

木製転落防止柵の活用

—角ビームへの芯去り材の使用について—

宮崎大学農学部 森林緑地環境科学科 雉子谷佳男

1. 目的

歩行者自転車用の木製転落防止柵は従来から全国に多くの種類があるが、施工後十数年経過した現在、部材の更新の困難さや経年による劣化などの問題が発生している。このことから、宮崎県治山林道協会が平成 26 年度森林整備加速化・林業再生事業を活用して県産スギ心持ち材を使用した木製転落防止柵を開発した。この開発に伴う今後の課題の一つに柵ビームへの心去り材の使用が挙げられる。現在、スギの大径材は増加傾向にあり、心去り材の転落防止柵への有効利用が期待されている。スギ大径材から得られる心去り材は成熟材であり安定した材質を持つとの報告もあるものの、宮崎県産のスギ大径材は縦弾性率が小さい傾向があるとする報告もあり、不明な点が多い。

そこで本研究では、心去り材(以下、大径材)の転落防止柵ビームとしての性能を評価するために各種試験を行い心持ち材(以下、小径材)の試験結果との比較・検討を行った。

2. 実験方法

(1) 試験材

南那珂森林組合（以下、南とする）、耳川広域森林組合（以下、北とする）の 2 か所からそれぞれ大径丸太を 5 本、小径丸太を 2 本ずつ購入した。宮崎県森林組合連合会との打ち合わせの結果、最も用途の少ない丸太直径は 30～34 cm であることが判明した。したがって、大径丸太の直径は 30～34 cm とした。丸太直径は当初 40 cm 以上の大径丸太を考えていたが、40 cm 以上の場合、長さも 4m 近くなり垂木としての利用価値があることが判明した。ビームの木取りは柱採取後の端材を使うことを想定していたが、この大きさの大径材はそもそも使うことがないということで、丸太全体を今回の実験のために使うこととなった。小径丸太は宮崎県治山林道協会が製作した昨年の試作品と同様に、直径 11～12 cm の丸太を使用した。ビーム断面形状は、丸ビームより加工コストが安い角ビームとし、柵ビームの寸法は大径材、小径材ともに 75mm（縦）×75mm（横）×3000mm（長さ）とし、丸太から柵ビームの取り方は図 2.1 のように行った。図 2.1 の A は心持ち材、B は心去り材であり、C は昨年試作と同様に作られた心持ちの小径材である。1 本の大径丸太から 5 本のビームを、1 本の小径丸太から 1 本のビームを製作する。よって、大径材が南と北それぞれ 25 本ずつ、小径材が南と北それぞれ 2 本ずつとした。なお、昨年の試作品と同様に人工乾燥は行っていない。

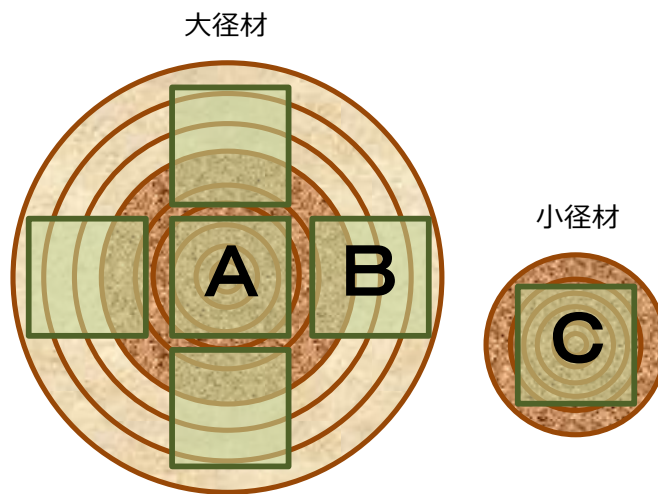


図 2.1 木取の概要図

(2) 含水率、比重、矢高および最大節径比の測定

1. 含水率：高周波含水率計で4面、3箇所ずつ測定(両端と中央)
2. 全乾比重：材積(長さ×断面積)と全乾重量から算出
3. 矢高：材の曲がり・反りの最大寸法 (図 2.2)
4. 最大節径比：材面の幅に対する節の幅の割合 (図 2.3)

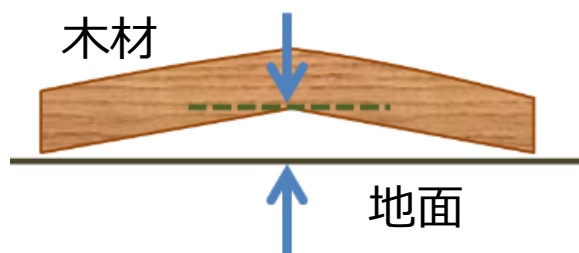


図 2.2 矢高



図 2.3 最大節径比

(3) MFA 測定

ミクロフィブリル傾角（以下、MFA）測定用の円板については、末口のみから円盤を切り出した。ヨウ素法を用いて晩材 S2 層の MFA を測定した。MFA 測定用試験片は、大径材の一枚の円板の辺材と心材の 2 か所から、小径材の 1 か所から作製した。試験片採取位置の詳しい位置は図 2.4 に示す。よって試験片の数は、辺材部が南北それぞれ 5 つずつ、心材部が南北それぞれ 5 つずつ、小径材が南北それぞれ 2 つずつとした。図 2.4 右下の写真は顕微鏡で観察した MFA である。

