

木材引張試験における画像相関法によるひずみの測定

村上 了

Measuring strain on tensile test of wood by digital image correlation

Satoru MURAKAMI

画像相関法を用いて木材の引張試験における応力-ひずみ関係を求め、ひずみゲージから求めたそれと比較した。画像相関法とひずみゲージからそれぞれ求めた応力-ひずみ関係はほぼ一致した。一方で、試験中に試験体が面外方向に回転して、画像相関法とひずみゲージから求めた応力-ひずみ関係にずれが生じる場合が一部あった。今後、ステレオ撮影により面外方向のずれを補正する必要性を確認した。

キーワード：画像相関法、ひずみ、引張試験

Keywords: digital image correlation, strain, tensile test

1. はじめに

画像相関法 (Digital Image Correlation, 以下DIC) は二次元的にひずみ分布を把握できる点で、ひずみゲージによるひずみ計測より優れている。一方で、DICに関する撮影機器、撮影条件、解析方法については確立された方法は無く、現在でも精度や解析時間の改良が試みられている。

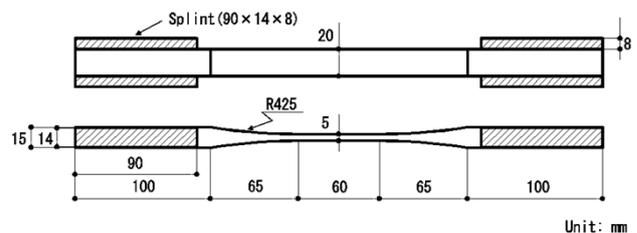
Jones M. C. E. ら¹⁾はDICにおいて推奨される計測、解析方法に関するガイドを提唱している。しかし、実際に精度の高い結果を得るには、測定事例、データを収集しノウハウを蓄える必要がある。

本研究ではDICのノウハウの蓄積のため、木材の引張試験時の試験体表面のひずみを推奨される方法¹⁾に準じてDICで計測し、ひずみゲージによる測定結果と比較した。

2. 供試材と試験方法

試験体は北海道上川地方北部で伐採されたトドマツの原木60本 (長さ3.65m, 末口平均直径28.1 cm ± 4.8 cm) から得た。原木を断面38×127 mmの板339枚へ製材し、人工乾燥させた後、打撃法により動的

ヤング率を測定した。その中から動的ヤング率が9.5～10.5 kN/mm²の板10枚を抜き出し、JIS Z 2101に基づき縦引張試験体へ加工、調製した。試験体の寸法、形状の詳細を**第1図**、試験体外観を**第2図**に示す。添え木にはヤチダモ材を用いた。



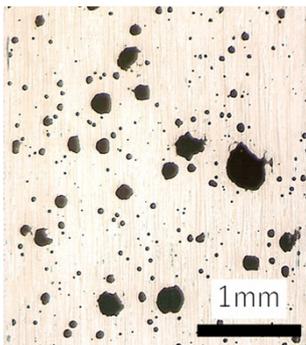
第1図 引張試験体の概要図
Fig.1. Outline of a tensile test piece



第2図 引張試験体
Fig. 2. Appearance of a test piece

*本研究は、平成26年度公益財団法人LIXIL 住生活財団の研究助成を受けて行った。

試験体の板目面に下地剤を塗った後、エアブラシ（Airtex社 EvolutionA、ノズル径: 0.4mm、キャップ先: 砂目用）でランダムドットパターンを付けた。下地材はエアブラシで吹き付ける水性塗料が木材に染みこむことを防ぎ、斑点の大きさをコントロールすることを目的に塗布した。実体顕微鏡により観察したランダムドットパターンの様子を第3図に示す。



第3図 実体顕微鏡による木材表面上のランダムドットパターンの様子

Fig.3. Stereo microscope image showing a view of the random dot pattern on the wood surface

木材を対象としたDICにおけるランダムドットパターンの密度、斑点のサイズの目安には①斑点が画像上3×3画素以上のサイズであること、②相関を調べる枠（以下、サブセット）に斑点が3×3個含まれることが推奨されている²⁾。サブセットは50×50画素の正方形とした。試験前に全ての試験体のランダムドットパターンの様子を実体顕微鏡で観察し、上記の2点の目安をおよそ満足することを確認した。

デジタルカメラ（RICOH社製GR）2台を用い、引張試験中の試験体板目面の両面で5秒ごとに撮影を行った。得られた画像は3246×3246画素、256階調の濃淡画像で、試験体に対する1画素の辺長はおよそ0.02mmである。

DICにより測定されるひずみと比較するため、ゲージ長さ30mmのひずみゲージ（東京測器、PFLW-30-11）を試験体柁目面の中央、両面に1枚ずつ貼った。

弾性域内の撮影枚数が50枚以上になるように、試験の荷重速度は2mm/minとし、加力時間は試験体1体につき10分程度であった。試験機に取り付けた荷重計と試験体断面積から見掛けの応力を計算した。

試験の様子を第4図に示す。DICとひずみゲージによるデータ取得のタイミングを一致させるため、カメラの撮影タイミングとデータロガーによる応力-ひずみを取得するタイミングを秒単位で同期させた。



