

引張試験におけるひずみ計測点の大きさによる試験結果に及ぼす影響

日大生産工(院) ○磯野 佑介 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

近年、地球温暖化が国際的な問題となっており¹⁾、環境負荷低減のために自動車の走行時の排ガス抑制が求められ、車両の軽量化が進められている。軽量化材である高張力鋼板の車体への適用が進められているが、当該材料は普通鋼板に比べ強度が高く、スプリングバックが大きくなるため金型開発に多大な時間とコストが必要である。現在、金型形状の検討に使用されている数値シミュレーションには、引張試験結果が必要であるが、近年、試験中のひずみ分布が計測可能な画像相関法DIC(Digital Image Correlation)の適用が広がっている。DICでは、塗料のスプレーによるランダムパターンを画像処理でひずみを求めることができる。しかし、人によってスプレーの濃さや点の大きさにばらつきがあり、試験結果に大きな影響を及ぼす可能性が懸念される。また、均一なランダムパターンの作成には熟練が必要である。

そこで本研究では引張試験片表面にレーザー加工を用いて、任意の丸点を付けて計測できる実験を行った。レーザー加工による点の大きさを変化させて、最適な丸点直径も検討を行った。また、スプレーによるランダムパターンの試験片による結果と比較を行い、ランダムパターンがひずみの計測および応力-ひずみ線図に及ぼす影響について検討を行ったので報告する。

2. 試験材料

試験片は、980MPa級の高張力鋼板を使用した。試験片形状はJIS13B号を使用し、板厚は1.2mmとした。試験片形状をFig.1に示す。

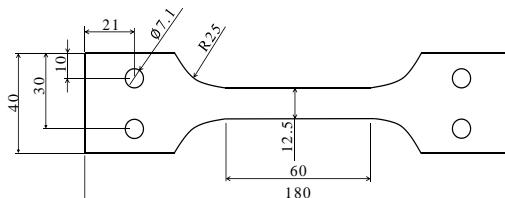


Fig.1 Specimen shape (JIS13B)

3. 実験方法

3.1 引張試験及びランダムパターンの作成方法

試験機をFig.2(a)に示す。引張試験には万能試験機(オートグラフ AG-X100kN 島津製作所製)を使用した。試験片表面に白色の塗料をスプレーした後に、レーザーにより直径が0.3, 0.5,

1.0mmの丸点によるランダムパターンを作成した。ランダムパターンの作成にはMatch IDを使用した。丸点の大きさにかかわらずランダム性は一定としてパターンを作成した。レーザー加工機はFig.2(b)に示すOh-Laser社製のHAJIME²⁾を使用した。レーザーによる試験片への影響を最小限にするために、加工時のレーザー出力を制御して、白色の塗料のみが除去されるようにした。直径が0.3mmの丸点によるランダムパターンのレーザー加工を施した試験片をFig.3に示す。試験片の軸方向のランダムパターン作成長さは80mmとした。同様に直径0.5mmをFig.4、直径1.0mmをFig.5に示す。また、一般的に使用されている黒色のスプレーを用いたランダムパターンを有する試験片をFig.6に示す。引張試験中のランダムパターンの撮影はnac社製の高速度カメラを用いた。カメラの画素数は1280×240ピクセルでフレームレートは100fpsとした。



a) Tensile testing machine b) Laser processing machine

Fig.2 Experiment apparatus



Fig.3 0.3mm laser pattern on the tensile test specimen

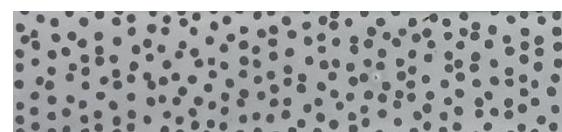


Fig.4 0.5mm laser pattern on the tensile test specimen

Effect of measurement point size on test results in tensile tests

Yusuke ISONO, Masakatsu MAEDA, Kosuke SUZUKI and Susumu TAKAHASHI

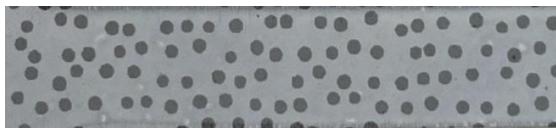


Fig.5 1.0mm laser pattern on the tensile test specimen

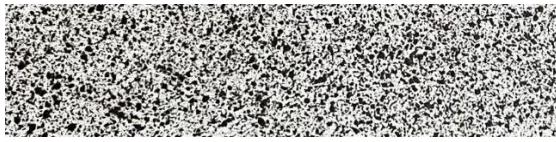


Fig.6 Speckle pattern with black point on the tensile test specimen

3.2 ひずみの計測方法

引張試験中の斑点塗布部をカメラ撮影し、画像をサブセットと呼ばれる微小領域に分割する。変形前と後でサブセットを探査することにより、サブセットの移動量から変位を測定することができ、試験片に作用したひずみ分布が求められる。

