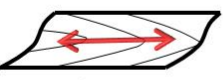




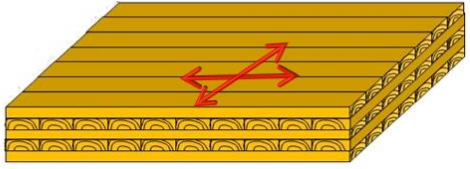


2. 材料特性

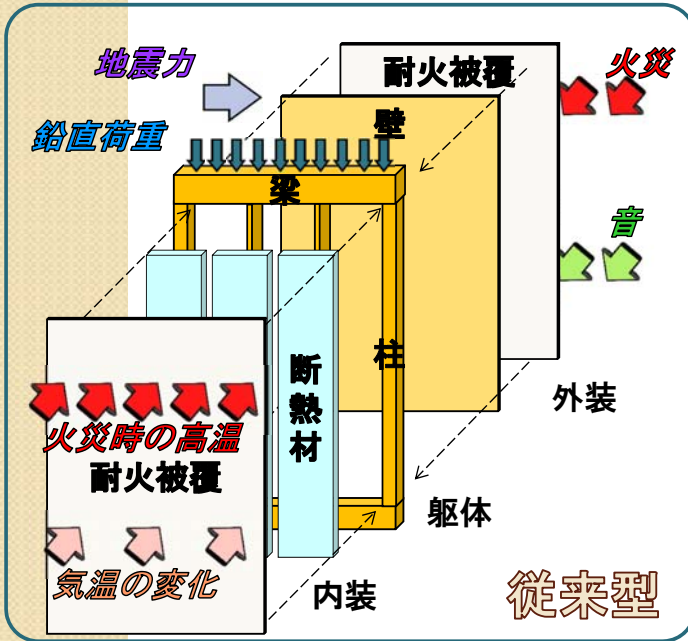
森林総合研究所 複合材料研究領域
宮武敦

CLT : Cross Laminated Timber クロスラミネイティドティンバー 直交集成板

エレメント	平行積層 (軸材料)	直交積層 (面材料)
 単板	 LVL	 合板
 ひき板	 集成材	 直交集成板 (CLT)

CLTの特徴

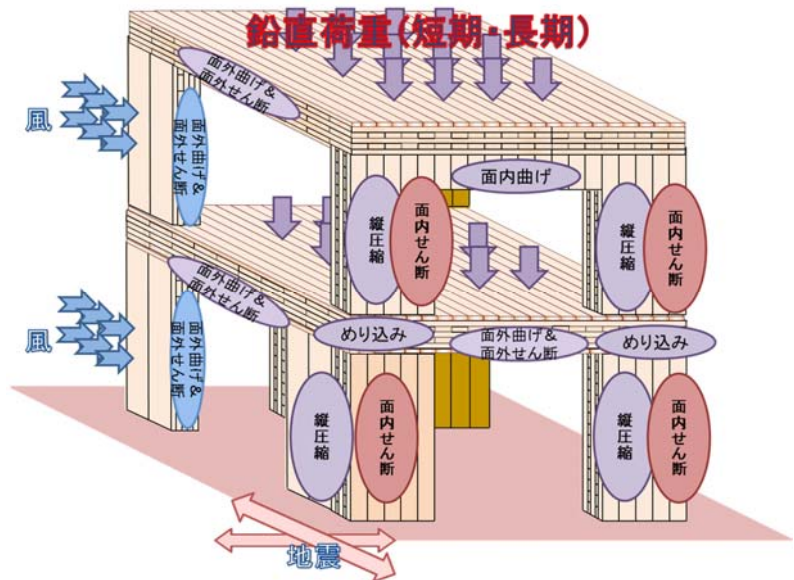
- ◎ 大断面・大面積化による高耐力・高剛性
- ◎ 低質材の大量使用
- ◎ 複数の役割を果たす
- ◎ 施工の簡素化



◎ 様々な外力に対応 ⇒ 多様な要求性能

- 面外曲げ
- 面外せん断 (層内せん断)
- 面内曲げ
- 面内せん断
- 圧縮・座屈
- 引張り
- むり込み

- ✓ 短期
- ✓ 中長期
- ✓ 長期



CLTの材料規格

直交集成板の日本農林規格制定 (平成25年12月)

直交集成板のJAS制定 (平成25年12月)

直交集成板の日本農林規格

制定：平成25年12月20日農林水産省告示第3079号

(適用の範囲)

第1条 この規格は、ひき板又は小角材（これらをその繊維方向を互いにほぼ平行にして長さ方向に接合接着して調整したものを含む。）をその繊維方向を互いにほぼ平行にして幅方向に並べ又は接着したものを、主としてその繊維方向を互いにほぼ直角にして積層接着し3層以上の構造を持たせた一般材（以下「直交集成板」という。）に適用する。

(定義)

