

カラマツ中小径材の製材 (2)

- 送材車付帯のこ盤による製品の寸法むらとその原因 (角物一丁取りの場合) -

加 藤 幸 一

1. はじめに

この報告では、前報¹⁾で触れたように、送材車付帯のこ盤で製材された製品の寸法むらを生じさせる原因について述べる。

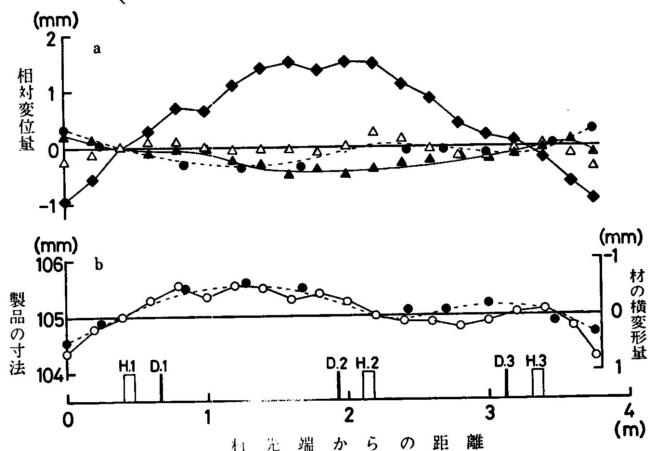
送材車付帯のこ盤は汎用性のある帯のこ盤であって、テーブル帯のこ盤とともに、中小径材の製材でも主要な機械設備である。中小径材専用の送材車付帯のこ盤も開発されてはいるが、現実に使用されている送材車付帯のこ盤は、本来大径材大割用として開発されて、中小径材の製材にも使用しているというのが現状でなかろうか。この点に関して、大径材の製材には適切な個々の機械設備又は機械の操作方法が、中小径材の製材には適当でないこともあり得るように、また他に、中小径材に特有なものとして考慮すべき点もあるように思える。

そこで、送材車付帯のこ盤による中小径材の製材について、製品の寸法精度から、その問題点の検討を試みた。

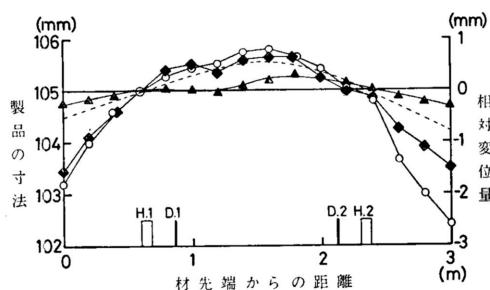
2. 製材品の寸法むらとその発生原因

送材車付帯のこ盤で製材した製品の寸法むらは、前報¹⁾の結果から、レールの曲がりなどの機械の整備不良の原因、丸太の内部応力の原因、小径材に不適当な機構による機械的原因又は不適切な操作からくる原因などによって生ずるものと考えられる。そこで、これらの原因が寸法むらに及ぼす影響について検討した。

2.1 供試帯のこ盤



第1図 製品の寸法むらとその原因(ヘッドブロック3本の場合)
 ○: 製品の寸法, ▲: m_3 (レールの曲り), ●: m_1 (カスガイの打ち込み)
 △: m_5 , ◆: $m_4 + m_6$ (挽材後の材変形量)



第2図 製品の寸法むらとその原因(ヘッドブロック2本の場合)
 記号は第1図と同じ

当場に設置されているF社製全自動送材車付帯のこ盤(大径材大割用)を使用した。以下にその諸元を記す。

帯のこ盤:

のこ車径幅 1200mm × 135mm

帯のこ厚幅 1.07mm × 152mm

のこ車回転数 680rpm

送材車：

ヘッドプロック(図中Hで示す)とカスガイ(同D)の数 各3個, これらの位置関係は第1, 2

図参照, また名称を先からそれぞれ1, 2, 3番とする。

カスガイの駆動 空圧(圧力0~10kg/cm², 通常の試験は9kg/cm²で行った。)

