

節を考慮した木・鋼ハイブリッド材の数値解析

環境構造工学分野 7018815 君島 真美
指導教員 青木 由香利

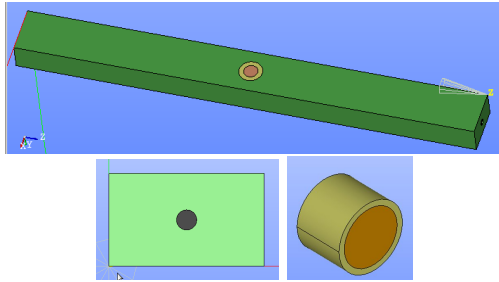


図-1 数値解析モデル

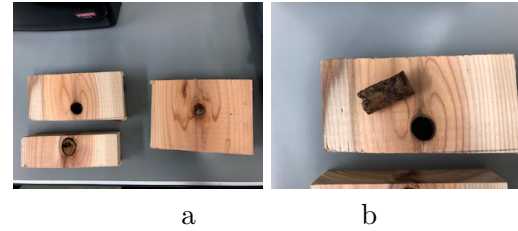


図-2 実際の節の例

1. はじめに

近年、世界中で二酸化炭素排出量の抑制が最も重要な環境問題の1つになっている。本研究では、二酸化炭素排出量の抑制が見込め、これまでと同等、もしくはそれ以上の強度を発揮する新しいサステナブルな建材として、木材に注目し、木材と鋼材を組み合わせた木・鋼ハイブリッド材を開発し、木橋や木造中高層ビルへの採用を目的とする。

本論文では、これまでの結果¹⁾から、節が木材材にとって強度の発現に最も影響していることがわかったことから、数値解析上で節を再現し、弾塑性解析を行ったものである。

2. 節の再現方法

このモデルでは図-1に示すように節の形状を水平横向きの方柱とし、部材の中心に、上面半分と下面半分それぞれに節を配置し弾塑性解析を行った。節を方柱にした理由は、節には様々な形状があり、図-2に示すようにある程度の深さで方柱形で存在する節もあることや、形の再現が容易であることなどから本研究では節の中心部分を方柱で模した。方柱の節のヤング率は節の特性を考慮し、スギを想定した母材(7GPa)部分よりも剛性を相対的に大きくし、10GPaとした。さらに、実際の実験結果などを見ても、節そのもので破壊が起こるわけではないため、本研究では節周辺を円形の膜で覆い、その部

分のヤング率を母材のヤング率を低くすることで、より実際の節の特徴を再現することとした。

3. 節を有する木材の数値解析モデル

本研究の数値解析モデルをここに示す。図-1に示すように、長さを1000mm、断面を幅100mm、高さ60mmの長方形とした。ヤング率は平均的なスギ材程度の7GPa、ポアソン比は0.4とした。境界条件は両端から150mmの下面を線拘束で単純支持とし、荷重は中央上面に鉛直上向きの力を線載荷で与えた。先行研究²⁾より、節の直径は30mm、節の周辺部の厚みは10mm、また、節周辺部の条件はヤング率を母材の半分である3.5GPa、降伏応力は1MPaとすることが妥当であるとわかったためそのようにして解析を行った。木材の降伏応力はスギ材の圧縮実験³⁾の結果を参考に31MPaとした。本研究では節が存在している場合の木材全体の挙動を再現しようと試みているため、節には弾塑性は入れずに線形弾性のままで解析した。

本研究では鋼材や節の有無、節の位置を変えた6ケースを解析した。ケースaは木材、節なし、ケースbは木材、節上面、ケースcは木材、節下面ケースdは木材+鋼材、節なし、ケースeは木材+鋼材、節上面、ケースfは木材+鋼材、節下面とした。ここで、図-1の左下図に示すように鋼材は木材の中心部に配置した。鋼材の直径は13mmとし、ヤング率は206GPa、ポアソン比を0.3とした。

