

昭和 60 年度

木材強度・木質構造研究会

シンポジウム要旨集

昭和 60 年 10 月

日本木材学会
木材強度・木質構造研究会

昭和60年度 木材強度・木質構造研究会プログラム

日 時：10月7日

場 所：東京大学農学部2号館8番教室

テーマ：木質構造における丸太の利用と問題点

- (1) 国産針葉樹丸太の生産と流通 4
林業試験場 西村勝美
- (2) 丸太材の構造物への利用 — 北林産試における開発事例 —
..... 8
北海道立林産試験場 丸山武
- (3) 校倉造りについて 14
林業試験場 平嶋義彦

司 会：日本住宅・木材技術センター 小倉高規

木質構造における丸太の利用と問題点

108

Copyright © 2013
All rights reserved.

国産針葉樹丸太の生産と流通

林業試験場木材部 西村勝美

はじめに

今日、国内の森林資源は、戦後造成による約1,000万本の人工林を中心にして、年間に約6,000万本もの蓄積増があるとされている。この蓄積増は、35年生以下の林分が主体であって現状では直ちに利用できないが、この量は平均的な木造住宅の木材使用量からいえば、毎年約200万戸の建築を可能とする木材に相当している。このような資源は、当然のことながら、中長期的には利用可能となり、量的な側面に限れば、わが国の木材供給の主要な部分を占めることもできる。

しかし、これら林木は、その育成過程における長期の外材攻勢から、相対的に手入れが粗放的に行ってきたものが多くといわざるを得ない。つまり、限られた林業地からの生産材を除けば、その多くは伐期に達して径級的には満足しても、材質面から建築用の耐力部材あるいは化粧材としての利用に不向きな生産材の供給増加が予想される。

国産材が現状まで需要部門を維持しているのは、良質材とその生産、加工、利用が外材との市場競争に打ち勝てる分野である。とすれば、国産材の需要確保や拡大の基本方向は、今後には供給増が大幅に期待される品質的に良好といえない丸太の用途開発こそが重要であり、それが国内林業の尖地回復に対する課題でもあるといえよう。

ここでは、国産材、特に針葉樹丸太が現実の木材市場へどの様に生産され、流通しているか、これまでの実態調査結果を基にして紹介することにする。

丸太生産の実態

わが国の木材需要量は、昭和55年頃まで約10年間続いた年間1億㎡の水準から、56年以降、9,100万㎡前後まで減少している。しかし、供給量に占める国産材(自給率)は、依然として約半であって、全体としては輸入材主導の木材供給を構成している。

国産材の供給は、これまでその約65%が針葉樹材で、約35%が広葉樹材である。また針葉樹材はその主体が国有林の人工林から生産されるのに対して、広葉樹材は国・公有林の天然林からの生産が中心に行っている。

針葉樹丸太の最近の生産量は、年間2,100万㎡と示され、樹種別にはスギが39~40%、ヒノキが16~17%、カラマツが4~7%、アカ・クロマツが18~20%、残りがエゾ・トドマツ、モミ、ツガ、シラベなどである。最近の傾向をみると、スギとアカ・クロマツの生産量には大きな変動がなく、年間ほぼ一定に行っている。しかし、ヒノキは減少傾向にあるし、逆にカラマツが年々増加の傾向にあることが知られる。ヒノキの減少は、老壮齢林からの良質大径木が資源的に少なくなったことと、木造住宅の和風建築が後退したことや、市場価格の伸び悩みから主伐林分でも、伐期をより延長させるという動きが背景にある。また、カラマツは、戦後造林が盛んで、生産材の主体は小径間伐材である。なお、アカマツは、虫害の全国的発生から被害木の伐採もあるが、一方では被害を及ぼす前に伐採しようとする傾向が強いようである(表1)。

表1. 国産針葉樹丸太の生産量

年次	総数	スギ	ヒノキ	カラマツ	アカマツ クロマツ	その他
55	21,427	8,446	3,567	1,187	4,210	4,017
56	20,145	7,969	3,375	1,232	3,750	3,819
57	20,860	8,083	3,295	1,429	3,839	4,214
58	20,648	7,864	3,259	1,509	3,777	4,259

資料: 農林水産省統計情報部「木材供給報告書」

針葉樹の蓄積はその約70%が人工林に存在し、現在までの丸太生産は建築用材を主体に行われている。伐期はスギで40年生以上、ヒノキで50年生以上となっており、この間、植栽後15~20年生で第1回目の間伐を行い、その後主伐までに1~2回実施するのが普通である。このような状況で伐採された林木は、材質を考慮しながら一定の規格で丸太生産されている(表2)。丸太の加工・利用では、径級との関係が極めて重要な因子になるが、この点について計数的に表わす資料はない。実態調査に基づく主要な針葉樹を例にすると、柱角向けが多い径14~28cmの中丸太が全体の60数%を占め、母屋角向けを中心とする径

表2. 実際面における丸太の用途別規格

用途	主要樹種	直径範囲 (cm)	長さ (m)	曲り率 (%)
柱用	ヒノキ	心径: 14~18 心径: 40以上	管径: 2.0, 3.65 通し径: 4.0	10未満
	スギ	心径: 14以上 心径: 14以上	4.0, 3.0 (3.65)	15以下
母・脚用	アカマツ スギ カラマツ	アカマツ: 12以上 その他: 14以上	4.0, 3.0 4.00~4.30	アカマツ 20未満 その他 30+
母屋角用	スギ ヒノキ	スギ: ヒノキ: 10以上 カラマツ: 12以上	4.0, 3.6 (3.65)	30未満
柱太用	スギ ヒノキ	6以上	4.0, 3.0 (2.8)	35未満
母屋角用	スギ ヒノキ	24以上 (直径)材, 丸玉~3層玉	4.0, 3.65, 2.0	10未満
	板用	スギ ヒノキ	6以上	2.0~4.0
土木用材	柱角用	スギ, ヒノキ: 9以上 カラマツ: 11以上	4.0, 3.65, 3.0	40以下
	足場板	スギ カラマツ	10以上 (直径)材	4.0
ボルト用材	スギ ヒノキ	(3) 5~12	2.0~4.0	60未満
チップ用	カラマツ スギ ヒノキ	6以上	1.8, 2.1	-
足場丸太	スギ ヒノキ カラマツ	5~8 (完口10未満)	5.4以上1.8とび	1.5未満*
電柱用	スギ カラマツ ヒノキ	小直径: 8~10 その他: 16~22	小直径: 5.5以上0.5 その他: 7.0以上とび	15以下
屋木支柱切り丸太	スギ ヒノキ カラマツ	3~6	0.6~0.0	20以下
枕木用	カラマツ アカマツ ヒノキ	4~34	0.6~3.0	5以下*

資料: 西村勝美「国産針葉樹材の採材技術」, 木材工業, Vol. 38, 頁 438, (1983. 9)

(注) 1. 主な針葉樹材の流通実態を基にした用途別規格である。
2. 基準長には、曲り等の欠点の程度によってつけられる「短べす」を含めていない。

表3. 針葉樹丸太の径級別生産割合

(単位: %)

樹種	径級	13 cm未満	14~28 cm	30 cm以上
スギ		15~25	55~65	20~25
ヒノキ		10~20	65~75	15~16
カラマツ		25~30	65~70	5~6
アカマツ		20~25	50~60	15~20

