

## アテの曲げ強度性能

三 林 進

## I はじめに

建築構造材として、県産アテを利用していくためには、品質保証と安定した供給が、重要な問題である。平成3年度に、「製材の日本農林規格(JAS)」の改正が告示されたが、基礎資料としてのアテの実大強度試験のデータの蓄積が少ないこともあり、マアテの実大曲げ試験を行った。製材品は、原材料が生物材料であるため、鉄等の工業製品と比較すると品質や強度のばらつきが大きい。この意味で建築構造材として木材を用いる場合、必要以上に強度低減率をかけて過剰品質になりがち傾向がある。したがって、実大材の強度試験は、不必要な仮定に基づかない結果を示すことであり、実用的に大きな意味を持つものである。

さらに、ヤング係数による強度等級区分の可能性を検討するため、打撃音による基本振動周波数と密度の測定によって動的ヤング係数を求め、曲げヤング係数、曲げ強度との相関を求めた。これは、非破壊的な方法であり、特別のセンサーも不必要であるので、製材工場等の現場での適用が容易である。木材の強度的性質をこの方法で正確に予測できるならば、必要以上の強度低減率をかける必要がなくなり、木材をもっと有効に、適材適所に利用できるはずである。強度的性質の予測による強度等級区分は、県産材を構造材として合理的に利用していくために、今後ますます必要になってくると考えられる。

本報告で示された図、表中の記号は、次の意味で使用した。

REGN : 地域ナンバー

LS : 供試材のスパン長

SS : 荷重点間距離

B : 材幅

H : 材せい

PITH : 1(心持ち)、0(心去り)

MC : 含水率

ru, r15 : 試験時比重、15%MC換算比重

ARW : 平均年輪幅

RN : 材に含まれる完全年輪数

SGR : 繊維走行の傾斜

Ktype : 破壊に最も関与したと思われる単独節の分類

Kmax : JASによる最大節径比

Cmax : JASによる最大集中節径比

KARm : 節面積比(単独節)

KARc : 節面積比(集中節)

MKRm : 引張側1/4部分の節面積比(単独節)

MKRc : 引張側1/4部分の節面積比(集中節)

ZRRm : 節を断面欠損と考えた場合の断面係数減少率(単独節)

ZRRc : 節を断面欠損と考えた場合の断面欠損減少率(集中節)

E-L : 全スパンたわみから計算された試験時のMOE

E-I : 中央モーメント一定区間から計算された試験時のMOE

MOE : 標準試験条件時の曲げヤング係数

Sp : 試験時の比例限度

Smax : 試験時の曲げ強度

MOR : 標準試験時の曲げ強度

P/M : 試験時曲げ比例限度力/試験時MOR

Ftype : 破壊の形態

Ed : 打撃音による製材直後のヤング係数

Elog : 打撃音による丸太のヤング係数

## II 試験方法

## 2.1 供試材

供試丸太は石川県輪島市の製材工場で購入した2番玉を中心とするものであり、品質がばらつくように100本サンプリングした。この動的ヤング係数を丸太時(Elog)、製材直後(Ed)にそれぞれ求めた後、Edを基準に2つのグループに分け、一方を10日間の除湿乾燥後(以下、D材、MC:14~20%)、他方を生材(以下、G材、MC:30~80%)のまま強度試験に供した。供試材は、

10.5×10.5×300cmであり、測定されたヤング係数 (Es)、曲げ強度 (Smax) は、ASTMD 2915<sup>1)</sup>の式を用いて含水率15%、スパン梁せい比21の3等分点4点荷重の標準試験条件での値に換算した (MOE, MOR)。

## 2.2 試験方法

### ① 非破壊的方法による実大材の強度性能の推定

打撃音の周波数によるヤング係数の測定を行った。試験体をクッションの上に置き、片方の木口面をハンマーで打撃して縦振動させ、他方においてマイクロフォンで材中を伝播する弾性波を打撃音としてとらえ、サウンドアナライザー (リオン社製 SA-77型) によって分析し、その基本振動数 F を測定した。この F と材長 L (cm) から次式によって動的ヤング係数 Ed を求めた。

$$F = 1/2L \sqrt{\frac{Ed \cdot g}{\delta}}$$

g : 重力の加速度    δ : 試験体の密度

### ② 実大曲げ強度試験

20 t 曲げ実大強度試験機 (東京試験機) を使用し、試験条件は4点荷重方式で、支点間距離は270cm、支点から荷重点までの距離は120cmである。材面に存在する節、および破壊に関係した節を、曲げ試験の前後にスケッチし、節面積計算の資料とした。

