

配向性パーティクルボードの力学的性質に及ぼす 製造因子の影響

本多 琢 己

Influence of Dependent Variables on The Mechanical Properties of Oriented Particleboards

Takumi HONDA

Summary : The oriented particleboard was produced from the karamatu particle of cutting with the knife ring-flaker. Production factor such as specific gravities, layer construction and form of the particle relation of mechanical properties of particleboard was examined

The modulus of elasticity (MOE) along the aligned direction of the single-directionally oriented board was over twice as large as random board. But the MOE perpendicular to the orient direction was less than one-third of the MOE parallel to this direction. The single-directionally oriented board indicates the same anisotropic property of elasticity as the solid wood. To improve the perpendicular MOE, three cross-oriented ply board, and surface oriented and core random-oriented board were prepared. The perpendicular MOE of these boards were larger than that of the single-directionally oriented board. The veneer overlaid boards produced a good performance for the MOE along the face grain. However, these boards remarkable showed the elastic anisotropy.

As particle are pressed strongly in order to raise the board density, it favor improvement of the MOE, but some brittleness in particle quality may occur.

These results are useful for the utilization of low-quality karamatu chips.

要旨 : ナイフリングフレーカーで切削されたカラマツパーティクルを用いて配向性パーティクルボードを作製し、ボードの力学的性質に及ぼすボード比重、層構成、チップ形状など製造因子の影響を明らかにした。

単層1軸配向ボードの配向方向のMOEはランダムボードの2倍以上に増大した。しかし配向と直交方向では配向方向の約1/3になった。このように単層1軸配向ボードの平面内の弾性は素材と同じように強い異方性を表わす。配向と直交方向のMOEを改良するため、3層直交配向構造、表層配向-内層ランダム構造などのボードを作製した。この結果、これらのボードの配向と直交方向のMOEは単層1軸配向ボードよりも増大した。3層構造ボードの表層部分をカラマツ単板に替えた場合、その繊維方向のMOEの値は全ボード中で最大となった。しかしながら、パーティクルのみの3層構造に比べ、著しい弾性異方性を示した。

配向方向のMOEを大きくするには、パーティクルの充填率を高め比重を増加するのが有効である。しかし、パーティクルが相互に重なり合う部分に生じる圧壊が、ボードを脆くする可能性がある。

以上の結果はカラマツ低質材の有効利用に役立つと考える。

1 緒 言

既報¹⁾では、カラマツ構造用パーティクルボードの可能性を検討するための基礎データを得ることを目的に、カラマツ廃材からフレーカー切削で得られたパーティクルの形状分布特性ならびにそれらを原料とした単層ランダムボードの力学的性質と比重、含脂率およびパーティクルの寸法・形状などの製造因子との関係を明らかにし、

破壊力学的な視点から考察を加えた。

本報では、既報と同様の条件で切削されたパーティクルを用い、カラマツ3層配向パーティクルボードを試作し、力学的性質に及ぼすボードの比重、層構成やパーティクルの寸法・形状の影響を検討した。フレーカー切削によるパーティクルの調整では、配向に適した長めで厚さの均一なパーティクルが得られる反面、配向に適さない短めのパーティクルの占める割合が高い。そこで、供試ボードの層構成を次の2タイプとした。OSBに類似し

た層構成、すなわち表層と内層が互いに直交するように配向したボードについては、パーティクルのフォームファクターを変えた。また、表層に長めのパーティクルを配向し、内層に短めのパーティクルをランダムとしたボードについては、表層用と内層用のパーティクルの組み合わせや表層の割合を変化させた。これらのボードの他に表層の配向層に替えて単板を配置したボードや単層一軸配向ボードなども供試した。

2 実 験

2.1 ボードの作製

既報¹⁾と同様の条件で調整された次の3タイプのパーティクルを用いた。パーティクルの長さ(γ)、幅(ω)および厚さ(δ)はAtype (15 mm on) が50.9 mm×11.0 mm×0.4 mm、Btype (10 mm on-15 mm pass) が38.6 mm×7.5 mm×0.4 mm、Ctype (5 mm on-10 mm pass) が34.3 mm×5.1 mm×0.4 mmであった (Fig.1)。フォームファクター $F (\gamma/\omega\delta)$ はそれぞれ11.57、12.87、16.81である。マットのフォーミング用に Fig.2



Fig. 1 Karamatu particle of cutting with the knife ring-flaker.

