

国内産針葉樹材製品の 強度等調査

I 試験担当者

木材部材料科長	山 井 良三郎
〃 〃 強度研究室長	畠 山 嶋 男
〃 〃 〃 員	中 井 孝
〃 〃 〃	金 谷 紀 行
〃 〃 〃	平 鳥 義 彦
〃 〃 材質研究室長	中 野 達 夫
〃 〃 〃 員	齊 藤 久 夫

II 試験目的

わが国における最近の住宅事情にかんがみ、建設省では北米で育成された「枠組壁工法」を導入し、住宅建設の一般的法体系の一つとして利用することにふみきり、それに必要な準備を総合的にすすめている。農林省でもこれに呼応して、この工法に関連する木質系諸材料の技術資料の整備と規格化の検討を積極的にすすめている。

もともと、この工法では構造材と造作材との区別が明確で、わが国の柱のように、化粧と強度の両性能を同一部材に要求する例は稀である。また、構造部材でも、製品のもつている性能を最大限に利用する主旨から、用途および寸法に応じて、きめ細かく強度等級区分がなされている。このほか、この工法に用いられる枠組材の基本サイズの種類が少なく、かつ厚さがすべて公称2インチに統一されている。

これに対して、わが国の現行の製材規格は化粧と強度の二元表示方式に改められているが、在来工法の実態や流通の現状にかんがみ、強度等級区分や部材別品等区分の思想は必ずしも明確ではない。また、国産の針葉樹材は主として在来の「軸組工法」における部材生産を目標に育成されてきたため、木取り、寸法、品質などの点で、どのような適応性を示すのか未知の点が多い。

したがって、この調査研究では、スギ、ヒノキ、アカマツなどの主要国産材を対象に、この主役である2インチ×4インチの部材を木取り、その生物学的欠点や挽材後のくるいなどを北米の規格によって測るとともに、国産材および輸入材で、この工法への利用が予想される樹種の強度試験資料を整備し、それらのグループ化を図り、この工法の構造用製材の規格原案作成の一助にすることを主なるねらいとした。

III 試験の経過とえられた成果

試験の前提条件

北米の枠組壁工法に使用する枠組材はディメンション・ランバーと呼ばれ、この枠組材を対象とした規格が制定されている。

アメリカでは1970年、カナダでは1971年改正され、その規格の内容は全く同一である。

このディメンションという規格用語は公称厚さが2インチから4インチまでの針葉樹製材で、材面がブレーナー加工され、その材種は、幅および用途によっておのおの数等級に区分されている。ヘム・ファー樹種群の例(カナダ)で各等級の強度性能を示せば表-1のごとくである。

表-1 ヘム・ファー樹種群の等級と許容応力度(カナダ)

厚さ	幅	材種	等級	曲げ	ヤング	長期許容応力度 ¹⁾		ヤング 係数 (10^3 kg/cm^2)
				強度比 (%)	係数比 (%)	曲げ (kg/cm^2)	紙圧縮 (kg/cm^2)	
2"~4"	4"~5"	構造用 軽量枠材	特等	6.7	100	112	91	114
			A ₆ 1	5.5	100	98	74	114
			A ₆ 2	4.5	90	81	56	103
2"~4"	4"~5"	軽量枠材	A ₆ 3	2.6	80	42	35	91
			コンストラクション	8.4	80	56	67	91
			スタンダード	1.9	80	32	53	91
			ユーティリティ	9	80	14	35	91
2"~4"	2"~5"	間柱用 枠材	エコノミー	2	80	—	—	—
			スタンド	2.6	80	43	35	91
2"~4"	6以上	構造用 根太材	特等	6.5	100	98	81	114
			A ₆ 1	5.5	100	84	74	114
			A ₆ 2	4.5	90	67	60	103
			A ₆ 3	2.6	80	39	39	91
			エコノミー	2	80	—	—	—
2"~4"	2"以上	仕上兼用 枠材	アビアランス	5.5	100	(95) ²⁾ 84 ³⁾	88	114

注) 1) 最大設計荷重10年負荷の場合であって日本の長期と異なる。なお全等級ともめり込に対する値は $17 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 、せん断に対する値は $5 \text{ kg}/\text{cm}^2$ が与えられている。