### ③ 破壊に関する節面積の計算

富山県木材試験場で作成したパーソナルコンピューター用の節面積計算ソフトを使用した。図-1に破壊形態の分類図を示す。

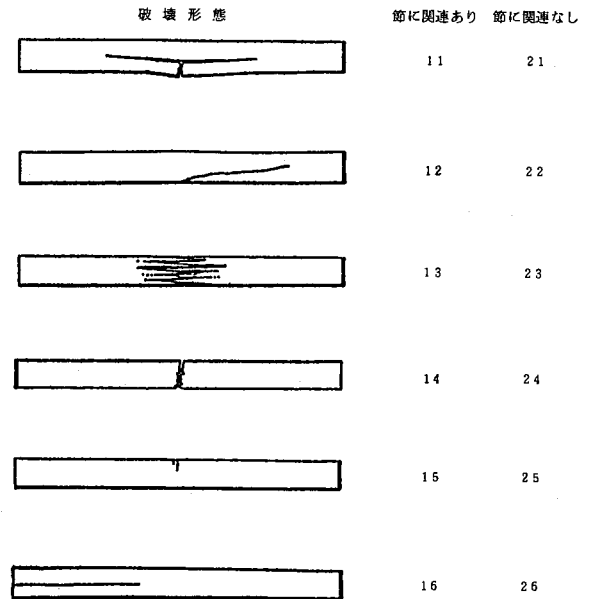


図-1 破壊形態の分類

## III 試験結果

### 3.1 アテの材質

表-1にD材の試験結果、表-2にG材の試験結果を示す。それらの測定値のまとめが表-3に

表-3 試験データの統計値

項目	生材 (N=50)		人乾材 (N=50)		平均値有意差	全体 (N=100)	
	Mean	SD	Mean	SD		Mean	SD
MC	45.9	14.1	17.5	1.6	**	-	-
R15	0.497	0.052	0.513	0.044	*	0.505	0.049
ARW	2.01	0.557	2.04	0.523	-	2.02	0.538
SGR	13.3	13.6	38.8	25.3	**	26.0	23.9
Kmax	22.8	9.0	24.4	10.9	-	23.6	10.1
Elog	100.2	14.1	100.1	10.8	-	100.2	11.2
Ed	88.6	11.3	88.2	9.7	-	88.4	10.5
Es	81.6	11.3	92.5	11.4	**	-	-
MOE	92.1	12.8	95.9	12.1	-	94.0	12.6
Smax	395.4	68.5	439.4	85.5	**	-	-
MOR	486.0	84.2	472.0	96.8	-	479.0	90.5
Sp/Smax	62.4	7.1	72.9	9.8	**	-	-

(注) MC : 含水率 (%), R15 : 15%・MC換算比重、ARW : 平均年輪幅 (mm)、SGR : 繊維走行の傾斜 (mm/m)、Kmax : JASによる最大節径比 (%), Elog、Ed : 丸太および製材直後の縦振動法によるヤング係数 (10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>)、Es、MOE : 試験時および標準試験条件時の曲げヤング係数 (10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>)、Smax、MOR : 試験時および標準試験条件時の曲げ強度 (kgf/cm<sup>2</sup>)、Sp/Smax : 試験時の比例限度と強度の比 (%)

