

Ⅲ-364

仮想粘性法アルゴリズムの検討

金沢大学大学院 学生会員 ○小林 一三
 金沢大学大学院 学生会員 佐藤 雪
 金沢大学 正会員 飯塚 敦
 金沢大学 正会員 太田 秀樹

1. はじめに.

有限要素法は領域内の物性の違いや施工過程を考慮しながら、土と構造物との相互作用を計算できるという利点から、土質工学において広く用いられてきた。しかし破壊や安定といった極限釣り合い状態での問題に対しては、不得意とされてきた。これは、例えば弾・完全塑性解析の場合、完全塑性領域にある要素の応力（増分）とひずみ（増分）とが一意に対応しなくなり、通常的手法では計算が出来なくなるためである。このために有限要素法を用いて極限釣り合い問題を取り扱うためには、特別な数値解析的工夫が必要となってくる。本報告ではZienkiewicz and Corneau¹⁾が提案した仮想粘性法のアルゴリズムについて検討を行った。

2. 仮想粘性法のアルゴリズム

仮想粘性法とは、応力状態がある規準関数を越えると、仮想的な粘性塑性計算を繰返し、完全塑性部分を表わそうとする手法である。図-1を用いて説明すれば、ある規準関数 g を越えた応力状態（図中A点）がその関数上に収束するまで仮想な粘性塑性計算を繰返し（図中A点からB点に至る経路）、完全塑性部分（図中の各段階のB点を連

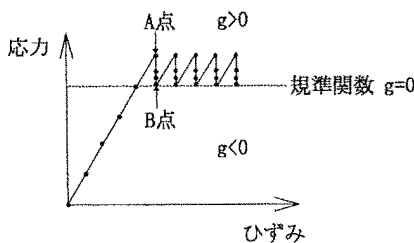


図 1 仮想粘性法の概念図

ねた線）を表現するというものである。この粘性塑性計算は完全塑性部分を表すために便宜上導入された仮想的な時間経過とともに現れるため、このアルゴリズム中には実際の時間は経過しない。さらに破壊は変形が進行した結果として生じる事を考えれば、他の極限解析手法と比べて破壊にいたるまでの変形を考慮できるという点で優れているといえる。また小林²⁾はこの仮想粘性法を改良して帯基礎や斜面の安定問題の計算を行って、良好な結果を得ている。しかしこの仮想粘性法は、考え方の違いによって幾通りものアルゴリズムを考える事ができ、用いられているパラメータも経験的に決定せざるを得ない面が強い。ここで図-2

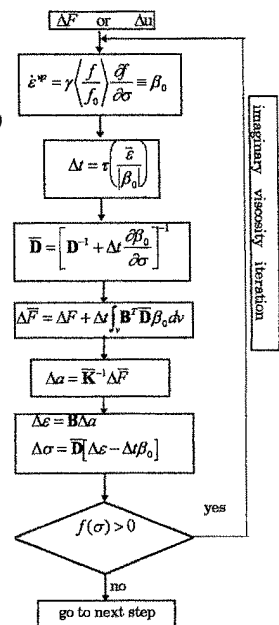


図 2 仮想粘性法アルゴリズム A1

にZienkiewicz and Corneau¹⁾が提案した方法に小林²⁾が改良を加えたアルゴリズムをフローチャートとして示す。たとえば図中の τ や γ というパラメータは、計算の収束性や解にかなりの影響を与える入力パラメータであるが、このパラメータは実験などから求められるものではなく、ある解析例に対して計算の収束性や解の精度を検討して経験的に定められている。しかしながら境界条件や初期条件の違いなどを考えれば、用いるパラメータの値にできるだけ鈍感なアルゴリズムを採用する事が望まれる。そこで本報告では、常に釣り合い式を満たす2通りのアルゴリズムを考えて、これらのパラメータの解析結果に及ぼす影響を比較してみた。用いたアルゴリズムの一つは、小林²⁾による改良が加えられたZienkiewicz and Corneau¹⁾による方法（図-2）であるが、他に図-3に示すアルゴリズムも考えてみた。図-2のアルゴリズムは仮想な粘性塑性計算ごとに仮想粘性塑性ひずみ（図中の記号 β_0 ）を更新するが、図-3のアルゴリズム

