

昭和 5 8 年 度

日本木材学会強度研究会

# シンポジウム要旨集

昭和 5 8 年 1 1 月

日 本 木 材 学 会  
強 度 研 究 会

## 昭和58年度 強度研究会プログラム

日 時： 11月21日

場 所： 木材健保会館 東京都江東区東陽5-29-33

TEL. 03-647-3381

テーマ： 集成材構造建築物の現状と将来

- (1) 集成材建築のあゆみ ..... 4  
林業試験場 藤 井 毅
- (2) 集成材構造における接合部の設計 ..... 6  
建築研究所 安 村 基
- (3) 交差重ね合せ接着接合による剛節集成材構造物  
の実例とその設計方法について ..... 10  
北海道立林産試験場 小 松 幸 平
- (4) 集成材構造建築物の設計とその問題点 ..... 13  
新井建築工学研究所 新 井 信 吉
- (5) メーカーサイドから見た集成材構造の現状と将来 ..... 16  
三井木材工業株式会社 飯 村 豊
- 司 会： 静岡大学農学部 有 馬 孝 禮

## 集成材構造建築物の現状と将来

# 集成材建築のあゆみ

## 農林水産省林業試験場 藤井 毅

集成材及び建築の過去30数年間の変遷と今後解決せねばならない問題点について、主として強度及び耐久性能面から述べる。

1. 集成材及び建築の技術の変遷
2. 集成材生産の概要
3. 既存の集成材建築の概要
4. 集成材建築の耐久性能調査
5. 集成材の強度性能上の問題点

1~4についてはスライドで説明する(詳しくは木材工業 Vol.35-10-11 (1980) 参照), 5については、表-1~2にわが国とカナダの規格等を比較して、未解決の問題点を明らかにする。

接着剤(処理法)

I ユリア (無)					6年
II (水溶性) (ウレタン) (無) ユリア (軽)					13年
III (水溶性) (ウレタン) (軽) ユリア (注入)					25年
IV (水溶性) (ウレタン) (注入) レゾルシノール (軽)					50年
V レゾルシノール (注入)					100年

(使用状態) I 室内 II 室内 III 室内 IV 室外 V 屋外  
(試験方法) JAS JAS JAS ASTM  
ブロック 浸せき 煮沸 乾燥 圧入 自然  
せん断 ほく離 70,70% 乾燥 乾燥 乾燥 暴露

○●: ユリア (調査実験) △▲: レゾルシノール (調査実験)

図-1. 集成材の接着耐久性能(耐用年数)の予測

表-1. 日本農林水産規格(JAS)及び製造基準とCSA 0112-1977との比較

比較項目	日本農林水産規格(JAS), 製造基準	CSA 0112-1977 (カナダ)
集成材の種類	造作用, 化粧(塗り)造作用, 構造用, 化粧(塗り)構造用	屋内構造用, 屋外構造用
樹種群	針葉樹 A1, A2, B1, B2, 広葉樹 A, B	DFir-L, Hem Fir, D Fir-L, Lodgepole pine-Spruce
ラミナの等級	1等: 節径比 0.2以下, 2等: 0.3以下, (3等: 0.5以下)	B+B-F: 1/4以下, C: 1/2.5以下, D: 1/2以下 機械的(ヤング係数)等級区分も実施する
ラミナの寸法	厚さ: 5~50mm, 幅: 任意	厚さ: 19, 38mm 幅: 80, 130, 175, 225, 275, 315, 365mm
ラミナの含水率	8~15% (ラミナ内 2%以下)	7~15%
ラミナの狂い	規定なし	曲がり: (27r-45r) 1/4以下, その他: 1/2以下, 幅内: 指定
接着剤の種類	構造用: レゾルシノール樹脂接着剤と同等以上のもの	屋内用: カゼイン, ユリア, レゾルシノール, フェノール, メラミン 屋外用: CSA 0112.7の試験に合格するもの
集成材の積層数	1級: 5層以上, (2級: 4層以上)	とくに規定なし
ラミナの構成	視覚的等級による配置と構成数を規制する	視覚的等級と機械的等級の両方による規制がある
最小曲率半径	ラミナ厚の100倍	ラミナ厚の125倍 (厚さの増加に伴って倍率も上昇)
埋め木	規定なし	翼形にする(スカーフ傾斜比 1/2以下)
幅ばさ, 縦ばさ	幅ばさ: 継ぎ1倍, 縦ばさ: 12倍 (27r-75r-30r)	精度規定あり
集成材の等級	1級, (2級: 秤組壁工法用)	24+E, 24+EX, 20+E, 20+EX, 18+E, 16+C-E
集成材の寸法	規定なし (秤組壁工法用: 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416) 幅公差: +20~-25mm 長さ公差: +0以上	幅: ラミナ幅と同じ (これより広いもの不可) 幅公差: ±1.56mm 厚公差: 積層数×1.56mm ±6.25mm
接着(はり)試験	試験体: 木口断面, 長さ 75mm 試験法: 沸き水中(5)→常温水中(1)→60℃乾燥(18) 適合基準: 両木口面の接着層のほく離率 10%以下	左記と同じ (辺長 250mm以上の場合分割可) 65~80°F 常温水中 → 625mmHg 減圧(2) → 1875mmHg 加圧(2) → 80°F, 25~30%, 60~75% 乾燥(88) 以上を2サイクル 左記と同じ (CSA 0112.7)
ブロックせん断試験	試験法: せん断面積 25mm×25mm, 抜き取り 適合基準: せん断強度 (6.0×f <sub>s</sub> ) 木部破断率 (40~60%)	せん断面積 44mm×50mm, 全数検査 せん断強度 (平均値: 6.0×f <sub>s</sub> , 最低値 3.0×f <sub>s</sub> ) 木部破断率 (平均値: 80%, 5%下限値 60%)
縦ばさ試験	試験法: 曲げ試験, 抜き取り 適合基準: 曲げ強度 (3.3×f <sub>b</sub> )	曲げ試験, 1,200mm ごとに試験体抜き取り 曲げ強度 (平均値: 3.0×f <sub>b</sub> , 最低値: 2.0×f <sub>b</sub> )
曲げ試験	試験法: 実大または分割試験, 抜き取り 適合基準: 曲げヤング係数 E 曲げ強度 (3.0×f <sub>b</sub> )	実大曲げ試験は不要であるが, グレイディングマシンを用いてラミナを検査し, 使用ラミナのヤング係数等の保証書を発行する。 4時間ごとに検定し, 95%のラミナが合格する
グレイディングマシン	規定なし	

