

トドマツを原料とした圧縮木材の生産技術と利用方法

技術部 製品開発グループ 澤田哲則

■ はじめに

木の板を厚さ方向に圧縮して、密度を高め、硬くて強い圧縮木材とする技術は国内外を問わずに古くからありますが、スギ材を中心に近年本州以南でこの技術が見直され、床材を主とした内装材として利用されるケースが増えています。人工造林された国産針葉樹材を地産地消で利用し、健全な森林の育成を持続的に図ろうという生物資源の循環利用への取り組みが認知されてきたことや、広葉樹資源が次第に枯渇してきたことが、針葉樹圧縮木材の利用促進を後押ししているものと考えられます。

北海道においては本州と生育環境が異なりますので、トドマツやカラマツ、アカエゾマツが主要な造林木となっています。その中でも森林蓄積量が多く、北海道の自生樹種でもあるトドマツの有効利用を目指して、圧縮木材の生産技術と利用方法を検討しました。

■ トドマツの形質

トドマツはマツ科モミ属の針葉樹で、北海道～南千島～樺太に自生しています。モミ属の樹木ですので図1に示すクリスマスツリーのような樹形をしています。樹幹内に水食い材と呼ばれるスポット状に水分を多く含む部分を持つものがあることや、冬の低温時に樹幹が大きな音をたてて裂ける凍裂を起こす樹木としても知られています。

トドマツの板を見ると、図1に示すように、節が多いことに気づきます。色調は白っぽく、木目が穏やかなことも外観的な特徴としてあげられます。また、ところどころにヤニつぼがあり、乾燥状態によってはヤニがベタつくこともあります。気乾比重は 0.32 ～



図1 トドマツ立木とトドマツ材の外観

0.48 程度と軽軟で、北海道においては木造住宅の柱や間柱、たる木などの構造材や、ダンネージなどの梱包材、パルプ用チップとして利用されています。これまで内装材、特に床材として一般に利用されなかった理由としては、爪で簡単に凹みができるほど柔らかく、物を落としたり、家具を動かしたりした際に簡単に傷ついてしまうというのが大きな理由だと考えられます。

■ トドマツ圧縮木材の製造

＜原板と軟化＞

木材の一般的な性質として、同じ温度であれば、含水率が高いほど材は柔らかくなり、同じ含水率であれば、温度が高いほど材は柔らかくなることが知られています。この研究ではトドマツ乾燥材を用い、80℃前後に加熱することで原板を軟化させ、圧縮することとしました。

圧縮後の木材（すなわち圧縮木材）は、内部の空隙が少なく、水分が移動しにくい難乾燥材となります。よって圧縮終了時に製品の出荷時含水率に近いことが望ましいため、原板は乾燥材としました。この軟化の工程が不十分だと、木材は圧縮時に内部で破壊を起こし、強度などが極端に低下してしまいます。

＜圧縮と厚さの減少＞

圧縮木材には、図2に示すように木材の表裏層などを部分的に軟化させて圧縮する表層圧縮と、図3のように厚さ全体にわたって圧縮する全層圧縮とがあります。

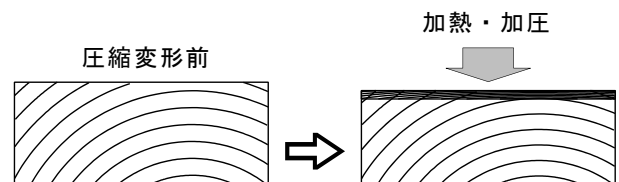


図2 表層圧縮（片面）の模式図

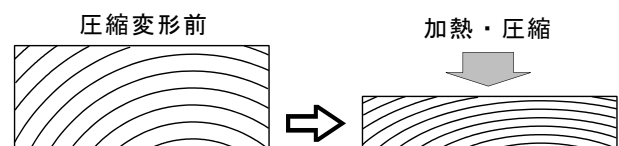


図3 全層圧縮の模式図

す。この研究で取り組んだ圧縮は後者にあたり、圧縮率はおよそ 55%，つまり元の板厚の 45%になるまで写真 1 のホットプレスで力を加えて圧縮・厚さを減少させたものです。トドマツの圧縮率は、圧縮に必要な圧力と厚さの関係や、圧縮処理後の表面の傷つきにくさ、加工工程での切削加工のしやすさや、釘打ちなど現場施工のしやすさを総合的に検討して適正な値を求めたものです。



