

廃木材及び竹による集成材製造に関する研究

正会員 福田 展淳**
正会員 草葉 敏一*
正会員 平松 謙一*
正会員 デワンカーバート**

集成材 接着剤 竹
高温高圧プレス

廃木材による集成材製造

平成 14 年 5 月に施行された建設資材リサイクル法では、廃木材をリサイクルすべき建設廃棄物 3 品目のうちのひとつとしている。また、平成 14 年 12 月に施行されたダイオキシン類対策特別措置法によって木材の小規模炉での焼却処分がほとんど不可能となり、建設系廃棄木材の処分が今後、さらに困難となることが予測される。

建設系廃棄木材をリサイクルする場合、一般的にはチップ化し接着剤でボード化したパーティクルボードが主流であるが、強度が弱い、水に弱い、重いなどの欠点があり、床の下地材やカラーボックスや家具の心材など、安価な材として用いられるだけである。

本研究は、建設系廃木材の約 30% を占める柱及び梁材を集成材として用い構造材としても使える価値の高い木材として再生し、木材を循環型資源として使用することを目的としている。

また、作られた木材が、新たな廃棄物とならないよう、木材を規格化し、リユースできる利用方法について検討を行っている。

1. 廃棄木材を原料とした集成材製造

集成材は、最近 10 年間で、建材としての利用が約 10 倍となり、急速に市場が広がっている木材である。大きく分けると造作材と構造材があり、構造材は、構造計算が可能なエンジニアードウッドとして、3 階建て木造住宅の柱や大きな居間のための梁として使われたり、住宅以外の大規模木造建築の構造材に使われている。

今回の試作では、多少釘穴は残るものの、パテで埋めて処理すれば、ほぼ、通常の集成材と変わらないものができた。集成材は、日本農林規格 (JAS) において、樹種、含水率、フィンガージョイントの間隔など規格が示されているが、ほぼ、その規格を満たすことができる。

2. 廃木材による柱、梁の組み立て

廃棄木材を原料とした集成材を利用し、柱、梁材を作成した。柱は、4 層で 105×105×2600mm のものを 4 本、梁は、10 層で 105×270×2400mm のものを 4 本用いて、組み立てを行った。柱、梁材は、遠目に見ると全層フレッシュ材のように見えるが、近くで見ると、釘穴があることがわかるが、あまり目立たない。



写真 1 廃棄木材で製造した集成材による柱梁

3. 既存の木材リサイクルとの関係

現在のところ建設解体から出される木くずは、チップ化されて初めて価格がつく状態となる。解体材の時点では、破碎施設を持つ中間処理施設に処理費を払って引き取ってもらっている。中間処理施設は、そのお金を使って木材をチップ化し、ボードメーカーに販売している。地域ごとに差はあるが、例えば北部九州や山口県では、処理価格は立米当たり約 5000 円、東京でも約 5300 円である。これが、チップ化されると 2 円~3 円/kg の価格となる。ところが、建設資材リサイクル法施行以降、チップ化木材の価格は徐々に下がっており、将来は、チップ化された状態で 0 円になるといわれている。

チップ化された木材の主な用途はパーティクルボードであるが、その需要が膨らむわけではないので、リサイクルが義務づけられ破砕施設で破砕された木材チップがあぶれる状態となりつつある。そうなれば、破砕業者は、どうしても受け入れ時の処理価格を上げざるを得ない。結局、解体業者は上がった処理価格を、解体請負価格に反映させる。住宅解体工事は、通常、建て換えに伴い発生するが、一般の施主、つまり、建物を新築する建て主は、既存の建物の廃棄にそれほど多くのお金を支払う気はない。また、解体業者は廃棄木材を中間施設に回せばお金を支払わなければならないが、不法に投棄すればその支払いは、運送費だけとなる。健全な解体業者は、不法投棄を行う業者との不公平な価格競争を強いられる。

