

泉州市地面脉动特征

林建生 王源毅

(福建省泉州基准地震台)

摘 要

本文根据实际观测资料研究了泉州市区的地面脉动特征,及脉动频谱特性与场地有关参数的关系。当场地土及场地类别较好或场地覆盖层较薄时,场地脉动卓越周期相应较小,反之则较大。覆盖层厚度是影响场地脉动卓越周期的重要因素。本文还探讨了脉动卓越周期在场地评价中的作用。

关键词:地面脉动;场地评价;卓越周期;泉州

一、地面脉动的观测与资料的数据处理

地面脉动是由场地周围自然振源(风、海浪)和人工震源(机器振动源、交通工具等)所产生,通常情况下地面脉动具有频率低、振幅小等特点。其频率范围一般为0.4—20Hz(较重要的频段范围通常为1—10Hz),其振幅一般在0.1—1 μ m范围。根据这些特点,在地面脉动测试中应选用能适应于低频、微振(放大倍率万倍以上)的仪器。在泉州市区脉动测试中主要使用DS—1—H(V)速度型拾震器,DDF—2型积分放大器和SC—16型光线记录仪(配FC6—120型线性振子)及FM型磁带记录仪等配套仪器。其中拾震器的自振周期为1.0s,可测最大幅值为 ± 0.5 mm。测试前,对所用仪器进行了整机标定,结果表明仪器整机性能稳定,灵敏度高,放大倍数大于10万倍,频带宽且整套仪器在1—50Hz频带范围内有平坦的频率特性。为了保证测试资料的可靠性,测试前按《城市勘察物探规范CJJ7—85》的有关要求将配套后的仪器在泉州地震台台基上与短周期地震仪进行了对比观测和相关分析,结果表明所配套的仪器性能可靠、精度高,可获得较好的地面脉动信息。

测试时间一般选择在午夜及周围环境比较安静的时候。对同一测点一般选择相互垂直的三分向同时进行观测。为了比较,每一测点进行多次记录,每次记录长度大于60s。在测试时采用挖坑或垒实的方法,将拾震器放在地表以下(约20—50cm)稳定的原状土层上进行观测。

在数据处理过程中,采样长度应大于51s,采样间隔 $\Delta t \leq 0.05$ s,采样数 $N \geq 1024$ 。在脉动频谱分析中使用快速富里叶变换(FFT)的程序进行计算,并通过计算机输出功率谱计算结果及相应频谱曲线。

二、泉州市地面脉动频谱特性的分析

1. 场地脉动频谱曲线的类型

泉州市区场地的脉动频谱曲线大致可分3类⁽¹⁾:

(1)单峰形。谱曲线上只有一个明显峰值(图1a),峰值高且窄,衰减快,对应频带窄小,其他频率分量峰值很小与主峰振幅比小于0.2。这类曲线大多出现于波速随深度递增,没有软硬夹层等波速突变的地质结构的场地。它的峰值位置及带宽一般随覆盖层厚度的增加向低频方向移动。

(2)双峰或多峰形。谱曲线有两个或多个峰(图1b、图1c),其峰值及频带较宽,衰减

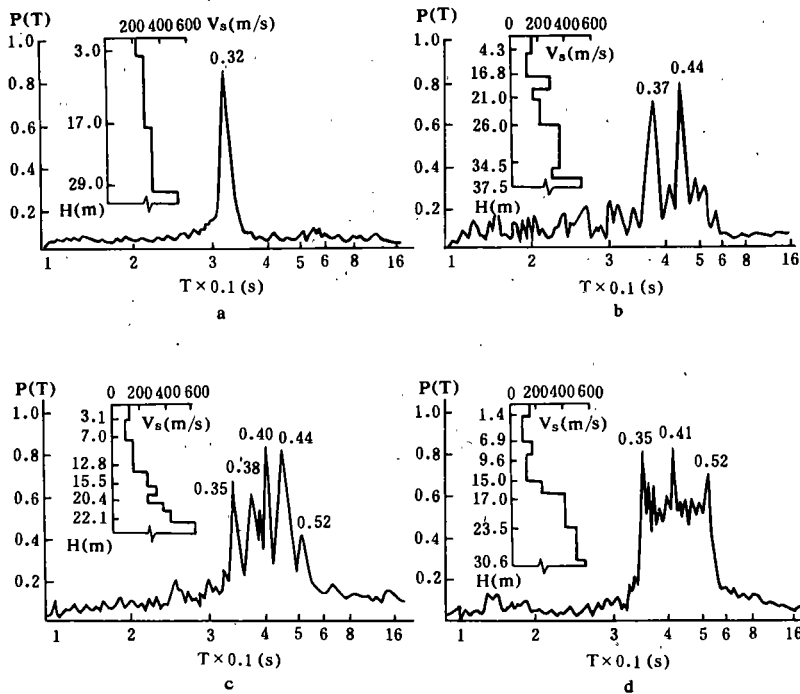


图1 场地卓越周期(功率谱)的典型图例及剪切波速沿土层深度的变化曲线

a. 单峰,城东农机厂,U-D分向;b. 双峰,石崎,N-S分向;

c. 多峰,威利大厦,E-W分向;d. 峰值平台,新城大厦,N-S分向

Fig. 1 Typical predominant period of ground (power spectrum) and the shear wave velocity varying with the soil depth