2) 幅が4"~5"に対する値。

3) 幅が6"以上に対する値。

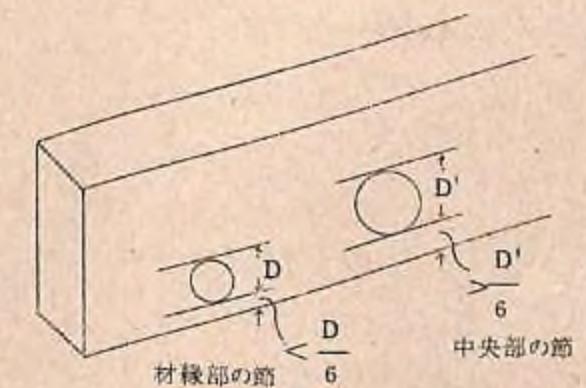
節の測定法

1) 広い材面(幅の面)にあらわれる節を材縁部の節と中央部の節とに分け接線径を測る。

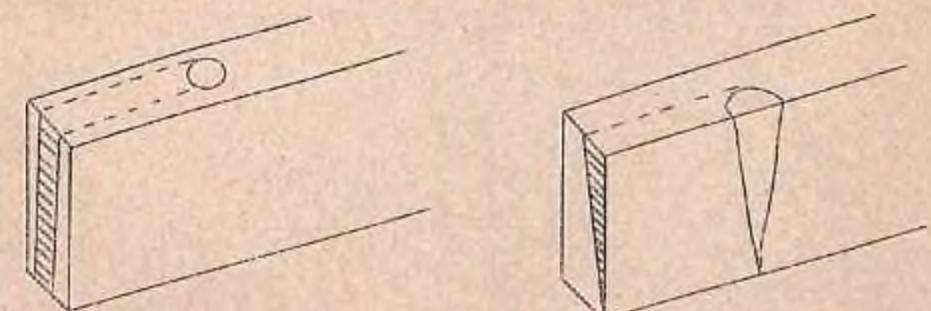
材縁部の節 — 材の接線より節までの距離がその節の径の $\frac{1}{6}$ 以下のもの。

中央部の節 — $\frac{1}{6}$ 以上 $\frac{1}{6}$ 以上

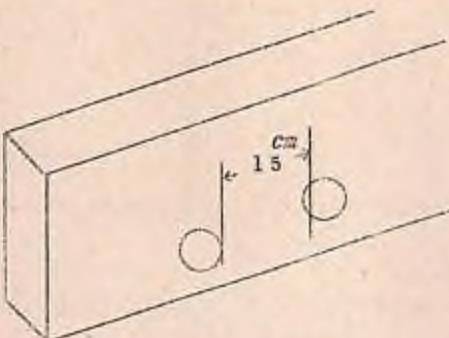
(ASTM, D-245による)



2) 窪い材面(厚さの面)にあらわれる節は相当節径比で測る。相当節径比とは、その節を木口面に投影したときの面積のその木口面の面積に対する割合をいう。



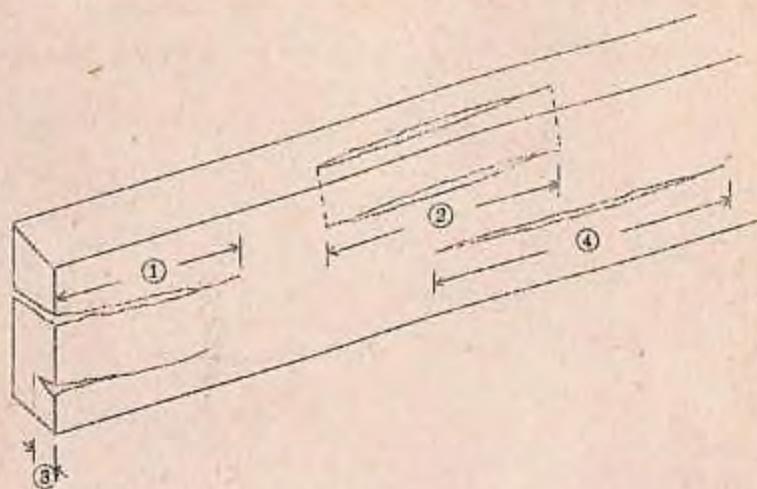
3.) 集中節は 15 cm の長さの材面に存する節の径の合計が、その等級の最大許容節径の 2 倍をこえないこと。



