

衝撃曲げ吸収エネルギーの年輪傾角依存性

高橋 徹*・田中 千秋*・塩田 洋三*

Akira TAKAHASHI, Chiaki TANAKA and Yozo SHIOTA
Relationship between Orientation of Annual Rings and Absorbed
Energy in Impact Bending (Toughness)

1. 緒 言

前報において、比重と衝撃曲げ吸収エネルギーとの関係を検討し次のことがわかった。

1) 樹種内の比重と衝撃曲げ吸収エネルギーの相関関係について言えば、日本産針葉樹材は11樹種中わずか2樹種に、広葉樹材は26樹種中15樹種に、また熱帯産材については22樹種中7樹種のみに関係が認められた。一般に木材の材質判定には比重がパラメーターとして多く用いられる中でこれは案外低い相関であり、木材の衝撃曲げ吸収エネルギーの値の予測として比重を用いることは樹種によって推定が可能であった。

2) 多数の樹種間にまたがる比重 R と衝撃曲げ吸収エネルギー U との関係を指数回帰式 $U = aR^b$ で示した場合、ここで a , b を定数とすると $b=2$ は日本産広葉樹材のみに僅かに成立し、他の場合には成立しない。したがって動的形質商なるものは普遍的なものではない。

3) 熱帯産材の場合には比重が大きくなっても、衝撃曲げ吸収エネルギーはやはり比例して大きくなるが、比例係数は小さく、日本産広葉樹材の半分程度である。

従来の研究によれば、衝撃曲げ吸収エネルギーに与える物理的、生物的要因として、以上のように比重との関係をはじめ、さらに夏材率、繊維走向度、含水率、および温度の諸因子が取り上げられている。しかし年輪傾角については全く見当らないようである。そこでこの報告では比重と年輪傾角との両因子、あるいはさらに含水率を加えた3因子と衝撃曲げ吸収エネルギーに対してどのような影響を与えるかを重回帰を用いて検討した。

木材の衝撃曲げ試験方法 JIS Z-2116-63 の第6項では、「荷重面は標準として柾目とし、板目または追柾の場合には木表から荷重を加える。」と規定している。これは静的曲げ試験の規定 JIS Z-2113 の第6項と全く同じで、衝撃曲げ試験の規定は静的曲げ試験のそれを準用したものと思われる。ちなみに米国、ドイツおよびフランス等の諸外国の衝撃面に関する規定を、Table.1 に示したように、衝撃面の規定は各国で異なり、これらの規定の有効性を含めて衝撃曲げ吸収エネルギーの年輪傾角依存性を検討することにした。

2. 材料と実験方法

供試樹種は Table 2 に示したように、スギBおよびエゾマツの2樹種を除くヒノキ、スギA、アカマツ、オウシュウアカマツ、クリ、カツラ、ブナ、ホオノキの8樹種が気乾材である。一方スギBとエゾマツは含水率が全乾から繊維飽和点までの範囲にまたがっている。衝撃曲げ試験片の寸法は $2 \times 2 \times 30$ cm で、試験方法は JIS Z-2116 に準拠した。

衝撃曲げ吸収エネルギーの算出は次式に従う。

$$U = \frac{ML(\cos \theta_2 - \cos \theta_1)}{bh}$$

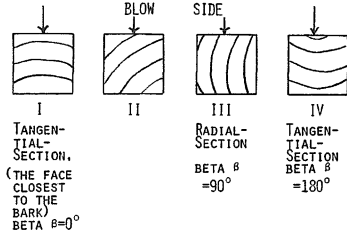
ここで、 U = 試片断面当りの仕事として表わされ、衝撃曲げ吸収エネルギー (kg-m/cm²)、 M : 振子の重量、 L : 振子の重心よりの腕の長さ、 θ_1 : 振り始めの角度、 θ_2 : 試験破壊後の振り終りの角度、 b : 試片の幅、 h : 試片の高さ、とする。

試験時の重量寸法に基づく比重が測定され、テスト終了時に試片の一部を切取り含水率の測定をおこなった。また試験時の温度は $15 \pm 2^\circ \text{C}$ であった。

* 木材加工学研究室
Laboratory of Wood Science and Engineering
Shimane University, Matsue 690, Japan

Table 1. Growth Ring Placement in Impact Test According to Different Standards.