歩出機 ポテンショメータ使用による電気式, 精度0.1mm

2.2 製材(操作)方法

末口径14cm, 長さ約3.8m又は3mのカラマツ丸太を4回挽材し, 10.5cmの正角を採材した。この場合, 末口側から挽材し, 第1回目の挽面(以下, 第1面)と第2面とが相対関係(太鼓材)になるように製材した。製品の厚さ決めは, ヘッドプロックを3本使用する場合には, 1番ヘッドプロックを2, 3番より約10mm程度出し, 1, 3番に材を人力で押し付け, 1, 3番のカスガイで固定した後, 1番のヘッドプロックを所定の位置へ戻し, 2番のカスガイを打ち込む方法をとった。ヘッドプロック2本(1, 2番)の場合には, 材を人力で押し付け, カスガイで固定する方法をとった。

また, 各ヘッドプロック定規面とのことの間隔の不ぞろいを±0.05mm以下に設定した。この方法では, レールに曲がりがあるときには, 各ヘッドプロック定規面を結んだ線は直線にはならないが, 送材車の前進軌跡とほぼ一致する。なお, この方法は材が太い場合には適切ではないが, 小径材の場合には後述するように比較的有効な方法である。

また, 送材速度を10m/min以下としたので, 無理な挽材とはならず, 挽材中に帯のこの横変形がないので, この点に関して製品の寸法精度を悪化する要素はないものとみなすことができる。

2.3 試験方法

2.3.1 レールの曲がりなどによる原因

送材車に長さ4.5mの材を固定し, 材の両端に釘を打ち込み, 両釘間に糸を張り, 送材車を前進させながら, のこに対する糸の横変位を読取顕微鏡によって読

取った。この相対変位量 m_0 はレールの曲がりなどから生ずるものと考えられ, 他の原因がなければ, 挽面の形状はこの方法で求めた値と一致するはずである。

2.3.2 カスガイの打ち込みによる原因

カスガイの打ち込みによって, 材の固定とともに, 材をヘッドプロックに引き寄せる目的をもつカスガイでは, 引き寄せる方向の横分力が材に作用し, 材に横方向のたわみが生ずる場合がある。材が太い場合にはこのたわみ量は問題とならないが, 小径材のように細い場合にはたわみ量は比較的大となりやすい。横方向にたわみの生じた材を挽材するのであるから, たわみの生じた部分は, ヘッドプロックに当たるたわみのない部分に比べて太く製材されることになる。

そこで, 挽材前と後の材について, 材先端, 1番, 2番ヘッドプロック間の中央部, 後端にそれぞれダイヤルゲージを取り付けて(一部, 10点で測定した), カスガイを打ち込んだ際の材の横変形量 m_1 を求めた。

2.3.3 挽材時及び挽材後の材の横変形量

挽材中の材の横変形量 m_2 を材先端, 後端と1, 2番ヘッドプロック間の中央で, ダイヤルゲージにより測定した。 m_2 の値は内部応力及びカスガイの打ち込みによる挽材中の影響を示すことになる。

挽材後, カスガイを解放する前に, 一旦送材車を後退させた後, のこの位置にダイヤルゲージを設置し, 送材車を前進させながら, 挽面とのことの相対変位量 m_3 を測定した。更に, 挽材後の材の変形量を求める目的で, カスガイを解放したのち, 材を押える程度(圧力1.5kg/cm²以下)で材を固定し, 同上の方法で, のこと挽面との相対変位量 m_4 を測定した。例えば, 第3面挽材後を S_3a で, その m_4 を m_4S_3a で表わすと, 各値の正の方向をのこに近づく方向とした場合, ($m_4S_3a + m_0$)は第3面挽材後の材の変形量を, ($m_4S_3a - m_1S_3a + m_0$)は第3面挽材後の材の内部応力による材の変形量をほぼ表わすことになる。

