



ワイヤー ストレイン ゲージの コンクリートへの応用

正 員 川 口 輝 夫*
岩 井 徳 雄**

ワイヤー ストレイン ゲージは、欧米各国では、既に普通の歪計と同様に用いられている。日本では最近やつと実用の域に達したもので、以下アメリカの実験報告を参考として、コンクリートに応用した結果について述べ参考資料としたい。

I. コンクリートの性質とワイヤー ストレイン ゲージ

よく知られているように、ワイヤー ストレイン ゲージ (Wire Strain Gauge or Electric Resistance Gauge) は歪を測ろうとする測定物に貼りつけて、測定物の歪が、ゲージの抵抗線に伝わり、これによつておこる抵抗の変化から歪量を知るものである。従つてゲージは必ず測定物と同一の動きを示さなければならない。一般にコンクリート表面は凹凸多く、また気孔が沢山ある。このような表面に直ちにゲージを貼りつけたのでは、測定物の歪が全てゲージに伝わらないから、コンクリート表面に、孔のない平らな面をつくらなければならない。次にコンクリートは相当に水分を吸収する。ところがゲージには電流を通すものであるから、水の存在によつて、抵抗値が変化する。その上コンクリートは水分によつて伸縮する。外力による歪を測定するのに水分による歪が混入して来ては役に立たない。従つて少くともゲージの周囲のコンクリートは、水分から護られていなければならない。これ等の点がゲージを鋼材に用いる場合と、コンクリートに用いる場合との大きい差である。

また歪測定の場合に一般的に起る問題であるが、測定長 (ゲージの長さ) をどの位にしたならばよいかという問題がある。

II. ワイヤー ストレイン ゲージの諸元

使用したゲージは、研友社製で、紙合に抵抗線として 25/1000mm の Advance を貼りつけたものである。

ゲージ長は 100, 90, 80mm と 3 種のものを使い、抵抗値は 500 Ω 程度を予定し、100mm のゲージ長のものは 530 Ω 、80mm のゲージ長のものは 500 Ω となつた。

抵抗線は 25/1000mm であるが、コンクリートは鋼に比して歪が大きいから、同一精度で考えれば、もつと太い線を用いてもよいようにも考えられる。

III. コンクリート面への貼りつけ

ゲージを貼りつけるコンクリート面は、まづサンドペーパーまたはワイヤー ブラッシュで磨いて平らにして、表面に現われた気孔は、セメント ベーストをつめて平らにした。Engineering News Record の 1951 年 3 月号 "How to use Strain Gauge on Concrete" によれば、コンクリート表面には、Duco Cement を塗つて平らな面をつくり、0.1 in. 厚のセルロイド板を貼りつけて、24 時間後にこのセルロイド面を磨いてから、ゲージをニトロセルローズ系の糊で貼りつけるように書いてあり、ACI の Journal (1950 年 2 月号) "Some Applications of Electric SR-4 Gages in Reinforced Concrete Research" にも Duco Cement の上にゲージを貼るように書いてある。いづれもコンクリート表面の凹凸孔をさけるためと、ゲージの周囲が水分を吸収することを防ぐためである。

今回行つた実験では、Duco Cement がなかつたので次の 5 つの方法で貼りつけて比較して見た。

- (1) ニトロセルローズ溶液をコンクリート面に塗つてベースとして、その上にゲージをニトロセルローズ溶液を糊として貼りつけたもの。
- (2) 0.25mm 厚のセルロイド板をコンクリート面に貼りつけて、その上にゲージを貼つたもの。
- (3) コンクリート面をセメント ベーストで平らにして、その上にゲージを貼つたもの。
 - a) ニトロセルローズ溶液を糊に用いたもの。

