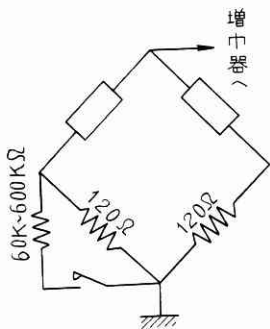


抵抗線歪計による動的応力測定装置の 周波数特性の検定法

大井 光四郎・浅野 六郎

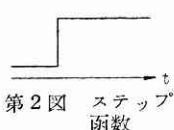
1. はしがき 抵抗線歪計により零から数百サイクルまでの動的応力を測定するときには、ゲージをブリッジに組み搬送波を用いる方式によるのが普通である。一般に搬送波の 1/10 の程度の周波数の応力まで測定できるとされているが、それは装置の特性が特に良い場合に限られる。特性が悪いのに気付かず測定を行って結果の解釈に苦しんでいるのを見受けることもある。それゆえ測定に際して装置の周波数特性を検定することが望ましい。一定の応力振幅を持ち速度を広い範囲に変えることができる振動源があれば、検定するのに都合であるが、適当なものはない。さいわいに抵抗線歪計の場合には次に述べるように極めて簡単な検定法がある。この方法は簡単であるから既に利用している人もあるかも知れないが、この点に注意した文献も見当たらないのでここに紹介する。電磁オシログラフを用いて記録することを念頭において説明するが、他の記録方法による場合でも考え方には変りがない。

2. 方法 抵抗線歪計のゲージ自体の追従能力は 20 ~ 50 kc に達することは既に確められているから⁽¹⁾、数百サイクルまでの測定の場合にはこの点は全然問題はない。そこで第 1 図のような検定法が可能になる。ブリッジの四辺がそれぞれ 120 Ω であるとき、その一辺に並列に 60~600k Ω の抵抗をスイッチを介して入れる。スイッチにはたとえ



第 1 図

は電信のキーなどが適当である。この配線によりブリッジの浮遊容量の不平衡が生ずる心配があるが、1 m 程度の配線ならば普通の場合問題にならない。並列に入れる抵抗の値を 600 k Ω までと押えたのは浮遊容量の問題に関係している。スイッチを開閉すると一辺の抵抗が 1/500~1/5,000 だけ変化する。これはゲージが急に歪むのと同じ効果を与える。このとき装置を動作させて記録をとる。すぐ後で述べる通りスイッチを開閉したときの



第 2 図
ステップ
関数

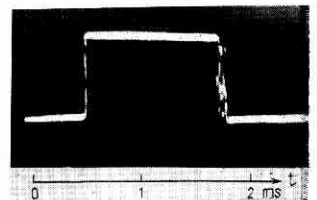
ブリッジの出力は第 2 図のような正しいステップ関数である。それに対する応答（記録）はたとえば第 3 図 a, b, c のようになる。理論的にはこの曲線を解析することにより装置の周波数特性が完全

に判るわけである。また解析をしなくても実験の記録を

第 3 図の曲線と比べることにより

実験結果の信頼性を見当をつけることができる。

電信のキーによる出力がどの程度鋭いかを見るために、ブリッジに直流を入れて、キーを開閉したときの出力を増幅してブラウン管で写真にとったのが第 4 図である。図にも見えていますが、キーを開閉するとき像が多少乱れることがあるが、その時間は 0.1ms の程度で、現在の目的には十分である。



第 4 図

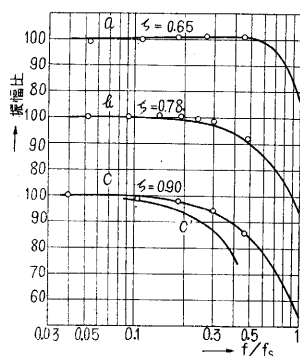
3. 実験例 ステップ関数の入力に対する応答の曲線から装置の周波数特性を論ずることは古くから電気回路の理論で取り扱われ、また最近ではインスツルメンテーションの問題でも用いられているからここでは触れず、ただ実験例だけを挙げる。これらのことを取扱うのには文献⁽²⁾⁽³⁾の図表が役に立つ。

一定振幅の繰返し応力を与えるものとしてジェンクの板曲げ疲労試験機を用いた。この試験機の最高繰返し速度は 50cps であるから、もし測定装置の周波数特性が 50cps まで平坦であるといまの立場からは面白い結果が得られない。そこで振動子の固有振動数が 100cps の電磁オシログラフを用いた。第 3 図の三つの曲線はこの装置によって得られた応答波形で、三者の差異は振動子に並列に入っている抵抗を変えることによりダンピングを変えたためのものである。この場合増幅器の特性は十分に余裕があるので装置全体の特性は振動子の特性だけで決っている。振動子の運動方程式を

$$m\ddot{x} + 2\epsilon\dot{x} + kx = f$$

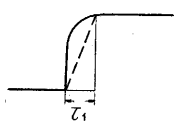
とすればダンピングの状態はダンピング比 $\zeta = \epsilon/\sqrt{mk}$ によって決る。いまの場合 ζ はそれぞれ 0.65, 0.78, 0.90 の程度である。第 5 図の a, b, c はこの ζ の値を使って計算したもので、丸印は実験値である。