14cm未満の小丸太と、敷居や鴨居などを木取る径30cm以上の大丸太が各々15%の割合を生産されているようである(表3)。なお、径14cm未満の小丸太は、その40~50%が間伐材(年間180~190万m³)で、残りが主伐材の木によると思われる。

丸太の流通・取引実態

針葉樹丸太は、スギで96%, ヒノキで98%カラマツで62%, アカ・フロマツで約60%, その他樹種で75%までが製材原木として利用されている。したがって丸太の流通機構は換言すると、製材原木のそれであるといえる。製材原木の市場流通量は、全体としてみると森林所有者から直接的に製材工場へ渡るのが最も多く、次に森林所有者→素材生産業者→原木市場→製材工場、さらに森林所有者→素材生産業者・森林組合→製材工場という径路にっている。なお、小丸太のうち、製材原木以外の足場丸太、く丸太などは森林所有者→森林組合→需要業者という径路を辿り、実態からいえば、原木市場で公開取引される数量はそれほど多くないといえる(図1)。

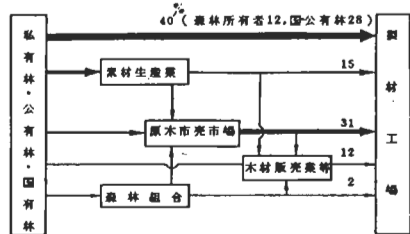


図1. 製材原木の流通経路

表4. 丸太流通段階別の代金決済方法

流通段階	代金決済方法
立木所有者 → 製材生産業者 (製材工場、森林組合など)	立木売買契約時約30%, 製材生産業者受取時約30%, 製材生産業者完了時一括払い、すべて現金決済(取引数量小の場合は先買契約時で100%現金決済)
製材生産業者 → 製材業者	約80%が現金、残額は30~60日以内の月形
製材生産業者 → 原木市場 (含む積込運出)	市日後10日以内現金決済
原木市場 → 製材業者	市日後10日以内現金決済(小口取引)か、市日の翌日起算で30~90日(取引数量により)が異なる。日付の手形

注: 国・公有林の立木・製材販売を除く。

丸太の取引条件は、流通段階によつて様相を異にするが、それはまた取引量、取引先の信用度合、時期、需要動向、市況動向によつても違ってくる。レガレ、国産材の場合、一般的にはその生産・流通の担い手が弱小なことや、外材と比べて市況の変動が大きい。このため、外材の取引よりも決済期間が短かく、しかも現金払いという方法が反面的に行っている(表4)。

丸太の流通機構では、その適正な価格形成の場として原木市場の存在がある。そこでは複数の荷主(森林所有者、素材生産業者など)から販売委託された丸太を単に競売することだけでなく、買い手としての需要者(製材工場等)の実態を考慮して樹種別、形質別、用途別の仕分を行ひ、量的にまとめながら在庫機能と価格調整機能をも果たしてきている。原木市場の存在は、国産材の主要産地において数多くみられ、各産地の丸太流通の拠点となっている。

各産地あるいは同一産地においても、生産材の形質には差異があり、当然、それら丸太の加工・利用方法に違いがある。このため、各産地には、産地特有の丸太仕分け基準が設けられ、需要者に答えるとともに、形質別の

丸太価格が形成されている。なお、各産地の丸太仕分け基準のうち、製材原木のそれは、多くの場合、産地の製材方式を物語っていることを何言しておこう(表5, 6, 7)。

表6. 天竜産材の取扱事業と入荷原木の仕分け基準

静岡県森産天竜産業所(原木共販)		
出 発 地 域	森産産、地域森林組合	
採 集 額	38,000~40,000円/年間(7の日市/月平均3回)	
樹 種 別	スギ: 70% (小丸太70%, 中丸太25%, 大丸太5%)	
樹 種 比	ヒノキ: 25%	
樹 種 比	マツ: 5%	
荷主(出荷者)	天竜地区の木・製材業者(取扱量の30%弱)、森産産系統(単組出荷分、この中に国有材を1部含む、30%)、森林所有者(30%)	
取扱材の産地等	取扱量の10~15%が地場産材、それ以外は立寄り市町村産材	
入荷原木の仕分け基準等 (スギを中心とする)	木口径(㎝)	主 要 用 途
	8以下	枕丸太、たる木向(4m)
9~13	押角、母蓋角、小編板向(4mまたは6m)	
14~16	柱向(管柱用は3m、通し柱用は6m、但し管柱用でも芯材は3mのほか、3.65m, 3.8mがある)	
18~20	(良質材) 役物柱向、(並材) 並物柱向	
20~22	(並材) 一般造作材向、(良質材) 役物造作材向	
24~28	(良質材) 役物造作材向、(並材) 一般造作材向	
30以上	役物・一般造作材、役物(割り角)柱向	
	○ヒノキは木口径18㎝以上を選り落しとする	
	○スギ、ヒノキ木口径8㎝以下は本数売りとする	
	○並材、損傷材は別扱とする	
買 方 等	○地域内外の製材業者約120社(製材業者の性格としては、市場売り主体のもの50%, 問屋売りのもの40%, 地場売りのもの10%)	

表7. 西川産材の原木市場における入荷原木の仕分け基準

材 種	材長(m)	木口径(㎝)	主 要 用 途
スギ	30	3 ~ 6	緑化木支柱、枕、ダンケージ向
		7(8)~12	バブ角・スギ・スギ丸太製材向
		13 ~ 16	柱角製材向
		16(18)~24(20)	柱角製材向
スギ、ヒノキ丸太	40	3 ~ 7	緑化木支柱、枕、ダンケージ向
		8 ~ 12	バブ角・母蓋・間柱製材向
		12 ~ 16	柱角製材向
		18 ~ 24(20)	柱角・造作材製材向
		(18)~(20)	(良質材) 役物柱製材向
		(22)~(28)	(並材) 並物造作材製材向
(22)~(28)	(良質材) 役物造作材製材向		
	26 ~ 28	一般造作材製材向	
	30 ~ 40	一般造作材製材向	
	(30)~(40)	(良質材) 役物造作材製材向	
スギ、ヒノキ足場丸太	6.2	6.0	12(13)~16
		7.0	(14)~18
スギ、ヒノキ足場丸太	6.2	7.2	足場丸太用
		6.2	
		9.0	
		9.0	
スギ、ヒノキ丸太	6.0	16 ~ 18	柄丸太用
		16 ~ 22	
		11.0~12.0	
並材、スギ材等欠点のある丸太は別扱とする。並材は大曲りと小曲りに区分する。			

(注) 表示はスギの場合、但し()はヒノキとする。

表5. 天竜産材の原木市場における入荷原木の仕分け基準

直材の場合: 木口径6cm未満は本数取引、6cm以上は円形取引			
樹 種	材長(m)	木口径(㎝)	主 要 用 途
スギ	3.0	5以下	枕・ダンケージ向
		6~12	たる木・押角向
		13~16	柱向
	3.65	18以上	柱向(1~2番玉)、通し柱用は6m
		16~28	造作材・桁材向
		30以上	柱・造作材向
ヒノキ	4.00	5以下	枕・ダンケージ向
		6~8	たる木向
		9~13	押角・小編板向
		14~18	柱向・母蓋・桁向、通し柱用は6.6m上
		20以上	造作材・柱向
3.00	スギと同じ	スギと同じ	
ヒノキ	4.00	14~20	土台・柱向
		22~24	柱・土台向
		26~28	造作材・柱向
		30以上	造作材向
並材の場合: 円形取引、なお小丸太に限って大曲材と小曲材に仕分けする			
小丸太(木口径13cm以下、材長3m以下) 主として枕用(横切りせず縦横み)			
中丸太以上で定尺以下の材長のもの 主として薪用、縦尺の割角用とする			

