

構造物の實驗解法〔九〕

青・木・楠・男

(5) 各種の電氣的裝置を使用するもの

此種のものには構造物に取付けらるゝか、又は埋込まれたる「炭素抵抗板」「コンデンサー」「伸張されたる金屬線」等は應力の増減に伴ふ構造物測定部分の伸縮によつて其電氣抵抗、電氣容量、振動數を變ずるために生ずる、これ等に連結又は接して設けられたる電氣回路中に起る電氣的變化を「ホイストン・ブリツヂ」「ガルバナメーター」「オシログラフ」等をもつて測定し、發生應力の大きさを知らんとするものである。

Mc Collum-Peter Electric Telemeter 炭素抵抗板を利用したもので、使用の目的に應じ二種類のものがある。其一つは堰堤、橋脚、橋臺、基礎、拱、壁等の混凝土構造物に埋め込んで、長年月の間荷重、溫度、濕度等に依つて起る構造物内の應力の變化を測定することを目的とする筒形 Telemeter と、他の一つは鋼構造物等の表面に取付けて荷重による應力の變化を測定せんとする一般應力計様のものである。

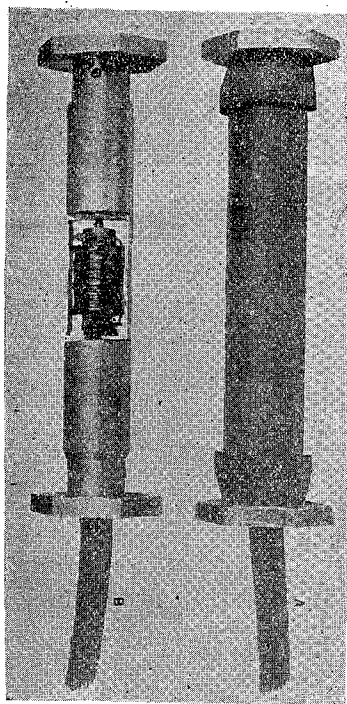
筒形 Telemeter は米國合衆國 Bureau of Standard の O. S. Peter 氏の考案になるもので、1926 年 California の Stevenson Greek 試験拱堰堤に於ける實驗はこの Telemeter 150 箇の使用によつて、極めて満足な結果を得てゐる。携みの

観測から求められた變形と、Telometer 並に Strain gauge にて實測された變形量とは極めてよく一致しており、堰堤に生じた龜裂の發見は先づ Telometer の記録に基いてをつた。(Arch Dam Investigation. Oct. 15. 1926. Research Committee of Engineering Foundation)。

Telometer の構造は第九十圖 B に示すが如く内部に炭素抵抗板が装置され(炭素抵抗板周圍に捲かれた「コイル」は溫度測定用のものである)、この Telometer は更に第九十圖 A の如く圓筒で包装されて、混凝土内に埋藏される、包装は 750 ㉫ の水壓に對して充分水密となつてゐる。

混凝土の伸縮は Telometer に傳はり炭素板の抵抗に變化を起す、この變化を「ホイストン・ブリッジ」其他によつて測定するものである。變形量と抵抗の變化との關係は一般に直線的でなく、器械に添附された檢定曲線によつて示される。炭素抵抗板の抵抗は個々の物で異なるが、壓力の大小により 25~75「オーム」の間に變化する。混凝土への埋込みに當つては 60~65「オーム」程度の抵抗を持ち、埋込込みの後混凝土の收縮に會つて 40~45「オーム」即ち全抵抗量の約半分の値を有するに至り、構造物の伸縮何れにも感應することが出来る。

