合には、その通路の形が都合よく見えるとき即ち θ の大きいときには抗力係数も比較的小さい。

9) $t/l=1$ に対しては翼数 9 枚、 $t/l=1.5$ に対しては翼数 7 枚の場合に得られる結果が無限度方迄翼が並んだ場合の結果に可なり近いものであらう。揚力係数対迎角の曲線の形は翼数 5 枚の場合も 7 枚及び 9 枚の場合も t/l と θ が一定であれば非常によく似た形をとる。抗力係数は翼数を増しても

それほどの変化は無く、翼数 5 枚の場合と略等しい値を與へる様である。

拙筆するに當り本実験を遂行中終始御懇篤なる御指導御鞭撻を賜りし生源寺教授に対しここに謹んで感謝の意を表す。又実験遂行上種々御加勢を賜つた水力実験室員に対し謝意を表す。なほ実験費の一部は日本學術振興會より御援助をうけたことを記して厚く感謝の意を表す。

木材の切削に関する研究(第4報)⁽¹⁾

木工鉋機械用双物の切削作用に就て

(昭和 12 年 3 月 24 日 第 309 回講演會に於て講演)

正員 關口八重吉⁽²⁾ 正員 長谷川一郎⁽³⁾

摘 要

木工鉋機械用双物の切削作用に就て行はれた実験結果は現在の処極めて少く、著者の調べた処に依れば Dresden 大学に於て C. Bobbe 氏或は Crele 氏の行つた実験はその主要なものであると思はれる。

著者の行つた実験は鉋機械用双物の切削に関する一般的性質を明かにすることを目的として行はれたものである。

1. 試験装置

鉋双の実験に実際の鉋機械を使用することは種々の不便がある。即ち送り装置の不確実、切削木材を無用に多量に必要とすること及び装置が全体として必要以上に大きくなり実験

3 報⁽⁵⁾に於て使用した水晶圧電気式の測定器を用ひ水平力、垂直力を夫々別々の清水式検電器に依て測定した。この測力器をフライス盤の摺動台の上に取付け、その試験片取付溝に加工木材を取付け、測力器と切削木材を摺動台により同時に確実に送る様にした。第 3 図に於て D は切削木材 E は

第 1 図

第 2 図

上不便である。これをさけるために本実験に於ては試験機としてはフライス盤を使用した。フライス盤の支持棒に可搬式の回轉軸を取付け、この一端に第 1 図 a 及び b に示す如き双物取付具を嵌め、これに第 2 図の如き鉋双をボルトに依て締付けた。第 3 図に於て A は回轉軸、 B は双物取付具、 C は鉋双物を示す。鉋双物の運轉はベルトに依り電動機より直接に運轉した。

測力器としては著者が既に木材の切削に関する研究第 2⁽⁴⁾、

測力器を示す。切込みの深さはテレスコピック軸を廻して摺動台に精確に與へる様にした。送りは専用の電動機を使用し、これを 1.7, 2.0, 2.7, 及び 3.75 m/min の 4 種に変じ、た。削り速度は 10.5, 19 及び 25 m/s の 3 種に変じた。

2. 試験木材

試験に供した木材は朴、姫子松、蝦夷松、杉、刺桐、栗、檜及び樺の 8 種で厚さ 30 mm の物を切削部の長さ 120 mm になる様に切り取つて使用した。各木材の大体の比重及び引張強さは第 1 表に示す如くである。

3. 試験双物

試験双物は第 2 図に示す如き物を使用した。双物の材質は

[第 3 卷 第 13 号]

(1) A Study on Wood Cutting. (Report 4). On the Cutting Actor of Wood Planer Cutter.

(2) Yaekichi SEKIGUCHI, Member, The Tôkyô University of Engineering. 東京工業大学。

(3) Ichirô HASAGAWA, Member, The Tôkyô University of Engineering. 東京工業大学。

(4) 機械学会論文集、2, 6. (5) 機械学会論文集、2, 9.

