配向性パーティクルボードに関する研究*

梶 田 熙** 椋 代 純 輔**

Particleboard with Oriented Particles

by

Hiromu KAJITA and Junsuke MUKUDAI

(Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto)

Flake type wood particles were oriented through a 5 cm deep frame orienter, in which many vertical plates were set in parallel each other at regular intervals. The effects of flake length, plate spacing and free fall distance from the bottom of plates to the top of the particle mat on the degree of alinement, and the effects of face flake length on physical and mechanical properties of 15 mm thick three layer boards were investigated. The particles were prepared from thinnings of Sugi (*Cryptomeria japonica*). All boards had random orientation in the core; half of the boards had random faces, the rest had faces comprised of oriented flakes. The solid content of adhesive (melamine-urea resin) added was 11% for face particles and 7% for core in oven-dry state. Weighing ratio of face to core particles was 1:3:1 in dry state. Press time was 15 minutes at 150°C and the pressure was 35 kg/cm².

The average alinement angle increased with increasing free fall distance and plate spacing, and with decreasing flake length. Provided that all other conditions remain unchanged (e.g. slenderness ratio of particle, resin content and board density), the bending strength of boards may increase 1.6 to 2.2 times as much by orienting the face flakes. MOR and MOE values parallel to the orientation of alined boards showed continuous increase up to the particle length-thickness ratio 150, and reached a plateau which is very close to that of solid wood. The average retention of MOR after 2 hr hot water (70°C) immersion of oriented boards was 74%. As for the internal bond strength and thickness swelling, there was no difference between the oriented and the random boards.

(Received Nov. 29, 1980)

キー・ワード：パーティクルボード，小片の配向，曲げ性能

1 緒 言

近年，合板用原木の確保は，次第に困難になる情勢にある。合板に代わる板材料としては，パーティクルボードやファイバーボードなどがあるが，これらのボード類を構造用として利用していくには，強度，耐水性などの面で多くの問題がある。

木材は，半径方向や接線方向などに比較して，繊維方向の強度的性質や寸法安定性が大きい材料である。このような異方性は，大きな強度や剛性を一方向だけに必要とするような構造的な利用面では有利なものである。パーティクルボードやファイバーボードのような再構成した材料は，そのような原材料のもっている方向性は，小片や繊維をランダムに配列することによりある程度まで小さくすることが可能であり，逆にそれらを一定方向に配列することによって，再度，ボ

ードの強度や剛性に異方性を付与することが可能である。

本報は，小片を一定方向に配列させるための配向装置を試作し，小片の配向の程度に及ぼす二，三の因子について検討するとともに，心層を非配向層とし，表層はフレイクを一定方向に配向させた層とした 15mm 厚 3 層パーティクルボードを製造し，その材質に及ぼす表層小片の長さの影響について検討したものである。

2 実 験

2・1 供試材料

供試材は，昭和51年10月に京都府北桑田郡和知町で伐採された樹齢28～30年のスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) 間伐材である。丸太の末口径は約 11.6cm，元口径は約 15.0 cm，気乾比重 0.40，材長 4m であった。接着剤は，メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤 (U-103，北新化学 KK 製，不揮発分 56.0%，pH 8.5) で，硬化剤は用いなかった。また，パラフィンは，セロゾール 686 (中京油脂 KK 製) で，50% エマルジ

* 原稿受理 昭和55年11月29日

** 正 会 員 京都府立大学農学部 京都市左京区下鴨半木町

水溶液である。

2・2 小片の製造

配向度に関する実験および3層ボードの表層に用いた小片の寸法は、厚さ(0.5 mm)と幅(10 mm)を一定とし、長さを30, 40, 50, 75, 100, 150 mmの6種類のフレーク(ストランド)とした。このような寸法・形状の小片を得るため、まずは皮丸太を長さ50 cmに鋸断し、さらに所定の寸法・形状のフレークが、フレカで切削したときに得られるように適当な大きさのブロックに小割りした。なお切削後の小片の長さ方向は木材の繊維方向であり、小片の最も広い面は板目面または柢目面となるようにした。このように小割りしたものを垂直円盤かな台型シェービングマシン(MSH, 菊川 KK 製)によって切削し、上記した寸法・形状の小片を製造した(Fig. 1)。なお、切削を良好にするため小割りしたものは、生材状態に保っていた。

