

絞り加工法による圧密竹釘の開発

大内成司*・古曳博也*・山本幸雄*

*日田産業工芸試験所

Development of Densified Bamboo Nail

Johji OUCHI*・Hiroya KOHIKI*・Yukio YAMAMOTO*

*Hita Industrial Art Research Division

要 旨

本研究では、竹材の断面形状が台形状の竹ヒゴを束ねてテーパー状の筒状金属治具中に押し込み、絞り加工を行い、全周囲からの圧密化を図り、竹釘の調整を試みた。その結果、圧密率約40%の絞り加工法により、密度1.21～1.25g/cm³の圧密竹釘を製造することができた。竹釘径がφ2.5mm、φ3.0mm、φ3.5mmの竹釘を釘側面抵抗試験に供した結果、竹釘径が太くなるに従い最大耐力及び初期剛性が大きくなる傾向を示した。釘径が同程度の竹釘φ3.0mmとCN50を比較すると、最大耐力においては、CN50の32%程度の値を示した。また、それぞれの竹釘に対し、φ4.5mmの頭部を加工し、引き抜き釘頭貫通試験に供した結果、竹釘径の違いによる最大耐力への影響は、φ3.0mmがやや高い値を示した。竹釘とCN釘の最大耐力を比較すると、約1/2の最大耐力を示す結果となった。

1. はじめに

地球環境問題が叫ばれる中で、すべての分野で廃棄物対策が不可欠となっている。中でも木質系廃棄物は、他の材料製品に比べて対応が遅れているとされ、問題視されている。その理由のひとつとして材料自身のリサイクルは技術的には可能にもかかわらず、接合に使用される金物類（釘やビス等）と木材との分別に手間がかかり、採算が取れないということが挙げられている。

そこで我々は、分別の必要がなく、解体後有用資源として再利用したり、そのまま破碎しパーティクルボード等にリサイクル、あるいはバイオマス燃料として使用する木造住宅の解体材リサイクルに有利な木材接合具の実現を目指し、圧密化処理を施した竹釘の接合具としての可能性について検討したので報告する。

2. 実験

2.1 絞り加工法による圧密化技術

筆者は、既往の研究で絞り加工法による圧密竹コネクターの開発を行ってきた。この方法はテーパー状の筒状金属治具の挿入口の断面積にほぼ相当する竹材を束ねて挿入し、加圧しながら押し込み、テーパーの部分で徐々に圧密化を図る方法である。この時、金属治具は、約150℃に加熱しておき、竹材の熱軟化を促進させる。圧密竹コネクターの場合は、Fig.1の青線①で示すように、竹材の表皮側が台形断面の短辺(上底)側に、内皮側が長辺(下底)側になるように加工を行う。その台形ヒゴの長辺(下底)側が外側になるように8本を束ねて八角柱状にし、絞り加工を行うと柔らかい柔細胞が多く占める内皮側が

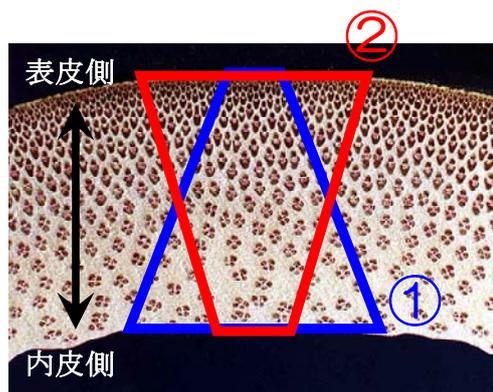


Fig.1 竹材の加工形状

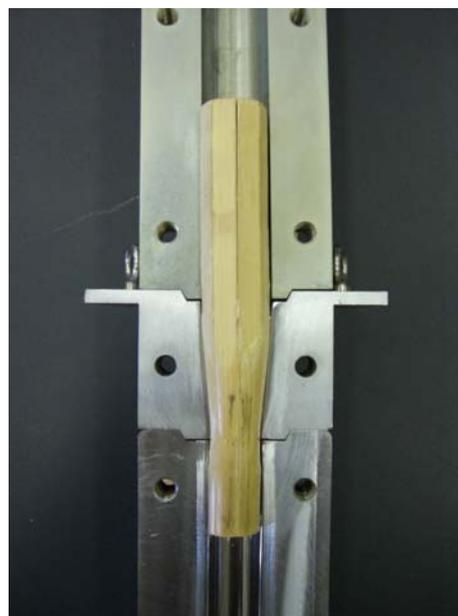


Fig.2 絞り加工による圧密化の様子

選択的に圧密され均一化が図られる。圧密前の八角柱の対角線の長さは約25mmで、圧密後の直径は18mmとなり、断面積比で約40%の圧密化が図られ、密度が1.25g/cm³程度の圧密材が得られる。この方法の圧密の様子をFig.2に示す。

