



CECS 74 : 95

中国工程建设标准化协会标准

场地微振动测量技术规程
TECHNICAL SPECIFICATION
FOR SURVEYING OF SITE MICRO-SEISMS

中国计划出版社

前 言

本规程是根据原城乡建设环境保护部(88)城标字 141 号文的通知,由建设部综合勘察研究院会同中国建筑科学研究院、国家地震局工程力学研究所、冶金工业部勘察研究总院共同编制的。

场地微振动测量是地震小区划、重要建筑和精密设施场地的工程抗震评价、分析计算的重要依据之一,但由于缺乏统一标准,各单位现场测量、数据处理及仪器设备各不相同,成果难以应用,存在潜在的损失。

基于上述原因,编制组广泛收集资料、征求意见,于 1990 年 3 月完成征求意见稿,并将该稿分寄全国 60 多家有关单位和个人征求意见。在参编人员根据意见修改了各自编写章节的基础上,编制组于 1991 年 9 月在哈尔滨召开了“送审稿”定稿会。在完成了送审稿正文及条文说明后,邀请同行专家进行了审查(函审),编制组根据审查意见修改为报批稿。

现批准《场地微振动测量技术规程》,编号为 CECS 74 : 95,推荐给有关各方面使用。在使用过程中如有问题或建议,请寄北京市东直门内大街 177 号,建设部综合勘察研究院《场地微振动测量技术规程》编制组收(邮编 100007)。

中国工程建设标准化协会
1995 年 6 月 15 日

目 次

1	总 则	(1)
2	术语、符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(2)
3	基本规定	(4)
3.1	场地微振动的特征	(4)
3.2	卓越周期	(4)
3.3	振幅的取值	(5)
4	现场测量	(6)
4.1	地面测量	(6)
4.2	孔中测量	(7)
4.3	现场资料编录	(7)
5	测量信号的数据处理	(8)
5.1	测量信号的时间域处理	(8)
5.2	测量信号的频率域处理	(8)
6	仪器和主要设备	(10)
6.1	拾振器	(10)
6.2	放大器	(10)
6.3	记录器	(11)
6.4	仪器标定与维护	(11)
6.5	附属设备及注意事项	(11)
7	成果报告	(13)
	附录 A 本规程用词说明	(14)
	附加说明	(15)

1 总 则

1.0.1 为统一我国场地微振动测试技术,并为场地土分类、震害预测及建筑场地选址与评价提供依据,制订本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑场地的微振动测量,其它工程场地的微振动测量可参照执行。

1.0.3 场地微振动测量,除应符合本规程的规定外,尚应符合国家现行有关标准、规范的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 场地微振动

是地面的一种稳定的非重复性的随机波动,主要是由人工活动、气象、江湖、海洋、地下构造活动等诸因素引起的地球表面某地固有的微振动,其振幅值位移为微米级,加速度为 $10^{-4} \sim 10^{-6} \text{m/s}^2$ 。

2.1.2 卓越周期

场地微振动的主导周期,即在时程曲线上出现次数最多的周期。

2.1.3 采样定理

对于一个平稳的随机信号 $X(t)$ 在间隔为 $\Delta T = h$ 的点上进行采样,这些点所确定的乃奎斯特频率 $f_N = h/2$, 采样频率取 $f_{\text{采样}} \geq 2f_N$ 即可。

2.2 符号

A ——三分量振幅的和矢量;

A_x ——东西向分量的均方根振幅值;

A_y ——南北向分量的均方根振幅值;

A_z ——竖直向分量的均方根振幅值;

T ——周期;

\bar{T} ——平均周期;

f ——频率;

f_N ——乃奎斯特频率;

ε ——不规则指数;

N_0 ——斜率为正的波与零线相交的点数；

N_m ——记录曲线的极大点(峰值)的个数。

3 基本规定

3.1 场地微振动的特征

3.1.1 场地微振动的物理特性应以振幅及频率来表征,振幅及频率特性的主要参量应是振动幅值的表征值和卓越周期(或卓越频率)。

3.1.2 根据场地微振动记录及其周期-频度曲线,场地土可分为四类:

3.1.2.1 以基岩或坚硬土层为代表的坚硬场地土,其主要的周期成份为 $0.1\sim 0.2\text{s}$;

3.1.2.2 以洪积层为代表的硬而厚的场地土,其主要的周期成份为 $0.2\sim 0.4\text{s}$;

