

竹集成材に適した工法及び用途に関する研究(1)

—接合と弾性—

三原鉄平

1. 研究の背景及び目的

地球環境への関心の高まりと共に、竹は近年非常に注目を集める素材の一つである。一般的な木材の場合、伐採できるまでに数十年から数百年かかるが、それに比べて竹は一年で成木となる。さらに3~5年冬場の寒い時期、夏場の暖かい時期を耐えたものは身が締まり、材料として使用できるようになるが、それでも尚、木材に比べて伐採出来るまでの期間が格段に短い。また竹は、木材と根本的に異なるイネ科の植物で、地下茎により繁殖するため、植林する必要がない。しかし、それほど優れた特徴を持っているにもかかわらず、中が空洞で肉が少なく非常に加工が困難な素材であるため、長年工業的に扱われにくい素材であった。

近年、木材資源の枯渇化や環境意識の向上に後押しされ、竹の集成技術が発達し、工業的に扱うことが可能な状態となった。特にここ数年は、テクスチャーとしての新鮮さから、一時加工(集成材化)した状態に近い形(例えばフローリング材等の建材としての利用)で普及し始めた。しかし、一見木材のようでありながら実は特性が大きく異なる扱い難さが災いし、その用途は限定的な範囲に留まっている。特に竹集成材を二次加工し新たな製品にする場合、素材の適正を活かした用途やデザイン、それを支える技術については、まだまだ発展途上の領域である。

本研究では、竹集成材を二次加工し製品にする際の課題を抽出し、その課題を解消する工法の研究や、素材の適正を活かした用途やデザインの開発を実践的に行うことで、竹集成材の可能性を広げ、持続可能な社会を実現する一端となる事を目的に行うものである。

研究(1)では特に、竹集成材の接合と弾性利用を研究対象としている。

2. 竹と竹集成材の特徴

竹はイネ科に属する植物だが、一概に草とも良い憎い独特の生体を持つ植物である。一年で成木になり、それ以上太ることは無い。節と節の間が中空の茎を持ち、稈鞘を持つことは稲や麦と同じだが、常緑性の多年性であることや、組織が木質であること、地下茎が元になり若竹が生えることなどは、稲や麦とは大きく異なる。

竹の組織が木質であることを利用し、集成して板材にしたものが竹集成材であるが、板材にするためには多

くの工程を要する。3~5年冬場の寒い時期、夏場の暖かい時期を耐えた身の締まった竹を、虫の着きにくい冬に伐採し、地面から約2.5メートルまでの肉厚のある部分を筒状に切断し、繊維方向に沿って細長くカットする。それを防虫処理として一定時間熱湯で煮沸し、竹に含まれている余分な糖分や、デンプンを除去する。さらに一定時間、高温の釜に入れ、再度防虫処理を行い、材料の強度を高める。これらの処理を施した材料を均一に平らに削り、形を整えて接着して集成材が完成する(図1参照)。

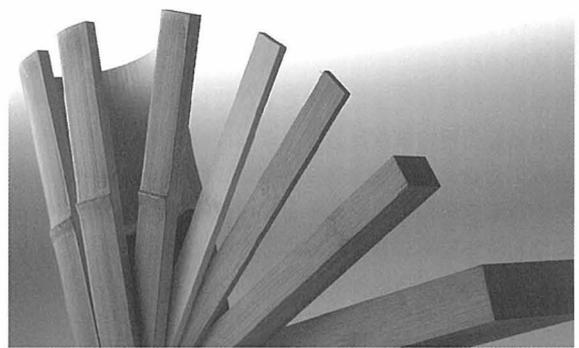


図1. 竹集成材の集成工程イメージ

竹集成材の大きな特徴のひとつは、繊維方向が均一なことである。そのため長さ方向に対して狂いが無く、繊維方向に対して鉛直な方向の寸断強度が非常に高い。薄い材でも長さ方向に強度があるため、重量物をのせる書架の棚板等の用途に適している。逆に、繊維方向に添って力がかかると、まさしく「竹を割ったように」あっさり割れてしまう。

もうひとつの特徴は比重の高さである。竹(0.76)の比重は木材の中でも高いと言われてるナラ(0.63)よりも更に高い。それゆえに、非常に硬質で重量感があり、圧縮強度に優れる。

