

59-60, 65

# 混凝土模型桩检测的实验研究

TU 473.16

胡长雨

(山东黄金集团有限公司·济南·250014)

应用小应变动测技术,采用波形、相位和频谱分析,对应力波在各种质量状况下的混凝土桩的运动学、动力学特征,作了较为详细的模型实验研究,获得了实验条件下混凝土桩基质量的判据,并在工程实践中得到了验证。

关键词 模型 桩基 检测

混凝土模型 实验研究

目前用于桩基质量检测的方法有许多种:如勘探孔法、声波检验法、小应变动测法、水平地震法和机械阻抗法等。小应变动测法以其快速、简捷而得到广泛应用并取得了良好的成果,但也存在着一些实际问题,如对各种缺陷桩的识别缺乏较为准确的判据。为此开展模型桩的实验研究很有必要。

## 1 实验方法及模型

### 1.1 实验系统

该系统由小锤、YD81-92型压电石英加速度计、DHF-12型积分电荷放大器、BC-II型瞬态波形存储器 and 微机系统组成。实验系统框图见图1。

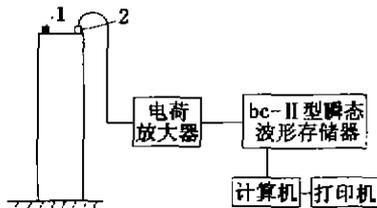


图1 小应变动测系统

1—小锤;2—加速度计

### 1.2 模型桩的制作

按相似原则模拟制作了各种缺陷桩。材料采用425号矿渣硅酸盐水泥、中砂和卵石。配合比为:水泥:砂子:卵石:水=1:1.85:3.6:3.57。浇筑成 $\phi 10\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ 和 $\phi 10\text{ cm} \times 100\text{ cm}$ 两种大小的模型桩。缺陷制作时:缩颈、断桩是用整桩在指定的部位用电锯锯成;扩颈桩采用两个 $\phi 10\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ 中间连一个 $15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ 正方体混凝土块而成;离析桩采用混凝土配合比为1:1.33:0.73:0.33灌注而成。模型桩的桩型和尺寸见图2。

### 1.3 信号采集、存储与数据处理

#### 1) 信号采集与存储

锤击桩顶产生应力波,加速度计接收信号,经屏

蔽线送到积分电荷放大器,滤波。由于微机采样的频率不能满足实验室高频信号的要求,故将信号送到波形存储器,然后送到微机进行处理。

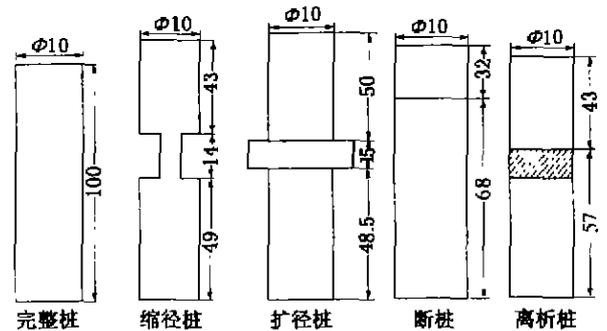


图2 模型桩及尺寸

#### 2) 信号处理

通过对时域曲线进行离散采样、预处理(如有效截取、均值化处理等)、然后进行频谱分析,得到振幅谱和功率谱。

## 2 实验室测试与分析结果

### 2.1 实验前测试与分析

检测前对一根长115 cm,直径为10 cm的铁棒进行了实验。其时域曲线见图3。

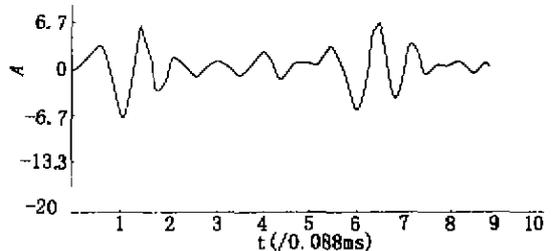


图3 铁棒的实测时域曲线

图中可清晰地识别出波的反射振相。反射历时 $t = 0.44\text{ ms}$ ,又 $L = 1150\text{ mm}$ ;

根据 $V = 2L/t$ 得知:

本文1998年10月收到,王梅编辑。

$V = 5227 \text{ m/s}$

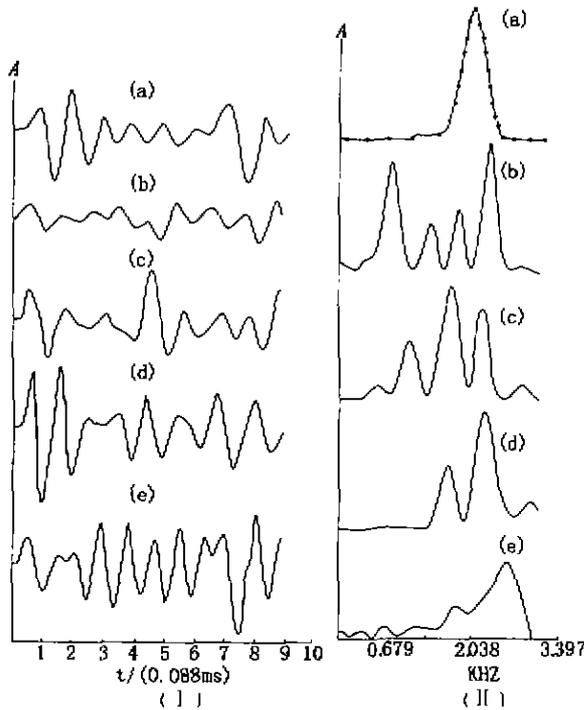


图4 模型桩的时域曲线(I)和功率谱图(II)

