

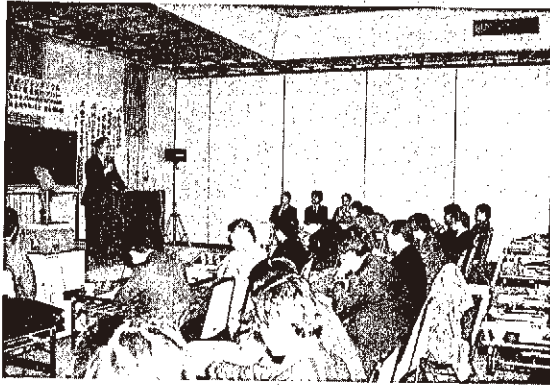
第3回 木質ボードシンポジウム

—研究成果と製造技術・プラント—

日本木材加工技術協会関西支部

一昨年、昨年に引き続き、第3回木質ボードシンポジウムが去る2月20日、共済会館新大阪にお

ニチメン(株) 河野通孝氏
司会 京都大学木材研究所 佐々木 光氏



会場風景

いて開催された。参加者は全国の関連業界の研究者、技術者を中心に約60名を数えた。今回は、午前中ボードの耐蟻・耐朽性に関する研究成果および構造用ボードのJAS規格化の経緯と方向についての講演があり、引き続き午後には最近注目されている製造技術・プラントの紹介およびその関連討論が活発に行われた。講師ならびに司会の各氏は次のとおりである。

木質ボードの耐朽・耐蟻性と保存処理技術
京都大学木材研究所 今村祐嗣氏
構造用ボード(OSB・ウェファァーボード)の日本における展開

- 東京大学農学部 大熊幹章氏
パネル討論会 —製造機械・システム—
- 1) 木材削片(パーティクル)の製造機械
ウェスタン・トレーディング(株)
阿部 徹氏
 - 2) MDFの製造機械・システム
ジャパン・スンズ・デファイブレーター(株)
片寄 修氏
 - 3) 窯業系木質ボードの製造機械・システム

1. 木質ボードの耐朽・耐蟻性と保存処理技術

木質ボードの耐朽性の評価方法としては、所定の腐朽菌そうの上に小型試験片を一定期間(3ヵ月)設置し、劣化による重量の減少率で評価するのが一般的である。現在わが国で市販されている構造用パーティクルボードについてこの腐朽試験を行うと、平均17%程度の重量減少率を示す。これを素材(平均64%程度)と比較すると、生物劣化に対する抵抗性は高いと考えられる。しかし、これは従来の腐朽による重量減少率のみを耐朽性評価の基準とした場合であって、木質ボードでは極めて低い重量減少率の段階から大きな強度低下が生じることが指摘されている。したがって、強度性能の変化を重視した腐朽度の評価が望ましい。

パーティクルボードの耐朽性に関与する因子としては、原料削片の樹種・形状、接着剤の種類・含脂率および比重などの因子が考えられ、一般に、耐朽性の低い樹種を原料にしたボード、あるいは形状の大きいパーティクルを用いたものは腐朽しやすい。しかし、上述した強度の劣化傾向を検討するうえで、最も重要な因子は接着剤である。腐朽菌の作用した一定強度比(静的強度の10%程度)の荷重を負荷した曲げクリープ試験において、たわみの経時変化によってボードの耐朽性を検討した結果、概ね次のようなことが明らかになっている。パーティクルボードでは、一般に、素材と比べて腐朽初期からのたわみの増加が著しく、小さな重量減少率で破壊に到る。これはボードを構成する木材削片の腐朽に先立って削片相互間の接着界面に腐朽菌子が浸入し、接着劣化を引き起こ

すためである。イソシアネート樹脂(MDI), ユリア・メラミン樹脂(UMF), およびフェノール系樹脂(PF)接着剤を用いたボードでは、これらの順にクリープ破壊が早く生じ、腐朽の影響を受けやすい。PFボードの優れた耐朽性は接着剤中の遊離フェノールやpHの影響によるものと考えられる。

