

帯鋸走行挙動の観察

喜多山 繁・蔵富 幹・杉原彦一

Observation of running behavior of bandsaw

Shigeru KITAYAMA, Miki KURATOMI and Hikoichi SUGIHARA

要 旨

700mm テーブル帯鋸盤を用いて、帯鋸空転時の走行挙動を、前後方向（送材方向）については高速カメラで、横方向（送材方向に直角方向）については微少変位計で観察した。その結果、次のような知見をえた。

1. 前後方向の動きは帯鋸自体の静的な変位に、回転による高周波成分が重畳する形態をとった。その最大変位量は1mm前後である。特に帯鋸の継手部分における仕上げ精度の影響が大きい。帯鋸緊張力については緊張力の強い方が最大変位量を若干小さくさせる。鋸車幅に対して十分細かい帯鋸においては上部鋸車の傾斜角の影響を強くうける。

2. 横方向の動きについては、その最大変位量は前後方向のそれとオーダーはあまり変わらない。より幅の広い帯鋸は細いものにくらべて、波長の長い、振幅の大きな振動形態をとる。

1. はじめに

木材の切削加工において、その切削加工速度は他材料にくらべて著しく高い。鋸断加工では、数10m/secから100m/secにもおよぶ。木材加工機械における危険性のもっとも大きな要因はこの高速性にあるといえる。またこのために騒音、振動も強大なものとなる。木材木製品製造業の災害度数率、強度率が他業種平均の数倍におよび、もっとも危険率の高い業種であるなかにあつて、例えば昭和49年度の帯鋸盤¹作業休業4日以上¹の死傷者数は2千名以上に達し、木工機械関連のそれのなかで2割以上を占める。

帯鋸盤は環状の薄帯鋼に鋸歯をつけた帯鋸を、上下鋸車間に所定の緊張力をあたえて回転させるものであり、木材切削にのみみられる加工機械である。平らな鋸車外周面を高速走行する帯鋸は良好な走行条件にないときは安定性を欠き、複雑な走行挙動をし、はなはだしいときは鋸車からはずれなどの事故をひきおこす。

帯鋸の走行状況は機械に起因するものとして、上下鋸車間相対位置や鋸車のふれ、鋸車仕上げ精度などに左右され、帯鋸自体に起因するものとして、継手部分仕上げ精度、鋸厚、鋸幅、内部応力の分布状態（背盛、腰入れ状態など）等がある。また鋸車と帯鋸の接触条件（かかりぐあい；前縁乗り出し量、緊張力、摩擦係数など）も関連し大変複雑である。

本実験は700mm テーブル帯鋸盤における空転時の走行状況について、その前後方向の位置変化（送材方向変位）と横方向変位とを測定して、帯鋸の走行安定に資するデータをうることを目的として²している。これらについての実験的研究としては、横方向についてはSaljéらの報告がある

が、前後方向についてはほとんどなされていない。なお帯鋸盤間の比較のため付随実験として、760mm テーブル帯鋸盤についても前後方向の位置変化の測定をおこなった。

2. 実験方法

帯鋸の前後方向の位置変化は日立高速度カメラ 16HD 型をもちいて、帯鋸側面の背の部分を撮影し、フィルムモーションアナライザで解析した。撮影した地点（位置変化の測定点）は上下鋸車軸間の中心点とした。これにより帯鋸の最大変位量（2倍振幅）と振幅の自乗平均値をとると、各実験条件について比較、検討した。

帯鋸の横振動については、帯鋸厚が小さいこと、前後方向のゆれが比較的大きいことなどの理由で高速度カメラが使用できず、岩崎通信機製微小変位計MD 31型とブラウン管オツシロスコープをもちいて測定した。微小変位計のピックアップ（測定電極直径 10mm）は上下鋸車軸間の中心点でかつ鋸幅の中心にセットした。

実験に用いた帯鋸盤は下平製作所製 700mm 木工用帯鋸盤 JB-S70型であり、主要仕様を以下に示す。

原動機：2.2kw, 4p, 1720 rpm

鋸車：直径 700mm, 幅 60mm, 鋸車外周面ゴム焼付 常用回転数 635 rpm

鋸車軸間距離：1220mm～1325mm

緊張装置：2段テコ, 重錘方式 常用緊張力 200kg

帯鋸盤重量：600kg

帯鋸盤最大寸法：幅 1350mm, 奥行 800mm, 高さ 2100mm

上下鋸車の据付精度：上部鋸車仰伏可能角度, $\pm 6^\circ 30'$ 下部鋸車鉛直固定

相対位置
 (上部鋸車を鉛直にした
 場合の下部鋸車の位置のずれ)