第2表. 集成木材構造設計規準と CAN 3-086-M80 (Timber Design Manual) の比較

比較項目		集成木材構造設計規準(日本)	CAN 3-086-M80 (カナダ)
許容 応力度	樹種群	針葉樹 A1, A2, B1, B2 広葉樹 A, B	DFir-L, Hem-Fir, Lodgepole pine, Spruce DFir-L
	等級 (応力別区分)	1級, (2級: 枠組壁工法用) 区分なし	曲げ用: 24f-E, 24f-EX, 20f-E, 20f-EX 引張用: 18t-E, 圧縮用: 16c-E
	応力の種類	縦圧縮, 曲げ, 縦引張, せん断, 横圧縮 めり込み, 縦横ヤング係数, せん断弾性係数	正負曲げ, 水平せん断, 縦圧縮, 曲げ+縦圧縮 横圧縮, 横引張, 縦引張(正味全体), ヤング係数
	誘導方式 (長期曲げ)	$f_b = F_o \times \frac{3}{4} \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{2}$	$f_b = F_o \times \frac{3}{4} \times \frac{10}{13} \times \frac{9}{16} \times \frac{11}{10}$
	調整因子	荷重継続期間, 細長比, 曲率による低減	荷重継続期間, 処理効果, 細長比, 横断厚 水平せん断(寸法効果), 曲率による低減
	使用状態	明確でない(接着剤の区別はある)	乾燥状態: 1.00 湿潤状態: 1.00 ~ 0.67
標準 寸法	ラミナ	厚 (5~50mm, 曲率半径の1/100以下)	適直・曲率半径8400mm以上: 38mm 8400~2800mm: 19mm, 2800mm以下: 別記
	集成材 製品	厚 (枠組壁工法用) 幅 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416	幅の8倍以内で, 2128mm以下 ラミナ幅と同じ
圧縮 部材	種類	短柱, 中間柱, 長柱, 複合柱(筒木柱)	左記のほか テーパー柱, 合わせ柱,
	断面計算式	$\frac{\omega N}{A} \leq f_c, \omega = \frac{f_c}{f_k} \begin{cases} \lambda \leq 30 \\ 30 < \lambda < 100 & f_k = f_c(1-0.01)\lambda \\ \lambda \geq 100 & f_k = 0.35f_c(\lambda/100)^2 \end{cases}$ $\lambda = \frac{l_e}{i}, i = \frac{I}{A}$	$A = \frac{N}{K_e f_c}, C_e = 0.64 \sqrt{\frac{E}{f_c}} \begin{cases} C_e \leq 10 & K_e = 1.00 \\ 10 < C_e < C_k & K_e = 1 - (C_e/C_k)^4/3 \\ C_e < C_k < 50 & K_e = 0.274E/C_e^2 f_c \end{cases}$ $C_e = \frac{l}{d}$ d: 短辺厚
引張部 材	断面計算式	$\frac{N}{A} \leq f_t (f_t = f_b)$	$A = \frac{N}{f_t}$ ( $f_t = 0.65f_b$ (正味断面) 欠損部は $f_t = 0.50f_b$ (全断面) 25%以内)
曲げ 部材	種類	通直梁, テーパー梁, わん曲梁(アーチ材)	左記のほか Pitched-Tapered Beam
	曲げに対する 断面計算式	$\frac{M_{max}}{Z_e} \leq f_b$ ( $Z_e, Z_o, Z_i$ : 有効, 正味見かけ の断面係数)	$Z = \frac{M_{max}}{f_b} \times K_m \times K_e \times 10^6$ ( $K_m$ : エキストラ79-通直: 1.00) ( $K_e$ : 横支持79-
	水平せん断に対する 断面計算式	$\frac{1.5Q}{A_e} \leq f_s$ ( $A_e, A_o, A_i$ : 有効, 正味見かけ の断面積)	$A = \frac{1.5Q_e \times K_m \times 10^3}{f_s}$ ( $Q_e$ : 有効せん断力( $K_w$ : 79-79-1) ( $K_m$ : ノッチ79-79-2(79-2)1.00)
	寸法調整係 数	規定(木質は曲げに対する低減係数) なし ( $C_f = (12/h)^{1/4}$ )	$Q_e = \frac{K_v}{10} \left(\frac{l}{f_s}\right)^{0.25} \frac{W^{1.22}}{C_v}, C_v = (0.924 + \frac{1.52h^{1.22}}{10l}) \times (0.192 + 0.13 \log_{10} LA)^{1.22}$
	切欠きによる 強度低下	(中央部) 圧縮側 $Z_e = Z_o$ (足持部) 上は $A_e = A$ (曲げ) 引張側 $Z_e = 0.45Z_o$ (せん断) 下は $A_e = A_o$	圧縮側 $K_n = (h/h_o)$ (欠損部は25%以内) 引張側 $K_n = (h/h_o)^2$
断面 強度低下	横断厚による 強度低下	規定なし	$C_s = \sqrt{\frac{Lh}{b^2}} \begin{cases} C_s \leq 10 & K_i = 1.00 \\ 10 < C_s < C_k & K_i = 1 - 0.25(C_s/C_k)^4 \\ C_k < C_s \leq 50 & K_i = 0.4E/C_s^2 f_b \\ C_s > 50 & \text{認めない} \end{cases}$ $C_k = \sqrt{\frac{0.6E}{f_b}}$
	テーパー部材の 断面計算式	最大曲げモーメント部の有効断面係数 $Z_e$ から計算する	$K_m = 1 + 2.7 \tan \alpha$ ( $\alpha$ : 上ほの勾配)
	わん曲部材の 断面計算式	(接線応力) $f_b \rightarrow f_b \times \{1 - 2000(E/R)^2\}$ (半径応力) $1.5M_{max}/RA \leq f_{tR}$ ( $R$ : 曲率半径)	左記と同じ
荷重	種類	固定荷重, 積載荷重, 積雪荷重, 風圧力, 地震力	左記のほか 雨荷重
	荷重継続期間 による調整	長期: 1.00 短期: 2.00	連続: 0.90 通常(10年間): 1.00 2月間: 1.15 1週間: 1.25 1日間: 1.33 瞬間: 2.00
	(処理による調整)	規定なし	防腐処理: 1.00 難燃処理: 0.90
たわみ 制限値	床	: スパンの1/300以内, 1cm以内	屋根・床: スパンの1/180以内(Total Load)
	天井・屋根: 窓まぐさ:	1/200, 2cm 1/300, 1cm (いずれも 固定荷重+積載荷重) (に対する最大たわみ)	アラスタ片: 1/360 (Live Load) 屋根: 1/240 (Live Load) 床: 1/300 (Live Load) 耐風柱: 1/180 (Wind Load)