本研究では、この方法を利用し、大分県産のモウソウチクの節間部を用い、圧密竹釘の調整を試みた。Fig.1の赤線②で示すように、圧密竹コネクターとは逆形状の表皮側が台形断面の長辺(下底)側になるように加工し(上底2.5mm, 下底9mm, 高さ9mm, 長さ160mm), 上記方法で同様に圧密化を図った。表皮側を長辺(下底)側により、表皮側の維管束の分布密度が高くなるため、その部分から高密度の竹釘を調整することが可能となる。Fig.3に表皮側を長辺(下底)側にした圧密材を示す。



Fig.3 表皮側を長辺(下底)側にした圧密材

2.2 圧密竹釘の製造方法

絞り加工法により得られた圧密材を1本毎にバラバラにし、Fig.4に示すように、表皮に近い赤丸の部分から竹釘材料を削りだす。加工方法は、今回開発した竹材突き加工機によって行った(Fig.5)。この装置は、竹材の割裂性に優れた性質を利用したものである。固定された円形状の刃物に竹材をエアシリンダーで押し込んでいくことによって、刃物の径に沿った竹釘材料を製造することができる。1本毎の圧密材から最大径でφ4.5mmの竹釘材料を製造することが可能となった。

2.3 釘側面抵抗試験

今回は、φ4.5mmの竹釘材料をφ2.5mm, φ3.0mm, φ3.5mmに加工し、先端部を鋭角に尖らせ、長さ50mmの竹釘を製造した。それら3種類の竹釘と、比較対象として鉄釘のCN50及びCN65を試験に供した。試験体数は、それぞれ6体とし、試験方法はASTM D1037を参考に試験を行った。試験速度は、2mm/minとした。それぞれの釘を打ち込む基

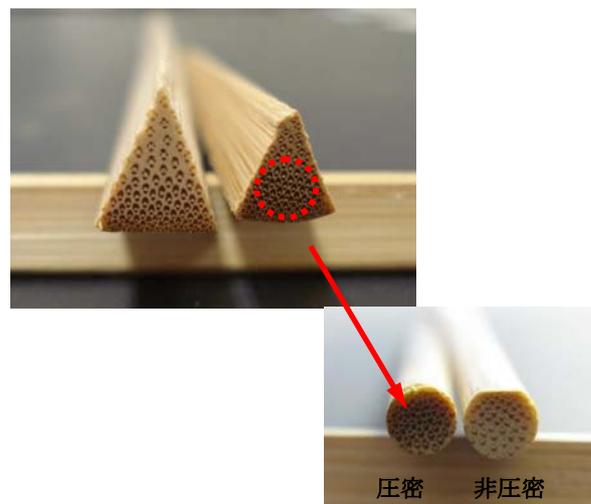


Fig.4 圧密化した竹釘材料



Fig.5 開発した竹材突き加工機

Table 1 釘側面抵抗試験の試験パラメータ

種類	試験体名	釘径 (φ mm)	下孔径 (φ mm)
竹釘	B2.5-9	2.5	2.0
	B2.5-26	2.5	2.0
	B3.0-9	3.0	2.5
	B3.0-26	3.0	2.5
	B3.5-9	3.5	3.0
	B3.5-26	3.5	3.0
鉄釘	CN50-9	2.9	2.5
	CN50-26	2.9	2.5
	CN65-9	3.3	3.0
	CN65-26	3.3	3.0

材にはMDF(長さ100mm, 幅50mm, 厚さ12mm)を使用した。MDFの幅の中心軸の材端から9mm及び26mmの距離の位置に下孔をあけ、釘を打ち込んだ。下孔の径は、竹釘φ2.5mm, φ3.0mm, φ3.5mmに対し、それぞれφ2.0mm, φ2.5mm, φ3.0mm, CN50(φ2.9mm)及びCN65(φ3.3mm)に対し、それぞれφ2.5mm, φ3.0mmとした。Table 1 に釘側面抵抗試験の試験パラメータとFig. 6 にその試験状況を示す。