丸太価格の形成

既述のように、わが国の木材自給率はこれまで約半を占めるに過ぎない。したがって国産材、特に針葉樹はそれと代替関係にある外材の輸入量や輸入価格との関係において価格が形成される。国産材と外材の代替関係は、例えば、スギとベイツガ、ヒノキとベイヒ、アカマツとベイマツ、ヒバとベイヒなどのように、同一需要分野で直接的な競争を示すものがある。特にスギについては、ベイツガ丸太はもちろん、最近では、輸入製材品の市況に大きく影響されて丸太の市場価格、山元価格、立木価格が形成される。もともと、すべての木材価格は、需要の全体的な減少や非木質系資材の需要部門への定着など、市場構造的な要因から相対的に低水準におさえられているが、その中でも国産材はより安価な外材の価格に主導されて決定されているのである。つまり、国産材の市場価格はコスト主義的なメカニズムでは形成されないといえることができる。

スギ、ヒノキの丸太価格は、特に中小丸太において、その加工製材品がベイツガの輸入製材品と直接的な競争関係にあるため、常に輸入製材品の相対的な価格水準の低位性から価格がおさえられてきている(図2)。

とはいえ、中小丸太は径級による価格差のほかに、同一径級でも年輪密度や節数、節の大小、心材色、曲りの程度など、材質的な差異によって著しい価格差がある。針葉樹丸太の主要樹種について、径14~28cmの中丸太を例に、林齢と価格の関係と調査結果をみると、スギ、ヒノキでは長伐期の丸太ほど年輪密度が高くなるため材価が上昇することが認められる。しかし、カラマツでは30年生以上50年生未満の範囲ではそれほど格差が小さい、アカマツでは40年生以上、例え70年生以上

でも径級価格差が小さい。このことは、製材系木として加工しても、製材品の用途に限界があるためと考えられよう(図3)。

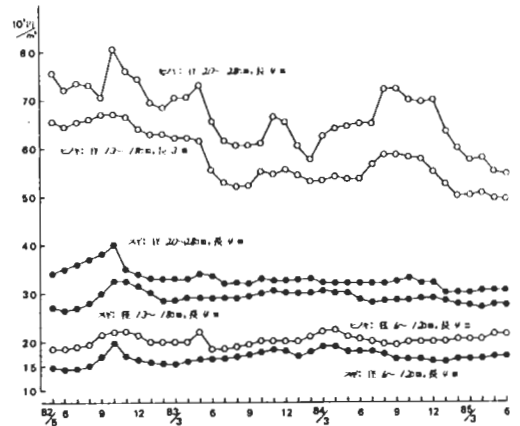


図2. スギ・ヒノキ丸太の径級別市場価格(概算)

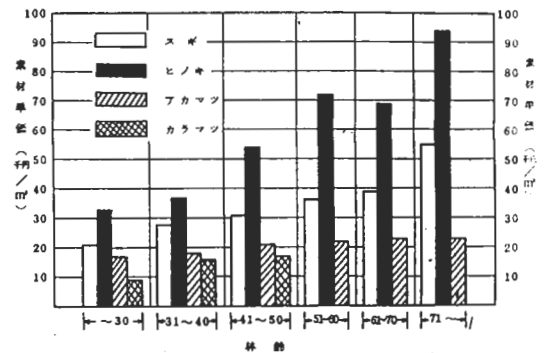


図3. 林齢別の丸太市場価格(三重県)

以上、国産針葉樹丸太の生産・流通の現状を主として調査結果の内容から紹介してきた。既述のように、国内の森林資源は戦後の造林地が成熟化するに伴い、中・長期助には利用可能なものとして存在し、供給増も期待できよう。しかし、これら森林から生産材は、総体的にいえば、高質材とはいえない中小丸太が主体になることが予想される。その意味では、こうした丸太をいかに生かして用途拡大を図っていくかが今後の課題であり、それらまた国内材業・国産材の振興にも連がるものと考えている。

丸太材の構造物への利用 —北林産試における南産事例—

北海道立林産試験場 丸山 武

1. はじめに

木材は様々な加工技術を駆使されていろいろな構造物に使われている。しかし、資源状況あるいは加工コストの面から成可く手を加えずに自然物に近い形で木材を使うことも見直されてきている。構造物によっては丸太のまま使った方が意匠的にもかえってマッチする場合も多い。

当場ではこれまでカラマツ中小径材の用途南産ということによって様々な事を手掛けてきたが、その中で本テーマである丸太の利用という面ではポールコンストラクションや丸太組構法などを扱ってきた。ここではこれらの南産事例について簡単に紹介する。

2. ポールコンストラクションによる畜舎

現在の畜舎の多くは鉄骨造等の非木造で、室内結露に起因する畜舎環境の悪化が大きな問題となっている。又、経営規模の大型化で建設費も住宅並みの価格になっており、農業生産に及ぼすコストの影響は極めて深刻にな

っている。そこで、低コストの畜舎に北米等で見られるポールコンストラクション(Pole-Frame Construction)を適用してみた。この構法は地中に埋め建てたポールトラスと組み合わせたもので、次の特徴としては、

- (1) 躯体工事が容易で、高度な技術を必要としない部分が多く、コスト低下の可能性が大きい。
- (2) トラスによる小屋組の採用で、建物内部に柱が無く、広い空間を必要とするあらゆる農業用建物に適用可能である。
- (3) 躯体に木材を使うため、結露によるトラブルが少ない。
- (4) 中小径の丸太を使うので、本道の製材部

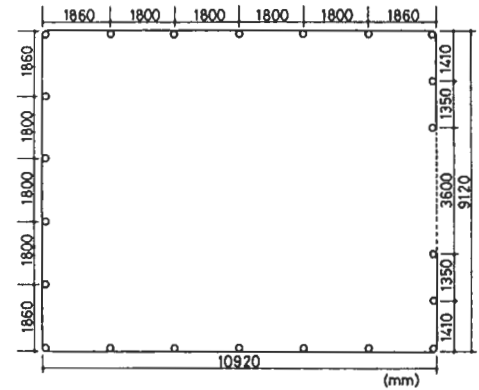


図-2 建物の平面 (○印ポール)

