

引張切削加工の研究 II

突切り作業における軸圧の影響

宇都竜行・南 孝一

A Study of Metal Cutting with Tensile Load. II

Effect of Axial Load on Cutting-off

Tatsuyuki Uro and Kouichi MINAMI

I. 緒 言

旋盤加工で材料を切断する作業を、突切り作業と呼び、金属加工分野では不可欠の作業である。この突切り作業に類似している作業に、ねじ切り、みぞ切りなどがあるが、これらが突切り作業と異なる点は、3次元切削型であり、突切り作業は2次元切削型である点である。筆者らは第1報において、引張軸圧下の仕上面と、圧縮軸圧下の仕上面の表面あらさを、実験的に比較した結果を報告した。すなわち、引張軸圧は加工物の固有振動数を高めるために、圧縮軸圧の場合より、より良い仕上面あらさであること、軸圧により加工物の形状は言うまでもなく、切削抵抗に大きな変化があり、それは特に背分力の影響であると考えられた。しかし第1報は3次元切削であったため、背分力の影響であると断定するには、いささか疑問が残ったので、背分力が大きな因子となる2次元切削の突切り作業による実験結果を通して疑問点を分析しようとしたのがこの報告である。

第1報において取り扱った加工物は、長さを L 、直径を D とすれば $L/D > 15$ というような、きわめてびびりやすい条件のものであったが、今回もそのような材料をえらんだ。理由は $L/D < 15$ であれば実験が特殊性を持たないということと、 D が大きければ軸圧をあたえた場合、その結果が出てくいのではないかという不安があったからである。

II. 実験装置と供試材料

実験装置は第1報と同じように引張装置、および圧縮のための心押し台を用いた。圧縮軸圧の測定には環状ばね型力計 (POK500-9796) とダイヤルゲージを使用した。心押し台センターの変位をダイヤルゲージにて測定し、環状ばね型力計の荷重値に換算し、センターの変位で圧縮軸圧をあたえた。引張軸圧の場合は、古いボール盤の主軸を生かしたもので、負荷は重錘であたえた。

Fig. 1 は引張装置であり、Photo 1 はその写真である。その他に動ひずみ計 (DS6-RX型)、工具動力計 (TD-500KA型)、電磁オシログラフ (EMO-62型) を使用した。Fig. 2 が実験装置のブロックダイアグラムである。次に実験に使用したバイトは高速度鋼製ヘール突切りバイト (3号バイトに相当する) 3種類で、バイト形状は Fig. 3 であり、その諸元は Table 1 に示すと

