

# シンポジウム

## 「木質構造研究の現状と今後の課題 PartⅢ」



2007/03/05 開催

日本木材学会 木材強度・木質構造研究会



## 目次

	当日資料	製本冊子
目次	1	1
会告	1	2
プログラム	1	3
シンポジウム開催主旨と過去のプログラム	4	4
講演要旨		
研究の現状と課題		
①製材 (岡崎 泰男・秋田県立大学木材高度加工研究所)	6	9
②集成材・LVL (宮武 敦・森林総合研究所)	8	15
③合板・ボード類 (渋沢 龍也・森林総合研究所)	10	23
④接合 (森 拓郎・京大生存圏研究所)	6	33
⑤構造要素 (杉本 健一・森林総合研究所)	5	39
問題提起と総合討論		
戦後日本の木造を振り返り将来を展望する (平嶋 義彦・名古屋大学)	6	45
討論会議事録 (武田孝志・信州大学)		5
付録		
木質構造年表	3	51
木材強度・木質構造研究会の開催記録	1	54
木質材料の製造工程	1	55
見学会概要	1	56
トヨタ自動車国内生産工場・トヨタ博物館	1	57
名古屋大学キャンパスマップ・野依記念学術交流会館	1	58
参加者名簿		2
写真記録		4
関係者連絡先		2
総ページ数	58	94

シンポジウム「木質構造研究の現状と今後の課題 PartⅢ」

主催： 木材学会 木材強度・木質構造研究会

協賛： 木質構造研究会

趣旨： 当研究会では、1986/10 に東京で「木質構造研究の現状と今後の課題」を開催した。木材とそれを使った構造に係る研究を総じて現状分析し、「今何が最先端なのか、何が問題なのか、我々が進むべき方向はどこなのか」について討論されたこの会は、木材強度・木質構造研究会そのものといって過言ではない。木材研究と木造建築を繋いだ 8 年後、1994/08 には秋田で「(同) Part II」が開催され、木材研究の活動・波及範囲が大規模木構造物に広がっていく契機ともなった。それから 12 年、初回から 20 年を経た現在、我々は多くの技術的蓄積と進歩を得て今日様々な問題を処理しているが、広範な知的財産とそれらを紹介する大量の情報の中、行く先を見失い「迷子」となることも増えている。今回「(同) Part III」を開催することで関連研究者の知恵を集結し、構造材料としての木材研究が今後進むべき方向を見出す契機としたい。

日程:(予定)

2007/03/05(月)

08:30 受付開始

シンポジウム (名古屋大学野依記念学術交流会館)

懇親会

2007/03/06(火)

見学会 (トヨタ自動車国内生産工場、トヨタ博物館)

17:00 解散 (JR 名古屋駅)

問合せ先:

木材強度・木質構造研究会 幹事 軽部正彦

独立行政法人 森林総合研究所 構造利用研究領域

〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1

TEL: 029-829-8309 FAX: 029-874-3720

連絡先メールアドレス:

<mailto:wstr200703@ml.affrc.go.jp>

最新の詳細情報は下記 URL の研究会ホームページでご覧下さい。

<http://www.jwrs.org/kenkyu/wstr/>

## プログラム

- 司会・進行 ..... 青木 謙治 ..... ((独) 森林総合研究所)  
09:30-09:40 【開催主旨説明】..... 軽部 正彦 ..... ((独) 森林総合研究所)

---

### 研究の現状と課題

---

- 09:40-10:30 【①製材】..... 岡崎 泰男 ..... (秋田県立大学木材高度加工研究所)  
  
10:30-11:10 【②集成材・LVL】..... 宮武 敦 ..... ((独) 森林総合研究所)  
  
11:10-12:00 【③合板・ボード】..... 渋谷 龍也 ..... ((独) 森林総合研究所)

### 12:00-13:10 昼食

- 13:10-14:00 【④接合】..... 森 拓郎 ..... (京都大学生存圏研究所)  
  
14:00-14:50 【⑤構造要素】..... 杉本 健一 ..... ((独) 森林総合研究所)

### 14:50-15:00 休憩

---

### 問題提起と総合討論

---

- 15:00-16:00 【戦後日本の木造を振り返り将来を展望する】  
..... 平嶋 義彦 ..... (名古屋大学)  
  
16:00-17:00 【討論会】

## シンポジウム開催主旨と過去のプログラム

1987/02 第 1 回資料より抜粋

### 「木質構造研究の現状と今後の課題」 をまとめるにあたって

昭和 30 年 10 月名古屋で開催された第 1 回日本木材学会大会に於て数件の研究発表が行われて以来、木材の構造的利用に関する研究は木材学会における重要な研究分野の一つとして今日に引き継がれて来ているが、その間、関連する基礎技術や理論の進展、社会的情勢の変化に応じて、様々な変遷を経ながら現在に至っている。

試みに過去 20 年間の木材学会大会時における、木材強度・木質構造関係の研究発表状況を、本文中の分類に従い 5 年毎にまとめてみると下表の様になる。これを見ると、以前は材料性能に関する研究がその大半を占めていたのに対し、最近ではその範囲に留まらず、接合、構造体構成要素と言った、よりエンドユースに近い研究内容もかなり扱われる様になって来ている。この事は、建築材料としての木材、木質材料の基礎材質評価に始まり、その変形破壊機構についての材料力学的解析と言った問題に発展して来た木材強度研究者の興味の対象が、それらを用いた構造物の性能評価の問題にも広がって来ている事を示している様に思われるが、同時にまた、我が国の木質構造研究分野において、林産部門の研究者の存在が少しずつ戦力として認められ期待される様になって来た事も見逃せないであろう。当研究会がこの様な内的、外的状況を考慮して、数年前に木材強度研究会から現在の木材強度・木質構造研究会に名称を変更したのは、まだ記憶に新しいところである。

木材学会大会における木材強度  
木質構造関係の研究発表件数 (%)内%

年度	1967~ 1971	1972~ 1976	1977~ 1981	1982~ 1986
材料	106 (78)	65 (58)	75 (41)	74 (38)
接合	10 (7)	20 (18)	40 (22)	42 (21)
構造体 構成要素	12 (9)	23 (21)	52 (28)	61 (31)
家具 その他	8 (6)	4 (4)	17 (9)	20 (10)
計	136	112	184	197

幸いな事に、ここ数年来、我が国では長く沈滞状態にあった木質構造が見直される風潮にあり、これに間係する調査、研究開発に対しても様々なバックアップ体制が整えられつつある様である。我々研究者の立場から自戒をこめて言えば、残念ながらこの様な状況は、必ずしも木材や木質構造に関する十分な研究実績を基盤として導かれたものとは言いがたく、むしろ技術以外の社会的状況に依るところが大きい様に思われる。しかし、この与えられたチャンスを生かし木質構造の地位を定着させて行くためには、これに携わる研究者、技術者の総力をあげた技術蓄積が不可欠となる事は言うまでもないであろう。

これとは別に現在はまた、我が国における木材関連産業の全般的な状況から、既存の林産関係研究機関や教育機関の存在価値が問い直されている時期でもある。この事は単にそれら組織の必要性の有無やあり方の問題にとどまらず、そこに属する個々の研究者がそれぞれに与えられた条件の中で自らの研究上の立場をどの様に位覆づけ、どの様な役割を担って行こうとするのかと言う問題としてとらえる必要がある様に思われる。

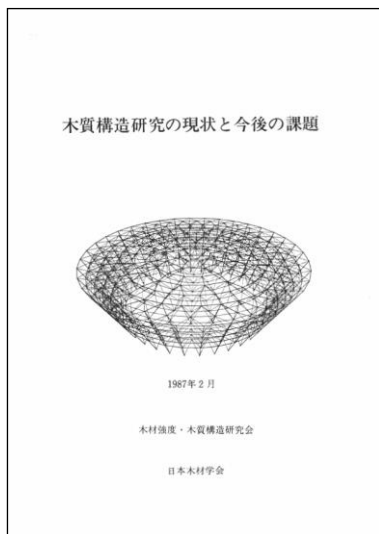
この様な現状の中で、今後我々がどの様な問題に取り組み、どの様な方向を目指すべきかを考えて行くために、建築構造学の立場で木質構造に取り組んでおられる諸先生方や建築設計実務家の方々にも御参加いただき、昭和 61 年 10 月、東京に於て表記のテーマによる研究会を持った。当日は農林水産省林業試験場構造性能研究室の小松幸平、神谷文夫両氏に国内外の研究状況の概略と問題点をまとめていただくとともに、東京大学工学部の坂本功氏および伊藤邦明都市・建築研究所の伊藤邦明氏にそれぞれの視点から今後の研究課題についての御提言をいただいた。

この小冊子は小松、神谷両氏の当日の資料を一部手直し、補足していただいたものと、坂本、伊藤両氏の御講演及び総合討論の概要を取りまとめたものである。これまで、この種の議論はともすればその場限りの総論的な問題整理に終わりがちで、なかなか日常的な研究活動とは結び付いて行かないきらいがあった様に思う。今回の議論がそれにとどまる事なく、少しでも具体的な研究成果につながって行く事を期待したい。

昭和 62 年 2 月 日本木材学会  
木材強度・木質構造研究会幹事

目次

研究の現状と課題	
(1) 材料・接合.....小松幸平(林業試験場)	1
(2) 構造体構成要素.....神谷文夫( 〃 )	26
問題提起と総合討論	
(1) 建築構造学の立場から.....坂本 功(東大工学部)	66
(2) 設計者の立場から.....伊藤邦明(伊藤邦明都市・建築研究所)	71
(3) 総合討論概要.....	85
(4) 総合討論を終えて.....司会 平鳴義彦(林業試験場)	90
参加者名簿.....	91



表紙イラスト:コンピュータグラフィックスによる立体トラス  
小国町交通センター 葉 祥栄 設計  
(日経アーキテクチュア 1986年11月17日号、  
SD 1987年1月号 にそれぞれ掲載)

木材強度・木質構造研究会秋季シンポジウムのお知らせ

日本木材学会木材強度・木質構造研究会では8年前のシンポジウム「木質構造研究の現状と今後の課題」のPart IIを下記の通り計画しております。今回は、これまでの木質構造の研究を総括し、今後の木材強度・木質構造研究のあり方について意見を交換したいと考えております。また、あわせて秋田県における木質構造の設計事例をいくつか取り上げ、報告する予定になっております。多数の方の参加をお待ちしております。

主催： 日本木材学会 木材強度・木質構造研究会  
共催： 秋田県木材産業協同組合連合会(予定), 秋田県木材加工推進機構(予定)  
日時： 1994年8月26日(金), 27日(土)  
会場： 能代キャッスルホテル(宿泊, シンポジウム, 懇親会すべて)  
〒016 秋田県能代市元町16-6 TEL 0185-55-1111 FAX 0185-55-1101

内容:

8月26日(金)

- 総合司会..... 北海道大学 平井卓郎
- 副司会・記録..... 東京農工大学 佐藤敬一
- 副司会・記録..... 北海道教育大学 小泉章夫
- I. 木質構造研究の現状発表(9:30~12:00)
  - 1. 木質材料..... 秋田県林務部 飯島泰男
  - 2. 接合・構造体要素..... 森林総合研究所 小松幸平
- II. 木質構造事例発表(13:00~16:00)
  - 1. 産業用木質構造..... 木質構造研究所 堀江和美
  - 2. 個性派木質構造..... 三井木材 杉田敏之
  - 3. 大空間木質構造..... 斉藤木材 鈴木 基
- III. 総括講演(16:15~17:15)  
「木質構造の進展」..... 静岡大学 平嶋義彦
- IV. 懇親会(17:30~)

8月27日(土)

- V. 秋田県内の木質構造(9:00~12:00)
  - 1. 木材高度加工研究所..... 梓設計 柴田節夫
  - 2. 大館ドーム..... 竹中工務店 平田 哲
  - 4. 木橋..... 秋田大学 薄木征三

〈昼食〉

〈移動〉

VI. 木材高度加工研究所(仮称)建設現場見学(13:00~15:30)

担当: 梓・西方・フジタほか JV 関係者、秋田県林務部

(以下略)

目次

研究の現状と課題

[1]木質材料	飯島泰男(秋田県木材産業課) .....	1
資料: 木材学会強度・木構造部門発表リスト(1985-1994) .....		30
建築学会木質材料系発表リスト(1985-1994) .....		39
建設省総プロ「木材の機械的強度等級区分法(案)」.....		42
[2]接合・構造体要素	小松幸平(森林総合研究所)	
接合	.....	47
構造体要素	.....	103

問題提起と構造事例

[1]産業用木質構造 -ティンバーエンジニアからみたコストスタディ-	堀江和美(木質構造研究所) .....	143
[2]個性派木質構造 -構造用集成材構造の研究-	杉田敏之(三井木材工業) .....	158
[3]秋田県木材高度加工研究所(仮称)	柴田節雄(梓設計) .....	184
[4]秋田県大館地区多目的ドーム	平田 哲(竹中工務店) .....	195
[5]木橋 薄木征三(秋田大学土木環境工学科) .....		202



表紙イラスト:「エッシャー材による平面木構造の研究」  
皆川 均(秋田県木材産業課)

# 研究の現状と課題 ① 製材

秋田県立大学 木材高度加工研究所  
岡崎 泰男

## 1. Part-I、Part-II で掲げられた課題

### 1.1 構造設計関連

- 1) 等級区分と許容応力度の一体となった統一規格の設定 ..... (Part-I)
- 2) 我が国の実情にあったストレスグレーディングの設定 ..... (Part-I)
- 3) 全国的なイングレーディングテストの実施 ..... (Part-I)
- 4) 保証荷重試験の検討 ..... (Part-I)
- 5) 木構造の信頼性設計 ..... (Part-II)
- 6) 実大材の試験方法とデータ解析方法の統一化 ..... (Part-II)
- 7) データのクローズド状態の解消 ..... (Part-II)

### 1.2 材料科学関連

- 1) 欠点(節、繊維走行、割れ)を有する木材の強度性状を表現しうる数学モデルの設定 ..... (Part-I)
- 2) 材料定数等の分布を考慮に入れたコンピュータシミュレーション ..... (Part-I)
- 3) 線形弾性破壊力学の実際的応用 ..... (Part-I)
- 4) 無欠点小試験片で得られた研究成果を実大材へ適用する手段の構築 ..... (Part-II)

## 2. Part-II 後の研究の現状と課題(製材)

### 2.1 はじめに

「木質構造研究の現状と今後の課題 Part-II」が秋田県能代市で開催されたのは 1994 年 8 月である。翌年の 1995 年 1 月に阪神・淡路大震災が発生、製材はもとより、その後の木材関係の研究全般に大きな影響を与えることになる。秋田県の第三セクターの欠陥住宅問題が大きな社会問題として取り上げられたのもこの頃であり、また、地下鉄サリン事件が発生したのも同年である。マイクロソフト社の本格的な一般向け GUI OS となる“Windows95”が発売されたのもこの年であり、色々な意味で日本社会のターニングポイントとなった時期であった(ちなみに木材高度加工研究所ができたのも 1995 年であるが、その影響は定かではない...)。その後 12 年の間に、木材関係では集成材・合板を始めとする JAS 規格の大幅改正、建築基準法の性能規程化、住宅品質確保促進法の成立、プレカット・管柱集成材・乾燥材の急速な普及、京都議定書の議決とその後の地球環境絡みの研究の展開、伝統工法への関心の高まり、大館樹海ドーム等の大規模木造建築およびエクステリアウッドの普及、シックハウス問題、等々の出来事が有り、また一般社会では、長引く不況とその影響による「格差社会」の発生、パーソナルコンピュータ・インターネット・携帯電話・デジタルカメラの急速な普及による「情報革命」、PL 法等に代表される「品質保証」を求める声の高まり、行政改革とそれに伴う公共事業の削減・競争原理の導入、教育改革、大学・研究機関の改組等の出来事が有り、なかなか「激動の 12 年」であった。この 12 年間の製材の研究テーマは、このような社会的な変化とそれに伴って発生したニーズを受けて変遷して来た感が強い。

## 2.2 打撃音法による強度等級区分

打撃音法(タッピング法)による製材の強度等級区分に関する研究は Part-I の頃から始まっていたが(例えば文献<sup>1-4</sup>)、Part-II の前後以後になると、地域材を使った大断面集成材構造物の普及に伴い、丸太のヤング係数測定法、丸太から採材されるラミナ・製材品との相関性、簡易測定器の開発等の研究が各地で行われるようになった(例えば文献<sup>5-18</sup>)。これらの研究を通して打撃音法は製材の強度等級区分の手段として認知されるに至り、現在、針葉樹構造用製材用の機械等級区分装置(グレーディングマシン)として認定されている 11 機種のうち 6 機種が打撃音法によるものである<sup>19</sup>。近年になり「品質保証」の要求の高まりの影響を受け製材工場へのグレーディングマシンの導入も進んでおり、含水率と強度等級が刻印された柱が普通に見られる日が来るのも夢ではないかもしれない。一方、上述した丸太段階でのグレーディング、各種手法による立木の強度評価(例えば文献<sup>20-23</sup>)については、現時点では普及していると言える状態ではない。ただし近年、森林土木構造物等で丸太をそのまま使用するケースが増えていることを考えると、近い将来脚光を浴びることになるかもしれない。

## 2.3 乾燥材の強度性能

集成材の JAS 規格が大幅な見直しが行われたのが 1996 年である。その前後から「ホワイトウツドの管柱集成材」の輸入が急増し、主に住宅の柱材として使用されるようになった。住宅金融公庫の「住宅・建築主要データ調査」によれば、公庫融資を利用して建築された注文住宅のうち、1999 年度で柱全体の約 3 割、2002 年度には管柱全体の半分近くが集成材を使用している。その背景にはプレカット加工の普及拡大があり、1994 年には在来軸組工法の 25%程度<sup>24</sup>に過ぎなかったプレカット率が、全国プレカット調査(北海道・沖縄を除く)によれば、2006 年 4~5 月の平均推定で 84.4%に達している。このような変化に対し、地方の製材業界の反応は素早いとは言い難いものであり、Part-II 後数年は乾燥材と言えば D25 のことであり、それすらほとんど手に入らない状況が続いていた。しかし、住宅品質確保促進法の制定等、社会全体に「製品の品質保証」を求める声が強まる中、「乾燥材でないと売れない」という傾向が強まった近年は、SD15 クラスの乾燥材を生産する工場も全国的に増えて来ている。このような流れの中で一躍脚光を浴びたのが、高温乾燥法であり、5,6 年前から特にスギ柱材の乾燥機として普及拡大してきている。

さて、強度研究の分野では、この流れに先行して Part-I と Part-II の間頃から、特にスギの乾燥製材の各種強度性能(含水率との関係、乾燥割れ・背割れとの関係、未乾燥材のクリープ、高温乾燥・高温熱処理の影響等)についての研究が行われてきた。その辺りのことについては、2002 年 4 月に開催された 5 研究会の合同シンポジウム「乾燥材問題を考える」資料集<sup>25</sup>にまとめているので、そちらをご覧戴きたい。その後の研究は、上述したように高温乾燥法がスギ柱材の乾燥法としての地位を確保したこともあり、高温乾燥・高温熱処理が強度性能に及ぼす影響に関する研究が多くなっている(例えば文献<sup>26-48</sup>)。これらの研究は、既に「高温乾燥ありき」の状況下で行われていることもあり、「この条件で乾燥したものをこの方法で壊してみたら、他の条件と差がなかった(あった)」というものが多く、実大材レベルでは理論的なアプローチはほとんど無い。静的曲げ強度だけを考えれば、現在の乾燥スケジュール下で確認されている程度の強度低下ならば実用上支障は無いことは事実であるが、このままでは新しいスケジュールが考えられるたびに、試験をして確認して・・・、ということを繰り返すしかない。また、接合部の強度や長期耐力等についてはいまだはっきりしていない所がある。今後は、無欠点小試験片の高温処理材の研究はかなり古くから有り、乾燥時の熱移動シミュレーションの試みもある。これらの研究成果を総合して、乾燥条件とそれに伴う強度性能変化を理論的に求める手法を確立することが望まれる。

## 2.4 強度データ収集および強度試験法に関する研究

Part-I で課題として挙げられた全国規模のイングレードテストによるデータの収集は、1998年に建築基準法が仕様規程から性能規程に改正されることによりその必要性が増大した。このような背景を受けて、国公立の試験研究機関で構成されている強度性能研究会を中心に、「製材品の強度性能に関するデータベース」の構築が進められている。このデータは、「素材の日本農林規格」「針葉樹構造用製材の日本農林規格」の改定や、木質構造設計基準等<sup>49,50</sup>に掲載されている強度特性値の誘導に活用されており、最新のデータの解析結果は、定期的に「データ集」に掲載され協力機関等に報告されている<sup>51,52,53</sup>。また、同時期、建築基準法の改正を受け、ASTMやISO草案を参考にして「構造用木材の強度試験法」<sup>54</sup>が定められ、統一された試験方法およびデータ評価方法が定められた。強度データの蓄積・収集はPart-II以前から行われていたが、統一された試験法・データの調整法は定められておらずその点で問題があった訳だが、これで一応の解決を見たことになる。ただし、せん断強さの試験法については曲げ破壊が発生する割合が高いという報告があり<sup>55,56</sup>、試験法についての研究がいくつか行われているなど<sup>57-59</sup>、まだ検討の余地はありそうである。

また、2.3でも言及したように実大材のクリープの研究もこの時期行われ<sup>60-72</sup>、メカソープティブ変形をともなう未乾燥材のクリープ挙動をあらわすモデルもいくつか提案されている。クリープについては未公開データも多く、今後データの収集と評価法の確立を進めていく必要があると思われる。DOLについては、国内でも取組まれつつあるが、まだ試験法も確定していない状態であり、これについても今後の課題となっていくと思われる。

## 2.5 構造用集成材に関連する研究

2.3でも述べたが、Part-IIの前には住宅の構造用部材としてはほとんど使われていなかった集成材がこの12年の間に当たり前のように使われるようになり、最近では梁桁材も集成材に置き換わりつつある。このような動きを受け、製材の分野でも集成材製造に関する研究(丸太と採材ラミナの相関、引張り強度の寸法効果、長さ方向の材質変動、低質材の強度、せん断強度等)が多く行われた<sup>73-88</sup>。

## 2.6 森林土木施設等に使用される木材の耐久性、残存耐力等に関する研究

この12年の間に環境問題等を背景に、森林土木事業を中心に屋外施設に木材を使用するケースが増えて来ている。各樹種の耐用年数のデータ、住宅に対する耐久性設計に関する指針、マニュアル等は整備されているが(文献<sup>89,90</sup>など)、木橋・木柵等の屋外施設については、長年木材が使われなかったこともあり、実使用環境下での耐用年数・残存強度に関するデータの蓄積は不十分であり、劣化診断法・劣化判定基準も確立されているとは言い難い状況にある。近年、森林土木施設の調査事例を中心にいくつか報告が出されてきており(例えば文献<sup>91-95</sup>)、今後のデータの蓄積、および促進劣化試験結果と実使用環境下の耐用年数を結びつける手法の確立等が望まれる。

## 2.7 おわりに

Part-II以後の研究を振り返ると、規格や社会の変化に対応する研究で手一杯であり、また、製材の研究から集成材・木質構造に関する研究に軸足を移した研究者が増えたこともあり、製材そのものを扱った材料科学に関する研究は停滞していた感がある。したがってPart-I,IIに掲げられた材料科学に関する課題は、小試験体・接合部に関する研究を除くと、関連する研究はいくつかあったものの(例えば文献<sup>97-101</sup>)、いまだ課題のまま残されていると言わざるを得ない。新たな課題としては、2.3で触れた高温熱処理に関して、熱移動と内部損傷(内部割れ、細胞レベルの強度低下)の発生のモデル化、内部損傷の影響を材全体的な強度に反映できるようなモデルの構築が挙げられる。他には、切欠き・接合部等の割裂、

せん断破壊を解析する数学モデルの確立等が考えられる。

構造設計に関する課題のうち Part-I で掲げられた課題 1)-3) については、かなり達成された感がある。課題 3)については、今後、曲げ試験以外のデータ、特に接合部設計に必要な、めり込み、割裂、せん断のデータ、土木構造部材に関するデータの収集<sup>53)</sup>、およびクリープ、DOL、劣化に関するデータ収集と評価法の確立が課題になるのではなかろうか。4)の保証荷重試験については、集成材ラミナについては JAS 規格に完全に組み込まれ、製材についてはデータ収集法が上記の形となった関係上、もはや必要ないと考えるべきかもしれないが、例えば新しい乾燥スケジュールで乾燥した材の強度低下の評価試験といった試験には有効な手段ではあり、品質保証の要求が強まっていく今後の情勢下では、何らかの形で必要になってくるかもしれない。Part-II で掲げられた課題のうち 5)については「限界状態設計法」が導入され、6)については「構造用木材の強度試験法」が定められた。7)のデータのクローズド状態については、「製材品の強度性能に関するデータベース」は基本的にクローズドであり現状は変わっていない。これに関しては色々な立場からの意見があると思うが、昨今の流れ(〇〇産と××産の強度を比較して欲しいという類の依頼試験を受ける件数が増えている、インターネットが普及した結果、ネット上に掲載されている必ずしも正しいとは限らない情報を誰でも取得できるようになった)を考えると、少なくともデータベースを基に地域ごとの「正しい」データを示した方が「まし」なのではないかと個人的には考える。

最後に研究とは直接関係ない話ではあるが、コンピュータウイルスに汚染された若い(中年の?)研究者として意見を述べる。上でも触れたが、この 12 年で一番大きく変わったのはインターネットの普及であろう。今いわゆる 40 歳前後以下のいわゆる知識階級の人ならば、何か知らないことがあればネット検索で調べる、というのはごく普通のことである。この社会の下では、誤った情報でもネット上に公開されれば、それが真実として一人歩きしてしまう可能性が高い。これまでは、研究成果が反映される相手は木材業界や建築業界であり、そこを通して一般消費者に研究成果が伝わっていくという構図であったため、非公開のデータ、非公開の報告書でも事足りたが、これからの「ネット社会」では一般消費者が直接欲しい情報(しかも正しい情報とは限らない)を得ることができるようになっていく。今後は、こうした社会状況に配慮した研究および普及活動を行っていかないと、取り残されてしまうのではないか、という懸念を感じている。

## 【参考文献】

- 1) 丸山則義, 有馬孝禮 : 日本建築学会関東支部研究報告集, 1987, 349-352
- 2) 祖父江信夫 : 木材工業 42(9), 415-417(1987)
- 3) 静岡県集成材工業会 : 静岡県産スギを用いた構造用大断面集成材の製造とその強度性能, (1988)
- 4) 有馬孝禮 : 昭和 63 年, 平成元年度科学研究費補助金(総合研究 A)研究成果報告書(課題番号 63302060), 研究代表者 大熊幹章, 1990, p.109-118
- 5) 藤田晋輔, 佐田武信, 馬田英隆, 遠矢良太郎, 山田式典, 櫛山一利 : 木材工業 47(6), 266-270 (1992)
- 6) 荒武志朗, 有馬孝禮, 迫田忠芳, 中村徳孫 : 木材学会誌 38(11), 995-1001 (1992)
- 7) 荒武志朗, 有馬孝禮 : 木材学会誌 40(9), 1003-1007 (1994).
- 8) 中村昇, 名波直道, 有馬孝禮 : 木材工業 50(5), 215-219 (1995)
- 9) 藤田晋輔, 宮内正文, 服部芳明, 山之内清竜, 馬田英隆 : 木材工業 50(4), 160-165 (1995).
- 10) 小泉章夫, 飯島泰男, 佐々木貴信, 川井安生, 岡崎泰男, 中谷浩 : 木材学会誌 43(1), 46-51 (1997)
- 11) 荒武志朗, 有馬孝禮 : 木材工業 52(6), 294-299 (1997)
- 12) 橋爪丈夫, 吉田孝久, 石原茂久 : 木材学会誌 43(8), 647-654 (1997)
- 13) 池田潔彦, 川中道夫, 松本好浩 : 木材工業 53(3), 132-135 (1998)
- 14) 橋爪丈夫 : 木材工業 54(2), 54-59 (1999)
- 15) 池田潔彦, 小野和博, 有馬孝禮 : 木材工業 54(12), 591-595 (1999).

- 16) 荒武志朗, 森田秀樹 :木材学会誌 45(2), 111-119 (1999)
- 17) 町田初男, 小黒正次, 中島靖雄, 茂木のり恵 :群馬県林業試験場研究報告 8, 1-9 (2002)
- 18) 城井秀幸ほか5名 :九州大学大学院農学研究院学芸雑誌 59(2), 137-151(2004)
- 19) 池田潔彦 :木材工業 61(11), 502-505 (2006)
- 20) 池田潔彦, 木野直樹 :木材学会誌 46(3), 181-188 (2000)
- 21) 池田潔彦, 有馬孝禮 :木材学会誌 46(3), 189-196 (2000)
- 22) 池田潔彦, 大森昭壽, 有馬孝禮 :木材学会誌 46(6), 558-565 (2000)
- 23) 池田潔彦, 金森富士雄, 有馬孝禮 :木材学会誌 46(6), 602-608 (2000)
- 24) 新井紀範 :木材工業 59(11), 551-554 (2004)
- 25) 岡崎泰男 :「乾燥問題を考える」資料集 pp.52-54, pp.117-121 (2002)
- 26) 戸田正彦, 前田典昭 :北海道立林産試験場 16(1), 7-14 (2002)
- 27) 城井秀幸, 豆田俊治:九州森林研究 No.56, 279-281 (2003)
- 28) 源濟英樹, 土田博澄, 上原義孝 :福井県総合グリーンセンター林業試験部業務報告 No.42, 66-70 (2004)
- 29) 吉田孝久, 伊東嘉文, 橋爪丈夫 :長野県林業総合センター業務報告 2003, 94-95 (2004)
- 30) 岩崎昌一, 菅原弥寿夫 :新潟県森林研究所研究報告 No.45, 49-52 (2004)
- 31) 松岡真悟, 西浦政隆 :愛媛県林業技術センター研究報告 No.22, 14-21 (2004)
- 32) 武田孝志, 吉田孝久, 印出晃, 伊藤嘉文, 橋爪丈夫, 徳本守彦 :木材工業, 59(7), 302-309 (2004)
- 33) 中尾哲也, 中井毅尚, 森角圭一 :木材工業 59(6), 260-262 (2004)
- 34) 橋爪丈夫 :長野県林業総合センター技術情報 No.119, 6-7 (2005)
- 35) 池田潔彦 :静岡県林業技術センター業務成績報告 2004, 35-40 (2005)
- 36) TAKEDA T, NAKASHIMA Y : Eurasian J For Res 8-2, 105-110 (2005)
- 37) 成瀬達哉, 小野広治, 久保健 :奈良県森林技術センター研究報告 No.33, 83-86 (2004)
- 38) 井道裕史, 長尾博文, 加藤英雄 :木材工業 60(4), 170-174 (2005)
- 39) 本多琢己 :山梨県森林総合研究所研究報告 No.24, 83-88 (2005)
- 40) 土橋英亮, 中嶋厚 :北海道立林産試験場報 19(3), 22-26 (2005)
- 41) 源濟英樹, 土田博澄, 野村崇 :福井県総合グリーンセンター林業試験部業務報告 No.43, 45-48 (2005)
- 42) 加藤英雄ほか4名 :森林総合研究所研究成果選集 2004, 54-55 (2005)
- 43) 片桐幸彦, 藤本登留, 村瀬安英 :木材工業 60(6), 262-266 (2005)
- 44) 政岡尚志, 野地清美 :高知県立森林技術センター研究報告 No.31, 1-23 (2006)
- 45) 藤田誠 :愛媛県林業技術センター研究報告 No.25, 25-29 (2006)
- 46) 池田潔彦, 柳川真佐明 :静岡県林業技術センター研究報告 34, 17-24 (2006)
- 47) 董運晶, 中尾哲也, 中井毅尚 :木材工業 61(7), 299-304 (2006)
- 48) 董運晶, 中尾哲也, 中井毅尚, 渡辺貴之 :木材工業 61(12), 590-594 (2006)
- 49) 日本建築学会 :木質構造設計基準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法—, 日本建築学会 (2002)
- 50) 日本建築学会 :木質構造限界状態設計指針(案)・同解説, 日本建築学会 (2003)
- 51) 長尾博文 :最新木材工業事典, (社)日本木材加工技術協会, 78-79 (2000)
- 52) 加藤英雄 :木材工業 57(6), 263-256 (2002)
- 53) 長尾博文 :木材工業 61(11), 513-515 (2006)
- 54) (財)日本住宅・木材技術センター :構造用木材の強度試験法, 住宅資材性能規定化対策事業, 地域性能評価事業・報告書, 2000
- 55) Riyanto, D.S., Gupta, R. : Forest Prod. J. 48(2), 83-90 (1998).
- 56) (財)日本住宅・木材技術センター :エンジニアリングウッド性能評価事業報告書, 1999, pp.87-89
- 57) 井道裕史, 長尾博文, 加藤英雄 :木材学会誌 50(4), 220-227 (2004).
- 58) 井道裕史, 長尾博文, 加藤英雄 :木材学会誌 52(5), 293-302 (2006)
- 59) 森田秀樹, 藤元嘉安, 小松幸平, 村瀬安英 :木材学会誌 52(6), 376-382 (2006)
- 60) 荒武志朗, 有馬孝禮 :木材学会誌 41(4), 359-366 (1995)
- 61) 武田孝志 :軸組構造体の変形挙動調査報告書(平成6年度), (財)日本住宅・木材センター(1995),

