



Title	前歴効果がない場合のバイトの振動
Author(s)	星野, 悟; Hoshino, Satoru
Citation	北海道大學工學部研究報告, 10, 41-51
Issue Date	1954-06-05
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/40537">https://hdl.handle.net/2115/40537</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	10_41-52.pdf



# 前歴効果がない場合のバイトの振動

星 野 悟

(昭和29年2月28日受理)

## The steady vibration of a tool in the case of cutting which is not affected by fore-gone cutting surface

Satoru HOSHINO

### Abstract

Also in the case of cutting which is not affected by fore-gone cutting surface, we can observe the vibration of a tool. This is induced by many factors, and three factors out of them are picked up in this paper, that is, (1) negativity of the slope indicated in the curve of the relation between cutting force and cutting velocity, (2) variation of the sectional area which is caused by the vibrating tool and (3) damping ( $\alpha\dot{y} + \beta\dot{y}^2$ ) of the tool.

We can make a non-linear differential equation of the tool, alike to Rayleigh's equation, as a system of one degree-of-freedom, and its significance is showed by the experiments.

### 1. 緒 言

工作機械による切削加工において、最も芳しくない現象は各部の振動に基く工作精度の低下である。工作機械の剛性を高める事により現在の精度にまで向上して来たが、今尙びり振動の要因の摘出、解析が十分な域に達していないため、びり振動の防止については殆んど専ら経験的方法が採用され、工作機械の發明當時と比較して急速なる進歩を遂げているとは言いかねる現状である。

最近、この分野における研究<sup>1)</sup>が数多く發表されており、我々も先に、通常の微小送りによる旋削方法におけるバイトのびり振動について、切削量變動の影響を論じた<sup>2)</sup>が、この前歴効果と他の要因によるものとの比較検討にまで到達していなかつた。今回は、前報で述べた前歴効果の影響を去除いた、その他の因子を研究するため前に削つた面の凹凸に影響されない様な、即ち前歴効果を生じない場合を採用してその考察及び實驗結果を報告する。

## 2. 振 動 原 因

前歴効果を生じない場合を研究対象としたため、切削量の變動は非常に単純な形で表わされ、切削機構の精密な考察を除外するならば、これ自體では自勵振動を起す能力をもたず、單に他の原因で惹起された振動を幾らか變える作用をするだけである。即ち、バイトと被削材との相對位置により、双先の運動に基く切削量の増減はその様相を異にし、このためバイトのばね常數（見かけの）が變化し、振動數の増減ひいては振巾の變化が表われて來る。

そこで、この場合の振動を持続させる原因としては、最近多くの研究者<sup>3)</sup>により發表され殆んど定説化されている切削力と切削速度との關係を取上げた。即ち、切削速度が増加すると共に切削力が最初は急激に後では徐々に減少する事實より負減衰の項を作り、これが唯一の自勵振動因であるとした。この性質は切削機構に起因するものであり、今のところ確實であるとは言い切れないが<sup>4)</sup>、我々の實驗に依つても（第4圖）妥當であると思われる。

然し、負減衰のみの振動系とするならば、自勵振動は時間と共に増大し遂にはバイトの破壊へ到達しなければならない筈である。ところが、バイトの有する減衰が單に速度に比例する項のみならず、更に高次の項をも含む速度の函數として與えられるので、この中から速度及び速度の3乗に比例する減衰の項を抽出するならば、丁度 Rayleigh の非線型微分方程式に類似して來るため、切削中の振動が直ちに比較的定常状態に達するものと思われる。

上述の様なバイト自身の減衰要素と共に、バイト双先と被削材との接觸において、バイト双先の速度が被削材の速度を超えるときは、双先の下降時に切刃の背面で逆に被削材を擦るため、Coulomb の減衰が生じ、振動は振巾の小なる方へ移行し、結局双先の速度は被削材の速度を超えることはないと考えられる。この考察は既に Chisholm の論文<sup>1)</sup>において指摘されている。

以上の様に、今回は、關連する諸領域についての巨視的考察にのみ局限し、切削機構の本質的考察については、研究が最近漸く緒につき今後益々發展されなければ結論を掴みえないため省略した。

