

徳島大学大学院 学生員 ○前田 哲男
 徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔
 徳島大学工学部 正員 成行 義文
 徳島大学工学部 正員 酒部 義宏

1. まえがき

構造物はその供用期間中に疲労現象や地震などの過大荷重によって損傷を受けることがある。これを放置すれば崩壊などの重大な事故につながる恐れがあるため、このような構造物の損傷を早期に発見し、補修・補強を施すことは、その後の構造物の安全性にとって大変重要である。それゆえ、近年、構造物の点検・補修マニュアル等が徐々に整備されつつあるが、これらは主に目視による点検であるため、構造物の損傷を見落とす恐れがあり、これに代わる精度の良い損傷評価法を開発する必要がある。

そこで本研究では、振動実験から比較的容易に得られる低次の振動モードを用いた実用的な損傷評価法を確立するための基礎的研究として、昨年度の固有値解析の値を測定値とした同定法の改善を試みた。すなわち、動的応答解析から得られる応答波形を実測波形と見なし、これをもとに必要な振動モードを算定し、モード解析により構造物の部材剛性を同定する方法について研究し、そして、減衰を無視したせん断型骨組構造物に対する解析結果をもとに、本同定法の精度等について若干の比較検討を行った。

2. 解析手法

図-1のような6層せん断型骨組構造物を例にとり本解析手法を説明すると、各層の部材剛性 $k_1 \sim k_6$ を未知数とした剛性マトリックスを式(1)のように作成する。

$$[K] = \begin{bmatrix} k_1+k_2 & -k_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & k_2+k_3 & -k_3 & 0 & 0 & 0 \\ & & k_3+k_4 & -k_4 & 0 & 0 \\ & & & k_4+k_5 & -k_5 & 0 \\ & & & & k_5+k_6 & -k_6 \\ SYM & & & & & k_6 \end{bmatrix} \dots (1)$$

次に、この $[K]$ を用いて非減衰自由振動方程式を立てると次式ようになる。

$$\omega^2 [M] \{x\} - [K] \{x\} = \{0\} \dots (2)$$

ここで、式(2)の $\omega, \{x\}, [M]$ はそれぞれ固有円振動数、モード形、および質量マトリックスである。

今、式(2)の質量マトリックス $[M]$ は変化しないものとするれば、この方程式に含まれる未知数は剛性マトリックス中の $k_1 \sim k_6$ のみとなり、一つの測定モードが既知であれば、未知数6個に対して6個の方程式が成立することになり、結局、測定が比較的容易である1次の測定モードから部材剛性 $k_1 \sim k_6$ を同定できることになる。

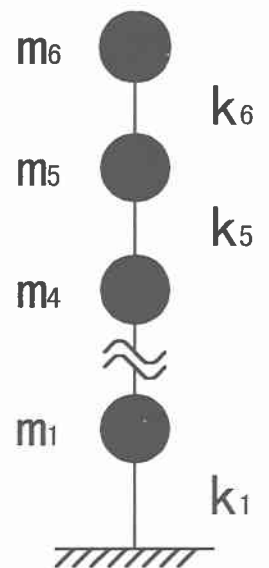


図-1 6層せん断型構造物

3. 解析例

図-1に示す6層せん断型骨組構造物に対する本解析法の適用例を示す。各層の質量および損傷前の剛性は次のようである。

$$m_1 \sim m_6 = 15 \text{ (} \times 10^3 \text{ kg)} \quad k_1 \sim k_3 = 13, \quad k_4 \sim k_6 = 10 \text{ (} \times 10^4 \text{ kgf/cm)}$$

まず、この構造物に任意の振動数(ここでは30.00(Hz)とした)の調和波を入力して動的応答解析を行い、各質点における加速度波形を求める。次に、この加速度波形の非減衰自由振動部分のデータを用いてスペクト

ル解析を行い、図-2のように各質点におけるパワースペクトルを求める。そして、この得られたパワースペクトル図から、卓越振動数とそれに対するピーク値(振幅値)を読み取り、ピーク値の平方根から解析に必要な式(2)の振動モード(固有円振動数 ω ，モード形 $\{x\}$)を求める。ただし、ピーク値は加振力の大きさにより異なるため、モード形は図-3のように最終的に最大振幅値を1として正規化して求める。

