

# 抵抗線歪み計を用いた荷重計について

大井 光四郎・浅野 六郎

## 1. ま え が き

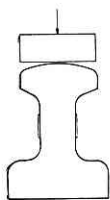
本所の森大吉助教授から、ロケットの強度試験および重心位置の測定のための荷重計に関する相談を受けた。前者は引張り型、後者は圧縮型である。容量は前者は 2t、後者は 1t で、抵抗線歪み計を用いたいとのことであった。

すこし考えたところでは、荷重計の設計は極めて簡単のようである。いまかりに容量を 1t とすれば、直径 10 mm の鋼の丸棒に抵抗線歪み計をはりつけば出来上がるように思える。しかしこの際に注意しなければならないのは、荷重の偏心その他による誤差の問題である。すなわち、上の場合に  $d/8=1.25\text{mm}$  だけ力の作用線が軸心から外れると、棒の片側の応力は平均応力の 2 倍になり、反対側では応力が 0 になる。このような事情のために応力棒を使うときには歪み計を棒の両側面に対称にはって、両者を同一のブリッジに組み込んで、自動的に歪みの平均値が測定できるようにしている。しかしながら歪み計の特性は必ずしも厳密には等しくはないし、接着も幾何的に正確に行なわれるとも限らないので、このような方法で偏心による誤差を消すことにもおのずから限度がある。常識的に言って、上の場合許される荷重の偏心は  $d/8$  の程度までであろう。また偏心荷重でなくても同様な曲げを与えるような要素は極力避けなければならないことは明らかである。

引張りの場合には力の偏心量を小さくすることは比較的容易で、実際に応力棒の両端に適当な関節を付けた形式の荷重計が多数実用に供されている。しかしこの場合にも関節における当たりの不同や摩擦の影響などの問題が残っている。

圧縮の場合には荷重の偏心を除くことは引張りの場合に比べてはるかに困難であって、現在実用に供されているものは、たとえば第 1 図のように応力棒の上端を丸めて、その上に載荷板を乗せるような形式のものが多く、この場合には載荷板の座りは安定でないから使用法は制限される上に荷重に横方向の成分があると誤差の原因になる。圧縮型の荷重計は力の 6 成分のうちある方向の成分の力だけに感じて他の 5 成分には感じないのが理想であろう。

筆者は以前に小容量の材料試験機のために抵抗線型の荷重計を試作した。今回もその考え方をういた荷重計を



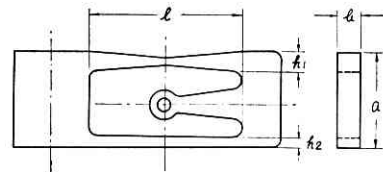
第 1 図

作ることとした。ここに両者をまとめて報告する。

## 2. 材料試験機用荷重計

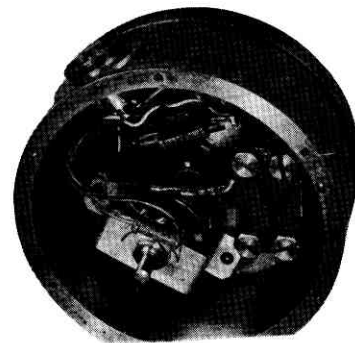
これは比較的小容量の材料試験機に用いるための荷重計で、XY 記録器に入れることを目標としたものである。最初に仕様を次のように定めた。容量 2 kg、20 kg、200 kg の 3 種類のロード・セルを用い、各ロード・セルは容量をたとえば 2 kg、1 kg、0.5 kg というように 3 段に切り換えて用いる。検定は使用する際に重錘によって行なうこととする。ただし 200 kg の容量では重錘によることは困難であるから、切り換えの比を精密に合わせておき、50 kg のレンジで検定を行なうこととした。

第 2 図はその計測部の 1 例である。これは素材から一



第 2 図

体から切り出して作ってある。図から明らかなようにこれは 2 枚の平行な板ばねから成っている。これに抵抗線歪み計を接着するのであるが、ばねの表面の歪みの分布を一樣に近くするために、中央部の厚さは根本のその 1/2 に

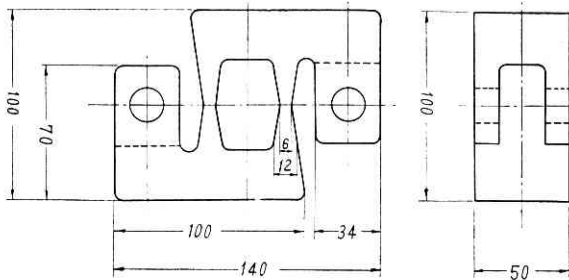


第 3 図

してある。下のばねの厚さを一樣に減じているのは弾性エネルギーの節約のためで、このようにするとそれだけ測定時の力の着力点の変位を減少させることができる。抵抗線

第 1 表

容量	$l$	$h_1$	$h_2$	$b$	$a$	$\sigma$	$\delta$
kg	mm	mm	mm	mm	mm	kg/mm <sup>2</sup>	mm
2	40	1.6	0.8	6	20	15	0.11
20	40	5.0	2.5	6	25	15	0.04
200	50	10.2	3.4	20	35	15	0.03