半高速鋼及び炭素鋼の2種である。双物の製作は某双物専門工場に依頼した。

4. 試験方法

(a) 切削力の測定 切削力の測定は8種の試験木材を夫々30×120×75 mmの大きさに切断し、これを測力器の取付部に固定し前記の方法に依て鉋削をなした。切削力は水平及び垂直の2方向に於て測定した。この測定に依て次の関係を明かにせんとしたのである。

- i 切削力と送りの関係
- ii 切削力と切込みの深さの関係
- iii 切削力と切削速度の関係
- iv 切削力と切削角度の関係
- v 切削力と切双角度的関係
- vi 切削力と送り方向の関係
- vii 切削力と双の研ぎ方の関係
- viii 炭素鋼及び半高速鋼双物の切削力の比較

以上の実験に於て送り量は 1.7, 2.0, 2.7 及び 3.75 mm/min の4種、削り速度は 10.5, 19 及び 25 m/s の3種に、切込みの深さは 0.4, 0.6, 0.8 及び 1.0 mm の4種、削り角度は双物取付具の形に依て 45° 及び 60° に、切双の角度は 25°, 30° 及び 40° に夫々変じて上記の諸関係を定めた。

送り方向は次の場合を除き全部普通の送り方向即ち双の回転方向に向つて木材が進む様にしたが逆の方向に送りを與へた場合に就ても削り速度 25 m/s, 送り 2.7 mm/min 切込みの深さ 1 mm の状態のものに於て実験した。

双の研ぎ方は普通の場合は何れも普通砥石を使用して手に依て行つた。角度の測定は著者が鉋の実験に於て使用した顕微鏡に依る測定法に拠つた。猶 オイルストーン に依て研いだ双物と砥石に依て研いだ双物との切味の差を知るた

第3図 実験装置

第4図 耐久度曲線

第5図

め両者の切削力を測定しこれを比較した。

切削力の測定は同一条件の切削のもの5回連続して行ひその平均値を求めた。

(b) 耐久度 耐久度に就て次の関係を確めた。

- i 炭素鋼及び半高速鋼製双物の耐久度の比較
- ii 上部8種の木材に対する耐久度の決定
- iii 削り速度 (10.5, 19, 25 m/s) と耐久度の関係
- iv 削り角 (45°, 60°) と耐久度の関係
- v 切双角 (25°, 30°, 40°) と耐久度の関係

耐久度は切削力の増加状態及び切削面の平滑度を肉眼で判定して定めた第4図は力の増加状態の一例であり、第5図は切味を失つた場合における切削面の荒れ方を示すものである。図より

明な如く双が切味を失ふに従て同図 b に示す如く木目が次第に出張してくる。実際鉋機械使用の場合に於てはかかる状態に達する以前に双を研ぎ直すのであるから、本実験に於て決定した寿命は実際におけるよりも幾分長めに決定せられてある。i と ii の試験は標準状態即ち削り速度 25 m/s, 送り 2.7 mm/min, 削り角 45°, 切双角 30° に於て行つたものである。

5. 切削面積の決定

切削面積は次の如くにして決定した第6図に於て f を一つの双の1回の切削に対する送り量とすれば横線の 1, 2, 3, の部分は双の1回の切削量を示す。この面積は縦線の 1 2 3 4 5 の部分に等しくなる。切込みの深さを d , 切削の巾を b とすれば切削量は、

$$V = b \cdot d \cdot f$$

となる。従て平均の切削面積 A_m は、

$$A_m = \frac{V}{l_s} = \frac{b d f}{l_s}$$

となる。双物の直径 D に対して切込みの深さ d の小さな場合には $l_s = r \cdot \epsilon$ と見做す

ことが出来る。而して、

第6図

第1表

木材	比重	引張強さ kg/mm ²
朴	0.51	6.0
杉	0.39	3.9
姫子松	0.50	4.7
蝦夷松	0.42	3.8
刺桐	0.45	4.5
栗	0.47	3.1
檜	0.71	11.5
樫	0.89	11.8