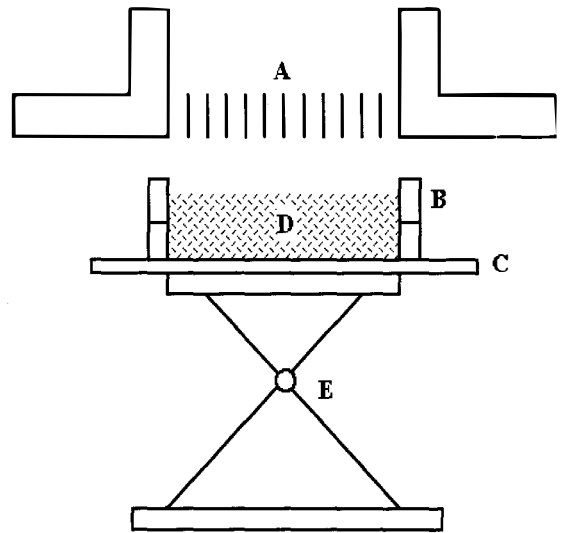


Fig. 2 Apparatus for orienting flakes.
Legend: A: parallel plates for orienting flakes.
B: frame for forming.
C: caul plate.
E: jack for controlling free-fall distance.

に示した配向装置を試作した。プレート間隔 (A) は 20 mm で、ジャッキ (C) でパーティクルの自由落下距離が一定 (=20 mm) となるように調整した。接着剤はメラミン・フェノール樹脂 (MP-600、住友ベークライト株) を用い、含脂率 10%、目標比重 0.65 および 0.75、厚さ 10 mm のボードを作製した。熱圧条件は圧縮圧 3.43 Mpa、圧縮温度 165°C、圧縮時間 8 min とした。供試ボードの層構成は次の通りである。

- (a) 直交配向ボード：表層と内層に同タイプのパーティクル (Atype または Btype) を用い、表層 (Face、以下 F と略) と内層 (Core、以下 C と略) の配向方向が互いに直交する構成。表層と内層の割合 (重量比%) は 50 : 50。
- (b) 表層配向ボード：Btype のパーティクルを表層に配向、Ctype のパーティクルを内層にランダムとした構成。表層割合を 20%、30%、40%、50% の 4 段階に変化させた。さらに、表層割合が 50% の場合は、表層と内層のパーティクルを Atype と Btype および Atype と Ctype に組み合わせた構成のボードも作製した。
- (c) 一軸配向ボード：(b) の表層割合が 100% に相当する構成。
- (d) ランダム単板積層ボード：厚さ 2 mm のカラマツ単板を表層に配置、Ctype のパーティクルを内層にランダムとした構成。(b) で表層割合が 40% の構成において表層を単板とした構成。
- (e) 直交単板積層ボード：厚さ 2 mm のカラマツ単板

を表層に配置、単板の繊維方向と直交に Btype のパーティクルを内層に配向。(a) の Btype の表層を単板とした構成。

2.3 力学的性能試験

20°C-65%RH で調湿後、力学的性能試験を行った。曲げ強度試験は、スパンを厚さの 16 倍とし、クロスヘッドスピード 5 mm/min で、3 点曲げの中央集中荷重方式で行った。圧縮強度試験は、辺長がボード厚さに等しい正方形断面を有する小試験体を用いて、クロスヘッドスピード 5 mm/min で負荷した。剥離試験は 5 cm x 5 cm の試験体を用いて、クロスヘッドスピード 5 mm/min でパーティクルの積層方向に平行に引張り荷重を負荷した。なお、曲げ強度試験においてはスパン方向が、また、圧縮強度試験においては負荷方向が、表層の配向方向または単板の繊維方向と平行な場合を (||)、直交する場合を (⊥) のように記す。

3 結果及び考察

以下において例えば、Atype のパーティクルを用い、表層 F と内層 C の重量比が 50% : 50% のボードを (A 50 : A 50) のように記す。

