

支圧強度を考慮した異等級構成CLTのボルト接合部の降伏せん断耐力の推定

(地独)北海道立総合研究機構 林産試験場 性能部 構造・環境G 富高亮介, 戸田正彦



緒言

CLTを用いたボルト接合の耐力計算を行うにあたり、CLTを構成するラミナの支圧強度を把握することで、CLTの層構成を考慮した接合耐力の検証を行うことができる。本研究では、CLTの面圧試験を実施し、ラミナの支圧強度を求め、異等級構成CLTのボルト接合の降伏せん断耐力を検討した。

試験体仕様・試験方法

■ 試験フロー

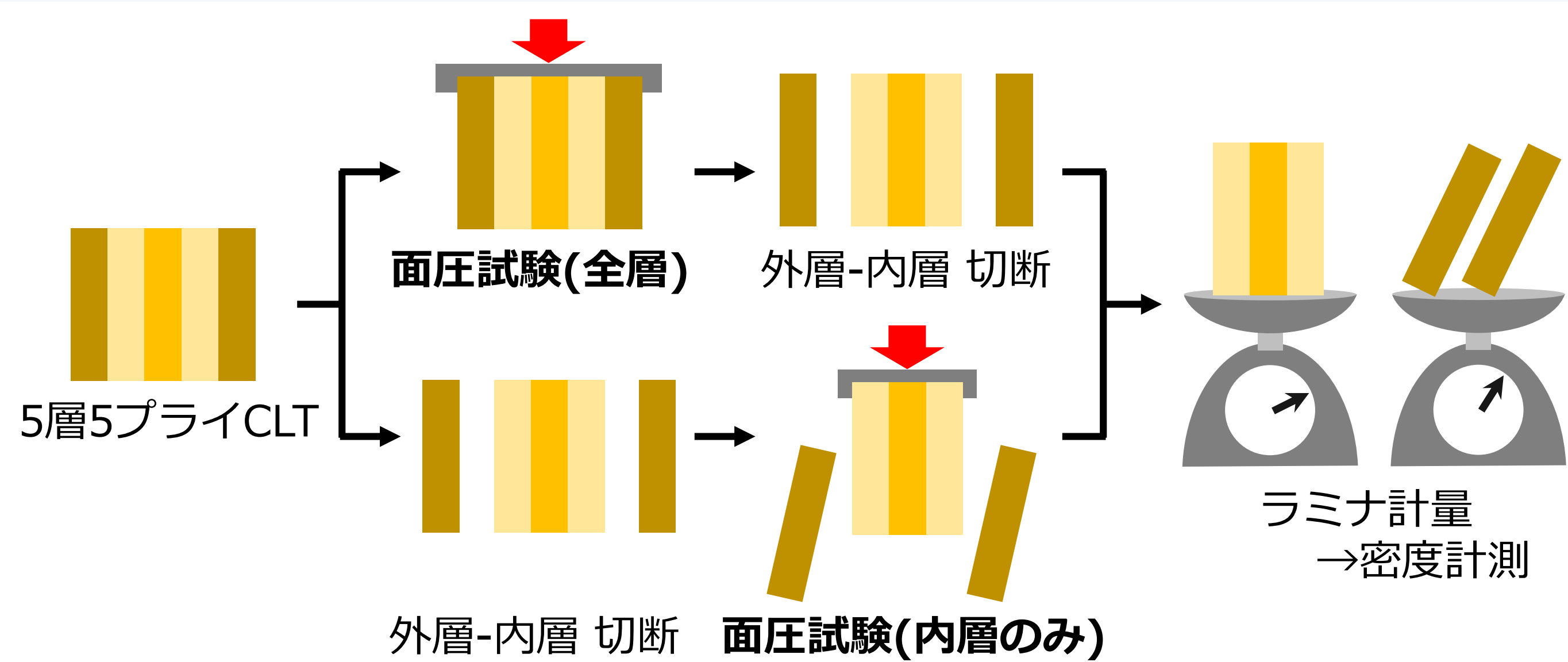


図1 試験フロー