- pp 1-99
- 62) 荒武志朗, 有馬孝禮 : 木材学会誌 42(8), 755-761 (1996)
  - 63) 武田孝志 : 軸組構造体の変形挙動調査報告書(平成7年度), (財)日本住宅・木材センター(1996), pp 1-141
  - 64) 武田孝志 : 木材工業 51(11), 511-513 (1996)
  - 65) 武田孝志 : 軸組構造体の変形挙動調査報告書(平成8年度), (財)日本住宅・木材センター(1997), pp 1-58
  - 66) 荒武志朗 : 木材工業 54(5), 208-213 (1999).
  - 67) 川添正伸, 祖父江信夫, 平井信之 : 木材学会誌 47(2), 73-80 (2001).
  - 68) 川添正伸, 祖父江信夫 : 木材学会誌 47(2), 81-91 (2001).
  - 69) 荒武志朗, 森田秀樹, 有馬孝禮 : 木材学会誌 48(4), 233-240 (2002)
  - 70) 荒武志朗, 有馬孝禮 : 木材学会誌 50(3), 151-158 (2004)
  - 71) 川添正伸 : 木材工業 60(9), 428-432 (2005).
  - 72) T.Takeda, T.Arima: J.Wood Sci. 52(5), 383-388 (2006).
  - 73) 林知行, 山吉栄作, 浅岡郁雄, 宮武敦, 長尾博文 : 木材学会誌 41(1), 103-109 (1995)
  - 74) 小泉章夫, 飯島泰男, 佐々木貴信, 岡崎泰男 : 木材学会誌 43(2), 210-214 (1997)
  - 75) 飯島泰男, 小泉章夫, 岡崎泰男, 佐々木貴信, 中谷浩 : 木材学会誌 43(2), 159-164 (1997)
  - 76) 飯島泰男, 小泉章夫, 岡崎泰男, 佐々木貴信, 堀江和美 : 木材学会誌 43(2), 165-170 (1997)
  - 77) 林知行, 宮武敦, 宮原久光 : 木材工業 52(1), 15-19 (1997).
  - 78) 橋爪丈夫, 吉田孝久, 斎藤健, 石原茂久 : 木材学会誌 43(11), 940-947 (1997)
  - 79) 橋爪丈夫, 吉田孝久, 斎藤健, 石原茂久 : 木材学会誌 43(11), 940-947 (1997)
  - 80) 橋爪丈夫, 吉田孝久, 武田孝志, 石原茂久 : 木材学会誌 44(1), 49-58 (1998)
  - 81) 城井秀幸, 河野貴可 : 木科学情報 5(3), 48-49 (1998)
  - 82) 飯島泰男ほか6名 : 木材学会誌 45(4), 313-323 (1999)
  - 83) 武田孝志, 橋爪丈夫 : 木材学会誌 45(1), 1-8 (1999)
  - 84) T Takeda, T Hashizume: J. Wood Sci. 45(3), 200-206, 207-212 (1999)
  - 85) T Takeda, T Hashizume: J. Wood Sci. 46(2), 95-101 (2000)
  - 86) 森田秀樹, 藤元嘉安, 飯村豊, 荒武志朗 : 木材工業 58(7), 311-317 (2003)
  - 87) 城井秀幸, 藤本登留, 村瀬安英, 河野貴可 : 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌 60(1), 13-34 (2005)
  - 88) 森田秀樹, 藤元嘉安, 村瀬安英 : 木材工業 61(2), 52-57 (2006)
  - 89) 松岡昭四朗ほか5名 : 林業試験場研究報告 Vol.232, 109-135 (1970).
  - 90) (財)日本住宅・木材技術センター : 木造住宅の耐久設計と維持管理・劣化診断－漏水・腐朽・蟻害・虫害対策のために, 185 (2002)
  - 91) 飯島泰男 : 木材保存 25, 209-218 (1997).
  - 92) 町田初男, 茂木のり恵, 伊藤英敏 : 木材保存 29(6), 253-258 (2003)
  - 93) 井戸聖富, 糸川隆康 : 木材保存 30(1), 27-29 (2004).
  - 94) 津島俊治, 栗崎宏, 長谷川益夫 : 木材保存 31(5), 199-206 (2005)
  - 95) 大橋一雄, 多田野修 : 岩手県林業技術センター研究報告, 13, 35-40 (2005)
  - 96) 大村和香子ほか8名 : 木材工業 61(10), 446-451 (2006)
  - 97) 増田稔, 本田龍介 : 木材学会誌 40(2), 127-133 (1994)
  - 98) 野口弘行, 栗田豊明 : 明治大学理工学部研究報告 No.10, 23-28 (1994)
  - 99) 板垣直行, 三橋博三, 二宮佐知子, 吉田暢子, 江刺拓司 : 木材学会誌 45(5), 367-374 (1999)
  - 100) 橋本寛, 倉田光春, 元広展之 : 日本大学工学部紀要 41(1), 53-60 (1999)
  - 101) 倉田光春, 元広展之 : 日本大学工学部紀要 42(1), 53-60 (2000)

## 木質構造研究の現状と今後の課題

### Part III

#### ① 製材

秋田県立大学木材高度加工研究所

岡崎 泰男

## Part-I、Part-IIで掲げられた課題

### ○構造設計関連

- 1) 等級区分と許容応力度の一体となった統一規格の設定 (Part-I)
- 2) 我が国の実情にあったストレスグレーディングの設定 (Part-I)
- 3) 全国的なイングレーディングテストの実施 (Part-I)
- 4) 保証荷重試験の検討 (Part-I)
- 5) 木構造の信頼性設計 (Part-II)
- 6) 実大材の試験方法とデータ解析方法の統一化 (Part-II)
- 7) データのクローズド状態の解消 (Part-II)

## Part-I、Part-IIで掲げられた課題(2)

### □材料科学関連

- 1) 欠点(節、繊維走行、割れ)を有する木材の強度性状を表現しうる数学モデルの設定 (Part-I)
- 2) 材料定数等の分布を考慮に入れたコンピュータシミュレーション (Part-I)
- 3) 線形弾性破壊力学の実際的应用 (Part-I)
- 4) 無欠点小試験片で得られた研究成果を実大材へ適用する手段の構築 (Part-II)

## PartII 以後の関連年表(1) \*かなり独断です

1994	就職(秋田県林務部:4月)
	PartII開催(秋田県能代市:8月)
1995	阪神・淡路大震災(1月)
	地下鉄サリン事件(3月)
	木材高度加工研究所開所(4月)
	製造物責任法(PL法)(7月施行)
	PHSサービス事業開始(7月)
	Windows95発売(11月)
1996	NTT直営(当時)によるプロバイダ事業「OCN」開始
	集成材JAS規格の大幅改正(7月施行)
	(株)整理回収機構の設立(7月)
1997	厚生省より、化学物質の室内濃度指針値が提案(6月)
	大館樹海ドーム(秋田県大館市:7月竣工)
	京都議定書の議決(12月)

## PartII 以後の関連年表(2)

1998	長野オリンピック(2月)
	Googleの設立(9月)
	秋田県木造住宅株式会社の破産認定(10月。ちなみに事件が起こったのは1990-1993)
1999	住宅の品質確保の促進等に関する法律の制定
	ボンゴシ木橋の落橋事故
2000	建築基準法の大幅改正
	「構造用木材の強度試験法」
2001	国立研究機関等の独立行政法人化
	坊中橋(秋田県藤里町:10月竣工)
2003	合板JAS規格の大幅改正(7月施行)
2004	国立大学独立法人化(4月)
2005	耐震偽装問題の発覚(11月一)

## PartII以後の製材に関する主な研究

2. 打撃音法による強度等級区分
3. 乾燥材の強度性能
4. 強度データ収集および強度試験法に関する研究
5. 構造用集成材に関する研究
6. 森林土木施設等に使用される木材の耐久性、残存耐力等に関する研究

## 2. 打撃音(タッピング)法による強度等級区分

基礎的な研究はPart-I 頃から(文献<sup>1-4</sup>)など



大規模木質構造物建築等に際して、丸太段階のグレーディング等の手段として活用



- 1) 丸太のヤング係数測定方法
- 2) 丸太のヤング係数と採材された製材のヤング係数の相関性(→集成材、平角)
- 3) 簡易測定器の開発



大館樹海ドーム(秋田県大館市)

## 2. 打撃音(タッピング)法による強度等級区分

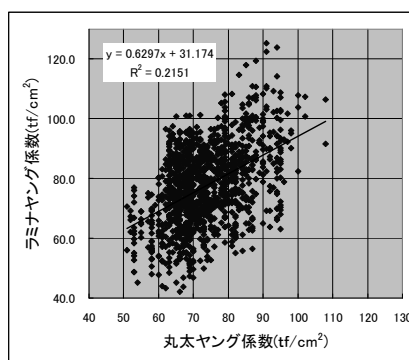
基礎的な研究はPart-I 頃から(文献<sup>1-4</sup>)など



大規模木質構造物建築等に際して、丸太段階のグレーディング等の手段として活用



- 1) 丸太のヤング係数測定方法
- 2) 丸太のヤング係数と採材された製材のヤング係数の相関性(→集成材、平角)
- 3) 簡易測定器の開発



スギ丸太ヤング係数と採材されたラミナのヤング係数の関係(秋田1998)

## 製材用グレーディングマシン

針葉樹構造用製材の機械等級区分装置  
(全国木材組合連合会認定)\*

認定番号	形式	計測方式	適用材寸法			会社名
			短辺(mm)	長辺(mm)	長さ(m)	
JLA-Ef-1	GM-1200	打撃(縦)振動式	100-120	100-360	6	(株)小野測機
JLA-Em-2	MGN-101	曲げ荷重式	30-120	60-120	2-4	(株)飯田工業
JLA-Em-4	MGN-T01	曲げ荷重式	90-120	90-390	3-6	(株)飯田工業
JLA-Ef-2	DGM-01	打撃(縦)振動式	90-120	90-390	3-6	中国木材(株)
JLA-Ef-3	IWGS-01	打撃(縦)振動式	105-120	105-330	3-5.5	(株)一条工務店
JLA-Em-5	YG-15	曲げ荷重式	90-150	90-390	1.85-3	(株)菊川鉄工所
JLA-Em-6	YG-1	曲げ荷重式	90-120	90-390	2.6-4	(株)菊川鉄工所
JLA-Em-7	YG-45	曲げ荷重式	90-120	90-390	2.36-6	(株)菊川鉄工所
JLA-Ef-4	TP-2	打撃(縦)振動式	45-120	60-390	3-6	カワサキ機工(株)
JLA-Ef-5	HG-2001	打撃(縦)振動式	103-120	103-360	3-6	(株)エーディーエー
JLA-Ef-6	MGH-451	打撃(縦)振動式	90-120	90-360	3-6	(株)飯田工業

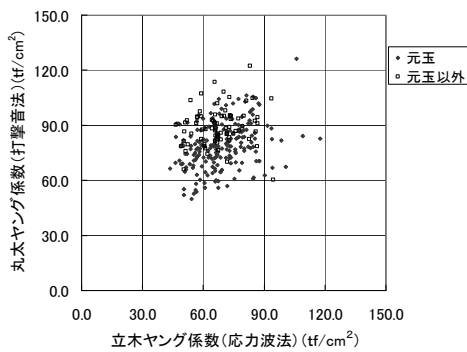
\* 池田潔彦: 木材工業 61(11), 502-505 (2006) より引用



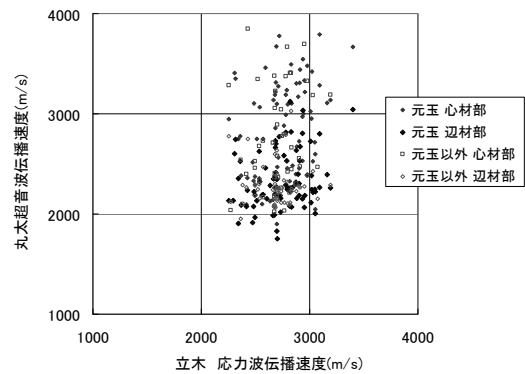
等級区分された製材

### その他関連研究

- 打撃音法等による丸太段階でのグレーディング
- 伝播時間差法等による立木段階でのグレーディング(強度評価)



立木状態でのヤング係数(応力波伝播速度より算出)と伐採後の丸太のヤング係数(打撃音法より算出)との関係



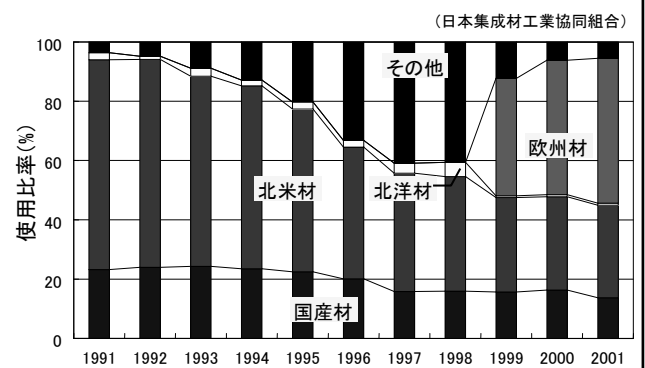
立木状態での応力波伝播速度と伐採された丸太の超音波伝播速度の関係

### 3. 乾燥材の強度性能

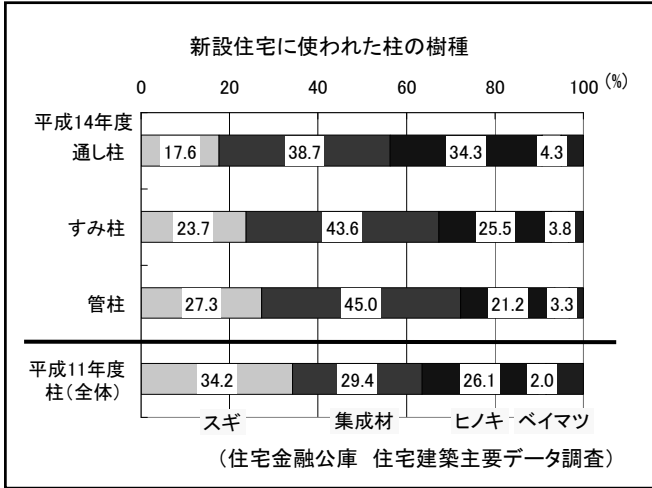
#### プレカットの普及拡大

(1994年 25% → 2006年4~5月 84.4%)

↓  
ホワイトウッド管柱集成材(同一等級構造用集成材)



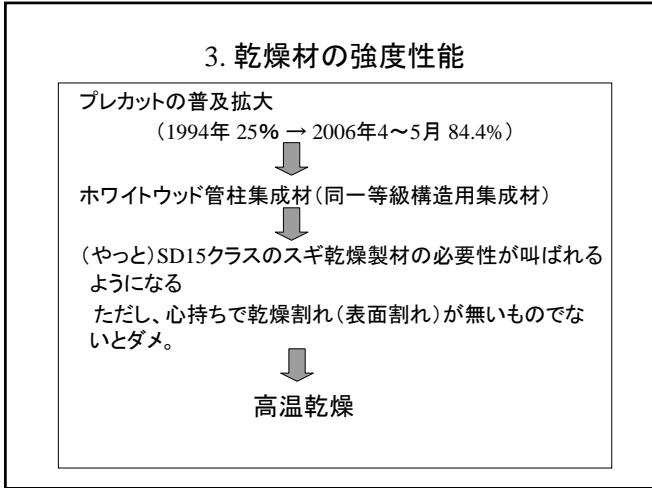
注1) 北洋材には中国を含む 注2) 1999年から「欧州材」を「その他」から分離  
集成材・原材料の樹種別の使用比率



### 製材品出荷量のうち人工乾燥材の占める割合

年次	計	建築用材			
		小計	板類	ひき割類	ひき角類
平成 14	12.4%	14.6%	8.7%	11.6%	20.0%
15	13.9%	16.4%	10.7%	12.7%	22.6%
16	15.5%	18.5%	12.1%	13.7%	26.4%

※ 農林水産省 製材基礎統計 (平成 16 年、17 年) より

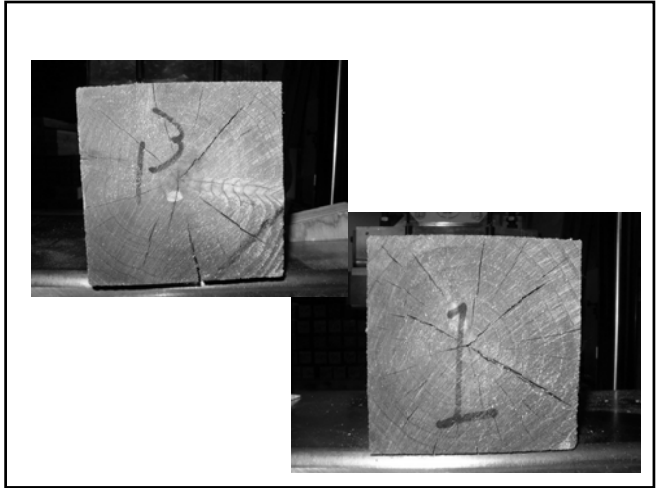


### 3. 乾燥材の強度性能

- 1) 高温乾燥材の強度性能
- 2) 乾燥割れと強度の関係

スギ柱材の高温熱処理試験 処理条件	蒸煮温度、時間	$E_c$ (GPa)	含水率(%)		
	乾燥温度、時間		乾燥前	乾燥前 仕上り	調湿後
120-96	95°C, 12h	6.2	71.2	3.2	12.0
	120-90°C, 96h	1.1	3.2	0.5	0.8
120-72	95°C, 12h	6.3	61.3	5.1	11.6
	120-90°C, 72h	1.0	5.1	2.3	1.4
120-48	95°C, 12h	6.5	86.9	17.6	12.8
	120-90°C, 48h	1.1	17.6	11.1	2.2
120-24	95°C, 12h	6.5	81.1	29.9	14.7
	120-90°C, 24h	1.2	29.9	13.0	1.9
105-96	95°C, 12h	6.1	68.1	8.3	10.5
	105-75°C, 96h	1.2	8.3	3.7	1.2
105-72	95°C, 12h	6.2	69.2	12.3	12.8
	105-75°C, 72h	1.2	12.3	5.4	2.3
95-96	95°C, 12h	6.2	64.6	13.4	13.0
	95-65°C, 96h	1.1	13.4	5.3	2.3
85-240	85°C, 12h	6.2	69.3	11.0	11.8
	85-75°C, 240h	1.0	11.0	3.8	1.5

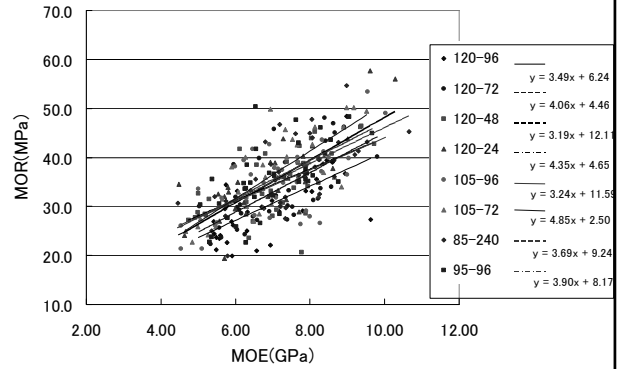
上段：平均値、下段：標準偏差



曲げ試験結果

条件	含水率(%)		MOE(Gpa)		MOR(MPa)	
	仕上り	調湿後	未調整値	MC15%調整値	未調整値	MC15%調整値
120-96	3.2	12.0	6.83	6.48	*30.0	*27.8
	0.5	0.8	1.23	1.14	18.3	17.3
120-72	5.1	11.6	7.16	6.75	*33.5	*30.7
	2.3	1.4	1.18	1.13	20.1	18.3
120-48	17.6	12.8	7.11	6.82	34.8	33.1
	11.1	2.2	1.32	1.25	22.3	20.9
120-24	29.9	14.7	6.99	6.97	35.1	34.9
	13.0	1.9	1.29	1.30	21.4	20.5
105-96	8.3	10.5	7.16	6.64	34.8	*31.1
	3.7	1.2	1.34	1.23	21.6	19.2
105-72	12.3	12.8	6.99	6.74	36.4	34.5
	5.4	2.3	1.34	1.28	21.3	19.9
95-96	13.4	13.0	7.03	6.80	35.6	33.9
	5.3	2.3	1.15	1.14	22.5	20.6
85-240	11.0	11.8	7.44	7.05	36.7	33.9
	3.8	1.5	1.34	1.22	23.1	21.4

上段：平均値、下段：含水率、MOE欄は標準偏差、MOR欄は5%下限値  
 \*：85-240と優位水準5%で優位差あり  
 含水率補正はASTM. D-2915 (1984)による



MOEとMORの関係(乾燥条件別)

ホールダウン金物(HD-B10)引抜き試験結果

乾燥材種類		$\rho_{15}$ (kg/m <sup>3</sup> )	MC(%)	Pmax (kN)
全体 (59)	Avg.	420.2	12.5	35.1
	S.D.	35.9	3.0	6.7
	C.V.(%)	8.5	24.1	19.2
	5%下限値			23.0
				34.9
その他乾燥材	Avg.	430.7	13.4	34.9
	S.D.	32.9	2.7	6.8
	C.V.(%)	7.6	19.8	19.4
	5%下限値			22.5
				35.6
割れ有*	Avg.	399.9	10.8	35.6
	S.D.	33.3	3.0	6.8
	C.V.(%)	8.3	27.5	19.1
	5%下限値			22.4
				27.7
割れ無*	Avg.	386.7	8.2	27.7
	S.D.	31.0	1.9	6.5
	C.V.(%)	8.0	23.5	23.6
	5%下限値			15.7
				41.9
高温乾燥材 (37)	Avg.	421.9	10.8	41.9
	S.D.	25.0	0.2	5.3
	C.V.(%)	5.9	2.3	12.6
	5%下限値			31.9
				31.9
集成材 (27)	Avg.	421.9	10.8	41.9
	S.D.	25.0	0.2	5.3
	C.V.(%)	5.9	2.3	12.6
	5%下限値			31.9
				31.9

材料:スギ105角、ラグスクリュー:LS12-100×2本

ボルト2面せん断試験結果

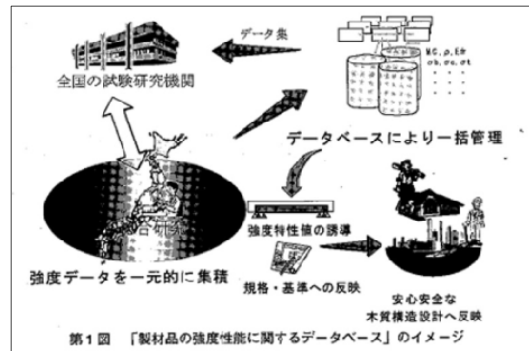
乾燥材種類		$\rho_{15}$ (kg/m <sup>3</sup> )	MC(%)	Pmax (kN)
全体 (35)	Avg.	416.9	13.5	46.6
	S.D.	29.8	3.1	8.2
	C.V.(%)	7.1	22.9	17.6
	5%下限値			31.4
				46.7
その他乾燥材	Avg.	416.6	13.8	46.7
	S.D.	31.2	3.4	9.3
	C.V.(%)	7.5	24.4	19.8
	5%下限値			28.9
				46.3
割れ有	Avg.	417.2	13.2	46.3
	S.D.	28.6	2.7	6.7
	C.V.(%)	6.9	20.8	14.4
	5%下限値			33.0
				44.4
割れ無	Avg.	369.3	8.3	44.4
	S.D.	32.2	1.3	7.4
	C.V.(%)	8.7	15.7	16.7
	5%下限値			30.6
				58.2
高温乾燥材 (32)	Avg.	408.9	11.0	58.2
	S.D.	21.6	0.5	5.6
	C.V.(%)	5.3	4.7	9.6
	5%下限値			47.1
				47.1
集成材 (15)	Avg.	408.9	11.0	58.2
	S.D.	21.6	0.5	5.6
	C.V.(%)	5.3	4.7	9.6
	5%下限値			47.1
				47.1

材料:スギ105角、ボルト:M16全ねじ

4. 強度データ収集および強度試験法に関する研究

- 1) 「製材品の強度性能に関するデータベース」の構築
- 2) 「構造用木材の強度試験法」
- 3) 実大材のクリープ試験

1) 「製材品の強度性能に関するデータベース」



第1図 「製材品の強度性能に関するデータベース」のイメージ

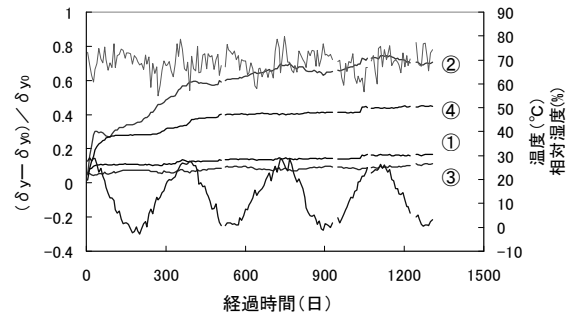
長尾博文：木材工業 61(11), 513-515 (2006)より引用

### 1) 「製材品の強度性能に関するデータベース」

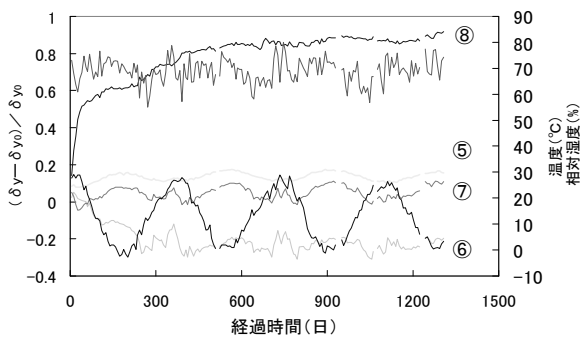
集積されている強度データ数の内訳（平成 17 年 5 月現在）

樹種	曲げ強度	縦圧縮強度	縦引張り強度	めり込み強度	合計
アカマツ	936				936
カラマツ	1,136	219	496		1851
エゾ・トドマツ	499	126			625
ヒノキ	1,364	99	98		1561
ヒバ	866				866
スギ	8,500	805	1,530		10,835
ベイマツ	660			461	1,121
ベイツガ	207				207
シベリア産エゾマツ	496				496
合計	14,664	1,249	2,124	461	18,498

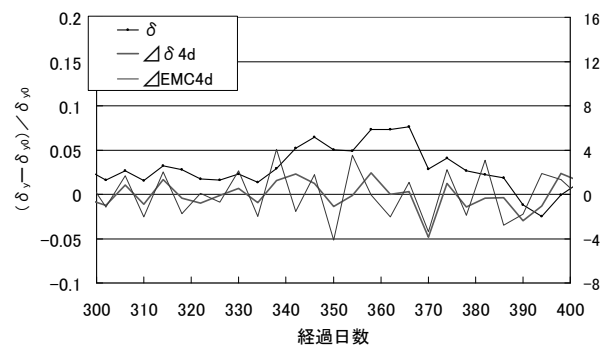
長尾博文：木材工業 61(11), 513-515 (2006)より引用



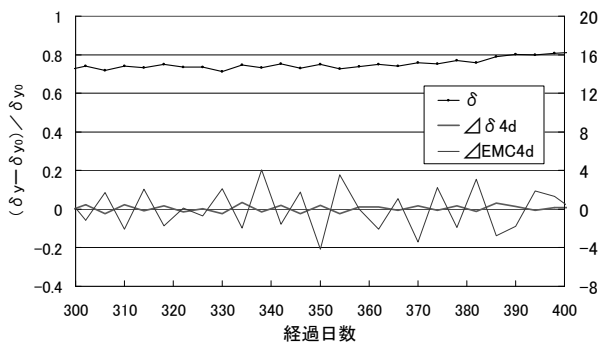
スギ梁材相対クリープ変形の経時変化(応力比45%)



スギ梁材相対クリープ変形の経時変化(応力比15%)



相対クリープの経時変化(平衡含水率変化と変形量変化が正の相関関係にあるケース)



相対クリープの経時変化(平衡含水率変化と変形量変化が負の相関関係にあるケース)

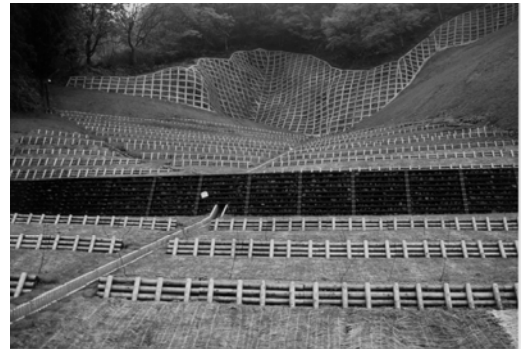
### 5. 構造用集成材に関連する研究

- 1) 丸太のヤング係数と採材されたラミナのヤング係数との関係
- 2) ラミナの強度性能(長さ方向の材質変動・寸法効果等)

6. 森林土木施設等に使用される木材の耐久性、残存耐力等に関する研究



坊中橋(秋田県藤里町)



おわりに

(残された課題+新たな課題)

- 材料科学に関する課題(1~4)
- 熱移動と内部損傷発生モデル化、および内部損傷の影響を材全体の強度に反映できるようなモデルの構築(せん断強度、割裂強度)
- 切欠き・接合部等の割劣・せん断破壊を解析するモデル
- 保証荷重試験
- データのクローズド状態
- 長期性能(クリープ、DOL、生物劣化)のデータ収集および解析

(付録)

- [木材 - Google 検索.htm](#)
- [木材 - Wikipedia.htm](#)
- [!-11-11--「土台の木材に亀裂が入るのは、当たり前ですか？」施工 - 日経住宅サーチ.htm](#)



## 研究の現状と課題 ② 集成材・LVL

独立行政法人 森林総合研究所 複合材料研究領域  
宮武 敦

### 1. はじめに

集成材の国内生産量は1994年の55万 m<sup>3</sup>から2005年には152万 m<sup>3</sup>へと、約3倍の急伸となった。一方、LVLの生産量には大きな変化はなかった。はたして研究の現場で何が行われてきたのか Part II以降の12年間の出来事を縦糸に、今回幹事から要請された課題「集成材力学モデルの設定と強度性能シミュレーション、森林総研交付金プロ「構造用新材料」、燃焼・耐火性能」や関連する研究、行政的動きを横糸として書き進めたい。

Part IIIの開催について「近い将来(21世紀?)に」と予見した前任者のような先見の明は筆者にはない。せめて、本日の討論の資料として少しでも役に立てば幸いである。皆さんの活発な討議の中で、補充、補填、補足すべき資料を追加できればと考えている。

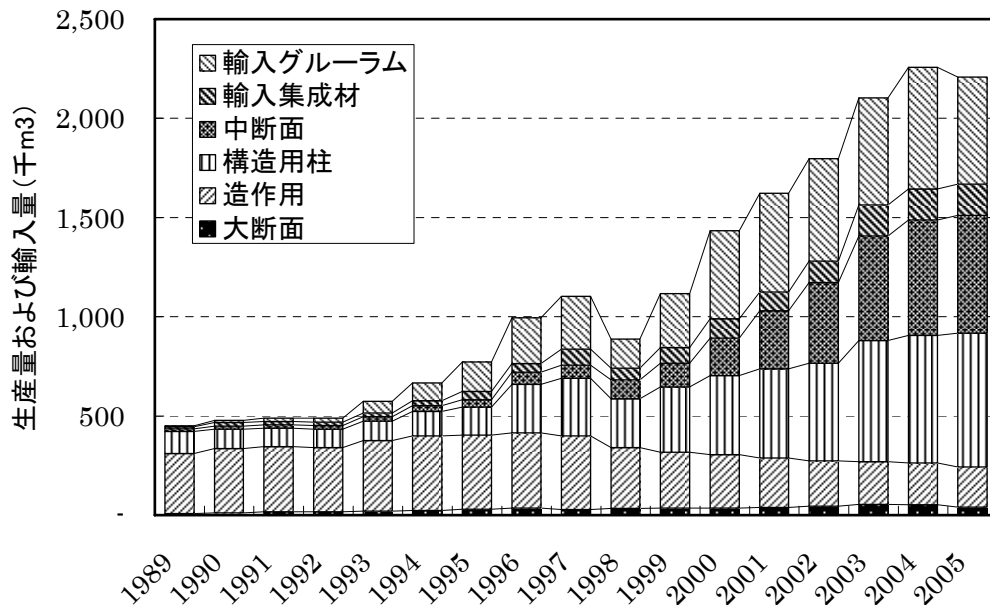


図 集成材の国内生産量推移(日集協調べ)

### 2. Part I、Part IIの課題

Part II (1994)で飯島は、Part I (1988)小松により指摘された集成材に対する課題について以下のように要約している。

- |            |                           |
|------------|---------------------------|
| Part I (1) | 集成材力学モデルの設定と強度性能のシミュレーション |
| Part I (2) | ラミナのプルーフローディング            |
| Part I (3) | 高温下での材料特性の把握と燃焼・耐火性能      |

そして、Part IIでは、構造用集成材等の再構成木材関連の課題(Part II、6.4章)として次のような課題を提示している。また、構造設計関連の今後の課題(6.2.2章)の中でも挙げられた3つの

テーマについても関連が深い。

Part II (1)	生産上の管理技術の課題
Part II (2)	規格にそぐわない再構成木材の開発研究
Part II (3)	データの蓄積に関連して、実大材の実験方法とデータ解析方法の統一とデータのクローズド状態の解消

これ以外に、1994 年時点までの木材学会での集成材の研究の傾向について、曲げ強度中心で、圧縮、引張、せん断、クリープ等に関するものが不足しており、高度な構造設計に必要な横圧縮、ねじり剛性、横座屈、クリープ等については、建築学会での取り組まれているとの指摘もあった。この指摘について Part II (4)の課題とする。

さらに、建築系では異種材料併用等への大胆な取り組みもあったとしており、木材側の奮起を促しているがこの点は Part II (2)と同義であろう。以降、書き進めるにあたってこれらの課題に関連すると考えられる箇所には課題番号を付す。

### 3. Part II 以降の現状について

#### 3.1 集成材

前任者の挙げた課題について Part II (1994 年)以降の取り組みを振り返ってみて、誤解を恐れずに書くならば、多少なりとも研究プロジェクト、建築基準法や JAS の改正などの中で実現されたものも多かったのではないかと考えられる。そして、その成果の一部は構造用集成材の急激なシェア急伸として現れたのではないかと考えられる。そこで、まず Part II 以降の JAS 改正から話を進める。

年度	改正点
1996(平成 8 年)	構造用集成材 構造用大断面集成材の一本化 機械等級区分ラミナ、MSR ラミナ 樹種区分、樹種群 シミュレーション 積層数緩和 水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤の使用(小断面に限る)
2000(平成 12 年)	ホルムアルデヒド 水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤の使用(中断面も追加)
2003(平成 15 年)	
<u>2007(平成 18 年)</u> 予定	L30、L40 ラミナおよび特定異等級対称構成の追加、

Part II でも触れられている JAS の大改正が 1996 年に行われた。「化粧ばり構造用集成柱」が新たに「集成材 JAS」の中に定義され、それ以外の「構造用集成材」と「構造用大断面集成材」とが「構造用集成材 JAS」に一本化された。強度等級の EF 表示、機械等級区分ラミナの L 表示、MSR ラミナ、(主として曲げ強さによる区分)樹種群と(主としてせん断強さによる区分)樹種区分、などが規定されたのもこの改正による。

本シンポジウムの集成材におけるテーマに大きく関わり、また、この間の集成材生産量の急伸に大きく関わったものとして、「シミュレーション」と「燃えしろ設計」の二つを挙げて説明する。

### 3.1.1 「シミュレーション」をめぐって

実大の集成材の強度性能について、JAS で定める試験は曲げ A 試験のみである。製品の強度は、ラミナの品質管理とラミナ構成とで担保されることになっている。曲げ性能以外で設計に必要な強度性能は、平成 13 年国土交通省告示 1024 号や木質構造設計規準・同解説(日本建築学会)に定められている。試験によらないこれらの数値は、JAS に定める製造条件(ラミナの強度性能、ラミナ構成等)を守った集成材に対して、等価断面に基づく推定手法を適用することで算出されている。したがって、JAS に例示する以外のラミナ構成で JAS 認定を受けることには一種の制限が必要であり、そのような場合に備えて 1996 年の JAS 改正において、「集成材の実大強度試験又は実証試験を伴うシミュレーション計算によって強度等級が確認されている場合は、当該集成材は、この項の基準に適合したものとみなすことができる」という一文が用意されたか[Part I (1)]。これが、実際に日の目を見るのは、「異樹種集成材開発事業(1999~2000 年)」に始まるベイマツ・スギの異樹種集成材[Part II (2)]が JAS 認定を申請・取得するまで待つことになる。

#### ① 曲げ強度[Part I (1)]

集成材の強度シミュレーションについては、Part I から Part II の期間における林による一連の研究により道筋が付けられた。その後、Part II 以降の前半ではその破壊モードの決定、積層効果の算定等をめぐって研究の場でオープンな議論が進められた。そして、後半では、異樹種集成材の開発および JAS 認定といった具体的な作業を通じて、クローズドながら実用的なシミュレーションソフトが開発された。また、その場合、曲げのみならず圧縮や引張強度に対するシミュレーションモデルも要求されることになった。

