

健全度の異なる構造物の常時微動計測とモード特性同定

埼玉大学大学院 学生員 伊比友明
 埼玉大学工学部 正会員 山口宏樹

埼玉大学工学部 正会員 松本泰尚
 埼玉大学大学院 N.Areemit

1. はじめに

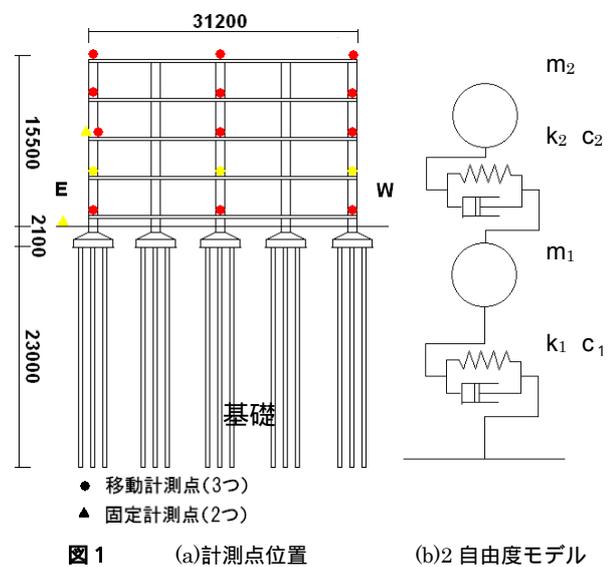
近年、我が国の社会基盤施設の劣化が深刻な問題となっており、維持管理を目的とした健全度評価の必要性が高まっている。この健全度評価方法の一つとして、構造物の損傷や劣化が生じた時の振動特性の変化を指標としたものが着目されて久しいが、人工加振を必要としない利点を有する常時微動の場合、振幅が微小であるために計測法および同定法に精度上の問題をかかえている¹⁾のが現状である。このような背景にあつて、本研究では、埼玉大学建設工学科1号棟（RC造4階建）の改修工事（2002年8月～2003年1月）に伴い、実構造物について常時微動を計測し、モード特性の同定および構造状態の評価を試みた。

2. 常時微動計測の概要

常時微動は5つのサーボ型加速度計を用い、図1(a)に示すように地盤と3F東側の参照点に常時1つずつ、各階の東・中央・西の柱付近に盛り替えながら、改修工事により構造物の状態が変化するたびに計測を行うことを原則とした。また、計測は水平2方向（N-S, E-W）で、計測時間140秒、サンプリング周波数500Hzである。

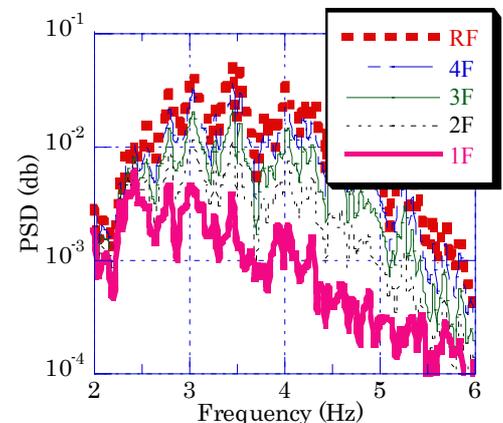
3. 計測データの処理および同定方法

常時微動波形に対してデータ処理を行い、相互相関関数を求めた後、多点計測でも複数のモードを精度よく同定できるERA(Eigensystem Realization Algorithm)²⁾を用いて同定を試みた。



(1)計測データの処理 ERAが解析対象とする計測データはインパルス応答あるいは自由振動であり、常時微動を解析対象とする場合、インパルス応答関数と等価な相互相関関数を求める必要がある。しかし、本研究での計測データは盛り替えながら計測されたため同時性がないことから、相互相関関数を直接求めることはできない。そこで、計測データを離散フーリエ変換により振動数領域に変換して参照点と各計測点との伝達関数を求め、計測時間の違いという問題点を解消している。その後、伝達関数に参照点のパワースペクトルを乗じることでクロススペクトルを算出し、これを逆フーリエ変換により再び時間領域に戻して、正規化された相互相関関数を得た。

図2は、東側の柱に沿ってセンサーを配置し同時刻に計測しデータの各階におけるパワースペクトルとして示したものであるが、これによると屋上で構造物が最も大きく揺れているのが分かる。上述の伝達関数を求める際の参照点の位置は構造物の大きく揺れている部分とした方がモードの同定精度が高まることから、振動数領域に変換する前に、常時微動計測時に3F東側に置かれていた参照点を、伝達関数を用いて屋上東側へと移動した。



キーワード：常時微動計測、モード特性同定、健全度評価、ERA

連絡先 〒338-857 さいたま市下大久保 255 埼玉大学建設工学科 TEL：048-858-3552 FAX:048-858-7374

(2)モード特性の同定 以上により求めた相互相関関数データ 15 計測点分に対して ERA を適用した。図 3 は ERA で低次元化のために設定する次数と 2.5Hz ~ 4Hz の範囲で同定された振動数との関係を示したものである。健全度 C (表 1 参照) に対応する図 4(a)の場合、設定次数によらず 2.9Hz および 3.4Hz で振動数が安定して同定されており、これが構造物の固有振動数であると結論できるのに対し、図 4(b)の健全度 A に対しては安定した値が得られていない。これは常時微動計測の問題点の 1 つを表していると言えるが、本研究では、これに 1F から屋上への伝達関数を重ね合わせて、有意な振動数 2.85 Hz および 3.1 Hz を構造物の固有振動数として同定した。

