

平成3年台風19号による被害材材質調査

小倉光貴・森 吉昭・三林 進

要旨：平成3年9月28日未明、能登半島沖を通過した台風19号により、倒伏、傾斜などの被害を受けた木材が、正常材と比較して視覚的、材質的にどのような影響を受けたかを調べるため、試験挽き調査及び、曲げ強度試験を実施した。

試験挽き調査の結果、被害地の材の約80%にもめが認められた。また、小試験体による曲げ強度試験の結果、もめた部分は強度が大幅に低下することが認められた。一方、正角材による実大材曲げ強度試験の結果では、健全木と比較して曲げ強度、曲げヤング係数共に劣ることはなかったが、両者の間の相関が低いこと、また、脆性的破壊を示す場合が多いなどの特徴が認められた。

I はじめに

被害材の大量出材により、原木の市場価格が下落し、長年月にわたって造成してきた資源が有効利用されていない現状から、台風被害材に対する適切な利用方法の確立が急務の課題とされている。

そのためには、被害材の材質特性等についての解明が必要であり、本調査は、被害材を被害形態、もめの大小、数等を基準に分類し、スギ、アテ正角材(10.5cm)の曲げ強度性能について、被害材と健全木の材質性能を比較した。

II 調査及び試験方法

1 被害材試験挽き調査

平成3年12月、輪島市三井町地内において、マアテ15本を伐採の上、現地で供試材を3m長に採材し、製材所において厚さ3cmに板挽した。

この材面に現れたもめ(圧縮による繊維坐屈のしわ)の本数、最大長さを調査した。

2 被害材曲げ強度試験 (JIS-Z-2113)

1の調査材より、もめ以外の欠点を含まない柁目部分より、25mm×25mm×400mmの試験体40本を採取し、(もめを含むもの20本、もめを含まないもの20本)下記の条件により、JIS-Z-2113に基づく曲げ強度試験⁽¹⁾を実施した。

① 測定機器：万能強度試験機

② 荷重条件：中央集中荷重
スパン=350mm

等速荷重制御 40kg/min.

3 実大材曲げ強度試験

(1) 下記の原木を製材所において正角材(105mm×105mm×3,000mm)に製材した。

① スギ 25年生 29本(穴水町七海産、県有林より倒伏木を提供)

② アテ 50~60年生 31本(輪島市山本町、小伊勢町産、平成4年4月購入)

なお、市場より購入したアテについては、台風被害の程度が不明であるため、同じロットで購入した10本の材について、1に準じてもめの調査を行い、表-1に示すとおり約80%の材にもめ被害があると推定した。

表-1 試験挽き調査結果

もめの程度	本数
1 軽微なもめが少し認められる	2
2 多数のもめが認められる	6
3 多数の揉め、割れ、破断が認められる	2

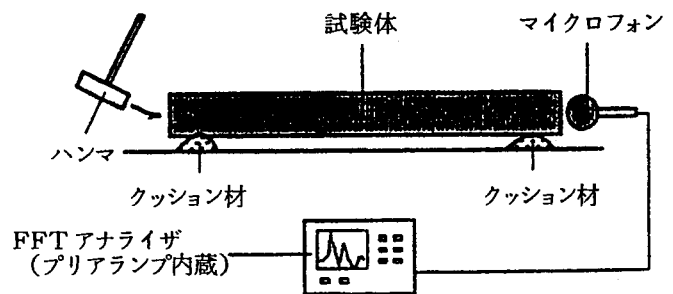


図-1 縦振動数

(2) 非破壊試験

実大材試験に先立ち、非破壊試験によるもめ被害の可能性を検討するため縦振動波によるヤング率を求めた。

試験方法は図-1に示すとおり一端をハンマーで打撃し、発生した縦振動音をマイクロフォンで受け、FFTアナライザーで解析した基本振動周波数により次式によりヤング率を求める⁽⁴⁾。

$$E_{fr} = \frac{4L^2 \times f^2 \times SG}{g}$$

L : 材長=3.0m

f : 周波数 (HZ)

SG : 比重

g : 重力加速度=9.8m/s²

(3) 実大材曲げ破壊強度試験

三等分四点荷重方式により曲げ破壊強度および曲げヤング率を求めた。

なお、事前の欠点調査においては、材面にもめは認められず、材内部まではもめは入っていなかった。製材によって、もめの入った外周部分が除去されたためと考えられる。荷重条件は以下のとおり。

