もの程 $\phi=0$ を近似的に満足することを示している。
(2-5-11) 式による計算例を表 2 に示す。この表を表

表 2 $n_e=\pi/\gamma$ から求めた近似解

心 高	角 数 (n_e)
5mm	50 (50)
10	24 (24.6)
15	16 (16.5)
20	12 (12.3)

注 角数は計算値に最も近い偶数をとった。
() 内は計算値を示す。

1 の角数と比較すると、頂角 30° 、心高 20mm の場合を除きすべて一致する。この例外も、16角に対する拡大率と18角のそれと0.02だけ前者が大きいに過ぎない。

2・6 総 括

2・2 の解析は、工作物が研削砥石と常に接触しないし切込んでいる状態にあるように工作物1回転当りの砥石の送りが充分あるものと仮定した。しかし実際の場合は、

歪量が大きい程かような仮定が成り立ち難く、このような場合は 2・3 で考察したスパークングアウトの状態に近くなり、したがってスパークングアウトに入る前でも $\phi \neq 0$ を満足する角数の歪成分は除かれるものと考えられる。このようにして、心無加工を受けた工作物の仕上り形状は、 $\phi=0$ を少なくとも近似的に満足するような角数の歪を持つ。

以上を考慮しつつ次の結論を得る。

(1) 心高が比較的低い場合、奇数角の歪円が残り易い。3角歪が最も残り易く、5角、7角などがこれに次ぐ。

(2) 上記奇数角は、工作物の慣性モーメントおよびブレード頂角が大きい程除去し易い。

(3) 心高が高くなると、奇数角の歪成分が除かれて、偶数角歪成分が残り易い。この角数 n_e は

$$n_e \approx \pi/\gamma$$

(1957, 12月10日受付)

旋盤の動的特性に関する研究 (第 3 報)

正 会 員 井 上 友 一*

Studies on the Dynamical Characteristics of Lathe

Tomoichi INOUE

As a continuation of the first report on lathe, we have studied the case similar to that when the steel ball can be moved vertically.

1. 緒 論

第1報にひきつづいて被加工物を片持ちの状態で保持し、これに一方の圧力を加える鋼球を上下方向に移動出来るようにして被加工物に対する接触点の垂直方向の変化に対する影響及び被加工物の表面の状態が及ぼす作用を実験的に求めて今迄の研究と比較検討すると共に旋盤の動的特性を求める一助とした。

2. 実験方法

実験に使用した旋盤、加圧装置及び測定器は前報と全

図 1

* 京都工芸繊維大学

く同じものを用い、被加工物も第1報と同じ材料で同一寸法の新品を図1のAに示すように同じような把持状態で固定し、鋼球を取付けた工具の下に数く0.7mmの鋼板の数を5段階に変化させて被加工物に対する接触点の垂直方向の変化に対する影響を求めるようにした。鋼球の同一高さに対し、第1報での被加工物の撓み曲線に疑問を生じたので高荷重の所を再吟味する意味で30kg, 50kg, 60kg及び70kgと4通りに変化させ、回転数は47, 111, 170rpm(30kgの場合のみ261rpmを追加し、縦加工位置が-2.0mmの場合は各荷重共に111rpmの場合のみについて実験を行った)の3通りに変化させ、横加工位置については4cm毎に測定を行い総計約530枚の測定影像から前報と同じ解析方法で上記の各実験条件に対する被加工物の撓み、振動状態等の変化を求めた。なお今回は一度自由端からチャックの爪の先まで工具を移動したらその度毎に鋼球を取換えるようにして鋼球の摩耗きずが被加工物の表面に悪影響を与えないようにして、比較的荒れた表面状態で実験した第1報の結果と比較検討出来るようにした。

3. 測定結果

〔A〕被加工物の撓み

影像中心の水平方向位置及び垂直方向位置を各縦加工位置(被加工物の中心と鋼球の中心との垂直方向の相互関係位置を示すもので、以後簡単のため縦加工位置と称し、これに対して自由端からの水平方向の加工位置を横加工位置と名付けることにした。なお鋼球の方が高い場合を正で表わすことにした)について各速度及び荷重に対して求め、その一部を例示すると図2の左半分のよう

図2

になる(図の縦座標はすべてフィルム面上での値を示す)。勿論前報と同じようにチャックの爪の影響は全然認められなかった。図の中で水平に引いた細線は夫々の

条件で無荷重の場合の値である。チャックの近くでは撓み量が小さくなっているが、第1報の場合と比較して大きくなっている。これは実験を重ねるに従って主軸の軸受が摩耗してチャック自体が撓むようになったためと考えられ、図で自由端から24cmの所はチャックの爪の先端から数枚の位置であるからこの場所に荷重を加えたときの値と無荷重の場合との差が旋盤の動的特性を決定する一要素と考えられ、この値が大きくなることは好ましくないことは当然である。