NATIONALITY	STANDARD SPECIFICATION	PLACEMENT OF GROWTH RING
JAPAN	JIS Z 2116	III, (I, II)
U.S.A.	ASTM D 143 - 64	I OR IV, AND III
GERMANY	DIN 52189	III
FRANCE	AFNOR 5 - 29	III



3. 結果と考察

測定結果については Table 2 に総括した。同表によれば、比重と衝撃曲げ吸収エネルギーとの相関は針葉樹材について5樹種中2樹種であるし、広葉樹材では4樹種とも有意であった。本来日本産針葉樹材の気乾比重と衝撃曲げ吸収エネルギーの相関性は低く、すでに報告したように針葉樹材は11樹種中僅かにアカマツとヒメコマツの2樹種に相関が認められ、広葉樹材は26樹種中15樹種に相関が認められた。もち論ここで取扱い相関が認められたクリ、カツラ、ブナおよびホノノキは上記15樹種中に入っている。ソ連産のエゾマツとオウシュウアカマツは共に既往の研究で相関性が認められたが、今回はエゾマツに相関がない。これには含水率をコントロールしなかったためかも知れない。

年輪傾角と衝撃曲げ吸収エネルギーとの相関は年輪の明瞭な針葉樹材が広葉樹よりも明らかに大きい。また針葉樹材のそれは5樹種6種類中ヒノキのみが有意でなく、広葉樹の4樹種中カツラとホノノキに相関がみられなかった。

衝撃曲げ吸収エネルギーに対する比重と年輪傾角の重相関係数は0.350から0.802であり、両因子の寄与率はアカマツの64%からスギAの12%の範囲にある。したがってアカマツは比重と年輪傾角によって、衝撃曲げ吸収エネルギーへの説明が64%出来る。残りは他の因子によるもので、それには例えば曲げ強さや弾性率の因子が考えられる。

年輪傾角と衝撃曲げ吸収エネルギーとの関係を各樹種について測定した結果を Fig. 1 および Fig. 2 に示す。両関係が有意なものについて図中に回帰直線を記した。また同図において、衝撃破壊の形態も含めて示したが、衝撃曲げ破壊形態は次の4つに分類した。

- 1) **Brush Tension Type** (黒丸印●) 衝撃点から衝撃方向に沿って破壊面を持ち、破壊面は引張破壊時のように繊維引き裂きの鋸歯状またはブラシ状の破壊面を生じる。平井氏のC, Dタイプに相当する。
- 2) **Cross Grain-Tension Type** (白丸印○) 衝撃点側(圧縮側)はBrush Tension Type であるが、引張側は両方又は片方へ斜方向にすべり面をもって破壊を生じる。平井氏のA, Bタイプに相当する。
- 3) **Shear Type** (三角印△) 平面上の平滑な破壊面が衝撃方向に対し傾斜している。時には波状または階段状を呈することもある。平井氏のGタイプに相当する。

Table 2 Test Data for Individual Species

LOCAL NAME	SCIENTIFIC NAME	ORIGIN	No. OF SPECIMENS	M.C. (%)		RU		RU (KG/IV CM ²)		SIMPLE CORR. COEFF.		MULTIPLE CORR. COEFFICIENT U-R ₀ -BETA	LINEAR REGRESSION EQ. OF BETA-U(0° ≤ BETA ≤ 90°) or BETA-R ₀ -U
				MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	R ₀ -U	BETA-U		
SOFTWOOD:													
HINOKI	CHAMAECYPARIS	HONSHU	113	12.2	1.23	0.363	0.020	0.311	0.058	0.356**	-0.021	0.357**	
SUGI A	CRYPTOMERIA	HONSHU	120	13.7	1.92	0.381	0.026	0.291	0.112	0.012	-0.346**	0.350**	U = 0.3452-0.0014 BETA
SUGI B		HONSHU	21*	13.1	7.62	0.367	0.039	0.397	0.165	-0.012	-0.488**	0.552**+	U = 0.5151-0.0026 BETA
EZOMATSU	PICEA JEZOENSIS	U.S.S.R.	292	13.2	8.43	0.389	0.027	0.489	0.132	0.045	-0.402**	0.435**+	U = 0.5667-0.0017 BETA
AKAMATSU	PINUS DENISFLORA	HONSHU	131	12.0	0.24	0.570	0.069	0.558	0.183	0.714**	-0.382**	0.802**	U = -0.415-0.00234BETA+1.88274R ₀
OSHI-AKAMATSU	PINUS SYLVESTRIS	U.S.S.R.	116	13.0	0.94	0.479	0.074	0.326	0.111	0.504**	-0.252**	0.569**	U = -0.006-0.00141BETA+0.22267R ₀
HARDWOOD:													
KURI	CASTANEA	HONSHU	70	14.9	0.73	0.605	0.057	0.538	0.163	0.663**	-0.208*	0.694**	U = -1.148-0.00110BETA+2.87197R ₀
KATSURA	CERCIDIPHY	HONSHU	61	12.1	0.41	0.476	0.057	0.448	0.077	0.434**	-0.062	0.437**	
BUNA	FAGUS CRENATA	HONSHU	102	12.9	0.88	0.630	0.046	0.737	0.305	0.340**	-0.269**	0.420**	U = -0.543-0.00254BETA+2.16369R ₀
HOONOKI	MAGNOLIA	HONSHU	114	11.8	0.70	0.463	0.017	0.431	0.121	0.416**	-0.134	0.421**	

+ MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT U-R₀-BETA, M.C.

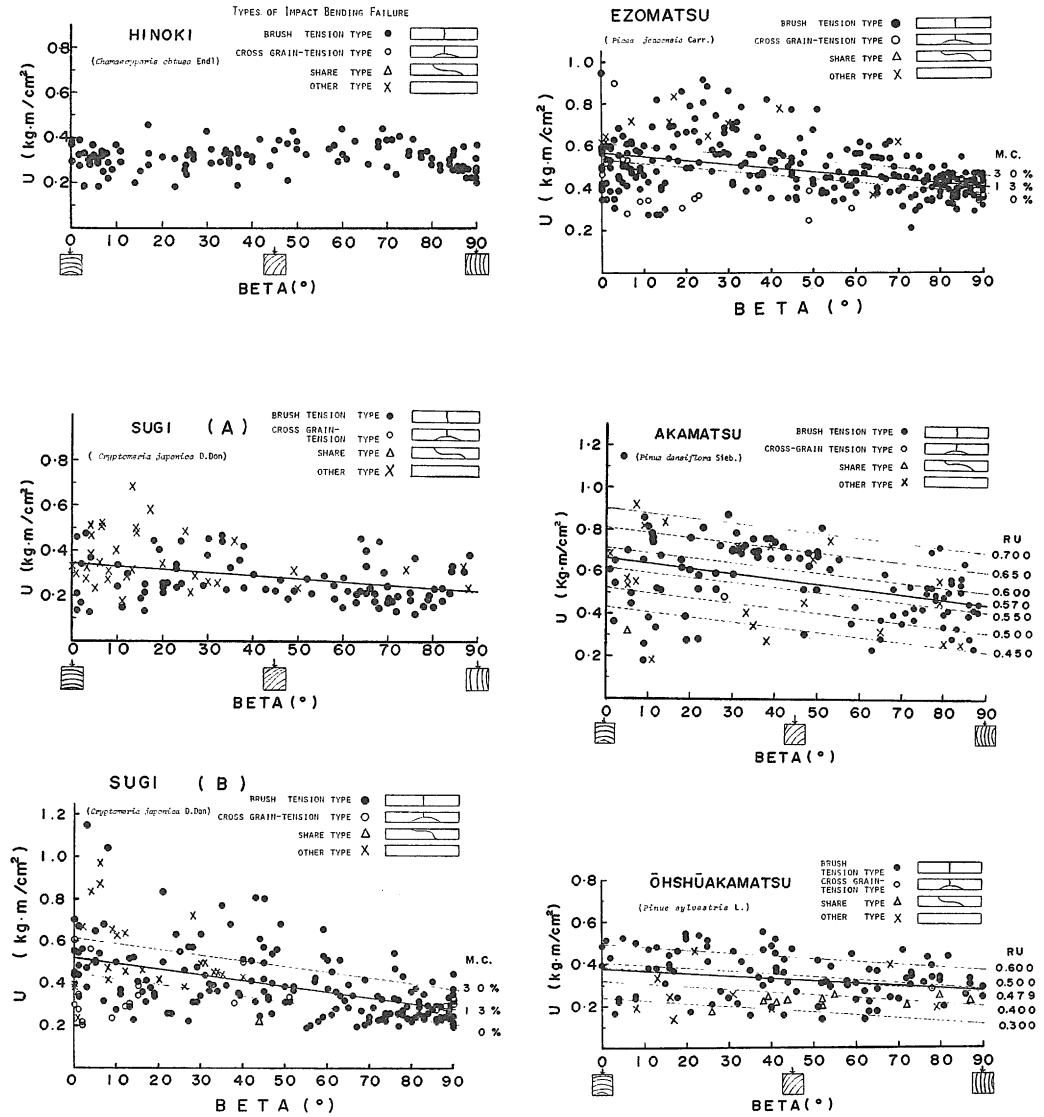


Fig. 1 Absorbed Energy in Impact Bending Test, U , As a Function of Growth Ring Placement, β , for Softwoods.