結果的に、解体時の請負価格を上げることができず、業者は高い処理費に悩まされ、滞った廃棄木材を不法投棄する可能性が高まる。リサイクル法がさらに不法投棄を悪化させるのではないかとされているのは、このような仕組みからである。

そこで、このような悪循環を少しでも改善するためには、廃棄木材の中で価値が高まるものは、できるだけ取り出して高付加価値のリサイクルを進める必要があると考えている。

4. 高付加価値化によるリサイクル循環の促進

福岡県の某中間業者は、通常のボードのためのチップ化を行う破砕機ではなく、製紙原料となる切削チップを製造する破砕機を導入している。この業者には、周辺の解体現場から、解体業者がわざわざ、ペンキや CCA が付着していない木材を分別して持ってくる。釘もある程度抜かれ品質がよいものが確保できる。これは、製紙用の切削チップが、十円/kg 近くで売れるため、受け入れ処理費を安く設定できるからである。解体業者にとっては、柱・梁などを分別すれば、その分、処理費が安く済み、全てを通常の間処理施設に回すよりも経費は下がることになる。

集成材は、材自体は輸入に頼っており、立米2万円～4万円で材を仕入れている。釘抜きやラミナ（集成材の基になる数cmの板の状態）製造にはコストがかかっても、処理費をもらって仕入れることができれば、廃掃法によって廃棄物処理業の認可は必要となるが、事業として成り立つ可能性もある。現実には考えにくいだが、このような廃棄木材から作られた集成材をどんどん使うような社会であればますます可能性は高くなる。

このような高付加価値型リサイクルを推進することで、廃木材全体の流れがカスケード化し現状よりは、改善されると考えている。

少しでも価値あるものを取り出し、有価あるいは、安い逆有償の状態（処理費が安い状態）を作ることによって、廃棄処理をしなければならない低位の木材の処理がしやすい状態をつくることのできるからである。

ここで、中間処理業者が付加機能（くぎ抜き、品質管理）などつけることにより、このルートは可能である。ただし、昨年の検討では、くぎ抜きに手間とコストがかかりすぎるということがわかった。集成材メーカーが、廃棄物処理業の認定を受け、逆有償で廃棄木材を原料として受け入れることができれば、市場性のある価格で、集成材を製造することができる。しかし、一般には、集成材メーカーがそこまですることは考えられないので、既存の中間処理業に機能を付与することが必要である。また、販売に関しても、別の組織を作る必要がある。

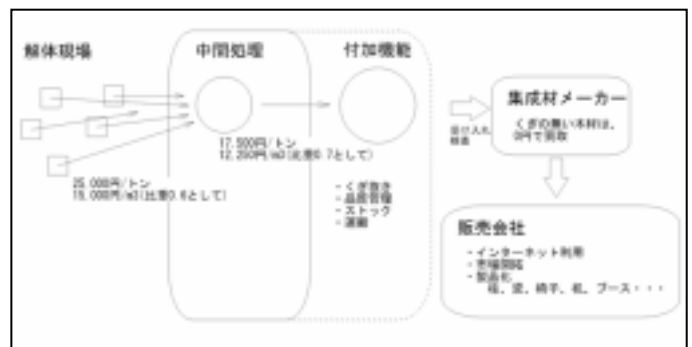


図 1. リサイクル集成材製造のための役割分担

タンニンを接着剤に用いた竹による集成材製造に関する研究

近年日本の森林を侵食する竹林が問題視されている。竹は、それ自体では高価な価値を生まないため侵食する竹を伐採することができない。一方、竹は、成長が早くCO₂の吸収力も大きい上、手入れもほとんど必要ないことから建築材料として利用できれば、CO₂の固定や森林資源等の有効活用にも寄与する。

接着主剤として用いるタンニンはワトル材や赤松などの樹皮から抽出できるため天然の材料であり、有機系接着剤によるパーティクルボードや集成材に比ベシックハウス症候群の発生原因となる可能性はない。また、廃棄する場合にも有機系接着剤ではな

* 北九州市立大学・博士前期課程

**北九州市立大学国際環境工学部・助教授・工学博士

* Graduate, The University of Kitakyushu.