- 1) 平嶋義彦、山本幸雄、鈴木滋彦:高信頼性集成材の製造方法の開発(I)ー力学モデルおよび確立モデルー、日本木材学会大会研究発表要旨集、44、194、1994-03
- 2) 三橋博三、板垣直行、伊藤彦紀、鈴木登:スギ集成材の力学的性能設計のための解析モデル(第 1 報)ー積層による補強効果及び塑性領域を考慮した集成材の曲げ破壊予測モデルー、木材学会誌、42(2)、122-129、1996-02
- 3) 小松幸平:任意断面構成集成材の最大モーメントの推定と実験結果による検証、木材学会誌、43(11)、934-939、1997-11
- 4) 飯島泰男、板垣直行、岡崎泰男、江刺拓司、小泉章夫、佐々木貴信、三橋博三:秋田県産スギ材の強度特性(第 5 報)ー集成材の製造と性能評価ー、木材学会誌、45(4)、313-323、1999-07
- 5) 辻野哲司、竹内則雄、平井卓郎:剛体ばねモデルによる集成材の曲げ破壊係数の推定、木材学会誌、51(5)、303-310、2005-09
- 6) 武田孝志、橋爪丈夫:カラマツ同一等級ラミナ構成集成材の動的ヤング係数に及ぼす積層数の影響、材料、46(7)、839-844、1997-07
- 7) 森拓郎、五十田博、笹川明:破壊過程を再現した集成材の曲げ強度推定モデルの提案と実験による検証、日本建築学会構造系論文集、第 541 号、51-57、2001-3
- 8) 林知行、板垣直行、小黒正次、中島靖雄、町田初男:モンテカルロシミュレーションによるスギ中断面集成材の曲げ性能予測、材料、51(4)、373-378、2002-04

## ② フィンガージョイントの強度性能

集成材の曲げ強度やシミュレーション手法の議論を通じてクローズアップされたのがフィンガージョイントの強度性能であった。フィンガージョイント材の引張強度に関するデータの蓄積が進められるとともに、プルーフローディングに対する研究も一部行われた〔Part I (2)、Part II (1)〕。

- 9) 和田博:スカーフジョイントおよびフィンガージョイントしたスギラミナの引張強さ、木材工業、51(12)、587-590、1996-12
- 10) 林知行、宮武敦、藤田和彦、廣津和夫:スギ FJ ラミナの引張強度に及ぼすジョイント数の影響、木材工業、52(9)、433-437、1997-09
- 11) 林知行、宮武敦:工場生産された FJ ラミナの引張強度、木材工業、53(10)、460-465、1998-10
- 12) 盛田貴雄、林知行、小松幸平、飯島泰男:フィンガージョイントラミナの保証荷重試験(第 1 報)ー接着硬化過程における保証荷重試験の検討ー、木材学会誌、47(6)、508-514、2001-11
- 13) 藤田和彦、吉村秀幸、五島千津子、盛田貴雄、林知行、小松幸平、飯島泰男:集成材用ラミナの引張強度特性に関する一考察、木材学会誌、49(5)、382-386、2003-09
- 14) 林知行、宮武敦:スギとベイツガをたて継ぎしたフィンガージョイント材の曲げ・引張強度特性、森林総合研究所研究報告、3(3)、197-203、2004-09

## ③ 集成材の曲げ以外の強度性能〔Part II (4)〕

曲げ強度の項で触れたように、異樹種集成材の開発にあたっては、圧縮や引張に対する強度もその対象となった。集成材の圧縮や引張はもともと標準の試験方法から求められてきたわけではないことから、現在森林総合研究所で行っている交付金プロジェクト「スギ等地域材を用いた構造用新材料の製造と評価」では、その点の整理・確認から行っている〔Part II (3)〕。同様に、告示で基準強度が与えられているせん断強度やめり込み強度についても検討を行っている。後述する国土交通省告示 1539 号では、木質接着成型軸材料や木質複合軸材料に対して長期荷重に対する性能を明らかにするよう求めている。集成材の長期性能については、製材品と同等と考えられているが、いくつかの貴重な研究が報告された。

### 圧縮、引張

- 15) 林知行、宮武敦:機械等級区分されたラミナで構成されたスギ集成材短柱のたて圧縮強度特性、材料、48(5)、137-141、1994-02
- 16) 藤田和彦、五島千津子、小松幸平、森拓郎、飯島泰男、渡辺公昭:異樹種集成材の圧縮強度に関する実験的研究、日本木材学会大会研究発表要旨集、53、243、2003-03
- 17) 長尾博文、井道裕史、加藤英雄、宮武敦、園田里見、吉田徳之:集成材の縦引張り強度評価(1) FJ 数を調整したスギ及びベイマツラミナの縦引張り強度、(2)各ラミナの FJ 数を調整したスギ及びベイマツ集成材の縦引張り強度、日本木材学会大会研究発表要旨集(CD-ROM)、56、A09-0900、0915、2006-8
- 18) 橋爪丈夫、伊藤嘉文、吉田孝久:スギ及びカラマツによる異樹種集成材の強度性能、日本木材学会大会研究発表要旨集(CD-ROM)、56、E10-1130、2006-08
- 19) 藤田和彦、松岡秀尚、吉田徳之、福本優子、井道裕史、加藤英雄、長尾博文、宮武敦:スギ・ベイマツ非等厚ラミナを使用した異樹種集成材の強度性能、日本木材学会大会研究発表要旨集(CD-ROM)、56、A09-0900、2006-08
- 20) 藤田誠、長尾博文、加藤英雄、井道裕史、大野智則:愛媛県産スギ・ヒノキを用いた異樹種集成材の製造と強度性能、日本木材学会大会研究発表要旨集(CD-ROM)、56、A09-0900、2006-08

#### めり込みおよびせん断

- 21) 伊東嘉文、橋爪丈夫:カラマツ構造用集成材の材端部横圧縮試験、長野県林業総合センター研究報告、15、59-62、2001-03
- 22) 森園眞子、山角達也、村田忠、森俊宏:異樹種集成材のめりこみ強度、日本木材学会大会研究発表要旨集、52、532、2002-03
- 23) 東野正:異樹種集成材のめり込み強度性能、日本木材学会大会研究発表要旨集、52、108、2002-03
- 24) 森田秀樹、藤元嘉安、飯村豊、荒武志朗:宮崎県産低曲げヤング係数スギラミナのめり込み及びせん断性能、木材工業、58(7)、311-317、2003-07
- 25) 小松幸平、野口昌宏、森田秀樹、藤元嘉安、:実大スギ集成材のせん断耐力評価法の開発 (I) -力学モデルによるせん断破壊先行条件の試行錯誤的探索-, (II) -実験による検証-, 日本木材学会大会研究発表要旨集、54、114,115、2004-07

#### クリープ

- 26) 荒武志朗:有馬孝禮:スギ大断面材のクリープ(第2報) -荷重増減下及び除荷後の挙動と変形モデルによる予測-, 木材学会誌、42(8)、755-761、1996-08
- 27) 荒武志朗:自然環境下におけるスギ大断面材のクリープ、木材工業、54(5)、208-213、1999-05
- 28) 高橋茂男、五十田博:集成材のクリープ変形とその長期推定、木材工業、57(8)、326-329、2002-08
- 29) 木村衛、楠寿博、駕海四郎:実大米松集成材の曲げクリープ性状、日本建築学会構造系論文集、561、169-176、2002-11
- 30) 森拓郎、北村俊夫、五十田博、高橋茂男、笹川明:温湿度条件の異なる集成材はりの曲げクリープ特性、構造工学論文集、Vol.49B、593-598、2003

#### ④ 都道府県公設試験研究機関

木材利用に係る都道府県公設試験研究機関が大変充実し、集成材についても多くの取り組みがなされた。1998年(平成10年)から5年間実施された大プロ「地域材を利用した高信頼性構造用材の開発」には22の県が参加して研究が推進された〔Part II (2)〕。

- 31) 橋爪丈夫、他:カラマツラミナの性質と集成材の強度性能、木材学会誌、43(8)、43(11)、44(1)、1997-08
- 32) 荒武志朗、森田秀樹:宮崎県南部地域産スギ集成材の材質(第1報) -丸太の区分と木取りによるラミナの選別-, 木材学会誌、45(2)、111-119、1999-03
- 33) 板垣直行、林知行:スギ構造用集成材の強度性能、木材工業、56(10)、446-451、2001-10
- 34) 原田浩司:スギ短尺材専用の集成材製造システムの開発、木材工業、56(11)、542-545、2001-11
- 35) 東智則、山崎亨史、窪田純一:トドマツ中小径木からの柱用集成材(II) -曲げ試験-, 日本木材学会北海道支部講演集、29、23-24、1997-10

#### 3.1.2 「燃えしろ設計」

水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤(API)による短時間接着工程の実現は、現在の構造用集成材の大量供給を可能にした原動力の一つである。APIがJASに明記されたのは1996年の改正による。1996年以前にJASでの使用の認定を受けようとしたAPIについては、型番ごとに実大載荷耐火試験に合格することが義務付けられた。実大載荷耐火試験に合格するAPIが増える中で、1996年の接着剤追加となったが、その位置づけは「燃えしろ設計」の対象となる使用環境1ではなく、使用環境2しかも小断面集成材に限るものであった。中断面へ適用が可能になるのは

2000年の改正である。現在、APIについては「燃えしろ設計」への適用が可能かどうか、予定されている2007年JAS改正の中で再度検討が行われている。

- 36) 上杉三郎:集成材の耐火性能(第3報)ースギ大断面材の耐火時間ー、木材学会誌、40(4)、424-428、1994-04
- 37) 上杉三郎、宮武敦、原田寿郎:集成材の耐火性能ー水性高分子ーイソシアネート系樹脂接着剤使用の構造用集成材の曲げ性能ー森林総合研究所研究報告、367、155-165、1994-03
- 38) 上杉三郎:集成材の火災安全性、木材工業、51(2)、50-54、1996-02
- 39) 原田寿郎、上杉三郎、宮武敦、平松靖:火災を受けた大断面集成材の炭化深さと耐火性能、木材工業、58(1)、14-18、2003-01
- 40) 山田誠、西田一郎、宮林政幸、中村賢一:API 接着剤を用いた構造用集成材の耐火性能に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)、防火、21-22、23-24、2005-09

現在、木造建築において最も熱い分野の一つが「耐火」である。そもそものきっかけは2000年の建築基準法の大改正で、防火の分野にも仕様規定から性能規定への大きな変換がもたらされ、所定の耐火性能を満たせば例え木質部材であっても耐火建築物の主要構造部に用いることが可能となったのである。建築研究所の総プロ「木質複合建築構造技術の開発(木質ハイブリッド)」は1999年からスタートしたが、その防火分科会では所定の耐火性能を満たす仕様がいくつか明らかにされた。2006年の日本建築学会の防火の会場では、木造土壁の準耐火性能、木質系構造の防耐火性能、既存建物付加型防耐火補強技術、木質系複合構造の耐火性能、木質構造部材の燃え止まり性状について29件の学術講演が行われている。

## 3.2 LVL

Part II以降のLVLについて概説すると、研究の現場では後に示すように製品開発や各種設計データの蓄積が行われてきたが、一方で、業界を見てみると国内生産量はほぼ一定でJASについて大きな変更を必要とするような技術革新もあまりなかったのではないかとと言える。

JASにおける変更点を挙げると、E60、E70およびE90、E110の新設、二次接着の定義と試験方法の追加、単板のジョイント間隔の緩和を可能とするシミュレーション条項の追記などがある。

### ① 新製品の開発とその強度性能

繊維補強やフェノール含浸による性能向上・付加が試みられた。また、円筒形LVLやわん曲LVLという従来にない製品やその利用技術の提案もなされた。近年では、地域材を利用したLVL製造の試みも増えている。

- 41) 柳川靖夫、川井秀一、佐々木光、王潜、近藤正己、白井文朗:蒸気噴射型連続プレスによるLVLの製造(第1報)ー蒸気透過性材料の選択とLVLの製造ー、木材学会誌、41(5)、474-482、1995-05
- 42) 中田欣作、杉本英明、井上雅文、川井秀一:硬化積層材を利用した木質構造接合部材の開発(第1報)ーフェノール樹脂含浸処理を施した強化LVLの強度性能ー、木材学会誌、43(1)、38-45、1997-01
- 43) 山内秀文、荘保伸一、楊萍、川井秀一、佐々木光:スパイラルワインディング法による円筒形LVLの製造(第1報)ー交錯積層による引張ヤング率低下の軽減効果ー、木材学会誌、43(9)、747-753、1997-09
- 44) 井道裕史、大熊幹章、小田一幸:湾曲LVLを用いた枠組壁体のせん断性能の評価(第1報)ー湾曲LVLおよび湾曲LVLをコーナーに用いた枠組パネルの基礎的強度性能ー、木材学会誌、47(3)、252-259、2001-05

- 45) 山内秀文:円筒形単板積層材について、木材工業、57(10)、426-432、2002-10
- 46) 後藤崇志、池渕隆、古野毅、中山茂生:島根県産コナラ材とスギ材の異樹種複合 LVL への適用性の検討ー製材、単板、および異樹種複合 LVL の基礎的な強度特性ー、木材工業、59(2)、61-66、2004-02
- 47) 易庠華、合田正樹、吉延匡弘、木下敝幸:スギーカラマツ複合 LVL の強度性能、木材工業、59(5)、212-216、2004-05

## ② LVL の強度性能

Part II までに従来型の製品の基本的な強度性能については多くのデータが蓄積されていたこともあって、以降のデータ追加はそれほど多くなかったが屋外暴露された LVL の耐久性のデータが追加された。Part II 以降で充実したのは、接合に対する研究蓄積であろう。

### 基本性能(耐久性)

- 48) 林知行:構造用 LVL の確率的性質、木材工業、51(3)、96-101、1996-03
- 49) 林知行、宮武敦:バットジョイントを有する集成材および単板積層材の引張強度特性、材料、52(4)、341-346、2003-04
- 50) Tomoyuki Hayashi, Atsushi Miyatake, Masaki Harada: Outdoor exposure tests of structural laminated veneer lumber I: evaluation of the physical properties after six years, J. Wood Sci., 48(1)、69-74、(2002)

### 接合性能

- 51) 藤田誠、小松幸平、川元紀雄、原田真樹:円形断面綱棒による集成材、LVL の面圧特性、木材学会誌、41(3)、261-270、1995-03
- 52) 洪淳一、有馬孝禮:湿度変動下の曲げモーメントが作用する LVL 釘接合部のクリープ変形挙動(英文)、木材学会誌、41(6)、537-546、1995-06
- 53) 硬化積層材を利用した木質構造接合部材の開発(第 2 報)ー強化 LVL を接合板に用いたドリフト中田欣作、杉本英明、井上雅文、川井秀一:ピン接合部の繊維方向荷重に対するせん断耐力ー、木材学会誌、44(4)、247-254、1998-07
- 54) 中田欣作:スギ強化 LVL を用いた木質構造接合部材、木材工業、57(10)、420-425、2002-10
- 55) 原田真樹、林知行、軽部正彦:LVL を用いたドリフトピン接合部の面圧性能におよぼす変形速度の影響、木材学会誌、46(3)、213-218、2000-05
- 56) 澤田圭:降伏理論を用いた木質構造ボルト接合部のせん断耐力の推定、木材工業、58(12)、582-587、2003-12

## ③ 耐火性能

構造用 LVL についても、燃えしろ設計が可能な材料として位置づけられた。

- 57) 上杉三郎、原田寿郎、前田豊、山田誠:LVL の耐火性能、木材学会誌、45(1)、57-61、1999-01

## 3.3 その他の軸材料

集成材、LVL 以外の軸材料は、JIS や JAS の対象製品とはならないため国土交通省の認定を受ける必要がある。2000 年の建築基準法改正により、それまでの 38 条認定が廃止されるとともに建築材料に対する各種試験項目と試験方法の明文化がなされた。平成 12 年建設省告示 1446 号(平成 13 年国土交通省告示 1539 号改正)の中で、木質接着成形軸材料(LVL、LSL、PSL など)、木質複合軸材料(I 型ジョイスト、ボックスビーム等)が建築物の基礎、主要構造部材に使用される際に適合すべき技術的基準が示された。38 条認定においては、クリアすべき項目や基

準が曖昧であったとも言われたことからすると、材料開発を行う側からすれば画期的なことである。

木質接着成型軸材料の対象となる製品としては、パララム、ティンバーストランドなどの海外製品が主であったが、SST、エコバリューウッドなどが国内で開発されるようになり、後者は大臣認定を取得した。また、木質複合軸材料としては、道産 I 形梁や鋼材あるいは繊維で補強された集成材などが開発されている。

- 58) 佐久間博文、大熊幹章:長軸ボルトを併用した新しい集成材構造の開発(第1報)ー長軸ボルトを貫通させた複合集成材梁の曲げ性能ー、木材学会誌、42(5)、476-482、1996-05
- 59) 和田博、増田勝則、河崎英治、石谷和之:Z-S 処理鋼とスギフィンガージョイントラミナで構成される複合集成材の曲げ性能ーZ=S 処理鋼およびラミナの配置と複合効果ー、木材学会誌、46(1)、25-31、2000-01
- 60) 和田博:複合集成材、木材工業、55(7)、300-305、2000-07
- 61) 柴田直明:炭素繊維強化集成材(ハイブリッドティンバー)の開発ーこれまでの概要と木橋主桁への実用化ー、木材工業、57(8)、347-350、2002-08
- 62) Kweonhwan Hwang, Kohei Komatsu : Bearing properties of engineered wood products I: effects of dowel diameter and loading direction、J. Wood Sci.、48(4)、295-301、2002-04
- 63) 黄権煥、小松幸平:SCL を鋼板挿入ドリフトピンで接合した接合部のせん断性能、木材学会誌、49(4)、275-286、2003-04
- 64) 大橋義憲、佐藤司、田口崇:道産材を用いた I 形梁の曲げクリープ挙動、日本木材学会大会研究発表要旨集、53、240、2003-03

#### 4. 今後の課題

ここからが最も大事なところであるが、与えられた時間と私の能力との関係で、とりあえずここで筆をおき、今日から 3 月 5 日の当日までに考えをまとめたい。この間、森林総研交付金プロ「構造用新材料」と「既存木橋」の推進会議があり、また、E ディフェンスでの住宅の震動実験を見る機会もある。いずれも今後を考えるには良いが幅広いテーマでもあり、あまり考えが発散しないよう心がけながら考えたい。

とは言え、キーワードを少し挙げておく。

- 地域材、低密度材
- 強度モデル、接合、スモールクリアー・・・
- 集成材、品質管理
- LVL、製造効率

## 木質構造研究の現状と今後の課題PartⅢ

## 集成材・LVL

森林総合研究所  
複合材料研究領域  
宮武敦

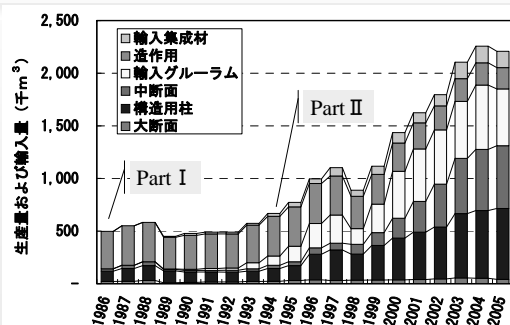
2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## 本日の話題

- ◆はじめに 製品の現状
- ◆Part I、Part II の課題
- ◆Part II 以降
  - ◇集成材
  - ◇LVL
- ◆今後の課題

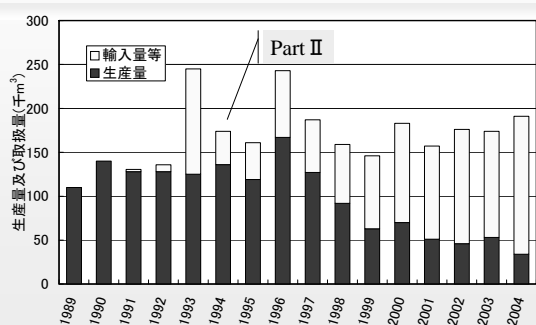
2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## 集成材の現状



2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## LVL 供給量 (LVL協会組合員)



2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## Part I (1986)の課題

- (1) シミュレーションと力学モデル
- (2) プルーフローディング
- (3) 高温下の材料性状・耐火性能

確率論、PBDM、グレーディングマシン

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## Part II (1994)の課題

- (1) 生産上の管理技術
- (2) 規格にそぐわない再構成木材開発
- (3) データの蓄積、実験、解析
- (4) 高度な設計に必要なデータ

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## Part III (2006)にあたって

- (1) 集成材力学モデルとシミュレーション
- (2) 森林総研プロ「スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価」
- (3) 燃焼・耐火性能

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## 課題一覧

- ◆ Part I (1986)
  - (1) シミュレーションと力学モデル
  - (2) ブルーフローディング
  - (3) 高温下の材料性状・耐火性能
- ◆ Part II (1994)
  - (1) 生産上の管理技術
  - (2) 規格にそぐわない再構成木材開発
  - (3) データの蓄積、実験、解析
  - (4) 高度な設計に必要なデータ
- ◆ Part III (2006)
  - (1) 集成材力学モデルとシミュレーション
  - (2) 森林総研プロ「スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価」
  - (3) 燃焼・耐火性能

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## Part II 以降 集成材

実用を目指した開発研究

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## 集成材JAS改正

- ◆ 1996 国際化
- ◆ 2000 ホルムアルデヒド放散
- ◆ 2003
- ◆ 2007 地域材活用

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## 1996年 JAS大改正

- ◆ 構造用大断面集成材の一本化、EF表示
- ◆ 機械等級区分ラミナ、MSRラミナ、L表示
- ◆ 樹種区分、樹種群
- ◆ 積層数緩和
- ◆ シミュレーション Part I (1)、Part III (1)
- ◆ 水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤の使用(小断面に限る) Part I (3)、Part III (3)

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## JASラミナ構成の集成材の強度性能

- ◆ 曲げ → JAS 曲げA試験
- ◆ 圧縮、引張、せん断、めり込みの各強度  
→ 告示1024号
- ◆ 軸方向MOE、弱軸MOE、MOR  
→ 建築学会設計規準

JASに規定するラミナ構成に基づく弾性係数や強度算定

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## JASラミナ構成以外の集成材の強度性能シミュレーション

- ◆「集成材の実大強度試験又は実証試験を伴うシミュレーション計算によって強度等級が確認されている場合は、当該集成材は、この項の基準に適合したものとみなすことができる」← 1996年改正
- ◆→ 異樹種集成材開発事業(1999~2000)

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## 曲げ強さ 破壊のクリアテリア

$$\left(\frac{\sigma_{bi}}{f_{bi}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{ti}}{f_{ti}}\right)^2 = 1$$

積層補強効果  
圧縮塑性化

FJの性能保証  
ブルーフローディング

$$\left(\frac{\sigma_{bi}}{f_{bi}}\right) + \left(\frac{\sigma_{ti}}{f_{ti}}\right) = 1$$

長さ方向の欠点評価

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## 縦つぎラミナの強度

- ◆FJ数
- ◆引張強度
- ◆異樹種縦つぎ
- ◆スカーフジョイント

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## 強度性能の収集

- ◆圧縮、引張、せん断、めり込み
  - ◇標準試験方法
- ◆クリープ
- ◆地域材のラミナ、集成材の強度性能
  - ◇都道府県公設研究機関の充実

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## 標準試験方法

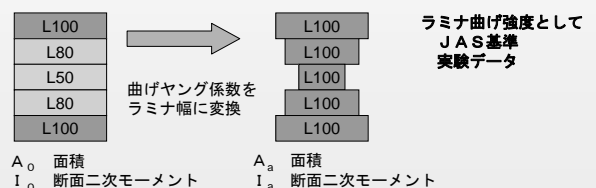
- |                |           |
|----------------|-----------|
| ◆ラミナ           | ◆集成材      |
| ◇曲げ → JAS      | ◇曲げ → JAS |
| ◇引張 → JAS      | ◇引張 →     |
| ◇圧縮 →          | ◇圧縮 →     |
| ◇せん断 → JIS、JAS | ◇せん断 →    |
| ◇めり込み →        | ◇めり込み →   |

森林総研 プロジェクト 曲げ・圧縮・引張、せん断・めり込み

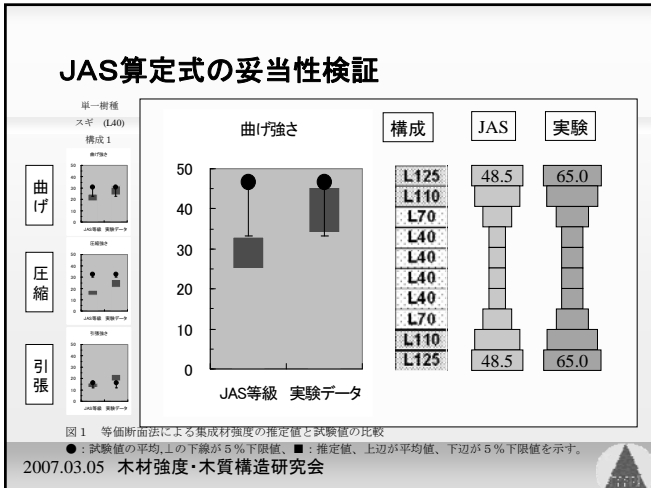
2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## 等価断面法による強度推定

曲げヤング係数=ラミナ曲げヤング係数× $I_a/I_0$ ×せん断補正  
 曲げ強度=ラミナ曲げ強度× $I_a/I_0$   
 圧縮強度=ラミナ曲げ強度× $0.75 \times A_a/A_0$ ×積層数補正  
 引張強度=ラミナ曲げ強度× $0.60 \times A_a/A_0$ ×積層数補正



2007.03.05 木材強度・木質構造研究会



### 改正JAS(2007) 特定対称異等級構成

特定対称異等級構成

ME120-F330	ME105-F300	ME95-F270	ME85-F255
L160	L140	L125	L110
L110	L100	L90	L80
L30	L30	L30	L30
L110	L100	L90	L80
L160	L140	L125	L110

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

### 特定対称異等級構成の強度

強度等級	ラミナ構成				弾性係数		強度			備考
	最外層	外層	中間層	内層	MOEm	MOEa	Fb	Fc	Ft	
M E120-F330	18.0	16.0	7.0	3.0	11.7	7.5	33.4	18.6	16.2	前回提案
	16.0	16.0	11.0	3.0	12.2	8.3	34.4	20.2	17.6	◎
	14.0	14.0	11.0	9.0	11.9	10.8	32.5	25.7	22.4	現行
M E105-F300	16.0	14.0	7.0	3.0	10.6	7.0	29.9	17.1	15.0	前回提案
	14.0	14.0	10.0	3.0	10.9	7.5	29.8	17.9	15.6	◎
	12.5	12.5	10.0	8.0	10.6	9.6	29.4	23.2	20.2	現行
M E95-F270	14.0	12.5	7.0	3.0	9.7	6.6	26.5	15.7	13.7	前回提案
	12.5	12.5	9.0	3.0	9.8	6.9	27.0	16.6	14.5	◎
	11.0	11.0	9.0	7.0	9.4	8.5	27.6	21.7	18.9	現行
M E85-F255	12.5	11.0	7.0	3.0	8.8	6.2	24.5	14.9	13.0	前回提案
	11.0	11.0	8.0	3.0	8.7	6.3	25.3	15.9	13.9	◎
	10.0	10.0	8.0	6.0	8.5	7.5	25.2	19.5	17.0	現行

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

### 燃え代設計

水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤

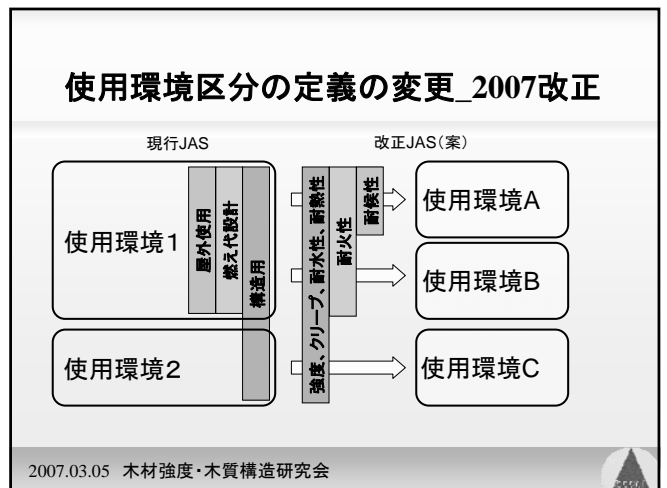
- ◆ ~1996年 実大載荷耐火試験 レゾ同等  
 → 1996年JAS改正 使用環境1、2  
 使用環境2の小断面で可
- 2000年 中断面も可
- ◆ 2002年 建築基準法改正  
 燃え代設計に関わる大断面規定削除  
 耐火建築の性能規定化

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

### 木材を使った耐火建築

- ◆ 建築研究所総プロ  
 「木質複合建築構造技術の開発(木質ハイブリッド)」  
 ◇ エムビル  
 ◇ 燃え止まり型、燃え尽き型

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会



## Part II 以降 LVL

開発とこれに関わる研究は活発に、  
一方、実用は停滞気味

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## LVL 主なJAS改正

- ◆E60,E70、E90、E110の新設
  - ◇低ヤング、等級の細分化
- ◆二次接着
  - ◇大断面化
- ◆シミュレーション条項
  - ◇バットジョイントの飛距

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## 新製品の開発

- ◆ガラス繊維複合LVL
- ◆フェノール樹脂含浸LVL
- ◆円筒形LVL
- ◆コナラLVL
- ◆異樹種複合LVL

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## LVL 強度性能

- ◆耐久性
- ◆接合性能

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## その他の軸材料

- ◆平成12年建設省告示1446号(平成13年国土交通省告示1539号改正)
  - ◇木質接着成形軸材料(LVL、LSL、PSLなど)
  - ◇木質複合軸材料(I型ジョイスト、ボックスビーム等)
    - 構造部材として適合すべき基準
- ◆パララム、ティンバーストランドなどの海外製品
- ◆エコバリューウッド、道産I形梁、SST

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## 坊中橋\_秋田県藤里町(2001)

橋長:55m、最大スパン:27m  
キングポストトラス、A活荷重



2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

## Part I、Part II の課題について

課題	現状	今後
シミュレーション	実用的なソフト	製品開発、品質管理のツール
規格にない材料	異樹種複合実用化	異種材料複合
データの蓄積	標準試験法の提示	基準強度との関係
品質管理	FJなど手付かずの問題も	技術、規格
耐火	開発盛ん	中高層建築

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会



## PartIVに向けて

- ◆効率的に製造する技術
  - ◇特にLVLの生産性
- ◆信頼性を向上させる技術
  - ◇縦つぎ、規格、接合
- ◆使い続けるための技術
  - ◇材料として
  - ◇構造物として

2007.03.05 木材強度・木質構造研究会

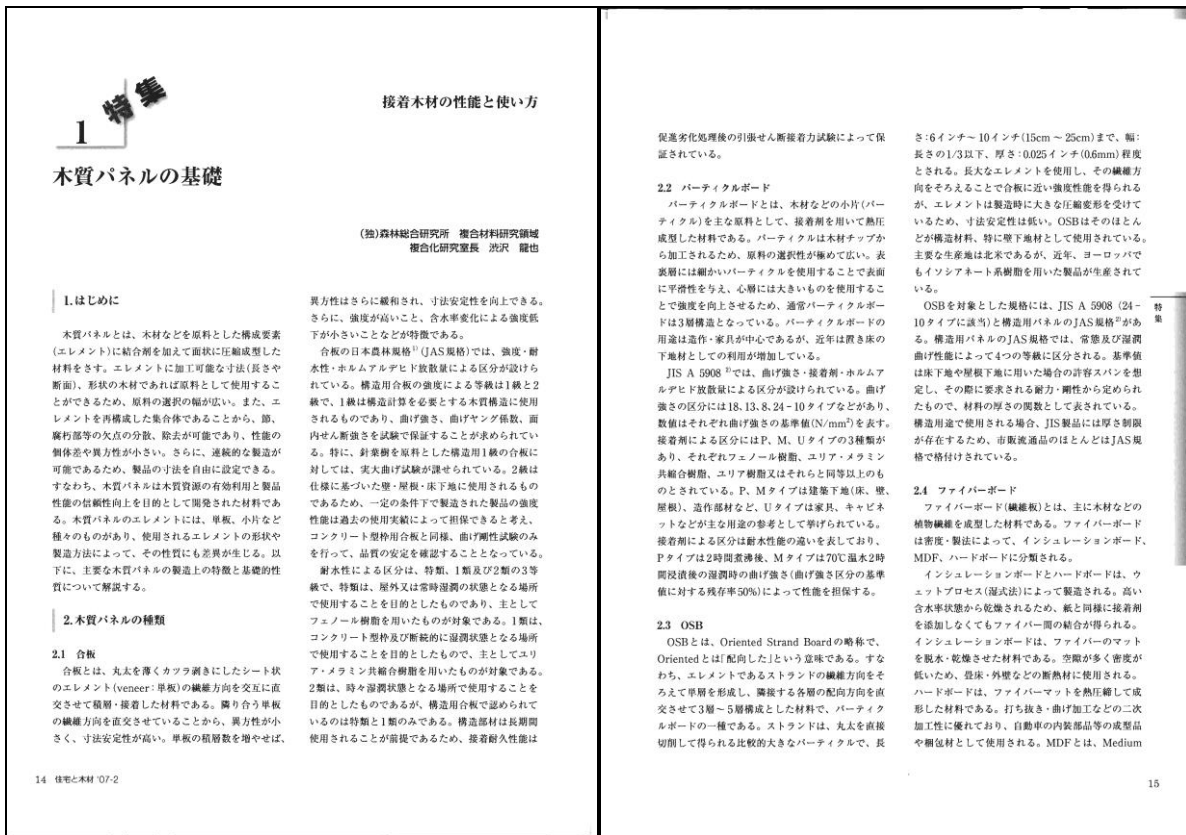


# 研究の現状と課題 ③合板・ボード類

独立行政法人 森林総合研究所 複合材料研究領域  
洪沢龍也

当該資料は、講演者からの申し出により掲載できませんでした。

講演者執筆近刊資料としては、日本住宅・木材技術センター発行「住宅と木材」第350号(2007年2月号, pp.14-19)掲載の「木質パネルの基礎」がありますので、以下に縮小して転載させていただきます。



Density Fiberboardの略称で、ドライプロセス(乾式法)によって接着剤を用いて製造される。エレメントが極めて小さく均質であることから、表面が滑らかで加工性が高い。近年、造作・家具用途に普及している。

JIS A 5905<sup>1)</sup>では、インシュレーションボードは密度0.35g/cm<sup>3</sup>未満、ハードボードは0.80g/cm<sup>3</sup>以上とされ、MDFは0.35g/cm<sup>3</sup>以上でドライプロセスによるものと規定されている。インシュレーションボードには芯床用(T-IB)、断熱材用(A-IB)及び外壁下地用(S-IB)の三つの種類があり、厚さ毎に曲げ強度・熱伝導率などの基準がある。ハードボードには、耐水性向上のために油・樹脂などによる特殊処理をしたもの(テンパードボード)と施さないもの(スタンダードボード)があり、それぞれに曲げ強度による区分が設けられている。MDFには、パーティクルボードと同様に曲げ強度・接着剤・ホルムアルデヒド放散量による区分が設けられている。

### 3. 木質パネルの性質

#### 3.1 曲げ性能

市販の各種木質パネルの曲げ性能<sup>37)</sup>を比較すると(表1)、最も曲げ強度(MOR)が高いのは合板であるが、木質ボード類の中では、MDF、OSBの順となる。一般に、エレメントの寸法、とりわけ繊維方向の長さが大きいほど、面材の曲げ性能は高くなる傾向がある。MDFのエレメントであるファイバーは、最も小さいが、組み合いを生じやすく引張応力を効率的に伝達可能であるため、高い曲げ強度が得られる。しかし、剛直なエレメントからなる他の面材に比べて、曲げ強度に対する曲げヤング係数(MOE)の比率は低くなる。パーティクルボード(PB)の曲げ性能は最も低いが、OSBの傾斜(90°)方向とはほぼ同じである。2種類のパーティクルボードの性能には差が見られないが、製造条件によって性能の設計可能な点は木質ボード類の大きな特徴の一つである。また、市販の木質ボード類の場合、厚いものほど密度が高くなるように製造しているため、一般に厚さが増加すると曲げ性能は低下する。