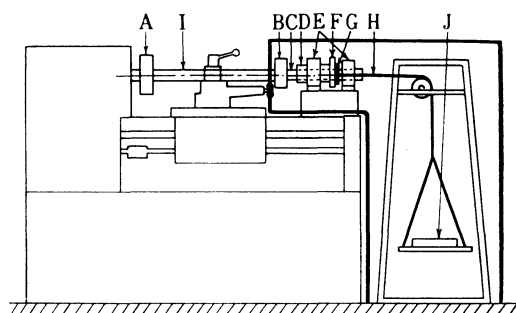


Fig. 1. 実験装置

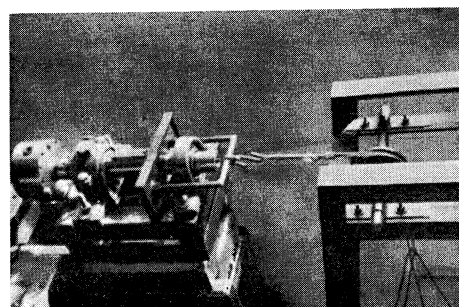


Photo 1. 引張主要部

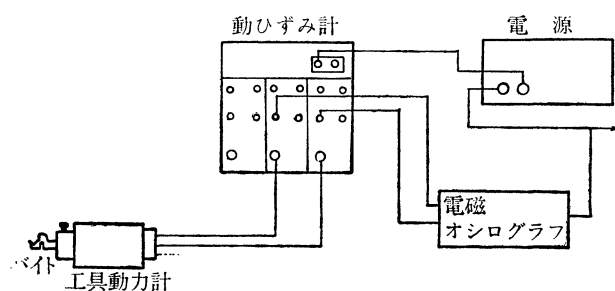


Fig. 2. ブロックダイアグラム

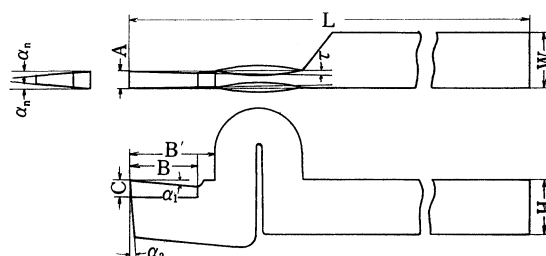


Fig. 3. バイト形状

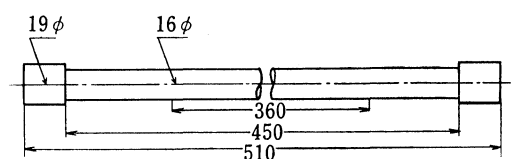


Fig. 4. 試験片

Table 1. バイトの諸元

バ番号 イト号	チップ部の寸法			シャンク部の寸法			すくい角	前にげ角	横にげ角	テーパ
	A	B	C	W	H	L	α_1	α_2	α_n	τ
1	5.8	22.4	4.4	18.8	18.8	177.8	10°	3°	3°	1°
2	5.8	23.5	4.0	19.2	19.2	178.7	20°	3°	3°	1°
3	5.8	23.2	3.3	19.2	19.2	179.5	30°	3°	3°	1°

Table 2. 軟鋼の機械的性質

破壊内力 (kg/mm ²)			ヤング率	せん断弾性係数	弾性限	降伏点
引張り	圧縮	せん断	E(kg/mm ²)	G(kg/mm ²)	kg/mm ²	kg/mm ²
34~45	34~45	29~40	2.1×10^4	0.81×10^4	18~23	20~30

おりである。

今後、圧縮軸圧を正圧 (+), 引張軸圧を負圧 (-) とよぶことにする。試験材料は市販軟鋼材で、仕上寸法は Fig. 4 のとおりで表面を 6 S 程度のあらさに仕上げてある。また軟鋼の機械的性質は JIS より Table 2 のようである。

III. 実験方法

切削現象を実験的に解明するには、切削抵抗と表面あらさ、切削抵抗と切削条件、および表面あらさと切削条件との関係を明らかにしなければならない。しかし切削条件にはバイトの形状、種類、被削材の材質、被削性、切削速度、切こみ、送り、切削剤の有無など、多くの条件があって、これらを同時に実験するということはきわめて困難である。若干の条件をとりあげ、他の条件は一定として実験するのが常である。実験に先立って圧縮（正）、および引張（負）軸圧を加える時、主軸側と圧縮、および引張側とに振れがあると実験不可能であるため、振れが JIS の精度検査許容範囲（0.01mm）内にあるかどうかを確認した。テストバーを使用しての結果は、正圧の場合、主軸側チャックと心押し台センターとの振れは全長にわたって振れは 0.01mm 内であった。また負圧の場合に使用する主軸側チャックと引張りのためのチャック側との振れは、主軸側チャックよりの距離 30mm で 0.005mm, 60mm で 0.01mm, 90mm で 0.015mm, 150mm で 0.02mm, 300mm で 0.04mm という大きさである。この場合 90mm までは JIS の許容範囲内である。それゆえ、切削する位置として 30mm, および 60mm の 2 点をとった。なおバイト刃先は工具動力計のバイト取付固定端より 67mm に位置するよう一定にした。