4) Others (バツ印×) Brush Tension Type に加えて木理に沿って大きく縦裂線の入った場合、衝撃点以外の場所が破壊する場合、はりの圧縮側が繊維に平行方向の圧縮力によって圧座されたような場合などである。平井氏の E, F に相当する。

Fig. 1 および Fig. 2 において、年輪傾角が大きくなる（板目面打撃より柁目面打撃になる）に従って衝撃曲げ吸収エネルギーは若干減少する。しかもその配は -0.0011 から -0.0028 までであり、板目面打撃の衝撃曲げ吸収エネルギーを $U_r=1$ にすると、柁目面打撃の

それ U_i は Table 1 の回帰式より、スギ A : 0.63, スギ B : 0.55, エゾマツ : 0.73, クリ : 0.83, プナ : 0.70 となり打撃面の影響は無視出来ない。両者の比 U_r/U_i 針葉樹材の場合 $1.2 \sim 1.5$ ($U_i/U_r=0.83 \sim 0.67$) であるといわれているが、 $U_r/U_i=2.00$ もあり、この報告では回帰直線が有意なもので回帰式から上記の値をえるが、いま U_r の角度を $0^\circ \sim 5^\circ$, U_i の角度を $85^\circ \sim 90^\circ$ として、その衝撃曲げ吸収エネルギーの平均値の比 U_r/U_i (U_i/U_r) を求めると、ヒノキ : 1.16(0.86), スギ A : 1.08(0.93), アカマツ : 1.10(0.91), 欧州アカマツ

: 1.35(0.74) となり、針葉樹材の $U_r/U_i = 1.1 \sim 1.3$ と先程の 1.2~1.5 より小さい値となった。また広葉樹ではクリ: 1.17, カツラ: 1.02, ブナ: 1.31, ホオノキ: 0.92 を示して、1.3~0.9 の範囲にあり、ホオノキは 1 より小さくなったが、ニセアカシアも 0.95 を示すことから、広葉樹材は板目面打撃による吸収エネルギーが柾目面のそれより小さいこともある。しかし U_r/U_i のデータはサンプル数がすくないので参考程度である。

次に Fig. 1 に示した針葉樹の各樹種についての傾向を検討する。

1) ヒノキ: 年輪傾角による衝撃曲げ吸収エネルギーの値の分散範囲は比較的狭いが、回帰直線が成立するための相関関係がみられない。衝撃曲げ吸収エネルギーに寄与する気乾比重と年輪傾角による重相関は 0.357 であるからこの両因子による寄与率は 13% 程度である。破壊型はすべて Brush Tension Type を示した。

2) スギA: 含水率が 13.7% にコントロールし、その標準偏差は 1.92% の気乾材である。衝撃曲げ吸収エネルギーに対する比重は相関関係をもたないが、年輪傾角については相関関係がある。この場合、衝撃曲げ吸収エネルギーはヒノキのそれより若干バラツキが大きいが、相関がみられる。衝撃曲げ吸収エネルギーに対する比重と年輪傾角の寄与率は 12% でほぼヒノキのそれと同じである。

年輪傾角が $0^\circ \sim 40^\circ$ では衝撃曲げ吸収エネルギーの値のバラツキは大きく、破壊型もこの範囲では Brush Tension Type 60%, その他が 40% を示している。また年輪傾角が $40^\circ \sim 90^\circ$ では破壊型が殆んど Brush Tension Type を示している。

3) スギB: 全乾から繊維飽和点までの含水率範囲を 7 段階にわけ、各段階につき 30~34 本宛試験した。衝撃曲げ吸収エネルギーに対する比重の相関はスギAと同様にみられないが、年輪傾角と含水率には単純相関がみられる。

衝撃曲げ吸収エネルギーの値のバラツキは年輪傾角が大きくなる程小さくなり、また年輪傾角 $0^\circ \sim 40^\circ$ では破壊タイプが 3 種類あり、Brush Tension Type の破壊形が 62%, Cross Grain-Tension Type が 13%, 残りはその他の 25% であった。Brush Tension Type の破壊は全体にバラツキ、Cross Grain-Tension Type は低い衝撃曲げ吸収エネルギーをもち、その他の破壊型のときは高い値を示すことが多い。