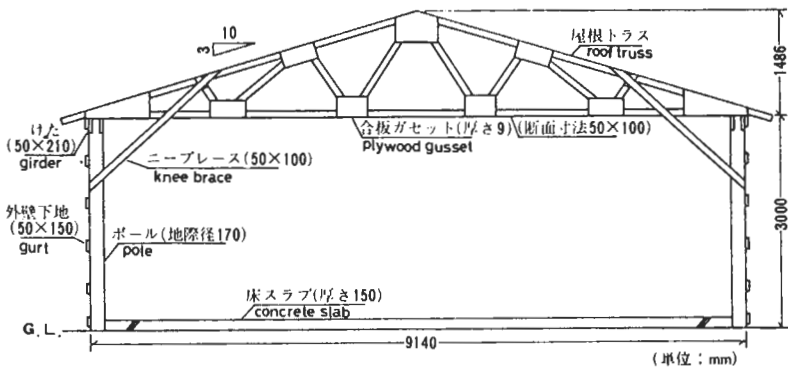


図-1 竹組の概要

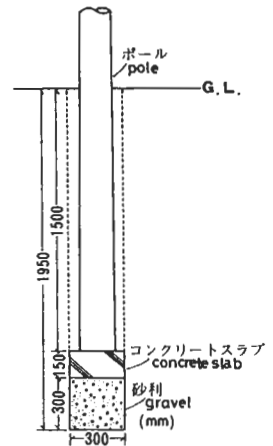


図-3 ポールの地中部分

に多いカラマツを有効に利用できる。
 などがあげられる。

<構造の概要>

丸太を地中に埋め立てるという構法は我が国では「掘って立て」と呼ばれ、極めて原始的かつ安っぽさを想起させるが、これが北米やNZなどでは水かさとした構法として存在し、農業用に限らず住宅等にも立派に使われていることは驚きさえある。

当场で試作した建物の平面及び骨組の概要を図-1及び-2に示した。構造が一着問題となるのはポール径である。通常の場合、ポールの断面は風圧力によって決まるが、この場合は積雪1mを想定しているの、 λ の両者について地際部分に発生する最大曲げモーメントを比較したが、積雪時地震力で決定され、地際径17cmのカラマツ丸太を使用した。ポールの地中部分は図-3に示したように、底部に砂利を30cmに突き詰め、 λ の上に15cm厚に捨

てコンを打ち、 λ の上にポールを載せて埋め戻し、突き固めをして固定する。

<突大建物の水平加力試験>

完成した建物について張向方向及び桁行方向について片振り方式で水平加力試験を実施した。¹⁾ λ の時の荷重~変位図を図-4と-5に示した。 P_w は建物に加わる設計風荷重、 P_s は地震力である。

設計地震力に対する張向方向での変位は約1/170rad、桁行方向では約1/250radで、設計荷重の1.5倍近くの荷重に対しても変位は直線的で、十分な水平剛性を有していた。又、躯体の接合部には何ら損傷は見られず、ポールの湾曲もなかった。

<建築法規との関わり及び実用化>

布基礎を有さず、筋かいも入れていないポールコンストラクションによる建物は極めて大きな水平剛性を有していることが実験的に確認された。しかし、現行の建築法規との関

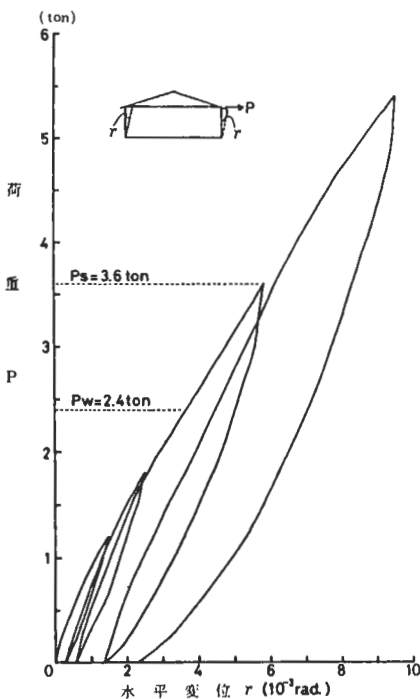


図-4 荷重~変位図(張向方向)

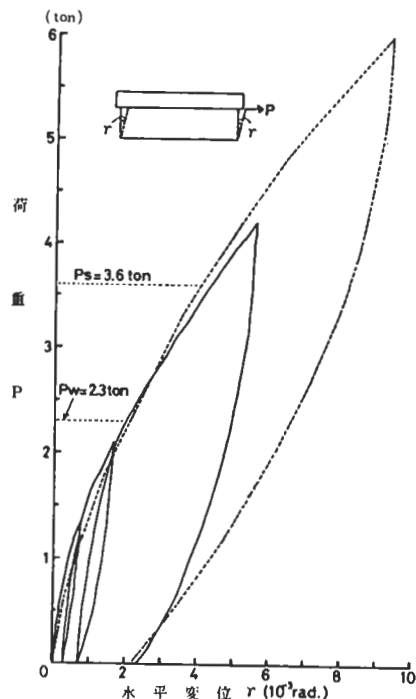


図-5 荷重~変位図(桁行方向)

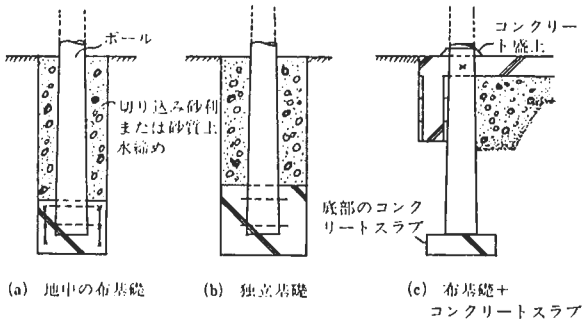


図-6 改良された基礎の種類

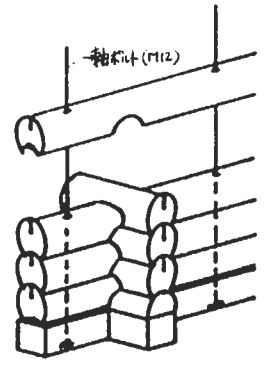


図-7 部材の組み方

連む。この構法は基礎の問題（建築基準法施行令第42条）あるいは耐力壁の問題（同第46条）が明らかに抵触する。そこで、これらに関して建築行政関係者と協議をし、基礎の改良（図-6）、壁には筋かいを設ける等の条件を入れて「農業用PT型ハウス設計標準仕様書」を農地建築研究所及び農業試験場との共同研究の成果として作成し、関係当局に認知されるに至った。現行法規ではたゞ畜舎であっても住宅と同一の規準を適用されるのは当然ではあるが、現況にこれまでの安全性が必要なのか検討に値する問題と思う。

これまでPT型ハウスは道内で畜舎や乾草庫等の農業用建物としてかなりの数が建てられている。耐震はカラマツ、スパンは6kまでに限定されているが、さらに耐震の拡大及びスパンも8kまで広げるための検討を行っている。又、木柱が地中に埋め込まれることから防腐処理は不可欠であるが、これらの耐久性についても実験的検討を続けている。農業試験場での環境試験から畜舎として秀れていることも実証され、道農務部が農家への普及に現行努めている。

3. 丸太組構法 (Log Construction)

木柱を横に積んで壁を構成する構法は洋の東西も問わず極めて古くから存在し、我が国では棧倉構法とも呼ばれている。木柱の形状

も丸太のままのものから角柱、板柱等様々のものが使われている。しかし、実際に建てる場合には部材が一定の形状である方が曲がりや凹凸も取れて都合がよい。そこで当場では数年前に丸棒切削機を導入し、カラマツ中小径柱の利用開発を進めてきた。これは丸太と適当な直径の等断面丸棒に削り、部材を規格化し、これにより丸太組構法による建物をつくろうというものである。