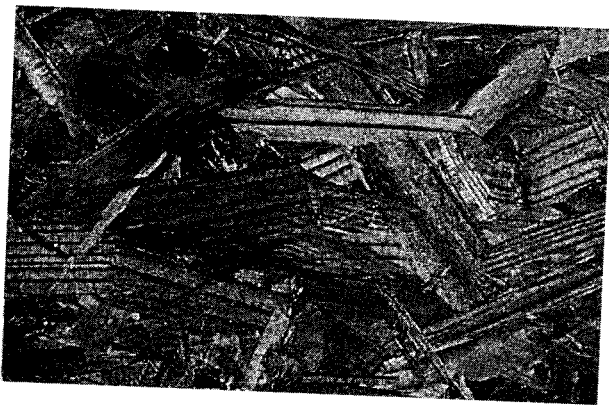


Fig. 3 Three cross-oriented board.
Note: Type A, SG=0.75

3.1 3層配向ボードの曲げ強度特性に及ぼす製造因子の影響

3層配向ボード (Type A, SG=0.75) を Fig. 3 に示す。層構成の異なる直交配向ボードの比重と曲げ強度特性の関係を Fig. 4 に示す。Fig. 4(a) が MOE、Fig. 4(b) が MOR、Fig. 4(c) が W_b (曲げ破壊仕事量) である。図中の各直線は、全ボードを一つのグループと見なした場合の SG に対する回帰直線である。ただし (Veneer : B 60) ボードの || 方向を除いた。(A 50 : A 50) ボードと

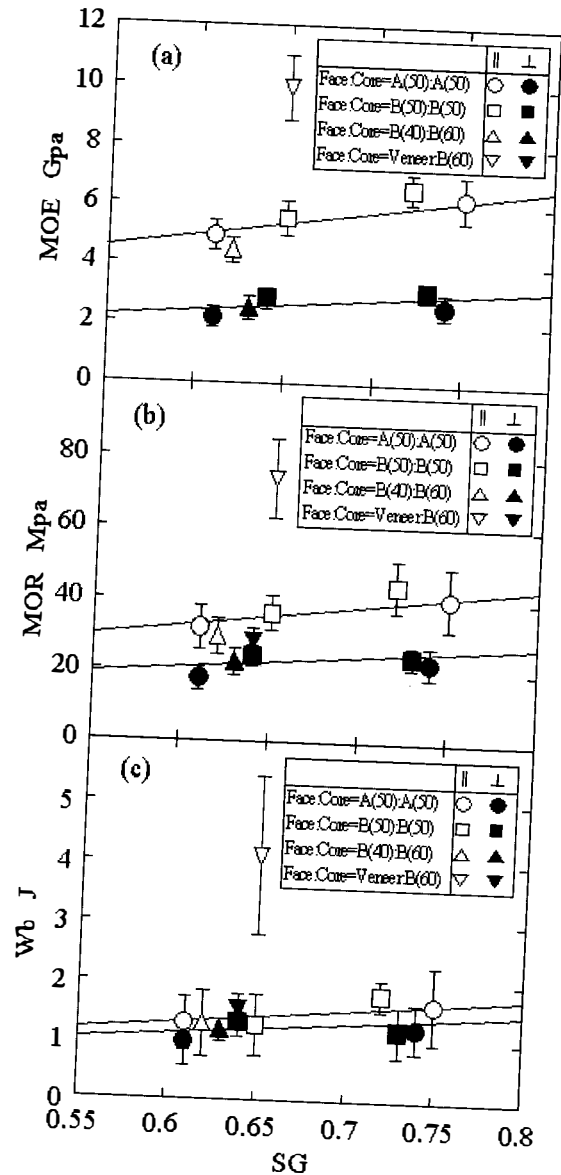


Fig. 4 Bending properties of three cross-oriented board.

(B 50 : B 50) ボードでは、その MOE と MOR をそれぞれ同一直線で近似することができ、また、フォームファクター $F(\gamma/\omega\delta)$ もほぼ等しい ($F_A=11.57$, $F_B=12.87$) ことから、パーティクル Type A とパーティクル Type B の区分は必要ないと考える。

配向による改良効果をランダムボードの値に対する比として示すと次の通りである。MOE では、SG=0.65 の場合、(A 50 : A 50) ボードで 1.32 倍、(B 50 : B 50) ボードで 1.59 倍、SG=0.75 の場合、(A 50 : A 50) ボードで 1.35 倍、(B 50 : B 50) ボードで 1.48 倍、また MOR では、SG=0.65 の場合、(A 50 : A 50) ボードで 1.08 倍、(B 50 : B 50) ボードで 1.28 倍、SG=0.75 の場合、(A 50 : A 50) ボードで 1.08 倍、(B 50 : B 50)