衝撃曲げ吸収エネルギーに対する全乾比重、含水率および年輪傾角の関係を求めたのが Table 3 である。ここで変数 No. 2 が全乾比重、No. 3 が含水率、No. 4

Table 3 Multiple Regression Analysis Table of Sugi (B)

MULTIPLE REGRESSION.....UPNB 2						
SELECTION..... 1						
VARIABLE NO.	MEAN	STANDARD DEVIATION	CORRELATION X VS Y	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR OF REG. COEF.	COMPUTED T VALUE
2	0.33485	0.03396	-0.09143	-0.07193	0.28709	-0.25055
3	13.07243	7.61930	0.24374	0.00530	0.00128	4.30572
4	45.03738	30.59155	-0.48954	-0.00266	0.00031	-8.58795
DEPENDENT	1	0.39688	0.16538			
INTERCEPT				0.46902		
MULTIPLE CORRELATION				0.55297		
STD. ERROR OF ESTIMATE				0.13878		

ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE REGRESSION				
SOURCE OF VARIATION	DEGREES OF FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F VALUE
ATTRIBUTABLE TO REGRESSION	3	1.78130	0.59377	30.83119
DEVIATION FROM REGRESSION	213	4.04430	0.01926	
TOTAL	213	5.82560		

が年輪傾角であり、従属変数は No. 1 で衝撃曲げ吸収エネルギーである。また回帰に対する分散分析表 (Table 3) から $5.82560/213 = 0.02735$ から $0.01926/0.02735 = 0.7042$ となる。したがって衝撃曲げ吸収エネルギーの分散のうち回帰に帰因しない比率は 70%, 3 つの変数因子で説明出来るのが 30% であった。

Table 2 からスギBの回帰式は

$$U = 0.46902 - 0.07193 R_0 + 0.00550 M.C. - 0.00266 \text{ Beta}$$

となる。ここで U : 衝撃曲げ吸収エネルギー, R_0 : 全乾比重, $M.C.$: 含水率, $Beta$: 年輪傾角である。または U と R_0 との相関関係が認められないことから, $R_0 = 0.33485$ を代入すると

$$U = 0.445 - 0.0055 M.C. + 0.00266 \text{ Beta}$$

をえる。

4) エゾマツ: スギBの場合と同様に全乾から繊維飽和点までの 7 段階の含水率とし、各段階とも約 42 本宛試験した。柾目打撃 (90°) に近づくると衝撃曲げ吸収エネルギーのバラツキと平均値は小さくなり、また板目打撃も 2 例を除けば全体としてバラツキも小さくなる。しかも年輪傾角 25° くらいに衝撃曲げ吸収エネルギーがピークとなる凸形曲線とも考えられる。

破壊型は殆んどが Brush Tension Type であって 89% を占める。次いで Cross Grain-Tension Type で 7% であるが、衝撃曲げ吸収エネルギーが比較的小さい値である。その他の破壊型は 4% で比較的高い衝撃曲げ吸収エネルギーを示す。

Table 4 から重相関係数 $R = 0.43554$ であり、衝撃曲げ吸収エネルギーに対する比重、含水率、年輪傾角による関与は 19% である。スギBと同様に回帰式は

$$U=0.534+0.00262 M.C.-0.00175 Beta$$

となる。

5) アカマツ：衝撃曲げ吸収エネルギーに対する比重との相関関係は供試樹種中一番大きかった。既往の結果では 0.569 であり、今回の測定では 0.714 と若干の増加が認められた。一方衝撃曲げ吸収エネルギーの年輪傾角に対する相関係数は低いが、有意 (99%) である。衝撃曲げ吸収エネルギーは年輪傾角の増加と共に減少し、比重の増加によって大きくなる。両因子による重相関係数は 0.802 とこの供試樹種中では高く、寄与率は 64% に達して針葉樹の今迄の結果とは大幅に異なる。

破壊形態は Brush Tension Type によるものが 82% を占め、その他の破壊型は 16% であった。Cross Grain Tension Type と Shear Type はわずかに 1 個ずつみられる。

6) オウシュウアカマツ：衝撃曲げ吸収エネルギーに対する比重および年輪傾角の単純相関係数は共に有意であるが、アカマツよりも低い。この重相関係数は 0.569 であるから、寄与率は 32% である。衝撃曲げ吸収エネルギーは年輪傾角の増加によって減少する。

破壊形態は Brush Tension Type が 83% と大半を占め、残りは Shear Type が 9%、その他のタイプが 8% となった。とくに Shear Type は比較的低い衝撃曲げ吸収エネルギー値を示した。

