

## 単軸引張試験における局所くびれ開始位置の計測方法

日大生産工(院) ○佐藤 健太 日大生産工 前田 将克  
日大生産工 鈴木 康介 元日大生産工 高橋 進

### 1. 緒言

現在、塑性加工用の金型開発では、コストを低減し、開発期間を短縮するために、FEM解析が広く行われている。多くの場合、せん断部品は、それらの表面が他の部分の表面に沿ってしゅう動するときに非常に重要であり、せん断表面を考慮する必要がある。せん断部品の成形プロセスを開発するためには、非常に多くの時間が掛かる。そのため、せん断面を評価するためのFEMによる数値シミュレーションを正確に行うことでの開発時間を短縮することが可能となる<sup>1)</sup>。破壊予測には、一般的に広く使用されているCockcroft-Lathamの式<sup>2)</sup>を延性破壊の基準としている。FEMによる破断シミュレーション精度は局所くびれの起点に依存するため、くびれの起点を正確に予測することにより、破断予測の精度が高くなると考えられる。また、くびれの起点を正確に予測するためには、局所くびれ開始位置を正確に測定する方法が必要であると考えた。そこで本研究では、局所くびれ開始位置の正確な予測を行うための引張試験中の局所くびれ開始位置、「レーザ変位計」「ビデオ伸び計」の2つの計測による方法を検討した。また、各測定法での精度について比較検討を行い、有効性について検証を行ったので報告する。

### 2. 試験方法

#### 2.1. 試験片

評価に用いる引張試験片材料としては、冷間圧延用鋼板(SPCC)を用いた。試験片の形状はJIS5号、厚さは1 mmの試験片を用い、試験片の詳細な寸法はFig. 1に示す。引張試験装置には、万能材料試験機を使用し、引張速度は1mm/minとした。

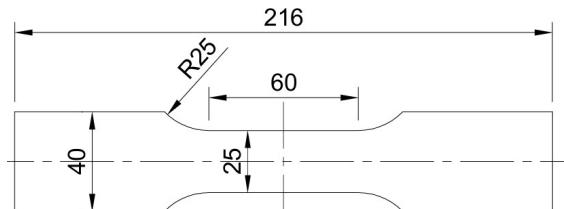


Fig. 1 Dimensions of test piece

### 2.2. レーザ変位計による計測

2次元レーザ変位計を用いて引張試験中における試験片の長手方向の表面形状を計測することで、局所くびれ開始時のひずみを計測した。レーザを照射した試験片をFig. 2に示す。レーザは試験片中央を通るように照射を行った。最大荷重時と局所くびれ発生後の計測結果をFig. 3に示す。Fig. 3に示すようにくびれ深さは、最大荷重時と各フレームにおける表面形状の座標の差の最大値として求めた。最大荷重以降のくびれ深さとひずみの関係をFig. 4に示す。Fig. 4よりくびれ深さは、当初は徐々に増えているが、ある点を過ぎると急激に増加しているのが確認された。徐々に増えている初期の部分は、拡散くびれであると考えられ、急激に深さが増加している部分が局所くびれであると考えられる。そのため、このくびれ深さの推移変曲点が、局所くびれ開始位置と考えられる。最小二乗法を用いて近似線を引き、交点を局所くびれ開始時のひずみとした。

