

微動による工作機械の動的特性の測定

On a Dynamic Characteristic Measurement of a Tool Machine by Micro Tremours

佐藤 壽芳・武藤 敏昭

1. ま え が き

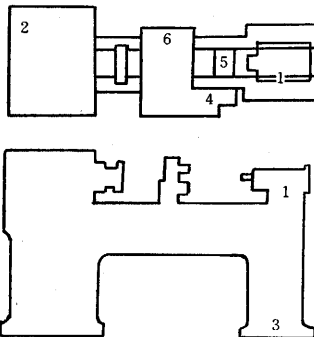
近来工作機械の性能向上に関連して、その動的剛性について検討を加える試みが熱心にすすめられている。本田らは、非接触型の電磁式加振機を用いて旋盤、フライス盤などを加振し、これらの固有振動数と振動モードをもとめている¹⁾。本速報では、本田らも言及している無負荷運転時の微動を機械各部で測定し、機械の動的特性を知ることについて検討を試み、この特性の設計段階における推定、あるいは特性と機械の切削性能との関連等の研究について手がかりを得ようとするものである。

2. 減衰定数

測定は、ピックアップとして加速度計（S社製 UA型、測定範囲 10g、固有振動数 280 cps）を用い、これを歪計増幅器と組み合わせ出力を電磁オシログラフに記録した。ピックアップは、油粘土で機械各部にとりつけた。測定に用いた機械は、昭和 18 年設置の〇社製 4 尺旋盤である。第 1 図は測定器とりつけの 1 例である。

1 は機械本体右端

（左、右はいずれも通常作業位置から機械に向かったときの方向）の心押台下部、2 はこの点からは最も遠いモーターにベルトを介して連結されている軸の上部付近で最もノイズ源に近いとみられる所、

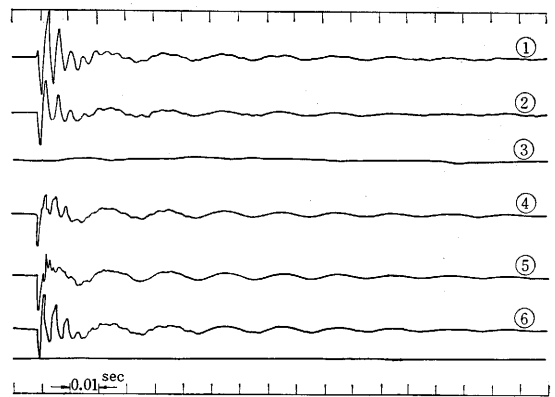


第 1 図 測定器位置の略図

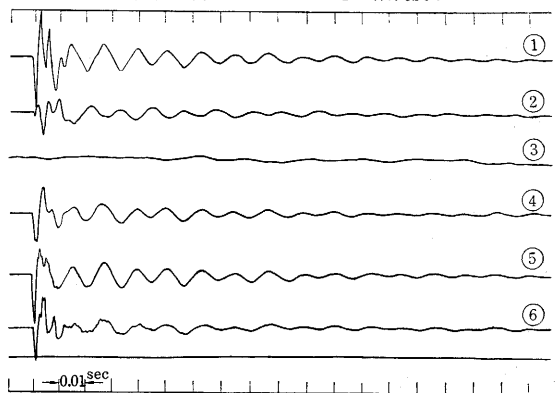
3 は右側の脚部下端、4、6 は機械中央部付近の刃物台上での 2 ヶ所、5 は中央より右端よりの滑り面下の補強材上にそれぞれ測定器をとりつけたものである。以下では作業者の位置からみて前後方向に測定方向をそろえたときの例についてのべる。

第 2 図は電磁オシログラフ記録であるが、第 1 図の測定器番号に対応して各記録に番号が入れている。同図 (a) はすべり面中央部を、(b) はすべり面左端を木槌で軽く前後方向にたたいたときの波形である。同図には時間スケールが入っているが一目盛 0.01 sec である。

第 2 図 (a) の減衰波形には主として二つの振動数がみられ、それぞれ 49.5、234 cps である。前者は減衰の波形が単純であることから、減衰定数（減衰係数比） h が簡単に計算され、2、4、5、6 チャンネルについて



(a) 中央をたたいたときの減衰波形



(b) 右端をたたいたときの減衰波形
第 2 図

$h=0.010\sim 0.013$ となる。これらの記録に顕著なことは 3 チャンネルを除いて、振動の方向がいずれも同じであり、かつ振幅ゲインもほぼ等しくしてあるから、測定点が同程度の振幅で振動していることである。すなわち機械のすべり面の高さでは、一様に前後に振動するモードの固有振動数があることがわかる。一方 3 チャンネルはガルヴァ振動子の感度をあげているにもかかわらず明確な振動現象は表われていない。加速度計の測定点を考え合わせれば、据付面を固定端とした門型梁のような振動をしているといえよう。

またこの図の 1、2、4、6 チャンネルの振動初期には 234 cps の成分が入っているのがみられる。この成分について 49.5 cps の成分との合成に注意しながら減衰定数をもとめると、 $h=0.017\sim 0.020$ となる。そのほか 5 チャンネルにはさらに高い周波数成分がみられるが、その範囲では加速度計の周波数特性がおちること、その固

