

スギ、ヒノキの力学的性質におよぼすもめの影響について

九州大学農学部 松村 順司・小田 一幸
堤 壽一

1. 緒言

台風19号のような強大な風圧力を繰り返し受けつづけた林分では、樹幹が曲げ荷重を受けるため、樹幹の折損、湾曲、倒伏などの被害が見られる。このような被害木の樹幹には、巨視的にも微視的にも、もめが広範囲にわたって観察される。また、一見正常に見える残存立木も、同様の風圧力を受けているため、材内には上に述べた欠点を生じているものもある。従って、このような欠点を持つ木材を利用するとき、欠点が木材の力学的性質におよぼす影響を把握することが重要である。

以上のような背景を踏まえて、木材の力学的性質におよぼすもめの影響を明らかにすることを目的に、台風19号の被害を受けたスギ、ヒノキを対象にして、もめ発生側ともめが認められない反対側で、縦圧縮試験と曲げ試験を行い、比較、検討を行った。

2. 実験

(1) 試験木の概要

試験木は台風被害を著しく受けたスギ、ヒノキ林分において、顕著なもめが認められた残存立木である。なお、ヒノキは大分県湯布院町の九州林産(株)社有林五馬山林(54年生)から、スギ(実生)は福岡県嘉穂町の民有林(35年生)から伐倒された。

(2) もめの観察

試験木の木部最外層において、もめの接線方向の長さとも部最外層から内部への放射方向の深さを測定した。また、肉眼的にもめが認められない部位から顕微鏡観察用の試料を切り出し、走査型電子顕微鏡を用いて損傷の有無を観察した。

(3) 曲げ試験

一般に、もめは樹幹の片側に集中して発生しているため、樹幹をもめ発生側(もめ側)と反対側に分けた。それぞれの木部外周部位から次の3種類のヒノキの曲げ試験片(放射方向に幅2.3cm、接線方向に厚さ1.4cm、

軸方向に長さ26cm)をつくり、生材状態で中央集中荷重による曲げ試験を行った。

A: 反対側の無欠点試験片

B: 曲げ試験片の中央部(荷重点)に、もめが存在する試験片

C: 曲げ試験片の任意の位置に、もめが存在する試験片

(4) 縦圧縮試験

曲げ試験と同様に、樹幹をもめ側と反対側に分け、それぞれの木部外周部位から次の3種類の縦圧縮試験片(ヒノキ:断面2.3cm×1.4cm、長さ6cm、スギ:断面2cm×2cm、長さ6cm)をつくった。そして、曲げ試験と同様に生材状態で縦圧縮試験を行った。

A: 反対側の無欠点試験片

B: 肉眼的に確認できるもめを持つ試験片

C: もめ側で肉眼的にもめが認められない部位から得た試験片

3. 結果と考察

(1) 樹幹内のもめの発生状況

図1にヒノキ、図2にスギの樹幹木部最外周部長に占めるもめ発生部域の割合、および木部最外周部からのもめの深さの一例を、樹幹方向の推移として示している。2つの図より、もめは樹高の約2/3の高さまで分布し、発生の程度は樹高の1/4~1/3付近で最大値を示した。また、もめ側で肉眼的にもめが認められない部位ともめ側の反対側で顕微鏡観察を行った結果、もめ側では仮道管壁に、“しわ”が観察された(図3)。他方、反対側では明らかな損傷を見いだせなかった。すなわち、もめ側では肉眼的に認められるもめに加えて、顕微鏡レベルの損傷(“しわ”)が広範囲にわたって存在することが確認された。

(2) 曲げヤング率と曲げ強さ

表1には試験片のタイプ別にヒノキの曲げ試験結果が示されている。表1より、反対側Aの値に対するもめ側B、Cの平均値の低下は、曲げヤング率で58%と35

%, 曲げ強さで28%と8%を示した。すなわち, もめの存在は曲げ強さよりも曲げヤング率に著しい影響を与えることが認められた。また, 曲げヤング率と曲げ強さの両方で, 反対側Aよりもめ側B, Cで変動係数が大きい, これはもめ側Bではもめの程度, もめ側Cではもめの程度に加えてもめの位置が関与していることを示している。さらに, もめ側Cよりもめ側Bで平均値が小さいことから, 荷重点付近のもめの存在が曲げヤング率や曲げ強さに著しく影響することが認められた。