シージングボードの耐朽性はかなり低く(重量減少率25~45%), ハードボードの耐朽性はパーティクルボードと同程度である。シージングボードの場合、サイズ剤として加えられたアスファルトやワックスの防腐効果はほとんど認められず、腐朽菌は容易にボード内部に浸入して劣化を引き起こす。

ボード類は多くの場合釘接合されるため、釘保持力が構造体の耐力上重要である。一方、腐朽は釘接合部に率先して生じることが多く、たとえば、釘頭貫通力はわずか10%の重量減少率で15~30%程度にまで低下する。釘保持力と腐朽劣化をからめた試験法の確立が必要である。

木質材量の耐蟻性に関する評価法には現在まだ確立したものがない。わが国では、シロアリ飼育槽の砂の上に試験片を並べ、30日経過後の重量減少率を測定する方法(選択食害試験)、およびプラスチック容器内に一定頭数のシロアリを入れ、3週間経過後のシロアリ死虫率と試験片の重量減少率を測定する方法(強制食害試験)等が用いられている。選択摂食試験の結果をみると、パーティクルボードは素材(重量減少率65%)や合板(同38%)と比較して、シロアリに対して抵抗性が高い(同10~20%程度)といえる。パーティクルボードの耐蟻性は、材料の比重・硬さなど物理性質にも影響を受けるが、接着剤の種類と含脂率によって大きく影響される。すなわち、接着剤の添加率の高いボードほど食害されにくく、またMDI, PF, およびUMFボードではこれらの順に食害が激しいが、遊離ホルムアルデヒド放出量と食害傾向とは必ずしも一致していない。MDIボードは耐水性に優れ、高い接着強度を有するために、構造用ボードとして注目されているが、前述の耐朽性も含め生物劣化の抵抗性の点で十分な配慮が必要であろう。

シージング・インシュレーションボードおよびハードボードのシロアリによる摂食試験では、前者の食害が極めて大きい。シージングボードは低比重で物理的に攻撃されやすく、たやすく内部に浸入され、また繊維の集合体であるために摂食が容易に行われるためであろう。

木質ボードの保存処理は、1)原料チップやファイバーの処理、2)接着剤中あるいは製造工程中に保存薬剤を混入する方法、および3)成板後のボードを処理する方法の3つに大別される。

1)の方法は、浸せきや吹き付けによって処理が十分なされ、接着性やボードの物性に悪い影響を及ぼさなければ高い保存性能が期待できるが、工程の煩雑さやコストの上昇は避けられない。最近開発が進められているアセチル化処理パーティクルボードは化学修飾によって材質改良を図るもので、処理によって耐水性や寸法安定性が著しく向上すると共に、極めて高い耐朽・耐蟻性能が得られる。また、この処理は生産から廃棄に至るまで無公害的であることが特筆されよう。

2)の方法は、製造ラインを変更する必要がないため、具体的に導入しやすい手法である。ただ、薬剤については接着剤への混和性が良いこと、接着性能を低下させないこと、熱圧時の分解・揮散が少ないことなどの検討を要する。この方法については、PCP, CCA, ACA等の薬剤のほか、トリハロアルキル化合物、有機ヨウ素化合物など低毒性薬剤の防腐効果の検討が進められ、1kg/m³の混入量で高い防腐性能を示すことが報告されている。

3)の方法では、最近低毒性薬剤を有機溶剤に溶かし、処理後溶剤のみを回収する、いわゆる乾式処理法が注目されてきている。

2. 構造用ボード(OSB・ウェファ-ボード)の日本における展開

昭和60年7月に開催された第1回日米林産物協議会の要請を受けて、同年9月より構造用パネル、すなわち現状ではOSB・ウェファ-ボードの日本農林規格(JAS)化の作業が開始された。作業はまず米国の市場に出回っている製品の大掛かりな材質試験から始まり、結果が昨年末に取りまと

