

丸棒の動的ねじり特性について

松 尾 征 夫*・奥 山 徳 宏*

Dynamic Torsional Properties of A Circular Shaft

Yukio MATSUO and Norihiro OKUYAMA

要 旨

動的負荷を受ける丸棒のねじり挙動を研究するために試験機を試作し、3種類の材料について動的歪み、対数減衰率、振動数等を求め動的ねじり負荷の丸棒に及ぼす影響を調べ考察した。

Abstract

To study a torsional behavior of a circular shaft subjected to dynamic load, we constructed the testing machine and tested 3 kinds of materials such as steel, brass and aluminum alloys. The effects of dynamic strain, logarithmic decrement and frequency on a torsional problems are discussed in this paper.

1. 緒 言

様々の機械において、動力を伝達するものとして、軸は重要な機械要素の一つである。最近のメカトロニクス、マイクロ・メカニズムの発達に伴い、種々の負荷を受けている軸の動的挙動の解明が求められている。

本研究においては、定盤上に供試体を固定し、その端部に動的ねじりモーメントを加え、供試体の動的ねじり歪み、振動数応答、減衰能等を測定・解析し、丸棒の動的ねじり特性について考察するものである。

2. 実験方法

2-1 実験装置及び方法

実験装置は Fig. 1 に示すように定盤上に固定部側をテーパをつけて焼きばめで固定し、負荷側には、ねじりモーメントを加えるためのレバーを取り付けてある。

試験片は、炭素鋼 (S35C)、黄銅、アルミ合金の3種類とし、形状は Fig. 2 に示す通りで、直

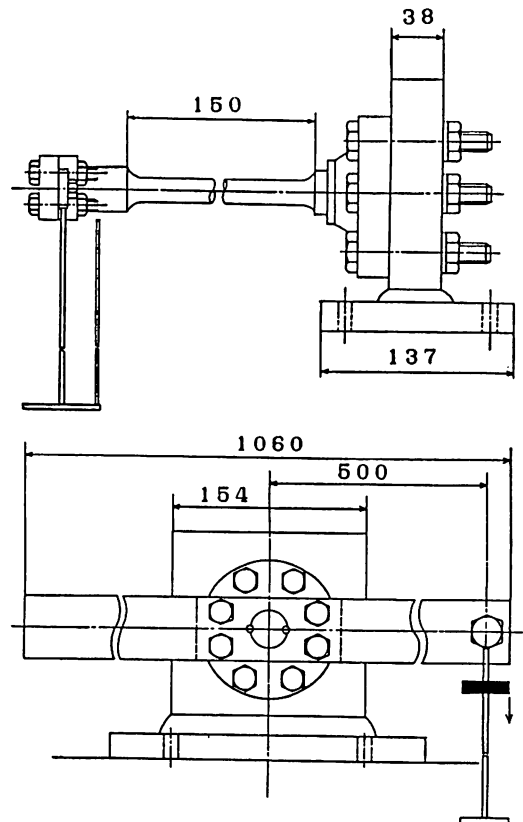


Fig. 1 実験装置全体図

* 助教授 機械工学科

** 技 官 機械工学科

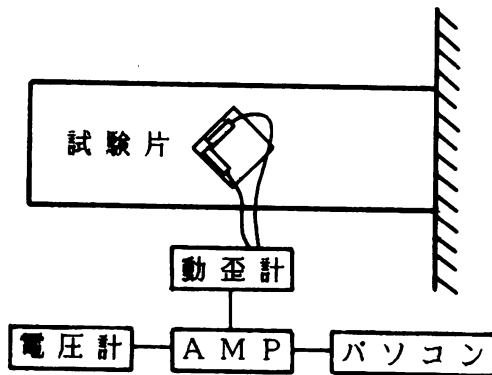


Fig. 6 動的試験測定結線図

タはA/Dコンバータを経て、パソコンに送られ、動的ねじり波形により解析された。

3 実験結果及び考察

3-1 静的実験

静的実験では、試験片に貼ったロゼットゲージによりねじり歪みを測定し、ねじりせん断応力とトルクを計算した。線ゲージにより曲げ歪みを測定し、曲げ応力、主応力を計算した。更に、Fig. 3に示した装置によりねじり角を測定した。

