



# 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  
草苺 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

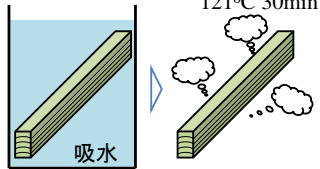
価格

無垢材 < 圧縮木材 < 集成材

## 圧縮木材の製作法

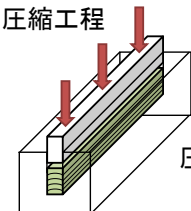
1. 軟化工程

蒸気加熱  
121°C 30min



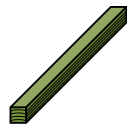
2. 圧縮工程

圧縮率  
50%



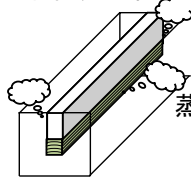
4. 乾燥・完成

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

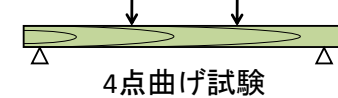
20 × 20 × 300mm



圧縮木材

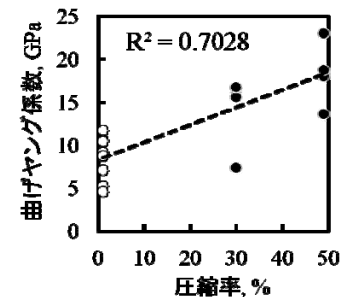
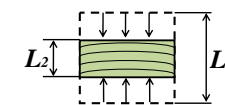
## 圧縮木材の建築用木材への適用性

### 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

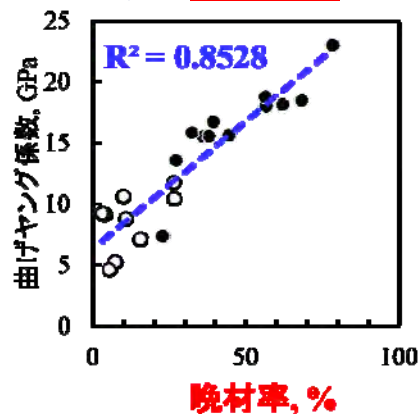
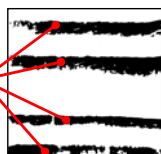
### 1. 圧縮率と曲げヤング係数... <晩材率>

晩材  
早材



2値化

晩材



晩材率, %

## 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



築30年  
腐朽材



湿润環境

曲げヤング係数 44%減

耐朽性の評価項目

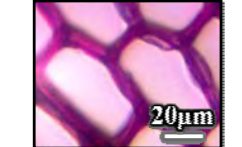
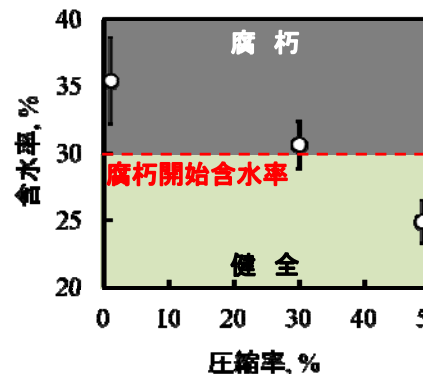
□ 腐朽開始時期の遅延... 吸水試験

□ 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



50%圧縮

### 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

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	100
圧縮率30%	20
圧縮率50%	30

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

解折モデル

鋼路高専ものづくり実験住宅

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/s<sup>2</sup>

1次モード 2次モード

加速度, cm/s<sup>2</sup>

周波数, Hz

実験結果

1次モード/2次モード

モード	実験	解析
1次モード	1.1	1.0
2次モード	1.0	1.0

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	状態	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

×1.75 (密度比), ×2.74 (ヤング係数比)

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

周波数, Hz

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

1. 圧縮木材は、無垢材に対して周波数がアップし、振幅が小さく、有利である。  
2. 圧縮木材は、腐朽した場合でも振幅増加率が、無垢材のそれよりも小さく、有利である。

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

圧縮率, %

● LT plane  
○ LR plane

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

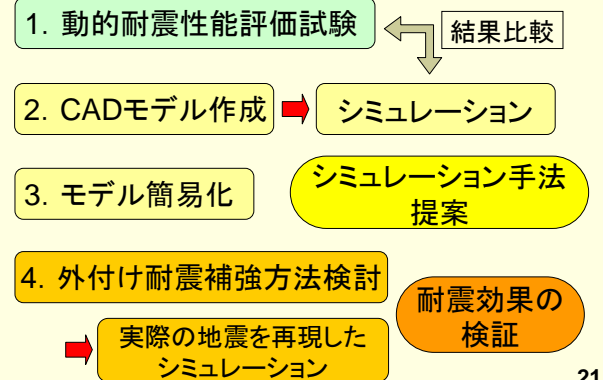
19

## 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



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



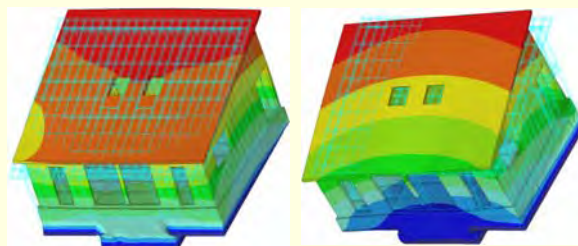
水平型加振機

■ 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/s<sup>2</sup>]
- 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