第2条 この規格において、直交集成板の主な各部の名称は、図1のとおりとする。ただし、直交集成板の形状は、その一例（5層7プライのもの。）を示す。

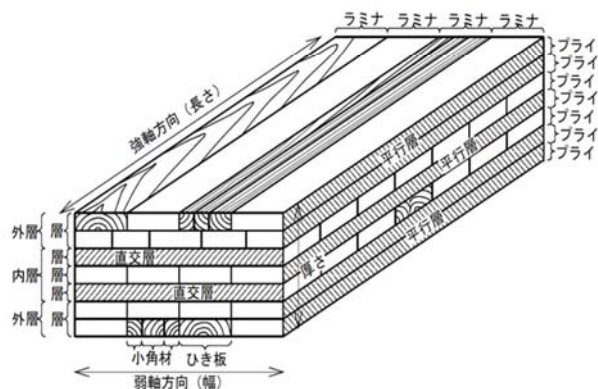


図1 各部の名称

製造条件

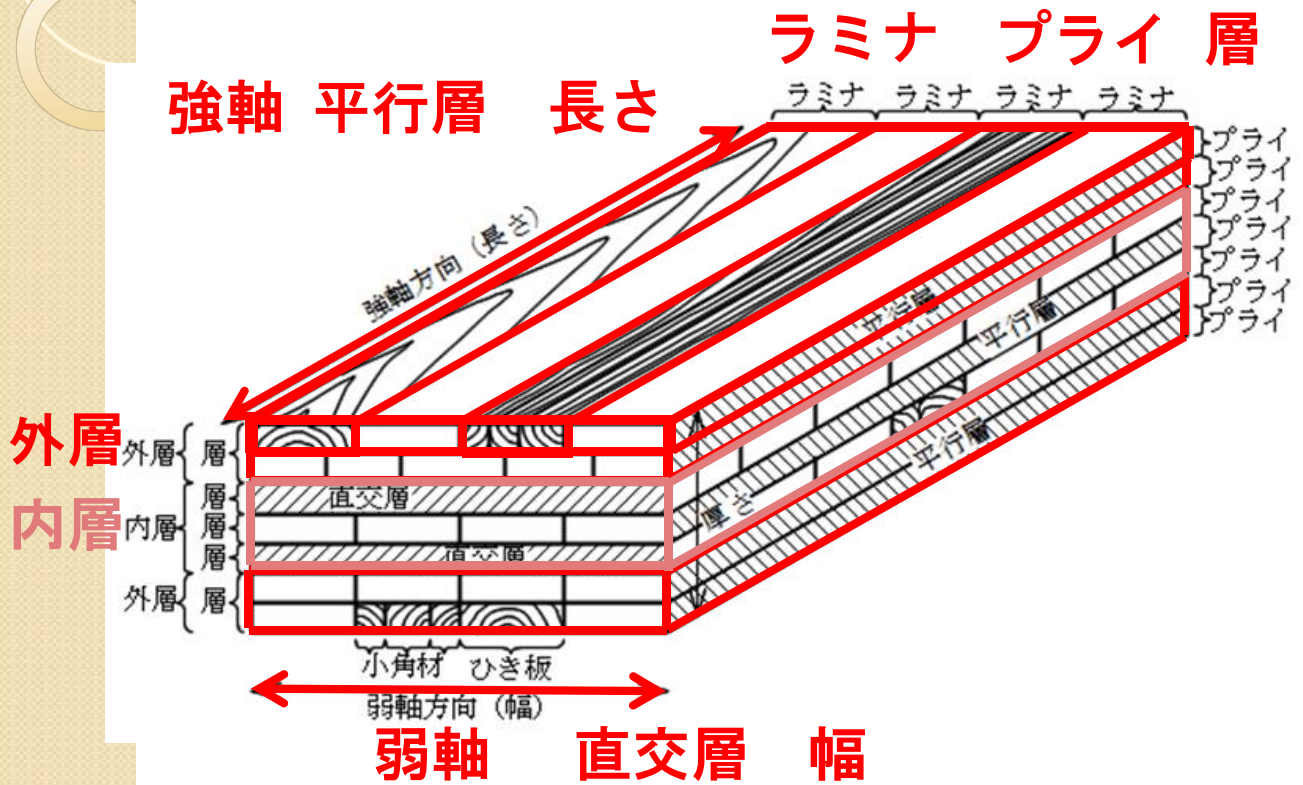
- ラミナ品質
- ラミナ構成
- 接着剤

強度性能

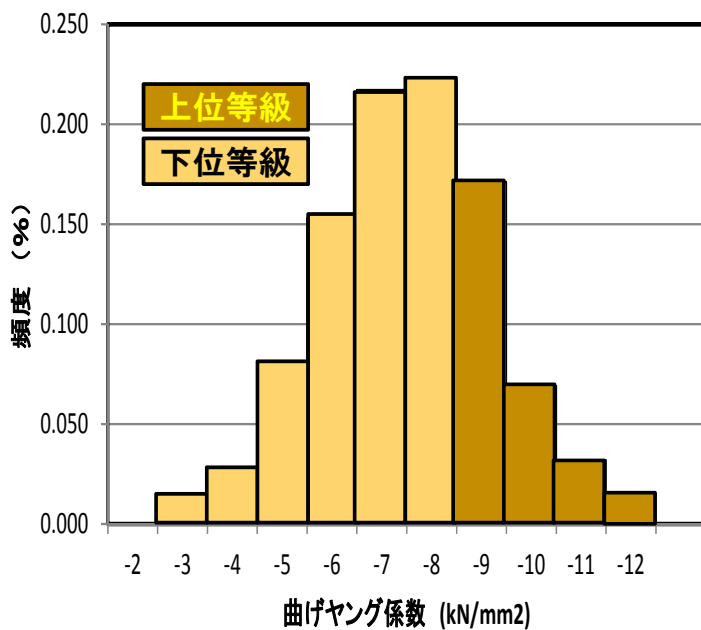
接着の程度

ホルムアルデヒド放散量など

言葉の定義

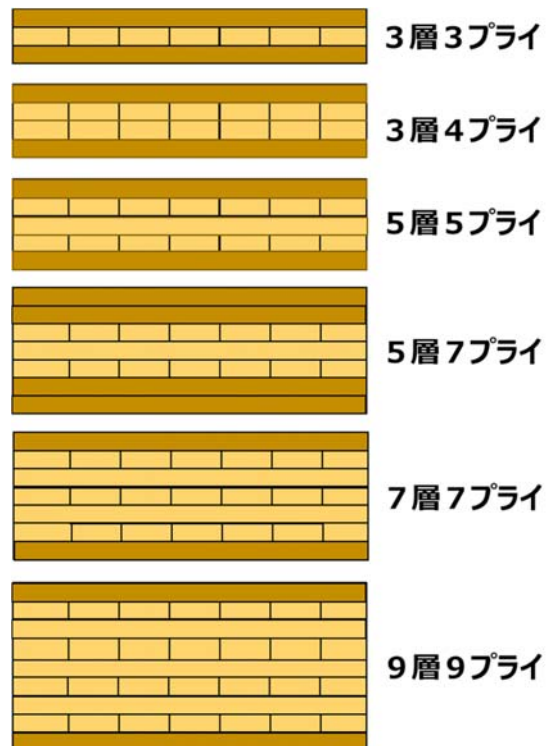


ひき板の区分と構成



外層用

内層用



ひき板・ラミナ区分の組合せと強度等級

ひき板の強度等級		内層用ラミナ:MOE				ヤング係数の基準	