* 鉄道技術研究所員

**

図-1

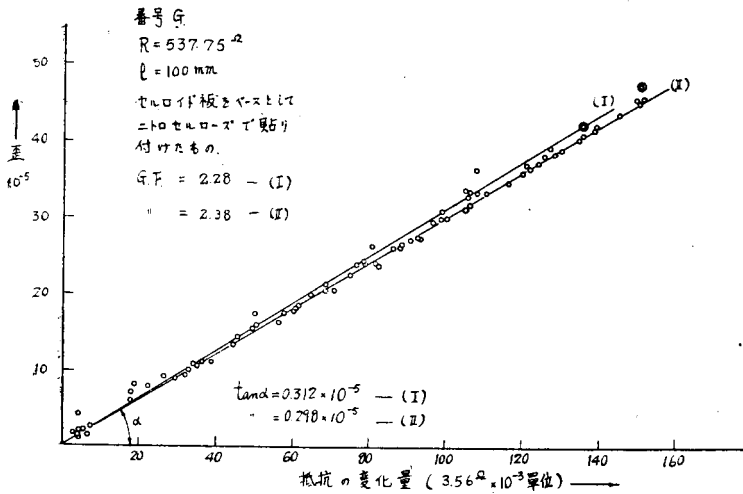


図-2

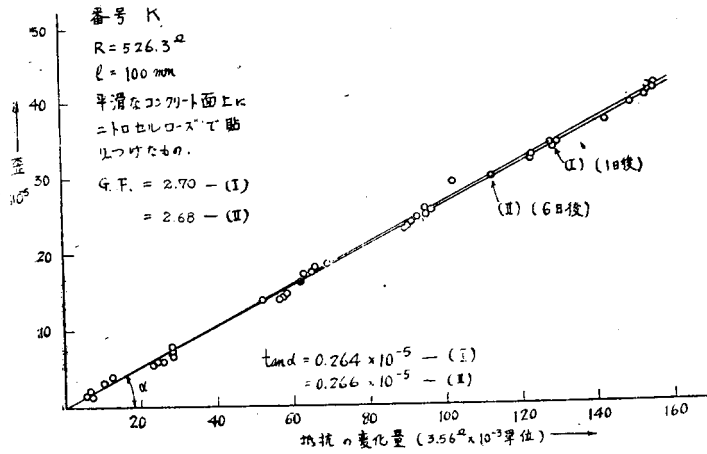
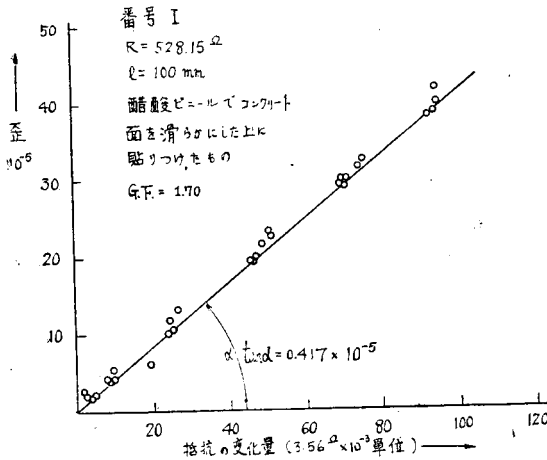


図-3



- b) 醋酸ビニールを糊に
用いたもの。
- c) フェノール樹脂を糊
に用いたもの。

各場合について、マルテンス歪計と比較して、貼りつけ方の良否を判定した。この結果は 図-1-4 で(1)の方法と a)の方法とははじめの実験結果から見て大差がなく、また気孔は(1)では十分埋らないことがわかつたので、ここには結果として掲げてない。

図-4 で $\tan \alpha$ が問題であつて、これが小さい程感度がよいことになる。また同一のゲージで、日数の経過によつて $\tan \alpha$ が変化するようでは実用にならない。接着剤について云えば、ビニールはそれ自体が歪を吸収しフェノールは硬化剤と酸を用いるか、または 120°C 位に加熱しなければならぬので、避けた方がよい。結局ニトロセルロースを接着剤として用いるのが最もよく、これもセルロイドをアセトンで溶かして用いたのであるが、実用上支障がなかつた。

ゲージを貼りつけるコンクリート面は、よく磨いて凹凸をなくし、アセトンで拭いて面をきれいにしてから、ゲージを貼りつけた。

IV. 静的試験の場合の回路

回路は、ホイットストーンブリッジで 図-5 のようにしたもので、 図-5 の r_1, r_2 を変化させて、検流計が常に 0 を示すようにして、抵抗値の変化を測定した。また使用した電圧は 6V である。