# 集成材構造における接合部の設計

安村 基\*

## 緒 言

近年、我が国でも比較的大型の建築物を集成材で建設しようという気運が高まってきた。集成材の屋内プール、教会、集会場といった比較的大型の構造物が建つられるようになった。このような状況の中で、集成材構造が現在直面する問題の一つに接合部の設計が上げられよう。

一般に、重木構造の設計にあたっては、接合部および接合金物の設計に多くの労力が要求される場合が多い。我が国では、設計の際地震力を考慮する必要がある他、我が国特有の道路事情から、現場でのボルト、金物等による部材の継ぎがしばしば要求される。また、経済的理由から直線部材の組み合わせによる構造の要求がみられる。こういった理由から、我が国では欧米にみられるシンプルな集成材構造は定着せず、従って接合部の設計も複雑になりがちである。

このような問題を解決するためには、接合部および接合金物の標準化が必要である。ここでは、集成材構造における接合部の基本となるボルト接合について述べることにする。

### 1. 曲げボルト接合部の降伏機構

一般にせん断力を受ける曲げボルト接合部では、ボルト穴をボルト径と一致させるなど特に入念な施工を行わない限り、ボルトとボルト穴のすきまの存在により初期ス

リップを生ずる。従って、せん断力を受ける曲げボルト接合部は、特殊な施工を行わない限り、スリップにより支障を生ずると考えられる部分には使用すべきではない。このような理由から、曲げボルトの許容耐力は、比例限度荷重または降伏荷重をもとに規定されていることが多い。

一般に、せん断力を受けるボルト接合部を (i) 木材の中央主材と木材の両側材とから成るもの、(ii) 木材の主材と鋼板添え板より成るもの、(iii) 木材の主材の切り込み部に鋼板を挿入したものの3種類に大別すると、それぞれの接合部の降伏パターンは図-1に示す通りで、カとモーメントの釣り合いより各種接合部における降伏荷重は次式で表される<sup>(1)</sup>。

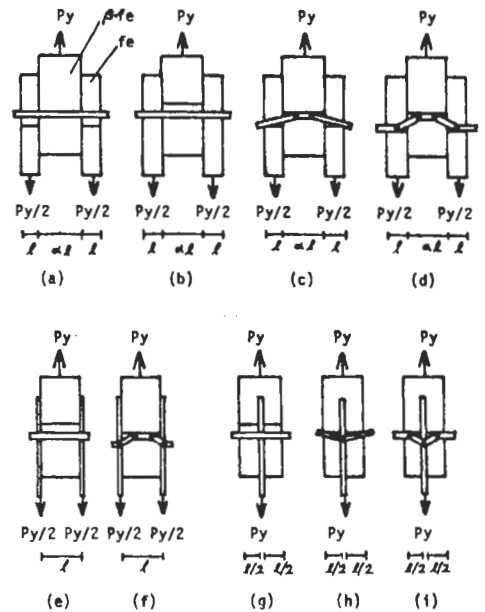


図-1. 各種接合部における降伏のパターン

\* 建設省建築研究所第3研究部耐風研究室

(i) 木材側材式

$$\frac{P_y}{2fedl} = \min \left[ \begin{array}{l} 1 \quad (a) \\ \frac{dB/2}{\sqrt{\frac{2B(1+B)}{(2+B)^2} + \frac{2B}{3(2+B)}}} \gamma \left(\frac{d}{l}\right)^2 \quad (b) \\ - \frac{B}{2+B} \quad (c) \\ \frac{d}{l} \sqrt{\frac{2}{3} \gamma \frac{B}{1+B}} \quad (d) \end{array} \right.$$

ここに、 $l$ : 側材巾、 $a$ : 主材巾と側材巾の比、 $f_e$ : 側材のめり込み強度 (単位面積当り)、 $B$ : 主材と側材のめり込み強度の比、 $d$ : ボルト径、 $f_y$ : ボルトの降伏点、 $\gamma$ :  $f_y/f_e$

(ii) 鋼板添え板式

$$\frac{P_y}{2fedl} = \min \left[ \begin{array}{l} 0.5 \quad (e) \\ \frac{d}{l} \sqrt{\frac{2}{3} \gamma} \quad (f) \end{array} \right.$$

ここに、 $l$ : 主材巾

(iii) 鋼板挿入式

$$\frac{P_y}{2fedl} = \min \left[ \begin{array}{l} 0.5 \quad (g) \\ 2 \sqrt{\frac{1}{8} + \frac{1}{6} \left(\frac{d}{l}\right)^2} \gamma - \frac{1}{2} \quad (h) \\ \frac{d}{l} \sqrt{\frac{2}{3} \gamma} \quad (i) \end{array} \right.$$

ここに、 $l$ : 主材の有効巾

$\gamma = 7.4$ 、 $d = 2$ 、 $B = 1$  のとき、 $P_y / (2fed^2)$  の値を、主材巾とボルト径の比 ( $l/d$ ) の関数として表わし、各種接合部について比較すると、図-2 に示すとおりである。

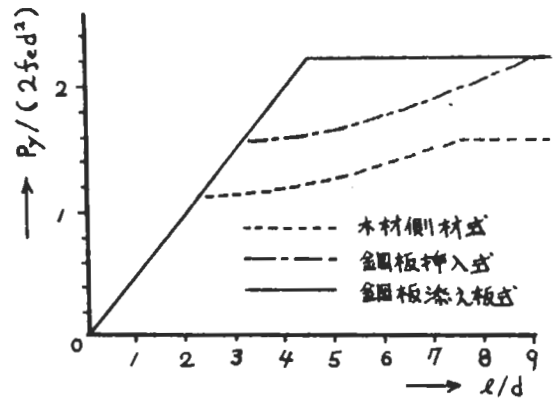


図-2 各種接合部における降伏荷重

図-2 を眺めると、 $l/d$  が小さい場合、 $P_y / (2fed^2)$  の値は接合方法によらず同一の直線で表わされる。このことは、 $l/d$  が小さい時、降伏荷重は接合方法によらず一定で、ボルト径および主材巾に比例することを物語っている。

$\gamma = 7.4$  の時、木材側材式および鋼板挿入式では  $l/d$  が、それぞれ 2.2 および 3.2 を越すと、 $P_y / (2fed^2)$  の値は下に凸の曲線を描き漸増し、木材側材式では、 $l/d$  が 7.5 以上、鋼板挿入式では 9.0 以上で、 $P_y / (2fed^2)$  の値は一定となる。