\*, \*\* : 有意水準 5% および 1%

表-1 乾燥材の試験結果

Sec	No	REGN	L <sub>S</sub> (cm)	SS (cm)	B (mm)	H (mm)	PITH (%)	MC (%)	ru	r <sub>15</sub> (mm)	ARW (mm)	R <sub>N</sub>	S-Gr	Ktype	K <sub>max</sub> (%)	C <sub>max</sub> (%)	KAR <sub>1m</sub> (%)	KAR (%)	MK <sub>Rm</sub> (%)	MK (%)	ZR <sub>Rm</sub> (%)	ZR (%)	E-l	E-l	B-l	MOE	Sp	Sm <sub>ax</sub>	MOR	P/M	Ftype	Ed	Elog	
1	N01	17	2700	900	109.3	109.3	1	16.2	0.494	0.491	20	27	400	11	30.3	57.8	7.4	40.4	22.3	36.3	16.3	39.6	79.2	86.8	80.2	299.6	415.2	429.0	0.721	21	76.2	91.5		
2	N02	17	2700	900	110.7	108.7	1	18.0	0.493	0.487	1.6	33	55.0	14	28.2	28.2	5.1	12.3	1.3	1.3	3.1	9.0	95.0	103.8	99.3	330.6	568.2	617.5	0.582	12	88.5	105.1		
3	N03	17	2700	900	108.7	110.3	1	18.4	0.476	0.469	2.8	19	10.0	13	20.9	20.9	4.8	4.8	3.7	3.7	3.6	3.6	83.3	85.3	87.9	265.3	351.1	386.0	0.756	11	79.8	84.8		
4	N04	17	2700	900	109.0	109.7	1	18.4	0.524	0.516	1.9	28	10.0	11	22.9	29.4	8.8	11.2	19.8	25.5	14.6	18.9	82.5	85.9	86.9	339.8	446.9	491.4	0.760	12	88.8	93.6		
5	N05	17	2700	900	106.7	109.3	1	15.3	0.506	0.505	1.6	34	50.0	11	28.0	28.0	7.6	7.6	22.0	22.0	16.3	16.3	89.6	92.8	89.3	298.5	445.1	445.1	0.671	12	88.9	102.7		
6	N06	17	2700	900	108.3	110.3	1	15.6	0.524	0.523	2.7	20	50.0	12	25.9	25.9	9.4	9.4	24.8	24.8	18.4	18.4	84.3	86.2	84.4	307.1	316.3	321.4	0.971	12	84.4	97.8		
7	N07	17	2700	900	111.7	108.3	1	20.2	0.635	0.621	1.3	41	50.0	11	23.2	23.2	6.5	9.9	18.3	18.3	13.5	16.1	108.0	104.4	117.6	350.2	547.0	634.9	0.640	11	105.2	115.5		
8	N08	17	2700	900	108.3	107.7	1	18.2	0.495	0.488	1.4	38	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	119.2	123.0	125.1	366.6	588.6	610.6	0.656	21	109.0	111.4	
9	N15	17	2700	900	109.7	108.0	1	15.8	0.523	0.521	1.9	28	80.0	10	22.2	22.2	6.1	11.1	17.8	18.3	13.0	15.8	98.8	97.3	99.2	301.0	447.2	456.9	0.673	12	93.6	106.7		
10	N16	17	2700	900	109.7	108.0	1	16.5	0.552	0.548	1.9	28	60.0	12	36.4	36.4	10.3	21.0	32.5	32.5	22.9	30.1	91.2	98.8	92.7	253.3	362.0	377.1	0.700	11	71.2	93.6		
11	N17	17	2700	900	110.7	110.0	1	17.2	0.519	0.514	2.2	25	55.0	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	103.5	104.9	106.7	303.3	591.8	628.6	0.681	22	101.3	123.3		
12	N18	17	2700	900	111.3	108.7	1	16.6	0.461	0.458	1.5	36	25.0	14	16.2	16.2	1.5	5.1	0.0	0.0	0.2	3.7	104.8	111.1	106.8	459.4	567.9	593.1	0.633	11	94.8	108.2		
13	N20	17	2700	900	108.0	107.3	1	16.8	0.517	0.513	1.9	28	25.0	11	21.3	21.3	4.1	9.6	12.3	12.3	8.8	13.4	117.5	125.5	120.1	368.9	468.3	512.8	0.756	11	102.8	112.8		
14	N21	17	2700	900	109.0	109.3	1	18.0	0.529	0.522	2.4	22	30.0	11	25.7	25.7	6.4	10.9	19.8	19.8	14.4	17.7	89.9	92.7	94.0	341.9	391.6	425.7	0.873	12	87.7	91.8		
15	N22	17	2700	900	108.7	109.0	1	19.4	0.483	0.474	2.9	18	35.0	13	19.3	19.3	3.5	9.1	10.5	10.5	5.6	9.2	86.6	91.6	92.9	240.5	340.9	386.1	0.706	11	69.7	95.6		
16	N25	17	2700	900	109.3	107.0	1	16.5	0.459	0.456	2.3	23	0.0	17	11.9	11.9	2.2	2.2	0.0	0.0	2.4	2.4	103.2	110.5	104.9	280.4	290.1	302.2	0.967	21	101.8	118.1		
17	N26	17	2700	900	108.7	107.7	1	16.2	0.520	0.517	2.8	19	30.0	12	27.5	27.5	9.1	19.9	28.0	28.0	20.0	24.0	88.7	91.0	89.7	289.4	342.9	354.3	0.844	12	82.8	100.0		
18	N29	17	2700	900	107.3	108.3	1	16.8	0.532	0.528	2.8	19	40.0	12	28.0	28.0	11.1	17.1	31.3	31.3	22.6	26.9	87.8	89.8	89.8	332.2	385.8	405.2	0.861	14	82.7	101.8		
19	N30	17	2700	900	110.0	107.7	1	19.8	0.517	0.506	1.8	29	70.0	15	20.4	20.4	4.4	4.4	0.0	0.0	0.0	0.9	9.2	97.4	97.4	100.2	349.4	524.1	600.9	0.667	22	92.3	94.9	