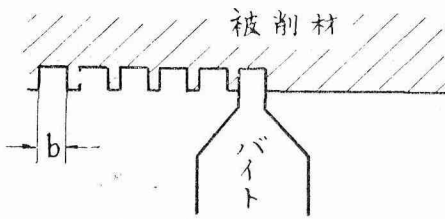
## 3. 切 削 方 法

次の様な二種の形狀の切刃について考察した。即ち、

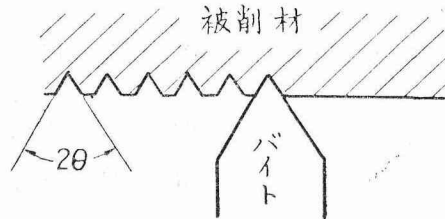
- (i) 第1圖の様に、角ねじを一度に削り取るような形狀をもつた双先によつて切削する場合。
- (ii) 第2圖の様に、三角形のねじを一度に削り取るような形狀をもつた劍先でバイトで切削する場合。

以上二つの場合は、後で明らかになる様に、振動中における切屑面積の變動式が異り、振動方

程式がそれぞれ別個に立てられなければならない。



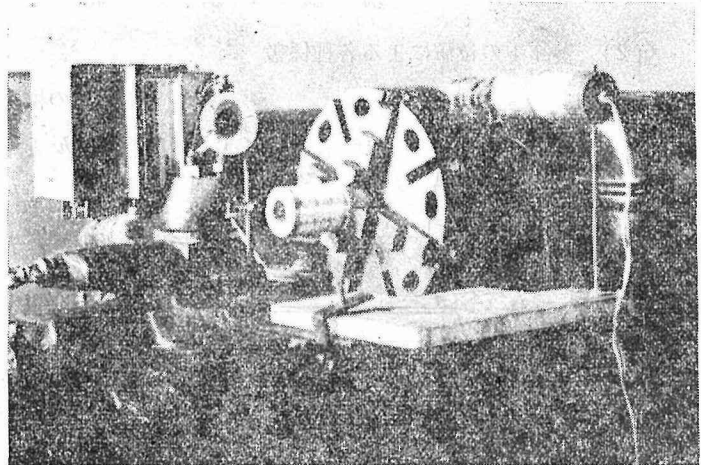
第 1 圖



第 2 圖

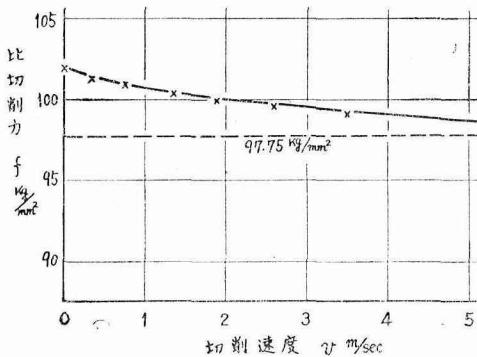
### 4. 實 験 装 置

第 3 圖の様な実験装置により、オッシロペーパーにタイムマーク 1/30 秒とバイトの振動を同時に記録した。使用旋盤は Lodge & Shipley 會社製の全歯車式 12 段變速 (17.5 ~ 487 r.p.m.) 旋盤で、被削材として構成双先が餘り生じないとされる亞鉛を用いた。



第 3 圖

又、バイトの振動に重點を置くため、他の部分の撓み量が極度に少くなる様配慮した。測定の結果、主軸及被削材の合計撓み量は、被削材最外端 (チャックより 10 cm の所) に 10 kg の荷重を加えた時その點で 0.1 μ の程度であり、一方バイトの撓み量は 10 kg に對して 0.72 ~ 0.86 mm で、主軸及び被削材の最大合計撓み量の約一萬倍に相當し、更に切込に對する



第 4 圖

影響も、バイト自身の振動による變動に比して 1/50 以下である。かくてこの実験においては、バイト以外の各部の振動は殆んど影響していないと斷言する事が出来る。

次に、振動を解析するために必要な各種係數値の結果を列記する。

(1) 比切削力と切削速度との關係。

第 4 圖は切屑角 0°, 切屑面積 0.1 mm<sup>2</sup>

のときのバイトの振動中心の撓み量から求めたものであり、實線はこの結果を次の関係式に表わしたときの関係曲線である。

切削速度 0, 切屑角 0° のときの比切削力を  $\delta$  として近似的に次の様な関係式を作つた。

$$F(v) = \delta f(v) = \delta \left( \frac{e^{-\epsilon v}}{24} + \frac{23}{24} \right)$$

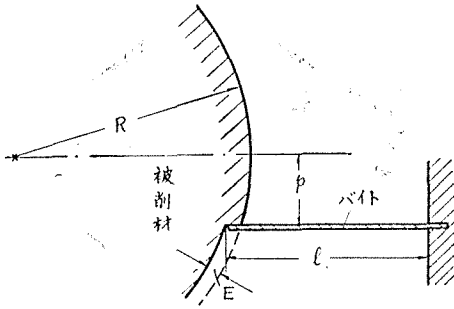
$$\delta = 102 \text{ kg/mm}^2, \epsilon = 3 \times 10^{-4} \text{ sec/mm}$$