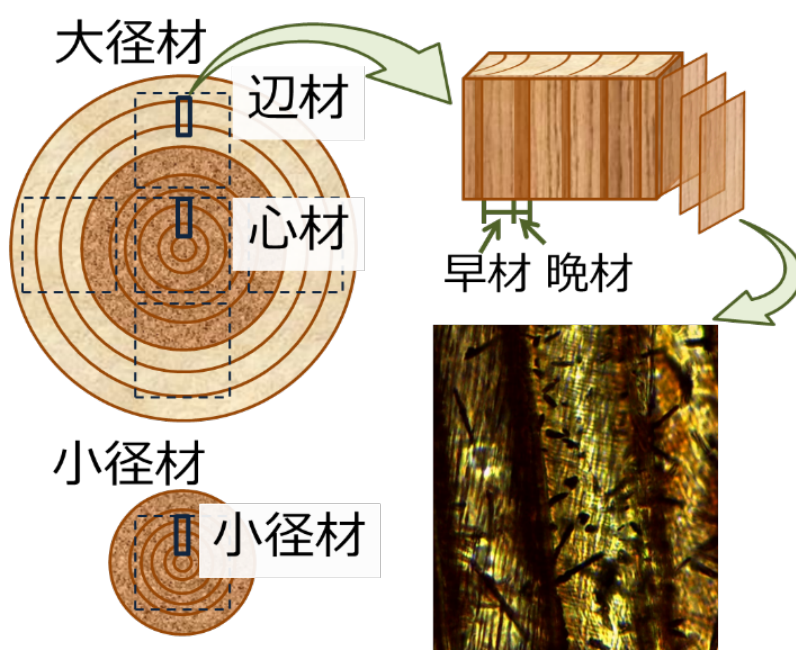


図 2.4 MFA 測定用試験片採取位置

(4) 載荷後の残留変形測定

「防護柵設置基準・同解説」の要求性能によると、歩行者自転車用転落防止柵は人が腰かける場合や自転車が衝突する場合を考慮し、柵の上端に対して垂直方向に 590N/m

(60kgf/m : 標準的な体重の成人がある程度の距離を持って座る荷重) の荷重が作用しても耐えうる強度を有さなければならない。加えて、質量 60kg 、速度 20km/h 相当の物体の衝撃力を柵面に受けた場合でも、その変形が少なく、柵の機能を十分に果たすことが求められている。従って、この性能を有することを確認するため柵ビームに重りを掛けたのち除去後のたわみ量を計り、柵ビームの材料性能試験を行った。

試験手順

1. 机の間に 3m の木材を渡し、それぞれ両端 5cm を机にかける (図 2.5)。この時、年輪の外側が下になるよう方向を統一して設置する (図 2.6)。
2. 両端を万力で固定する。
3. 渡した木材の中心に変位計を設置し、同じく中心に 60kg の重りをかける。
4. 1 分後に重りを外す。
5. 5 分間、たわみが戻るのを待ち、その後 1 分間小数第 2 位の値が変動しなかった場合その値を結果として記録する。変動した場合は、その後 1 分内に変動しなくなった時点の値を記録する。