本研究はバイトのすくい角 α_1 , 切削速度（ここでは回転数 rpm で表わす）、切削位置、軸圧の四条件にしぼって実験を行った。バイトのすくい角 α_1 は、 10° , 20° , および 30° の 3 種とし、切削速度は 83 rpm, 155 rpm, および 275 rpm の 3 段階とした。一般的に突切りの切削速度は 50~70 m/min であるが、ここで切削速度を低速度にしたのは突切り作業が低速度で行われるのが一般的であることと、いま一つは緒言でふれたように $L/D > 15$ というきわめてふれまわりを起しやすいということの二つのためである。切削位置は前述の 30mm と 60mm の位置である。切削位置としては主軸に近い 30mm をとるのがこの実験では实际的であるが、2 点とったのは中央部に近い位置の運動状態を知るためである。軸圧は正圧（+）10 kg~負圧（-）50kg を 10kg 毎に負荷を増減した。送りは 0.04mm/rev の一定で、乾式切削とする。バイト刃先は低速からくる構成刃先の発生するおそれがあるので、切削の都度研磨した。次に試験材料は直径 16 ϕ で 6 S 程度に仕上げておく。試験した材料は 102 本である。実験の一例を上げると、すくい角 10° , 切削速度 83 rpm, および切削位置 30mm という条件で軸圧を（-）50~（+）10kg 間で変化させ、その時の主分力と背分力を工具動力計を通して測定する。切削抵抗は主分力と背分力の合力であるから算出できる。他はこれと同様に条件を一つずつかえて実験した。

IV. 実験結果と考察

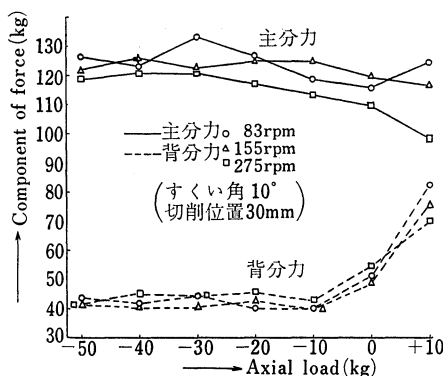
実験結果は graph I. a から graph IV. b に示すようである。graph I. a より順を追って考察をすすめる。

graph I. a は、すくい角 10° , 切削位置 30mm で切削速度を 83 rpm, 155rpm, および 275rpm

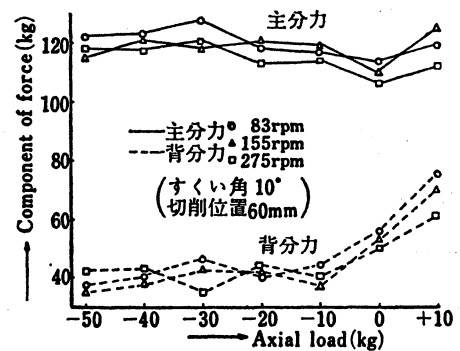
の3段階に変化させた時の軸圧による主分力と背分力の変化曲線である。主分力は0 kg 以外特別な変化をしていない。背分力は(−) 50kg~(−) 10kgの間は切削速度の影響をあまりうけていない。しかし(+) 10kg の正圧の場合、背分力は負圧の場合の約2倍近くの大きさを示している。

graph I. bは, graph I. aに対して切削位置を 60mm にしただけであるが, 主分力は正圧側より負圧側がやや大きい。背分力は graph I. a と同じような変化を示している。これは中央に近いほど, 被削材がふれまわりをしていることを表わしている。

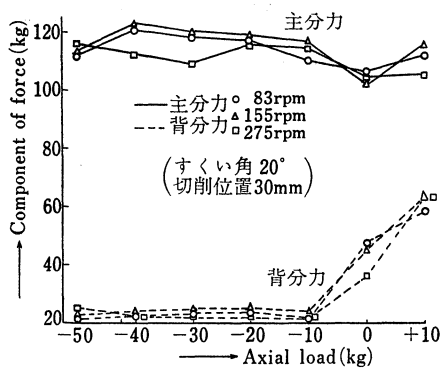
graph II. aはすくい角 20° , 切削位置は 30mm で切削速度83rpm, 155rpm, および 275rpm の3段階に対する軸圧と各分力との変化曲線である。主分力は graph I. a と同じ傾向で変らない。