2.4 結果及び考察

丸太から太鼓材, 太鼓材から角材にする挽材は双方とも, その製品の寸法の傾向は同様であるので, ここでは太鼓材から角材にする場合を取り上げる。

第1図a, bはヘッドブロック3本を使用して挽材した場合、第2図は2本の場合の代表的な1例である。

第1図aに、送材車とのことの相対変位量 m_0 、第3面挽材後の材横形量 m_3 及び $(m_4 + m_0)$ 、とカスガイの打ち込みによる材の横変形量 m_1 を示す。この図では、各値の正の方向をこのに近づく方向とし、1番ヘッドブロックの位置を零として、各点を補正した。供試帯のこ盤のレールの曲がり等に原因する m_0 ()は挽面がほぼ凸状になる値を示す。また、カスガイの打ち込みによる材の変形()は先端部はこのに近づき、ヘッドブロック間の部分は逃げる傾向にあるので、製品の寸法は先端部分では細く、ヘッドブロック間の部分では太くなることを示している。挽材中に生じた材内部応力及びカスガイ打ち込みの影響による材の変形は m_3 ()で示され、挽材後、カスガイで固定したままの材の形状は $m_3 + m_0$ となるが、カスガイを解放すると、材の内部応力の影響が強く現われて、材の形状 $m_4 + m_0$ ()は挽面が凸状に変形する。

第4面の挽材では、凸状に変形した挽面を強制的にヘッドブロック定規面に押し付けて、第3面の挽材で生じた材の変形を取り除くための操作の後、カスガイで固定して挽材する。第4面挽材後の寸法すなわち製品寸法を第1図bに示す。製品は先が細くて、中央部で太い傾向が認められる。この製品の寸法むらは、前述のように、第3面の材の変形を取り除く操作をしているので、主に第4面の挽材で生じたものと考えられる。前述のように、 m_0 の値は挽面が凸状になる値を示しており、製品の寸法の傾向と似ているが、曲線の形は一致せず、また数値的にも寸法むらの値に比べ m_0 の値は小となって、この場合、寸法むらの主原因と思われない。一方、カスガイの打ち込みによる材の横変形量 m_1 の値は製品の寸法と傾向及び値的にほぼ一致している。以上の結果からみると、第4面の挽材でも、レールの曲がり、材内部応力、カスガイの打ち込みなどが影響するが、この試験の機械操作方法すなわち、材をヘッドブロックに密接し、ヘッドブロックとの

この間隔を正確にする方法では、カスガイ打ち込みによる材の横変形が寸法むらの主原因と考えられる。

なお、挽材中のカスガイ打ち込み及び材内部応力の影響(挽材の進行につれて大となる)を示す材変形量 m_2 を考慮すると、製品寸法の傾向を更に良く説明できようが、この点については別の機会にゆずりたい。

次に、第2図の2本ヘッドブロックの場合(なお第2図では相対変位量の正方向を製品が太くなる要素をもつ方向とした)にも、第3面挽材後の材の変形量 $m_4 + m_0$ は3本の場合とほぼ同様であるが、この場合には、この材の変形を矯正することなくヘッドブロックに取り付けるので(すなわち、強制的に材を変形させて、レールの曲がりの軌跡に一致できないので)、第3面の挽材で生じた材の変形の影響が直接寸法むらに現われることに加えて、第4面の挽材でのレールの曲がりとカスガイ打ち込みの影響が加わる。したがって、製品の寸法はほぼ $[(m_4 + m_0) + m_1 + m_0]$ の値となり、結果にこの傾向が認められる。また、これらの原因のうち、第3面の挽材で生じた内部応力による材の変形が強く製品寸法に影響し、先・後端部で細く、中央部で太い製品となることが認められる。

したがって、3本以上ヘッドブロックを有する機械でも、機械操作を簡便にする目的で、2本のみを使用する場合が見受けられるが、寸法むらが大きいので中小径材の製材では不適当な方法と言えよう。

3本のヘッドブロックを使用する場合にも、カスガイ打ち込みの原因が影響するのでこの点を更に検討してみたい。

3. カスガイ装置に対する若干の検討

試験に使用したカスガイ(第4図)のように、先の形状が片流れになっている場合には、カスガイの打ち込みに伴って横分力が発生する。また、ヘッドブロックとカスガイ打ち込み位置との間に距離がある場合には、材の形状等に応じて材に横変形が生ずるものと予想される。そこで供試送材車について、材の横変形量とこれを生じさせる横分力の大きさを推定し、材の横変形の発生機構を明らかにして、変形の防止策の一助

とし、2, 3の改善策を施した。

3.1 カスガイの打ち込みと材の横変形(横分力の推定)

カスガイの打ち込みによる材の横変形の形は第1図に示したが、横分力を推定するためにエゾマツ乾燥材(80mm角)を使用して、第3図に示す方法で、2本のヘッドブロックを使用する場合の材の横変形量を求めた。