<構造の概要>

丸太組構法の構造的特徴としては軸組構法に見られるような柱や筋かいを有さず、これらに替るものとして丸太と交差させた棧倉組交点を有する壁体がある。この交点に有する壁体によって鉛直荷重及び水平荷重が支えられる。

水平力に対してはかみ合わせられた交点の組手などのものが抵抗することと前提しているが、丸太相互の滑り止めとしてのゴボや、組み上げられた壁体全体と一体化するための通しボルトを要所に配置して補強するのが一般的である。ゴボを入れる方法はかなり手間がかかり、壁の垂直度を出すためには精度よく加工する必要がある。そこで、ゴボを省略し、軸ボルトのみで壁体を緊結する方法を採用してみた（図-7）。この場合、軸ボルトを通す丸太の孔はボルトの径より大き目のので余裕は

あるが、大変形を受けてもはぶれることはないで軸ボルトがサポの機能をもたしていることになる。

〈交点を有する壁体のせん断耐力〉

交点を有する壁体の許容せん断耐力を決定するために水平せん断試験を実施した。試験はJIS A 1414に定められた壁体パネルの水平せん断試験方法に準じて行った。交点単体壁長さ90cm (L90) の場合の試験体図を図-8に示した。部材はカラマツの直径14cm等断面円柱である。

試験の結果を水平変位一定時の耐力として表-1に示した。加力は変形が1/30 rad を過ぎた付近で中止したが、実際の最大荷重に至るまでにはまだ余裕があるものとみなせる。一般の耐力壁の場合、みかけの水平変位が1/20 rad 時の荷重と、最大荷重の2/3のうち小さい方の値の3/4を短期許容せん断耐力としている。孔状組構法の耐力壁についてもこれに準じて求めると、1交点当りの許容せん断耐

力は次のようになる。

$$L90 = 3/4 \times 240 = 220 \text{ kg}$$

$$L120 = 3/4 \times 445 = 330 \text{ kg}$$

$$L180 = 3/4 \times 1551 \times 1/2 = 580 \text{ kg}$$

これら1交点当りの許容耐力を壁長さを考慮した壁倍率に直すと次のようになる。

$$L90 = 220 \text{ kg} \times 1/0.9 \times 1/130 = 1.9$$

$$L120 = 330 \text{ kg} \times 1/1.2 \times 1/130 = 2.1$$

$$L180 = 580 \text{ kg} \times 1/1.125 \times 1/130 = 4.0$$

すなわち、交点単体試験体では倍率2、交点が連続した場合では倍率4とみなせる。これらの試験は他の部材断面やカラマツ以外の樹種についても実施したが、同様の傾向であった。³⁾

〈実大建物の水平加力試験〉

交点単体の許容せん断耐力をもとに設計した建物が設計耐力を確保しているかどうかの検証と、軸ボルトの緩みや他の施工誤差等の影響を観察するために実際に建物を建て、その水平加力試験を実施した。²⁾ 試験建物の平面と断面を図-9と-10に示す。試験は張間と桁行の2方向について各々正負繰り返しで

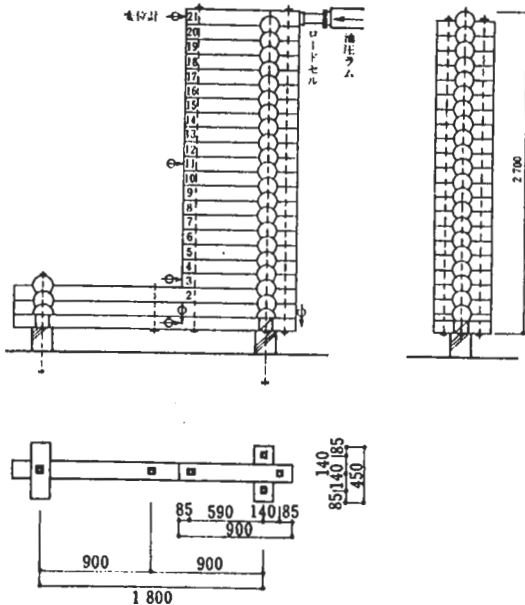


図-8 試験体図 (L90)

表 1 水平変位一定時の荷重一覧表

試験体記号	P _{1/30}	P _{1/20}	P _{max}	P ₃₀
L90-1	190	302	489	726
-2	167	279	458	708
-3	193	324	533	815
L90-R1	192	299	419	578
-R2	155	258	400	617
-R3	174	275	428	633
(平均)	(179)	(290)	(455)	(680)
L120-1	252	385	621	992
-2	301	468	721	1112
-3	308	482	743	1109
(平均)	(287)	(445)	(695)	(1071)
L180-1	962	1327	1750	2294
-2	1302	1584	1810	2186
-3	1399	1741	1978	2359
(平均)	(1221)	(1551)	(1846)	(2280)

P_{1/30}: みかけの水平変位が 1/240 rad の時の荷重 [kg]

P_{1/20}: " 1/120 rad "

P₆₀: " 1/60 rad "

P₃₀: " 1/30 rad "

校舎造りについて

農林水産省 林業試験場 平嶋義孝

はじめに

最近のアウトドア生活志向を反映してか、丸太小屋風の別荘を自分で作ることが盛んになってきている。各地の森林組合でも間伐材を用いたものなどいろいろな種類の校舎を試作し、そのうちの幾つかは販売されているという。また現在開発計画中のものも数多くあるようである。

ところでわが国の法律（建築基準法）によれば、柱、梁、筋違を基本として躯体を組み上げる在来工法又は建設省告示1017号に規定されるいわゆる枠組壁工法以外の構法は、建築基準法第38条の規定に従ってその構造方法の安全性を建設大臣に認めてもらわなければならないことになっている。校舎はこの38条の認定をとらなければならない構造である。しかしこの点に関する知識が広く一般化していないためか、無認可のまま建ててしまっから使用禁止命令や改善命令を受けて困惑している例が各地にみられる。認定のための構造評定は少なからぬ時間と費用が必要なため、個人的に作る建物ではかなりの負担となるようである。現在各地で建てられている校舎は外国から導入したものが主流をなしているのであるが、導入の際やはり必要となるこの評定事務の簡素化を輸出国は日本に要望している。これに応じて政府は、丸太組み住宅の構造実験の一部簡略化など認定事務の簡素化、迅速化を、市場開放のための行動計画の一環として発表している。校舎造りに対してはこのように国の内外から問題点の指摘や要望が数多く集まっている。

校舎造りはわが国でも古い歴史を持つ構造であるが、今日でも一度その建物を見た人に

はその独特の木の味わいを忘れさせない強い印象を与える構造である。住宅として、あるいは別荘、レストラン、ペンション、クラブハウスなどがあるところに建てられれば、廻り