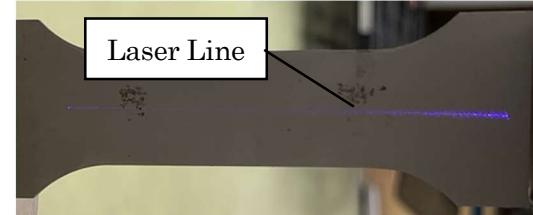


Fig. 2 The specimen surface irradiated with the laser

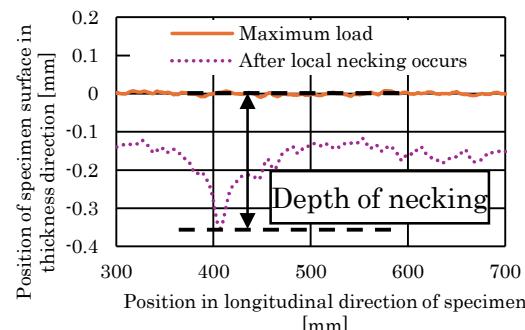


Fig. 3 Change in profile of specimen

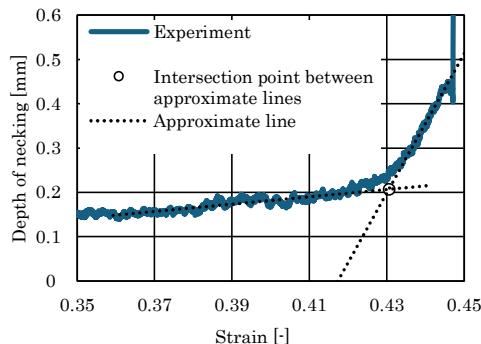


Fig. 4 Relationship between depth of necking and strain

### 2.3. ビデオ伸び計による計測

局所くびれが発生するとくびれ部分に変形が集中し、くびれ以外の部分は応力が除荷されることでスプリングバックが発生する。そこで、試験時の評点を撮影した動画を用いて、スプリングバックを検出することで局所くびれ開始時のひずみを計測した。Fig. 5に示すように試験片に評点を4点貼り引張試験を行った。本試験は評点番号(2)と(3)の間で局所くびれが発生したため、評点番号(1)と(4)の間のひずみを計測した。評点番号(1)と(2)の間のひずみ(Strain 1)と評点番号(1)と(4)の間のひずみ(Strain 2)の関係をFig. 6に示す。Fig. 6はある点を境にスプリングバックが発生したことでStrain 1が急激に減少している。この点から局所くびれが開始したと考え、最小二乗法を用いて近似線を引き、交点を局所くびれ開始時のひずみとした。

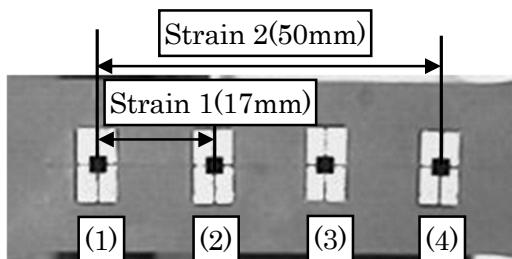


Fig. 5 Specimen with four-gauge points

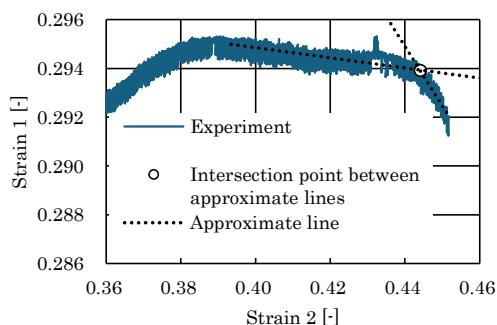


Fig. 6 Relationship between 1 and 2

### 3. 試験結果

各計測方法での局所くびれ開始点のひずみをFig. 7に示す。2種類の計測方法のうち、レーザ変位計での局所くびれ開始のひずみの方が小さかった。より小さいひずみが示された計測方法が、早い段階で局所くびれ発生を計測できており、正確であると考えた。以上より、レーザ変位計は局所くびれ初期の検出が可能で、ビデオ伸び計より精度が良いといえる。「レーザ変位計」では、照査されるレーザを読み取ることや、試験片への作業などは行わないため外的な影響を受けにくく、精度が高かったと思われる。「ビデオ伸び計」は、計測範囲を細かく分けることが出来ない為、微小な変位の計測では精度が悪い。そのため、スプリングバックの検出による局所くびれ開始位置の計測には向きであったと考えられる。

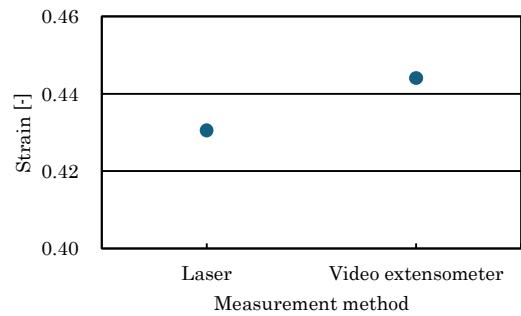


Fig. 7 Comparison of measurement accuracy

### 4. 結言

本研究では以下のような知見を得ることができた。

- 1) レーザ変位計による表面形状の計測とビデオ伸び計による2種類の方法を提案し、局所くびれ開始位置を計測することができた。
- 2) 2種類の提案した方法では、レーザ変位計による方法が精度が高かった。

### 参考文献

- 1) Takamura M, Journal of the JSTP, 35-620 (2012), 17-20
- 2) Cockcroft M G and Latham D J, Journal of the institute metals, 96 (1968), 33-39
- 3) Shimizu D, Takahashi S, Sunaga H, Takamura M, Mihara S and Oohashi E, 6th Pacific-Asia Conference on Mechanical Engineering, (2017), USB