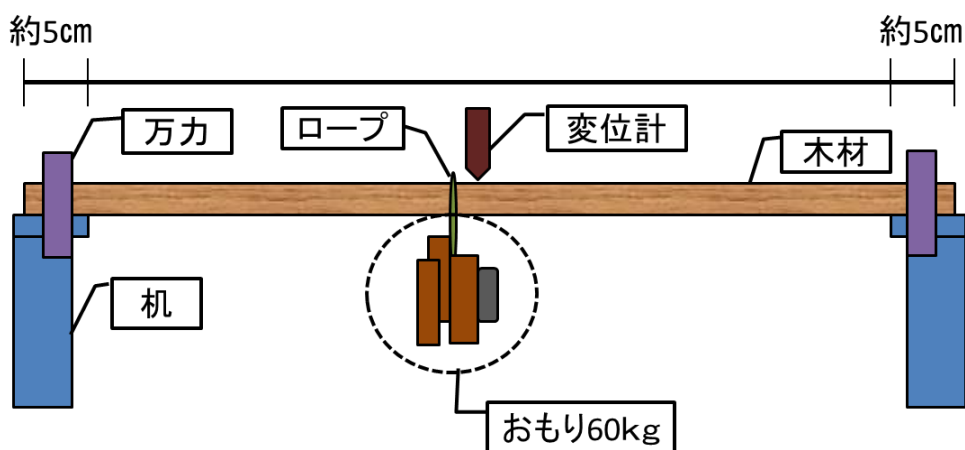


図 2.5 残留変形試験の概要



図 2.6 木材の方向

(5) 静的曲げ試験

曲げヤング率と曲げ強度を求めるために、木材の試験方法 JISZ2101 に従い静的曲げ試験を行った。図 2.7 に静的曲げ試験に用いた万能試験機の概要を示す。

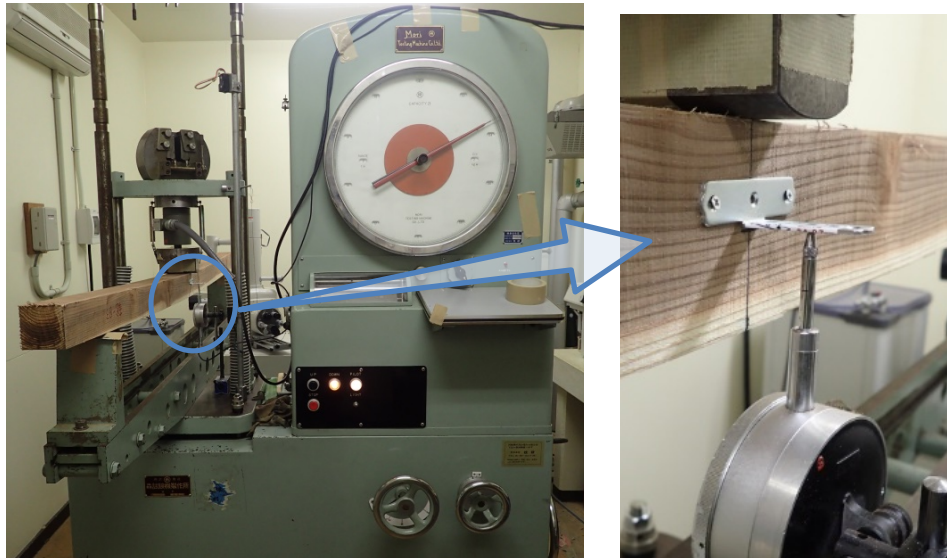


図 2.7 万能試験機を用いた試験の様子及びたわみ測定部

3. 結果

(1) 含水率、比重、矢高および最大節径比

上記の項目それぞれについて、南北間、大径材小径材で二元配置の分散分析を行ったところ、矢高の南北間 ($p < 0.05$)、最大節径比の大径材と小径材の間 ($p < 0.01$) で有意差が認められた。なお、矢高については大径材と小径材で有意差はみられなかった。従って、図 3.1 に示すように南の材より北の材で矢高が大きく、図 3.3 に示すように小径材より大径材で節が大きいことがわかった。なお、図 3.2 に矢高測定結果を、図 3.4 に最大節径比測定結果をそれぞれ示す。含水率は全て繊維飽和点以上であり、生材であった。しかし、大径材の平均含水率は 79.9%、小径材の平均含水率は 42.6%であった。