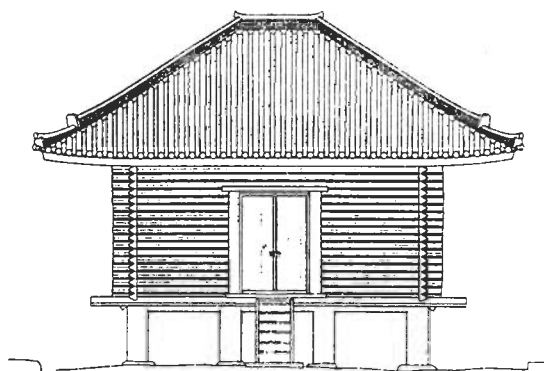


図1. 唐招提寺宝蔵

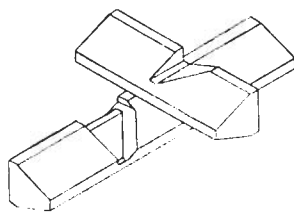
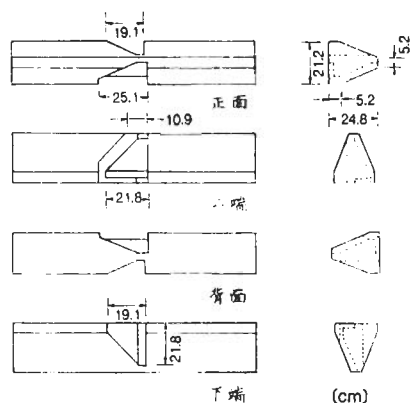


図2. 校木及び校木組手の詳細
(唐招提寺宝蔵)

の雰囲気容易に溶けこむデザイン、天然材料の持つ柔らかなテクスチャ、良好な保温断熱性能、圧倒的な木材の豊饒感に囲まれた心安らぐ室内空間、こういったこの構法の持つ良さが新たに認識され、木の復権につながる一つのインパクトとなるのではないかと期待される。

木材の使用量は一試算例によると、校舎の壁だけで建築面積1㎡あたり0.32㎡で、在来工法では全てを含んで0.2㎡と書かれていることからすれば優に2倍を超える量と考えられる。この構造は小径材や間伐材あるいはナカメ材なども使えるかも知れない。量的にどれ位建てられるか予測は難しいが、林業家をはじめ木材に関係する人々にとってはなかなか興味のある構造である。

校舎の歴史的、風土的背景

校舎構造は一般に木材を横にして井桁のように積みあげ、壁とした構造である。「校舎」の語源は、横に積んだ木が田の畦に似ているところからきていると考えられている。校は横に通じ横にして積むという意味である。横に積む木は校木と呼ばれる。この構法は石やレンガを積み上げるのと同様に極めて素朴なもので校舎の遺構は世界各地に存在していてこの構法の起源はどこかまだ定説はなく、各地域で自然発生的に生まれたものと考えられている。

鉄が伝わった紀元前15～5世紀頃には西及び北ヨーロッパの湖村の集落には校舎で作られた建物もあったと考えられる。中国では紀元前1世紀の漢の時代に校舎構造があったと記されている。わが国で最古の校舎造りの遺構と看做されるのは東大寺正倉院宝庫（8世紀）である。同時代の恵徳院寺宝蔵（図1）、経蔵、法華堂経庫などこれらは6世紀、仏教

と共に日本に伝来したものと考えられる。しかし雄略天皇（西暦457～480）の宮殿「朝倉の木丸殿」と称され日本書紀に記述されている。朝倉は「あぜくら」であり、木の丸殿は丸木で作られた建物と考えられる。日本においてもかなり古くから存在していたことが推察される。わが国に存在する校舎の遺構は全て社寺の宝蔵や経蔵であり、住宅として使われていた（現在も使われている）北吹や北米などとは趣を異にしている。

校木はわが国の場合、殆んどが三角形断面（面をとっているのが六角形とも数えられるが）をしており、これは他の国に例をみない独特のデザインである（図2）。三角形は校を外にして組み錠戸風の頑丈な壁面を作り、室内側は平板で使い易いようになっている。

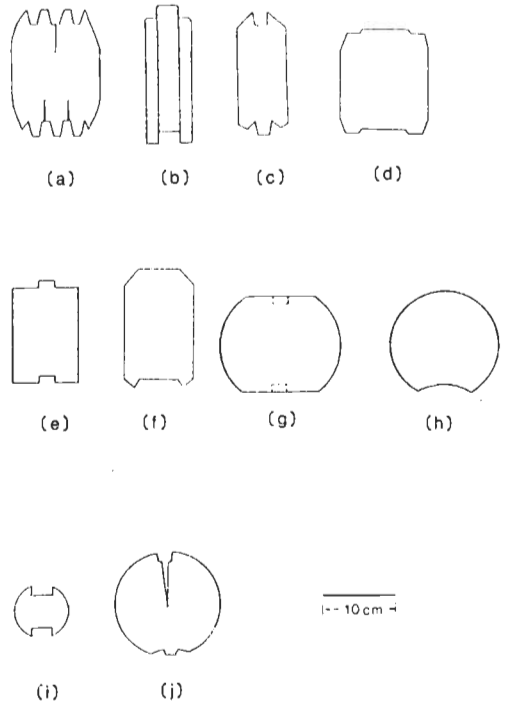


図3 校木の断面形の例

板木が交差する所は図2に示したように精巧な相決り（あいじゃくり）あるいは渡り隠（あじ）になっていて、入った水がすぐ下に抜ける工夫と、ガッチリとした嵌合によって地震や風に抵抗できる機構を疎り入れている。奈良時代既にこのような独特のデザインを持った枚舎建築が建てられていたことは驚きである。

枚舎の分布地域は、フィンランド、スウェーデンなどの北欧、ドイツ、スイスの中欧、シベリア、中国北部、同南部、ヒマラヤ地方、朝鮮半島、日本、北米などで、これらはいづれも北半球の森林地帯で木材が豊富に産出される場所である。木材を多量に使うこの構法は、木材の加工技術及び住宅の建築技術の進展に伴ない木材使用量が少なく平面計画の自由性がより高い柱、梁で空間を造る構法へと変っていった。しかし北欧では現在でも枚舎造りの住宅が数多く建てられているということである。

現代のわが国の枚舎

わが国で建築セクタの構造評定を受けた枚舎構造は昭和45年から現在まで約40件に上る。これらは殆んどがフィンランドをはじめとする北欧か北米から輸入されたものであるが、最近わが国で独自に開発されたものも2、3ある。これら評定を受けたシステムは建設実績2、3棟のものから1000棟に近いものまで様々である。

枚木の断面形で代表的なものを図3に示した。

枚木はその殆んどのシステムで工場で機械によって加工・整形される。しかし(h)の断面のものは自然のままの不整形丸木を用いて積み上げる方法もあり、カナダのBC州にはこの方法を教えるスクールがある。

現代の枚舎は図4にその例を示すように大きな開口をとり明るく住み易い居住環境を作りだす構造として高く評価されている。

交点部分のディテールはいくつかあるがその例を図5に示した。オーバーラップして嵌合するもの(a, c, e, g)とバットのものに2大別される。

枚舎構造の構造耐力

水平力が建物に加わると耐力壁の加力側には湾き上りを生ずる。現在一般にはこれを基礎に緊結した軸ボルトで防いでいるが、外国の建物では地震力が無い小さいこともあって軸ボルトを使用していないものが多い。外国のシステムを日本にそのまま輸入し、この点でトラブルを起しているものが多い。わが国では水平力による建物の転倒に対するチェックは不可欠である。