その他の竹の特徴として、抗菌性、殺菌性、脱臭性に優れる等の作用があるが、集成材化する際に取り除かれたり、減退してしまう成分も多い。

3. 竹集成材の課題

これまで用途が限られていた竹を、工業的に使用できる状態にした竹集成材だが、さらにそれを加工して工業的に使用する場合には、幾つかの課題がある。

一つ目の課題はコストパフォーマンスである。竹を集

成材化する段階で非常に手間がかかるため、現状竹集成材の価格は、一般的な無垢の木材と比べても決して安くはない。これは木材ほど、伐採や流通、加工に関するインフラが整っていないことや、安定した需要が少ないことも関連していると推測される。現在は人件費が比較的易い中国で集成材化されることが多いが、それでも尚安価とはいえない。

二つ目の課題は、非常に硬質なため加工が難しいことである。上記のコストパフォーマンスにも関わることだが、一般的に硬い材料は柔らかい材料に比べ、加工時間を多く必要とする。また加工するための刃の磨耗が激しく、硬質な刃を特注する等のインシヤルコストや、ランニングコストも多くかかる傾向にある。

三つ目の課題は、割れと反りに関する問題である。前述したように、竹集成材は繊維方向が均一な為、繊維方向に添って力がかかると、あっさり割れてしまう。また木材のように様々な方向に導管が無い為、部材の木口を塞いでしまうと全く呼吸できなくなり、導管内の空気が膨張した時に反りを引き起こし、結果部材に割れが生じることがある(図2参照)。特に大きな部材を、エアコンの風が直接当たるような寒暖の変化の激しい場所に放置した場合、板を真二つにするほどの大きな力となる。現在は、竹集成材を薄くスライスし、クロス貼り(図



図2. 反りによる割れ

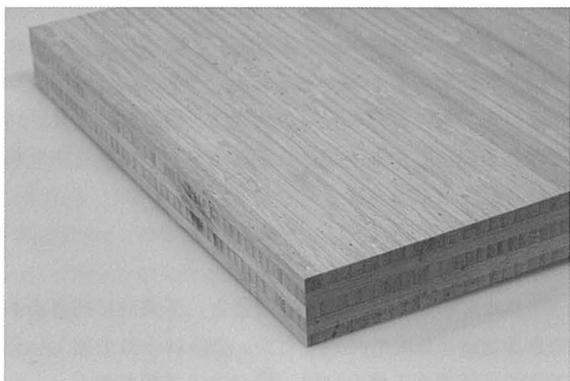


図3. 竹集成材のクロス貼り

3参照)することで、繊維方向による強度の違いを補完し、同時に部材の質量を小さくして力を封じ込めることで、割れと反りの対策としているが、万全とは言えず、まだ改善の余地があると思われる。また製品の設計時に、これらの特性に十分留意することで、改善できる部分も多い。

四つ目の課題は、材料の接合である。木材加工において一般的な接合方法は、ほぞ組み(一方の材に穴を明け、他方の材の一端に作った突起をはめ込む工法)のように繊維を潰しながら押し込み、なおかつ接着することにより、接合強度を生み出している。竹集成材の場合、比重が高く硬質なため繊維が潰れにくく、接合強度が出にくいばかりか、受ける部材の割れを引き起こしてしまう。結果、ダボ接合や木ネジによる接合をせざるをえないが、ほぞ組みほど接合強度が出にくい為、用途やデザインを制限してしまう。

五つ目の課題は、その材料を使う必然性である。環境負荷が少なく有用な素材であることに疑いはないが、それだけでは木材の代替素材の域を出ない。比重の高さは、メリットとデメリットを両抱えしており、コストパフォーマンスや設計の自由性にも影響がある。見た目や質感は独特の美しさや清潔感があるが、それを使用する理由にしてしまうには必然性に乏しい。素材特性を把握し、それを活かしてこそ真に有用であると言える。

研究(1)では、特に4つ目の課題(接合)と5つ目の課題(必然性)についての考察と研究を行い、それを具体的な形に落とし込むことに挑んだ。

4. 竹集成材の接合

竹集成材は強靱な素材だが、接合部の強度が十分に確保できなければ、その強靱さを活かしきれない。素材の特性を活かし、竹集成材に適した接合方法を開発することで、その用途やデザインの自由性を、大きく広げることができる。

一般的な木材の接合方法には、ほぞ組み(一方の材に穴を明け、他方の材の一端に作った突起をはめ込む工法)による接合、入れ継ぎやあられ組みなど板組みによる接合、フィンガージョイントなど接着面積を増やす接合、ダボや核(さね)など他の材を雇い入れる接合、木ネジなど金具による接合、単純に平面どうしを接着するも付け等があり、これらの接合方法を組み合わせて使用することもある。無垢の木材どうしを接合する場合、種類により向き不向きはあるが、これら各種の工法により確実に接合することができる。特に椅子やテーブルなどいわゆる「脚のもの」と言われる家具には、接合部の強度が特に必要なため、フレームに無垢材を使用するケースが