ボードで1.24倍である。

曲げ強度特性の異方性を以下に示す。MOE \parallel /MOE \perp はSG=0.65の場合、(A50:A50)ボードで2.26、(B50:B50)ボードで1.93、(B40:B60)ボードで1.77、(Venear:B60)ボードで3.53、SG=0.75の場合、(A50:A50)ボードで2.38、(B50:B50)ボードで2.11である。また、MOR \parallel /MOR \perp はSG=0.65の場合、(A50:A50)ボードで1.81、(B50:B50)ボードで1.51、(B40:B60)ボードで1.33、(Venear:B60)ボードで2.60、SG=0.75の場合、(A50:A50)ボードで1.80、(B50:B50)ボードで1.83であった。

(Venear:B60)ボードのように単板を表層に配置し

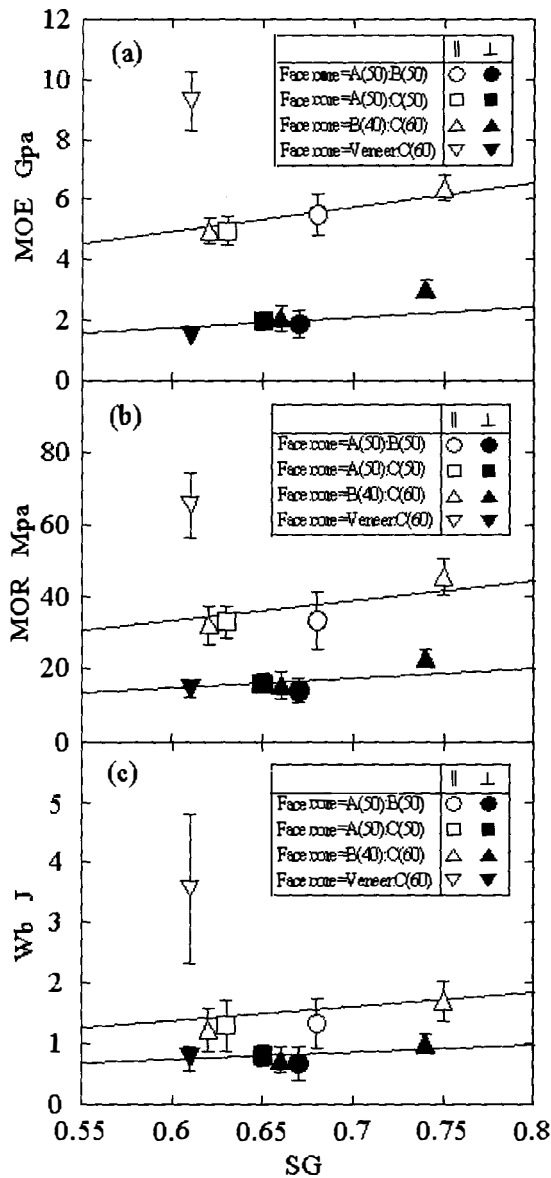


Fig. 5 Bending properties of surface oriented and core random-oriented board.

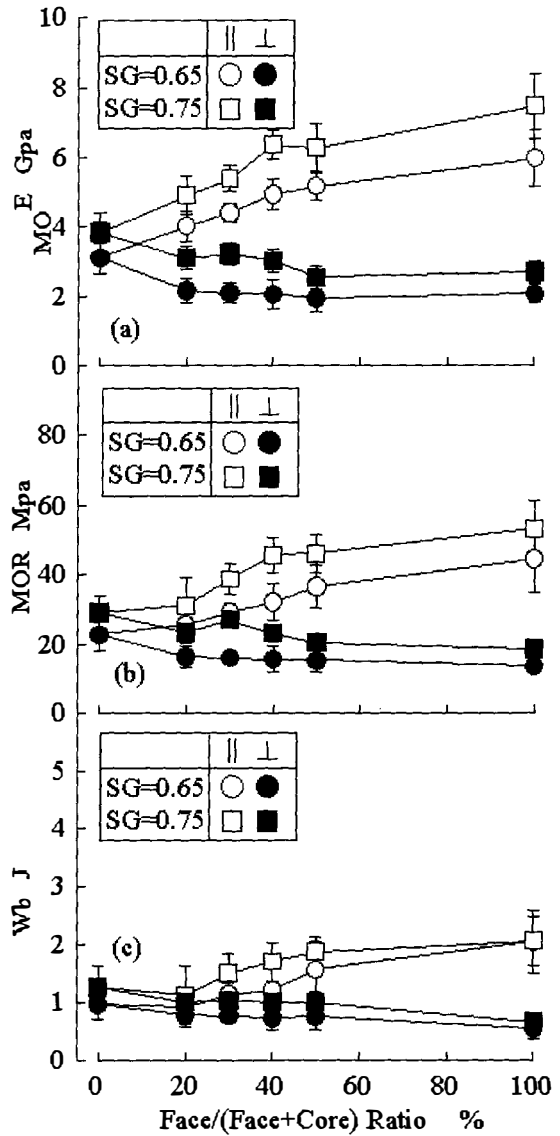


Fig. 6 Influence of face weight (percent of total weight) on bending properties of surface oriented and core random-oriented board.