写真 1 試験生産用ホットプレス
(蒸気加熱式, 熱盤 1×2m, 最大 1,200 トン)

<横幅寸法拘束>

圧縮木材は、原板を軟化させた後に、プレス装置を用いて厚さ方向に大きな力を掛けて圧縮し、厚さを薄くし、密度を高めていきます。木材は軟化して、変形しやすくなっていますが、厚さ方向からのみ力を加えると、厚さが減ると同時に、図 4 のように幅方向（木目と直交する方向）へ広がろうとします。この幅方向へ広がる動きを止めることを横幅寸法拘束、あるいは省略して横拘束と呼びます。この寸法拘束を行わないと、写真 2 のような裂け目や割れが生じてしまいます。一般的には金属製で強度の高い型枠を用いて寸法拘束が行われています。

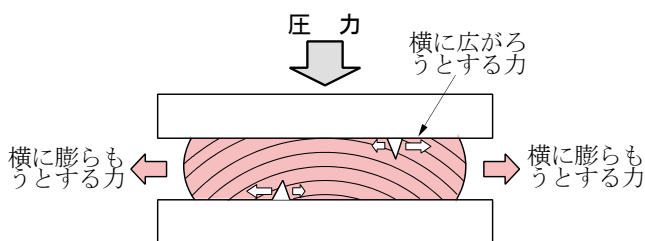


図 4 圧縮時に働く力の一例



写真 2 横拘束なしで圧縮した場合の変形と裂け目

この研究においては、節の多いトドマツ原板の性状を考慮し、図 5 のように木材同士を幅方向に接触させて並べ、圧縮により横に広がろうとする力同士を互いの寸法拘束力として用いる方法を考案し、節回りでも割れや凹凸が発生しにくく、平坦な仕上がりの圧縮木材を作ることになりました。

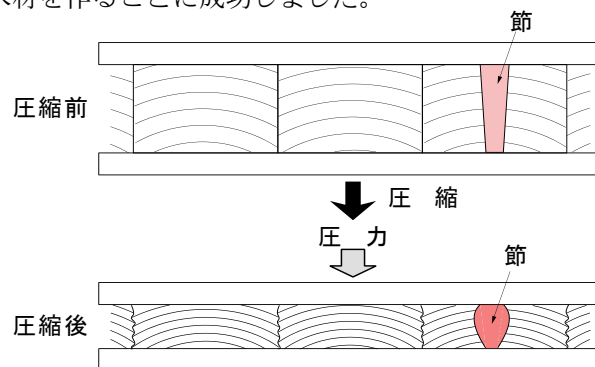


図 5 木材同士による横拘束

<加熱と形状固定>

一般に圧縮木材生産においては、65～80℃で木材を軟化させ、圧縮された形状を 160～200℃で固定することができるとされています。この固定という単語の印象が、形状・寸法が全く変化しないと誤解を招く場合があります。ここでいう形状固定とは、圧縮後の寸法が元に戻らないことで、吸・脱湿に伴う寸法変化は圧縮前の原板と変わらないことをいいます。