今バイトの振動をも考慮に入れて、相對切削速度と比切削力との關係を求めると、

$$F(v+y) = \delta f(v+y) = \delta \left\{ \frac{e^{-\epsilon(v+y)}}{24} + \frac{23}{24} \right\}$$

$$= \delta \left( \frac{23}{24} + \frac{1}{24} e^{-\epsilon v} - \frac{\epsilon}{24} e^{-\epsilon v} y + \frac{\epsilon^2}{48} e^{-\epsilon v} y^2 - \frac{\epsilon^3}{144} e^{-\epsilon v} y^3 \right) \dots\dots\dots (1)$$

(2) バイトの位置による各種係數



第 5 圖

第 5 圖の様にバイトの位置をとり、バイトの厚さを  $2h$  とすれば、切込量の變動は、

$$E - By - Dy^2$$

により近似的に表わされる。ここで

$$B = \frac{3h\sqrt{(R-E)^2 - p^2}}{2(R-E)l} + \frac{p}{R-E}$$

$$D = \frac{4l + 5\sqrt{(R-E)^2 - p^2}}{8(R-E)l}$$

$$+ \frac{p^2(9h^2 + 4l^2) - 12plh\sqrt{(R-E)^2 - p^2}}{8(R-E)^3 l^2}$$

又、切屑角の變動も近似的に、

$$F + Gy$$

で表わされ、

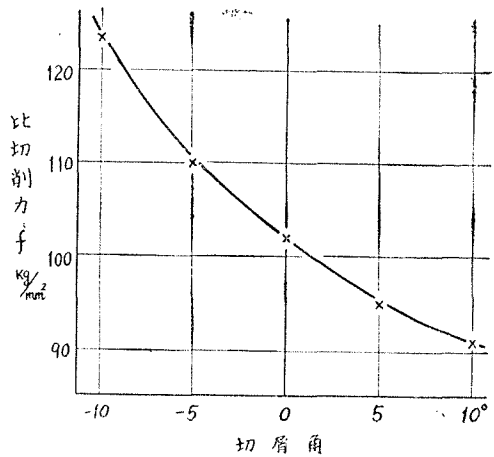
$$F = \frac{p}{\sqrt{(R-E)^2 - p^2}}$$

$$G = -\frac{3}{2l} - \frac{1}{\sqrt{(R-E)^2 - p^2}}$$

$$+ \frac{3hp}{2[(R-E)^2 - p^2]l}$$

(3) 比切削力と切屑角の關係

第 6 圖は、切削速度が殆んど 0 に近い場合の各種切屑角に對して、バイトの撓みを測定して計算した結果を示している。切屑角變



第 6 圖

動による比切削力変動の係数を,

$$1 + \gamma(F + Gy)$$

とせば, この圖より,

$$\gamma = 0.84/\text{rad.}$$

## 5. 切削方法 (i) の場合

### (1) 振動方程式

一自由度の系として, バイトの振動方程式を次の様に立てた。

$$m\ddot{y} + \alpha\dot{y} + \beta\dot{y}^3 + ky + \delta b(E - By - Dy^2)\{1 + \gamma(F + Gy)\}f(v + \dot{y}) = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

今, 振動中の中心位置を  $y_0$  とし,

$$y = Y + y_0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

と置いて, (1), (3) 式を (2) 式に代入して整頓し, Rayleigh の微分方程式の型にするため切削力の項中,  $Y, \dot{Y}$  に関する二次以上の項を省略すれば次式を得る\*。

$$m\ddot{Y} + \left[ \alpha - \delta b(E - By_0 - Dy_0^2)\{1 + \gamma(F + Gy_0)\} \frac{\varepsilon}{24} e^{-\varepsilon} \right] \dot{Y} + \beta\dot{Y}^3 \\ + \left[ k + \delta b\{(E - By_0 - Dy_0^2)\gamma G - (1 + \gamma\overline{F + Gy_0})(B + 2Dy_0)\} \left( \frac{23}{24} + \frac{e^{-\varepsilon}}{24} \right) \right] Y = 0 \quad (4)$$

$$ky_0 + \delta b(E - By_0 - Dy_0^2)\{1 + \gamma(F + Gy_0)\} \left( \frac{23}{24} + \frac{e^{-\varepsilon}}{24} \right) = 0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

