

武蔵工業大学 正会員 星谷 勝

福山大学 正会員 千葉 利晃

○武蔵工業大学 学生員 丸山 収

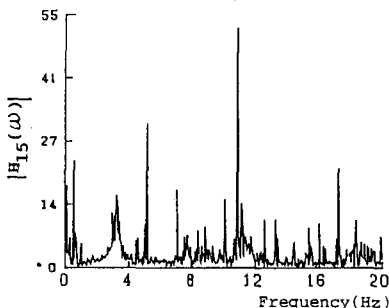
1. はじめに

本研究は、鉄筋コンクリート4階建校舎の常時微動測定を行い、得られた入力および応答波形を周波数領域に変換して求めた伝達関数を、著者らが提案しているEK-WGI法の観測データとして、各次数の固有円振動数 ω_j 、モード減衰 β_j および i 質点の刺激係数 P_{ij} ^{1,2)}の推定を試みたものである。

EK-WGI法は、拡張カルマンフィルター・アルゴリズムに重み付きグローバルな繰返しを併用した手法である。

2. 常時微動測定²⁾

測定対象としたのは、4階建RC構造物である武蔵工業大学8号館である(図-1)。計測には2台の換振器を用いた。1台を1階床に常設し、残りの1台を2階から屋上に移動して計測を行った。そして換振器から得られた速度に比例したデータは、増幅器を通し、微分して加速度に比例したデータに変換した後、電気的ノイズ除去のために40Hzのローパス・フィルターを介してアナログデータレコーダに収録した。これをAD変換し、アナログデータを $\Delta t = 0.01(\text{sec})$ のデジタルデータとした。計測継続時間は5分間とした。図-2に短辺方向の屋上の加速度波形(上段)、1階床の加速度波形(中段)および屋上と1階床との相対応答波形(下段)を示した。尚、屋上の波形から1階床の波形を差し引いて相対応答とした。また、 $2048 \times 0.01(\text{sec}) = 20.48(\text{sec})$ のデータからフーリエ変換を用いて求めた20Hzまでの伝達関数を図-3に示す。図-3(a)は、スムージングをしていない場合であり、図-3(b)は、Hammingのウィンドウにより10回のスムージングを行った場合の伝達関数である。



(a). スムージングなし

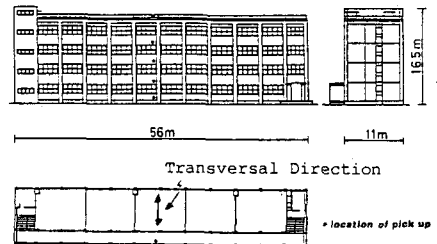


図-1. 4階建RC校舎

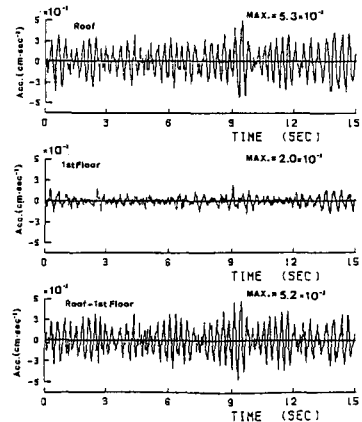
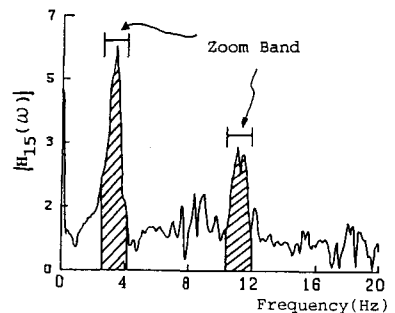


図-2. 常時微動波形(1階床と屋上)



(b). スムージング10回

図-3. 伝達関数

3. 動特性の推定

動特性の推定は、実測データの周波数領域の応答から求められた伝達関数を観測データとして、観測方程式には、フーリエ変換された基本振動方程式より求めた伝達関数を用い、状態方程式は同定すべきパラメータを持つ定常状態方程式として定式化して行った。（参考文献（3））