3.1.2.3 以冲积层为代表的软而较厚的场地土,其主要的周期成份为 $0.4\sim 0.6\text{s}$ 。

3.1.2.4 以人工回填土和淤泥质土为代表的异常松软而很厚的场地土,其主要的周期成份为 $0.6\sim 0.8\text{s}$ 。

3.1.3 场地微振动的频带可分为 $0.05\sim 1.0\text{s}$ 的短周期段和 $1.0\sim 10.0\text{s}$ 的长周期段。

3.2 卓越周期

3.2.1 卓越周期可按下列两种方式择一求得:

3.2.1.1 在时域上处理时,作周期-频度(数)曲线,与该曲线峰值点对应的周期即为卓越周期;

3.2.1.2 在频域上处理时,可由富氏谱或自功率谱的峰值周期、单点反应谱的峰值周期或土层波动分析的传递函数(或增幅度曲线)峰值周期确定,也可由面波频散曲线上的最小群速度确定。

3.2.2 卓越周期可按下述方法确定：

3.2.2.1 当场地为单一土层时，三分量记录曲线的周期彼此相合或接近，场地只有一个卓越周期；

3.2.2.2 当场地为多层土且层厚较大、出现多个谱峰时，可将主峰（最高的谱峰）定为本场地的卓越周期，必要时，一个场地可给出两个或两个以上的卓越周期供工程设计部门选定；

3.2.2.3 三分量的卓越周期不相同，应以水平向的卓越周期为主，必要时可分别提出水平向和竖直向的卓越周期。

3.3 振幅的取值

3.3.1 场地微振动记录的物理量可根据场地土的动力特性和观测仪器的灵敏度，采用位移、速度或加速度。对基岩或坚硬土，宜采用速度或加速度；对软弱土宜采用位移或速度。也可按设计部门的要求选用。

3.3.2 振幅取值时，应严格掌握，并注明观测期间的环境条件。

3.3.3 振幅表征值应按公式 3.3.3 确定：

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \quad (3.3.3)$$

振幅的量取宜用峰-峰值。当记录长度足够长时， A_x 、 A_y 、 A_z 可简单地采用最大振幅值。

4 现场测量

4.1 地面测量

4.1.1 场地地面微振动测量的工作量应根据工程设计需要、建筑场地大小和地质构造复杂程度确定,在一个场地上不宜少于三个测点(每个测点布置 x 、 y 、 z 三个方向)。

4.1.2 测点的测振方向应考虑场地的地质构造、地貌单元以及拟建建筑物的轴向等诸因素。

4.1.3 现场测量时,各测点的三个方向拾振器相互垂直放置在平整后的地面或浅坑底面,每个拾振器相互之间的距离不得大于1.0 m。

4.1.4 为便于拾振器与地面紧密接触,宜用拾振器托板与地面密合无隙,然后将拾振器放置在托板上,与放大器连线后进行调平。

4.1.5 测点应远离人为振动干扰点,与建筑物距离应大于该建筑物高度的 $2/3$ 。

4.1.6 测量时间应选择场地环境最安静的时刻,宜在夜间进行。

4.1.7 测量前首先应将拾振器调平,与放大器、记录器连线并分别对拾振器、放大器、记录仪调零。根据所测量的物理量调节或触发有关开关进行测量记录。

4.1.8 每次测量记录应符合下列规定:

4.1.8.1 光线记录仪的记录时间应大于 30 s,当对振幅精度要求较高时,应适当加长记录时间;