Telometer と外部との連絡はこれから導かれる三本の導線に依るので一本は炭素抵抗板へ、一本は溫度測定用の「コ

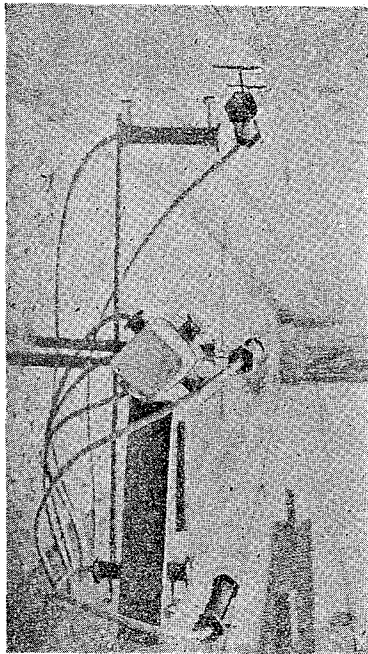


第九十圖 筒型 Telometer

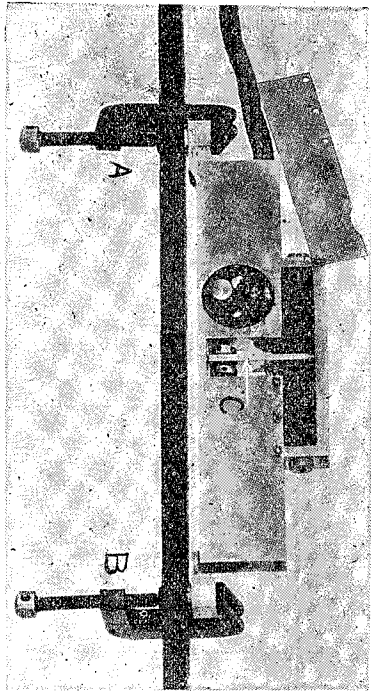
イル」へ、一本は兩者へ共通となつてをる。測定にはこの導線へ連結された電線によつて、構造物から數百米離れた観測室内で行ふことが出来、適當なる切換へ「スイッチ」を使用することによつて、數十の測點の觀測を即時に行ふことが出来る。

Telemeter の埋め込みは測點にて垂直、水平或は 45° 斜傾の方向等自由であり、混凝土表面へ比較的近い點に埋込まるゝ場合には、型枠へ取り付けた「ブラツクツト」其他にて Telemeter を支持せしめ、深い場合は既設の混凝土に建て込んだ取付金物等を利用すればよい。傾斜せる方向に埋め込む場合、其位置の正確を期するために Telemeter を豫め既製混凝土塊に包み込む場合もある。孰れにせよ混凝土打ちに當つては特に Telemeter の下部へ混凝土を充分廻す様に注意することが必要である。第九十一圖は Stevenson Greek 堰堤に於ける混凝土打前の Telemeter 据付け状況を示したものである。

混凝土内部への埋め込み用の Telemeter の外に鋼構造物用のものがある、筒型 Telemeter とは幾分其形を異にしてをる、第九十三圖はこの種のものゝ内、標點距離 8 吋のものを示す、構造物へ A 及 B の締金物にて取付けられ、構造物部材の伸縮は O の隔板を左右に移動せしめ、これの左右兩側に裝置された炭素抵抗板の一方を壓し、一方を緩める、これに



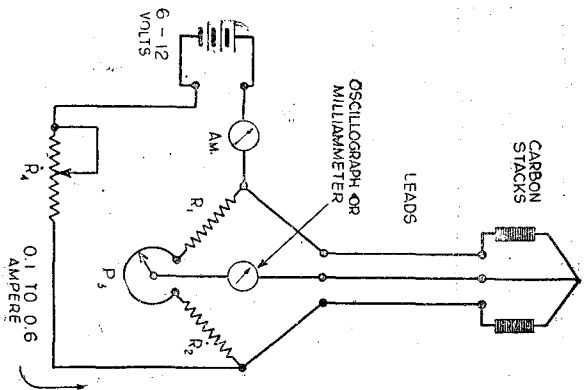
第九十一圖 Stevenson 堰堤に於ける Telemeter の埋込み



第九十二圖 8吋 Telemeter

よつて起る兩者の抵抗の變化は同量にして増減相反し、第九十三圖に示す配線によつて變形量と「オシログラフ」其他によつて測定される「アンペアランス」との間の關係を直線的ならしめてをる。