* 竹集成材に適した工法及び用途に関する研究(1) 三原鉄平

の違いを補完
し込めること
全とは言えず、
製品の設計時に、
できる部分も

木材加工におい
材に穴をあけ、
法)のように
着することに
材の場合、比
合強度が出に
こしてしまう。
るをえないが、
用途やデザイン

主である。環境
はないが、そ
。比重の高さ
り、コストパ
る。見た目や
れを使用する
材特性を把握
言える。

合)と5つ目
行い、それを

度が十分に確
ない。素材の
を開発するこ
大きく上げるこ

。(一方の材に
はめ込む工法)
組みによる接
を増やす接合、
接合、木ネジ
接着するいも
わけて使用す
る場合、種類
工法により確
ーブルなどい
合部の強度が
するケースが

多い。

無垢材以外の木材、すなわち一般に木質材料(木材を加工して得られる端材やチップ、繊維などを原料として製造される材料。合板やパーティクルボード、集成材等がある)と言われる素材は、細長い材は強度に乏しく、ほぞ組等強度が得易い接合に不向きなため、「脚もの」には不向きな材料である。細長い材料を寄り合わせたという意味では、竹集成材は木質材料に類するとも言えるが、細長い材でも強度があり、一概に不向きとも言えない。また一方で、繊維がつぶれ難く均一なため、ダボや木ネジ等がきっかりで割れが発生してしまうこともあり、木材系の木質材料とはまた異なる特質がある。

これらを鑑み、竹集成材の接合における留意点をまとめると、以下のようになる。

- 1) モーメントの支点となる部分では、できるだけ繊維方向をクロスさせ、多方向からの加重に耐えられるようにし、割れを防ぐ。
- 2) 部材をできるだけ小さな単位に分割し、反りの力を分散させる。
- 3) 細くても強度が出易いよう可能な限り繊維を分断しない。
- 4) 割れを誘発しないよう、ほぞ組みやダボ継ぎ等差し込む形式の接合を可能な限り避ける。

そもそも竹集成材は、竹の断片を寄せ集めた物であり、さらにそれを直行して貼り合わせることで、割れや反りの対策としている。これらを貼り合わせる(集成する)段階で、大枠を形作ることができれば、余分な分断を行うこと無く、竹集成材に適した接合ができるのではないだろうか。

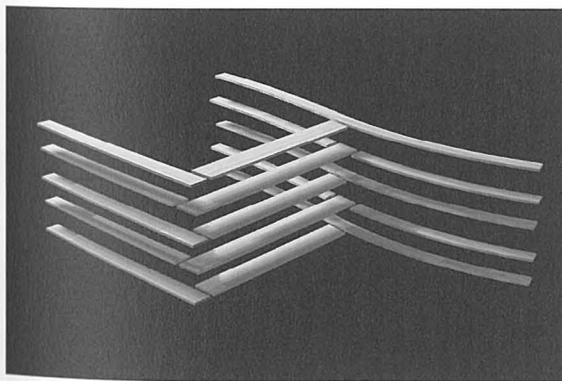


図4. 椅子のサイドフレーム接合イメージ

例えば椅子のサイドフレームを構成する場合、図4のように、薄くスライスした部材を、接合部で繊維方向が直行するよう交互に配置し、プレスをかけ接着すると、結果的に接着面積の広いあられ組みのような接合ができる。この場合、実際はいも付けのため、繊維が割ける要

因にならない。また竹集成材を薄くスライスすること自体は、割れや反り対策として、既に行われている行程のため、新たな行程を増やすことにも繋がらない。さらに作業効率を高めるため、必要寸法よりもやや大きめの部材を組み合わせ、NC加工機等で外形線をトリミングすれば、スリムな外形ながら非常に強靱なフレームを、比較的簡易に製作することができる(図5参照)。