定方法が油粘土であるため振動が減衰するおそれがあることなどの点に注意しながらより精密な測定をする必要がある。またこの成分は、他の測定箇所にはあまり明瞭に表われていないから、刃物台などの部分的構造の固有振動数が表われている可能性もあり、ただちに機械の固有振動数としうるかどうかは検討の余地がある。

次に第 2 図 (b) をみよう。2 チャンネルと、その他のチャンネルの振動方向が逆になっていることが顕著なことで目につく。また卓越している振動数も第 2 図 (a) のそれと異なっていて、約 87 cps と読まれる。しかし 4 チャンネルなどはビートになっているようにみられるから、この場合の減衰定数は減衰波形から求めるのはむずかしいが、後述の微動波形よりパワー・スペクトルを求めて、そのピークの形から推定する方法²⁾を用いれば求めることも可能であろう。これにより、他の振動数に対する減衰定数の検討が可能であることももちろんである。また上の結果はこの振動数に対するモードが、右手が前方のとき左端は後方であることを示している。

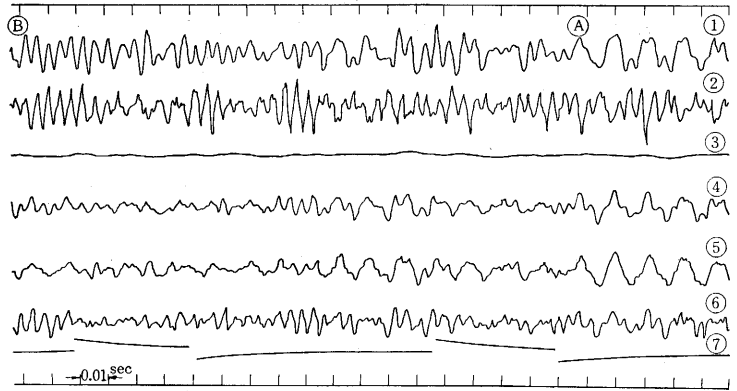
このように単純に工作機械をたたくときでも、たたく場所によって励起される振動数、したがって振動モードが異なる場合があり、その減衰波形から減衰定数も定められることが明らかになった。

3. 無負荷運転時の微動

第 3 図は、主軸回転数 450 rpm (7.5 cps) (測定では 7.78 cps) で無負荷運転したときの各部振動波形である。7 チャンネルは主軸回転数である。これらの波形にはいくつかの振動成分がみられるが、特に目立つものは、80, 230, 580 cps 等である。580 cps については、加速度計固有振動数よりかなり高いために、ひとまず除外して考えよう。

これらが固有振動数であるかどうかは、強制振動をおこなって共振点であるかどうかを確かめるのも一法であるが、簡単にはすでにのべた減衰波形の振動数との一致を調べて検討することができる。またこれらの微動は、運転時の電動機、ベルト、減速歯車系、主軸等が振動源となって励起されていると考えられるが、第 3 図の例では主軸の回転数は強制振動源にはなっていないことがわかる。

第 3 図中④の部分に注目すると 1, 4, 5 チャンネルに 80 cps の成分がみられる。振幅は 0.2~0.6 μ 程度である。そしてこれらのチャンネルについては同方向に振動しているということができよう。2 チャンネルについて



第 3 図 各部微動測定の一例 (主軸回転数 450 rpm)

は、高い周波数成分が重畳してはいるがやはり同じ周波数成分がみられる。しかしその位相は逆になっている。すなわち振動モードからすると第 2 図 (b) の 87 cps のそれと対応している。次に④の部分に注目する。1, 2, 4, 6 チャンネルに 230 cps の成分がみられる。位相についての精密な検討は、もっと固有振動数が高い測定器を用いなければならないが、使用加速度計のゲイン特性はバラッキが少ないことを考慮して調べてみると、1, 2 チャンネル、4, 6 チャンネルはそれぞれ同相、1, 4 チャンネルは互いに逆相であることがわかる。すなわち中央部と両端は逆の方向に振動していることになる。

減衰波形にあらわれた 49.5 cps の成分がみられないが、高い周波数成分にかくれて見えないことが考えられ変位計を用いることや、パワー・スペクトルをもとめることによってより詳しい解析をおこないうることが期待される。また各測定点間における位相関係についても、クロス・スペクトル解析によりいっそう明確な関係を知りうることが考えられる。

しかし上述のように、微動の記録のみからも振動数、位相の関係がかなりよくわかることが理解されよう。なおこの微動にあらわれる振動数、その振幅は、主軸回転数をかえれば変化する。

4. む す び

この方法によれば、比較的簡単に固有振動数、モード、減衰定数などを知ることができるが、工作機械全般に應用しうるかどうかということについては、広く検討を加える必要がある。また無負荷時の測定にとどまらず、切削時の振動、切削精度、回転精度などとの関連、設計時における固有振動数の推定法など多くの問題につながっていると考えられる。おわりに日頃ご指導をいただいている本学竹中・互理・藤井教授、柴田助教に厚くお礼申しあげる。

(1965 年 8 月 7 日受理)

参 考 文 献

- 1) 本田, 安井: 工作機械の剛性に関する基礎技術的研究, 機学誌 Vol. 67, No. 546.
- 2) 河角: 原子炉配管系の耐震安全設計に関する研究付録, 東京電力(株)昭和 37 年