クリ、カツラ、ブナおよびホオノキの衝撃曲げ吸収エネルギーと年輪傾角の関係を Fig. 2 に示す。

7) クリ：衝撃曲げ吸収エネルギーに対する比重と年輪傾角の単純相関は共に有意であり、とくに比重に対しては 0.663 と、従来結果 0.729 と同様に大きい相関係数を示した。両因子による重相関係数は 0.694 を示し、寄与率は 48% であった。

破壊形態は Brush Tension Type が 74% と比較的多

く、次いでその他の破壊型が 17% であり、Shear Type が 6%、Gross Grain Type が 3% を示しわずかであった。

8) カツラ：衝撃曲げ吸収エネルギーは比重に対し相関をもつが、年輪傾角に対し相関をもたない。両因子の重相関は 0.437 を示し、寄与率は僅か 19% と低い。

破壊形態は Brush Tension Type によるものが 70% を占め、その他の破壊型が 23%、Shear Type が 7% を示し、全体として Brush Tension Type のものが衝撃曲げ吸収エネルギーの大きい値を示し、残りの破壊型はそれが平均値か又はそれ以下にあった。

9) ブナ：衝撃曲げ吸収エネルギーは比重と年輪傾角に対し単純相関が認められるものの相関係数が小さい。重相関係数も 0.420 を示し、寄与率は 18% と低い。衝撃曲げ吸収エネルギーの値のバラツキ幅も大きい。

破壊形態は Brush Tension Type が 62% を占め、年輪傾角が 30°~20° と 60°~90° の範囲に主に分布し、衝撃曲げ吸収エネルギーの値も比較的大きい。Shear Type は 25% に達して、主に中間の年輪傾角に分布し、比較的低い衝撃曲げ吸収エネルギーの値を示す。Cross Grain Tension Type が 7%、その他の破壊型が 6% とわずかである。

10) ホオノキ：衝撃曲げ吸収エネルギーは比重に対し単純相関が認められるが、年輪傾角には認められない。重相関係数は 0.421 で、寄与率はブナと同様 18% である。

破壊形態は 4 タイプともみられ、特に他の樹種の破壊形態の比率とは異なり、Shear Type の破壊が 38% と一番多く、次いで Brush Tension Type と Cross Grain Tension Type が同率の 24% に達し、残りはその他の破壊型で 14% であった。

衝撃曲げ吸収エネルギーは年輪傾角に対し単純相関はみられないので線型回帰はないが、0°~45° の範囲は概して低い値を示している。

以上総括すると、針葉樹材の衝撃曲げ吸収エネルギーは年輪傾角の増加と共に減少する。ただしヒノキだけは殆んど変化がなくほぼ一定に近い。破壊形態は殆んど Brush Tension Type で 100~60% を占めている。また、広葉樹材についてはクリ、ブナの 2 樹種のみが衝撃曲げ吸収エネルギーと年輪傾角に関係がみられ、カツラとホオノキは共に相関がないが、カツラはほぼ一定であり、ホオノキは中間年輪傾角で減少する傾向があるが、広葉樹は年輪が不鮮明でさらに管孔配列などによっても傾向を明確にしないように思われる。破壊形態は Brush Tension Type が 74~24%、Shear Type 38~6%、

Table 4 Multiple Regression Analysis Table of Ezomatsu

MULTIPLE REGRESSION..... 1						
SELECTION..... 1						
VARIABLE	MEAN	STANDARD DEVIATION	CORRELATION	REGRESSION	STD. ERROR	COMPUTED
100			X VS Y	COEFFICIENT OF REG. COEF.	T VALUE	F VALUE
2	0.36134	0.02026	-0.01420	0.01024	0.34793	0.02943
3	13.18410	8.40336	0.14852	0.00262	0.00094	3.12891
4	43.34247	30.97110	0.40244	-0.00175	0.00023	-7.71868
DEPENDENT						
1	0.48873	0.13220				
INTERCEPT						
				0.52992		
MULTIPLE CORRELATION						
				0.43554		
STD. ERROR OF ESTIMATE						
				0.11971		
ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE REGRESSION						
SOURCE OF VARIATION	DEGREES OF FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F VALUE		
ATTRIBUTABLE TO REGRESSION	3	0.96625	0.32208	22.47388		
DEVIATION FROM REGRESSION	498	4.12748	0.01433			
TOTAL	501	5.09373				