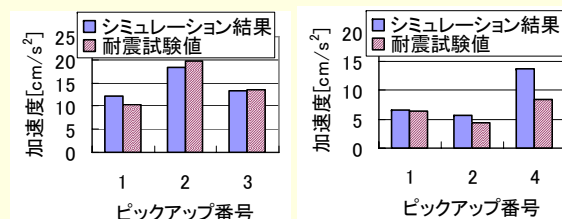


一次モード(奥行き方向Y) 二次モード(長手方向X)

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

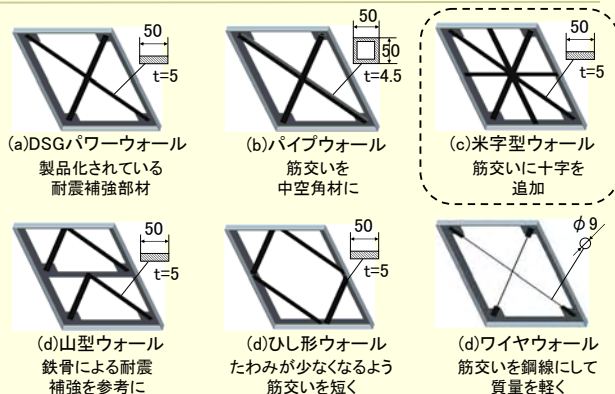


一次モード(奥行き方向Y) 二次モード(長手方向X)

大小関係一致  
→計算時間が約半分となる簡易化手法

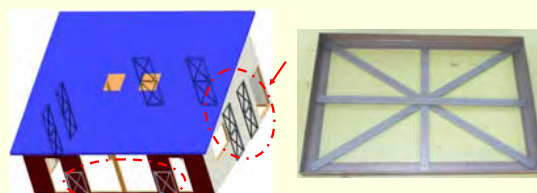
24

## 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

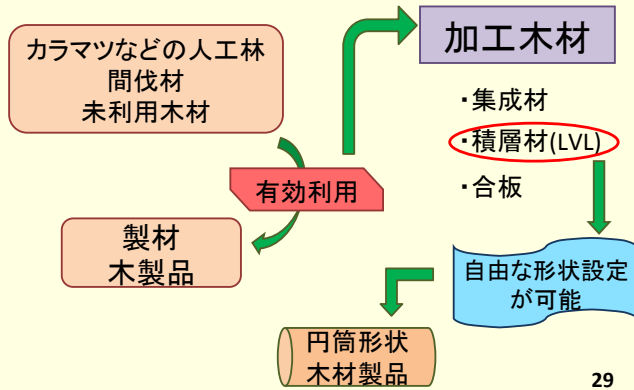
## 今後の課題

- ・「米字ウォール」のSteelアングル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

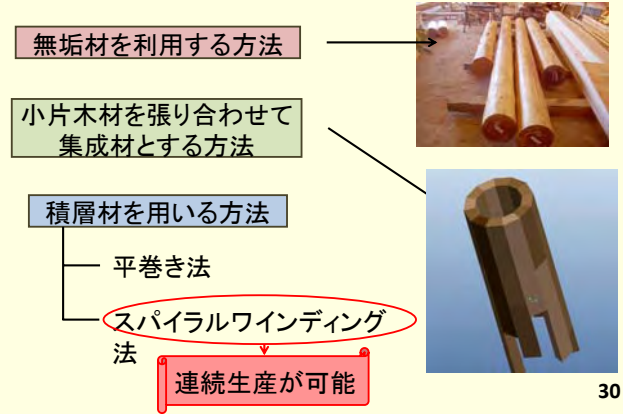
# スパイラルワインディング法を用いた中空円筒LVL製造に関する研究

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

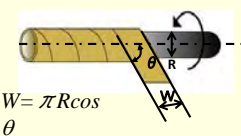


2. 薄単板を帯状に加工する



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

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

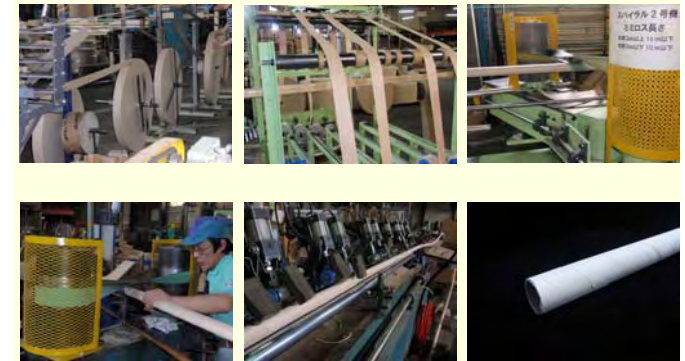
(北海紙管名寄工場)

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 <sup>2</sup> )	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 <sup>5</sup>	2.41 × 10	20.2	0.79 × 10 <sup>5</sup>	1.19 × 10	4.79
紙管1	1.07 × 10 <sup>5</sup>	1.26 × 10	6.63	0.65 × 10 <sup>5</sup>	0.56 × 10	2.20
紙管2	1.77 × 10 <sup>5</sup>	2.06 × 10	7.60	2.80 × 10 <sup>5</sup>	1.09 × 10	4.31
紙管3	2.55 × 10 <sup>5</sup>	2.56 × 10	16.7	0.81 × 10 <sup>5</sup>	0.92 × 10	7.21
無垢の角木材	8.70 × 10 <sup>5</sup>	7.20 × 10	28.5	5.32 × 10 <sup>5</sup>	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

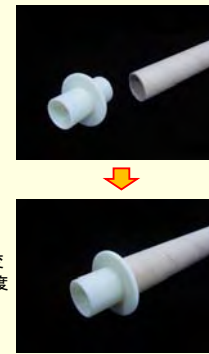
コンセプト 表面の木目を活かした実用家具



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