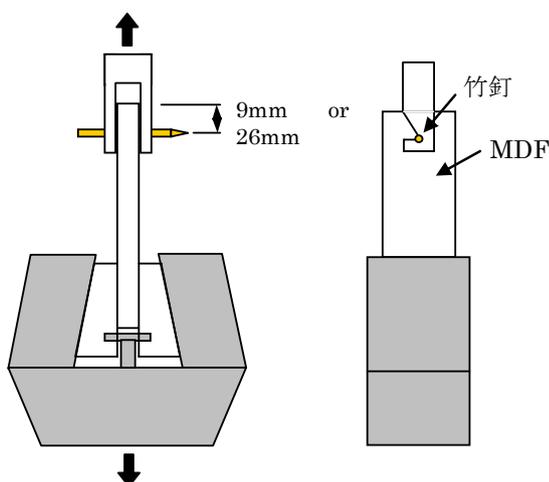


Fig. 6 釘側面抵抗試験の試験状況

2.4 引き抜き釘頭貫通試験

試験体は、釘側面抵抗試験と同様に、竹釘径がφ2.5mm, φ3.0mm, φ3.5mmの3種類と、比較対象として鉄釘のCN50及びCN65とした。竹釘の頭部径は全てφ4.5mmとし、長さは5mmとした。但し竹釘径φ3.0mmのみ10mmを追加した。試験体数は、それぞれ6体とし、試験方法はASTM D1039を参考に試験を行った。試験速度は、2mm/minとした。それぞれの釘を打ち込む基材にはMDF(縦50mm, 横50mm, 厚さ12mm)を使用した。MDFの対角線が交わる中心に下孔をあけ、釘の頭部がMDFに当たるまで打ち込んだ。下孔の径は、釘側面抵抗試験と同様である。

Table 2 引き抜き釘頭貫通試験の試験パラメータ

種類	試験体名	釘径 (φ mm)	下孔径 (φ mm)
竹釘	B2.5-5	2.5	2.2
	B3.0-5	3.0	2.5
	B3.0-10	3.0	2.5
	B3.5-5	3.5	3.0
鉄釘	CN50	2.9	2.5
	CN65	3.3	3.0

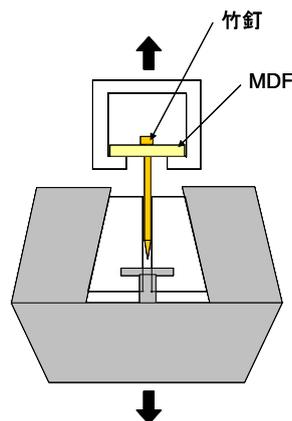


Fig. 7 引き抜き釘頭貫通試験の試験状況

Table 2 に引き抜き釘頭貫通試験の試験パラメータと Fig. 7 にその試験状況を示す。

3. 結果及び考察

3.1 釘側面抵抗試験結果

釘側面抵抗試験の結果をTable 3 に示す。Fig. 8 に最大耐力とその時の変位量について示す。今回製造した竹釘の密度は、釘径の違いによる差は見られず1.21～1.25g/cm³という結果となった。

Table 3 釘側面抵抗試験の結果

種類	試験体名	平均密度 (g/cm ³)	最大耐力 (N)	変位量 (mm)	初期剛性 (N/mm)
竹釘	B2.5-9	1.22	594.7	2.3	425.5
	B2.5-26	1.23	584.3	2.3	466.2
	B3.0-9	1.21	823.6	2.3	722.4
	B3.0-26	1.21	870.7	2.5	686.5
	B3.5-9	1.24	1155.1	2.6	948.3
	B3.5-26	1.25	1063.8	2.8	837.9
鉄釘	CN50-9		2542.5	6.6	2086.3
	CN50-26		2682.1	11.2	2587.9
	CN65-9		2750.9	5.3	3154.9
	CN65-26		3438.4	13.1	2862.8