■ 試験体仕様

CLT共通構成

5層5プライ
幅はぎ接着なし
Mx90相当(異等級構成)
B種構成

・カラマツCLT

平均気乾密度
外層: 508kg/m³
(変動係数 0.04)
内層: 461kg/m³
(変動係数 0.04)
平均含水率: 9.0%

・トドマツCLT

平均気乾密度
外層: 396kg/m³
(変動係数 0.07)
内層: 358kg/m³
(変動係数 0.04)
平均含水率: 9.1%

■ 試験体仕様・試験方法

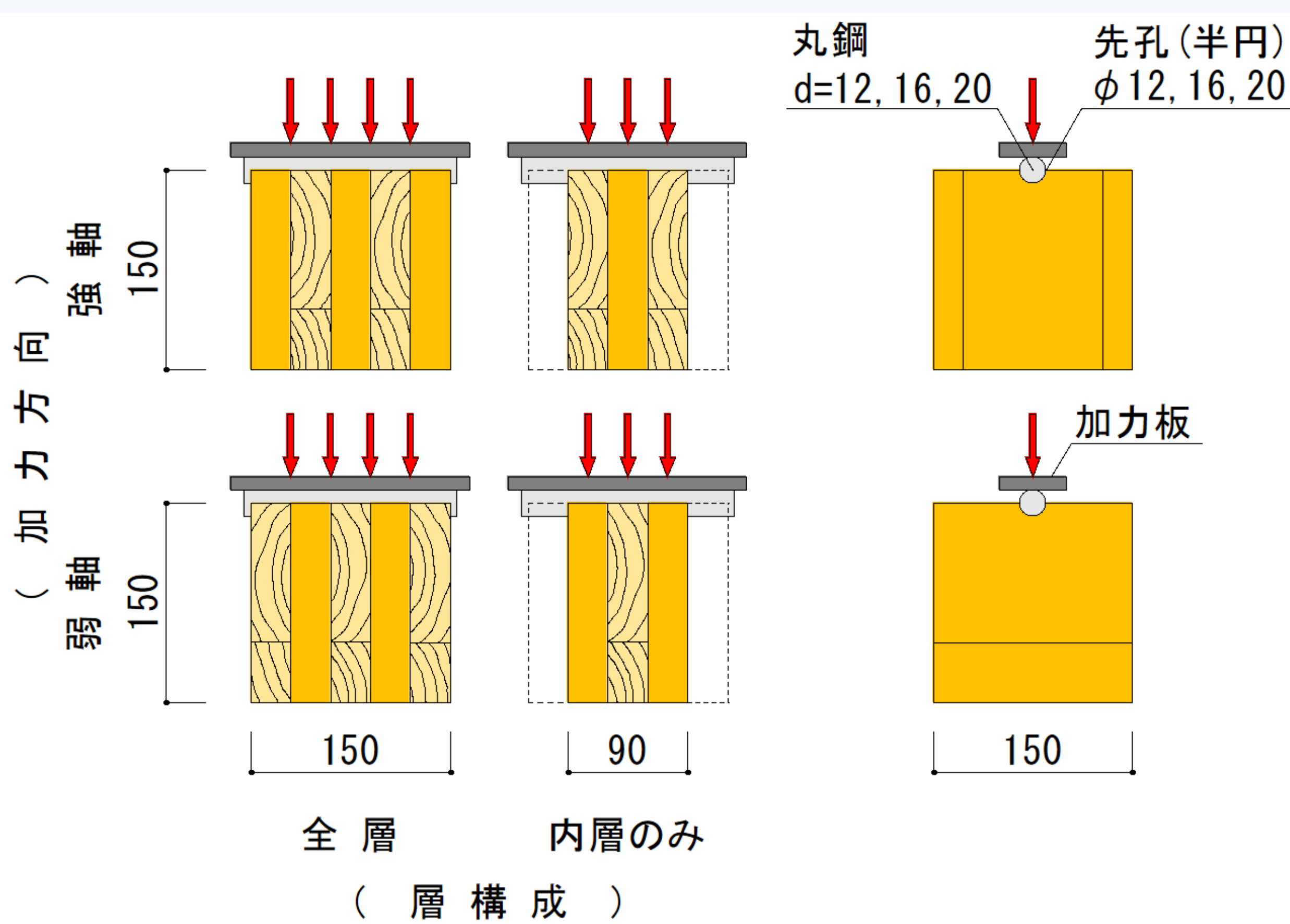


図2 試験体仕様・試験方法 (単位: mm)