20	N33	17	2700	900	107.3	107.3	1	17.7	0.472	0.466	1.7	31	10.0	11	14.0	14.0	3.6	3.6	11.0	11.0	7.9	7.9	103.2	107.5	107.2	327.5	506.6	545.8	0.647	11	98.2	111.5		
21	N35	17	2700	900	108.0	108.0	1	18.6	0.452	0.445	1.3	41	0.0	11	9.3	9.3	2.5	2.5	7.5	7.5	5.4	5.4	111.7	119.6	118.1	385.8	494.0	546.4	0.781	11	100.7	112.9		
22	N38	17	2700	900	109.0	109.0	1	18.5	0.509	0.501	2.3	23	30.0	11	47.7	47.7	12.6	19.2	36.8	37.0	27.5	31.5	77.1	87.9	81.4	271.0	397.2	438.0	0.682	12	80.1	93.1		
23	N39	17	2700	900	108.7	110.7	1	19.1	0.520	0.511	2.9	19	25.0	14	19.8	19.8	6.2	9.4	0.0	0.0	0.3	3.0	84.2	81.8	89.9	284.0	474.7	532.9	0.598	22	78.5	75.8		
24	N40	17	2700	900	109.7	108.7	1	18.3	0.585	0.577	2.1	25	30.0	11	25.5	25.5	6.3	11.8	19.3	19.3	14.0	18.1	106.9	115.3	112.4	291.9	445.1	488.0	0.656	12	103.5	114.2		
25	N42	17	2700	900	109.0	109.0	1	17.2	0.515	0.510	2.3	23	45.0	11	25.7	25.7	7.6	7.6	21.3	21.3	15.8	15.8	75.4	91.7	77.7	323.2	392.0	416.4	0.824	12	81.0	84.4		
26	N45	17	2700	900	107.3	109.7	1	15.7	0.563	0.561	1.9	27	70.0	13	36.4	36.4	8.9	14.6	11.3	13.9	9.8	13.9	92.7	97.4	93.2	292.8	375.4	382.6	0.790	12	85.3	102.9		
27	N49	17	2700	900	110.7	111.7	1	21.0	0.516	0.503	1.9	29	50.0	11	18.0	18.0	4.8	4.8	14.3	14.3	10.4	10.4	92.4	93.4	102.4	254.4	401.1	477.4	0.634	12	82.0	92.6		
28	N51	17	2700	900	107.7	106.7	1	16.0	0.595	0.592	1.7	31	45.0	17	20.4	20.4	5.7	5.7	0.0	0.0	4.7	4.7	100.0	103.3	100.7	407.8	588.7	584.2	0.717	12	93.5	89.9		
29	N58	17	2700	900	109.3	108.0	1	15.4	0.506	0.505	2.3	23	60.0	13	27.5	27.5	6.8	12.8	6.0	21.3	5.6	17.8	81.9	84.1	81.7	307.0	351.5	355.2	0.873	12	84.7	98.8		
30	N62	17	2700	900	108.3	107.3	1	19.3	0.586	0.575	2.0	26	100.0	12	37.8	37.8	18.6	24.2	38.5	38.5	31.0	31.7	77.0	77.2	77.3	227.2	262.9	268.6	0.864	12	74.0	92.6		
31	N63	17	2700	900	106.3	108.3	1	15.8	0.507	0.505	1.7	31	80.0	12	38.9	60.2	7.6	7.6	26.5	26.5	19.2	19.2	70.0	70.9	74.9	293.0	419.9	474.2	0.698	14	95.7	80.4		
32	N65	17	2700	900	109.7	106.7	1	16.3	0.566	0.563	2.1	25	40.0	11	29.0	29.0	2.2	9.9	6.8	6.8	6.8	6.8	4.8	4.8	97.1	109.6	98.3	348.3	505.1	523.2	0.690	11	91.0	96.3
33	N66	17	2700	900	109.7	109.3	1	19.4	0.536	0.526	2.1	26	30.0	11	29.4	29.4	5.6	13.7	18.8	18.8	13.5	13.7	86.9	90.3	93.3	288.3	375.9	425.8	0.767	12	78.9	97.4		
34	N67	17	2700	900	107.7	108.3	1	22.0	0.626	0.608	3.6	15	5.0	12	27.8	27.8	6.3	13.9	17.8	17.8	12.9	13.0	89.4	93.4	101.0	299.1	515.0	632.9	0.581	12	81.7	102.8		
35	N69	17	2700	900	108.7	107.0	1	16.8	0.566	0.562	2.4	22	30.0	12	42.2	42.2	12.4	19.5	33.3	40.5	25.1	33.2	73.9	73.0	75.5	303.8	365.7	384.1	0.881	12	72.5	80.2		
36	N70	17	2700	900	110.0	109.0	1	18.6	0.554	0.545	1.5	36	60.0	12	52.3	67.9	9.1	32.4	26.8	26.8	19.1	19.1	72.7	74.2	76.8	247.9	325.4	359.9	0.762	12	77.7	81.9		
37	N72	17	2700	900	110.0	109.3	1	19.0	0.545	0.536	2.2	24	60.0	17	30.9	30.9	9.1	9.1	0.0	0.0	7.7	7.7	93.7	96.8	99.8	328.5	460.0	514.8	0.714	21	100.6	108.4		
38	N73	17	2700	900	109.3	110.7	1	15.1	0.479	0.479	1.8	30	80.0	12	36.0	36.0	9.6	19.5	29.0	29.5	20.8	25.1	84.4	84.9	83.8	302.5	379.1	380.1	0.798	12	85.5	98.0		
39	N75	17	2700	900	110.3	109.3	1	18.8	0.537	0.528	1.0	54	70.0	13	30.0	30.0	4.8	12.1	11.0	11.0	7.1	13.5	98.9	105.4	105.0	368.3	438.1	487.4	0.818	12	93.2	100.7		
40	N79	17	2700	900	108.0	107.3	1	18.0	0.451	0.445	2.7	19	10.0	11	30.0	30.0	2.1	8.8	7.2	7.2	5.2	5.5	81.1	85.1	84.8	271.3	367.8	399.8	0.737	22	70.7	94.4		
41	N80	17	2700	900	107.3	107.3	1	16.6	0.522	0.518	1.1	48	25.0	11	21.3	21.3	2.4	8.9	7.2	7.2	5.5	9.2	98.9	103.7	101.8	368.1	559.9	584.8	0.640	13	97.4	103.8		