前後方向：鋸前方向へ 10mm
 横方向：モーター方向へ - 3 mm

製作年月：1976年12月

実験に際しては、セリ装置、安全カバー等付属装置はすべて取りはずした。帯鋸と鋸車のかかり具合は鋸歯部分のみ鋸車から乗り出すことを基準とした。

3. 実験条件

実験条件としてとりあげた因子は鋸車回転数、帯鋸の種類および帯鋸緊張力の3種である。

A) 鋸車回転数は下部鋸車軸（駆動軸）のプーリーを変換することにより、 A_1 445 rpm, A_2 635 rpm, A_3 890 rpm に設定した。これを鋸速度で表わすと、 A_1 16.3m/sec, A_2 23.3m/sec, A_3 32.6m/sec となる。

B) 帯鋸は下に示す2種を使用した。

	鋸幅 (mm)	鋸厚 (mm)	鋸長 (mm)	歯数	ピッチ (mm)	歯喉角 (度)	歯背角 (度)
B_1 鋸	25.4	0.72	4,730	550	8.6	5	25
B_2 鋸	49.5	0.82	4,850	462	10.5	3	22

いずれの帯鋸も背盛、腰入などの処理をしていない。鋸の表面形状を最大あらさであらわすと、 B_1 鋸では 9μ , B_2 鋸では 3μ であるが、継手部分では B_1 鋸で 105μ , B_2 鋸では 75μ である。

C) 帯鋸の緊張力は重錘を保持する桿において、重錘 (6.3kg) の位置を変化させることにより、 C_1 130kg, C_2 240kg の緊張力を帯鋸にあてるようにした。引張応力は B_1 鋸でそれぞ

れ 8.4kg/mm^2 , 15.5kg/mm^2 , B_2 鋸でそれぞれ 3.4kg/mm^2 , 6.4kg/mm^2 となる。

以上の因子を組みあわせて12回の実験をおこなった。上部鋸車の傾斜はそのつどもっとも安定した走行になるように調整し、実験の度毎にその傾斜角を測定した。

高速度カメラによる撮影条件は、フィルム速度を $5,000\text{frame/sec}$ とし、 $1/100\text{sec}$ ごとのパルス信号を入れ、 1kw 電球2個で照明した。帯鋸の背の位置を撮影して走行挙動を観察したが、あらかじめ帯鋸に幅 20.0mm 、長さ 50.0mm の白テープを貼っておき、それにより鋸1回転の確認と、フィルムモーションアナライザでえた振幅から実際の振幅への換算をおこなった。

微小変位計による横振動の測定においては、帯鋸幅の中央付近で相対する帯鋸と測定電極との間隔を 1.00mm とし、オツシログラフの掃引条件を横軸 5msec/cm 、縦軸 5mv/cm (振幅の大きなものは 20mv/cm) にした。あらかじめ測定しておいた校正グラフにより変位量を算出し、さらに振動周波数をもとめた。

4. 実験結果と考察

4-1 前後方向変位について

走行時における高速度カメラによる観察に先立って、所定の緊張力をあたえて帯鋸盤に装着したときの各帯鋸の背における直線性を検討するため、帯鋸の背にダイヤルゲージをあて帯鋸1周分の静的変位をゆるやかに手動回転させながら測定した。これを Fig. 1 にしめす。帯鋸によって静的変位のパターンがことなり、特に B_1 鋸においては継手部の影響が大きくあらわれている。

Fig. 2 に 890rpm 、緊張力 130kg における B_1 鋸の鋸3回転分の変位曲線をしめす。△印は鋸の継手部をあらわしている。横軸は変位量の平均値を基線としており、以下の変位曲線も同様にしてえがいている。この図から基本パターンが帯鋸1回転分にあるのがわかる。他の実験条件のものも同様であったので、以後帯鋸1回転分を基本長さとして解析をおこなった。

各実験条件についてえられた変位曲線からもとめた前後方向変位の最大変位量(2倍振幅)と振幅の自乗平均値とを Table 1 にしめす。同表には上部鋸車の傾斜角もあわせてしめしている。