割れの測定法

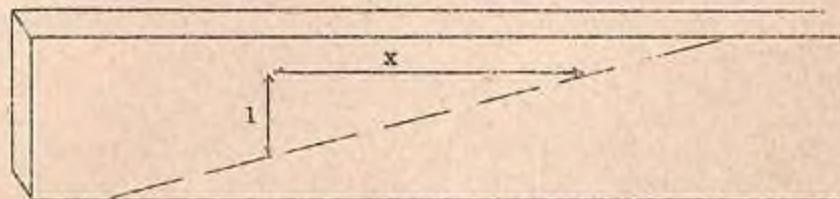
割れはつぎにかかげるよう 4 種類に分けて測定する。

- | | | |
|----------|--------------------------|-------------------|
| 割
れ | 相対する面または隣接する面にわたる割れ | ① 木口面にあらわれ…長さを測る。 |
| | | ② 木口面にあらわれ…ないもの |
| 一材面のみの割れ | ③ 木口面にあらわれ…広い材面に平行な接するもの | 縁で囲まれた距離(深さ)を測る。 |
| | ④ 木口面にあらわれ…長さを測る。ないもの | |



繊維走向、傾斜の測定法

繊維走向、傾斜は材の稜線に平行な線に対するかたむきの比を測り、 $1/x$ のようにあらわす。



また、これらの等級を決定する外観的特徴はわが国とほぼ同じであるが、その測定法および評価方法などについては若干異なるものもあるので、主要なものについて、その測定方法を述べることにする。とくに、置換法による相当節径はわが国にはない測定方法である。また、割れの測定についてもはりにおける水平せん断強度の低下と関連づけている点は強度重視の証左の一つである。

つぎに、カナダの C S A 規格には表-2 のような規定があり、個々の樹種ではなく、針葉樹を A, B, C, D, E の 5 つの樹種群に分け、それぞれの樹種群に対して許容応力値が与えられている。この調査研究では C S A 規格の樹種群に対応する国産針葉樹材および輸入針葉樹材の配置について検討した。

なお、実大材の強度試験については A S T M - D 1 9 8 に準じて試験装置を製作し、実行中であるが、これらについては別途報告する予定である。

表-2 CSA規格の樹種群

樹種群	樹種組せの商業上の呼名	組合せに含まれる樹種
A	Douglas Fir-Larch	Douglas Fir Western Larch
B	Hem-Fir	Pacific Coast Hemlock Amabilis Fir Grand Fir
C	Hemlock-Tamarack	Eastern Hemlock Tamarack
D	Spruce-Pine-Fir	White Spruce Black Spruce Engelmann Spruce Red Spruce Jack Pine Lodgepole Pine Alpine Fir Balsam Fir
E	Western Cedars	Pacific Coast Yellow Cedar Western Red Cedar
F	Northern Pine	Jack Pine Red Pine

(CSA Standard O 86-1970)

試験結果

枠組工法における枠組材は強度を主体とする品質保証が要件であり、かつ工法と材料とが一体の状態で導入されると予想されるので、これまでの「製材の日本農林規格」をそのまま適用することは無理である。したがって、北米の規格体系を尊重しつつ、わが国の実情にあった新規格の制定が必要で、そのための検討が積極的にすすめられている。

この調査研究は、主として国産材がこの工法の枠組材としてどのような適応性を示すかを調べるために行なわれたもので、表-3に示すような水戸営林署管内のスギ材およびヒノキ材、白河、福島、原町営林署管内のアカマツ材を対象にした。

表-3 供試丸太

樹種	長級	径級	品等	本数	材積
スギ	4.0 m	16 cm	1等	3本	0.306 m ³
	〃	20	〃	18	2.880
	〃	26	〃	16	4.320
	〃	30	〃	8	2.880
	〃	16	2等	12	1.224
	〃	20	〃	6	0.960
	〃	26	〃	7	1.690
	〃	30	〃	2	0.720
	〃	20	3等	1	0.160
	〃	26	〃	3	0.540
ヒノキ	4.0	34	1等	2	0.460
	〃	26	〃	2	0.540
	〃	28	〃	2	0.628
	〃	30	〃	1	0.360
	〃	14	2等	2	0.156
	〃	16	〃	13	1.326
	〃	20	〃	14	3.240
	〃	22	〃	9	1.746
	〃	24	〃	16	3.680
	〃	26	〃	4	1.080
アカマツ	4.0	28	〃	7	2.198
	〃	30	3等	2	0.320
	〃	26	〃	1	0.270
	〃	34	1等	1	0.462
	〃	38	〃	1	0.578
	(福島)	34	1等	(75)	(15.004)