められた。この結果をもとに、JAS の原案が検討され、3月末に官報によって告示された。

JAS 規格の制定に先立って、昨年12月にパーティクルボードのJIS規格が改訂され、OSB・ウェファァーボードが従来あった等級の中に取り込まれる形で処理された。したがって、JAS規格が制定されると、同じ製品について規定するものが2つあることになる。ただ、今回予定されているJAS規格の特徴は、製造時の品質規格というよりもむしろ性能規格であり、使用時を考慮してこの製品を建築用構造材料としてどのように使っていくかを規定しているところにある。

現在、米国で製造されている代表的なOSBおよびウェファァーボードの製品18種類(厚さ7/16, 5/8, および3/4インチ)の材質試験の結果をみると、次のようなことが言える。製品の気乾比重はいずれも0.60~0.65の範囲である。接着剤は主としてフェノール樹脂が用いられているが、なかにイソシアネート樹脂を用いていると思われるものもある。OSBばかりでなく、ウェファァーボードにもかなりの異方性がみられ、場合によっては配向方向強度が直交方向の強度の2倍に達するものもある。OSBに較べると、ウェファァーボードの強度性能はやや劣る。はく離強度はいずれも3kg/cm²程度である。さらに、現行のJIS規格に定められる吸水厚さ膨張率試験を実施すると、供試ボードの1/3が規準値(12%以下)をオーバーしている。耐水性の評価は実際使用、たとえば、2×4住宅の施行等を考慮して、40×50cmのボードを5°傾け、片面から72時間の散水処理によって行った。このときの強度残留率は60~80%であるが、現在わが国で製造されているボード製品についても大体同程度の値が得られた。しかし、この評価方法ではUタイプのボードがPタイプのボードと同等以上の強度残存率を示し、現行のJIS規格とは必ずしも適合しない。

このようなデータに基づいて検討されたJAS規格の方向はおよそ次のようになっている。まず、適用範囲は“床、屋根、壁の構造用下地材として、フェノール樹脂同等以上の接着剤を用いて製造される構造用パネル”となっている。實際上、この製品は現状ではOSBおよびウェファァーボードに限

定されているが、現在Com-plyについて検討中であり、来年度に追加が予定されている。製品の種類は曲げ性能によって1~4級に分けられる。この等級を床根太、屋根垂木のスパンとの関連で見ると、

床下地 1級：スパン60cm, 2級：45cm, 3級：30cm

屋根下地 1, 2級：スパン60cm, 3級：45cm, 4級：30cm

壁下地 1, 2, 3, 4級とも使用可

このように使用時の曲げ破壊耐力が問題となるから、曲げ強度には製品の厚さが関連する。すなわち、短期および長期積載荷重等の使用条件を考慮して、各等級の曲げ強度は上記に示したスパン間隔との関連で算出され、たとえば、1級の場合の曲げ強度および曲げヤング率は720/h² kg/cm² および303700/h³ kg/cm² (ここで、h：製品の厚さ、cm)となる。したがって、1級の場合には、厚さ10, 15, 20mmの製品に対してそれぞれ720, 320 および180kg/cm²の曲げ強度が要求される。その他、はく離強度は3kg/cm²以上であり、耐水性の評価はおもに散水後の曲げ性能(強度およびヤング率が常態時の50%以上)と吸水厚さ膨張率(24%以下)によってなされる。

このような性能をもつOSB・ウェファァーボードの日本における展開を考えると、受け入れる市場はなかなか困難であると言わざるを得ない。合板の代替材料としての競争を考えた場合、性能面で際立った特徴が認められないからである。すなわち、これらは強度面では合板よりはむしろパーティクルボードに近く、厚さ膨張や表面性からみると、パーティクルボードより劣る材料である。最大の利点は、合板に比べると原料の選択性が広く、価格が安い点であるが、性能面からOSB・ウェファァーボードでなければならぬ用途は現在のところ見つかっていないと言える。

