

## 総説 (REVIEW)

# パーティクルボードの最近の問題\*

満 久 崇 磨\*\*

A Review of Particleboard

Takamaro MAKU

ごく最近の異常な状況は別として、ここ数年間のパーティクルボードの需要の伸びは世界各国とも目覚ましいものがある。FAOの最近十ヶ年の林産物統計資料<sup>1)</sup>によると、世界のパーティクルボードの消費量の伸びは1961から1970年の十ヶ年で約5倍となり、伸び率では林産物中世界第1位であり、1973年の生産量は約3100万m<sup>3</sup>に達している。日本の昭和50年度生産能力は約60万ton、比重0.7として約85万m<sup>3</sup>である。この原因は丸太の生産性向上、低級材の利用開発など世界の木材生産の情勢、住宅関連部材のパネル化などにもよると考えられるが、それと共にボードの品質に対する要求度もさらにきびしくかつ多様化している。

本文は最近数年間のパーティクルボードに関する諸論文のうちから、とくにこの情勢に対応する、ボード製造技術の開発に関係の深いものとピックアップしたものである。

### 1 バインダーの添加

パーティクルにバインダーをスプレーする場合、その粒子をどのような形で添加すると最も有効であるかという問題はかなり古くから論議されている。

単に接着力だけを考えれば、各パーティクルが適当な圧力の下で互に接触する部分に、連続的な接着層を作るのが理想であろうが、これはいうべくして実現不可能なことであり、実際的な方法の1つとして、fine sprayによって、できるだけ細かいバインダーの粒子をパーティクルの全表面にできるだけ均等に分布させて、ホットプレスの段階でパーティクルの接触部にできるだけ連続的な接着層を形成させることが望ましいとする、いわゆるフィルム接着有効説がある。

しかし、バインダーの添加量にはすでに経済的にある制限があるから、当然フィルム形成にもある限度があり、第2の考え方として不完全なフィルム接着を行うよりはむしろ coarse sprayによってパーティクルの要所要所を完全に接着してその動きをガッチリと拘束した方がよいという点接着有効説がある。

点接着が有効であるためには、まずパーティクル自体が適度の剛性と強さを持ち、これとバインダー粒子の大きさ、分散度などを適当にバランスさせることが、fine sprayの場合よりはるかにむづかしく、一般に coarse sprayではボードの材質が劣るという結果がでている。

Fine sprayにおける粒子の大きさについては一致した意見はないが、一説では普通の尿素樹脂の場合直径0.1 $\mu$ 前後がよく、1 $\mu$ になると coarse sprayになりボードの材質が低下するとしているが、また一説では直径3.5 $\mu$ 位が最適であるともいわれ、さらに大きなオーダーの値も報告されている。0.1 $\mu$ は針葉樹の春材部仮導管直径の約1/100~1/400、3.5 $\mu$ は大体1/3~1/10に相当する訳で、両者の間にはかなりの距離がありこの辺は今後もっと深くつつこんでみる必要があろう。

\* 第30回木研公開講演会（宇治，1975.10.17）において講演

\*\* 木質材料学部門（Division of Composite Wood）

どちらの場合でも resin efficiency がよいこと、すなわちパーティクル表面の凹凸や亀裂の発生を防いで接着に関与しない idle resin の存在を少なくすることやバインダー粒子をできるだけパーティクル表面細胞第1層にとどめて、第2、第3層への浸透を防ぐことが必要である。

第1の点についてはパーティクルの樹種やその製造条件、切削時の木材含水率などが影響し、第2の点についてはバインダー粒子の粘度や粒子とパーティクルの相対速度あるいは接触時間などが影響してくる。

筆者がかなり以前に尿素樹脂に染料をまぜて、flake board, splinter board の剥離試験における剥離面を観察した結果<sup>2)</sup>によると、これを正面から見た場合両者ともにパーティクル表面のバインダー分布はある程度フィルム状になるが、splinter の場合どちらかといえば粒状の分布の割合が多く、パーティクル架橋部空隙の idle resin の存在が目立つが、分布状態そのものには本質的にそう大きな違いはないようである。しかし、ボードの断面を側面的に検鏡した場合はむしろある程度連続した glue line の多いことが認められ、一般の air spray ではフィルム接着と点接着が混在しているという常識的な判断がその実態なのであろう。

Flake board, splinter board の剥離面におけるバインダーの分布状態にはそれほど大きな相異はなく、所所にパーティクルの木部破断も存在している事が認められるから、ボードとしてはまず十分な接着をしている訳であろうが、剥離強度そのものは splinter board の方が約55%高い。これについては splinter がその形から推察して単位面積の塗布量が flake のそれより多く、これが idle resin が多いという欠点をカバーしていることも考えられるが、splinter 自体が flake より強いこと、splinter board の剥離面が flake board のそれよりかなり凹凸がはげしいことから考えて、splinter 同志のからみ合いや相互摩擦が大きいことなども主な原因であろうと考えられる。すなわち、当然の事ながらパーティクルボードの物理的、強度的諸性質にはパーティクル相互間の接着力以外に上記の諸因子が複雑に影響することを考慮しなければならない。

このように個々のパーティクルの形、強さ、バインダーの粒子の大きさ、その分散度、パーティクル同志の接着性、摩擦さらにはボードの比重などがからみあう複雑なしくみとボードの性質との関係の解明は、丁度細胞壁の形成や種類の細胞からなる木材組織と木材の性質との関係の解明にも似たむづかしさをもっているといえよう。

バインダーの霧化とボード材質の現象論的關係については、古くは Engels<sup>3)</sup>, Caroll ら<sup>4)</sup>, Kehr<sup>5)</sup>, Lehmann<sup>6)</sup> などの報告があるが、比較的新しいものとしては Lehmann<sup>7)</sup> の研究報告がある。氏は Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* and var *glauca*) のフレック状パーティクルに尿素樹脂を用いて、バインダー粒子の大きさ、添加量、ボード比重などがボードの物理的、強度的性質に及ぼす影響を調べ