一方、心層用小片は、剥皮丸太および表層用小片を得るために小割りしたときの残材を用いて、水平円盤かな台型シェービングマシン(Albert Bezner 社製)によって得た。小片の寸法は、0.2~0.6(厚さ)×0.7~2.7(幅)×8~24(長さ)mmであった。

表層用小片は切削後風乾し、さらに熱風乾燥機で80℃、6時間乾燥して、小片含水率を約3%に調整し、心層用小片は工業用ドライヤーで同じく含水率約3%にまで乾燥した。

2・3 小片の配向方法

小片を一定方向に配向させるのに用いた装置は、

Fig. 1. The type and size of particles used in this test.

Fig. 2. Apparatus for orientation of particles.

Fig. 2 に示したが、配向用型枠の大きさは45×45 cmの大きさで、その内部にコール板に垂直方向に幅5 cmのプレートを多数一定間隔にとりつけたものから成っている。そして適当量の表層用小片をプレート上に置き、手で小片を動かしてコール板上に落下させた。小片の配向角は、コール板に散布堆積されたマット表面を真上から写真にとり、配向用型枠のプレートに平行な直線を写真上に引き、その直線と小片の長さ方向(繊維方向)とのなす角(鋭角)を分度器で測定した。そして、配向度は、無作為に選んだ100個の小片の配向角の平均値でもって表示した。

2・4 ボードの製造

含脂率は、乾量/乾量パーティクル比で表層11%、心層7%とし、パラフィンの添加率は同じく0.5%とした。小片への接着剤、パラフィンの添加は、自作したロータリー式ブレンダーで行った。小片含水率は、接着剤添加後において表層20%、心層10%になるように調整した。表層と心層の構成比は重量比で1:3:1である。

本実験では、心層は全て非配向として、表層小片を一定方向に配向させた3層ボード(以後、配向性ボードという)と、表層小片も非配向とした3層ボード(以後、非配向性ボードという)の2種類のボードを用いて行った。なお、いずれの小片もプレート間隔は15 mmとし、自由落下距離は長さ30 mmの小片は2 cm、その他の小片はすべて3 cmとし、配向操作中常にその距離を保つようにした。また、非配向性ボードの表層小片および心層小片のフォーミングはすべて手で行った。

成板ボードの大きさは45 cm×45 cm×15 mmで、目標ボード密度は0.7 g/cm³とした。そしてマットを30 kg/cm²の圧力で30秒プリプレスした後、熱圧温度150℃、圧縮圧力35 kg/cm²で15分間熱圧した。また、熱圧時には、15 mmのストッパーを用いた。成板枚数は各条件とも、配向性ボードを6枚、非配向性ボードを3枚とした。

2・5 材質試験

JIS A 5908 に準じて、密度、含水率、曲げ強度、はく離強度、湿潤時曲げ強度(A試験)および吸水厚さ膨張率について試験した。また、ASTM D 1037 に準じて、20℃で関係湿度を50%、30%、90%、50%の順に変化させたときのボードの寸法変化についても試験した。なお、試験片数はそれぞれ6個である。

3 結果および考察

3・1 配向度について

本実験で用いた配向装置(Fig. 2)により小片を一定方向に配向させる場合、小片の配向度に影響を与える因子としては、小片の寸法・形状、プレート間隔、ブ

Fig. 3. Effects of free fall distance and plate spacing on average alignment angle.

