

タワミ測定に関する一方法

正員 室蘭工業大学教授 工博 能 町 純 雄

正員 室蘭工業大学 土木教室 志 村 政 雄

1. 緒 言

タワミを測定するため種々の変位計があるが、それ等はいずれも限られた現場および実験室用としてのみ使用可能といった感を与えるものが非常に多いように感ぜられる。

例えば ① 高層建造物の観測、② 危険を伴う現場の実験、③ 一時に多数の観測を必要とする場合など、これらに伴う実験器具取付けのむずかしさ、危険さ、観測人員の問題等々色々の難点があるように感ぜられる。そこで、これらの難点を除くとともに、より安易に好結果が得られると思われる方法としてこれら述べることを行なつてみた。

2. 装 置

現今最も多く用いられている変位計の一つとしてダイヤルゲージが掲げられるが、これは価格も相当に高価であり、また使用箇所によつては、これの取付けに非常に苦勞することが多いように思われる。また前述 ③ 一時に多数の観測を必要とする場合などは、これの読みとり作業に要する人員が問題である。

そこで筆者は 写真-1 に示すような装置を製作し、これによつて試験を行なつてみた。

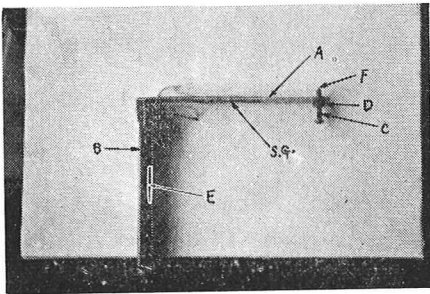


写真-1

B 部に設けられた穴 E は楕円形になつており、とりつけの際これによつて測定構造物との大体の位置を決定する。A 部にストレンゲージ (S.G.) をはり、C および D なる微調整ネジを設ける。F 部は測定箇所に対して点接触するように尖らせておく。勿論これらの自作は容易であり、費用も僅少である。なお 図-1 において l , a , b , t の値を変えることによつて任意のタワミに合ったものが作製できること

も便利である。

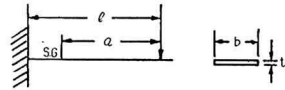


図-1

但し、この装置は予め個々についてキャリブレーションを行なつておく必要があるが、このグラフを作成しておけば、それによつて測定箇所のタワミ量 δ はただちに知ることができる。

3. キャリブレーション

写真-2 に示すのは、筆者が行なつたキャリブレーションの装置であるが、万全を期するため実験台の上にさらに定盤を置き、その上に装置を施した。ワタミ量はダイヤルゲージを用いてこれを読みとり、そのときの歪量を SM-4 J 型抵抗線歪測定器によつて求め、これによつて得たグラフによれば、この装置は変位計としての役目を充分果たしてくれると思われる。