① 測定機器：実大材強度試験機（島津製作所 UT-100A）

② 荷重条件：三等分四点荷重

スパン=2,700mm、ロードスパン=900mm

等速ストローク制御 10mm/min. (アテ) ~12mm/min. (スギ)

III 結果及び考察

1 マアテ被害材試験挽き調査

本調査から結果として、次の①~⑥を得た。

- ① もめは主として風下側に出現する。(圧縮による繊維破壊)
- ② 全般的に一番玉梢端寄りから二番玉根寄りにもめの出現が多く、この付近に応力が集中したと考えられる。
- ③ 激害地の被害木10本 (No.1~No.10) の内、もめが顕著なものは2本であった。
- ④ 同一の被害林分内でも被害の程度は個体によってかなりの差がある。
- ⑤ 被害を受けていない林分の木は、ほとんどもめが認められなかった。
- ⑥ 人工乾燥によって、もめが拡大することはない。

調査結果のまとめを表2に示す。

2 被害材曲げ強度試験

もめを含む試験体の強度はもめを含まない試験体の強度と比較して、10~40%の低下が認められ、

表-2 被害材試験挽き調査結果

(単位: cm)

No.	胸高径	被害形態	目視によるもの程度	一番玉		二番玉		三番玉	
				本数	長さ	本数	長さ	本数	長さ
1	20	倒伏	微細もめ多数あり	23	8	1	5	0	
2	16	倒伏	微細もめ少しあり	6	5	0		0	
3	16	倒伏	〃	10	7	1	6	-	
4	18	斜立	大小のもめ多数あり	61	16	39	12	42	14
5	18	斜立	微細もめ多数あり	32	8	18	6	0	
6	22	倒伏	大小のもめ多数あり	16	18	20	7	13	9
7	22	斜立	ほとんど認められない	0		0		0	
8	16	倒伏	微細もめ多数あり	26	5	13	8	0	
9	20	倒伏	微細もめ少しあり	14	8	1	3	0	
10	18	斜立	〃	5	5	2	5	0	
11	20	正立	ほとんど認められない	0		1	4	1	3
12	26	〃	〃	1	2	0		0	
13	20	〃	〃	0		0		0	
14	20	〃	微細もめ少しあり	0		3	3	0	
15	20	〃	ほとんど認められない	0		0		0	

注 No.11~15は被害を受けない林分から採取した。

もめの有無、程度によって材質性能に大きく影響すると考えられる。特に、著しいもめがあるものでは、もめの位置が曲げモーメントが最大となる中央部から離れている場合でも、もめのある部位から折損することが多く、ごく小さな力によって破壊することが明らかになった。

したがって、板材では目視によってもめの程度を判別することにより、低強度材と高強度材とに選別して使用することが必要である。

結果を表3に示す。

表一3 台風被害材曲げ強度試験結果

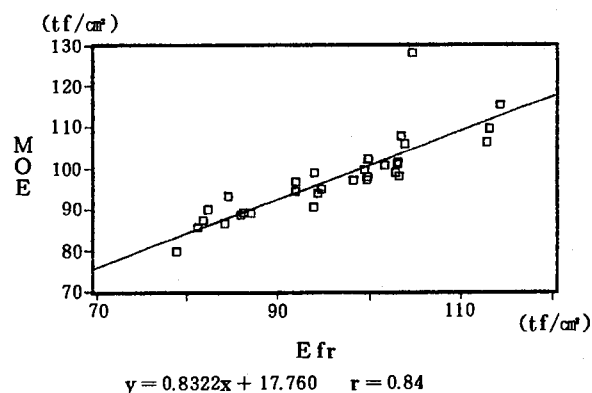
区 分	試験体数	曲げ破壊強度 (kg/cm ²)		
		平均値	最大値	最小値
著しいもめがあるもの	8	472	570	303
軽微なものがあるもの	12	627	735	499
目視では認められない	20	701	780	627
健全木 (マアテ)	41	805	887	705

注 健全木のデータは平成2年度の試験結果による

3 実大材曲げ強度試験

(1) 非破壊試験

曲げヤング率 (MOE) と縦振動波によるヤング率 (Efr) との間に高い相関があることが近年明らかにされたが⁽⁴⁾、今回、アテ正角材31本について試験をした結果、 $r=0.84$ と、極めて高い相関関係が認められた。(図2)



図一2 曲げヤング率(MOE)と縦振動法によるヤング率(Efr)との相関関係(アテ)