ねじり歪みは、Fig. 7に示すように、各試験片とも、荷重に比例して直線的に増加し、理論値と

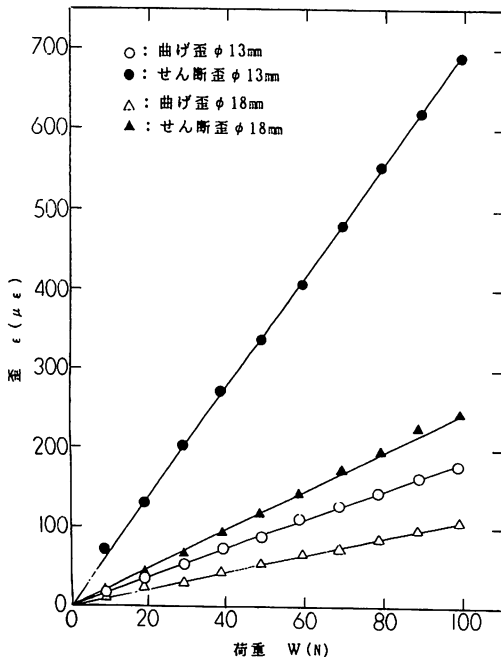


Fig. 7 静荷重とねじり歪み (炭素鋼)

同じ傾向にあるが、3～10%大きくなった。これは、試験片が片持ち梁なのでねじりと共に曲げも作用したためと思われる。 $\phi 13\text{mm}$ の歪みは $\phi 18\text{mm}$ の約2.5倍であり、理論的にはほぼ等しい。また、材質と歪みの関係は、炭素鋼に対して黄銅は2倍、アルミ合金は、約3倍と、弾性係数に比例しており理論的に一致していた。

横弾性係数 G は、Fig. 3に示す装置を使用してねじり角 θ を求め、次の式を用いて計算した。

$$\theta = 1/2(\tan^{-1}((A+B)/C) - \tan^{-1}(A/C))$$

$$G = 584 \cdot W \cdot L_1 \cdot L_2 / (\theta \cdot d^4)$$

ここで、 W : 荷重 d : 試験片直径

L_1 : 腕長さ L_2 : ミラー間距離

実験の結果、横弾性係数 G として、炭素鋼、黄銅、アルミ合金についてそれぞれ、79.2 GPa、39.0 GPa、23.3 GPa の値をえた。

試験片に作用したトルクをねじり応力により計算し、Fig. 8に示すように良い直線性がえられた。

ねじりせん断応力と曲げ応力については、Fig. 9に示すように、曲げ応力がねじりせん断応力の約1/4となっているが、中心軸上の曲げ応力は小さいものと考えられる。

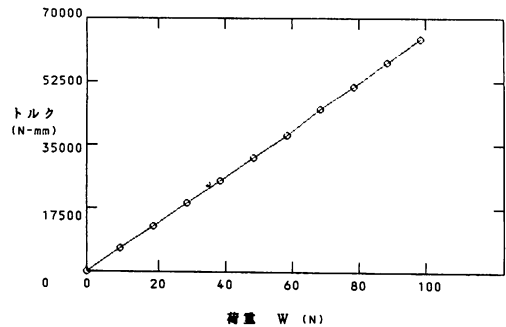
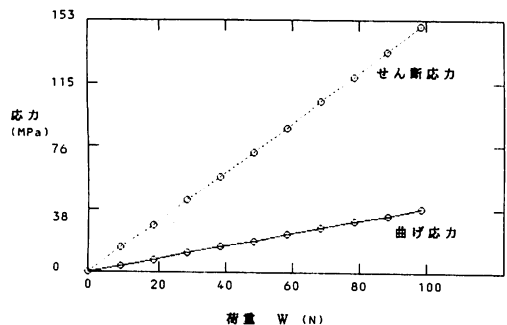
Fig. 8 荷重とトルク (炭素鋼 $\phi 13$)

Fig. 9 せん断応力と曲げ応力 (炭素鋼)

3-2 動的試験

3-2-1 衝撃歪み及び衝撃荷重について

衝撃歪みは、Fig. 10 に示すように荷重の増加と共にほぼ直線的に増加し、 $\phi 18\text{mm}$ では $\phi 13\text{mm}$ の約1/2になっている。材質による歪みの違いは、強度に反比例していて、静的歪みとほぼ同じである。また、おもりの落下高さが高いと約40%大きくなっているが、これは負荷時の位置エネルギーの割り合いと一致していた。

