



建築用木材における材料特性の耐環境性 および高強度圧縮木材の開発

高橋 剛
田中 康基
草苅 敏夫
富樫 巖
長澤 徹
鈴木 不二男
瀧本 文一
島田 勇気

釧路高専機械工学科 / 教授
釧路高専建設・生産システム専攻 / 学生
釧路高専建築学科 / 教授
旭川高専物質工学科 / 教授
北海道教育大学釧路校 / 教授
丸善木材株式会社 / 代表取締役
釧路工業技術センター / 主査
釧路市役所産業推進課

※ノーステック財団より委託
「平成22年度研究開発助成事業 / スタートアップ研究補助金」

背景 根釧地区の特徴

厳しい自然環境

豊富な森林資源

地震多発地域 積雪・腐朽

間伐材の有効利用



経年劣化による
耐久性低下の予測



目的

経年劣化を考慮した
耐久性予測法の開発

間伐材を利用した
高強度建材の開発

CAEの応用による
構造解析手法

耐久性に優れる
圧縮木材に着目



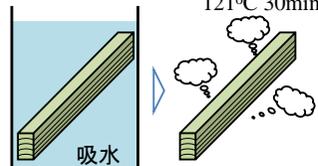
製品化のイメージ

強度	無垢材 < 圧縮木材 < 集成材
健康被害	無垢材 = 圧縮木材 < 集成材
価格	無垢材 < 圧縮木材 < 集成材

圧縮木材の製作法

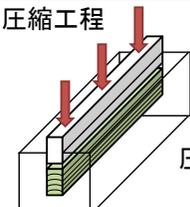
1. 軟化工程

蒸気加熱
121°C 30min



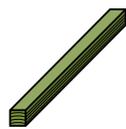
2. 圧縮工程

圧縮率
50%



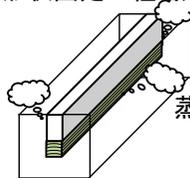
4. 乾燥・完成

温風
60°C
24hrs

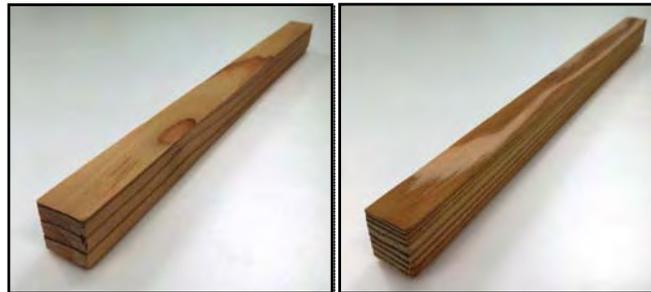


3. 形状固定工程

蒸気加熱
132°C
70min



圧縮木材の製作法



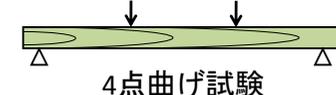
無垢材

圧縮木材

20×20×300mm

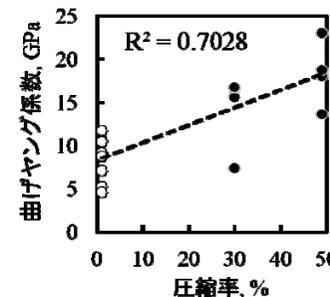
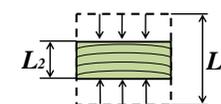
圧縮木材の建築用木材への適用性

1. 圧縮率と曲げヤング係数



4点曲げ試験

$$\text{圧縮率} = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100$$



圧縮木材の建築用木材への適用性

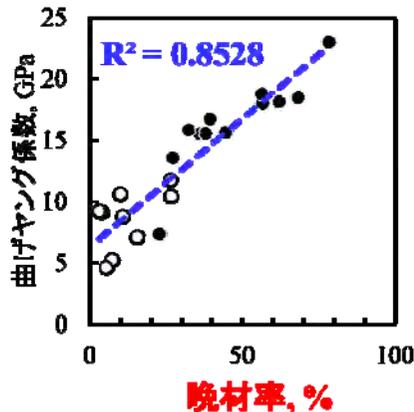
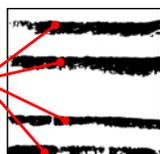
1. 圧縮率と曲げヤング係数... <晩材率>