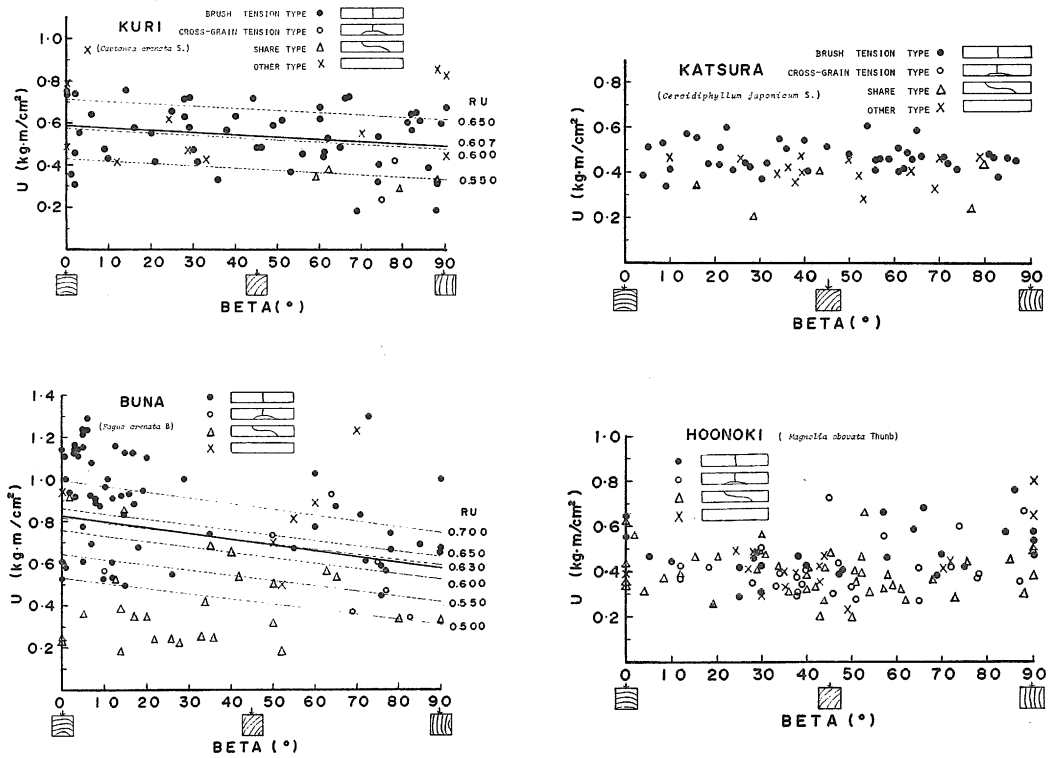


Fig. 2 Absorbed Energy in Impact Bending Test, U , as a Function of Growth Ring Placement, β , for Hardwoods.

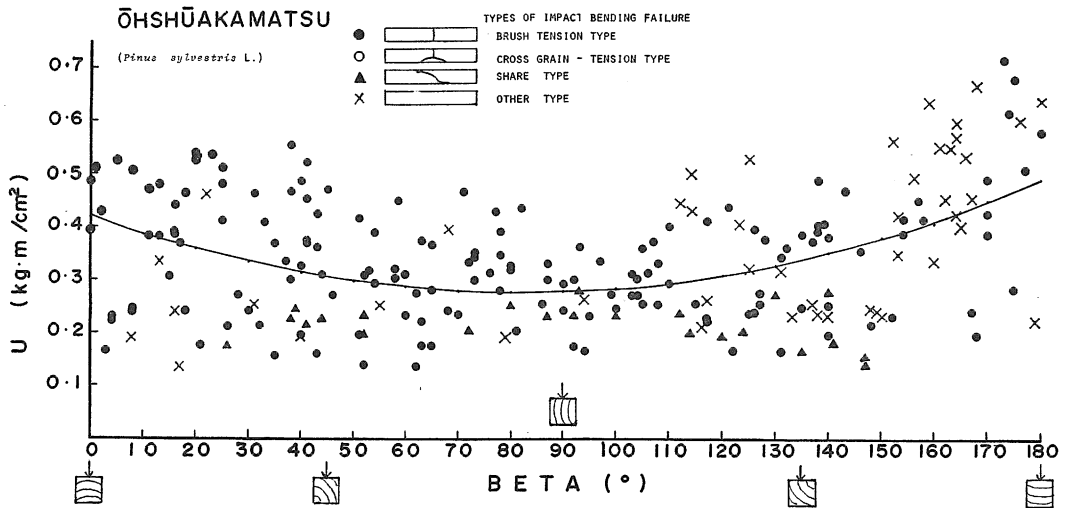


Fig. 3 Absorbed Energy in Impact Bending Test, U , of Scots Pine (Ohoshū Akamatsu *Pinus sylvestris* L.) as a Function of Growth Ring Placement, β , in the Range from 0° to 180°. Quadratic Regression Equation :

