

## 術 技 構造物の實驗解法 (六)

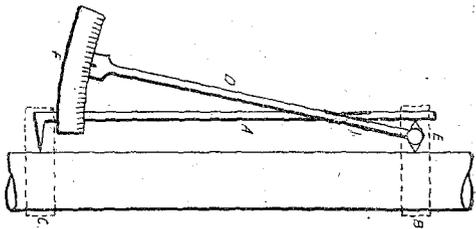
青 木 楠 男

### (3) 横杆装置を使用するもの

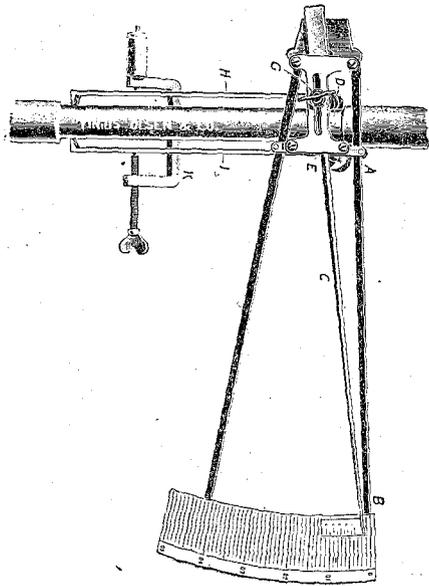
この種類のもの、材片の伸縮を横杆を用ひて擴大し、これによつて指針を廻轉せしめ、目盛板上に其の量を讀まんとするものと、指針先端の移動を一定の速度にて進行する紙上に記録せしめて、構造物の振動應力等の測定をなさんとするものとの二種に分類することが出来る。

Marten's Extensometer (第六十七圖) B 及 O 點にてスプリング其の他を用ひて試片に締付けられた A 標桿の一端にある稜形角標は試片の伸縮に應じて旋廻し、これに取付けられたる指針 D を目盛板上に動かすもので、指針には先端に遊標を有するものもある。倍率 50、精度  $\frac{1}{500}$  耗程度

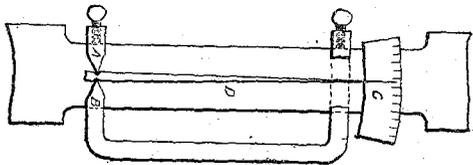
Olsen New Extensometer (第六十八圖) 上記のものと同様の原理によつて考案せられたものである、H 及 I の標桿には長さ 8"、6"、4"、2" 等の種類がある精度  $\frac{1}{10,000}$  吋、主として直徑  $1\frac{1}{8}$  吋までの丸鋼、角鋼、平鋼の抗張試驗用



第六十七圖 Marken's Extensometer



第六十八圖 Olson New Extensometer



第六十九圖 Ashcroft's Extensometer

として用ひられてをる。

Kennedy's Extensometer 前者と全く同型のもので  $\frac{1}{10,000}$  乃至  $\frac{1}{20,000}$  時の精度を有するがこゝには記述を省略する。

Ashcroft's Extensometer (第六十九圖) 試片の下端に取付けられたナイフ、エツヂ A と U 字形をなし試片上端に取付けられたナイフ、エツヂ B とは、指針 D の最下部兩側の切込みに噛み合ひ、試片の伸縮による A 及 B の相對的變位は、指針 D の先端を相等大なる倍率にて目盛板 C 上に移動せしめる。

Stromeyer's Rolling Pin Extensometer (第七十圖) 試片の左

右兩標點に取付けられた縮金物 C 及 B の各々より CD 及 A  
 B の 2 平行桿が試片に沿つて、E 及 F のスプリングにて組合  
 され、兩者間に G なる轉子が挿まされる、試片の伸縮による  
 平行桿 AB、CD の相對的移動は轉子を回轉せしめ、これに取  
 付けられたる指針 H は目盛板 J 上を移動する。板上の 1 目  
 盛は變形  $\frac{1}{10,000}$  吋に相等してをる。

尚この種のもので平行桿の一端に鋼線を取付け、標點距離を  
 大となし、橋梁部材應力測定用に考案されたものもある。

Ansler Extensometer - Type DM 32 (第七十一圖) 前掲の

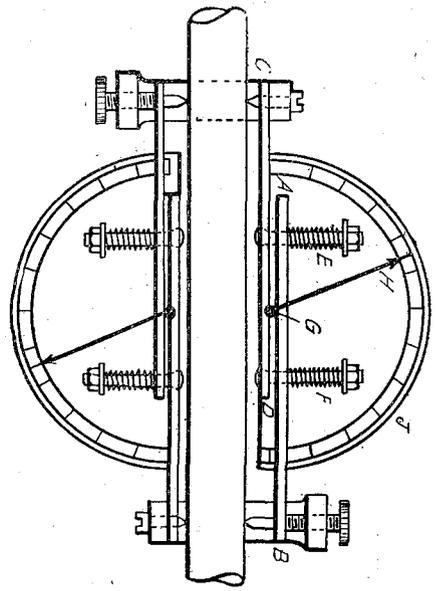
第七十圖 Stromeyer's Extensometer

ものと同一原理によつたものである。たゞ指針を回轉せしむるに轉子を用ひず、齒車を使用してをる。標點へはナイフ、  
 エツヂを當てスプリング縮めとしてをる。標點距離 10 種、目盛板の 1 回轉は試片の伸張 2 耗に相當し、1 目盛は  $\frac{1}{100}$   
 耗となつてをる。

