

氏名	宇 京 齊 一 郎
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学位記番号	農 博 第 1464 号
学位授与の日付	平成 17 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	農学 研究科 森林科学 専攻
学位論文題目	画像相関法による木材のせん断破壊挙動解析

論文調査委員 (主査) 教授 増田 稔 教授 小松 幸平 教授 矢野 浩之

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、木質構造物の耐力を決定づける要因の1つである木材のせん断破壊挙動を、画像相関法を用いて得られたひずみ分布を通して解明したものであり、5章から成っている。

第1章では、本研究で用いた画像相関法の基本概念と特徴について述べている。

第2章では、4本のドリフトピンを用いて接合されたモーメント抵抗接合部の破壊挙動解析を、画像相関法および有限要素法を用いて行っている。画像相関法により得られた各ドリフトピン周辺のひずみ分布の計測値と、有限要素法により得られた予測値とはよく一致しており、各ドリフトピンの分担力の設計においては慣例的に用いられている分担力計算法が妥当であることを確認している。

第3章では、ドリフトピン接合部の繊維方向引張試験を行い、ドリフトピン近傍の木材の破壊機構を画像相関法によるひずみ分布解析から明らかにしている。ドリフトピンのめり込みは、繊維方向圧縮による木材細胞壁の局部座屈と、ピンの両脇下方で生じるせん断変形から成り立っていること、また、せん断変形の割合が縦圧縮変形に比較して大きいことを明らかにしている。さらにまた、ドリフトピン近くのせん断ひずみが、ある値を越えるとその部分の分担応力は低下し、順次応力集中部が材端部に向かって移動する様子を観察している。このことが、端距離が大きくなっても、終局変形量は大きくなるが、終局耐力が増加しない要因であることを明らかにしている。

第4章では、せん断加力下における真の応力—ひずみ曲線を明らかにすることを試みている。JIS いす型せん断試験体を用いてせん断試験を行い、試験体に生じるひずみ分布を画像相関法を用いて計測し、得られた分布をもとに、ひずみの大きいところはせん断応力も大きいとの仮定のもとに、せん断面に生じる応力の分布を第1次近似として推測している。それによって得られた応力—ひずみの関係を用いて再度応力分布を推測し、得られた応力—ひずみ曲線を繰り返しフィードバックすることにより、真の応力—ひずみ曲線を得る方法を開発している。この方法を用いることにより、従来、せん断破壊は脆性的であると考えられていたものが、実は塑性的で、応力—ひずみの関係に強い非線形性が存在することを明らかにした。また、せん断破壊においては細胞がむしられるように破壊することから、最大応力に達した後も分担応力は低下しながらも大きなひずみに至るまで力を分担すること、また、真の応力—ひずみ曲線は樹種による特異性があり、それが樹種特有の組織構造的特徴に起因していることも示唆している。この真の応力—ひずみ曲線から得られる真のせん断強度は、JIS せん断試験法で求まる見かけのせん断強度より3割増しから2倍近くと大きく、その値はせん断面に対する年輪傾角および樹種によって異なることが明らかとなった。

第5章では、JIS いす型試験体のせん断長さを10mm、20mm、30mmの3段階に変化させて実験を行い、せん断長さが見かけの強度および真の強度に与える影響について検討している。せん断長さ10mmにおける見かけのせん断強度は、20mm、30mmと比較して10%程小さい。この要因として、繊維直交方向の引張ひずみの分布が考えられる。荷重ブロック近傍では、繊維直交方向の引張応力とせん断応力の複合応力によって破壊条件に達し、純粋なせん断破壊によるせん断強度

よりも低いせん断応力によって破壊に至る、すなわち、低い見かけのせん断強度となることを明らかにした。せん断長さ20mm および30mm における見かけのせん断強度の比較では、統計的な有意差は認められず顕著な寸法効果は認められていない。しかしながら、試験体によっては最大荷重に達する前にせん断面の一部で既にせん断破壊が進行しその結果、せん断面の長さが長いと見かけのせん断応力が小さくなることもあることを明らかにしている。なお、真のせん断強度はせん断長さによらずほぼ一定であった。

論文審査の結果の要旨

木材は繊維方向に比べると繊維直交方向の引張強度や圧縮強度が極めて小さく、せん断強度もまた小さい。せん断強度は木構造の接合部耐力に関与する主要な因子であるが、木材のせん断破壊挙動の詳細についてはいまだ明らかにされていないところが多い。本論文は、ひずみ分布を計測する方法として画像相関法を木材に適用することを先駆的に行い、木材接合部およびJIS いす型せん断試験体における木材のせん断破壊挙動を明らかにしたもので、評価できる主な点は以下の通りである。

1. 画像相関法を用いて木材のJIS いす型せん断試験体のせん断面におけるひずみ分布を測定し、分布が均一でなく荷重ブロック近くにおいて集中していることを定量的に明らかにした。
2. 測定したひずみ分布をもとにそれぞれの部位に生じる応力分布を推測し、得られた応力とひずみの関係をフィードバックすることにより、より正しい応力分布の予測を繰り返し、従来得ることの出来なかった真のせん断応力—ひずみ曲線を得ることに成功している。
3. 真の応力—ひずみ曲線により得られる真のせん断強度値が、JIS いす型せん断試験体によって従来得られていた見かけの強度の3割増し以上になること、また、応力—ひずみ曲線の非線形性が木材の組織構造に依存し樹種によって異なることを示した。
4. 4本のドリフトピンを用いたモーメント抵抗接合における木材のひずみ分布を画像相関法を用いて調べ、各ピンの分担力の推定式として慣例的に用いられている式の妥当性を確かめた。
5. ドリフトピン接合部の繊維方向引張試験を行い、ピンが木材にめり込む挙動において、木材の繊維方向圧縮による変形とせん断変形による変形の割合を求め、後者が大きいことを明らかにした。また、ピンから材端までの距離が長くなると材端距離に関わりなく接合耐力が頭打ちとなる現象のメカニズムが、ピン近傍の木材における局部的せん断破壊の進行によるものであることを明らかにした。

以上のように、本論文は木材の2次元ひずみ分布を画像相関法を用いて測定する手法を試み、木材のせん断破壊挙動におけるひずみ分布の変化を明らかにし、かつ、木材の真のせん断応力—ひずみ曲線を求める手法を開発したものであり、木材力学、木構造学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成17年1月19日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。