(4) 式を解いて振動率  $\omega$ , 振巾  $A$  の第一近似を求めれば<sup>5)</sup>,

$$\omega^2 = \frac{k + \delta b[(E - By_0 - Dy_0^2)\gamma G - \{1 + \gamma(F + Gy_0)\}(B + 2Dy_0)] \left( \frac{23}{24} + \frac{e^{-\varepsilon}}{24} \right)}{m} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$A^2 = \frac{4[\delta b(E - By_0 - Dy_0^2)\{1 + \gamma(F + Gy_0)\} \frac{\varepsilon}{24} e^{-\varepsilon} - \alpha]}{3\beta\omega^2} \quad \dots\dots\dots (7)$$

ここで (6), (7) 式中の  $y_0$  は, (5) 式を満足する値である。

更に前述の通り (2. 振動原因) バイト双先の最高速度は切削速度を超えないという条件を付加して,

$$\frac{A\omega}{v} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (8)$$

### (2) 実験結果

先ず, バイトの諸常数を決定しなければならないが, このためバイトの自由振動を記録しこの他バイトのばね常数を測定した結果, 諸常数に次の様な数値が与えられた。

\*これらの中, 特に影響が甚だしいと思われる  $\dot{Y}^3$  の係数は,  $\beta$  に對して 1~5% であり, 振巾に對しては 0.5~2.5% 増大せしめる。

$$k=13.8 \text{ kg/mm}$$

$$\omega_0=4130 \text{ rad./sec}$$

$$m=8.07 \times 10^{-7} \text{ kg-sec}^2/\text{mm}$$

$$\alpha=2.05 \times 10^{-5} \text{ kg-sec/mm}$$

$$\beta=3.00 \times 10^{-11} \text{ kg-sec}^3/\text{mm}^3$$

バイトの位置, 切込深さ及び回転数を種々變えて實驗を行い, その結果を第1表に示してある。

		第 1 表							
		R	E	p	n	v	$\omega$	A	$\frac{A\omega}{v}$
		68.67	0.2	0	44	317	3175	0.074	0.744
		"	"	"	105	755	3740	0.172	0.853
		"	"	"	192	1380	4020	0.318	0.927
		"	"	"	265	1905	3890	0.367	0.748
		"	"	"	360	2585	3860	0.331	0.476
		"	"	"	487	3500	3935	0.269	0.303
		"	0.1	"	105	755	3800	0.196	0.986
		"	"	7.5	"	"	3140	0.245	1.020
		"	0.2	"	"	"	3205	0.240	1.020
		"	"	"	360	2585	3490	0.514	0.695
		68.28	0.15	"	105	748	3080	0.233	0.963
		"	0.25	"	"	"	2985	0.245	0.979
		"	0.3	"	"	"	3020	0.257	1.037
		"	0.1	-7.5	"	"	4460	0.135	0.805
		"	0.15	"	"	"	4395	0.125	0.735
		"	0.2	"	"	"	4365	0.135	0.787
		"	"	"	360	2570	4580	0.196	0.349
		"	0.25	"	105	748	4460	0.130	0.775
		"	0.3	"	"	"	"	0.135	0.804
		"	0.1	-3.75	"	"	4175	0.147	0.820
		"	0.2	"	"	"	4145	0.147	0.815
		"	"	"	360	2570	4335	0.245	0.413
		"	0.1	3.75	105	748	3550	0.220	1.045
		"	0.2	"	"	"	3675	0.208	1.025
		"	"	"	360	2570	3710	0.416	0.600

實驗と同一の條件における切削について, 諸數値を代入して第2表の様な計算の経過をも示してある。

ここで,  $A_1$  は (7) 式により求めた値であり,  $A_2$  は (8) 式より求めた値で, この考察の下では  $A_1, A_2$  の中の小さい値の方が求めるものである。

