

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月11日現在

機関番号： 12401
 研究種目： 基盤研究(C)
 研究期間： 2010～2012
 課題番号： 22560475
 研究課題名（和文） 環境振動評価のための戸建て家屋動特性の同定とその推定法の構築
 研究課題名（英文） Identification of the dynamic characteristics of Japanese single-family residential buildings and its estimation method
 研究代表者
 松本 泰尚（MATSUMOTO YASUNAO）
 埼玉大学・大学院理工学研究科・准教授
 研究者番号： 90322023

研究成果の概要（和文）： 本研究は、都市地域を中心に近年増加傾向にある環境振動問題において、現行の法律の枠組みの中で受振側での振動評価を可能にするための課題である。戸建て家屋の動特性の解明とその実用的な推定法の構築を目的とした。複数の戸建て家屋における振動測定により動特性を検討するとともに、測定対象とした家屋の固有振動特性の集中質量系モデルによる推定について検討し、間取りや壁量などの情報が得られれば、環境振動評価で求められる程度の精度で、家屋の固有振動数を推定できる可能性を示した。

研究成果の概要（英文）： In the current assessment of vibration in residential environments in Japan, further understanding of dynamic characteristics of residential buildings and its estimation are considered to be important. The present study has investigated the dynamic characteristics of several existing residential buildings based on vibration measurements and showed simple lumped parameter models could be used to estimate the natural frequency of building at certain accuracy sufficient for the assessment of environmental building vibration.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野： 構造力学，環境振動学

科研費の分科・細目： 土木工学，構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード： 環境振動，戸建て家屋，固有振動数

1. 研究開始当初の背景

環境振動は、国内外を問わず特に都市地域における典型的な地域環境問題の一つであり、快適な生活環境を創出する社会基盤整備に密接に関わる問題である。都市内高架道路の通過交通による橋梁振動に起因する周辺家屋の振動問題は、その一例である。環境振

動問題の適切な評価は、クレーム等の妥当性を判断し、対策を検討する上で必要不可欠であり、環境振動問題全体の中で重要な要素である。

環境振動評価については、法令や規格による標準的方法が規定されている。このうち、国外における評価法の主流は、屋内で測定あ

るいは予測される振動を、振動に対する人間の応答に基づいて評価する手法である。一方、振動規制法に基づく国内の評価法は、外部振動源に対する排出規制の考え方を基本とし、振動源が存在する敷地の境界線、すなわち屋外における測定値あるいは予測値を対象とする手法となっている。

環境省の調査結果によれば、近年、国内の環境振動問題の多くのケースでは規制基準を超えない振動の発生しか確認できないことが報告されている。この原因の一つとして、家屋等の動特性に起因する屋内外の振動特性の差異が指摘されている。一般に、屋外では、水平振動は鉛直振動より小さいため、振動規制法は水平方向の振動を評価対象としていないが、家屋の動特性により、屋内では水平振動が鉛直振動より人への影響が大きい場合もある。国内では屋内での振動測定が様々な理由から困難な現状にあるため、家屋等の動特性の把握に基づく屋内での振動特性の推定が必要となる。

2. 研究の目的

本研究では、外部振動源による環境振動の評価にあたり、戸建て家屋の動特性の解明、およびその推定に基づく屋内での環境振動の予測法の構築を目標とした。ここで、戸建て家屋の動特性は、振幅依存など非線形性を示すことが、家屋の耐震性を対象とした大振幅領域を対象とした既往の知見で示されているが、環境振動を対象として振動振幅を限定し、その範囲内での動特性の解明を目的とした。また、動特性の推定においては、間取り図や実物の目視で確認できる構造形式と壁量などのパラメータから固有振動数を推定できる、実務でも利用可能な手法の構築を目指すこととした。

3. 研究の方法

戸建て家屋の動特性の解明のため、実在する12棟の家屋において、振動測定を実施した。このうち住民の協力が得られた1棟（家屋A）については、各階で複数の測定点を設けて、振動の同期計測を行うことにより、実験モード解析を実施した。また、他の5棟については、住民の協力の下、家屋の基礎、1階、2階の3点で同期振動測定を行い、2階での測定への協力が得られなかった2棟の家屋については、2階の代わりに住宅近傍地盤を測定点とした。残りの7棟については、家屋の各階で振動測定を実施したが、現場の制約等により、同期測定は行っていない。振動測定は、振動レベル計を用い、データレコーダーに直交3方向の加速度時刻歴を記録した。上記のように、測定家屋ごとに、使用した測定システムの設定は異なる。なお、実験モード解析の対象とした家屋Aの周辺には交通量