なお、この試験によって、試験体の被害の程度を推定することはできなかった。これは、事前の欠点調査においても、材面にもめがほとんど見られなかったことから、製材時に材の表層部にあったと思われる、もめの相当部分が取り除かれたた

めと考えられる。

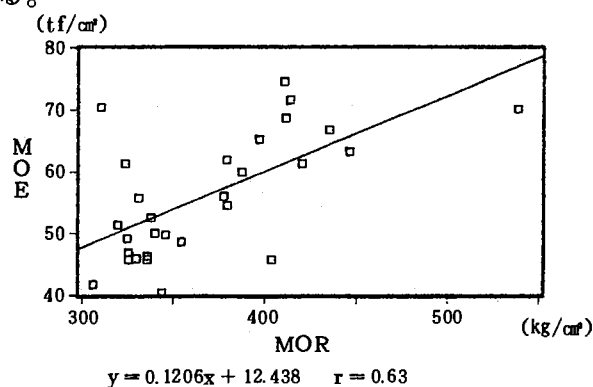
(2) 実大材曲げ破壊強度試験

スギ29本、アテ31本の試験データを表7、8に示す。また、試験結果を表4、5に示す。

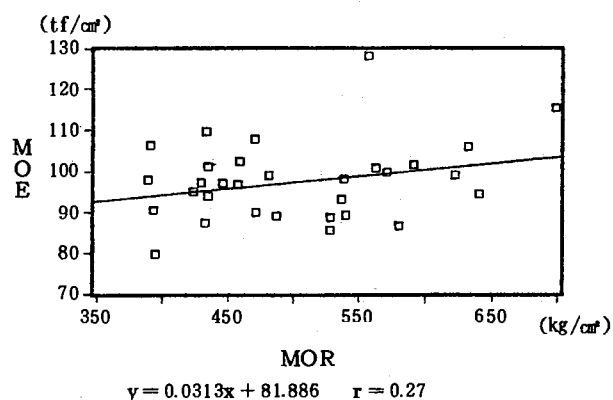
試験の結果として

① すべての試験体において、建築基準法施行令第95条に規定されている材料強度値 (スギ225kg/cm²、アテ270kg/cm²)^(2, 3)を上回っていた(表4・5)

② 一般に曲げ強度 (MOR) と曲げヤング率 (MOE) との間には、高い相関関係があるといわれているが^(2, 4)、今回の試験においては、両者間の相関は低く、特にアテについては相関関係が見られない。(図3・4) これは、ヤング係数をパラメーターとして強度等級区分を行うことが困難であることを示しており、品質管理上問題である。



図一3 スギ実大曲げ強度試験における曲げ強度と曲げヤング率との相関関係



図一4 アテ実大曲げ強度試験における曲げ強度と曲げヤング率との相関関係

③ スギ、アテともに弾性変形域から脆性的に破壊したものが相当数あった。

④ 被害木と健全木との曲げ強度、曲げヤング率

には有意な差が認められなかった⁽⁵⁾。前述のとおり、製材時にもめた部分が殆どなくなったことによると考えられる。

なお、スギは健全木でも材質のバラツキが大きい材であるが、参考までに全国の試験研究機関で行われた実大試験の結果を比較値として示す。

{標本数：1,048本、曲げ強度：419.1kg/cm²、曲げヤング率：62.5tf/cm² ただし、いずれも平均値}

表一 4 スギ実大材曲げ強度試験結果 (被害材)

区 分	平均値	最大値	最小値
曲げ強度 (kg/cm ²)	369	538	306
曲げヤング率 (tf/cm ²)	55.9	74.6	40.5
比重 (ton/m ³)	0.41	0.49	0.36

表一 5 アテ実大材曲げ強度試験結果 (被害材)

区 分	平均値	最大値	最小値
曲げ強度 (kg/cm ²)	502	699	389
曲げヤング率 (tf/cm ²)	97.6	128.3	79.8
比重 (ton/m ³)	0.53	0.57	0.51

表一 6 アテ実大材曲げ強度試験結果 (健全木、平成元年度)

区 分	平均値	最大値	最小値
曲げ強度 (kg/cm ²)	472	635	269
曲げヤング率 (tf/cm ²)	95.9	125.1	75.5
比重 (ton/m ³)	0.51	0.64	0.44

IV ま と め

もめの調査および被害木と健全木との材質強度の比較により、両者間の材質の差異から明らかになった。これにより、被害木の有効利用の一助となる指標が得られた。

正角材の曲げ強度性能については、曲げ強さ、曲げヤング率とも健全木との差異は認められなかった。この結果、構造材としての利用もある程度可能であるが、もめの入った材は衝撃強さが著しく低下すると言われており、構造材としての使用に当たっては設計上の配慮が必要である。

