

比較的長周期域での振動特性評価のための可搬型微動計の開発

○佐武 直紀¹⁾・福和 伸夫²⁾・飛田 潤³⁾・小出 栄治⁴⁾・太田 賢治⁵⁾

- 1) 正会員 応用地震計測(株) 地震防災部, 〒336-0015 さいたま市南区太田窪 2-2-19, nsatake@oyosi.co.jp
2) 正会員 名古屋大学大学院 環境学研究科, 〒464-8603 名古屋市中千種区不老町 1, fukuwa@sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp
3) 正会員 名古屋大学大学院 環境学研究科, 〒464-8603 名古屋市中千種区不老町 1, tobita@sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp
4) 正会員 応用地震計測(株) 地震防災部, 〒336-0015 さいたま市南区太田窪 2-2-19, koide@oyosi.co.jp
5) 会員外 応用地震計測(株) 開発部, 〒336-0015 さいたま市南区太田窪 2-2-19, ohta@oyosi.co.jp

1. はじめに

近年, 長周期地震動の問題がクローズアップされ, 特に我が国の三大都市圏が立地する関東, 大阪, 濃尾等の堆積平野で, 長周期地震動が長時間生起する可能性が指摘されている¹⁾. これらの平野には, 高層建物や長大橋, 石油タンク等, 長周期振動の検討を要する構造物が多数建設されているが, 構造物の固有周期が地盤の卓越周期と近接した場合, 構造物の共振による想定外の応答が懸念される. そのため, 構造物の振動測定で, 長周期域を必要とする場面が増えつつある.

ところで, 従来の微動計で長周期域の測定を行う場合, 長周期用センサが高価なことに加え, センサの取扱いにも多大な注意を要するのが難点であった. それを解決すべく, 筆者らは, 振動特性を簡易に評価するための常時微動計測・分析システムを開発した²⁾. 技術的には, センサに廉価な2Hz 速度計を採用し, 感度が低下する長周期域にデジタルフィルタによる補正を加えることで, これを可能としている.

今回, その成果を踏まえ, 中高層建物など周期1~5秒程度の帯域(本論文では比較的長周期域と呼ぶ)での振動特性評価を視野に, 更に廉価かつ軽量化を図り可搬性に優れた微動計システムを開発した. 本論文では, 開発したシステムの概要と活用例を述べる.

2. 微動計システムの概要

2.1 システム構成

本システムは, 本体およびセンサ(+外付 PC)で構成される(写真1). 本体には A/D ボード, ロガー, バッテリを内蔵し, 操作パネル上に電源スイッチとレンジ切替スイッチ等を配した単純な構成とした. センサ



写真1 微動計システム外観

には小型, 堅牢な速度計(ジオフォン HS-1-LT)を用い, 3成分まとめてケースに収納した. 電源は, 連続6時間程度使用可能な内蔵バッテリーに加え, AC-DC 兼用ケーブルを付属し, 様々な測定場面に対応可能とした. システム仕様を表1に示す.

本システムでは, 基本的に本体とセンサのみで測定とデータ収録が可能である. これに加え, 専用のソフトウェアをインストールしたパソコン(PC)を本体に接続することで, 測定中の波形やスペクトルのモニタ表示は勿論, 構造物の振動特性の解析を可能とした. PC を本体から分離し外付けとしたことで, 本体の消費電力の抑制と内蔵バッテリーの小型化を実現し, PC 分も含め本体の重量を著しく低減することが出来た.

2.2 センサ特性補正

本システムでは, 現場での取扱いの容易さと装置としての堅牢さを鑑み, 2Hz の速度計を採用した. そこで, 想定する周期1~5秒程度での使用に際し, 振幅・位相について長周期域での特性補正を行っている.