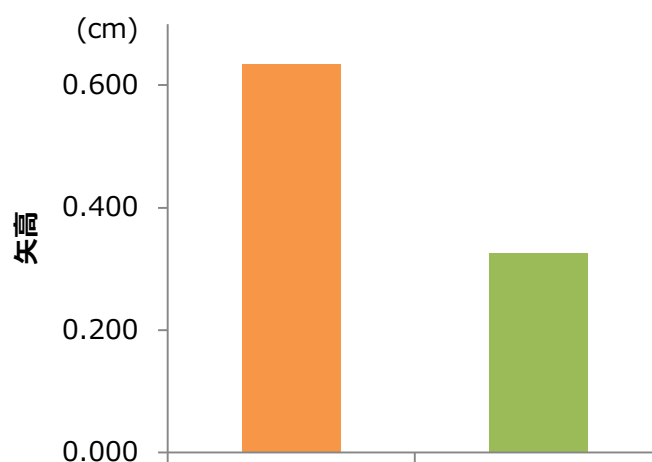


図 3.1 矢高平均

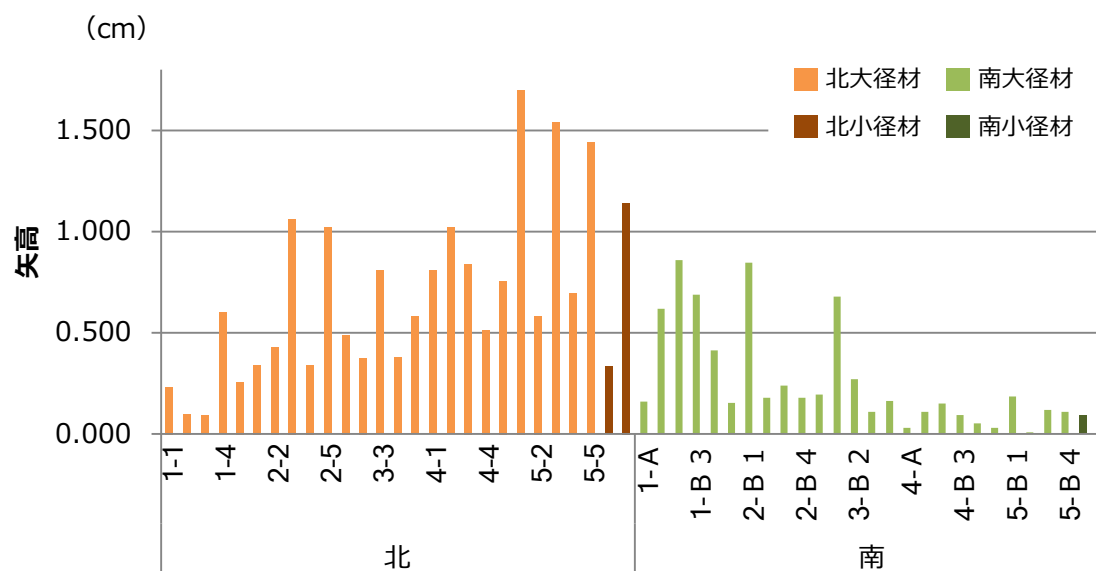


図 3.2 矢高測定結果

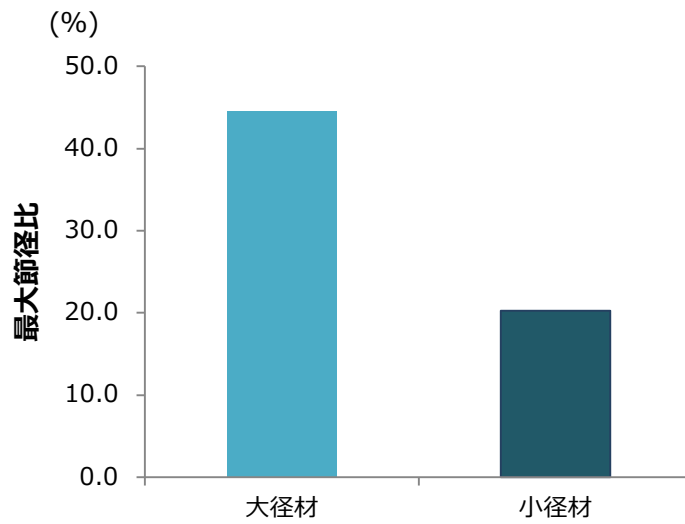


図 3.3 最大節径比平均

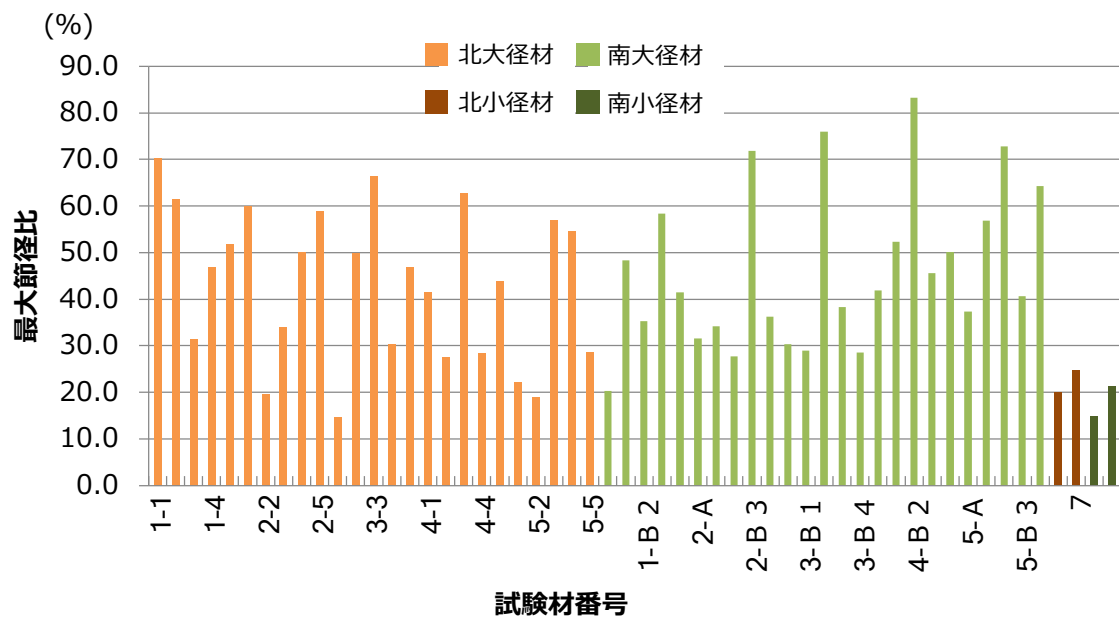


図 3.4 最大節径比測定結果

(2) 載荷後の残留変形

試験の結果を用いて二元配置の分散分析を行ったところ、大径材と小径材のたわみ量に有意差が認められた ($p < 0.05$)。したがって、図 3.5 に示すように残留たわみは小径材に比べて大径材で大きいことが分かった。なお、図 3.6 にはすべての試験材の残留変形量を示す。