レート下部からコール板までの距離（自由落下距離）が考えられる。

Fig. 3 は、表層用のフレークと心層用のパーティクルを用いて自由落下距離と平均配向角の関係を検討した結果である。いずれの小片についても、自由落下距離が長くなるとともに、平均配向角が大きくなる傾向が認められる。これは、配向装置中で一定方向に小片が配向したとしても、プレート部分から離れてコール盤まで自由落下する間にその配向が乱れ、配向度が悪くなることによるものである。またフレーク(0.5×10×50 mm)でみられるように、プレート間隔を 15 mm とした場合、自由落下距離が 3 cm まではプレート間隔 10 mm の平均配向角とほぼ同じ値(約10度)を示しているが、それ以上の距離では平均配向角が大きくなる傾向がある。すなわち、プレート間隔は小片の長さより小さくすることは勿論であるが、なるべく小片の幅と同程度とした方が配向度がよいことがわかる。心層用パーティクルについては、ここではプレート間隔を 10 mm とした場合の結果のみを示したが、プレート間隔を小さくすれば配向度もよくなると考えられる。

Fig. 4 はプレート間隔を15 mm 一定として、フレークの長さを変えた場合の自由落下距離と平均配向角との関係を示したものである。長さ 30 mm の小片の場合、他の小片に比べてかなり平均配向角が大きいが、平均配向角を10度程度までにするには、プレート間隔を狭くして、自由落下距離を小さくするとともに、配向装置中で一定方向に配向した小片をそのままの状態

Fig. 4. Effects of free fall distance and flake length on average alignment angle. Plate spacing: 15 mm.

Fig. 5. Relationship between modulus of rupture and flake length.

下距離では小片の長さが大きくなるとともに、配向度がよくなることが明らかである。なお、小片の平均配向角に及ぼすプレート間隔および自由落下距離の影響については、Geimer が検討しているが、本実験結果と同様の傾向を示している。

3・2 曲げ性能について

Table I に、配向性ボードと非配向性ボードの材質試験結果を示した。いずれの材質も、JIS 200 タイプのボードの規格値に充分合格するものである。

Fig. 5 は、表層小片の厚さ(T)を 0.5 mm、幅を 10 mm に一定にして、小片の長さ(L)を 30 mm から 150 mm まで変化させた場合のボードの曲げ強度の変化を示している。図に明らかなように、表層小片の長さが 75 mm (すなわち、細長比 L/T は 150) までは、配向性ボードの平行方向(試験片の長軸を配向方向に平行としたもの)および非配向性ボードの曲げ強度の増加割合は大きい、それ以上の長さでは曲げ強度はほぼ一定値(約 700 kg/cm²)となる。この値は、原料に用いたスギ間伐材(比重0.40)の繊維方向の曲げ

Table I. Physical and mechanical properties of three-layer particleboards.