の多い道路などの顕著な振動源はなかった。それ以外の家屋は、道路あるいは鉄道沿線に立地しており、車両や列車通過時と常時微動時における振動を測定した。

実験モード解析の対象とした家屋Aで測定したデータは、振動レベル計2台で測定したものであり、基準点に1台を設置し、もう1台は5地点を順に移動させながら、各地点で常時微動を測定した。同時に測定した2地点での直交3方向の加速度時系列に対し、NEXT-ERA法によりモード固有振動数、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、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。

その他の家屋で測定した振動加速度データについては、フーリエ解析および1/3オクターブバンド分析を適用し、車両や列車通過時と常時微動時の2種類に対し、方向別に基礎と屋内との伝達関数を算出し、伝達関数の卓越振動数を固有振動数とした。なお、1/3オクターブバンド分析の結果については、それぞれの振動数帯域で振動加速度レベルLVa（時定数0.63秒の指数平均を用いた移動実効値）を算出し、その最大値を当該帯域の代表値とした。

後述する実験モード解析の結果より、家屋構造の1, 2次の振動モードは水平1方向の振動が卓越するモードであることが分かったため、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、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。なお、剛性の算出の際には、上記の基準耐力は壁量1の壁に対する値であるため、剛性の算出に当たっては、対象とする壁の壁量の情報が必要となるが、必ずしもすべての家屋に対してこの情報が得られなかったため、本研究ではいずれの壁も壁量1として剛性を算出した。

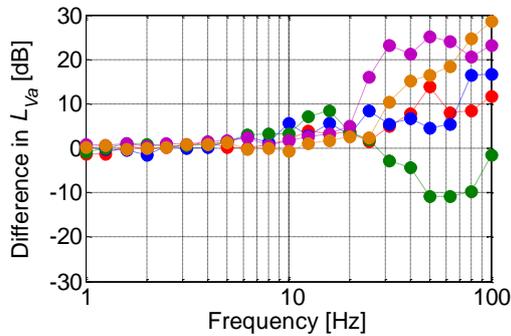
4. 研究成果

図1は、家屋基礎と2階で同期測定を実施した5棟の家屋における、基礎に対する2階の振動増幅量を、1/3オクターブバンドごとの振動加速度レベルから求めた結果である。鉛直方向および建物の短辺方向について示している。

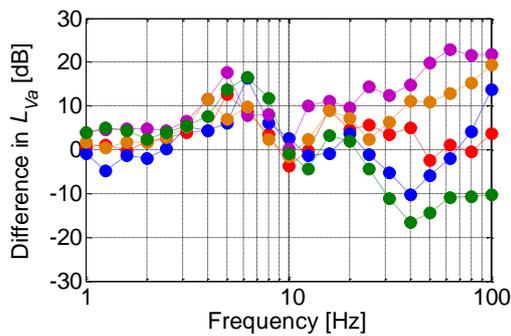
図1(a)に示した鉛直方向の増幅量に関して、10 Hz程度より低い振動数では増幅量がほぼ0dBである。この程度の振動数帯域では、

地盤と基礎との振動は同程度であることから、屋外の振動による評価でも、屋内での振動の状況を一定の精度で把握することが可能であることを示すものと言える。10 Hz より高い振動数では、増幅量の住宅間でのばらつきが大きくなり、特に20 Hz 以上では、そのばらつきの範囲は30 dBを超えている。この振動数領域でのばらつきは、住宅の床の振動特性の差異によるものであり、床に対する測定点の位置が統一されていなかったことも影響していると推察される。

一方、図1(b)に示した建物の水平短辺方向の増幅量については、測定を実施した5棟いずれの住宅でも、5 Hz あるいは6.3 Hz に明確な増幅量のピークが認められた。このピークでの増幅量の大きさは、最大で18 dB程度（2階での振動が基礎での振動の約8倍）であった。10 Hz を超える振動数では、鉛直方向と同様、異なる住宅間でのばらつきが大きかった。



(a) 鉛直方向



(b) 水平（短辺）方向

図1 1/3 オクターブバンドごとの振動加速度レベルの増幅量。5棟の結果。

なお、木造戸建住宅の固有振動数には、振幅依存性があることが報告されているため、車両や列車通過時と常時微動時の振幅が異なる2種類の結果を比較した。フーリエ解析による結果を比較したところ、特に10 Hz 以下の振動数領域における固有振動数は、1つ