晩材
早材



2値化

晩材



圧縮木材の建築用木材への適用性

2. 腐朽と耐久性

腐朽...木材腐朽菌による劣化



曲げヤング係数 44%減

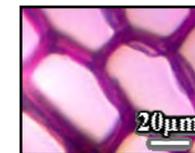
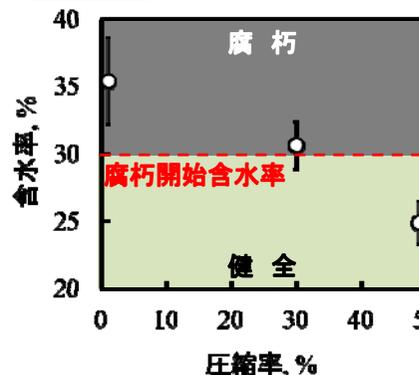
耐朽性の評価項目

- 腐朽開始時期の遅延...吸水試験
- 腐朽後の残存剛性...軸圧縮剛性評価試験

圧縮木材の建築用木材への適用性

2. 腐朽と耐久性

吸水試験...木材試験片を水中に1週間浸漬



圧縮木材の建築用木材への適用性 2. 腐朽と耐久性

腐朽加速試験
オオズラタケ腐朽

健全 腐朽

腐朽後の軸圧縮剛性評価試験

$$\text{残存剛性} = \frac{\text{腐朽後の剛性}}{\text{腐朽前の剛性}} \times 100$$

材料	残存剛性, %
無垢材	~15
圧縮率30%	~20
圧縮率50%	~35

2012 Mar. 10

木造建築物の耐震シミュレーション CADモデル化

詳細モデル

高さ方向
長手方向 (East)
奥行き方向 (North)

基礎構造簡略化

解析モデル

2012 Mar. 11

木造建築物の耐震シミュレーション 構造解析手法の精度検証

水平型加振機

加振加速度 2500cm/s²
1次モード 2次モード

1次モード/2次モード

実験 解析

2012 Mar. 12

木造建築物の耐震シミュレーション 腐朽による耐震性能低下 無垢材 vs 圧縮木材

材料	健全	密度比	ヤング係数比
無垢材	健全	1	1
	腐朽	1.4	0.4
圧縮材 (圧縮率50%)	健全	1.9	1.9
	腐朽	2.5	0.95

変位計測箇所

圧縮木材適用箇所

2012 Mar. 13

木造建築物の耐震シミュレーション 固有値解析結果

1次モード(高さ方向) 25.41Hz

2次モード(奥行方向) 27.38Hz

2012 Mar. 14

木造建築物の耐震シミュレーション 高さ方向加振 1階床面の応答

最大振幅値, µm

無垢材腐朽 17.04Hz (振幅2.1倍)

無垢材新築 25.41Hz (振幅1.7倍)

圧縮材腐朽 20.55Hz

圧縮材新築 28.61Hz

2012 Mar. 15

圧縮木材の建築用木材への適用性 2. 圧縮木材の耐火性

供試材 20×20×20mm
鉄板
ガスバーナー 800°C

燃焼試験方法

炭化速度, mm/min

● LT plane
○ LR plane

圧縮率, %

圧縮率が高くなるほど、炭化速度が低い。
⇒ 圧縮木材は燃えづらい
⇒ 住宅建材に適用した場合、逃げる時間的余裕が生まれる。

2012 Mar. 16

結論

- 圧縮木材の製法
 - 圧縮木材の製法確立
- 圧縮木材の適用性
 - 晩材率により等級分けが可能
 - 吸水しにくいことによる腐朽遅延効果
 - 腐朽時の残存剛性・強度が無垢材の2倍
 - 炭化速度が遅い。すなわち燃えづらい。
- 耐震シミュレーション
 - 腐朽による著しい耐震性能低下
 - 圧縮木材は無垢材よりも圧倒的に腐朽に強い

2012 Mar. 17

今後の課題

- 建材用圧縮木材(10cm角×2.7m)の製作装置の開発
- 薬品を使った腐朽加速試験法の開発
- 耐震シミュレーションによる既存の一般木造住宅の耐久性予測手法の適用

END

2012 Mar. 18

木造住宅の建築構造解析と耐震補強

高橋 剛 釧路高専機械工学科/教授
 荒井 誠 釧路高専機械工学科/教授
 鳥本 達郎 釧路高専建設・生産システム工学専攻科/学生
 残間 幹夫 株式会社 残間金属工業/工場長

19

背景

- 平成19年に改正建築基準法が施行
→地震に対する強度検査や住宅の安全性などの基準が明確に
- ➡ 人々の耐震に対する関心が高まっている
- 釧路地域は規模の大きい地震が頻発
→地震に対する危機感が強い
- ➡ 簡便な耐震検査や効果の高い耐震補強の方法が求められている