- 島津製作所製オートグラフ (能力100kN)
- 単調加力 (加力速度 1mm/分)
- ひずみゲージ式変位変換器 (容量20mm) を用い、丸鋼の両端の変位量を計測
- 試験体数: 各仕様についてそれぞれ6~14体
- 得られた荷重変位曲線について、“5%オフセット”により支圧強度を評価した



図3 試験実施状況

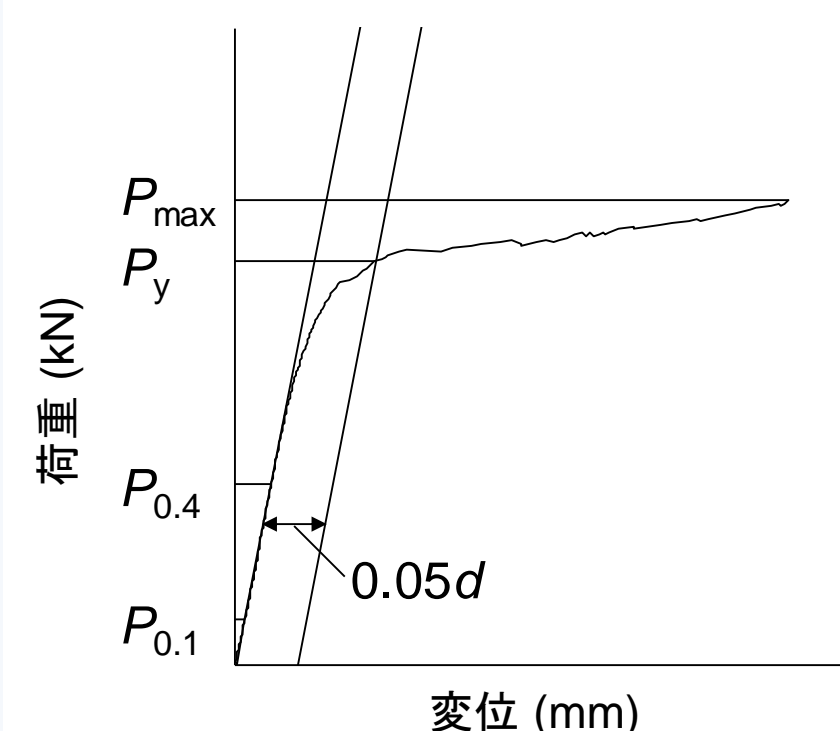


図4 5%オフセットによる支圧強度の評価

1) 富高亮介ほか: 任意の厚さと支圧強度を有するラミナで構成される積層材へのヨーロッパ型降伏理論の適用, 日本建築学会学術講演梗概集, 構造III 2018, pp.555-556, 2018.

結果・考察

■ ラミナ支圧強度の計算

- CLTの支圧強度 = 構成するラミナの支圧強度の平均, と仮定
- 異等級構成 (機械等級区分 外層: M90B, 内層: M30B) を考慮し、下記の連立方程式を解くことで、ラミナ支圧強度を計算

$$\begin{cases} 2f_{o,0} + f_{i,0} + 2f_{i,90} = 5F_{all,s} \\ 2f_{o,90} + 2f_{i,0} + f_{i,90} = 5F_{all,w} \\ f_{i,0} + 2f_{i,90} = 3F_{in,s} \\ 2f_{i,0} + f_{i,90} = 3F_{in,w} \end{cases}$$

F: CLT支圧強度実験値 (N/mm²)

添字 all: CLT全層

in: CLT内層のみ

s: 強軸, w: 弱軸

<面圧試験の実験平均値を代入>

f: ラミナ支圧強度実験値 (N/mm²)