3. 木材削片 (パーティクル) の製造機械

木材削片の製造機械に対して、一貫して要求される課題は生産費、効率等限られた制約の中でできるだけ優れた品質をもつ削片を作ることである

う。さらに、最近10年の動きをみると、人手のかわからないもの、ランニングコストの安いもの、設備費の割に能力が大きいもの、消費電力が小さいものへと改善が進められている。一方、原料事情も大きく変化しつつあり、またボードに要求される品質の変化に伴い、要求される削片も変わってきている。たとえば、パーティクルボードの場合、内装用にはファインを表層に用いるが、外装用にはフレークを用いる場合が多くなってきている。OSBではストランド、ウェファーボードではウェファー等比較的大きい削片をなるべく壊さない工程管理が必要である。また、木片セメント板や石こうボードにおいても強度を補強するために薄いフレークが用いられる傾向にある。このように最近では木材原料、製造機械および削片の種類等が用途に応じて多様化しているといえる。

いま、木材原料によって削片の製造機械を分類すると次のようになる。すなわち、長尺あるいは定尺の丸太から直接削片を製造するもの、小径木・背板あるいは解体材等を一担チップ化し、その後削片を製造するもの、および製造された削片をさらに分級・細分化するものに分けられる。このような各種の原料に対して、それぞれに適した機械を用いると、効率面、設備面、コスト面、メンテナンス、原料のハンドリング、品質管理等の点で問題が多い。したがって、現状ではむしろ設備の種類を少なくして単純化し、自動制御によって品質管理を行う傾向にある。

定尺丸太から直接削片を製造する機械には、Hombak社に代表されるドラムフレーカーがあり、不規則長尺の丸太や背板を原料にする場合にはPallmann社のユニバーサルフレーカーのようなドラムフレーカーが用いられる。後者はカッターヘッドのシリンダー軸に平行してまず原料丸太が送り込まれたのち、原料が二次的にカッターヘッドに押し付けられる。ウェファライザーもこの種のタイプのフレーカーであるが、削片を壊さないようにするために、ナイフポケットを大きくしている。その他、定尺丸太を水平かな盤で切削するBetzner社タイプのディスクフレーカーは平滑な品質の良い削片が得られる半面、人手がかかるため、劣力的な理由から現在はほとんど用い

られていない。

チップ製造機にはディスクチッパー、ドラムチッパーなどがある。チップの製造では、チップの繊維方向の長さが大切である。いわゆるパルプ(ディスク)チップでは、これが20~30mmであるが、ボード用の場合には35~50mm程度が望ましい。解体材や古材の場合、金属片や汚れの付着、不規則な形状、乾燥状態である等の理由によって、切削よりはむしろ破碎を主とするチッパーを用いることが多い。また、最近ヨーロッパでは小径木を集荷、加工するための移動式チッパーも開発されている。

チップを使用するフレーカーには、Pallmann社に代表されるナイフリングフレーカーがある。チップは内側で回転するインペラー(導輪)によって遠心力を与えられ、反対方向に回転するナイフリングに押し付けられて切削される。最近では、これら2つのリングの相對周速度は、動力の節約や歩止まりの向上のために、材料に応じて変化している。たとえば、含水率の低いチップや形状の小さいチップでは速度を低下させるが、一般には、ナイフリング(直径1.2mの場合)940rpm、インペラー40~50rpm、その相對速度は63m/sec程度である。Maier社のタイプはナイフリングが固定しているため、パーティクルの品質が劣る。また、リングがコーン型になっているので、径の大きい方で主として切削され、刃物の摩耗が不均一になりやすい等の問題が指摘されている。リングフレーカーでは供給量を均一にすることにより、できるだけ消費電力を一定にすることが、安定した品質の削片を得るうえで重要である。その他、ディスクフレーカーと同じ原理により、マガジンの中に入れられたチップをかな盤に押し付けて切削するチップフレーカーが開発されている。削片の品質は良好であるが、能力の割に設備費が高いのが欠点である。

フレークの細分・分級にはハンマーミル、リファイナーおよびこの両者の機能を合わせ持ったPallmann社のダブルストリームミルなどがある。ダブルストリームミルでは、インペラーとスクリーンリングが互いに反対方向に高速で回転している。インペラー中央部から挿入された原料は