		M120	M90	M60	M30	下限値	平均値
外層用ラミナ: MOE	M120	S120			Mx120	10.0	12.0
	M90		S90		Mx90	7.5	9.0
	M60			S60	Mx60	5.0	6.0
	M30				S30	2.5	3.0
JASで規定された組合せ							

ラミナ：4等級

ラミナ強度等級の組合せ：7種類 ⇒ 42種類
ラミナの層構成：6種類

接着剤

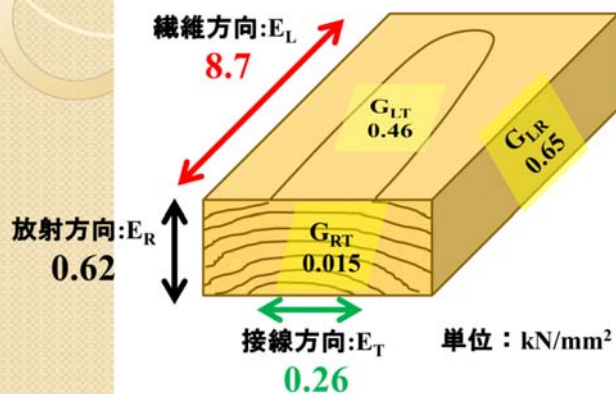
使用環境	接着剤（積層用）
使用環境C	水性高分子・イソシアネート系樹脂 （JIS 6806 1種1号適合型番） レゾルシノール・フェノール樹脂 レゾルシノール樹脂
使用環境B	レゾルシノール・フェノール樹脂 レゾルシノール樹脂
使用環境A	レゾルシノール・フェノール樹脂 レゾルシノール樹脂