(1) Resin efficiency はバインダーの atomization, 濃度, ボード比重の強い影響をうける。はじめの2因子はパーティクルへの分散状態と被覆性をコントロールし、後者は接着性能をコントロールする。

(2) バインダー粒子が細かいほど、ボードの強度的性質は向上し、添加量、ボード比重が高いほどその効果は大きい。ボードの寸法安定性も fine spray の方がよい。

(3) 曲げ強度と厚さ膨張率はバインダー添加量8%以下で optimum に達するが、剥離強度は添加量の増加と共に増大する。

(4) 同じ強度的性質に対してはバインダー粒子を細かくすることによって、ボード比重を低くし、したがって原料やバインダーを節約することができる。

(5) 添加量が少ない場合は低比重ボードの方が、添加量が多い場合は高比重ボードの方が寸法安定性にすぐれている。

ことなどを見出している。この実験結果は全般的にみて従来の諸研究の結果とほぼ同じ傾向を示しているといえよう。Lehmann<sup>8)</sup> はこの外、ボードをいろいろの雰囲気においた場合、resin atomization, resin content, board density がどのようにボードの耐候性に影響するかを調べ

(1) 関係湿度80%までの定常的な雰囲気の中では上記3因子はボードの面内および厚さ方向の寸法安定性に本質的な影響を与えない。

(2) 関係湿度80%以上でも, atmization, board density の影響はそう大きくないが, resin content の厚さ膨張率への影響はかなり大きい。

(3) 関係湿度90%以上と oven dry の組合せによる spring back は fine spray の方が coarse spray のそれより少ない。

(4) Oven dry-Vacuum-Pressure Seaking による厚さ膨張に対しては3因子の影響はかなり大きく, fine spray, resin content 8%, low board density の場合膨張が最も少ない。

という結論を出し, fine spray を支持している。

大熊<sup>9)</sup>は点接着理論をスプレイ法で考えられる粒子よりかなり大きいオーダーに拡大して, 大きな未添加パーティクルとレゾルシンノール樹脂を十分添加した小さなパーティクル(長さ 6.5 mm, 幅 0.7 mm, 厚さ 0.1 mm 位)を混合して作ったボードと普通のスプレイ法によるボードを比較して前者が強度的にかなり秀れていることを報告している。しかし, 尿素樹脂を用いてほぼ同様な方法で比較した結果(未公表)では曲げ強度はまずまずだが, 剝離強度や厚さ膨張率ではスプレイ法にかなり劣る結果がでている。前述したように点接着によってパーティクルの挙動を拘束して材質のよいボードをうるためには, 個々のパーティクルの強度と剛性が適度に大きいこと, バインダー的役割を果す小パーティクルの大きさとその分散度がこれと適当にバランスすることが前提でこのための適合条件を把握することが, このようなしっかりしたパーティクル製造の能率化や blending の均等化などの検討以前の先決問題であろう。

## 2 Post Blending

Post blending も大分前から結論がでているような, でていないような問題の1つである。Post blending というのは一部のパーティクルにバインダーを多量に添加し, 未添加パーティクルと混合して所定の添加量と均等な添加状態をえようとする方法で, 古くは Klauditz<sup>10)</sup> はこれを否とし, Kehr ら<sup>11)</sup> はこれを是としているが, 最近の Christensen ら<sup>12)</sup> の報告によると, post blending の効果はバインダー粒子の添加方法と粒子の大きさの影響を受け, 細かい粒子を適当な時間をかけて大きなパーティクルに添加して未添加の小パーティクルと blending した方が, 逆の場合より有効であるが, それでもボードの剝離強度は普通法のそれに及ばないという結果をえている。この問題も粒子の粘度, 大きさ, パーティクルの形, 大きさなど関連諸因子との相互関係において今後もっとつっこんだ研究を進める必要がある。

## 3 材質の改良

### (1) 表面の平滑性

パーティクルボードはその表層に微粒パーティクルまたはファイバーをおくことによって表面の平滑性を著しく改善したが, 反面ボードの曲げ強度や寸法安定性の低下を招くため<sup>13)</sup>, これを補うためには表層のバインダー添加量をまし, 比重を高める必要がある。またエッジの脆さも従来加工上の1つの欠点となっている。これらの欠点を改良するためいろいろの方法が考案されているが, Shen は表面の平滑性をうる1つの試みとして, ボードを高温高圧で短時間再熱圧して表層に塑性変形を与える方法を提案している<sup>14)</sup>。氏は Western red cedar (*Thuja plicata*) および poplar (*Populus* sp.) と birch (*Betula* sp.) 混合の2種の市販ボード(含水率 6~9%, 比重 0.6~0.7, バインダー尿素樹脂)を用いてこの実験を行ったが, それによると

1. Cedar board に対する最適の再熱圧条件は 288 °C, 18 kg/cm<sup>2</sup>, 3 秒間
2. Poplar-birch board の最適条件は 342 °C, 25 kg/cm<sup>2</sup>, 4 秒間
3. 上の条件で表面の平滑性は SIS ハードボードのそれに近くなる
4. 塗装面の平滑度は1コーティングで普通のボードの3コーティングのそれに相当する

5. ボード表面の耐水性が向上する  
という結果がえられている。

(2) エッチの補強

ボードエッチの補強には従来エッチ附近のマッティングをましてその比重を高める方法や合成樹脂を注入する方法などが提案されている。スイスの Harder-RWD-Institute<sup>15)</sup> が最近開発した方法は、エッチに合成樹脂を注入する方法で、考え方自体はとくに新しいものではないが、フレキシブルで収縮が少なくかつ硬化の早い尿素樹脂を開発して、特殊な専用機械によって20～30秒間でボードエッチに自動的に樹脂を注入することが特長である。処理後ボードは70～80℃で12～24時間乾燥することが必要であるが、報告によるとこの方法は欧米諸国の特許をとりすでに5年前から実用化されており、これによって