(3) 縦圧縮ヤング率と縦圧縮強さ

表2にヒノキ, 表3にはスギの縦圧縮試験結果を試験片のタイプ別に示している。比重を1としたときの圧縮ヤング率(比ヤング率)と圧縮強さ(比圧縮強さ)を反対側ともめ側で比較すると, ヒノキでは反対側Aの値に対するもめ側B, Cの平均値の低下は, 比ヤング率で55%と10%, 比圧縮強さで15%と6%を示した。一方, スギでは比ヤング率で36%と21%, 比圧縮強さで9%と14%を示した。

以上の結果から, 曲げ試験の結果と同様に, もめは強さよりもヤング率に大きく影響することが認められた。さらに, もめ側で肉眼的にもめが認められないCの試験片, すなわち顕微鏡的に“しわ”が認められた試験片でも反対側に比べてヤング率は低下しており, 肉眼的に認められるもめに加えて顕微鏡レベルでの“しわ”も木材の力学的性質に大きく関与することが認められた。

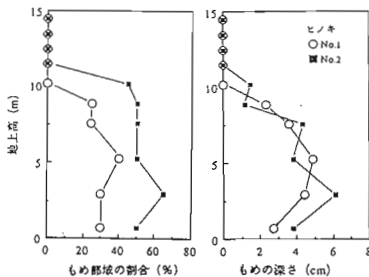


図-1 ヒノキ樹幹の木部最外周囲長に占めるもめ発生領域の割合と木部最外周部からのもめの深さ

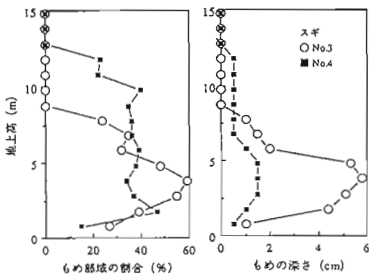


図-2 スギ樹幹の木部最外周囲長に占めるもめ発生領域の割合と木部最外周部からのもめの深さ

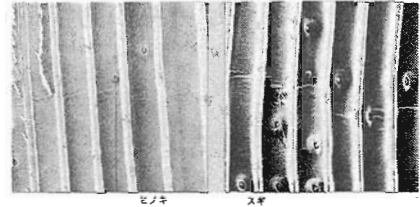


図-3 もめ側で“正常”に見える部位に観察される“しわ”

表-1 ヒノキ曲げ試験結果

| | A (n=22) | | | | | B (n=6) | | | | | C (n=31) | | | | |
|------|----------|-----|------|-----|------|---------|----|------|-----|------|----------|-----|------|-----|------|
| | r | Eb | Eb/r | Ok | Ok/r | r | Eb | Eb/r | Ok | Ok/r | r | Eb | Eb/r | Ok | Ok/r |
| Mean | 0.39 | 115 | 296 | 567 | 1453 | 0.40 | 48 | 121 | 406 | 1017 | 0.39 | 75 | 192 | 522 | 1338 |
| Min. | 0.36 | 78 | 203 | 488 | 1332 | 0.38 | 30 | 79 | 201 | 528 | 0.37 | 13 | 34 | 149 | 393 |
| Max. | 0.43 | 143 | 370 | 631 | 1567 | 0.45 | 75 | 188 | 527 | 1319 | 0.43 | 130 | 346 | 649 | 1595 |
| S.D. | 0.02 | 16 | 45 | 41 | 67 | 0.03 | 16 | 42 | 118 | 273 | 0.02 | 31 | 78 | 140 | 348 |
| C.V. | 6 | 14 | 15 | 7 | 5 | 7 | 33 | 34 | 29 | 27 | 4 | 41 | 40 | 27 | 26 |

