

# 5階建て木造建築物を想定した CLT 耐震壁の開発

材料研究グループ 研究員 秋山 信彦

## I はじめに

建築分野では、温暖化等の環境問題に対する有効な取組みの一つとして、炭素固定による CO2 削減や建築の省エネ化の可能性を受けて、木質材料の利用が積極的に検討されている。構造的利用に関して言えば、材料の製造・加工技術や接合技術、更には設計・施工技術等の発展により、住宅規模でない中層・大規模建築物の木造化が可能となっており、2010年に「公共建築物等木材利用促進法」が公布されたことを受けて、様々な技術開発がより一層盛んに行われている。近年、製造性や施工性などに利点を持つものとして、国内外で新しい木質構造材料の CLT パネルが急速に普及しつつあるが、より高い耐震性能と“現し”の可能性を求められる我が国では、様々な利用方法が模索されている段階にあり、その開発が求められている。

その一つの開発事例として、ここでは、“広く分厚く接合し易い”という CLT の特徴を生かして、“現し”となることを意識した鉄骨フレームに嵌め込む仕様の耐震構造システムの開発を行った成果を報告する。尚、この開発は5階建て木造建築物の設計プロジェクト（図1）において行われたものである。



図1 構造システムを導入した5階建て木造建築物

## II 提案する構造システム

### (1) 構造システムの構成

図2に構造システムの構成を示す。木質面材を2枚用意して、各々の内側の四周にフラットバー（FB（鉛直方向：長尺FB、水平方向：短尺FB））をラグスクリュー接合により留めつけて、上下の鉄骨梁の中央に予め溶接した接合プレートに対して両

面からFBを添わせて高力ボルト（HTB）接合により締結して構成する（長尺FB用の接合プレートはヒンジが付いた仕様）。

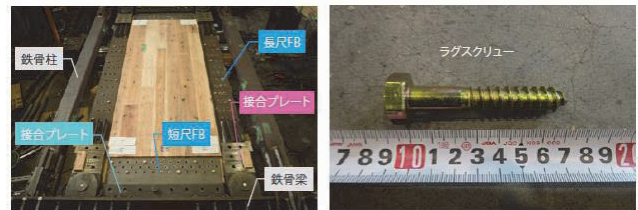
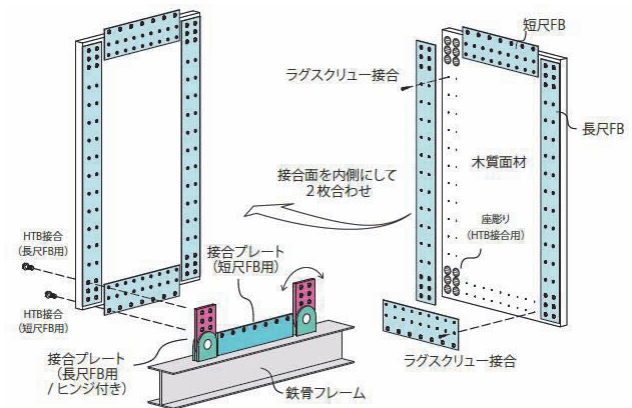


図2 構造システムの構成

### (2) 構造システムの想定破壊モード

水平力に対する抵抗機構は、住宅産業で一般的な面材張り大壁と同様であり、脆性破壊となる木質面材のせん断破壊耐力に対して四周のラグスクリュー接合を先行降伏させて塑性化させてエネルギー吸収能を確保することを企図している（図3）。

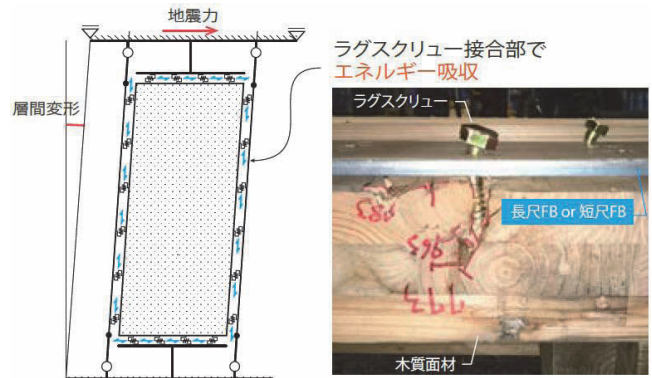


図3 想定する破壊モード

### (3) 目標性能

導入した実物件は1階RC造+2~5階木造の耐火建築物であり(図4、図5)、表1に各層重量と短期時の層せん断力を示す。敷地条件は狭小間口で、短辺方向の耐力壁の確保が困難な事務所プランで、必然的に高耐力の構造要素が要求された。壁配置可能位置の総長さに対する有効耐力壁率を8割、塑性率を5程度と仮定した場合の必要保有水平耐力は、別途行った時刻歴応答解析による試算から274kN/mが目標性能となった。

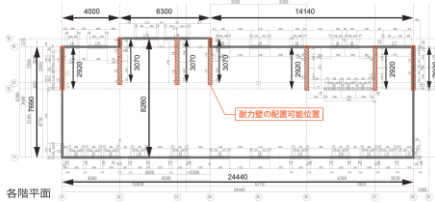


図4 導入建物の伏図

表1 各層重量と短期時層せん断力

階	構造	$h_f$ [m]	$W_f$ [kN]	$\Delta W_f$ [kN/m]	$V_f$ [kN]	$w$	$\Delta w$	$C_f$	$Q_f$ [kN]
5	W造	3.25	1198	1.8	1198	0.133	2.03	0.405	485
4	W造	3.40	1437	2.1	2635	0.293	1.91	0.322	849
3	W造	3.40	1491	2.1	4036	0.448	1.41	0.282	1139
2	W造	3.40	1391	2.1	5427	0.603	1.27	0.254	1378
1	RC造	3.80	3577	5.3	9004	1.000	1.00	0.200	1801