※これらと同等以上の性能を有するもの

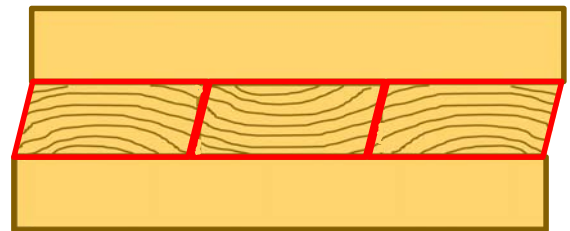
● 強度性能の特徴と推定

平成25年度 林野庁補助事業
平成25年度補正 林野庁補助事業
平成26年度 林野庁補助事業
農林水産技術会議委託プロジェクト

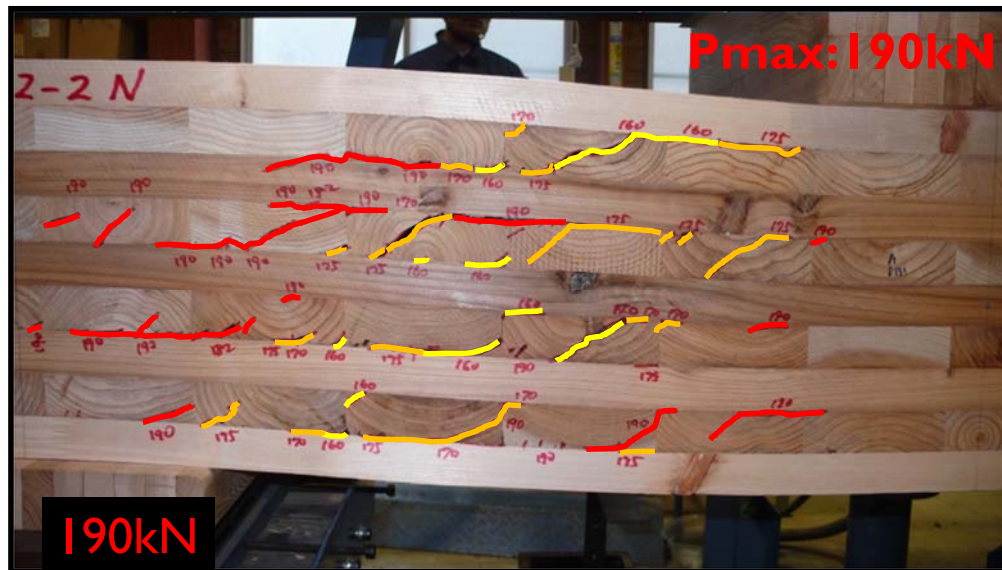
木材の異方性が 複雑に組み合わさった材料



直交層の挙動

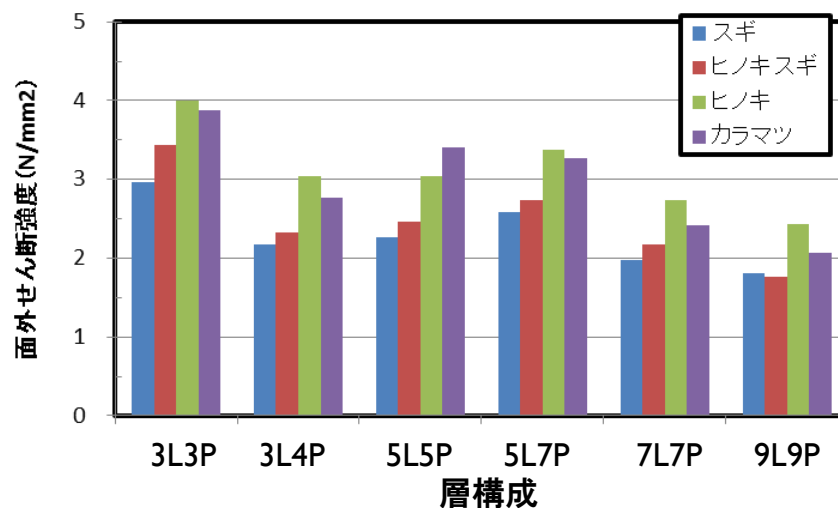


層内せん断（面外方向のせん断） 水平せん断試験による評価

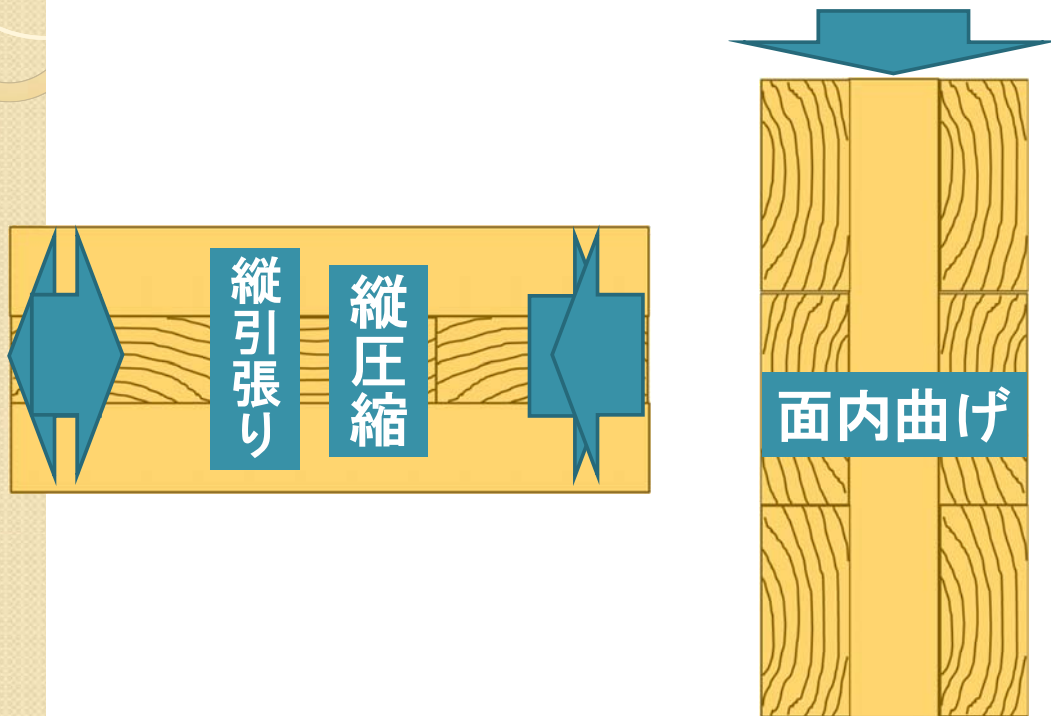