$$\frac{r-d}{r} = 1 - \frac{d}{r} = \cos \epsilon$$

$$2 \sin \frac{\epsilon}{2} = 2 \sqrt{\frac{1 - \cos \epsilon}{2}} = \sqrt{2} \frac{d}{r}$$

$$\text{従て } A_m = \frac{b d f}{r \sqrt{2} \frac{d}{r}} = b f \sqrt{\frac{d}{2r}} = b f \sqrt{\frac{d}{D}}$$

6. 試験結果

(a) 切削力

次の実験結果に於て切削力はすべて水平切削力を表すものとする。

i 送りと切削力との関係 第7図は削り速度 25 m/s, 切削角 45°, 切込みの深さ 1mm の場合に於て送りを 1.7, 2.0, 2.7, 及び 3.75 m/mn に変じた場合における水平切削力の変化を示す。切削力は送りが大となるに従ひ緩慢な増加を示してゐる。猶これを単位切削力で示せば点線の如くなり送りを増すに従て著しく減少することを示してゐる。

ii 削り力と切込みの深さとの関係 第8図は削り速度 25 m/s, 送り 3.75 m/mn, 切削角 30° の場合における切込みの深さと切削力との関係を示す。水平切削力は切込みの増すに従ひ比較的急激な増加を示してゐる。これを単位切削力に依て示せば点線の如くなり、単位切削力も切込みの深さの増加

と共に増すことを示してゐる。この現象は金属切削の場合における結果と異なるが、その理由は切込みを深くすれば切削すべき木目の数が大なるためであると思はれる。

iii 切削力と削り速度の関係 第9図は切削角 45°, 切削角 30° 及び切込みの深さ 1mm における削り速度と切削力との関係を示す。削り速度を増すときは切削抵抗は急激な減少を示してゐる。これは単位切削力にて示せば点線の如くなり、矢張削り速度が増すに従て減少することを示してゐる。

iv 切削力と切削角との関係 鉋削の削り角は双物取付具の形状に依て定つて来るが本実験に於ては 45° 及び 60° の二つの場合に就て切削力を測定した。この結果は第2表に示す如くである。

これにより角度を増すに従て切削力も増大することが分る。

v 切削力と切削角との関係 第10図は削り力と切削角との関係を示す。これに依て見れば水平切削力は切削角を増すに従て幾分増すことが分る。

vi 切削力と送り方向の関係 鉋加工における双物に対する送り方向は普通は双の回轉方向に逆ふ様に與へるのであるが、送り方向を逆にした場合即双の回轉と同じ方向に送りを與へた場合如何なる抵抗を示すかを実験した。切削力は第4表に示す如く各材料共後者の場合の方が著しく大であることが分つた。切削の条件は削り速度 25 m/s, 送り 2.7 m/mn, 切込みの深さ 1mm, 削り角 45° である。

削り速度 25 m/s, 削り角 45°, 切削角 30°, 木材の巾 39 mm, 切込みの深さ 1 mm

第7図 送りと水平切削力との関係

送り 2.4 m/mn, 削り角 45°, 切削角 30°, 木材の巾 30 mm, 切込みの深さ 1 mm

第8図 切込みの深さと水平切削力との関係

削り速度 25 m/s, 送り 3.75 m/mn, 削り角 45°, 切削角 30°, 木材の巾 30 mm

第9図 削り速度と水平切削力との関係

第2表 削り角と水平切削力

木材の種類	水平切削力 g	
	削り角 60°	削り角 45°
朴	200	150
姫子松	220	130
蝦夷松	170	150
杉	120	80
刺桐	110	80
栗	260	210
檜	300	200
樺	500	380

