

竹繊維を用いた木材補強用材料の開発

秋田県立大学 正会員 ○山内 秀文 正会員 佐々木貴信
秋田県立大学 正会員 栗本 康司 (株) 竹中工務店 正会員 柳橋 邦生

1. 緒言

木材の力学性能不足を改善する目的で、木材を鉄やアラミド樹脂、炭素繊維など木材よりも高い力学性能を持つ材料と複合し補強する手法が試みられてきている。しかし、このような高性能な補強材料は木材との性能差が大きく、接着などで問題が生じることや廃棄や加工の際に問題が生じることも多い。一方で木材はその性能がかなり低く見積もられており、ばらつきを抑制することができれば、必ずしも最大性能を向上させることなくより高い性能域で利用できる可能性がある。我々は、木材と相性の良い補強材料とは、弾性率が木材よりは高いが従来の鉄などに比べ小さく（中弾性）、なおかつ高い強度（高強度）を持つ材料であると考え、比較的高強度で廃棄物問題もない天然系の繊維材料である竹繊維に注目した。本稿は竹繊維の性状と繊維性能の改善に関する技術的可能性、および縄状竹繊維の形成について述べたものである。

2. 竹繊維の引張強度と接着剤による補強効果

2. 1 実験方法

実験にはアルカリ解繊した竹繊維を用いた。繊維束から数本（繊維長さ 28cm あたりの重量で約 0.05 g）になるまで分離を行い、選んだ繊維を Fig. 1 に示すような厚紙の台紙に設けた 8×20mm の窓を通して配して挟み込み、酢酸ビニル接着剤にて接着して試験片とした。試験体は 20℃・65%RH 下で重量が恒量に達するまで十分に養生した後に試験に供した。

繊維の引張試験は、微細な表面欠陥の影響が大きいことが予想される。一方で、竹繊維を補強材として用いる際には接着剤を同時に使用することで、接着剤の浸透による微細欠陥の補強効果が期待できる。この効果を繊維レベルで検証するため、Fig. 2 に示すように台紙を配置し、1本の繊維から連続する2つの試験片を調整した。この一方の試験部分にエポキシ樹脂（コニシ（株）製・超低粘度型エポキシ接着剤・ボンド E-205）を塗布し、20℃・65%RH 下で 48 時間養生して接着剤を十分に硬化させたものと、無接着剤のものとの性能差を検討した。

引張試験にはエア・チャックを持つ万能試験機（ORIENTEC 社製・STA-1150）を用いた。試験片をチャックに取付け後、試験片の補強部分（台紙の繊維両側部分）を切り離し、繊維のみが引張荷重を負担する状態にしてから測定を行い、破断までの最大荷重を測定値とした。

2. 2 結果と考察

Fig. 3 に連続試験体で試験した竹繊維の引張試験結果を示す。引張強さは接着剤の添加によって最低でも 50%、場合によっては 500% 近く向上することが明らかになった。特に、繊維の細分化（解繊）が進み、綿状