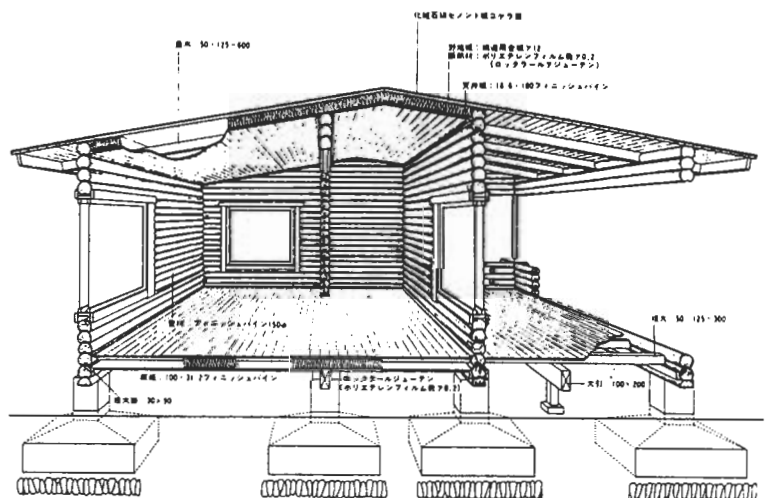


図4. 現代の枚舎

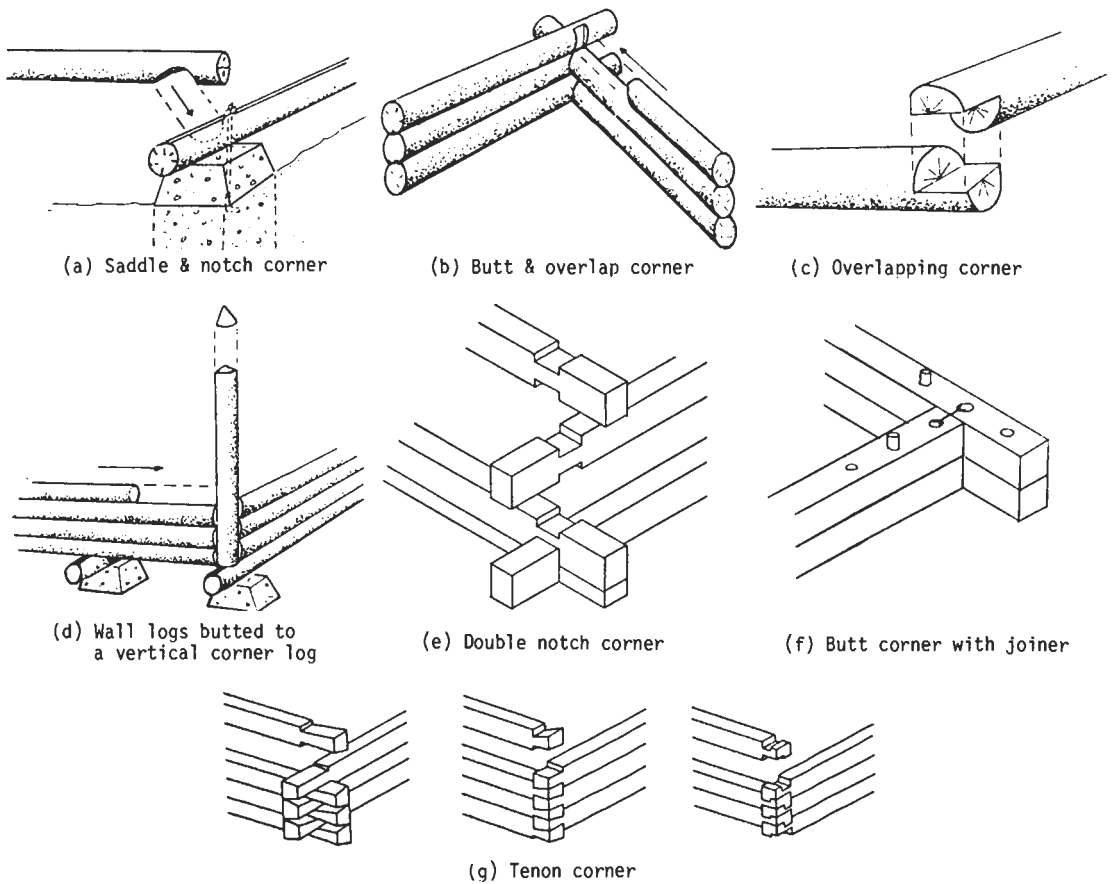


図5. 交点の種類

風、地震のような水平力に抵抗するメカニズムを分析してみると次のような要素に分解できる。

1. 枝木相互に打ちこまれたダボや釘、あるいは壁の上下を貫いて入っている軸ボルトのダボ効果

2. 枝木同士が直交する部分（嵌合部）の交点耐力

3. 自重や軸ボルトの締めつけ力により発生する枝木相互の摩擦力

この他に更に軸ボルトの伸びや座金のメリコミに起因する曲げ変形が建物の変形に影響を与える。これらの要素の働きがそれぞれ個別にあるいは複合した状態でもよいが解明されれば枝倉構造の耐力を評価できることにな

ろう。しかしこれには大きな困難が予想される。一つの大きな理由は、主要な要素1、2は共に木材の加工精度に大きく依存するということである。現在、木構造は一般に建物の変形制限を建物高さの $1/200$ としているので、枝木相互のズレは例えば枝木のセイが 10cm であれば 0.8mm という非常に小さな変形で耐力を決定することになり、ダボや嵌合部のガタなどが大きな影響を与える。加工精度のような人為的ファクターは定量的に捉え難く、工学

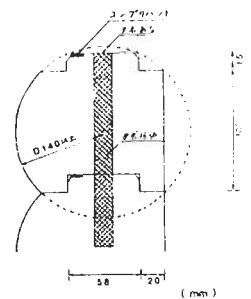


図6. 枝木の断面

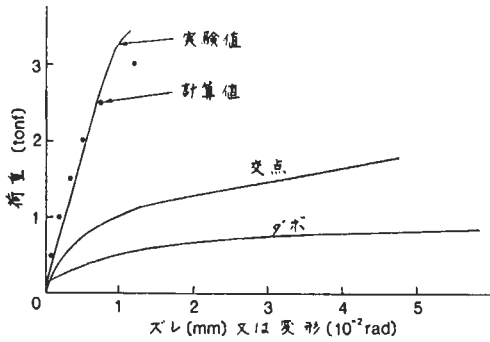


図10. 耐力要素と耐力壁の荷重-変形図
いたものである。この壁にはダボが3列と交点が1ヶ所あるのでそれら要素の耐力を加えたものが図中に計算値としてかき込まれている。計算値は実験値に比較的よく追随しているといえよう。

図11は過去日本建築センターで評定を受けたシステムの耐力とボルトダボ本数の関係を試験体のタイプ別にプロットしたものである。首壁のY切片は交点の嵌合による耐力と考えることができよう。

おわりに

校舎構造は古い伝統と構造的安定感を持つ

ためか、従来構造的な検討はあまり活発ではなかった。内外の注目を集めるようになった昨今でもいくつかの問題点が残されている。

例えば、アメリカなどにみられる通しの軸ボルトを用いない構法に於ける変物の湧上り、保有耐力の検討方法を確立する必要がある。現在一般に木構造では耐力壁に囲まれる面積はある程度がかせられているが、丸太組工法の場合、特に大断面の丸太を用いた場合には狭い空間では息苦しさを感ずるためどうしても大きな空間が欲しいところである。構造安全性をどのような形で保証するか問題である。