20

目的

1. 動的耐震性能評価試験 ← 結果比較
 2. CADモデル作成 ➡ シミュレーション
 3. モデル簡易化 シミュレーション手法提案
 4. 外付け耐震補強方法検討 ➡ 実際の地震を再現したシミュレーション
- 耐震効果の検証

21

対象住宅



- 実験ラボとして設計・建設した
北方型木造建築(建材としてカラマツを使用)

加振機および加振条件



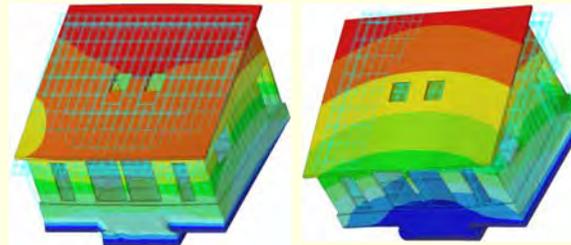
水平型加振機

- 実験木造住宅の長手方向(X方向)と、幅方向(Y方向)の水平方向に加振

- 加速度一定 250 [cm/s²]
- 周波数 20 [Hz]~2 [Hz]
- 0.1 [Hz]刻みで変化

22

シミュレーション結果比較

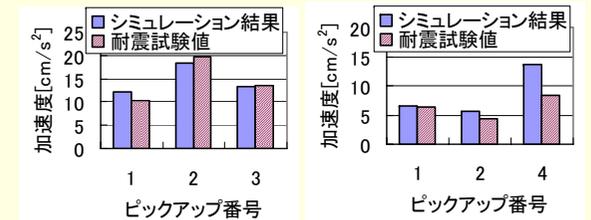


一次モード(奥行き方向Y) 二次モード(長手方向X)

23

簡易化シミュレーション結果

- 周波数応答解析による加速度応答値の比較

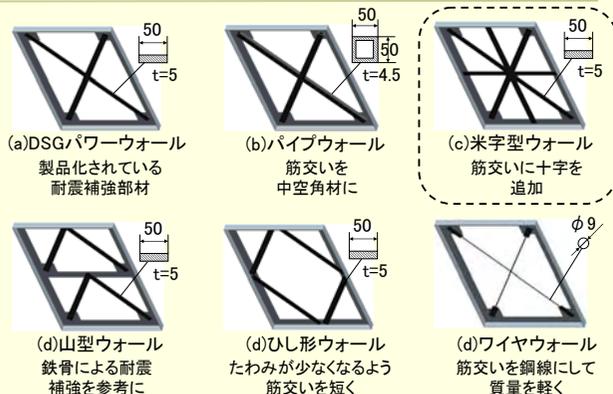


一次モード(奥行き方向Y) 二次モード(長手方向X)

大小関係一致
→計算時間が約半分となる簡易化手法

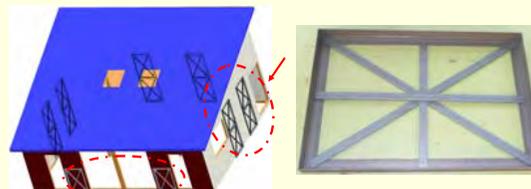
24

提案した外付け耐震補強部材



25

耐震補強部材の検討



耐震補強部材の設置位置 (c)鉄製米字型ウォール試作品

- CADモデル上に外付け耐震補強部材を設置
→実際の地震を再現したシミュレーションによって耐震効果を検証

26

まとめ

- CADモデル上に提案した外付け耐震補強部材を設置. シミュレーション結果から
提案構造「米字ウォール」は、既成耐震補強部材と同レベルの振動低減効果があることを確認