本器は元來 2 耗乃至 2 種の丸鋼の伸張測定を目的としたもので、測定最大變形 18 耗である。

Huggenberger 及 Okhnisen Tensometer (第七十二圖) 複雑なる應力分布の場合の測定器として軌述のものであるから、

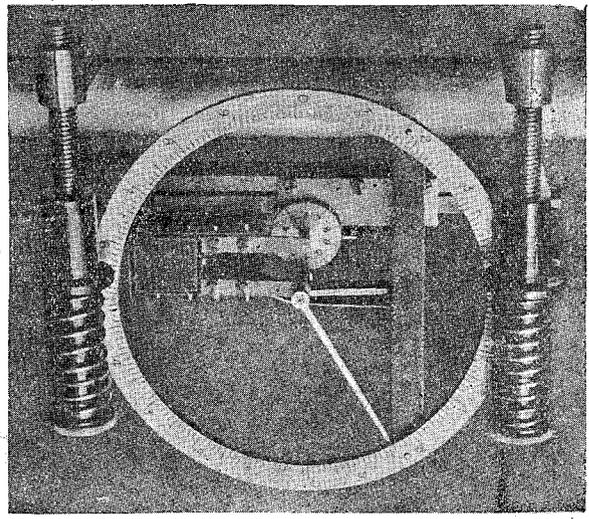
詳述を略し、こゝには單一應力測定に用ひた實例として吊橋主塔の模倣試験への應用例を掲げるとしめる。實験は Port



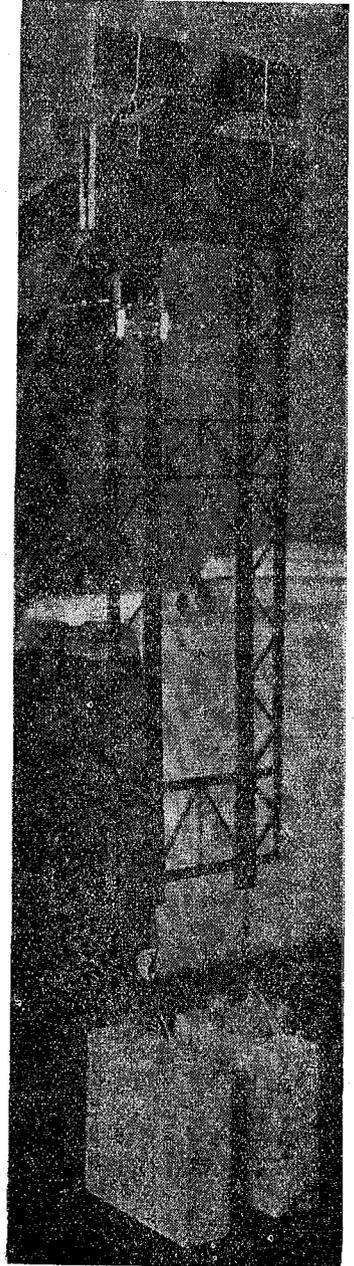
to New York authority で行はれたもので、模型は Hudson River 橋の主塔を型取つたセルロイド製のものである。

Goldbeck's Pocket Strain gauge (第七十三圖) 既述の諸應力計とは全く其趣きを異にし、其の目的たる構造物も必しも單一應力を生ずるものとは稱し難きも、横杆を利用せる最も簡單なる記録式應力計としてこゝに記述するものである。本器はもと混凝土鋪裝版内に自動車通過に際して生ずる應力を測定することを目的としたもので、發生最大應力を記録しうるのみである。装置は第七十三圖に示すが如く大さ萬年筆程度のもので、一端の可動呷子は内部の bell-crank 横杆の短挺に接し、横杆の長挺の尖端は記録用燐硝子上を滑動する、倍率約  $75 \frac{3}{4}$  である。

測定に當つては先づ鋪裝混凝土版表面へ長 6 吋、深、幅  $\frac{3}{4}$  吋程度の凹所を鑿ち、兩端へは燒石膏にて薄眞鍮板を取りつけ眞鍮板の小孔へ可動呷子の尖端を當て、器械他端の調節螺子によつて器械を固定する。更に横杆の長挺の尖端位置を記録用燐硝子板の中央に來る様調節した後、燐硝子を嵌め込み、硝子板を左右に移動して基準線を記して器械の装置を終り、鋪裝面凹所を鐵蓋にて蓋ふ。自動車の通過による、混凝土版の伸縮に應じ、横杆長挺の尖端は基準線の前後の油煙を掻き取りて伸縮の大小を記す、燐硝子の搔痕は後にガラスによつて固着せられ、其の長さをコ



