

関西大学工学部 正会員 三 上 市 蔵

関西大学大学院 学生員 〇三 浦 泰 夫

1. まえがき 従来、座屈解析は固有値問題として静力学的に行われてきた。一方、着者の研究室では、計算機プログラムを簡単に作成できる連統系シミュレーション言語を用いて、振動問題や熱伝導問題と解き、Dynamic Relaxation 法や Viscous Relaxation 法への適用を検討し、また、塔の振動解析を行ってきた。⁵⁾ ここでは、動的判定法に基づく座屈解析に連統系シミュレーション言語を適用することと試みた。

2. 解析法 シミュレーション言語を用いて、種々の荷重に対する自由振動解析を行い、荷重 P と周期 T の関係を求める。座屈の動的判定法に基づく、 $T = \infty$ に対する荷重が座屈荷重 P_{cr} である。一方、外挿法を採用し、次の P と T の関係式を仮定する。

$$P = P_{cr} + C_1/T + C_2/T^2 + \dots \quad (1)$$

3項で打ち切り、3組の P_2 と T_2 に対して連立方程式を解くと、 P_{cr} が次のように求まる。

$$P_{cr} = \frac{P_1(1/T_2 - 1/T_1)/T_2T_1 + P_2(1/T_1 - 1/T_3)/T_1T_3 + P_3(1/T_2 - 1/T_1)/T_2T_1}{(1/T_2 - 1/T_1)/T_2T_1 + (1/T_1 - 1/T_3)/T_1T_3 + (1/T_2 - 1/T_1)/T_2T_1} \quad (2)$$

3. 解析モデル 本解析法の妥当性を調べるため、3種のモデルを解いてみる。

(1) 等断面柱 図-1に示す両端単純支持圧縮力 P を受ける等断面柱を解く。基礎方程式は次のようになる。

$$-\partial^2 M / \partial x^2 - N \partial^2 w / \partial x^2 + m \partial^2 w / \partial t^2 = 0 \quad (3)$$

$$M = -EI \partial^2 w / \partial x^2 \quad (4)$$

ここに w は z 方向のたわみ、 M は曲げモーメント、 N は軸力、 EI は曲げ剛性、 m は単位長さ当りの質量であり、 $N = -P$ とみなす。

(2) 変断面柱 図-2に示す断面が急変する片持柱を考える。基礎方程式は(1)と同じであるが、基礎方程式が断面変化点に適用される場合、断面2次モーメントを次のいずれかを用いて換算する。⁸⁾

$$I = (I_1 + I_2) / 2 \quad (5)$$

$$I = 2 I_1 \cdot I_2 / (I_1 + I_2) \quad (6)$$

(3) 骨組 骨組構造のモデルとして図-3に示す門形ラーメンを考える。基礎方程式は、各部材に対して式(3)、(4)と次の2式である。

$$-\partial N / \partial x + (\partial M / \partial x)(\partial^2 w / \partial x^2) + m \partial^2 u / \partial t^2 = 0 \quad (7)$$

$$N = EA \partial u / \partial x \quad (8)$$

ここに、 EA は伸び剛性、 u は x 方向の変位である。また、部材 a と部材 b の剛接点における連続条件式は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} P - N_a - \partial M_b / \partial x_b &= 0 \\ N_b - \partial M_a / \partial x_a - P \partial w_a / \partial x_a &= 0, M_a = M_b \end{aligned} \right\} (9)$$

$$\left. \begin{aligned} \partial w_a / \partial x_a &= \partial w_b / \partial x_b \\ w_a &= u_b, u_a = -w_b \end{aligned} \right\} (10)$$

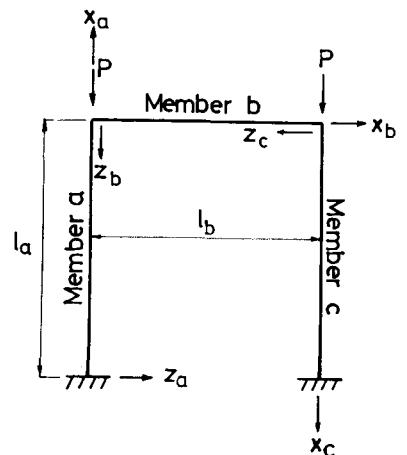
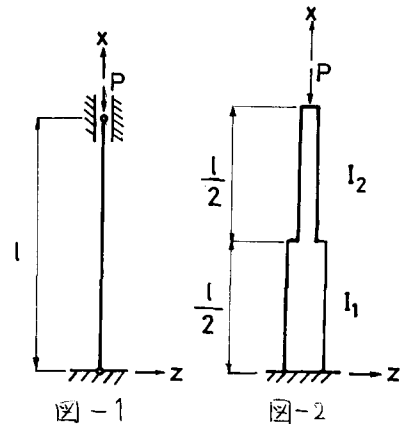


図-3

4. 数値計算結果

各解析モデルにおいて基礎方程式、境界条件式、連続条件式を無次元化したのち、場に関して差分表示し、シミュレーション言語を用いて、プログラムを作成し、数値計算を行った。