第九十四圖は Telemeter 12 箇を一組とした應力測定装置で各 Telemeter は導線にて分電盤に連結し更に「オシログラフ」に結ばれ、寫眞装置によつて「フィルム」上に記録を採らんとするものである。通常の「セット」は周期一秒間 300 回迄の應力變化を記録することが出来、特殊の調節裝置を施せば 800 周期迄のものを記録することが出来る。



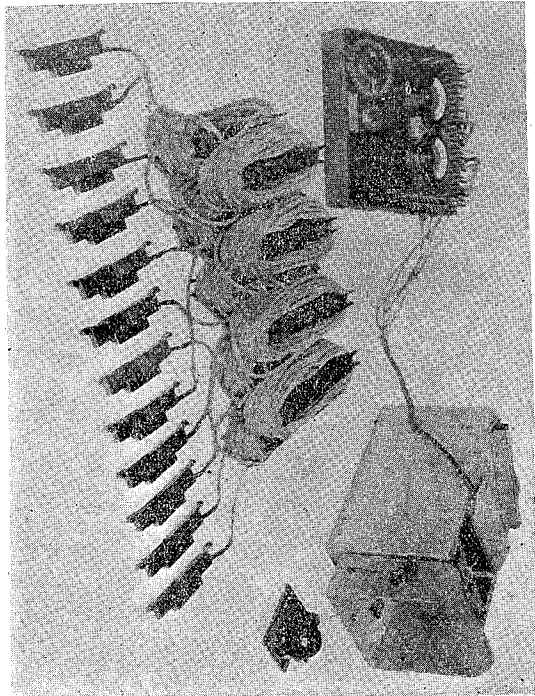
第九十三圖 Telemeter 配線圖

Telemeter の測定精度は 6 吋標點距離にて 0.00001 吋程度と云はれてをる。

Telemeter と全く同一の原理にて鋼線の緊張度の相違によつて生ずる抵抗の變化を利用した Electric Resistance Strain Gauge と稱してをるものがある。

Maihak Acoustic Strain Gauge 故 Schaefer 氏の考案になるもので、弦の振動數が共緊張度の相違によつて變化する點を利用したもので、各種鋼構造物の部材應力の測定に用ひられる。

装置の原理は第九十五圖に示すが如く、先づ A の鋼製測定弦を應力の測定をなさんとする構造物へ取付け、これに接近して恒磁石が装置されてをる。(第九十六圖) 恒磁石には「コイル」が捲かれ、これに電流を通すると弦は引き寄せられ、電流を遮断すれば弦は振動を起す。恒磁石の磁場内に起つたこの振動は回路内に透導電流を起し、この電流は D の聽音器にて聞くことが出来る。構造物部材が應力をうけ、これが伸縮すれば、弦の緊張度に變化が起り、弦の振動物が變り、聽音器に聞こえる音調が違つて来る、今弦の振動數 n と弦のうける張力 P 従つて共長さの伸び ΔL との間に次の關係がある。



第九十四圖 應力計及寫眞裝置附 Telemeter 測定器

$$n = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{gP}{QS}}$$

L: 弦の長さ (纏) g: 重力の加速度 (981 纏 / 秒²)

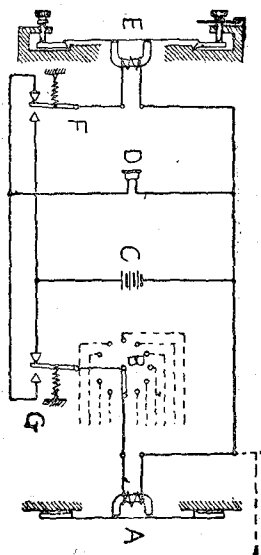
P: 弦に作る外力 (EW) Q: 弦の断面積 (纏²)

S: 弦の比重 (W / 纏³)