この場合の横変形量は第3図のように、打ち込み圧力にほぼ一次比例して増加する。また、材とカスガイの間にロードセルをはさんで測定した上部、下部カスガイの打込力 P_1 及び P_2 は第4図のように空圧にほぼ一次比例して増加する。

第3図の結果より横分力の大きさと材変形の力学モデルを推定してみる。モデルを基本的にはヘッドブロック位置を支点とする単純支持ばかりとし、更に、カスガイ打込力によって材の横変形がヘッドブロック部分で拘束されるので、この拘束を支点で材の横変形に抵抗するモーメントとして扱った。またこの場合、各カスガイ打込力は第4図の値にほぼ一致し、カスガイ形状も同一であるので、横分力 F ($F_1 + F_2$)の値は各

カスガイとも同一とみなした。しかし、第3図のように材横変形量は左右同一となっていないので、これをヘッドブロック部分での材の拘束性が異なることから生じるとみなした。以上から、中央たわみ y_c 、各支点のたわみ角 θ_1 および θ_2 を導いた。すなわち、

$$y_c = -\frac{1}{12EIz} \left[\left\{ C_1 \left(\frac{3}{4} \ell^2 - C_1^2 \right) + C_2 \left(\frac{3}{4} \ell^2 - C_2^2 \right) \right\} F + \frac{3}{4} \ell^2 M_1 + \frac{3}{4} \ell^2 M_2 \right]$$

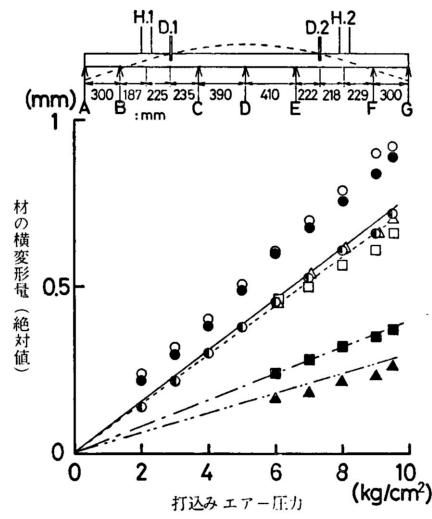
$$\theta_1 = -\frac{1}{6EIz} \left\{ \frac{C_1(\ell - C_1)(2\ell - C_1) + C_2(\ell^2 - C_2^2)}{\ell} F + 2M_1\ell + M_2\ell \right\}$$

$$\theta_2 = -\frac{1}{6EIz} \left\{ \frac{C_2(\ell - C_2)(2\ell - C_2) + C_1(\ell^2 - C_1^2)}{\ell} F + M_1\ell + 2M_2\ell \right\}$$

.....(1)

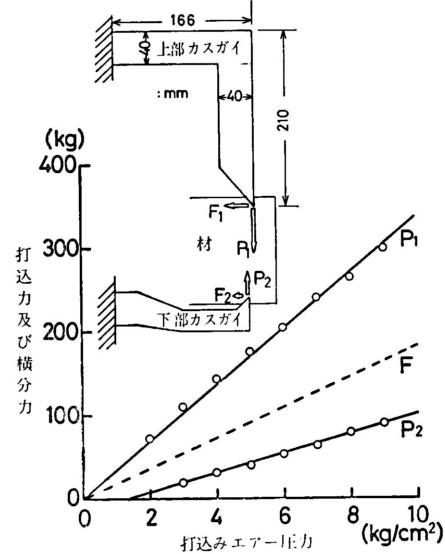
ここで、 E :曲げヤング率、 M_1, M_2 :支点1, 2に働くモーメント、 I_z :断面二次モーメント、 ℓ :スパン、 C_1, C_2 :支点と荷重点間の距離。

(1)式で、第3図D点の測定値を y_c に、A点の測定値をA点と支点との距離で除した値($\tan \theta$)を θ_1 に、同様にG点の場合には θ_2 にそれぞれ代入し、 F を求めた。例えば圧力9kg/cm²の場合($\ell = 1700$ mm、



第3図 カスガイ打ち込みによる材の横変形量

●: A点の実測値、▲: B同、△: C同、
○: D同、□: E同、■: F同、●: G同
---: B点の計算値、---: C同、—: E同、
---: F同



