

ねじり振動法による減衰特性の測定

日大生産工 (院) ○戸栗 崇宏
日大生産工 朝比奈 敏勝

日大生産工 塩谷 義
日大生産工 佐藤 勝彦

1. 緒言

竹は成長が早く 3~5 年で使用可能であり再生力に優れ採取しても環境への負担が小さく、環境に調和した材料であると考えられる。一方、機械の振動を抑制することにより疲労破壊防止、騒音防止を目的とした振動減衰の必要性が高まっている¹⁾。振動を抑制するには従来では高分子材料が多用されてきたが金属材料に比べて強度、耐熱性が劣り使用温度範囲に限られる等の欠点がある。例えば電子機器や軽量化および高速化された機械では振動自体が寿命や精度に大きく影響を及ぼす。このことから竹の減衰率の測定を行い、その特性を明らかにする事は重要であると考えられる。

そこで倒立ねじり振動法により竹および軟鋼の減衰率を測定し、比較検討した。本研究で使用した倒立ねじり振子試験機の背面にカウンターウェイトが取り付けられているため試験片の引張および圧縮荷重が相殺される。それより純粋なせん断力と弾性率を求められるなどの利点がある。

2. 供試材および試験方法

供試材は竹(新潟県産孟宗竹), および参照材として軟鋼(S45C)を使用した。竹は373Kで24時間乾燥させることにより含水率は0%~13%(絶乾状態)になる。本研究では竹を全て絶乾状態とし、4×4×130mmの角棒に機械加工を行い試験に供した。

使用した倒立ねじり振り子試験機を Fig. 1 に示す。チャック間距離を 105mm で統一し、試験機と振子に固定した。振子に初期変位を与えて水平面内で振動させることにより、試験片にねじり変形を付加することができる。振子の側面には 2 本の腕があり、この腕に錘を任意の位置に設置することで振子のモーメントを変化させ、周波数を変えることが可能である。今回は試験片から左右に 300mm の位置に質量 2kg の錘を取り付けた。カウンターウェイトを試験機上の滑車を通して背側に設置することにより、試験片に負荷する圧縮あるいは引張荷重を相殺した。

S45C は室温のみ試験を行った。試験温度を室温(RT), 353K, 298k の 3 条件に変化させて竹の試験を行った。なお、温度を上げるのに炉を用いて炉内を攪拌機にて均一温度に保った。熱電対を炉の底部から 60, 80, 120mm に設置し計測を行った。約 17 分で 353K に達し以後±5K の範囲で安定した。

試験の順序を Fig. 2 に示す。HTM の場合、試験片をチャックで固定後 2 時間炉にて 80℃ で加熱し、AC の場合は HTM から 30 分放置したのちに試験を行った。変位は振子上方の回転部の変位を非接触変位計にて検出し、A/D 変換機を介してコンピュータに記録した。

3. 実験結果および考察

Fig. 3 に測定した竹および S45C の振動減衰波形の 0-300 秒間を抜き出した一例を示す。竹は 1 周期が 1.4 秒と長く約 300 秒で収束している。しかし S45C

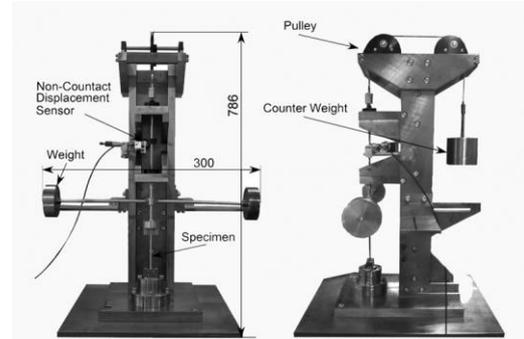


Fig.1 Inverted torsion pendulum examination machine.