Face* ¹ flake length (mm)	Density (g/cm ³)	MC (%)	Dry		Wet		Internal bond strength (kgf/cm ²)	TS* ² (%)
			MOR	MOE	MOR	MOE		
			(kgf/cm ²)	(10 ³ kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)	(10 ³ kgf/cm ²)		
30	0.71 (6)	8.2 (6)	$\begin{cases} 0_{//}^{*3} 466 (11) \\ 0_{\perp} 162 (9) \\ R 285 (10) \end{cases}$	$\begin{cases} 66.0 (13) \\ 26.5 (3) \\ 43.2 (5) \end{cases}$	$\begin{cases} 354 (9) \\ 120 (10) \\ 205 (14) \end{cases}$	$\begin{cases} 52.0 (7) \\ \dots\dots \\ 34.6 (11) \end{cases}$	$\begin{cases} 11.3 (22) \\ \dots\dots \\ 11.0 (18) \end{cases}$	$\begin{cases} 8.9 (31) \\ \dots\dots \\ 7.2 (62) \end{cases}$
	0.71 (3)	8.4 (6)						
40	0.71 (3)	7.9 (3)	$\begin{cases} 0_{//} 599 (9) \\ 0_{\perp} 164 (12) \\ R 310 (14) \end{cases}$	$\begin{cases} 82.1 (4) \\ 23.5 (11) \\ 45.2 (9) \end{cases}$	$\begin{cases} 477 (13) \\ 129 (15) \\ 232 (12) \end{cases}$	$\begin{cases} 62.0 (6) \\ \dots\dots \\ 32.0 (9) \end{cases}$	$\begin{cases} 10.9 (22) \\ \dots\dots \\ 8.5 (24) \end{cases}$	$\begin{cases} 7.4 (27) \\ \dots\dots \\ 8.6 (41) \end{cases}$
	0.70 (7)	8.2 (7)						
50	0.71 (6)	8.3 (6)	$\begin{cases} 0_{//} 664 (8) \\ 0_{\perp} 142 (10) \\ R 303 (14) \end{cases}$	$\begin{cases} 79.5 (5) \\ 26.6 (10) \\ 46.9 (7) \end{cases}$	$\begin{cases} 465 (12) \\ 113 (8) \\ 209 (7) \end{cases}$	$\begin{cases} 57.5 (10) \\ \dots\dots \\ 31.9 (9) \end{cases}$	$\begin{cases} 10.6 (28) \\ \dots\dots \\ 8.8 (10) \end{cases}$	$\begin{cases} 8.7 (40) \\ \dots\dots \\ 11.5 (32) \end{cases}$
	0.69 (6)	9.5 (6)						
75	0.74 (1)	8.4 (4)	$\begin{cases} 0_{//} 679 (8) \\ 0_{\perp} 138 (4) \\ R 381 (12) \end{cases}$	$\begin{cases} 90.7 (5) \\ 20.1 (7) \\ 51.0 (7) \end{cases}$	$\begin{cases} 468 (12) \\ 94 (9) \\ 267 (9) \end{cases}$	$\begin{cases} 68.5 (9) \\ \dots\dots \\ 36.2 (8) \end{cases}$	$\begin{cases} 8.5 (12) \\ \dots\dots \\ 7.2 (35) \end{cases}$	$\begin{cases} 10.6 (27) \\ \dots\dots \\ 6.5 (49) \end{cases}$
	0.72 (3)	8.5 (5)						
100	0.71 (4)	7.4 (5)	$\begin{cases} 0_{//} 733 (7) \\ 0_{\perp} 137 (11) \\ R 392 (13) \end{cases}$	$\begin{cases} 96.5 (3) \\ 23.7 (7) \\ 51.6 (10) \end{cases}$	$\begin{cases} 544 (16) \\ 109 (10) \\ 295 (12) \end{cases}$	$\begin{cases} 73.5 (7) \\ \dots\dots \\ 39.4 (12) \end{cases}$	$\begin{cases} 9.2 (26) \\ \dots\dots \\ 8.9 (21) \end{cases}$	$\begin{cases} 8.6 (22) \\ \dots\dots \\ 7.6 (25) \end{cases}$
	0.74 (3)	7.4 (9)						
150	0.70 (4)	7.5 (7)	$\begin{cases} 0_{//} 724 (9) \\ 0_{\perp} 123 (10) \\ R 419 (11) \end{cases}$	$\begin{cases} 96.1 (3) \\ 20.9 (7) \\ 52.3 (10) \end{cases}$	$\begin{cases} 536 (13) \\ 93 (6) \\ 314 (8) \end{cases}$	$\begin{cases} 65.3 (12) \\ \dots\dots \\ 39.0 (12) \end{cases}$	$\begin{cases} 6.3 (33) \\ \dots\dots \\ 7.0 (37) \end{cases}$	$\begin{cases} 12.4 (22) \\ \dots\dots \\ 9.1 (31) \end{cases}$
	0.74 (7)	8.3 (5)						

Each value is average of 6 observations. Value in parentheses is coefficient of variation in percent.

