

環境振動評価を目的とした木造戸建住宅の固有振動数推定の試み

埼玉大学	正会員	○松本 泰尚
大林組		大橋 慶太
埼玉大学	正会員	山口 宏樹
小林理学研究所		平尾 善裕
産業技術総合研究所	正会員	国松 直

1. はじめに

道路交通による振動が環境問題となる場合、その評価は一般に、振動規制法に基づいて、道路の敷地の境界線における鉛直方向の振動を対象とする。しかし、問題の直接の原因となるのは、道路周辺の建物振動であることがほとんどであり、特に戸建住宅における振動が問題となることが多い。木造戸建住宅の振動特性については、主に耐震性の観点から研究が行われており¹⁾、固有振動数が3~10 Hzの範囲にある低次の固有振動モードでは水平方向の振動が卓越する。高架道路などの道路橋が戸建住宅に近接する場合、橋梁の固有振動数が戸建住宅の固有振動数に近い場合も多く、その場合、法規制の対象となる道路の敷地境界での鉛直振動より大きな振動が住宅で生じる可能性が高い。そこで、本研究では、対象とする戸建住宅の動特性に基づき、屋外で測定された振動から屋内の振動を推定する方法を検討することとした。ここでは、その第一段階として、住宅の間取りなど容易に得られる情報のみを用いて動特性を推定する手法について、検討した結果を報告する。

2. 木造戸建住宅の実験モード解析

まず、1棟の2階建て木造戸建住宅(図1. 住宅Aとする.)を対象に実験モード解析を行った。振動レベル計(リオン VM-53A)2台を用い、2階の一地点(図1の■⑥)を基準点として1台を設置し、もう1台は5地点(図1の●①~⑤)を順に移動させながら、各地点で常時微動を6~7分間測定した。同時に測定した2地点での直交3方向の加速度時系列を、1台のデータロガー(TEAC es8)にサンプリング周波数100サンプル/秒で記録した。振動モード解析は、まず同時測定した2箇所の加速度記録に対して NExT-ERA 法により固有振動数、減衰定数、モード形状を求め、つぎに5回の測定に共通する基準点でのデータに基づき、6測定点に対するモード形状を算出した。この際、加速度記録としては水平方向のみを用いた。なお、対象とした家屋の周辺には交通量の多い道路などの顕著な振動源はなく、5回測定した基準点での加速度のスペクトル解析結果はほぼ同等と見なせることを確認した。例として、③と⑥の測定結果に対し⑥のy方向を基準とした解析の Stabilization diagram を図2に示す。図には、解析に用いた4種類の加速度のフーリエスペクトルも合わせて示している。表3に、6箇所の測定点から得られた3次までの振動モードを示す。これより、6.39 Hz のモードはy(短辺)方向、7.91 Hz はx(長辺)方向、10.8 Hz はねじれ振動が卓越するモードであることが分かる。

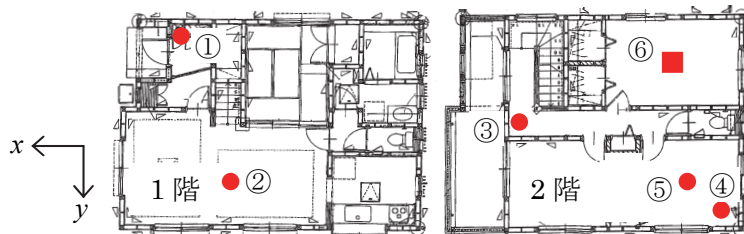


図1 住宅Aの平面図と測定点

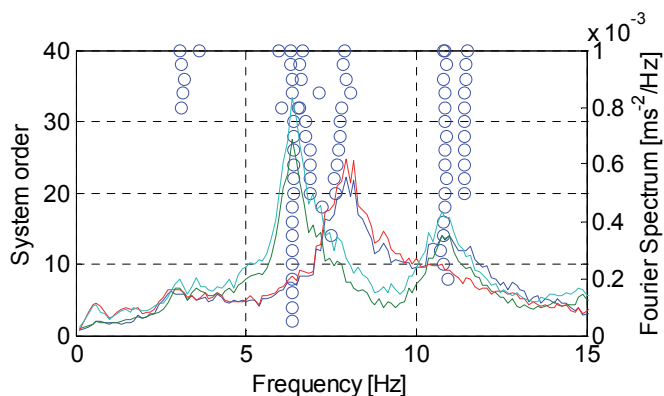


図2 Stabilization diagram の一例

キーワード 環境振動, 戸建住宅, 固有振動数, 振動モード

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学大学院理工学研究科 TEL: 048-858-3557