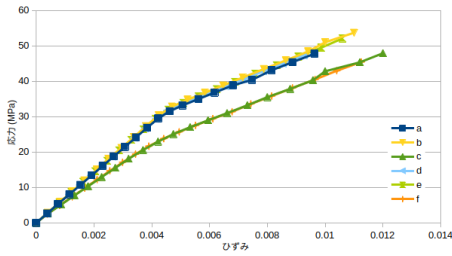


図-3 応力-ひずみ曲線

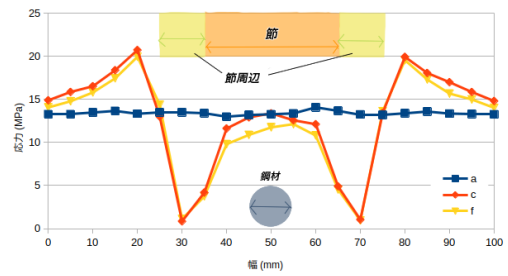


図-4 荷重線下部の応力分布 (10MPa)

4. 数値解析結果

まず、荷重線の下部分の変位を比較する。ケース a, b, ケース a, c をそれぞれ比較すると、a は 12.63mm, b, c はどちらも 13.58mm となった。さらにケース d, e, f を比較すると、d では 12.14mm, e, f は 13.04mm となった。このように節の有無により約 7% 程度変位が増加していた。節の位置では差はなかった。

次に、荷重線下部の各点の応力の平均とひずみの曲線を図-3 に示す。このグラフより、節が下にあるケース c, f は他の解析結果よりも小さい応力で降伏していることがわかる。ここで、図-4 に平均した下縁の軸方向応力が 10MPa のときの荷重線下部の各点ごとの応力を示す。このときの荷重は約 5kN であった。図に示すのはケース c と f, そして比較のためケース a も示す。この場合、どの点においても降伏応力は超えていないが、節周辺部に応力集中していることがわかる。次に降伏したと見られる下縁の軸方向応力が 23MPa の各点の応力分布を図-5 に示す。このときの荷重は 10kN 程度であり、節がない部材では降伏応力を超えていないが、節があるものは一部降伏応力を超えて塑性域に入っていることがわかる。ここで、ケース c と f を比較すると、鋼材が中心部にあるケース f では中心部の応力が木材のみのケース a よりも小さくなっていることがわかる。このことより、鋼材を配置する優位性が確認できた。

5. まとめと今後の課題

今回の研究では、節がある木部材の曲げ解析を行い、節の存在の影響を調査することを目的とした。

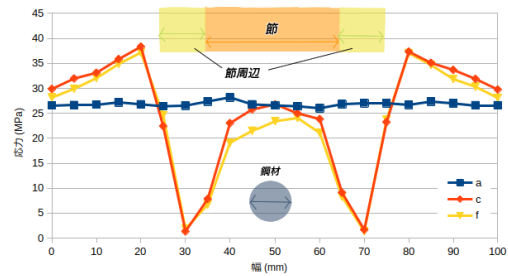


図-5 荷重線下部の応力分布 (23MPa)

節がある部材では節がないものに比べて変位が約 7% 程度増加した。部材の中心に鋼材を入れた場合でも同様の結果になり、節の存在が変位に影響を与えることを確認することができた。また、荷重線下部の応力分布より、節の存在が応力に大きく影響していることがわかった。鋼材がある部材では、中心部分の応力が抑えられているため鋼材を入れることによる優位性は十分にあると見受けられる。

今後の課題としては、鋼材の大きさや位置を変えるなどして、曲げ剛性を強くして、木・鋼ハイブリッド材の実用化をより現実的なものにしていきたい。

参考文献

- 1) L.Kia, H.R.Valipour: Composite timber-steel encased columns subjected to concentric loading, Engineering Structures, Volume 232, Article 111825, pp1-22, 2021.
- 2) 君島 真美, 青木 由香利, 後藤 文彦, Hamid VALIPOUR: 節の影響を考慮した木部材の数値モデル化, 土木学会論文集 E2, 77 巻 5 号 (特集号), 2022 年 3 月 (掲載予定)
- 3) 薄木征三, 堀江保, 亀井義典: 集成材高欄支柱の弾塑性状態における変位, 構造工学論文集 Vol35 A, pp.2, 1989 年 3 月