

3. 竹材の高度利用技術開発研究

＜竹材のジョイント接合による構造物開発研究＞

古曳 博也、中原 恵、兵頭敬一郎

1. 目的

本事業は、竹材という素材を、様々な分野で利用していくために必要な技術開発研究を行うもので、これまで竹材の成形や展開加工技術について継続して取り組んできた。

本年度からは3カ年計画で、竹材を素材形状のまま建築構造部材や家具材として活用していくことを目的に、竹材のジョイント部材の開発や接合方法の確立に取り組んでいく。

なお、初年度は、直線方向のジョイント法の開発を行ったので以下報告する。

2. 方法

竹材を素材形状のまま利用するために竹材強度の把握や、小口面で接合をほどこした丸竹材の強度試験ならびにジョイント部材の調査と開発を行った。

2.1 供試材料

大分県産のマダケの中から、3～5年生で直径5～7cmの湿式油抜き材（竹材をNaOHの0.04%水溶液中で15分間煮沸した後、表面を布拭きし、天日乾燥したもの）を用いた。

2.2 丸竹材の強度試験

竹材の強度を把握するために、中央集中荷重による静的曲げ試験（図1）を行った。

また、竹材の中空内に樹脂（発泡ウレタン樹脂、尿素樹脂、エポキシ系樹脂）を充填した時の、竹材の強度変化を把握するために、静荷重による横圧縮試験（図1）を行った。

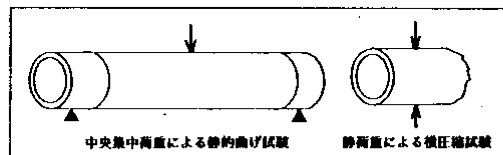


図1. 丸竹材の強度試験

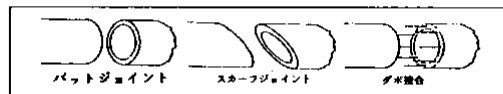


図2. 丸竹材の縦継ぎ方法

2.3 接合丸竹材の強度試験

竹材の小口面をバットジョイント、スカーフジョイント、ダボ接合によって縦継ぎし（図2）、前出の中央集中荷重による静的曲げ試験から接合強度を把握した。

なお、接合部分における接着には、尿素樹脂接着剤を使用した。

2.4 ジョイント部材の調査

ジョイント部材等の使用による、竹材の接合の可能性を探るために、建築分野やインテリア内装分野におけるジョイント部材の調査を行った。

2.5 丸竹材ジョイント部材の開発

ジョイント部材等の調査をふまえながら、アイデア・スケッチをいくつか提示し、検討をかさね、直線方向におけるジョイント部材の開発を行った。

3. 結果

3.1 丸竹材および接合丸竹材の静的曲げ性能

丸竹材および接合丸竹材の静的曲げ試験の

結果を表1に示す。

丸竹材の曲げ強さについては、節部に比べて節間部における強度低下が認められるものの、ヒノキ材やスギ材とほぼ同程度の値を示した。この試験結果より、竹材を素材形状のまま建築構造部材や家具材として使用する場合、強度的に十分適用できるものと考えられる。

一方、竹材の接合法としてバットジョイント、スカーフジョイント、ダボ接合を用いて縦継ぎした接合丸竹材の曲げ強さについては、丸竹素材に比べかなり低い値を示した。建築構造部材や家具材として竹材を用いて接合する場合には適さない接合法といえる。

よって、竹材を接合するための接合法としては、竹材素材の強度を維持するために、ジョイント部材等を使用した接合法が有効であると考えられる。

3.2 樹脂充填丸竹材の静的横圧縮性能

丸竹材の中空内に樹脂（発泡ウレタン樹脂、尿素樹脂、エポキシ系樹脂）を充填し圧縮試験を行い圧縮破壊強度値を調べた結果、ウレタン樹脂充填丸竹材については未処理丸竹材と同程度であったのに対し、尿素樹脂充填丸竹材では5倍、またエポキシ系樹脂充填丸竹材では10倍の強度を得た。

表1. 静的曲げ試験の結果

材 料	接合方法	項 目	曲げ強さ (kgf/cm)	曲げヤング係数 ($\times 10 \text{ kgf/cm}^2$)
丸竹材 (節 間)		平 均	719.1	124.4
丸竹材 (節 間部)		平 均	502.9	105.2
丸竹材 (節間部)	バット ジョイント	平 均	97.5	53.8
丸竹材 (節間部)	スカーフ ジョイント	平 均	219.4	51.0
丸竹材 (節間部)	ダボ接合	平 均	79.0	36.9
※ヒノキ		平 均	750.0	90.0
※スギ		平 均	650.0	75.0