4.1.8.2 磁带记录仪的记录时间则宜大于 5min。

4.1.9 测量时拾振器应远离记录仪,防止记录仪、测量人员等对拾振器的影响。测量时严禁人员、车辆在测点附近活动。

4.2 孔中测量

4.2.1 当拟建建筑物为高耸建筑物或精密仪器厂房时,对该场地宜同时进行地面和孔中微振动测量。

4.2.2 孔中测点的深度视工程设计要求或地质构造的复杂程度而定。一般宜在2~3个深度测量。孔中拾振器的拾振方位与地面拾振器的拾振方位宜一致,以便对照。

4.2.3 为便于与地面微振动对比分析,孔中测点的地面投影与地面测点的水平距离不得大于1.0m。在微振动测量前,宜进行孔中测斜工作,以保证测点和测量精度。

4.2.4 施测钻孔的深度应略大于预定最深测点的深度,其孔径以能顺利升降孔中拾振器为准,不宜过大。

4.2.5 孔中拾振器及电缆线在下孔前必须检查是否密封,导线有无短路、漏电现象。经检查一切正常后,将拾振器下到预定深度,并将其固定于孔壁,方可进行测量。

4.3 现场资料编录

4.3.1 现场微振动测量的记录,应按表4.3.1进行编录。

4.3.2 现场记录和编录整理后,需经技术负责人或室内计算处理人员检查无误,现场测量工作方可结束。若发现所测资料有疑点,应根据技术负责人的意见补测或复测。

场地微振动观测记录表 表 4.3.1

工程名称: 年 月 日 时 记录编号

测点 编号	拾振 方向	拾振器 编号	放大器 道号	放大器工作状态			放大倍数			记录仪 道号及 衰减	气象与 环境状态	备注
				直放	微分	积分	粗调	细调	微调			

技术负责人:

记录计算员:

操作员:

5 测量信号的数据处理

5.1 测量信号的时间域处理

5.1.1 场地微振动测量信号处理前,应对零点漂移和记录波形进行检验,处理波形的失真。

5.1.2 场地微振动的卓越周期,可利用零交法对场地微振动曲线进行统计处理求得。

5.1.3 场地微振动曲线的局部最大振幅,可利用零交点间隔的 2 倍的倒数,即频率作横坐标,将这两点间的最大振幅作为纵坐标求得。

5.1.4 使用零交法求场地微振动的卓越周期和局部最大振幅时,若因记录曲线不规则而出现漏检周期时,可用公式 5.1.4 计算曲线的不规则指数 ε :

$$\varepsilon = \sqrt{1 - \left(\frac{N_0}{N_m}\right)^2} \quad (5.1.4)$$

5.2 测量信号的频率域处理

5.2.1 对场地微振动测量信号进行频率域处理时,应首先按采样定理的要求选择合理的采样频率。实际工程应用时,采样频率可按所求频率上限的 3~5 倍选取。

5.2.2 在频率域处理场地微振动信号时,采样点以 1024 点为宜。平均化方式可选用算术平均或线性平均,有条件时可选熵平均,平均次数根据工程要求精度和设备的能力确定。

5.2.3 为改善求场地微振动信号卓越周期的精度、减少泄漏,在对场地微振动信号进行谱分析时,应选择汉宁窗或哈明窗。

5.2.4 在频率域处理场地微振动信号时,应进行富里哀谱或自功

率谱分析,在富里哀谱图或自功率谱图上,幅值最大的那一根谱线所对应的频率即为所测场地微振动信号的卓越频率。并由此计算出卓越周期。

5.2.5 在对场地微振动信号进行自功率谱和富里哀谱分析的同时,也可进行相关分析和互谱分析,对同一场地同一测点不同分量或不同测点同一方向的场地微振动信号的计算结果进行比较、分析得到可靠的卓越周期。

5.2.6 当需要了解地面上测点和孔中测点的相互关系时,可进行传递函数或互功率谱分析。

5.2.7 当自功率谱或富里哀谱图上出现多峰点、且每个峰的幅值相差不大、无法从谱峰上确定卓越周期时,可在进行谱分析的同时,进行相关分析、互谱分析,对场地微振动信号的卓越周期进行综合评价。

6 仪器和主要设备

6.1 拾振器

6.1.1 场地微振动测量的拾振器应具有较高的分辨率和灵敏度，并满足下列要求：

6.1.1.1 地面测量时宜用速度型拾振器，灵敏度应大于 $6V \cdot s/cm$ ，自振周期应大于 $1s$ ；

6.1.1.2 分辨率： $5 \times 10^{-8} \sim 5 \times 10^{-5}m$ （测位移时），
 $10^{-6} \sim 10^{-5}m/s^2$ （测加速度时）；

