

ウェーブレット変換を用いた1自由度模型の動特性評価

金沢大学工学部	正会員	池本敏和
金沢大学工学部	学生会員	川中信介
金沢大学工学部	正会員	宮島昌克
金沢大学工学部	フェロー	北浦 勝

1.はじめに

構造物は地表面から地震の入力を受けると、固有の動特性に基づいた振動をして劣化、損傷する。一般に劣化損傷といえは、系の固有振動数が低下し、減衰が増加するが、これらの変化を捉えることができれば構造物のヘルスマonitoringが可能になる。そこで、ヘルスマonitoringの基本として構造物の動特性評価ツールとしてウェーブレット変換を使ったシステム同定を行う。これまでもウェーブレット変換を用いた逆解析手法が提唱されている。曾根らはウェーブレット変換による構造パラメータの同定を行った¹⁾。また、来田はウェーブレット変換を用いた構造システム同定法を提案している²⁾。

昨年の研究では、模擬地震動波形を用い、ウェーブレット変換は動特性評価法への適用に有効であるとの成果が得られた³⁾。本研究では、実際の波形データについてもウェーブレット変換が適用できるかを検証する。そこで、1自由度模型を使った加振実験を行い、加速度記録を得る。その加速度記録からウェーブレット変換を用いた逆解析によって構造物の動特性を求め、その結果を評価する。

2.ウェーブレット変換

ウェーブレット変換とは、信号の時間周波数解析に用いられる方法の一つである。フーリエ変換では周波数特性を振動数とフーリエスペクトルの2次元で評価する。それに対して、ウェーブレット変換では振動数、ウェーブレットスペクトルさらに時間を加えた3次元で評価する。つまりウェーブレット変換は解析対象波形について、周波数の時間的変化を捉えることができる変換法である。

ウェーブレットは特定に決まった関数ではなく、局在する波を表す様々な関数の総称であり、信号を切り出す単位として用いる。その種類は様々であるが、今回の解析にはdaubechies ($N=2$, N :正の整数)のウェーブレットを用いた。

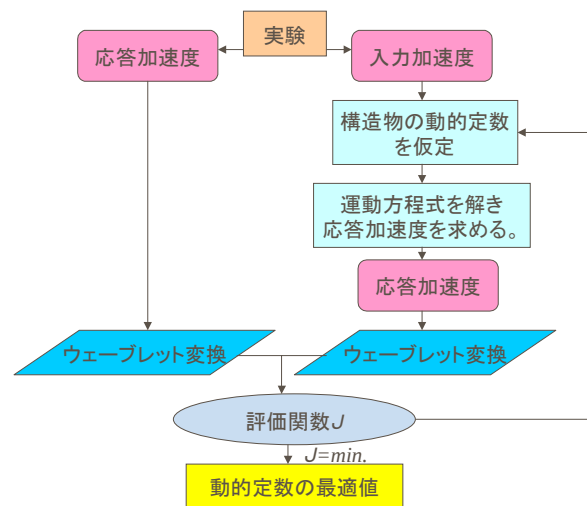


図1 動特性評価の手順

3.動特性評価の理論とその手順

構造物の動特性評価を行うとき、入力加速度から応答加速度を求めるという操作が必要となる。本研究では1自由度の剛性ばねモデルを仮定して、ウィルソン θ 法から運動方程式を解き応答加速度を求める。その解析結果から得られた応答加速度と、観測応答加速度をそれぞれウェーブレット変換してスペクトルで表し、誤差2乗和が最小となるときの動的定数を最適値とする。(図1参照)

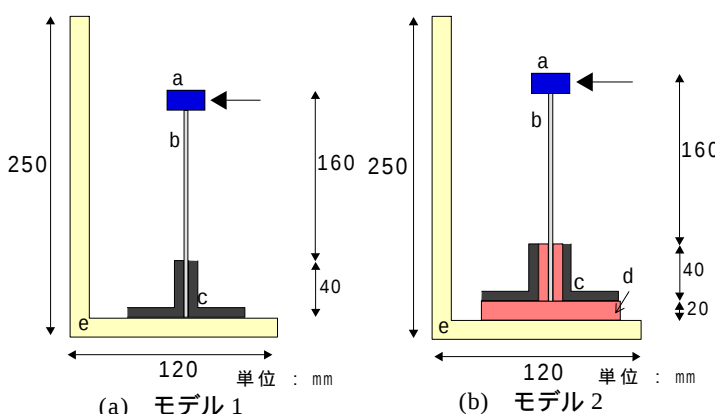


図2 実験モデル概要図

4.実験データへの適用

実験には2つの模型を用いる。基本モデルであるモデル1と、dの位置にゴムを用いたモデル2である(図2(b)参照)。これらを振動台に据え付けて、いろいろに周期を変えた正弦波と地震波を入力して加速度記録を得る。その観測記録からウ