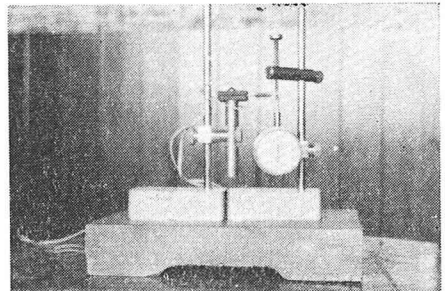


写真-2

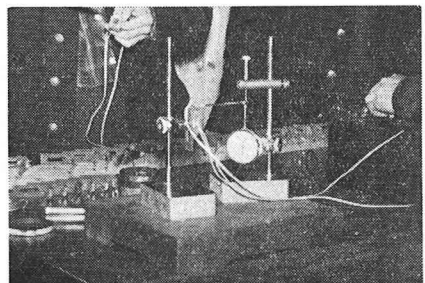


写真-3

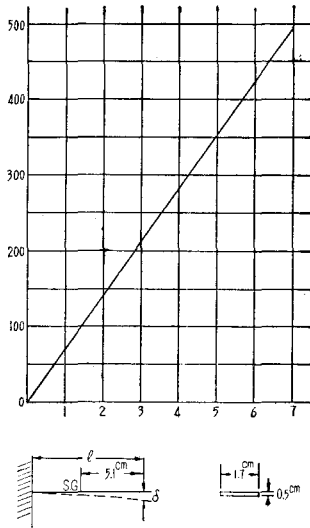


図-2

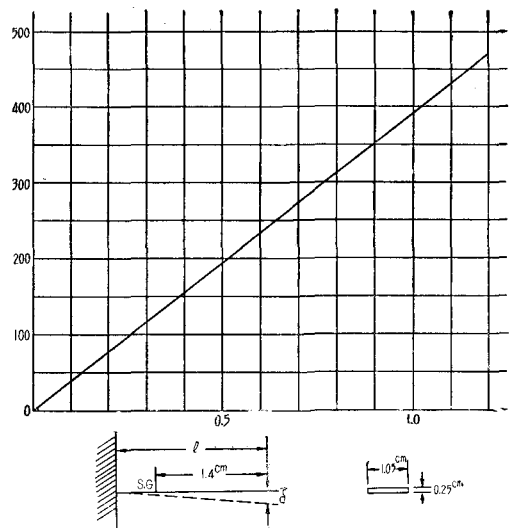


図-3

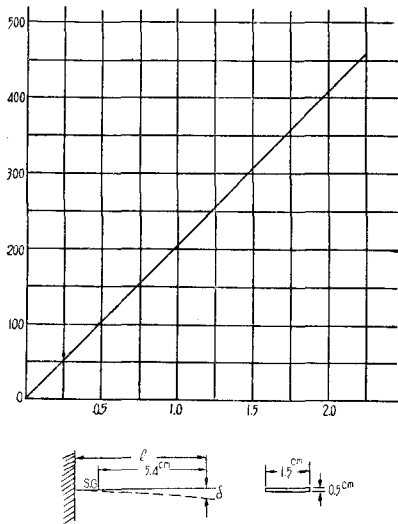


図-4

写真-3に示すのは、自作変位計個々についてキャリブレーションを行なっているところであるが、これによつて得た2・3の例を掲げてみると、それぞれ図-2、図-3、図-4に示すとおりである。

4. 簡単な理論

この装置は片持梁であり、これに生ずる最大応力が比例限度内にある限り、微小変位および大変位のどちらでも、次のような関係で表わされ使用可能である。

微小変位場合

この場合は

$$y = \frac{2P}{3at} \varepsilon$$

という簡単な関係からストレンメーターにて測定する歪 ε

とタワミ y は比例関係にあることが分る。

大変位の場合

変形が大きな場合のタワミの式は

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = \left\{ 1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right\}^{\frac{3}{2}} P(l-x)$$

で表わされるが、

$\left(\frac{dy}{dx} \right)^2$ は1に比べて小さいから、テーラー展開の高次を無視して

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = \left\{ 1 + \frac{3}{2} \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right\} P(l-x)$$