表1 各種木質パネルの曲げ性能の比較<sup>37)</sup>

種類	厚さ (mm)	方向	n	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	MOR (MPa)	MOE (GPa)
針葉樹合板1類	12	0°	8	0.55 (0.0066)	55.0 (7.66)	6.39 (0.634)
		90°	8	0.59 (0.021)	53.1 (10.7)	5.36 (0.844)
OSB	12	0°	8	0.62 (0.031)	32.9 (6.13)	4.76 (0.530)
		90°	10	0.62 (0.027)	22.5 (4.29)	2.35 (0.392)
Pタイプパーティクルボード	12	16	16	0.74 (0.030)	19.6 (2.49)	3.02 (0.313)
Mタイプパーティクルボード	12	16	16	0.74 (0.022)	19.7 (2.29)	3.02 (0.330)
MタイプMDF	12	-	-	0.67 (-)	33.6 (-)	3.34 (-)

MOR: 曲げ強度、MOE: 曲げヤング係数  
0°、90°: 表板の繊維方向が測定方向にそれぞれ平行及び直交する場合。  
パーティクルボード・MDFは0°・90°方向の平均値  
括弧内の数値は標準偏差。測定は構造用パネルのJAS規格による。

#### 3.2 浸潤時の曲げ性能

各種木質パネルの浸潤時の曲げ性能<sup>38,39)</sup>(JIS A 5908 浸潤時試験: 2時間常温水浸漬)は(表2)、常態時と比較するとすべての面材で低下している。特に、製造時にエレメントが大きな圧縮変形を受ける木質ボード類の場合、熱処理を施すと圧縮変形が回復してしまうため、曲げ性能の低下は著しい。全体として、針葉樹合板、OSB、Pタイプパーティクルボードの順位は変わらないが、Pタイプパーティクルボードの曲げ強度の低下は少なく、針葉樹合板、OSBとPタイプパーティクルボードの曲げ強度の差は減少している。一方、MDFの曲げ強度は比較的大きく低下し、OSBとはほぼ同じ値となっている。Mタイプパーティクルボードも、曲げ性能はPタイプパーティクルボードの半分程度まで低下しており、接着剤の種類が水に対する耐久性に大きな影響を与えている。

#### 3.3 寸法安定性能

各種木質パネルの24時間常温水浸漬処理による縦厚膨張率<sup>38)</sup>(TS)を比較すると(表3)、厚さ膨張率が最も高い値を示すのはOSBであり、次いでMタイプパーティクルボードである。針葉樹合板とPタイプパーティクルボード、MDFはほぼ同じ数値となっている。2種類のパーティクルボードでは、吸水率(WA)、厚さ膨張率ともにPタイプはMタイプの半分程度であり、接着剤の種類による耐水性の効果が現れる。エレメント形状と構成方法の異なる面材では、製造時に受ける圧縮変形量や接着剤の形成のされ方が異なるため、同一の浸漬処理法を適用しても、測定される厚さ膨張率は異なる。また、吸水率とも一貫した相関はみられない。

また、各種木質パネルの縦厚による長さ変化率<sup>39)</sup>(LE: 縦膨張率)を比較すると(表4)、PBとMDFは、他の面材と比べ、大きな長さ変化を示す。OSBと合板はほぼ同程度の長さ変化率であるが、OSB

表2 各種木質パネルの浸潤時曲げ性能の比較<sup>38,39)</sup>

種類	厚さ (mm)	方向	n	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	MOR (MPa)	MOE (GPa)	MOR 残存率 (%)	MOE 残存率 (%)
針葉樹合板1類	12	0°	8	0.55 (0.019)	27.4 (5.59)	4.07 (0.381)	49.8	63.7
		90°	8	0.58 (0.015)	26.8 (3.92)	3.41 (0.483)	50.5	63.7
OSB	12	0°	8	0.62 (0.036)	15.3 (3.76)	1.69 (0.300)	46.5	35.6
		90°	10	0.62 (0.028)	10.6 (2.12)	0.927 (0.107)	47.1	39.4
Pタイプパーティクルボード	12	16	16	0.75 (0.029)	10.9 (1.53)	1.44 (0.158)	55.8	47.7
Mタイプパーティクルボード	12	16	16	0.74 (0.023)	5.15 (0.940)	0.790 (0.0990)	26.2	26.1
MタイプMDF	7	12	12	0.81 (0.017)	22.5 (0.628)	2.12 (0.0472)	45.8	45.8
MタイプMDF	9	12	12	0.68 (-)	16.5 (-)	1.55 (-)	48.6	45.8

MOR: 曲げ強度、MOE: 曲げヤング係数、残存率: 常態時に対する比率  
0°、90°: 表板の繊維方向が測定方向にそれぞれ平行及び直交する場合。  
パーティクルボード・MDFは0°・90°方向の平均値  
括弧内の数値は標準偏差。測定はJIS A 5908 浸潤時試験(2時間常温水浸漬)による。

表3 各種木質パネルの厚さ膨張率の比較<sup>38,39)</sup>

種類	厚さ (mm)	n	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	WA (%)	TS (%)
針葉樹合板1類	12	14	0.56 (0.027)	44.0 (7.79)	5.15 (0.472)
OSB	12	21	0.63 (0.053)	29.0 (2.28)	16.8 (3.03)
Pタイプパーティクルボード	12	14	0.74 (0.034)	20.1 (1.71)	3.93 (0.271)
Mタイプパーティクルボード	12	14	0.74 (0.034)	46.9 (6.40)	7.40 (0.709)
MタイプMDF	7	12	0.61 (0.017)	16.4 (-)	5.60 (-)

WA: 吸水率、TS: 厚さ膨張率  
括弧内の数値は標準偏差  
測定はJIS A 5908 浸潤時試験(2時間常温水浸漬)による。

表4 各種木質パネルの縦厚による長さ変化率の比較<sup>39)</sup>

種類	方向	含水率1%あたりのLE (‰)			
		0-33%RH	33-66%RH	66-95%RH	0-95%RH
南洋材合板種類	0°	0.021	0.024	0.008	0.015
	90°	0.021	0.020	0.007	0.014
南洋材合板1類	0°	0.021	0.019	0.007	0.014
	90°	0.023	0.016	0.007	0.015
針葉樹合板1類	0°	0.023	0.014	0.005	0.013
	90°	0.020	0.011	0.003	0.011
OSB	0°	0.024	0.015	0.006	0.013
	90°	0.033	0.030	0.011	0.020
Pタイプパーティクルボード	0°	0.066	0.064	0.054	0.062
Mタイプパーティクルボード	0°	0.058	0.053	0.043	0.051
Uタイプパーティクルボード	0°	0.058	0.055	0.047	0.053
MタイプMDF	0°	0.054	0.053	0.034	0.046
UタイプMDF	0°	0.050	0.053	0.029	0.041

LE: 長さ変化率(‰)  
0°、90°: 表板の繊維方向が測定方向にそれぞれ平行及び直交する場合。  
測定温度は20℃。測定方法はASTM D 1037に準じる。

は長さ変化率の異質性が高く、90°方向では大きな寸法変化を示す。合板の長さ変化は最も小さく、0°・90°方向ともにOSBの0°方向とはほぼ同じであるが、低湿度環境における長さ変化が大きい。吸湿による長さ変化に関しては、接着剤の種類による違いは見られない。

#### 3.4 接着・耐久性

木質パネルのエレメントの結合には一般に有機系接着剤が用いられる。主要な接着剤は、ウリア樹脂、メラミン・ウリア共縮合樹脂、フェノール樹脂及びイソシアネート系樹脂接着剤などである。接着剤の種類は、浸潤時の強度性能・寸法安定性能を支配す

るため、要求される性能に応じて適切なものを選択する必要がある。ラミナや単板エレメントとする集材材、LVL及び合板では、製品の強度性能は主としてエレメントの強度特性に依存するため、接着剤に要求される性能は、欠点としないこと、すなわち、接着剤に起因する製品性能の低下が生じないことである。一方、パーティクルボード、MDFなどの木質ボード類のエレメントは不定形であり、点状に接着されるため、製品の性能は接着剤のみから予測できない。したがって、接着剤の結合力(はく離強さ)に加え、促進劣化処理後の製品の曲げ性能の保証が要求される。接着剤添加量を増加させれば性能は向上するが、接着剤の種類によってはホルムアルデヒド放散量に注意する必要がある。

木質パネルの耐久性は、基本的に接着剤の性質に依存する。例えば、フェノール樹脂を用いた合板は屋外環境に長期暴露されても高い耐久性を有する。しかし、生物劣化については、エレメントの劣化がフェノール樹脂の劣化に先行するため、フェノール樹脂を用いた木質パネルの寿命は、接着剤よりもエレメントの寿命に左右される。木造住宅の外壁下地合板の強度性能の測定例<sup>11)</sup>では、実際使用環境下で約20年経過後においても規格基準値を満足していた。屋外暴露年数と実際の環境における使用年数の換算理論が提案されており<sup>12)</sup>、メラミン・ウリア樹脂接着剤による合板では、屋外暴露1年が20℃ 90%RH環境下のほぼ10年に当たるとされている<sup>13)</sup>。

### 4. まとめ

木質パネルを適切に使用するためには、各材料規格の認証製品を用いることが前提であるが、材料規格は品質管理を目的としているため、試験項目及び試験方法は各規格で異なる。使用時の要求性能に対して保証可能な性能<sup>14)</sup>について、正しく理解する必要がある。

### 文献

- 1) 合板の日本規格。平成15年2月27日農林水産省告示第233号(2003)
- 2) JIS A 5908: 2003 パーティクルボード、(財)日本規格協会(2003)
- 3) 構造用パネルの日本規格。昭和62年3月27日農林水産省告示第360号(最終改正: 平成15年2月27日農林水産省告示第238号)(1987)
- 4) JIS A 5905: 2003 繊維板、(財)日本規格協会(2003)
- 5) 海老原徹: 建築用木材性能評価報告書。日本住宅・木材技術センター(1995)
- 6) 沢田龍也: 先進木質建築資材性能評価事業報告書。日本住宅・木材技術センター(1998)
- 7) 王 濤: 他: 木材工業。53, 470-472 (1998)
- 8) 海老原徹: 未発表資料
- 9) 澤田龍也: 第13回木質ボード・木質複合材料シンポジウム、25-32 (1997)
- 10) 関野登: 他: 木材工業。53, 408-412 (1998)
- 11) 沢田龍也: 他: 日本建築学会大会学術講演集。177-178 (1999)
- 12) 井上明生: 木材学会誌。38, 923-930 (1992)
- 13) 井上明生: 第14回木材接着研究会討議要旨集。42-52 (1993)
- 14) 井上明生: 日本接着学会第37回学術講演要旨集。191-192 (1999)
- 15) 例えば、2002年外観工法建築構造計算指針、(社)日本ツーバイフォー建築協会(2002)

# 研究の現状と課題 ④ 接合

京都大学 生存圏研究所 生活圏構造機能分野  
森 拓郎

## 1. はじめに

接合の話に入る前に一言。Part I、Part IIの先生方の資料<sup>1),2)</sup>を拝読し、この榮譽にあることを大変幸せに思っております。とりあえず、できることをさせてもらいたいと思い、資料を作らせてもらいました。至らない点だらけだと思いますが、お許しいただければと・・・。

さて、前回の1994年以降、我々にとって最も大きな出来事は兵庫県南部地震(阪神大震災)であると思いますが、その後、建築基準法を始め、木質構造設計規準<sup>3),4),5)</sup>も大きく改正され、木質住宅・構造における構造計算や仕様は大きく様変わりしてきました。木材学会、建築学会における木質構造に関する発表件数はうなぎ登りであり、研究自体も幅広く行われるようになってきています。この10年あまりで、進展した部分、変わらなかった部分など前回担当をされた小松先生からの課題に沿って、わかる範囲で資料を集め検討し、自分なりのまとめなどを行いました。

そこで、今回の検討において、昨年末に改訂された「木質構造設計規準・同解説」<sup>5)</sup>の「接合部の設計」の項目を参考に分類を行い、それぞれについて検討し、まとめを進めました。この分類は、前回の小松先生の分類<sup>2)</sup>とほとんど同じであるため、それぞれに挙がっている課題についても同時に検討をしています。

## 2. 接合部の分類と前回からの引き継ぎ

以下に「木質構造設計規準・同解説(以下、設計規準」<sup>5)</sup>の分類と前回の小松先生の分類<sup>2)</sup>からの引き継ぎ(宿題)部分を併せて示す。この10数年の成果はここに結集されていると言っても過言ではないと思う。事実、EYT式(ヨーロッパ型降伏理論)の全面的な導入や剛性計算のための「弾性床上の梁理論」などは、この10数年に多くのパターンについて検討され、集積されたものである。

### 1) 曲げ降伏型接合具を用いた接合

(ボルト接合・ドリフトピン接合・ラグスクリュー接合・釘接合・木ねじ接合)

### 1') その他の接合具を用いた接合

(ジベル接合・メタルコネクター接合・グルーラムリベット接合など)

- 課題 1) 3次元モデルに基づく、各接合具の変形挙動の解析(摩擦、軸力、接触問題含む)。
- 課題 2) 単独の接合具の破壊条件の解明と設計式の提案、特に脆性破壊の予測を含んだものが必要。
- 課題 3) 端距離、縁距離、接合具間隔、接合具本数等をパラメータに含んだ総合的な接合部の耐力発現メカニズムの解明。
- 課題 4) ラグスクリューやジベルのような、非円形断面鋼棒接合具の耐力発現機構の再検討。
- 課題 5) 新しく開発されるエンジニアリングウッドを含めた広範囲な接合部設計データの収集。
- 課題 6) エネルギー吸収能力(粘り)をより合理的に評価できる耐力評価法の確立。

### 2) 胴付き・嵌合接合

- 課題 1) 継ぎ手・仕口の3次元応力分布の解明。

- 課題 2) 木材の微細構造と強度発現機構の関心の解明。
- 課題 3) 強度発現機構の力学モデルの構築。
- 課題 4) 継ぎ手・仕口の最適プロポーシヨンの解明。
- 課題 5) 寸法効果の実験的検証。

### 3) 接着接合

- 課題 1) フィンガージョイントにおける寸法効果と最適フィンガー形状・寸法の決定。
- 課題 2) 現場接着における強度保証の問題。非破壊検査の可能性。
- 課題 3) 接着接合は本当に信頼性が高まったのか？  
(8年前のシンポジウムでは全く信頼性がなかった)
- 課題 4) 接着接合の許容耐力は現在のままでよいのか？  
鋼棒挿入接着接合などはどういう許容耐力を使うのか  
(木材のせん断？接着剤のせん断？長期－短期の関係)。
- 課題 5) エポキシ樹脂接着剤の耐久性の検討(Riberholt の警鐘)。

## 3. 曲げ降伏型接合具を用いた接合とその他の接合具を用いた接合

曲げ降伏型接合具として挙げられているボルト・ドリフトピン・釘などを用いて構成された接合部については、小松、平井、安村らの多数の実験及び解析によって、弾性床上の梁理論や EYT 式として設計規準内に確立された。これにより降伏耐力の算定と初期剛性に関する計算方法が決まった形で提案され、データ収集や理論との比較などの面においても効率が良くなったと考えられる。前回からの課題について以下に、検討する。

課題 1) については、3次元モデルに基づく解析がなされている例もあるが、基本的には、2次元での解析が主である。そして、曲げ降伏型接合具については、変形を弾性床上の梁理論で検討することになっており、この検討についても3次元要素を含まなくてもうまく検討結果とあっていることが示されている(例えば 6)。ただし、摩擦(例えば 7)や接触問題についてはまだまだ解明しきれていない部分があり、樹種や形態によってどのように変化するのかなど今後の検討が必要である。しかし、3DのFEM解析についてはツールの整備が進んできていることから、今後かなりの成果が得られるものと考えられる。

課題 2) については、曲げ降伏型接合具では、降伏耐力と初期剛性の計算法が提案されており、また、その他の接合具単体についても様々な耐力及び初期剛性の計算法が提案されている(例えば 8)。また、木材の横引張を含む割裂による破壊について様々な検討がなされている(例えば 9,10,11)。今後、これらの成果によって、割裂の耐力計算がなされることが期待される。

課題 3) については、川元ら<sup>12)</sup>などの検討があり、最大荷重との関係が示されている。また、ボルトやドリフトピンを用いた接合などにおいては、そのクリアランスが耐力や剛性に与える影響(例えば 13)があり、耐力や剛性などが下がることがわかっており、設計規準に活かされている。

課題 4) については、ラグスクリューは曲げ降伏型接合具の一つとして考えられているが、現在多数本打ちなどによる実験及び解析等<sup>14)</sup>はあまりされておらず、今後の検討が必要である。加えて、ジベル等についても同様であり、今後の検討が必要である。

課題 5) については、支圧実験を集成材だけでなく LSL<sup>15)</sup>などについても行われてきており、データの蓄積も進んできていると言える。また、釘についても富永ら<sup>16)</sup>の調査により多数のデータの蓄積がなされてきている。今後、体系だった資料が作成されることを望む。

課題 6) については、2000年の改正建築基準法が出された時点で、 $D_s$ (構造特性係数)による評価が加わり、ある変形時の耐力だけでなくエネルギー吸収についても評価できるようになった。

これらの課題以外としては、ラグスクリューボルト(LSB)など大型のスレッドを打ち込んだものを接合部の構成に使用することで木質ラーメン構造をなすというものがいくつか<sup>例えば 8),17)</sup>報告されている。これらはラグスクリューの使用時には禁止されている木口面に LSB を挿入していることもあり、実験的に耐力や、クリープ性状などの劣化性能の評価をする必要があると考える。また、現在行われている DOL 関連の部材評価の検討を、接合として行っていくことが必要であると考え。これらの成果によって、接合部における信頼性の向上や安全率の軽減などが計れ、経済的設計が可能になると考える。

解析的観点から考えると現在 EYT 式と弾性床上の梁理論によって別々に求めている降伏耐力と剛性を一つの系統の式<sup>例えば 18)</sup>で表せるようになることが望ましいのではないかと考える。同様に、限界耐力計算を考えると終局段階まで評価する方法の確立が必要である。

#### 4. 胴付き・嵌合接合

これらの接合方法は、伝統的な建築物や住宅などに用いられており、木材に生じる圧縮・引張・せん断・めり込みの各応力を利用して、接合部に作用する力に抵抗している。

これらについて調べると仕口<sup>例えば 19)</sup>や継ぎ手<sup>例えば 20)</sup>の接合部などの報告がいくつかあり、形状や寸法による耐力の違い等には触れているが、明確な計算手法が確立されているとは言い難い。また、基本的物性として必要な部分圧縮に関するものでは、北守ら<sup>21)</sup>の実験のようにヨーロッパ<sup>22)</sup>では荷重条件による違いを明確に示しており、今後はこのように区分した検討が必要になると考える。また、伝統構法については、組み物<sup>例えば 23)</sup>の変形などの解明が進んできている。加えて、プレカットについては加藤ら<sup>例えば 24)</sup>が多数のプレカット形状の腰掛け蟻掛けなどの実験をおこなっており、ある断面寸法におけるプロポーシオンなどを提案しているが、断面等にあわせて設計を行うには至っていない。これらのことより、以下に課題についての検討を述べる。

課題 1)については、貫やほぞなどのめり込み等について 2 次元的に評価しているものはいくつか報告されている<sup>例えば 25)</sup>が、3 次元での検討はほとんど見られない。

課題 2) 及び課題 3)については、実際あまり検討されておらず、材料としては若干異なるが鄭ら<sup>26)</sup>によるほぞの性能に関する研究などは、伝統構法における感覚的に信じられてきたものにメスを入れる大変おもしろい試みであると言える。また、文献 26)では、込み栓によるせん断降伏が先行する場合の EYT 式が提案されており、こちらも興味深い。

課題 4)については、プレカットにおいて文献 24)などにおける一連の実験が発表されており、これらが総括されることによりプレカットにおける最適なプロポーシオンが提案されるものと考え。課題 5)におけるプレカットに関するものについては課題 4)が満足されることにより、解決するのではないかと考える。

嵌合接合で最も魅力的な部分は、木材のめり込み性能ではないかと思う。この部分に関しては、皆さんがご存じの稲山による研究<sup>27)</sup>が有名であり、最も活用されている。この中では寸法効果についても論じられており、今後様々な接合形態でもうまく活かせるように荷重支持条件の異なる場合の項目を付け加えること<sup>21)</sup>が必要ではないかと考える。また、木材の圧縮性能を活かした様々な接合法の提案が期待される。

#### 5. 接着接合

接着接合には、接着剤単独の接合と、メカニカルな接合具と接着接合を併用する接着剤併用接合とがある。近年は、ラージフィンガージョイント<sup>例えば 28)</sup>やグルードインロッド<sup>例えば 29)</sup>の研究がいくつか行われており、接着接合自体はかなり信頼性が向上してきていると考えられる。両接合方法においては、耐力計算法<sup>例えば 30)</sup>等が提案されており、今後のさらなる展開に期待したい。ただし、課題 2)、課題 3)に挙げられる現場接着における強度保証の問題や非破壊での検査の方法などについては、あまり研究が進められてお

らず、材料開発の分野においても検討されていないようである。ただし、グルードインロッドやラージフィンガージョイントを用いた建物はすでに建設されており、その接合部の性能については劣化を評価できる範囲までは利用可能であると考えらるべきであろう。

課題 1)については、森ら<sup>31)</sup>のラミナ厚さの違う場合による検討や野田ら<sup>32)</sup>のフィンガーの寸法の違いによる性能の比較などを行っており、現在もその最適化は進んでいない。また、樹種によってもその形状が異なることが考えられる。なぜなら、各集成材メーカーによって主に使用している樹種が異なり、それに併せて用いるフィンガー形状も異なっているように推測されるからである。今後も、データの蓄積と耐力発現機構を考慮した解析的検討が必要であると考えらる。

課題 4)については、許容耐力を木破から求めるか、ローリングシアーやロッド自体の破壊から求めるかによって大きく異なっており、破壊性状が特定できることが望ましい。また、これら接合のうちグルードインロッドのように接合具が引っ張られるものについては、Volkersen モデルを用いて推定を試みた例<sup>30)</sup>もある。ただし、これらの接合では接着部分で破壊する場合はほとんどが脆性的な破壊を見せる。そのため、許容耐力は破壊性状にあわせた評価が不可欠であり、大きな安全率が必要かもしれない。

課題 5)については、エポキシ樹脂接着剤のみでなく、多くの接着剤において耐久性や耐水性など、様々な要素が改良されてきている<sup>例えば 33)</sup>。そのため、完全に安全とは言えない(あまりよくわからないので)が、これらの性能は向上していると考えていいのではないだろうか？ただし、促進劣化実験等による木破率だけをターゲットで論じるのではなく、接合部としての性能評価をする方法の提案が必要と考えらる。

特に接着接合というわけではないが、木ダボを用いたほぞ接合の補強<sup>34)</sup>や集成材の横引張強度の補強<sup>35)</sup>が提案されている。現在、注目されている割裂については、木ダボ挿入による接着補強などは大変有用であると考えられ、今後実験と解析により補強方法の一つとして確立されていくと考えらる。加えて、接着接合による長所をうまく活かした複合型の接合については今後たくさんの提案があるのではないかと考えらる。

## 6. その他の項目として考えること

一つめは、接合方法の複合化による許容耐力の算定のルール作りが挙げられる。例えば、嶺岡ら<sup>36)</sup>の検討した接着とボルト及び貫(合わせ柱)接合部の併用では、うまく接着接合からボルト接合及び貫によるめり込みに移行できたものとそうでないもので耐力に大きな差があることがわかり、それぞれのピークが大きく異なるためにほとんど単純な耐力の足し算は成り立っていない。また、野口ら<sup>37)</sup>によるグルードインロッドとほぞ差し接合(接着有り)の併用では、ほぼ剛接合と言って良いほどの剛性を発揮している。この研究では、柱-梁接合部でない箇所破壊させるようなフレームの形態の提案などがあり、これらのような複合型や新しいものに対する評価も必要となる。加えて、現在木質材料を用いた接合具の開発<sup>例えば 38)</sup>が盛んであり、材料としての様々な性状の適正な評価(耐久性等)や接合部としての破壊性状を含めた評価が必要と考えらる。

また、それぞれの接合技術における進歩により、接合部の検討項目も新しくなっている。例えば、地震動を想定した速度依存性に関する検討<sup>例えば 39)</sup>があり、今後検討する速度(加速度)域やこれらのまとめ方などの提案が必要となる。同様に、地震時の被害軽減などを目的とした部材や接合部の補強方法の提案<sup>例えば 40)</sup>もあり、これらの適正評価及び仕様規定のようなものの整備も必要であろう。また、接合部の耐久性を知るための劣化診断等の手法の確立も必要であると考えらる。

## 7. まとめ

最後に、これらの資料集めや文献を読むことはいい勉強になりました。理解不足のために間違えている箇所もあるかもしれませんが、その部分も込みで議論できたらと思います。

### 【参考文献】

- 1) 木質構造研究の現状と今後の課題:木材強度・木質構造研究会、木材学会編、1987.2.
- 2) 木質構造研究の現状と今後の課題 Part II :木材強度・木質構造研究会、木材学会編、1994.8.
- 3) 木質構造設計規準・同解説:日本建築学会、1995.1.
- 4) 木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法—:日本建築学会、2002.10.
- 5) 木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法—:日本建築学会、2006.12.
- 6) 平井卓郎:木材のボルト及びドリフトピン接合部のせん断耐力解析(第2報)弾性床上の梁理論を用いた数値解析、木材学会誌、Vol.37、No.11、p.1017-1025(1991)
- 7) 平井卓郎:鋼板サイドウェブを持つ木材—ボルト接合部のせん断耐力に及ぼす摩擦抵抗の影響、木材学会誌、Vol.37、No.6、p.517-522(1991)
- 8) 中谷誠、小松幸平:ラグスクリーボルトの引抜き性能発現機構(第2報)繊維平行方向引抜き理論の構築、木材学会誌、Vol.51、No.5、p.311-317(2005)
- 9) TACM van der Put、AJM Leijten:Evaluation of Perpendicular to Grain Failure of Beams Caused by Concentrated Loads of Joints、CIB-W18/33-7-7、Delft、The Netherlands(2000)
- 10) Motoi Yasumura、Laurent Daudeville:Fracture of multiply-bolted joints under lateral force perpendicular to wood grain、J Wood Sci、46、p.187-192(2000)
- 11) 青木謙治、槌本敬大:繊維方向加力を受ける製材—ボルト接合部の割裂強度の推定(第1報)端距離、加力速度および材料物性が割裂強度に与える影響、木材学会誌、Vol.50、No.5、p.341—346(2004)
- 12) 川元紀雄、小松幸平、金谷紀行:ドリフトピン接合部の繊維に直交する方向のせん断耐力(第1報)縁距離、端距離が最大荷重に及ぼす影響、木材学会誌、Vol.38、No.1、p.37-45(1992)
- 13) Takuro Hirai:A Monte Carlo Simulation of the Effective Lateral Resistance of Multiple Bolted Timber Joints with Lead Hole Clearances Subjected to Axial Force、Mokuzai Gakkaishi、Vol.39、No.9、p.1027-1035(1993)
- 14) 小松幸平、瀧野眞二郎、立石一:製材を側材とする多数本打ちラグスクリー接合部のせん断耐力評価(その2)ラグ本数と強度性能の関係並びに許容耐力の試算、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系、p.89-90(2001)
- 15) 黄権煥、小松幸平:SCLを鋼板挿入したドリフトピンで接合した接合部のせん断性能、木材学会誌、Vol.49、No.4、p.275—286(2003)
- 16) 富永純一、野田徹、村上雅英:木造軸組工法住宅の許容応力度設計に用いる各種面材釘のせん断性状のデータベース、日本建築学会技術報告集、第19号、p.123-128(2004)
- 17) 野口弘行、本岡淳一、岩崎誠司、浦上瑞穂:大径ボルトを用いたモーメント抵抗接合の木質大断面材への適用性に関する実験的研究、日本建築学会技術報告集、第20号、p.99-104(2004)
- 18) 野口昌宏、小松幸平:木—木ボルト接合部における剛性・耐力評価法の新提案と実験による検証、木材学会誌、Vol.49、No.2、p.92-103(2003)
- 19) 渋谷泉、松留慎一郎、前川秀幸、藤田香織:木造接合部におけるほぞ差込み栓の耐力評価法に関する実験研究、日本建築学会構造系論文集、No.601、p.99-104(2006)
- 20) 軽部正彦、小松幸平、原田真樹:伝統的継手を用いた集成材接合部の力学的性能その2 曲げ試験、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系、p.43-44(1996)
- 21) 北守顕久、森拓郎、片岡靖夫、小松幸平:支持条件の異なる部分横圧縮特性の解析的検討、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系、p.227-228(2005)
- 22) EN 1995-1-1:2004 Eurocode 5, Design of timber structures Part 1-1(2004)
- 23) 藤田香織、木村正彦、大橋好光、坂本功:静的水平加力試験に基づく伝統的木造建築物の組物の履歴モデルと剛性評価、日本建築学会構造系論文集、No.543、p.121-127(2001)

- 24) 加藤武彦、梅津二郎:機械プレカット加工による腰掛け蟻掛けの強度性能について、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系、p.349-350(2000)
- 25) 花里利一、森田仁彦、柳澤孝次:伝統的木造建築の構造性能評価その5 柱-差鴨居接合部の力学モデルの検討、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系、p.221-222(2002)
- 26) 鄭基浩、北守顕久、A.J.M.Letjten、小松幸平:温湿度による含水率変化が伝統的ホゾー込み栓接合部の接触応力度に及ぼす影響(第3報)スギ圧縮込み栓を用いたホゾ栓接合部の引抜き強度性能評価、木材学会誌、Vol.52、No.6、p.358-367(2006)
- 27) 稲山正弘:木材のめり込み理論とその応用、東京大学学位論文(1991)
- 28) Kohei Komatsu, Aki Nitta, Yasunobu Noda, Takuro Mori:Radial Stress in Glulam Frame Corner with Large Finger Joint(LFJ)、Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Wood Science Symposium, Bali, Indonesia, p.132-137(2005)
- 29) 井上正文、後藤靖、後藤泰男、衛藤善律:接着剤と接合金物を併用した木質構造仕口接合部に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文集、第498号、p.105-111(1997)
- 30) 竹内麻美子、後藤靖之、田中圭、後藤泰男、井上正文:接合金物と接着剤を併用した木材接合法の強度発現機構に関する研究(その4)接合部設計法の提案、日本建築学会九州支部研究報告集、(2007)In press
- 31) 森拓郎、笹川明、五十田博:ラミナ厚さの異なる信州産カラマツの引張実験、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系、p.1-2(1997)
- 32) 野田康信、森拓郎、小松幸平:Large Finger Joint の接合性能について、第10回木質構造研究会技術報告集、p.48-51(2006)
- 33) Vick,C.B.、Okkonen,E.A.:Structurally durable epoxy bonds to aircraft woods、Forest Products Journal、47(3)、p.71-77(1997)
- 34) 野田康信、小松幸平、森拓郎:木ダボ挿入補強型 LFJ コーナー接合部の実験研究(その1)集成材の横引張実験、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系、p.17-18(2003)
- 35) 黄権煥、北川美穂、小松幸平:自然素材活用型木造真壁軸組み架構の開発(その3)木ダボ接着接合による柱脚補強、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系、p.403-404(2003)
- 36) 嶺岡慎悟、神戸渡、森拓郎、その他4名:大断面集成材を用いた木質ラーメン構造の柱-梁接合部に関する研究-通し貫接合部を用いた場合-、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系、p.329-330(2004)
- 37) Masashiro Noguchi, Shinjiro Takino, Kohei Komatsu:Development of wooden portal frame structures with improved columns、J Wood Sci、52、p.51-57(2006)
- 38) 中田欣作:強化 LVL 接合板および接合ピンを用いた木質構造フレームの実験研究、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系、p.295-296(2005)
- 39) 原田真樹、林知行、軽部正彦:LVLを用いたドリフトピン接合部の面圧性能におよぼす変形速度の影響、木材学会誌、Vol.46、No.3、p.213-218(2000)
- 40) 後藤隆洋、鴛海四郎、増田幸雄:木材端部を炭素繊維補強したボルト接合部の力学性能実験(その1)、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系、p.59-60(1998)

木質構造研究の現状と今後の課題 PartIII 2007/03/05 (4) 接合

## 木質構造研究の現状と今後の課題 PartIII

# 接合

京都大学生存圏研究所  
生活圏構造機能分野  
森 拓郎

In Nagoya Univ.

木質構造研究の現状と今後の課題 PartIII 2007/03/05 (4) 接合

「木質構造設計規準・同解説」 1988

↓

- 前回の1994年以降、我々にとって最も大きな出来事は兵庫県南部地震(阪神大震災)であると思いますが、その後、芸予や新潟でも大きな地震が起こり、被害がたくさんありました(写真)。
- そのため、建築基準法を始め、木質構造設計規準も大きく改正されました。木質住宅・構造における構造計算(壁量計算や基礎との繋結など)や仕様は大きく変更になりました(説明)。
- 木材学会、建築学会における木質構造に関する発表件数はうなぎ登りで、新潟県魚沼市津川町に代表されるようになってきています。
- この10年あまりで、進展した部分、変わらなかった部分など前回の小松先生からの課題に沿って、わかる範囲で資料を集め検討しました。

新潟県魚沼市津川町

In Nagoya Univ.

木質構造研究の現状と今後の課題 PartIII 2007/03/05 (4) 接合

## はじめに

- 今回の検討においては、昨年末に改訂された「木質構造設計規準・同解説」の「接合部の設計」の項目を参考に分類を行い、その分類に沿って検討し、まとめを進めました。
- この分類は、前回の小松先生の分類とほとんど同じであるため、それぞれに挙がっている課題についても同時に検討をしています。

接合具による接合  
木材同士の嵌合による接合  
接着剤による接合

In Nagoya Univ.

木質構造研究の現状と今後の課題 PartIII 2007/03/05 (4) 接合

## 接合部の分類

- 木質構造設計規準・同解説を参照して、以下に分類
  1. 曲げ降伏型接合具を用いた接合  
ボルト接合、ドリフトピン接合、ラグスクリュー接合、釘接合、木ねじ接合
  - 1'. その他の接合具を用いた接合  
ジベル接合、メタルコネクター接合、グルーラムリベット接合
  2. 胴付き・嵌合接合  
貫、ほぞ差し、継ぎ手、仕口
  3. 接着接合  
フィンガージョイント(ラージ)、グルーインロッド、ラップジョイント

In Nagoya Univ.

木質構造研究の現状と今後の課題 PartIII 2007/03/05 (4) 接合

## 前回からの宿題 1

1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合
  - 課題1) 3次元モデルに基づく、各接合具の変形挙動の解析(摩擦、軸力、接触問題含む)。
  - 課題2) 単独の接合具の破壊条件の解明と設計式の提案、特に脆性破壊の予測を含んだものが必要。
  - 課題3) 端距離、縁距離、接合具間隔、接合具本数等をパラメータに含んだ総合的な接合部の耐力発現メカニズムの解明。
  - 課題4) ラグスクリューやジベルのような、非円形断面鋼棒接合具の耐力発現機構の再検討。
  - 課題5) 新しく開発されるエンジニアリングウッドを含めた広範囲な接合部設計データの収集。
  - 課題6) エネルギー吸収能力(粘り)をより合理的に評価できる耐力評価法の確立。

In Nagoya Univ.

