课题主要就是为了给高、低应变法选择提供方向, 了解两种方法于检测中的应用特点。

#### 1 高应变法应用

##### 1.1 基本原理

高应变法通常由人工执行, 即人工首先在桩顶采用重锤进行击打, 此时即可将重锤冲击产生的应力波传入桩体内, 其次应力波会在桩体内直线向下传播, 如果传播过程当中遭遇阻抗结构, 就会改变应力波的方向, 如此反复就会形成应力波于桩体内的曲线运动图, 同时在阻抗条件下还会影响应力波的传播速度, 因此通过检测手段获取曲线运动图、曲线传播速度的变化数据, 即可对桩基完整性、承载力进行判断。

##### 1.2 应用流程

综合基本原理内容, 已经可以看到高应变法在桥梁桩基检测当中的基本应用流程, 即重锤锤击→检测→应力波信息获取, 而细化来说, 在这三个流程条件下, 只能得到桩基的原始数据, 这些数据必须经过处理才能得到准确结果, 因此此部分内容主要对高应变法桥梁桩基检测原始数据处理流程进行分析。结合理论, 原始数据处理流程有二, 即桩基完整性计算、曲线拟合分析, 具体内容见下文。

##### (1) 桩基完整性计算

采用  $\beta$  代表高应变动测桩身结构完整性系数, 该系数的定义为: 桩基上、下两个截面的波阻抗  $Z_1$ 、 $Z_2$ , 在这一条件下可以通过公式 (1) 对  $\beta$  进行计算。

$$\text{公式 (1): } \beta = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{[F(t_1) + Z \cdot V(t_1)] - 2\Delta R + [F(t_x) + Z \cdot V(t_x)]}{[F(t_1) + Z \cdot V(t_1)] - [F(t_x) + Z \cdot V(t_x)]}$$

式中  $\beta$  代表桩身完整性系数;  $F(t_1)$ 、 $F(t_2)$  代表  $t_1$ 、 $t_2$  时刻测点实际锤击力度;  $V(t_1)$ 、 $V(t_2)$  代表  $t_1$ 、 $t_2$  时刻测点实际锤击速度;  $t_x$  代表缺陷反射峰所对应的时刻;  $F(t_x)$ 、 $V(t_x)$  代表缺陷反射峰对应时刻测点处实测的力度、速度;  $\Delta R$  代表缺陷以上部位土阻力的估计值, 可将其视为缺陷反射起点锤击力减去速度与桩身截面力学阻抗的乘积;  $Z$  代表缺桩身截面力学阻抗。在公式 (1) 的基础上, 还需要通过公式 (2) 对桩身缺陷断面位置进行计算, 公式 (2)

见下文。

$$\text{公式 (2): } X = c(t_x - t_1)/2$$

式中 X 代表计算点与测点间的距离；C 代表桩身应力波波速； $t_x$  代表缺陷反射峰所对应的时刻； $t_1$  代表速度第一峰所对应的时刻。

综上，结合国家规范中对桥梁桩基完整性  $\beta$  值的标准，对比与公式计算结果，即可判断桥梁桩基完整性。关于桥梁桩基完整性  $\beta$  值的标准见表 1。

表 1 桥梁桩基完整性的标准

标准值	定义
$\beta = 1.0$	完全完整
$0.8 \leq \beta < 1.0$	基本完整
$0.6 \leq \beta < 0.8$	明显缺陷
$\beta < 0.6$	严重缺陷

### (2) 曲线拟合分析

曲线拟合分析就是先获取应力波在桩体内的运动曲线图，随后对图中曲线的速度、波形进行判断，可以确认桩基承载力。本文因为不同桥梁桩基之间的差异，其高应变曲线图不能一概而论，因此将结合案例来进行分析。某案例中对桩基的常规承载力设计要求为 2000KN、极限承载力需要达到 4000KN，随后对桩基进行高应变检测，检测中首先测得了应力波的弹性波速为 3900m/s，其次完成检测后获得了运动曲线图（详见图 1），其次进行拟合分析，确认桩基的极限承载力为 4239KN，因此说明桩基承载力良好<sup>[1]</sup>。表 2 为案例高应变试验检测结果详细数据。

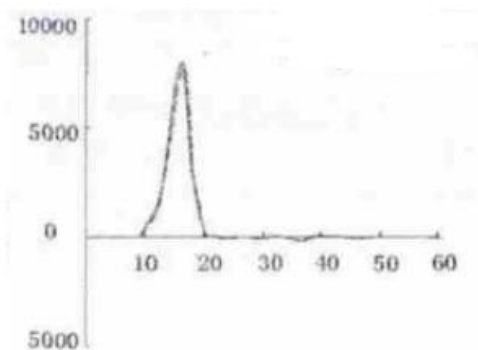


图 1 运动曲线图

表 2 案例高应变试验检测结果详细数据

试验参数	实测参数		曲线拟合分析							
	最大冲击力 KN	最大位移 mm	$Q_s$ mm	$Q_t$ mm	$J_s$ -	$J_t$ -	动测承载力 KN	摩阻力 KN	端承力 KN	桩顶最大位移 mm
桩长 m	4013	1.97	2.1	2.7	0.1	0.1	4239	2052	2198	17.33