1. ボードの強度的性質やネジの保持力がます
2. 水分吸収が低く、伸縮が少ない
3. 耐火性能がます

といわれている。

4 生物系接着剤

Oil crisis による接着剤価格の高騰を契機として最近生物系接着剤に再び関心がよせられている。とくに樹皮の有効利用は環境保全、有害虫の発生防止などの立場からも年年重要視されるようになってきており、また省資源的な立場からもその積極的な利用の研究開発がのぞまれている。

パーティクルボードの分野では従来からも、樹皮パーティクルを単に物理的に木材パーティクルに混合したり、あるいは樹皮中の成分を利用してある程度の chemical conversion を試みた実験も少なくない。前者に属する最近の研究には Gertjeansen ら<sup>16)</sup> の報告がある。氏らは aspen (*Populus grandidentata*, オオバギンドロ、比重 0.35) の樹高別 3 個所の皮付シャイベから wafer type と flake type の パーティクルを作り、後者は乾燥後さらにハンマーミルにかけて、フェノール樹脂を添加して、比重 0.67 のボードを作りその材質を比較している。Aspen の樹皮の厚さはほぼ樹幹直径に比例的なため、樹皮の混合割合は 3 シャイベ共そう大きな変化はなく、Wafer の場合は 15.4～16.6%，flake の場合は 17～22%であるが、根元附近の樹皮はコルク化し、中間と頂部の樹皮は薄いが強靱なため、樹高によってボードの材質はかなり変化する。その結果を要約すると

- (1) 樹皮の混入は曲げ強度、曲げ弾性係数および板面の伸縮に悪い影響を与え、とくに wafer type ではコルク化した根元附近の樹皮の影響が大きく、ボードの強度的性質は約75%も低下する
- (2) しかし、剝離強度や厚さ膨張率には影響が少ない。パーティクルの形や樹高別の影響もそう大きくはない
- (3) したがって、flake type の場合はボード材質の若干の低下を予期して樹皮を利用することは差支えないが、wafer type の場合は根元附近は剝皮することが必要である  
という事になる。

Radiata pine (*Pinus radiata*), western hemlock (*Tsuga heterophylla*) などの樹皮中の polyphenol や wattle (*Acacia mollissima*), *Callitris Calcarata*, *Callitris glauca*, *Eucalyptus crebra*, *Rhizophora* spp. などの樹皮タンニンをそのまま、または抽出して集成材、合板あるいはパーティクルボードなどの接着剤に利用しようという試みはかなり以前から U. S. A., Australia, New Zealand, India などの各国で行なわれており、とくに wattle bark の抽出液は早くから Australia などでも工業的に利用され、耐水性のよい接着剤としての確固たる地位を占めている。最近 Anderson ら<sup>17)</sup> は white fir (*Abies concolor*) の樹皮の抽出濃縮液と paraformaldehyde をパーティクルに添加してホットプレス中の in situ polymerization をねらっている。氏らは次の 2 種の 3 層構造のボード（熱圧温度 180℃）

- (1) フェイス, バック: 木材パーティクルに濃縮液と paraformaldehyde を添加  
     コ ア               : flake 状の樹皮パーティクルに paraformaldehyde を添加
- (2) フェイス, バック: 普通の木材パーティクル  
     コ ア               : flake 状の樹皮パーティクルに paraformaldehyde を添加

を作り, その吸水性, 厚さ膨張率, boiling による厚さ膨張率などを調べた結果, 前者は phenol 系, exterior type 2, class 3 のボード規格に, 後者は phenol 系, exterior type 2, class 1 の規格に適合する品質をもつことを確かめている。なお phenol 併用による lignin の接着剂的利用はすでに実用段階にはいり, sulfite liquor を binder に利用したパーティクルボードは高温高压の post treatment によって耐水性が著しく改善され, フェンス, サイディングボードとして試用されている報告もある<sup>19)</sup>。

## 5 構造用パーティクルボード

御承知の如く, ここ数年間建築部門へのパーティクルボードの利用は急速にのびている。たとえば北米の代表的な住宅工法である Platform Construction はもちろん, とくに最近急激に需要のましている Mobile Home では広葉樹合板に次ぐ使用割合を示し, 1971年の調査では1戸当り平均 668 ft<sup>2</sup> (約 62 m<sup>2</sup>) に達し<sup>19)</sup>, 1970年で全米パーティクルボード生産量の45~50%が建築用に向けられている。日本では1973年現在生産量の約30%が subfloor, roof sheathing などに用いられている。Sweden や Finland における建築用パーティクルボードの使用割合はさらに大きく, たとえば Sweden の標準的な1戸建の住宅で約 5 m<sup>3</sup> (3/4" で約 260 m<sup>2</sup>) が wall sheathing, subfloor, interior wall, ceiling などに用いられ, 内装では石膏ボードやセミハードボードにとってかわりつつあるといわれ, Finland では全生産量の75%が建築構造用であるという<sup>20)</sup>。