次に各縦加工位置について左半分の図から各荷重に対して被加工物の撓み量(自由端に荷重を加えた場合と無荷重の場合の差で表わす)を求め、回転数との関係を求めてその一部を例示すると図2の右半分のようになつて回転数の影響は殆ど無いと考えられる。そこで各荷重について図の横方面の平均値を計算して荷重に対する撓み曲線を求めると図3のようになる。図から考えて撓み

図3

量は水平方向にも垂直方向にもほぼ荷重に比例していると考えられる。この点は第1報の場合と異っているが、先の実験の場合は高荷重に於ける試料が不足したことも事実であるがチャックの締付けが不充分であつたために高荷重になると極端に撓んだのではないかと考えられる。又図から撓み量が縦加工位置の変化に対して大きな変化がなく特に垂直方向にその影響が殆んど認められなかつたが、これは被加工物の回転方向及び鋼球と被加工物との間の摩擦力(この摩擦力も鋼球自体の回転摩擦力よりも小さく実験中鋼球の回転は殆んど認められなかつた)によつて本実験程度の鋼球と被加工物との相互関係位置の変化では常に被加工物が鋼球の上のり上げた状態で加工が行われ、縦加工位置の変化が被加工物の撓み状態に重大な影響を与えないことがわかつた。

〔B〕被加工物の振動

影像半径の大きさと回転角度との関係を求めて(後述

のように微小振動が認められる場合はその振幅の中心で測定する) その一部を例示すると図4の左半分のようになり、いづれの場合もきれいな正弦曲線を示しており撮

図4

影例は示さなかったが被加工物は回転数に応じた楕円振動をしているものと考えられる。しかし無荷重の場合(例示しなかった)及び第1報の場合と数値的に比較してみると殆んど楕円振動なしで加工が行われたものと考えられる。この原因は前述のように鋼球を度々取換えたために被加工物の表面が図1のAに示すように常に滑らかで鋼球との間の接触抵抗が小さかったためと思われる。この事実を証明するように第1報の場合のような不規則な振動は全然認められなかった。即ち工具と被加工物との間の抵抗が小さいときは被加工物は楕円振動も不規則な振動も起さないものと考えられる。(なおこの項に関しては後日改めて実験を行い検討を加える予定である)。しかし高荷重(荷重が30kgの場合は全然認められなかった)になるとわずかながら微小振動を起す(比較的チェックの近くを加工している場合に多く認められ、第1報の場合と異なるけれどもこれは主軸の軸受が摩耗したためではないかと考えられる)ことがあるが、その場合の振動方向は第1報の

表1

回転数 (rpm)	荷重 (kg)	縦加工位置 (mm)	50rpm時 振動数 (1/分)	70rpm時 振動数 (1/分)
111	30	+1.5	44	75.7
111	60	"	42	72.3
170	70	"	63	81.0
47	70	"	69	74.0
47	70	"	19	74.2
111	50	+0.8	45	74.0
111	50	"	44	73.7
47	70	"	18	78.3
111	50	+0.1	43	77.5
111	50	"	45	74.0
111	60	"	"	"
170	70	"	63	81.0
111	70	"	44	75.7
170	70	"	66	77.3
111	50	-0.6	44	75.7
111	60	"	"	"
170	70	"	65	78.5
47	70	"	19	74.2
111	70	"	44	75.7
111	50	-1.3	"	"
170	70	"	67	76.2
111	60	"	43	77.5
170	70	"	67	76.2
111	70	"	43	77.5
170	70	"	69	74.0
111	50	-2.0	45	"
111	60	"	44	75.7
111	70	"	"	"

場合と全く同じように上下振動のみで自由端を振れ止めで支えた場合とは異つてゐる。又その場合の振動数は表1(縦加工位置が変化しても今迄の実験と同じように変化が殆んどなかったからその平均値で示す)に示すように荷重、回転数及び縦加工位置には関係なくほぼ一定であることがわかる。このことも第1報の場合と全く同じであるがただ振動数に若干の相違が認められる。これはチェックの締付け状態並びに軸受の摩耗状態等で変化したのではないかと考えられるが判然としない。