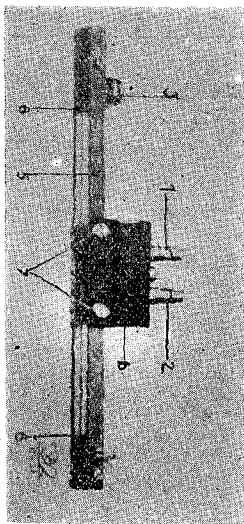
然るに $\frac{P}{Q} = \sigma = \frac{E\Delta L}{L}$ なるが故に

$$n^2 = \frac{gE}{4L^2S} \Delta L = C\Delta L \quad C: \text{定数}$$

即ち弦の振動数の 2 乗は弦の長さの変化、即ち構造物部材の變形に比例することがわかる、依つて音調の変化の度を知れば部材應力を決定することが出来るわけである。これがためには測定弦のほかにも B の標準弦が備へられ、部材應力発生前に標準弦に付属した目盛板 H を廻して B の緊張度を變化せしめて、測定弦 A の振動と標準弦 B の振動とを聴音器にて同調せしめ其時の目盛を讀む、部材が應力をうけて A 弦の音調が變化した時、更に目盛板を回轉し B 弦の緊張度を換へ A 弦と同調せしめて其時の目盛を讀み、前回の讀みとの差によつて發生應力強度を求める。測定點多數ある場合も B の切り換へ「スワツ

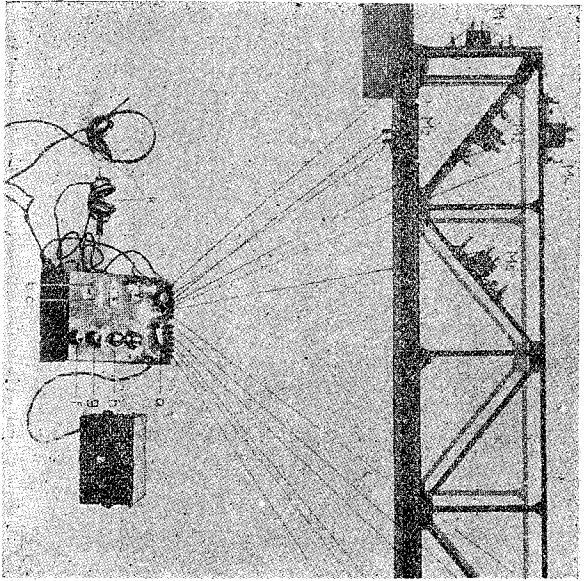


第九十五圖 Meinhak acoustic strain Gauge 配線圖



第九十六圖 測定度 (標點距離 15 纏)

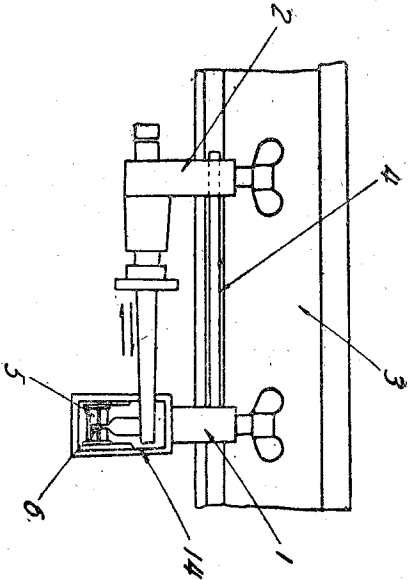
て其時の目盛を讀み、前回の讀みとの差によつて發生應力強度を求める。測定點多數ある場合も B の切り換へ「スワツ



