

第 6 回木質ボードシンポジウム (II) 完

(社) 日本木材加工技術協会関西支部

パネル討論(II)最近話題の木質材料とその応用

1. MDF を基材とする天然木化粧建材

天然木化粧ツキ板を貼る 2 次加工用台板には、現在多種多様なものが用いられている。すなわち、合板、LVL、MDF、パーティクルボードなどの木質ボード類のほか、ケイ酸カルシウム板や繊維混入スラグ石こう板などの窯業系ボード、塩ビシートなどプラスチック系材料、鋼板などがある。したがって、基材は製品のもつ機能・特性を十分に発揮させる組み合わせのなかから選択されることになる。例えば、防火機能を付加した商品の場合には、窯業系のボードが、難燃機能であれば難燃合板が基材として使用される。床建材の基材は強度と加工性が同時に要求され、現状では合板と MDF の積層複合材が優れている。

MDF を基材にした天然木化粧建材の床材では、ラワン合板の上に厚さ 3mm の MDF を貼り、その台板にツキ板をオーバーレイした製品がある。この床材は表面にミゾ加工を施している。MDF の加工仕上りの良さを活かしている。同じ構成で長尺の床材もある。ラワン合板では長尺でフラットな合板を得るのは困難であり、これも MDF の工業製品としての特長を活かしている。床暖房用の木床では、下地を暖房した器具の上に木質フローアを貼っている。ここでも、5.5mm の MDF を使用している。同様に、遮音床としてマンションの床材に使用されている。そのほか、商業用店舗の重歩行用の床材、さらに壁材、内装ドアや造作材に MDF が基材に用いられている。これらの製品はいずれも MDF 単体ではなく、合板との複合により基材が構成されている。

このような化粧台板として MDF を使用する場合には、やはり寸法安定性が問題になる。ユリア樹脂 (UF) 接着剤を使用した比重 0.65 の MDF の

室内環境下での含水率、長さおよび厚さの変動をみると、それぞれ 7~9%、-0.2~0.8%、および 0~1.5% である。したがって、含水率 1% 当りの長さおよび厚さの変化は、それぞれ 0.05% および約 1% になる。

合板 2 類の浸せき試験 (70℃ 水中 2 時間浸せき、60℃ 3 時間乾燥) を UF 接着剤を用いた各種市販の MDF に施した結果をみると、厚さ膨張率は合板の約 2 倍程度であるが、メーカーによりその品質に相当大きな幅が認められる。木質ボードの当面の目標は、合板の寸法安定性に近づくことであろう。木質ボードの寸法安定性には接着剤の種類や添加量の影響が大きい。ユリア・メラミン (UMF) タイプの接着剤を用いれば、この程度の吸水条件下では厚さ膨張が大幅に改善される。MF タイプの接着剤を使用すれば、寸法安定性はさらに向上する。ファイバーの品質を検討したり、合成繊維系ファイバーとの混抄、アセチル化やホルマル化などの化学処理などによっても、合板同等のレベルまで改善することが可能である。ただし、これらの処理はいずれも製造コストの上昇につながる。

このように MDF は比重と接着剤の適当な組み合わせによって、各種の要求を満足させることができ、市場の多様化に対応することが可能である。均質性が高く、表面平滑性・加工性は合板に比べてはるかに優れている。

一方、諸性能に関するデータはまだまだ不十分である。JIS 規格によって、比重・含水率・強度・吸水厚さ膨張率などが定められているが、これらは製造規準であって、実際に使用する立場からは施工上の細かい性能規準の設定が必要になる。例えば、MDF を床材の基材として合板との複合構造で使用する場合、MDF のさね加工を施したところに、釘を打って下地 (合板) に止める方法を

現在とっていない。MDFのさね部の釘保持力について、現状では十分なデータと経験がないために、さね加工部はジョイントされているのみで、別の箇所を釘打ち固着している。さらに、合板、MDFおよびツキ板など木質系複合材料の接着も大きな問題である。それぞれの水分に対する挙動が異なるほか、接着剤自体に含まれる水分も問題になるようである。

2. TJI トラス

トラス・ジョイスト・インターナショナル社のI型ジョイストあるいはビーム(TJI)は、1970年頃に開発され、80年代に入って急速に需要が拡大している。日本では1986年、米国の新しい木製品を紹介するために建設されたサミットハウスに大量に使用されたのを機に注目された。翌年、建設大臣の認可を受けて、一般住宅を主体に自由に使用が可能になり、現在2×4住宅、在来住宅の床根太や屋根たる木に使われている。また、住宅金融公庫の融資対象にもなっている。