第4図 供試カスガイと打込力 P 及び横分力 F

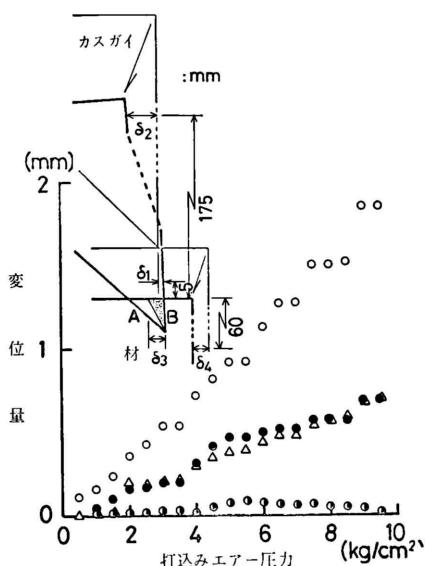
$$F = F_1 + F_2$$

$C_1 = 225\text{mm}$, $C_2 = 218\text{mm}$, $\delta_1 = 1.73 \times 10^{-3}$, $\delta_2 = 1.68 \times 10^{-3}$, $yc = 0.90\text{mm}$, $EI_z = 5.71 \times 10^9 \text{kg} \cdot \text{mm}^2$) には, $F = 170\text{kg}$, $M_1 = -2500\text{kg} \cdot \text{cm}$, $M_2 = -1850\text{kg} \cdot \text{cm}$ となる。各圧力に対するFの計算値を第4図に示す。また第3図に他の測定点の材のたわみ量の計算値を示したが、実測値と比較的良く一致しており、材の横変形に対する力学モデルは妥当なものと考えられる。なお、当然のことながら、(1)式によって、材が太くなると材の横変形が小さくなることが示されている。

3.2 カスガイの変形と打ち込み部分の材の横変位

カスガイの打ち込みによって材に横変形が生ずるには、横分力とともに材の打ち込み部分に横変位が現われているはずで、この横変位の発生状況を把握するために、両側面を自由にした材に対する上部カスガイの打ち込み挙動を調べた。

打ち込みによって、カスガイは打込力と横分力それぞれの反力をともに材の打ち込み部分に横変位が現われているはずで、この横変位の発生状況を把握するために、両側面を自由にした材に対する上部カスガイの打ち込み挙動を調べた。



第5図 カスガイ打ち込みによるカスガイと材の変位量
 ●: δ_1 , ○: δ_2 , ●: δ_3 , △: δ_4

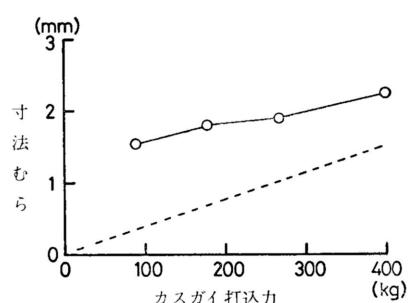
して支点の動きを示すことが認められる。また、材とカスガイ先端部分の相対変位量 δ_3 すなわちカスガイB面で材が押しつぶされた部分の長さと材の横変位量 δ_4 とほぼ一致している。したがって、カスガイ変形の支点となる打ち込み部分には、カスガイ先端の動きを拘束する力が加わり、すなわち、カスガイB面で材がだけ押しつぶされ、同時に、材は横分力を受けているので押しつぶされた距離だけ移動して横変位が発生すると考えられる。

3.3 カスガイ機構に対する2,3の改善策

これまで、カスガイの打ち込みによって材に横変形が生じ、このために、製品の寸法精度が悪化する機構を述べてきた。この内容から、材の横変形を防止する方法がいろいろと考えられようが、少くとも、カスガイ機構は材を保持すると同時に、材をヘッドブロックにある程度引き寄せる性格を有するものであるとすればこの効果を失なわない方法を採用すべきであろう。