第七十一圖 Amsler Extensometer



Δパルサー等にて測定する。

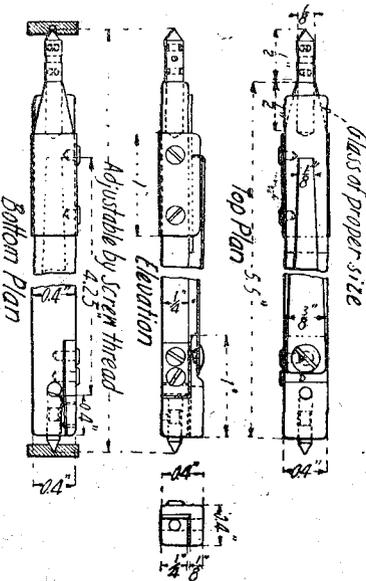
第七十二圖 Hudson River 橋 Celluloid 模型

この装置にては最大變形を記録するのみにて、自動車通過中の各過程に於ける變形を求むることは不能であり、又混凝土の彈性率の明瞭ならざる限り應力の算出は困難である。

Leuner's Stress Recorder (第七十四圖 及 第七十五圖) 橋

梁其他の構造物部材の應力測定用に考案せられたものである。第七十四圖は其外形を、第七十五圖は其の構造を示してをる。

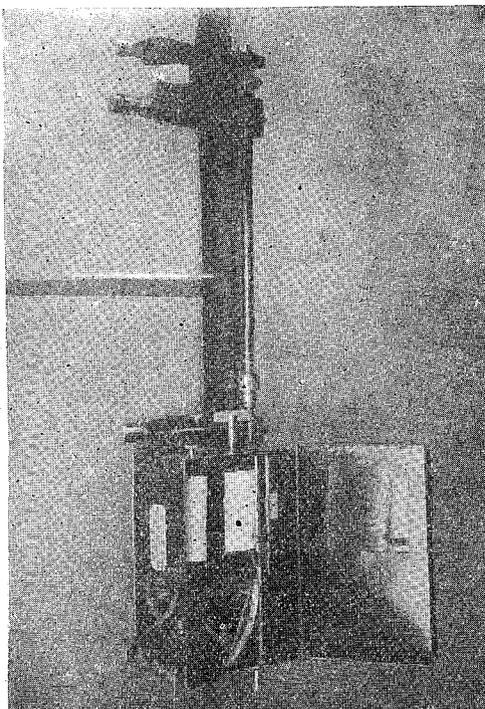
標點距離は 400, 700, 1000 耗の三種となつてをる、機械の取付けは先づ橋梁部材 K に記された標點距離の一端に螺