TJIは、小型の25シリーズから大型の65シリーズまで6種類に大別され、大きいものでは20mの長いスパン間隔を取ることも可能である。製品の梁せいは24cm~76cmまで各種のものがある。上下のフランジは、多くが38mmの厚さのマイクロラム(LVL)、ウェブは9.5~11.9mmの厚さの合板またはOSBが使用されている。一般住宅用の小型のTJIでは、せん断力の大きいOSBウェブの方が本来の性能を活かせるが、合板に比べると若干寸法安定性に劣るために、日本の市場ではOSBウェブのTJIは供給されていない。

TJIの特長は、1)強い、2)軽い、3)狂わない、4)長い、および5)施工性が良い、の5つに要約される。いま、剛性(EI)を2×10、あるいは2×12の製材と同じ梁せいをもつTJIとを比較すれば、後者のそれが前者の1.5~2倍大きい。フランジに用いられているマイクロラムは、単板の再構成により欠点が除去・分散され、品質のバラツキが小さく、均質になっている。また、単板は強度によるグレーディングがなされている。このため、許容応力度は製材に比べると約2倍高い。

マイクロラムの製造工程は、日本でも特許が出されている。厚さ3mmの2×8針葉樹単板にフェノール樹脂接着剤を塗布したのち、1インチ程度単板を重ね合わせたラップジョイントで縦継ぎし、継ぎ手を規則正しく分散させながら、キャタピラ型プレスで連続的に熱圧成形する。

一方、TJIの単位長さ当りの重量は同じ梁せいの製材に比べて、1/2から1/3程度と軽い。さらに、製材は一般に含水率が高く、建築現場に材料が持ち込まれてから収縮するのに対し、TJIは乾燥材である。環境の湿度変化に対する寸法変化は極めて小さく、施工上ほとんど問題にならない。TJIは連続生産される材料であり、米国では最大24mの材料を供給している。日本におけるそれは、11.4mである。製材(2×10)では、2間モジュール(3640mm)の住宅が多い。同じ梁せいのTJIでは3間までスパンを延ばすことができる。木造住宅では、最大スパン8100mmの実績もっている。286mmせいのTJIを屋根たる木に使用すれば、小屋裏空間を15m以上取ることも可能である。もちろん、このような大空間を支える材料が必要になるが、従来はTJIのような長く、軽く、そして強い材料がなかったので、現実の設計では基本的な困難が伴った。

TJIは木造住宅の部材のほか、倉庫や畜舎の骨組み部材に利用されている。とくに海岸辺では塩害に対処することができるために、木造が使われ始めている。このほかマイクロラムは、米国において、金属中空パイプをウェブに使ったトラス弦材として、一辺120mのフットボール競技場の入蓋に使用されている。花博では、防腐処理を施して、橋げたとしても使われている。

3. パララム (Parallam)

パララム、すなわち Parallel Strand Lumber はカナダ、マクミランブローデル社が発明・開発した構造用木材である。この材料の開発、実用化のために、20年にわたる年月と1億ドル以上の投資がなされている。この製品と製造技術は、現在、14の国際特許を取得している。

パララムの製造工程の概要は以下の通りである。厚さ3mmのダグラスファー単板から幅1/2イ

ンチ、長さ2-8フィートの長いストランドを作り、欠点を除去したのち、フェノール樹脂接着剤を塗布、あるいは浸せきによって添加する。ついで、ストランドの縦継ぎ接合部を分散させてマットを形成し、マイクロ波加熱を併用した連続プレス（キュスタープレス）で熱圧成形する。プロセス全体ならびに製品の含水率や比重はコンピュータ制御され、断面サイズ280×430mmの製品が連続的に生産される。

1981年、バンクーバーにパララムのパイロットプラントが建設され、生産工程と製品の市場性に関する調査検討が行われてきた。その後、このプラントは数回にわたるスケールアップを経て、現実生産にはいつている。さらに、米国ジョージア州にも新ラインが建設され、テストランにはいつている。

