

地域産材を用いた木構造の振動特性に関する研究

木材工業部 福留重人

Study on Vibrational Characteristics of Wooden Structure using Local Timber

Shigeto FUKUDOME

木造軸組構法による耐力壁の強制振動試験及び自由振動試験を実施し、タイロッドを用いた耐力壁の振動特性について検討を行った。その結果、タイロッドの締め付けトルクを大きくすると固有振動数が高くなり、桁の水平変位が減少する傾向が認められた。また、固有振動数は自由振動試験による測定値が強制振動試験の場合よりやや高い値を示したものの、それぞれの試験で得られた共振曲線及びフーリエスペクトルは類似した傾向を示しており、振動試験による性能評価の有効性を確認できた。

Keyword : 木構造, 振動試験, 耐力壁, 固有振動数

1. 緒言

本県のスギ資源蓄積量は増加傾向にあるが、輸入木材の増加、木造住宅の着工率減少等の影響により、その需要は低迷しており、木材関連業界ではシェア回復や新規市場開拓のための対策が急務になっている。一方、「住宅の品質確保の促進等に関する法律」の施行により、新築住宅の10年間瑕疵(かし)保証制度及び住宅性能表示制度等が導入されたため、木材関連業界及び住宅業界(地場工務店)においては、木造住宅の構造信頼性確保に向けた取り組みが重要になっている。そこで、スギ材等の地域産材を用いた木造軸組構法建物の性能評価技術に関する研究を行い、構造性能に関するデータを収集した。今回は、木造建築物の主要な構造要素である耐力壁の振動特性について報告する。

2. 実験方法

2.1 試験体

供試材の仕様を表1に示す。スギ製材(密度 $0.38\text{g}/\text{cm}^3$)及びベイヒバ製材(密度 $0.52\text{g}/\text{cm}^3$)は人工乾燥材(含水率12%程度)を用いた。試験体の形状及び寸法を図1に示す。試験体は、木造軸組構法による壁倍率4.5倍相当の耐力壁である。柱と横架材との接合は長ほぞ(柱頭90mm, 柱脚75mm)とし、柱脚用の補強金物は用いず、その代替として柱及び桁の浮き上がりを抑止するために、直径12mmの全ネジボルト及びナットを用いて桁と土台を連結した(以下タイロッド)。タイロッドの取り付け位置は柱の芯から250mmとし、柱の外側にそれぞれ1本用いた。タイロッドの振動特性に及ぼす影響を把握するために、タイロッドの締め付けトルクを0, 5, 10, 15, 20(N・m)の5条件とした。試験体は、土台の3箇所直径12mmのボルトを用いて試験機定盤に固定し、4個のゴムローラーを用いて桁を支持した。

表1 供試材の仕様

記号	名称	材料	寸法 (mm)
A	桁	スギ製材	105 × 150 × 1,550
B	柱	スギ製材	105 × 105 × 2,768
C	土台	ベイヒバ製材	105 × 105 × 1,550
D	筋かい	スギ製材	104 × 42 × 2,730
E	間柱	スギ製材	45 × 104 × 2,778
F	面材	O S B	823 × 9 × 2,603
G	タイロッド	全ネジボルト	M12
H	ナット	鋼材	M12
I	座金	鋼材	80 × 9 × 80

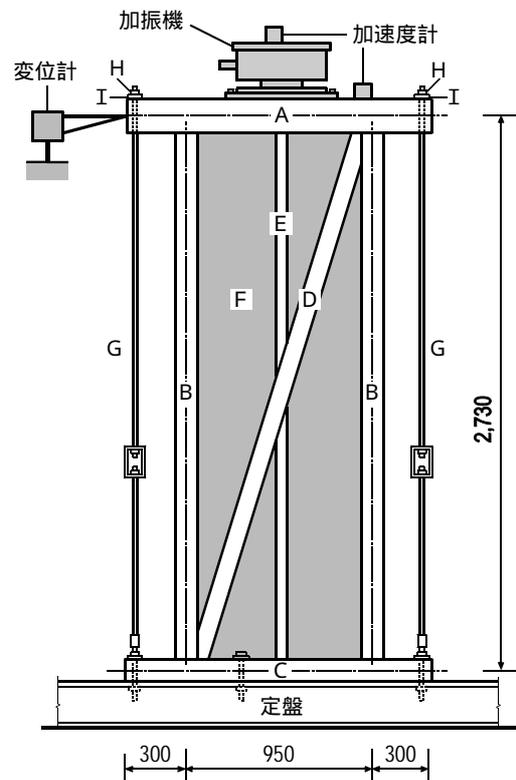


図1 試験体の形状及び寸法 (mm)