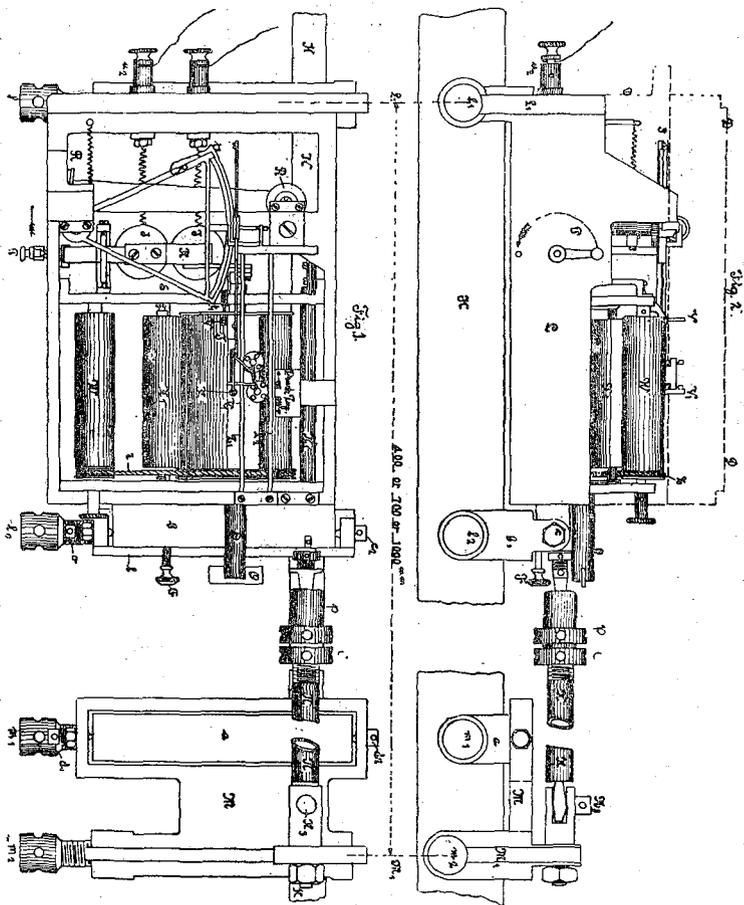
第七十三圖 Goldbeck's Pocket Strain gauge

子  $l_1$  を用ひて記録装置箱を、他端に  $m_2$  螺子を用ひて  $m$  枠を用ひて  $m$  枠を締めつける、 $m$  枠には連桿 が取付けられ桿と記録装置箱とを  $p$  及  $o$  の螺子にて連結する、桿は長さを異にする三種が用意されてをり標點距離  $L_1 m_1$  を前記の長さに變化することが出来る。應力による部材の伸縮は横桿により記録装置の扇形枠を左右に旋回せしめ、其の回転は扇形枠の弧上に沿つて張られたスプリングによつて直線運動となつて  $V_1$  の鉛筆を左右に動かす、記録用には  $\pi$  リン鉛筆が使用され、記録紙には厚手のアーツ紙様のものが用ひられてをる、記録用紙は  $O$  のハンドルにて捲く時計仕掛けによつて回転する圓筒  $x x_1$  等によつて繰り出され、部材刻々の變形は曲線をなして紙上に記されてゆゑ、記録装置には外に  $V$  なる鉛筆ありて *chronometer* によりて時刻、或は電鍵を用ひて列車の通過位置等を電氣的に記録することが出来る。

記録紙上に現はれたダイアグラムの高さ  $1$  耗は當所備付の器械では、鋼の彈性率を  $E = 2150,000$  底盤とすれば次の如くである。



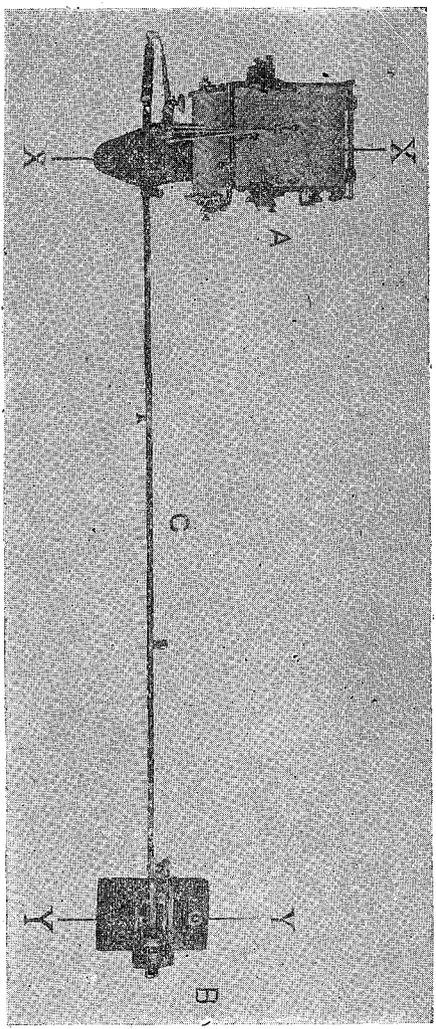
第七十四圖 Launer's Stress Recorder



第七十五圖 Leamer's Stress Recorder 構造圖

標 點 距 離	1000 耗	700 耗	400 耗
記録高 I 耗に相當する 發生應力(kg/釐 <sup>2</sup> )	15.357	21.938	38.392

明石製ストレン・レコーダー (第七十六圖乃至第七十八圖)



第七十六圖 明石製ストレン・レコーダー

本器は寺野山本兩博士の考案になるもので、其の目的、大體の形狀等 Lemmer 式に近似せるも其の細部構造に於ては獨特なる考案が用ひられ優秀なる國産應力計として推奨出来るものである。

第七十六圖は全形を示す、連桿 C の一端 A には記録裝置、至擴大用ナイフ・エツヂ及記録用ペンを、他端 B には

インクローターを有し、各々 X、Y にて構造物部材の標點に固着せられる。標點距離は 42 吋を標準型としてをるが、連桿は 3 分出来るから 3 段に變化せしめらる。

第七十七圖は A 部の詳細圖で連桿 C

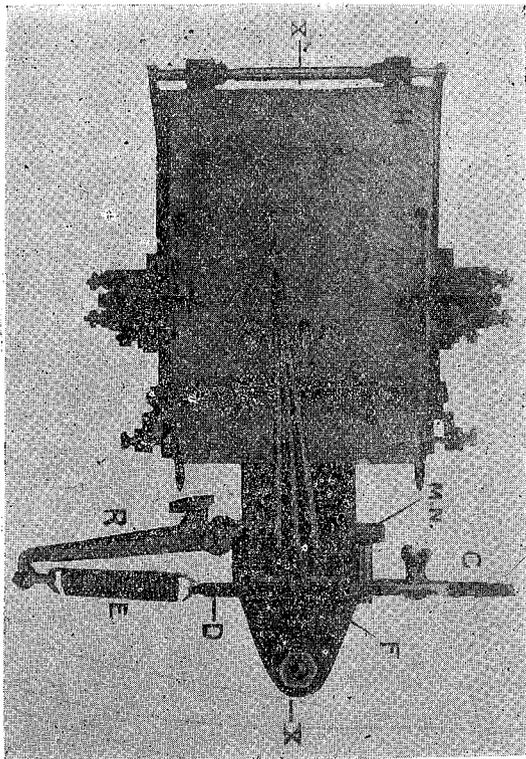
は金具 D にてスプリング E 及び調節螺子 R に接続し、F に紙面に垂直の方向に配置された本機特有の横杆装置がある。部材の應力によつて生ずる連桿長と部材長との相對的變化は D を記録装置に對し其の位置を變ぜしめ、この移動は F を軸として、横杆により 100 倍に擴大されて記録用ペン G にて記録紙上に描き出される。