センサ各成分の振幅特性の検定例を図1に示す. 2Hz より低振動数(長周期)側で, 各成分とも感度が低下しているが, 0.2~10Hz の帯域では概ね安定した特

表1 微動計システム仕様

▼本体部	
CPU	SH-2 プロセッサ (SH7144F)×2
A/D 分解能	24bit (実効 18bit)
サンプリング周波数	100Hz
アンプ感度切替	1 倍, 100 倍, 1000 倍 (各 ch)
データ収録	本体メモリカード (SD カード) または外部 PC へのデータ送出 (シリアル, LAN 端子)
外部端子	シリアル (RC232C) 端子×1, LAN 端子×1, BNC 端子 (BNC 用)×1, その他電源・センサケーブル各端子
LED 状態表示	バッテリー残量, 測定状態, GPS 状態
電 源	AC100V, DC12V (内蔵 2.3Ah バッテリ またはオプション外部バッテリー)
消費電流	0.4~0.45A 程度
寸法・重量	345mm×295mm×152mm, 約 4kg
▼センサ部 (ジオフォン HS-1-LT)	
種 類	動コイル型 2Hz 速度計
ch 数	3ch (水平 2ch, 上下 1ch)
感 度	0.632V/kine
コイル抵抗値	2500 Ω
収納ケース寸法	120mm×120mm×150mm (突起部含む)