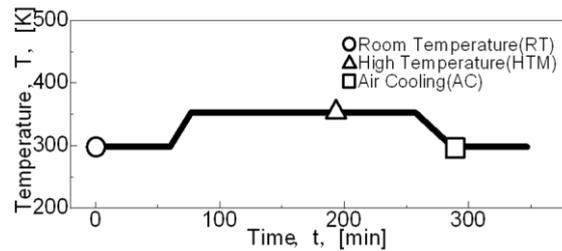


Fig.2 Test conditions.

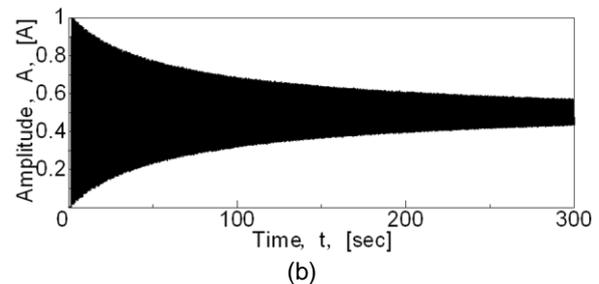
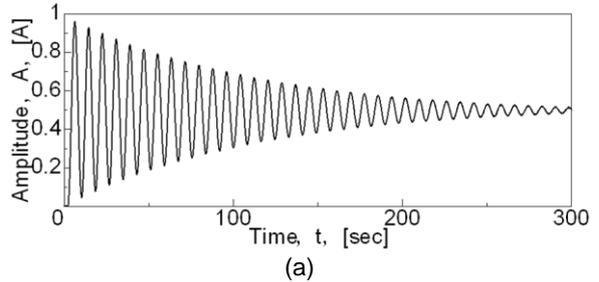


Fig.3 Example of periodical damping. (a)Bamboo, (b)S45C

Table 1 Shear Modulus and longitudinal elastic modulus of bamboo and S45C.

Materials	Frequency ω [Hz]	Shear Modulus G[GPa]	Longitudinal elastic modulus E[GPa]
Bamboo	0.12	0.72	20
S45C	1.25	78 ²⁾	203 ²⁾

は1周期が0.8秒と竹に比べると非常に短く、また収束まで約500秒要した。この振動減衰波形は振幅 A と時間 t との関係で表される。測定した波形の最大値を(1)式に代入して対数減衰率を算出した³⁾。

$$A = A_0 \exp(-\lambda ft) \cos(2\pi ft) \quad (1)$$

なお、 A_0 は定数、 f は振動数、 λ は対数減衰率である。

Fig. 4に竹およびS45Cの時間変化による対数振幅を示す。S45Cに比べ竹は時間当りの減衰が大きい。各材料のせん断弾性係数(以後 G と称する)はS45Cを基準として、(2)式によって求めた。

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \sqrt{\frac{G_1}{G_2}} \quad (2)$$

ここで、 ω_2 、 G_2 はそれぞれS45Cの角周波数および G である。 ω_1 はFig. 3より求めた周波数である。本方法により得られた竹の G をTable 1に示す。

竹試験片の重量変化をFig. 5に示す。試験片を各試験後に汎用電子天秤にて測定をした。竹試験片を80℃で2時間加熱すると約0.1g重量が減少した。これはRTより含水率が約7%減少しておりACではHTMから約 2.4×10^{-3} g、約0.2%増量した。含水率を(3)式より求めた。

$$u = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad (\%) \quad (3)$$

なお、 m_1 は試験前の重量、 m_2 は試験後の重量である。竹はHTMの時に水分が減ったため重量が減少した。

水の動粘度係数と密度に及ぼす温度の影響⁴⁾は、298Kに比べ353Kが動粘度係数、密度ともに低い。すなわち、竹内部の動粘度係数は40%ほど低い値であると推察される。摩擦が減少しているにもかかわらず減衰率が上昇していることから含水率より試験温度の方の影響が大であると考えられる。

竹の温度による減衰率の変化をFig. 6に示す。各条件とも平均を求めため10回試験を行った。RTの場合、減衰率が3.4%から大きな変化は認められなかった。しかしHTMの場合は減衰率が最大で9.2%、最低で6.1%を示し約3.0%差異がある。このことから昇温状態では竹の減衰率は若干ばらつきが安定した値が測定できていない。