更に, これらの計算値と實驗値とを比較するため, 第7, 8圖に, 振巾と切削速度, 切込深さ及びバイトの位置との關係を示した。

第 2 表

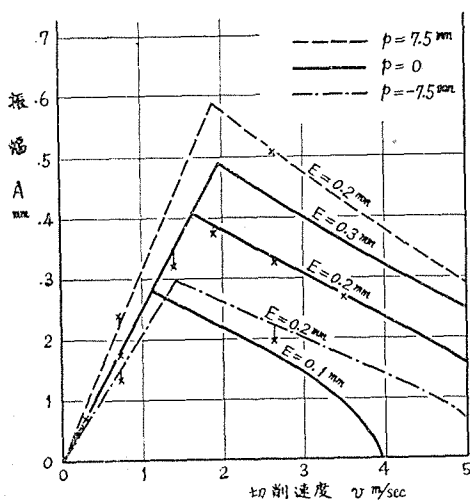
	$y_0$	$E \cdot B_y - D_y \theta$	$b(E \cdot B_y - D_y \theta)$	$\omega$	$A_1$	$A_2$	$\frac{A \omega}{v}$
1	-0.763	0.2228	0.1005	3960	0.533	0.080	1.000
2	-0.760	"	"	"	0.492	0.191	"
3	-0.754	0.2227	0.1004	3958	0.433	0.349	"
4	-0.749	0.2226	0.1003	"	0.392	0.481	0.815
5	-0.746	0.2225	0.1002	"	0.337	0.664	0.508
6	-0.744	0.2224	"	"	0.271	0.885	0.306
7	-0.384	0.1144	0.0515	3887	0.311	0.194	1.000
8	-0.532	0.1763	0.0792	3133	0.491	0.241	1.000
9	-1.047	0.3386	0.1523	3207	0.734	0.236	"
10	-1.019	0.3356	0.1509	3216	0.516	0.805	0.640
11	-0.795	0.2606	0.1171	3167	0.630	0.236	1.000
12	-1.306	0.4175	0.1876	3245	0.823	0.231	"
13	-1.558	0.4929	0.2219	3289	0.897	0.227	"
14	-0.294	0.0791	0.0356	4670	0.202	0.160	1.000
15	-0.439	0.1174	0.0528	4700	0.284	0.159	"
16	-0.580	0.1543	0.0693	4728	0.344	0.158	"
17	-0.572	0.1550	0.0696	4722	0.227	0.544	0.417
18	-0.724	0.1910	0.0858	4765	0.394	0.157	1.000
19	-0.864	0.2273	0.1020	4800	0.437	0.156	"
20	-0.334	0.0944	0.0424	4275	0.249	0.175	1.000
21	-0.661	0.1845	0.0828	4340	0.408	0.172	"
22	-0.652	0.1848	0.0830	4336	0.275	0.593	0.463
23	-0.449	0.1409	0.0633	3507	0.388	0.213	1.000
24	-0.888	0.2731	0.1228	3581	0.596	0.209	"
25	-0.868	0.2718	0.1221	3584	0.415*	0.717	0.578

ここで

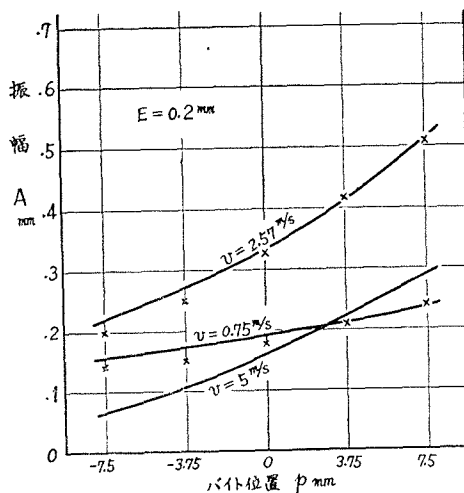
$b = 0.45 \text{ mm}$

又  $y_0, A_1, A_2$  の単位

は凡て mm である。



第 7 圖



第 8 圖

### 6. 切削方法 (ii) の場合

#### (1) 振動方程式

前節と同様にして次式を得る。

$$m\ddot{y} + \alpha\dot{y} + \beta\dot{y}^3 + ky + \delta tg\theta(E - By - Dy^2)^2\{1 + \gamma(F + Gy)\}f(v + \dot{y}) = 0 \quad \dots\dots\dots (9)$$

(1), (3) 式を (9) 式に代入して, (4), (5) 式と同様に整頓すれば,

$$m\ddot{Y} + \left[ \alpha - \delta tg\theta(E - By_0 - Dy_0^2)^2\{1 + \gamma(F + Gy_0)\} \frac{\varepsilon}{24} e^{-\varepsilon v} \right] \dot{Y} + \beta\dot{Y}^3 + \left[ k + \delta tg\theta\{(E - By_0 - Dy_0^2)^2\gamma G - 2(B + 2Dy_0)(E - By_0 - Dy_0^2)(1 + \gamma\overline{F + Gy_0})\} \left( \frac{23}{24} + \frac{e^{-\varepsilon v}}{24} \right) \right] Y = 0 \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$ky_0 + \delta tg\theta(E - By_0 - Dy_0^2)^2\{1 + \gamma(F + Gy_0)\} \left( \frac{23}{24} + \frac{e^{-\varepsilon v}}{24} \right) = 0 \quad \dots\dots\dots (11)$$