記録紙は時計仕掛けにより毎秒  $\frac{1}{16}$  吋

乃至  $\frac{1}{2}$  吋の速度にて進み、用紙として

は普通のトレーシング・ペーパーを使つてをる。變形記録用のペン G のほかに時刻、荷重の移動、基準線等を記すために左右兩側及 L に三個のペンが用意されてをる。

本機の一次特長は第七十八圖の B 部でインクローターである。観測の前後にインクローターの回轉により D を一定



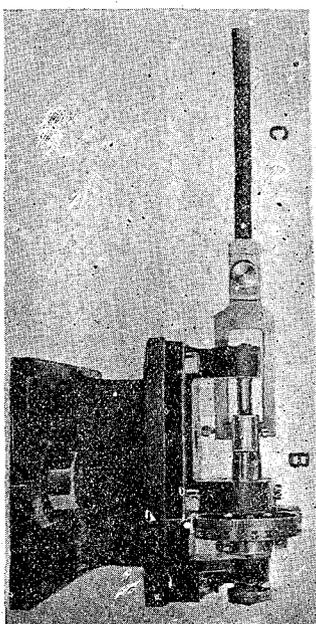
第七十七圖 同上 記録装置

距離だけ正確に移動せしめ、これに對應する記録を求め、容易に器械のカリブレーションをなすことが出来る。

本機の倍率は100倍であつて、インクとペンによる記録にて読み得る最小寸法を  $\frac{1}{20}$  吋とするならば、鋼材の弾性率 13,400 噸/平方吋とし、標點距離 42吋の場合記録高  $\frac{1}{20}$  吋は鋼材の伸縮  $\frac{1}{2000}$  吋に當り、發生應力  $\times$  は  $\frac{13400}{2000} \times 42 = 0.1594$  噸/平方吋に相當してをる。記録の最大幅は中央に零線を置くとき左右へ各  $1\frac{3}{4}$  吋即ち張力壓力共に557噸/平方吋に當つてゐる。多くの鋼材にては弾性限度内の應力測定に充分の餘裕を有するものである。

Cambridge Stress Recorder-Collin's Patent (第七十圖乃至第八十一圖) 前二者と同様橋梁其他構造物上に荷重の通過する際に生ずる部材應力を測定記録することを目的とするものである。

第七十九圖は鐵道橋下弦材へ機械を裝置せる圖であ



第七十八圖 同上イクロマター

る、機構は第八十圖に示すが如く A 端に2支點、B 端に1支點ありてこれ等を O 點に取付けたるクラムプにて標點へ繋付ける、標點距離 AB は15吋、部材の伸縮は B 端を動かし、E、E'、E'' の可撓支柱にて支へられたる D は横杆 M の端を移動せしめ、他端の記録用の尖筆をして幅約  $\frac{5}{8}$  吋のセルロイド・フィルム上に條痕を記さしむ、フィルムは時計仕掛により毎秒3乃至20 程の速度にて進行し、フィルム上には歪の記録外に時刻及荷重位置其他をも電氣裝置にて記すことが出来る。

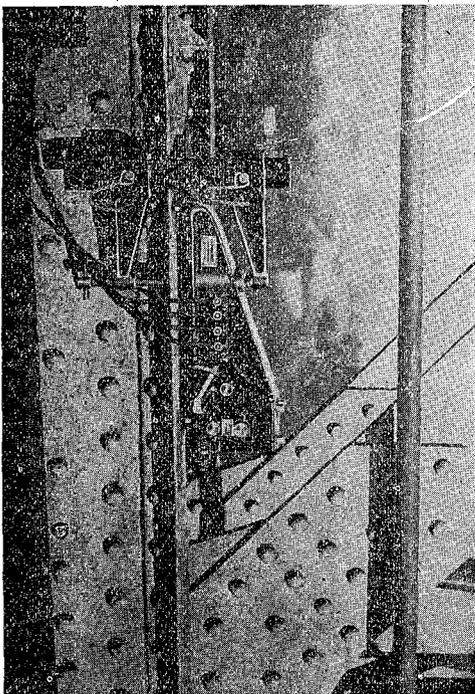
器械の倍率は比較的少く 10 倍なるも、フォイルムの記録をマイクロスコプにて見るか、又は引伸寫真となし更に 15 乃至 30 倍とし、全攤大率を 150 乃至 300 とすることが出来、0.1 頓/時<sup>2</sup> 程度の精度に記録を讀みうる。第八十一圖は 195 倍に擴大された橋梁振動應力測定記録の一例である。

本機は小型にして取扱至便、重量僅かに 5.2 担のものであつて携帯用としては最も便利なものも考へる。

Geiger's Exlensograph (第八十二圖及第八十三圖) 1925 年獨逸鐵道の懸賞募集に応募したもので、中にて最も優秀な測定機である。其の後自己振動數の増加、取付装置の改良等が加へられ、撃衝應力測定用としては最適のものとな認められる。