図 5 は同定された 2 つの固有振動数に対応するモード形状であり、共に並進 1 次モードとなっている。これらは上部工の卓越モードと下部工を含む地盤が卓越して揺れるモードであると考えられたため、各柱ごとに屋上でのモード振幅を比較したところ (図 5) 1 次モードが地盤の卓越モード、2 次モードが構造物の卓越モードであると結論できる。

4. 同定されたモード特性の変化

同定されたモード特性の変化を考察するために、図 1 (b)のように構造物、下部工を含む地盤を各 1 自由度とした 2 自由度質量モデルを考え、その質量や剛性を改修工事に対応させて変化させた時 (表 1 参照) のモード特性の変化と比較した。

図 6 は構造物の健全度の変化に伴う固有振動数の変化を表したものであるが、健全度 A と健全度 F の 2 次モードなどで 2 自由度モデルと同定値と異なる挙動を示す部分が見られるものの、全体として同じような変化を示しており、同定された固有振動数はある程度の精度を有していると考えられる。また図 7 はモード減衰比の変化を示したものであるが、計測データにより同定されたものは非常にばらつきが大きく、2 自由度モデルとの比較は難しい。

5. まとめ

本研究では実構造物に対して常時微動計測を行い、モード特性の同定を試みた。その結果、定量的な健全度評価ができるほどの高い精度ではないものの、健全度の変化に伴う固有振動数の有意な変化について同定することができたといえる。

表 1 計測データ詳細

健全度	計測月日	構造物の状態	m1(t)	k1(KN/m)	m2(t)	k2(KN/m)
A	8月5日	工事前	703	1.11*10 ⁵	834	2.96*10 ⁵
B	9月22日	解体工事中	703	1.11*10 ⁵	750	2.66*10 ⁵
C	10月9日	解体工事中	703	1.11*10 ⁵	750	2.66*10 ⁵
D	11月4日	解体・基礎躯体工事完了	914	1.44*10 ⁵	750	2.61*10 ⁵
E	11月28日	1階躯体工事完了	914	1.44*10 ⁵	750	2.87*10 ⁵
F	12月5日	2階躯体工事完了	914	1.44*10 ⁵	750	3.30*10 ⁵
G	12月17日	3階躯体工事完了	914	1.44*10 ⁵	924	3.30*10 ⁵
H	1月9日	4階躯体工事完了	914	1.44*10 ⁵	949	3.30*10 ⁵

参考文献 1) 貝戸ほか：レーザー常時微動計測手法の構築と構造物の損傷検出への応用、土木学会論文集, pp.183-199 2001. 2) 安田:ERA を用いた構造物のモード特性同定法とその部分構造同定への応用、埼玉大学提出卒業論文、2001.

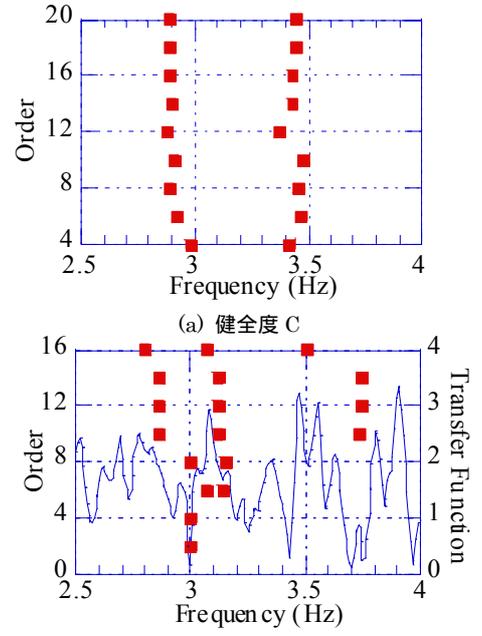


図 3 ERA の同定結果例

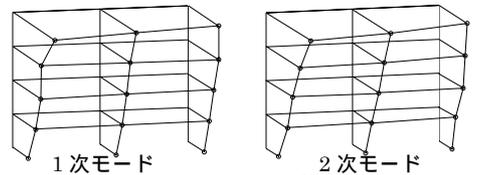


図 4 モード形状(健全度 C)

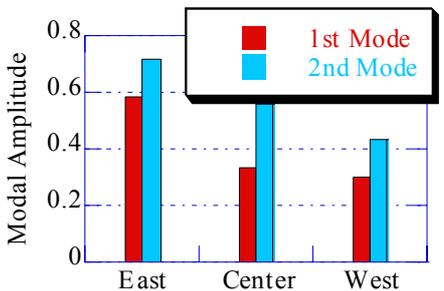


図 5 屋上でのモード振幅(健全度 C)

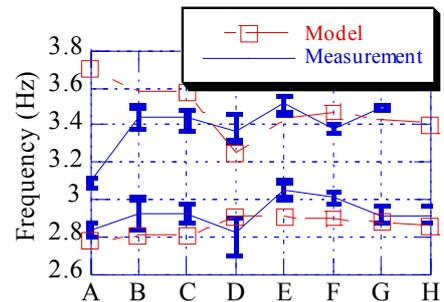


図 6 固有振動数の変化

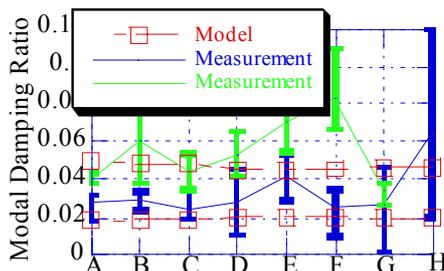


図 7 モード減衰比の変化