### 1.3 其他应用要求

在高应变桥梁桩基检测当中，除了上述提到的主要应用方法以外，还要重视两项应用要求，即桩头处理、传感器安装，具体内容下文。

#### (1) 桩头处理

介于高应变法检测需要通过重锤冲击来产生应力波的原理，如果在冲击时重锤与桩头之间存在隔层，就会导致部分应力波被抵消，同时应力波的方向会发生误差。而实际来看因为桥梁桩基施工现场常伴有粉尘、沙土，所以桩头上经常存在由此类物质组成的隔层，这一条件下就需要先对桩头进行清理，后进行检测。

#### (2) 传感器安装

上述曲线拟合分析分析当中，其曲线图与应力波速度都无法通过人工来进行获取，必须采用对应传感器才能得到

数据,因此在检测之前需要先安装传感器。而传感器的安装要重视其安装位置,因安装位置错误会导致传感器无法接收到数据。

## 2 低应变法应用

### 2.1 基本原理

低应变法同样属于应力波检测法的一种,在基本原理上主要采用动力激振方式来产生应力波,即首先在桩基顶部采用设备进行竖向激振方式来形成弹性波,由此对桩基进行动力激振,这一条件下桩基本身也会随之振动,此时可以将桩基视为一根一维弹性连续杆,弹性波会随着桩基方向向下直线传播,传播过程当中弹性波会紧贴桩基表面,因此当桩身存在非水平截面,则会使得弹性波的直线传播路线被打破,形成曲线图或者反射波,此时采用放大滤波、数据处理方式,可以得到曲线图、反射波数据,根据数据出现时刻、数据表现,可以判断桩身各个部位的状况,综合可得桩基长度、缺陷程度及位置<sup>[2]</sup>。

### 2.2 应用流程

综合基本原理内容,已经可以看到低应变法在桥梁桩基检测当中的基本应用流程,即动力激振→检测→应力波信息获取,而细化来说,在这三个流程条件下,同样只能得到桩基的原始数据,且需要进行处理才能得到准确结果,因此此部分内容主要对低应变法桥梁桩基检测原始数据处理流程进行分析。结合理论,原始数据处理方法见公式(3),可进行桩身缺陷位置断面计算,具体内容见下文。

$$\text{公式(3): } X = C_m \cdot t_x / 2$$

式中 X 代表计算点与测点间的距离;  $C_m$  代表场地内多根已测合格桩桩身的应力波平均波速;  $t_x$  代表缺陷部位反射波到达时间。

依照公式(3)的计算结果,可得桩基长度、缺陷程度及位置,再结合国家桩身完整性评价标准可以对桩身完整性进行评估,表3为桩身完整性评价标准。

表3 桩身完整性评价标准

完整性等级	描述
I	检测波形无异常反射、波速正常。桩身完好,属完整桩
II	检测波形有小畸变,波速基本正常。桩身有轻微缺陷,对桩的使用没有影响,属基本完整桩
III	测波形出现异常反射,波速偏低。桩身有明显缺陷,对桩的使用有一定影响,属明显缺陷桩
IV	检测波形严重畸变,桩身有严重缺陷或断桩,属严重缺陷桩或断桩。

### 2.3 其他应用要求

同样,低应变法检测当中的数据也不是人工可以直接获取的,需要相关传感器来得到数据,因此在应用当中要注意传感器的安装。此外,低应变法也需要对桩基进行处理,但处理不能只针对桩头,还要对桩身进行清理,因为低应变法的应力波是紧贴桩身外侧进行传播的,所以当桩身存在尘土隔层,就会使应力波出现错误走向。关于低应变法的传感器选择,本文建议采用某型号的桩身完整性检测仪。

## 3 高、低应变检测对比

综上所述了高、低应变法在桥梁桩基检测当中的应用表现,相比之下两者互有优劣。高应变法的应力波产生、检测过程十分简便,因此实际应用流程简单,但在数据分析上较为繁琐,而低应变法则与高应变法相反,因此在方法选择当中应当结合实际要求来做定夺。此外,关于高、低应变检测应用方式,可以将两者单独应用,也可以联合应用,通过两组数据的对比来校验检测结果的准确性,其中单独应用成本较低,但没有准确性保障,而联合应用则相反,关于这一点也需要慎重做出选择。

## 4 结束语

本文主要对高、低应变法在桥梁桩基检测中的应用进行了分析,通过分析了解了两种方法在桥梁检测中的应用基本原理、应用主要流程以及其他应用事项,依照分析结果,参照国家标准可以对桩基质量表现进行判断;对两种方法的优劣进行了对比,可以看出两种方法优劣表现完全相反,说明相互之间存在互补关系可以联合应用,可保障检测准确性,但会带来较高成本,因此如果成本有限则建议单独使用。

### [参考文献]

- [1]董铁军.低应变反射波法在公路桥梁桩基检测中的应用[J].决策与信息旬刊,2014(8):145.  
 [2]曾理彬,廖小根,章柱勇,等.低应变法和高应变法在桩基检测中的结合运用及实例分析[J].江西建材,2017(19):273-274.

作者简介:潘凡厚(1989-),无职称。