III-198 弾粘塑性構成式を用いた有限要素解析のアルゴリズムについて

京都大学大学院 学生員 ○良峰 透
京都大学大学院 学生員 飯塚 敦
金沢大学工学部 正員 太田 秀樹
京都大学工学部 正員 畠 昭治郎

1、はじめに

関口・太田の提案した弾粘塑性構成式[1]を用いた有限要素法プログラム(DACSAR)[2]を開発し、現場の変形・応力解析を試みてきた[3]。しかし、非線形の構成式を組み入れるにあたってEuler法的な増分アルゴリズムを用いているため解の誤差の蓄積が心配される。そこで、従来の増分形アルゴリズムに、予測子・修正子による収束計算をとり入れたのでその内容を報告する。

2、アルゴリズムの改良

今回用いた有限要素プログラム(DACSAR)の基礎式を図-1に示す。要素剛性マトリックスは、赤井・田村の方法[4]にならって図-2,図-3に示した手順で得られたものである。図-3中に示したように展開された弾粘塑性構成式に対して2次のルンゲクッタ法による予測子・

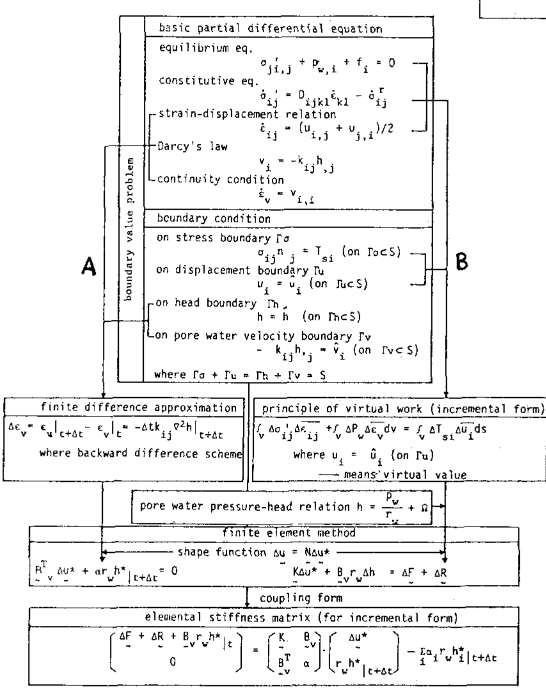

図-1 有限要素プログラムの基礎式

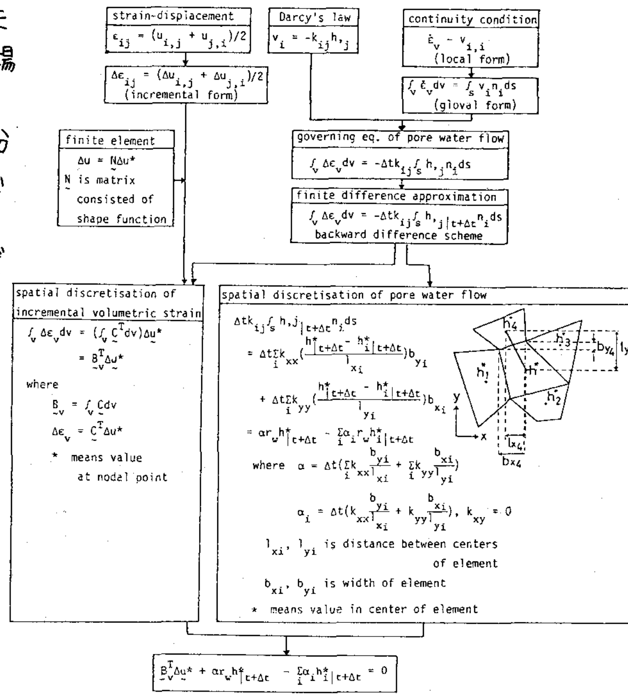

図-2 図-1のA(間げき水)の内容

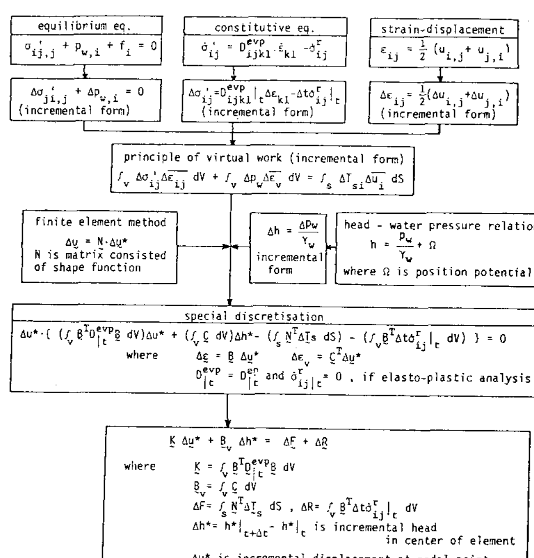

図-3 図-1のB(構成式)の内容

修正子法[5]を適用すると、図-4の(1)式を得る。時刻tからΔtの時間増分に対し、予測式 $\tilde{\sigma}'|_{t+\Delta t}$ を用いて図-4中の1)~3)の手順にしたがって反復計算を行ない、収束した時点における $\Delta\sigma'$, $\Delta\varepsilon$ の値をそれぞれ応力増分, ひずみ増分とする。収束の判定には図-4(2)式に示した正規化したひずみ量を用いた。図中、kは反復回数を表わしている。今回は最も簡単な予測子・修正子法の適用を示したが、高次のルンゲクッタ法による予測子・修正子法の適用も可能である。なお、プログラムの改良は比較的容易に行なえる。

