

画像解析を用いた有限歪の計測に関する基礎研究 (単軸引張後に単純剪断を与える場合の歪計測について)

Fundamental Study on Finite Strain Measurements using Image Analysis (Strain Measurements under Large Simple Shear after Uni-axial Tension)

○尾澤 俊明¹, 富士 洗介², 二見 将弘², 加藤 保之³

Toshiaki OZAWA¹, Kousuke FUKUSHI², Masahiro FUTAMI², Yasuyuki KATO³

Abstract: The measurement method for finite strain based on the image analysis is suggested by using the Natural Strain theory. The effectiveness of this method has been verified by comparing the strain measurement of image analysis with the conventional measurement based on the displacement meter. In this paper, the progress of local deformation is examined by changing the loading history. Especially, the local deformation that is generated under shear deformation after applying tension is examined by changing the magnitude of tensile deformation.

1. 緒言

本研究では画像処理を用いた歪の測定に着目し、大変形下における画像解析に対して本研究で提唱する自然歪理論の長所を有効に活用して研究を進めて行くことにする。前報までの研究では、局部変形が発生して以降の変形に着目して、単軸引張と変形と共に剛体回転が発生する単純剪断に対して研究を行ってきた。その結果、単軸引張の場合では、画像解析と変位計による測定結果に差異が生じることが明らかとなり、また、試験片の上部と中央部の画像を比較することによって、局部変形が顕著に発達する中央部画像の結果が最も現実の応力と歪の挙動を表していることが明らかとなった。一方で、単純剪断では、ストレッチ量 $\lambda=2.6$ まで大変形を加えているにもかかわらず、上部と中央部の画像の測定結果にあまり差異が生じないことが明らかとなった。

本論文では、これらの単軸引張と単純剪断の複合変形を研究対象とし、変形の比率や履歴を変えて、試験片の上部と中央部の画像解析の測定結果や変位計の測定結果を比較することで、局部変形の発達状況を調べていくことにする。特に本報では、変形履歴の影響を調べるために引張と剪断の複合変形の中でも、単軸引張の後に剪断を加える場合を研究対象に選び、最初に与える単軸引張の変形量を段階的に変えて実験を行い、剪断の変形過程で生じる局部変形の発達状況を調査する。

2. 実験方法

引張と振りを同時に作用させることのできる多軸負荷試験機を用いて単軸引張と単純剪断の複合変形の実験を行った。実験では、延性材料の中でも特に純度の高いタフピッチ銅(純度 99.99%)の焼き鈍し円筒試験片(外径 22[mm], 内径 16[mm], 標点間距離 30[mm])を採用し、図 1 に示すように試験片の表面には、画像測定のために予め等間隔(1.92[mm])の格子状の罫書き線を描き、その円筒試験片を多軸負荷試験機に装着した後に引張荷重ならびに

トルクを加え画像の測定を行う。画像測定は、2台のカメラを用いて最初に局部変形が起こり始める試験片の中央と、中央から上方に 11.52[mm]離れた位置の微小要素に対して行う。なお、試験片に与える単軸引張のストレッチ量は $m(\lambda)=1.16[-]$ と $m=1.26[-]$ および $m=1.36[-]$ の大きさの異なる三経路について実験を行う。測定に使用したカメラは、Canon 製の高画素カメラ(最大画素 2110 万画素)である。測定した画像から微小要素(図 1(b)参照)の 4 点の座標位置 OABC を測定し、3 本の線素の伸び歪を幾何学的に奥行きを修正を行い自然歪理論に基づき求める。