Table 1 から明らかなようにまず鋸のちがいによって変位量が大きく異なる。鋸による変位曲線の比較の1例を Fig. 3 にしめす。これを Fig. 1 の静的変位曲線

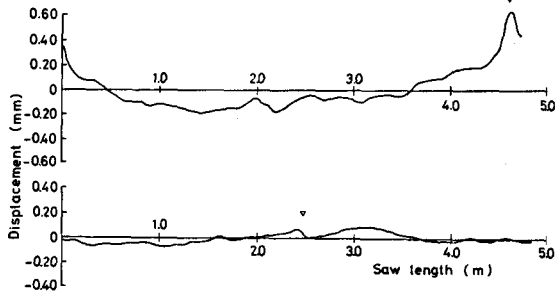


Fig. 1. Standstill displacement of the bandsaws.
upper: B_1 bandsaw ▽: jointing part
lower: B_2 bandsaw

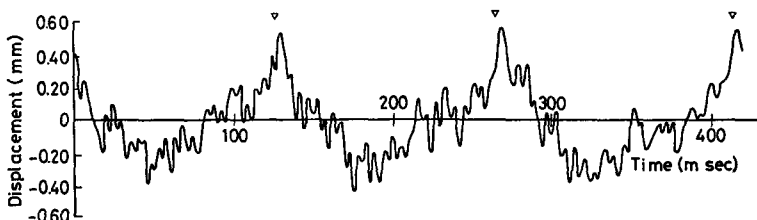


Fig. 2. Displacement curve in three revolutions of B_1 bandsaw.
measuring condition: speed, 890rpm . tensile force, 130kg .

Table 1. Bandsaw displacement in feeding direction.

Bandsaw	Tensile force	C ₁ (130kg)			C ₂ (240kg)			Standstill displacement	
	Revolution number of wheel	Maximum displacement	Root mean square of amplitude	Inclination angle of upper wheel	Maximum displacement	Root mean square of amplitude	Inclination angle of upper wheel	Maximum displacement	Root mean square of amplitude
	rpm	mm	mm	° /	mm	mm	° /	mm	mm
B ₁ (25.4mm width)	A ₁ (445)	1.20	0.30	1 04	0.87	0.16	43	0.84	0.16
	A ₂ (635)	1.12	0.28	44	0.96	0.19	47		
	A ₃ (890)	1.19	0.26	49	0.76	0.17	39		
B ₂ (49.5mm width)	A ₁	0.37	0.07	49	0.37	0.08	52	0.17	0.04
	A ₂	0.58	0.12	34	0.40	0.08	52		
	A ₃	0.47	0.11	49	0.38	0.09	44		

と比較すると基本的な形態はよく類似しており、走行によって高周波成分が重畳する形をとってくる。B₁ 鋸の方が B₂ 鋸よりはるかに変位量が大きい、これはすでに静的変位のちがいに起因するものであり、帯鋸の前後方向変位は帯鋸の静的変位の大きさ、特に鋸継手部の仕上げ精度の良否にまず大きく影響されるということが出来る。

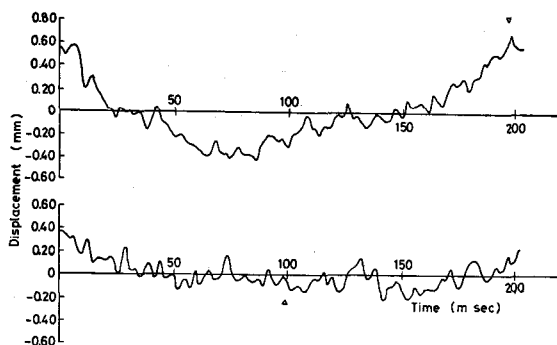


Fig. 3. An example of comparison with bandsaw. upper: B₁ bandsaw measuring condition: speed, 635 rpm, tensile force, 130kg. lower: B₂ bandsaw

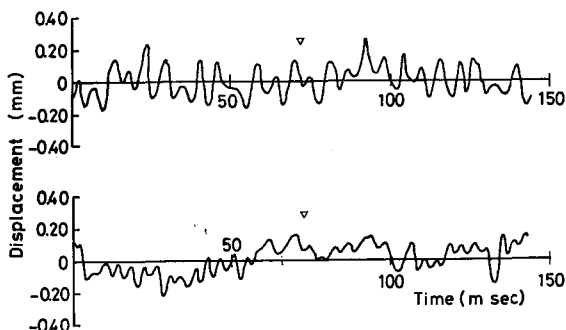


Fig. 4. An example of comparison with tensile force. upper: 130kg measuring condition: speed, 890rpm, B₂ saw. lower: 240kg