第八十二圖は平鋼材へ取付られた外形を示したものである。機構は第八十三圖右圖に示すが如く

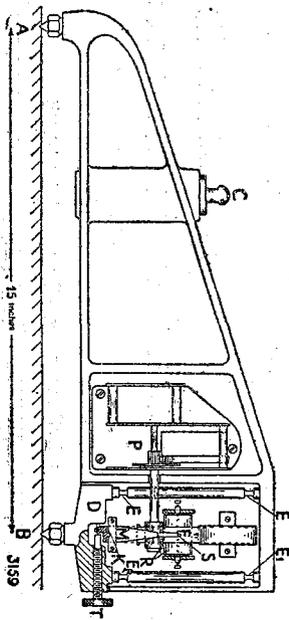
左標點、S<sub>1</sub> 螺子にて締付けられた取付金物と鉸結された連結桿の一端は、右標點へ取付けられた記録装置下部の水平横杆の短挺に接し、部材の伸縮により長挺を上下し、更にこの移動は第八十三圖左圖に示す垂直横杆に移り、更に記録ペン



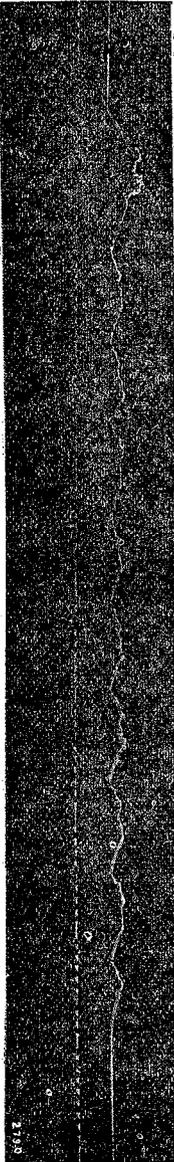
第七十九圖 鐵道橋應力測定中の Cambridge Stress Recorder

の装置されたる横杆を動かし、55乃至440倍に擴大された部分の伸縮が、記録紙上にインキにて記録せられる。記録紙は記録装置と全く獨立せる時計仕掛にて毎分0.2乃至10米の速度にて進行する。水平横杆及記録横杆は鉛直横杆の取付位置により其の擴大率を二段又は三段に變更することが出来る、三横杆組合せによる擴大率及  $E=2.2 \times 10^6$  距離とせる場合の各擴大率に對應する記録高1米の示す應力は次表の如くである。

水平横杆擴大率	3.14	3.14	3.14	6.28	6.28	6.28
鉛直横杆擴大率	5	5	5	5	5	5
記録横杆擴大率	3.5	7	14	3.5	7	14



第八十圖 同上 構造圖



第八十一圖 同上 記録 (倍率 195)

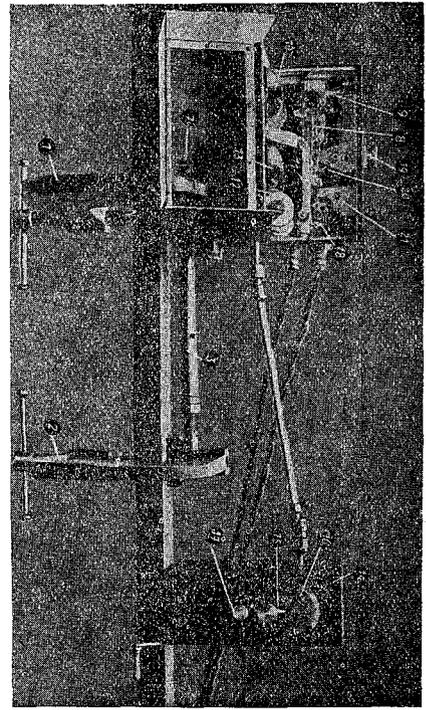
合成	55	110	200	110	290	440
擴大	200	100	50	100	50	25
準	100	50	25	50	25	125
記録高1耗に對應力(延/種 <sup>2</sup> )	標點20種 距離 標點40種 距離					

(4) 光學装置を使用するもの

この種のもは器械に取付けられた鏡を部材の伸縮に應じて旋回せしめ、これに映る標尺目盛の動きを望遠鏡にて讀むものと、光源からの光をこれに反射せしめ、其の動きを感光紙又はフィルム上に撮るものがある。

前述の諸式のものに比して、極めて大なる精度を有せしめ得ること、擴大が光線利用なるが故に摩擦等による困難の起らざること等の利益を有する。取扱上から見ても望遠鏡焦點合せ、鏡の取付方等に前掲のものに比して多少熟練を要する點が少くない。

Bauschinger's mirror Extensometer (第八十四圖) 試片へ縮めつけられた  $a, b$  2組の標桿は試片の伸縮に應じて相對的に位置を變じ、兩者間に取付けられたエボナイト製の轉子  $d_1, d_2$  を回轉せしめる。轉子には  $g_1, g_2$  の鏡ありて  $f$  の目盛を映し、 $e_1, e_2$  の望遠鏡にて觀測される。載荷前の目盛の讀みと、載荷後の目盛の讀みとの差を  $S$  とし、鏡と目盛板との距離を  $l$  轉子の半徑を  $r$  とすれば、試片の伸は  $x$