キーワード：ウェーブレット変換、同定、1自由度系、動的定数

連絡先：〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20 金沢大学工学部 Tel：076-234-4656 Fax：076-234-4644

ウェーブレット変換を用いた逆解析を行い、動的定数を求める。ここで言う動的定数とは、固有周期と減衰定数のことである。モデル1について、正弦波、地震波どちらの波を入力したときも、線形の挙動を示した。その解析結果を表1に示す。ここで、自由減衰振動実験から求めた値を正解値として設定する。これは、模型の自由減衰振動の応答加速度記録から固有周期と減衰定数を工学的方法により求めたものである。正弦波の入力に対しては、推定値との誤差もほとんどなく動的定数の最適値が求まった。地震波の入力については、表には載せていないが正弦波の場合よりもウェーブレットスペクトルの誤差2乗和が大きくなる。しかし最適値としては小さい誤差であった。

モデル2については、モデル1と同様にどちらの波の入力に対しても線形の挙動を示した。その解析結果は表2に示す。推定値とほぼ等しい値が得られた。ゴムは固有周期をわずかに増加させ、減衰定数を増大させ働きをした。

5.実験のまとめ

正弦波を入力するより、地震波を入力したときの方が解析精度は低下するが、現有のシステム同定法により、線形挙動を示す観測データについてはよい精度で動的定数が求められる。ウェーブレット変換を用いた場合の同定精度はノイズの量に関係していることが知られている³⁾。したがって、地震波を入力したときは地震波の持つノイズによる影響で誤差が大きくなるものと考えられる。

表1 モデル1の動特性評価

		解析による最適値	自由減衰からの推定値
正弦波の入力	固有周期(S)	0.09	0.1
	減衰定数	0.01	0.01
地震波の入力	固有周期(S)	0.08	0.09
	減衰定数	0.01	0.01

表2 モデル2の動特性評価

		解析による最適値	自由減衰からの推定値
正弦波の入力	固有周期(S)	0.1	0.11
	減衰定数	0.02	0.02
地震波の入力	固有周期(S)	0.1	0.11
	減衰定数	0.02	0.02

6.実在構造物への適用

実在の構造物データについても現有のシステム同定法が適用できるか評価する。大阪市平野区における実在構造物(地上5階建て)について、サーボ型加速度計による地震観測データが手に入ったので、それを用いて動特性の推定を行う。今回は簡単のために1次のモードについてのみ注目し、この構造物を1自由度系と考え解析を行った。この加速度記録も非線形の挙動を示していないと考えられる。解析結果を表3に示す。ここで、実在構造物の動特性のデータを持ち合わせていないため、経験値から求められる値との比較をしていくことにする。固有周期については解析による最適値と経験値とは近い値となった。この結果から、精度のよい同定が行われていると言える。しかし、減衰定数については経験値との誤差が大きくなっている。今後、実際の構造物に対して動的定数の測定を行い、動的定数の精度を評価する予定である。

表3 実在構造物の動特性評価の結果

	解析による最適値	経験値による推定値
固有周期(S)	0.47	0.5
減衰定数	0.03	0.01~0.02

7.まとめと今後の課題

線形の挙動を示す加速度記録については、観測データについてもほとんど誤差なく動的定数を求めることができる。実在構造物への適用についての検証も、構造物の動的定数の測定により行う。

今後は実験による非線形挙動の再現を行い、非線形挙動を示すデータについても現有プログラムが適用できるか検証する予定である。

[参考文献]

- 1) 曽根 彰・山本鎮男・増田 新：入出力のウェーブレット変換を用いた多自由度系のパラメトリックなシステム同定、日本建築学会構造系論文集、第512号、pp.61-66、1988。
- 2) 来田義弘：ウェーブレットによる非線形構造システムの同定、日本建築学会構造系論文集、第504号、pp.43-48、1998。
- 3) 高島大知：ウェーブレット変換を用いた構造物の動特性評価、金沢大学学士学位論文、1999。