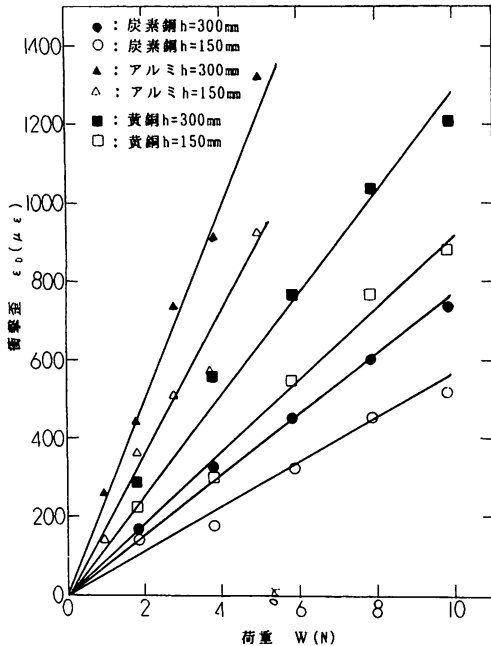


Fig. 10 荷重と衝撃歪み ($\phi 13$)

静的歪みと比較すると、衝撃歪みは、炭素鋼で7.2倍、黄銅で5.8倍、アルミ合金で6.1倍静歪みより大きくなっている。

3-2-2 減衰能について

動的負荷的作用によりねじり振動する供試体の

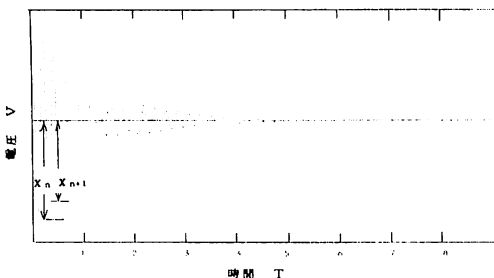


Fig. 11 振動波形図

振動吸収能力を調べるために、振動波形から対数減衰率を求めた。

対数減衰率 δ_n は振動波形 Fig. 11 において次の通り求められる。

$$\delta_n = \frac{1}{N} \ln \left(\frac{X_n}{X_{n+N}} \right)$$

対数減衰率の結果については、Fig. 12 ~ Fig.

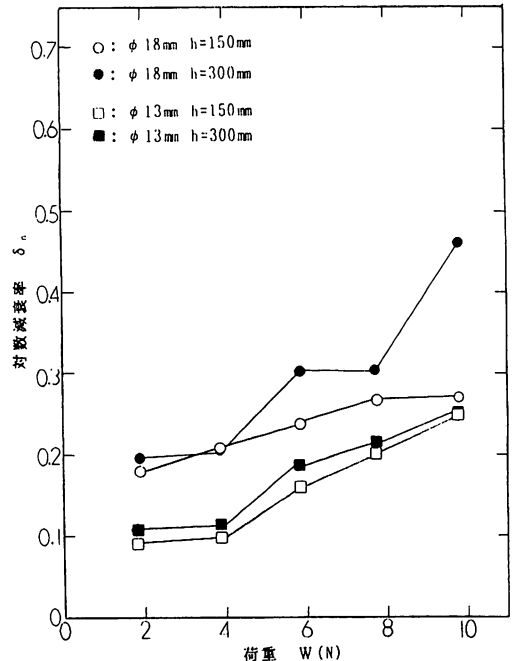


Fig. 12 荷重と対数減衰率の関係 (炭素鋼)

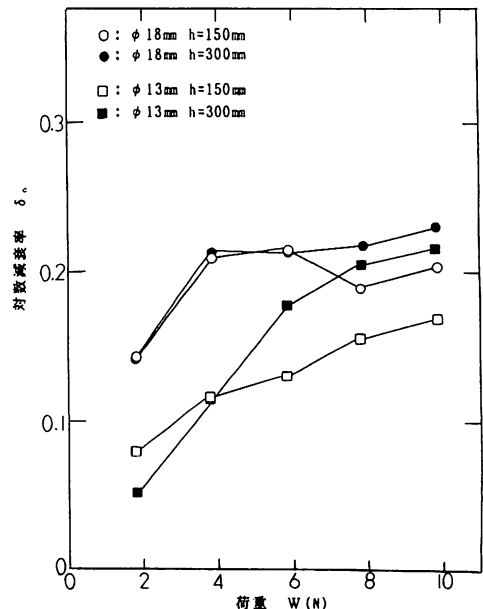


Fig. 13 荷重と対数減衰率の関係 (黄銅)