層内せん断（面外方向）

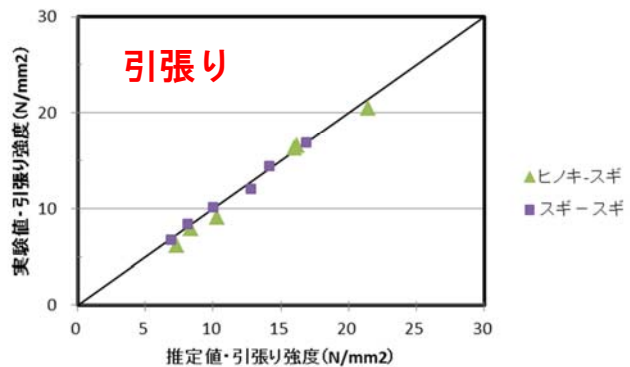
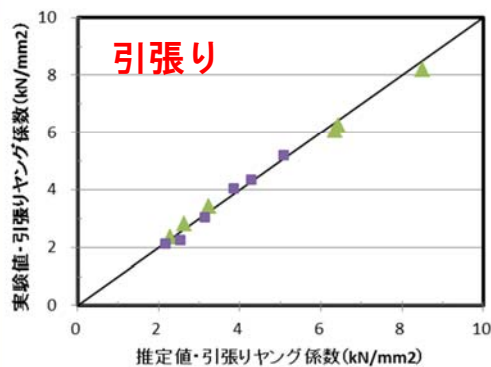
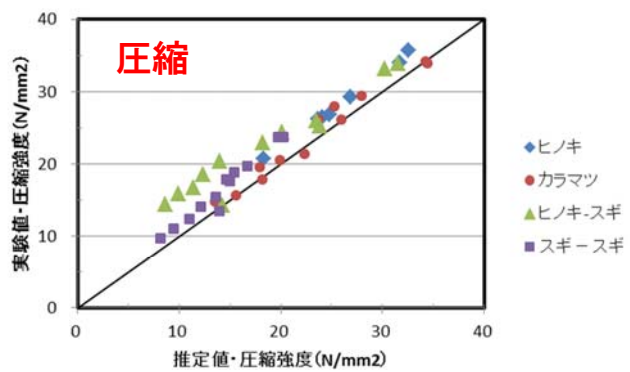
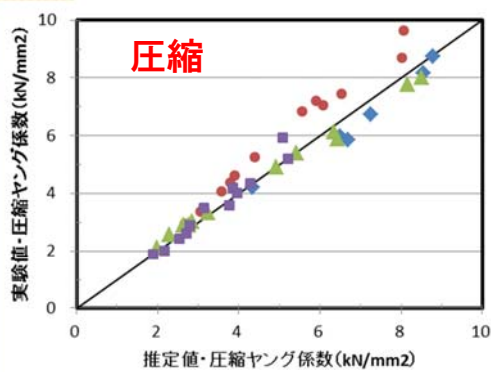
- 層構成による差がある。
- 樹種による差がある。
- 内層が同じ樹種であれば強度等級の影響は小さい。



層内せん断と関連の薄い強度性能評価

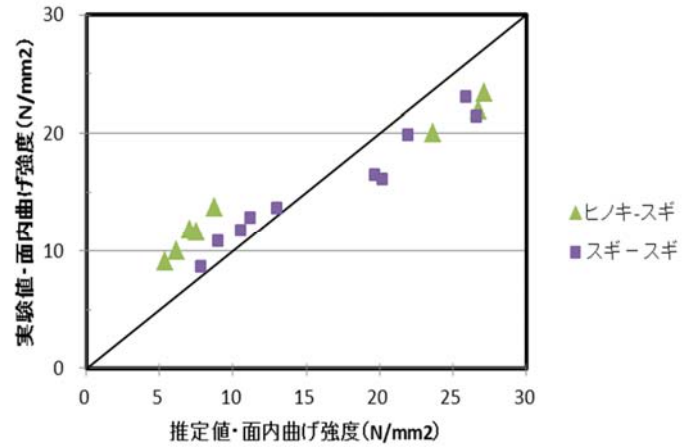
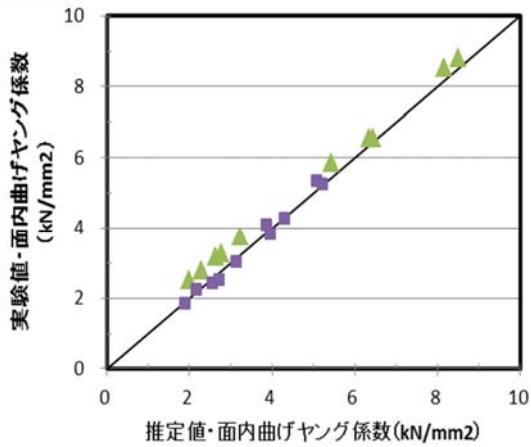