樹種	長級	径級	品等	本数	材積
アカマツ (福島)	4.0 m	40 cm	1等	1本	0.640 m³
	"	30	2等	3	0.730
	"	34	"	3	1.386
	"	28	3等	2	0.628
	"	30	"	1	0.360
	"	34	"	1	0.462
(12)				(5.236)	
(原町)	"	26	1等	1	0.270
	"	28	"	1	0.314
	"	26	2等	4	1.080
	"	28	"	2	0.628
	"	30	"	1	0.360
	"	32	"	1	0.410
	"	26	3等	4	1.080
	"	28	"	1	0.314
	(15)				(4.456)
(白河)	6.0	30	1等	2	1.154
	"	32	"	1	0.653
	"	36	"	2	1.642
	"	38	"	1	0.913
	"	28	2等	1	0.505
	"	30	"	2	1.154
	"	32	"	1	0.653
	"	34	"	2	1.470
	"	36	"	2	1.642
	"	40	"	1	1.009
(15)				(1.0705)	
(福島)	"	30	1等	1	0.577

樹種	長級	径級	品等	本数	材積
アカマツ (福島)	6.0 m	30 cm	2等	3本	1.731 m³
	"	26	3等	1	0.437
	"	28	"	1	0.505
	"	30	"	2	1.154
	"	32	"	1	0.653
	(9)				(5.057)

これらの丸太より、スギ、ヒノキについては2インチ×4インチ断面(仕上り寸法3.8 mm×8.9 mm)用として5cm×10cm, 4インチ×6インチ断面用として10cm×10cm断面のものの3種類、アカマツの4m材については5cm×10cmのみ、同じく6m材については5cm×10cmのほか2インチ×8インチ断面(仕上り寸法3.8 mm×18.4 mm)用として5cm×20cm、および2インチ×10インチ断面(仕上り寸法3.8 mm×23.5 mm)用として5cm×25cm断面、さらに13cm×20cm断面の平角の4種類の断面のものを型材した。(表-4)

表-4 製材数

	5×10	5×20	5×25	10×10	12×20
スギ(長4m)	216			83	
ヒノキ(長4m)	198			93	
アカマツ(長4m)	244				
スギ(長6m)	4	63	19		16
計	662	63	19	176	16

1. 欠点と等級

得られた製材の欠点を北米のディメンション・ランバーの規格に準じて測定し、この規格に準じて品等区分を行なった。なお、箇およびあなに関する北米の格付基準を示せば表-5および表-6のとおりであり、ユーティリティ級以下のものはエコノミー級として格付される。

表-5 テイメンション、ランバーの筋およびあわせに用する格付基準

(単位 mm)

等 面 断	構造用 傾量 杣材			壁量 杣材													
	等級	M_{f1}		M_{f2}		M_3											
		健全な筋	あわせ筋 および あわせ筋 を含む	健全な筋	あわせ筋 および あわせ筋 を含む	節	節										
材種部	中央部	材種部	中央部	材種部	中央部	健全な筋	健全な筋										
3" × 4"	1.9	3.2	1.9	3.5	3.8	3.2	4.4	6.4	4.4	3.2	1.9	3.8	2.6	5.1	6.4		
2" × 3"	3.8	5.7	3.2	5.1	7.0	3.8	6.4	8.9	5.1	8.9	11.4	6.4					
2" × 10"	4.8	6.7	3.2	6.4	8.3	3.8	8.3	10.8	6.4	11.4	14.0	7.6					
4" × 4"	3.3	2.2	1.9	3.8	3.8	2.5	5.1	5.1	3.2	6.4	6.4	3.8	2.5	5.1	3.3	6.4	3.8