鋼板添え板式では、曲線部分の出現はなく、 $l/d$  が 4.5 以上の時  $P_y / (2fed^2)$  の値は一定となる。

以上の所見は、 $l/d$  が十分大きい時、各種接合部における降伏荷重はボルト径の 2 乗に比例し、主材巾には無関係であることを物語っている。また、 $l/d$  が十分大きい時、鋼板添え板および鋼板挿入式の降伏荷重は共に等しく、木材側材式の降伏荷重の 2 倍となることが、式 (d)、(f)、(i) より分る。

2. 我が国および諸外国におけるボルト接合部の規準

2.1 我が国の規準

我が国におけるボルト接合部の規準は、「木構造設計規準・同解説」(日本建築学会)に規定されており、針葉樹Ⅰ類およびⅡ類より成る曲げボルトについて表-1に示す許容耐力が与えられている。なお、木材の側材のかわりに鋼板添え板を用いた場合、25%の許容耐力増加を認められている。

表-1 曲げボルトの許容耐力(木構造設計規準・同解説)

形式	長期荷重		短期荷重	
	針Ⅰ類	針Ⅱ類	針Ⅰ類	針Ⅱ類
2面せん断	$100dl$ かつ $310d^2$ 以下	$70dl$ かつ $230d^2$ 以下	長期耐力に 対する値の 2倍	
1面せん断	上記の値の1/2			

d: ボルト径    l: 主材巾

2.2 フランスの規準 (C. B. 71)

フランスにおけるボルト接合の規準は、「木構造設計規準 (REGLE C. B. 71)」に規定されており、同規準によると、針葉樹より成るボルト接合部の許容耐力は次式で表わされる。

$$F = 80 d \sqrt{l} \text{ ----- 1面せん断}$$

$$F = 200 d \sqrt{l} \text{ ----- 2面せん断}$$

$$F = 160 d \sqrt{l} \text{ ----- 多層せん断 (6層以下)}$$

ここに、 l': 最小材巾  
 l: 中央材巾  
 d: ボルト径

なお、広葉樹材(ナラ)より成る接合部は、針葉樹材より成るものの許容耐力の約1.3倍である。

REGLE C. B. 71では、ボルト穴径を原則としてボルト径と一致させるよう規定しており、ボルト穴径がボルト径より大きい場合、許容耐力を25%低減するよう定めている。

2.3 ドイツの規準 (DIN 1052)

DIN 1052では曲げボルトの許容耐力を以下のとおり定めており、2面せん断曲げボルトでは、中央主材、側材双方に許容耐力が与えられているのが特徴である。

$$F = \min \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1 \cdot l \cdot d \\ A \cdot d^2 \end{array} \right.$$

ここに、 l: 最小材巾  
 d: ボルト径

表-2 ボルトおよび棒ジベルにおける $\sigma_1$ およびAの値 ( $Kp/cm^2$ )

	形式	樹種	$\sigma_1$	A
ボルト	1面せん断	針葉樹	40	170
		ナラ・ブナ	50	200
	2面せん断	中央主材		
		針葉樹	85	380
棒ジベル	1面せん断	針葉樹	40	230
		ナラ・ブナ	50	270
	2面せん断	中央主材		
		針葉樹	85	510
棒ジベル	1面せん断	針葉樹	55	260
		ナラ・ブナ	65	300
	2面せん断	側材		
		針葉樹	55	330
		ナラ・ブナ	65	390



## 2.4 米国の規準

米国におけるボルトの規準のうち、A I T C. では、側材巾が主材巾の  $1/2$  の場合の許容耐力が繊維方向および繊維に直角方向の加力について、6樹種群について示されている。A I T C. では、側材を鋼板添え板に置き換えた場合25%の許容耐力の増加を認めているが、加力が繊維方向に対して直角の場合この増加を認めていない。

## 2.5 各国におけるボルト接合部許容耐力の比較

ドイツ (DIN 1052), 米国 (A I T C), 我が国 (木構造設計規準・同解説, 以下A I Jと略す) における2面せん断曲げボルトの許容耐力と式 (a) ~ (d) により計算した値との比較を図-3に示す。ただし、図は側材巾が主材巾の  $1/2$  の場合で、計算値は式 (a) ~ (d) により計算した値を3で除した値である。

図-3を眺めると、D I N, A I T C, A I Jにおける許容耐力は、それぞれ類似した傾向を示しており、D I N, A I T Cは、A I Jにおける長期荷重と短期荷重の許容耐力のほぼ中間の値を示している。D I N, A I T Cにおける許容耐力は長期荷重に対する値と見なすことが出来るので、我が国におけるボルトの規準は長期荷重に対して諸外国より多少厳しい規準となつていよう。

また、我が国の短期荷重に対する許容耐力は一部を除いて計算値と一致する傾向を示し、降伏荷重に対して約3倍程度の安全率を有することを意味する。しかしながら、 $l/d$  が十分大きいとき、終局耐力は降伏荷重に対して十分大きい値を示す傾向があるので、短期許容耐力は終局耐力に対してかなりの安全率を有しており、ボルト接合部

の保有耐力を検討する際にはこのことを考慮する必要がある。

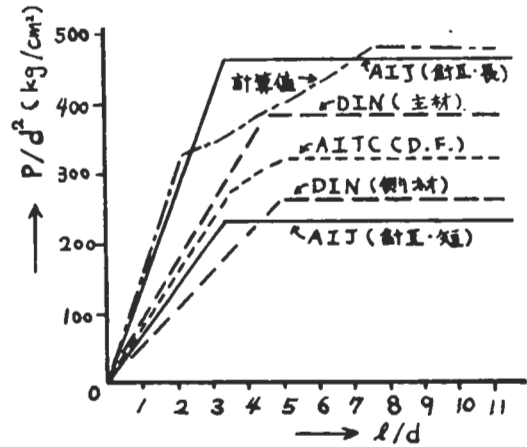


図-3 各国の2面せん断曲げボルト許容耐力の比較

## 3. 集成材構造における接合部の問題点と今後の課題

集成材構造における接合部に関する最も重要な課題は、接合方法および接合金物の標準化であろう。そのためには、想定する集成材構造物の規模、用途等を明確にする必要がある。上記の問題は適切な接合方法の選択、接合方法の開発、金物寸法の標準化と許容耐力といった複雑な問題を含んでいるといえよう。この他にも、接合部における初期スリップの減少とその評価、接合部における保有耐力、接合部の耐火性と耐久性といった問題も今後解決される必要がある。