軸力 ← 平行層理論による推定 ヤング係数 強度



曲げ 面内方向

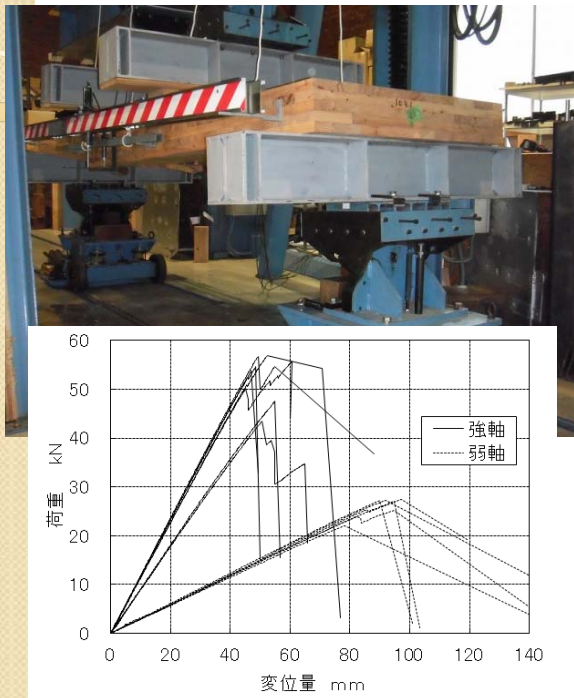
← 平行層理論による推定



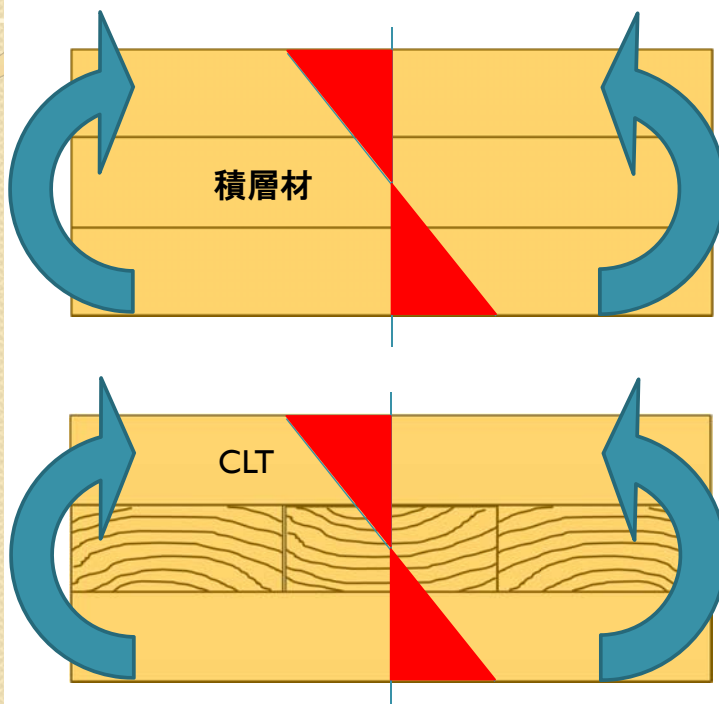
層内せん断と関連の強い強度性能評価



面外曲げ試験



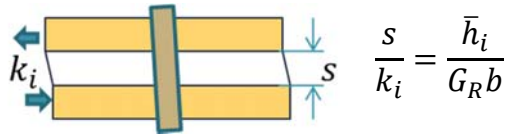
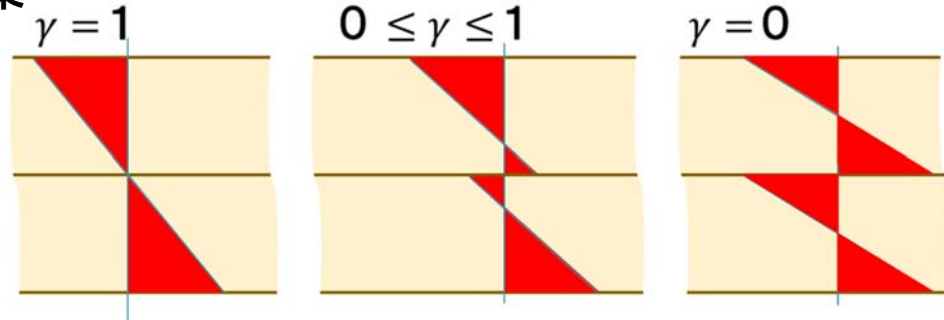
平面は保持されているのか



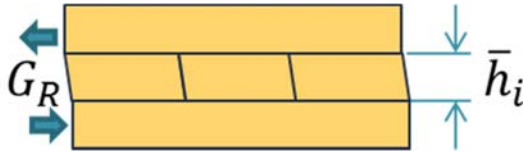
保持されていれば
平行層理論
(等価断面法)が
適用できるが？

Mechanically Jointed Beams Theory

重ね梁

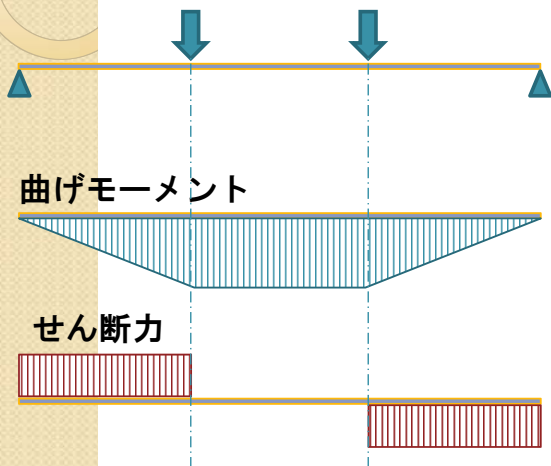


$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E_1 A_1 \bar{h}_1}{l^2 G_R b}}$$

