

# 柔軟回転軸に発生する摩擦振動

## Friction Induced Vibrations of a Vertical Flexible Shaft

プロジェクト代表者：長嶺拓夫（理工学研究科・講師）

Takuo Nagamine (Lecturer, Graduate School of Science and Engineering)

### 1 はじめに

ボイラ等の多管式熱交換器ではランス管と呼ばれる管をゆっくりと回転させながらボイラ内に挿入し、管先端から吹き出す蒸気により管に付着したダストを払う。ランス管は管出口部でランス軸受で支持されている。運転中ランス管の突出し量に依存した大きな音と振動が発生した。この音と振動はランス軸受と自転するランス管との間に働く回転方向の摩擦に起因すると考えられる。

本研究では、ゆっくりと回転する柔軟回転軸の中間部を支持し、支持部の位置、半径すきま、および軸回転速度を変えて実験を行い、中間支持軸受位置によって振動が発生する範囲と発生しない範囲があること、中間支持軸受位置を連続的に変化させると現れる振動数は連続的に変化する範囲と突然大きく変化する位置があること、および、中間支持軸受の半径すきまが狭いほど高次の振動が発生することを明らかにした。また固定端と中間支持部の距離の増加に伴って固有振動数が増加する範囲で、振動が発生することを明らかにしたが、発生メカニズムに関しては十分明らかにできなかった。本研究では、理論解析により振動発生メカニズムを考察した。その結果、中間支持軸受の位置と発生する振動の関係について明らかにしたので以下に報告する。

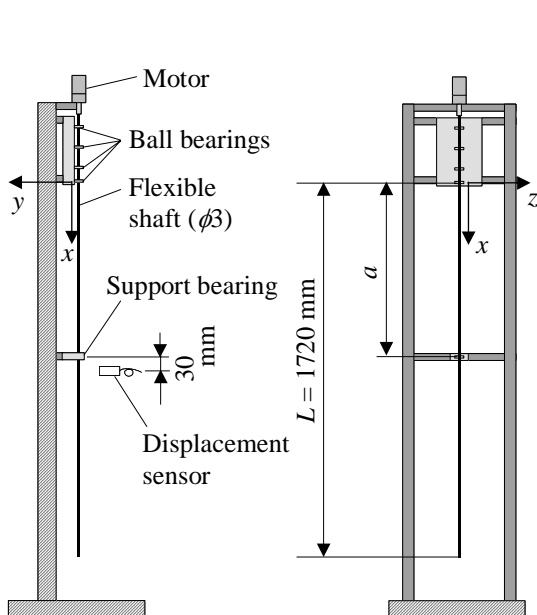


Fig.1 Experimental apparatus

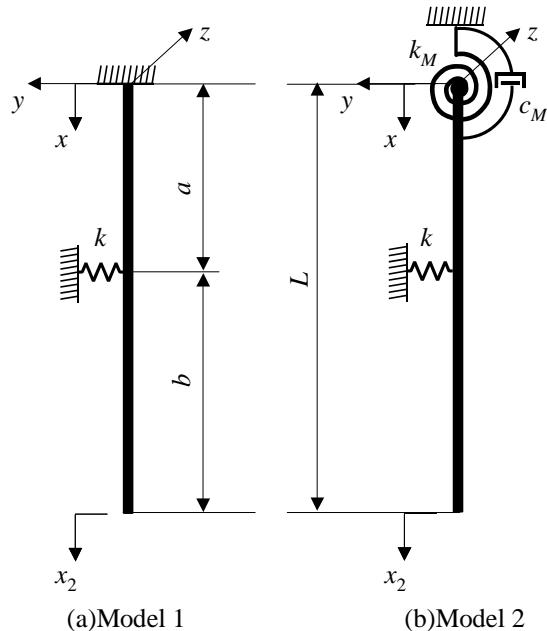


Fig.2 Analytical models

### 2 実験装置

実験に使用した実験装置の概略図を図 1 に示す。鋼製の回転軸が上端を単列深溝玉軸受で支持されている。軸は DC モーターで駆動される。玉軸受から自由端までの距離は  $L=1720$  mm である。自由端までの中間位置を半径すきま 0.15 mm の O-リングで支持している。以下では、中間支持軸受と呼ぶ。