次に図4の左半分のようにして求めた関係線図から最大半径と最小半径の差を影像の変動量として、これと縦加工位置との関係を求めて例示すると図4の右上方に示す4個の線図のようになり、第1報の場合と相違して縦加工位置の変化に対して無関係と考えられる。それで図の横方向の平均値を求めて回転数との関係を例示すると図4の右下のようになり回転数にもあまり関係がないと考えられる。そこで各荷重について平均値を求めて各縦加工位置について荷重との関係を求めると図5の実線で示すようになり、鋼球の位置が高い場合(+1.5mm)は

図5

不規則であるが、その他の場合は荷重が大きくなると概して振動量もわずかに大きくなっているが前述のように全体的に考えるとその値は第1報の場合よりも非常に小さくなっている。又図5から鋼球と被加工物の中心が一致している方がわずかながら振動量は少いと考えられる。

〔C〕被加工物の歳差運動

歳差運動量の大きさを調べるために図4の左半分に例示するような関係線図から影像半径の平均値を求め、縦加工位置との関係を各縦加工位置、荷重及び回転数について求め、その一部を例示すると図6の左半分(図の細線は無荷重の場合の値を示す)のようになり第1報の場合と相違してほぼ直線的な関係を示している。図から両

端の差を影像の変動量として各縦加工位置及び荷重について回転数との関係を求め、その一部を例示すると図 6 の右半分のようになり回転数にはあまり関係はないよう

図 6

に思われるのでその平均値を求め各縦加工位置について荷重との関係を求めると前出の図 5 の点線で示すような関係線図となり、鋼球が高い場合(+1.5mm)を除いて振動量の変化と数値的にも傾向的にもよく一致している。即ちこの場合も縦加工位置の変化が大した影響を与えないと考えられ、第 1 報の場合と比較するとその値が非常に小さくなっている。この事実もやはり前述のように被加工物の表面が滑らかであつたことに起因すると考えられる。これを要するに旋盤加工に於て工具と被加工物との間の抵抗を小さくすることは被加工物の振動を防止する重要な条件であると考えられる。

[D] その他

今迄に被加工物の運動状態について検討してきたが、ここで被加工物の表面の状態について簡単に述べると図 1 の A に示すように自由端面から等比級数的に縞模様認められ、その部分を拡大してみると図 1 の B に示すように小さな肉盛が認められこの位置で鋼球が回転したと考えられる。これで図 1 の縞模様の間隔から自由端面の近くでは鋼球の寿命が長く、チャックに近づくに従つて寿命が短くなつていゝと考えられる。この原因は鋼球が回転する場合は鋼球が摩耗して被加工物との間の摩擦抵抗が大きくなつたためと考えられるからたとえ上記の位置で回転して新しい表面が現れたとしても一度発生した摩

耗きずの影響で鋼球が摩耗しやすい状態になつていゝと考えられる。とにかく工具が一度摩耗すれば同じ条件を継続すれば段々摩耗の進行が早くなつていゝと考えられる。又前に本実験でチャックの近くを加工する場合にわずかに振動量が大きくなつていゝと述べたが、図 1 の写真から被加工面が光沢を帯びていゝ場合(チャックの近くに予めハールバイトで加工したままの生地が残つていゝがこれと比較すればよくわかる)は被加工物は殆んど振動を起さないことがわかる。

4. 結 論

以上の実験及びそれに対する考察から主な結果をまとめてみると大体次のようになる。

1. 被加工物の撓み量(水平方向も垂直方向も同じ)はほぼ荷重に比例し、縦加工位置及び回転数の影響は殆んど認められなかつた。勿論チャックの爪の影響もなかつた。
2. 無荷重の場合とチャックの近くに荷重を加えた場合の影像中心の移動量を旋盤の動的特性を決定する一要素として取上げる必要があると考えられる。
3. 被加工物と工具の間の摩擦抵抗が小さい場合(荷重の大小とは直接関係はないと考えられる)は被加工物の表面は光沢を帯び、櫛円振動、不規則振動及び歳差運動等は殆んど発生しない。この関係も縦加工位置の変化に殆んど影響されない。
4. 荷重が大きくなると微少振動を起すことがあるが、その場合の振動数はほぼ一定で縦横の加工位置、回転数及び荷重に殆んど無関係である。

これを要するに本実験程度の縦加工位置の変化では被加工物の表面状態がよければ大した影響を被加工物に与えないことが明らかになつた。最後に本実験に進んで御協力下さいました西岡俊雄氏に感謝の意を表します。

(1957, 11月11日受付)

参 考 文 献

- 1) 井上友一：精密機械，23巻，3号，旋盤の動的特性に関する研究(第1報)。
- 2) 井上友一：精密機械，23巻，8号，旋盤の動的特性に関する研究(第2報)。