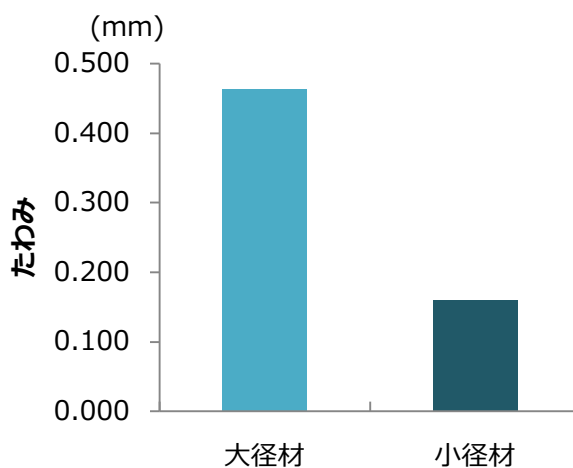


図 3.5 残留変形平均

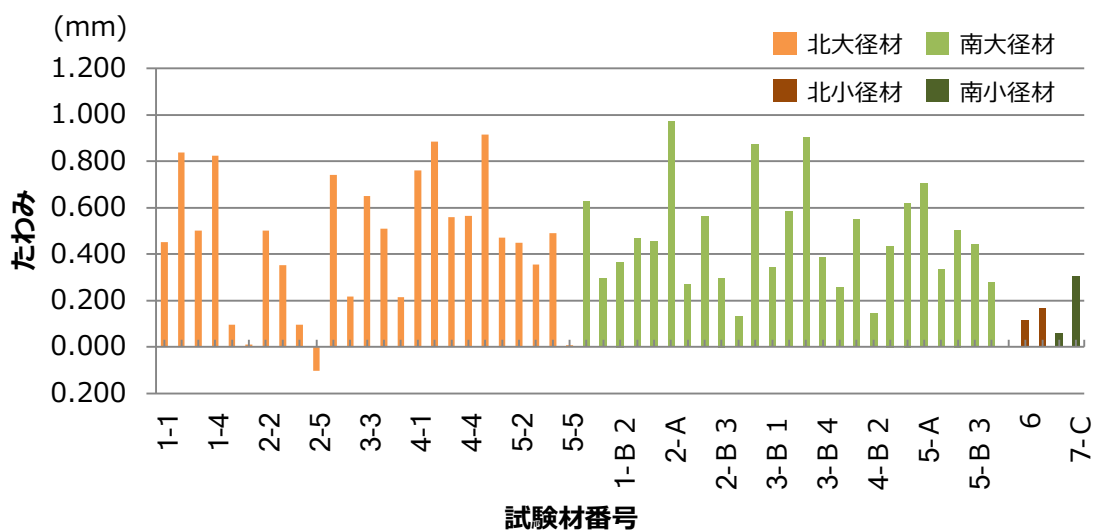


図 3.6 残留変形試験結果

(3) 静的曲げ性能

二元配置の分散分析を行った結果、南北間及び大径材小径材間の曲げヤング率には有意差はみられなかった ($p > 0.05$)。従って、図 3.7 に示すように曲げヤング率は小径材と大径材で差が無いことがわかった。なお、図 3.8 にはすべての試験材の曲げヤング率を示す。