この状況に対応して強度性能や, 耐候性のよい, いわゆる構造用パーティクルボードの研究開発も盛である。このカテゴリの中にはいるパーティクルボードの1例をあげると “**Wafer type**” パーティクルボード, “**Strand-wood**”, “**Com-ply**” などがある。前者は長さ 3.5~5 cm, 厚さ 0.5~0.8 mm のウェイファ状のパーティクルを用いた一種の flake board, Strandwood は長さ 2.5~5 cm, 幅 1.5~5 mm, 厚さ 0.2~0.5 mm の比較的細長いパーティクルを用いている。パーティクルの orientation ができるので必要に応じて LVL に近づくこともできれば合板の性質も与えることもできるようである。Com-Ply は phenol bond particle-board stud のせまい両面に厚さ 1/6" 位の southern pin veneer などを2枚づつはり合わせたもので, その力学的性質, 寸法安定性, 耐候性, 釘打性能, field test などが spruce の 杵材に比較対照して行われ, 量産技術の見通しもつき, 昨年の11月から今年の6月にかけてこれを wall stud に使った3軒のモデルハウスが北米各地に作られ, 最近のモデルハウスではこの stud の外に, 両面単板張りの厚さ約 1/4" の複合パネルが, 壁, 床および屋根の下張りに使われて好評をえているという。なお, Com-Ply は断面 2×4" の壁杵材のみでなくさらに大寸法の床桁, たる木への進出が企画されているという。この詳細は, グラスファイバースtrandやアルミワイヤなどで補強したパーティクルボード杵材や I-beam タイプの成形パーティクルボードなどと共に Forest Products Journal<sup>33)</sup> に紹介されており, また北米における構造外装用パーティクルボードの利用の実情については Jorgensen 氏がかなり詳しく紹介しているから<sup>21)</sup>, 興味をおもちの方はこれらを一読されたい。なお日本ではあまり普及していないが, 広い意味の構造部材の杵内にはいるものに roof-deck がある。木造住宅用としては厚さ 2" 以上の素材あるいは 1"~3" のファイバーボード (標準サイズ: 2×8') が用いられているが Heebink ら<sup>22)</sup> はコアにパルプチップを利用した厚さ 1 3/4", 比重 0.35~0.4 のパーティクルボードの roof deck を試作している。このボード構成は

- フェイス: Douglas fir flake, 厚さ 0.38 mm, 長さ 38 mm, 幅ランダム, 構成割合 1/4 (重量), フェノール樹脂 10% (乾量)  
 コ ア : Aspen (*Populus grandidentata*) のパルプチップ (長さ約 5/8"), 構成割合 3/4 (重量), フェノール樹脂 4% (乾量)

で、その性能は

- (1) 荷重 30 psf, 48" span に使用可能
- (2) Commercial insulation board より力学的に秀れている
- (3) Accelerated aging test (ASTM) では強さ、剛性ともに retention 50 %以上\* をもち、長期住宅用材料として十分耐候性をもつ。面内収縮率、厚さ方向の膨張率ともに問題はない
- (4) Oven dry-Vacuum-Pressure Soaking による厚さ膨張率は15%以下
- (5) コアのバインダー添加量は少なくとも 4 %が必要である
- (6) フェイスに高比重の oak flake を用いても有利性はない
- (7) フェイス、コアともに western red cedar を用いるとさらによい結果がえられよう
- (8) 曲げ破損はほとんどコアのせん断破壊による
- (9) 150 psf に相等する長期荷重による creep は問題ない

さてパーティクルボードが構造用であるためには適度の強さ、剛性、耐候性、寸法安定性が要求されるので、現在バインダーには主としてフェノール樹脂が用いられ、ボード比重は 0.6~0.75 が標準になっている。Wafer board に関する研究報告は非常に多いが、最近のものを紹介すると Gertjeansen ら<sup>23)</sup> は aspen, tamarak (*Larix laricina*, アメリカカラマツ, 比重 0.44), paper birch (*Betula papyrifera*, 比重 0.53) を混用した場合のボード材質の変化を調べ、その結果

- (1) 比較的低いボード比重(約0.6)では aspen や tamarak のような低比重樹種を用いた方が諸性質のすぐれたボードができる
- (2) 3 樹種を混合した場合強度的にはボード比重を高くすることが望ましい
- (3) Aspen の方が強度と面内収縮率において秀れ、tamarak の方は剝離強度と厚さ膨張率において秀れている

という結論を出しているが、(1), (2)はすでに周知の一般的事項といえよう。

構造用ボードの耐候性については Heebink<sup>24)</sup> が米国林産研究所の5年間の weathering test の結果を報告しているが、これによると

- (1) Flakeboard の場合、原料樹種の比重がボードの面内寸法安定性に大きく影響するが、長さ3.5~5cm の針葉樹のパーティクルによるボードが最も寸法安定性がよい。同じ強度水準に対してはやや厚目のパーティクルを用いるとバインダーを節約できて経済的である
- (2) パーティクルボードは合板やファイバーボードに比較して press closure rate が微妙に影響する。強度、剛性を目的とする場合はこの速度を大きくとった方がよい。
- (3) phenolic resin impregnated kraft paper overlay はボードの耐候性と塗装性を改善する
- (4) 最近ドイツで完成された、一段プレスによるいわゆる“one shot operation”(一工程で含浸紙をボードの両面に overlay する方法)によるボードの耐候性は従来法の overlay board のそれにまさるとも劣らない。Geimer ら<sup>25)</sup> はさらに FPL-Standard board (Douglas fir, 25 mm 長, 0.38 厚, 乱尺幅の flake, phenolic resin 6%, wax 1%, ボード厚 1/2", 比重 0.65, 熱板温度 176 °C, press closure time 3', total press time 15') をコントロールとして、樹種 3 (redwood, aspen, southern pine), パーティクル 2 (slivers, shavings), resin content 4 (2, 4, 8, 10% phenolic), resin type 3 (urea, melamine, melamine-urea), wax 3 (0, 2, 4%), mat moisture content 2 (8, 16%), board construction 4 (sheathing grade; 2-layer, redwood; 2-layer, Douglas fir; 3-layer, Douglas fir), surface treatment 6 (unsanded, standard with overlay, two-layer overlay, one shot overlay, water repellent, paint), post treatment 4