(1) 等断面柱 シミュレーション解と式(2)の解析解を比較すると、荷重 P' と周期 T の関係は図-4のようになる。ただし、

$$P' = P L^2 / EI$$

$$T' = T \sqrt{EI / m L^2}$$

で、 n_x は分割数である。各分割数において式(2)から P_{cr} を外挿し、厳密解と比較すると図-5から得られる。 $n_x=16$ における外挿値の誤差は0.32%であり十分満足できる。

(2) 変断面柱 差分点が断面変化点に位置し、式(5)または、式(6)を用いた場合について、荷重と周期の関係を調べた。結果の一例を図-6に示す。

式(2)による外挿値と静的解⁹⁾と比較すると図-7のようになる。式(5)を用いた場合良い精度が得られることがわかる。

(3) 骨組 2次振動モードが発生するように初期条件を与えた。図-8は荷重と周期の関係を表わしたもので式(2)による外挿値と静的解¹⁰⁾と比較すると図-9のようになる。 $n_x=16$ における外挿値の誤差は0.76%である。

参考文献

- 1) 三上・他, 土木学会関西支部年講, 1979. 2) Mikami, I., et al., Tech. Rep. of Kansai Univ., No. 24, 1983.
- 3) 三上・他, 土木学会年講, 1983. 4) Mikami, I., Theo. and Appl. Mech., Univ. of Tokyo Press, Vol. 32, 1984.
- 5) 三上・他, 土木学会関西支部年講, 1984. 6) Ziegler, H.: 構造安定の原理, 培風館.
- 7) Mikami, I., Theo. and Appl. Mech., Univ. of Tokyo Press, Vol. 25, 1977. 8) Iremonger, M. J., Comp. & Struc., Vol. 12, No. 5, 1980.
- 9) 土木学会編: 構造力学公式集, 技報堂. 10) Timoshenko, S. P. and Gere, J. M.: Theory of Elastic Stability, 2nd ed., McGraw-Hill, 1961.

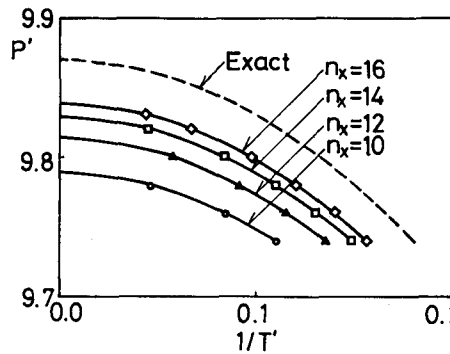


図-4

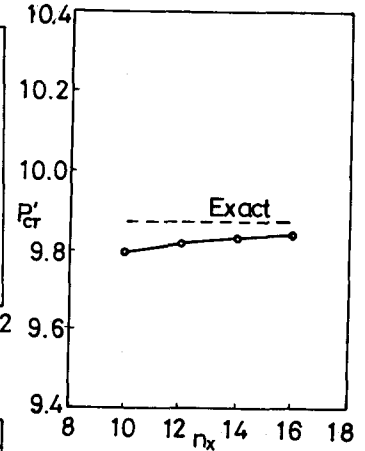


図-5

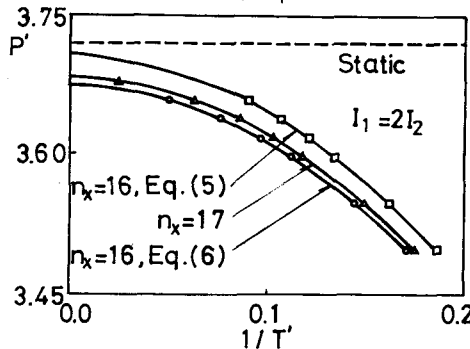


図-6

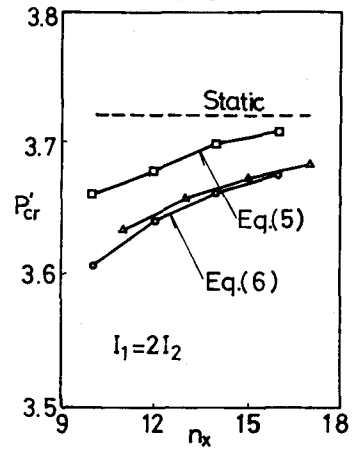


図-7

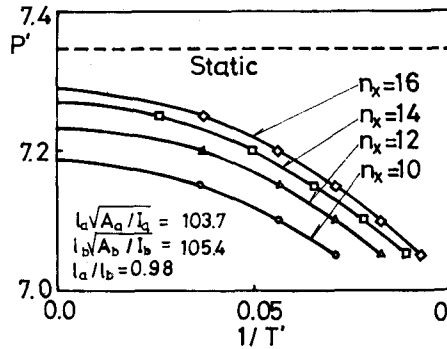


図-8

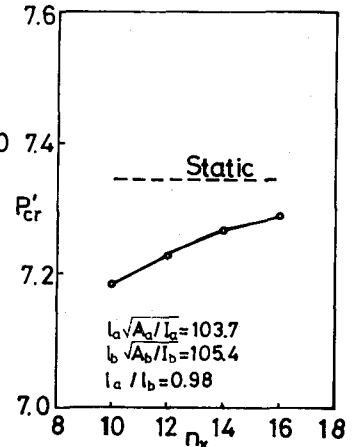


図-9