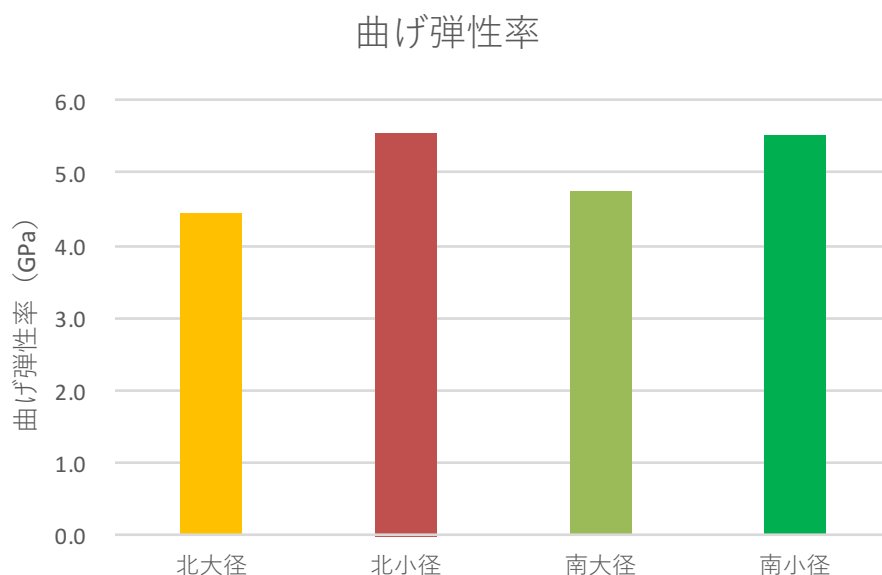


図3.7 曲げ弾性率の平均値

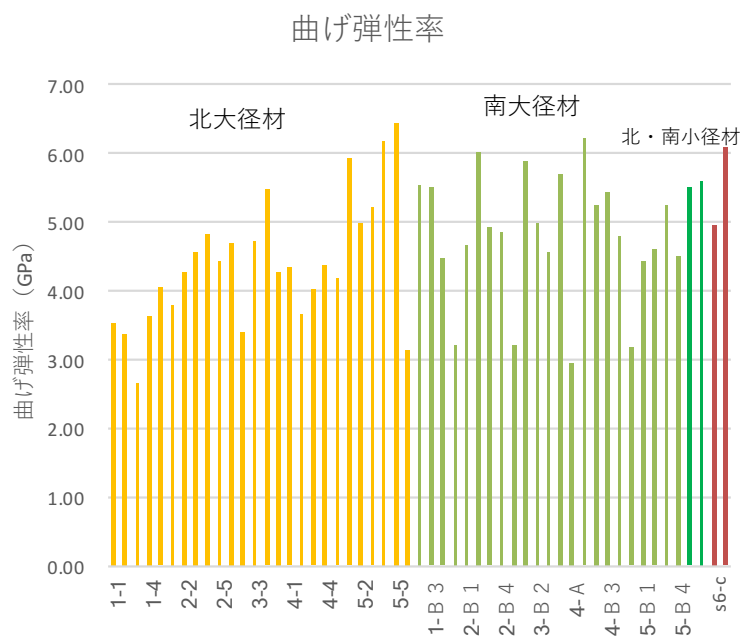


図 3.8 全試験材の曲げ弾性率

二元配置の分散分析を行った結果、南北間および大径材小径材間の曲げ強度には有意差はみられなかった ($p > 0.05$)。従って、図 3.9 に示すように曲げ強度は小径材と大径材で差が無いことがわかった。なお、図 3.10 にはすべての試験材の曲げ強度を示す。

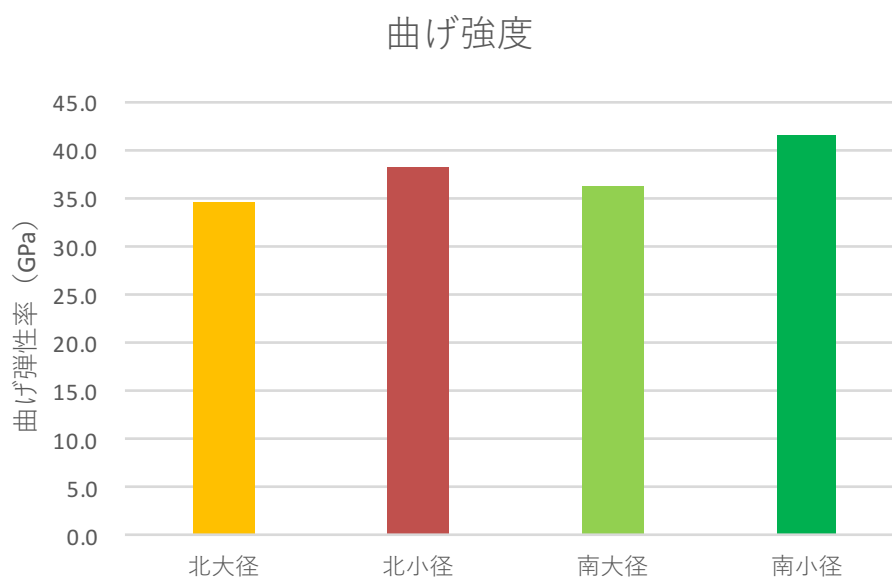


図3.7 曲げ弾性率の平均値

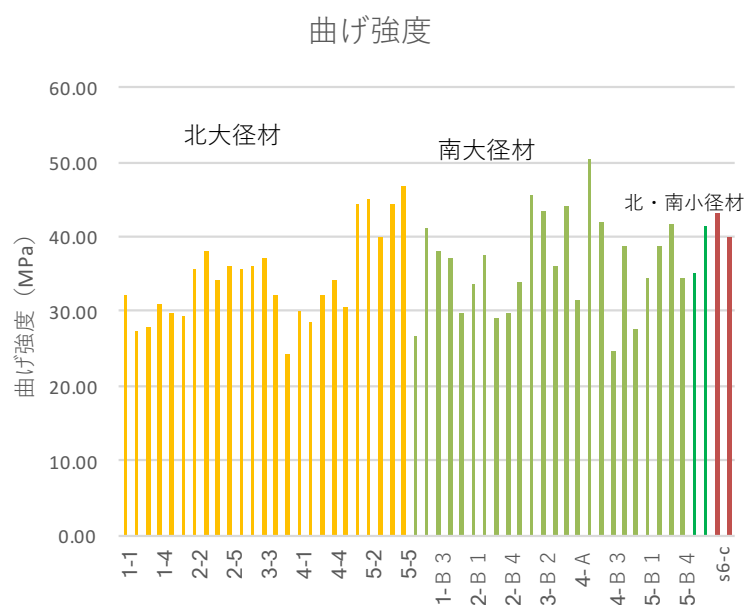


図 3.10 全試験材の曲げ強度

(4) MFA

まず、大径材の辺材と心材、大径材の辺材と小径材、大径材の心材と小径材それぞれについて検定を行ったところ、大径材の心材部分と小径材の MFA については有意差があり ($p < 0.05$)、大径材辺材部分と小径材では有意差が無いことがわかる。また、図 3.11 に示したように、大径材の辺材部分よりも心材部分の MFA が大きい傾向にあることがわかった。なお、図 3.12 には採取位置ごとのすべての試験材の MFA を示す。