\* 木質材料の強度低下何パーセントをもって耐用限度とするかについては、各国共まだはっきりした結論はだされていないが、現在漸定的に retention 50% ぐらいはどうだろうと提案されている。

(post cure, 2' steam restrained, 5' steaming restrained, 2' steaming autoclave) などの諸因子を適宜組合せた 40 種類のボードについて、accelerated aging test とアメリカ国内 4 箇所の 5 年間戸外ばく露試験において上記諸因子がボードの厚さ膨張率や強度劣化にどのような影響を与えているかを詳しく調べている。その結果の概要を紹介すると

(1) 尿素樹脂ボード、表面ペイントボードを除いて、5 年間ばく露の spring back の挙動は、最初の 1 年ばく露のそれによってほぼ推察することができる。

(2) Accelerated aging test と outdoor exposure によるボードの厚さ方向の膨張率の相関性は低い。一般に前者の方が苛酷で、outdoor exposure で初期の膨張を防止しうるような処理も前者の試験には効果が低い。

(3) 表面塗装の phenolic bond board の 5 年ばく露の spring back は比較的低い、5 年後はペイント自体の劣化によって spring back は増加する。

(4) 戸外ばく露 5 年で剛性と曲げ強度は 20% 失われる。剝離強度の低下は厚さ膨張率と関係が深い。

(5) 3 layer Douglas fir board 以外の剝離強度は 2 年間の戸外ばく露ではそう著しく低下しない。

とくに post steaming の効果については

(6) 剝離強度に対する効果は明瞭でない。

(7) post steaming (176°C, 8.5at., 2 分間) は湿度によるボードの spring back を著しく改善するが、その程度は樹種により必ずしも一定ではない。

(8) 180°C, 10 分間の post steaming はボードの original load carrying capacity を約 20%, 剛性を 10~20% 低下させるが、その後の低下率は無処理ボードのそれに類似し、樹種やボードのタイプによって変動があり、2 年ばく露で大体 5~20% の間にある。

と結論している。

Lehmann<sup>26)</sup> は Douglas fir flake による厚さ 1/2" の phenolic resin board の寸法安定性に対する最適条件として、

(1) Flake の長さは 5 cm, 厚さは 0.5 mm

(2) バインダーの添加量は flake 表面 1000ft<sup>2</sup> につき 1 lb (dry weight), これは重量比で 5% の添加量に相当する。この値は筆者らが尿素樹脂について行った最適微量塗布量 0.5~0.8 g/ft<sup>2</sup> にかかなり接近しているといえよう<sup>27)</sup>。

(3) ボードの比重は 0.65

を示し、このボードは accelerated aging test 後曲げ破壊係数は 80%, 曲げ弾性係数は 85%, 剝離強度は 60% の retention をもち、ボード性質に方向性を与えたい場合にはパーティクルの orientation や veneer overlay がよいと提案している。

### Post treatment

一般にパーティクルボードは強度的要求に対しては比較的高い粘度のバインダーを、寸法安定性に対しては低目の粘度のバインダーを用いるのがよいとされているが、phenolic resin board では材質とくに寸法安定性の向上を計るために post treatment を行うことがある。

Post treatment には普通 steaming と heating がある。細かい処理温度や時間などはボードの種類や厚さなどによって異なるが、一般に

Post steaming : 180~200°C, 数十分間

Post heating : 220°C 前後, 数時間

が標準になっている。

Hujanen<sup>28)</sup> は最近, wafer type の balsam poplar (*Populus Takamahaca*, パルサムヤマナラン, 比重 0.37) を用いた普通法によるボードに 180°C, 10 分間の post steaming および 220°C, 2 時間の post

heating を行ったものと、あらかじめパーティクルに phenolic resin を含浸させて (12%) 熱圧したボードとの寸法安定性を比較した結果、数値的には steaming と impregnate が若干すぐれているが、経済性その他を考えると post heating の方が有利であろうと結論している。

また Hall ら<sup>29)</sup> は市販の phenolic resin board に hydrocarbon drying oil と boiled linseed oil を 6:4 の割合で混合した tempered oil を 5~10% 含浸させ 150°C で 3 時間乾燥してその効果を調べているが、それによると一般に oil tempering はボードの曲げ強度を改善するが、剝離強度はボードの比重によって必しも同じ傾向を示さないこと、また ASTM の accelerated aging test ではコントロールに比較して強度的なロスや spring back は少ないが、vacuum-pressure-soaking test では、この処理は必しも有効でないことを結論している。

さてパーティクルボードの利用が建築・構造用へと大きく指向しているにもかかわらず、その力学的諸性質を詳しく調べた報告は意外に少なく、またあっても個々のボードについての数値で普遍性がない。そこで米国林産研究所では各種のボード相互間に共通性のある資料をうるため、パーティクルの形、樹種、パイン

