

# 木造住宅の振動特性について

## Experimental Studies for Dynamic Properties of Wooden Houses

松岡 達郎

### 要 旨

多数の木造住宅について伝達関数法振動試験を実施した結果、その動特性値が固有振動数 6.0 Hz、減衰定数 3.7 % 及び増幅度 9.5 (いずれも平均値) であることが判明した。

### 1 緒 言

振動公害を系統的に理解するためには振動源、媒質(地盤)、受振点(家屋)の各領域の基本的な属性を分析した上で、現実にかかる個々の現象について総合化する方法論が必要とされる。このうち、特に地盤と家屋の属性については、いずれもその特性関数(ホワイトノイズ入力に対する応答特性)を決定することにより、一般化することが比較的容易である。したがって、工場振動・交通振動等の個々の振動公害は、これら一般化された地盤及び家屋の応答系に、それぞれ異なる特性を持つ加振力が作用したものと理解することができる。

筆者はこのような観点から地盤については地質条件別に、家屋については工法・構造別に特性関数を決定するために、常時微動測定を利用する方法を検討してきた。このうち、家屋については常時微動を入力とした振動試験法(伝達関数法)を開発することにより動特性値(固有振動数、減衰定数、増幅度)が容易に決定されることを示し<sup>1)</sup>、多数の工業化住宅(プレハブ住宅)に対する適用試験から、その動特性値の統計的な傾向等を明らかにした<sup>2)</sup>。その後、同様の試験を木造在来工法住宅及び枠組壁工法(ツーバイフォー工法)住宅についても実施した結果、戸建住宅全般にわたる動特性資料の収集がほぼ完了した。

本稿は、このうち、建築棟数が最も多い木造在来工法住宅について、収集された動特性の統計値及び各動特性値間の相互関係を報告するものである。

### 2 方 法

試験対象となった木造在来工法住宅(全45棟)は住宅展示場のモデルハウス(25棟)、注文建築による一般民家(8棟)及び分譲建売住宅(12棟)である。これらはいずれも2階建てで、平均床面積は131 m<sup>2</sup>(95 m<sup>2</sup>~199 m<sup>2</sup>)であった。

伝達関数法振動試験のピックアップ配置は図1に示すように、家屋2階の梁間方向と桁行方向に2箇所ずつなるべく梁上に近い場所と、それに対応する家屋直近地盤上とした。

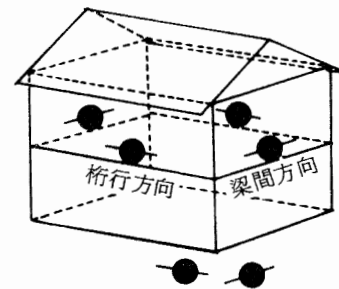


図1 ピックアップ配置

動特性値は、5~10分間の常時微動記録の中から非定常性の少ない3分間程度を選んで伝達関数を求め、1質点系粘性減衰モデルに近似して各ピックアップ設置場所ごとに算出した<sup>3)</sup>。

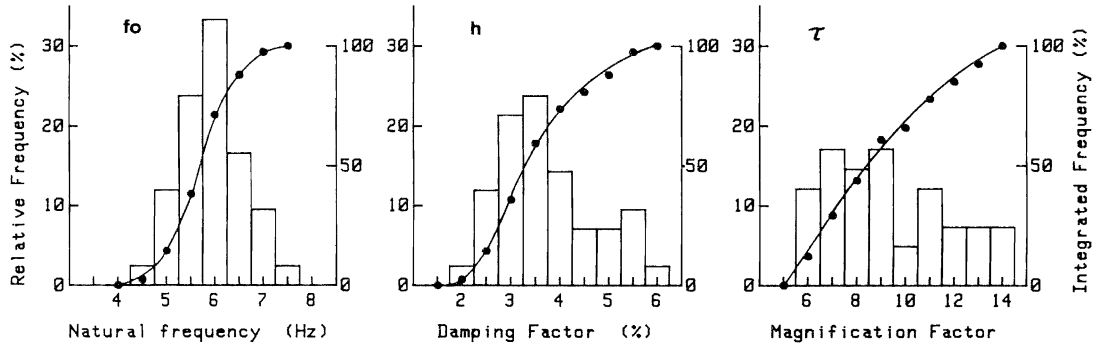


図2 動特性値の頻度分布及び累積度数分布

### 3 木造在来工法住宅の動特性

#### 3.1 動特性の統計値

試験対象住宅のうち、42棟分について、各ピックアップ設置場所ごとに動特性値が得られた。

1棟ごとに全ピックアップ設置場所の値を平均した固有振動数  $f_0$ 、減衰定数  $h$  及び増幅度  $\tau$  の頻度分布と累積度数分布を図2に、各の中央値、平均値及び標準偏差を表1に示す。