このようにして求めた1次の振動モードを固有値解析による正解値と比較して示せば表-1のようである。

また、各部材の剛性 $k_1 \sim k_6$ を未知数として式(1)と同様に剛性マトリックスを組み立て、これと表-1の本応答解析

および固有値解析より求めた1次の振動モードを式(2)に代入して求めた(同定した)結果を比較して示すと表-2のようである。

次に、第4層が30%損傷した場合($k'_4 = 0.7k_4$)について先と同様に、1次の振動モードより同定した部材剛性 k' と k' の損傷前の剛性 k に対する比を求めると表-3のようになる。

この結果より、第4層が30%損傷していることがわかる。

4. あとがき

本研究では、減衰を無視した場合のせん断型骨組構造物に対する本同定法の有効性について検討を行った。その結果、応答加速度波形より求めた1次の振動モードは、固有値解析から求めた正解値とかなりよく一致し、精度良く構造物の部材剛性が同定できた。また、入力波として地震波を用いた場合にも、振動モードおよび剛性の同定にはほとんど差は見られなかった。以上のことより、減衰を無視した場合にはせん断型骨組構造物の損傷評価に対する本同定法の有効性が示された。

5. 参考文献

1) 橋梁振動研究会編：橋梁振動の計測と解析，技報堂出版，1993 年

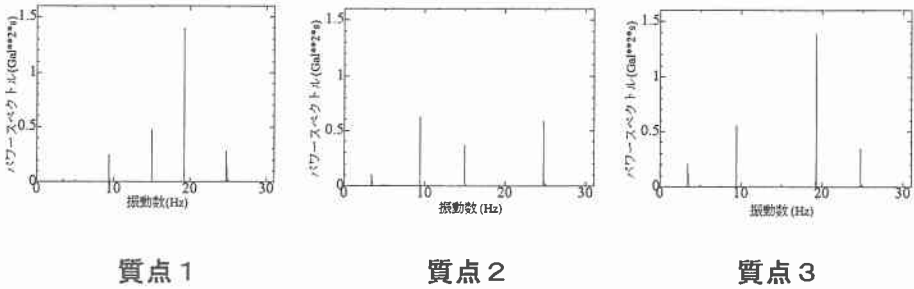


図-2 パワースペクトル

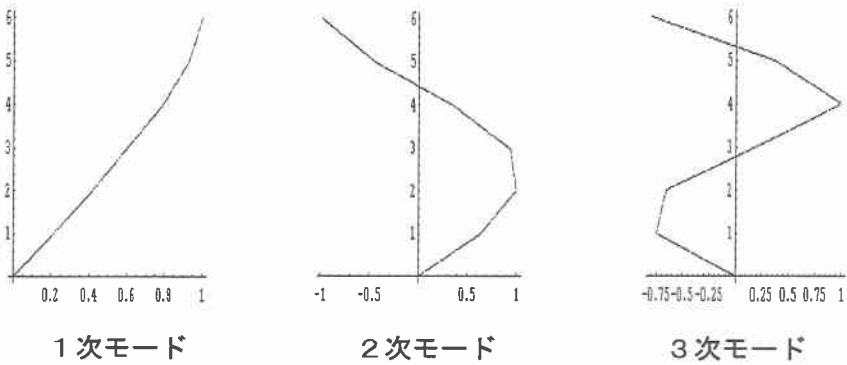


図-3 モード形

表-1 振動モード

	固有振動数	モード形					
		質点1	質点2	質点3	質点4	質点5	質点6
本応答解析	3.43 (Hz)	0.21	0.42	0.60	0.79	0.93	1.00
固有値解析	3.42 (Hz)	0.22	0.42	0.60	0.79	0.93	1.00

表-2 剛性の同定(損傷前)

部材剛性	k1	k2	k3	k4	k5	k6
同定値	13.1	13.0	13.0	10.0	10.0	9.91
正解値	13	13	13	10	10	10

表-3 剛性の同定(損傷後)および損傷度評価

部材剛性	k'1	k'2	k'3	k'4	k'5	k'6
同定値	12.8	13.2	13.1	7.02	10.0	9.75
k'/k	0.98	1.01	1.01	0.70	0.99	0.98