### 文献]

- (1) 安村・中村・杉山: 集成材ボルト接合部の強度性状に関する実験と理論 昭和58年度日本建築学会秋期大会梗概集, 1983年9月

交差重ね合せ接着結合による剛節集成材  
構造物の実例とその設計方法について。

北海道立林産試験場 小松 孝平

1. はじめに

一般に、集成材構造物と言う場合、幅広の  
ラミナを積層接着した構造、若しくは、通直  
の部材から成る構造物もさすのが普通である  
。その意味から言うと、交差重ね合せ接着  
結合による剛節集成材構造は特異である。

図1に示すように、この構造においては、  
厚さ40mm程度の集成材を3〜7枚互いに  
差し違えて重ね合せ接着し、設計上要求され  
ただけの部材断面を確保すると同時に、柱と  
梁の接合部を剛節化するものである。

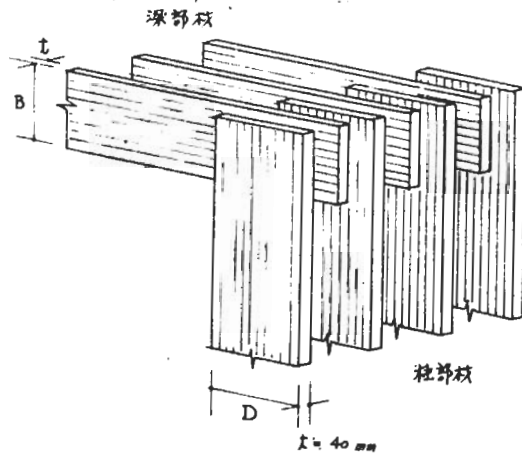


図1. 交差重ね合せ接着結合の方法とその基本的な構成

この種の接着工法は、窓枠の方面で我園で  
も実用化されている。しかし、この手法の  
集成材構造物への応用は、恐らく、ニュージ  
ーランド独特のものと思われる。ニュージ  
ーランドは、この構法に関して20年以上の  
実績を有している。

2. ニューゼーランドにおける交差重ね合  
せ接着結合による集成材構造物の実例。

スライドによって紹介する。

3. 既往の設計方法

この構法の厳密な設計方法は未だ確立され  
ていない。しかし、これまで建設されて  
きた建物に何ら問題が生じていないことから  
、以下に述べる近似的な設計方法は、致命的  
な過りを容れずにはいないと考えられている。

(1). 接着層と純粋なねじりモーメントを受  
ける長方形断面の棒の1切断面と見直し、弾  
性論による解を用いて接着層内の最大ねじり  
応力度を4エックする。実用設計式として  
式(1)が提案されている。(図1参照)。

$$\tau_{max} = \frac{6(1-0.22 \frac{D}{B}) M_a}{DB^2} \leq f_r \quad \text{---(1)}$$

ここで、

- $\tau_{max}$  = 接着層内での最大ねじりせん断応力
- $f_r$  = 集成材同士の許容ローリングシア応力度
- $M_a$  = 1接着層あたりのねじりモーメント
- $D$  = 大きい部材の材せい
- $B$  = 小さい部材の材せい

- (2). 部材曲げ応力度を学法で4エックする。
- (3). 応えは、接合部を「剛」とみなして  
計算する。

4. 破壊力学を応用した設計方法の提案

引張力の伝達を目的とした平行重ね合せ接  
着においては、1つの被着体の自由端と、も  
う一方の被着体の自由表面が形成する90°の  
箇所をせん断応力のきびしい集中が生じる。

近年、この種の接着継ぎの強度解析に破壊  
力学が応用され、成功を収めている。同様  
の応力集中が交差重ね合せ接着においても生  
じているものと推定される。厳密な応力分

布の解明は現時点ではかなり困難であるので、以下の近似的な、しかし設計としては安全側に立つE設計方法を提案する。すなわち、接着層内のねじり応力の分布をMode-III型のクラック伝播を伴う試験体のそれと同一と仮定し、Griffith型のエネルギー・バランス理論から交差重ね合せ接着接合体の臨界ねじりモーメントを求める方法を提案する。

図2-(a)は交差重ね合せ接着接合のモデル試験体を、同図(b)はMode-IIIクラック試験体を示す。両者とも接着層内の剛心を軸に、ねじりモーメント $M_T$ を受け、Mode-IIIの接着層内破壊を起すものと仮定する。両者の厳密な応力分布は無論異なるであろうが、その最大値は弾性論の範囲内ではどちらも無限大となり、「きびしい応力集中」というレベルから言えば、両者の応力状態はほぼ同一のものと見出し得る。いま、この仮定を妥当なものとするれば、図2-(b)のMode-III試験体の臨界ねじりモーメント $M_{TC}$ を求める方法を

同図(a)の交差重ね合せ接着試験体の $M_{TC}$ の算定にも応用できる。詳しい経過は原論文<sup>1),2)</sup>に示したが、上述の仮説に基づいて交差重ね合せ接着接合体をヒンチアーチの軒肩部分に使用する場合の設計モーメント $M_d$ とチェックする計算式も以下に示す。

$$g_d = \frac{M_d^2}{\beta} \leq G_{II} \quad \dots (2)$$

ここで、

$g_d$  = 設計モーメント時の破壊靱性

$M_d$  = ヒンチアーチの軒肩部分設計モーメント

$G_{II}$  = 許容破壊靱性

$$\frac{1}{\beta} = \frac{1}{n(D_r + D_c)} \left[ \frac{\phi_r}{(EI)_r} + \frac{\phi_c}{(EI)_c} \right]$$

ただし、

$n$  = 接着層の数

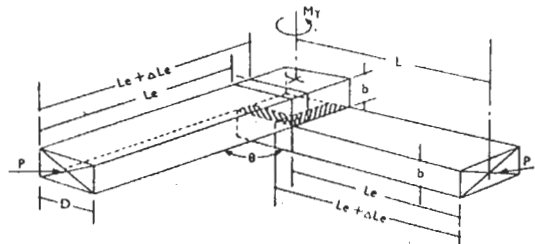
$D_r, D_c$  = 屋根梁及び柱の寸法

$(EI)_r, (EI)_c$  = 屋根梁及び柱の曲げ剛性

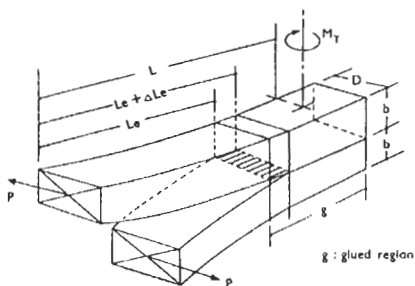
$\phi_r, \phi_c$  = 荷重のかかり方とアーチの形状に依

存する係数、 $1/2$ をとると安全側。

(記号については、第3回参照)