第九十七圖 Mashak acoustic Strain Gauge による
橋梁部材應力の測定

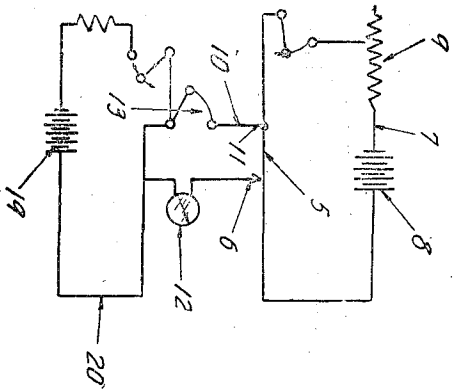
テ」により、同一標準弦を用ひて即時に観測を行ふことが出来る。

第九十八圖 明石製柴田式應力測定器

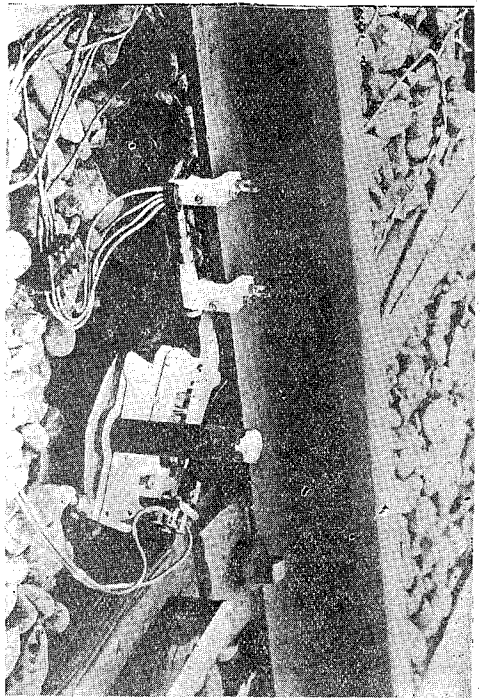


第九十七圖はこの Strain Gauge による 橋梁部材應力測定
の状況を示したものである。

明石製柴田式應力測定器 列車進行中の軌條應力の測定を目的として鐵道省官房研究所柴田技師によつて考案されたものである。第九十八圖及第九十九圖は其機構を示したものである。螺子其他の締付装置によつて枠 1 及 2 を一定間隔に



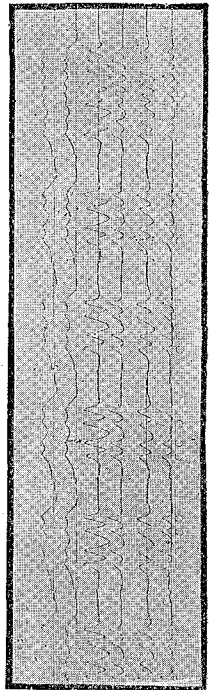
第九十九圖 同上配線圖



第一百圖 柴田式應力計による軌條應力の測定

軌條の測定箇所に取り付ける。軌條の伸縮により 2 の枠に連る固定端尖端の撓動針 6 は 5 の抵抗線上を撓動する。今この抵抗 5 を第九十九圖に示した 5—9—7—9 の主電回路内に置き、回路内に一定電流を流し、これに分岐回路 10 を附し、其一端を撓動針 6 とする。部材の伸縮による撓動針の抵抗線上の動きは分岐回路に流るゝ電流を増減する。この増減を 12 の「ガルバノマーカー」にて測定し、これによつて應力量を算定せんとするものである。

第一百圖は此装置による軌條應力測定中の状態を示したものである。寫真中には應力計と同様の原理を應用した軌條撓度



第百一圖 同上記録

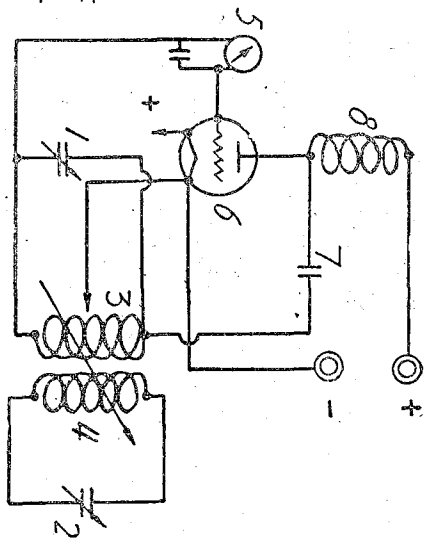
測定器が寫つてゐる。

應力及撓度は「ガルバノメーター」の代りに「ネオログラフィ」類を用ひ時間的の變化を「フィルム」上に記録することが出来る。第百一圖は斯くの如くにして求めた記録の一例で、上部の四曲線は軌條應力、下部の二曲線は軌條撓度を示すものである。

Rini's Absorption Micrometer 極めて微量なる長さの變化を二つの高周電氣回路の同調によつて求めんとするもので、希臘人 Paul Santo Rini 氏によつて考案せられたものである。