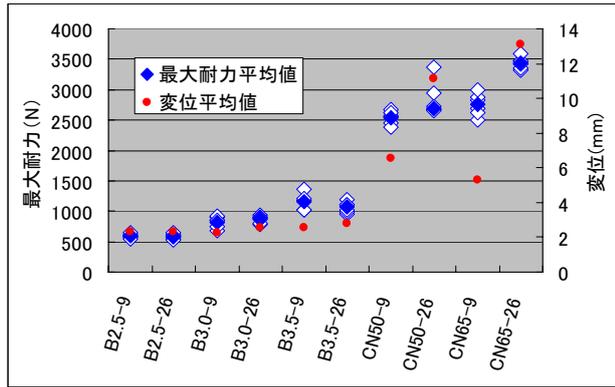


Fig. 8 釘側面抵抗試験における最大耐力と変位の関係

竹釘の釘径と最大耐力及び初期剛性の関係を見ると、釘径が大きくなるに従い、両者共に大きくなる傾向が見られた。MDFの材端からの距離と最大耐力の関係は、竹釘において、差はほとんど見られなかった。CN65に関しては、26mmの方が25%ほど高い値を示した。釘径が同程度の竹釘(B3.0)とCN50を比較すると、最大耐力においては、竹釘(B3.0)がCN50の32%程度の値にとどまった。Fig. 8を見ると分かるように、竹釘のデータは非常にバラツキが少なかった結果となった。

Table 4 引き抜き釘頭貫通試験の結果

種類	試験体名	最大耐力 (N)	破壊形態
竹釘	B2.5-5	1175	頭部破断
	B3.0-5	1317	めり込み, せん断破壊
	B3.0-10	1328	頭部破断, めり込み
	B3.5-5	1201	めり込み, せん断破壊
鉄釘	CN50	2695	
	CN65	2843	

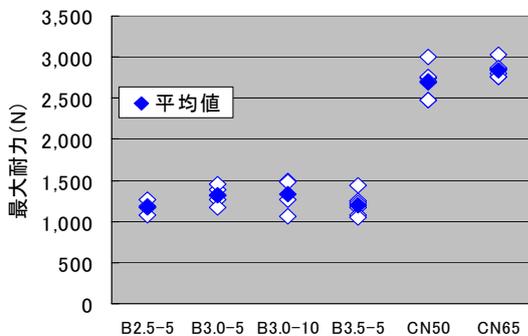


Fig. 9 引き抜き釘頭貫通試験の最大耐力



めり込み

頭部破断

Fig. 10 破壊形態の様子

3.2 引き抜き釘頭貫通試験結果

引き抜き釘頭貫通試験の結果をTable 4 に示す。Fig. 9 に最大耐力について示す。竹釘径の違いによる最大耐力への影響は、φ3.0mmがやや高い値を示した。竹釘の釘頭長の違いによる最大耐力の差は見られなかった。竹釘の破壊形態を見ると、φ2.5mmとφ3.0mmの頭部長10mmに頭部破断による破壊が多く見られた。φ2.5mmに関しては、釘径が細いため、頭部のエッジ部分が大きくなり引っ掛かりが良くなり、そのせん断耐力に耐えられず破壊したと考えられる。φ3.0mmの頭部長10mmに関しては、φ3.0mmの頭部長5mmでは、頭部破断が見られなかったことから、頭部長が長くなったことによるせん断耐力の向上により破断したと考えられる。その他は、めり込みと、頭部のエッジ部分のせん断破壊が見られた。CN釘と比較すると、約1/2の最大耐力を示す結果となった。Fig. 10に破壊形態の様子を示す。

4. まとめ

今回の結果をまとめると以下の通りである。

- ・ 圧密率約40%の絞り加工法により、密度1.21～1.25g/cm³の圧密竹釘を製造することができた。
- ・ 釘側面抵抗試験において、竹釘径が大きくなるに従い最大耐力及び初期剛性が大きくなる傾向を示した。
- ・ 釘側面抵抗試験において、竹釘に関しては、MDFの材端からの距離の違いによる最大耐力の差は、ほとんど見られなかった。
- ・ 釘側面抵抗試験において、釘径が同程度の竹釘(B3.0)とCN50を比較すると、最大耐力においては、竹釘(B3.0)がCN50の32%程度の値にとどまった。
- ・ 引き抜き釘頭貫通試験において、竹釘径の違いによる最大耐力への影響は、φ3.0mmがやや高い値を示した。また、竹釘の釘頭長の違いによる最大耐力の差は見られなかった。
- ・ 引き抜き釘頭貫通試験において、竹釘とCN釘の最大耐力を比較すると、約1/2の最大耐力を示す結果となった。