

豊富な国内森林資源を活かす CLT の効率的な製造と性能確保の技術を開発

「伐採木材の高度利用技術の開発」プロジェクトチーム

代表：軽部 正彦、参画機関：木材加工・特性研究領域、構造利用研究領域、複合材料研究領域、木材改質研究領域、銘建工業(株)、山佐木材(株)、協同組合レングス、岡山県農林水産総合センター森林研究所、(地独)北海道立総合研究機構森林研究本部林産試験場、(株)オーシカ、鳥取県林業試験場、広島県立総合技術研究所林業技術センター、(国大)宇都宮大学、(国研)建築研究所

ひき板（ラミナ）を並べ、繊維を直交させて積層接着した直交集成板（Cross Laminated Timber, CLT）は、木材を大量に活用する厚く大きな板です。CLTの効率的な製造方法を開発するため、材料となる木材や製造の条件とCLT製品の性能との関係を検証して、使用するラミナの形状や材質から製品の性能を予測することができるようになりました。2016年4月の建築基準法により、CLTは一般的な建築材料の仲間入りを果たしましたが、その改正にあたっては本研究の成果も活用されました。

成果

ラミナ構成の最適化に向けて

CLTの材料となるラミナは、その材料となる原木の樹種や太さ（径級）、丸太から製材される際の木取り（切り分け方）によって寸法や材質が変わってきます。CLTの製造では、あらかじめラミナを樹種や幅・厚さのほか、強度性能にもとづいて選別し、CLT製品内での配置や位置を決定することが重要です。私たちは、同じ樹種で強度が異なるラミナの配置を最適化した「異等級構成」、スギとヒノキの異なる樹種のラミナを使った「異樹種構成」、ラミナの幅を一定にして厚さを変えて組合せた「非等厚構成」、ラミナの幅と厚さの比を変化させた「可変断面構成」、という4つの組合せのCLTを試作して、それぞれの特徴を明らかにしました。試作に用いた各ラミナは、新たに開発した二次元バーコードを利用した追跡方法によって、材料の段階からCLT製品内で積層接着された位置までを追跡できるようにし、ラミナの性能とCLT製品性能の関係を検証しました。

空隙充填性接着剤の開発と接着性能・長期寸法安定性の評価

CLTは、ラミナの繊維方向をほぼ平行にして幅方向に並べ、それらを何層か互いに繊維方向が直交するように積層接着したものです。ラミナの繊維方向を全て揃えた集成材とは異なり、繊維方向が層によって異なるため、収縮率の違いによる製品の変形やラミナ厚さのバラツキによる接着性能の変化を考慮しなければなりません。そこで、これらの影響を緩和できる新しい接着剤の開発と

接着性能の評価を行いました。また、ラミナ構成を変えた場合のCLTの各種寸法や反り・曲りなどの経時的な形状変化も検証し、適正な接着条件とCLT製品形状の安定性を明らかにしました。

強度性能評価技術の開発と試作CLTの評価

試作したCLT製品を用いて日本農林規格では規定されていない面内曲げ、引張り、圧縮について性能試験法を確立して評価しました。また、建築物として床・壁に使用された場合を想定した破壊加力実験を行って、強度と破壊性状を明らかにしました。

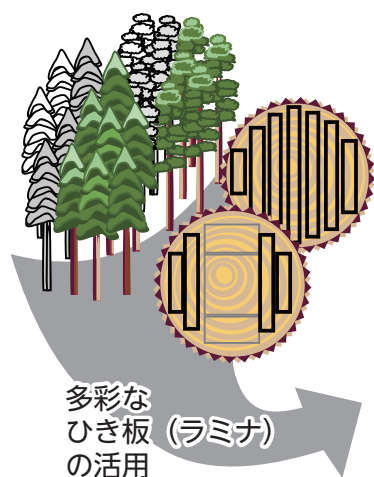
ラミナからのCLT性能を予測する技術開発

二次元バーコードを使ったラミナの追跡にもとづき、原板ラミナの形状や材質、そして製造条件の異なる試作CLTの強度試験結果を総合して、CLTの各種強度性能値をラミナ性能から推定するソフトウェアを開発しました。このソフトウェアを用いれば、ヤング率のわかっているラミナを使って最適なCLTの積層構成をシミュレーションして製品設計することができます。これにより、利用可能な森林資源の状況に対応したCLTの製造が可能となりました。

これらの成果は、今後、現在より多彩なCLTがJAS規格等で認められるための基礎データとして活用される予定です。

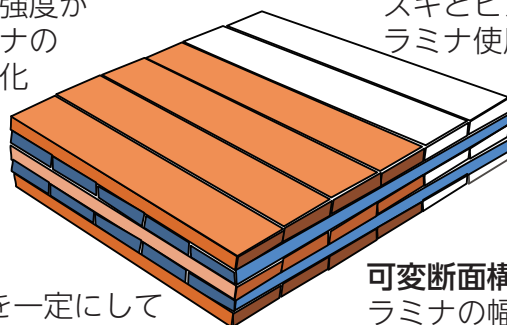
研究資金と課題

本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「森林資源を最適利用するための技術開発」のうち「伐採木材の高度利用技術の開発」の成果です。



異等級構成
同じ樹種で強度が
異なるラミナの
配置を最適化

異樹種構成
スギとヒノキの
ラミナ使用



非等厚構成
ラミナの幅を一定にして
厚さを変えた組合せ

可変断面構成
ラミナの幅と厚さ
の比を変化

図1. 4つの組合せの直交集成板 (CLT) を試作



材料・製造条件と
製品性能の関係を
検証



推定手法の検証結果

強度 種類	性能	推定理論	H25	H26	H27	H28	H29
			異等級	+異樹種	+非等厚	+可変断面	
面外 曲げ	弾性率	せん断解析	○	○	△	○	○
	強度	機械接合梁	○	○	△	△	△
面内 曲げ	弾性率	平行層	△	△	○*	○	○
	強度	平行層	△	△	○*	○	○
圧縮	弾性率	平行層	○	○	○	○	○
	強度	平行層	△	△	○	○	○
引張 り	弾性率	平行層	○	○	○	○	○
	強度	平行層	△	△	△	△	○

○：推定可、○*：改良して推定可、△：要改良、×：不可

層構成の影響を
平行層理論による
推定強度と
実験値で比較

精度良く予測可能

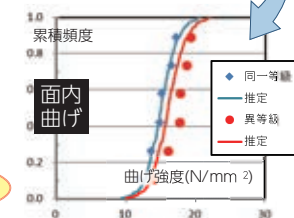


図2. CLT性能を予測する技術の開発

CLTの強度評価：

引張り、圧縮、面外曲げ、面内曲げ、面外せん断、面内せん断、めり込み



空隙充填性接着剤、接着性能評価法、長期寸法安定性評価法も開発

図3. 建築材料として必要な特性・性能の評価技術を開発して確認