表-2 ヒノキ圧縮試験結果

| | A (n=21) | | | | | B (n=10) | | | | | C (n=20) | | | | |
|------|----------|-----|------|-----|------|----------|----|------|-----|------|----------|-----|------|-----|------|
| | r | Ec | Ec/r | Ok | Ok/r | r | Ec | Ec/r | Ok | Ok/r | r | Ec | Ec/r | Ok | Ok/r |
| Mean | 0.40 | 100 | 256 | 205 | 516 | 0.36 | 42 | 116 | 157 | 438 | 0.36 | 82 | 230 | 173 | 485 |
| Min. | 0.36 | 55 | 133 | 177 | 446 | 0.35 | 5 | 13 | 122 | 339 | 0.35 | 58 | 161 | 160 | 440 |
| Max. | 0.43 | 130 | 350 | 235 | 552 | 0.37 | 74 | 208 | 173 | 480 | 0.38 | 128 | 357 | 185 | 508 |
| S.D. | 0.03 | 21 | 70 | 25 | 31 | 0.01 | 21 | 58 | 18 | 48 | 0.01 | 15 | 42 | 7 | 20 |
| C.V. | 7 | 21 | 27 | 12 | 6 | 2 | 50 | 50 | 11 | 11 | 2 | 18 | 18 | 4 | 4 |

表-3 スギ圧縮試験結果

| | A (n=81) | | | | | B (n=69) | | | | | C (n=37) | | | | |
|------|----------|-----|------|-----|------|----------|-----|------|-----|------|----------|-----|------|-----|------|
| | r | Ec | Ec/r | Ok | Ok/r | r | Ec | Ec/r | Ok | Ok/r | r | Ec | Ec/r | Ok | Ok/r |
| Mean | 0.35 | 99 | 278 | 243 | 686 | 0.35 | 63 | 178 | 220 | 623 | 0.33 | 73 | 219 | 196 | 590 |
| Min. | 0.33 | 45 | 130 | 210 | 584 | 0.33 | 19 | 51 | 156 | 419 | 0.31 | 21 | 66 | 160 | 524 |
| Max. | 0.39 | 140 | 398 | 281 | 769 | 0.38 | 112 | 324 | 254 | 690 | 0.36 | 134 | 413 | 231 | 653 |
| S.D. | 0.01 | 18 | 65 | 18 | 45 | 0.01 | 20 | 55 | 17 | 42 | 0.02 | 27 | 77 | 19 | 34 |
| C.V. | 3 | 24 | 23 | 7 | 7 | 4 | 31 | 30 | 8 | 7 | 5 | 37 | 35 | 10 | 6 |

r: 容積密度 (g/cm³) Eb: 曲げヤング率 (×10⁸kgf/cm²) Ok: 曲げ強さ (kgf/cm²)
 Ec: 縦圧縮ヤング率 (×10⁸kgf/cm²) Ok: 縦圧縮強さ (kgf/cm²) n: 試験片数
 S.D.: 標準偏差 C.V.: 変動係数(%)

4. 結論

台風19号の被害を受けたスギ, ヒノキの残存立木を対象に, もめの観察および曲げ試験と縦圧縮試験を行った結果, 次の成果を得た。

1) 多くの場合, 肉眼的に認められるもめは樹幹の片側に集中して発生し, 樹高の約2/3の高さまで分布していた。また, もめの程度は樹高の約1/4~1/3で著しかった。さらに, もめ側では肉眼的にもめが認められない部位でも顕微鏡レベルで仮道管壁に“しわ”が存在することが確認された。

2) もめおよび顕微鏡レベルでの“しわ”の存在は曲げヤング率や縦圧縮ヤング率を著しく低下させることが実験的に明らかになった。他方, 圧縮強さへのもめの影響は顕著ではないが, 曲げ強さへの影響は大きいことが認められた。また, もめを含む材に曲げ荷重が加わるとき, もめの程度に加えてもめの位置が著しい影響を与えることを認めた。

謝辞

この研究を進行する上で, 試験木を提供して頂いた九州林産株式会社深く感謝の意を表する。