

自然歪を用いた有限変形の弾塑性解析
単純剪断の予変形後に得られる硬化係数の分布と降伏曲面について

Finite Deformation Analysis using Natural Strain

Yield Surface and Distribution of Hardening Modulus obtained after Pre-deformation of Large Simple Shear

塚原 矩¹, トン ド ウック トウソ¹, 大塚 悠司², 風間 晶博², 加藤 保之³

Tadashi TSUKAHARA¹, Thuan TRAN DUC¹, Yuji OTSUKA², Akihiro KAZAMA², Yasuyuki KATO³

Abstract: The Natural Strain is obtained by integrating an infinitesimal strain increment on identical line element. Hence, this theory has merits that can remove the rigid body rotation from the rotating angle of a line element and it can satisfy the addition rule of strain on an identical line element. In our previous report, the configuration of the yield surface obtained after giving the pre-deformation of uni-axial tension has been examined by performing the proportional loading tests for tension and torsion. In this paper, the modulus of strain hardening h for various directions are investigated to the pre-deformation of large simple shear and the configuration of the yield surface is estimated.

1. 緒言

これまでの研究では、自然歪理論を用いて単軸引張の予変形に対して予変形後に得られる降伏曲面の形状を調べ、異方性の発達メカニズムを明らかにしてきた。本論文では、さらに変形の増加にともなって剛体回転が発生する単純剪断の予変形に着目し、その降伏曲面の形状を調べる。ここでは、従来の耐力による降伏応力の推定方法ではなく、予変形を与えた試験片に対して応力空間内の任意の方向に比例負荷を加えて得られる偏差主応力-偏差主歪線図の接線係数から降伏前後の歪硬化係数 h を求めて降伏応力の値を推定する。

2. 歪硬化係数 h の算出と降伏曲面の決定方法

単純剪断の大きな予変形を与えた試験片に対し、引張と剪断の比率を種々に変えて得られる応力と歪の測定値を基にして偏差主応力-偏差主歪線図を描き、歪硬化係数 h ならびに降伏応力の値を決定する方法について述べる。図 1 は、予変形後の比例負荷実験の中でも、応力主軸の方位が 45[deg.] (すなわち、単純剪断) と、135[deg.] (すなわち、逆方向の単純剪断) の場合の偏差主応力-偏差主歪線図を模式的に描いたものである。この図のように降伏の直前に偏差主応力-偏差主歪線図は、緩やかな曲線を描くため、降伏応力を明確に決定することはできない。

そこで一般に、残留歪 (図中の e_{1r}) の値をある値に定めて降伏応力を決定する耐力による方法がとられている。

しかしながら、この降伏応力の決定方法では、逆方向の単純剪断 (応力主軸の方位が 135 [deg.] 側) では、更に緩やかな曲線となり、図中の C' 点のように降伏応力を小さな値に推定してしまい現実の降伏の現象を的確に表し

ているとはいえない。

まずここでは、曲線領域の偏差応力の実験式を以下のように定式化する。

$$S_1 = a (1 - \exp(-be_1)) + ce_1 + d \quad (1)$$

ここで、式 (1) を微分すると次式となり、

$$\frac{dS}{de} = -ab \exp(-be) + c \quad (2)$$

歪硬化係数 h を式 (3) のように求めることができる。

$$h = \frac{2G}{d S_1} - 1 \quad (3)$$

この h の値が予変形時 (図 1 の緑色の線) の既知の降伏応力に基づいて推定したある値以上になった時の応力をもって、降伏応力と定義することにする (ただし、式 (1) 中の係数 a, b, c, d の値は、実験値より決定し、式 (3) 中の G は、変形の初期の段階 (微小変形下) で得られる剪断弾性係数とする)。

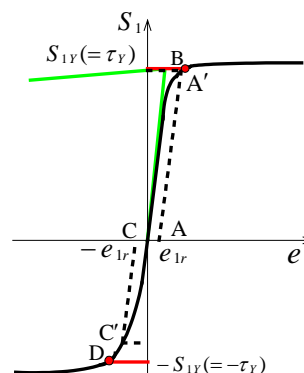


Fig.1 Relation between deviatoric stress and deviatoric strain after pre-deformation

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