※は木材工業ハンドブック（丸善）より抜粋

3.3 ジョイント部材の調査結果

構造材料とジョイント部材との接合方法としては大きく2種類に分けられる。構造材料の内部にジョイント部材を挿入して接合を図る方法（写真1）と構造材料の外周部にジョイント部材を取付けて接合を図る方法（写真2）である。

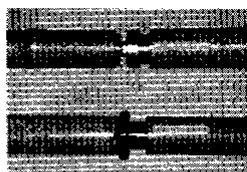


写真1. 接合方法Ⅰ

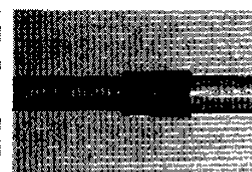


写真2. 接合方法Ⅱ

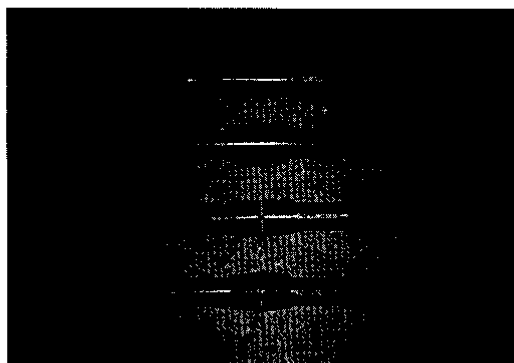
また、ジョイント部材の形状については、一体型とジョイント部材同志を金具等で接合する分離型の2種類に分けられる。

今回の調査で入手したジョイント部材を用いて竹材の接合を試みた。

竹材は工業的に作られる構造材料と異なり、断面形状は正円ではなくしかも同一径の素材が揃わない。そのため、竹材とジョイント部材との固定方法に問題を生じた。

3.4 丸竹用ジョイント部材の開発

直線方向における丸竹材のジョイント部材について4種類の開発を試みた。（写真3）



*写真の上から部材A, B, C, D

写真3. 丸竹材のジョイント部材

表2. ジョイント部材の形状と固定方法

ジョイント部材の形状		固定方法	ジョイント部材の形状		固定方法
A		エポキシ系樹脂 接着剤にて固定	C		エポキシ系樹脂 接着剤にて固定
B		金具によって固定	D		硬質ゴムをくさび状 にして挟み、金具で 固定

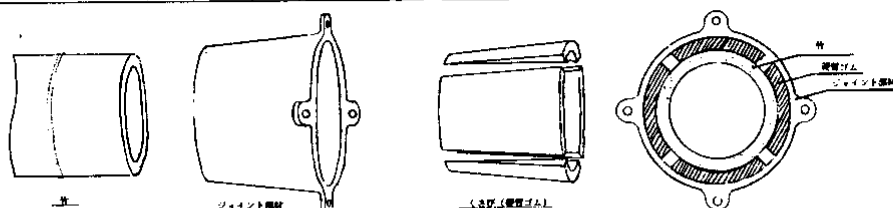


図3. 竹材とジョイント部材Dの固定方法

それぞれのジョイント部材の形状と固定方法については、表2および図3に示す。

ジョイント部材の形状として、一体型（A，B）と分離型（C，D）の2つの型を、また竹材とジョイント部材の固定には、接着剤による固定（A，C）と金具による固定（B）、さらにはくさび状の硬質ゴムによる固定（D）の3つの固定法を用いた。

また、いずれのジョイント部材においても、竹材の外周部にジョイント部材を取付けて接合を図る方法を採用した。竹材の小口面をジョイント部材で隠すことにより、空気中の水分の吸収・放出の繰り返しによって発生する竹材の割れを生じにくくするように配慮したためである。

さらに、接合部分においては、ジョイント部材の締め付けによる竹材の圧縮破壊が考えられるため、中空内をエポキシ系樹脂で充填硬化させることで竹材の強化を図った。

今回開発したジョイント部材について、部材A，B，Cには、径の異なる竹材の固定方法

に問題点が残るものの、部材Dでは、竹材の断面形状や大きさの相違に関係なく取り付け固定が可能となり、竹材のジョイント部材としての効果があった。

4. 考 察

本年度は、竹材を素材形状のまま建築構造部材や家具材として活用していくことを目的に、直線方向のジョイント部材の開発に取り組んだが、竹材は断面形状が正円でなくしかも同一径の素材が揃わないことで、竹材とジョイント部材との固定方法が課題となった。

今回開発したジョイント部材のなかで、硬質ゴムをくさび状にして用いた固定方法は効果的であった。

今後は、簡易的に竹材が固定できるようジョイント部材の改良を図りながら、さらに多角的に立体化したジョイント部材の開発に取り組んでいく必要がある。