図-5 の r_a, r_b は測定用

図-4

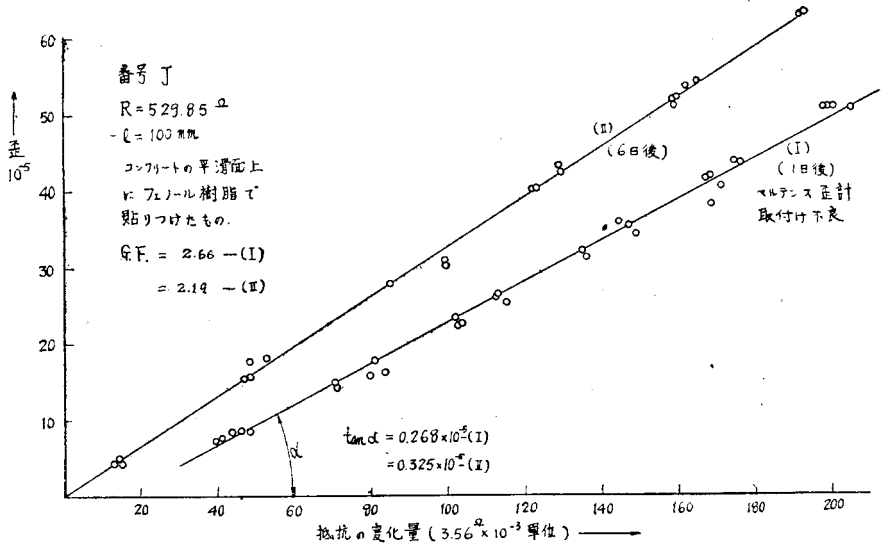
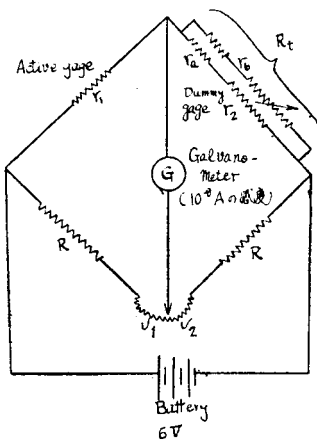


図-5



ゲージ r_1 と、温度補正用ゲージ r_2 を、バランスさせるため、 $r_1 = 500 \Omega$ のとき、 $r_a = 40 \Omega$ 、 $r_b = 3000 \Omega$ と 5000Ω (可変) を用い、 v_1 、 v_2 は連続可変抵抗で全抵抗値 ($v_1 + v_2$) は、 1Ω である。

$$\frac{r_1}{R_t} = \frac{R + v_1}{R + v_2}$$

より、 r_1 が Δr_1 だけ変化したときの v の変化量 Δv は

$$\Delta r_1 = - \frac{2R + v}{R^2 + Rv + v_1 v_2} r_1 \cdot \Delta v \quad (\Delta v^2 \text{ は無視してある})$$

$v_1 v_2$ は R に比して小さい ($R = 1000 \Omega$ を用いている) から、これを無視すれば

$$\begin{aligned} \Delta r_1 &= - \frac{2R + v}{R^2 + Rv} r_1 \cdot \Delta v \\ &= -K \cdot r_1 \cdot \Delta v \end{aligned}$$

これより、 Δr_1 は R_t には無関係に表わされているから、若し歪が大きくなつて、抵抗の変化が大きくなり、連続可変抵抗の量が不足しても、 R_t を変えて、 v_1 と v_2 の関係をかえて (盛りかえて) 続けて測定してよいことがわかる。

この回路では r_2 による温度補正が完全には行われない。それは

$$R_t = \frac{r_b(r_a + r_2)}{r_a + r_b + r_2}$$

において、 r_2 が温度によつて Δr_2 だけ変化したときの、 R_t の変化量 ΔR_t は

$$\Delta R_t = \frac{r_b^2}{(r_a + r_b + r_2)^2} \Delta r_2$$

となつて、 $\Delta R_t = \Delta r_2$ とならないからである。

$$\frac{r_b^2}{(r_a + r_b + r_2)^2}$$

を、各数値を入れて計算してみると $r_b = 6750 \Omega$ ($r_1 = r_2 = 500 \Omega$ として、バランスしているとき) の場合には

$$\Delta R_t = 0.857 \Delta r_2$$

この程度であるならば、温度変化が大きくない場合には、実用上差支えないものと考えられる。

次にワイヤーストレインゲージのゲージファクターは

$$G.F. = \frac{\Delta r/r}{\Delta l/l}$$

r : ゲージの固有抵抗値

l : ゲージの長さ

で表わされる。従つてこの $G.F.$ を知れば、歪 ε は

$$\varepsilon = \frac{1}{G.F.} \cdot \frac{\Delta r}{r} = - \frac{1}{G.F.} \cdot \frac{2R + v}{R^2 + Rv} \Delta v$$