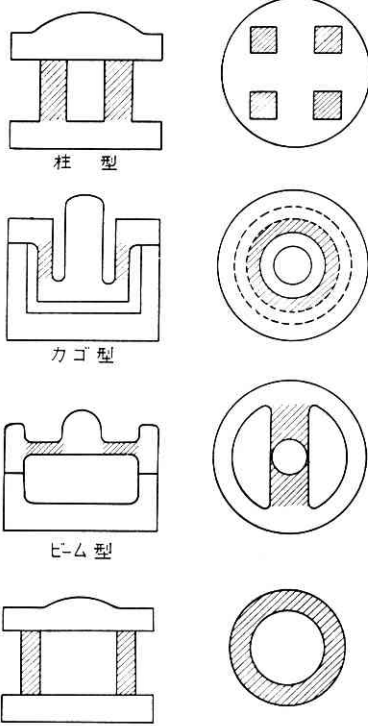


第 4 図

み歪計は疲労限が  $\pm 750 \mu$  の程度であるから、 $750 \mu$  を歪みの最大値に選んだ。第 3 図はこの型のロード・セルの内部である。上記の各容量のロード・セルの寸法を第 1 表に示す。

3. 引張り型荷重計

第 4 図は試作した容量 2t の引張り型荷重計である。こ



第 5 図

れも工具鋼の厚板から一体に切り出して作った。荷重と歪みの測定値との関係はヒステリシス直線性、安定性および再現性について、十分に使用に耐えるものが得られた。荷重 2t で生ずる歪み量は一つの歪み計に換算すると約  $3000 \mu$  である。

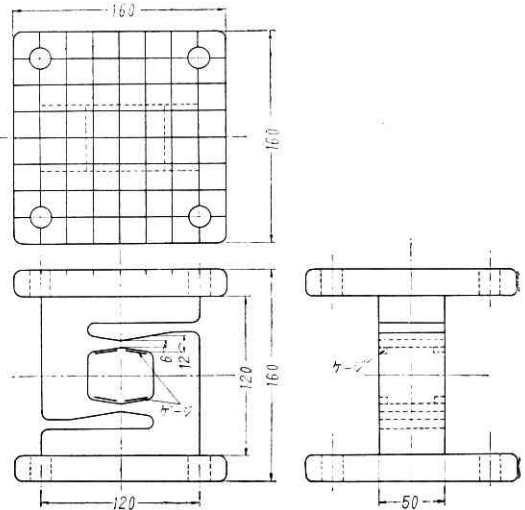
4. 各種の圧縮型荷重計

ここで従来から用いられている圧縮型の荷重計を少し検討してみる。第 1 図および第 5 図に記すものはその例であって特にどの型が決定的であるということはない。いずれも使用目的および条件によっては十分に使用に耐えるものであるがいずれも先に述べた荷重計の理想には合致しない。

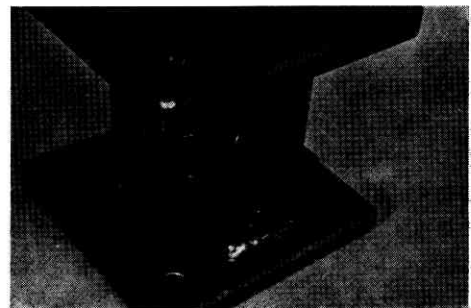
5. 試作した圧縮型荷重計

第 6, 7 図は上のようなことを念頭に置いて試作した

荷重計である。厚さ 50 mm の工具鋼板を  $\text{S}$  形に切り出し、下部に基板、上部に載荷板を溶接してある。全体としては、 $160 \times 160 \times 160 \text{ mm}^3$  の立方体をなしている。常用荷重は 1t であるが、実際に使用するに当たっては衝撃的に荷重が作用することもあり得るし、また組み合わせて使う増幅器のレンジの関係もあって個々の歪み計には 2t で  $750 \mu$  の歪みがかかるようにした。歪み計の接着位置は図に記す通りで、合計 8 枚のゲージを使用して、並んでいるゲージは直列に接続して一つのゲージのように取り扱って、

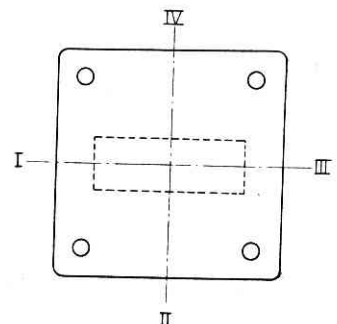


第 6 図



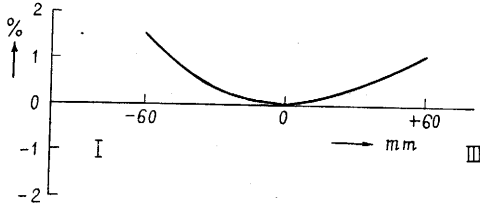
第 7 図

ブリッジの一辺とする。載荷板の中央に荷重を加えた場合に測定された歪み量は、1 枚のゲージに換算して設計値の  $1500 \times 10^{-6}/t$  に対して実測値は 1470 であった。次に偏心荷重の影響を見るた