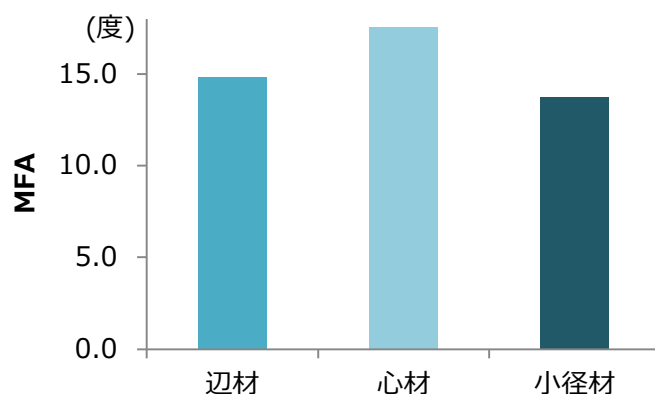


図 3.11 採取位置別 MFA 平均

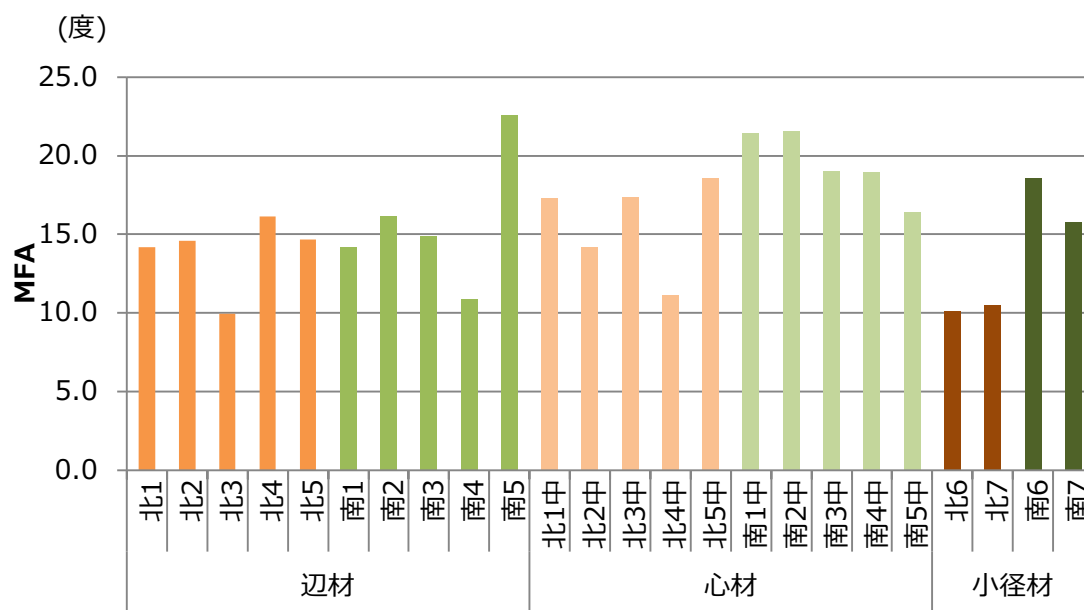


図 3.12 採取位置別 MFA

続いて大径材と小径材を北と南それぞれ検定した結果、図 3.13 に示すように、北の大径材と小径材の MFA については有意差があり ($p < 0.05$)、北の大径材の MFA は北の小径材に比べて大きいといえる。なお、図 3.14 にはすべての試験材の MFA を南北別で示す。

