

振動應力測定用の KA-II 型光電管式歪計

富 田 忠 二*

Photo-cell Type Strain Gauge of the KA-2 Type

By Chuji Tomita

Kameari Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In this paper, the writer will give an account of the new Photo-cell Type Strain Gauge of the KA-2 type, which was made by improving on that of the KA-1 type already reported in Vol. 31 of the Hitachi-Hyoron.

This gauge consists of three parts, namely pick-up, simple amplifier and electric source apparatus.

In the frame-work of structure, minute strain is caused by static or dynamic stress. The strain is caught by the pick-up, and is converted into the variation of electric current by both the pick-up and the amplifier. Accordingly, the static or dynamic strain can be measured by means of recording the value of the electric current by oscillograph or by reading it on the ammeter.

Since this gauge can convert 1μ of strain into 6 mA of current, strain far as 10^{-7} can be measured.

[I] 緒 言

多くの機械構造物の設計においては資材を最も經濟的、合理的に使用するために各部材に生ずる應力を推定することは極めて重要な問題である。靜的應力の場合は計算上十分信頼出来る算定が行われたとしても、動的應力の場合には計算のみに頼ることは極めて困難であり信頼し難い。本歪計は特に起重機等の鐵骨構造に生ずる動的應力を實測する目的で製作され、その第一回の試作品 KA-I 型はさきに本誌⁽¹⁾において發表したが其後更に改良を加えた KA-II 型が完成したので、その改良の要點、

特性及び應用例について茲に述べる。

KA-II 型は裝置全體の重量輕減、簡易化を行い現地での使用を輕便にして、更に高精度のものとなつた。最近5エレメントが完成したので5箇所の應力を同時にオシログラフへ記録することが出来るようになつた。今後はこれらを活用して實驗の精度と能率を向上し、多數の例について實驗を行い、鐵骨構造の合理的設計を行う上に有力な資料を提供し得ると信じている。

[II] 歪測定法の概略

從來應力測定法の一つとして歪計を使用した方法が最

* 日立製作所龜有工場

も廣く行われているが、電氣的な歪計としては次の型式のものがある。

(1) 抵抗型

イ) 抵抗體を接着劑によつて測定試料に固着し歪による抵抗値の變化を測定するもの。

ロ) 電解液を用いたもの。

ハ) 炭素板を用いたもの。

(2) インダクタンス型

(3) コンデンサー型

(4) 光電池型

(5) 磁歪型

等種々のものがあり、最近米國に於ては(1)イ)による方法が相當活潑に利用されていて我國に於ても多くの關心を持たれている。

歪の測定値から應力を計算するにはフックの法則に基いた次式による。

$$\sigma = \text{材料の應力 } \text{kg/cm}^2$$

$$\delta = \text{材料の歪 } \text{cm}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} = E \frac{\delta}{l}$$

$$P = \text{材料に加わる力 } \text{kg}$$

$$l = \text{材料の長さ } \text{cm}$$

$$A = \text{材料の有効斷面積 } \text{cm}^2$$

$$E = \text{材料の彈性係數 } \text{kg/cm}^2$$

本報告の KA-II 型歪計は標點距離を 85 mm に選んであるから一般鋼材の場合 $E = 21 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ にとれば 1 kg/mm^2 の應力による歪は 0.00405 mm である。