校舎の場合、楯や母屋などに2, 3枚の板木を使うことがあるが、この場合の丸太材などの曲げ性能の評価はどうするかなど早急な検討が必要であろう。

また防耐火上の規制、例えば内装制限も、一定の大きさ以上の断面のものについては撤廃できるよう努力する必要がある。

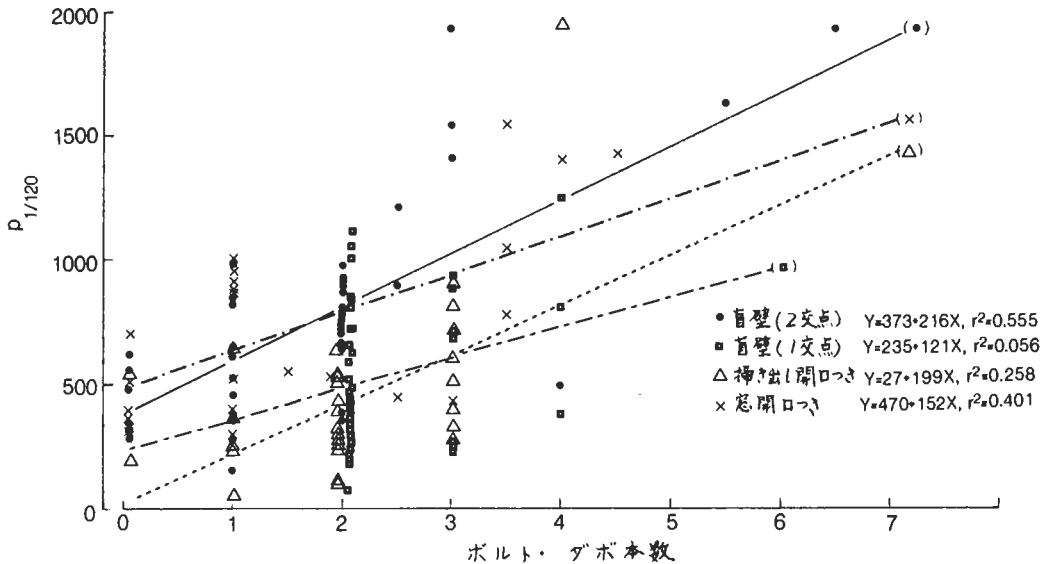


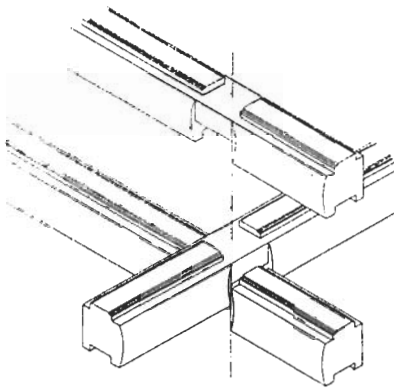
図11. $1/120$ rad 変形時の耐力と耐力壁加力線上のボルト・ダボ本数の関係

的判断によってこれを解決しなければならないことになる。

以下に林試で行った枚倉構造の耐力試験を簡単に紹介してみよう。

試験体は林野庁「ふれあいの郷」プロジェクトで新たに開発した森林の家と名づけられた枚倉で、枚木の断面は木口径14 cm 程度以上の丸太の三面を加工し残りの一面には加工を施していないものである(図6)。交点嵌合部は図7に示すように下半分と雄突部分を欠きとり、

未加工の丸太曲面部分は45°の切り込みを入れてどのような寸法の丸太でも積み重ねられるようなアイデアが施 図7. 交点の嵌合



試験は4種類の耐力壁水平剪断試験(図8)の他に、構造解析のために部分的な解析試験即ち、ダボ接合剪断試験、交点部剪断試験、座金のメリコミ試験を行った。

図9は水平剪断試験より得た荷重・変形曲線である。加力を途中で中止しているが、これは軸ボルトが降伏点に達したためである。軸ボルトに太いものを使えば耐力は更に上昇しよう。試験体のタイプI~IIIではD2即ち回転変形が非常に大きいが、IVではかなり小さくなり剪断変形型へと移行していることが判る。枚倉壁の試験では充分な壁体の長さが必要であることを示唆している。

図10は解析用の試験から得た交点部、ダボ更に耐力壁の剪断試験の荷重・変形曲線を挿

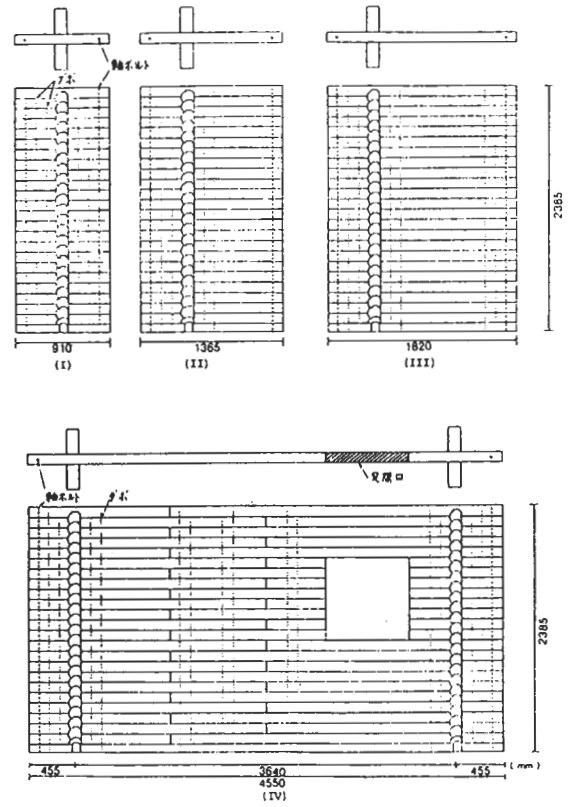


図8. 供試耐力壁のタイプ

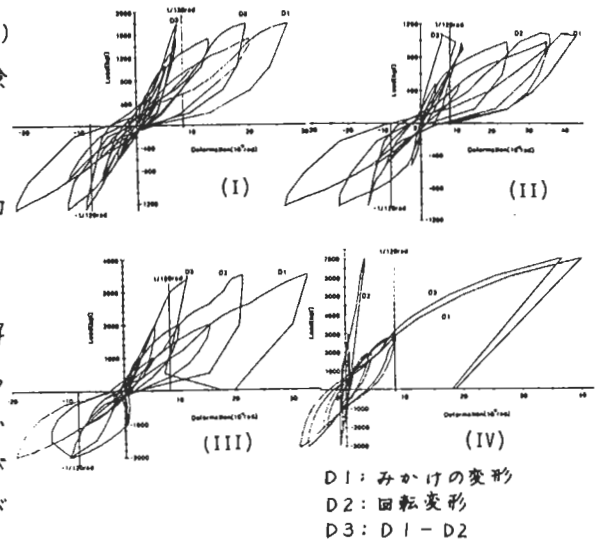


図9. 耐力壁 荷重・変形図