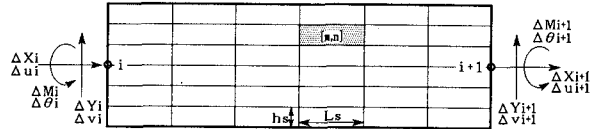


東京工業大学工学部 正員 吉田 裕
東京工業大学大学院 学生員 ○中野 修

1. はじめに 増分法による非線形解析では、増分ごとに反復収束計算を行なうために、膨大な計算量を必要とする。特に材料非線形を伴う場合には、その評価法の微妙な違いが収束性や得られる弾塑性分布の信頼性に大きく影響することになる。そこで本研究では、Newton-Raphson法に代表される反復収束計算による、平面骨組構造の大変形を伴う材料非線形解析を対象として、比較的大きい増分のもとでも安定に、妥当な弾塑性応力評価が可能な過程を具体化することを目的として、幾つかの弾塑性評価過程を比較検討した結果を報告するものである。

2. 部材内部の応力評価法 ここでは 図-1 に示すように、対象とする部材要素を長さ、高さの各方向にさらに適切な数に分割して定義される小要素を導入し、それぞれの小要素の中心における応力値を評価し、弾塑性判定を行なう方法を採用している。



(図-1) 小要素分割概念図

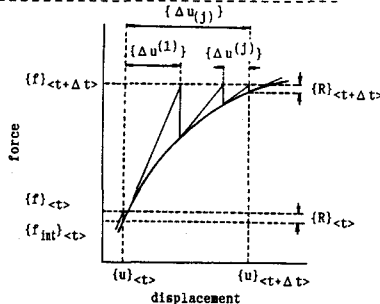
3. 収束計算に基づく弾塑性評価過程の検討 本研究では、①. 収束計算における弾塑性判定のアルゴリズムの違いによる分類、②. 小要素の応力評価の違いによる分類、の2つの観点を組み合わせることによって得られる解析結果を比較検討し、評価過程の妥当性について考察する。

①. 収束計算における弾塑性判定のアルゴリズムの違いによる分類

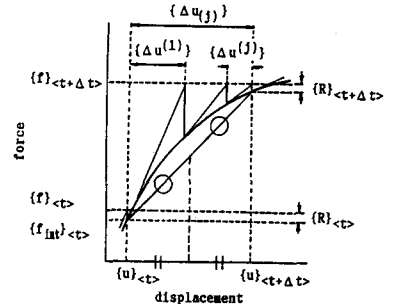
(A). 図-2 において、 $\langle t \rangle$ から

$\langle t + \Delta t \rangle$ を求める収束計算過程で解が更新される度に弾塑性判定をする方法

(B). 図-2 において、1増分の反復計算の間では材料定数を変えずに、収束後、収束点で弾塑性判定をする方法



(図-2) 収束計算概念図



(図-3) 2段階評価法の概念図

(C). 図-3 において、1増分を収束させた後、得られた変位増分の中間点で弾塑性判定をし、材料定数の分布を定め、再度同じ増分を収束させ、収束点で再び弾塑性判定する2段階による方法

②. 小要素の応力評価の違いによる分類

(7). 部材要素内の変位の補間関数に基づいて、ひずみの分布を評価し、得られたひずみに対応する応力を直接評価する方法

(4). 節点を挟む要素の応力値の連続性を保つため、部材端における節点力とのつり合い条件を満たすように、要素内部の各小要素の応力を再評価する方法

4. 解析結果に基づく比較検討 図-4 に示す山型はりを対象として、動的解析を行った。収束計算過程で解が更新される度に弾塑性判定をする方法(A)では、収束過程にある不確定な応力挙動によって除荷などの判断がなされるために、塑性域発生後すぐに収束解を求めることができなくなる。したがって、3. における(B)、(C)と(7)、(4)の組み合わせによる4通りを比較の対象とする。

結果の妥当性を判断するために、非常に小さい時間増分で解析して得られる結果を判断の目安とする。

(図-5. (b))