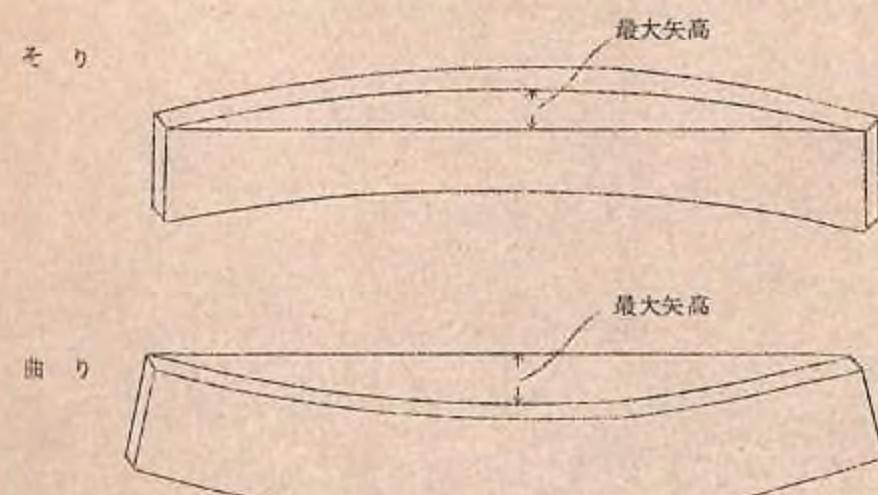
-24-

表-6 相当節径比に関する格付基準

材種	構造用 傾量 杣材			壁量 杣材				
	等級	特級	M_1	M_2	M_3	コンストラクション	スタンダード	ユーテリティ
相当節径比		$1/6^*$	$1/5^*$	$1/5^*$	$1/4^*$	$1/4$	$1/3$	$1/2$

* 北米規格には構造用傾量材に関する相当節径比の基準値は見当らないが、傾量材の値から曲げ強度比によって外挿し仮定した値である。

また、製材後の各供試材を横横して乾燥に達するまで放置し、乾燥後のそり、曲り、幅そり、ねじれ等についても調査した。すなわち、そりおよび曲りは、材の長さの方向に沿う内曲面の最大矢高を測定した。幅そりは材の幅(広い材面)の方向に沿う内曲面の最大矢高を1/10.0mm目盛のダイヤルゲージで測定した。また、ねじれは材の8隅を平面に固定したときの1隅の水平面からの高さを測定した。(図-1)



-25-

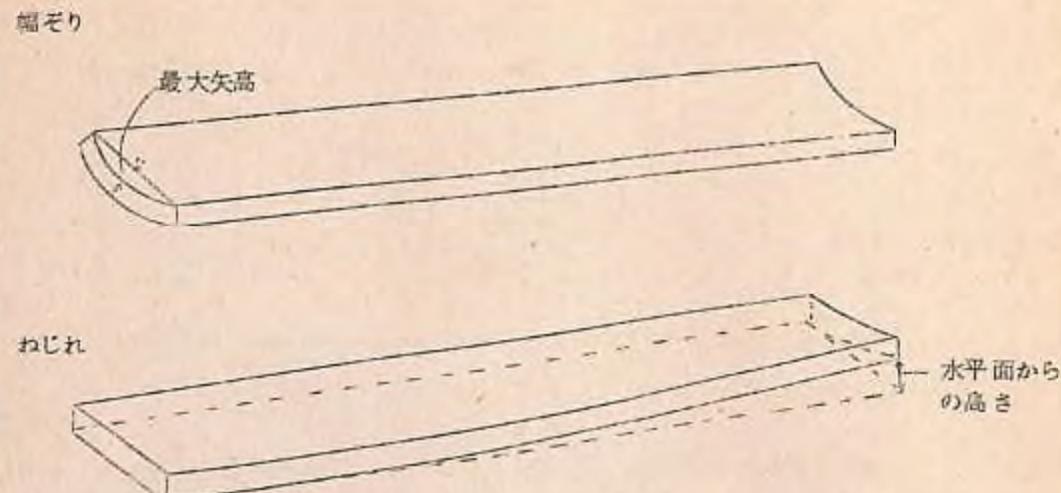


図-1 くるいの測定

北米規格では、材長、材幅ごとに各等級についての曲り、幅ぞり、ねじれの最大許容量が決められている。その中から幅4インチ、長さ12フィートの材についてのそれらの値を示せば表-7のとおりである。なお、そりに関しては特に制限数値は示されていない。