ムでは、応力状態が規準関数を越えた最初の時点でのみ β_0 の大きさを定めてしまい、以後の仮想粘性イタレーション中では β_0 を更新しないというものである。図-2、図-3からも明らかなように、この β_0 は前述のパラメータ γ 、 τ と常に併さった形でアルゴリズム中に表われているために、 β_0 をどの応力状態で求めるかによって、これらのパラメータの影響の度合いが異なる事が予想される。これらの2通りのアルゴリズムを用いて、平面ひずみ条件で、一要素に対するせん断を計算してみた。用いた規準関数はミーゼス型であり、応力状態が規準関数に至るまでは線形弾性体としている。従って、せん断による弾・完全塑性挙動を計算する事になる。解析結果を図-4、図-5に示す。図-3のアルゴリズムよりも図-2の方がパラメータ γ や τ に鈍感なアルゴリズムであることがわかる。

3. おわりに.

仮想的に粘性ひずみを発生させることを繰り返すという手法は、あくまで“仮想”であるため、釣り合い式や適合式を満足させても複数の方法が考えられる。これらの内、粘性イタレーションを制御するパラメータに鈍感なものほど使い勝手が良い。今回2つの仮想粘性アルゴリズムについて、仮想粘性計算を支配しているパラメータの計算を比較してみたが、これらの違いは、発生させる仮想粘性ひずみの大きさを仮想粘性イタレーションのどの時点で定めるかである。結果は仮想粘性ひずみの大きさは、イタレーション中でその都度更新していく方が、イタレーションを制御するパラメータには鈍感な事が分かった。しかしそれ以上に、少しのアルゴリズムの違いによって、驚くほどパラメータに対する感度変化することが重大である。仮想粘性法を用いる時に、注意していかなければならない点であると言える。

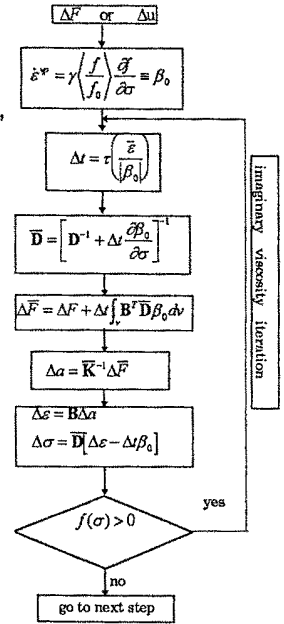


図 3 仮想粘性アルゴリズム2

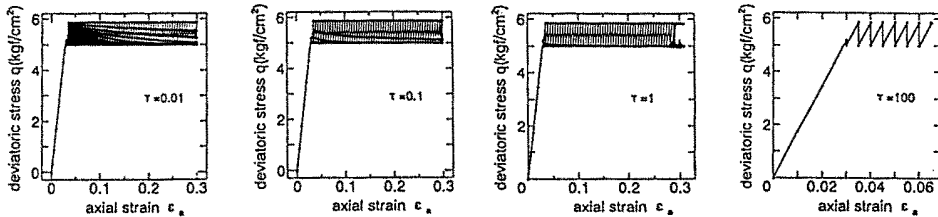


図 4 弾・完全塑性体の応力～ひずみ関係（図 2 のアルゴリズムの場合）

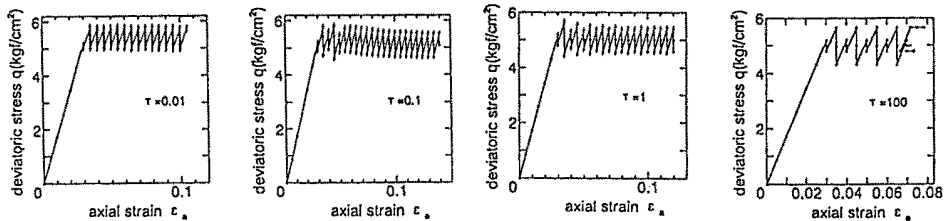


図 5 弾・完全塑性体の応力～ひずみ関係（図 3 のアルゴリズムの場合）

参考文献

- 1) Zienkiewicz, O.C. and Corneau, L.C.: Visco-plasticity and creep in elastic solids - A unified numerical solution approach, International Journal for Numerical Methods in Engrg., Vol. 8, pp. 821-845, 1974.
- 2) 小林 正樹：有限要素法による地盤の安定解析，港湾技術研究所報告 第23巻 第1号，1984.