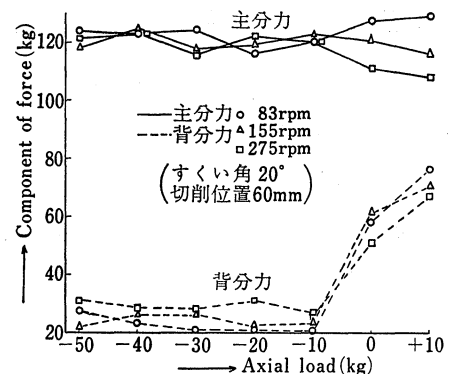
graph I. a



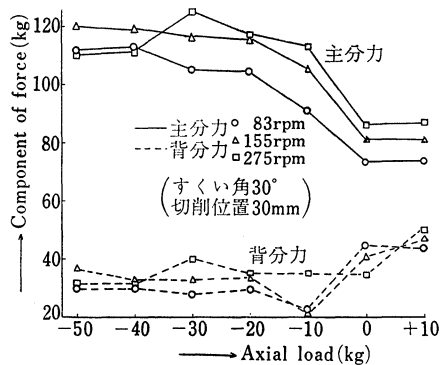
graph I. b



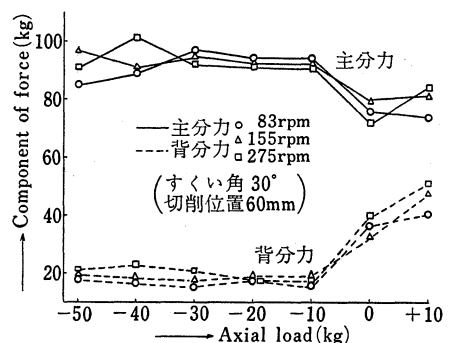
graph II. a



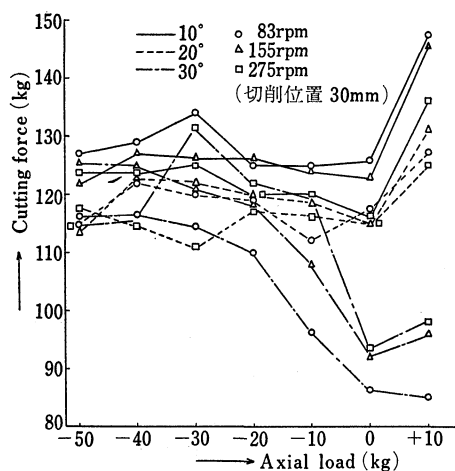
graph II. b



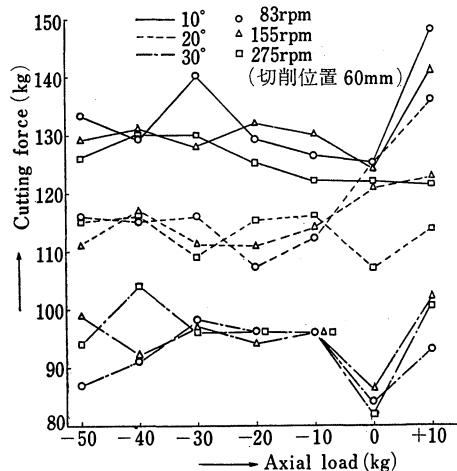
graph III. a



graph III. b



graph IV. a



graph IV. b

しかし背分力は正圧，負圧両側ともに分力の大きさは減少し，切削速度のいかんにかかわらず平行的である。この抵抗の大きい減少はすくい角の増加によると思われる。

graph II. bはすくい角 20° ，切削位置 60mm の場合であるが主分力は正圧，負圧両側ともに大体平行的であるが，背分力は 30mm の切削位置の場合と大体等しいが，正圧，負圧の全域で切削速度により変化が見られる。これは切削速度による被削材の振れのためと思われる。しかしすくい角 20° ，切削速度 83rpm の場合は負圧側で小さい分力で，正圧側では大きい分力を示している。

graph III. aはすくい角 30° ，切削位置 30mm で切削速度 83rpm，155rpm，および 275rpm の3段階に対する軸圧と各分力との変化曲線である。主分力は大体各切削速度に比例した大きさで，負圧側が正圧側よりはるかに高い抵抗を示している。背分力は前述の4つの graph の場合より低い抵抗を示すはずであるが，正圧側は適当としても負圧側で変動が多く抵抗も大きいようである。切削速度から考えても負圧側で 275rpm の方が小さい抵抗を示すはずであるが 83rpm の場合が小さい。それに比較して正圧側で 83rpm が高いのは正圧側と負圧側で規則性がないようである。すくい角が 30° であるため，主分力，背分力ともに小さい値を示す。

graph III. bは graph III. aに比較して変動が小さく，やや規則性を持っている。60mm の位置が被削材の中央に近いほど graph III. a のような変化が見られるはずであるが，それが表われないのは，チャックのゆるみのためと思われる。また 60mm の位置の場合は 30mm の位置の場合に比較して，各分力の大きさは約 20kg ほど小さいがこれもチャックのゆるみが原因と思われる。