2.2 強制振動試験

耐力壁の強制振動試験は、図2に示すように加振機（総質量約34kg、可動部質量約16kg）をラグスクリューで桁の上部に固定し、正弦波の振動を水平方向に与えた。加速度 100cm/s^2 、周波数5Hzで加振し、桁の水平変位を測定した。また、加速度 50cm/s^2 で周波数を20Hzから35Hzまで0.5Hz刻み（固有振動数の前後は0.25Hz刻み）で変化させて共振曲線の測定を行った¹⁾。

加振機の加速度はサーボ型加速度計、桁の水平変位はレーザ変位計を用いてそれぞれ測定した。データの集録は、周波数5Hz一定の試験では、サンプリング周波数200Hz、データ数200個、ハイパスフィルタ30Hzとし、周波数を20Hzから35Hzに変化させた試験では、サンプリング周波数500Hz、データ数200個、ハイパスフィルタ100Hzとした。

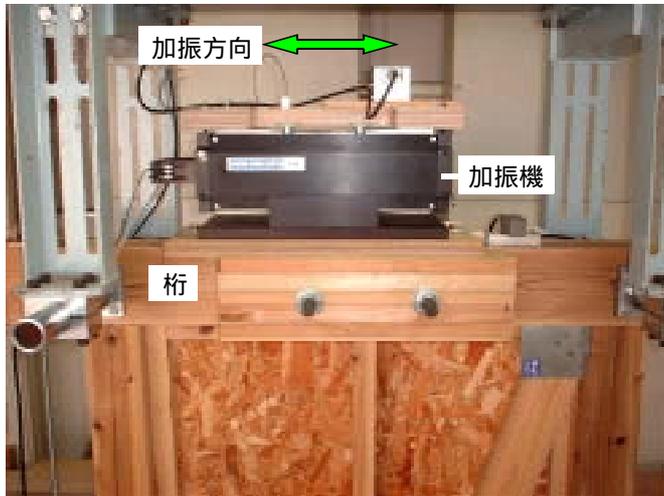


図2 強制振動試験方法

2.3 自由振動試験

自由振動試験は柱の中央付近に水平方向の打撃を与え、桁の水平変位を測定した。データの集録はサンプリング周波数200Hz、データ数3000個、ハイパスフィルタ100Hzで測定した。得られた自由振動波形から1024個のデータを取り出し、フーリエ変換を行った²⁾。

3. 結果及び考察

3.1 加速度及び変位

強制振動試験（加速度 100cm/s^2 、周波数5Hz）における加速度と変位の関係を図3に示す。ここで、縦軸は加振機の加速度、横軸は桁の水平変位である。加速度と変位の関係は耐力壁の面内せん断試験における荷重-変形角関係と類似した履歴を示した。また、タイロッドの締め付けトルクが大きくなると変位が減少する傾向が見られた。このことから振動試験により耐力壁の性能比較が可能と思われる。