S45Cを基準とした各材料の G と減衰率の比較をFig. 7に示す。同じ竹であっても温度を上げたことにより減衰率がRTとHTMでは2倍ほど差があった。 G は温度に関係なく一定であり、S45Cと比べると竹は約1/100倍の値であった。今回の実験で求められたRTでの竹の減衰率は節のある杉気乾材の減衰率約3.6%と同等であった⁵⁾。本研究で竹を絶乾状態のみで試験を行ったことから含水率の影響は低いと考えられる。今後の研究では減衰率に及ぼす含水率の影響、他金属との比較も検討する予定である。

4. 結言

本研究で竹およびS45Cの減衰率を比較、検討した結果、以下の結論を得た。

- 1) 竹のせん断弾性係数、減衰率をねじり振動法により求めることが可能であった。

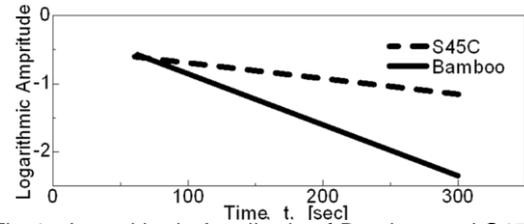


Fig. 4 Logarithmic Amplitude of Bamboo and S45C.

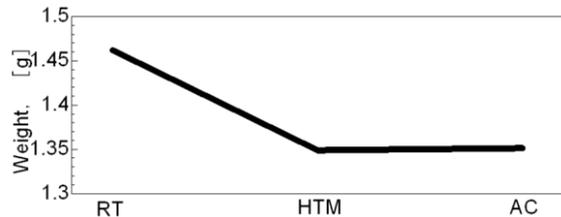


Fig. 5 Effect of temperature on weight of Bamboo.

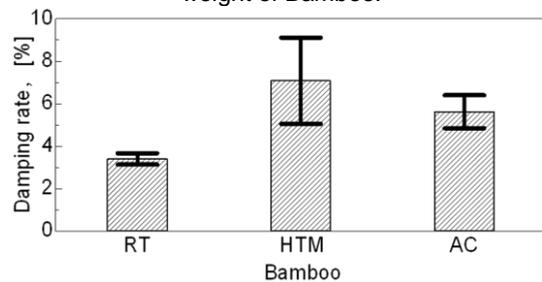


Fig. 6 Effect of temperature on damping rate of bamboo.

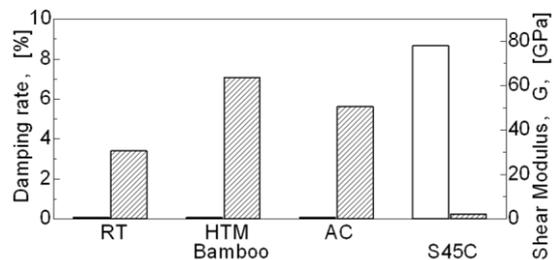


Fig. 7 Shear Modulus and Damping rate of Bamboo and S45C.

- 2) 竹の減衰率およびせん断弾性係数は含水率、および温度の影響を受ける。

参考文献

- 1) 日本学術振興会, “材料の振動減衰能データブック”, (2007), pp. 1-2.
- 2) 日本機械学会, “金属材料の弾性係数”, (1980), pp42-43
- 3) T. Shioya, T. Kakiuchi, K. Fujimoto and M. Sekine, “Estimation of visco-elastic constitutive equation from free oscillation experiment”, strength, fracture and Complexity 6(2010), pp. 33
- 4) 山口, “大気圧下での空気と水の密度, 粘性係数, 動粘度係数”, 1989年度版理科年表(国立天文台編, 丸善)
- 5) 松本 昴, “木材の動的弾性率 特に撓み振動によるヤング率と対数減衰率とに関する研究”, 九州大学農学部演習林報告, (1962) pp. 62