以上の主分力，背分力の合力，すなわち切削抵抗と軸圧との関係を同じように graph 化したものが graph IV. a と graph IV. b である。

graph IV. aは 30mm の切削位置の場合で，graph I. a, II. a，および III. aをまとめたものである。すくい角 10° ，および 20° の場合切削速度のいかんにかかわらず，正，負圧両域において同じような傾向であるが，すくい角 30° になると傾向は大いにちがっている。負圧側より正圧側が小さい切削抵抗を示している。特にすくい角 30° ，切削速度 83rpm の場合は正圧側が良いようである。

graph IV. b は 60mm の切削位置の場合であるが、すくい角の影響が明確に表われている。そしてこの程度の切削速度では速度の影響をあまり受けていないようである。すくい角 30° の場合は速度のいかにかわらず $-30 \sim -10$ kg 付近は良好な抵抗状態を示している。

以上のグラフを通して 0 kg の場合、切削抵抗は平均して低い値を示している。しかし 0 kg という負荷状態は加工物のセンター穴に心押し台のセンターが自由支持しているという状態である。このような状態では作業時に単位時間の間にセンター穴が大きくなり、振れを起して切削は不可能になる。

全体的に負圧側では切削速度 83rpm が小さい抵抗を示すが、正圧側では各速度に対する一定の傾向は表われないようである。

V. 結 論

以上の考察を総合すると次のようになる。

- (1) 低切削速度域では切削抵抗に著しい変化は見られないが、すくい角の影響はきわめて大きい。
- (2) 切削位置 30mm では、圧縮軸圧側が良い傾向を示す。
- (3) 切削位置 60mm の場合、切削速度のいかにかわらず $-30 \sim -10$ kg の引張軸圧下で切削抵抗は圧縮軸圧側より小さい。これは (2) の 30mm の位置の場合とは反対である。引張軸圧下の $\alpha_1 = 30^\circ$, 85rpm は良い結果であるが非能率的であろう。
- (4) 引張軸圧を加えると、主分力は圧縮軸圧よりわずかに高い傾向を持っているが、背分力は引張軸圧下の方が圧縮軸圧下よりはるかに小さく約 $1/2$ 程度である。

終りにあたって緒言でふれたように切削理論は今日まで圧縮、引張という軸圧の条件を入れて立てられていないようである。そのために筆者らの引張切削加工法に決定的結論を述べるにいたらない。引張装置の改善、軸圧をうけた加工物の回転運動の解析、それに対応するバイトの挙動、構成刃先の問題、低速度域と高速度域との比較、圧縮軸圧の増量、バイトの摩耗、被削材仕上面の材質上の良否、生産的か非生産的かの判断等多数の問題が山積していることを述べておきたい。

実験に協力された工学部田中秀穂先生、中村克己、池田俊郎君に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 渡辺大勝：機械技術, 15, 14, p. 23~27 (1967)
- 2) 管沼 潔, 石井祥治著：突切り・みぞ切削の理論と実際 (1970)
- 3) 加藤 仁, 丸井悦男著：機械振動学 (1972)
- 4) 宇都竜行：鹿児島大学教育学部研究紀要, 24, p. 63~68 (1972)

Summary

In order to know the effect of axial load on the cutting-off, we measured the principal component force and the back component force with axial load by Strain-Meter.

The results showed as follows;

(1) Cutting force curves have not remarkable change in the low cutting speed, but have striking change in case of front rake.

(2) In case cutting place (30mm from main spindle chuck), compressive loads produces good results in contrast with tensile load.

(3) In case cutting place (60mm from main spindle chuck), cutting forces with tensile load ($-30 \sim -10\text{kg}$) are smaller than with compressive load, in spite of any cutting speed.

In case front rake 30° , and cutting speed 85rpm the cutting force produces a good result, but it is inefficient.

(4) Principal component forces of cutting force with tensile load have a smaller tendency to rising than with compressive load, but back component forces with tensile load are very small and about $1/2$ as compared with compressive load.