表-7 幅4インチの12フィート材のくるいに関する格付基準

		曲り	幅ぞり	ねじれ
構造用軽量枠材	特級	12.7 ^{mm} (1/2")	0.8 ^{mm} (1/32")	14.3 ^{mm} (9/16")
	A	17.5 (11/16)	0.8 (1/32)	19.1 (3/4)
	B	25.4 (1)	1.6 (1/16)	28.6 (1 1/8)
経量枠材	コンストラクション	12.7 (1/2)	0.8 (1/32)	14.3 (9/16)
	スタンダード	17.5 (11/16)	0.8 (1/32)	19.1 (3/4)
	ユーティリティ	25.4 (1)	1.6 (1/16)	28.6 (1 1/8)

以上の測定調査の結果をそれぞれの欠点ごとに等級格付基準と対比させると表-8および表-9のとおりである。

表-8 供試材の節に関する等級別出現頻度

構 造 用 軽 量 枠 材					性 量 枠 材				
	特 級	1 級	2 級	3 級	外 コ ^ン ストラ ク ^シ ョン	ス ^タ ン ^ダ ード	ユ ^テ リ ^{ティ}	エ ^コ ノ ^ミ ー	
ス	#	86 (68.8)	28 (22.4)	6 (4.8)	5 (4.0)	0 (0)	11.9 (9.5.2)	4 (3.2)	2 (1.6) 0 (0)
ヒ	#	76 (51.7)	39 (26.5)	22 (15.0)	7 (4.8)	3 (2.0)	13.3 (9.0.5)	10 (6.8)	3 (2.0) 1 (0.7)
ア カ マ シ		31 (31.5)	39 (27.1)	15 (10.4)	25 (17.4)	34 (23.6)	8.2 (5.6.9)	3.5 (3.4.3)	7 (13.9) 4.9 (4.9)

上段の数字は本数、()は%を示す。

表-9 伝武材のくるりに関する等級別出現頻度

等級	曲り	幅ぞり	割れ		
			特級 K6.1 コンストラ クション	K6.2 スタンダード ユーティリティ	エコノミー
ス	3.53 (306本)	2.0 (826本)	2 (0.7)	3.92 (9.54)	1.4 (4.6)
ヒ	2.71 (379本)	5 (971本)	0 (1.1)	2.74 (9.82)	5 (1.8)
アカマツ	2.40 (243本)	3 (1.2)	0 (0)	1.43 (5.89)	0.8 (4.03)

上段の数字は本数、()は%を示す。

この資料からわかるように節に関する格付について見ればスギ、ヒノキはかなり上位等級に格付されると予想される。しかしアカマツは樹種特性から発生する節(まわり節)の比較的大きなものが出現し、下位等級に格付されるものも少なくない。

つぎに曲りについて見ればスギではK6.2、スタンダード、K6.3、ユーティリティに格付されるものが比較的多いが、その他の樹種では大部分が上位等級に格付けされている。スギは丸太からの木取りの位置が樹心部に近い心材に曲り量の大きい傾向はあるが、心持材では曲り量が必ずしも大きくはない。

幅ぞりについて見ればアカマツが比較的大きいが、その他の樹種ではプレーナー仕上げを施せばほとんど消える程度のものと思われる。

ねじれについて見れば、スギ、ヒノキは全数が上位等級に格付可能であるがアカマツは樹心部に近い部分より木取った材にねじれ量の大きいものが見られ248本のうち、エコノミー級のものが11本現われている。

割れについては2インチ×4インチ材はほとんど等級を低下させるようなものはなかったが、4インチ×4インチの心持材にあってはかなりの割れがあらわれ、在来のわが国の柱がこのような木取りを主体にしていたことを考えれば、枠組壁工法の構造用製材の日本規格作成にあたって特別の配慮が必要な事項の一つと考えられる。

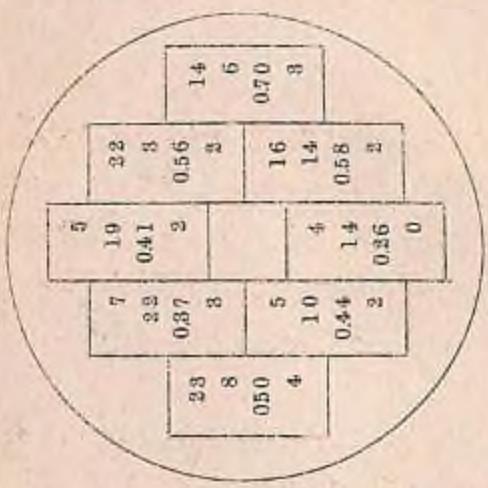
また、繊維走向の傾斜については、この調査研究で対象にした材に関する限り品等を低下させるようなものは見当らなかった。