表-2 生材の試験結果

Sec	No.	REGN	LS (cm)	SS (cm)	B (mm)	H (mm)	P1TH (%)	MC (%)	ru	r15 (mm)	ARW (mm)	RN	S-Gr	Ktype	Kmax (%)	Cmax (%)	KARim (%)	MKRim (%)	ZRRCim (%)	ZRRCim (%)	E-L (%)	E-I (%)	MOE	Sp	Smax	MOR	P/M	Ptype	Ed	Elog		
51	N08	17	2700	900	110.7	111.3	1	48.4	0.635	0.520	2.1	26	00	14	17.1	17.1	5.2	7.7	0.7	0.7	81.3	83.9	91.9	265.7	525.5	646.0	0.506	21	103.1	93.7		
52	N09	17	2700	900	109.7	110.3	1	32.5	0.479	0.439	2.0	27	00	15	16.4	16.4	3.9	3.9	0.0	0.0	79.3	81.2	89.6	212.4	371.1	456.1	0.572	21	88.1	94.7		
53	N10	17	2700	900	110.7	110.3	1	41.1	0.517	0.445	2.1	26	00	11	13.5	13.5	1.9	1.9	7.7	7.7	85.2	89.2	96.3	210.4	325.7	400.3	0.646	12	91.2	116.6		
54	N11	17	2700	900	110.3	110.3	1	47.1	0.643	0.531	2.3	23	200	11	25.5	25.5	3.8	11.6	11.3	11.3	81.1	82.2	87.6	291.5	442.2	543.6	0.659	11	88.7	93.5		
55	N12	17	2700	900	110.7	110.3	1	42.6	0.505	0.430	1.5	36	100	17	13.5	13.5	2.9	2.9	0.0	0.0	97.1	101.9	109.8	210.4	369.8	454.5	0.569	22	100.4	104.5		
56	N14	17	2700	900	110.7	109.7	1	48.3	0.634	0.519	2.3	23	100	17	32.4	32.4	7.9	7.9	0.0	0.0	7.8	7.8	99.8	273.9	434.1	533.6	0.631	22	90.8	103.6		
57	N19	17	2700	900	110.7	111.0	1	37.7	0.613	0.541	1.7	32	100	12	32.4	32.4	4.1	4.1	2.8	2.8	34.5	34.5	87.0	227.0	347.5	427.1	0.653	12	80.7	98.9		
58	N23	17	2700	900	109.7	109.7	1	41.0	0.656	0.565	2.1	26	100	12	22.7	22.7	6.0	6.0	17.3	17.3	80.9	82.7	91.4	255.9	290.7	357.3	0.880	12	82.6	97.1		
59	N24	17	2700	900	109.7	110.0	1	38.1	0.636	0.559	1.9	28	00	11	22.7	22.7	6.0	6.0	17.3	17.3	82.7	89.2	100.8	254.3	464.9	571.5	0.547	11	90.3	104.8		
60	N27	17	2700	900	111.0	111.0	1	29.6	0.554	0.519	1.6	34	200	11	20.7	20.7	2.3	4.4	9.3	17.5	6.6	12.6	91.8	104.9	286.3	440.3	0.650	12	101.1	114.4		
61	N28	17	2700	900	110.7	110.3	1	34.2	0.606	0.548	1.7	32	250	11	38.2	41.8	5.1	21.8	17.3	26.3	12.5	21.2	78.3	88.5	260.5	337.7	0.772	12	80.0	87.6		
62	N31	17	2700	900	110.7	110.7	1	31.4	0.463	0.428	2.1	26	00	14	18.0	18.0	4.4	10.8	0.0	10.5	1.6	11.6	79.4	235.5	314.8	386.9	0.665	22	84.6	97.4		
63	N32	17	2700	900	111.0	111.0	1	43.9	0.539	0.455	1.8	30	100	11	25.2	25.2	6.3	9.6	18.8	18.8	13.8	94.5	106.8	217.2	341.5	419.8	0.636	13	99.8	111.0		
64	N34	17	2700	900	110.3	111.0	1	36.4	0.673	0.599	1.6	34	300	11	22.5	22.5	5.6	9.8	17.3	12.7	12.9	76.0	85.9	227.7	354.4	435.7	0.642	12	81.4	95.0		
65	N36	17	2700	900	110.3	111.7	1	64.4	0.695	0.513	2.0	27	400	13	26.8	26.8	6.4	13.3	8.3	8.3	7.1	7.6	79.4	235.5	329.7	405.2	0.714	12	83.8	88.1		
66	N37	17	2700	900	110.3	112.7	1	72.9	0.604	0.424	3.5	16	500	11	18.2	18.2	3.9	13.1	11.3	8.2	14.8	75.3	85.2	192.8	331.6	407.6	0.581	11	70.2	89.2		
67	N41	17	2700	900	110.7	111.0	1	41.1	0.550	0.473	2.8	19	300	11	20.7	20.7	5.9	9.2	16.5	16.5	12.1	14.8	82.0	198.0	357.4	439.3	0.554	13	65.0	83.0		
68	N43	17	2700	900	110.3	109.7	1	34.1	0.465	0.421	1.7	32	300	11	13.6	13.6	1.9	4.2	7.0	15.5	5.1	9.9	56.2	58.0	63.5	203.5	291.0	357.6	0.699	22	93.6	109.3
69	N44	17	2700	900	111.0	112.0	1	40.1	0.524	0.454	2.5	22	100	11	30.6	30.6	8.3	15.1	23.5	17.4	21.5	79.3	89.7	213.3	323.8	398.0	0.659	11	78.7	100.5		
70	N46	17	2700	900	109.7	109.3	1	40.0	0.488	0.423	2.5	21	100	11	11.8	11.8	2.3	2.3	8.2	8.2	5.9	5.9	84.3	175.1	295.6	363.3	0.592	13	77.6	88.9		
71	N47	17	2700	900	110.3	111.3	1	42.1	0.593	0.507	2.0	27	400	11	22.5	22.5	3.3	9.3	10.3	7.4	7.4	84.9	90.2	96.0	256.7	394.9	485.3	0.650	22	84.9	91.5	
72	N48	17	2700	900	111.3	110.3	1	80.9	0.697	0.468	2.4	22	200	11	41.4	41.4	6.3	19.4	18.8	18.8	13.8	93.2	82.7	239.1	404.4	497.1	0.591	12	71.0	89.2		