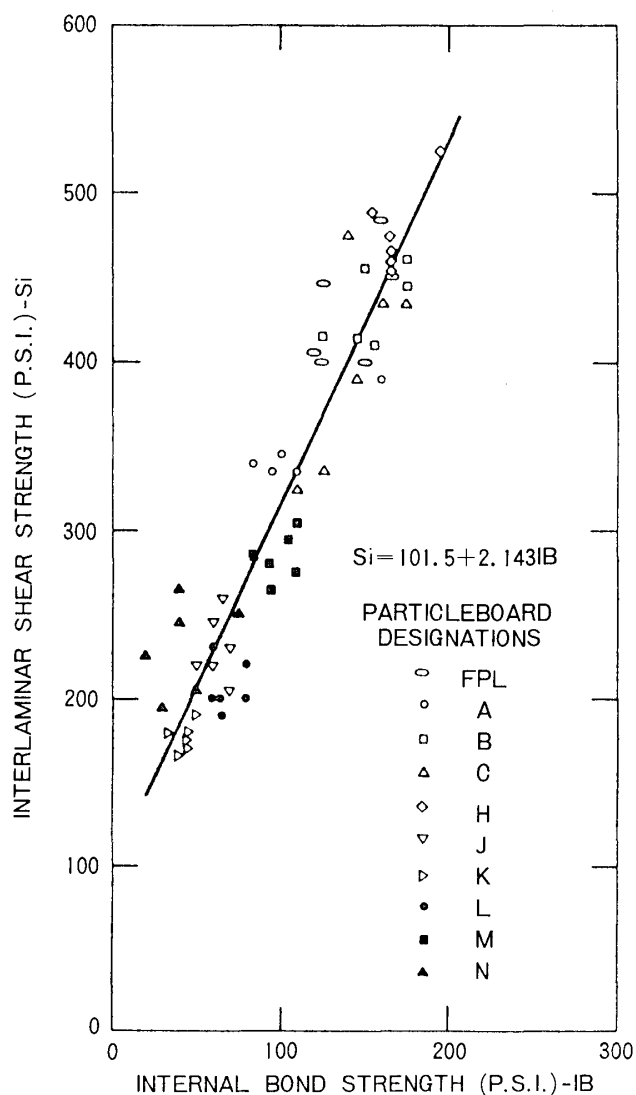


Fig. 1. ....Relationship of interlaminar shear strength to internal bond strength of particleboard.



ダーの種類、断面構成、製造法などがそれぞれ異なる9種類の市販ボードと自家製ボード1種、計10種類のボードについてその力学的性質を調べ、強度、弾性定数間の関係を求めている<sup>30)</sup>。これらのボードの75°F, R. H. 64%における平衡含水率は8.0~9.8%, 平均9%, 比重は0.60~0.77であるが、パーティクルの大きさやボードの厚さがかなりばらついているため測定項目によって変異係数にかなり差を生じていることは否定できないが、第1~4図にその結果を示す。図の層内せん断強度、曲げ弾性係数、面に平行な引張強度、曲げ破壊係数、断面せん断強度などはいずれも抄造方向に平行および直角方向の値の平均値である。

構造用パーティクルボードが今後市場を拡大してゆくためには強度、弾性的性質、その耐候性あるいは耐火性などいろいろの点で材質の向上を計らねばならないが、とくに吸水(湿)による irreversible swelling とそれに基づく強度的性質の劣化を防止することが最も大きな問題の1つであろう。

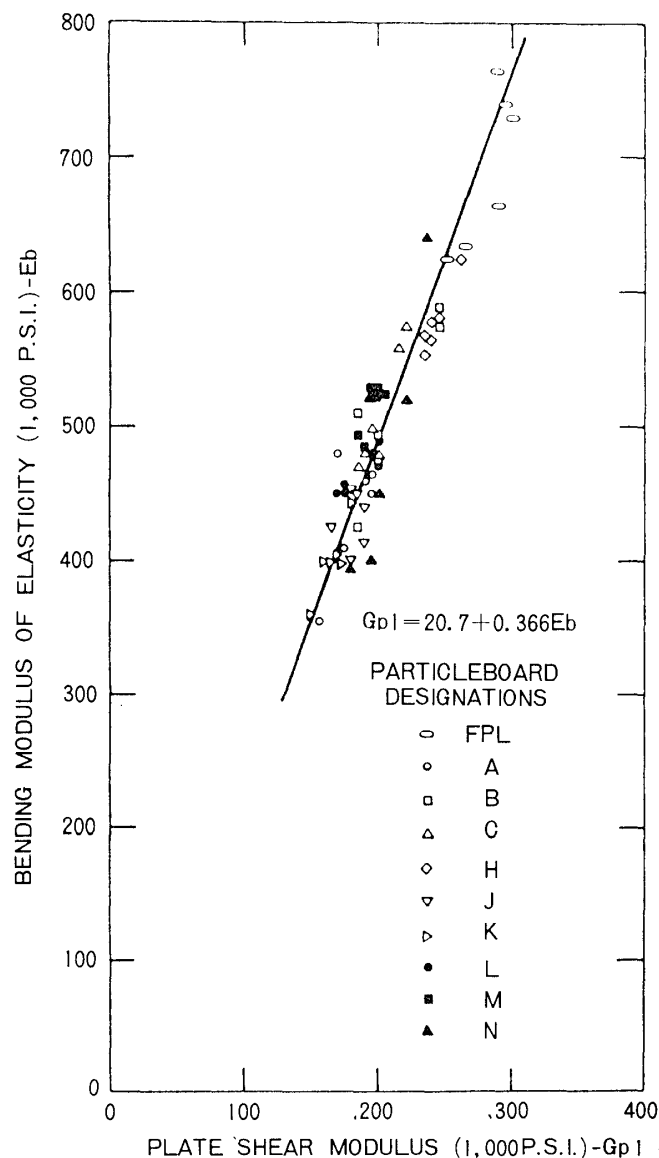


Fig. 2. ....Relationship of bending modulus of elasticity to plate shear modulus of particleboard.