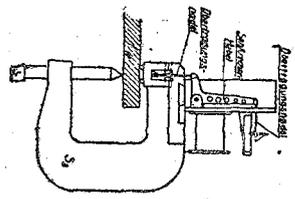
第八十二圖 Geiger's Extensograph

$$x = r \frac{S}{l}$$

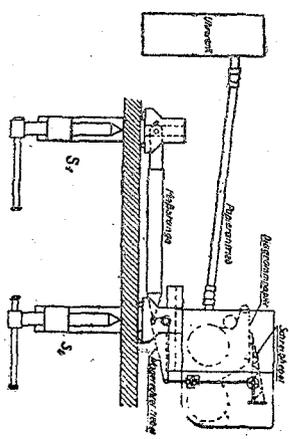
にて與へられる。 $\frac{1}{5000}$ 乃至 $\frac{1}{10000}$  耗の精度にて變形を測定することが出来る。

Robertson & Newport Mirror Extensometer (第

八十五圖) E の支桿と F の彈條にて組合された平行桿 O 及 D は試片の標點へ取りつけられ、試片の變形により D 桿は O 桿に對して相對的に移動する、この動きは G の □ 形桿によつて鏡



第八十三圖 同上 構造圖



A を旋回せしめる。鏡は 13 呎の距離にある目盛板を映し、望遠鏡にて觀測される。B は固定鏡にして試片に力が加はつて生ずる A、B 兩鏡の目盛の讀みの差は試片の變形量に正比例する。

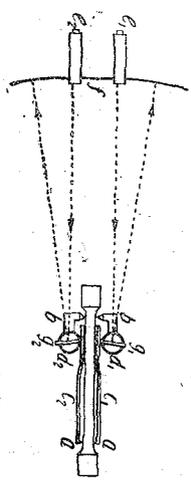
Marten's Mirror Extensometer

第八十六圖は本機の原理を

示したものである。標桿 d はナイフ・エツチ F と鏡 B の取付けられた

稜形角嚮 D にて試片 E 接し、スプリング其他の方法にて締付けられる。第八十四圖 Banlinger's mirror extensometer

最初試片 E、鏡 B、目盛板 G 共に鉛直にして、鏡 B 及望遠鏡 A は同高なりと假定する。今試片 E に x だけの變形ありたりとし、鏡 B は  $\alpha$  角回轉し、望遠鏡の讀みに C だけの目盛差を生じたものとす。今角嚮 D の高さを a、鏡



と目盛板の距離を  $b$  とすれば、

$$a \sin \alpha = x$$

$$c = b \tan 2\alpha$$

今  $\alpha$  角を微少なりとせば、

$$2\alpha \approx \tan 2\alpha \approx 2\sin \alpha$$

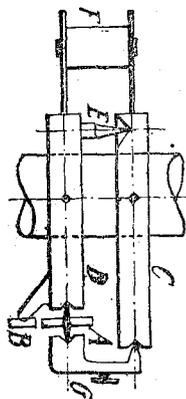
なるが故に、

$$c = 2 \frac{b}{a} x \quad \text{or} \quad x = \frac{a}{2b} c$$

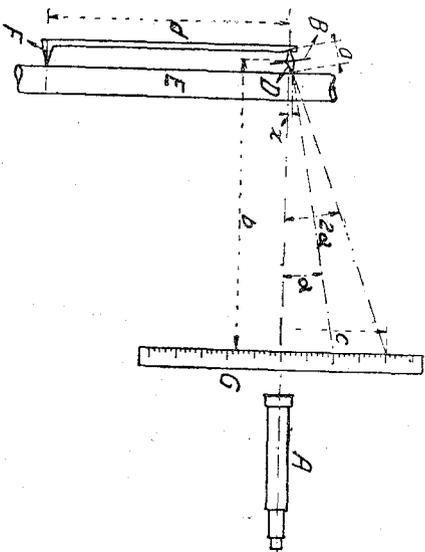
即ち  $c$  は  $x$  に正比例することゝなる Amstler 製のものは  $\frac{a}{2b} = 500$  を標準としてをり、 $c = 500x$  となる。若し目盛が  $\frac{1}{10}$  耗まで判読しうるものとすれば  $\frac{1}{5000}$  耗までの變形を測定出来ることとなる。