第 10 図 切双角と水平切削力との関係

第 11 図 双先の研ぎ方に依る切削力の比較

第 12 図 単位水平切削力

第 3 表

木材の種類	水平切削抵抗 力 g	
	逆方向送り	同方向送り
朴	580	810
姫子松	280	670
蝦夷松	520	780
杉	200	380
刺桐	460	830
栗	600	800
檜	540	750
榿	770	1 000

vi 切削力と双の研ぎ方の関係 鉋機械に使用する双は研磨車で落し更に油砥石を掛けるのが普通である。この方

昭和 12 年 11 月]

第 13 図 単位水平切削力

第 14 図 単位水平切削力

第 15 図 単位水平切削力

研いだ双物と本実験における如き砥石に依て研いだ物との切削抵抗力は如何に異なるかを検した。結果は第 11 図に示す如くで各材料の切削に於て殆ど兩者等しい結果を示してゐる。切削条件は削り速度 19 m/s, 送り 2.7 mm, 切双角 40°, 双物の材質は炭素鋼である。

vii 単位切削力と切削面積 上記各種実験に於て求めた結果よりして、切削面積に対する切削力の関係を図示すれば第 12～15 図の如き結果を得る。即ちこの場合に於ても他の種類の切削におけると同様単位切削力は切削面積が増すに従て減少することを示してゐる。但し本場合に於て切込みの深さに就てはこれと異つた傾向を示してゐる。即ち切込みの深さを増した場合に於ては切削面積はこれに依て大となるのであるが単位切削力は増大する。従てこの事実よりすれば鉋加工に於ては切込みは可成り取り送りを大ならしめた方が切削力は少くなり、この点より見れば有利であることが判定せられる。

次に各種木材に対する切削面積 1.0 mm^2 に対する単位切削を求めれば第5表の如くなる。

viii 切削力と双物の材質の關係 炭素鋼と高速度鋼に依て作られた鉋双物の切削力を比較測定したるに第5表の如くなり両者殆ど等しくなることを知つた。

(b) 耐 久 度

i 双物材と耐久度 前記の方法に依り耐久度を定めた結果第7表に示す様な結果を得た。これに依て見れば耐久度の最も長い切削材料は杉で本実験に於て 600m の長さまで切削したが未だ切削力も面の状態も始めと殆ど変化ないことを確めた。これに反し耐久度の最も悪いものは栗でもあり朴も亦著しく耐久度が悪く後者は切味を失ふに從て振動を引き起す傾向が顯著である。炭素鋼双物に依る切削に於て耐久度の長い順に木材名を並べれば杉、榧、刺桐、蝦夷松、朴、姫子松、栗となり半高速度鋼に於ては榧、姫子松、蝦夷松、刺桐、榧、栗、朴となる。炭素鋼双物と半高速度鋼双物の耐久度を比較するとき、耐久度は大体に於て両者変りがな

い。但し榧の如き硬い材料に於ては半高速度鋼の方が耐久度が長い様である。

ii 切双角と耐久度 炭素鋼双物の切双角を 40° 、及び 25° の3種に變じこれに依て姫子松、榧を切削して耐久度を定めた。この結果は第7表の如くなつた。即ち切双角 30° が他に比して著しく良好であることが判明した。

iii 削り速度と耐久度 削り速度を 10.5, 19, 25 m/s 送りを 2.7 m/min にし姫子松に就て削り速度と耐久度の關係を定めた。その結果削り速度 10.5 m/s—96m, 19 m/s—120m, 25 m/s—108 m となり、19 m/s が最も耐久度が良いが三者共大した長短のないことを示してゐる。

iv 送り方向と耐久度 送りを双物の回轉方向と逆に與へた場合と同方向に與へた場合に就て耐久度を姫子松及び榧に就て実験したるに、逆方向の場合姫子松 108 m, 榧 159 m なるに對し、同方向姫子松 36 m, 榧 42 m で著しく後者が不良であることが判つた。