パララムの性能を調べるために、これまで曲げ強度やはく離強度などの力学的性質のほか、接合金具の保持力、耐火性能、クリープ性能、水分に対する抵抗性など34項目にわたる広範な試験が行われてきた。その結果、パララムがきわめて品質の高い、高信頼性材料であることが明らかになった。例えば、許容応力度は製材に比べるとかなり高く、曲げ強度および剛性の変動係数はそれぞれ11%および8%と小さい。したがって、精度の高い建築設計が保証されることになる。反対に、強度と剛性の比率は製材に比べると相当低くなっている。このことは、従来の木材がどちらかと言えば強度で梁の設計がなされるのに対し、パララムの場合には80%以上のケースで、強度よりも剛性によって設計が支配されることを意味している。したがって、過負荷や梁の設計断面が小さすぎるために、過度の変形が生じたときには、破壊が起こる前にそれを修復できる対処がとれ、事故を未然に防ぐことができる。このほか、燃焼・湿度・長期荷重に対する挙動は同樹種の製材と同等であることも明らかになっている。

パララムは現在、梁や柱、あるいはまぐさとして、北米の住宅建設市場に徐々に浸透し始めている。1980年代の住宅ローン金利の高騰により、より狭い敷地と住宅のなかに広い住空間を実現する設計が必要となり、以来強く、長く、そして信頼

性の高い軸材料の需要が増加している。一方、材料面からは、二次林による小径・多節化により、製材では大断面・長尺、かつ高品質の材料を得ることが困難になっている。これらの要因が相乗的な効果となり、パララムの需要が急速に伸びている。

パネル討論 (III) 機械装置とプラント

1. ショートサイクル ラミネーティングマシン

パーティクルボードへのメラミン含浸紙のオーバーレイは、ヨーロッパで1956年頃から盛んになったが、この場合、能力の面から12段あるいは20段の多段プレスが用いられている。通常、ホットロール方式が用いられているが、熱効率が悪く、非常に時間がかかる。

しかし、樹脂の改良などにより短時間での硬化が可能となり、圧縮時間が短くなり、1960年代の終わり頃からショートサイクル (KT) プレス方式が用いられるようになった。圧縮時間・サイクルタイムが短くなると、処理能力が大きくなるので、プレスは1段式が用いられる。KT プレスでは、圧縮時間が短いボードがあまり熱をもたないので、樹脂表面はプレスの外で自然冷却される。表面フレークの加熱は少なく、応力も小さいが、それでもいくらか変形する。それが関係して、光沢度は40度で、艶消しが多い。樹脂表面の硬化度合は、温度とその作用時間に影響される。圧縮温度と時間によってボード内に溜められた熱エネルギーが、そのままプレス内に持ち出され、直ちに堆積すると過硬化となり、目に見えない細かいひび割れの起こりやすい表面となる。この後硬化を防ぐため、時間をかけてある程度自然冷却してから堆積することが望まれる。

基材としては、各種のボードがあるが、基材によってはそれに適した樹脂を調整し、適切な温度、圧力を選ぶ。メラミン含浸紙については、表面の耐熱性、耐溶剤性など、その目的に応じて、紙の重量、含浸樹脂量などが選ばれる。硬化表面の仕上がりは、艶消しから高い光沢度まで、またエンボスもある。プレスパットは、圧縮物を良く補正し、弾力性でプレスプレートを保護するが、その材質は耐熱合成繊維と、銅線あるいは銅線網に特

殊なゴムをコーティングしたもので、サイクルタイムを短くするために、熱伝導性の良いことが望まれる。サイクルタイムは40～90秒、圧縮は60～70回/時間程度である。

メラミン含浸紙へのエンボス形成はプレスプレートで行われ、フィニッシュフォイルのそれは、プレスのローダー・アンローダー役をしている循環バンドに特殊な処理をして、パターンを転写しておくことによってなされ、これが最近盛んになっている。ユーザーの要望に応じて、サンプルからとって自社プレスで転写し、それを型にしてそのバンドでエンボスが行われる。その寿命は短い（1万回）が、自社独自の型で行えるという特徴がある。

それぞれの目的によって機械の組み合わせが異なるが、一つの仕事をやるプラントであれば、1億5千万円、多種・多目的なものを行えるものとなると2億5千万～3億円を越えるものとみられる。