$$U = 0.420 - 0.0036 \text{ Beta} + 0.000022 \text{ Beta}^2$$

Cross Grain-Tension Type 24~0%, その他の破壊型23~6%と広葉樹材独特の多様な傾向を示す。

以上述べたように、木表打撃によって衝撃曲げ吸収エネルギーは年輪傾角に依存しているかどうかを検討してきた。その結果両者の相関が有意なものは10樹種中7樹種に達し、そのいずれについても柾目面打撃 ($\beta=90^\circ$) が板目面打撃 ($\beta=0^\circ$) や追柾打撃よりも衝撃曲げ吸収エネルギーが統計的に値が小さいことがわかった。しかし木裏打撃の場合はどうなるかわからないので検討を加える。まず衝撃曲げ吸収エネルギーが年輪傾角に対して樹種中平均的傾向を示したオウシュウアカマツを取り上げ、年輪傾角を木表の板目面打撃 ($\beta=0^\circ$) から柾目面打撃 ($\beta=90^\circ$) を経て、木裏から打撃し板目面打撃 ($\beta=180^\circ$) まで変化させた時の衝撃曲げ吸収エネルギーの結果は Fig. 3 に示される。同図に画かれた回帰曲線は次式のように成立する。

$$U=0.420-0.0036 \beta+0.000022 \beta^2$$

ここで β は年輪傾角で $0^\circ \sim 180^\circ$ の値をとる。ほぼ柾目面打撃付近の角度 ($\beta=82^\circ$) が最小値をとる。実際のデータでは 85° から 110° 程度の範囲では打撃面が木表であろうと木裏であろうと関係ないことがわかった。追柾とか板目面より打撃する場合、衝撃曲げ吸収エネルギーの値と散らばり具合とその回帰曲線からみてか

ならずとも JIS に規定された「木表から打撃しなければならない」の項目は不必要なことである。つまり打撃面は木表であろうが木裏であろうが、その吸収エネルギーの値と分散の程度からみてどちらでもよい。

打撃面が柾目や板目以外の中間角度の衝撃曲げ吸収エネルギーの値が大きくなり、またばらつきも大きくなるのは、1) 試片の断面が年輪傾角によって撓みの増大と共にひし形のようになり、ねじれたような変形をし、2) 春材と夏材の交互構造によって変形量が大きくなるなどによって値のバラツキが大きくなるものと思われる。

謝 辞

この研究を進めるに当って、測定に献身的な御援助をいただいた方々、島根大学事務官村上幸可氏、および木材加工学元専攻学生沖本公明、古山之啓、広谷教政の諸君に厚く御礼申し上げる。

引用文献

1. 高橋 徹, 村上幸可, アルノ.P.シェニービンド: 日本木材学会誌, 19: 521-532, 1973.
2. 梶田 茂: 木材工学, 養賢堂, 東京1961, p.206
3. 平井信二: 木材工業, 32, 366-368, 1977.

Summary

The angle of the growth rings in relation to the direction of the applied load, and the absorbed energy in impact bending (toughness) were measured for 10 species. Specimen size was 2 cm square by 28 cm long. The orientation of the annual rings resulting in the load being applied to the tangential face (radial direction) is defined as $\beta=0^\circ$, and $\beta=90^\circ$ indicates that the load is applied to the radial face (tangential direction) as shown in Figs. 1 and 2. The data were analyzed statistically and the results are as follows:

1) Statistically significant correlation between the absorbed energy of impact bending, U and β was found for 6 of 8 species of softwoods and for 2 of 4 species of hardwoods. Multiple regression analyses for U as the dependent and β , the specific gravity Ru , and in some oases moisture content $M.C.$ as independent variables were significant for all species of this study as shown in Table 2.

2) The relationship between β and U is shown in Figs. 1 and 2. In those species where there was significant correlation, the slop of the linear regression equations had the same tendency from species to species. Types of failure in impact bending test are shown also in Figs. 1 and 2.

2) Using a quadratic regression equation, statistically significant curvilinearity was found in Scots Pine (Ohoshū Akamatsu), when β ranged from 0° to 180° , with a minimum at $\beta=90^\circ$ (Fig. 3).