次に、自由振動試験の打撃前後における時刻歴変位の一

例として $0\text{N}\cdot\text{m}$ について図4に示す。ここで、縦軸は桁の水平変位である。

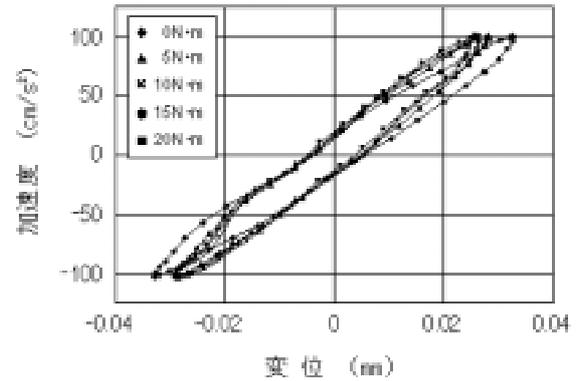


図3 加速度と変位の関係

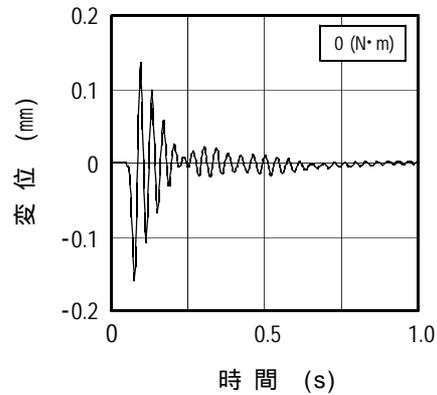


図4 自由振動波形

3.2 共振曲線及びフーリエスペクトル

強制振動試験（加速度 50cm/s^2 、周波数20～35Hz）により得られた共振曲線を締め付けトルクごとに図5に示す。また、自由振動試験で測定した桁の変位波形をフーリエ変換して得られたフーリエスペクトルを締め付けトルクごとに図6に示す。今回行ったフーリエ変換は変位の絶対値にかかわらず、同様の結果が得られたため、縦軸は最大振幅を1とした時の振幅比を示す。

強制振動試験により得られた共振曲線は、トルク $0\text{N}\cdot\text{m}$ において低次から24.0Hz、26.0Hz、28.0Hz付近に明確なピークが認められた。また、共振する周波数の範囲が広いが、トルクを5～ $20\text{N}\cdot\text{m}$ と漸次締め付けることによって共振する範囲が減少し、卓越振動数以外に明確なピークが認められなくなった。これは、今回の耐力壁では水平力抵抗要素として筋かいと面材を併用しているため、タイロッドを締め付けない場合（トルク $0\text{N}\cdot\text{m}$ ）では個々の共振点が並列的に現れて、共振範囲が広がったものと思われる。ところが、タイロッドを締め付けることによって耐力壁が一体化されることにより、共振点が1箇所になり、共振範囲が減少したと思われる。