圧縮木材は、木材に熱と圧力を加えただけなので、若干の熱処理効果（平衡含水率の低下など）は発現しますが、元の木材同様に寸法変化を起こすと考えた方がよいでしょう。

<冷却と解圧>

圧縮を終えた木材は、内部温度が 200℃近くに達し、圧縮された木材と、木材内部の水蒸気がプレスの圧力に反発している状態になっています。この状態でプレスを解放すると、木材内部の水蒸気が膨張することによって、木材は内部から破壊し、写真 3 のように割れ目や裂け目が生じ、ひどい場合にはバラバラに飛び散ってしまいます。そこで内部の温度が十分に低下し、水蒸気が水に戻り、木材内部に生じたプレスを押し戻そうとする応力が十分に減少してからプレスを解放しなければなりません。

当场では熱電対と呼ばれる温度センサーを木材内部に入れ、その温度を追跡しながら、プレスの圧力計の値を併せてモニターすることによって安全に、かつ製品に損傷を生じずに解圧できるように条件を設定して試験生産を行っています。



写真3 冷却不足により生じた裂け目

■ 試験生産と施工試験

当场設備での試験生産能力は、ホットプレスでの加熱後の冷却に時間を要するため、1日1ショット（圧縮）、約1.6m²/日となっています。そこで稼働日数を増やし、写真4に示す北方住宅総合研究所・実験住宅への施工試験や、写真5に示す栗山町・移住者研修住宅での実証試験用の試験材を生産しました。これらを用いてフローリングへの加工性や施工性を検討し、施工後の寸法安定性を追跡調査してきました。

それらの試験結果から、様々な課題が明らかとなりました。例えば元々密度の高い原板を、他の原板と同じように圧縮すると、止め付けの際のエアタッカーが跳ね返される程硬くなってしまふことや、乾燥し過ぎた原板を用いると、形状固定に必要な水蒸気が、熱軟化の段階で乾燥して不足してしまい、十分に寸法固定がでないことなどが確認できました。それらの課題に



写真4 実験住宅での施工試験



写真5 栗山町研修住宅での実証試験

一つ一つ対策を立てながら、ようやく市場調査が可能な段階へとたどり着き、2011年度のジャパンホームショーへ出展、製品紹介させていただき、多くの方からご意見をいただきました。

■ 基本的な性能

表1にトドマツ圧縮木材をフローリングの原板として表面をベルトサンダーで研削加工したものの基本的な物性を示します。

ブリネル硬さは、傷つきにくさの指標として用いられている物性ですが、密度との有意な相関が確認されています。よって、土足歩行など、一般に重歩行用と呼ばれる用途には密度の高いものを選別するなどの用途別製品選抜が可能であると考えられます。また防音フローリングや床暖房用フローリングなど、より付加価値の高い製品への利用も順次検討していく予定です。

表1 トドマツ55%圧縮材の基本物性（強度）

物性 材種	密度 (g/cm ³)	曲げ強度 (N/mm ²)	曲げヤング係 数 (kN/mm ²)	ブリネル硬 さ (N/mm ²)
トドマツ圧縮材	0.88	127	25	22
トドマツ無垢材	0.40	44	12	8
マカンバ無垢材*	0.67	105	13	24
イタヤカエデ無垢材*	0.65	95	12	20
ミズナラ無垢材*	0.68	100	10	15

*：木材工業ハンドブックより

■ おわりに

圧縮木材生産においては、圧縮後の材料内部の温度低下の早さが生産効率を大きく左右します。そこで、冷却装置を持たない現在の試験生産用ホットプレスに、地下水を用いた冷却装置を付加する計画を進めています。これにより1ショット当たりの時間の短縮を検討し、材質への影響などを検討します。また、トドマツ以外の軽軟な未利用材に関しても、樹種ごとの適正な圧縮条件を検討したいと考えています。

現在、少量ずつではありますが、試験生産を積み重ね、基礎データを取り終えた材料による市場調査を行う段階に入りました。まだまだ施工物件が少なく、直接皆さんの目に触れる機会が少ないのですが、試験場での展示や、各種展示会への出展も含め、今後も積極的に製品普及に向けた取り組みを続けてまいります。純道産のフロンティア商品として受け入れていただければ、研究を重ねてまいりますので、よろしく願います。