*1 Face flakes: 0.5 mm (thickness) by 10 mm (width). Dimension of core particles: 8~24 mm (length) by 0.7~2.7 mm (width) by 0.2~0.6 mm (thickness).

*2 Thickness swelling after 24 hr water soaking.

*3 $0_{//}$: Parallel to orientation, $0_{\perp}$: perpendicular to orientation. R: random.

Fig. 6. Relationship between modulus of elasticity and flake length.

²⁾ 強度に近い値である。非配向性ボードの曲げ強度に及ぼす小片の細長比の影響については多くの報告がある^{3)~5)}が、本実験結果はそれらと同様の傾向を示している。また、3層ボードの場合の表層小片の細長比⁶⁾としては、120~200の範囲が望ましいといわれている。

Fig. 6 に、曲げヤング係数の結果を示したが、曲げ強度とはほぼ同様の傾向が認められる。Table II は、曲げ強度と曲げヤング係数について、配向性ボードの平行方向(//)に対する直交方向(⊥)の比(//⊥)および配向性ボードの平行方向に対する非配向性ボード(R)の比(//R)を示したものである。//⊥の値は、

Table II. MOR & MOE parallel to the face orientation in ratio to those in the cross direction and of the corresponding random boards.

Flake length (mm)	Average alignment angle of oriented boards (degrees)	MOR		MOE	
		//⊥	//R	//⊥	//R
30	23	2.9	1.6	2.5	1.5
40	14	3.7	1.9	3.5	1.8
50	12	4.7	2.2	3.0	1.7
75	11	4.9	1.8	4.5	1.8
100	10	5.4	1.9	4.1	1.9
150	10	5.9	1.7	4.6	1.8

//: parallel to orientation, ⊥: perpendicular to orientation, R: random board.

曲げ強度、曲げヤング係数ともに小片の長さが大きくなるとともに増大する傾向がある。すなわち、曲げ強度の//⊥は、30 mm の約3から150 mm の約6まで変化し、曲げヤング係数は2.5~4.6の範囲にある。Geimerらは、ダグラスファーの0.5×12.7×50.8 mmの disk flake を用いて、表層を一定方向に配向した3層ボードの材質試験を行っているが、それによると平行方向の曲げ強度は608 kg/cm²、曲げヤング係数は119.2×10³kg/cm²で、//⊥は、それぞれ9.6、11.9となっている。//Rの値は、小片の長さが40か

Fig. 7. Relationship between modulus of rupture and modulus of elasticity.

ら 150 mm の範囲では、曲げ強度、曲げヤング係数ともに約 1.9 である。一方、直交方向の曲げ強度は、非配向性ボードの 40% から 70% 低い値となり、配向度が大きくなるとともにその低下割合が大きくなると考えられる。

以上のことは、小片の細長比、含脂率、ボード密度などの条件を一定とした場合、表層小片を一定方向に配向することによって、配向性ボードの平行方向の曲げ性能を非配向性ボードの約 2 倍程度まで向上させることが可能であることを示唆している。しかし、一方方向だけ曲げ性能を向上させることは、異方度 ($\parallel/\perp$) が大きくなることになる。なお、小片の長さが 30 mm のボードの $\parallel/R$ の値は、他のボードに比べてやや小さいが、これは平均配向角がやや大きいことによるものである。

Fig. 7 はすべてのボードについて、曲げ強度 (MOR) と曲げヤング係数 (MOE) の関係を示したものであるが、両者間にはかなり相関性の高い ($r=0.992$) 関係が認められ、両者は次式で示される。

$$(MOE) = 0.123(MOR) + 6.292 \quad (1)$$

同じような関係は、Geimer がダグラスファーについて検討し、次式を与えている。

$$(MOE) = 0.163(MOR) + 4.007 \quad (2)$$

$$r = 0.98$$

Table I には、湿潤時の曲げ強度の結果を示したが、配向性ボードの湿潤時の平行方向の曲げ性能の残存率は 74%、直交方向で 76%、非配向性ボードで 73% であり、両ボード間には差異は認められなかった。

3・3 はく離強度について

はく離強度は、小片間の接着力を示すものであるが、各種ボードのはく離強度の試験結果を Table I に示した。表にみられるように、配向性ボードと非配向性ボードでは、はく離強度に大きな差異は認められない。これは、はく離がすべて心層小片間で生じてお

Fig. 8. Relationship between flake length and dimensional change at various relative humidities.