その遠心力によってスクリーンリング中央の摩砕部で細分、破砕され、さらに両側のスクリーン部で微細される。したがって、スクリーンの形状によって製造される削片の形状も変化し、またリファイナーの場合とは逆に、原料が乾燥している方が能力が大きくなる。この工程では各種のふるいによる選別を組み合わせ、形状の揃った材料を、バイブレーションフィーダ等で一定供給することが、品質管理上最も重要である。

4. MDFの製造機械

MDFは、一般に、硬く平滑な表面、一様で緻密な中層をもつため、塗装性、加工性に優れ、家具・キャビネット用から内装材まで幅広い用途をもっている。1980年以降、その生産量は年間10%以上の伸びを示し、1987年には、1982年の生産量(200万 m^3)の2倍以上の430万 m^3 /年が見込まれている。他方、製造技術面での特徴としては、廃材の利用が可能であり、原料が幅広く選択できること、乾式法であるため水質汚染の危険が少ないことなどがあげられる。

MDFの製造工程は解繊、乾燥、フォーミング、熱圧、および仕上げ工程の5つに分けられる。いま、初めの3工程を中心にデファイブレータ社のシステムの概略を紹介すると次のとおりである。

原料チップを洗浄のち、スクリュウフィーダで一定量のチップを供給する。チップは蒸煮釜で蒸煮され、デファイブレータで解繊される。このPSDRによるプロセスはアスブルド法として知られ、高温・高圧下で解繊が行われるためにファイバーの品質が高く、制御のしやすさ、操業の安定性が優れている、釜内のチップの蒸煮時間を一定にするためにガンマ線を用い、スクリュウフィーダの回転数の増減によってチップのレベルが一定となるように制御している。一方、解繊機へチップを送る釜底のスクリュウフィーダも可変速であり、生産量に合わせて回転数をセットする。これら2本のスクリュウフィーダが蒸気をシールし、蒸煮釜は7~8kg/cm²の圧力に保たれる。解繊機は2枚のディスクより成り、うち1枚は1200~1800rpmで回転している。ディスク間隙は負荷の変更や供給のバラツキにかかわらず一定間隔を

保つ構造になっているが、解繊を均一に行うためには負荷の安定が最も重要である。このため、最近ではディスク間に発生する熱エネルギー(蒸気)を蒸煮釜へ戻し、負荷の安定と同時に蒸気の節約をはかっている。

解繊機からブローラインに出たファイバーは100m/secで流動する。接着剤を均一に添加するためにいくつかの方法が考えられているが、現時点では、ブローラインにおいて接着剤を定量ポンプで圧入、添加するのが最良であると思われる。この後、ファイバーは熱風式フラッシュドライヤーに送られ、20%の含水率から10~14%まで乾燥される。このときのファイバーの流速は35m/sec程度であり、またドライヤーの入口側および出口側の温度はそれぞれ160°Cおよび60°Cと比較的低温であるため火災の危険が少ない。ドライヤーサイクロン出口において、ファイバー重量が検出され、これをフィードバックすることによって接着剤、ワックスの添加量を制御している。ブローラインでの接着剤添加率の安定、乾燥工程での含水率の調整には、解繊機からのファイバーの排出量を一定にすることが大切である。

ファイバービンに一時的に貯められたファイバーはフォーマー(ペンディスター)に送られ、幅方向および流れ方向に均一なマットが形成される。幅方向のフォーミングの制御はフォーマー出口で行われる。ヒゲゼンまい状のセンサーによって、マットの真中および左右の高さを常時検出する。マットの高さの違いが検出されると、入口の制御エア全体、あるいは左右のエアのバランスを変え、幅方向のマットの高さが一定になるように自動制御される。一方、流れ方向の制御にはスカルパーロールを用いて行う。すなわち、20~30%のファイバーをスカルパーロールでかき取り、流れ方向のマットの高さを均一にしたのち、マットの重量を検出する。これをフィードバックし、スカルパーロールの高さを調節して、マットの重量を一定にしている。

ファイバーマットは、この後プリプレスを経て、熱圧工程に入る。1982年より導入された連続プレスが最近急速に増えてきている。プリキュアが少ないこと、厚さ精度が高いこと、プレス前の長さ

