

アガチス材の材質について

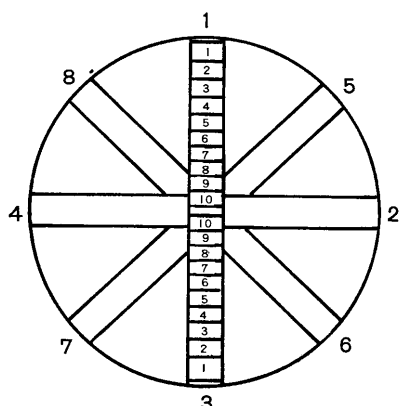
川口 信隆 高橋 政治

1. はじめに

最近、木材の不足にともない北海道にも、輸入材が多く入っている。その中には南洋材のアガチス (*Agathis alba* Foxw, 針葉樹) もふくまれているが、その用途や物理的性質、機械的性質などの資料が少なく、技術相談も多くあるところから当科において、44年度に輸入材の利用開発の一環として、アガチス材の基礎材質特性および機械的性質を試験したのでその結果を取りまとめて報告する。

2. 供試木および木取り

供試木は末口径50×52cm、材長12.0mの丸太1本である。これより繊維傾斜が比較的少なく、節などの欠点のない部分の1.5mを取り出し供試材とした。



第1図 木取り方法

木取りは第1図に示すように、みかん割りにし、その厚さ3cmの二方柱の板に製材した。その後、約1ヶ月間天然乾燥したあと人工乾燥した。その仕上り含水率は12~18%の範囲にあった。試験片は最外層より樹芯にむかって2.5cmの角棒を連続的に取り、その最外層より1, 2, 3.....10, と記号をつけ、その1本

の角棒より収縮、圧縮、曲げ、衝撃曲げ、引張りおよびせん断の各試験片、また、硬さ、方向別圧縮試験片は扇形部分より採取した。

3. 試験方法

3.1 基礎材質試験

基礎材質試験として比重、収縮試験を実施した。試験方法は、試験片を製作後、恒温恒湿室(20°±1RH65±5%)で含水率約15%に調整し、それを気乾状態とし、乾燥器(105)に入れ、重量が一定になるまで乾燥して全乾とした。生材については、全乾状態の試片を水中に2~3日間放置し、その後真空ポンプで減圧して注水し、その各々の状態での重量および寸法を測定した。重量は感度1mgの化学天秤、寸法は精度1/100mmのダイヤルゲージを使用し、JISの規定にしたがって次の項目を求めた。

a) 含水率, $n(\%) = \frac{\text{試験時の重量} - \text{全乾重量}}{\text{全乾重量}} \times 100$

b) 比重, $r(\text{g}/\text{cm}^3) = \frac{\text{試験体の重量}}{\text{重量測定時の体積}}$

c) 含水率1%に対する平均収縮率, $\delta(\%) = \frac{\text{気乾時の寸法} - \text{全乾時の寸法}}{\text{含水率} \times \text{含水率15\%の時の長さ}} \times 100$

d) 気乾までの収縮率, $\alpha(\%) = \frac{\text{生材時の寸法} - \text{気乾時の寸法}}{\text{生材時の寸法}} \times 100$

e) 全収縮率, $\alpha(\%) = \frac{\text{生材時の寸法} - \text{全乾時の寸法}}{\text{生材時の寸法}} \times 100$

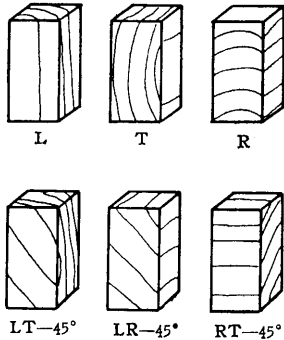
3.2 強度試験

各々の試験片はJISの規定により製作し、恒温恒湿室に約1ヶ月間放置し、恒量に達したものを供試した。寸法の測定は、長さ50mm以下はダイヤルゲージ、50mm以上についてはキャリパー(精度1/20mm)

を使用し、重量の測定は化学天秤を使用した。強度試験はすべてJISの木材試験方法に準拠し、試験は簡易恒温恒湿室（20℃，RH60%）でおこなった。なお、試験機は島津製作所IS-5000型オートグラフを使用した。