た3層直交構成では、軸方向の力学的特性が著しく改良されるが、一方で異方性がかなり大きくなる欠点がある。

Fig.5に層構成の異なる表層配向ボードの比重と曲げ強度特性の関係を示す。Fig.5 (a)がMOE、Fig.5 (b)がMOR、Fig.5 (c)がWbである。図中の各直線は、全ボードを一つのグループと見なした場合のSGに対する回帰直線である。ただし (Venear:C60)ボードの \parallel 方向を除いた。表層配向ボードでは、MOE、MORをそれぞれ同一直線で近似できることから、表層パーティクルのTypeAとTypeBの区分は不要であり、また、小さめのパーティクルTypeCを内層に使用しても十分な特性が得られると考える。

曲げ強度特性の異方性は3層直交配向ボードよりも大きく、 $MOE_{\parallel}/MOE_{\perp}$ はSG=0.65の場合、(A 50 : B 50) ボードで2.96、(A 50 : C 50) ボードで2.50、(B 40 : C 60) ボードで2.40、(Veneer : B 60) で6.30、SG=0.75の場合、(B 40 : C 60) ボードで2.10であった。 $MOR_{\parallel}/MOR_{\perp}$ はSG=0.65の場合、(A 50 : B 50) ボードで2.38、(A 50 : C 50) ボードで2.06、(B 40 : C 60) ボードで2.08、(Veneer : B 60) で4.54、SG=0.75の場合、(B 40 : C 60) ボードで1.98であった。

(Veneer : C 60) ボードのように単板を表層に配置した3層配向構成では、軸方向の力学的特性が著しく改良されるが、一方で異方性がかなり大きくなる欠点がある。

Fig.6 に表層配向ボードの表層割合と曲げ強度特性の関係を示す。Fig.6 (a) がMOE、Fig.6 (b) がMOR、Fig.6 (c) がWbである。各物性値は表層割合の増加に比例して \parallel 方向で大きく、一方、 \perp 方向では小さくなる。(100 : 0) ボードで最大に達し、ランダムボードに対し

て MOE_{\parallel} がSG=0.65で2.90倍、SG=0.75で2.77倍、また、 MOR_{\parallel} がSG=0.65で3.31倍、SG=0.75で2.88倍になる。

Fig.7 に表層配向ボードの表層割合と曲げ強度特性の異方性を示す。実線が $MOE_{\parallel}/MOE_{\perp}$ で、破線が $MOR_{\parallel}/MOR_{\perp}$ である。SG=0.65 ボードの場合、表層の割合(F : C)が(20 : 80) \rightarrow (100 : 0) へ増加すると、 $MOE_{\parallel}/MOE_{\perp}$ は1.87 \rightarrow 2.90、 $MOR_{\parallel}/MOR_{\perp}$ は1.57 \rightarrow 3.31へと大きくなる。また、SG=0.75 ボードの場合、(F : C)が(20 : 80) \rightarrow (100 : 0) へ増加すると、 $MOE_{\parallel}/MOE_{\perp}$ が1.59 \rightarrow 2.77、 $MOR_{\parallel}/MOR_{\perp}$ は1.33 \rightarrow 2.88へと大きくなる。このように力学的異方性はSGの高いボードの方が大きい。SGが高いほどパーティクル相互の密着が良くなり、パーティクル自信のL方向とT方向の力学的異方性がボードの異方性に対してより大きく影響するためと考える。

3層ボードの曲げ剛性に関する次の予測式²⁾から表層配向ボードの理論値 MOE_{pr} を算出した。

$$Ed^3/12 = E_f(d^3 - t_c^3)/12 + E_c t_c^3/12$$

ここで、

- E : 3層ボードの MOE_{pr}
- E_f : 表層のMOE
- E_c : 内層のMOE
- d : ボード全体の厚さ
- t_c : 内層の厚さ

である。

MOE_{pr} の算出に当たっては、 E_f の値は一軸配向ボードのMOEを、 E_c の値はランダムボードのMOEを用い、また t_c は各層の厚さがパーティクルの重量比に比例すると仮定した。