(10) 式から振動率  $\omega$ , 振幅  $A$  の第1近似として,

$$\omega^2 = \frac{k + \left( \frac{23}{24} + \frac{e^{-\varepsilon v}}{24} \right) \delta tg\theta\{(E - By_0 - Dy_0^2)^2\gamma G - 2(B + 2Dy_0)(E - By_0 - Dy_0^2)\{1 + \gamma(F + Gy_0)\}}}{m} \quad \dots\dots (12)$$

$$A^2 = \frac{4 \left[ \frac{\varepsilon}{24} e^{-\varepsilon v} \delta tg\theta(E - By_0 - Dy_0^2)^2\{1 + \gamma(F + Gy_0)\} - \alpha \right]}{3\beta\omega^2} \quad \dots\dots\dots (13)$$

第 3 表

	R	E	p	n	v	$\omega$	A	$\frac{A\omega}{v}$
1	68,28	0.4	0	44	314	2580	0.112	0.922
2	"	"	"	105	748	2970	0.221	0.878
3	"	"	"	192	1370	3205	0.369	0.837
4	"	"	"	265	1890	3230	0.442	0.756
5	"	"	"	360	2570	3180	0.392	0.485
6	67,72	"	"	487	3450	3390	0.319	0.314
7	"	0.5	"	105	743	3270	0.233	1.027
8	"	0.3	7.5	"	"	—	0.391	—
9	"	0.4	"	"	"	2040	0.391	1.075
10	"	"	"	360	2550	2540	0.674	0.673
11	"	0.45	"	105	743	2110	0.391	1.110
12	"	0.5	"	"	"	1790	0.391	0.940
13	"	0.55	"	"	"	1760	0.416	0.987
14	"	0.3	-7.5	"	"	3610	0.147	0.715
15	"	0.4	"	"	"	3490	0.159	0.748
16	"	"	"	360	2550	3740	0.245	0.360
17	"	0.45	"	105	743	3710	0.159	0.795
18	"	0.5	"	"	"	3580	0.172	0.830
19	"	0.55	"	"	"	3710	0.172	0.858
20	"	0.4	-3.75	"	"	3420	0.196	0.902
21	"	"	"	360	2550	3660	0.294	0.422
22	"	0.5	"	105	743	3440	0.196	0.903
23	"	0.4	3.75	105	743	2720	0.270	0.990
24	"	"	"	360	2550	2950	0.515	0.596
25	"	0.5	"	105	743	2840	0.294	1.125