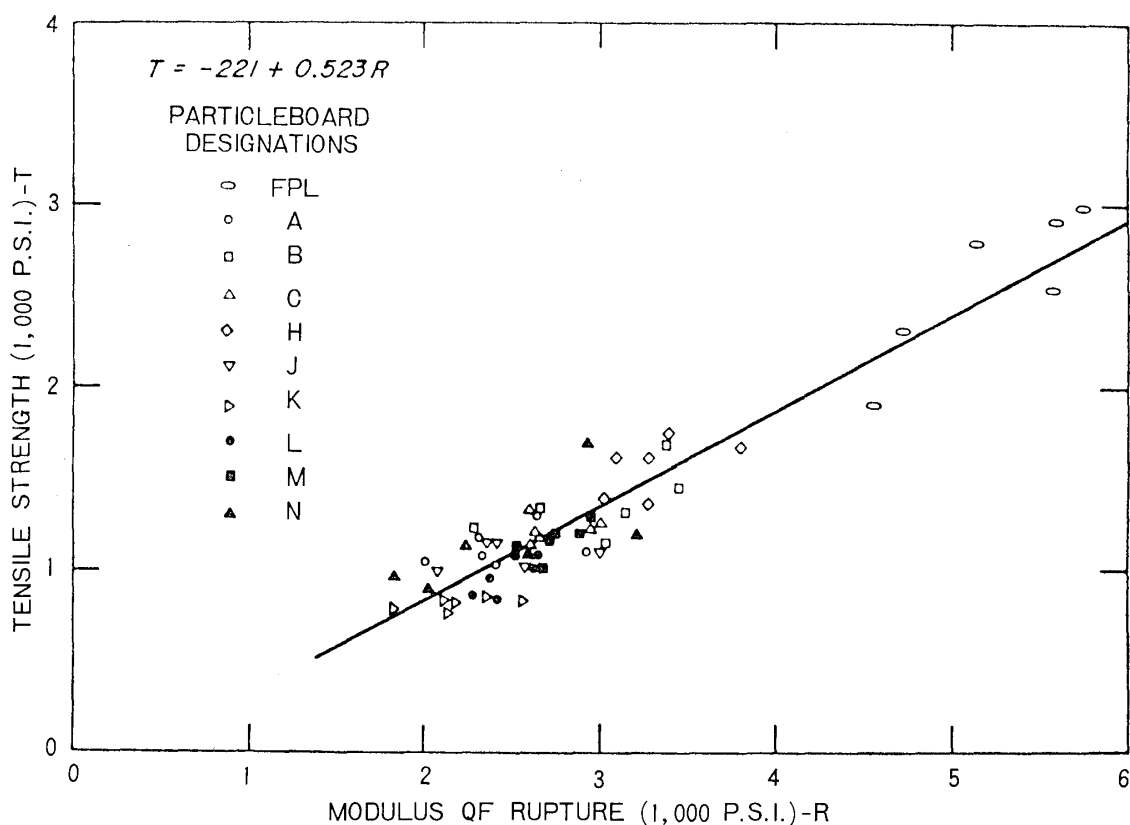


Fig. 3. ....Relationship of tensile strength to modulus of rupture for particleboard.

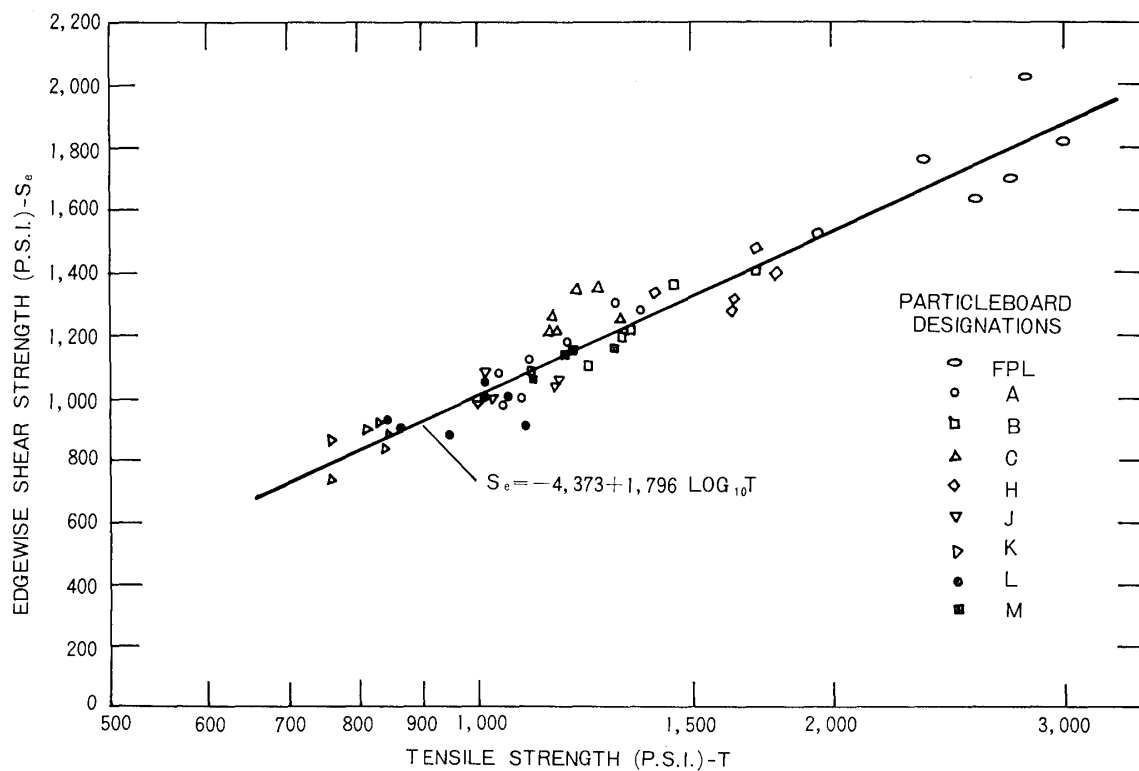


Fig. 4. ....Relationship of edgewise shear strength to tensile strength of particleboard.