金属のフライス加工に於ては同方向送りが最近使用せられて居り、これに依ればカッターの寿命が長く且切削面も滑かであると言はれてゐるが、木材の場合には全くこれと反對で全然利点のないことが確められた。

v 削り角と耐久度 削り角 45° と 60° の両場合に就き姫子松に依て耐久度の比較をした処、前者は 108 m であるに對し後者は 72 m となり削り角 45° の方が優秀であることが確められた。

7. 結 論

以上の実験に依り次の結論を得た。

(1) 送りを増せば切削力はこれに伴ひ緩慢に増加する。單

第 4 表

木材の種類	切削面積 1 mm^2 のときの 単位切削力 g	平 均
朴	460—170	320
姫子松	350—100	200
蝦夷松	400—150	280
杉	250—100	200
刺桐	350—140	250
栗	480—160	300
榧	400—160	280
榧	830—360	550

第 5 表

双物の材質	木材の種類	水平切削力 g
炭素鋼	朴	490
半高速度鋼	〃	400
炭素鋼	姫子松	250
半高速度鋼	〃	300
炭素鋼	蝦夷松	300
半高速度鋼	〃	260
炭素鋼	杉	—
半高速度鋼	〃	—
炭素鋼	刺桐	450
半高速度鋼	〃	440
炭素鋼	栗	450
半高速度鋼	〃	440
炭素鋼	榧	370
半高速度鋼	〃	450
炭素鋼	榧	850
半高速度鋼	〃	870

第 6 表

木材の種類	切味を失ふまでの 切削の長さ m	刃 物
朴	114	炭素鋼
〃	54	半高速度鋼
姫子松	108	炭素鋼
〃	252	半高速度鋼
蝦夷松	144	炭素鋼
〃	144	半高速度鋼
杉	600m 切削しても 未だ切味あり	炭素鋼
〃		半高速度鋼
刺桐	150	炭素鋼
〃	126	半高速度鋼
栗	66	炭素鋼
〃	60	半高速度鋼
榧	150	炭素鋼
〃	500	半高速度鋼
榧	156	炭素鋼
〃	360	半高速度鋼

第 7 表

木材の種類	切 刃 角	切味を失ふまでの 切削の長さ
姫 子 松	40°	60
〃	30°	108
〃	25°	66
樫	40°	96
〃	30°	156
〃	25°	96

位切削力は反対に減少する。

- (2) 切込みの深さを増せば切削力は比較的急激に増大する。単位切削力もまた切込みと共に増す。
- (3) 削り速度を速くすれば一定送りの場合切削力を減少する。単位切削力も亦減少する。
- (4) 削り角を大にすれば切削力は増大する。
- (5) 切刃角を大にすれば切削力は少しく増加する。
- (6) 送り方向は切削方向に逆ふ方向に與ふのが良い。切削方向と同じ方向に與へた場合は切削力が大、耐久度不良、切

削面粗で何れの点より見ても不利である。

- (7) 油砥石で研いだ刃物も切削力は大体同様である。
 - (8) 鉋切削の場合における単位切削力は他の木材切削例へば丸鋸切削、手繰鉋切削及び旋盤切削に比し著しく小である。
 - (9) 鉋刃の耐久度は切削木材に依て著しく異なるが杉、樫を切削する場合最も耐久度が良く、朴、栗の場合に最も不良である。
 - (10) 炭素鋼刃物と半高速度鋼刃物の耐久度は殆ど優劣がない。但し硬い木材の場合には半高速度鋼の刃物が幾分耐久度が良い様である。
 - (11) 鉋刃の切刃角は 30° の場合が他に比し著しく耐久度が良い。
 - (12) 削り速度の如何は耐久度に著しい影響が無い。
 - (13) 削り角 45° の刃物は 60° の物に比し耐久度が著しく良好である。
- 終りに本研究は日本學術振興會の補助金によるものであることを附記する。尙本研究に熱心に助力せられた山本誠一及び遠藤利男両氏に深く感謝の意を表する。