** Associate Professor, The University of Kitakyushu, Dr, Eng.

いことから安全である。

竹は繊維方向には非常に高い強度を有するため柱梁材として製造できれば既存木材には無い高い強度性能を有する木材となる可能性がある。

既存の竹集成材は、竹を平面として利用するため、表皮面と裏皮面をカットし、その後、プレーナーをかけ、接着面を滑らかにする(図1)。しかし、本研究では高温高压で軟化させるため、プレーナーをかける手間が省ける。ただし、接着のためには、油分糖分を除去する必要がある。

本報では、竹集成材を作る第1段階として、高温高压で竹が充分変形するかどうか、変形する場合の具体的な条件を確認すること、通常の木材で利用できる接着剤が、竹にも利用できるかどうかなどを確認し、タンニンなどの天然系接着剤による竹集成材製造の基礎となることから実験によって求めることを目標とする。

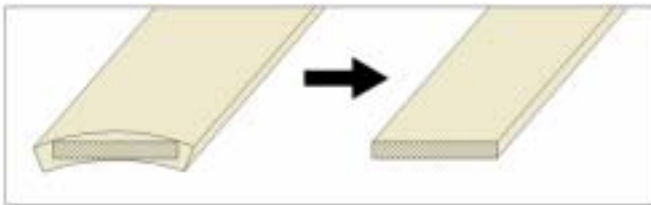


図2 既存の竹集成材切削イメージ

1. 加工装置

本研究において、木材の圧密加工は高温高压プレス成形装置(株式会社製作所製 HTP-50/130型 以下、“圧縮機”)により行った。表1に装置の仕様概要を示す。本“圧縮機”は、蒸気吹き込み式のオートクレーブである加工槽と、プレス装置を組み合わせた構造である。プレス装置は円筒状の加工槽の長手方向に並べて配された2本の油圧シリンダーと試料の上に置かれる上部プレス盤からなる。試料は上部プレス盤を介して油圧シリンダーの加圧によりプレス圧縮される。以上の機構により高温高压水蒸気を満たした加工槽内において、木材試料の圧密化処理が可能である。装置には、試料および上部プレス盤、凹型形状の下部プレス盤の槽内搬入および槽外搬出のための搬入台および台車を備える。図3は圧密工程図である。

表1 装置の仕様概要

最高使用温度	175
最高使用圧力	1.18MPa
加工槽寸法	500mm x L2,500mm
試料寸法	W100mm x T250(MAX) x L1,000

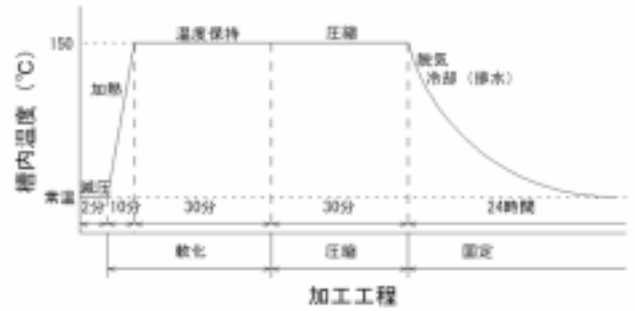


図3 圧密工程図

2. 材料の製造工程

製造実験の工程は、主に以下の5つの部分で構成される。

原料の選定

竹材への接着剤塗布

竹材の軟化

竹材の成型

竹材の冷却

原料の選定は、準備作業であり、実験を行う竹材や使用する接着剤を決めるものである。竹材への接着剤塗布：竹材へすばやく均等に接着剤を塗布する。竹材の軟化では、竹材を高温高压の密閉で軟化する。竹材の成型：軟化した竹材をプレス圧縮することにより、成型し密度をあげる。竹材の冷却：高温高压の竹材を常温常圧状態になるまで、自然冷却する。