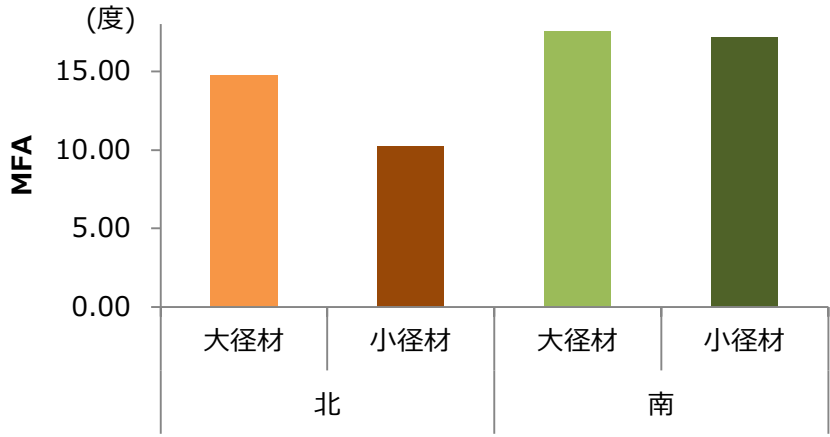


図 3.13 南北別 MFA 平均

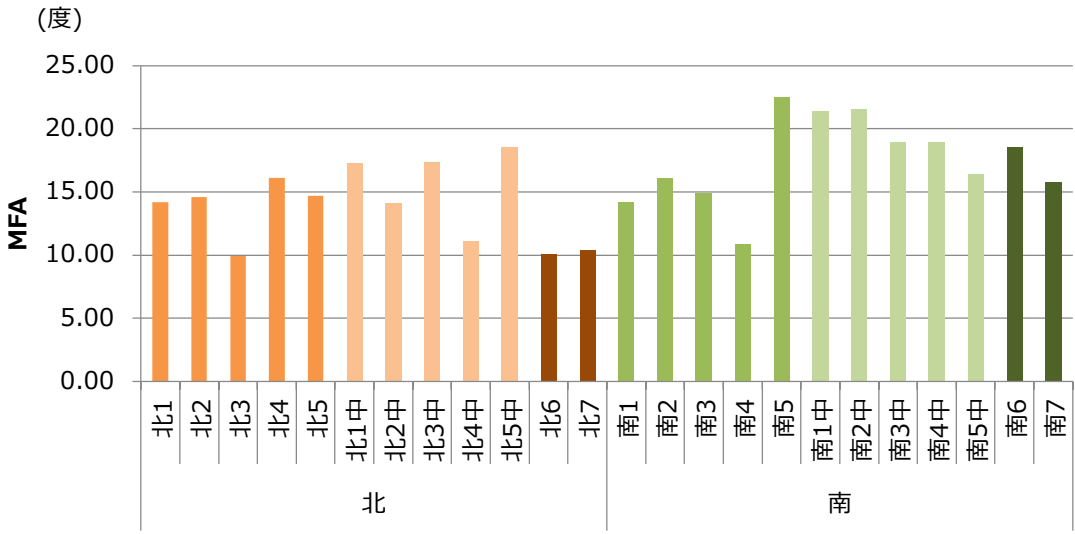


図 3.14 南北別 MFA

また、MFA と第 2 章で計測した矢高の相関係数を求めたところ、相関係数が -0.504 となり、5%水準で有意となった。従って、MFA が大きくなるほど矢高が小さくなる傾向にあることがわかる。つまり図 3.15 に示したように、MFA が小さい小径材では矢高が大きくなる可能性が考えられる。

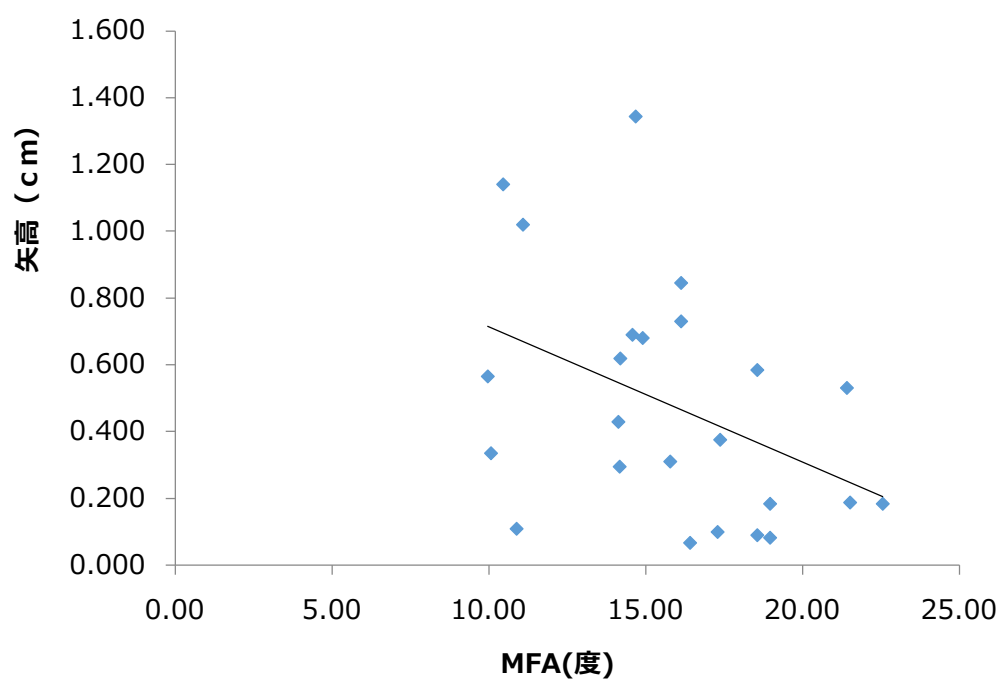


図 3.15 MFA と矢高の関係

4. まとめ

曲げヤング率、曲げ強度ともに大径材と小径材で有意差はみられなかったものの、どちらの結果でも大径材に比べて小径材の値が大きい傾向がみられたため、小径材の曲げ性能が大径材よりも優れている可能性があると考えられる。ミクロフィブリル傾角などの組織構造の違いが関与しているかもしれない。荷重点付近に節のある材では、図4に示すように節部分から破壊が起こることが確認された。従って、節が大きい、または多い大径材では節による強度の低下が起こると考えられる。

大径材は小径材と比較して残留たわみが大きい結果となり、大径材を転落防止柵ビームに使用する際は断面積を増やす等の対策が必要であると思われる。

転落防止柵ビームの性能試験では小径材が北2本南2本の合計4本のみであり試験木本数が少なかったかもしれない。

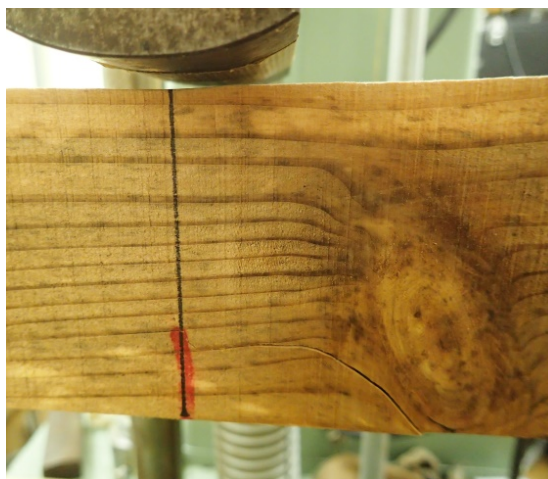


図4 試験体1-5の節部の破壊状況