6.1.1.3 频带范围： $0.5 \sim 20Hz$ 。

6.1.2 拾振器应有防尘、防潮、防水措施。非测量状态时必须锁紧仪器以防损伤。

6.1.3 孔中测量时应采用孔中拾振器，孔中拾振器宜能自动调平和定方位。

6.2 放大器

6.2.1 场地微振动测量用的放大器应具备以下技术指标：

6.2.1.1 输出信号如为电压量，则不得小于 $0.1V$ ；如为电流，则应与选用振子所需的工作电流相匹配；

6.2.1.2 频带宽度应为： $0.2 \sim 1000Hz$ ；

6.2.1.3 信噪比应大于 3 。

6.2.2 放大器宜具有线性、微分及积分电路，以适应测量不同振动参量的要求。

6.2.3 放大器宜具备体积小、重量轻、防尘、防潮、便于携带等性能。

6.2.4 仪器应能在 $-10 \sim 40^{\circ}C$ 范围内正常工作，以适应不同地区

和不同季节使用。

6.2.5 放大器宜具备多通道,且一致性良好,可同时测量孔中和地面不同方位的微振动。放大器应具有归一化网络,以利于提高测试精度。

6.3 记录器

6.3.1 场地微振动记录可使用光线示波器或磁带记录仪,宜具有实时处理功能,对信号进行现场处理。

6.3.2 使用磁带记录仪时宜配有监视示波器,以选择最佳记录。

6.4 仪器标定与维护

6.4.1 为了保证仪器的完好率和测量精度,拾振器应每隔半年或一年标定一次,以检查灵敏度和其它性能的变化状况。当变化超过出厂灵敏度的3%时,应更换元件再行标定,使用时以新的灵敏度和其它技术指标为准。

6.4.2 在大型工程或特别重要的工程场地测量时,应作拾振器、放大器、记录器联机标定,并绘制各道各档振幅、频率特性曲线。

6.4.3 整套仪器长期不用时,应定期通电,以保证元器件完好。

6.4.4 仪器搬运时,应装在有防震设施的仪器箱内,并注意轻装轻放。

6.5 附属设备及注意事项

6.5.1 拾振器、放大器、记录器的连线应用屏蔽电缆线。

6.5.2 孔中拾振器下孔电缆线应防水、绝缘,提升线应有足够抗拉强度且质地柔软;有条件时可用导线与钢丝绳合股提升电缆。

6.5.3 地面观测用的拾振器托板应为无磁性铝板或铜板,厚度为3~5mm,其面积以能将拾振器三个底脚托起,其尺寸每边比拾振器长宽大1cm为宜,不宜过大过重。

6.5.4 必要时,为防止风、沙、尘土、雨的突然袭击,地面微振测量

时宜将拾振器用透明有机玻璃罩住,并用重物将拾振器输出端的导线固定于地面,以防摆动。

6.5.5 仪器操作人员必须熟悉掌握仪器的性能、技术指标,操作时必须严格按仪器说明书操作程序进行,非操作人员严禁拨动仪器开关和旋扭。

7 成果报告

7.0.1 编写报告前应对收集、调查和测量所得的原始资料进行统一整理、检查、分析、鉴定,经确认无误后方能使用。

7.0.2 报告书的内容,应根据任务要求、工程特点等具体情况确定,做到数据可靠,文字简炼,结论正确,建议可行。

7.0.3 报告书宜包括如下内容:

7.0.3.1 文字部分

(2)测量目的、要求、任务和工作量;

(2)地形、地质情况简介;

(3)测点附近干扰源分布和状态的简要描述;

(4)所用仪器的主要技术指标;

(5)野外测量技术及精度;

(6)测量结果的数据处理方法、计算公式及有关参数选取的分析与论证;

(7)结论与建议;

(8)参考文献。

7.0.3.2 图表部分

(1)测点平面位置图;

(2)测量场地的地质图或典型地质剖面图、柱状图;

(3)典型的原始测量记录;

(4)频谱曲线图;

(5)其它有关成果图表。

7.0.4 工作量很小的简单工程,报告书可简化,以图表为主,辅以必要的文字说明。

附录 A 本规程用词说明

A. 0.1 为便于在执行本规程条文时区别对待,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”或“可”;

反面词采用“不宜”。

A. 0.2 条文中指明按其它有关标准和规范执行的,写法为“应按……执行”或“应符合……的要求或规定”。

本规程主编单位、参加单位 和主要起草人名单

主 编 单 位：建设部综合勘察研究院

参 加 单 位：中国建筑科学研究院

国家地震局工程力学研究所

冶金工业部勘察研究总院

主要起草人：(按姓氏笔画为序) 刘丽华 李承平

首培休 顾宝和 黄建平 韩博文