慢,衰减图形不对称,但峰与峰之间存在明显间隔,峰值振幅比一般大于0.5。出现这种谱形态的场地土层通常存在不同程度的软硬夹层,这些夹层的位置及厚度的大小与谱曲线不同峰值的周期位置及峰值形态的宽窄高低有密切关系。由于这些夹层的影响,对于这类场地一般必须考虑频谱曲线中前两三个最大峰值的周期及其相应高阶振型可能产生的影

响。

(3)峰值平台。谱曲线峰值集中在某一频率区段(图1d),峰值振幅比在0.7—1之间,形成由多峰值组成的平台。它常见于Ⅲ类场地,通常土层上部存在较厚的淤泥层而下部则存在刚度、厚度都较大的砂砾卵石层。由于上部软土层的作用抑制了地震波中的高频分量并放大了低频分量,使地面运动的谱值出现较长周期的高峰,而下部硬土层则成为地震波的反射界面,并增加了波在传递过程中多次反射的机会,以致出现较多的峰值,这种情况往往使场地卓越周期变得不明显。

2. 场地脉动卓越周期 T_0 的峰值分布规律

对测试结果进行频域分析,并由频谱图上选取各测点场地卓越周期 T_0 的代表值。

泉州市区场地地面脉动的峰值周期主要集中在0.18s—0.58s范围,大多数谱峰值在0.58s后就急剧衰减。部分测点可记录到海浪周期,其范围大致为0.8s—2.0s,在频谱图上其周期与场地 T_0 值的频段范围不同。泉州市区场地地面脉动的 T_0 值约为0.23s—0.58s。表1列出了对应于不同地貌单元的 T_0 值。从表1可见,当地貌单元不同时,脉动频谱的特征也将产生变化。

表1 不同地貌单元脉动 T_0 值的峰值规律

地貌单元	红土台地	冲积阶地(或冲—洪积扇)	海积阶地
峰值范围(S)	0.23—0.35	0.32—0.44	0.40—0.58
峰值类型	单峰	单峰或双峰	多峰或峰值平台
峰值特点	峰值高窄,衰减快,多数情况下三分向谱幅值及谱形态较一致	水平向谱形态较一致,多数情况下前两峰值较明显或主峰较突出	主峰不明显,峰值衰减慢或集中于某一频段,各分向峰值位置及峰值振幅比有差异

三、覆盖层厚度及场地土质对地面脉动频谱特性的影响

表2列出了上述有关地貌单元中相应的土层剪切波速值 V_{sm} (m/s)* 及由 V_{sm} 值和覆盖层厚度 d_v (m) 得到的场地土类别及场地类别。

表2 不同地貌单元的场地土及场地类别

地貌单元	红土台地	冲积阶地(或冲—洪积扇)	海积阶地
V_{sm} (m/s)	大于200	160—230	小于160
d_v (m)	16—30	22—44	26—44
场地土类别	中硬土居多	中软土居多	软土居多
场地类别	I	II类居多	III类居多

*各测点场地土15m深度以上的土层加权平均剪切波速值

从表1、表2可见，当场地土及场地类别较好时或场地覆盖层较薄时， T_0 值相应较小，反之则较大。根据对市区场地脉动观测资料的分析表明， d_v 值是影响 T_0 值的一个重要因素。即使场地土类别较好，但是当 d_v 大于 40m 时， T_0 值均大于 0.4s。根据对 66 组 T_0 值与 d_v 值的统计可得如下关系：

$$T_0 = 0.20 + 0.006d_v \quad (1)$$

相关系数 $R=0.71$ 。

由土层剪切波速值也可以求得 T_0 值。即假设地基土是水平的层状弹性介质，根据垂直上传播的 SH 波在土层中的重复反射理论可得场地土层的卓越周期(或称场地土层的固有周期)为

$$T_0 = 4d_v / V_{s1} \quad (2)$$

式中 V_{s1} 通常可取覆盖层以上多层土的加权平均剪切波速值。由(2)式可见， d_v 值愈大， T_0 值也愈大，这一理论结果与(1)式是一致的。分析波速测孔附近的地面脉动测试结果及有关波速测试资料发现：

(1)对于 $d_v < 20m$ 且地层刚度随深度线性递增的场地，由脉动测试得到的 T_0 值与由(2)式得到的 T_0 值较接近，一般相对误差小于 10%，因此这类场地可以等价为单层土的情况。