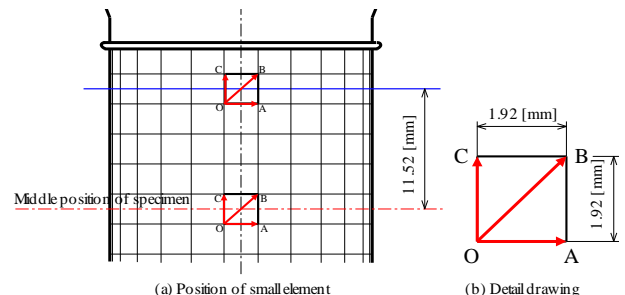


Fig.1 Specimen and position of small elements

3. 実験結果と考察

測定した画像の一例を、図 2 に示す。図中の (I), (II), (III) は引張の変形量を $m=1.36$, 1.26 , 1.16 とそれぞれ変化させたときの試験片の画像を表している。ここで、(i) は試験片の上部、(ii) は試験片の中央部であり、図中の記号 a, b は引張の変形過程の終了時と剪断の変形過程終了時の画像を意味する。これらの経路の剪断変形後の画像を比較すると、引張を $m=1.36$ 与えた画像は引張の段階で局部変形が既に大きく起きているために上部と中央部の画像に大きく差異がみられ、中央部のみが剪断変形し、剪断変形の初期の段階から局部変形が発達する。一方で、引張を $m=1.26$, と $m=1.16$ 与えた場合の画像の結果からも剪断の過程で試験片の上部と中央部画像に差異が生じるが $m=1.26$ の方が差異が大きいことがわかる。

1: 日大理工・学部・機械, 2: 日大理工・院(前)・機械, 3: 日大理工・教員・機械

次に図 3, 4, 5 は画像解析から求めた偏差主応力 S_I と偏差主歪 e_I の関係を, 従来の変位計を用いた測定結果と比較したものである. ここで図 3 が引張の変形量 $m=1.36$, 図 4 は $m=1.26$, 図 5 は $m=1.16$ 与えた後に剪断を加えたときの測定結果である. また, 図中の \blacklozenge が変位計による測定結果であり, \square が上部画像, \circ が中央部画像より求めた測定結果である. 図中の a, a' は引張過程終了時の画像解析と変位計の結果を, b, b' は剪断変形過程終了時の画像解析と変位計の結果を,

画像解析と変位計の結果を, また, (i), (ii) は, 上部および中央部の測定結果をそれぞれ示している. これらの結果より, 図 3 は, 剪断変形を加える初期の段階から上部と中央部の結果に大きな差異が生じている. これは, 引張の変形過程で既に発生する局部変形による断面形状の変化に起因するものと考えられる. 一方で, 図 4 と図 5 は引張の変形過程ではまだ一様変形下であるにもかかわらず剪断を与えた後の上部と中央部の画像解析の結果に差異がみられる. これは引張の変形過程から試験片の場所ごとに歪硬化の発達が異なるためであると考えられる.

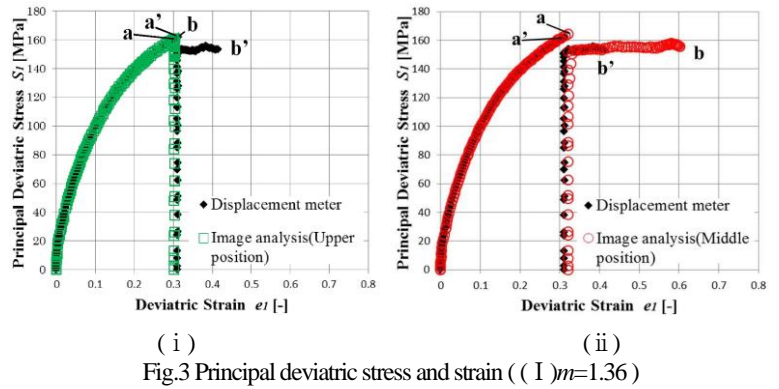
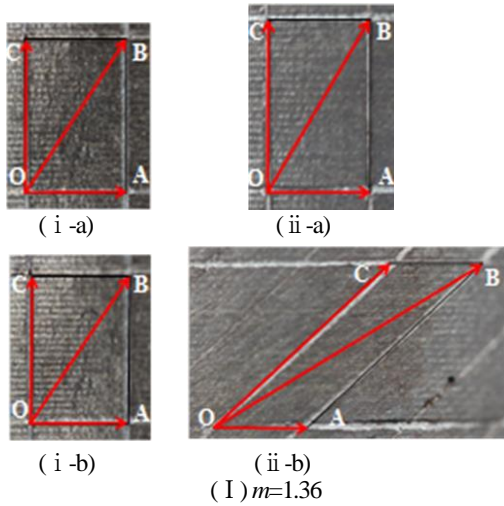


Fig.3 Principal deviatoric stress and strain ((I) $m=1.36$)