木質構造研究の現状と今後の課題 PartIII 2007/03/05 (4) 接合

## 前回からの宿題 2

2. 胴付き・嵌合接合
  - 課題1) 継ぎ手・仕口の3次元応力分布の解明。
  - 課題2) 木材の微細構造と強度発現機構の関係の解明。
  - 課題3) 強度発現機構の力学モデルの構築。
  - 課題4) 継ぎ手・仕口の最適プロポーシジョンの解明。
  - 課題5) 寸法効果の実験的検証。

In Nagoya Univ.

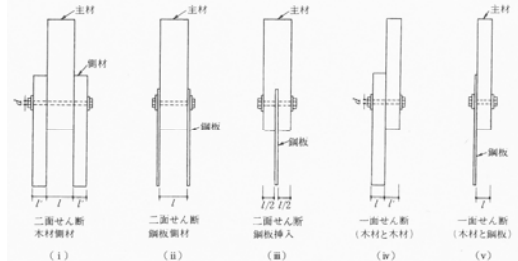
前回からの宿題 3

3. 接着接合

- 課題1)フィンガージョイントにおける寸法効果と最適フィンガー形状・寸法の決定。
- 課題2)現場接着における強度保証の問題。非破壊検査の可能性。
- 課題3)接着接合は本当に信頼性が高まったのか？  
(8年前のシンポジウムでは全く信頼性がなかった)  
現在は、それからまた13年経っています。
- 課題4)接着接合の許容耐力は現在のままでよいのか？鋼棒挿入接着合などはどういう許容耐力を使うのか(木材のせん断？接着剤のせん断？長期-短期の関係)。
- 課題5)エポキシ樹脂接着剤の耐久性の検討(Riberholtの警告)。

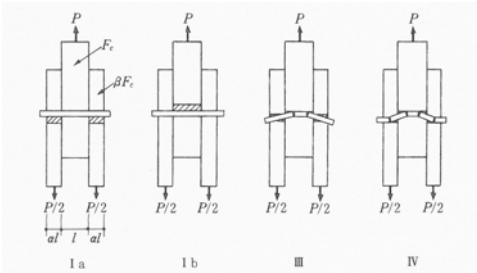
1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

- 弾性床上の梁理論やヨーロッパ降伏理論(EYT式)のケーススタディによりボルト、ドリフトピン、釘などの曲げ降伏型接合具の変形および降伏耐力が計算されるようになった。(接合法を示す)



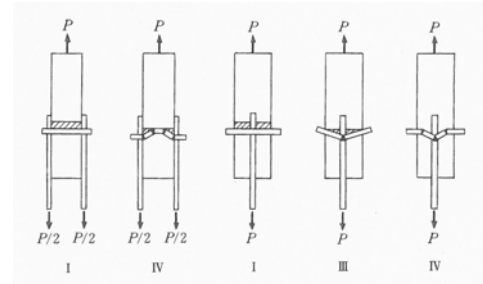
1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

- 木材-木材の二面せん断接合部の場合



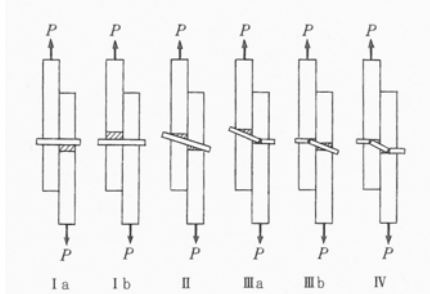
1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

- 木材-鋼板の二面せん断接合部の場合



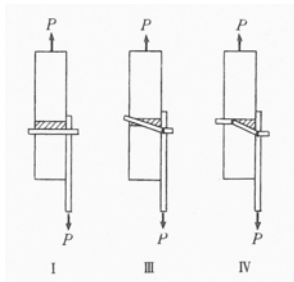
1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

- 木材-木材の一面せん断接合部の場合



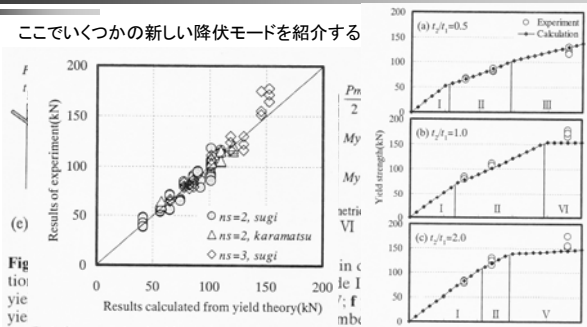
1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

- 木材-鋼板の一面せん断接合部の場合



1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

- ここでいくつかの新しい降伏モードを紹介する

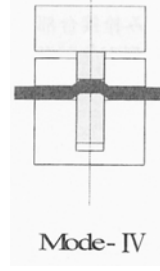


In Nagoya Univ.

Fig. 7. Comparison of results of the experiment with results calculated based on the yield theory.  $n_s$ : number of slotted-in steel plates

1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

鄭氏らの検討では、圧縮木材を用いたほぞ込み栓接合部の引張実験では、ここで示すMode IVにあたるせん断変形によって降伏するタイプが観測され、その場合の降伏荷重の計算方法が提案されている。



$\alpha$ : 鋼材厚/主材厚 ( $t_1/t_2$ )  
 $\beta$ :  $F_c'$  と  $F_c''$  の比 ( $F_c'/F_c''$ )  
 $\gamma$ : 込み栓曲げ破壊係数 (MOR) と  $F_c'$  の比 ( $MOR_c/F_c'$ )  
 $\kappa$ : 込み栓横断せん断強度 ( $S_d$ ) と  $F_c''$  の比 ( $S_d/F_c''$ )  
 $P_c = C \cdot F_c'' \cdot d \cdot t_2$   
 (C: 接合形式係数,  $d$ : 込み栓径,  $t_2$ : 主材厚)  

$$C = \min \left[ 2\alpha\beta, 1, \frac{8\alpha^2\beta^2(1+\beta)}{(2\beta+1)^2} + \frac{8\beta\gamma(\frac{d}{t_2})^2}{3(2\beta+1)} \right]$$

In Nagoya Univ.

1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

- これらの降伏理論及びその状態での成果を元に導入されており、今後も弾よるところが大きいと考えられる。
- 今後、課題1)にあたる部分にもなるか考慮して、3次元モデルを用いた解析較を行い、より精度の高い解析を目指す
- 加えて、できるだけ一つの理論で、降になるといいのではないかと考える。(平井先生も試みていた)弾性床理論ことは、大変興味深い。

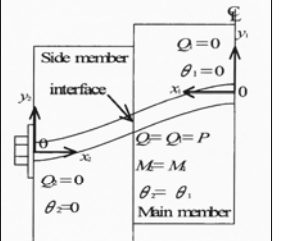


Fig. 1. Modeling and boundary conditions of Hiral® for timber-to-timber bolted joints.  
 Legend:  
 $Q$ : shear force at the head of the bolt or the interface.  
 $M$ : moment at the head of the bolt or the interface.  
 $\theta$ : rotation angle at the head of the bolt or the interface.  
 $i$ : 1 was main member, 2 was side member.

In Nagoya Univ.

1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

- 課題1)について
- 3次元モデルによる様々な接合具及びは、3D の汎用ソフトの発達により材だけや接合具単体の解析が多い。なかなかうまく計算しにくいところがある。
- 実際、摩擦についてはいくつか報告材料やその表面性状によりかなり大差では、静摩擦係数が0.3くらいで済んだ実験でも同様の結果となった。西面せん断耐力の予測を幾何学的非接触をとしている。ここでは座金のめ
- 木質材料を用いた接合部における力同土または、鉄などの他材料を介し塑性時においては幾何学的な面タツの検討が必要であると考え。

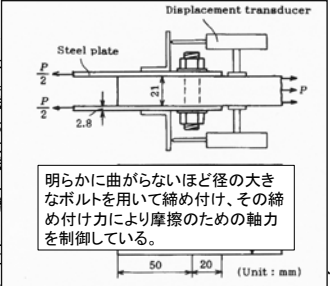
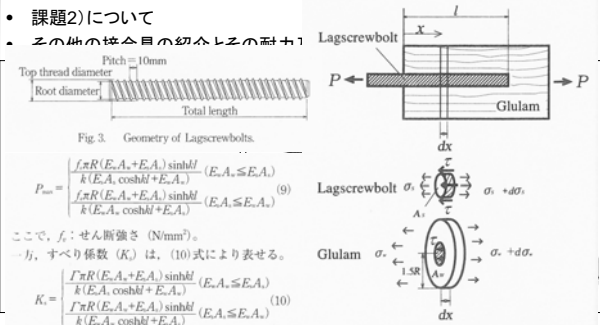


Fig. 1. Specimen geometry and testing method for destructive double-shear tests to estimate the effect of frictional resistance due to an axial force on the lateral resistance of bolted timber joints.

In Nagoya Univ.

1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

- 課題2)について
- その他の接合具の紹介とその耐力

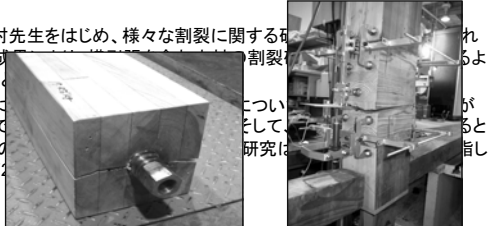


In Nagoya Univ.

Fig. 1. Geometry of Lagscrewbolted joint and equilibrium of stresses at infinitesimal region  $dx$ .

1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

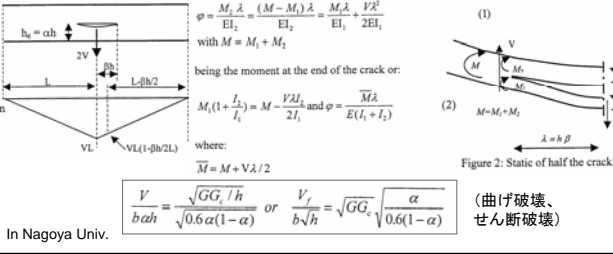
- 課題2)について つづき
- 実際、ラグスクリューボルトの設計においても重要である木口から打つ込んだ場合に起こるバースト破壊(写真)や木材の割裂(横引張)による破壊の予想は、あまり進んでいるとは言えない。野田氏らの実験により、横引張強度は0.8MPaぐらいであると報告されているが、破壊ひずみなどはわかっていない。
- 現在、安村先生をはじめ、様々な割裂に関する研究がすすまれている。青木氏らに最も重要で、ほぼ一定の研究は



In Nagoya Univ.

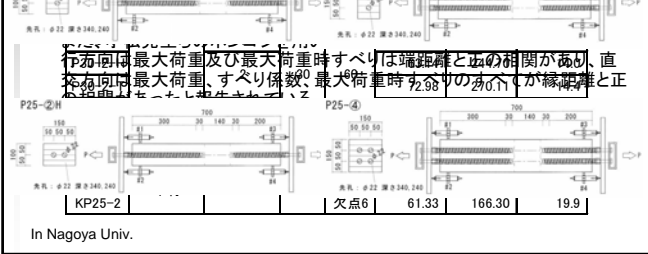
1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

- 割裂について
- 様々な研究や論文が報告されているが、現在最も注目されているのは、TACM Van der Put, AJM Leijten両先生の出されたEvaluation of perpendicular to grain failure of beams caused by concentrated loads of joints. (CIB-W18/33-7)ではないか？



1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

- 課題3)について
- 釘被挿入型クランプ接合部の繊維直交方向のせん断力に許容せん断力があることで、許容せん断力を超えるせん断力がかかると、せん断破壊が生じる。



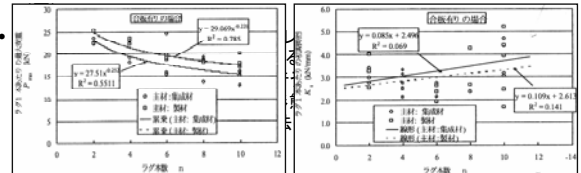
1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

- 課題3)について
- ボルトやドリフトピンを用いた接合などにおけるクリアランスの影響について平井先生は、シミュレーション手法を用いて検討し、ボルト接合部の有効耐力はボルトの破壊滑りが小さいほど、あるいは先孔径が太いほど低下することを提示している。
- 川元氏の報告を勘案すると接合具の間隔や端距離は、もう少し自由度をもって検討できそうであるし、これには破壊性状が大きく影響するため径長比を加えて、さらなる検討が必要であると考えられる。ただし、現行の木質構造設計規準にあるように、接合部を形成する際にボックス破壊等の接合具による破壊とは異なる破壊が考えられるため、十分な検討が必要である。また、野口氏が試みたように、木質材料の特徴である異方性を考慮に入れたモーメント抵抗接合の繊維と角度補正を加えた耐力の計算も精密に行っていく上では魅力的である。

In Nagoya Univ.

1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

- 課題4)について
- ラグスクリューについては、釘やねじなどと同一変形をするものとして木質構造設計規準では曲げ降伏型接合具として評価されている。実際、徳田先生による報告では、EYT式を用いて計算した結果は実験値の0.86から1.05の範囲にあり、良く推定できていることがわかっている。また、多数本打ちについて検討した小松先生らの報告では、多数本打ちことで一本当たりの耐力は減少するが、初期剛性が上昇することが報告されている



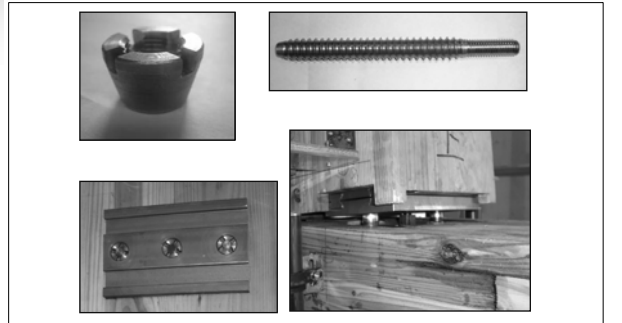
In Nagoya Univ.

1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

- 課題5)について
- 接合部を設計するために必要とされる面圧実験について、黄氏らは多数行われている集成材ではなく、LSL、PSL、LVLについて行い、集成材とは異なる傾向になることを示している。これらデータは蓄積が進んでいると思われるので、体系だった処理がされることを望まれる。加えて、これらの様々なデータのデータベース化もこれからの大きな課題と考える。
- また、釘についても富永先生らの調査により多数のデータの蓄積がなされてきている。こちらについても今後、系統だった資料が作成されることを望む。
- そして、木質構造設計規準等の設計図書に、これらの係数が載ることで、一般の人もパラメータさえわかれば簡単に計算できるようになれば良いと思う。

In Nagoya Univ.

1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合



In Nagoya Univ.

### 1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

- 先にも示したようにラグスクリューボルト(LSB)など大型のスレッドを打ち込んだものやグルーインロッド(GIR)のように接着接合を接合部の構成に使用することで木質ラーメン構造をなすというものがいくつか報告されている。これらはラグスクリューの使用時には側面打ちの2/3倍(間違えているので訂正してください)とされている木口面に対して、接合具を挿入していることもあり、実験的に耐力やクリープ性状などを評価する必要があると考える。加えて、吸水をしないようにするための対策も必要と考える。また、GIRでは繊維直交方向に挿入するときに、接着海面が木口接着に近い形になるため少し検討が必要であると考える。
- また、現在行われているDOL関連の部材評価の検討を、接合として行う必要があると考える。加えて、疲労実験についても木質構造の発展のために必要であると考える。

### 1. 「曲げ降伏型接合具」および「その他の接合具」を用いた接合

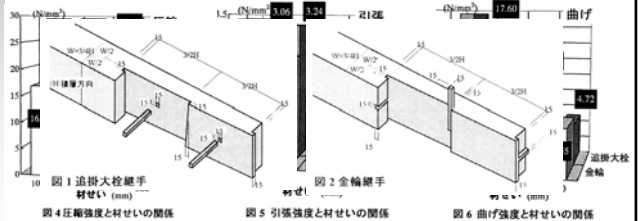
- 疲労などのパラメータが埋まることによって、接合部における信頼性の向上や安全率(係数)の軽減などが計れ、経済的設計が可能になると考える。
- 解析的観点から考えると現在EYT式と弾性床上の梁理論によって別々に求めている降伏耐力と剛性を一つの系統の式で表せるようになることが望ましい?、実際設計している人にとってはそんなに問題ではなくて、もっと式が簡便になることが必要な気がするが・・・(例えばパラメータだけで表が出てくるとか)。
- 限界耐力計算を考えると終局段階まで評価する、推定する方法の確立が必要である。また、建物(接合)のタイプによって許容できる変形量を変えることも必要かもしれない。(伝統的な建物は、変形性能に優れている。でも自重も重いので相殺されるかもしれないが、・・・)

### 2. 胴付き・嵌合接合

- 胴付き・嵌合接合方法は、伝統的な建築物や住宅などに用いられており、木材に生じる圧縮・引張・せん断・めり込みの各応力を利用して、接合部に作用する力に抵抗している形態のもの指す。
- まず、継手や仕口などの接合部について検討する。これらについての報告はいくつかあり、形状や寸法による耐力の違い等には触れているが、明確な耐力計算手法が確立されているとは言い難い。

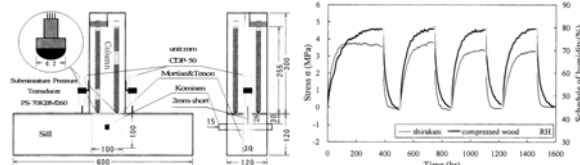
### 2. 胴付き・嵌合接合

- 継ぎ手接合について
- 軽部先生が行った追掛大柱継手と金輪継手を用いた断面性状の違いによる引張、曲げ、圧縮の一連の研究では、引張強度と曲げ強度は材せいが大きくなると負担できる強度は少なくなる傾向が見られたが、圧縮強度はそのような傾向はなかった。



### 2. 胴付き・嵌合接合

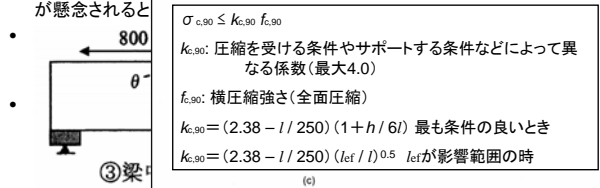
- 仕口接合について



- 鄭氏は、柱-土台接合部に込み栓を用いて接合する場合の胴付き力(嵌合交差から生まれる引きつ力)を図のような方法により調べた。これを用いて鄭氏は長期で変化する胴付き力についての提言を行っている。

### 2. 胴付き・嵌合接合

- 接触によって力あり、これをうまく能となる。ほとん
- 北守氏の解析は、現行の部分となっているが、が懸念されると



## 2. 胴付き・嵌合接合

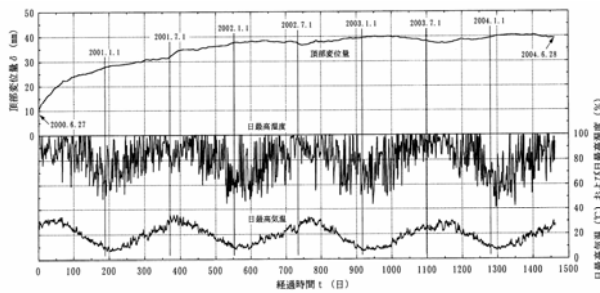


図19 頂部変位量と温度及び湿度の変化

In Nagoya Univ.

## 2. 胴付き・嵌合接合

- プレカットについては、建築学会の梗概集に多数の報告(特に職能大の梅津先生)がなされている。その中では様々なことが報告されているため、いくつかをピックアップして報告する。
- 梅津先生らの研究によると蟻仕口の引張強度は蟻の加工角度に依存すること、せん断強度は蟻長さと同掛け長さの割合で0.5(腰掛けが長くなる方向)までは上昇するがそれ以上になってもあまり上昇が期待できないことを明らかにした。蟻明らかにした。また、増大させると耐力が引張・曲げ耐力の比較程度を越えるき込み量などにより研究の結果が発表されたいと思われる。
- 齊藤先生らの研究を行った結果、刃物の

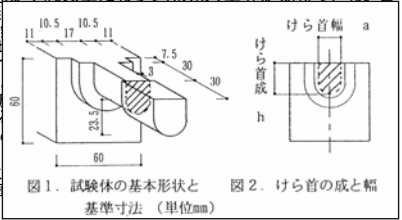


図1. 試験体の基本形状と 図2. けら首の成と幅  
基準寸法: (単位mm)

In Nagoya Univ.

## 2. 胴付き・嵌合接合

- 課題1)について
- 貫やほぞなどのめり込み等について2次元的に評価しているものはいくつか報告されているが、3次元での検討はほとんど見られない。花里先生らによる柱一差鴨居の力学モデルの検討や北守氏らによる部分めり込みに関する有限要素法解析などが2次元的な解析として出ており、割裂等の検討に関しては、もっとたくさんの検討がおこなわれている。
- 中井先生らは、ねじりを受ける通しほぞ仕口接合部について有限要素法を用いて3次元で男木せん断応力について解析している。その結果、男木の付け根に応力集中が見られ、その箇所から亀裂が発生することがわかり、実験と良い一致が見られている。
- ソフトが発達してきており、手持ちのコンピュータでも容易に計算できるためもっと大がかりな解析が増えると思われる。ただし、3次元による解析は、力に3次元要素があったり、抵抗する形状に3次元要素が含まれている場合のみになると考える。また、これらの解析を可能にするためには、もう少し木材の接触やすべり等をうまく評価できる解析ソフトまたはデータのインプット方法が確立されることも必要と考える。

In Nagoya Univ.

## 2. 胴付き・嵌合接合

- 課題2)及び3)について
- 課題2)については実際あまり検討されていない。
- 課題3)については、様々な力学モデルの提案がおこなわれている。大工・頭領の間で信じられてきた機能に対する検証については、まだ、いくつかの検討がなされてきている。

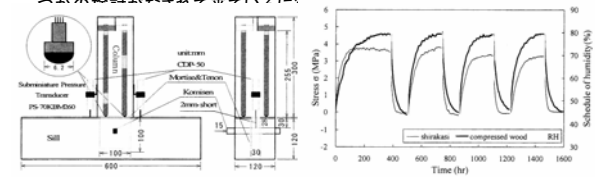


Fig. 1. Experimental apparatus used for measurement of the contact force in Japanese traditional mortise and tenon joints. Fig. 7. Changes of swelling stress brought by the cyclic change of relative humidity in the controlled chamber (RH40-80%).

In Nagoya Univ.

## 2. 胴付き・嵌合接合

- 課題4)について
- プレカットについてはその加工の形状の制限があるため、加工できるものについて梅津先生らによる一連の実験が発表されており、これらが総括されることにより最適なプロポーシオンが提案されるものとする。
- これらの成果を元に考えると、抵抗形態と破壊性状から自ずと伝統的継ぎ手・仕口においてもその最適プロポーシオンが解明できるのではないかと考える。
- 今後のさらなる研究に期待したい。

In Nagoya Univ.

## 2. 胴付き・嵌合接合

- 課題5)について
- 寸法効果については、軽部先生らの研究などが行われており、材せいが大きくなると強度が低下することが明らかになっており、これらの実験等から勘案して、サイズによる提言を行う必要があると考える。また、プレカットに関する一連の実験でも接合部の切り欠きがある程度のサイズになると頭打ちになる傾向が示されており、今後の実験によってサイズによる提言等が提案されると考える。

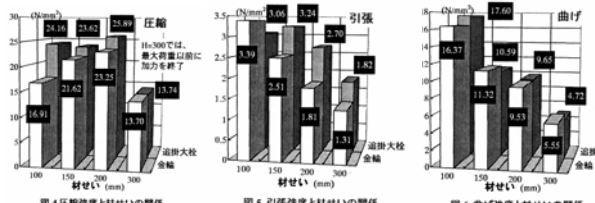


図5 圧縮強度と材せいの関係 図6 引張強度と材せいの関係 図7 曲げ強度と材せいの関係



### 3. 接着接合

- 課題5)について
- エポキシ樹脂接着剤のみでなく、多くの接着剤において耐久性や耐水性など、様々な要素が改良されてきている。そのため、完全に安全とは言えない(あまりよくわからないので)が、これらの性能は向上していると考えていいのではないだろうか？ただし、促進劣化実験による木破率(木質材料の劣化等を接着剤があることによって促進している可能性は?)だけをターゲットで論じるのではなく、接合部としての性能評価をする方法の提案が必要と考える。
- これらのことから考えると現在部材のレベルで行っているようなDOLの実験を接合部レベルで行い、それらの総合的評価によってより信頼性を上げる必要があると考える。

In Nagoya Univ.

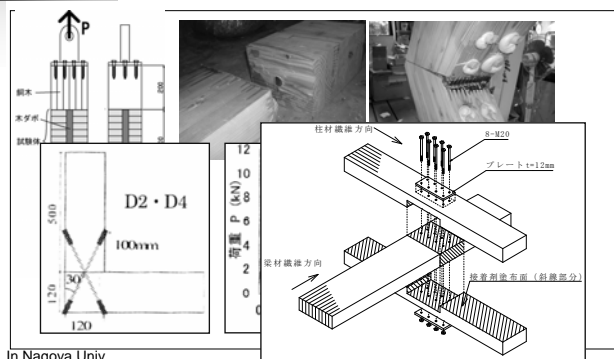
### 3. 接着接合

- 竹製のGIRを使って、愛地球博の日本館を建設したことは有名(写真)。



In Nagoya Univ.

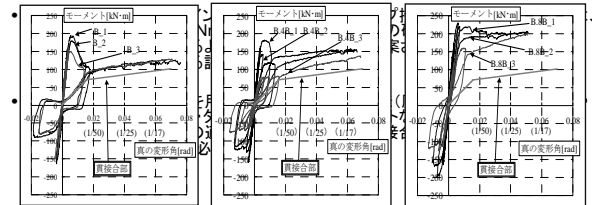
### 3. 接着接合



In Nagoya Univ.

### 4. その他の項目として

- 一つめは、接合方法の複合化による許容耐力の算定のルール作りが挙げられる。もちろん実験を行ったものについてはその限りでないが。
- 例えば、嶺岡氏の検討した接着とボルト及び貫(合わせ柱)接合部の併用では、うまく接着接合からボルト接合及び貫によるめり込みに移行できたものとうでないもので耐力に大きな差があることがわかり、それぞれのピークが大きく異なるために単純な耐力の足し算は成り立っていない。



In Nagoya Univ.

### 4. その他の項目として

- また、それぞれの接合技術の進歩により、接合部の検討項目も新しくなってきた。
- 例えば、地震動を想定した速度依存性に関する検討があり、今後検討する速度(加速度)域やこれらのまとめ方などの提案が必要となる。やはり速度が速くなると衝撃に近くなり、多少強度が上がる!
- 同様に、地震時の被害軽減などを目的とした部材や接合部の補強方法の提案(アラミ繊維や炭素繊維などを用いた補強や木タポによる補強、合板等の接合による材の割裂補強、接着剤注入による補強など)もあり、これらの適正評価及び仕様規定のようなものの整備も必要であろう。
- 接合部の耐久性を知るための劣化診断等の手法の確立も必要であると考える。同時に、DOL実験等による実大レベルでの疲労破壊の検討なども必要であると考える。

In Nagoya Univ.

### 5. さいごに

- 最後に、これらの資料集めや文献を読むことはいい勉強になりました。これからも続けていかなければとしみじみと思いました。
- なにぶん理解不足のために間違えている箇所もあるかもしれませんが、ご了承下さい。
- どうもありがとうございました。

In Nagoya Univ.

# 研究の現状と課題 ⑤ 構造要素

独立行政法人 森林総合研究所 構造利用研究領域  
杉本 健一

## 1. はじめに

1987年の「木質構造研究の現状と今後の課題」(Part I)では、「構造体構成要素」として「複合梁(トラス、ボックスビーム、Iビーム、現場で組み立てる複合梁)」、「床、屋根(鉛直荷重に対する性能)」、「耐力壁、床(水平荷重に対する性能)」、「単位骨組み」、「構造部材、構造要素の座屈」が取り上げられた。1994年のPart IIでは、「構造体要素」として「トラス」、「複合梁」、「ラーメン構造」が取り上げられた。今回のPart IIIでもPart I、Part IIと同様の構造体要素について、その後の研究を概説するという事も考えられたが、木質構造をめぐる状況は1995年の兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)以降激変しており、これまでの12年間に建築基準法関連法規の改正や品確法の制定など、新しい動きが次々と起こった。そこで、本稿では構造体要素ごとに研究を概説するのではなく、木質構造をめぐる大きな出来事をふり返りながら、それらに関連してどんな研究がなされてきたかを概説してみることにはしたい。

## 2. Part II以降の動き

表1は、Part IIが刊行された1994年から現在(2007年)までの木質構造研究に影響を与えた自然災害や関連する法令、学会・協会等の活動(シンポジウムやパネルディスカッション(PD)、出版物など)、発行された単行本、その他の動き(新しい研究所の設立や話題になった木質構造物など)を一覧表にしたものである。表に入れ込んだ内容は、木質構造研究の流れがわかるように選択したつもりであるが、この出来事が入っているのにあの出来事は入っていないなど、異論のある方もいるかもしれない。表1をみてまず気づくのは、阪神・淡路大震災が木質構造研究に与えた衝撃の大きさである。その年の暮れには実大木造住宅6棟の振動台実験が多度津工学試験所(2005年9月30日閉鎖)で実施<sup>1)</sup>され、その後、木造建物の実大振動台実験がいろいろな研究グループで行われる嚆矢となった。東京大学坂本研究室のグループが東急建設の技術研究所で実施した軸組構法木造住宅の実大振動実験では、初めて倒壊が再現された<sup>2)</sup>。有馬は木材学会誌の総説<sup>3)</sup>の中で、地震被害対策における(1)構造計画、(2)材料選択、(3)施工管理、(4)維持管理の重要性を説いている。また、研究上の課題として、1)木造住宅の合理的な設計法の追求、2)大開口の剛性と耐力を確保するための門型フレームの開発、3)耐力壁の直交面、天井構面の倒壊に至るまでの寄与の解明、4)店舗付住宅における間口に対する奥行き比率の問題の解明、5)筋かいに用いる材料の性質が耐力壁の性能に及ぼす影響の解明及び期待する耐力壁性能を發揮させるための筋かいの選択方法の検討、6)倒壊に至る変形角の解明及び変形角に及ぼす直交壁等の影響の定量的解明、7)横倒れでない倒壊が生ずるメカニズムの解明、8)基礎の崩壊や床構面の破損により生ずる破壊形態の解明を挙げている。

次に、表1で特筆すべき動きは、改正建築基準法と品確法の施行である。改正建築基準法及び品確法による計算、評価方法に対応できる技術指針として「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」が出されたが、そのバックデータには「在来軸組工法木造住宅の構造設計手法の開発」に関する一連の研究の寄与が大きいようである<sup>4)</sup>。

表1 Part-II が刊行された 1994 年以降の木質構造に係る動き(その1)

	自然災害等	法令	木材学会	建築学会	国際会議	協会等	単行本	その他の動き
1994	・1月 ノースリッジ地震		・8月 木質構造研究の現状と今後の課題 Part-II(木材強度・木質構造研究会)					
1995	・1月 兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)			・1月 木質構造設計規準・同解説/木質構造設計ノート		・10月 平成7年阪神・淡路大震災木造住宅等震災調査報告書(発行・住木センター)		・4月 秋田木材高度加工研究所発足 ・10-12月 多度津振動台実験
1996			・4月 木造住宅の耐震 ・10月 物性・強度・構造の研究現場から(木材強度・木質構造研究会)	・9月 木造住宅の耐震性-地震被害と実大実験からわかったこと-(大会PD)	・10月 IWEC(ニューオリンズ)		・7月 地震と木造住宅(杉山英男)	・長野エムウエーブ
1997							・12月 建築に役立つ木材・木質材料学(今村・川井・則元・平井編著)	・大館ドーム
1998		・6月 改正建築基準法公布	・10月 物性・強度・構造の研究現場から Part-2(木材強度・木質構造研究会)	・3月 阪神・淡路大震災調査報告 建築編 ・4 木造建築物 建築基礎構造	・8月 WCTE1998(モントルー)		・9月 コンサイス木材百科(秋田木高研)	・スーパーハウス(米国木造3階建共同住宅)
1999		・6月 品確法公布	・12月 木質構造の限界状態設計(木質構造限界状態設計法小委員会、木材学会 木材強度・木質構造研究会と共催)		・3月 PTEC'99(ロトルア)			
2000	・10月 鳥取県西部地震	・4月 品確法施行 ・6月 改正建築基準法施行(建築基準の性能規定化等)		・9月 木造住宅の構造性能評価はどこまで可能か(大会PD)	・7-8月 WCTE2000(ウイスラー)		・1月 木質構造初版(杉山英男編著) ・5月 木造建築を見直す(坂本功)	

※PD はパネルディスカッションの略

表 1 Part-Ⅱ が刊行された 1994 年以降の木質構造に係る動き(その2)

	自然災害等	法令	木材学会	建築学会	国際会議	協会等	単行本	その他の動き
2001	・3月 芸予地震	・10月 国土交通省告示第1540号、第1541号(枠組壁工法技術基準)		・11月 木質構造の新しい耐震設計の考え方(2001)		・6月 2001年版建築物の構造関係技術基準解説書(第2版) ・8月 ネダノンマニュアル ・12月 木造軸組工法住宅の許容応力度設計(第1版)(住木センター)	・3月 改正建築基準法の構造関係規定の技術的背景(建研編著) ・4月 木質構造第2版(杉山英男編著) ・9月 木材科学講座9 木質構造(有馬・高橋・増田編) ・11月 建築木質構造(菊池重昭編著)	・宮崎県木材利用研究センター発足
2002		・5月 国土交通省告示第411号「丸太組構法を用いた建築物又は建築物の構造部分の構造方法」	・10月 木材建築物の耐久設計を考える(生物劣化研究会、木材強度・木質構造研究会)	・3月 木構造と木造文化の再構築を目指して(8月、大会研究協議会) ・10月 木質構造設計規準・同解説 ・許容応力度・許容耐力設計法	・8月 WCTE2002(シャー・アラム)	・5月 2002年枠組壁工法建築物構造計算指針	・4月 木質構造第3版(杉山英男編著) ・コンサイス木材百科改訂版(秋田木高研)	
2003	・7月 宮城県北部地震	・12月 昭和56年建設省告示1100号改正(土塗壁、落とし込み板壁、面格子壁の倍率が与えられる)		・9月 伝統的構法を用いた木質構造設計資料(大会PD) ・10月 木質構造限界状態設計指針(案)・同解説			・2月 木材の住科学 木造建築を考える(有馬孝) ・3月 ここまで変わった木材・木造建築(林知行)	・愛媛県武道館
2004	・10月 新潟県中越地震				・6月 WCTE2004(ラハティ)	・2月 土塗壁・面格子壁・落とし込み板壁の壁倍率に係る技術解説書(発行・住木センター) ・4月 木造軸組工法住宅の許容応力度設計(第3版)(住木センター) ・7月 木造住宅の耐震診断と補強方法(日本建築防災協会)	・3月 改訂4版木材工業ハンドブック(森林総研) ・3月 伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル 限界耐力計算による耐震設計・耐震補強設計法(木造軸組構法建築物の耐震設計マニュアル編集委員会) ・3月 木質構造(平井・宮澤・小松著) ・8月 木造建築構造の設計(JSCA編)	・木の花ドーム

※PD はパネルディスカッションの略

表 1 Part-Ⅱ が刊行された 1994 年以降の木質構造に係る動き(その3)