と書くことができるから

$$y = A_2 x^2 + A_3 x^3 + A_4 x^4$$

とおいて未定係数法により

$$y = \frac{Plx^2}{12EI} - \frac{Px^3}{6EI} + \frac{P^3 l^3 x^4}{8(EI)^3}$$

と求まるから、荷重との関係は次のようになる。

$$y = \frac{Pl^3}{3EI} + \frac{P^3 l^7}{8(EI)^3}$$

一方、荷重とストレンゲージ位置の歪との関係

$$P = \frac{2EI}{at} \varepsilon$$

を代入すると

$$y = \frac{2l^3}{3at} \varepsilon + \frac{l^7}{a^3 t^3} \varepsilon^3$$

という三次の関係があるが、これもキャリブレーションにより、あらかじめその曲線を書いておけば、測定歪よりタワミを知ることができる。

比例限度のタワミの大きさ

この測定のためのタワミの大きさの限度は、この装置に

使用した材料の比例限度の歪によつて定まる。それを ε_p とすれば、歪と荷重との関係が

$$P=\frac{2EI}{l^3}\varepsilon_p$$

となるから、これを前述の

$$y=\frac{Pl^3}{3EI}+\frac{Pl^3}{8(EI)^3}$$

に代入すれば

$$y_p=\frac{2l^2}{3\varepsilon_p}+\frac{l^4}{\varepsilon_p^3}$$

となり、 $y<y_p$ の範囲内のタワミの測定に使用できることがわかる。

実 例

例えば、材料に鋼板を使用する場合

$$\varepsilon_p \doteq 900 \times 10^{-6}$$

とみて

$$y_p=(0.9 \times 10^{-3}) \frac{2l^2}{3\varepsilon_p}+(0.9 \times 10^{-9}) \frac{l^4}{\varepsilon_p^3}$$

以下の測定が可能であり、いま

$$t=0.05\text{ cm},\quad l=7.5\text{ cm}$$

とすると $y_p=0.6935\text{ cm}$ となり、6.935 mm までのタワミ測定に使えることが分る。

この場合、ストレンメーターによる歪 ε と y の関係を0から相対応してみれば次のようである。

$$y=0.1023\varepsilon \times 10^{-2}+0.4618 \times \varepsilon^3 \times 10^{-4}$$

ゲージの読み	ε	1	2	3	4	5	6.6
タワミ	y	0.1024	0.2051	0.3086	0.4133	0.5195	0.6935

ただし ε = ストレンゲージの読み (100 単位)

被測定物のタワミ剛さによる誤差

P_1 なる荷重による測定器のタワミ δ は

$$\delta=\frac{Pl^3}{3EI}+\frac{Pl^3}{8(EI)^3}$$

従つて

$$P_1 \doteq \frac{3EI}{l^3}\delta-\frac{9}{8}\frac{EI}{l^5}\delta^3$$

また被測定物のタワミ剛さを α とし、その点の荷重を P_2 、その点のタワミを δ' とすれば

$$\alpha P_2=\delta' \qquad (\alpha=\text{cm/kg})$$

測定器と被測定物の及ぼし合う力は等しいから

$$P_1=P_2$$

$$\therefore \alpha \delta \left(\frac{3EI}{l^3}-\frac{9}{8}\frac{EI}{l^5}\delta^2 \right) = \delta$$

この δ' が誤差であるが、 α は一般に () 内に比べて遙かに

小である。

5. 使用 例

筆者はこの実験のため 80 個の装置を試作し、写真-2および写真-3の方法で、キャリブレーションを行なつておいたもののうち、5個について2週間後に写真-4~5に示すような観測を行なつてみた。ダイヤルゲージを使用しているが、これは先に行なつたものと比較するためのものである。

この時の体験からいつて、装置の取付けは至つて簡単であつたが、ダイヤルゲージの取り付けには相当の苦勞をした。写真でも分かるように、これに使っている脚台は市販にないものである。したがつてこれも自作したものである