3.3.1 打込力の調整

3.1で述べたように、打込力が小さい場合には材の横変形が小となることから、打込力を調整(軽減)しその効果を検討した。なお、挽材試験方法(ヘッドブロックは3本、材長3.8m)は2.2と同様である。打込力を軽減した場合にも、製品の寸法の傾向は第1図bと同様であるが、寸法むらは第6図のように、打込圧力を小とするに従って小さくなっている。打込力調整の効果が認められる。打込力が大の場合にはカスガイ打ち込みによる材の横変形幅(材先端の変形量の絶対値と1,2番ヘッドブロックの中間位置の変形



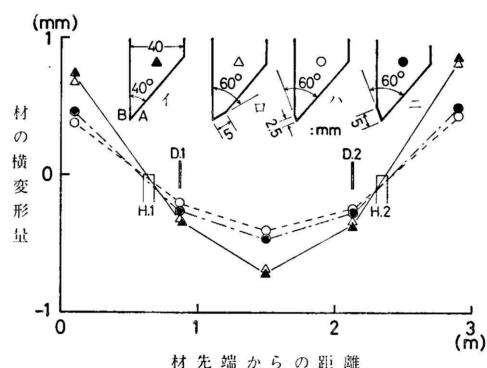
第6図 カスガイ打込力Pと寸法むらとの関係
: 材の横変形幅, $F = P_1 + P_2$

量の絶対値との和)の値が寸法むらに占める割合は比較的大きく、寸法むらの主原因であることが認められる。打込力が小の場合には、割合が比較的小さく、打込力の軽減によって、他の原因が生じたと考えられる。挽材時の観察によれば、材をヘッドブロックに押し付ける際に、打込力が弱いと、2.2で述べた操作方法では材とヘッドブロックとの間にすき間が生じやすくなることが認められ、主にこの原因によって生じるものと思われる。いずれにしても、打込力の調整によって、操作方法の原因で精度の悪化も生じるが、全体としては向上するので、打込力調整は精度向上の一方法とみなされよう。

3.3.2 カスガイ先端部分の形状

材の横変形は横分力Fの大きさに関係するから、カスガイ先端部分の形状を改良して、横分力の発生を押さえる方法も考えられる。

第7図はヘッドブロック2本の場合(打込圧力9kg/cm²)に、上部カスガイの形状と材の横変形量を示すものである。この結果では、イ(従来型)、ロの場合に比べて、ハ、ニの場合に横変形量は小となつておらず若干の効果が認められる。ハ、ニの形状はカスガイ打ち込み部分の両側(A、B面)に横分力を発生させ、これらの合力として、ヘッドブロックへ引き寄せる方向の横分力F₁を小とする方法である。しかし、カスガイ先端を落とし過ぎると、材が押し出されるこもあり得るので、形状決定には注意が必要である。



第7図 カスガイ形状と材の横変形量(打込圧力9kg/cm²)
記号の説明は図中に示す。

3.3.3 ヘッドブロックとカスガイの位置など

この点に関して試験を実施していないが、3.1の考察に関連して述べたい。

(1) 式で示されるように、ヘッドブロックとカスガイとの距離C₁、C₂が零であれば、材の横変形量は零となるはずである。この点から例えば、ヘッドブロックの中央にカスガイを設置すれば、理論的にはカスガイの打ち込みによる材の打ち込み部分の横変位がなく、良い結果を示すと思われる。

また、ヘッドブロックの間隔(3本の場合、1, 3番の間隔)が材よりかなり短い場合には、ヘッドブロックからはみ出る長さが良くなり、第1図の結果でも明らかのように、この部分の変形はヘッドブロック間の部分に比べてかなり大となるので、理想的には材長に近いヘッドブロックの採用が望ましい。

4. おわりに

送材車付帯のこ盤による中小径材の製材を、製品の寸法精度を悪化させる原因特にカスガイ機構から検討してきた。いくつかの結論を得たが、結論が供試帯のこ盤に特有のものではないかという危惧の念がある。そうであれば中小径材の製材にもこの様な問題があつたのかという程度に受けとめていただきたい。もし反対に普遍性が少しでもあれば、この結果が製材工場又は機械メーカーの方々にわずかではあるがお役に立てると思っている。

おわりに、試験の実施にあたり、厳寒の中、大変なお手数をお掛けした当場製材試験科の皆様に感謝いたします。

文 献

1) 加藤: 本誌, 10月, 1 (1978)

-試験部 製材試験科-
(原稿受理 昭和53.11.10)