

# トドマツ樹幹の強度について

性能部 構造・環境グループ 藤原 拓哉

## ■はじめに

近年、台風が勢力を落とさないまま北海道に上陸するケースが見受けられます。台風慣れていない北海道民にとっては平成28年8月の台風10号がもたらしたインフラストラクチャーへの被害は衝撃的なものでした。台風の被害は人が住んでいる地域だけでなく、森林でも発生しました。樹木の根返りや幹折れといった形態ですが、その発生には風の強さ（風速）だけではなく、樹木側の抵抗力（倒れにくさ、折れにくさ）も関係します。このため、被害を減らすためには抵抗力の高い森林へと改良することが有効な対策となります。

風害への抵抗力の評価では、1本の樹木について風が樹木の内部にもたらす力を計算できるようにモデル化を考えます。これを使うと、樹木を折るのに必要な力の大きさ、樹木を倒すのに必要な力の大きさ、および樹高、直径、枝下高といった樹木の形状から被害が発生するときの風速を逆算することができ、この風速が抵抗力評価のベースとなります。なお、本稿はもっぱら幹折れを対象としていますので、木材の強度をあてはめ、風速を算出します。しかし、トドマツにおいては丸太で、水分状態が生材の強度試験データは極少数しかありませんでした。そこで、トドマツ生材丸太の破壊試験を行い、データの充実を図るとともに、林齢や胸高直径といった森林情報と強度の関係について検討しました。

## ■研究の内容

試験木は美唄市、幕別町、大樹町、および旭川市で伐採したものです。林齢は10～44年生で、各林分において広範囲の胸高直径（2.6～34.3cm）を含むように選木しました。

曲げ強度試験体は材長2～4mに玉切りした1番玉から採取し、スパンは直径に応じて変更しました。曲げ試験の様子を写真1に示します。

曲げ強度試験で得られる曲げ強さはその名称が示すとおり、折れにくさと直接かかわってきますので、曲げ強さが大きいと幹折れが発生する風速も大きくなります。曲げ強さと林齢との関係を見ると、15年生の曲げ強さが他の林齢よりも低い値となりましたが、それ以外の傾向は見出せず、曲げ強さと直径と

の間にも関係は見出せませんでした。一方、胸高付近から採取した円板の平均年輪幅と曲げ強さの間には、負の相関が認められました。先ほど曲げ強さが低かった15年生は林齢の割に直径が大きく、年輪幅が広がった林分でしたので、15年生でみられた挙動の説明がつけます。このほか容積密度数などで曲げ強さととの相関が認められました。



写真1 曲げ強度試験の様子

曲げ強度試験では曲げ強さと同時に、力と変形量の関係を表す値であるヤング係数も得られます。今回採用しているモデルでは根返りさせようとする力を（風圧力）＋（風圧力によって水平方向に変位した樹冠や樹幹の重量）としています。樹冠や樹幹の重量の効果は変形量が大きいほど大きくなります。つまり、ヤング係数が小さいと樹冠・樹幹の水平変位が大きくなり、根返りを起こすために必要な風速は小さくなるという因果関係が想定されます。ヤング係数は林齢、胸高直径、容積密度数と高い相関を示しましたが、平均年輪幅との相関はやや劣りました。林齢とヤング係数の関係を図1に示します。

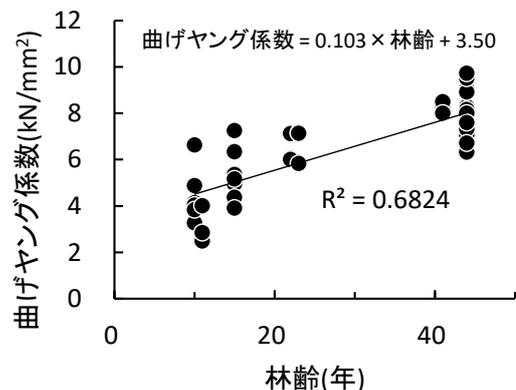


図1 林齢と曲げヤング係数の関係

ここで、この研究の目的に立ち返ってみると、森林の風害への抵抗力を評価することになりました。したがって、伐採せずに評価できることに重きを置く必要があります。ヤング係数については林齢でおおよその値を推定できることが分かりましたが、曲げ強さについては林齢では推定精度が低く、胸高直径では問題外でした。平均年輪幅の精度に問題はありませんが、伐採しないとわかりません。容積密度数も同じです。そこで、胸高直径と胸高円板のトータルの年輪幅との関係、ならびに林齢と胸高円板の年輪数との関係を調べたところ、明確な関係が確認でき、胸高直径と林齢で平均年輪幅を表現することができました。この関係を使って、曲げ強さと林齢、胸高直径の関係を図2に示しました。これを見ると、林齢がほぼ同等であれば、胸高直径が大きくなるにつれて、曲げ強さが低下する傾向がみられ、その落ち方（近似直線の傾き）は若齢であるほど大きくなること表わされています。また、今回の実験は対応していませんが、個体レベルでの成長経過の追跡では、年輪幅は若齢時から徐々に減少するため、加齢に伴う強度の向上も表現されます。

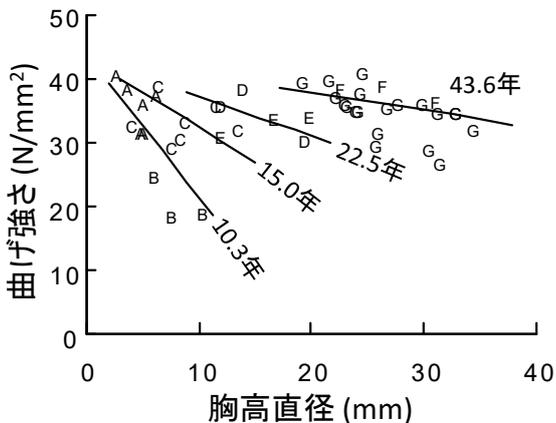


図2 林齢、胸高直径と曲げ強さの関係

A：旭川10年，B：浦幌11年，C：旭川15年，D：旭川22年，E：浦幌23年，F：大樹41年，G：美唄44年

また、強い風により「もめ」と呼ばれる傷害が樹木に発生することがあります。これは風下側となった木材組織が押し潰された痕跡で、強度が失われているものの、乾燥すると見分けにくくなってしまいう危険なものです。このもめの発生に関わる圧縮強さを測定しました。試験体はすべて曲げ試験体の壊れなかった部分から採取したもので、圧縮強さと曲げ強さを比較してみました。結果的に圧縮強さは曲げ強さの約0.4倍の値をとりましたので、曲げ強さの推定方法が適用できます。

■おわりに

カラマツについては幹折れよりも根返りの被害が多いこと、生材丸太の強度試験データも比較的多いことなどから、強度試験の対象とはしませんでした。本稿ではトドマツ丸太の強度試験を通じて、トドマツ樹幹の強度特性を紹介しましたが、これだけでは風倒害の問題は解決できません。林業試験場・林産試験場では平成30年度から令和2年度にかけて行った風倒害に関わる研究の成果を「風倒害に強い森づくりのために」というパンフレット（図3）にとりまとめているので、ご一読ください。

HPに掲載！

スマホで閲覧！



図3 作成したパンフレット

http://www.hro.or.jp/list/forest/research/fri/kanko/fukyu/pdf/fuutou2.pdf

■謝辞

供試木の調達にあたり、（一社）北海道林業機械化協会、十勝総合振興局森林室、上川総合振興局南部森林室にご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

(事務局より:本稿は「山つくり」2023年1月号に寄稿した記事を再編集したものです。)