(a) Cross-lapped glued joint specimen



(b) Mode-III cracked specimen

図2 接着層内の剛心を中心にねじりモーメント $M_T$ を受けた2つの類似試験体

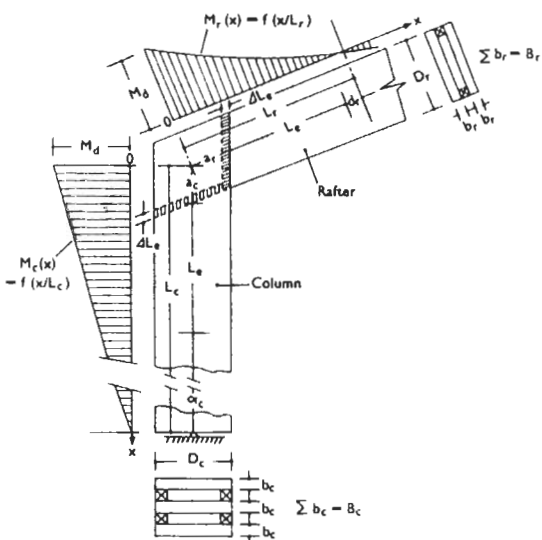


図3. 任意のモーメントを梁及び柱に受ける交差重ね合せ接着によるアーチ

5. 実験による仮説の検証.

実験と仮説の適合性の例を以下に示す.

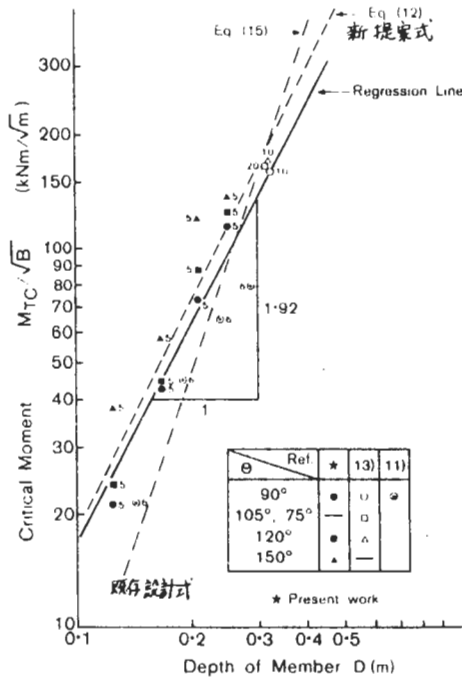


図4. 新提案式、既存設計式及び実験値との比較

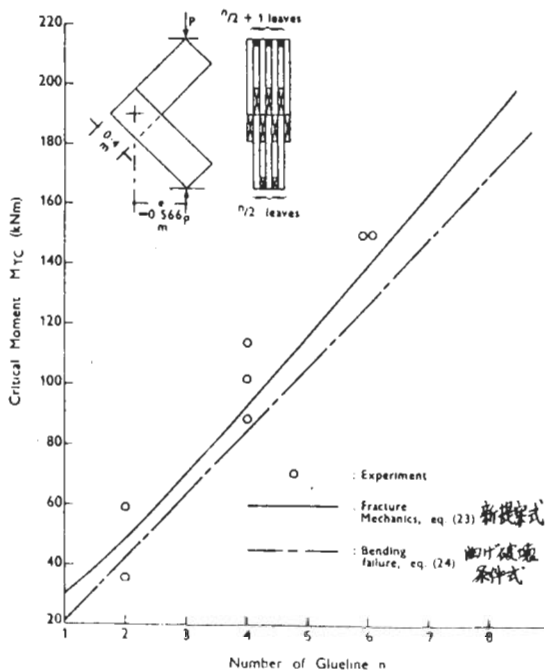


図5 継手耐力に及ぼす接着層数の効果

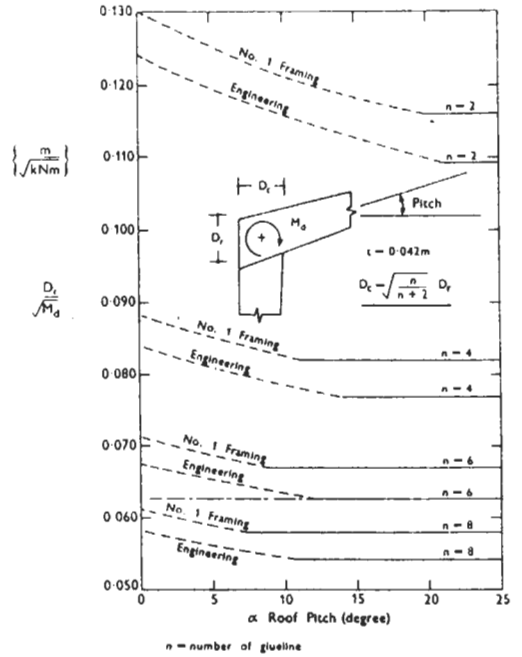


図6. 新提案式(点線---)と部材曲げ破壊条件(実線—)から導いた梁せい決定の為の計算図(集成材はラジアタポイントも考えている。)

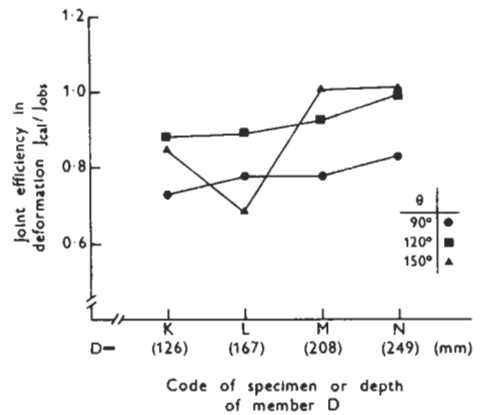


図7 交差重ね合せ接着接合の剛性接合効率

6. おわりに

交差重ね合せ接着構法は比較的コストで出来ると言われている。新しい集成材建築構法として我園でも考えるに値する構法と考えられる。

## 集成材構造建築物の設計とその問題点

新井建築工学研究所 新井信吾

### 1. 適用の範囲と構造設計のポイント.

- ①. 一般住宅(木質系プレハブ, 軸組借法 2x4工法, その他)

鉛直荷重のみを考慮し, 水平力に対しては, 一般的に壁量計算によって対応する。この場合, 一般製材品では負担出来ない梁材を, 構造用集成材に置きかえる。梁と柱の接合方法を除くと, 北米でのポスト&ビーム方式といえる。比較的大きな規模の住宅に適用できる。

### ②. 住宅以外の木造建築物

木造建築物とすることのできる建築物は, 規模が大きくなるため, 主要構造部材に構造用集成材を適用する。耐火の考え方は適用されない。

木造建築物とすることの出来る主な法的制限.