73	N50	17	2700	900	111.7	112.0	1	36.6	0.532	0.473	1.7	32	00	13	22.3	22.3	6.3	15.1	8.0	8.8	7.3	12.9	98.8	109.5	111.8	231.7	332.7	483.3	0.564	23	106.5	108.1
74	N52	17	2700	900	110.0	110.7	1	74.1	0.715	0.499	2.9	19	00	11	27.3	27.3	3.8	14.9	12.8	12.8	9.2	10.7	77.6	77.8	87.7	240.5	366.8	450.8	0.656	12	73.8	92.6
75	N54	17	2700	900	111.0	110.0	1	32.0	0.513	0.472	1.5	36	300	11	20.0	20.0	4.6	8.7	13.3	13.3	9.6	9.6	78.0	76.9	88.1	211.1	392.0	481.8	0.538	12	100.6	108.1
76	N54	17	2700	900	111.7	109.3	1	77.9	0.662	0.452	2.1	26	100	11	27.5	27.5	5.6	11.4	19.0	19.0	13.6	14.4	82.2	88.1	92.9	273.1	421.7	518.4	0.647	12	80.6	98.2
77	N55	17	2700	900	110.7	111.0	1	29.1	0.549	0.516	1.4	39	00	11	25.2	25.2	5.0	11.0	19.0	19.0	13.8	17.4	91.8	93.9	103.8	247.5	424.7	522.1	0.583	12	100.5	114.9
78	N56	17	2700	900	109.7	111.3	1	32.0	0.561	0.516	1.4	39	100	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	91.9	98.1	104.0	307.9	478.7	588.4	0.643	23	101.3	107.7	
79	N57	17	2700	900	111.3	110.0	1	42.6	0.558	0.475	1.8	30	300	11	18.0	18.0	3.3	3.3	12.0	12.0	8.6	8.6	96.3	92.3	96.3	220.5	372.8	458.2	0.591	21	93.1	104.5
80	N59	17	2700	900	110.3	109.7	1	44.3	0.510	0.429	2.8	19	350	11	18.2	18.2	5.1	8.2	14.5	14.5	10.7	10.7	90.5	203.5	312.3	383.9	0.651	12	85.3	93.7		
81	N60	17	2700	900	110.0	110.3	1	58.2	0.542	0.416	2.2	25	00	11	17.3	17.3	3.9	11.8	12.3	12.3	8.9	12.2	87.4	88.6	98.8	211.7	332.7	408.9	0.636	12	98.0	95.4
82	N61	17	2700	900	110.0	110.3	1	82.9	0.671	0.446	1.6	34	100	11	45.5	45.5	4.1	15.5	13.3	13.3	9.7	12.9	74.8	79.3	84.5	284.9	496.5	610.2	0.574	11	78.4	88.7
83	N64	17	2700	900	110.3	110.7	1	46.1	0.664	0.552	1.0	55	00	14	21.6	21.6	4.6	4.6	5.0	5.0	4.9	92.4	92.4	104.4	279.7	500.5	615.2	0.559	11	103.8	105.7	
84	N68	17	2700	900	110.3	110.0	1	47.8	0.589	0.484	2.0	27	100	12	27.3	27.3	10.5	12.9	19.3	19.3	14.6	14.8	84.1	84.1	242.7	350.9	431.3	0.692	12	82.8	95.2	
85	N71	17	2700	900	111.0	111.0	1	43.5	0.655	0.554	2.2	25	200	11	22.5	22.5	5.6	5.6	17.0	17.0	12.3	12.3	75.1	75.7	84.9	266.5	379.0	465.9	0.703	11	81.9	93.8
86	N74	17	2700	900	110.0	111.0	1	39.3	0.621	0.541	1.9	32	00	12	24.5	24.5	9.6	14.3	24.5	24.5	17.6	21.0	85.7	84.8	96.9	239.1	428.3	526.4	0.558	11	93.3	118.5
87	N76	17	2700	900	110.7	111.7	1	35.7	0.487	0.436	1.9	29	00	11	18.0	18.0	5.1	8.0	14.8	14.8	10.8	10.8	91.1	225.0	351.2	431.7	0.641	12	93.1	103.1		
88	N77	17	2700	900	110.7	110.3	1	71.4	0.713	0.505	3.2	17	00	11	30.9	30.9	6.7	19.0	19.3	19.3	14.1	14.2	69.9	72.9	79.0	229.8	370.7	455.6	0.620	12	76.2	78.9
89	N78	17	2700	900	110.0	110.3	1	33.5	0.644	0.586	1.1	50	00	11	30.0	30.0	7.4	7.4	22.3	22.3	16.6	16.6	121.4	121.4	32.7	522.2	641.9	0.637	11	18.4	120.5	
90	N82	17	2700	900	110.0	110.3	1	51.0	0.681	0.588	1.6	34	300	12	31.8	31.8	7.4	15.5	20.8	20.8	15.0	21.4	78.4	82.9	88.6	262.1	441.6	542.7	0.594	12	87.5	92.7
91	N83	17	2700	900	109.7	105.4	1	35.6	0.545	0.498	2.8	18	00	12	20.0	20.0	5.4	15.5	15.5	15.5	10.6	25.0	75.8	77.9	85.6	221.1	361.8	444.8	0.611	11	79.0	109.9
92	N84	17	2700	900	110.0	110.3	1	58.0	0.700	0.538	1.9	29	00	11	24.5	24.5	5.8	22.1	16.5	22.8	12.2	23.7	93.9	94.6	106.1	282.3	508.1	624.5	0.556	12	96.3	104.3
93	N85	17	2700	900	111.0	111.3	1	46.6	0.761	0.630	1.4	39	100	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56.7	64.5	64.1	245.3	451.4	554.8	0.543	22	65.7	58.2	
94	N86	17	2700																													