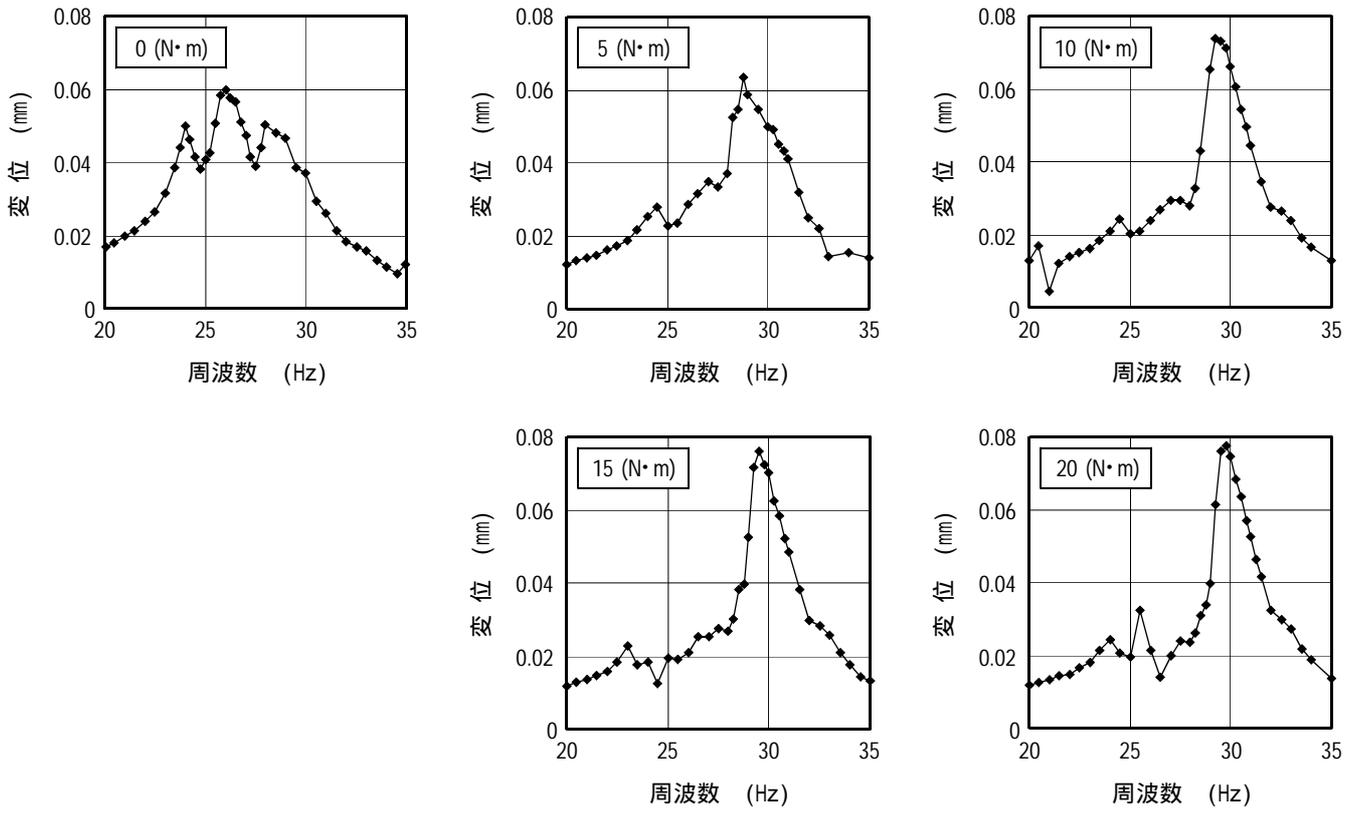


図5 共振曲線（強制振動試験）

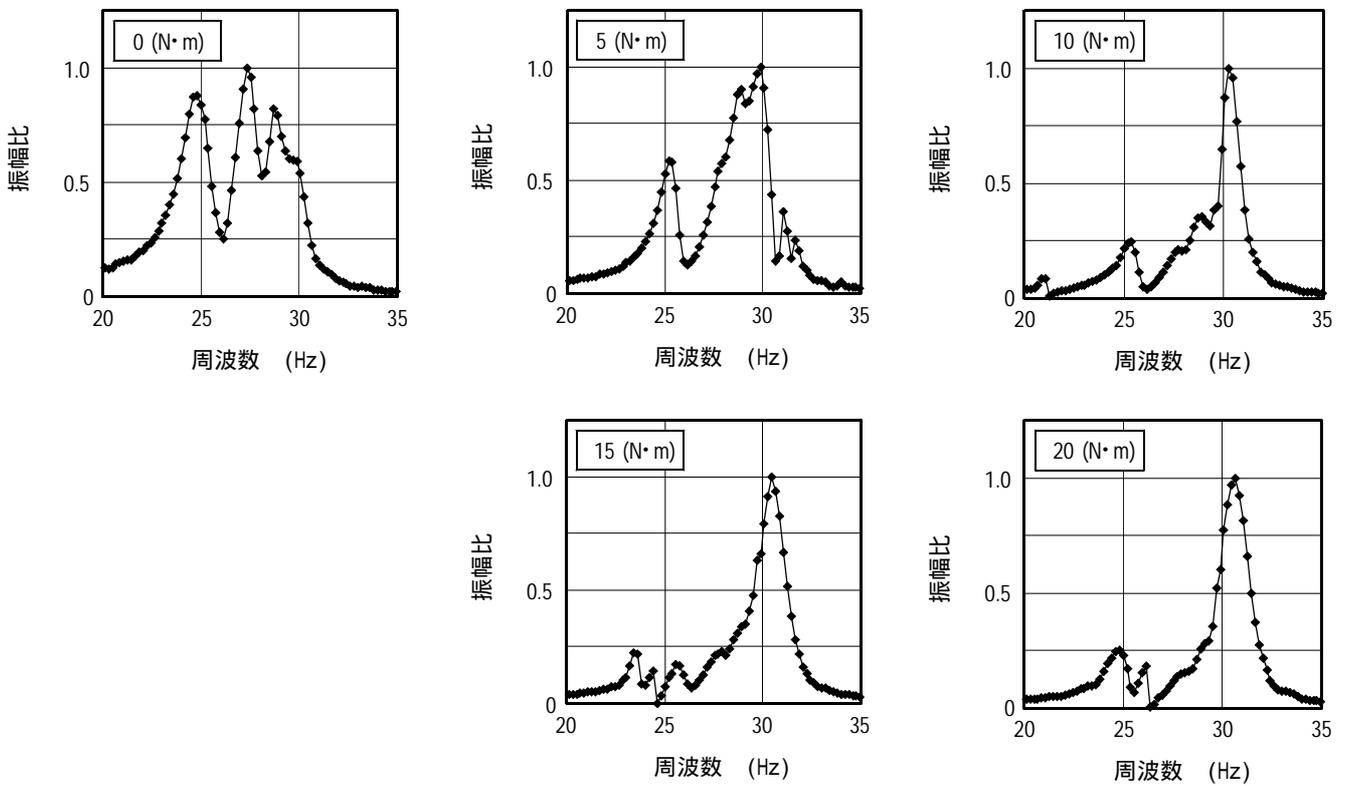


図6 フーリエスペクトル（自由振動試験）

次に、自由振動試験により得られたフーリエスペクトルは、トルク $0\text{N}\cdot\text{m}$ において低次から 24.8Hz 、 27.3Hz 、 28.7Hz 付近に明確なピークが確認できた。これらのピークの周波数は強制振動試験による値より $3\sim 5\%$ 程度高い値を示した。この原因としては自由振動試験による振幅が強制振動試験に比べ小さいこと等が考えられる。また、トルク $5\text{N}\cdot\text{m}$ の場合 25.2Hz 及び 29.9Hz 付近にピークが認められたが、トルクが $10\text{N}\cdot\text{m}$ 以上になると卓越振動数以外に明確なピークが認められなくなった。固有振動数は自由振動試験により求めた測定値が強制振動試験に比べやや高い値を示しているものの、共振曲線とフーリエスペクトルはそれぞれのトルクにおいて類似した傾向を示しており、自由振動試験で振動特性の大きな傾向を把握することが可能と思われる。

3.3 締め付けトルク及び固有振動数と変位の関係

タイロッドの締め付けトルクと桁の変位の関係を図7に示す。ここで、変位は強制振動試験(加速度 $100\text{cm}/\text{s}^2$ 、周波数 5Hz)で得られた桁の水平変位で、片振幅の最大値である。タイロッドの締め付けトルクが大きくなると桁の変位は減少する傾向が見られたが、その減少率は徐々に低下しており、トルク $15\text{N}\cdot\text{m}$ 付近から一定の変位に落ち着く傾向が見られた。このことから、初期剛性についてはトルク $15\text{N}\cdot\text{m}$ 程度で所定の効果が得られるものと思われる。