更に次の条件も満足され

なければならない。

$$\frac{A\omega}{v} \leq 1 \quad \dots\dots (8)$$

(2) 実験結果

バイトの自由振動及びバ

イトのばね常数の測定から,

バイトに関する諸常数が次の

様に與えられた。即ち

$$k = 11.6 \text{ kg/mm}$$

$$\omega_0 = 3360 \text{ rad./sec}$$

$$m = 1.03 \times 10^{-6} \text{ kg-sec}^2/\text{mm}$$

$$\alpha = 1.65 \times 10^{-5} \text{ kg-sec/mm}$$

$$\beta = 2.95 \times 10^{-11}$$

$$\text{kg-sec}^3/\text{mm}^3$$

実験結果は第3表に, こ

の実験条件に対する計算値は

第4表に示してある。

第 4 表

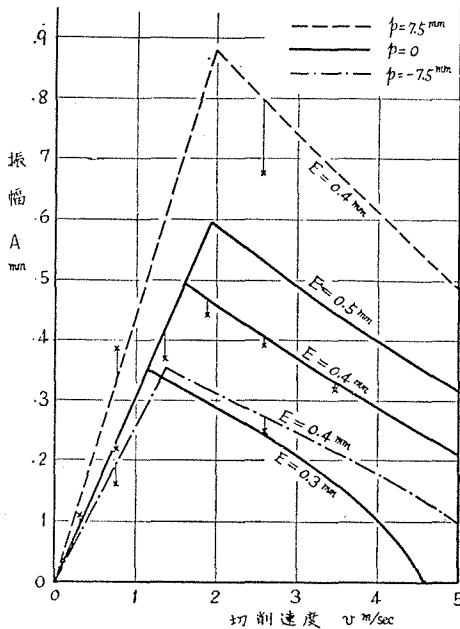
	$y_0$	$E \cdot B y_0 - D y_0'$	$\tan(E \cdot B y_0 - D y_0')$	$\omega$	$A_1$	$A_2$	$\frac{A \omega}{v}$
1	-0.815	0.4235	0.0898	3210	0.634	0.098	1.000
2	-0.812	0.4234	0.0897	3210	0.585	0.233	"
3	-0.806	0.4234	0.0897	3209	0.510	0.427	"
4	-0.802	0.4233	0.0896	3209	0.469	0.589	0.796
5	-0.798	0.4233	0.0896	3209	0.408	0.801	0.509
6	-0.792	0.4232	0.0895	3208	0.331	1.075	0.307
7	-1.273	0.5251	0.1381	3307	0.737	0.225	1.000
8	-0.588	0.3838	0.0737	2523	0.607	0.295	1.000
9	-1.364	0.5737	0.1646	2252	1.125	0.330	"
10	-1.320	0.5696	0.1621	2263	0.805	1.128	0.715
11	-1.959	0.6776	0.2294	2271	1.360	0.328	1.000
12	-2.587	0.7679	0.2950	2433	1.473	0.305	"
13	-3.216	0.8418	0.3540	2694	1.484	0.276	"
14	-0.365	0.2721	0.0370	3680	0.294	0.202	1.000
15	-0.610	0.3499	0.0612	3813	0.411	0.195	"
16	-0.603	0.3505	0.0614	3807	0.276	0.670	0.412
17	-0.751	0.3865	0.0746	3890	0.458	0.191	1.000
18	-0.896	0.4210	0.0885	3967	0.500	0.187	"
19	-1.047	0.4534	0.1030	4050	0.537	0.184	"
20	-0.697	0.3828	0.0733	3535	0.482	0.210	1.000
21	-0.687	0.3832	0.0734	3530	0.331	0.722	0.458
22	-1.037	0.4662	0.1087	3667	0.594	0.203	1.000
23	-0.995	0.4803	0.1154	2810	0.754	0.265	1.000
24	-0.974	0.4790	0.1148	2814	0.533	0.906	0.588
25	-1.638	0.7151	0.2560	2755	1.212	0.270	1.000

ここで

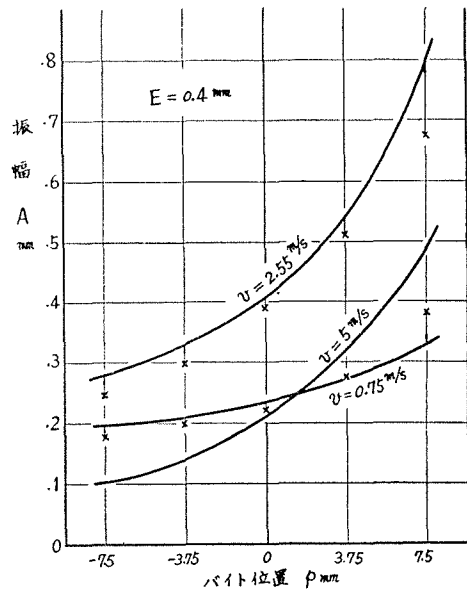
$$\tan \theta = \frac{1}{2}$$

その他の数値の單位は、第2表と同じである。

これらを比較するため、第 9、10 圖にそれぞれ圖示してある。



第 9 圖



第 10 圖

## 7. 考 察

第 7, 9 圖からも見られる様に, 低速の間は (8) 式に制約されて振動は激しくないが, 或速度で最高となり, 爾後徐々に低下している。この傾向の面では理論と実験が一致していると思われるが, 數量的には尙正確とは言い切れない。又, 低速の間は振動數が計算値よりもかなり低くなつてゐるが, この現象は切削機構において流れ型の切屑が生成されずに, 不連続なむしろ型の切屑が生ずるため, この周期的破壊に影響されているのではないかと思われる。超高速切削になれば如何なる傾向を辿るかは即座に主張出来ないが, 高速になれば切屑生成が流れ型になり, 一應理論における考察に對して反論も見當らないので, 振巾は減少し遂にはびびりを生じなくなると推論し得るだろう。この點の裏付けは, 今後使用旋盤の高速化を實現して, 実験により行いたい。一方 Chisholm の論文<sup>1)</sup>において, 実験結果の圖表を見るとほぼこの研究と類似しており, 高速になると急激に振巾が減少している。又 Chatter Patern の寫眞を見てもバイトの振動數が高く且つ送り量が大きいため, 送り方向の前歴効果による變動が少いようであるからこの実験條件に近いとも推量される。

振動數については, 同一バイトにも拘らず取付位置によつて大きく變動し, バイトを下に下げる程増大するため, 振巾は振動數に逆比例して著しく減少する。

尙, この実験においては, バイト双先はかなり磨耗した状態におき, 途中一度も研磨しなかつたから, Chisholm の論文<sup>1)</sup>に指摘してある様に, 磨耗度合により振巾の變動を餘り起さない領域での実験結果であり, 少くとも双先の磨耗の影響による變動は殆んど表われていないと考えて差支えない。