表層配向ボードの MOE_{pr} の計算結果をFig.8に示した。 MOE_{pr} はSGの大きさに関わらず、 \parallel 、 \perp 両方向に

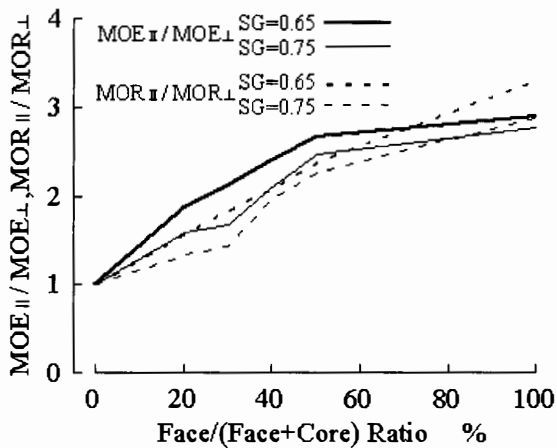


Fig. 7 $MOE_{\parallel}/MOE_{\perp}$, $MOR_{\parallel}/MOR_{\perp}$ of surface oriented and core random-oriented board.

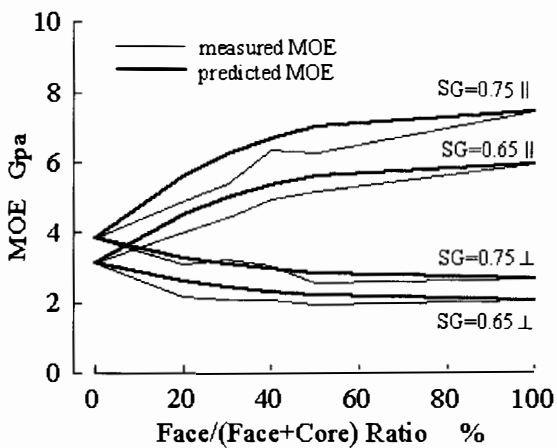


Fig. 8 MOE prediction for three-layer analysis methods.

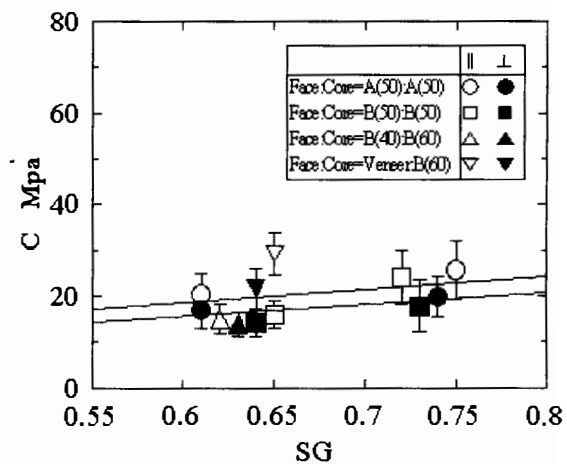


Fig. 9 Compressive strength of three cross-oriented board.

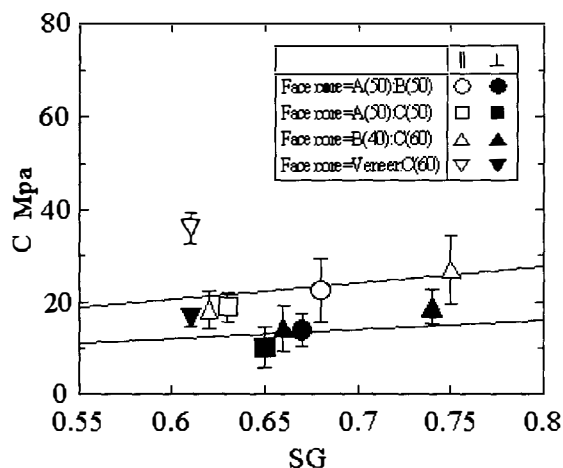


Fig. 10 Compressive strength of surface oriented and core random-oriented board.