3. 材料

竹の表皮をグラインダーで削り取り、300mm x 40mmの長さにかットしたものをを用いた。接着剤は、タンニンを主成分とした他の薬品の混合割合を変え製造した接着剤A,B,C,D,E,Fの六種類を使用した。

4. 実験結果

表2 実験結果

	竹集成材A	竹集成材B	竹集成材C
原料重量	2,143g	2,044g	2,089g
塗布量	400g	300g	360g
真空時間	2分	2分	2分
加圧温度	150	150	150
水蒸気圧	0.35Mpa	0.35Mpa	0.35Mpa
軟化時間	30分	30分	30分
圧縮加圧(面圧)	55.41kg/cm ²	55.41kg/cm ²	55.41kg/cm ²
加圧時間	30分	30分	30分
冷却時間	24時間(圧あり)	24時間(圧あり)	24時間(圧あり)
圧縮時の最終反発力(面圧)	10.52kg/cm ²	10.52kg/cm ²	10.52kg/cm ²
実験前材高さ	100mm	100mm	100mm
プレス後材高さ	46mm	44mm	43mm
実験後材高さ	44mm	43mm	43mm
実験後比重	1.62	1.58	1.62
2ヶ月後比重	1.09	1.01	1.07

表 3 実験結果

	竹集成材D	竹集成材E	竹集成材F
原料重量	1,382g	1,346g	1,357g
塗布量	137g	183.2g	100.8g
実験後重量	1,519g	1,529g	1,457g
加圧(軟化なし)後高さ	70mm	70mm	70mm
真空時間	1分	1分	1分
加圧温度	150	150	150
水蒸気圧	0.35Mpa	0.35Mpa	0.35Mpa
軟化時間	30分	30分	30分
圧縮加圧(面圧)	53.22kg/cm ²	53.22kg/cm ²	53.22kg/cm ²
加圧時間	30分	30分	30分
冷却時間	24時間(圧あり)	24時間(圧あり)	24時間(圧あり)
圧縮時の最終反発力(面圧)	19.68kg/cm ²	19.68kg/cm ²	19.68kg/cm ²
実験前材高さ	100mm	100mm	100mm
プレス後材高さ	45mm	45mm	45mm
実験後材高さ	45mm	41mm	41mm
実験後比重	1.02	1.09	1.1
2ヶ月後比重	1.15	1.16	1.17

6つの集成材のうち、最も接着力が強いと思われるのはB材であった。D,E,F材は、B材の接着剤を基に配合したが、接着力が落ちた。接着剤の色が竹の色に最も近かったのはF材であった。



写真2 竹集成材B



写真3 竹集成材F

5. 考察

実験後の比重を比べてみると、D,E,F材よりもA,B,C材の方が比重が高い。これは、D,E,F材が2ヶ月後も比重が変わらないことから、A,B,C材は実験前に水分を多く含んでいたと考えられる。実験後の含水率は、全て7%前後であった。このことから、

接着状況がよかったB材は、水分を多く含んでいたためにより接着力が強くなったと考えられる。

また、D,E,F材はタンニンが水に流れぬように、先に少し圧縮を行ったため、材料の間に水蒸気が十分に入り込めず接着力が低下してしまった可能性も考えられる。

竹の質感を残し、意匠上も価値の高い材とするためには、表面の色合いも重要となってくる。接着剤の色合いも重要なことである。

6. まとめ

今回の実験により、タンニンを主成分とした接着剤で十分な接着があることがわかった。しかし、含水率の違いにより、接着状態が違っていたことがわかった。

今後は、製竹工程を一定に保ち、接着力の違いを明確にしたい。また、強度実験を行い強度があるかどうかを確かめなければならない。

また、竹の表皮をグラインダーで削り取る作業は、時間がかかりすぎる。今後は、薬品による簡易な方法も検討していくべきである。

* 北九州市立大学・博士前期課程

**北九州市立大学国際環境工学部・助教授・工学博士

* Graduate, The University of Kitakyushu.

** Associate Professor, The University of Kitakyushu, Dr. Eng.