	自然災害等	法令	木材学会	建築学会	国際会議	協会等	単行本	その他の動き
2005	・3月 福岡県西方沖地震		・3月 新潟県中越地震における木造建築物の被害(木材強度・木質構造研究会)	大型振動台の活用と耐震構造工学の発展(大会研究協議会)		・1月 3階建混構造住宅の構造設計の手引き(住木センター) ・3月 木造軸組工法住宅の限界耐力計算による設計の手引き(住木センター)		
2006				・12月 木質構造設計規準・同解説 -許容応力度・許容耐力設計法- 改定	・8月 WCTE2006 (ポートランド)	・4月 木造住宅のための住宅性能表示-基本編-構造編-申請編- ・6月 2003年版丸太組構法技術基準解説及び設計・計算例(第2版) ・8月 ネダノンマニュアル Ver.4 ・10月 グリーンベース30施工マニュアル Ver.1		・10-11月 E-ディフェンス震動台実験
2007			・3月 木質構造研究の現状と今後の課題 Part-Ⅲ(木材強度・木質構造研究会)					・2月 E-ディフェンス震動台実験

表1では2002年度から、伝統的構法や京町家、社寺などに関する研究成果発表がみられる。「木構造と木造文化の再構築を目指して」には、京都大学防災研究所の鈴木祥之先生を委員長とする建築学会の特別研究委員会が1999～2001年にわたって研究会やシンポジウムなどを行ってきた成果がまとめられている。

限界状態設計法については1999年にシンポジウムが開催され、2003年に木質構造限界状態設計指針(案)・同解説が出されている。限界状態設計法に関して中村<sup>5)</sup>は、「木質構造における信頼性研究の現状と展望」として、「床や壁のような構造システム(複数の構造部材からなる構造要素)」及び「構造物自体」の「終局限界状態をどのように考え、その破壊確率をどのように算定するのかについてのコンセプトを作り上げることが必要である」と述べている。また、床振動に対する限界状態設計についても同様のコンセプト作りが必要であると説いている。さらに、耐震設計については、耐力壁などの構造要素のばらつきを考慮した建物の終局限界耐力の算定と地動加速度の分布とを考慮した限界状態設計が望まれる、としている。

木質構造に係る大きなプロジェクトとして、2002～2006年度の5か年にわたり「木造建物実験」が実施された<sup>6)</sup>。「木造建物実験」は、文部科学省の研究開発委託事業である「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」(通称: 大大特)のテーマ「Ⅱ震動台活用による耐震性向上研究」の課題のうちの一つである。「木造建物実験」の課題担当者は防災科研、東大、京大、建研、森林総研、日本システム設計(株) など

である。E-ディフェンス実験(震動台実験)の準備研究として2002~2004年度にかけて既存木造建物の強度調査、補強効果等の静的試験、計算破壊シミュレーション、中規模振動台準備実験を実施し、2006年度に免震住宅、京町家、移築無補強・補強家屋の震動台実験を行った。E-ディフェンスとは独立行政法人防災科学研究所兵庫耐震工学研究センターの実大三次元震動破壊実験施設の愛称(「震動台」はE-ディフェンスに対して固有名詞的に使用される)である。「木造建物実験」での成果はいくつもあるが、例を挙げると現行の木造住宅耐震診断法の妥当性が検証されたこと、建物の倒壊実験手法が確立できたこと、などである。準備研究でも、倒壊までの静的加力実験によって倒壊限界を把握できたこと<sup>7)</sup>、平屋建軸組構造木造住宅のケースについて、劣化と構造性能との関係について定量的な数値を提示したこと<sup>8)</sup>が成果として挙げられる。

### 3. まとめ

最後に、木質構造に関する研究の現状と展望に関する意見を紹介したい。

大熊<sup>9)</sup>は、材質の大きな変動をクリアする合理的な設計システム及び利用システムの開発こそが木質構造の研究分野に課せられた中心的課題であると述べている。また、新しい日本型木質構造の開発研究を念頭において、1)厚板材使用の検討、2)スギ材の接合に適した新しい技術の開発、3)耐力壁(構造安全性)と開口部(居住性)を両立させる構法の開発研究、4)独立基礎や高床式床構造の再評価、5)解体、廃棄、部材交換が容易な構造への転換、6)木材-鉄ハイブリッド構造の開発、7)材料、工法を正しく性能評価する手段と制度の整備の重要性を説いている。

筆者が重要と考える木質構造研究の課題は、木造住宅の合理的な設計法の追求、木造住宅の倒壊機構の解明、劣化やDOLの影響の正確な評価、使用する樹種の特性にあった利用技術の開発、既存木造建物の補強技術の開発とその評価、居住性の観点から要求される構造物の性能の検討(たとえば歩行に快適な床にするためには、たわみを何mmに抑えればよいか)などである。

### 【参考文献】


表1中に掲げたものについては省略。

- 1) 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)C-1, 129-156(1996)
- 2) 大橋好光、木村正彦、田中裕樹、坂本功:日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)C-1, 167-168(1997)
- 3) 有馬孝礼:木材学会誌 43, 525-531(1997)
- 4) 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1, 179-192, 197-204(1998), 241-258(1999), 1-42(2000), 351-370(2001)
- 5) 中村昇:木材学会誌 51, 16-18(2005)
- 6) 大都市大震災軽減化特別プロジェクト総括シンポジウム II 震動台活用による構造物の耐震性向上研究 配布資料、2006年12月21日
- 7) 槌本敬大、杉本健一、五十田博、腰原幹雄、河合直人:第10回木質構造研究会技術発表会技術報告集、76-79(2006)
- 8) Ken-ichi SUGIMOTO、Hideki AOI、Takahiro TSUCHIMOTO、Hirofumi IDO、Yuuki FUKUMOTO:WCTE 2006 - 9th World Conference on Timber Engineering、Conference Proceedings、403(2006)
- 9) 大熊幹章:木材学会誌 51, 25-28(2005)

**木質構造研究の現状と今後の課題partⅢ**  
**⑤構造要素**

**森林総合研究所 構造利用研究領域**  
**チーム長（構造性能評価担当）**  
**杉本健一**

---

 独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

木質構造研究の現状と課題 PartⅢ ⑤構造要素

**Part I (1987年)、Part II (1994年)では・・・**


Part I 構造体構成要素

- 1) 複合梁(トラス、ボックスビーム、Iビーム、現場で組み立てる複合梁)
- 2) 床、屋根(鉛直荷重に対する性能)
- 3) 耐力壁、床(水平荷重に対する性能)
- 4) 単位骨組み
- 5) 構造部材、構造要素の座屈 6)信頼性

Part II 構造体要素

- 1) トラス
- 2) 複合梁
- 3) ラーメン構造

---

 独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute


木質構造研究の現状と課題 PartⅢ ⑤構造要素

**Part II (1994年)以降の木質構造に係る動き**

当日資料の表1及び付録の木質構造年表参照

- ・木造住宅に被害を与えた自然災害が多かった。  
兵庫県南部地震(1995.1)、鳥取県西部地震(2000.10)、芸予地震(2001.3)、宮城県北部地震(2003.7)、新潟県中越地震(2004.10)、福岡県西方沖地震(2005.3)
- ・改正建築基準法施行(2000.6、建築基準の性能規定化等)、品確法施行(2000.4)など、法令に大きな動きがあった。
- ・秋田木高研(1995.4)、宮崎県木材利用研究センター(2001)が発足し、木質構造の研究推進上大きな変化があった。
- ・新しい木質構造物の誕生  
Mウェーブ(1996)、大館ドーム(1997)、スーパーハウス(米国木造3階建共同住宅、1998)、愛媛県武道館(2003)、木の花ドーム(2004)など。

---


 独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

木質構造研究の現状と課題 PartⅢ ⑤構造要素

**建築学会大会での木質構造部門の発表**  
**1995年（セッション名と発表件数）**

震害	11	構造要素に関する研究が大きなウエイトを占めていた (26/70=37%)
耐力壁	8	
組積壁	4	
突大建物	5	
梁・複合梁	4	
トラス・床	5	
材料特性	11	
接着・充填接合	6	
ボルト・ドリフトピン接合	7	
その他の接合	4	
木質ラーメン構造	5	計70

---


 独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

木質構造研究の現状と課題 PartⅢ ⑤構造要素

**建築学会大会での木質構造部門の発表**  
**2000年（セッション名と発表件数）**

在来軸組構法の設計法	21	動的特性	8	トラス・ラーメンの接合	12
木質パネル構法耐力壁	7	製材・集成材	9	合理化軸組構法	
新形式耐力壁	9	集成材・面材・竹	8	・研究の動向	7
枠組壁工法	7	合成部材・床	6	構造要素に関する研究のウエイト(57/201=28%)	
立体弾塑性解析	7	基礎・耐久性	6		
伝統木造の振動実験	12	耐力壁の強度	9		
伝統木造の構造評価	12	耐力壁配置の偏心	7		
枠組壁工法突大振動実験	8	耐震診断・耐震補強	9		
在来構法突大振動実験	7	接合基礎	12		
突大水平加力実験	8	住宅の継手・仕口	10	計201	

---

 独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

木質構造研究の現状と課題 PartⅢ ⑤構造要素

**建築学会大会での木質構造部門の発表**  
**2006年（セッション名と発表件数）**

材料・部材性能	15	筋かい・面材耐力壁	8	突大振動台実験	37
接合金物	4	枠組壁・接着パネル	8	伝統木造:動的特性	16
木ネジ接合	6	在来軸組壁	13	伝統木造:モデル化・解析	12
木栓接合	5	土壁・落とし込み板壁	6	伝統木造:壁・差鴨居	7
ボルト接合	7	新工法耐力壁	6	伝統木造:突大建物ほか	6
ハイブリッド接合	6	実態調査	6	構造要素に関する研究のウエイト(54/262=21%)	
柱頭・柱脚接合	13	実測・耐震性能調査	11		
継手	6	制振	14		
モーメント抵抗接合	10	振動特性	8		
木造ラーメン	13	耐震補強	7		
基礎・防蟻	5	静的加力・振動実験	7	計262	

---

 独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## 建築学会大会での木質構造部門の発表 1995～2006年の間に

- ・木質構造研究に占める構造要素に係る研究の割合が若干低下した
- ・伝統木造、設計法、実大(振動台)実験、耐震診断・補強、免震・制震などに係る研究が増加した。



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## PartⅢ(2007年)では・・・

- 1994年以降に
- ・阪神・淡路大震災
- ・建築基準法関連法規の改正
- ・品確法の制定
- など、大きな転機がいくつかあった。



Part I、Part IIのように構造体要素だけに着目するのではなく、PartⅢでは木質構造をめぐる大きな出来事を振り返りながら、それらに関連してどのような研究がなされてきたかをみてみたい。



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## 木質構造研究の転機

- ・兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)1995.1
- ・建築基準法関連法規の改正(性能規定化)、品確法の制定
- ・新しい設計法の誕生(限界状態設計法)
- ・伝統的木造の再評価



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## 兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)

- ・被害要因の究明
  - 被害調査(調査報告書の発行)
  - 建築基準の妥当性の検証
- ・実大木造住宅の振動台実験による耐震性能の解明
  - 多度津工学試験所、東急建設、E-ディフェンス等の振動台を用いた振動台実験
- ・「余力」の定量化
  - 耐力壁以外(非構造部材など)の構造的寄与の解明
- ・偏心、立体効果についての検討
- ・耐震診断・耐震補強法の開発
- ・木造住宅への免震・制振技術の適用
- ・経年変化の影響についての検討



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## 兵庫県南部地震の被害調査報告

- ・平成7年阪神・淡路大震災木造住宅等震災調査報告書(発行:日本住宅・木材技術センター、1995.10)
- ・木造住宅の耐震(日本木材学会編、1996.4)
- ・木造住宅の耐震性-地震被害と実大実験からわかったこと(日本建築学会大会パネルディスカッション資料、1996.4)
- ・阪神・淡路大震災調査報告 建築編-4 木造建築物 建築基礎構造(日本建築学会ほか)など



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## 兵庫県南部地震の被害調査報告

- ・木造住宅の耐震(有馬孝礼、木材学会誌総説、1997.7)地震被害対策における
- (1)構造計画、(2)材料選択、(3)施工管理、(4)維持管理の重要性を指摘。

研究上の課題

- 1)木造住宅の合理的な設計法の追求
- 2)大開口の剛性と耐力を確保するための門型フレームの開発
- 3)耐力壁の直交面、天井構面の倒壊に至るまでの寄与の解明
- 4)店舗付住宅における間口に対する奥行き比率の問題の解明
- 5)筋かいに用いる材料の性質が耐力壁の性能に及ぼす影響の解明  
期待する耐力壁性能を発揮させるための筋かいの選択方法の検討
- 6)倒壊に至る変形角の解明、変形角に及ぼす直交壁等の影響の定量的解明
- 7)横倒れでない倒壊が生ずるメカニズムの解明
- 8)基礎の崩壊や床構面の破壊により生ずる破壊形態の解明



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## 実大木造住宅の振動台実験による耐震性能の解明

- ・多度津工学試験所における実大木造軸組構法住宅の振動台実験 (1995.10-12) JMA神戸波、El Centro波によるXZ加振実験のねらい: 木造軸組構法住宅の耐震性に対する国民一般の不安の解消  
科学的な研究成果を基礎とした軸組構法の近代化
- ・東急建設における実大木造軸組構法住宅の振動台実験 (建築学会梗概1997) JR鷹取波による3次元加振初めて倒壊した実験
- ・その後も数多くの振動台実験が実施されている。



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## 実大木造住宅の振動台実験による耐震性能の解明

- ・E-ディフェンス完成(2006.1)  
(E-ディフェンスとは(独)防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センター三次元震動破壊施設の名称)  
三次元加振ができる世界最大の震動台(20m×25m)  
E-ディフェンスを活用した耐震性能の検証  
(大都市大震災軽減化特別プロジェクト)が行われている。  
2005年度
- ・地震で損傷した木造住宅を修復したものの耐震性能の解明
- ・免震住宅の耐震性能の解明
- ・移築補強・無補強住宅の耐震性能の解明
- ・伝統的木造住宅(京町家)の耐震性能の解明



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## 実大木造住宅の振動台実験による耐震性能の解明

2006年度

- ・伝統的木造住宅(京町家)の耐震性能の解明
- ・2005年度に供試した移築補強・無補強住宅を新築により再現したものの耐震性能の解明



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## E-ディフェンス実験の準備研究



G棟: 土台の腐朽、蟻害・腐朽による筋かい及び柱脚の損傷、鼠害による柱脚の細り→著しい劣化

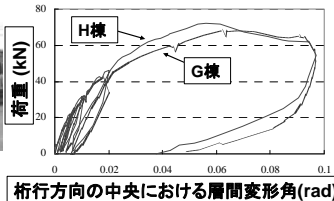
H棟: 土台の腐朽→軽微な劣化



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## E-ディフェンス実験の準備研究

### 静的水平加力実験



層間変位1/120rad時の荷重 G棟 25.9kN H棟 28.1kN (G/H=0.92)

最大耐力 G棟 68.3kN H棟 72.2kN (G/H=0.95)



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## E-ディフェンス実験の準備研究

### 劣化状況

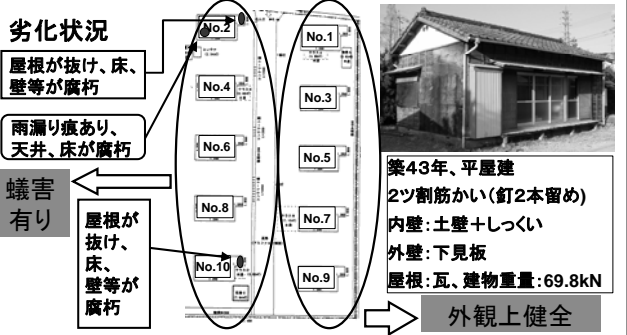
屋根が抜け、床、壁等が腐朽

雨漏り痕あり、天井、床が腐朽

蟻害有り

屋根が抜け、床、壁等が腐朽

外観上健全



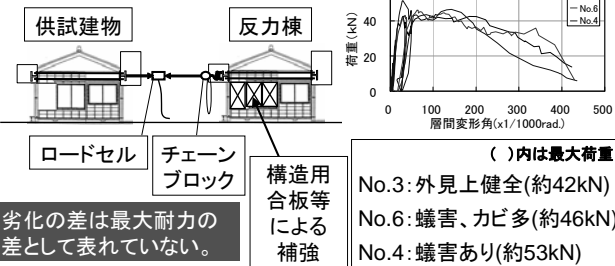
築43年、平屋建  
2ツ割筋かい(釘2本留め)  
内壁: 土壁+しっくい  
外壁: 下見板  
屋根: 瓦、建物重量: 69.8kN



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## E-ディフェンス実験の準備研究

### 引き倒し実験



劣化の差は最大耐力の差として表れていない。

構造用合板等による補強

## 「余力」の定量化

- ・「余力」とは  
 阪神・淡路大震災時に基準法ぎりぎりの壁量を有する木造住宅でも外観上無被害であった。  
 →耐力壁以外(非構造部材、直交壁の効果など)が耐力の「余力」として寄与した  
 せっこうボード、木毛セメント板、硬質木片セメント板等を張った非耐力壁の面内せん断性能の解明

## 建築基準法関連法規の改正、品確法の制定

- ・「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」出される  
 (発行: 日本住宅・木材技術センター、2001.12第1版)  
 改正建築基準法及び品確法による計算、評価方法に対応できる技術指針

根拠となる研究: 建築学会梗概 1998~2001年度  
 「在来軸組工法木造住宅の構造設計手法の開発」、51編にも及ぶ発表

## 建築基準法関連法規の改正、品確法の制定

- 設計法の高度化  
 ・「2002年枠組壁工法建築物構造計算指針」出される  
 (2002.5)

・「2003年版丸太組構法技術基準解説及び設計・計算例」  
 (2006.6、第2版)

- ・「3階建混構造住宅の構造設計の手引き」  
 (発行: 日本住宅・木材技術センター、2005.1)

## 建築基準法関連法規の改正、品確法の制定

- 限界耐力計算の導入  
 ・「2001年版建築物の構造関係技術基準解説書」出される  
 ((財)日本建築センター、2001.6第2版)
- ・「改正建築基準法の構造関係規定の技術的背景」  
 (建築研究所編著、2001.3)
- ・「伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル 限界耐力計算による耐震設計・耐震補強設計法」  
 (木造軸組構法建物の耐震設計マニュアル編集委員会、2004.3)
- ・「木造軸組工法住宅の限界耐力計算による設計の手引き」  
 (発行: 日本住宅・木材技術センター、2005.3)

## 建築基準法関連法規の改正、品確法の制定

- 品確法関連  
 ・木造住宅のための住宅性能表示-基本編-構造編-申請編-」  
 (発行: 日本住宅・木材技術センター、2006.4)

## 新しい設計法の誕生（限界状態設計法）

- ・「木質構造限界状態設計指針(案)・同解説」出される  
(日本建築学会編、2003.10)
  - ・木質構造・木質材料の信頼性に関する研究の現状と展望  
(中村昇、木材学会誌総説、2005.1)
- 「床や壁のような構造システム(複数の構造部材からなる構造要素)及び構造物自体の終局限界状態をどのように考え、その破壊確率をどのように算定するのかについてのコンセプトを作り上げることが必要である。」
- 「床振動に対する限界状態設計についても同様のコンセプト作りが必要」
- 「耐震設計については、耐力壁などの構造要素のばらつきを考慮した建物の終局限界耐力の算定と地動加速度の分布とを考慮した限界状態設計が望まれる」



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## 伝統的木造の再評価

- ・「木構造と木造文化の再構築を目指して」出される  
(日本建築学会、木構造と木造文化の再構築特別委員会、2002.3)  
(2002年8月の建築学会大会時に同じタイトルで研究協議会実施)



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## 構造要素に関するその他の動き

- ・土塗壁・格子壁・落とし込み板壁の再評価  
→昭和56年建設省告示1100号の改正(2003.12)
- ・厚物合板、厚物パーティクルボードの構造部材への適用  
→床下地、耐力壁
- ・新しい構法の開発に伴う性能確認  
→愛媛県立武道館など



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## 木質構造研究の課題

- ・木材強度・木質構造に関する研究の現状と展望  
(大熊幹章、木材学会誌総説、2005.1)
- 「材質の大きな変動をクリアする合理的な設計システム及び利用システムの開発こそが木質構造の研究分野に課せられた中心的課題である」
- 新しい日本型木質構造の開発研究を念頭において
- 1) 厚板材使用の検討
  - 2) スギ材の接合に適した新しい技術の開発
  - 3) 耐力壁(構造安全性)と開口部(居住性)を両立させる構法の開発研究
  - 4) 独立基礎や高床式床構造の再評価
  - 5) 解体、廃棄、部材交換が容易な構造への転換
  - 6) 木材-鉄ハイブリッド構造の開発
  - 7) 材料、工法を正しく性能評価する手段と制度の整備を行うべき。



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## 私が考える木質構造研究の課題

- 思いつくままに挙げてみると・・・
- ・木造住宅の合理的な設計法の追求
  - ・木造住宅の倒壊機構の解明
  - ・劣化やDOLの影響の正確な評価
  - ・使用する木材の特性にあった利用技術の開発
  - ・既存木造建物の補強技術の開発とその評価
  - ・居住性の観点から要求される構造物の性能の検討  
などなど。

？ 建築出身の構造屋と木材出身の構造屋の役割分担は？

木材の特性を最大限考慮した構造的利用技術の提案



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

# 問題提起と総合討論

## 戦後日本の木造を振り返り将来を展望する

名古屋大学大学院 生命農学研究科

平嶋 義彦

### 1. はじめに

この度のシンポジウムで貴重な時間の一部を、定年をひかえた老兵に割いていただいたことに感謝いたします。本シンポジウムの趣旨の中に…行く先を見失い「迷子」となることも増えている…という一文がありました。木造の将来に期待を寄せている筆者にとっては、これは少なからぬ驚きと衝撃でした。このように迷っている方へ少しでも参考になればというのが本稿執筆の動機です。研究レビューは気鋭の研究者によって行われるでしょうから、ここでは木造の辿って来た道と将来について述べてみたいと思います。1945年の敗戦から2007年の現在までを大きく2つの時期に分けて話を進めていきます。

### 2. 木造冬の時代

三百を超える都市が焼夷弾によって焼かれ、2個の原子爆弾が投下されるというまさに **Shock and Awe** によって1945年日本は敗戦を迎えました。この焼夷弾作戦に日本に居たことのある米人建築家が参加していたことを知る人は少ないようです。いずれにしてもこの作戦で日本の多くの都市が焼き尽くされ、住宅不足数420万戸という状況で敗戦後の日本はスタートしました。

それから5年後の50年、建築基準法が制定されました。この法は都市から木材のような可燃物を排除するという目的をもって、皆さんご存じのことと思います。木造の構造安全性に関してはいわゆる壁率と呼ばれる規定が設けられ、それによって耐震性能の確保を図ることとなりました。耐震要素の主役は筋違で、耐震性能の過半をそれに頼ることとされました。それまで住宅を造っていた大工さんたちは、耐震要素としては貫や差鴨居を使っていて筋違など採用したことはありませんでした。筋違は明治維新後西洋の建築工学から導入したものであり、また差鴨居など伝統的に用いられてきた構法は規定に盛り込まれなかったことから、木造においては伝統の断絶が生じたとみるべきでしょう。それによってどのような問題が起きたかということについては講演の中で話してみたいと思います。

59年は木質系プレハブが興り住宅産業への参入が始まった年ですが、日本建築学会による木造禁止決議が出された年でもあります。知の集団と思われるところからなぜこのような決議が出されたのか、今でも全く理解できません。知の集団というものの本質の一端が現出したのでしよう。

65年には建設、通産両省に工業化住宅の推進部局が設置され、これにより金属、プラスチックなど非木材の工業新材料で住宅が建設されるという期待感に溢れた記事が新聞紙上を飾りました。翌66年住宅建設工業化基本構想(建設省)、71年住宅産業振興5カ年計画(通産省)などがあいついで策定され、住宅不足を工業化によって充足していくという大方針のもとで住宅政策が進められました。73年には工業化住宅性能認定制度がスタートしています。ところでこの工業化という生産方法は、戦後の絶対的住宅不足というような状況のときには、それなりの意義があったかと思いますが、住宅数が世帯数を超えた今の時代にあってはどのような意義が考えられるのでしょうか。例えば今の時代に求められる長寿命住宅を供給することは可能なのでしょうか。工業というものの本質を考えると疑問がわいてきます。

74年には枠組壁工法が導入されました。その背景は「…強いていうならば、残念ながら我々の先人が

営々辛苦して育て上げて来たわが国の木造在来工法が形骸化しつつある現状をいかに転回させるかがこの工法の導入・普及の終局的な目標であります。」と述べられています。よく考えてみたいところです。

さて戦後の日本経済のめざましい復興と、アメリカ社会の内需を中心とした経済構造とが相俟って、1970年代あたりからアメリカの対日貿易赤字が巨大な額にのぼるようになり、その改善をアメリカは強く日本に迫るようになりました。赤字の原因は繊維、自動車、半導体といった工業製品の大量の輸出にありました。このような情勢の中でアメリカは日本の旺盛な住宅需要、大量の木材輸入に目を向け、それら分野の対日輸出を増大させる目的で、日本との協議を申し入れることになり、これによって木造は次の時代へ入っていくこととなります。

ここまでの状況は住宅生産一辺倒で、それ以外の木造建築はほとんど建つことがなく、まったく衰退してしまった時代といえましょう。大多数の国民が、また建築に携わる人々も「伝統」という言葉は気恥ずかしくて口にできないという雰囲気支配していた時代でした。伝統の最たるもの、それは木造でもあったのでしょう。

ここで住宅建設の動向を眺めておきましょう。1950年頃の年間25万戸程度から72年までは鰻登りに上昇し、この年ピークの186万戸を記録しています。これ以後やや振れはありますが減少傾向となり2005年は124万戸でした。木造率をみますと、66年は75%、以後ほぼ一貫して減少し、85年あたりで50%をわり、05年は44%でした。木造率の減少は何に起因しているのか、よく考えてみたいものです。

### 3. 日米協議、木造見直しの時代

1979年日米林産物委員会が開催されました。以後この委員会は84年までほぼ毎年開催され、木材、枠組壁工法を始めとする住宅などについて討議を行っています。しかしこのような委員会や各種の協議が行われるというような状況にあっても、アメリカの対日貿易赤字は一向に減る様子はなく、市場開放の要求がより一層強まってくるなか、85年日本は市場開放のための行動計画(アクション プログラム)の骨格を定めました。この中で基準・認証制度の簡素化を図ることとし、その一環として丸太組構法が取り上げられ、既に十分実績のある型式について設計基準を策定し、個々の建築物の認定を不要とすることとされました。これを受けて日本建築センターに丸太組構法研究会が設けられ、技術基準原案を検討・作成し、建設省住宅局長名で組織された建築技術審査委員会木造建築技術専門委員会(建技審、委員長:杉山英男)での検討を経て、翌86年丸太組構法の技術基準として建設省告示第859号が公布されました。建技審にはアクション プログラムに基づき基準・認証制度の透明性確保を図るためアメリカ、カナダ両国関係者の参加が認められておりました。

また85年1月の日米首脳会談に基づき、電気通信、医薬品・医療機器・エレクトロニクス、林産物という4分野の市場開放を検討する場として市場分野別個別協議(Market Oriented Sector Selective Talks, MOSS 協議)が1年間にわたって開催されました。それにより林産物の分野では、木材製品関税の引下げの他に、85年2×4告示改正(4'×8'面材使用可)、86年構造用パネルJAS化、87年法改正(高さ制限緩和、準防地域木造3階建可)、88年2×4告示改正(純3階建可)などの対応がたて続けに実施されました。これらの技術的オーソライズは前述の建技審によって行われています。また87年には建設省総合技術開発プロジェクト(総プロ)「新木造建築技術の開発」が5カ年計画でスタートしています。総プロはプロジェクト終了後の法改正をも視野にいたした研究プロジェクトで、この後、木造関連のものが2つ実施されています。

このように法改正をも含む規格・基準の整備が急速に行われたことについては、それまで技術的成果の基準等への反映を強く要望しても巨大な壁に阻まれて跳ね返されてきた経験を持つ筆者には大きな驚きでした。まるで黒船だなど揶揄したくなる気持ちもおわかりいただけるでしょう。一方望んでいたことが

次々に実現していくことに対して複雑な気持ちでもありました。

さてこのような状況の推移にあっても、アメリカはさらに強烈な一撃を日本に送ってきました。それは米国包括通商法スーパー301条により、わが国の不公正な貿易慣行として、スーパーコンピューター、人口衛星とともに林産物が指摘されたということです。これを受けて日米林産物協議が開かれ、翌90年双方の合意をみました。林産物協議における米国の関心事項は、関税分類、JAS、建築基準等でした。建築基準について米国の主張をみると、米国において一般的に建てられている木造3、4階建の共同住宅、商業ビル、ホテル等の建築を認めること、新しい木材関係の材料や工法について日本の建築基準法で速やかに認めることなどでしたが、さらに重要なことは、建築基準は原則として性能規定とすることが望ましいという合意事項が盛り込まれたことでしょう。合意後の日本の対応の経過をみると、91年JAS針葉樹の構造用製材の日本農林規格、92年2×4告示改正(構造計算による設計自由度拡大)、93年法改正(準耐火の導入、木造3階建共同住宅可)、96年2×4告示改正(性能規定)、98年法改正(性能規定)となり、この間95年総プロ「新建築構造体系の開発」、99年「木質複合建築構造技術の開発」が実施されています。前者は法の性能規定化を検討したものであり、後者は木質材料と鋼材など他材料との複合化による建築構造の可能性を追求したものです。98年の法改正で性能規定が盛り込まれましたが、これにより、燃えるからとか木材であるからといったことは問われなくなり、一定の性能を満たせばどのような材料でもどのような建築物でも建設が可能となりました。現在の基準法には直すべきところや追加すべきところはまだまだ多くあると思いますが、基準の体系としてはほぼ終局のところまで達したといえましょう。

このように短期間の間に規格・基準の整備が行われた訳ですが、もちろんそれらは、十分かどうかは問題がありますが、技術的裏付けがあって行われたものです。そしてそれらの技術的裏付けは、緊急に対応をしなければならないという時に、世間一般に十分に用意されていたわけではありませんでしたから、急遽委員会等が組織され、実験実施等も含めて必要な資料を用意していったものなのです。このような委員会等に参加され、資料整備のため尽力された方々の努力は多しとおもいます。

ところで林産物に端を発した日米協議が一応の決着をみて、もうすべてが終わったのかというところではありません。老婆心ながら問題の影響の大きさを考えて、次のことも追加しておきましょう。日米間の貿易不均衡が一向に解消に向かない理由は日本の社会構造に問題がある、という日本異質論を背景に、89年ブッシュ大統領はスーパー301条とは別の枠組として日米間の構造問題に関し協議を行うことを提案してきました。これを受けて日米の作業グループは構造問題協議最終報告書を出しました。これには日米双方において改革にむけて検討すべき分野が挙げられています。そして94年には農業、建築材料、自動車といった個別産業別に、規制緩和、行政改革といった分野横断テーマ別に日米双方において毎年要望を出すという年次改革要望書が出され、達成度のレビューをするということが行われるようになりました。これは現在まで続いていて、日本社会への影響は非常に大きいものがあると思います。

さて肝心の木造見直しの方はどうなったかということに論を進めて行きましょう。しかしこの点については確たる自信はなく、以後の記述は筆者個人の考え(多分ひどく偏っていると思いますが)として軽く参考程度として下さい。まず建築学会大会の木造関連の研究発表数をみてみますと、筆者が学会に入会した74年は4件でした。76年から80年あたりまでは年平均30件、その後95年あたりまで50件、96年以後は年々増加し2003年には352件でした。30年間で90倍に増加したことになります。76-80の期間はそれ以前より発表件数が増加していますが、この期間にはハウス55という国のプロジェクトが実施されたり、2×4告示の制定や製材・構造用合板・LVL・集成材といった材料のJASが整備されたりしています。81-95の期間ではさらに発表件数は増加しています。この期間は前にみたようにまさに日米協議と規格・基準整備の時期と重なっていて、研究者等の興味も少し木造に向いてきたということでしょうか。本シンポジウムの第1回目が86年に開かれ、そこで講演した坂本功氏の言葉に、「今は木造のブームである」とい

うのがありますが発表件数にもそれが反映しているようです。日米関連以外のことでは、83年の「いえづくり85プロジェクト」(建設省)、85年文部省が出した通知「学校施設における木材使用の促進」と翌年学校校舎の建設に対する国庫補助率が以前より増えて鉄筋コンクリート造と同一になったということも、設計者の目を木造に向けさせた一因といえるでしょう。この年、雑誌日経アーキテクチャの特集記事では「成るか、木造リバイバル」と題して上田営林署(集成材)、熊本県音楽練習施設(立体トラス)の他に、いくつかの学校校舎を採り上げています。因みに翌年の同誌特集は「モデル木造」で、林野庁補助により建てられた各地のモデル木造を紹介しています。その後木造に関する記事やTV等での紹介をよく見聞きするようになり、木造の見直しが進んでいるのが実感されるようになっていきました。90年東京での国際木質構造会議(ITEC 90)もこの気運上昇に一役かっていることを忘れることはできません。そして96年以後の発表件数は鰻登りの上昇を示していますが、その理由は95年の阪神・淡路大震災であると思われます。木造には防災という研究課題がまだ残っていたのだということに多くの研究者が気づいたということでしょうか。いずれにしても多くの研究者が木造に関係してくれることは同慶の至りです。

以上木造見直しについてみてきましたが、見直しの原因となるものをまとめると次のようになるでしょうか。

#### 資料整備

- その契機はともかく、規格・基準が整備された
- 建築学会木規準や大断面木造設計マニュアルといった木構造に関する設計資料が整備された

#### 自然災害

- 大震災を機に研究対象に木造が選ばれた

#### 地球環境問題

- 環境共生建築としての木造への興味

### 4. 木造見直しの契機となった構造実験と建築物

筆者39年の研究活動のなかで、木造見直しの気運を造る上で最も大きなきっかけとなったと考えている構造実験及び建築物をそれぞれ2つ紹介したいと思います。いずれも筆者が関係しているもので、選び出す上での視野狭窄はお許し下さい。それはまず82年の湾曲・通直集成材による一部トラスとしたフレームの実大加力実験で、農林省林業試験場(茨城県茎崎村)で行われました。それまで湾曲集成材を用いた3鉸節山形ラーメンが体育館などに用いられていましたが、このフレームはデザインに変化を持たせようが無く、需要も限られたものでしたが、それをうち破ろうとして考え出された形をもったフレームでした。実験はフレーム頂部をワイヤーで引っ張る破壊実験でした。多分このような実大規模での破壊加力実験は日本では初めてではなかったでしょうか。実験結果の解析はいろいろな場所で発表されていますが、88年刊行の木構造計算規準・同解説(建築学会)には、木造特有の接合部のズレを考慮したフレーム変形計算法が載り、多くの木造に興味をもつ人々の目に触れるという実績を残しました(執筆は神谷文夫氏)。もう一つの実験は87年やはり林業試験場で行われた集成材による2階建ラーメン構造の加力実験です。接合方法3種類で3体の実大構造体を供試体としています。これは公開実験として61名の参加者を得て行われました。加力実験のあと、小松幸平氏により自ら開発した非線形変形計算法と実験との検証が行われました。このレクチャーは参加者に木構造の構造設計のレベルの高さを認識させるとともに、信頼感をも与えたものとして高く評価されるでしょう。「木構造は実験が多いが実験だけだね」という辛辣な意見を聞く機会が多かった筆者の胸の内を推し量り下さい。この実験での工法は幾分か改良が加