- ・階数が3以下
- ・軒の高さ9m以下, 最高の高さ13m以下
- ・延べ面積 3000 m<sup>2</sup> 以下
- ・特殊建築物(耐火又は簡易耐火建築物)と異なる範囲内の用途と規模(階数と床面積)

構造設計は, 鉛直荷重と水平力に対する検討を同時に行う。特に水平力に対しては, 現行の住宅を対象とした設計法では, 構造設計に大きな制約が生じてくる。

- ④. 軒の高さが9mを超え, 最高の高さが13mを超え, 階数が2以下の木造建築物, 一般的に構造設計(一次設計)の他に, 部分的に耐火設計法や二次設計が適用される。

- ・層間変形率 1/200 ~ 1/120

柱脚がピン接合のため, 柱材(アーク材)の断面は変位によって決定される。経有柱が同様になる。

### ・筋かい端部の検討

進行方向に作用する水平力は, 筋かいに負担させる。筋かい方式は, 接合部に応力が集中するため, 鉄骨造の場合と同様の検討が要求される。

### ・断面の割増し

防火の考え方を適用している。

### ④. 北米での HEAVY TIMBER (重木構造) 建築物.

主要構造部材への構造用集成材又は大断面の製材品と各構造部位の防火性能との組み合わせによって, 1時間耐火建築物となっている。

### 2. 建築物の用途及び規模の防火を計る。

北米での例.

#### 1. 建物の最高の高さ

一般木造 12.0 m

H. T. 19.5 m

#### 2. 階数

H. T. 一般住宅

居住用ホテル, アパート 4 2

住宅, ロッジ 3 3

事務所, 倉庫, 工場 4 2

学校 2 1

- b. 耐火の考え方を取り入れていたため, 主要構造部材の最小断面の規定及び各構造部位の構造材の構成方法の規定がある。

## 2. 構造設計上の問題点

### 2-1. 鉛直荷重

#### a. 建築物の用途からくる問題点

建物の用途が住宅以外となる場合、積載荷重が大幅に増加するため、床組を構成する構造部材及び構成方法の検討が必要となる。

積載荷重の例 (kg/m<sup>2</sup>)

	根太・小梁	大梁・柱・基礎	地震
住宅	100	130	60
事務所	300	180	80

#### b. 検討が必要となる構造部材及び接合部 (2階床荷重)

床面板の厚さ — 根太の断面 — 小梁の断面 — 小梁と大梁の接合部 — 大梁の断面 — 大梁と柱の接合部 — 柱の断面 — 柱と基礎の接合部

大梁の断面算定と各接合部の検討がポイントとなる。

#### c. 大梁の断面算定上の問題点

大断面となるため、曲げ及びせん断に対して、一般に行われている断面算定方法だけでは、梁の形状、スパン、及び荷重状態を考慮した新しい断面算定法が必要となると思われる。

##### ① 曲げに対して

横座屈防止材の距離、梁材の幅とせいとの比、及び荷重状態等による FACTOR を取り入れ、許容曲げ応力度の低減を行う方式が必要と思われる。例、KL - LATERAL SUPPORT FACTOR, Cs - SLENDERNESS RATIO.

##### ② せん断力に対して

荷重状態による FACTOR (SHEAR FACTOR) を取り入れ、許容せん断応力度の増減を行う方式が必要と思われる。

##### ③ 耐力に対して

スパンが大きい場合、一般例の場合では耐力割増しによって断面が決定する。これ

では、構造用集成材を反用する効果があるので、適切なむくり (CAMBER) を与えることが必要となる。その他、むくりに対する基準値の設けが望まれる。

カナダでの例、— スパン 6.0 m 以下はむくりはつけない。

固定荷重に対するむくりは下記の E<sub>0</sub> 及び E<sub>0</sub> である。

屋根	積載荷重の 1/2 に対するむくり
床	積載荷重の 1/4 に対するむくり
又は単純ばりの場合、	
屋根	スパン 1 m 当り 4 mm
床	スパン 1 m 当り 2 mm

#### d. 接合金物の設計上の問題点

各接合部は、伝達応力の大きさによって種々の形状の接合金物を使用される。ここで、の接合金物は、せん断力を支持させる金物を考えてみる。

接合金物と接合止具 (ワッシャー) によって、以下の使用例によって述べてみる。

##### ① 伝達応力が小さい場合

釘のせん断耐力のみによって支持させるタイプの金物。(例 2x4 工法の根太等々及び梁合せ金物)

##### ② 伝達応力が比較的小さい場合

釘のせん断耐力を増加させるための、特殊釘を使用するタイプの金物

##### ③ 伝達応力が大きい場合

特殊釘又はボルトのせん断耐力と、金物自身のせん断耐力によって支持させるタイプの金物。

接合金物を設計する場合、釘及び特殊釘のせん断耐力値及び、金物自身のせん断耐力値、又は釘と金物が組み合せる場合の金物の許容せん断耐力値の表示が必要となる。

#### e. 梁材のスパン表

構造用集成材建築物では、スパンが大きくなるための、仮定断面を算定することは大変

となる。特にアーチ材の場合は、仮定断面といえども、構造計算が必要となる。

構造設計条件をある一定の範囲内に整理し、アーチ材を含む横架材のスパン表を作成することが望まれる。

スパン表の効果は以下の通りと考えられる。

- ① 設計者の負担を軽くすることが出来る。→ 仮定断面 → 実断面
- ② 構造部材の仮定がすみやかに出来るため、建築物としての基本設計が早くなる。→ 見積業務
- ③ 構造部材の規格化及び持ち合せ物の標準化が計れる → 製造者。

## 2-2. 水平荷重

### STRUCTURAL WOOD DIAPHRAGM

の実用化。

#### a. 水平構面

住宅以外の比較的規模の大きい木造建築物として場合、現行での耐力壁線相互の距離(12m以下)及び耐力壁線で囲まれる区画の面積(60㎡以内)制限を超えり場合が充分考えられる。この場合の水平構面に対する計算方法が提案されているため、北米で採用されているダイヤフラムによる計算方法の提案が望まれる。