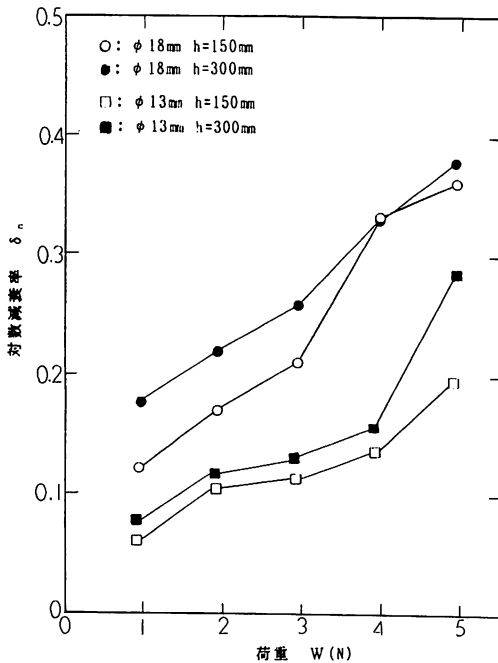
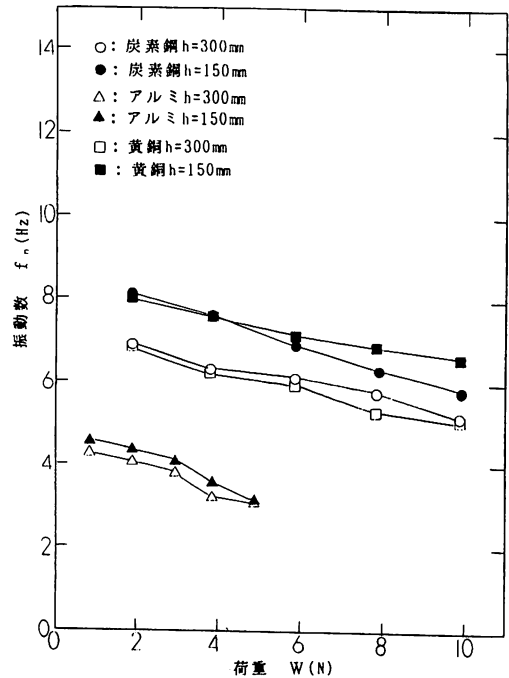


Fig. 14 荷重と対数減衰率の関係(アルミ合金)

14 に示されている。全体的に荷重が増加し、落下高さが高くなると大きくなり、断面積が大きい方が対数減衰率は大きくなっている。 $\phi 13\text{mm}$ の試験片に落下高さ150mmから動的負荷を与えた場合、アルミ合金は、炭素鋼の約1.3倍、黄銅の約1.7倍減衰能が秀れている。荷重や落下高さが増加すると減衰率が大きくなるのは、歪みが大きくなり試験片の内部摩擦が増加し振動を妨げるためと思われる。

3-2-3 振動数について

振動数について、Fig. 15 に示してあるが、全体的な傾向は、荷重が大きくなると減少し、落下高さが高い方が小さく、 $\phi 18\text{mm}$ では $\phi 13\text{mm}$ の振動数の2倍弱である。材質の違いでは、強度の高い方が振動数が大きい。荷重と落下高さが大きくなると振動数が減少するのは、慣性力が大きくなるためと考えられる。この振動数はねじり振動を受ける丸棒の理論値より約20%小さくなったが、曲げ振動の影響や試験片の握り部などへの振動の散逸なども考えられる。

Fig. 15 荷重と振動数の関係($\phi 13$)

4. 結 言

本研究において以下の結果が得られた。

- (1) 試作したねじり試験機による静的実験では、ねじり歪み、ねじりせん断応力、ねじり角に良い直線性がえられた。
- (2) ねじり振動波形より、荷重と落下高さが増加し、衝撃が大きくなると、対数減衰率が増加し、振動数は減少する。また、試験片の断面積、弾性係数が大きくなると、対数減衰率、振動数は共に増加する。

尚、本実験の測定データは当時学生の佐々木大志君、須貝周史君及び疋田直樹君の卒業研究の一部をとりまとめたものであり、ここに付記して謝意を表する次第である。

5. 参考文献

- 1) 国枝 正 実用機械振動学 理工学社
- 2) 小堀与一 実用振動計算法 工学図書
- 3) 時田 他 精密防振ハンドブックフジテクノシステム

(平成5年12月1日受理)