## 6 熱 圧

フェノール樹脂による構造用ボードの生産がますますにしがいい、当然熱圧時間の短縮が1つの問題となってくる。これについても従来いろいろ研究されており、熱圧技術の面からみるとマット表層の含水率を高くして早い press closure time を選ぶことが熱圧時間短縮の1方法であるがこれを適当に組合せないとボードの力学的性質を低下させることがある。Heebink らは現在、マット含水率、圧縮圧力、プレス温度、触媒、高周波併用などいろいろの条件が熱圧時間に与える影響について総合的な研究を企画しており、おそらくその一連の研究の一端でないかと思われるが、最近 Lehmann<sup>31)</sup> は尿素樹脂、フェノール樹脂、速硬性フェノール樹脂に各種の catalyst を組合せた Douglas fir flake board (厚さ 3/4", 1", 比重 0.73, 0.8) について熱圧時間を調べているが、その結果によると phenolic resin board ではどの catalyst も urea resin board ほど熱圧時間短縮に効果的ではないようであり、potassium chromate が gel time をかなり短縮させるが剥離強度が低下するため芳しくないという。触媒関係も今後に残された問題のようである。最近 shen<sup>32)</sup> は steam-press process を提案している。この方法はまだ実験室段階にすぎないが、要するに特別に設計した press plate と sealing frame を用い、まず上下を screen plate で挿んだパーティクルマットを sealing frame 内にいれてマットを圧縮する。予定の圧縮力に達すると top plate の蒸気弁が開いてマット内へ蒸気が通りマット内が一定の蒸気圧に達すると bottom plate の蒸気弁が少し開いて、マット内の蒸気圧を一定に保ちながら 0.4~0.5 lb/min の速度で蒸気を流通させる。予定の steaming time に達すると top plate の蒸気弁が閉ち、両プレートの排気弁が開いて約30秒間で frame 内を常圧にもどす。

氏は poplar (*populus grandidentata*), sugar maple (*Acer saccharum*) の flake, splinter (hammer milled) による、単層と3層の phenolic resin board を作り、蒸気温度、加熱時間などの影響、普通法との比較などを行っているが、その結果を簡単に紹介すると

(1) 蒸気温度が高いほど (197~200°C), 時間が長いほど (厚さ 1" に対し, 6, 7 分間) ボードの厚さ膨張率は小さくなるが、振りせん断強度、ボードの厚さ、比重も低くなる。総合的にみて高い蒸気温度と短い蒸射時間がよい。

(2) 振りせん断強度は普通法に比較してあまり変らないが、accelerated aging treatment 後の湿潤強度はスチーム法の方がややよい。

(3) 吸水率、厚さ膨張率は普通法の 1/2~1/3 に改善される。

(4) とくに boiling test による spring back は普通法に比較して著しく改善される。

氏は最後にこの方法はプレスのイニシアルコストは2倍になるが生産量は5~10倍になり、蒸気消費量は厚さ 1" の flake board では普通法の 1/3, splinter board のようにポーラスなものはさらに少なくすむ、またボードの厚さがますます普通法より有利になると結んでいる。

## 参 考 文 献

- 1) FAO Yearbook of Forest Products 1963, 1970
- 2) 満久崇麿, 木質材料の接着シンポジウム, 65/77, 昭和37
- 3) Engels K., Holz als Roh-. 18, 4, 131/140, 1960
- 4) Carroll M. N., D. Mcyey, FPJ. 12, 7, 305/310, 1962
- 5) Kehr E., Holztechnologie 5, 1, 1964
- 6) Lehmann W. F., FPJ. 18, 10, 32/34, 1968
- 7) ———, FPJ. 20, 11, 48/54, 1970
- 8) Lehman W. F., F. V. Hefty, USDA. For. Serv. Res. Paper, FPL207, 1973
- 9) 大熊幹章, 木材工業, 29, 8, 21/22, 昭49
- 10) Klauditz W., Holz als Roh-. 20, 1, 1962
- 11) Kehr E., K. H. Macht, G. Riehl, Holztechnologie 9, 3, 160/175, 1968

- 12) Christensen R. L., P. Robitschek, FPJ. 24, 7, 22/25, 1974
- 13) Eberhard K., U. Jensen, Holz als Roh-. 28, 10, 385/391, 1970
- 14) Shen K. C., FPJ. 24, 10, 36/39, 1974
- 15) Harder P., Harder-RWD-Institute, Zurich
- 16) Gertjejansen G., J. Haygreen, FPJ. 23, 9, 66/71, 1973
- 17) Anderson A. B., A. Wong, K. T. Wu, FPJ. 24, 7, 40/45, 1974
- 18) Johansen T. A., Fifth Particleboard Proceedings, Washington State Univ. 11/29, 1971
- 19) Fasick C. A., H. E. Dickerhoof, J. D. Lawrence, FPJ. 23, 9, 11/16, 1973
- 20) Haygreen J. G., FPJ. 23, 10, 14/17, 1973
- 21) Jorgensen R. N., FPJ. 25, 8, 1975
- 22) Heebink B. G., W. C. Lewis, USDA. For. Serv. Res. Note, FPL 0174, 1967
- 23) Gertjejansen R., M. Hyvarinen, J. Haygreen, D. French, FPJ. 23, 6, 24/28, 1973
- 24) Heebink B. G., USDA. For. Serv. Res. Note FPL0220, 1972
- 25) Geimer R. L., B. G. Heebink, F. V. Hefty, USDA. For. Serv. Res. Paper FPL212, 1973
- 26) Lehmann W. F., FPJ, 24, 1, 19/26, 1974
- 27) 満久崇麿, 佐々木光, 浜田良三, 木材誌 2, 4, 142/145, 昭31
- 28) Hujanen D. R., FPJ. 23, 6, 29/30, 1973
- 29) Hall H., R. Gertjejansen, FPJ. 24, 3, 40/42, 1974
- 30) McNatt J. D., USDA. For. Serv. Res. Paper FPL206, 1973
- 31) Lehmann W. F., R. L. Geimer, F. V. Hefty, USDA. For. Serv. Res. Paper FPL208, 1973
- 32) Shen K. D., FPJ. 23, 3, 21/29, 1973
- 33) Forest Products Jour. 25, 9, 1975