を除くすべてのケースで、2種類の時間帯の差は振動数解像度1つ分（約0.25Hz）以内であった。

図2に、実験モード解析を実施した家屋Aの平面図と測定点を、表1に実験モード解析の結果同定された低次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(b)で見られた5 Hz あるいは6.3 Hz のピークは、家屋Aで同定された水平方向の振動が卓越する振動モードに相当し、10 Hz を超える振動数での異なる住宅間でのばらつきには、ねじれ振動も含む高次の振動モードが複雑に励起されていることが関係しているものと推察された。

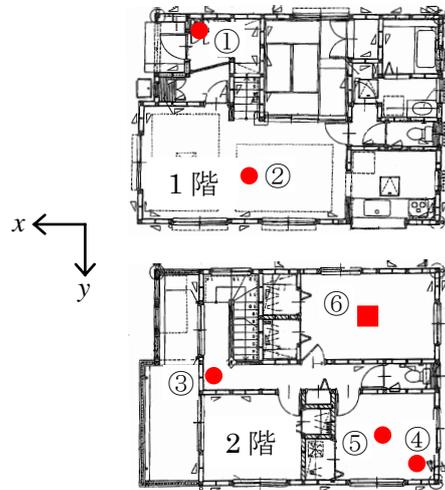


図2 家屋Aの平面図と測定点

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

図3は、振動測定を実施した家屋の水平方向の固有振動数の実測値と前述の方法によ

る推定値を比較している。図中の「補正前」のデータが前述の方法による推定値であるが、いずれの推定値も実測値より大幅に小さいことがわかる。その一因として、前述のように、すべての壁の壁量を1として剛性を算出したことが考えられたため、実際の壁量を考慮して算出した推定値の例を、「壁量考慮」として図に示している。これより、実際の壁量をした場合でも、推定値が実測値を大幅に下回る傾向は変わらないことが推察された。

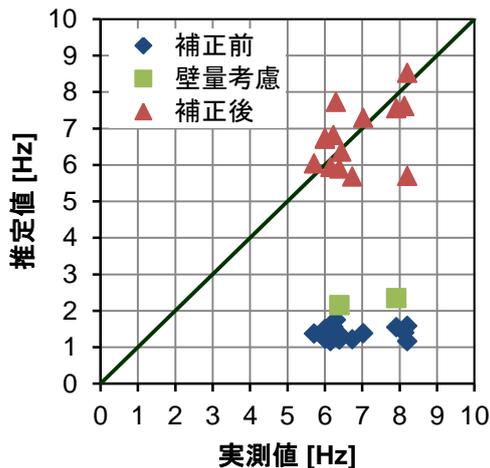


図3 固有振動数の実測値と推定値の比較

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ことが示唆される。

剛性推定に対する上記の影響を定量的に評価することは当面は難しいと考えられたことから、本研究では、便宜的に壁量1として推定した剛性に定数を乗ずることにより、固有振動数を推定できるような、定数を求めることとした。求めた定数を乗じたときの固有振動数の推定値を、図3に「補正後」として示している。ここで得られた結果は、数例を除き、実測値と推定値が同一の1/3オクターブバンド内の値となった。定数を乗じる前の剛性の推定に、実際の壁量を用いると、より適切な推定値が得られる可能性があるが、本研究の範囲内ではそのことを検証できるデータは得られていない。また、上記の定数については、あくまで本研究で得られた実験値の範囲内で有効なものであり、他の家屋に対する適用性については、さらなるデータの収集により検証する必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計2件)

①松本泰尚, 島田亜東武, 山口宏樹: 木造戸建住宅における環境振動の増幅に関する検討, 土木学会第68回年次学術講演会, 2013年9月, 習志野.

②松本泰尚, 大橋慶太, 山口宏樹, 平尾善裕, 国松直: 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, 土木学会第66回年次学術講演会, 2011年9月, 松山.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松本 泰尚 (MATSUMOTO YASUNAO)

埼玉大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号: 90322023

(2) 研究分担者

平尾 善裕 (HIRAO YOSHIHIRO)

小林理学研究所・振動騒音研究室・研究員

研究者番号: 40208806

山口 宏樹 (YAMAGUCHI HIROKI)

埼玉大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号: 50134474

国松 直 (KUNIMATSU SUNAO)

産業技術総合研究所・地圏資源環境研究部

門・研究員

研究者番号: 70356921

(3) 連携研究者

なし