又, バイトの固有減衰率を今まで簡単に速度に比例するもののみと考えていたのは異り速度に對して複雑な關係を有していることを指摘し, これにより理論を押し進めた。この點も今後種々の減衰率をもつバイトの作成により實証並びに振動防止について検討したい。減衰のことに關連して, 現在中ぐり切削用バイトの振動を減少せしめる目的で Lanchester Damper なるものが存在し, これに關する研究も發表されている<sup>6)</sup>。すべての機械工作工具についても同様の考察が進められ, びびりの防止に利用され得るものと考えられる。

要するに今回の研究では, バイトのびびり振動を持続させる原因として相對切削速度の變動による切削力の變化が各周期中で行われることを取上げ, バイトが下方に行く過程で與えられるエネルギーが上方に行く過程で吐き出すエネルギーよりも大きいため, 振動が持続し得ると考えた。又, このエネルギー差は切削以外の方面に使用される譯であるが, 一應バイトの減衰を止めるために用いられると考えている。然し切屑の流出についても 1 周期中に加速及び減速が行われ, このためにもエネルギーの授受がなされる。このときに幾分消費されるエネルギーもあると考えられるので, 切屑の長さを 20 mm と假定して加速に要するエネルギーを第 2 表

4 について計算したところ、1/4 周期に 0.18 g-cm, 一方上述のエネルギー差即ち今回考えたバイトの減衰を止めるためのエネルギーは 1 周期について 18.3 gr-cm となる。故に、切屑流出における加速は、バイトの振動に對して殆んど影響を與えないと言ひ得る。

現實に、この様な前歴効果をもたない切削が行われることは殆んど稀で、更に複雑な因子が前報において指摘した様な形においても入つてくる譯であり、これらの諸因子を總合して考察を進めることにより、より實際的な問題となるだろう。

又、びびりの原因特にバイトの振動をのみ考える場合にも、以上の原因の他に切削機構の更に根源的因子が入ることも十分想像され、今後切削機構の解明と共に明確に原因が判明し、これの防止法も促進されるであろう。

## 8. 結 言

前歴効果がない場合のバイトの振動を次の三因子により説明した。

- (1) 切削力と切削速度との関係より生ずる負減衰
- (2) バイトの振動に基く切削量の變動
- (3) バイトの有する減衰 ( $\alpha\dot{y} + \beta\ddot{y}$ )

然し、バイト振動 1 周期中の切削機構と、(1) にあげた性質とは必ずしも一致するとは言ひ切れず、バイトの振動を考察する場合にも微視的に押進めるのが今後の課題であると思われる。

終りに、この研究を遂行するにあたり、御批判御検討並びに種々の便宜を與えて下さつた久野教授、實驗に協力して頂いた工作實驗室の方々に深く感謝します。

又、この研究は昭和 28 年度科學研究助成金の一部を使用して行つたことを付記します。

## 文 献

- 1) 土井靜雄他：バイトのたわみに關するびびりについて、機械學會論文集 19 卷 86 號 (1953, 11)  
同 上：旋盤主軸に原因するびびりの發生、機械學會誌 54 卷 385 號 (1951, 2), 機械學會論文集 19 卷 86 號 (1953, 11), 同 20 卷 90 號 (1954, 3)  
Chisholm: Metal Cutting and Machine Shop Productivity, The Causes of Chatter Vibration, Machinery Vol. 75 No. 1916 p. 51—53 (1949, 7)
- 2) 久野, 星野：バイトの振動について, 北大工學部研究報告 8 號 (1953, 9)
- 3) Merchant: Mechanics of the Metal Cutting Process. I., J. App. Phys. Vol. 16 No. 5 p. 272 (1945, 5)  
Chisholm: Metal Cutting and Machine Shop Productivity, Factors Determining Cutting Forces and Tool Wear, Machinery Vol. 75 No. 1915 p. 12 (1949, 7)  
Trigger, Chao: Analytical Evaluation of Metal-Cutting Temperature, Trans. A.S.M.E. Vol. 73 p. 63 (1951, 1)
- 4) これについて最近までに、切削力と切削速度は無關係であるという實驗結果を發表している人が数多い。例えば Kronenberg: Grundzüge der Zerspanungslehre (1927)
- 5) Kryloff, Bogoliuboff: Introduction to Non-Linear Mechanics (1947) p. 19
- 6) Hahn: Design of Lanchester Damper for Elimination of Metal-Cutting Chatter, Trans. A.S.M.E. Vol. 73 p. 331—335 (1951, 4)