解析結果を目標解と比較して示したものが図-5.(c),(d),(e)である。

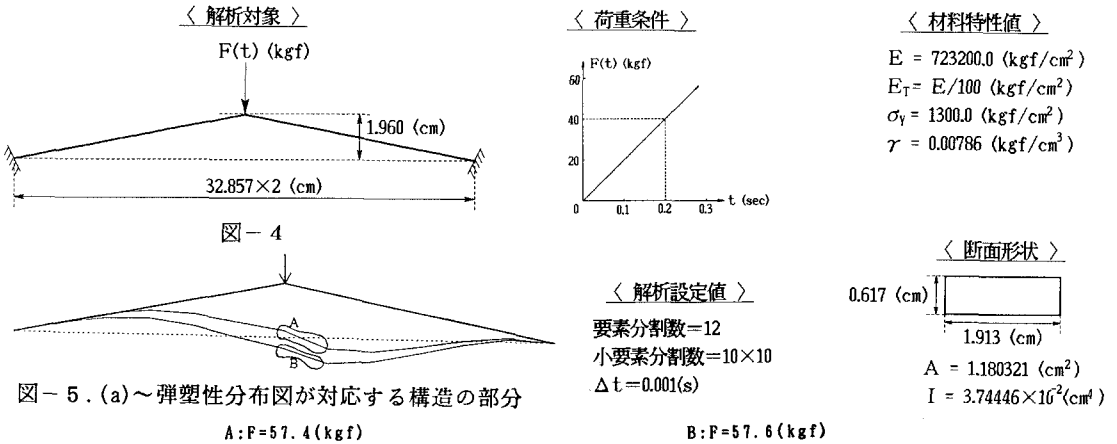


図-5.(a)~弾塑性分布図に対応する構造の部分

A: P=57.4(kgf)

B: P=57.6(kgf)

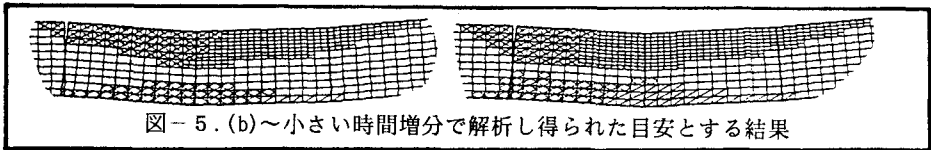


図-5.(b)~小さい時間増分で解析し得られた目安とする結果

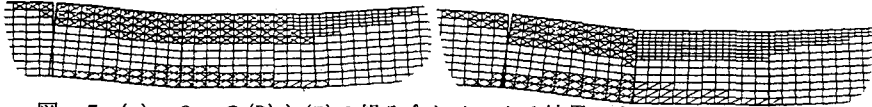


図-5.(c)~3. の(B)と(7)の組み合わせによる結果

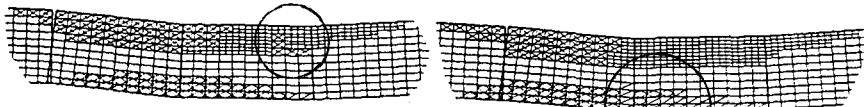


図-5.(d)~3. の(C)と(7)の組み合わせによる結果

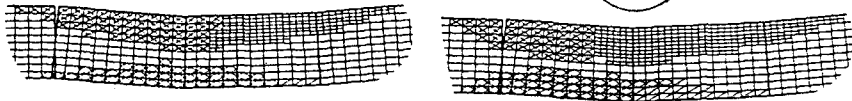


図-5.(e)~3. の(C)と(1)の組み合わせによる結果

☒ 塑性状態(圧縮) ☒ 塑性状態(引張) ☒ 除荷状態(圧縮) ☒ 除荷状態(引張)

図-5 弾塑性分布図

5. 得られた結果について 目標解である図-5.(b)と比べて、(d)では、○印の部分に見られるように節点を挟んで塑性域が不連続に評価される可能性がある。(e)ではこの不連続領域が無くなり、より目標解に近いものとなっている。(c)から(e)へと経緯するにつれて、増分を相対的に大きくとっても比較的滑らかで妥当な応力分布が求められている。

6. おわりに 本来、空間的にも時間的にも連続的に分布する塑性域の進展を、有限な増分のもとでの、離散的に設定された有限な数の評価点で求めなければならないのであるから、大変形を伴う弾塑性解析には本質的な困難が内在する。ここでは、比較的大きな増分でも妥当な結果が得られる弾塑性評価法を目指して比較検討を試みた。

参考文献 1)吉田 裕・ほか：動的大変形解析における弾塑性評価過程に関する基礎的検討，構造工学における数値解析に関するシンポジウム論文集第15巻，1991年7月