3.2.1 圧縮試験

圧縮試験は縦圧縮および方向別圧縮試験をおこなった。試験片は、第2図に示すようにL、T、R、LT



第2図 方向別圧縮試験片の木取り方法
(アガチスには明確な年輪はでない)

-45°、LR-45°、RT45°の6方向について試験した。荷重速度は毎分0.25mmとし、歪みの測定はメタリックゲージ（ゲージ長10mm）を使用し次の項目を求めた。

- a) 縦圧縮強さ、 $\sigma_c(\text{kg/cm}^2) = \frac{\text{最大荷重}(\text{kg})}{\text{断面積}(\text{cm}^2)}$
- b) 縦圧縮比例限度強さ、 $\sigma_{cp}(\text{kg/cm}^2) = \frac{\text{比例限度荷重}(\text{kg})}{\text{断面積}(\text{cm}^2)}$
- c) 縦圧縮ヤング係数、 $E_c(\text{ton/cm}^2) = \frac{\text{比例限度荷重}(\text{kg}) \times \text{標点距離}(\text{cm})}{\text{比例限度荷重の時の縮み}(\text{cm}) \times \text{断面積}(\text{cm}^2)}$

3.2.2 曲げ試験

荷重方向は木表より中央集中荷重で負荷し、その速度は毎分0.5mmとした。

- a) 曲げ強さ、 $\sigma_b(\text{kg/cm}^2) = \frac{\text{最大荷重}(\text{kg}) \times \text{スパン}(\text{cm})}{4 \times \text{断面係数}(\text{cm}^3)}$
- b) 曲げ比例限度強さ、 $\sigma_{bp}(\text{kg/cm}^2) = \frac{\text{比例限度荷重}(\text{kg}) \times \text{スパン}(\text{cm})^3}{48 \times \text{比例限度荷重の時の撓み}(\text{cm}) \times \text{断面2次モーメント}(\text{cm}^4)}$

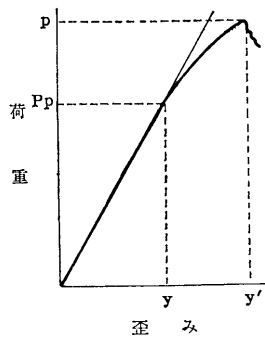
$$\frac{\text{比例限度荷重}(\text{kg}) \times \text{スパン}(\text{cm})}{4 \times \text{断面係数}(\text{cm}^3)}$$

c) 曲げヤング係数、 $E_b(\text{ton/cm}^2) =$

$$\frac{\text{比例限度荷重}(\text{kg}) \times \text{スパン}(\text{cm})^3}{48 \times \text{比例限度荷重の時の撓み}(\text{cm}) \times \text{断面2次モーメント}(\text{cm}^4)}$$

上記の計算式は、一般に次の式で求められる。

- a') $\sigma_b = \frac{3 p \ell}{2 b h^2}$ p: 最大破壊荷重(kg)
Pp: 比例限度における荷重(kg)
- b') $\sigma_{bp} = \frac{3 P_p \ell}{2 b h^2}$ ℓ: スパン(cm)
b: 試験片の幅(cm)
h: 試験片の高さ(cm)
y: 比例限度における撓み(cm)
- c') $E_b = \frac{P P \ell^3}{4 y b h^3}$ y': 破壊までの撓み(cm)



第3図 荷重と歪みの関係

なお荷重と歪みの関係を第3図に示す。

3.2.3 引張り試験

荷重速度は毎分1mmとし、計算式は縦圧縮試験と同じである。

3.2.4 衝撃曲げ試験

衝撃に抵抗する材料の性質は、その試料が曲げ破壊するまでに吸収する仕事量、すなわち吸収エネルギーで表わされる。

$$\text{吸収エネルギー}, a(\text{kg} \cdot \text{m/cm}^2) = \frac{\text{衝撃仕事量}(\text{kg} \cdot \text{m})}{\text{断面積}(\text{cm}^2)}$$

3.2.5 セン断試験

セン断面はR、T方向（年輪に直角、平行）について実施し、試験機は森試験機製作所のオルゼン型万能試験機、能力5tonの1000kgを使用した。

$$\text{セン断強さ}, \tau(\text{kg/cm}^2) = \frac{\text{最大荷重}(\text{kg})}{\text{断面積}(\text{cm}^2)}$$