えられて、この後いくつかの建築物として我々の眼前に現れたことも追記しておきます。

さて建築物の方ですが、まず挙げるのは 83 年神奈川県茅ヶ崎市に建てられた太陽の郷のなかの施設、屋内プールです。湾曲集成材による 2 ヒンジ ラーメンです。計画段階で鉄骨構造との比較が行われ、木造の利点として、軽量なので基礎構造が小規模でよい、ペンキ塗りのメンテナンスが簡単でかつメンテナンス中施設利用を制限しなくて済むなどが挙げられましたが、コスト高が難点とされました。木造普及の最大の障碍であるコスト高がここでも問題にされましたが、設計者は最終的に木造を選びました。裸の人々が利用する建物には木材がよいという理由でした。このような理由で木造が選ばれたということは極めて重要なことであると思います。木造が生き延びていくのには、素材の力を引出した建築を造っていく必要があると考えるからです。これについては後の章でも触れると思います。

2 つ目の建築物は、葉氏によって展開された立体トラス構造、わけでも 86 年竣工の小国町民体育館(熊本県)です。この立体トラス システムの構造評定を担当しましたが、当時の建設行政担当者は木造トラスという高度(何をもちて高度とするかはわかりませんが)な建築に木造は無理だという意見でした。多くの時間をかけた検討の結果、建物の建設が実現するわけですが、この検討等を通して木造建築の意義もいえる貴重なことを学びました。竣工後のこの建物に対する評判はそれほど芳しいものではありませんでした。既にあるボール ジョイント システム トラスの鋼管部材を単に木材に代えただけではないかというようなものがその代表でした。しかし葉氏は鉄と木材の環境負荷を考えると木造の意義が自ずと浮かび上がるとして、環境問題がまだあまり人々の注目を集めることのなかった当時にその先見の明を示していたのでした。トラス部材には地元の山に生育しているスギを用い、その製造は小国町森林組合が行いますので、その技術は地元に残り、この建物以後も製造を続けることとなりました。大きな建築物は東京や大阪の建設会社が請け負い、地元には建物だけが残るとするのが通例ですから、それらと比べるとこの建物もつ意義がわかります。構造計算では一部の部材を取り外したときの応力再配分についても検討しておりました。これは部材交換を考えた検討です。構造材はみな、顕しとなっていますのでメンテナンスが容易であり、また不都合な部材が発見されたときは簡単に交換できるシステムになっています。これによりこの建物を永年にわたって維持し伝えていけるでしょう。これはわが国の伝統的木構造がもっている特徴でもあります。先端技術(構造計算にコンピューターを使うという意味で)を応用した建築に、古来からの木造の伝統が受継がれているともいえましょう。トラス部材には今でもよく行われる寺院の瓦寄進と同じように、地元の小中学生によって名前が書き込まれています。この子供たちは建物に対する愛着を長く失わないことでしょう。このようにこの建物は、大規模な無柱空間を造り上げたという構造的達成度の高さをもつことはともかく、環境問題、地域性、象徴性などに向き合った高い精神性をもったものであると評価できるのではないのでしょうか。先にあげたような材料のもつ力を引出し、そして高い精神性をもつものが人々の心をつ建築となり、それはまた大事に守られて後世にまで伝えられていくこととなりましょう。木材はそのような建築を造ることのできる潜在能力を備えていると思います。

## 5. 木造の将来

木造建築は将来にわたって存在できるのか、このことについて触れてみたいと思います。論を進めるに当たってまず「建築」という言葉は何を表すのかみてみたいと思います。彰国社刊 建築大辞典によると建築 *architecture* は次のように説明されています。

- 元来は人間的要求と建築材料とが実用的、美的解決を与えるように処理されている建物の総称。この意味で単なる機能性が追求される機械生産的な構造物とは異なっていた。しかし近代になって建築の美を達成する手段は機械生産の影響を受け、建築のイデオロギーそのものも変わりつつある。-

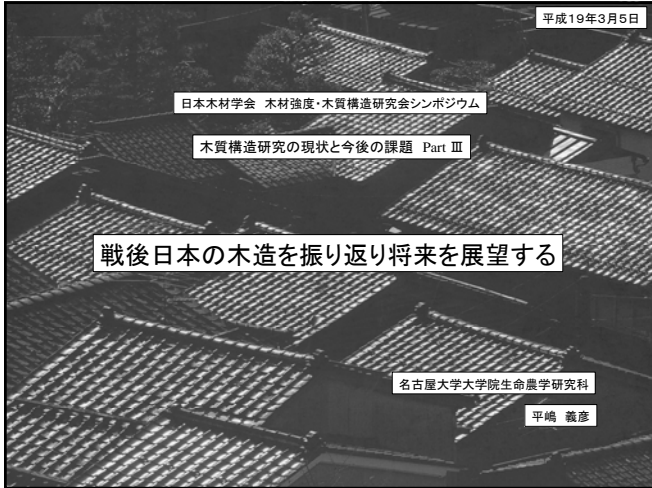
筆者はこの定義で言う元来の建築、これが木造の進む道ではないかと考えます。古代ローマの建築家ウィトルウィウスの建築十書に建築 3 原則というのが書かれています。

*Utilitas* (有用性)、*Firmitas* (耐久性)、*Venustas* (審美性) の 3 つで耐久性には強度安全性も含まれるでしょう。辞典の実用的解決というのは有用性と耐久性を合わせたもので、建築の定義としてはウィトルウィウスの 3 原則に沿ったものとなっています。ウィトルウィウスのいう *Venustas* あるいは建築にとって美とは何かについて、その後 2 千年の間論議されてきましたがまだ結論となるような命題は得られていません。筆者はこう考えます、建築の美というものはない、美しい建築があるのだと。美しい建築とはそれを見、触り、利用する際建物から伝わる何かがあるものだと思います。伝わる何かとは先にも述べた精神性ではないでしょうか。精神性としては、材料のもつ力 (*Vitalism* と呼びたいと思います)、環境 (環境共生、環境倫理)、伝統を含めたいと思います。ウィトルウィウスのいう *Venustas* をこのような精神性と考えると、木造には大きな可能性があり、将来にわたって存在していこうという確信がわいてきます。この確信は 39 年間にわたる研究活動の中から得た一つの結論であります。

ところで「迷子」の中には、建築基準が性能規定化されたことにより木造は最終段階にまで達してしまい、もう研究テーマが無くなったという無力感をもたれた方がいるのではないかと推測しますがいかがでしょうか。もしそうだとすると、その方の無力感というのは技術進歩主義という考えからもたらされたものではないでしょうか。筆者はこの種の進歩主義をとりません。技術は進歩ではなく変化するのだと考えます。歴史進歩主義者は東西を隔てるベルリンの壁が崩壊したとき、歴史は終わったといいましたが、その伝でいえば木造の歴史も終わったということになりましょう。筆者は、先に述べたように木造の本質を考えたとき、歴史の終わりではなく、新たな歴史の地平が開けてくるということを、これもやはり確信します。

## 6. おわりに

「迷子」の衝撃からつい力が入って冗漫な文になってしまいましたがお許し下さい。39 年かけて得た確信を共有していただけることがあるとすれば、それは望外の喜びです。



木造をめぐる動き

冬の時代	1945 敗戦、住宅不足420万戸
	50 建築基準法 制定
	59 木造禁止決議
	65 建設・通産省工業化住宅推進部局 設置
木造 日見 米直 協し 議の 時代	74 2×4工法告示 制定
	79 日米林産物委員会
	82 大断面木造
	94 年次改革要望書
	98 法改正(性能規定化)

2

構造の歴史

3

耐震規定の変遷

1891 (M24) 濃尾地震

1892 (M25) 震災予防調査会

- ・木造建築物の耐震性に関する研究
- ・筋違の推奨

1917 (T6) 佐野利器「家屋耐震構造論」

- ・水平震度

1919 (T8) 市街地建築物法

4

耐震規定の変遷 (Cont'd)

1923 (T12) 関東大地震

- ・地盤と被害の関係

1924 (T13) 市街地建築物法改正

- ・筋違または方杖

1933 (S8) 田辺平学「耐震建築問答」

- ・軸組の加力実験

1944 (S19) 東南海地震

1945 (S20) 三河地震

1946 (S21) 南海地震

1948 (S23) 福井地震

1950 (S25) 建築基準法

- ・所要壁量

5

山間地に建つ築100年の木造住宅(愛知県豊根村)

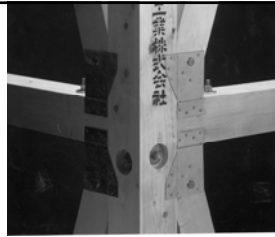
せん断変形角 (rad)

せん断力 (kN)

6

筋違構造の特徴

- ・力の集中
- ・座屈
- ・横引張
- ・破壊の多様性と予測の困難性
- ・変形性能が低い

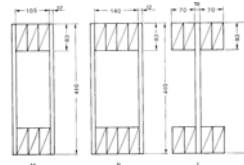
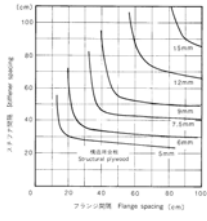


・西洋で発達→鉄橋  
・等方性、全強度接合

筋違構造のもたらした功罪

1. 力学的に不利、不明解  
→地震被害
2. 壁式構造である  
→開放性の喪失  
(空気質、すまい方)  
→耐久性低下  
(壁内結露、構造材がみえない)
3. 伝統を継承していない  
→基準と現実の乖離

箱形梁



- ・ウェブのせん断座屈に関する検討を加えた
- ・木構造設計規準(AIJ)に反映
- ・例: NZ 4'x8'縦使い、span 44 m

木造冬の時代 総括

冬の時代

- 1945 敗戦、住宅不足420万戸
- 50 建築基準法 制定
- 59 木造禁止決議
- 65 建設・通産省工業化住宅推進部局 設置
- 74 2×4工法告示 制定

伝統の放棄

外来文明・文化の無前提・無限定の受容

住宅生産の工業化

法・基準改正に対する高いバリア

日米協議・木造見直しの時代

79-84 日米林産物委員会

85 市場開放のための行動計画

86 丸太組構法告示制定

85 市場分野別個別協議

85 2x4告示改正 (4x8面材使用可)

86 構造用パネルJAS

87 法改正 (高さ制限緩和、準防地域木造3階建可)

87 総プロ「新木造建築技術の開発」

88 2x4告示改正 (純3階建可)

・85 MOSS協議: 電気通信、ICカード、林産物

・88 スーパー301条: 不正貿易横行

スーパーコンピュータ、人口衛星、林産物

・98 性能規定: 木だからといって排除されない、どんな建築も可

88 米国包括通商法

88 日米林産物協議

88 構造用製材JAS

92 2x4告示改正 (構造計算による設計自由度拡大)

93 法改正 (準耐火、木造3階建共同住宅可)

95 総プロ「新建築構造体系の開発」

96 2x4告示改正 (性能規定)

98 法改正 (性能規定)

89 日米構造問題協議

建築基準の整備

建築基準法

設計規準

JAS等規格

建築基準の技術に関するオーソライズ

建築技術審査委員会  
1985-1995

建設省総合技術開発プロジェクト

- 74 小規模住宅の新施工法の開発
- 80 建築物の耐久性向上技術の開発
- 81 建設事業への廃棄物利用技術の開発
- 87 新木造建築技術の開発
- 95 新建築構造体系の開発
- 99 木質複合建築構造技術の開発

13

法、規基準の整備

西暦	法、政令、告示	規準	JAS
1974	2×4工法告示 制定		76 構造用合板
77	2×4告示改正		77 集成材改正
81	法改正		78 LVL、2×4製材改正
82	2×4告示改正		81 2×4製材改正
83	3階建木造住宅簡易構造設計基準		82 製材、構造用合板改正
85	2×4告示改正		86 構造用パネル
86	丸太組構法告示 制定		
87	法改正	88 木構造計算規準・同解説	
	新3階建木造住宅簡易構造設計基準		
	2×4告示改正		
88	2×4告示改正		91 針葉樹の構造用製材
	小屋裏利用3階建枠組壁工法建築物簡易構造設計基準		91 2×4材改正
90	丸太組構法告示改正		91 LVL改正
92	2×4告示改正		
93	法改正	95 木質構造設計ノート	
96	2×4告示改正	95 木質構造設計規準・同解説(第2版)	
98	法改正		
99	住宅の品質確保の促進に関する法律		
01	枠組壁工法又はフレイブ工法を用いた建築物告示		
02	丸太組構法告示改正	02 木質構造設計規準・同解説-許容応力度法	
03	軸組告示改正	03 木質構造限界状態設計指針(案)・同解説	
04	軸組告示改正		

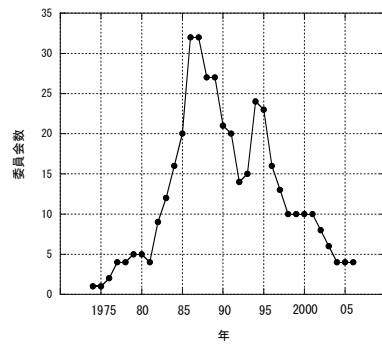
14

日本建築学会 設計規準



15

年間委員会数の推移



16

木造見直しの契機となった実験

82 ウィンダム加力実験



87 集成材フレーム加力実験

17

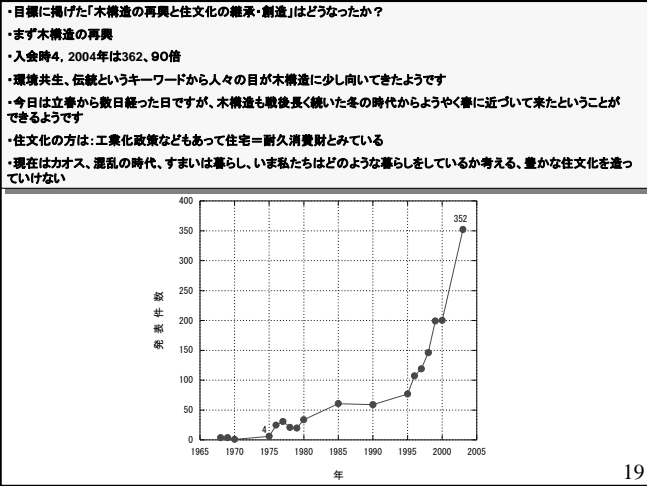
木造見直しの契機となった建築

83 太陽の郷



86 小国町体育館

18



日米協議・木造見直しの時代 総括

- 基準整備
- 資料整備
- 地球環境問題
- 防災

木造の将来

生き残る条件は？

けんちく 建築 architecture

元来は人間的要求と建築材料とが実用的、美的解決を与えるように処理されている建物の総称。  
 この意味で単なる機能性が追求される機械生産的な構造物とは異なっていた。しかし近代になって建築の美を達成する手段は機械生産の影響を受け、建築のイデオロギーそのものも変わりつつある。

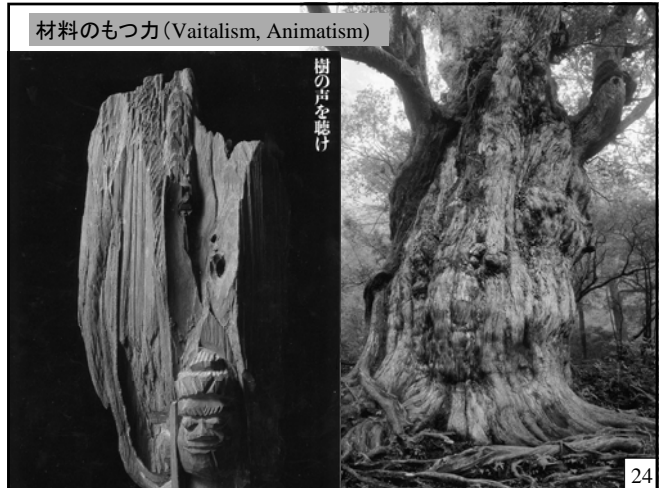
彰国社 建築大辞典

建築3原則(ウィトルウィウスの建築十書)	
有用性	utilitas
耐久性	firmitas
精神性	venustas

精神性

- ・環境
  - 環境共生
  - 環境倫理
- ・伝統
- ・材料のもつ力
  - (バイタリズム)
  - (アニマティズム)

材料のもつ力 (Vitalism, Animatism)



# シンポジウム Part III 要録

記録: 武田孝志、文責: 軽部正彦

## 【シンポジウム概要】

シンポジウム「木質構造研究の現状と今後の課題 Part III」

主催: 日本木材学会 木材強度・木質構造研究会

日時: 2007年3月5日(月) 9:30~17:00 (翌日はトヨタ工場等見学会)

場所: 名古屋大学野依記念学術交流会館(愛知県名古屋市千種区不老町)

## 【シンポジウム要録】

(09:30)

---

### 開催趣旨説明 軽部正彦(森林総合研究所)

前回から12年経過しており、この間の動きを共有することによって、「迷子」の状態を脱出することを狙いとした。以下、資料に沿って今回のプログラムの概要説明。

---

### 司会進行 青木謙治(森林総合研究所)

---

## 研究の現状と課題

### ①製材

岡崎泰男(秋田県立大学木材高度加工研究所)

木材材料科学について、打撃法の普及・乾燥材の強度性能など、年表を用いて Part II 以降の主な流れが示された。加えて、Windows95 以降の情報関連の状況変化と今日のネット社会についても説明があり、たとえば、Wikipedia では、「木材」を検索すると、

出典: フリー百科事典『ウィキペディア(Wikipedia)』移動: ナビゲーション, 検索

木材(もくざい)とは、様々な用途の材料として用いる、樹木の幹の部分の呼称。材木(ざいもく)ともいう。

木は生き物であるため同じ種類の木でも一本ずつ性質が異なり同じものは存在せず、扱いにも特殊な工夫を必要とする場合がある。木を伐採する時期にも工夫が必要とされ、一般的には新月の日前後に伐採(新月伐採)するのが良い(新月伐採された木は、組織が全体的に収縮されてムラが無く丈夫であり、含水率が低く腐食や害虫に強いことが解っている)。ちなみに、法隆寺で使用されている木材も新月伐採のものであると言われる。季節では、夏雨性の温帯気候に属する日本においては木の新陳代謝の低下する秋から冬にかけての時期が伐採の最適期とされており、この時期に伐採したものは腐れや害虫に強い木材になる。

という事例などが示された。

---

### ②集成材・LVL 宮武 敦(森林総合研究所)

集成材については、Part I では小松先生、Part II では飯島先生であり、話をお受けするときに躊躇したが、「迷子」の一人として問題提起をする役目を引き受けることにした。主に JAS 規格の変遷を中心に説明。Part I および II における課題を整理して、それぞれとのつながりの中で新たな視点として今後の課題が示された。また燃え代設計(燃え止まり型、燃え尽き型)などをめぐる新しい動きについても説明。

---

### ③合板・ボード類 渋沢龍也(森林総合研究所)

木材強度・木質構造という分野との関わりという点からみると、合板・ボード類については、迷子というより孤児(みなしご)という印象すらちょっと感じるところがある。材料の種類と規定、特に建築関連法規での要求性能を軸に合板・木質パネルの違いなどを説明。Standard は、日本語では、「標準」と「規格」の意味で使われており、標準は de fact standard(事実上の標準。市場競争により定義。例えばネダノン)、規格は de jure standard(公的な標準。公機関等により明文化されたもの。例えば JAS)。実際には、それぞれの材料を使用する時に必要な情報を提示すると共に、規格等で適切な位置付けが必要。規格では、国交省告示 1539 号や品確法などについて説明。新しい動きとして、準耐火や国産材利用の厚物合板、リサイクル(現在の需要は供給予測の半分)についても触れた。

(12:10)昼食

(13:10)

---

#### ④接合 森拓郎(京大生存圏研究所)

Part II 以降の接合研究の流れについて生存圏等の実験成果などを踏まえて説明があった。曲げ降伏型接合具を用いた場合の降伏耐力と剛性の式が、ETY 式と弾性床理論で別々に求めるのではなく、限界耐力も含めて一つの方法で計算できることが課題として挙げられていた。

---

#### ⑤構造要素 杉本健一(森林総合研究所)

Part II 以降では、阪神大震災が契機となって防災の視点から振動台実験などが急速に進み、新しい動きとして E-ディフェンス始動の紹介もあった。実験結果として、土台が腐っていても耐力としては 1 割程度の低下であったことや倒壊まで  $1/2.5\text{rad}$  の変形能力があることなども紹介。建築関係者の木造への関心は非常に高まってきて、一方建築学会での発表件数も爆発的に増えてきた。研究分野においては、木材出身と建築出身でそれぞれの得意分野を生かして、ある程度役割分担のようなものも今後つくられていくべき時代になっていると思われる。

(14:52)休憩

(15:03)

---

### 問題提起と総合討論

#### 問題提起 平嶋義彦(名古屋大学)

#### 「戦後日本の木造を振り返り将来を展望する」

〔はじめに〕

最近、木造は文化だと強く確信するようになった。これまで、林業試験場・森林総合研究所で 20 年、静岡大学・名古屋大学で 19 年、木造研究にかかわってきた。戦後の木造を振り返るにあたって、大きく二つの時代において、戦後から 1970 年代までの「木造冬の時代」とそれ以降の「日米協議、木造見直しの時代」の区分とした。

#### 1. 木造冬の時代

終戦から 5 年後の 1950 年(S25)に建築基準法が制定された。壁率が規定され、伝統が断絶されるような形で、それまで大工さんが用いていなかった筋交いが使われるようになった。1959 年(S34)には、建築学会から木造禁止決議が出された。1965 年(S40)には建設・通産に工業化住宅推進部局が設置された。1974 年(S49)、 $2\times 4$  告示が出された。

ここで、木造の歴史の説明。竪穴(掘っ立て柱)、寝殿造り(膨大な柱の数)、書院造(資源節約)、在来軸組構法の図。明治になって、コンドルなど、お雇い教師を西欧から招聘して西洋風木造、アカデミックな木造が始まった。弟子の辰野金吾などが普及に努めた。一方、当時は庶民の家には筋交いなどはなかった。1891 年(M24)濃尾地震、1892 年(M25)震災予防調査会、1919 年(T8)市街地建築物法・都市計画法、1923 年(T12)関東大震災、1924 年(T13)物法大改正、1933 年(S8)田辺平学「耐震建築問答」(軸組の加力実験)、1944 年(S19)東南海地震、1945 年(S20)三河地震、1946 年(S21)南海地震、1948 年(S23)福井地震、1950 年(S25)建築基準法。

戦後の冬の時代の背景には、このような西欧文明のものが優れていて、日本の伝統的なものを一段低く見るようなエリートのものの方も見方も影響している。

#### 2. 日米協議、木造見直しの時代

一連の日本に対する米国の圧力を受けて、1998 年に究極の状態である性能規定に建築基準法が改正された。いわば、黒船によって変わってきた。(平嶋先生の委員会の数も規制緩和関連で多いときは 40 を超えていた)

#### 3. 研究を振り返って

- 筋交い構造のもたらした功罪(罪しかない): a)力学的不利、不明解、b)壁式、c)伝統を継承していない
- 行政に木材を使う motivation がなかった: 箱型梁などの実験成果が生かされなかった。
- キリンと集成材フレームの実験
- 小国町体育館(地元の杉で地元の森林組合で加工したボールジョイントのトラス構造。特別な許容応力度を設定。): 環境負荷も小さく、交換可能で、愛着の湧くシンボル。木材を使うという

motivation。

- 木造には非常に役立つ設計法であると信念をもって、限界状態設計に取り組んできた。12年かけてようやく案の形になった。

#### 4. 木造の生き残る条件は？

- 木造は工業化にそぐわない
- 基準整備・資料整備・地球環境関連＋防災
- 審美性＝精神性→環境(環境共生、環境倫理)、伝統、材料の持つ力(バイタリティー、アニメティズム:animatism, 有生観:無生物や自然現象を生きたものと見る)

(16:03)

---

### 総合討論

#### 軽部正彦(幹事):講演のレビュー

日本伝統と近代輸入建築論の溝(ほかに、木材強度と木質構造の溝、木材・木質構造と建築物の溝)がある。それを乗り越えるために、3つの視点を提案する。

知の共有: データ蓄積とインターネット発信→要求性能に合わせた材料選択・構造計算  
時間的概念: 環境・耐久性・廃棄物、LCA、世代間倫理  
空間的概念: 個々から「個と総」へ。役割分担を意識しつつ、地図を作り、見通しのよいコミュニティを作ろう。Boundaryな部分を意識して、外部経済の内部化を図る

あとで、冊子を作るので参加者皆さんの意見を軽部まで。(Part IVに向けて懇親会で...)

(16:13)

---

#### 青木謙治(司会)

テーマも広く、まずこちらから指名の形で。

---

#### 飯島泰男(秋田県立大学木材高度加工研究所)

まず、平嶋先生に感謝したい。平嶋先生の思いは私も強く感じており、最近、建築学会での発表は、計画系でしている。この研究会については、一時期、二つに分かれようか、という話があったが阻止するように働いた。どのようにお互いに繋ぐのか、それをどう発信して行くのか、は課題である。また、木材材料科学という言葉が岡崎さんの講演の中で紹介されたが、それは木材組織学の分野まで繋いで行くのか、乾燥とはどのようにリンクして行くのか、これも今後の課題である。更に、建築学会、土木学会、あるいは森林学会との繋がりなど、Part IVに繋いで行く話だと思う。

---

#### 小松幸平(京大大学生存圏研究所)

飯島さんと違って、持ち上げるのが下手なので…。今回の講演を聞いていて、2年に1回は国際学会が行われているのに、このような情報を取りに行かず、手近な資料だけで「12年間あまり進展がありませんでした」という印象を話されたように感じた。たとえば、細胞構造から出発して、製材強度(節も含む)のモデルを提案している人もいるが、こういうのは木材の立場でなければ出来ない仕事ではないか。研究会としては、アカデミックな方向を掲げるべきではないか。法改正の変遷もあるだろうが、もっと掘り下げてほしい。厳しく言えば、食欲にもっと研究をしよう。研究はすればするほど新しい知的好奇心が生まれる。他の研究拠点に赴いて文献を見せて貰うなど、積極的に学ぶ機会を作ろう。

---

#### 伊藤邦明((株)伊藤邦明都市建築研究所)

Part Iのとき講演をした縁で、かれこれ20年来、付かず離れず、お付き合いをさせてもらっている。今回は、平嶋先生の退官ということを知ったので参上した。自己紹介もかねて。2年前まで東北大学で教えていた。林業試験場屋外展示館、浜松 JR 駅舎、山形県の山寺郵便局(IASS 国際シェル空間構造学会「TSUBOI Award」受賞)などを設計してきた。ウィーン工科大学で客員教授をしたが、ヨーロッパでもあまりたいしたことはやっていないという印象を持った。というのは、近年研究テーマが細分化し、ユリウス・ナテラーのような力強い作品が見られなかった。アメリカでウェアハウザーの工場も見たが、アメリカなりの木造という印象を受けた。そういう言う意味では向こうはまだままだの感がある。今後も期待している。

---

**板垣直行(秋田県立大学)**

山寺郵便局のご縁で、この建物は HP シェル構造で、ラグスクリューの実験などをやった。デザイナーと構造研究者でペアとなって新しいことに挑戦する貴重な体験になったし、今後の進むべき方向だと思う。

---

**脇田幸三((株)綜設計)**

高温乾燥より、自然乾燥をすべきだと思うが、いかがか？

集成材の歩留まりが 23%と聞いた。無垢材を面材などに使いたいし、使うべきでは？

---

**宮武 敦(森林総合研究所)**

一般に集成材の歩留まりは、丸太からで 30~40%とされている。様々な集成材の実験を行ってきたが、住宅に集成材を使うことが本当によいか、という疑問は持っている。一方国産材、特にスギについてみれば、集成材への利用も需要拡大に繋がる道だと考えている。また、市場においてどのような判断がなされるのか、という面もある。

---

**飯島泰男(前出)**

集成材の歩留まりが低いというお話だが、製材でも 50%ということからみて、性能なども考慮すればそれほど集成材が低いということではない。高温乾燥については、社会的要求、たとえば住宅メーカーにおけるクレーム対策などを背景として普及して来ている。うがった見方をすれば、生材で家を建てて、割れ・狂いが発生しても、文句を言わない施主だけなら良い、ということではあるが。

---

**平嶋義彦(前出)**

森林アカデミーに仕事で行ってきた。そこには丸太の体育館があって、木材というのは丸のままが理想で、余計な手をかければかけるほど、木材の良さが失われるという印象を持った。高温乾燥で失われているものを考えれば、天然乾燥で時間をかけてストックする方が良い。山には土地はある。できるだけお金をかけないようなシステムを作る必要がある。集成材は素晴らしい材料だが、歩留まり、接着剤、テクスチャー(外構用のもので鉄骨に見えるものもある)で問題だ。やむを得ず使うというものに限るべきでは。

---

**青木(司会)**

コストが合うかという話で、流通の面から中村先生からコメントをいただきたい。

---

**中村昇(新潟大学)**

流通ということから云えば、まず買って頂かなくてはいけない。国産材は、コスト面では国際的に太刀打ちできない。コスト面からも、そして若者の就職の面からも機械化を推進して、資源をきちんと把握して、スケールメリットを生かすような規模になるよう、改革すべきと考える。今、国産材は追い風になっている。米材は丸太も製品も入りにくく、欧州材はユーロ高があり、北洋材は中国の需要増や違法伐採、関税面で厳しくなったことなど、状況は変化して来た。これが、業界建て直しの最後のチャンスかもしれない。研究面では、特に大学において厳しくなっている。一所懸命研究しなければ生き残れないのではないかと。研究会でも様々なテーマを掘り下げて、ある意味では運命共同体として進んでいくべきだと考えている。

---

**神谷文夫(森林総合研究所)**

State of Art という視点からは、「今ここまで来ていて、ここからがまだ」ということを日本だけに視野が限られているように見受けられた。本音としては、外国文献を読む時間も無いということかもしれない。もちろん国産材の問題は重要ではあるが、木材に国境はないのだから、勉強すべきことは多い。小松先生の言われたことに同感している。研究会として、理念を出して行かなくてはならない。Part I のころは構造計算の道筋もなかった状況であったが、夢が在ったように思う。今は、夢とか熱い思いが見えず、疲れているようにも見える。言ってみれば「木材が好きだ！」という思いをエネルギーとして、学会にふさわしい活動を進めて行って欲しい。あと 2 年で定年を迎えるということで、少し意見を言わせて頂いた。

---

**井上正文(大分大学)**

あと 9 年で定年だが…。これまで研究を進めてきたが、「建築とはいかにあるべきか？」とあまり考えてこなかったもので、その点で視野が狭かった。昨日、建築学会の九州支部に出席して、セクショナリズムに陥るな、と強く感じた。色々な分野をキョロキョロと見渡すように学生には常日頃言っている。研究面でも視野を広げることは大事だ。

---

伊藤邦明(前出)

先ほど、ブレースがダメと平嶋先生が言われていたが。

---

平嶋義彦(前出)

確かに三角形構造は合理的で、鉄骨造には良いと思う。しかし、木造では繊維直交方向の引張や座屈の問題があり、接合部がやられるような構造には本来的に向いていない。トラス構造については、金物を用いたもので一方向加力の実験を行ったが、筋かいが繰り返し力を受けるような場合には良くないので、合板釘打ちや嵌合によるものなどの方が良いのではないかと。

---

鈴木秀三(職業能力開発総合大学校)

この研究会には久しぶりに参加した。建築学会から木材学会をみるという立場でエールを送りたい。建築学会では、4件のころから発表してきた。そして構造と材料の両方を勉強した。今の発表件数をみていると震災後は、一種のバブルではないか。木を見て、森を見ずという言葉があるが、建築は森を見ているが木を見ていないので、最後は、しっかりと木を見ている人たちが残っていくのではないかと考えている。研究費がなくてもできることがある。今はお金があるので逆に泳がされている状態ではないか。「木を使う」という信念こそが建築に役立っていくことになる。

平嶋先生、ご苦労様でした。

---

青木(司会)

木材への期待ということで、閉めたいと思います。

---

軽部(幹事)

厳しい意見も頂戴しましたが、あとで冊子にまとめて「未来への手紙」にしたいので、軽部あてにメールでご意見を送ってください。

(17:05)終了





---

## 木質構造年表

---

1945年の第2次世界大戦終戦以降の社会の出来事と自然災害、主な土木構造物、関連する国と法制、建築界の出来事、その他の建造物、木材界の動きと規準、木質構造界、主な木質構造物、主な木橋、木材学会、当木材強度・木質構造研究会などをまとめた。

参考・出典は、以下の通り。

- 1) 日本構造技術者協会編、日本の構造技術を変えた建築 100 選、彰国社、2003
- 2) 日本林業調査会編、日本の森と木と人の歴史、日本林業調査会、1997
- 3) 林野庁監修、近代木橋の時代、龍源社、1995
- 4) 平野暉雄、日本の名景 橋、光村推古書院、1990
- 5) 木橋技術協会編、木橋、木橋技術協会、1997
- 6) 土木学会編、橋 1998-1999、土木学会、1999
- 7) 土木学会編、橋 1999-2000、土木学会、2000
- 8) 土木学会編、橋 2000-2001、土木学会、2001
- 9) 土木学会編、橋 2003-2004、土木学会、2004
- 10) 土木学会編、橋 2004-2005、土木学会、2005
- 11) 福岡大学工学部社会デザイン工学科 橋と耐震システム研究室 木橋木橋資料館  
<http://tbl.tec.fukuoka-u.ac.jp/>
- 12) 日本住宅・木材技術センター編著、木橋づくり新時代、ぎょうせい、1995
- 13) 土木学会 木橋技術小委員会、木橋技術に関する講習会テキスト・シンポジウム論文報告集、2001