添字 o: 外層ラミナ

i: 内層ラミナ

数字: ラミナ繊維方向の角度

<連立方程式を解くことで得る>

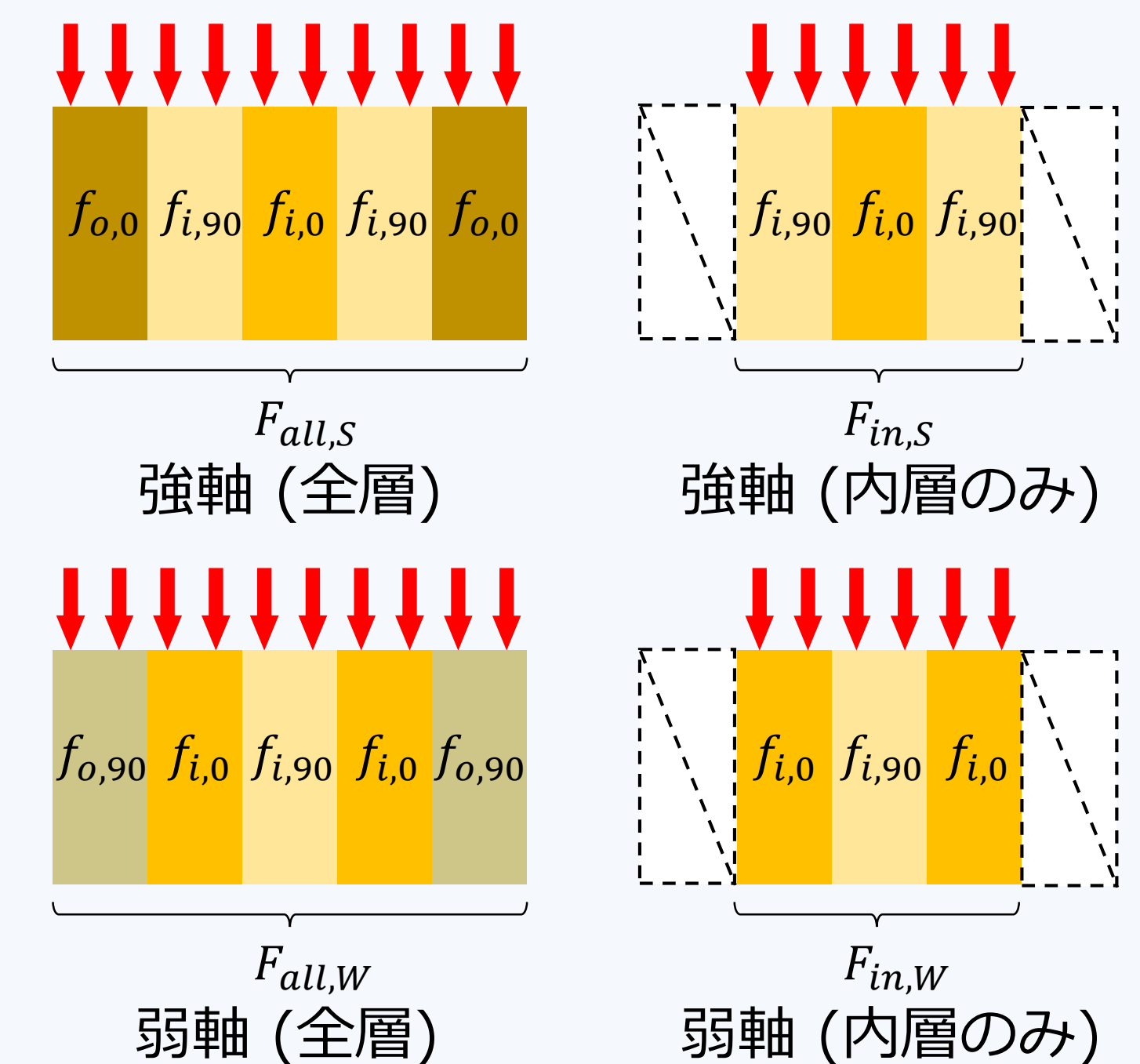


図5 CLT層構成と仮定する支圧強度

◆ ラミナ支圧強度実験値

- カラマツ: 順当な大小関係
外層(0°) > 内層(0°) > 外層(90°) > 内層(90°)
- トドマツ: 大小関係が一部で逆転
→ 支圧強度(≒密度)と強度等級(=静的曲げヤング)の対応性の程度が影響している可能性