3.2.6 硬さ試験

ブリネルの硬度計を使用し、直径10mmの鋼球を一定の深さ、0.32mmまでめり込ませた時の荷重である。また荷重速度は毎分0.1mmでおこなった。

$$\text{硬さ強さ, HB (kg/mm}^2\text{)} = \frac{P}{10\pi h}$$

p : 圧入深さ hが $\frac{1}{\pi}$ mmになる時の荷重(kg)

h : 圧入深さ, 0.32mm

4. 試験結果および考察

第1表に比重と収縮率, 第2表に種々の機械的性質の平均値, 第3表に方向別圧縮試験結果を示した。これらの結果を要約すればつぎのとおりである。

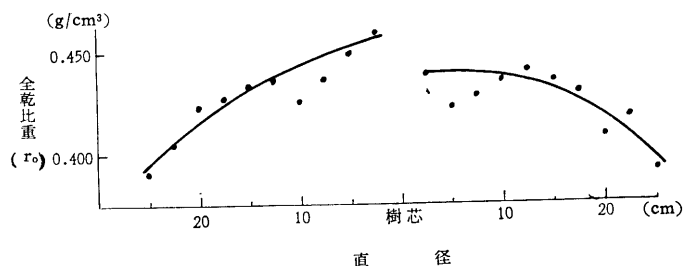
1) 樹幹内での比重, 容積密度数の分布について

は, 全乾比重の樹芯からのへたたりともなう値を第4図に示した。この図では, 辺材部が軽く樹芯部に近くなるにしたがって重くなる傾向がある。しかし, 樹芯部の半数10cmぐらいの部分については, その変化も不安定で低い値を示した。また筆者らの“輸入材と特産材の曲げ加工性に関する研究”の数値¹⁾と比較検討すると, 5つの型の分類の内, 比重が辺材部にむかって下降するものに属する。しかし, その変動範囲は気乾比重 (u) 0.39~0.46g/cm³, 容積密度数 (R) 338~396kg/m³で, 樹幹内の比重, 容積密度数のバラ

第1表 アガチスの比重および収縮率

試験片位置 No.	含水率 n (%)	比重		容積密度数 R	体積収縮率		α _v /R	全収縮率			α _t /α _r	平均収縮率④	
		① 気乾比重 r ₁₅ (g/cm ³)	② 全乾比重 r ₀ (g/cm ³)		気乾まで α _{v15} (%)	全乾まで α _v (%)		繊維方向 α _t (%)	板目方向 α _t (%)	径目方向 α _r (%)		板目方向 δ _t (%)	径目方向 δ _r (%)
		(g/cm ³)	(g/cm ³)										
1-1	15.84	0.420	0.391	341	6.62	12.84	37.7	0.52	8.86	3.87	2.3	0.29	0.15
2	15.67	0.435	0.405	352	6.45	12.65	35.9	0.50	8.33	4.24	2.0	0.28	0.15
3	15.77	0.453	0.423	369	6.41	12.86	34.9	0.42	8.43	4.44	1.9	0.29	0.17
4	15.68	0.458	0.427	374	6.29	12.57	33.6	0.46	7.49	4.55	1.6	0.28	0.16
5	15.06	0.463	0.433	379	5.93	12.51	33.0	0.39	8.43	4.07	2.1	0.30	0.16
6	15.22	0.469	0.436	386	5.30	11.39	29.5	0.44	7.46	4.18	1.8	0.28	0.15
7	15.20	0.455	0.426	372	6.04	12.82	34.5	0.41	8.33	4.50	1.9	0.30	0.18
8	15.12	0.463	0.437	374	7.22	14.47	38.7	0.44	9.56	5.02	1.9	0.34	0.18
9	15.17	0.479	0.449	393	5.62	12.59	32.0	0.37	8.57	4.04	2.1	0.33	0.17
10	15.13	0.488	0.460	396	6.56	13.84	34.9	0.39	8.72	5.24	1.7	0.32	0.20
3-1	15.65	0.419	0.391	338	7.26	13.50	39.9	0.52	8.10	5.39	1.5	0.28	0.17
2	15.76	0.445	0.415	361	6.77	13.21	36.6	0.42	8.32	4.94	1.7	0.27	0.18
3	15.66	0.435	0.408	354	7.18	13.93	39.4	0.44	8.80	5.21	1.7	0.30	0.18
4	15.34	0.458	0.430	372	6.60	13.47	36.2	0.46	8.74	4.75	1.8	0.31	0.17
5	15.39	0.466	0.436	379	6.48	13.18	34.8	0.39	8.53	4.70	1.8	0.30	0.17
6	15.21	0.467	0.438	381	6.08	13.02	34.2	0.44	8.53	4.49	1.9	0.31	0.17
7	15.11	0.462	0.364	376	6.52	13.76	36.6	0.40	8.74	5.13	1.7	0.32	0.19
8	15.09	0.452	0.428	366	7.06	14.83	40.5	0.35	9.50	5.56	1.7	0.36	0.20
9	15.03	0.443	0.423	356	7.62	16.01	45.0	0.37	10.25	6.07	1.7	0.38	0.22
10	14.93	0.454	0.439	363	8.07	17.34	47.8	0.33	10.61	7.03	1.5	0.41	0.27
平均値	15.35	0.454	0.427	378	6.60	13.29	36.8	0.42	8.72	4.87	1.8	0.31	0.18

