

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構造物の動的安定問題に関する研究は、従来より係数励振問題や動的応答問題として数多く行なわれている。著者らは前報で、変動軸力を受ける棒の弾塑性動的安定解析をマトリックス関数を用いて行った[2]。そして剛体ばね要素(RBSM)[1]で離散化することにより得られた結果と通常の有限要素法の解析結果と比較することにより、その有効性を示した。

本研究では、前報にひきつづき等分布変動軸圧縮荷重を受ける板構造の動的安定問題にマトリックス関数を適用し、動的応答を数値解析により求めた。解析にあたっては数値計算手順を容易にするために板を剛体ばね要素で離散化した。そして、増分理論に基づく他の数値計算結果との比較検討を行なった。また数値計算において、動的安定に及ぼす初期たわみの影響を検討した。

2. 理論解析

本研究の数値解析には、前報と同様にマトリックス関数法を適用する[3]。また、要素の離散化については非弾性域の復元力特性を容易に表現できるように川井により提案された剛体ばね要素(RBSM)を用いた[1]。図-1に板要素を示す。要素は2個の剛体とそれをつなぐばねで構成される。

RBSMで離散化された初期たわみ w_0 (変位ベクトル x_0)を有する板構造の運動方程式は次式となる。

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

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、 x は変位ベクトルであり 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_0 は初期たわみによる荷重項であり、 Δf は復元力の変化に対応する付加外力である。

式(2)に、マトリックス関数法を適用することにより動的応答を逐次解析することができる[3]。

3. 数値計算結果

数値計算における解析モデルを図-2に示す。モデルは $a=b=100\text{cm}$ 、 $t=1\text{cm}$ の四辺単純支持の正方形板であり一方向に次式に示す等分布変動軸圧縮力の作用を受けている。

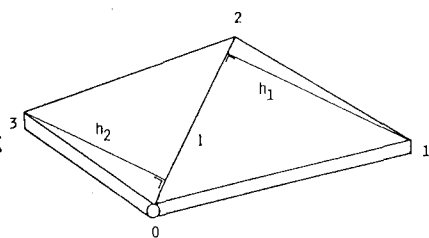


図-1 板要素

$$P(t) = P_1 + P_2 \sin \theta t \quad \dots (3)$$

(1) 動的安定解析

等分布軸力を受ける単純支持正方形板に対してHILL型の方程式を解くことにより得られた不安定域を図-3に示す。縦軸は1次の固有振動数（ $\omega = 47.3\text{Hz}$ ）に対する振動数パラメーター

$$\frac{\theta}{2\Omega} = \frac{\theta}{2\omega\sqrt{1-P_1/P_{cr}}} \quad \text{を示し、横軸は1次の座屈荷重 } P_{cr}$$

$$= 718\text{kgf/cm} \text{ に対する荷重パラメーター } \mu = \frac{P_2}{2(P_{cr} - P_1)} \text{ を示す。}$$

(2) 動的応答解析

図-3に示す1次の動的安定域の点Aの振動数パラメーターと荷重パラメーター（ $P_1=0, P_2=500\text{kgf/cm}, \theta=94\text{Hz}$ ）について、本法およびNewmark β 法により数値計算を行った。なお数値解析は全板の1/4要素とし、自由振動解析において厳密解に等しい振動数が得られる8x8分割メッシュで行った。

計算結果を図-4に示す。図の細線は弾性応答値を示し、太線は弾塑性の応答値を示す。また実線は本法による応答値を、破線はNewmark β 法による応答値を示す。

弾性及び弾塑性の解析のいずれにおいても本法とNewmark β 法の解析結果は本法による応答値がやや大きいもののほぼ一致している。

4. まとめ

本研究では前報に続いてマトリックス関数を用いて、等分布変動軸力を受ける板構造の動的安定域での動的応答を求めた。そして本報により得られた応答値と通常の有限要素法による解析結果を弾性域及び非弾性域について比較した。解析結果より本解析法は板構造の動的安定解析にも有効である。

【参考文献】[1]川井：はりおよび平板の横衝撃応答に対する新しい離散化解析法。JSME 昭和54

[2]原ほか：構造物の非弾性動的安定解析について土木学会年次講演会 昭61

[3]T.Hara, T.Shigematsu, M.Ohga: Numerische Berechnung bei nichtelastischen Schwingungssystemen mit Hilfe von Matrizenfunktionen. Bauingenieur 1985

[4]T.Shigematsu, T.Hara, M.Ohga: Dynamische Stabilität des vorverformten Stabes unter pulsierender Axialbelastung. Bautechnik 1986

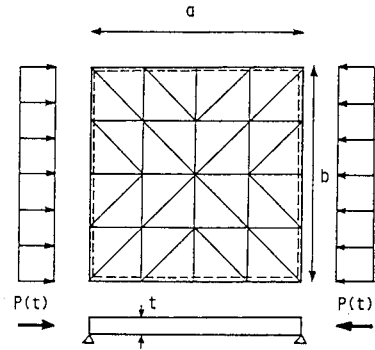


図-2 解析モデル

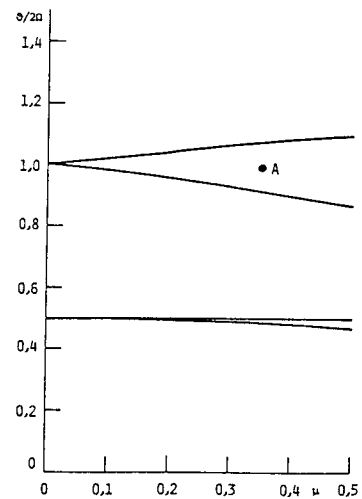


図-3 安定不安定域

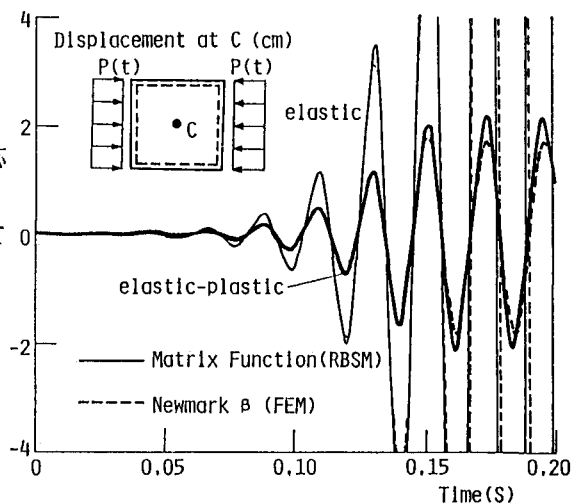


図-4 動的応答