帯鋸緊張力については緊張力の弱い方が変位量が大きくなる傾向をしめした。Fig. 4 に緊張力のちがいによる変位曲線の比較の 1 例をしめすが、緊張力の強い方では、より高周波の成分が多く、緊張力が弱いとより低次の振幅の大きな走行挙動をしめすことがわかる。

鋸車回転数の影響はほとんどあらわれなかった。今回の実験で設定した回転数においては共振現象はあらわれておらず、共振域外のこの程度の回転数の範囲では、回転数が最大変位量に与える影響はないといつてよい。

上部鋸車の傾斜角が最大変位量に与える影響をしめしたのが Fig. 5 である。B₂ 鋸においてはさしたる関係は認められないが、B₁ 鋸においては傾斜角の増大とともに最大変位量が増大している。B₁ 鋸は幅が 25.4mm で、鋸車幅の 1/2 位にしかかかっていない状態なので傾斜角の影響を大きくうけるものと思われる。図からは最適傾斜角は判然としないが、B₁ 鋸の静的変位量が 0.84mm であることを考えれば 40' 位にあるのではないか

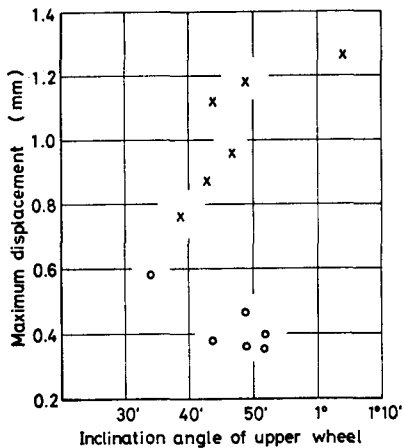


Fig. 5. Influence of inclination angle of upper wheel.

× : B₁ bandsaw
○ : B₂ bandsaw

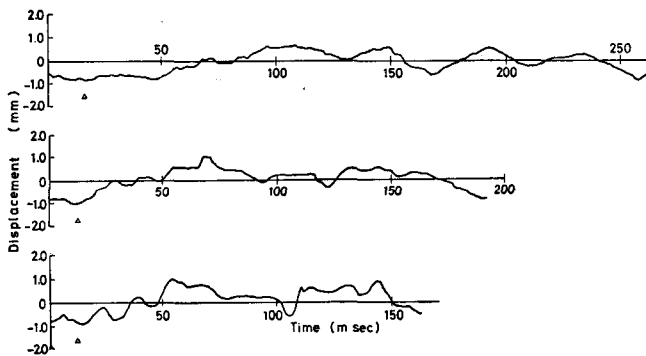


Fig. 6. Displacement curves of bandsaw using 760mm bandsaw machine.
upper : speed 472rpm middle : 658rpm lower : 769rpm.

著でないことなどからもうかがえる。2 mm の最大変位量は観察していて相当大きなものであり、感覚的ではあるが危険性を感じる臨界的なものであるといえる。

4-2 横方向変位について

鋸の横方向変位は微小変位計をもちいて検出したが、その変位曲線をオツシロスコープにえがかせ写真撮影した。それらの写真から横方向の最大変位量、振動数（それに重畳する振動数がある場合もある）およびそれらの振動数における振幅を読みとった。その結果を Table 2 にしめす。帯鋸による最大変位量の比較では、前後方向の場合とは異なって、明らかに B₂ 鋸の方が大きく、波長の長い、大きな振幅となっている。B₂ 鋸は B₁ 鋸にくらべて幅が約 2 倍広く、厚さも若干厚いことから弦振動の振動数における質量効果的なものと考えられるが、鋸の継手部の仕上げ精度に前後方向変位ほど影響されないことについては今後の研究課題であると考えられる。

