

超音波による木材の接合

Ultrasonic Wood Joining

須藤太陽
指導教員 渡辺裕二

拓殖大学 工学部 電子システム工学科 渡辺(裕)研究室

本研究は、超音波による木材の接合の要因および接合強度との関係を明らかにすることを目的とし、国産材であるヒノキとサクラを用いて実験を行った。木材の接合に超音波を利用することで、接合の新たな可能性を探るとともに、特殊な成長形態を示すあて材の有効利用を促進することを目指す。

キーワード：超音波、接合、木材、木材の接合

1 はじめに

1.1 背景

木材の接合方法としては、一般的に釘や接着剤を用いる手法が広く採用されている。本研究では、木材の接合に超音波を利用することで、接合の新たな可能性を探るとともに、あて材の有効利用を促進することを目指す。[1]

1.2 目的、方針

先行研究により、スギ材を用いた接合は振動子（28.5kHz）と SONOPET303S を用いて 100%の接合率が確認されている[2]。本研究では、国産材であるヒノキおよびサクラを対象に実験を行い、接合の要因および接合強度との関係を明らかにすることを目的とする。

1.3 超音波による木材接合の原理

木材の主要成分はセルロース、ヘミセルロース、リグニンである。リグニンは熱可塑性を有し、加熱によって熔融し炭化する特性を持つ。この特性を利用し、振動子による木材表面の摩擦加熱と静圧力の付与によって、木材同士の接合が可能であると考えられる。

1.4 使用する木材の特徴 [3]

ヒノキは、針葉樹の中でも特に腐朽に対する耐性が高く、また害虫にも強い特性を有している。この特性は、ヒノキの細胞壁に豊富に含まれるリグニンに起因すると考えられる。リグニンは木材の強度や耐久性を高める重要な成分であり、接合においてもその影響が期待される。

サクラは、広葉樹の中でも特に導管が細く、密度が高いという特徴を有している。また、直線的な木目を持ち、加工が容易であることから、木材としての利用価値が高いとされている。これまでの研究では主に針葉樹を対象としてきたが、本研究では視野を広げるために、日本で広く知られる広葉樹であるサクラを選定した。

2 実験方法

2.1 使用機器

振動子(28.5kHz)、アンプ(SONOPET303S)、ロードセル(TCLZ-50KA)、直流電源×2、マルチメータ(3478A)、サクラ、ヒノキ(12mm, 12mm, 8mm or 9mm)

2.2 実験方法

2つの木材の木目を縦と縦、縦と横、横と縦、横と横の4種類を組み合わせ、重ね合わせる。そして上から静圧力を加えながら振動子を加え、木材を接合させる。ヒノキは2秒、サクラは1.5秒間あてて、加圧15kg~35kgをそれぞれ加え実験を行ったその後、ロードセルを用いて強度を測定し、評価する。

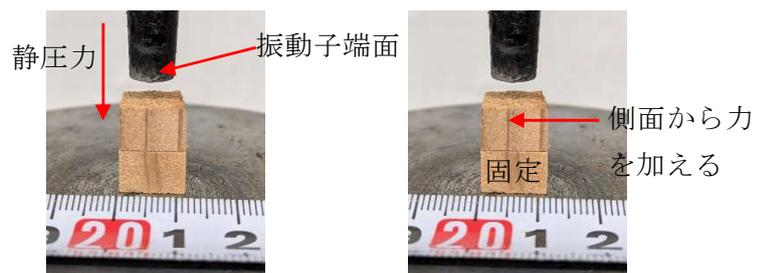


図1 左：接合方法

右：強度測定方法

図1に接合方法と強度の測定方法をまとめた。また、図2に使用する振動子とアンプおよび振動速度のデータをまとめた。そして強度測定に使用するロードセルを図3にまとめた。