示されているが、この結果からD材とG材の材質はほぼ同等と見なし得る。ここでD材のEs、SmaxはG材の1.13、1.11倍であるが、それぞれのMOE、MORには有意差がなく、ASTMの換算係数は妥当である。また試験時のSp/SmaxはD材ではやや高く、より脆性的な傾向を示す。

### 3. 2 非破壊試験による曲げヤング係数(MOE)と曲げ強さ(MOR)の推定

これまでわが国で行われた他の樹種についての曲げ強度試験データとその分析結果<sup>2)</sup>から、材のMORを予測するにはMOEが最も精度が高いことが確かめられており、この関係をもとに非破壊的にヤング係数を測定し、これを基準にMOE、MORの予測を試みた。図-2にElogとEd、図-3にElogとMOE、図-4にEdとMOE、図-5にElogとMOR、図-6にEdとMOR、図-7にMOEとMORの関係を示す。MOEの予測には、Elog、Edがそれぞれ有効と考えられるが、ElogはMORに対しては有効でない。この結果から、製材品の打撃音による周波数分析は、強度等級区分の一つの方法として有力であろう。

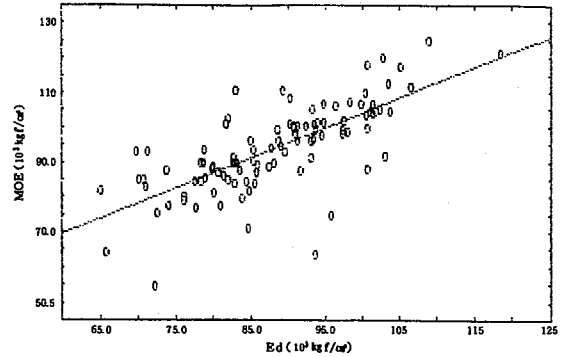


図-4 正角材のEdとMOE

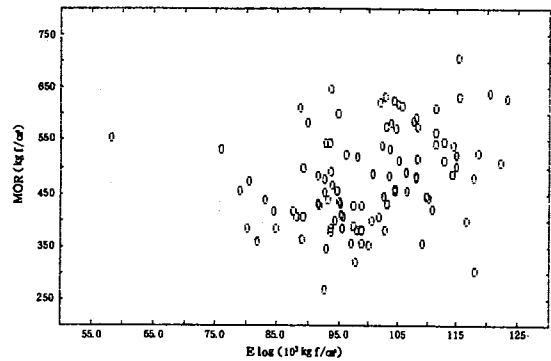


図-5 ElogとMORの関係

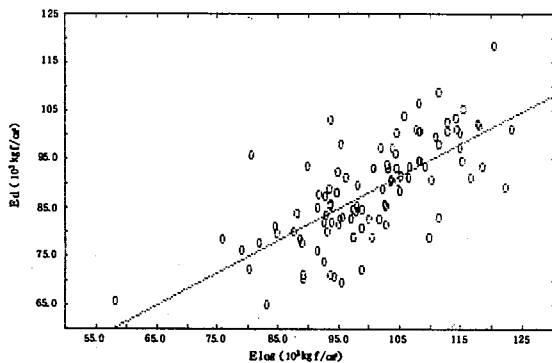


図-2 ElogとEdの関係

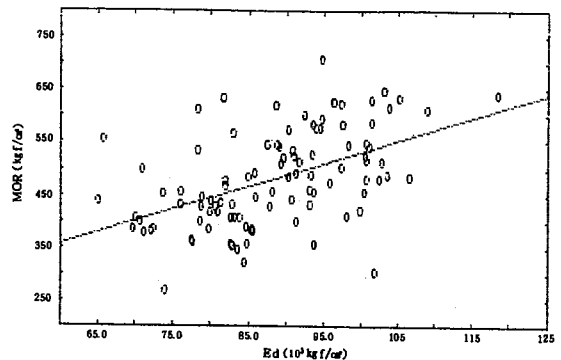


図-6 EdとMORの関係

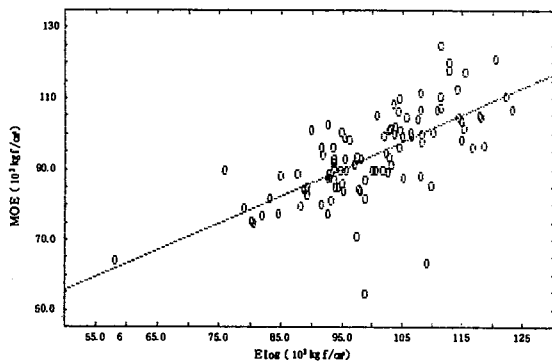


図-3 ElogとMOEの関係

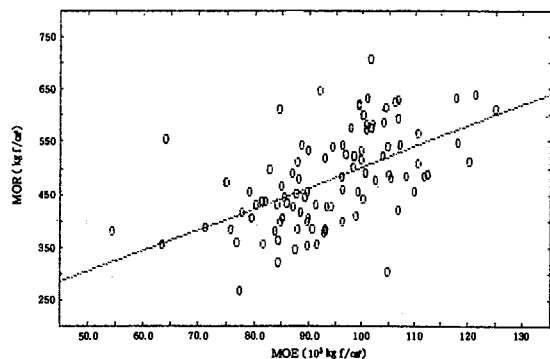


図-7 MOEとMORの関係

表-4 に試験結果の単相関係数、図-8 に最大節径比とMOR、図-9 に最大集中節径比とMORの関係を示す。最大節径比、平均年輪幅と曲げ強度の相関は、比較的低い。

図-10、11、12、13、14、15にElog、Ed、MOE、MOR、Kmax、SGRの相対度数を示す。強度の性質のばらつきが比較的少ないことが示されている。

表-4 試験結果の単相関係数

	R15	ARW	SGR	Kmax	Elog	Ed	MOE
MOE	0.109	-0.365	-0.145	-0.345	0.679	0.727	-
MOR	0.307	-0.350	-0.165	-0.290	0.302	0.506	0.546