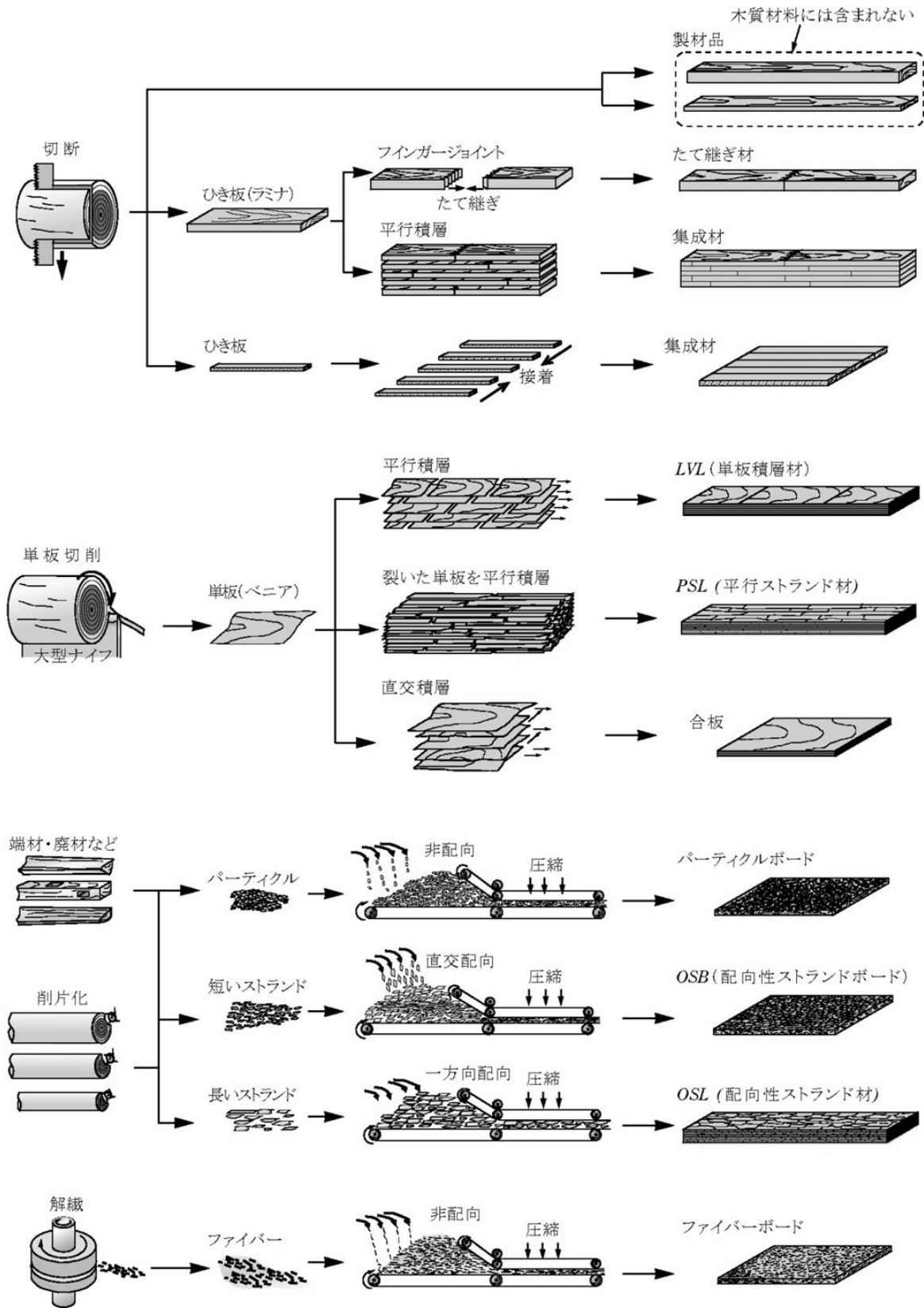
	社会の出来事	自然災害	土木構造物	国・法制	建築界	その他の建造物	
1945	ポツダム宣言受領			1945 農商務省廃止し農林省復活			1945
1946	天皇人間宣言	南海地震		1946 日本国憲法			1946
1947				1947 林政統一 内務省解体	木構造計算規程(建築学会)		1947
1948	奇襲事件 第1次中東戦争(イスラエル独立宣言)	福井地震		1948 建設院発足・建設省に昇格			1948
1949	ドッジライン シャープ報告 中華人民共和国成立			1949 林野庁設置	木構造計算規程・同解説(建築学会)		1949
1950	朝鮮戦争勃発	キジヤ台風(錦帯橋流失)		1950 建築基準法・建築士法 木材規制全面撤廃			1950
1951	電力再編 ニューヨーク株価大暴落			1951			1951
1952				1952 耐火建築促進法			1952
1953	朝鮮休戦協定 奄美群島返還			1953	建築工事標準仕様書 JASS(建築学会)		1953
1954		洞爺丸台風		1954			1954
1955				1955			1955
1956	第2次中東戦争(スエズ動乱)			1956			1956
1957	IBM FORTRAN スポーツニッポン号			1957		合板型枠出現	1957
1958		狩野川台風	関門国道トンネル	1958		東京タワー	1958
1959	キューバ革命	伊勢湾台風		1959 林木育種場設置 建築基準法改正	「防火・耐風水害のための木造禁止」決議(建築学会)		1959
1960	新安福条約批准発効 ベトナム戦争(南ベトナム解放民族戦線結成)	チリ津波		1960 国民所得増進計画		積水化学「セキスイハイウス」	1960
1961		第2室戸台風	黒部ダム発電開始	1961 災害対策基本法	木構造計算規程・同解説(建築学会)		1961
1962				1962 全国総合開発計画			1962
1963	ケネディ暗殺	38豪雪		1963		神戸ポートタワー	1963
1964	東京オリンピック	新潟地震	東海道新幹線 名神高速道路	1964 建築基準法改正		国立代々木屋内競技場(第1第2体育館)	1964
1965		松代群発地震		1965 最初の林業白書	日本建築センター設立 工業化住宅推進部設置(建設省、通産省)		1965
1966				1966	住宅建設工業化基本構想(建設省)		1966
1967	ケネディラウンド 第3次中東戦争(ゴラン高原)			1967 公害対策基本法			1967
1968	イタイイタイ病公認認定 小笠原諸島復帰 学園紛争	えびの地震 十勝沖地震		1968 新全国総合開発計画		霞ヶ関ビル	1968
1969	アポロ11号月面着陸 大阪万国博覧会 よど号ハイジャック 三島由紀夫自殺		東名高速道路	1969			1969
1970				1970		EXPO'70パビリオン	1970
1971				1971 環境庁設置	住宅産業振興5ヵ年計画(通産省)		1971
1972	札幌オリンピック ローマクラブ「成長の限界」 沖縄返還 日中国交正常化 別荘改造熱			1972			1972
1973	第4次中東戦争 第1次オイルショック		関門橋	1973	木構造計算規程・同解説(建築学会) 工業化住宅性能認定制度開始		1973
1974		伊豆半島沖地震		1974		東京海上ビル 新宿住友ビル 新宿三井ビル	1974
1975	ベトナム戦争サイゴン陥落 山陽新幹線(博多まで) 沖縄返還博覧会	多摩川決壊		1975			1975
1976				1976			1976
1977		有珠山大噴火 伊豆大島近海地震 宮城県沖地震	新東京国際空港(成田)	1977 耐震診断基準 1978 林業試験場が資源へ移転 農林水産省に改組		池袋サンシャイン60	1977
1978				1978			1978
1979	NEC PC-8001 第2次オイルショック アフガニスタン侵襲(ソ連)			1979		新宿センタービル	1979
1980	ラムサール条約 金蔵パト事件 イラン・イラク戦争開戦			1980			1980
1981		56豪雪 台風15号(北海道森林被害)		1981 新耐震設計法	保有耐力と変形性能(建築学会) 構造計算指針(建築センター)		1981
1982	フォークランド戦争			1982			1982
1983	大韓航空機墜落	日本海中部地震 三宅島雄山噴火		1983 建築基準法改正 1983 建築士法改正(木造建築士登録) いえづくり85プロジェクト(建設省)			1983
1984	つばき賞授賞 つばき賞授賞 日航ジャンボ墜落 日米首脳会談	長野県西部地震		1984	建築技術審査委員会木造建築技術専門委員会(建設省)		1984
1985		長野市地附山地滑り	大鳴門橋(1629m)	1985 2×4告示改正(4'×8'面材使用可) 学校における木材使用の推進(文部省)			1985
1986	チェレンジャー号爆発 フェルノブイリ放射能汚染	大島三原山噴火		1986 建設省告示859号(丸太組構法の技術基準) 構造用パネルJAS化	震災建築物被災度判定基準(建築防災協会)		1986
1987	ブラックマンデー MOSS協賛 一太郎Ver.3発売 イラン・イラク戦争停戦 バシル・クワットブイ リクルト事件 薬物包括適法法スパー301条 名古屋サングラス博覧会 第二次天安門事件 ベルリンの壁崩壊			1987 建築基準法改正(高さ制限緩和、準防火地域木造3階建可)			1987
1988			南横須賀戸大橋(1723×1610.7m) 青函トンネル開通	1988 2×4告示改正(準3階建可)	木構造設計基準・同解説(建築学会) 木質構造設計ノート	東京ドーム	1988
1989				1989		幕張メッセ(第1期)	1989
1990	国際花と緑の博覧会			1990		グリーンドーム前橋 東京都庁新庁舎第1本庁舎	1990
1991	湾岸戦争 ソビエト連邦崩壊	雲霧岳噴火 台風19号(飯島神社)		1991 針葉樹構造用製材のJAS	震災建築物等の被災度判定基準(建築防災協会)		1991
1992	皇太子ご成婚			1992 2×4告示改正(構造計算による設計自由度拡大)		江戸東京博物館	1992
1993	信州博覧会	釧路沖地震 北海道南西沖地震		1993 建築基準法改正(準耐火の導入、木造3階建共同住宅可)		横浜ランドマークタワー 福岡ドーム	1993
1994		北海道東方沖地震 三陸はるか沖地震		1994	建築物の構造規定(建築センター)	関西国際空港旅客ターミナルビル	1994
1995	Windows 95 地下鉄サリン事件	兵庫県南部地震(阪神大震災)		1995 製造物責任法(PL法)施行	木質構造設計規程・同解説(建築学会)		1995
1996				1996 2×4告示改正(性能規定)		東京国際フォーラム	1996
1997		鹿児島県北部地震		1997	秋田住宅供給公社欠陥住宅発覚		1997
1998	長野オリンピック		明石海峡大橋(3911m)	1998 建築基準法改正(性能規定化)			1998
1999		台風18号(飯島神社)	采島海峡大橋(690×1515×1570m) 多々羅大橋(1480m)	1999			1999
2000		鳥取県西部地震 有珠山噴火 三宅島噴火		2000 建築基準法改正 住宅の品質確保促進法 循環型社会基本法、建設リサイクル法、グリーン購入法など		さいたまスーパーアリーナ	2000
2001	ワールドトレードセンター崩壊	雲千地震		2001 国立研究機関独法化 限界耐力計算法施行 国土交通省設置 環境省設置		札幌ドーム	2001
2002	FIFAワールドカップ	台風21号(送電鉄塔倒壊)		2002	建築物の限界状態設計指針(建築学会) 木質構造設計規程・同解説・許容応力度・許容耐力設計法(建築学会)		2002
2003	アメリカBSE問題 イラク戦争開戦			2003	木質構造限界状態設計指針(案)・同解説(建築学会)		2003
2004		台風18号(飯島神社) 新潟県中越地震		2004 国立大学独法化			2004
2005	愛地球博	台風14号(錦帯橋橋脚流失)	中部空港開港	2005	耐震偽装問題発覚	E-ディフェンス完成	2005
2006		平成18年豪雪 台風13号(巻巻で列車脱線転覆)		2006 ハートビル法廃止、バリアフリー法施行	木質構造設計規程・同解説(建築学会)		2006
2007		新潟県中越沖地震	ハイウェイブリッジ(鉄橋)崩落	2007 防衛省設置 建築基準法改正(構造建築士など)	PD(木質構造研究の現状と今後の方向)(建築学会)		2007



## 木材強度・木質構造研究会の開催記録

No.	年度	開催日	大会/研究会 「テーマ」、【見学地】、ほか	会場
1	S56	1981/11/18-19	強度研究会 資源、接合関係、材料強度、研究の方向、部材・部品関係、構造関係、まとめ	荻崎町(林業試験場)
2	S57	1982/11/17-18	強度研究会 「住宅用部材としての木材および木質材料」、「最近の木質構造住宅の話題」	箱根町(静雲荘)
3	S58	1983/11/21	強度研究会 「集成材建築のあゆみ」	東京都江東区(木材健保会館)
4	S59	1984/10/08	木材強度・木質構造研究会 「住宅の性能と耐久性」	東京都江東区(木材健保会館)
5	S60	1985/10/07	木材強度・木質構造研究会 「木質構造における丸太の利用と問題点」	東京都江東区(木材健保会館)
6	S61	1986/10/02	木材強度・木質構造研究会 「木質構造研究の現状と今後の課題」、資料は 1987/02 発行、議事録付き	東京
7	S62	1987/11/07-08	合同シンポジウム(木材接着研究会、居住性研究会) 「木材・新・時代」	静岡市(静岡大学)
8	S63	1988/03/	「構造用木材-強度データの収集と分析」発行 (財)日本住宅・木材技術センター委託研究	
9	S63	1988/10/17	木材強度・木質構造研究会 「スギ材の構造的利用の方向と問題-徳島県での事例を中心として-」	徳島市(徳島県林業総合センター)
10	H01	1989/11/14-15	木材強度・木質構造研究会 「The カラマツ -育林から建築まで-」、議事録付き、【林業総合センター本館、牛伏寺、松本城、開智学校、丸子町屋内ゲートボール場、信州国際音楽村ホールこだま、斉藤木材長門工場】	塩尻市(長野県林業総合センター)
11	H02	1990/10/8-9	合同シンポジウム(組織と材質研究会) 「活かそう!スギ -大いなるスギ材の利用を目指して-」、見学会資料付き、【小国町】	熊本市(厚生年金会館)
12	H03	1991/09/10-11	木材強度・木質構造研究会 「新 JAS に係わる諸問題と新たな動き」、【遠野】	盛岡市(岩手大学)
13	H04	1992/09/24-25	合同シンポジウム(接着研究会) 「接着が今後の木質構造を変えるか?その可能性を探る。」、【国立文化財研究所】	奈良市(近畿大学農学部)
14	H06	1994/08/26-27	木材強度・木質構造研究会 「木質構造研究の現状と今後の課題 Part-II」、【木材高度加工研究所建設現場】	能代市(能城キャッスルホテル)
15	H07	1995/10/09	第 32 回名古屋国際木工機械展 共催 「木質材料の性能評価と非破壊検査」、議事録付き	名古屋市(国際展示場ポートメッセなごや)
16	H08	1996/04/01	「木造住宅の耐震」発行 日本木材加工技術協会・日本木材保存協会・日本住宅・木材技術センター共同編集	
17	H08	1996/10/03-04	木材強度・木質構造研究会 「物性・強度・構造の研究現場から」、【森林総合研究所】、懇親会	つくば市(森林総合研究所)
18	H09	1997/08/29-30	合同シンポジウム(生物劣化研究会) 「伝統工法の知恵に学ぶ-耐久性と耐震性を中心に-」	能代市(木材高度加工研究所)
19	H10	1998/10/19	木材強度・木質構造研究会 「物性・強度・構造の研究現場から Part-2」、懇親会	東京都港区(麻布グリーン会館)
20	H11	1999/12/16	日本建築学会 木質構造限界状態設計法小委員会 共催 「木質構造の限界状態設計」、忘年会	東京都港区(建築会館ホール)
21	H12	2000/04/05	大会併催 「限界状態設計法学習会」	京都市(京都大学農学部)
22	H12	2000/10/06-07	木材強度・木質構造研究会 「木橋-その現状と課題」、【坊中橋架設現場】	能代市(秋田県立大学木材高度加工研究所)
23	H13	2001/10/16-17	木材強度・木質構造研究会 「地域材利用の思想と実践」、【森林文化アカデミー、緑風荘、八幡町体育館、明宝村中学校】	美濃市(岐阜県立森林文化アカデミー)
24	H14	2002/04/04	大会併催 合同シンポジウム(組織と材質研究会、木材と水研究会、レオロジー研究会、生物劣化研究会、事業委員会) 「乾燥材問題を考える」	岐阜市(岐阜大学柳戸キャンパス)
25	H14	2002/12/13-14	合同シンポジウム(生物劣化研究会) 「木造建造物の耐久設計を考える」	広島市(鯉城会館)
26	H15	2003/10/16-17	木材強度・木質構造研究会 「地域材利用の技術開発の動向-宮崎」、【かりこぼうず大橋、木製ガードレール、宮崎ドーム】、木の花ドーム設計図	宮崎市(ホテル メリージュ)
27	H16	2004/11/15-16	合同シンポジウム(木材と水研究会) 「構造材としての乾燥材」、【積水ハウス関東工場、埼玉県宮代町役場庁舎】	つくば市(森林総合研究所)
28	H17	2005/03/18	大会併催 「新潟県中越地震における木造建築物の被害」	京都市(京都大学吉田南キャンパスほか)
29	H18	2006/08/10-11	大会併催 合同シンポジウム(生物劣化研究会、木材と水研究会) 「木製道路施設の耐久設計を考える」、【秋田市とその周辺の木製土木構造物】	秋田市(秋田大学)
30	H18	2007/03/05-06	木材強度・木質構造研究会 「木質構造研究の現状と今後の課題 PartIII」、【トヨタ博物館、トヨタ自動車工場】	名古屋市(名古屋大学)
31	H18	2008/03/19	木材強度・木質構造研究会 「木質構造研究の現状と今後の課題 Part 3.5」	つくば市(つくば国際会議場 エポカルつくば)

# 木質材料の製造工程



(独)森林総合研究所 材料接合研究室

## 見学会概要

### 日程

2007/03/05(月)

09:00～17:00....シンポジウム.....名古屋大学 野依記念学術交流会館  
17:30～20:00....懇親会.....名古屋大学 シンポジオン

2007/03/06(火)

08:50.....集合\* .....名古屋大学 豊田講堂前  
09:00.....出発  
09:30頃.....トヨタ博物館見学 .....トヨタ博物館  
11:30頃.....昼食 .....トヨタ博物館 レストランにて  
13:30.....トヨタ自動車 工場見学\*\* .....トヨタ自動車 ○○工場  
17:00頃.....解散 .....名古屋駅 JR 新幹線口

### 注意事項

\*キャンパスマップで集合場所をご確認下さい

\*\*トヨタ自動車の都合で変更になる場合があります。酒気をおびた方、不適切な履物(5cm 以上のハイヒール、サンダル等)の方は見学できません。



---

## トヨタ自動車

---

概要 <http://www.toyota.co.jp/>

---

## トヨタ自動車 国内生産工場

---

概要 <http://www.toyota.co.jp/jp/facilities/manufacturing/>

施設 <http://www.toyota.co.jp/jp/facilities/manufacturing/image/map01.gif>

地図 <http://maps.google.co.jp/maps?z=13&ll=35.064568,137.112122>

工場	操業開始年	事業内容・生産品目
本社工場	1938	ランドクルーザー 100・ランドクルーザー 70 のシャシー、鍛造部品、足廻り機械部品
元町工場	1959	クラウン、プレビス、プログレ、マーク X、マーク II プリット
上郷工場	1965	エンジン
高岡工場	1966	カローラ、アレックス、ブラッツ、ヴィッツ、イスト、シエンタ、ポルテ、ラクティス
三好工場	1968	足廻り、小物部品
堤工場	1970	プリウス、カムリ、プレミオ、アリオン、カルディナ、ウィッシュ、サイオン tC
明知工場	1973	エンジン・足廻り鋳物部品、足廻り機械部品
下山工場	1975	エンジン、排出ガス対策部品
衣浦工場	1978	駆動関係部品
田原工場	1979	セルシオ、GS、IS、ランドクルーザープラド、4ランナー、RAV4
貞宝工場	1986	機械設備、鋳鍛造型及び樹脂成型
広瀬工場	1989	電子部品、半導体等の研究開発及び生産
トヨタ自動車九州(株)	1992	ハリヤー、クルーガー、IS
トヨタ自動車北海道(株)	1992	オートマチックトランスミッション、トランスファー、アルミホイールなど自動車部品
トヨタ自動車東北(株)	1998	メカトロ部品の生産

注) 2005年3月現在、但し事業内容・生産品目は2005年11月現在

---

## トヨタ博物館

---

概要 <http://www.toyota.co.jp/Museum/index-j.html>

施設 [http://www.toyota.co.jp/Museum/data/c05\\_01.html](http://www.toyota.co.jp/Museum/data/c05_01.html)

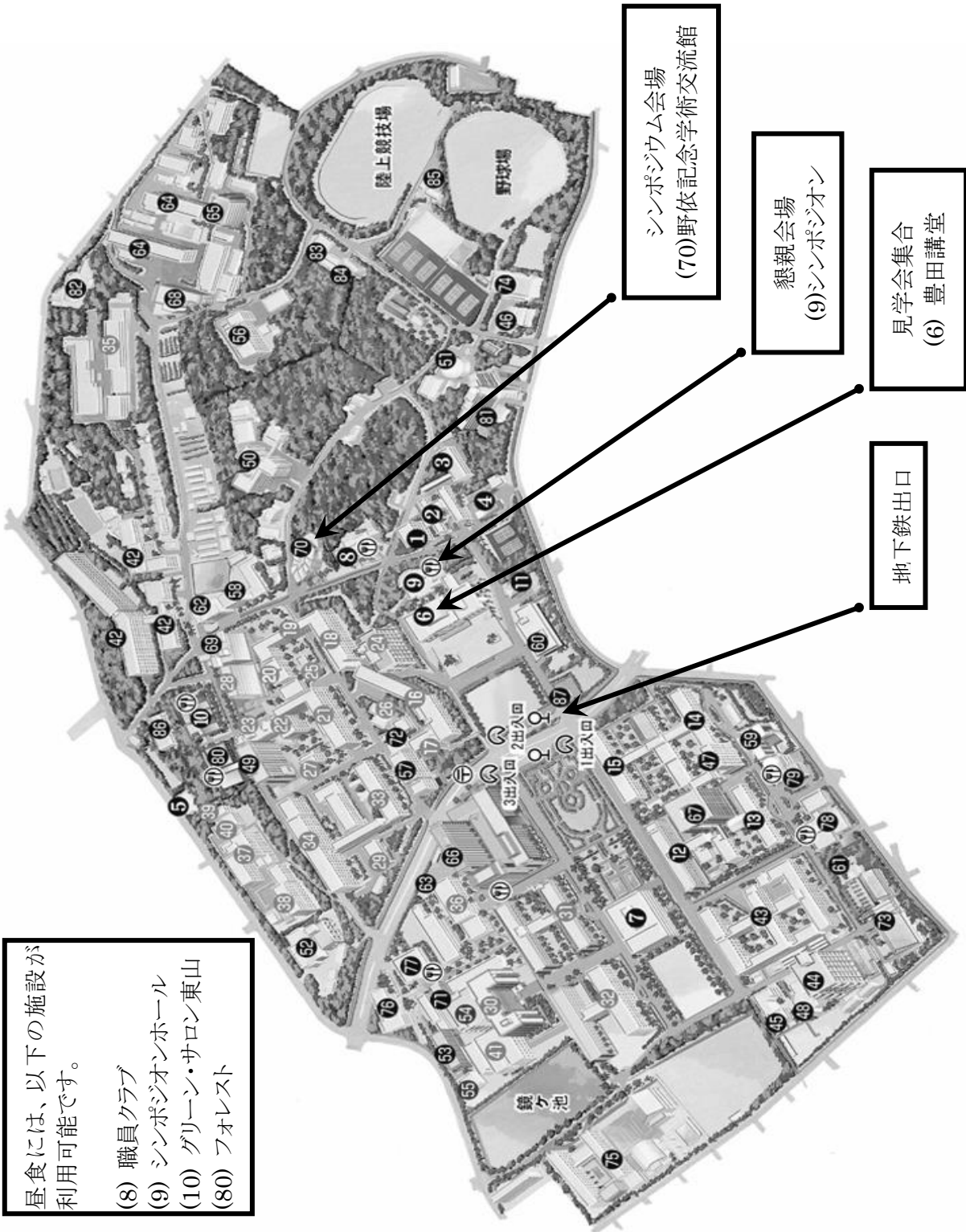
地図 <http://maps.google.co.jp/maps?z=15&ll=35.172741,137.058024>

名古屋大学（東山地区）キャンパスマップ

概要 <http://www.nagoya-u.ac.jp/camp/campusmap.html>

施設 [http://www.nagoya-u.ac.jp/camp/map\\_higashiyama/higashiyama\\_all.html](http://www.nagoya-u.ac.jp/camp/map_higashiyama/higashiyama_all.html)

地図 <http://maps.google.co.jp/maps?z=18&ll=35.153604,136.969849>



## 参加者名簿

氏名	所属
* 岡崎 泰男	秋田県立大学 木材高度加工研究所
* 宮武 敦	(独)森林総合研究所 複合材料研究領域
渋沢 龍也	(独)森林総合研究所 複合材料研究領域
* 森 拓郎	京都大学 生存圏研究所 生活圏構造機能分野
杉本 健一	(独)森林総合研究所 構造利用研究領域
平嶋 義彦	名古屋大学大学院 生命農学研究科 生物材料工学研究室
氏名	所属
Hassel Beatriz Ivon	京都大学 生存圏研究所 大学院生
* Ying Hei Chui	京都大学 生存圏研究所 客員教授、University of New Brunswick
青井 秀樹	(独)森林総合研究所 構造利用研究領域
青木 謙治	(独)森林総合研究所 構造利用研究領域
* 青木 宙	(株)ミサワテクノ 木質技術部 木質生産技術課
浅田 文仁	愛知県産業技術研究所
* 荒武 志朗	宮崎県木材利用技術センター
* 飯島 泰男	秋田県立大学 木材高度加工研究所
磯部 庄司	ZIN 設計室
板垣 直行	秋田県立大学 システム科学技術学部 建築環境システム学科
* 伊藤 邦明	伊藤邦明都市建築研究所、東北大学名誉教授
* 井道 裕史	(独)森林総合研究所 構造利用研究領域
井上 正文	大分大学 工学部 福祉環境工学科 建築コース
入山 朋之	大建工業(株) 開発研究所 居住性研究室 UD・耐震グループ
* 宇京 斉一郎	(独)森林総合研究所 構造利用研究領域
内迫 貴幸	三重大学 生物資源学部
内野 吉信	銘建工業(株) 東京事務所
* 太田 正光	東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻
大平 智恵子	島根県中山間地域研究センター 農林技術部 木材利用グループ
沖浦 博	三井ホーム(株) 技術開発グループ
* 鷲海 四郎	(財)日本住宅・木材技術センター 試験研究所
越智 俊之	島根県中山間地域研究センター 農林技術部 木材利用グループ
* 加藤 英雄	(独)森林総合研究所 構造利用研究領域
* 金高 悟	秋田県立大学 木材高度加工研究所
鎌田 貴久	(株)ノダ 製品開発部
神谷 文夫	(独)森林総合研究所 研究コーディネータ
* 軽部 正彦	(独)森林総合研究所 構造利用研究領域
川鍋 亜衣子	秋田県立大学 木材高度加工研究所
川原 重明	銘建工業(株) 大断面工場
神戸 渡	信州大学大学院生
* 城井 秀幸	大分県農林水産研究センター 林業試験場
北守 顕久	京都大学 生存圏研究所 生活圏構造機能分野
* 金 善美	(株)三菱化学科学技術研究センター 分析部門 横浜分析センター 有機分析グループ
黒川 善幸	名古屋大学 環境学研究科 都市環境学専攻 建築構造システム講座
* 小玉 泰義	岡山県木材加工技術センター
後藤 崇志	島根県中山間地域研究センター 農林技術部 木材利用グループ
小林 功	(独)森林総合研究所 加工技術研究領域
小松 幸平	京都大学 生存圏研究所 生活圏構造機能分野

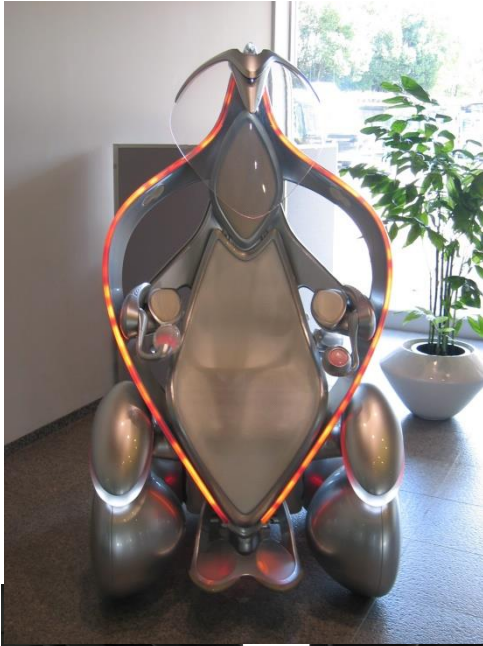
氏名	所属
* 佐々木 貴信	秋田県立大学 木材高度加工研究所
* 佐々木 康寿	名古屋大学大学院 生命農学研究科 生物材料工学研究室
* 柴 和宏	富山県林業技術センター木材試験場
鈴木 秀三	職業能力開発総合大学校
相馬 智明	東京大学大学院 農学生命科学研究科 木質材料学研究室
* 園田 里見	富山県林業技術センター木材試験場
祖父江 信夫	静岡大学 農学部
瀧野 敦夫	大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 建築工学科目 建築構法デザイン学領域
* 瀧野 眞二郎	京都大学 生存圏研究所 生活圏構造機能分野
* 武田 孝志	信州大学 農学部
* 竹村 富男	研究室 TTW
* 田中 圭	大分大学 工学部 福祉環境工学科 建築コース
* 田中 稔浩	プライムトラス(株)
谷川 信江	セイホク(株) 経営情報室
田淵 敦士	京都府林業試験場
* 丹所 俊博	北海道立林産試験場 技術部 加工科
* 築山 健一	広島県立林業技術センター
* 鄭 基浩	京都大学 生存圏研究所 生活圏構造機能分野
戸田 正彦	北海道立林産試験場 性能部 構造性能科
永井 智	兵庫県立農林水産技術総合センター 森林林業技術センター 木材利用部
永井 博昭	京都大学大学院 農学研究科 森林科学専攻 生物材料設計学分野
長江 英樹	HRD(一条工務店グループ)
* 中田 欣作	奈良県森林技術センター 木材利用課
* 中谷 誠	秋田県立大学 木材高度加工研究所
* 中村 昇	新潟大学 農学部
野田 康信	北海道立林産試験場
* 波江野 憲	(株)ミサワテクノ木質技術部
長谷川 益己	九州大学農学研究院 木質資源科学研究室
林 知行	(独)森林総合研究所 構造利用研究領域
* 原田 真樹	(独)森林総合研究所 構造利用研究領域
原 康之	三井ホーム 技術統括本部 技術開発グループ
東野 正	岩手県林業技術センター 林産利用部
福留 重人	鹿児島県工業技術センター 木材工業部
藤元 安宏	(株)国土開発コンサルタント
古川 忠稔	名古屋大学 環境学研究科 都市環境学専攻 建築学系
* 古村 秀磨	積水化学工業(株) 住宅カンパニー
町田 初男	群馬県林業試験場 木材きのごグループ(木材研究領域)
松本 和茂	北海道立林産試験場 技術部 加工科
南 宗和	京都大学大学院 農学研究科 森林科学専攻 木質構造機能学 修士課程
* 村上 了	京都大学 生存圏研究所 生活圏構造機能分野 修士課程
村田 功二	京都大学大学院 農学研究科 森林科学専攻
山崎 真理子	名古屋工業大学大学院 社会工学専攻 環境防災分野 水谷研究室
* 若島 嘉朗	富山県林業技術センター木材試験場
脇田 幸三	綜設計
渡辺 浩	福岡大学 工学部 社会デザイン工学科

\*は見学会参加者

写真記録









## 関係者連絡先

### 講師

- 宮武 敦 氏 ..... (独)森林総合研究所 複合材料研究領域 チーム長(集成加工担当)  
〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1  
TEL:029-829-8292 FAX:029-874-3720..... mailto: atsushi@ffpri.affrc.go.jp  
独立行政法人 森林総合研究所..... <http://www.ffpri.affrc.go.jp/index-j.html>  
複合材料研究領域  
..... <http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/ryoiki/new/14woodbased/new14.html>
- 岡崎 泰男 幹事.....秋田県立大学 木材高度加工研究所 准教授  
〒016-0876 秋田県能代市海詠坂 11-1  
TEL:0185-52-6986 FAX:0185-52-6975..... mailto: okazaki@iwt.akita-pu.ac.jp  
秋田県立大学 木材高度加工研究所..... <http://www.iwt.akita-pu.ac.jp/>
- 渋沢 龍也 氏 .....(独)森林総合研究所 複合材料研究領域 複合化研究室 室長  
〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1  
TEL:029-829-8293 FAX:029-874-3720..... mailto: t\_shibusawa@ffpri.affrc.go.jp
- 森 拓郎 氏 ..... 京都大学 生存圏研究所 生活圏構造機能分野 助手  
〒611-0011 京都市宇治市五ヶ庄  
TEL:0774-38-3676 FAX: ..... mailto: moritakuro@rish.kyoto-u.ac.jp  
京都大学 生存圏研究所..... <http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/>  
生活圏構造機能分野 ..... <http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LSF/>
- 杉本 健一 氏 ..... (独)森林総合研究所 構造利用研究領域 チーム長(構造性能評価担当)  
〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1  
TEL:029-829-8311 FAX:029-874-3720..... mailto: sugimoto@ffpri.affrc.go.jp  
構造利用研究領域  
.....<http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/ryoiki/new/18w-engineer/new18.html>
- 平嶋 義彦 氏 ..... 名古屋大学大学院 生命農学研究科 生物圏資源学専攻 教授  
〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町  
TEL&FAX:052-789-4146 ..... mailto: yh@agr.nagoya-u.ac.jp  
名古屋大学 生命農学研究科・農学部.... <http://www.agr.nagoya-u.ac.jp/index-j.html>  
生物材料工学研究室 ..... <http://www.agr.nagoya-u.ac.jp/~biomeng/>

### 司会・記録

- 青木 謙治 氏 ..... (独)森林総合研究所 構造利用研究領域 木質構造居住性環境研究室  
〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1  
TEL:029-829-8311 FAX:029-874-3720..... mailto: aoken@ffpri.affrc.go.jp
- 武田 孝志 氏 ..... 信州大学 農学部 森林科学科 助教授  
〒399-4598 長野県上伊那郡南箕輪村 8304  
TEL:0265-77-1508 FAX:0265-72-5259..... mailto:takeda@gipmc.shinshu-u.ac.jp  
信州大学 農学部.....<http://karamatsu.shinshu-u.ac.jp/>  
木材利用学研究室..... <http://karamatsu.shinshu-u.ac.jp/lab/mokuri/>
- 軽部 正彦 幹事..... (独)森林総合研究所 構造利用研究領域 チーム長(接合性能評価担当)  
〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1  
TEL:029-829-8309 FAX:029-874-3720..... mailto: karube@ffpri.affrc.go.jp  
構造利用研究領域 材料接合研究室  
.....<http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/etj/index-j.html>

## 企画・協力

- 中村 昇 氏 .....新潟大学 農学部 応用生物化学科 教授  
〒950-2181 新潟県新潟市五十嵐 2 の町 8050  
TEL:025-262-6635 FAX:025-262-6635..... noboru@agr.niigata-u.ac.jp  
新潟大学農学部 ..... <http://www.agr.niigata-u.ac.jp/>
- 飯島 泰男 氏 .....秋田県立大学 木材高度加工研究所 教授  
〒016-0876 秋田県能代市海詠坂 11-1  
TEL0185-52-6987 FAX:0185-52-6975..... [mailto: ijjima@iwt.akita-pu.ac.jp](mailto:ijjima@iwt.akita-pu.ac.jp)
- 佐々木 康寿 氏 .....名古屋大学大学院 生命農学研究科 生物圏資源学専攻 助教授  
〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町  
TEL:052-789-4148 FAX:052-789-4147..... [mailto: gasteig@agr.nagoya-u.ac.jp](mailto:gasteig@agr.nagoya-u.ac.jp)

## 日本木材学会

- 事務局 〒113-0023 東京都文京区向丘 1-1-17 タカサキヤビル 4F  
TEL:03-3816-0396 FAX:03-3818-6568..... [mailto: office@jwrs.org](mailto:office@jwrs.org)  
日本木材学会 ..... <http://www.jwrs.org>

## 木材強度・木質構造研究会

- 軽部 正彦 幹事..... (前出)
- 岡崎 泰男 幹事..... (前出)
- 木材強度・木質構造研究会 ..... <http://www.jwrs.org/kenkyu/wstr/>

シンポジウム「木質構造研究の現状と今後の課題 PartⅢ」

平成 19(2007)年 3 月 5 日開催・当日資料発行

平成 27 年(2015)年 3 月 14 日資料編集発行

主催:木材強度・木質構造研究会

協賛:木質構造研究会

日本木材学会 木材強度・木質構造研究会

協力 佐々木 康寿

幹事 軽部 正彦

岡崎 泰男

