

徳山高専 正員 原 隆
 徳山高専 正員 重松 恒美
 愛媛大学 正員 大賀水田生

1. まえがき

軸方向に変動荷重を受ける棒の動的安定問題に関する研究は、従来より数多く行なわれている。これらの多くは、固有値問題としての取り扱いがなされているが、棒の動的安定を考察するためには動的挙動を考慮した解析も必要である。著者らは前報において、減衰、初期たわみを有し、変動軸力を受ける棒の動的挙動をマトリックス関数を用いて解析し、動的挙動によらず初期たわみおよび減衰の影響を論じた[1],[2]。

本研究では、前報にひきつづきマトリックス関数を用いて、数値計算により初期たわみおよび減衰の影響を解析する。さらに、振動疲労試験機による実験的解析を行ない、数値計算結果との比較検討を行なった。

2. 理論解析

本研究の数値解析には、マトリックス関数法を適用する[1]。図-1に解析モデルを示す。棒は初期たわみを有し、軸方向に変動圧縮力をうけている。なお、モデルは実験との対応を考慮して表-1に示す大きさとした。図-1に示す初期たわみ w_0 を有する棒の運動方程式は次式となる。

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + F_r = P(t) \cdot Gx - (K - P(0)G)x_0 \quad \dots (1)$$

上式で、 M 、 C 、 K 、 G は系の質量、減衰、剛性、幾何マトリックスである。また、 F_r は復元力を示す。

ここで式(1)において、初期の剛性マトリックスに対する復元力と剛性や軸力の変化に対応した復元力との相違を付加的な外力として系に作用させると式(1)は次式のように表わされる。

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + Kx = f_0 + \Delta f \quad \dots (2)$$

ここに、 f は初期たわみによる項であり、 Δf は復元力の変化に対応する付加外力である。

式(2)に、マトリックス関数を適用することにより動的応答解析を行なうことができる[2]。なお、式(2)の一般解は次のように表わされる。

$$x_m = U_1 x_1 + U_2 x_2 + W_1 K^{-1}(f_0 + \Delta f_1) + W_2 K^{-1}(f_0 + \Delta f_2) \quad \dots (3)$$

式(3)を用いて、各ステップごとに応答量と付加外力を算定し、逐次計算を進める。

3. 数値計算結果

数値計算では、式(1)の外力 $P(t)$ として、正弦波 $P(t) = P_1 + P_2 \sin \theta t$ を用いた。

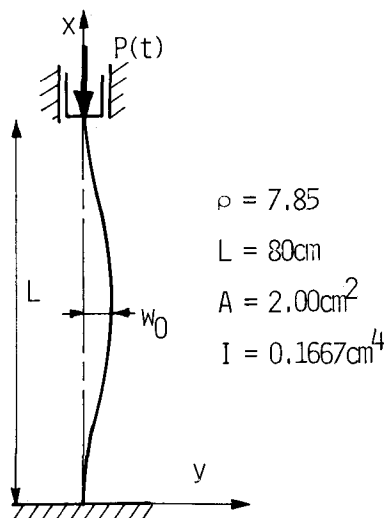


図-1. 解析モデル

表-1. モデル諸元

長さ (cm)	80.0
幅 x 厚さ (cm)	2.0x1.0
集中質量 (kg)	3.2
座屈荷重 (kgf)	2156
固有振動数 (Hz)	15.6

図-1に示す解析モデルに励振パラメータ $\mu=0.08$ ($\mu = P_2 / (P_2 - P_1)$) の荷重条件のもとで振動数比 $\theta/2\Omega$ (Ω は系の固有振動数)を変化させて、系の動的最大応答量をもとめた。

数値計算結果を、図-2、図-3に示す。ここで、最大応答量は外力の10周期内での最大応答を用いた。なお、最大応答量のピークは振動数比が、0.5 および 1.0 において生じている。

図-2は、初期たわみ量と応答の関係を示す。縦軸 A は、最大応答量と初期たわみ量との比を表わす。なお、 $w_0=0$ は初期たわみ量を付加外力 f_0 として考慮しないということを表わす。また、ここでは減衰の影響は無視してある。図より、初期たわみの影響を考慮した方が、応答が大きい。