ここで、周波数領域のデータが時間領域のものと対等な情報を持つためには、その実数部分（ $\text{Re}[\cdot]$ ）と虚数部分（ $\text{Im}[\cdot]$ ）が別々にわかっているなければならない。例えば、1階床と屋上の伝達関数ではその実数部分と虚数部分は図-4のようになる。これらの値はスムージングなどの処理をせずに観測データとして用いられる。さらに、周波数領域のデータでは、卓越振動数の範囲が明瞭な周波数帯域に限定して解析が可能である。ここでは、図-3から判断して解析対象周波数帯域を、1次振動モードに対して2.5Hz~4Hz、2次振動モードに対して9.5Hz~12Hz、とした（図-4）。また、EK-WGI法に用いた初期条件を表-1に示した。

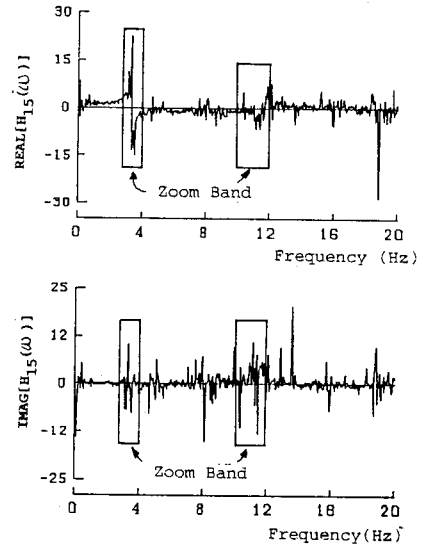


図-4. 観測データ

表-1. 初期条件

mode parameter	1	2
β_1	0.01	0.01
ω_1 (rad/sec)	21.0 (3.34Hz)	70.0 (11.14Hz)
P_1	0.5	0.5

表-2. 解析結果

階層	次数	β_1	ω_1 (rad/sec)	P_1
5 (ROOF)	1	0.008	20.485 (3.26Hz)	0.743
	2	—	66.886 (10.65Hz)	—
4	1	0.016	21.392 (3.404Hz)	0.573
	2	—	70.815 (11.27Hz)	—
3	1	0.007	20.621 (3.28Hz)	0.349
	2	—	64.483 (10.26Hz)	—
2	1	0.014	20.317 (3.23Hz)	0.259
	2	—	72.560 (11.54Hz)	—

表-3. スムージング回数による動特性推定の変化

Hamming Window	β_1	ω_1 (Hz)
0	0.0199	3.26
1	0.0099	3.28
3	0.0118	3.38
5	0.0195	3.36
7	0.0238	3.36
10	0.0296	3.38
20	0.0336	3.42
30	0.0409	3.42

表-2にはEK-WGI法による解析結果を示した。さらに、1階床と2階床、1階床と3階床および1階床と4階床から求められた伝達関数を観測データとして、表-1の条件の基に解析した結果を示す。また図-3の伝達関数 $H_{15}(\omega)$ をHammingのウィンドウにより平滑化して、その回数ごとに1/√2法を用いて読みとられた1次振動モードの動特性値を表-3に示す。

表-3より、1次振動モードの固有円振動数はスムージング回数によらず同様な値が読みとられ、表-2の、EK-WGI法による結果と良い対応をしている。減衰定数に関しては、表-3より、スムージング回数の影響を直接受けていることがわかる。したがって、スペクトル解析法およびEK-WGI法の両方法共、その値を安定した値として求めることは難しいものと思われる。

2次振動モードの動特性に関しては、固有円振動数以外のパラメータは安定した結果を得ることはできなかった。常時微動波形では振幅レベルが非常に小さく、構造物の動特性を忠実に反映した成分以外のノイズも相当含まれている為であると思われる、より高次振動モードの動特性の推定は困難であると判断した。

しかしながら、図-4に示すように、あらかじめ限定した部分の観測データのみを使用して解析できるので同定計算の効率化が可能となる。故に、本手法は有効なものと言える。

参考文献

1. 星谷 斎郎 線形多自由度系の動特性の推定、土論集N°344/1-1, 1984, 6
2. 星谷 斎郎 常時微動記録を用いたEK-WGI法による建物の動特性推定、土論集N°350/1-2, 1984, 10
3. 星谷 丸山 EK-WGI法による構造物の動特性推定の定式化（方法-1および方法-2）、第18回地震工学研究発表会講演要集, 1985, 6