(2)在特殊沉积环境下，地基土可能出现软硬夹层，这时由(2)式计算的 T_0 值与实际测试值误差较大。例如，泉州平原一些历史上受过两次海进影响，地貌单元为海积阶地的场地(图2)，由于存在软硬夹层，其脉动频谱具有多峰值的特点，且 T_0 值有时不明显，以

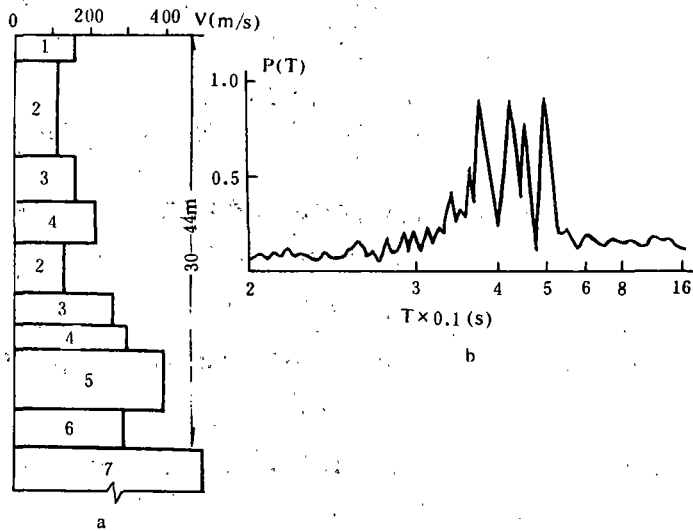


图2 泉州市区的一种特殊地层结构

a. 土层剪切波速沿深度的分布规律；

b. 场地脉动频谱图(功率谱)；

1. 填土；2. 淤泥；3. 砂类土；4. 粘性土；

5. 砂砾卵石；6. 残积土(强风化)；7. 花岗岩

Fig. 2 Specific stratum structure in Quanzhou area

致分析时可能出现误差。另一方面如果只用(2)式中的简单指标表示或只等价于单层土的情况,显然误差也是较大的。

(3) d_v 值的取法对(2)式的结果有较大影响。据对实际测试资料的分析,取相邻上、下地层的波速比值大于2或取 $V_s \geq 400\text{m/s}$ 的上层界面埋深作为 d_v 值时,得到的 T_0 值较接近于脉动实测值;如按《89规范》取 $V_s \geq 500\text{m/s}$ 的上层界面相应的 d_v 值,则由(2)式计算出的 T_0 值要偏大较多。

结束语

宏观震害现象表明,软地基上的长周期结构和硬地基上的短周期结构易遭到地震时的共振破坏,因此研究不同场地类别的 T_0 值对于提高抗震设计水平有重要的意义。

在场地分类中用脉动观测比用波速测试的方法要方便得多。分析泉州市区有关资料可见^[2],当 $d_v < 40\text{m}$ 时,用 V_m 、 d_v 和用 T_0 两种方法划分出的场地类别基本一致;但当 $d_v > 40\text{m}$ 时,即使15m以上土层($V_m > 140\text{m/s}$),由 T_0 值得到的场地类别却大多为Ⅲ类($T > 0.4\text{s}$)。而泉州市区场地覆盖层厚度大多在 $9\text{m} < d_v \leq 80\text{m}$ 范围,因此用两种方法划分出的场地类别往往要相差一类。对于泉州市区的场地情况,作者认为,当 $d_v > 40\text{m}$ 时,在实际工程设计中即要考虑到经济上的因素,也要考虑到结构的重要程度如何,并应尽可能同时考虑土层剪切波速与脉动卓越周期的观测结果,特别是遇到 V_m 也处于分界线附近时,场地类别的评定在可能的条件下应偏于安全取值。

(本文1991年11月1日收到)

参考文献

- [1]林建生,泉州海岸带土层剪切波速和地面脉动的频谱特性,台湾海峡,Vol. 10, No. 2, 162—169, 1991.
 [2]林建生,利用土层剪切波速和地面脉动观测研究泉州市区的地质结构及场地分类,福建地震, No. 1, 1991.

OBSERVATION AND ANALYSIS OF THE EARTH MICROTREMOR OF QUANZHOU CITY

Lin Jiansheng, Wang Yuanyi

(Quanzhou Standard Station, Seismological Bureau of Fujian Province)

Abstract

Based on the observation data of the earth microtremor in Quanzhou area, this paper discusses some important technical problems about observation and analysis of the earth microtremor, and studies the law of microtremor spectrum feature and the relationship between it and relative parameters in the site. Moreover, this paper also discusses the action of pulse predominant period in the site evaluation, the relationship between the period and shear wave velocities of soil layers and the concerned problems.

Key Words: Earth Microtremor; Site Evaluation; Predominant Period; Quanzhou