これらの値は昭和40年代以前の木造2階建家屋について頻度分布を作成した金井(1969)の結果(固有周期 0.4 sec = 2.5 Hz、減衰定数7%)<sup>4)</sup>に比べて、いずれも大きく異なる。さらに固有周期について金井は、

表1 動特性の統計値

統計値	中央値	平均値	標準偏差
固有振動数(Hz)	5.7	6.0	0.65
減衰定数(%)	3.3	3.7	0.94
増幅度	8.4	9.5	3.20

調査当時の都市域の新築家屋は0.2~0.3 sec (3.3 Hz ~ 5 Hz) で0.2 secに近いものが多いことを指摘しているが、今回得られた値はさらにそれを上まわり、年代とともに木造在来工法住宅の固有振動数が高くなっていることがわかる。また、増幅度については、従来の試験法(起振機等による強制振動試験、引き綱切断等による自由振動試験など)では算出が困難であったことなどからこれまで公表された資料が見当たらなかったが、伝達関数法の採用により表に示す結果を得た。

#### 3.2 動特性値の方向、部位による相違

家屋の平面形状は一般に梁間方向(以下、X方向)が短手、桁行方向(以下、Y方向)が長手の長方形になることが多い。また、北側壁面と南側壁面との開口部面積の違いから、水平剛性に偏りがあるものと思われる。したがって、動特性値もこれらの方向や部位によって異なることが予想される。

図3はX方向とY方向の動特性値を比較するために両者の比(いずれも2箇所での平均値…… $\bar{X}/\bar{Y}$ )の累積度数分布を示したものである。

図から固有振動数  $f_0$  では方向による差が少ないが減衰定数  $h$  や増幅度  $\tau$  ではばらつきが大きく特定の偏りがあることがわかる。すなわち、X方向がY方向に比べて  $h$  で小さめに、 $\tau$  で大きめになり、短手側が揺れやすいことを示している。

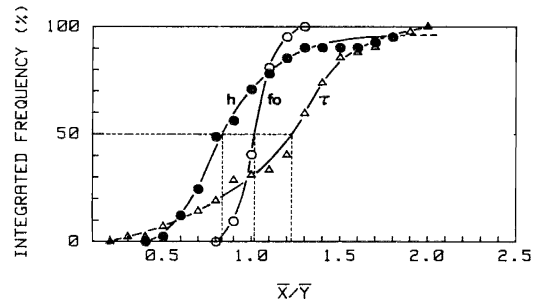


図3 動特性の方向による相違

図4は同様に各方向ごとの測定部位の比較を示したものであるが、長手側の開口面の大きい壁面を南側に想定し、X方向は東側(X(E))と西側(X(W))の

比(図4A)を、Y方向は南側(Y(S))と北側(Y(N))の比(図4B)を表している。

図からX方向については各動特性値の比の中央値が0.9~1.0となり東側と西側の差が無く、Y方向ではh及びτが両部位で顕著な相違を示すことがわかる。すなわち南側でτが大きく(したかってhは小さく)北側に比べて相当揺れやすいことを示している(中央値で約1.7倍)。これは開口面の多い南側に十分な量の耐力壁(筋かいの入った壁)を配置できないことから生じる、水平剛性の偏りを反映したものとえよう。

以上の結果から、家屋の動特性値には固有振動数を除いてピックアップ位置の影響が現れやすいため、今回のような全体傾向を把握する調査では図1のピックアップ配置で全平均するか、家屋中央部で最低両方向の測定値を平均するなどの方法が望ましい。

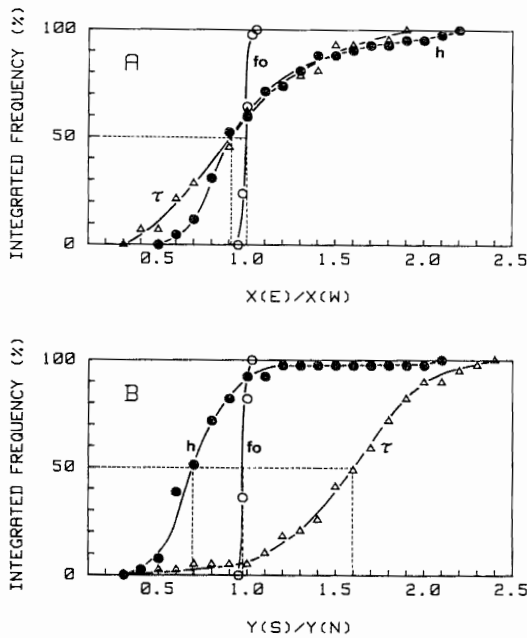


図4 動特性の測定部位による相違

### 3.3 動特性値の相互関係

一般に、家屋の固有振動数  $f_0$  は最も実測しやすい動特性量である。例えば家屋上の常時微動の時間波形から推定することが可能であり、さらにパワースペクトルを求めればおおむね正確な値が得られる。一方、減衰定数  $h$  はパワースペクトルに half power 法を適用して算出することも可能とされるが、実用上の精度