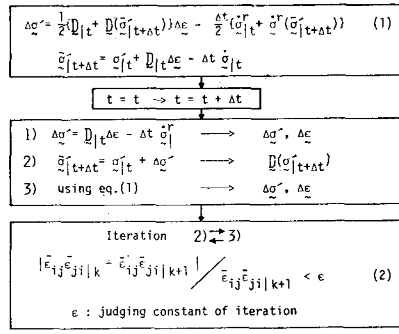

図-4 反復計算のスキーム

3、改良プログラムによる解析

図-5(a)に示した境界条件を設定し、図-5(b)に示した3方向へのせん断に対しての従来の増分計算の結果と収束計算をとり入れた場合の計算結果とを比較した。載荷は $\Delta t = 10.0\,\mathrm{min}$ に対して $\Delta\sigma = 0.03\,\mathrm{kg/cm^2}$ をくり返して行なった。図-6には得られた有効応力経路を、図-7には応力-ひずみ関係を示す。また、図-8には伸張せん断の場合(図-5(b)参照)の収束状況を示す。図-8(a)は、収束判定に用いた収束関数値(図-4(2)式)の収束状況を、図-8(b)は載荷ステップごとの収束に要した反復回数を、それぞれ表わしたものである。収束判定値εには、今回は 1.0×10^{-3} を用いた。各増分ステップとも、1~4回の反復計算で収束している。図-8中の記号A,B,Cは、図-6中の記号に対応しているが、応力制御の解析に対してひずみ量で収束判定を行なっているためか、破壊に近づくにつれて収束性が悪化してくる。

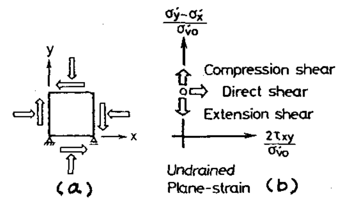

図-5 計算に用いた境界条件

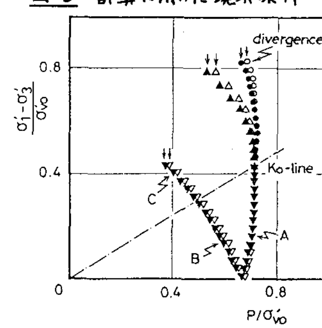

図-6 有効応力経路の比較

4、おわりに

現場の解析においては、施工期間や施工段階などの制約により、増分ステップを十分に細かくすることが難しい場合がある。今回、プログラムの修正にともなう煩雑さをできるだけ避け、既存の増分形アルゴリズムに簡単な反復計算を組み込み、解の精度の向上を目指した。しかし、収束判定方法や、増分段階におけるΔtの大きさと収束性の関係などに関して、さらに検討を進める必要があると思われる。

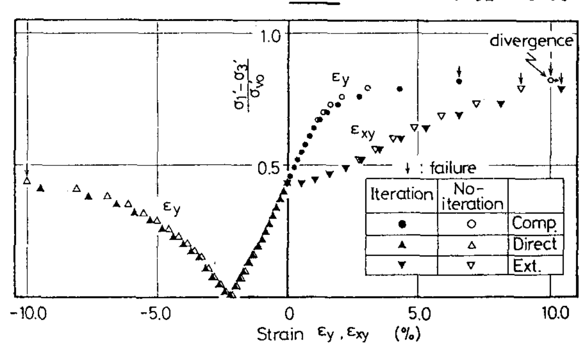

図-7 応力-ひずみ関係の比較

5、参考文献

1) Sekiguchi and Ohta (1977), 9th ICSMFE, Session 9
2) 太田・飯塚(1983), 京都大学工学部土木工学科施工学研究室
3) 例えば 太田・飯塚(1984), 第19回土質工学研究発表会
4) 赤井・田村(1978), 土木学会論文集 第269号
5) 藤田 訳(1982), 数値計算法, 日本コンピュータ協会

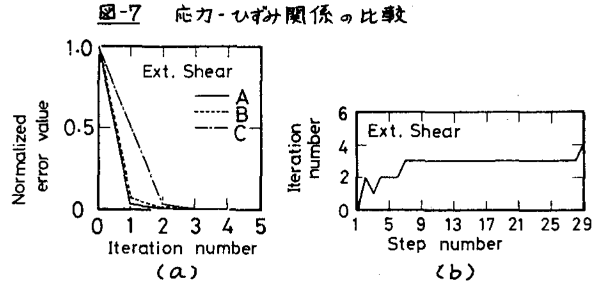

図-8 反復計算の収束状況