緊張力による影響では概して緊張力の弱い方が最大変位量が大きくなっている。共振振動をおこさない範囲ではこのような傾向になるものと思われる。

回転数による影響は最大変位量にも、振動数にもほとんど認められなかった。また上部鋸車の

と思われる。

つぎに付随実験として帯鋸盤間の比較のため、林産機械学研究室において長年使用している 760mm テーブル帯鋸盤について前後方向変位の測定をおこなった。この帯鋸盤は米国製で製造以来 40 年以上経過している。主たる実験にもちいた 700mm テーブル帯鋸盤と機構的に特に異なる点は、駆動が平ベルトを介していることと、帯鋸の緊張機構が板ばねによることとである。実験にもちいた帯鋸は、幅 31.2mm、厚さ 0.90mm、歯数 488、鋸長 5,106mm、歯喉角 10°、歯背角 27°である。帯鋸緊張力を 227kg（緊張応力 8.3kg/mm²）とし、鋸車回転数を 472rpm、658rpm、769rpm、（それぞれ鋸速度では、18.8m/sec、26.2m/sec、30.6m/sec）にしたときの前後方向の変位曲線を Fig. 6 にしめす。最大変位量はいずれも 2 mm 以上あり、振幅の自乗平均値も 0.5mm に達する。両帯鋸盤の大きさのちがいに

より使用する帯鋸の互換性がなく、このような差が機械に起因するものか、帯鋸に起因するものか断定は出来ないが、760mm 帯鋸盤は相当老朽化しており、鋸車軸のガタ、焼付ゴム面の疲労などによる機械起因によるウェイトが大きいと見るのが妥当であろう。このことはこれらの変位曲線が 700mm 帯鋸盤の場合と異なり、基本周期が明確に帯鋸 1 回転にあるといえないことや、継手の影響がそれほど顕著でないことなどからもうかがえる。

Table 2. Bandsaw displacement in lateral direction.

Bandsaw	Tensile force Revolution number of wheel	C ₁			C ₂		
		Maximum displacement	Frequency Amplitude (accompanied)		Maximum displacement	Frequency Amplitude (accompanied)	
			mm	H _#		mm	mm
B ₁	A ₁	>1.50*	40 (220)	>0.75 (0.35)	0.60	60 (320)	0.30 (0.09)
	A ₂	0.44	200	0.13	0.41	60 (300)	0.06 (0.13)
	A ₃	0.86	200	0.34	0.48	300	0.19
B ₂	A ₁	>1.50	80	0.44	0.90	30 (110)	0.24 (0.21)
	A ₂	0.44	25 (260)	0.09 (0.07)	1.20	30	0.58
	A ₃	1.50	30	0.75	>1.50	30	>0.75

* The values over 1.50mm were not measured exactly for the accuracy of measuring apparatus.

傾斜角による影響も横方向変位に関しては特に顕著な傾向はないようであった。

以上の結果から、帯鋸盤の安全性にとって重要な鋸の前後方向変位についていえば、まず帯鋸盤の精度が大きく影響するが、同一帯鋸盤で比較すると帯鋸のちがいによる変位への影響は大きく、とくに継手部の仕上げ精度が大きく左右する。また細身の帯鋸は上部鋸車の傾斜角の影響を受けるようであり、鋸車幅に対して大変細い帯鋸は鋸車の傾斜に意を注ぐべきである。緊張力の影響は顕著ではないが、強い方が変位量が小さくなる。

引用文献

- 1) 中央労働災害防止協会編：産業安全年鑑（昭和50年版），中央労働災害防止協会，（1975）
- 2) E. Saljé und D. Tomas : Schwingungen an Bandsägeblättern, Holz-Zentralblatt, Nr. 3, (1976)

Résumé

For the purpose of obtaining fundamental information on the safety of bandsaw machine, running behavior of bandsaw in no load running was observed through high speed cine camera as for bandsaw displacement toward feed direction and micro displacement meter as for lateral displacement, by using 700mm bandsaw machine.

The results are summerized as follows.

1. As for bandsaw displacement in feed direction, the displacement curve took such a pattern that the standstill displacement curve of the bandsaw was accompanied with higher frequency component caused by running. Dimension accuracy of bandsaw blade, especially jointing part, influenced the maximum displacement. The stronger tensile force in sawblade was, the less bandsaw displacement became. Inclination angle of upper wheel effected for so narrow bandsaw blade as against width of the wheel.

2. As for lateral displacement, the displacement curve of the wider bandsaw had long wave length and high amplitude in comparison with the narrower one.