気乾比重: 含水率15.0%のときの比重を示す
 全乾比重: 含水率0.0%のときの比重を示す
 t / r : 異方収縮率
 平均収縮率: 含水率1%の変化に対する値を示す



第4図 樹幹内での全乾比重の変動

ツキは少なく均質である。

体積収縮率についても, 比重と同様に樹幹内での分布や大きさの変化は非常に少ない。しかし, その数値については, 容積密度数のほぼ等しいライトレッドメラソチ²⁾材380kg/m³ (309~412kg/m³) の体積収縮

第2表 アガチスの機械的性質

試験項目		気乾比重 (g/cm ³)	強 さ (kg/cm ²)	比例限度強さ (kg/cm ²)	ヤング係数 (ton/cm ²)	個数
圧縮試験	平均値	0.454	386.8	253.2	141.2	20
	最小値	0.420~	298.9~	225.7~	124.3~	
	最大値	0.473	433.8	291.7	157.7	
曲げ試験	平均値	0.458	706.5	507.8	113.0	20
	最小値	0.411~	553.9~	425.3~	91.1~	
	最大値	0.509	808.5	580.4	129.3	
引張り試験	平均値	—	1616.8	1350.6	191.8	20
	最小値		784.2~	1115.7~	161.7~	
	最大値		2386.2	1491.9	214.4	
衝撃曲げ試験			吸収エネルギー (kg·m/cm ²)			20
	平均値	0.453	0.431			
	最小値	0.415~	0.396~			
セソ断試験 (L)			セソ断強さ (kg/cm ²)			20
	平均値	0.457	73.2			
	最小値	0.421~	61.9~			
セソ断試験 (//)						20
	平均値	0.457	87.2			
	最小値	0.412~	65.4~			
硬さ試験			木口	板目	柁目	15
			(kg/mm ²)	(kg/mm ²)	(kg/mm ²)	
	平均値	0.435	2.21	0.56	0.54	
	最小値	0.413~	2.01~	0.49~	0.47~	
	最大値	0.458	2.54	0.73	0.61	

* 圧縮・引張り試験の比例限度強さ、ヤング係数は気乾比重の平均値の6個について実施した。

率は9.68% (8.57~10.70%) であるのに対し、今回の試験のアガチスは13.29% (11.39~17.34%) で、ライトレッドメランチの最大値よりかなり大きい値である。また、体積収縮率の同程度の南洋材¹⁾をあげればラミノ13.59%、気乾比重0.63g/cm³、カプール12.88%、気乾比重0.61g/cm³などで、道産材ではシナノキ、マカンバなどの樹種に匹敵する。ここで体積収縮率を容積密度で除した数値 (v/R) では、アガチスは36.8、ライトレッドメランチで26.3、ラミノ26.6、カプールは25.5であった。

全収縮率、含水率1%に対する平均収縮率でも樹幹内での変動は、比重と同様な傾向を示した。しかし、異方収縮度 (板目方向の収縮、t / 柁目方向の収縮、r) は、アガチスで1.8あり、この数値を他の南洋