図-3は、減衰と最大応答の関係を示す。初期たわみ量は実験的に得られた値の $w_0/L=0.0018$ とした。また、減衰は質量に比例するものと仮定した ($C=\alpha M$)。

4. 実験

表-1に示す諸元を有するフラットバーを用いて載果実験を行なった。実験は供試体に、初期荷重 $P_1=62$ 5kg を作用させ、固有振動数と減衰定数を測定した。結果を表-1に示す。また、対数減衰率は0.09であった。次に、荷重振幅 $P_2=240$ kg として、荷重振動数を2 Hzから3 2 Hzまで2 Hzづつ変化させ、動的応答を測定した。実験結果を、図-3に黒丸でしめす。荷重が低サイクルの領域では、数値計算結果と実験結果は同様な傾向である。しかし高サイクルの領域では傾向が異なる。

図-4は、図-3の点a (外力振動数2 8 Hz) の数値計算による応答曲線と実験で得られた応答曲線を比較して示す。両者の応答はほぼ一致している。

以上の数値計算結果と実験値との比較より、マトリックス関数法は棒の動的安定解析に十分適用できるものと思われる。また今回の実験では、非弾性の挙動が得られなかったため、この領域での比較はできなかったが、検討の必要がある。

【参考文献】

- [1].原他：マトリックス関数を用いた変動軸力を受ける柱の動的安定解析について 昭58年講
- [2].原他：変動軸力を受ける非弾性柱の動的安定解析について 昭59年講
- [3].T.Shigematsu,T.Hara,M.Ohga:Zur numerischen und experimentellen Schwingungsuntersuchung von Bauwerken unter unregelmäßiger Belastung. Bauingenieur 1984
- [4].T.Hara,T.Shigematsu,M.Ohga:Numerische Berechnung bei nichtelastischen Schwingungssystemen mit Hilfe von Matrizenfunktionen. Bauingenieur 1985

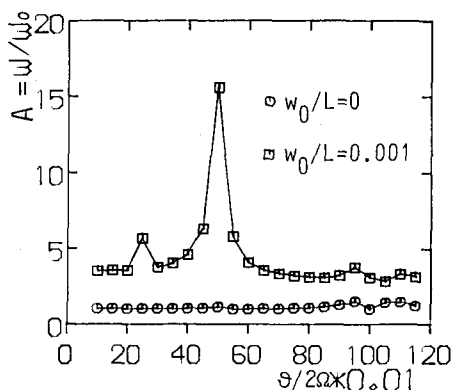


図-2. 応答曲線

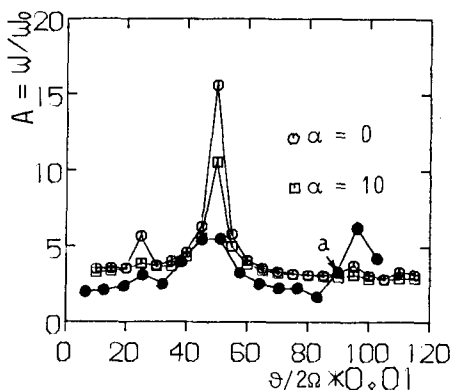


図-3. 応答曲線

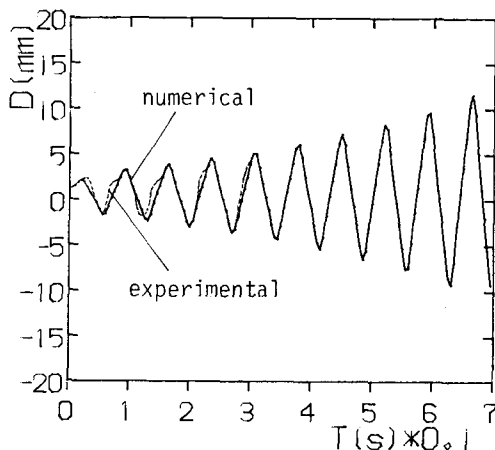


図-4. 応答曲線