第八十七圖は丸鋼の兩側へ2組の標桿と鏡とをスナリソングにて取り付けた圖を示す。

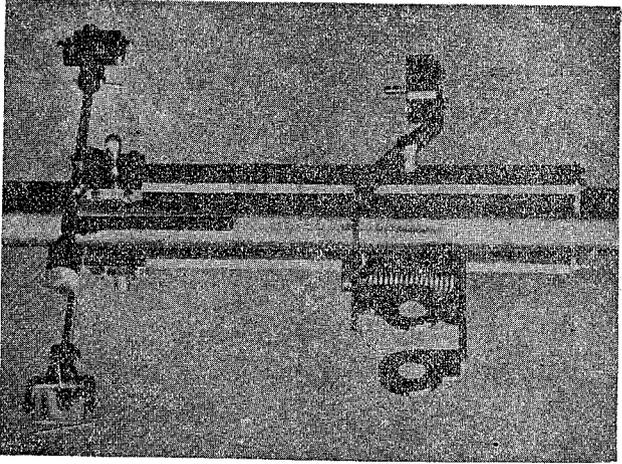
本機は Amstler 製が一般に知られてをるが、國産品としてナイフエツチ等に特殊の考案の用ひた明石製作所製のものが得られる。



第八十五圖 Robertson & Newport Extensometer

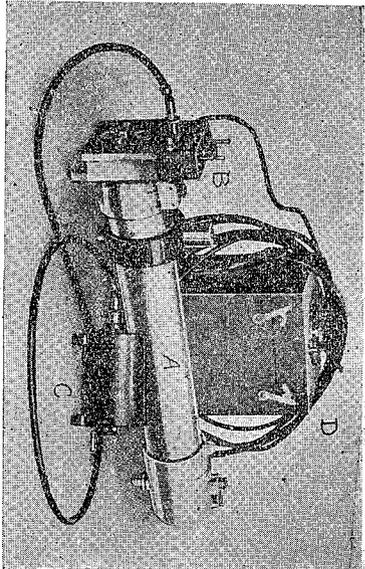


第八十六圖 Marten's Mirror Extensometer の原理



第八十七圖 Martin's Mirror Extensometer

ために考案されたものである。第八十八圖は本機の装置一式を示したもので A の圓筒は下部兩端の支點にて部材の標點に接し、適當なる縮付金物にて部材へ取りつけられる。圓筒内側には二枚の鏡を有し、他側の光源の像を B に装置された標準型活動寫眞用フィルム上に結ぶ、鏡の一枚は固定されフィルム上に基準線を記す場合によつては cronometer を用



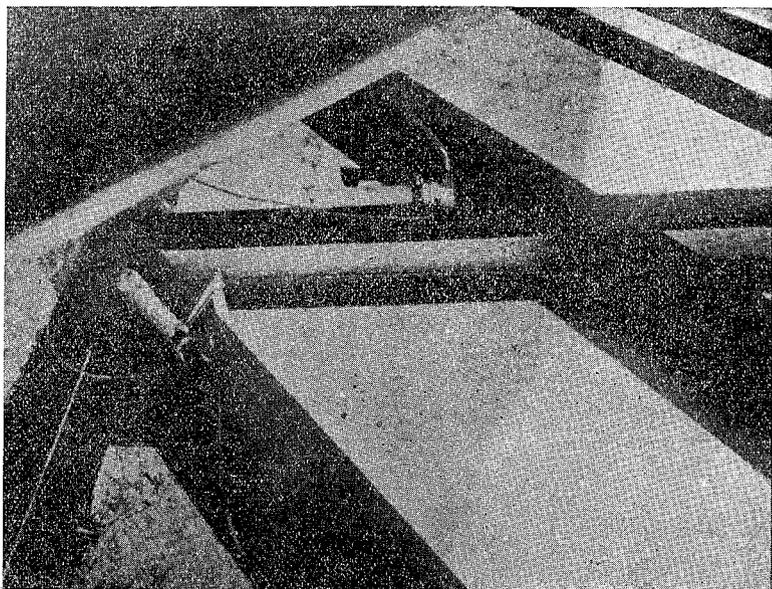
第八十八圖 Fereday-Palmer Stress Recorder

Fereday-Palmer Stress Recorder (第八十八圖及第八十九圖)

前掲三種の鏡を利用せる應力計は、主として抗張抗壓試験材の應力測定を目的としたものであるが、本機は橋梁其他の構造物部材が動荷重によつてうくる應力を記録せんが

ひ一定時角にこれを断続せしめ時刻を記すことが出来る。鏡の一枚は部材の変形に應じて傾きを變じ、フィルム上の像は移動する、フィルムは可撓軸にて傳へられる齒車装置の回転によつて一定速度にて進行する。齒車装置は手動のものと電動のものとありて測定の目的に應じ速度の調節をなすことが出来る。Dは光源用の電池で抵抗器を有し、フィルムの速度に應じて光源の強さを加減する。フィルムの露出現像等は普通の寫真知識を有すれば充分で特殊の技能を必要としない。

フィルム上に記録しうる應力の最大限度は張力壓力各 10 噸/吋<sup>2</sup>、計 20 噸/吋<sup>2</sup> であり  $\frac{1}{20}$  噸/吋<sup>2</sup> の精度で記録を讀むことが出来る。本機の特長とするところは鏡の重量數グレイソにして應力の急變に對して運動量の影響をうくる困難かく高周期の振動應力の測定が可能であること主要機構が密閉されてをり架設中の橋梁の死荷重應力の測定も行ふことなどである。第八十九圖は橋梁部材應力測定中の狀況を示したものである。(未完)



第八十九圖 同上による橋梁部材應力の測定