

## 連続系シミュレーション言語を用いたViscous Relaxation法による構造解析

関西大学工学部 正会員 三上 市蔵

## 1. まえがき Dynamic Relaxation Method

(DRM) は反復解法として優れており、現在まで、多くの問題に適用され〔1〕、実務に使用されている〔2〕。また、最近、DRMにおける慣性項を省略して簡単化した Viscous Relaxation Method (VRM) が提唱され〔3〕、幾何的非線形性のきわめて強い場合に有効であることが示された。

一方、Analogue Computersが得意とするシミュレーションをDigital Computersで行うための言語も多数開発されている。著者は、DRMでは減衰振動問題が、VRMでは粘弾性問題が解かれることに注目し、DRM〔4〕およびVRM〔4, 5〕に連続系シミュレーション言語を適用し、プログラミングや数値計算がきわめて容易になることを示した。

ここでは、簡単な梁を例に選び、連続系シミュレーション言語 (FACOMのSLCIV) を適用したVRMの種々の問題点を検討するとともに、仮想分点を用いない新しい技法〔2〕をVRMに導入することを考える。

2. 梁の例題 図—1に示す一次不静定梁をVRMを用いて解く。SLCIVを用いてプログラムを作成するので、差分表示した基本式は次のようになる〔5〕。

$$\dot{w}_i = (1/k) \{ q_i + (M_{i-1} - 2M_i + M_{i+1}) / \Delta x^2 \} \quad (1)$$

$$M_i = - (w_{i-1} - 2w_i + w_{i+1}) / \Delta x^2 \quad (2)$$

ただし、 $M$  = 曲げモーメント、 $w$  = たわみ、 $q$  = 荷重、 $k$  = 減衰係数、これらは無次元パラメータで、 $\Delta x = 1/n$  = 差分間隔、 $n$  = 分割数。

式(1)を  $i = 1 \sim n$  に適用して  $\dot{w}_1 \sim \dot{w}_n$  が求まり、境界条件より

$$\dot{w}_{n+1} = 0 \quad (3)$$

速度  $\dot{w}_1 \sim \dot{w}_{n+1}$  を積分すれば、たわみ  $w_1 \sim w_{n+1}$  が定まる。仮想分点  $n+2$  のたわみは境界条件  $\partial w / \partial x = 0$  を差分表示して、

$$w_{n+2} = w_n \quad (4)$$

となる。

式(2)は  $i = 2 \sim n+1$  に適用される。境界条件より

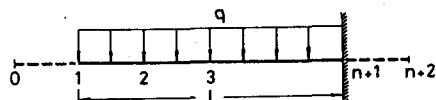
$$M_1 = 0 \quad (5)$$

であり、境界条件  $\partial M / \partial x = 0$  の差分表示から仮想分点の曲げモーメントが次のように求まる。

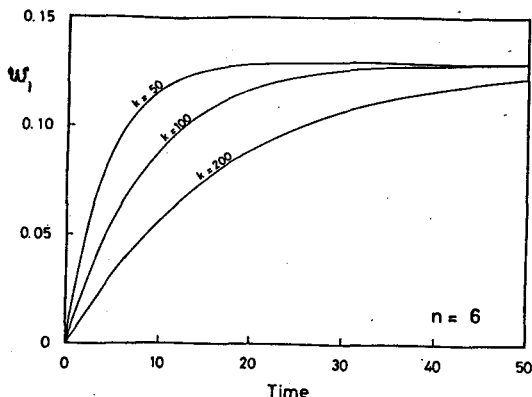
$$M_0 = M_2 \quad (6)$$

3. 数値計算結果 シミュレーション結果を図—2～6に示す。ただし、 $\Delta t$  = 積分間隔である。

4. 新しい技法の適用 取扱の不便な仮想分点を使わない技法〔2〕を適用する場合、式(1)は  $i = 2 \sim n-1$  に、式(2)は  $i = 2 \sim n$  に適用する。式(3)はそのまま。式(4)の代わりに