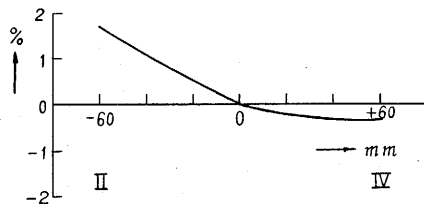


第 8 図

めに、第 8 図の I-III, II-IV の線上に荷重を移動させて測定した結果は中心荷重の場合と少し異なった結果になった。中心荷重を基準としてその誤差の百分率を第 9, 10 図に示す。この偏差量は筆者が予期していたのよりも少し大きかったが、これを減少させることについては後節に述べる。



第 9 図 荷重が I-III 上を移動したときの誤差

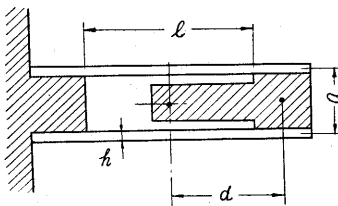


第 10 図 荷重が II-IV 上を移動したときの誤差

### 6. 簡単な力学的考察

簡単のために 2 枚の板ばねは厚さ  $h$  が一様であるとする。板ばねの長さを  $l$ , 幅を  $b$ , ばねの軸線間の間隔を  $a$  とする。中心に荷重が作用した場合には、このばね系は長さ  $l/2$  の 4 枚の片持ちはりから成っているように動作するので、最大応力および撓みは次式で与えられる。

$$\sigma_b = \pm \frac{3lW}{2bh^2}, \quad \delta_b = \frac{l^3W}{2bh^3E}$$



第 11 図

次に荷重が第 11 図のように  $d$  だけ移動したとするとばねには一様な引張りまたは圧縮応力が付加される。合成応力および撓みは結局

$$\sigma = \sigma_b \left(1 + \frac{k}{3}\right), \quad \delta = \delta_b (1 + b^2)$$

ここに

$$k = (2dh) / (la)$$

となり、 $a, l$  が  $h, d$  に比べて大きいときは、 $k$  は微小になる。

この計算では、ばねに生ずる応力は片持ちはりのそれであるから、歪みの分布が不平等で歪みの測定の効率が悪くなり、実際には厚さを中央部では端の  $1/2$  にしてある。このために撓みは上式よりも少し大きくなる。

荷重がこれと直角な方向に移動したときに付加される応力は、二つのばねを連結している部分が十分に剛ならばばねは主として横方向 ( $b > h$  ならば断面二次モーメントの大きい方) に曲げを受ける。 $b$  が  $h$  よりも十分に大きければ、この場合に付加される応力は小さい。もしゲージが幅  $b$  の中央にはってあれば付加応力は 0 になる。実際には連結部は剛ではないからばねは少し振りを受けることになる。一般に矩形断面の棒を振る場合には振り応力は断面の角の部分では 0 になる。いまの場合ゲージはばねの端にはってあるから、振りにはほとんど感じない。ここでゲージをばねの幅の中央にはると、両側にはるとの優劣が問題になるが、現在の場合ゲージの数が増すのをいとわずに両側にはった。その理由は中央の窓の部分がばねの幅に比べて小さいので、ゲージを正確に中央にはることが実際問題として困難であったからである。また両側にはってあれば特性の非対称性を電気回路的に補正する自由度が大きくなることも念頭にあった。本報告はこの補正は行っていない実験結果である。これで力の 6 成分のうち垂直荷重および二つのモーメントに対するこの荷重計の動作が判った。他の 3 成分に対する動作も同様な力学的考察によってその効果は小さいことは判る。

さて上に述べた通り、試作した荷重計は載荷板のどこに荷重を加えても差し支えないほどの成績は得られなかったが、これに対する対策は、上の考察から自然に出てくる。すなわち幅  $b$ , 長さ  $l$ , ばね間の距離をそれぞれもう少し大きくすれば、最大 1.7% あった誤差を 0.5% 以内に止どめることは容易である。厚さ  $h$  に関しては設計応力の設定値が少し過小であったとも思われるが、この点は使用する歪み計の増幅器がたまたま 1500  $\mu$  フルスケールのレンジを持っていたことにも関係している。増幅器までも新たに設計するとすれば、これほどひかえ目に取る必要はなく、したがって誤差も相対的に小さくすることができる。

### 7. あとがき

本稿の主な目的は主に力の一成分のみに感ずる圧縮型荷重計の一つの形式を紹介することにあつた。もとよりこれが決定的な形式というわけではないが、ある場合には役立つ形式であると思う。筆者はかねてからこの種の荷重計を試作してみたいと思っていたところ、幸いにその機会を与えられた森助教授に感謝の意を表する。

(1960. 4. 14)