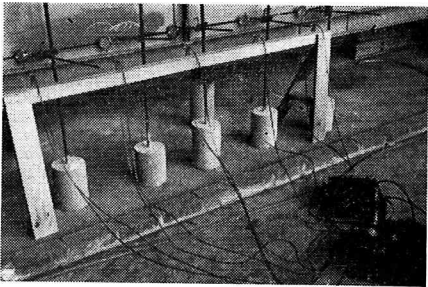


写真-4

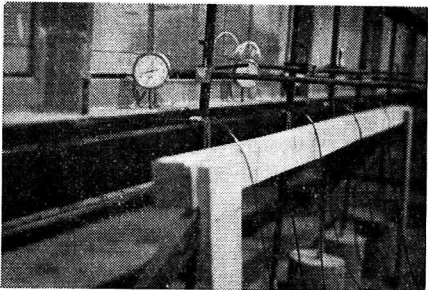


写真-5

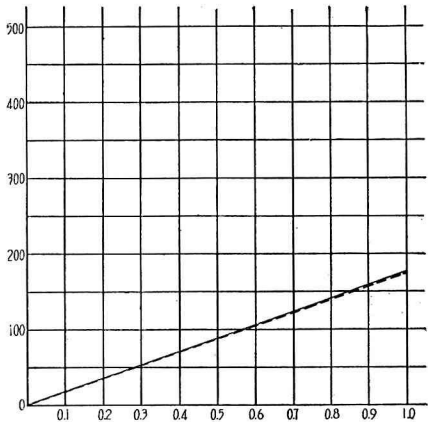


図-5

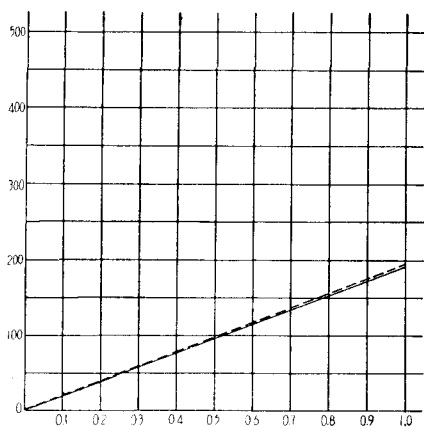


図-6

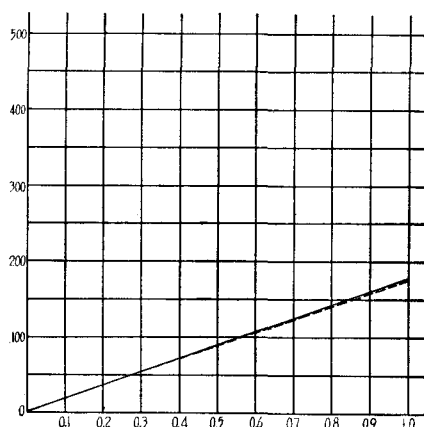


図-7

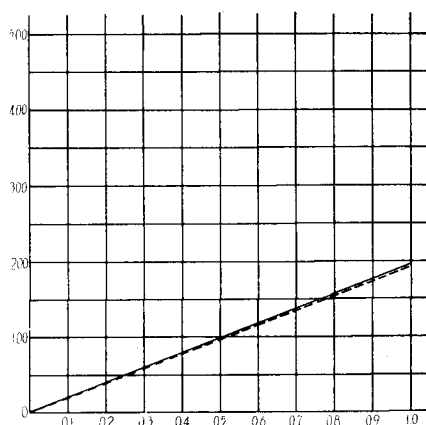


図-8

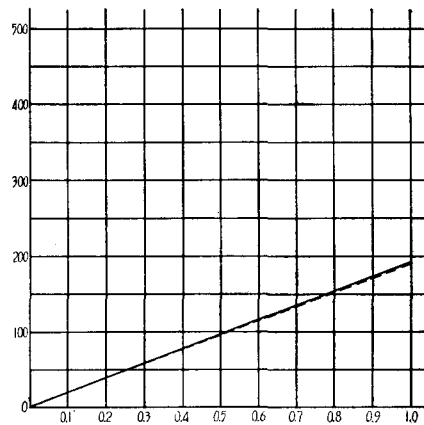


図-9

が、これの製作に要する時間なども相当なものである。さて実験にかかってみるとここでまた不便なことがもちあがつた。ダイヤルゲージを読むため一々その処まで行かなければならない。

一方、装置の方は前述のように抵抗線歪測定器を使用するため、一と処において容易に観測できるのである。この実験によつて得たグラフを掲げると、それぞれ図-5~9で示すとおりである。

6. 結 語

以上の装置で最もよいと思われることは、抵抗線歪測定

器を使用するため、前述 ③ 一時に多数の観測を必要とする場合において、ジャンクションボックスを用いて、スイッチボックスを接続することによつて、一人で数十箇所のタワミ観測を行なうことが容易であり、またリード線を延長することによつて遠隔操作も可能である。したがつて前述②危険を伴う現場実験などにおいても、その安全さを遺憾なく発揮してくれると思われる。

なおこの装置の永続性については現在のところはつきりしないが、S.G を完全にコーティングして保管方法に気をつけると、相当長期間にわたつて使用できるものと考えられる。