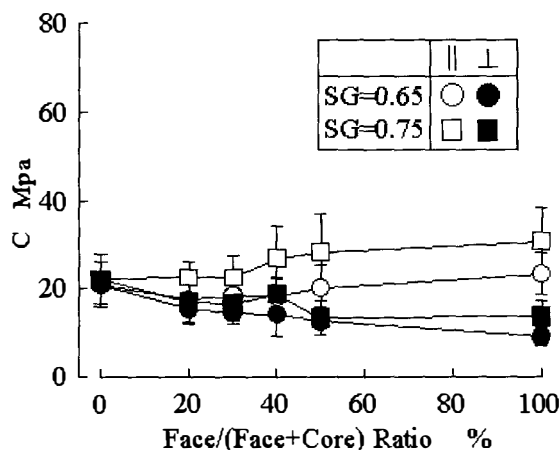


Fig. 11 Influence of face weight (percent of total weight) on compressive strength of surface oriented and core random-oriented board.

において測定値を上回る。このように実測値と理論値の間に差が生じたが、その理由について次のように考察した。表層の表面が熱圧縮の際に厚密化されるため、実際の表層厚さはパーティクルの重量比に比例すると仮定した厚さよりも小さくなる。予測式においては、両表面に圧密層が形成されている単層ボードを3層ボードの表層と見なしたが、3層ボードでは表層の表面にのみ圧密層が形成されている。また、厚さ方向の密度分布は力学的性質に影響を与えることが知られている。単層ボードと3層ボードでは明らかに密度分布が異なると考えられる。さらに3層ボードでは表層/内層界面付近に存在する欠陥がMOEに影響する。以上のことから実際の E_r の値は一軸配向ボードのMOEよりも小さいと考えられる。

3.2 3層配向ボードの圧縮強度特性に及ぼす製造因子の影響

Fig.9に層構成の異なる直交配向ボードの比重と圧縮強度の関係を示す。図中の各直線は、全ボードを一つのグループと見なした場合のSGに対する回帰直線である。ただし(Veneer:B60)ボードの||方向を除いた。直交配向構成においては、曲げ強度特性と同様に圧縮強度特性の点でもパーティクルTypeAとパーティクルTypeBの区分は必要ないとする。圧縮強度の異方性 $C_{||}/C_{\perp}$ はSG=0.65の場合、(A50:A50)ボードで1.19、(B50:B50)ボードで1.13、(B40:B60)ボードで1.09、(Veneer:B60)ボードで1.35、SG=0.75の場合、(A50:A50)ボードで1.29、(B50:B50)ボードで1.36である。

Fig.10に層構成の異なる表層配向ボードの比重と圧縮強度の関係を示す。図中の各直線は、全ボードを一つのグループと見なした場合のSGに対する回帰直線であ

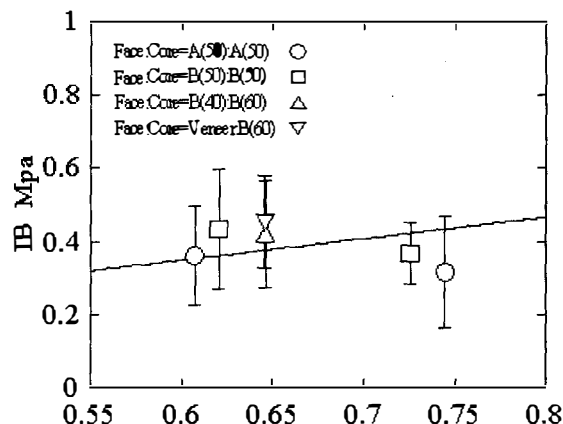


Fig. 12 Internal bonding strength of three cross-oriented board.

る。ただし(Veneer:B60)ボードの||方向を除いた。表層配向の構成においては、曲げ強度特性と同様に圧縮強度の点でも表層パーティクルのTypeAとTypeBの区分は不要であり、また、小さめのパーティクルTypeCを内層に使用しても十分な圧縮強度が得られる。圧縮強度の異方性 $C_{||}/C_{\perp}$ はSG=0.65の場合、(A50:B50)ボードで1.62、(A50:C50)ボードで1.85、(B40:C60)ボードで1.27、(Veneer:B60)で2.18、SG=0.75の場合、(B40:C60)ボードで2.11であった。

Fig.11に表層配向ボードの表層割合と圧縮強度の関係を示す。圧縮強度の異方性 $C_{||}/C_{\perp}$ はSG=0.65ボードの場合、(F:C)が(20:80)で1.13、(30:70)で1.27、(40:60)で1.28、(50:50)で1.60、(100:0)で2.56、SG=0.75ボードの場合、(F:C)が(20:80)で