で求められる。

前の 図-1~4 では、マルテンス歪計と比較して、 $\tan \alpha$ から

$$G.F. = \frac{3.56 \times 10^{-3} \cdot K}{\tan \alpha} \quad \left(K = \frac{2R + \nu}{R^2 + R\nu} \approx 0.002 \right)$$

で求めたものである。

V. 温度、風の影響

ワイヤー ストレイン ゲージに用いる抵抗線は、温度による固有抵抗の変化の少ないものが望ましい。しかし現実に入手できるものは、温度による変化があるから、このためにブリッジの一辺に温度補正のためのゲージを1つ余分に入れておかなければならない。実際問題として、この2つのゲージを同一の状態におくことは、なかなか困難であるので、測定する部材のなるべく近くに、同じような品質のコンクリートに貼りつけた補正用のゲージをおくことによつて、条件の一致を図つた。

ゲージ面に風を当てると抵抗が変化する。従つてゲ

ージ面はフェルト等で十分に保護しなければならない。水にたいしては、ゲージの周囲のコンクリートにセルロイドを塗りつけて、吸水しないようにする外、防水材料で覆うことが必要で、特に野外の測定の場合には、この処置は必要である。この方法として、パラフィンを塗りつけたり、アスファルトを用いたりした例が前記引用の文献に掲載されている。この場合でもゲージと、リード線との接線点を十分に防水しなければ、ゲージ面だけを防護しても役に立たないことは明らかである。またリード線も長くなると抵抗値がまして来て、これの変化によつて、ブリッジの平衡が破られることになるから、リード線も十分に保護してやるのがよい。このような細かい点を見逃していたために実測したときに失敗した経験がある。

以上によつて、ワイヤー ストレイン ゲージもコンクリートに使い得ることがわかつたもので、簡単に入手できる材料で測定できるものである。

新刊紹介

最上武雄著 応用力学(上・下)

克誠堂出版株式会社

上 367 頁 680 円 下 312 頁 650 円

現場の多くの技術者にとつて応用力学はあまり縁のない学問と考えがもちようであるが、単に土を移すとか、コンクリートを打つ時でも力の考え方を十分に知つて行くことによつて、よき技術を最も有効に発揮させ得るものである。まして一寸した構造物を設計するにしても、この方面の基礎的な力は独創の先駆となるものである。応用力学の数多くの名著は相当高級のも

のが多く、なじみの少い現場の技術者に対する浸透性がかけたうらみがあつた。著者はこの欠点をおぎなう意味で計算例を非常に多くとり入れ数値をもとにした具体像を描かせようと工夫している。しかも易きに流れない一すじの線を保持している点、長年のこの道の講義から来る苦勞のあとがにじみ出ている。グラフを中心とする理解法に関し、もう少し詳細にとりあつたつてもらいたい希望条件はあるが、多くの現場の真面目な若き技術者にとつて、大いに力を与えるよき書物であることを強調出来ると考え、必読をおすすめする次第である。

(奥村敏恵)

株式会社 修教社 東京日本橋室町四ノ五 振替東京五八三三四番 無代進呈	平板測量 杉 郵 信 臣 著 A5 P 326 ¥ 390 万能測量とも云われる 平板測量の術の如何に 便利且つ確実なものに あるかを地形測量に重 点を置いて記述したも の。測量士試験準備書	藤井鹿三郎 共 著 佐伯俊一 A5 P 300、¥ 380 測量学 問題演習 従来記述方式の 問題と、盛んに つてきた選択方式 の問題とを中心に 完成検査方式や 応用した測量士 も入結式の問題 家入結式の問題 権試了た測量士 威験れたた測量士 感験了たた測量士	送電線に、ラジオに 索道に用途の広い鉄 塔を、理論と実際の 両面から凡ゆる部門 に涉り詳述したもの	鉄 塔 真島卯太郎 著 A5 P 306 ¥ 390	「日本図書館協会選定 図書」平易な理論で 計算図表を實際に作図 する法式を解説したも ので、工学各部門の技 術者、学徒に送るノモ グラム応用の習得書 紫田直光 著 A5 P 190 ¥ 350
	ノモグラム				