謝 辞

終わりに、本調査の実施にあたり、試験材を提供いただいた関係者各位並びに、試験材の選木から搬出に至るまで御助力いただいた、県林業技術センターの皆様には厚く謝意を表すものである。

参 考 文 献

- (1) 小野和雄：木材物理実験書、農業図書 p.115～122 (1973)
- (2) 木質構造研究会編：木質構造建築読本、井上書院 p.118～123 (1988)
- (3) 日本建築学会編：木構造計算基準・同解説、日本建築学会 p.72～83 (1988)
- (4) 田中俊成：各種非破壊的方法による製材品の強度評価、木材工業技術短信 Vols.9, No.2 p. 1～12 (1991)
- (5) 三林 進：アテの曲げ強度性能、石川県林業試験研究報告 No.22 p.27～33 (1991)

表一 穴水産スギ美大材曲げ強度試験結果

JULY~AUG. 1992

SAMP.NO	材長 3,000mm		スパン 2,700mm		ロードスパン 900mm		P	MOR	500mm	
	b	h	Weight	Z	I	MC			SG	tf/cmf
	mm	mm	kg		kg	%	kgf	kg/cmf	tf/cmf	tf/cmf
1	107.8	103.5	13.20	192.46	996.00	10	1599	330	45.9	44.7
2	105.0	103.0	12.30	185.66	956.14	11	1479	324	61.2	60.8
3	108.4	103.9	13.04	195.03	1013.20	10	2021	412	68.7	65.3
5	108.1	103.8	14.90	194.12	1007.48	15	1877	435	66.7	67.7
6	107.8	105.1	11.87	198.46	1042.91	9	1663	325	49.1	43.8
7	103.6	104.5	15.71	188.56	985.21	14	1919	446	63.2	62.1
8	104.4	104.4	15.06	189.65	989.97	13	1792	404	45.8	44.0
10	104.6	103.7	13.96	187.47	972.05	13	2361	538	70.1	77.5
13	106.3	102.8	13.43	187.23	962.35	14	1768	414	71.6	73.0
14	105.0	104.0	12.20	189.28	984.26	14	1340	310	70.4	60.6
15	105.7	104.1	12.19	190.91	993.68	13	1536	344	40.5	39.7
16	106.0	106.6	12.31	200.76	1070.03	13	1577	336	46.3	52.9
17	104.0	104.0	12.00	187.48	974.88	14	1755	410	74.6	75.2
18	106.0	105.0	12.00	194.78	1022.57	15	1453	336	45.7	43.4
19	103.1	103.4	12.42	183.72	949.82	11	1716	380	54.5	50.0
20	106.7	103.3	12.78	189.76	980.13	11	1770	379	61.9	68.0
21	105.5	105.2	12.88	194.60	1023.57	10	1597	326	45.8	48.5
22	104.4	103.6	14.51	186.75	967.38	13	1838	420	61.3	60.7
23	103.8	104.9	12.35	190.37	998.49	9	1626	331	55.7	44.3
24	102.3	103.2	13.19	181.59	936.99	14	1606	388	60.0	55.0
25	104.4	102.8	12.12	183.88	945.15	10	1643	355	48.5	47.1
26	103.3	105.2	13.21	190.54	1002.23	10	1814	378	56.0	56.7
27	105.0	104.0	12.90	189.28	984.26	13	1531	346	49.7	51.9
29	105.0	105.0	13.60	192.94	1012.92	14	1748	397	65.2	57.9
30	105.7	103.9	12.88	190.18	987.96	10	1628	340	50.0	40.9
31	98.4	98.8	12.49	160.09	790.83	11	1204	306	41.8	40.8
32	105.0	105.0	14.00	192.94	1012.92	10	1584	326	46.9	49.0
33	107.3	105.3	13.18	198.29	1044.01	14	1448	320	51.3	50.9
34	106.6	106.2	12.69	200.38	1064.02	13	1584	338	52.6	48.8
AVG.	105.1	104.1	13.08			12	1672	369	55.9	54.5
MAX.	108.4	106.6	15.71			15	2361	538	74.6	77.5
MIN.	98.4	98.8	11.87			9	1204	306	40.5	39.7

