

中大規模木造建築物への適用を目指した嵌合式木質パネル間接合工法の開発

Development of Dovetail Joints Between Timber Panels applicable for Large Timber Structures

性能制御システム学研究室

吉田 周平

Structural Performance Control Laboratory

Syuhei YOSHIDA

1. はじめに

2010年に公共建築物等木材利用促進法が施行されるなど、近年、建築物の木造化・木質化が推奨されており中大規模木造建築物の普及が求められている。直交集成板(CLT)や単板積層材(LVL・B種)といった大断面木質パネルを用いた工法は施工性や耐震性、材料の寸法安定性などの観点から中大規模木造建築物の実現に向けて有効な構造形式の1つとされている。

そこで本研究では、大断面木質パネル間の接合形式に着目し、従来型の金物による接合形式の強度及び剛性が木質部材に比べて大幅に小さいという構造上の課題に対して、接合金物を使わずに木材のめり込み性能や材料強度を生かした嵌合式接合工法を提案する。また、要素実験により嵌合接合部の構造性能評価を行い、中大規模木造建築物に対して将来的に適用するための基礎資料を得ることを目的とした。

2. 実験計画

2.1 試験体計画

提案する接合形式は、図1に示すようにパネル側面の凹凸(以下、フィンガー)を噛み合わせることで、パネル間に働くせん断力に抵抗する形式であり、本実験では、CLTおよびLVL・B種の2種類の木質パネルを対象に、図2に示すようなフィンガー部分の要素せん断試験を行った。

フィンガーの破壊性状として、フィンガー付け根部分に亀裂が発生するせん断破壊またはフィンガー下部が側材にめり込む圧縮破壊に至ることが考えられ、これらの破壊性状にはフィンガーのアスペクト比(H/W)の影響が大きいと想定した。そこで、既往の実験¹⁾による材料強度とフィンガー寸法をもとに以下の式(1)を用いて破壊性状および耐力の推定を行った。その結果、 $H/W = \sigma_c / \tau \approx 7$ を境に破壊性状がせん断破壊から圧縮破壊に変化すると考えられる。

$$\begin{aligned} \text{フィンガー最大耐力} &= \min(Q_s, Q_c) \quad \dots \text{式(1)} \\ \text{せん断強度 } Q_s(N) &= \text{せん断応力度 } \tau(N/mm^2) \times \text{高さ } H(mm) \times \text{厚さ } D(mm) \\ \text{圧縮強度 } Q_c(N) &= \text{圧縮応力度 } \sigma_c(N/mm^2) \times \text{幅 } W(mm) \times \text{厚さ } D(mm) \end{aligned}$$

以上の想定のもと、破壊性状を確認するため、試験体のパラメータとしてH/W=3, 7, 13の3種類を設定した。加えて、フィンガーの寸法効果も検討することとし、せん断破壊型想定H/W=3の試験体において、H=30, 60, 90の3種類を計画した。試験体諸元を表1に示す。

2.2 加力・計測計画

図2に示すように、万能試験機を用いた静的・一方向単調載荷により加力を行った。また、中央パネルと左右の側材パネルの相対変位をそれぞれ計測した。

3. 実験結果

フィンガーの破壊性状を図3、荷重-変位関係(破壊性状の違い)

い)を図4に示す。CLT、LVL・B種ともに、H/Wの違いによって想定通りのせん断破壊と圧縮破壊が確認できた。図4より、せん断破壊型(H/W=3)の試験体は剛性が高く、最大耐力後の耐力低下が急激であるが、せん断破壊後、直交層の曲げ抵抗により一定の耐力を保持できることを確認した。圧縮破壊型(H/W=13)の試験体は剛性が低く、最大耐力後の耐力低下が緩やかであり圧縮面のめり込み抵抗が確認できた。終局時(0.8Pmax 耐力低下時)の塑性率(μ =終局変位/完全弾塑性モデル

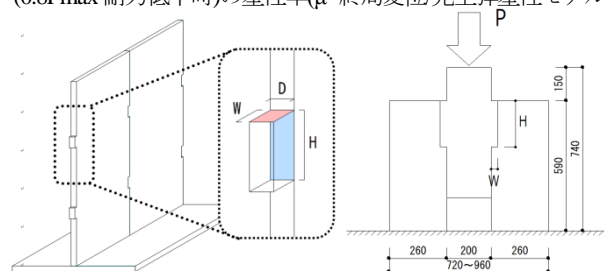


図1 提案型接合形式

図2 試験体概要

表1 試験体諸元

試験体名	材種	パネル厚さ D(mm)	フィンガー幅 W(mm)	フィンガー高さ H(mm)	アスペクト比 H/W	試験体数
C-90-30-210	CLT (Mx60-3-3/スギ)	60	30	210	7	2
C-60-30-90				90	3	
C-60-30-210				210	7	
C-60-30-390				390	13	
C-60-60-180				180	3	
C-60-90-270				270	3	
L-60-30-90	LVL B種 (60E-160F/スギ)	60	30	90	3	3
L-60-30-210				210	7	
L-60-30-390				390	13	
L-60-60-180				180	3	
L-60-90-270				270	3	