(a)—完整桩;(b)—缩径桩;(c)—扩径桩;(d)—断桩;(e)—离析桩

又知波速和弹性模量之间存在如下关系:

$$V = \sqrt{E/\rho} = \sqrt{E \times g/r}$$

式中,  $E$ —弹性模量;  $\rho$ —密度;  $r$ —比重;  $g = 9.80 \text{ m/s}^2$

试棒(锻铁)的特性查《常见金属和合金材料和力学性质》表5.2—3得知:

$$E = 195 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

$$r = 7.2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

从而从理论上可以得出:  $V = 5204 \text{ m/s}$

可以看出测值与理论值相符,由此可以根据应力波时程曲线分析出反射历时,借助公式  $V = 2L/t$  求出波速或者已知波速求  $L$ ,即桩长。从而可以用来检测桩长和判定桩身混凝土质量(见表1)。

表4 现场测试与分析结果

| 实验地点      | 成桩类型  | 桩长 $l$ (m) | 桩径 $d$ (m) | 桩底反射时间 $t_1$ (ms) | 桩身混凝土纵波速度(m/s) | 异常反射时间 $t_1$ (ms) | 异常深度 $h$ (m) | 异常性质   | 备注              |
|-----------|-------|------------|------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------|--------|-----------------|
| 沈阳陵东小区    | 钻孔灌注桩 | 4.04       | 0.35       | 2.5               | 3232           |                   | 正常           |        |                 |
| 开原新东小区化肥厂 | 预制桩   | 4.1        | 0.3×0.3    | 2.5               | 3280           | 0.17              | 0.30         | 水平断裂   | 在0.3 m~0.5 m有断裂 |
| 沈阳新光小区    | 挖孔桩   | 5.60       | 1.2        | 3.5               | 3200           | 3.0               | 4.8          | 扩径     | 挖孔时4.0 m处塌孔成鼓肚  |
| 无锡市焦化厂    | 沉管灌注桩 | 15.8       | 0.4        | 9.9               | 3192           | 3.1               | 4.92         | 缩径     |                 |
| 无锡市焦化厂    | 沉管灌注桩 | 14.3       | 0.4        | 9.2               | 3109           | 3.5               | 5.4          | 离析     | 离析厚度2.08 m      |
| 铁岭一建      | 沉管灌注桩 | 6.38       | 0.38       | 7.8               | 1628           |                   |              | 全部桩体离析 | 开挖并进行专门处理       |

进行了分析,其测验与分析结果见表4。可以看出各种缺陷桩的时域曲线特征与室内模型桩的实验结

## 2.2 模型桩测试与分析结果

- 1)各种模型桩实测时域曲线和功率谱见图4。
- 2)缺陷位置确定实际与测量对比情况见表2。

表1 混凝土质量判定标准

| 结构分类 | 平均纵波速度      | 相当混凝土强度标号 |
|------|-------------|-----------|
| 优良   | > 4120      | > 250     |
| 良好   | 3300 - 4120 | 200 - 250 |
| 一般   | 2750 - 3300 | 150 - 200 |
| 较差   | 1920 - 2750 | 100 - 150 |
| 差    | < 1920      | < 100     |

表2 实测结果对比表

| 桩号  | 桩长 (cm) | 声速     | 缺陷位值 (cm) |     |              |
|-----|---------|--------|-----------|-----|--------------|
|     |         |        | 计算        | 实际  | $\Delta l/l$ |
| 完整桩 | 100     | 3703.7 |           | 100 |              |
| 缩径桩 | 106     | 3312.5 | 43.06     | 43  | 0.14%        |
| 扩径桩 | 113.5   | 3492.3 | 50.6      | 50  | 1.2%         |
| 断桩  | 100     | 3448.3 | 33.33     | 32  | 4.15%        |
| 离析桩 | 100     | 3448   | 43.1      | 43  | 0.23%        |

(3)相位及频谱分析结果见表3。

表3 波形、相位及频谱分析结果

| 桩类名称 | 桩型 (cm)                               | 波形、相位及频谱特征                                 | 主频 (kHz) |
|------|---------------------------------------|--|----------|
| 完整桩  | $l = 100$<br>$d = 10$                 | 正弦指数衰减;反射波与入射波相位相同;频谱:单峰                   | 2.0757   |
| 缩径桩  | $l = 106$<br>$l_1 = 43$<br>$l_2 = 57$ | 波形畸变;发生两次反射,均与入射波同相;频谱:两个主峰,两个小峰,呈马鞍状      | 2.2266   |
| 扩径桩  | $l = 113.5$<br>$l_1 = 50$             | 波形畸变;与入射波相比,一次同相,一次反相;频谱特征:多个主峰,中间峰值突出,呈山状 | 1.6983   |
| 断桩   | $l = 100$<br>$l_1 = 32$               | 波形畸变;两次反射,一次同相,一次反相;频谱特征:两个突出峰值            | 2.18892  |
| 离析桩  | $l = 100$<br>$l_1 = 43$               | 波形不规整;两次反射均与入射波同相;一个主峰,一个小峰                | 2.604    |

注:  $l$ —桩长;  $d$ —桩径;  $l_1$ —桩顶离第一次缺陷的位置;  $l_2$ —桩顶离第二次缺陷的位置

从测试结果可以看出,通过不同情况的模型桩所检测到的波形时域曲线分析可以判断出缺陷的存在和判定桩身混凝土质量;通过相位分析和频谱分析可以综合判定桩基缺陷的类型。

## 3 工程实践

结合现场实际工程,笔者与沈阳勘察研究院岩土抗振室在沈阳、铁岭等地进行了桩基动测实验,并

果是一致的。

(下转第65页)