2. 木質ボードの自動カットシステム

本機は、中型のパーティクルボード素板用の自動カットソーである。本機の特徴の第一は、テーブル走行式である点である。従来の大型機はトランスファー方式が多いが、これに比べて比較的スペースが小さくてすむという利点がある。第二に、切断にあたってコンピュータに組み込んである9種類の基本カットパターンを使って、これを選択して出力される指令に応じて鋸とテーブルが自動的に制御されること。第三に、基本カットパターンをCRT上で確認しながら操作するが、カットパターンの座標位置の変更は簡単に可能である点である。つまり、カットパターンを覚え込ませておくことにより、大型コンピュータを駆使して歩留りの計算からカットパターンを決定する方式に比べて、あらかじめコンピュータに入れておく小容量のコンピュータですむので機械の価格も安くできる。

主な機械の構成は、下にベッドがあって、その上にフレームがあり、縦切り鋸ユニット（大鋸と先行鋸）と横切り鋸ユニット（大鋸と先行鋸）が付いている。また、板押さえバーが付いていて、

横切り走行時にボードをテーブル上に固定する役割をし、その上をユニットが走行するようになっている。また、3分割された走行用テーブルがある。ボードの大きさは6尺×8尺と異型であるが、中規模という点からこの大きさとなった。ボードの厚さは現在100mmまで切断可能、よって、12mm厚のボードで一度に8枚まで切断できる。テーブルの走行スピードは、切断時は20m/分、戻り時は40m/分である。鋸ユニットは、指令パルスで位置制御され、内部信号によって、例えば全テーブルが完全に同期する場合と、2台のテーブルが同期してもう1台が独立して単独で制御できるなど組み合わせをいろいろ設定できるようになっている。テーブルのサイドにはリニアスケール（マグネツ、スケール）が設置されており、これの分解能は1/20mmである。縦切り鋸ユニットの位置決めは、CPUから移動量に相当した指令パルスを送って、ACサーボモーターを回して鋸ユニットの位置決めをする。横切り鋸ユニットはフレームの上部に走行用ラックがあって、インバーターで制御されたユニット駆動モーターを動かすことによって横切りを行う。

本機の切断精度を決める要因の90%は、テーブルの走行状態でほとんど決まってしまう。つまり、縦切りの状態というのはテーブルがまっすぐ縦切り鋸ユニットの方へ向かっていくので、この同期運転がくずれると回転力が生じてくる。ただし、横切りの場合は、テーブルの走行に対しては単独という場合もあるが、指令された位置に正確に止まるかどうかという問題があって、基本的にはテーブルが全て精度を受け持っているということになる。また、重ね切りの場合、ボードの上面に小さなかけが発生することがある。実際は、刃の大きさ、回転速度、テーブルの速度など種々の条件が関与するが、刃がぬける角度が影響するようである。現在では、本機は100mmが最大となっているが、新しい鋸であれば大体50mm程度までは上面にかけは発生しない。このかけの発生問題に対応するために、大鋸の前に先行鋸を走らせている。現在、原板の搬入装置、製品の搬出装置を配備している。国内ユーザーの要求に対処して、販売実績を上げるよう努力している。

3. 木質マットの搬送・プレスシステム

単段プレスの特徴は、シンプルなプロセスのため投資額が全体として低く、それに伴う基礎などの簡素化、あるいは短い建設期間、電氣的あるいは機械的にも最もシンプルな運転システムが可能で、効率の高い生産性が得られることなどである。これらの特徴を活かし、新しいボードの原材料および各種ボードの品質、そして生産量の向上に対応するため、既存の単段プレス方式が見直されている。単段プレスは多段プレスに比べて機械精度が非常に良く、また後刻において、プリプレスや高周波加熱装置などを追加設置することが可能である。現在、Twin-SとSingle-Sとがあるが、Single-Sは単段プレス、Twin-Sは2段のプレスを意味する。これらは、いずれも成形マットをスチールベルトではなくてスクリーンコールによってプレスに送り込み、そしてプレスする方式であり、この搬送システムとしては4種類用意されている。

Single-Sの場合は、スペースを事前にとっておけば、後日においてプリプレス(heated prepress)を設置することにより、生産性が向上する。Twin-Sの場合は2段プレスであるので、メカニカルなheated prepressは困難であるが、そのかわりプレスが2段であるため、容量は2倍である。OSBやMDFの場合、マット形成はホーミングベルト上でなされ、マットを次のスクリーンコールに乗せていく形となる。勿論、Twin-S、Single-Sを利用できる。高周波加熱装置およびローラータイプのプリプレスが設置された方式もあり、これらは生産性だけでなく品質の向上に寄与する。