4. 試験結果

レーザー加工により直径 0.3mm から 1mm まで変化させた丸点のランダムパターンを施した試験片を引張った時の応力-ひずみ線図を Fig.7 に示す。ひずみの計測は、Match ID を使用して、試験片の中心軸に沿って試験片中心部の 50mm の範囲で行った。丸点直径 1.0mm は白色の部分の割合が大きくなつたために、解析中に丸点を追うことが困難となり、ひずみの計測が行うことができない部分があった。Fig.7 にはひずみの評価長さを JIS で規定された長さ(50mm)位置での丸点直径 1.0mm の結果を示しているが、丸点直径が 1.0mm ではひずみの評価長さを短くしても、安定的に計測することができなかつた。また、丸点直径 0.3, 0.5mm では、どちらもひずみ計測を安定的に実施できており、両社に差は見られなかつた。

次に、レーザー加工で 0.3mm の丸点付けを行つた結果とスプレーで点を付けた結果を比較したグラフを Fig.8 に示す。レーザー加工の丸点径は、前述の結果から点丸直径 0.3mm, 0.5mm ともに差がなかつたため、よりスプレーで付けられた丸点直径に近いと考えられる 0.3mm で比較を行つた。また、丸点径 0.3mm では解析時に黒色のエリアと白色のエリアの面積比率が 50% と近い値となつてゐる。比較結果を見るとひずみ 0.02~0.06 までは同じような応力-ひずみの傾向を示していたが、その前後では乖離確認された。特に破断ひずみは、スプレーがひずみ 0.08 に対して、レーザー加工は 0.1 付近まで伸びていた。また、応力の立ち上がり部に関しても、スプレーとレーザー加工では若干差が出ていることが確認された。今後、ひずみゲージなどを併用してどちらの方がより正確な測定方法であるか確認を実施する。

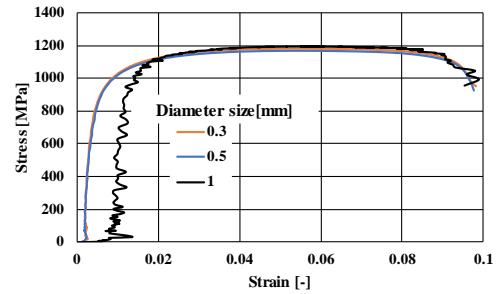


Fig.7 Stress-strain curves in different diameter of laser processed dots

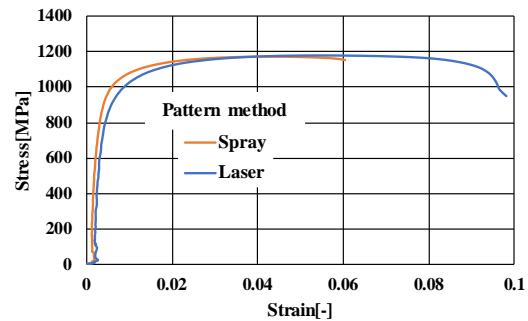


Fig.8 Stress-strain in laser and spray processes dots

5. 結言

引張試験において、DICを用いてレーザー加工で3種類の丸点径とスプレーによる評点付けを行い、以下のような知見を得ることができた。

- 1) レーザー加工の丸点のランダムパターンを用いて、DICによるひずみ計測を行うことができた。
- 2) 白色と黒色の面積割合が1:1になるのが直径0.3mmの時であり、直径1.0mmの時は白色の割合が増加したため画像解析によるひずみの計測が引張の初期と破断時でうまくいかなかつた。
- 3) レーザーで丸点直径が0.3mmまたは0.5mmの場合のランダムパターンを用いることにより応力-ひずみ線図は精度良く計測できた。

参考文献

- 1) 国土交通省:運輸部門における二酸化炭素排出量、(2023-4) https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html (参照日時 2024 年 9 月 25 日)
- 2) レーザー加工機 HAJIME <https://www.oh-laser.com/products/hajime-cl1> (参照日時 2025 年 6 月 24 日)