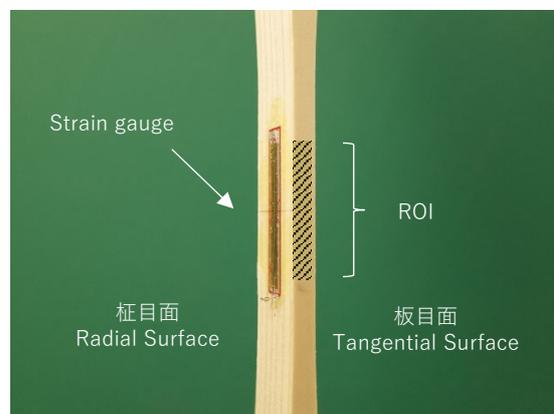
第4図 引張試験の様子

Fig. 4. Settings of the tensile test

3. DICの解析条件

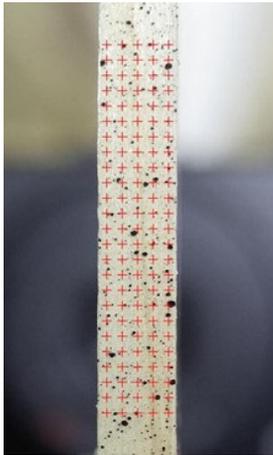
画像上で試験体の主軸（中心線）が垂直になるよう補正した。柁目面に貼り付けたひずみゲージと同じ水平位置（第5図）の画像上に50画素間隔に節点（参照となるサブセットの中央）を置いた。参照となる画像（加力開始前の画像）のひずみ解析を行う領域（以下、ROI）に合計125（5×25）個の節点（第6図）を設定した。各節点の移動量の計算にはMathworks社 Matlab R2017b及びシエアウェアのDigital Image Correlation 2014a（必要となるToolbox: Optimization Toolbox, Image Processing Toolbox）を用いた。

ひずみは隣接する4つの節点の位置関係から求めた。4つの節点に囲まれた要素の一边は約1mmに相



第5図 ひずみゲージとROIの位置関係

Fig. 5. Location of strain gauge and ROI

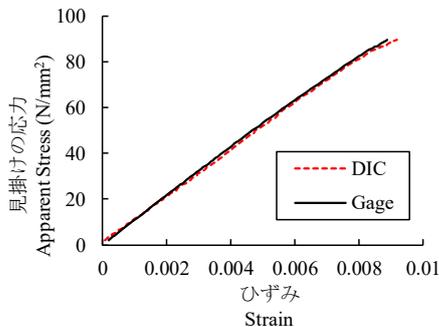


第6図 格子状に配置した節点(十字の点)
Fig. 6. Nodes in a grid pattern (crosses)

当する。計96個の要素から平均化した試験体主軸方向のひずみを計算した。

4. 結果と考察

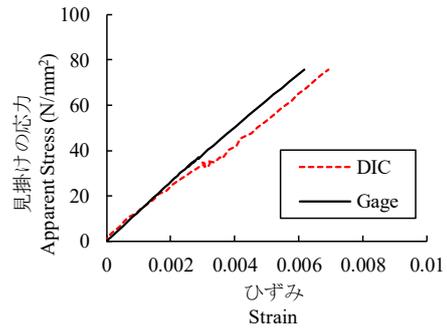
DICにより、試験の終局（木材の破壊）直前までの変形推移を各節点で追うことができた。第7図に代表的な応力-ひずみ曲線を示す。図中の2種類の曲線はDICおよびひずみゲージによる結果をそれぞれ表している。



第7図 引張試験における応力-ひずみ関係
Fig. 7. Typical stress-strain relationships in the tensile test

両者の応力-ひずみ曲線はほぼ一致し、ヤング率や降伏時のひずみをDICにより評価ができることが確認できた。

一方で、第8図の様にひずみゲージによる応力-ひずみ関係とDICによる応力-ひずみ関係が一定加力後ずれる場合が10体中4例あった。



第8図 面外方向に試験体が回転した試験体の応力-ひずみ曲線

Fig. 8. Stress-strain curves from the tensile test with specimen out-of-plane rotation

この理由は接線方向の試験体本体の幅より添え木の幅が1mm狭いためと考えられる。引張試験治具のチャックはクサビ状になっており、試験体両端を接線方向に挟み込んで固定する。試験機クロスヘッド位置が上がるにつれ、試験体柁目面にチャックが押しつけられる。しかし、添え木の幅が1mm狭いため、試験体本体が接線方向に圧縮変形を起こし、試験体自体が回転し板目面と撮影画像面にずれが生じた。DICによるひずみが不安定なのと対照的に、直接試験体の柁目面に貼り付けて得られたひずみゲージのひずみ値は安定している。

木材の試験では治具の影響や木材自体の不均一性から実験前の段階で予測しづらい面外の変形が十分考えられる。DICを用いてより厳密に試験結果を得たい場合、ステレオ撮影による面外方向の計測を行うことが必要である。

DICを用いて木材の材料試験を行う場合、木材の不均一性から一方向の情報だけで評価することが難しい点、撮影面と試験体のひずみ計測面がずれる可能性があることから①試験体の前後で計測を行う、②ステレオ撮影により面外方向の補正を行うことが望ましいことが分かった。

5. 参考文献

- 1) Jones M. C. Elizabeth and Iadicola A. Mark(ed.), A Good Practices Guide for Digital Image Correlation. DOI: 10.32720/idics/gpg.ed1, (2018)

2) 宇京斉一郎：木材の変位（ひずみ）分布観察—デジタル画像相関法による測定—，木材工業，Vol. 70，No. 5，pp. 230-233，(2015)

—利用部 資源・システムグループ—
(原稿受理：20.7.7)