単段プレスの場合は、ホーミングの下からプレスを出るまで1枚の非常に長いスチールベルトがプレスに持ち込んでプレスをするのが原型である。この場合、プレスをしている間にマットを形成する必要があるため、ホーミングマシンを走らせるといような形で行ってきた。しかし、今日のように400m²あるいは1000m²というような大容量になると、大きなホーマーを動かすことが困難になるし、消費電力量の問題を考えねばならない。したがって、ホーミングはすべてステーションナリーというのが現在の常識となっている。ステーシ

ョナリータイプで連続してマットを形成するので、ホーミングマシンをパーティクルボード用、OSBあるいはMDF用に置き換えることが可能である。ホーミングベルトの上でマットが形成され、高周波加熱、プリプレスされたものがスクリーンコールの上に移されるが、この場合、ベルトとコールとの間はノーズシステムでスムーズに移行する。スクリーンコールに乗ったマットがプレスされた後、スクリーンコールはプレスの下を通り元に戻る。Twin-Sの場合は、ローダーとアンローダーが用いられる。マット輸送中にマットの端のくずれ、あるいはマットを形成している構造そのものを破壊することのないように、機械的に非常にスムーズに搬送ができるように考えられている。

Single-Sシステムは、単段プレス方式であるので機械的に精度が高く、製品ボードのサンディング・アローワンスへの影響も非常に良い。また、Twin-Sは、Single-Sの機械的技術をそのままベースにして2段プレスとしたので、機械的精度については単段プレスのそれとほとんど変わらない。

Single-Sで大容量のプラントとする場合には、プレスの長さが非常に長くなり、スペースなどの問題があるが、Twin-Sのように2段とすると、長さが半分になり、それだけスペースが助かる。

連続プレス(ハイドロダインプレス)は、ボードの生産およびその上にワンショットでラミネーションが可能である。連続プレスの場合は、非常にマイルドな蒸気圧のもとで均一に成形されることが一つの大きな特徴であり、それが製品の品質の向上につながる。ボードの幅方向距離(6~8尺)にかかわらず、連続プレスの場合はスチームが規則正しく配置されることも、一般的な大きな特色である。従来の単層あるいは多段プレスでは、ボードの中央とボードの両端の部分では熱硬化が不規則であると言われている。

これに対して、連続プレスでは、スチームは一部両端からもぬけるが、ボードの流れ方向に対して主として逆の方向にプレスアウトされるというのが大きな特色である。このことがワンショットラミネーションを可能にする。さらには技術的な

前提条件としては、ラミネーションには均一な圧力の分布が要求される。

すなわち、マットあるいはボードの上にオーバーレイ紙、あるいはそれに類するようなものを置いてプレスをするが、板面全体に対して均一に圧力がかかることが重要な条件である。プレスの圧力が部分的に異なると、ラミネーションの際にメラミン含浸紙のもつレジンのフローが板面の中でイレギュラーになることになり、仕上り製品そのものに大きな影響を与える。通常のサイクルプレスという場合には、現実には、少し圧縮圧を過剰にして押さえ込む方法をとっているが、ハイドロダインにはプレスパッドがあるために、連続で等しい圧力がかけられる(等圧性)。また等しい時間帯に圧力をかけることが出来る性能(等時性)をも兼ね備えている。両面ラミネーションも可能である。

オイルは、プレスの圧力と温度の目的をもっており、プレス内のそれぞれのセクションにおいてヒーティング、およびクーリングを繰り返す。すなわち、このプレスでは、オイルの循環をコント

ロールし、あるいは温度をコントロールすることにより、1つの長いプレスの中でヒーティング部門とクーリング部門とを分けていることが特徴で、最終的に良いラミネーションを行うことができる。

カレンダープレスを用いて薄物MDFを製造している場合も、ワンショットラミネーションが行われており、スチールベルトとマットの間に紙を入れる場合と、マットの上に紙を置く場合、あるいは単板を貼る場合もある。

プラントを設置する場合には、その4割~5割を国内で調達しているが、レイアウトをどのようにするかによっても変わるが、プラント機器全体を含めてMDFのベース(日産200m³)でハイドロダイン、カレンダープレスとも約20~25億円、プレスは、カレンダードラムの径が4m、ハイドロダインの場合、長さが約10m程度となるが、両者でほぼ同じである。

(文責 京都府立大学農学部 梶田 熙)
京都大学木材研究所 川井秀一)