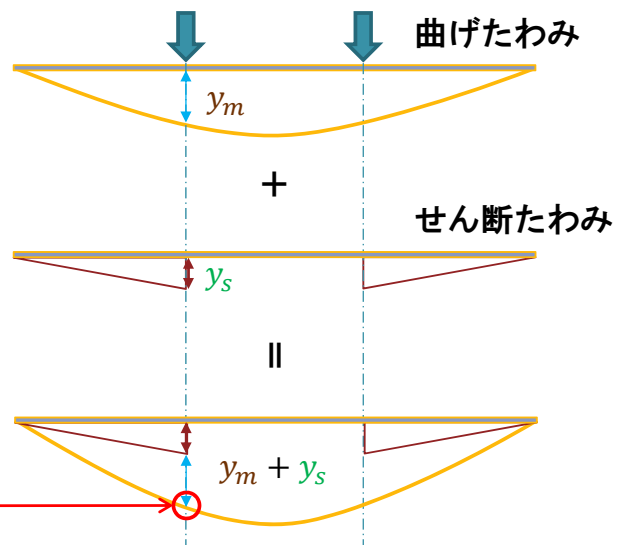


\bar{h}_i : 直交層の厚さ
 G_R : 木口面のせん断弾性係数
 b : 幅 (奥行き方向)

Shear Analogy Method



JAS式曲げ試験
 3等分点4線曲げ方式



最も曲率が大い
 (曲率半径が小さい)

Shear Analogy Method

等分布荷重下のたわみ

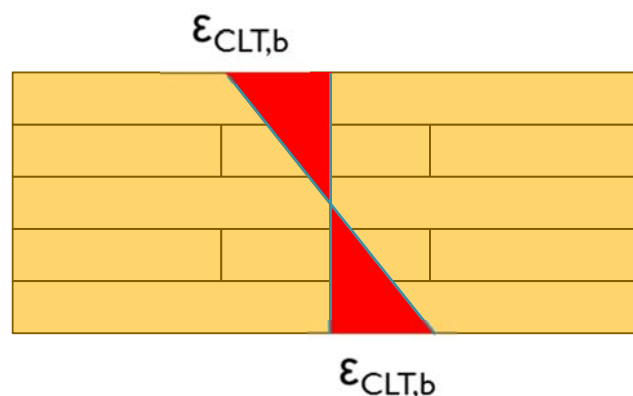
$$y = \frac{5}{384} \frac{wL^4}{EI_{eff}} \left(1 + \frac{48kEI_{eff}}{5GA_{eff}L^2} \right)$$

$$EI_{eff} = \sum_{i=1}^n E_i b_i \frac{h_i^3}{12} + \sum_{i=1}^n E_i A_i Z_i^2$$

$$GA_{eff} = \frac{a^2}{\left[\left(\frac{h_i}{2G_1 b} \right) + \left(\sum_{i=2}^{n-1} \frac{h_i}{G_i b_i} \right) + \left(\frac{h_n}{2G_n b} \right) \right]}$$

CLTの曲げ破壊

$$\frac{dy^2}{dx^2} = \frac{1}{\rho} = \epsilon_{CLT,b}$$



$$\epsilon_{CLT,b} > \epsilon_{lam,b}$$

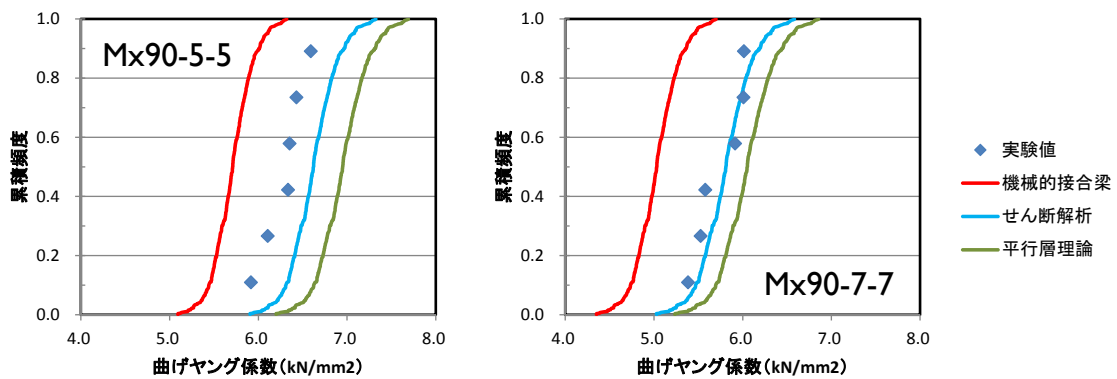
CLTの引張り側最外縁のひずみ ($\epsilon_{CLT,b}$) が
ラミナの**曲げ破壊ひずみ** ($\epsilon_{lam,b}$) を超えた時点

$$\epsilon_{CLT,b} > \epsilon_{lam,t}$$

CLTの引張り側最外縁のひずみ ($\epsilon_{CLT,b}$) が
ラミナの**引張り破壊ひずみ** ($\epsilon_{lam,t}$) を超えた時点