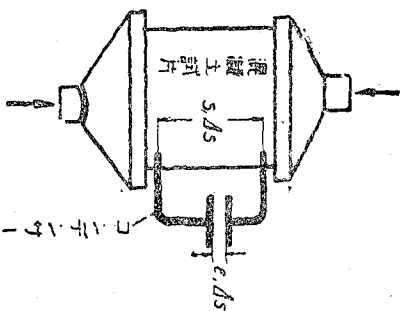
第百二圖は其機構を示したもので、主回路は真空管を有し、高周電流が通せられる、これと 3.4 の「電磁カツプコンデンサー」にて組合された測定回路があつて主電回路の高周電氣「エネルギー」の一部を吸収する。測定回路には 2 の「バリコン」を有し兩回路を同調せしむることが出来「バリコン」の容量は「ガルバノメーター」で測定することが出来る。

主電回路には 1 の變形測定用「コンデンサー」を有してをる、この「コンデンサー」は試験體の表面變形を測る場合第



主回路
測定回路
第百二圖 Rini's Absorption Micrometer

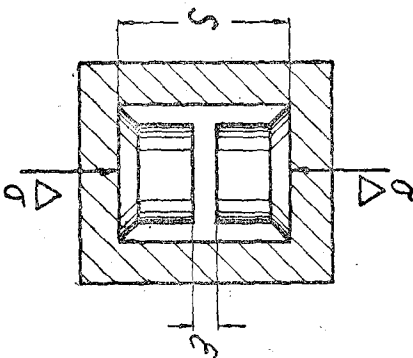
百三圖の如くに取付けられ、内部變形を測定する場合には第四圖の如きものとして混凝土内に埋め込まれる。「コンデンサー」は試験體の變形に應じて其間隔を變じ、その結果として主筋回路の電氣容量に變化を起す、この容量變化の度は測定回路の同調によつて測定することが出来る。



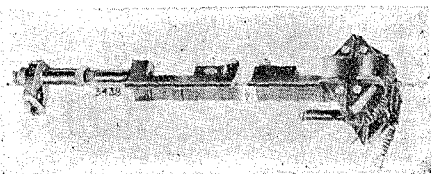
今「コンデンサー」の間隔

第百三圖 混凝土耐壓試験片に取付けられたる變形測定コンデンサー

第百四圖 埋込み用變形測定コンデンサー



第百五圖 Airs-hip Strain Gauge



を e とするとき、容量は $c = \frac{K}{e}$ (ここに K は定數) にて示され、試験體の變形によつて e に Δe の變化を生じ容量に Δc の變化を生じたものとすれば、

$$\Delta c = \frac{e^2 \Delta e}{K + e \Delta e}$$

の關係が成立する。然るに Δe は試験體の變形測定標準距離 S 間に生ずる變形 Δs に等しく、 Δs と應力の變化 $\Delta \sigma$ との間には混凝土の場合 $\Delta s = \frac{S \Delta \sigma^m}{E}$ (ここに $m = 1.11 \sim 1.16$) であるから應力の變化は

$$\Delta\sigma = m \sqrt{\frac{E\epsilon^2 \Delta\epsilon}{S(K + \epsilon \Delta\epsilon)}}$$

にて示され、定数 K が決定せられ電気容量の變化 $\Delta\epsilon$ が測定されるならば應力の變化を算出することが出来る。

この應力測定法は考案者によつて 1931 年 Zurich 開催の萬國材料試験會議に提出せられ、Ros 教授によつて瑞西の新設高堰堤の應力測定に應用せらるゝことゝなつたと聞いてをるが、其結果の如何については未だ報告されてをらぬ。

Cambridge Airship Strain meter 飛行船の抗張線、梁等の應力測定用として Moulin, Jenkin 兩氏によつて考案されたもので、試験材へ取りつけられた装置の電磁石間隔が材片の伸縮によつて變化し、その爲めに生ずる電磁石に掩かれた回路内に起る電氣的變化を測定して、材片の伸縮量を求めんとするものである。第百五圖は鋼線へ取り付けられた應力計を示したものである。(未完)