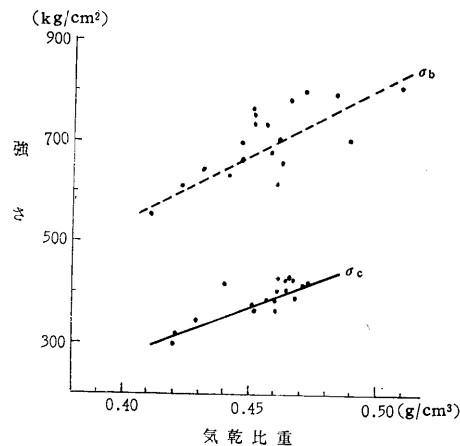
材についてみると、ライトレッドメランチで2.5、ラミノ2.2、カプールは2.3である。これらの樹種に比較してアガチスは異方性が少ないことが認められた。

2) 無欠点小試験体による機械的性質を求めた。

種々の強度の中で引張り強さ以外は、樹幹内の比重の変動が少ないため、当然、機械的性質のバラツキは小さくなっている。また、第5図に示した気乾比重と圧縮強さ、および曲げ強さの関係では、気乾比重の範囲が0.41~0.51g/cm³であるが一次直線の関係が認められる。引張り強さの範囲は、784~2386 (5kg/cm²であり最小値と最大値には3倍の差があり、平均値は1620kg/cm²で、比較的大きい値を示した。

ここで、他の樹種と比較すると気乾比重のほぼ等しいライトレッドメランチは、c365kg/cm²、Ec

98.8ton/cm²、b632kg/cm²、Eb80.1ton/cm²、t1046kg/cm²、Et106ton/cm²であり、道産材の主要



第5図 気乾比重と圧縮、曲げ強さの関係

第3表 方向別圧縮試験

樹種名	方向	気乾比重	試験時含水率	圧縮強さ	比例限度強さ	ヤング係数	個数
		γ_{11} (g/cm ³)	n (%)	σ_c (kg/cm ²)	σ_{cp} (kg/cm ²)	E_c (ton/cm ²)	
アガチス	L	0.437	15.19	349.3	—	144.7	6
	T	0.444	16.14	37.8	24.6	3.7	9
	R	0.434	15.06	41.1	—	14.3	7
	L T-45°	0.432	16.01	80.0	51.3	9.9	8
	L R-45°	0.438	15.38	84.1	59.2	15.2	8
	R T-45°	0.441	16.19	30.7	23.8	6.6	8
* レッドラワン	L	0.676	15.48	517.1	471.1	207.4	12
	T	0.700	15.14	80.6	22.6	4.9	12
	R	0.650	14.93	74.0	37.0	11.3	12
	L T-45°	0.702	14.89	147.3	52.5	11.2	12
	L R-45°	0.631	14.86	138.1	62.6	19.9	12
	R T-45°	0.680	14.71	71.3	27.2	5.4	12

アガチス比例限度強さ、ヤング係数は6個について実施した。

* レッドラワンの資料は、文部省総合研究(41-43年)

"木質平面材材の力学的性質に関する研究"の基礎材質のデータである。

針葉樹であるエゾマツ、トドマツ³⁾では気乾比重0.43g/cm³, c319kg/cm², Ec93.0ton/cm², b632kg/cm², Eb87.0ton/cm², t1993kg/cm², Et101ton/cm²であった。

これらの数値をアガチスについて比較すると、圧縮強さ、曲げ強さはほぼ等しいが、引張り強さは約600kg/cm²も大きな値になる。同様にヤング係数について比較すると、その値は大きく、とくに引張りヤング係数は顕著であった。このことは、アガチスが非常に繊維が長い⁴⁾ことに関係あるものと思われる。

つぎに衝撃吸収エネルギーについて述べる。吸収エネルギーは、ライトレッドメランチやエゾマツ、トドマツなどの数値と同じ程度であった。セン断強さでは、セン断面の方向による強さの差が大きく、半径方向より接線方向が大きい値を示した。