2. 木取りと等級

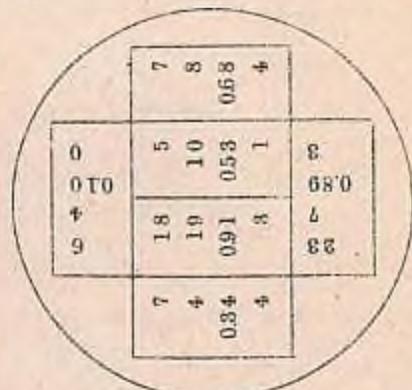
木取りによって等級の出現頻度が変わるかどうかを併せて調査した。資料数が少なく、必ずしも結論を下すことは難しいが、節に関しては木取りによる差は明確ではなかった。ただし、アカマツは樹種の特性から大きい節があらわれる場合が多く、2インチ×4インチ材よりも、むしろ3インチ×6インチ以上の大きい断面の材に挽く方が有効であると考えられる。

くるりに関しては前項に述べたごとくであり、これらについて木取りとの関係を二、三の例をあげて示せば図-2のとおりである。

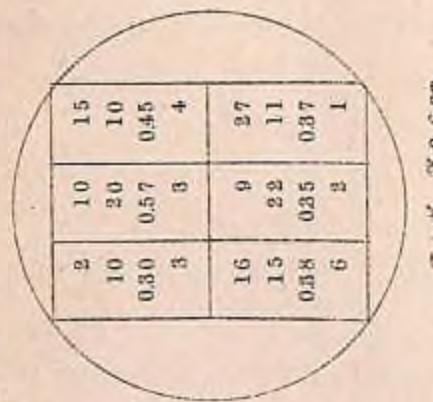
なお、この調査研究では基礎的な強度試験を行なう目的から、丸味が含まれないように配慮したので、木取りと丸味の関係については調査の対象とはしなかった。



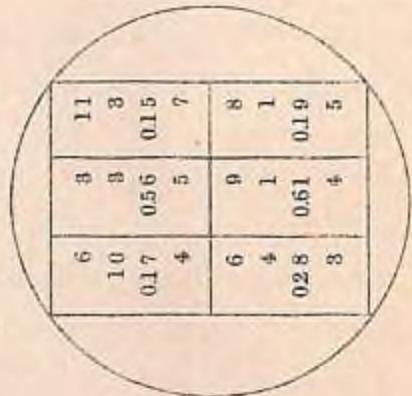
スギ 径 3.0 cm



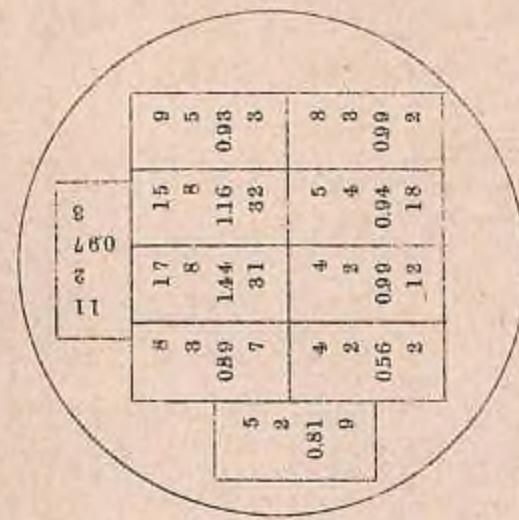
ヒノキ 径 2.4 cm



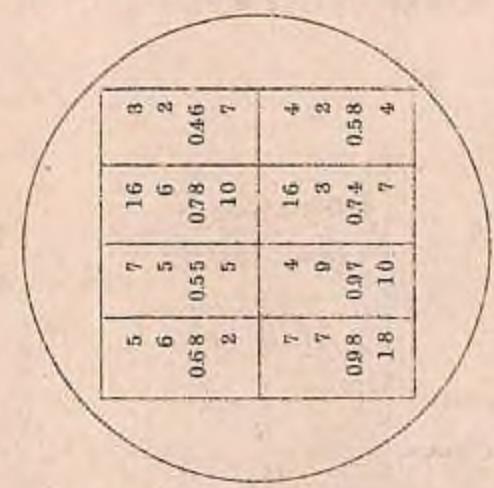
スギ 径 2.6 cm



ヒノキ 径 3.2 cm



アカマツ 径 3.2 cm



アカマツ 径 8 cm

図-2 木取りとそり、曲り、幅ぞり、ねじれ量
(図中の数字は上からそれぞれ、そり、曲り、幅ぞり、ねじれ量を示す。単位cm)