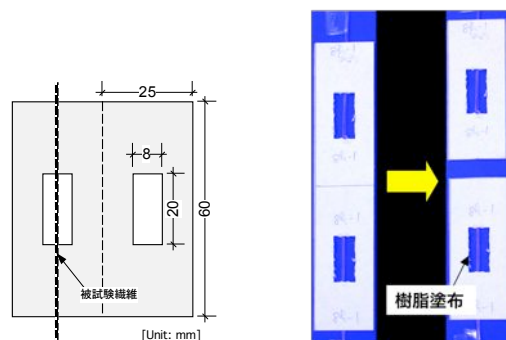


Fig. 1 試験片台紙

Fig. 2 連続試験体の調整

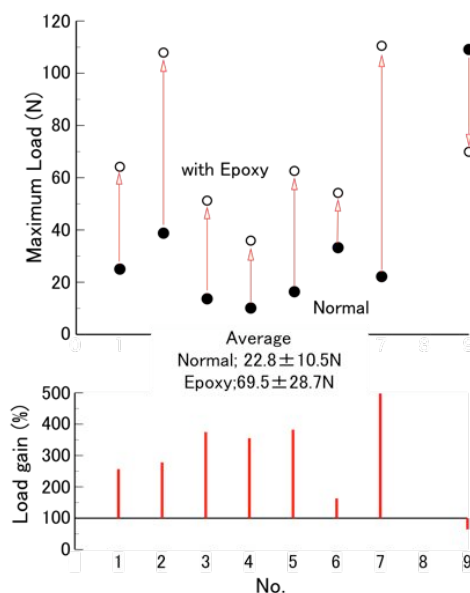


Fig. 3 エポキシ樹脂による補強効果

の繊維束となっている部分で極めて高い性能改善効果が確認できた。一方で、無処理状態でも高い性能を持つ繊維 (No. 9) では、値が低下する場合もあることが観察された。これはバンドル束が強固な繊維において部分的な性能差が現れたものと推測される。樹脂包埋後の測定値はバラツキが大きいものの、試験した繊維の断面を楕円換算して強度を概算すると平均が 300MPa 以上となり、鋼材に近い強度を持つことがわかった。

3. 竹繊維ロープの調製と引張性能

3. 1 竹繊維の細縄化

竹繊維を繊維方向に接合する手法として、縄状に撚り合わせることを考えた。これを実現するために、稲藁から細縄を製造する装置を入手し、竹繊維からなるべく細い縄を安定的かつ一定の状態で連続製造するべく、烏口 (挿入した繊維材料に下撚りを加えるとともに適当な引張力を作用させる 主要部品) および送り装置に改良を加えたうえ、駆動を電動化した。結果的に、280mm あたり 0.5g の繊維バンドル 2 本撚りで、平均直径 3mm 弱、ピッチ 35 回/m の細縄を安定的かつ連続的に製造できるようになった (Fig. 4, 5)。

3. 2 竹繊維細縄の性能評価

3. 1 で調製した細縄 (280mm あたり 0.5g の繊維バンドル 2 本撚り・平均坪量 3.12g/m・ピッチ 35 回/m) を専用の治具 (Fig. 6) を用いて引張試験した。この治具は、1 対の円柱状の割型を持つ構造になっており、材料を引っ張る際に材料自身が割型を締め付けることで引き抜けを防止するとともに、円柱外周と大きな摩擦力を生じることで、破断が確実に試験区間で発生するようになっている。

結果を Table1 に示す。なお、表に示した概算強度は材料断面を、測定したロープ径の円形断面を持つものと仮定して算出したものである。平均強度は 120MPa 程度と、接着剤補強しない繊維単体の引張試験とほぼ同じ性能が得られた。この性能は、同じ天然繊維からなるシュロ縄に比べ 80%程度の重量で 3 倍近い性能を示し、現時点でもスズなどに比べて高い強度を有している。接着剤による補強を適用することで強度の向上が期待できることから、カラマツなどより高い性能を持つ構造用木材の補強用材料にも十分に展開できる可能性があると考えている。

4. まとめ

竹繊維を縄状に撚り合わせることで、柔軟で高強度な天然系材料を理論的にはエンドレスに得られることができるようになった。補強用材料としてはより一層の強度向上などの改良が必要であると考えられるが、竹繊維をこのように長尺の材料にできる手法を開発できたことで、シートやロッドなどあらゆる形状に加工し、木材を初め、様々な材料の補強材料として展開できる可能性がある。



Fig. 4 細縄製縄機



Fig. 5 竹繊維細縄

Table 1 竹繊維細縄の引張性能

No.	引張破断 荷重 (kN)	重量 (g/m)	ロープ径 (mm)	概算強度 (MPa)
1	0.879	2.97	2.85	137.8
2	0.794	3.34	3.2	98.7
3	1.036	3.12	2.75	174.4
4	0.497	3.15	2.8	80.6
5	0.625	3.01	2.65	113.3
Av.	0.766	3.12	2.85	121.0

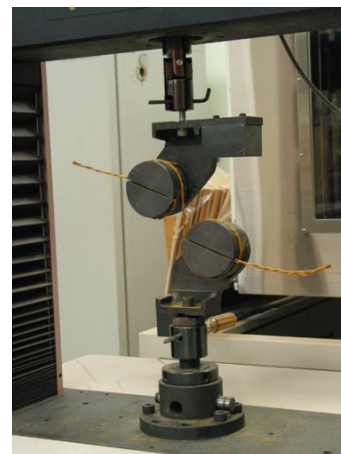


Fig. 6 細縄の引張試験