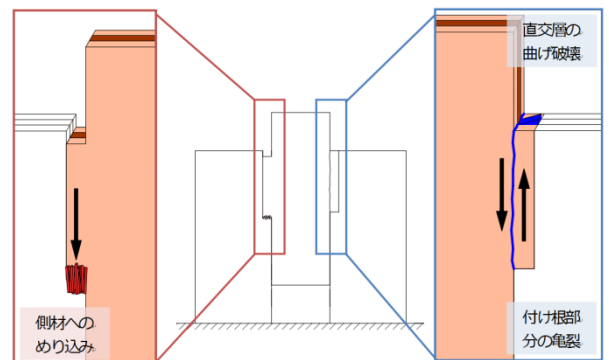


図3 フィンガーの破壊性状

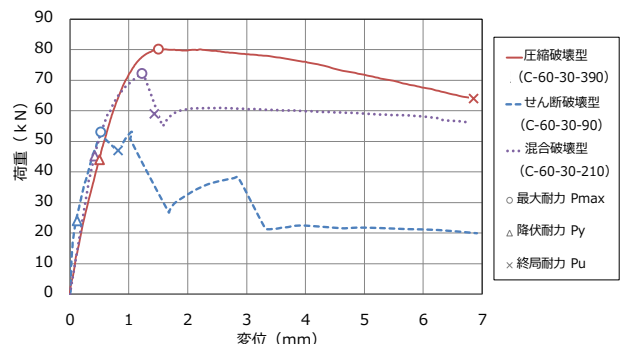


図4 荷重-変位関係(破壊性状の違い)

降伏時変位²⁾を比較すると、圧縮破壊型の塑性率は $\mu=8.0$ であり、せん断破壊型($\mu=3.0$)に比べ靱性に優れている。また、 $H/W=7$ の試験体では、せん断破壊と圧縮破壊の混合破壊が見られ、CLTは圧縮破壊、LVL・B種はせん断破壊が卓越した。

4. 提案型接合形式の構造性能評価

4.1 フィンガーの強度評価

材料試験結果(表 2)と式(1)を用いてフィンガー最大耐力を算定し、推定値と実験値の比較を行った。 $W=30\text{mm}$ で一定の各試験体の最大耐力-アスペクト比関係を図 5、 $H/W=3$ 時の最大耐力-フィンガー幅関係を図 6 に示す。図 5 より推定値と実験値にばらつきはあるものの、式(1)はフィンガー最大耐力を概ね推定することが可能であり、破壊性状についても材料強度とフィンガー寸法から推定できることを確認した。また、図 6 よりフィンガーの大きさに対して、最大耐力はほぼ比例的に増加し、寸法効果の影響はほとんど見られなかった。

4.2 従来型接合形式との構造性能比較

本検討では、壁長 1m ×高さ 3m の壁パネルを2枚接合したモデルを想定し、提案型(C-60-30-90)と従来型(LVL)を雇い実として 10cm 間隔でビス打ちした接合形式の構造性能の比較を行った。荷重-変位関係(提案型と従来型の比較)を図 7、壁倍率-フィンガー数関係を図 8 に示す。図 7 より提案型と従来型を比較すると、塑性率は同程度であるものの、提案型は剛性が高く、フィンガー1つの最大耐力はビス約15本に相当する。また、壁倍率は、接合部耐力(\min (降伏耐力 P_y 、終局耐力 P_u)をもとに大変形時性能を表した $0.2P_u(2\mu-1)$ 、最大耐力の $2/3$ 耐力 $2/3P_{\text{max}}$)×フィンガー数をもとに算出した壁パネルせん断耐力 F_H ⁴⁾を基準耐力 $1.96(\text{kN/m})$ ×壁長で除した、壁の水平耐力を示す指標であり、図 8 より木造住宅などで用いられる構造用合板と CLT パネルを比較すると、大幅な壁倍率の向上が見られ、提案型のフィンガーを5つ用いた場合は、約42倍の壁倍率を実現できる可能性がある。以上の検討から壁パネル間接合部に嵌合接合を用いることで、従来型に比べて剛性や壁倍率の大幅な向上が期待できる。