b : 材幅 h : 材背

MC : 含有率 SG : 比重 P : 最大荷重 MOR : 曲げ強度 MOE : 曲げヤング率

表一8 輪島産アテ実大材曲げ強度試験結果

OCT. 1992

SAMP.NO	材長 3,000mm		スパン 2,700mm		ロードスパン 900mm		SG	P	MOR	ヨーク長 500mm		
	b	h	Weight	Z	I	MC				%	g/cm ³	kgf
1	105.8	105.7	17.40	197.01	1041.19	16	0.51	2373	557	128.3	139.2	104.6
2	106.9	106.7	18.23	202.84	1082.16	18	0.52	1799	434	109.6	140.7	113.0
3	107.1	106.5	19.05	202.46	1078.10	18	0.54	1799	435	93.9	93.6	94.4
4	107.5	107.2	18.83	205.90	1103.60	17	0.54	2471	570	99.7	137.0	99.4
5	107.0	106.6	18.50	202.65	1080.13	17	0.53	1677	393	90.7	93.3	93.9
6	106.8	106.7	18.33	202.65	1081.14	17	0.53	2649	621	99.1	122.8	102.8
7	107.3	108.0	18.40	208.59	1126.39	16	0.52	2429	538	98.2	119.0	103.2
8	107.3	107.3	17.80	205.90	1104.63	16	0.51	1936	435	101.0	118.1	103.0
9	106.8	106.8	18.00	203.03	1084.19	16	0.52	1960	446	97.1	107.0	98.2
10	107.4	107.7	18.80	207.63	1118.07	18	0.53	2241	528	88.6	100.8	86.0
11	107.0	107.0	18.38	204.17	1092.33	17	0.53	2539	591	101.4	139.2	103.1
12	106.9	106.2	17.88	200.94	1067.01	16	0.52	1843	424	95.0	123.7	94.8
13	106.9	107.5	18.61	205.89	1106.68	18	0.53	1980	470	107.8	100.6	103.4
14	106.9	107.1	17.83	203.79	1091.30	17	0.51	1843	430	97.2	100.7	99.7
15	106.9	106.1	19.53	200.57	1064.00	20	0.55	1768	458	96.7	100.2	91.9
16	106.7	106.5	18.74	201.70	1074.07	18	0.54	2881	699	115.3	127.5	114.2
17	107.3	106.0	18.10	200.94	1064.97	17	0.52	2378	563	100.8	111.5	101.6
18	107.4	106.9	19.72	204.55	1093.34	19	0.55	1978	487	89.0	101.8	87.1
19	107.2	106.9	17.99	204.17	1091.31	18	0.51	2634	631	105.9	125.5	103.8
20	107.8	107.7	18.49	208.40	1122.24	17	0.52	1714	391	106.4	105.8	112.7
21	106.5	107.2	18.83	203.98	1093.33	17	0.54	1670	389	98.0	99.4	99.8
22	107.4	107.9	18.90	208.40	1124.31	17	0.53	2107	481	98.9	132.8	94.0
23	106.7	107.0	19.53	203.60	1089.27	20	0.55	2117	540	89.3	97.9	86.3
24	106.9	107.5	18.95	205.89	1106.68	18	0.54	2693	640	94.3	100.0	91.9
25	107.2	106.6	18.55	203.03	1082.14	21	0.51	2034	537	93.2	100.5	84.6
26	106.8	107.4	18.98	205.32	1102.56	19	0.53	2153	528	85.5	87.0	81.2
27	107.1	106.8	17.79	203.60	1087.23	16	0.51	2024	460	102.3	121.4	99.8
28	108.2	106.9	19.69	206.08	1101.49	19	0.55	1770	433	87.3	94.4	81.8
29	107.1	106.2	20.11	201.32	1069.01	19	0.57	1882	471	89.9	96.6	82.3
30	107.0	107.0	19.36	204.17	1092.33	17	0.55	1697	395	79.8	78.6	78.9
31	106.6	107.5	18.54	205.32	1103.57	18	0.53	2434	580	86.6	98.5	84.2
AVG.	107.0	106.9	18.64			18	0.53	2112	502	97.6	110.2	96.0
MAX.	108.2	108.0	20.11			21	0.57	2881	699	128.3	140.7	114.2
MIN.	105.8	105.7	17.40			16	0.51	1670	389	79.8	78.6	78.9

b: 材幅 h: 材背 MC: 含有率 SG: 比重 P: 最大荷重 MOR: 曲げ強度 MOE: 曲げヤング率 Efr: 縦振動ヤング率