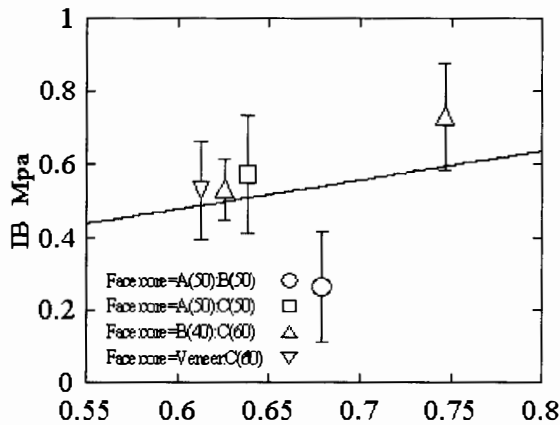


Fig. 13 Internal bonding strength of surface oriented and core random-oriented board.

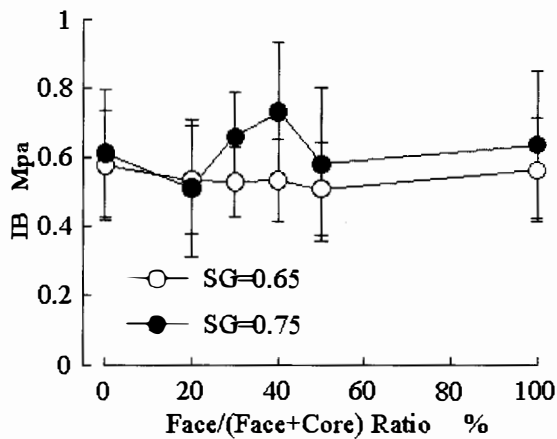


Fig. 14 Influence of face weight (percent of total weight) on internal bonding strength of surface oriented and core random-oriented board.

1.32、(30 : 70) で 1.35、(40 : 60) で 1.43、(50 : 50) で 2.11、(100 : 0) で 2.25 であった。

3.3 3層配向ボードの剥離強度に及ぼす製造因子の影響

Fig.12 に層構成の異なる直交配向ボードの比重と剥離強度の関係を示す。厚さ方向の最も脆弱な部分から破壊するため、内層のパーティクル間の結合状態が影響す

る。接着面に対する垂直方向の引張応力場においては、欠陥の寸法が長さや幅に比例することから、より長く、幅の広いパーティクルを用いた (A 50 : A 50) ボードの方が (B 50 : B 50) ボードよりも大きい欠陥が存在する³⁾。このため、IB は (A 50 : A 50) < (B 50 : B 50) となる。また、同じパーティクルを用いても SG の大きいボードほど IB は小さい。パーティクルが相互に重なり合う部分の圧壊の影響と考える。

Fig.13 に層構成の異なる表層配向ボードの比重と剥離強度の関係を示す。前述の理由から、IB は内層に TypeC のパーティクルを用いたボードの方が大きい。

Fig.14 に表層配向ボードの表層割合と剥離強度の関係を示す。SG=0.65 ボードの場合、IB は表層の割合に関わらずほぼ一定の値を示す。これに対して SG=0.75 ボードの場合、IB は表層の割合に対して凸の傾向を示す。これは、表層の割合が内層の密度分布、内層のパーティクル相互の密着状態及び内層の圧壊などの欠陥の形成などに関係するためと考えられる。すなわち、(F : C) が (20 : 80) 程度では、内層のパーティクル相互の密着が不十分のため IB は小さいが、(40 : 60) 程度になると、内層のパーティクル相互の密着が充分になるため IB は最大となる。一方、(F : C) が (50 : 50) 以上になると、パーティクルが相互に重なり合う部分の圧壊の影響が大きくなる。

4 結 言

ナイフリングフレーカーで切削されたパーティクルを用いてカラマツ 3 層配向パーティクルボードを試作し、力学的性質に及ぼすボードの比重、層構成やパーティクルの寸法・形状の影響を明らかにした。

参考文献

- 1) 本多琢己 : 山梨県森林総合研究所研究報告, 24, 77-82 (2005).
- 2) Robert. L. Geimer, H. M. Montrey, William. F. Lehmann : For. Prod. J., 25(3), 19-29 (1975).
- 3) 須田久美, 川井秀一, 佐々木光 : 木材学会誌, 33, 376-384 (1987).