

常時微動計測に基づく大型建造物の振動特性評価技術

- 稼働中の設備や工事によるノイズに埋もれた微小振動にも
適用可能な高精度なシステム同定法の開発 -

背景

近年、高経年化した既設建造物の耐震性能評価や維持管理を適切に実施していくとするニーズが高まっており、大型建造物の構造性能を正確に把握できる評価手法が必要とされている。建造物全体の構造性能を表わす固有振動数、減衰定数ならびに固有モードなどの振動特性は、従来より起振実験や地震観測に基づいて評価されてきたが、起振実験は多大な作業コストを要する点に、地震観測はデータの蓄積に年数を要する点に欠点がある。これらの欠点は常時微動計測^{注1)}を利用することで解決される可能性がある。しかし、常時微動計測を利用する場合には、建造物の常時微動を励起する振動源が特定できないこと、微小振動であるために計測ノイズの影響を受けやすいことなどのデータ解析上の難しさがあり、振動特性を安定して評価するための手法が望まれる。

目的

大型建造物の構造特性を把握するため、常時微動計測に基づく振動特性評価技術を開発する。

主な成果

常時微動計測に基づく大型建造物の振動特性評価に適したデータ解析手法を開発し、実建造物に適用してその有用性を検証した。本研究で開発したデータ解析手法とそれを用いた振動特性評価技術の特徴は以下の通りである。

(1) 常時微動の分析に適したデータ解析手法

常時微動記録から建造物の振動特性や剛性を評価するデータ解析手法として、以下の3つの手法を開発した。

(a) ARMA モデルによる振動モード同定法 (ARMA 法)^[1]

(b)ARMAMA モデルによる振動モード同定法 (ARMAMA 法) [2] 注2)

(c)層剛性およびモード層剛性の計算法[3] [4]

ARMA 法および ARMAMA 法は、常時微動記録から地盤 - 構造物系の固有振動数、減衰定数および固有モードを同定する手法である。これらの同定法は従来法とは異なり、クロススペクトルに基づいた出力データのみを用いたシステム同定であるため、常時微動のようなシステムへの入力に特定できないデータにも適用できる。また、固有振動数が近接する場合であっても振動特性を分離して同定できる特徴を有する。さらに、ARMAMA 法は、機械振動や部材振動などの局所振動ノイズの影響を除去できる。これらの利点は、常時微動記録のデータ解析手法として望ましい性質である。

一方で、層剛性およびモード層剛性の計算法は、地盤 - 構造物系振動モデルの振動特性から構造物の各層および地盤の剛性を計算する方法であり、竣工時の設計妥当性や供用中における損傷・劣化診断に利用できる。

(2) 常時微動計測に基づく大型構造物の振動特性評価への応用

項目(1)で提案したデータ解析手法を建築物^[5]、水力発電所アーチダム^[6]、火力発電所煙突^{注3)}ならびに解体工事中の建物^[4]に適用した結果、従来技術では困難であった以下のような振動特性評価が可能であることを確認した。

- ・常時微動計測のみによる大型構造物の振動特性評価
- ・振動特性の長期モニタリングによる振動特性の振動振幅などの各種依存性の評価
- ・発電稼働中および補強工事中における構造物の振動特性評価
- ・強風時や外乱作用時などの構造物の上部入力に卓越する条件下での振動特性評価
- ・常時微動記録を用いた地震や損傷に伴う構造物の振動特性の変化の検出

注1) 地盤振動や風力、機械振動などを振動源として構造物は常に微小に振動しており、この振動を計測すること。

注2) Parametric estimation of the cross power spectrum density, Journal of Sound and Vibration 282, 2005年1月。

注3) 超高鉄筋コンクリート造煙突の振動特性の日変動, 日本建築学会構造系論文集, 第568号, 2003年3月。

総合報告 N05	キーワード：常時微動，システム同定，振動特性，剛性， 構造ヘルスマニタリング
関連研究報告書	[1] 「常時微動計測に基づく構造物の損傷探査法（その1） - クロススペクトル推定法による構造物の振動モード同定 - 」U99008（1999.9） [2] 「常時微動計測に基づく構造物の損傷探査法（その2） - ARMAMAモデルによるスペクトル解析法 - 」U01031（2002.5） [3] 「常時微動計測に基づく構造物の損傷探査法（その3） - ARMAMAモデルによる振動モード同定と多層建物の構造同定 - 」U01046（2002.5） [4] 「常時微動計測に基づく構造物の損傷探査法（その4） - 長期連続振動モニタリングによる振動特性の経時変化に関する分析 - 」N05025（2006.5） [5] 「鉄筋コンクリート造低層建物を対象とした常時微動による損傷検出」N08042（2009.7） [6] 「アーチダムに適した常時微動計測に基づく振動特性評価法の開発」N08040（2009.6）
担当者	金澤 健司（地球工学研究所 地震工学領域）
連絡先	（財）電力中央研究所 地球工学研究所 Tel. 04-7182-1181(代) E-mail : cerl-rr-ml@criepi.denken.or.jp