方向のトリムが不要であること等、利点が多い。反対に、価格が高いこと、周動部が多いためにメンテナンスに気を配る必要があること等が欠点としてあげられている。

5. 窯業系木質ボードの製造機械

窯業系木質ボードは木片セメント板 (Wood Cement Board) と木片石こう板 (Gypsum Flake Board) に大別される。両者の製造工程はほぼ同じであり、基本的にはパーティクルボードの場合と大差がない。ただ、接着剤の替わりに、結合剤としてセメントあるいは石こうを用いる点が異なっている。木片石こう板は窯業系木質ボードの中では比較的新しく、最近西ドイツの Bison 社によってフレーク強化石こうボードのプラントが開発された。現在、フィンランドにおいて一基稼働中であり、今後ヨーロッパを中心に世界中へ広がっていくものと考えられる。ここでは、このプラントの概略を紹介し、またフレーク石こうボードの性質について若干触れる。

Bison 社のフレーク石こうボードのプラントの最大の特長はセミドライ方式であることである。ボード両面に紙を張った従来の石こうボードの 40% 程度しか水を使用しない。また、このプラントは天然石こう、リン酸石こう、および硫酸石こうのいずれも原料とすることができ、焼成して半水石こうして用いることが可能である。

フレークは、原木丸太を使用する場合には、剥皮したのちドラムフレーカーによって、廃材チップを用いる場合にはリングフレーカーによって、製造される。また、場合によっては稲ワラなどの農産廃棄物を利用することも可能である。フレークの形状は、厚さ 0.2~0.3mm、長さ 10~15mm が適当であり、比較的薄く短かいフレークが望ましい。

ミキシング工程では、主原料である焼成石こう、およびフレーク、それに石こうの離水化、すなわち結晶化に必要な少量の水と硬化を遅らせるための若干の遅延剤を加え、十分に混合する。これら主原料の混合比は製品 1 立方メートル当り、焼成石こう 750~800kg、フレーク (全乾重量) 200-

400kg、水 400kg 程度である。したがって、水の添加量は、フレークの含水量を常時検出することにより、自動制御される。添加された水をまずフレークに付着せしめ、この後水分を含有したフレークに焼成石こうが加えられる。したがって、フレークに石こうをまぶすように混合されるが、混合物は全体として乾燥状態であるから、十分混合が行われるためには強力なミキサーが必要である。

石こうに覆われたフレークはコールプレートの上に連続的に散布される。マットは表層から中層に向かって順次微細なフレークから粗大なフレークに、いわゆる、多層構造にフォーミングされる。このときのフォーミングの精度が、ボードの物性に大きく影響するため、非常に重要である。

マットが乗ったコールプレートを 1 枚ずつ引き離し、45~50 枚を積載して一度に圧縮し、クランプする。この状態で室内に放置し、養生する。焼成石こうはミキシングから 30 分で硬化しはじめ、約 2 時間後には硬化が終了する。硬化が終了した時点でクランプをはずす。こののち、ボードを一枚ずつコンベアに乗せ、温度 60~80℃ のもとで 6~8 時間乾燥を行う。乾燥終了時の含水率は約 3% である。

物性面からフレーク石こうボードをみると、火に強い、釘が効く、加工性が良い、現場施工が容易である等の特徴があげられる。石こう系のボードは他に両面に紙を張った従来の石こうボードおよび故紙や木質繊維で強化した石こうファイバーボード等が製造されているが、石こうフレークボードはこれらのボードに比べて、比重 (1.0~1.3) がやや高いものの、強度が 2~3 倍も優れている。一般に、フレークの量が増えると強度の補強効果は増すが、耐火性能は低下する。西ドイツの規格 (DIN) によると、不燃材料と認定されるためには、木質の重量比が 15% 以下であることが必要であり、それ以上の場合には準不燃材料ということになる。さらに、フレーク石こうボードの耐水性や木ねじ保持力は従来の石こうボードに比べて著しく改善されており、各種の内装材料として優れた適性を備えている。

(文責 京都大学木材研究所 川井秀一)