り、本実験のように両ボードとも心層小片に同一のものをを用い、すべて非配向であるので当然の結果であろう。

3・4 吸水・吸湿による寸法変化について

各種ボードの吸水による厚さ膨張率の結果を Table I に示した。一般に小片の厚さが薄いほど吸水厚さ膨張率が小さい傾向があるが、本実験では配向性、非配向性ボードともに、表層小片としてフレック (Fig. 1 の(b))、心層小片として破砕片 (Fig. 1 の(a)) というように、同一の寸法・形状の小片を用いていることが原因して、吸水厚さ膨張率はボード間で差異は認められない。

関係湿度を 50%、30%、90%、50% という順に変化させたときのボードの厚さおよび板面での寸法変化を、最初の関係湿度 50% のときの寸法を基準にして示したのが Fig. 8 である。関係湿度 90% での板面での寸法変化は、いずれの場合も、配向性ボードの平行方向、非配向性ボード、配向性ボードの直交方向の順に大きくなり、とくに小片の長さが大きくなるほど、板面での直交方向の寸法変化が大きくなる傾向がある。このような板面での寸法変化の異方性は、小片の配向度と関係があり、配向度を大きくすると板面での寸法変化の異方度が増々大きくなると考えられよう。

4 結 言

フレックタイプの木材パーティクルを一定方向に配向させるための装置を考案し、その配向の程度に及ぼすパーティクルの長さ、プレート間隔および自由落下距離の影響、ならびに 15 mm 厚 3 層ボードの物理的・強度的性質に及ぼす表層パーティクルの長さの影響について検討し、次の結論を得た。

(1) パーティクルの平均配向角は、自由落下距離とプレート間隔が大きくなると増大し、パーティクルの

長さが小さくなると大きくなる。

(2) 他の条件（例えば、小片の細長比、含脂率、ボード密度）を一定とした場合、表層パーティクルを非配向としたボードの曲げ強度は、そのパーティクルを配向することにより1.6～2.2倍大きくすることが可能である。

(3) 配向性ボードの平行方向の *MOR* と *MOE* は、パーティクルの細長比（長さ／厚さ）が150までは連続的に増大するが、それ以上ではほぼ一定である。この値は原木のそれに近い値である。

(4) 70℃、2時間の水浸せき試験後の配向性ボードの *MOR* の平均残存率は74%である。

(5) はく離強度と吸水厚さ膨張率は、配向性ボードと非配向性ボードの間には差異は認められない。

（昭和53年4月3日 第28回日本木材学会大会にて講演）

参 考 文 献

- 1) Geimer, R. L., FPL Res. Paper, 275 (1976).
- 2) 矢田茂樹, 西村隆男, 梶田 熙, 棕代純輔, 京府大・学報・農, **23**, 62 (1979).
- 3) Brumbaugh, J. I., For. Prod. J., **10**, 243 (1960).
- 4) Post, P. W., For. Prod. J., **11**, 34 (1961).
- 5) 梶田 熙, 棕代純輔, 矢田茂樹, 京府大・演報, **23**, 62 (1979).
- 6) Moslemi, A. A., "Particleboard Vol. 1 Materials", p. 58 (1974) SIU Press, Carbondale, USA
- 7) Geimer, R. L., W. F. Lehmann, and J. D. McNatt, Proc. of the eighth W. S. U. Symposium on Particleboard, p. 119 (1974).