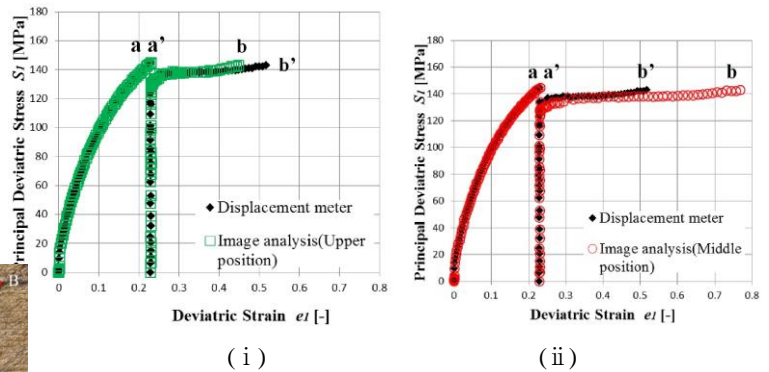
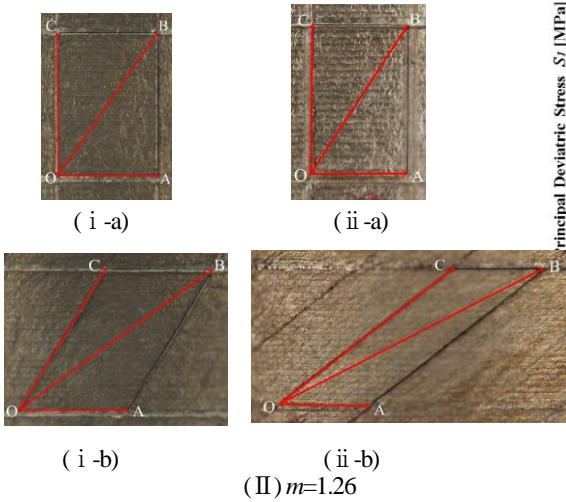


Fig.4 Principal deviatoric stress and deviatoric strain ((II) $m=1.26$)

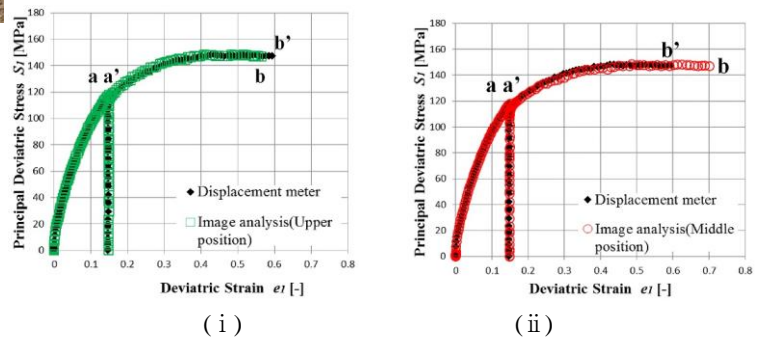
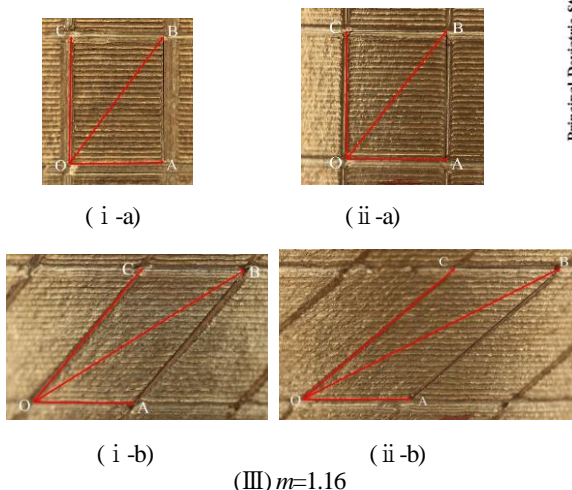


Fig.5 Principal deviatoric stress and deviatoric strain ((III) $m=1.16$)

4. 結言

最初に与える単軸引張の変形量を段階的に変えて実験を行った結果, 引張の変形を小さくすると引張の変形過程では, 局部変形は発生しないが, その後の剪断変形下の過程では剪断変形が増大するにつれ上部と中央部の画像の結果に差異が生じることが明らかとなった.

Fig.2 Comparison of photograph in each small element