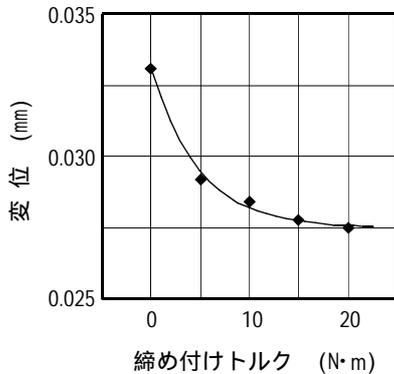


図7 締め付けトルクと変位の関係

次に、固有振動数と変位の関係を図8に示す。ここで、固有振動数は強制振動試験の共振曲線及び自由振動試験のフーリエスペクトルにより得られた高次の卓越振動数で、

変位は強制振動試験(加速度 $100\text{cm}/\text{s}^2$ 、周波数 5Hz)で得られた桁の水平変位である。強制振動試験及び自由振動試験とも固有振動数が大きくなると変位が減少し、それぞれ高い相関が認められた。また、固有振動数は自由振動試験による測定値が強制振動試験のそれに比べ数%高い値を示した。この原因としては、自由振動試験における振幅が強制振動試験に比べ小さいことや自由振動試験の加振が瞬間的な衝撃荷重であることなどが考えられる。

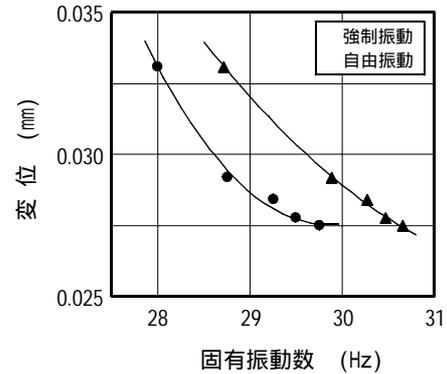


図8 固有振動数と変位の関係

4. 結 言

木造軸組構法による耐力壁の強制振動試験及び自由振動試験を行い、タイロッドを用いた耐力壁の振動特性に関する以下の知見が得られた。

- (1) タイロッドの締め付けトルクを大きくすると固有振動数が高くなり、桁の水平変位が減少する傾向が認められた。
- (2) 固有振動数は自由振動試験による測定値が強制振動試験の場合よりやや高い値を示した。
- (3) 共振曲線及びフーリエスペクトルは各締め付けトルクにおいて類似した傾向を示しており、自由振動試験で振動特性の傾向を把握することが可能と思われる。

参 考 文 献

- 1) 土木学会：「構造実験指導書」(2000) p.77
- 2) 日本建築学会：「環境振動・固体音の測定技術マニュアル」, オーム社(1999) p.24