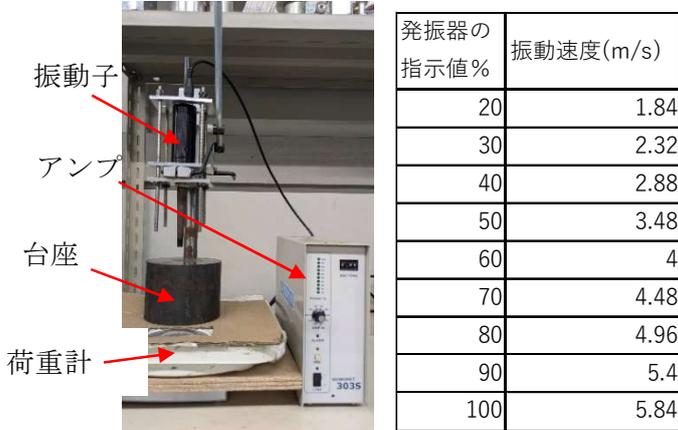


図2 実験で使用する振動子とアンプ（発振器）およびアンプ指示値と振動速度の関係

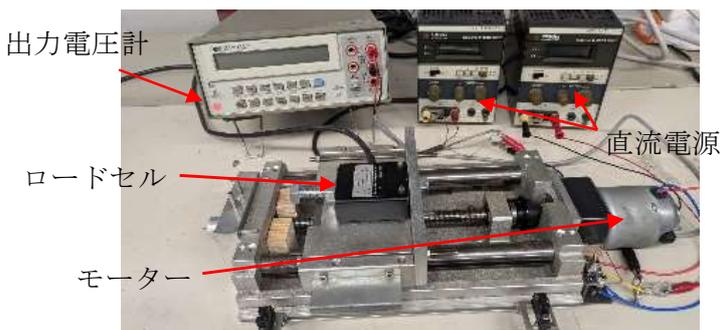


図3 強度測で使用するロードセル

3 接合結果

木目が縦と縦の組み合わせにおいて、高さ8mm および 9mm のヒノキ材を使用した結果、接合成功率はそれぞれ 55%および 90%であり、最大強度は 153.10N および 158.80N に達した。また、高さ 8mm および 9mm のサクラ材に関しては、接合成功率がそれぞれ 80%であり、最大強度は 177.36N および 179.02N となった。

一方、ヒノキの木目が縦と横の組み合わせの場合、接合成功率は 40%に留まり、最大強度は 33N に過ぎなかった。また、サクラの縦と横の組み合わせでは、接合成功率は 44%になり、最大強度は 36N であった。

さらに、ヒノキ、サクラどちらも木目が横と縦、または横と横の組み合わせでは、接合が全く接合しなかった。

またヒノキとサクラの木目が縦と縦、縦と横を接合した図4に示す。また、表1に各木材の耐えた荷重の平均値を示す。

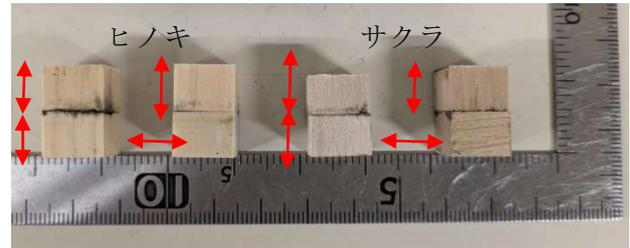


図4 木目が縦と縦、縦と横の組み合わせ（矢印の方向が木目の方向）

表1 各木材の耐えた荷重の平均

ヒノキ9mm	耐えた荷重の平均	サクラ 9mm	耐えた荷重の平均
縦と縦	30.41282771	縦と縦	67.26905113
縦と横	11.94815135	縦と横	13.56822331
横と縦	0	横と縦	0
横と横	0	横と横	0

4 考察

結果から、木目が縦と縦の組み合わせでは、木材の種類によって接合率が異なることが示され、接合材の選定における木材特性の重要性が再確認された。

一方、木目が縦と横の組み合わせでは木目の方向性が超音波接合の効率に大きな影響を与えることを示しており、特に横方向の木目は超音波の伝播を妨げる可能性が高いと考えられる。さらに、木目が横と縦、または横と横の組み合わせにおいては接合しなかったことから、木目の方向性が接合の成功において極めて重要であることがわかる。

総じて、木材接合の成功には、木材の種類と木目の方向性が深く関連していることが明らかとなった。

今後の研究においては、さらなる実験を通じて、異なる木材特性や接合方法の最適化を図ることが求められると考える。

参考文献

- [1] 渡辺, 成瀬, 森:日本音響学会講演論文集 2-P-16(2013.3)
- [2] 小川和人, “超音波による木材の接合” (2023年度 卒業論文)
- [3] 島地, 須藤, 原田共著, “木材の組織” 森北出版株式会社 (2016.7.29)