◆ 支圧強度の実験値と計算値の比較

Eurocode 5による支圧強度の計算

$$f_0 = 82(1 - 0.01d)r \quad r: \text{木材の比重}$$

$$f_{90} = \frac{F_{ell}}{1.35 - 0.015d} \quad d: \text{丸鋼径}$$

- 過半の仕様で計算値は安全側
- “繊維方向90°・内層”の一部仕様で計算値が実験値を上回り危険側評価

◆ ボルト接合実験値との比較

- CLTを用いたボルト一面せん断接合の降伏耐力を求め実験値と比較する
- 既発表の“任意の厚さおよび支圧強度を有するラミナで構成される積層材に対応した降伏せん断耐力推定式”を用いる⁽¹⁾
- 推定式に代入するラミナ支圧強度
→ 比較のため2条件設定
① 面圧試験で得たラミナ支圧強度実験値
② 木材の密度・接合具径から計算したラミナ支圧強度計算値 (Eurocode 5)
→ 支圧強度実験値を用いた降伏せん断耐力計算値は、ほぼ全ての仕様で降伏せん断耐力実験値を精度よく推定している
→ “d20・強軸”仕様において計算値①と実験値が乖離。カラマツとトドマツで計算値と実験値の大小関係が異なる。原因の解明は今後の課題