※  $h_f$ : 層高さ,  $W_f$ : 総重量,  $\Delta W_f$ : 単位面積当たりの重量,  $w$ : 重量比,  $\Delta w$ : 荷重分布係数  
 $C_f$ : 層せん断力係数,  $Q_f$ : 層せん断力  
 ※ 構造: W造…木造/RC造…鉄筋コンクリート造

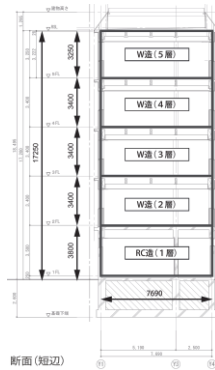


図5 導入建物の断面

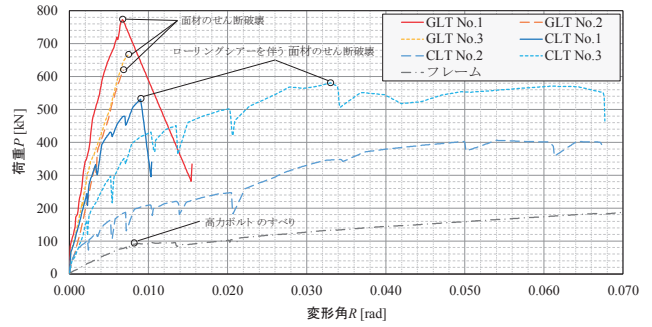


図6 加力点荷重 - 層間変形角関係 (P-R) 関係

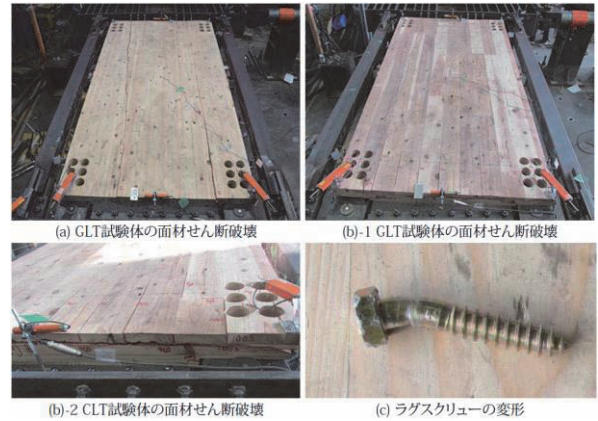


図7 破壊性状

### III 実験および解析

#### (4) 試験概要

耐力壁の破壊性状及びせん断性能の把握のため面内せん断実験を行った。木質面材には、CLTパネル(Mx60-3-4)だけでなく、より高いせん断強度の集成材パネル(GLTパネル/E95-F270)を用意して、野心的に高耐力化の可能性を検討した(寸法は $t=120-1260 \times 2460$ で共通)。尚、面材の両脇には長期軸力と転倒モーメントの負担用として独立の角鋼柱を設けた。試験体は各パネル3体ずつ用意し、目標性能を満足するように試行錯誤的に仕様を全て変えて行った(紙面の都合上詳細は割愛するが主たる変更点はラグスクリューの本数の多寡/解析にて負担せん断力除外のため鉄骨フレームのみの試験も実施)。

図6、図7に全試験体の加力点荷重 - 層間変形角関係 (P-R 関係) と破壊状況を示す。GLT試験体はラグスクリューの本数の多寡に関わらず No.1~3 全ての試験体で面材がせん断破壊し急激に荷重低下した。一方、CLT試験体は、No.1では面材のせん断破壊が先行して急激に荷重低下したが、本数を減らしたNo.2、3はラグスクリュー接合が先行降伏することである程度耐力を保持しながら 1/15rad まで変形し塑性変形能を確保できた。No.3は1/30rad程度で面材のせん断破壊が生じており、この本数を上限として建物への導入が可能と考えられる。

#### (5) 解析概要

図8に解析値と実験値の比較を示す。解析値は、面材張り耐力壁の挙動推定に用いられる詳細計算法を適用して求めた。

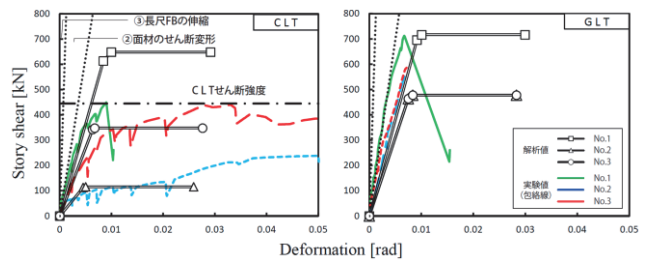


図8 実験値と解析値の比較

CLT試験体は良好な適合性を示し、本解析方法の妥当性を示した。また、No.3の計算により終局耐力は345kNで単位長さ当りに換算すると287kN/mとなり、目標性能である274kN/mをぎりぎり満足する結果となった。バラツキ等を踏まえると耐力は低減されるが、鉄骨フレーム分を加味すれば十分な耐力を有していると言える。

一方、GLT試験体は面材が脆性破壊し企図した破壊モードに誘導できなかった。別途行った詳細解析によるとラグスクリュー接合のすべり挙動が解析と不一致であったことが原因であるがその理由は現状不明であり今後の課題である。