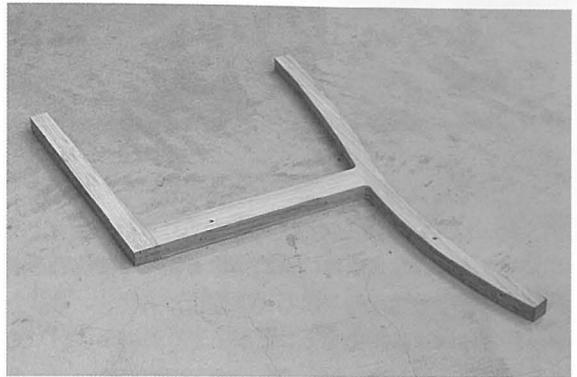


図5. 椅子のサイドフレーム接合サンプル

5. 竹集成材の弾性の利用

竹集成材の課題の一つは、前述したように、その素材を使うより一層の必然性の獲得である。現状考えられる必然性は、環境性能の高さや繊維に直行した方向からの寸断強度、テクスチャーや質感の独自性等である。これらと異なる、竹集成材ならではの機能や作用、有用性が獲得できれば、より必然的に竹集成材を使用する幅が広がると思われる。

ここではその一つとして、竹集成材の弾性に着目した。一般的に、竹の特徴としてしなりや弾性をイメージする人は多い。実際、弓や竹竿等のように、古くからその弾性を活かした用途に使われてきた。竹集成材を集成しない状態で使うか、再度スライスして薄くすれば、同じように弾性を利用できるが、それは竹の弾性の利用であって、竹集成材としての利用にはならない。その弾性と、固まりとしての強靱さをミックスしたアイデアが必要となる。

図6のように、端に数ミリの肉を残した状態で、竹集成材にスリットをあげると、全体としては堅牢だが、部分的に弾性を持った部材を作ることができる。実験の結果、スリットの左右に、全長に対して1/8以上の残りしり持ちつつ、スリットの幅を10ミリ以内にすれば、スリットの下面が反った部材を受け止めるストッパーの役割を果たし、人の体重を支えることができる強度を持たせることができた。これは完全に直線的な繊維を持つ竹だからできることである。木材の繊維は、ある程度方向性はあるが、様々な方向に向いているため、竹ほど

の弾力が発生にくく、また個体差が大きいためコントロールが困難である。

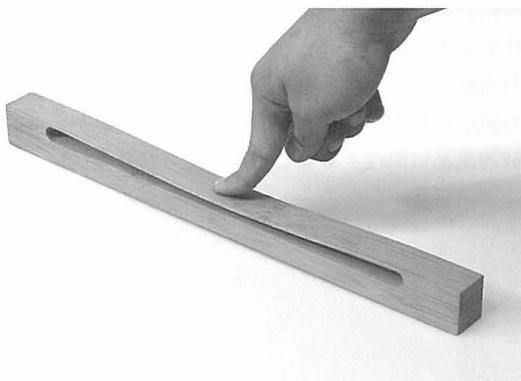


図6. スリット入れた竹集成材

この方法は、竹集成材に単純な加工を施したに過ぎないが、素材の特性を引き出し、構造体とクッション部を単一部分材に同時に持たせることができるという、魅力的な結果を生み出した。椅子の座面や、ベッドやソファの構造体としてなど、様々な用途での使用が考えられる。

6. 竹集成材の特性を活かした椅子の製作

研究（1）での成果を活かし、竹集成材の特性を活かしたダイニングチェア「TENSION」の開発を行った。

プレス接着による接合方法を使用し、ダイニングチェアのサイドフレームを一体化。部品数の削減と工程の簡略化を実現した。また、素材の強度を活かした細いフレームと、接合部の剛性確保による貫の省略により、本来比重の高い素材でありながら、軽量に仕上げるのが可能になった。さらにそのサイドフレームをつなぐ貫にスリット加工を施し、左右のフレームをつなぐ部材にクッション性を持たせ、その部分が座面となるよう設計した。

完成したダイニングチェアは、竹集成材のみで製作した椅子という新規性だけでなく、硬質な見た目に反する柔らかな座り心地と、生産効率の良さがもたらす十分な価格競争力により、高い商品性を備えた椅子となった(論文資料参照)。

7. 結語

今回の研究（1）では、竹集成材の課題の幾つかを解消に導くことができただけでなく、竹集成材の用途と応用範囲を広げる有用な成果と実感が得られた。ただ計測等による実証が不十分であるため、引き続き今後の研究課題としたい。また様々な商品に応用することが可能な技術であるため、実践的にデザインを行う中で、更なる課題の発見とその改良に努めたい。

竹集成材が広く普及するためには、まだ解消しなければ

ならない課題がある。特に反りとそれがもたらす割れの問題については大きな課題であるため、今後とも積極的に取り組んでいきたい。

参考文献

・上田弦一郎『竹と日本人』日本放送出版協会 1979

協力

・株式会社テオリ

*竹集成材に適した工法及び用途に関する研究（1） 三原鉄平