3. 樹種群

樹種群については、これまでの強度試験の資料をもとに、CSAの樹種群と、わが国で使用されている国産および輸入針葉材を配置させると表-10のようになる。しかしながら、この配置については、今後実大材の強度試験の資料を得て、実際の使用状況等を調査の上、許容応力度との関連でその妥当性を検討していく必要があろう。

表-10 樹種群

樹 標 群	樹 種 種	気乾比重 (15%)	強度値 kg/cm ²			
			曲げ強さ	曲げヤング 係数×10 ³	総圧縮 強さ	せん断 強さ
A	Douglas Fir	0.55	693	108	537	68
	Western Larch	0.67	860	130	467	90
	クロマツ	0.54	850	105	450	90
	アカマツ	0.53	900	115	450	95
	ダフリカカラマツ	0.68	1026	123	472	106
B	Pacific Coast Hemlock	0.50	625	99	358	75
	Amabilis Fir	0.44	582	101	330	67
	ツガ	0.50	750	80	450	90
C	Pacific Coast Yellow Cedar	0.51	680	94	368	72
	Tamarack	0.59	717	108	412	82
	Jack Pine	0.51	612	89	336	75
	Eastern Hemlock	0.49	551	79	312	68
	ヒバ	0.45	750	90	400	75
	ヒノキ	0.44	750	90	400	75
	カラマツ	0.50	800	100	450	80
	タイワンヒノキ	0.49	800	100	400	95

樹 種 群	樹 種 種	気乾比重 (15%)	強度値 kg/cm ²			
			曲げ強さ	曲げヤング 係数×10 ³	総圧縮 強さ	せん断 強さ
	Balsam Fir	0.42	470	81	262	46
	Lodgepole Pine	0.49	582	88	310	56
	Ponderosa Pine	0.55	569	84	303	75
	White Spruce	0.43	562	96	308	63
	Engelmann Spruce	0.46	539	85	291	66
	Black Spruce	0.50	637	101	307	66
	Red Spruce	0.50	631	101	339	69
D	Coast Sitka Spruce	0.43	631	103	323	74
	Alpine Fir	-	-	-	-	-
	モミ	0.44	650	90	400	70
	エゾマツ	0.43	700	90	350	70
	トドマツ	0.40	650	80	330	65
	オウシュウアカマツ	0.45	652	86	290	80
	メルクシマツ	0.53	760	85	390	110
	ラジアタパイン	0.44	700	85	330	90
	Western Red Cedar	0.38	476	74	289	55
	Red Pine	0.48	680	108	350	77
	Western White Pine	0.44	588	94	324	55
E	Eastern White Pine	0.44	583	90	303	56
	スギ	0.40	650	75	350	60
	アガチス	0.48	668	123	348	70
	ベニマツ	0.41	683	91	305	89

注 数値は、主に「新版木材工業ハンドブック」(林業試験場編)

「Wood Handbook」(米国林産物研究所)による。

今後の問題点

この調査研究は供試材料、試験期間等が限られており、なお多くの問題を残しているが、それらについては当場において昭和49年度から3ヶ年計画で実行を予定されている「枠組壁工法のための建築用木材の強度等級区分法確立に関する研究」のなかでさらに検討をつづけていくつもりである。

なお、強度試験については現在実行中のもあり、これらについては別途報告する予定である。主なる問題点をあげれば、つぎのとおりである。

1. 枠組材の外観品質によって決めた品等が建設省の設定する許容応力度、あるいは北米の許容応力度とどのような関連をもつかをさらに検討する必要がある。
2. 欠点の測定法のうち、相当節径比、割れなどの測定法および評価方法は、現行の「製材の日本農林規格」と異なるので、これらと許容応力度との関係をさらに検討する必要がある。
3. 国産小径材の木取り方法と欠点のあらわれ方が、この工法の製材の規格と現行の「製材の日本農林規格」とでどのように異なるかの資料をさらに蓄積する必要がある。