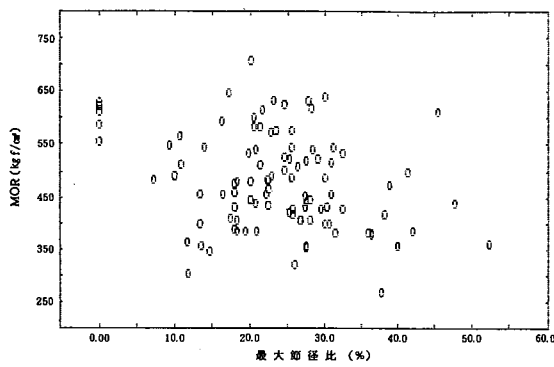


図-8 最大節径比とMORの関係

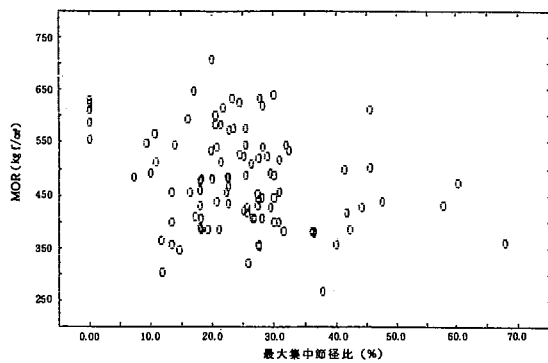


図-9 最大集中節径比とMORの関係

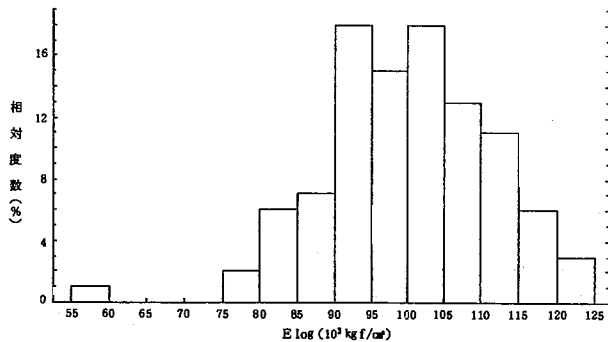


図-10 Elogの相対度数

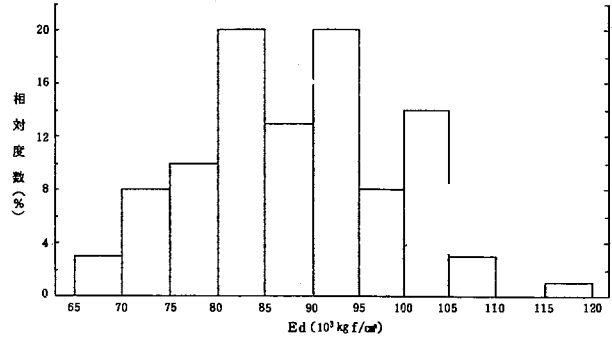


図-11 Edの相対度数

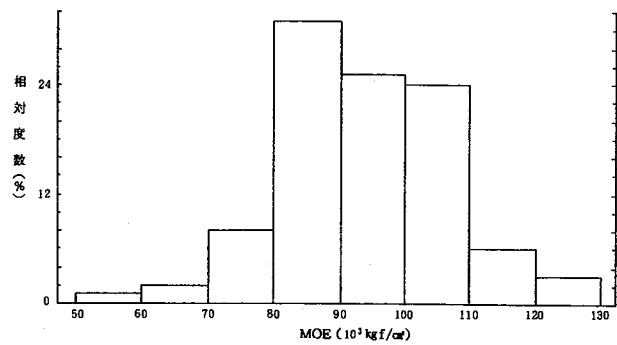


図-12 MOEの相対度数

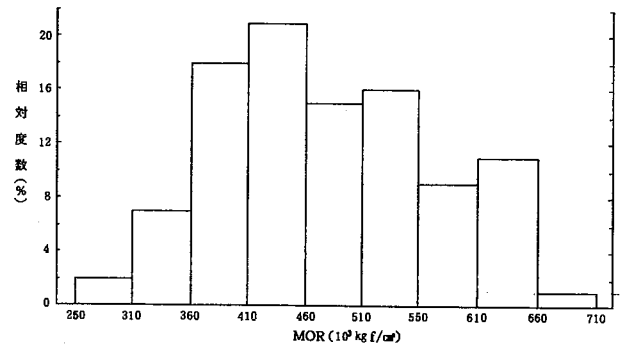


図-13 正角材のMORの相対度数

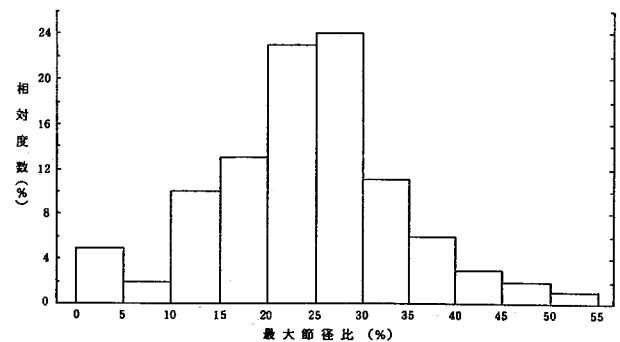


図-14 最大節径比の相対度数

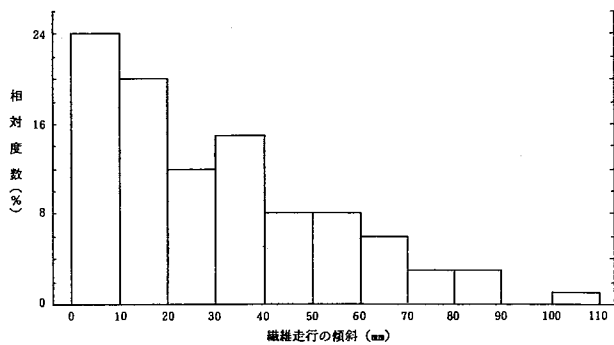


図-15 繊維走向の傾斜の相対度数

### 3.3 目視等級区分

最大節径比から、供試材をⅠ、Ⅱ、Ⅲ等級に分け、MOEとMORの関係を検討した(表-5)。Ⅰ、Ⅱ級の強度の有意差は認められない。節の影響があまり見られないことは、曲げ強度に関する他の因子が存在することであり、木材の組織を含めた広範囲な検討を要する。全体的にみて、アテは強度的にきわめてばらつきが少ない材であることがいえ、2番玉中心のサンプリングであることを考えると、強度的性質は安定したものであることが示された。

表-5 目視強度等級区分結果

	等級		
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
N	33	62	5
MOE	95.9(13.7)	94.1(11.8)	80.2( 3.9)
MOR	481.7(98.2)	471.9(85.2)	453.1(99.6)
TL	309.8	310.3	-

Ⅰ :  $K_{max} \leq 20\%$ , Ⅱ :  $20 < K_{max} \leq 40\%$ ,  
 Ⅲ :  $40 < K_{max} \leq 60\%$   
 ( )内: 標準偏差  
 MOE ( $10^3 \text{kgf/cm}^2$ ), MOR, TL ( $\text{kgf/cm}^2$ )

### 3.4 機械的等級区分

MOEとMORの回帰式 ( $MOR = 128 + 3.73MOE$ ) から、MORを求め、各MOE水準におけるMORの信頼水準75%の下限5%値<sup>3)</sup>を求めた(表-6)。MOR-MOEの関係はヒノキの場合とよく一致しており、 $MOE = 90 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 以上では、許容応力度を $TL/3$ とすると、木構造計算基準の「ヒバ」に対する上級構造材の長期曲げ許容応力度 $110 \text{kgf/cm}^2$ が適用できる。

表-6 機械的強度等級区分結果

MOE	50	70	90	110	130
MOR	314	389	464	538	613
TL	215	272	330	391	453

MOE ( $10^3 \text{kgf/cm}^2$ ), MOR, TL ( $\text{kgf/cm}^2$ )

### 謝 辞

この試験の実施にあたり、ご協力、ご指導いただきました富山県林業技術センター木材試験場の飯島泰男氏、中谷浩氏に深く謝意を表します。

### 文 献

- 1) ASTM : D 2915-88 "Standard Practice for Evaluating Allowable Properties for Grades of Structural Lumber", 1989 Annual Book of ASTM Standards, Vol.04.09
- 2) 木材学会木材強度・木質構造研究会編: 構造用木材 — 強度データの収集と分析、1988年度研究会資料
- 3) 応用統計ハンドブック編集委員会編: 応用統計ハンドブック、養賢堂(1986)