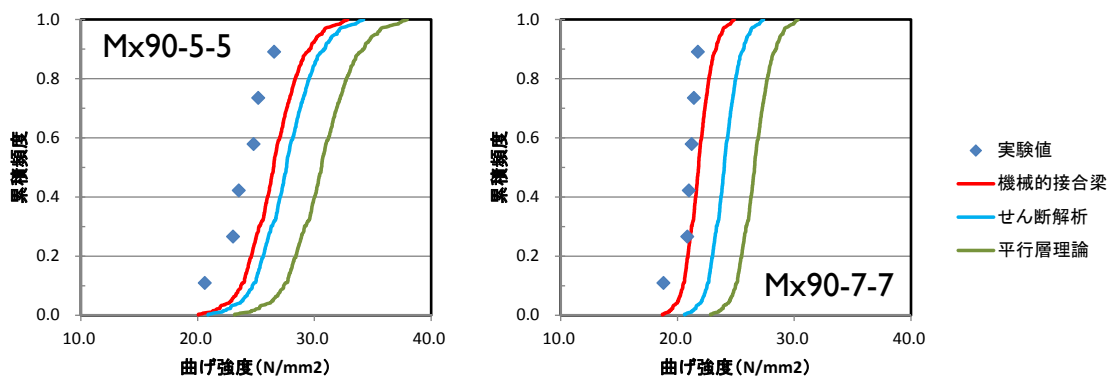
面外方向 曲げヤング係数

- Mechanically Jointed Beams Theory
機械的接合梁理論
- Shear Analogy Method せん断解析
- Composite Theory 平行層理論

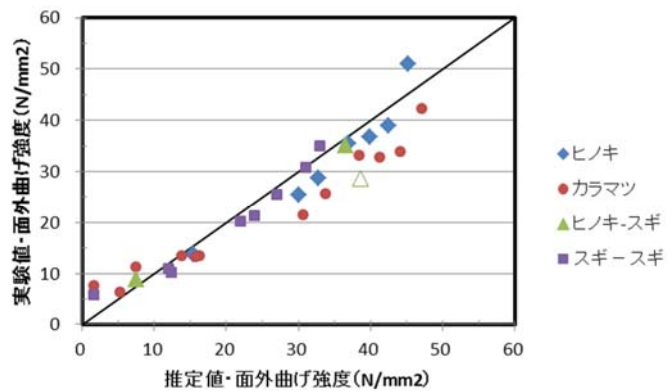
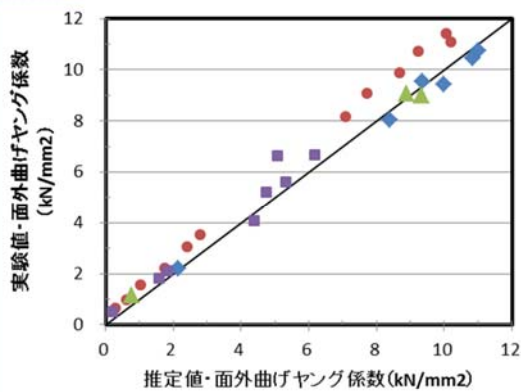


面外方向 曲げ強度

- Mechanically Jointed Beams Theory
機械的接合梁理論
- Shear Analogy Method せん断解析
- Composite Theory 平行層理論



面外方向 曲げ 性能推定



まとめ

● CLTの短期的強度の考え方

平成26年度 国交省事業
平成27年度 国交省事業

圧縮、引張り、曲げは ラミナ強度をベースにする。

$$\begin{aligned} \text{CLT強度} \cdot \text{下限値} = & \text{ラミナ強度 (基準値)} \\ & \times \begin{array}{l} \text{面積比} \\ \text{断面係数比} \end{array} \\ & \times \text{バラツキ係数} \\ & \times \text{寸法影響係数} \\ & \times \text{未定の係数} \\ & \quad (\text{幅はぎ接着}) \end{aligned}$$

せん断とめり込みは 樹種をベースにする。

せん断 層内・面内

$$\begin{aligned} \text{CLT強度} \cdot \text{下限値} = & \text{樹種別の基準値} \\ & \times \text{バラツキ係数} \\ & \times \text{寸法影響係数} \\ & \times \text{未定の係数} \\ & \quad (\text{幅はぎ接着}) \end{aligned}$$

めり込み

$$\begin{aligned} \text{CLT強度} \cdot \text{平均値} = & \text{樹種別の基準値} \\ & \times \text{未定の係数} \\ & \quad (\text{幅はぎ接着}) \\ & \quad (\text{荷重方向}) \end{aligned}$$