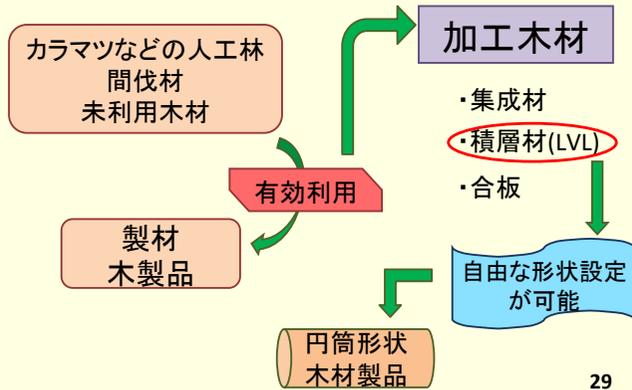
今後の課題

- ・「米字ウォール」のSteel Angle材からカラマツ木材への置換
- ・それに伴う部材結合方法の開発

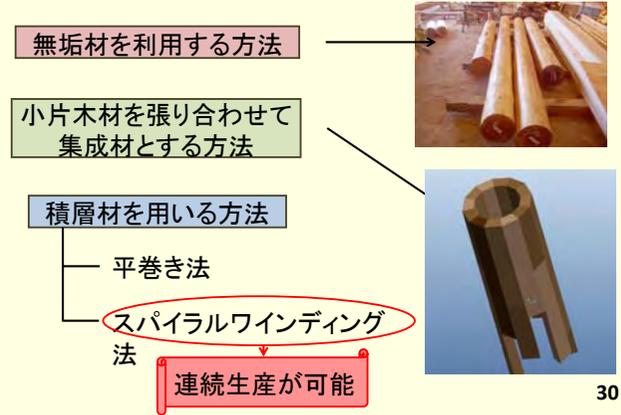
スパイラルワインディング法を用いた中空円筒LVL製造に関する研究

制御情報研究室
櫻庭崇紘
指導教員 荒井 誠

研究目的



円筒形状木材の製造方法



スパイラルワインディング法

1. 丸木をかつら剥きにする

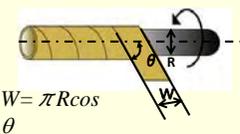


2. 薄単板を帯状に加工する



$W=74.3[\text{mm}]$
 $t=0.45[\text{mm}]$
 $l=580[\text{m}]$

3. マンドレルに螺旋状に巻き取る



4. 完成



スパイラルワインディング方法

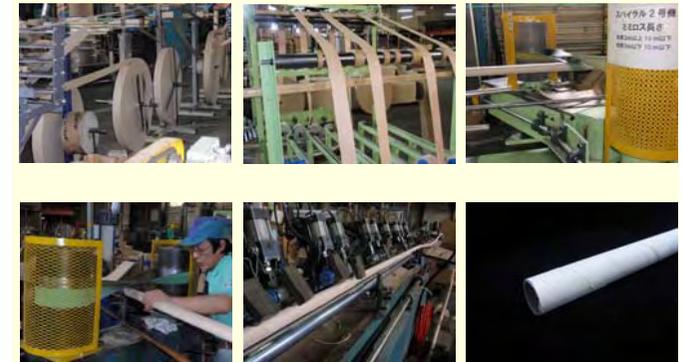
(北海紙管名寄工場)

既存の紙管製造機を用いて製造可能

広く製造・普及が可能



中空円筒LVL製造の様子



中空円筒LVLの機械的特性

比較対象 **無垢の角木材** **紙管1** **紙管2** **紙管3**

試験結果

(N/mm ²)	曲げヤング係数	曲げ強さ	曲げ比例限度	縦圧縮ヤング係数	縦圧縮強さ	縦圧縮比例限度
中空円筒LVL	1.03 × 10 ⁵	2.41 × 10	20.2	0.79 × 10 ⁵	1.19 × 10	4.79
紙管1	1.07 × 10 ⁵	1.26 × 10	6.63	0.65 × 10 ⁵	0.56 × 10	2.20
紙管2	1.77 × 10 ⁵	2.06 × 10	7.60	2.80 × 10 ⁵	1.09 × 10	4.31
紙管3	2.55 × 10 ⁵	2.56 × 10	16.7	0.81 × 10 ⁵	0.92 × 10	7.21
無垢の角木材	8.70 × 10 ⁵	7.20 × 10	28.5	5.32 × 10 ⁵	3.39 × 10	13.2

曲げ試験、縦圧縮試験ともに

無垢の角木材 > 中空円筒LVL ≧ 紙管

中空円筒の用途

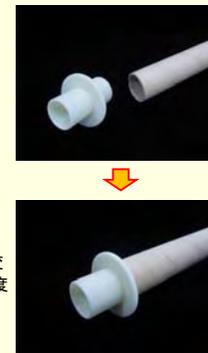
コンセプト 表面の木目を活かした実用家具



縦 0.3 [m]
横 0.45 [m]
高さ 0.67 [m]

耐荷重
約3600[N]
(約370[kg])

中空円筒LVLの肉厚を変えることでさまざまな強度設計が可能



まとめ

- 中空円筒LVLは小径のものであれば既存の紙管製造機で製造可能。
- 曲げ、圧縮強さが無垢の木材には劣るが、紙管と同程度かそれ以上の強度を持つ。
- 既存の紙管製造機を小型化し、コストを抑えた中空円筒LVL製造機を設計した。
- 中空円筒LVL製の棚は十分な強度があり、実用的。

今後の継続的な研究に期待する