5. 近似図表 ステップ関数に対する応答が第 3 図 a



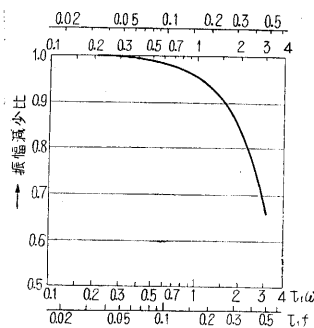
f は現象の周波数, f_s は記録装置を2次の振動系と見たときの固有振動数

第5図



第6図

ような時には装置全体の特性が複雑になって、その状態を一つのパラメータ τ_1 で表わすことができない。これらの場合にステップ函数に対する応答が第6図の実線のように単調に



第7図

立ち上って振れ過ぎが無いものとする。次の近似的な方法で特性の見当をつけることができる。同図の立ち上りの曲線を破線で記した直線で置き換える。この折線のような応答をする装置を仮に考えると、その周波数特性は容易に計算することができる。このような置き換えは高い周波数に対しては無意味であるが、低い周波数に対しては安全側の結果を与える。破線の立ち上るのに要する時間を τ_1 とする。そのとき周波数振幅特性は第7図の通りになる。ここに $\omega_1 = 1/\tau_1$, $2\pi f_1 = \omega_1$, また f は測定すべき現象の周波数である。第5図 c に並べて書いた c' は第3図の c を上の方法で置き換えて得た

のように振れ過ぎのときには上記の文献の図表から簡単に ζ を求めることができる。また同図 c のような場合に対しても ζ の値を与える図表が用意されているが、実際問題としては曲線が図のように急に立ち上っているときには正確な ζ は求め難い。また増幅器と振動子の特性が、た

いまいに混り合っているような時には装置全体の特性が複雑になって、その状態を一つのパラメータ τ_1 で表わすことができない。これらの場合にステップ函数に対する応答が第6図の実線のように単調に立ち上って振れ過ぎが無いものとする。次の近似的な方法で特性の見当をつけることができる。

同図の立ち上りの曲線を破線で記した直線で置き換える。

この折線のような応答をする装置を仮に考えると、その周波

数特性で、近似の程度はあまり良好ではないが、安全側に出るから目的によっては役に立つ。

6. 結び 終りにこの方法によって市販品を含むいくつかの装置について特性を検定した結果を概括的に述べる。これらの装置は次のような構成になっている。交流ブリッジ→増幅器→位相整流→フィルター→振動子、ある装置では特別なフィルターは設けてなく、振動子の特性を利用してその役をさせてある。この型は振動子の特性と搬送波の周波数との釣合がうまく出来ていると非常に良い結果を与える。搬送波の周波数を f_c 、現象の周波数を f とする。一般に抵抗線歪計では搬送波の周波数を余り高くすることは好ましくない。また低周波であるからフィルターの性能を良くすることも厄介である。搬送波を完全に濾波すると特性が悪くなる。濾波を不完全にすると特性は上るが記録の線が太くなって面白くない。これらの事情を考えずに特性を云々するのは意味がない。実際問題としては $f = f_c/10$ において感度の低下が30%程度に止れば良いとすべきであろう。調査した結果はある装置はこの程度に達しており、あるものはこれよりはるかに良くない結果を与えている。

一般に振動子の特性はかなり微妙なものである。油の粘性をダンピングに利用した型のものでは特にこれが著しい。最近シリコン油を使っているから温度の影響はかなり軽減されたが、それでも無視できる程度にはなっていない。それ故実験のたびに上の方法で特性を検定することが望ましい。ただし得られた曲線(第3図)の処理は実験の目的に応じて適当にすべきであろう。第1図のような方法は感度の検定にも用いられる。それ故この型の感度検定装置を含んだセットではそれが周波数特性の検定にも用いられるような設計上の配慮が望ましい。

(1955.7.7)

文 献

- (1) K. Fink: Grundlagen und Anwendungen des Dehnungsmessstreifens, Düsseldorf, 163~168.
- (2) 穂坂: 動物測定の実験的インストラクション。機械振動とその対策 第2集。昭 29。機械学会講習会テキスト。
- (3) Draper & McKay: Instrument Engineering, Vol. 2, McGraw Hill, 1953.

生産技術研究所報告第5巻第2号予告

亘理 厚著 (英文) 「Dry Friction Damper and its Condition of Tuning

(摩擦吸振器とその調整条件)」

乾性摩擦を利用するランチェスターダンパの性能およびその調整について、理論ならびに実験による解析を行い、すでに発表した理論の確認および吸振器の調整条件を求めた。それによればこの場合も粘性減衰を用いるランチェスター型吸振器と同様な調整点が近似的に存在し、その調整条件は後者の場合の調整における粘性減衰力および質量比に対して等価粘性減衰力および等価質量比を用いることによって求めることができる。