図—1 例題の梁

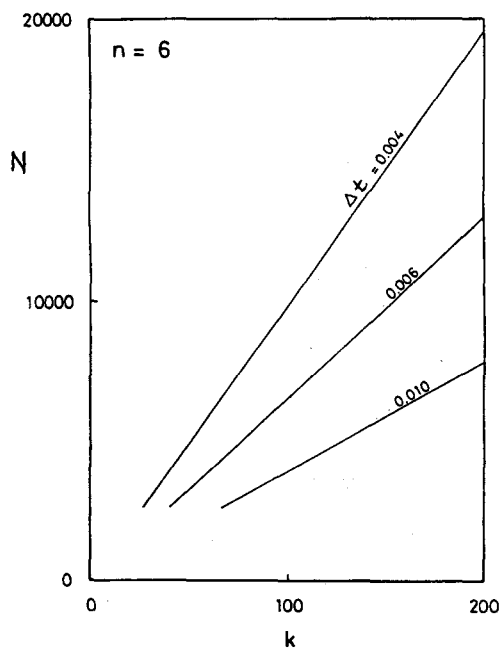


図—2 先端のたわみの収束状況

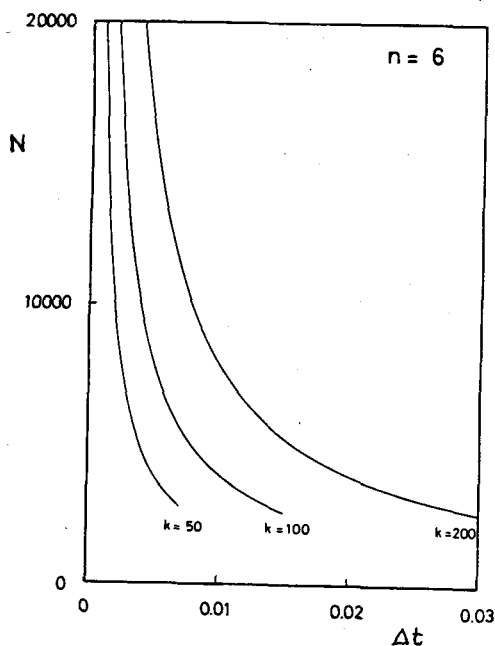
$$\partial w / \partial x + k \partial w / \partial t = 0 \quad (7)$$

として、差分表示して  $\dot{w}_n$  を求め、また、

$$\partial M / \partial x + k \partial w / \partial t = 0 \quad (8)$$



図—3 収束までの積分回数



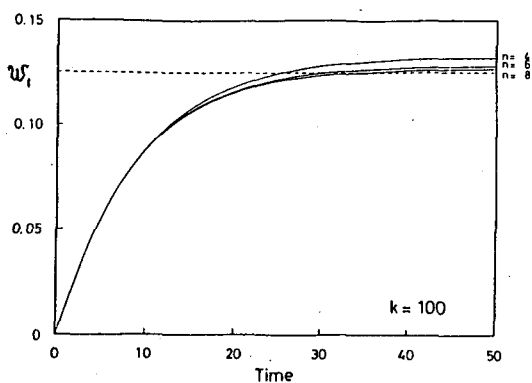
図—4 積分間隔と積分回数

を差分表示して、 $\dot{w}_1$  を求める。

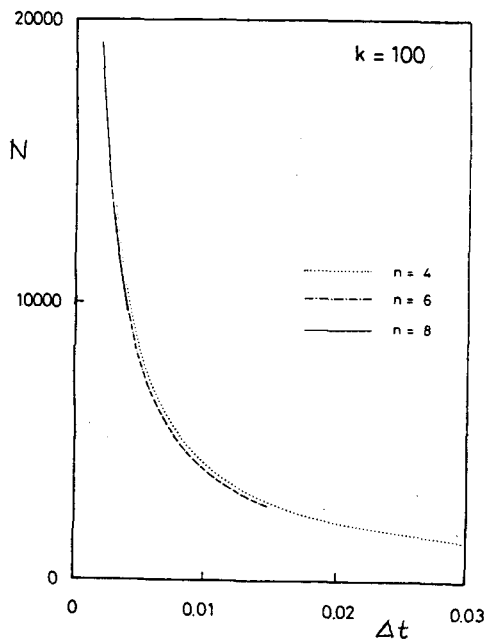
式(5)はそのまま、 $M_{n+1}$ は式(2)を後退差分表示した次式から求める。

$$M_{n+1} = (-w_{n-2} + 4w_{n-1} - 5w_n + 2w_{n+1}) / \Delta x^2 \quad (9)$$

シミュレーション結果は講演会で述べる。



図—5 分割数と収束



図—6 分割数と積分の間隔—回数関係

- [1] 馬場・成岡：土木学会誌，58，9（1973）
- [2] 三上：土木学会論文報告集，265（1977）
- [3] Webster, R. T. : Computers & Structures, 11 (1980), 137-45.
- [4] 三上：土木学会年次学術講演会（1982）
- [5] 三上：応用力学連合講演会（1982）