分程度の硬さを示した。

3) 方向別圧縮試験は、アガチス材の力学的異方性を知るため第2図に示す方向について試験を実施し、その数値を第3表に示した。この表の繊維方向の圧縮強さは、第2表の圧縮強さの平均値に多少の差が認められるが、第5図の気乾比重と圧縮強さの関係の範囲にあり、樹幹内での材質の差はないものと思われる。

強さの直交3軸に関する異方性については、繊維方向Lに対してR、Tの比で表わされる。したがって、強さのし R、Tの比率はアガチス100:12:11、レッドラワンでは100:14:16である。同様にヤング係数の比率は、アガチス100:9.9:2.6に対し、レッドラワン100:5.4:2.4となり、圧縮強さによる異方度は、アガチスが大きく、ヤング係数より考えられる異方性では、レッドラワンより小さい傾向を示した。

第4表 アガチス材と道産材の機械的性質

樹種名	気乾比重	平均収縮率		曲げ		圧縮強さ	引張り強さ	衝撃エネルギー	セン断強さ	硬さ		
		δ_t (%)	δ_r (%)	ヤング係数	曲げ強さ					木口方向	板目方向	柃目方向
アガチス	0.46	0.31	0.18	113	707	387	1617	0.43	80	2.21	0.56	0.54
レッドラワン	0.68	—	—	143	830	517	—	—	81	3.38	1.04	0.88①
エゾマツ	0.43	0.29	0.15	90	700	350	1200	0.40	70	3.5	1.0	0.8②
カラマツ	0.50	0.28	0.18	100	800	450	850	0.45	80	4.5	1.5	1.4②
シナノキ	0.50	0.31	0.20	80	650	350	700	0.45	60	3.0	1.0	1.0②
ホオノキ	0.49	0.25	0.15	75	650	350	1150	1.10	110	3.5	1.1	1.5②
カツラ	0.50	0.28	0.17	85	750	400	1000	0.70	85	3.5	1.0	1.2②

文部省総合研究"木質平面材材の力学的性質に関する研究"より
林業調査編 木材工業ハンドブックより(平均値)

つぎに硬さについて述べると、ライトレッドメランチの硬さは、木口面3.5kg/mm², 柃目面1.2kg/mm², 板目面1.0kg/mm²で、レッドラワンの硬さはそれぞれ3.38kg/mm², 1.04kg/mm², 0.88kg/mm²であり、また道産材のエゾマツ、トドマツなどと比較して、アガチスはそれぞれ2.21kg/mm², 0.56kg/mm², 0.54kg/mm²で、半

5. むすび

第4表にアガチス材と比重の近似している道産材のデータ⁵⁾を示した。平均収縮率は、この数値で比較すると、エゾマツ、ホオノキのほかは大体同程度の大きさと思われる。強度は、曲げ強さ、圧縮強さ、およびせん断強さでは概略同じ程度であった。しかし、ヤング係数では、やや高い値を示し、とくに引張り強さは、エゾマツよりかなり大きく、シナノキの2.5倍である。硬さは、レッドラワンや道産材の硬さの半分程度の値を示した。しかし、樹幹内での材質変動は、非常に少ない材料と思われた。なおこの試験は、2の項目の供試木の木取りでのべた供試片について試験したものであるが、アガチス材の性質の概略を知ることには役立てば幸である。なお、アガチス材の力学的異方性については、文献1)で実施した資料をふくめ、さらに検討の上、次回に発表する予定である。

この報告をとりまとめるにあたり、種々ご指導いただいた小野寺科長に対し深く謝意を表する。

文 献

- 1) 小野寺重男ら：輸入材と特産材の曲げ加工性に関する研究，第1報 北林産試月報または研究と普及 昭和44年3月号
- 2) 林業試験場木材部：南洋材の性質12 “カリマンタン産13樹種の性質” 林業試験場研究報告 第218号1968
- 3) 山上村勘員木の材質について：未発表
- 4) 小野寺重男ら：アガチス材について，北林産試月報または木材の研究と普及 昭和44年7月号
- 5) 林業試験場編；木材工業ハンドブック
- 6) 林業試験場木材部編：南洋材—1000種，1965
- 7) 沢田 稔：木材の強度特性に関する研究，林産試研究報告 第108号 1958

- 木材部 材質科 -
(原稿受理 45.4.2)