

I-55 軸力を受ける矩形板の動的安定解析

豊橋技術科学大学 正員 原 隆
徳山高専 正員 重松 恒美
愛媛大学工学部 正員 大賀水田生

1. まえがき

板構造で構成される橋梁の塔や鋼床板は地震、車両の荷重により軸方向に時間的に変化する荷重を受ける。これらの板構造をなす矩形板の動的安定問題に関する研究は、従来より主として係数励振問題として取り扱われてきた。また近年、動的応答問題としての研究も行なわれている。

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矩形板の動的安定問題を動的応答問題として取り扱い、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(RBSM)[1]で離散化した。また変動軸力として周期外力を用いた。そして、矩形板の境界条件と初期たわみ量の動的安定に対する影響を検討した。

2. 理論解析

本研究の数値解析において、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]。また直接数値積分法としてマトリックス関数法を適用する[3,4]。

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一般解は次式ようになる。

$$x_{i+1} = U_1 x_i + U_2 x_{i-1} + W_1 K^{-1} (f_0 + \Delta f_i) + W_2 K^{-1} (f_0 + \Delta f_{i-1}) \quad \dots (3)$$

3. 数値計算結果

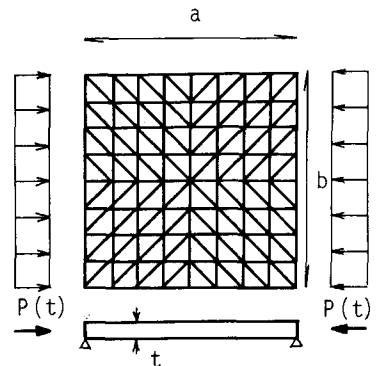


図-1 解析モデル

数値計算における解析モデルを図-1に示す。モデルは $a=b=100\text{cm}$ 、 $t=1\text{cm}$ の正方形板であり要素は座屈係数および固有振動数が弾性解と一致するように 8×8 に要素分割を行った。また、板は一方向に次式に示す

等分布変動軸圧縮力の作用を受ける。

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

(1) 四辺単純支持正方形板

等分布軸力を受ける単純支持正方形板に対する HILL 型の方程式による不安定域を図-2に示す。横軸は1次の固有振動数に対する振動数パラメーター $\theta/2\Omega$ ($\Omega = \omega \sqrt{1 - P_1/P_{cr}}$)、縦軸は1次の座屈荷重 P_{cr} に対する荷重パラメーター $\mu = P_2/2(P_{cr} - P_1)$ である。

図-3は荷重パラメーター $\mu = 0.25$ に対して振動数パラメーターを変化させた場合の板の中央の弾塑性の応答変位倍率を示す。なおここで初期たわみ量は板厚の1/10とした。また、図中の○は初期たわみの影響を考慮した応答倍率、●は初期たわみの影響を考慮しない応答倍率を示す。初期たわみの影響を考慮した場合1次と2次の不安定域に対する応答倍率の増加が現れている。しかし、弾塑性解析においては不安定域(図-2参照)でも、振動は定常である。なお弾性解析では $\theta/2\Omega$ が0.5および1.0で応答が発散した。

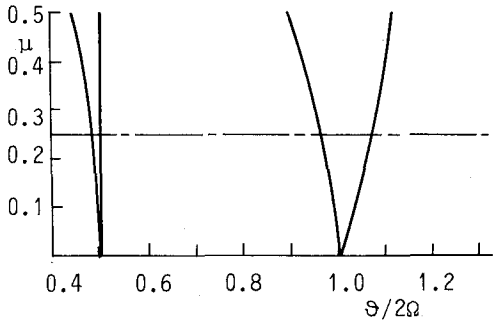


図-2 不安定領域

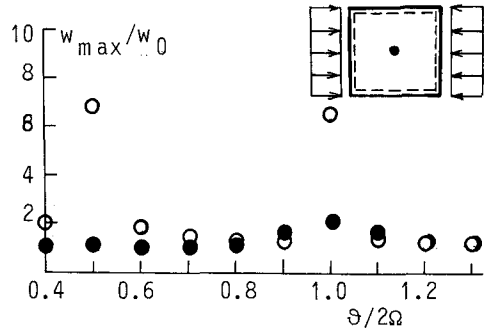


図-3 応答倍率

(2) 三辺単純支持一辺自由正方形板

等分布軸力を受ける三辺単純支持一辺自由正方形板に対する弾塑性の動的応答倍率を図-4に示す。解析条件、図中の記号等は四辺単純支持正方形板の場合と同様である。本解析例では弾塑性解析においても $\theta/2\Omega$ が0.5および1.0付近で応答が発散したため応答倍率を示していない。

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正方形板の動的安定解析を行った。本報により得られた数値計算結果より弾塑性の応答解析において初期たわみの影響は板構造の動的安定に大きく影響を与え、また、その影響は支持境界条件により異なり、定常安定応答の領域の変化となって現れることがわかる。

- 【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：板構造の動的安定解析について 土木学会年次講演会 昭62
[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: Dynamic Stability Analysis by Matrix Function. ASCE EM7 1987

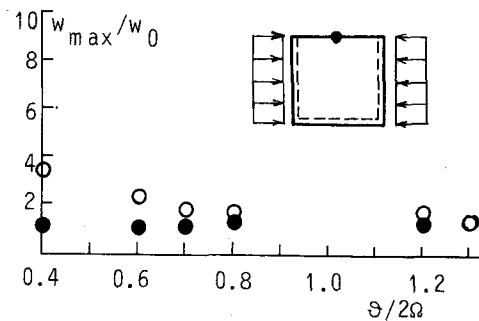


図-4 応答倍率