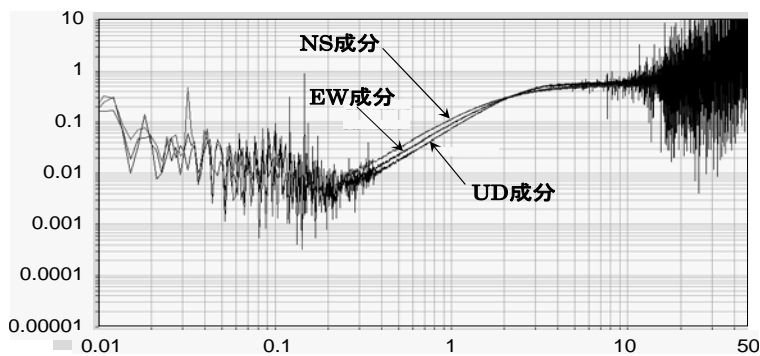


図1 微動計センサの振幅特性の検定例

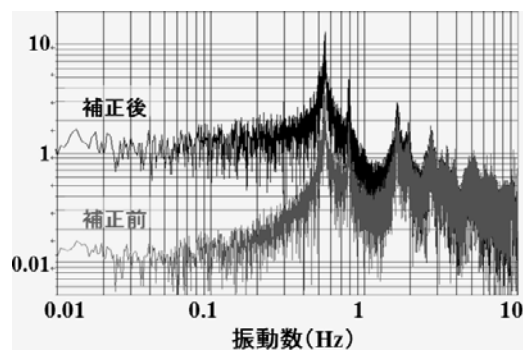


図2 センサ特性の補正結果例

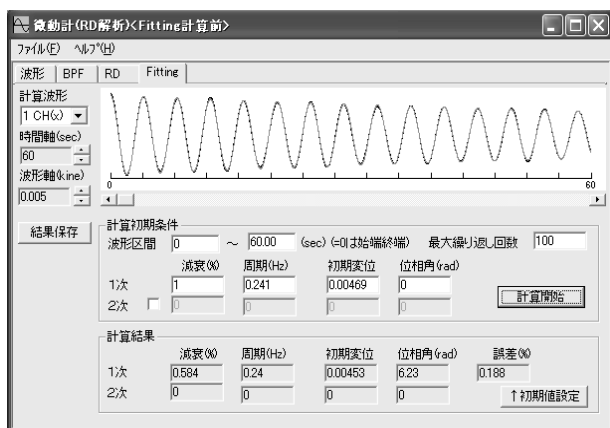


図3 RD法による高層建物の減衰定数算出の画面例

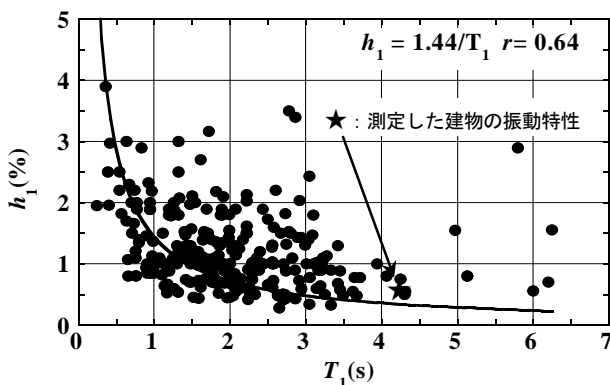


図4 測定値の1次固有周期-減衰定数関係へのプロット結果

性を示している。尚、成分間で特性に若干差異が認められ、また、幾つかの同型センサで特性を検定した結果、センサ間でも個体差が若干存在することがわかった。本システムではPCを外付とした関係上、本体内のデータ収録および外部PCへのデータ送出時点では、特性補正を行わずセンサで計った原データとし、特性補正はPCのソフトウェアで行うことで、成分間およびセンサ間の特性差異を補正する方法を取った。

センサ特性の補正前後におけるフーリエスペクトルの比較を、愛知県内に建つある高層建物の観測記録について図2に示す。図より、長周期側の振幅低下についてほぼ補正出来ていると思われるが、センサ特性の長周期側の補正についてはなお検討が必要である。

2.3 振動解析ソフトウェア

解析用ツールとして、リアルタイム地盤・建物振動分析用ソフトウェアを用意した。本ツールを用いるこ

とで、RD法³⁾を用いた構造物の振動特性の解析、およびH/V法⁴⁾による地盤の振動特性の解析が、データ収録と同時にリアルタイムで実行できる。

3. 微動計システムの活用例

ここでは、首都圏に建つある高層建物(RC造)の観測データから、建物の振動特性を推定した例を示す。

図3は、振動特性パラメータ(固有周期・減衰定数等)を同定した際の画面である。画面上のRD波形から建物の(並進)1次モードのパラメータが得られた(固有振動数:0.24Hz[周期:4.2s],減衰定数:約0.6%)。この結果を、RC造高層建物の1次固有周期と減衰定数との関係を表すグラフ⁵⁾にプロットした結果を図4に示す。図中の曲線はプロットデータの回帰曲線である。測定値は回帰曲線近傍に位置し、得られた測定結果が実現象と大きくかけ離れていないことがわかる。

4. むすび

従来手軽な観測が難しかった、周期1~5秒程度の比較的長周期域での振動特性評価のため、長周期域をデジタル補正した可搬型微動計の開発について述べた。

本システムで使用しているセンサおよび長周期域の特性補正に関しては、引続き検討を要するが、システム自体は優れた操作性と機動性を有し、比較的長周期域での振動特性評価に大変有効である。今後、本システムを、様々な地震防災分野に役立てていきたい。

《参考文献》

- 1) 土木学会、日本建築学会：海溝型巨大地震による長周期地震動と土木・建築構造物の耐震性向上に関する共同提言、2006.11.
- 2) 飛田 潤、福和 伸夫、佐武 直紀、原 徹夫、太田 賢治、小出 栄治：地盤・建物振動特性の簡易評価のための常時微動観測分析システムの開発、日本建築学会技術報告集、第29号(投稿・採択済、2009.2 刊行予定)。
- 3) 田村 幸雄、佐々木 淳、塚越 治夫：RD法による構造物のランダム振動時の減衰評価、日本建築学会構造系論文報告集、第454号、pp.29~38、1993.12.
- 4) 中村 豊、上野 眞：地表面震動の上下成分と水平成分を利用した表層地盤特性推定の試み、第7回日本地震工学シンポジウム、pp.265~270、1986.
- 5) 佐武直紀：一般建築物の減衰データベース、日本建築学会「各種建築物の減衰セミナーー評価手法の比較検討と性能設計への応用ー」テキスト、pp.1~7、2004.2.