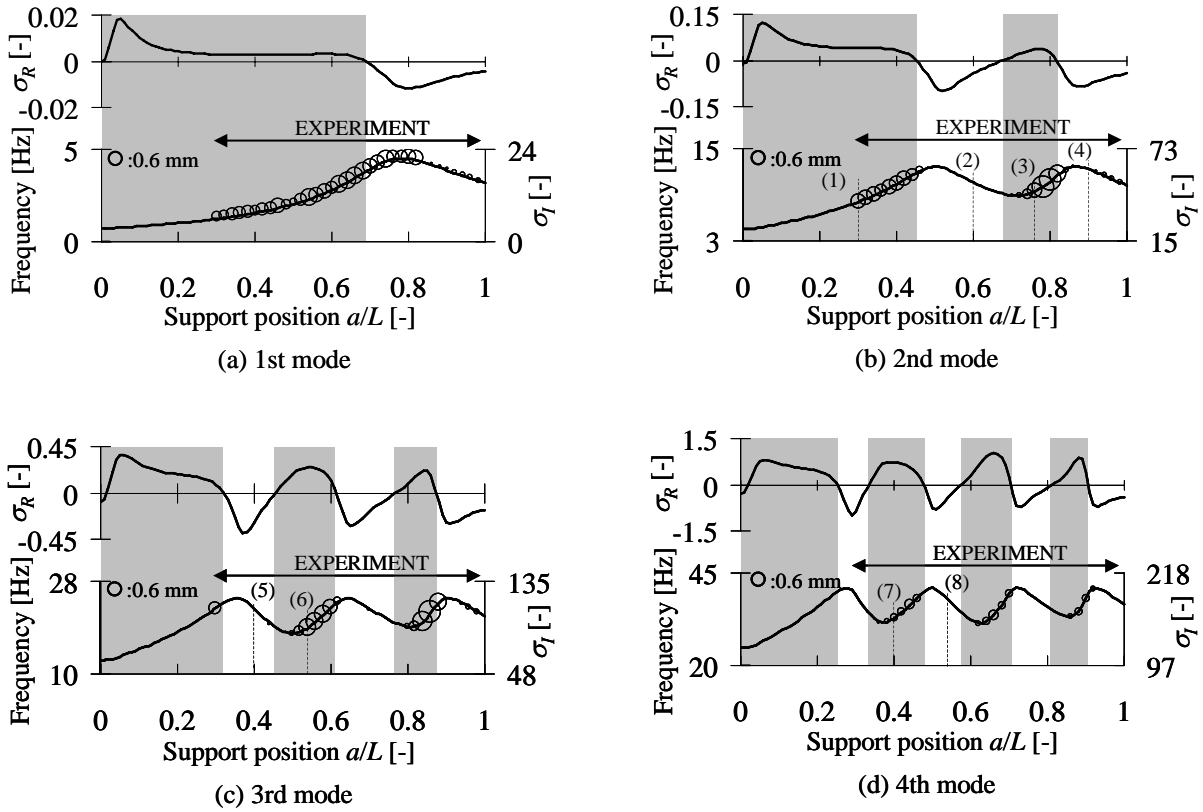


Fig. 3 Eigenvalues versus support position  $a/L$  (■: unstable, □: stable)

### 3 結果および考察

図2に解析モデルを示す. まず図2(a)に示すように一様な回転軸の上端は固定, 下端は自由端とし, 中間支持軸受は, 実際には, 軸と軸受の間にはわずかな隙間があるが, 簡単のため, ばね定数 $k$ のばねで支持されていると考えることにする. 中間支持軸受部では変位した方向と直角にばね力に比例したクーロン摩擦力が作用すると考える. このモデルでの解析結果は, 中間支持軸受において変位と接線方向に作用する摩擦力を考えているので, 常に系は不安定となった. そこで解析モデルを図2(b)に示すように, 上端を固定端ではなく十分剛なモーメントばね $kM$ とわずかなモーメント粘性減衰 $cM$ によって支持されていると考えることにした. その結果, モーメントばね剛性が高く, モーメント粘性減衰が小さいことから, 図2(a)の上端を固定端としたときの解析結果と比べ, 固有振動数およびモード形はほとんど変わらなかった. しかし, 安定性は大きく変化し,  $\sigma_R < 0$  の安定域と  $\sigma_R > 0$  となる不安定域が現れた. 図3から分かるように固有振動数が $a/L$ に伴って増加する範囲では  $\sigma_R > 0$  となり, 系は不安定であるが, 固有振動数が減少する範囲では  $\sigma_R < 0$  となって系は安定である. ○印は観察された不安定振動の振動数と振幅である. 図から振動数が発生している範囲が計算結果とかなりよく一致し,  $\sigma_R > 0$  の範囲で振動が発生しているのが分かる. ただし実験は  $0.3 \leq a/L \leq 0.98$  の範囲で行った.

### 4 まとめ

振動の原因は中間支持軸受に作用する摩擦力によると考えられるが, 支持位置  $a/L$  を自由端側に移動するとき, 系の固有振動数が増加する範囲でのみ振動が発生するメカニズムを明らかにするため解析を行った.

自由端とは逆の軸支持部が高剛性のモーメントばねで支持され, これと並列にわずかなモーメント粘性減衰が作用する系としてモデル化し理論解析を行った. その結果, 振動が発生する範囲に関して実験結果と良く一致する解析結果が得られた.