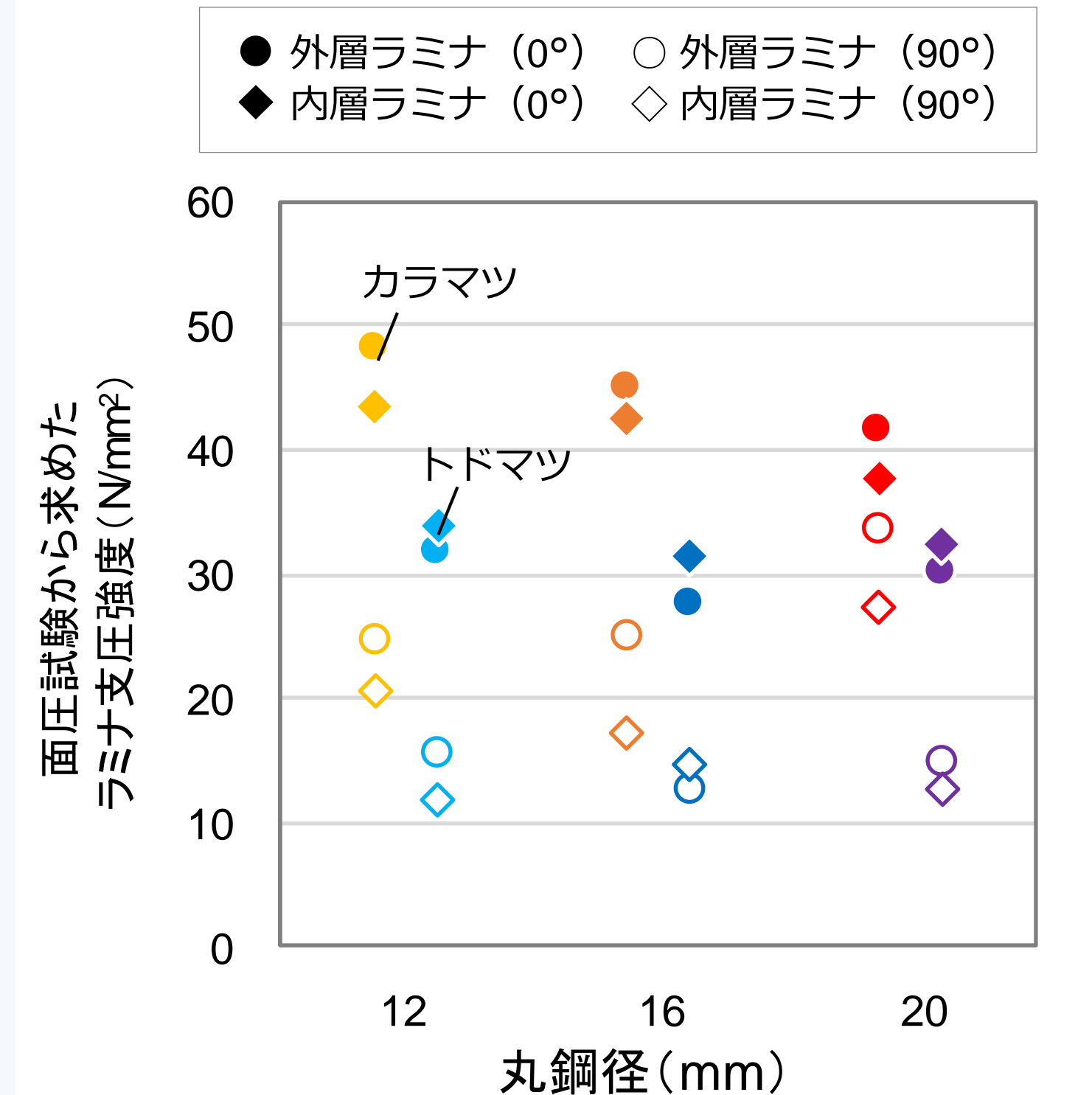


図6 ラミナ支圧強度実験値

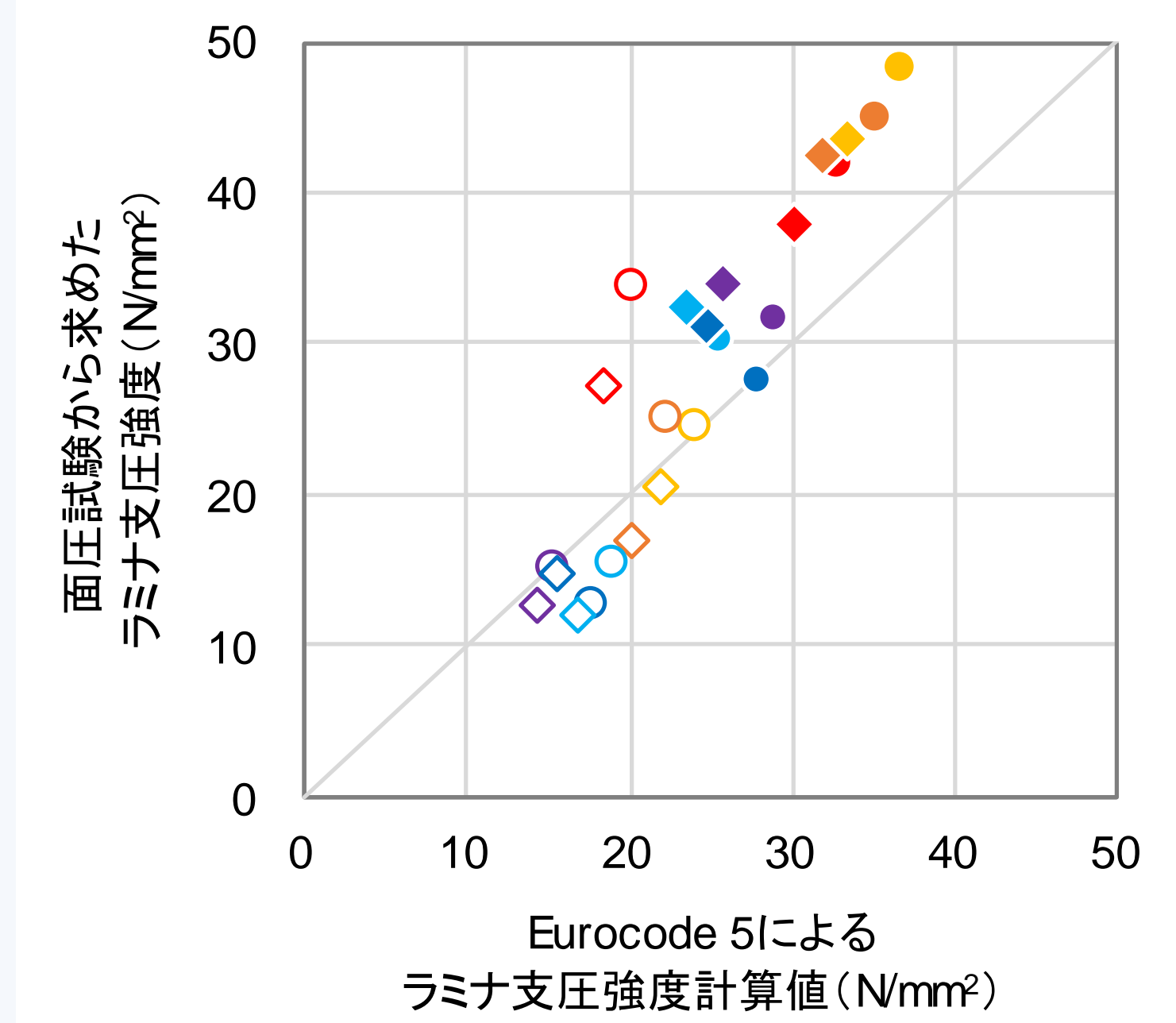


図7 ラミナ支圧強度の実験値と計算値の比較

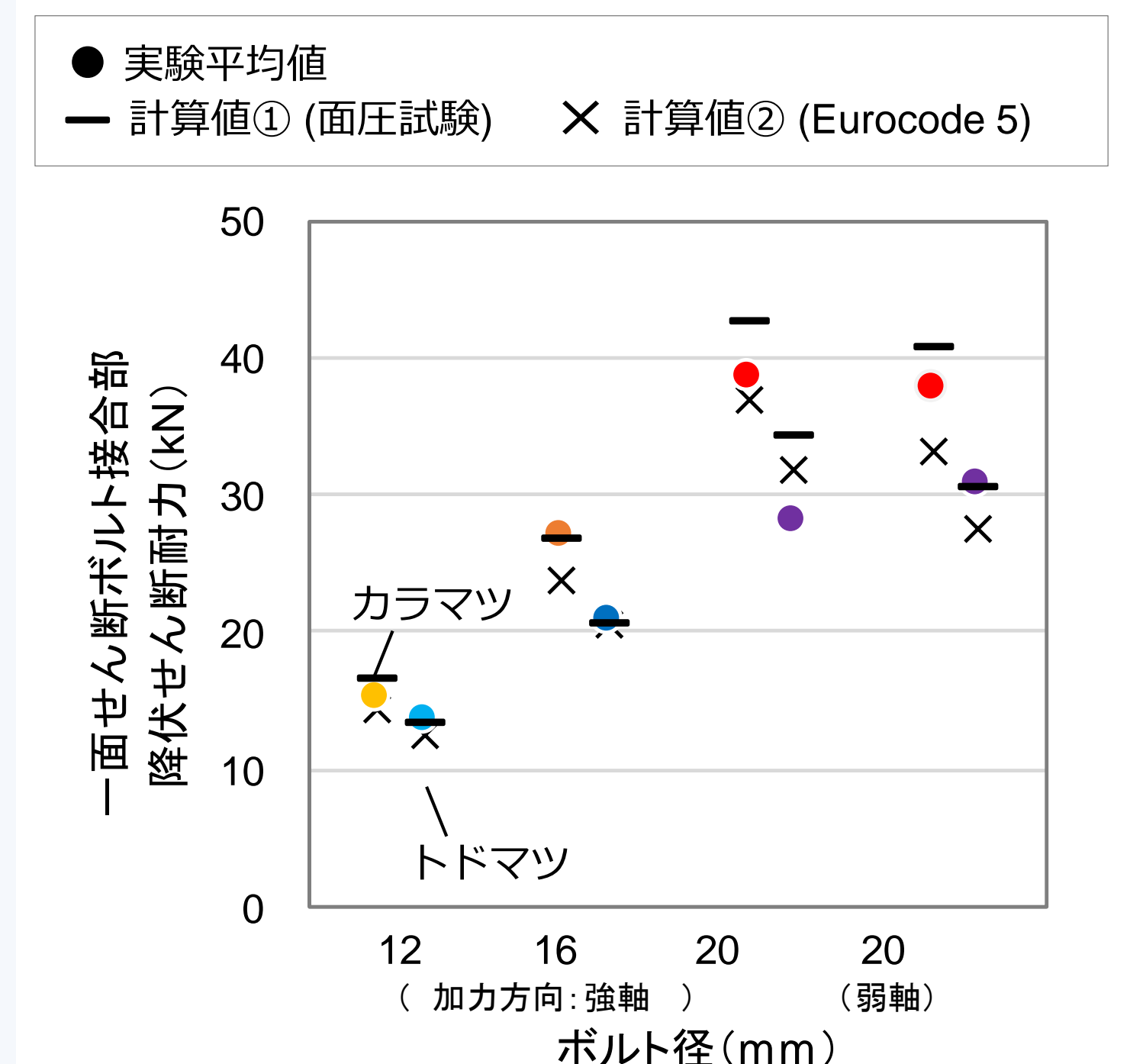


図8 一面せん断ボルト接合の実験値と計算値の比較

結言

CLTの面圧試験から、層構成を考慮したラミナの支圧強度を得た。CLTの一面せん断ボルト接合に降伏せん断耐力推定式を適用するとき、ラミナの支圧強度実験値を用いることで、精度良く、ボルト接合の降伏せん断耐力を推定することができた。今後はこのアプローチを他接合形式に適用し評価を試みたい。