5. まとめ

本研究により得られた知見を以下に示す。

- ①材料強度とフィンガー寸法から破壊性状およびフィンガー最大耐力を推定できる。
- ②圧縮破壊型とすることでめり込み性能を生かした設計が可能になる。
- ③従来型の接合形式よりも耐力や剛性の向上が確認でき、壁倍率の向上が期待できる。

大断面木質パネル間に嵌合接合を用いることで、壁量低減による大空間化の実現や剛性の高さを生かした木質ラーメン構法の耐力壁としても応用が期待できるため、中大規模木造建築物の実現に対して有効な接合形式の1つであると言える。

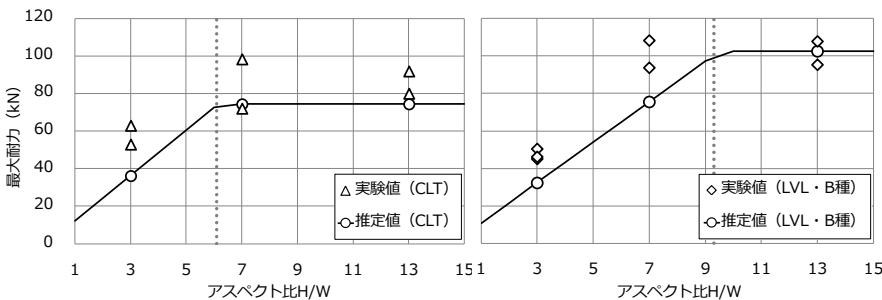


図 5 最大耐力-アスペクト比関係 ($W=30\text{mm}$)

参考文献

- 1) 株式会社日本システム設計/「CLTを用いた木造建築基準の高度化推進事業」報告書2015
- 2) 日本住宅・木造技術センター「木造軸組構法住宅の許容応力度設計法」/2001年12月
- 3) 銘建工業株式会社/「国産材(杉)直交積層材(クロスラミナ)の製作および性能実験の報告」/2010年
- 4) 伊藤(静岡大学大学院):「地域産材による直交集成板(CLT)の建築構造への適用 その5 CLT耐力壁の正負繰り返し水平加力試験」/日本建築学会梗2014年9月
- 5) 財団法人日本建築防災協会「木造住宅の耐震診断と補強方法 木造住宅の耐震精密診断と補強方法(改訂版)」2004年7月

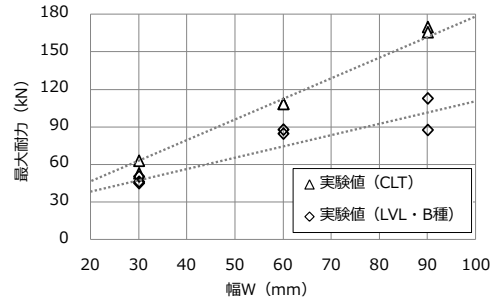


図 6 最大耐力-フィンガー幅関係 ($H/W=3$)

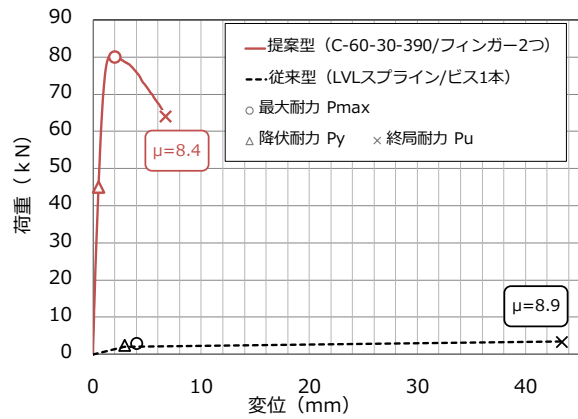


図 7 荷重-変位関係(提案型と従来型の比較)³⁾

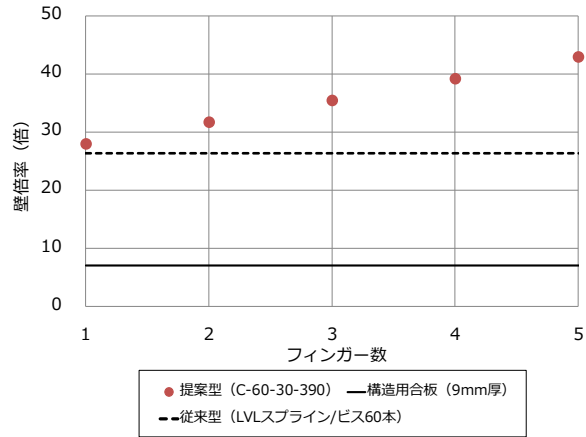


図 8 壁倍率-フィンガー数関係⁵⁾

表 2 材料試験結果

平均最大応力度 (N/mm ²)		
材種	CLT	LVL・B種
せん断 τ	3.36	3.00
圧縮 σ_c	20.70	28.51