北米での水平ダイヤフラムによる計算方法。

#### ① せん断力に対して

使用する構造用合板の厚さ、等級と、使用する釘の長さ及び間隔によって、せん断耐力が算出できる。→ せん断耐力一覧表、 $\text{kg/m}$

#### ② 曲げに対して

建物の周辺部材が曲げによって生じる次材耐力を決定する。

#### ③ 床小井に対して

住宅の場合は、水平構面の形状によって制限をしている。→ 一般の場合、計算式が用いられている。

#### b. 垂直構面

住宅以外の木造建築物の場合、風圧及び地震による水平力は一般の構造計算方法による外力計算によって算出する。現行の住宅を対象とした、壁倍率による壁量計算方法は通していいと思われる。又現行での耐力壁の壁倍率の最高値を5.0(水平せん断耐力値=650 $\text{kg/m}$ )としておくが、住宅以外の木造建築物の設計においては、開口部の制限がさつくなり、突用面において問題が生じてくると思われる。

外力計算によって算出される水平力に対して、耐力壁の設計がなされる計算方法の提案が望まれる。すなわち、100%せん断耐力に対して、設計者が構造用合板の種類及び釘の種類と間隔を決定することによって、耐力壁の水平せん断耐力が算出できる方法の確立が望まれる。

北米での垂直ダイヤフラムによる計算方法。

#### ① せん断力に対して

使用する構造用合板の等級・厚さと、使用する釘の種類・間隔によって、水平せん断耐力値が算出できる。  
→ せん断耐力一覧表、 $\text{kg/m}$

#### ② 曲げに対して

例々の場合に於いて、設計者が計算によって、脚部の湾曲ヒリ力を検討し、湾曲ヒリ力が生じる場合には、湾曲ヒリ防止金物(HOLD DOWN)を取付ける。

(1) 集成材建築物の現状

主要構造部である柱、梁を構造用集成材で造った建築物を集成材構造と一般には言っている。ここ2、3年この集成材構造の需要は徐々にではあるが、増えてきている。しかしその内容は多種多様である。

尚、化粧梁集成材に代表される役物製材の代替による集成材構造は、ここでは除くこととする。

(1) 用途

過去の実績では体育館の用途が多かったが、現在は住宅、休憩所、教会、レジャー・スポーツ施設・集会場・そして各種沿岸施設等広範囲に使用されている。

(2) 建物の規模

延べ床面積2000㎡程度の建物まで建築されてきている。200～500㎡の規模が多い。

(3) 建設地

九州から北海道に至るまでほぼ全国的に建築されている。

(4) 使用樹種

外材の松や樺、内地材の松や杉等、場合によっては地元材を用いると言った建築物毎に樹種を選ぶ傾向が増えている。

(5) 集成材構造の選択者

各地の設計者、木材関係業者、そして一般顧客によって集成材構造が選択されているケースが多い。

(6) 施工職種

木工事大工職によってほとんどの場合、集成材の施工が行なわれている。大スパン構造

の建方には、鉄骨蕎麦が大工職に混じって施工を行なっている。

(7) 設計・施工

伝統的な木造在来軸組の延長で設計・施工されるものから、S造と同じように大スパン架構や、立体トラス造として設計・施工されるもの、また、その中間的なものも多く、幅広い設計・施工法が用いられている。経験者が少ないので、関係者のお互いの提案に基づいて建築物毎に独自に建てられているケースが多い。

(8) 建築コスト

現在では、鉄骨造より材・工共に高くついているようである。

(2) どのような方向に動いているか

以上のように、現状は、始まったばかりといった状態で、混沌としているが、将来に向っての重要な動きも数々有る。

(1) 集成材構造の高さ制限の緩和

昨年末に、38条の認可により、高さ制限の緩和と共に大型集成材構造に対する考え方が防火と構造の両面から明確化された。集成材構造が、特殊建築物から一般建築物へと一歩踏み出した感じを与えた。

(2) 集成材の耐火性が正しく評価されることへの期待

大断面集成材には、一定の耐火性があること、諸外国の耐火性評価の実例など最近専門誌に多く取り上げられるようになった。

今後、部材ベースの耐火性が正しく認識されると共に、集成材構造が耐火建築物として評価されることへの期待が持たれる状況もで



てきた。

### (3) 機能材としての使われ方が増える

単なる美観上からの選択動機ではなく、耐久性や木造の維持管理の容易さと言った合理性からの選択が増えてきた。

### (4) 中・大型の施工がゼネコンの範疇に入 って行こうとしている。

中・大型化が、建築総額の増化をもたらし、木工事を主体とする工務店請負から、ゼネコンによる建設へと施工業職が移りつつある。

## (3) 集成材構造物の将来

### (1) 集成材構造の高度化

構造や防火に対する考え方の明確化、機能材としての使われ方、そしてゼネコンの管理下での建築となると、当然の結果として、建築コストに対する要求も厳しくなり、合理的な集成材構造へと淘汰されて行くことになる。

そして、設備機器の複雑化、各種仕上材の多様化と、集成材躯体を取り巻く環境は否応なく高度化されるだろう。

### (2) 構造技術の裏付け

工法は、合理的な工法へと発展して行くことが予想されるが、架構形式、構造計画は、計算機や計算技術の発達により、多種多様な構造が出現し、その裏付けとなる各種基礎技術の進歩が不可欠となろう。

### (3) 経済性と安全性

しかしながら、集成材構造物の経験、実績は、一部の架構形式のものを除き、未だ未だ少ない。一方では、経済性の追求が進み、建物としての安全性をどうバランスさせて行くか、重要な課題である。

### (4) 集成材原料樹種

コスト面を始め、要求の高度化に答え得るしかも、安定的に供給可能な樹種は果してどうなるのか。今のままでは将来共、外材に依

存せざるを得ないのか？

### (5) 施工職種

木工事大工職の進出が望まれるが、いずれにしても、現状の大工職と鉄骨職の中間的な職種が必要となってくる。

### (6) メーカーの立場

中・大型建築物の材料として、集成材をゼネコン業界へ流通させて行くとなると、構造躯体としての部材であるだけに、保蔵、検査等のシステムもS造やRC造で行なわれているように、何らの方法で必要となってくるであろう。

建築物の区分として集成材構造を、S造、RC造、SRC造等の他構造と冷静に比較して見ると、集成材構造がここ10数年技術的進歩が滞っていたことに対し、他構造はS造の発展に見られるように目ざましい革進を遂げている。その両者の差は、極めて大きなものとなっている。この差をいくら縮めようと努力しても、むしろその差は広がる一方であろう。

しかしながら、現在、見直し基調にあるように、木造の良さが、或る用途によっては再評価されようとしている。

それだけに、集成材構造の持つ本質、合理性を充分発揮できるように、体系だった進め方を、関係各位の皆様と共に、研究開発を進め、確実な前進を続けて行きたいと願っている。