3. 固有振動数推定値と実験値の比較

実験モード解析の結果より、1, 2 次モードは水平 1 方向の振動が卓越するモードであることが分かったので、各方向独立に、2 階建て住宅に対応させた 2 自由度集中質量系のモデルにより、固有振動数を推定することを試みた。モデルのパラメータについて、質量は、建築基準法施行令に示された単位面積あたりの荷重、剛性は、算出した壁量と、壁の単位長さあたりの基準耐力 1.96 kN/m、層間変形角 1/120 rad を用いて算出した²⁾。その結果、この方法で推定した 1 次固有振動数は、 x 方向が 2.63 Hz、 y 方向が 2.46 Hz となった。表 1 の実測値はこれらの推定値より大幅に大きく、 x 方向で 3.01 倍、 y 方向は 2.46 倍であった。また、対象住宅の図面から得られる情報には限りがあるため、得られる情報から算出され得るパラメータの範囲に対する固有振動数の推定値を求めた結果、 x 方向は 2.27～2.95 Hz (実測値の 2.68～3.49 倍)、 y 方向は 2.17～2.74 Hz (同 2.33～2.94 倍) の範囲となった。このように推定値が実測値より大幅に小さかった理由は、主に剛性の推定方法にあると考えている。まず、既往の壁のせん断試験結果³⁾から判断すると、常時微動時の微小な変形領域では、上記の層間変形角の領域より、剛性が大幅に高い可能性が高い。さらに、既往の軽量鉄骨住宅に対する研究結果⁴⁾より、外壁材などの二次部材による剛性への寄与も、微小変形領域では無視できないと推察される。

4. 2 階建て木造住宅での環境振動測定結果を用いた検討

本研究では、他の木造戸建住宅での振動測定記録も得ているが、環境振動の実測を目的としており、一つの住宅に対し複数の地点での測定が実施されているものの、それらの間の十分な同期は取れていない。ここでは、住宅の近傍地盤と 2 階で測定された水平加速度のスペクトル比のピークの振動数を固有振動数とし、それと前述の方法で算定した推定値との比較を行った。なお、スペクトル比は、住宅の長辺 (x)、短辺 (y) 方向それぞれ独立に算出した。表 2 に、前述の住宅 A も含めた 5 棟に対する固有振動数の実測値と推定値の比較を示している。いずれの住宅でも固有振動数は低く推定されており、やや特殊な構造のためパラメータの算定が困難であった住宅 E を除き、実測値は推定値の 3 倍前後となった。

5. まとめ

本研究の方法では、固有振動数を大幅に低く見積もるが、実測値と推定値の比は異なる住宅でほぼ同程度であったことから、より多くの住宅での検討結果からこの比の平均的な値を求め、これを推定値に乗じることで、ある程度の精度で固有振動数が推定できる可能性もある。また、推定値に求める精度を、環境振動評価で一般に用いられる 1/3 オクターブバンドのバンド幅内としても、実用上は一定の意義があると考えている。なお、本研究は、科研費 (22560475) の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 宮澤健二編著、目でみる木造住宅の耐震性、東洋書店、2007。
- 2) 中村昇：木質系住宅の振動計測、木質系住宅の振動障害の現状と問題に関するシンポジウム資料、日本建築学会・木質系住宅の振動障害に関する小委員会、2010。
- 3) 日本建築防災協会：木造住宅の耐震診断と補強方法、2006。
- 4) 大竹康宏、平松剛、山下仁崇、近藤貴士：軽量鉄骨住宅の減衰特性に関する実験的研究 その 2 減衰定数の振幅依存性、日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国)、63-64、2008。

表 1 住宅 A の振動モード

固有振動数		6.39 Hz	7.91 Hz	10.8 Hz
減衰定数		0.0514	0.0612	0.0514
モードベクトル				
x	①	0.101	0.133	0.099
	②	0.016	0.226	0.338
	③	0.020	1.074	0.255
	④	0.077	1.081	0.926
	⑤	0.141	1.115	0.441
	⑥	0.110	1	1
y	①	0.201	0.029	0.115
	②	0.203	0.041	0.260
	③	1.133	0.150	1.357
	④	0.967	0.196	1.728
	⑤	0.999	0.089	0.441
	⑥	1	0.123	0.993

表 2 固有振動数の実測値と推定値の比較

住宅	方向	実測値 [Hz]	解析値 [Hz]	比
A	x	7.91	2.63	3.01
	y	6.39	2.46	2.60
B	x	5.48	1.65	3.32
	y	4.94	1.57	3.15
C	x	4.40	1.43	3.08
	y	4.25	1.28	3.32
D	x	5.12	1.91	2.68
	y	4.42	1.65	2.67
E	x	5.16	2.18	2.36
	y	4.24	1.90	2.23