が低いため基本的には起振機法等によって求めている。

さらに増幅度  $\tau$  を実測するには、前述したように伝達関数法以外では困難である。そこで実測される  $f_0$  から  $h$  あるいは  $\tau$  の推定を可能とするために、今回の測定結果から各動特性値間の相互関係を求めた。

図5は、いずれも1棟ごとの平均値を用いた  $f_0$  と  $h$  の関係(A)、及び  $h$  と  $\tau$  の関係(B)を示したものであるが、それぞれ次に示す回帰式が得られる。

$$h = -1.2 + 0.79 f_0 \quad (r = 0.62) \quad (1)$$

$$\tau = 32.7 h^{-1.0} \quad (r = 0.96) \quad (2)$$

家屋を1質点系粘性減衰モデルに仮定した場合、 $\tau$  は次式から、 $h$  によって一意に定まる(B図中実線)。

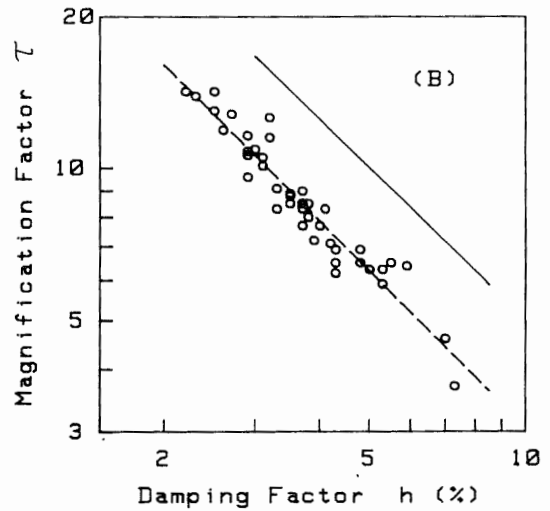
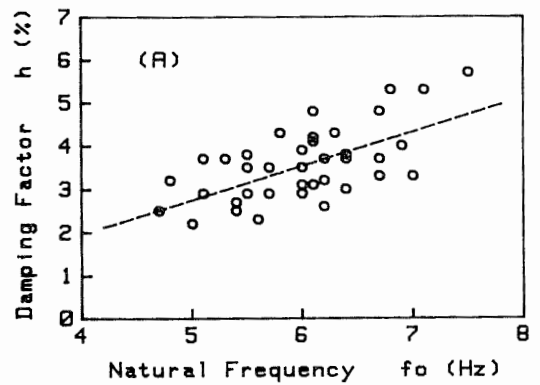


図5 動特性値の相互関係

$$\tau = (1 + 1/4 h^2)^{0.5} \quad (3)$$

4) 金井 清：地震工学，共立出版，pp. 112～113  
(1969)

したがって(2)式が指数回帰になり、相関係数も高い値を示しているのは十分妥当な結果であるといえよう。なお、この回帰式は理論式を下方に平行移動した形になっているが、これは伝達関数法が家屋と地盤の間の伝達関数を求めているため、両者の動的相互作用の影響により粘性減衰に加えて地下逸散減衰が含まれたためと解釈できる。

一方、 $f_0$  は $\tau$ のように構造モデルから $h$ のみによって決定することはできず、家屋重量や減衰係数（耐力壁量等の水平抵抗要素に関係する）などの動特性以外の構造要素の影響も受ける。しかしながら一般に構造体は、剛性が高くなるに従って $h$ 及び $f_0$ が増加するため、両者の間にある程度の正の相関が現れるはずである。(1)式はこのような関係を反映して、相関係数が低くなっている。

以上のような考察から、今回のような調査目的で、固有振動数しか得られなかった試験結果から減衰定数や増幅度のデータを補完するために(1)及び(2)式を利用することは、ある程度容認されよう。

#### 4 結 言

多数の振動試験から木造在来工法住宅の動特性資料を収集し、その統計的傾向及び各動特性値間の相互関係を明らかにした。

今回の調査では試験対象住宅の設計図面も収集しており、現在、床面積や耐力壁量などの構造要素と動特性値との関係について解析を進めている。これまでに固有振動数については構造要素と密接な関係があることが認められており、今後、減衰定数や増幅度についても同様に構造要素との関係が明らかになれば、振動試験を実施しなくても動特性値を推定することが可能になるものと思われる。

#### 参 考 文 献

- 1) 松岡 達郎：低層構造物の振動試験法の開発，埼玉公害センター年報，〔12〕，pp. 9～15（1985）
- 2) 松岡 達郎ら：常時微動の伝達関数測定による戸建住宅の振動試験，物理探査学会秋季講演会予講集，pp. 5～6（1985）
- 3) 前掲 1)，2)