[III] 構造

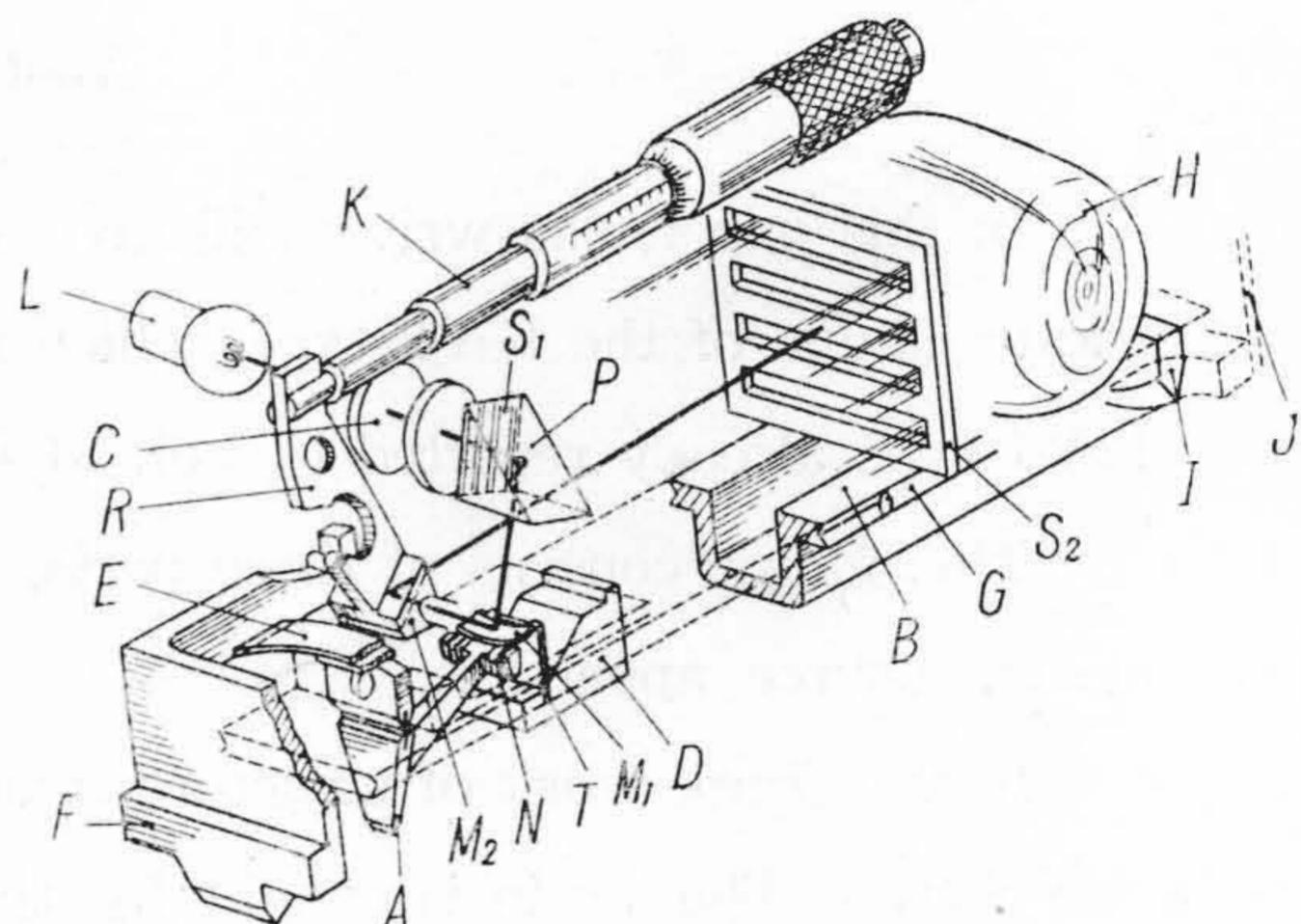
本歪計のセットはオツシログラフを用いる場合には次の四つの部分から構成されている。

- a) 歪計 被測定體に取付けて、その歪を光電管を用いて電氣的變化に轉換する部分、以下單に歪計と稱する。
- b) 増巾器 歪計の光電流を増巾する一段の直流増巾器。
- c) 電源装置 歪計の光源ランプ、増巾真空管のヒーター、光電管、真空管の陽極電壓を電灯線から整流、濾波して供給する裝置。

d) 自働電壓調整器 電燈線の電壓を安定化して電源裝置へ供給する。これは市販品を使用した。

(1) 歪計の構造

増巾器が直流増巾になることはやむを得ないが、出來るだけ簡単で安定な裝置にするために「光電管の出力を十分に利用して増巾度を極力低くすませる」という方針で設計した。從つて光電管へ入射する光束を歪によつて極力大きく變化させ歪計の出力電壓が大きくなるように考慮した。以下その構造を第 1 圖について説明する。



第 1 圖 KA-II 型 の 構 造

Fig. 1 Perspective View KA-II Type Strain Gauge.

先ず測定しようとする場所へ第 3 圖(6 頁参照)の寫眞のようなポンチによつて 85 mm 間隔の溝を打刻し、それに歪計の固定脚(I)と運動脚(A)が喰込むように適當な締付具によつて固定する。この運動脚(A)は被測その一端に應じてバネ關節を中心圓弧運動を行うが、定材の歪と張力バネ(T)との間に 2 本の燐青銅ストリップ(N)が掛け渡してあつて、ストリップは張力バネ(T)により常に強く引張られている。凹面鏡(M₁)はその 2 本のストリップの上に接着劑により固着されているから、被測定材の歪に應じて傾斜運動を行つようになつてゐる。

次に光學系統について説明すると、光源ランプ(L)からの光は集光レンズ(C)を通じて、プリズム(P)から反射し(M₁)上に集束して反射され、更に(M₂)で反射して第二格子(S₂)を通過した分が光電管(H)に投

射される。プリズム (P) のランプ側の面にはエッチングして作った第一格子 (S_1) があつて、四面鏡 (M_1) によつてその實像を第二格子 (S_2) の面に結んでいる。この像のピッチと第二格子 (S_2) のピッチは等しく作つてあるから (M_1) の反射角には光電管へ向う光束が全部 (S_2) で遮ぎられ、又は全部通過する角度がある。その中間では (M_1) の僅かな傾きによつて光電管への入射光束は大きく變化する。オッショグラフに記録する場合はその直線的に變化する部分を使用する。

以上によつて微小な歪は固體摩擦及ガタを伴うことなく充分に大きな光束の變化に變えられ、更に光電管によつて電流の變化に變えられて増巾器へ送られる。

(2) 較正装置

この歪計には較正用のマイクロメーター (K) が取付けあつて、これを動かすことによつて、零點調整及び較正を行うことができる。このマイクロメーター (K) は較正腕 (R) とこれに取付けられた反射鏡 (M_2) を傾けて光電管 (H) への入射光束の角度を變化させる。

今或る歪量 δ mm によつて出力電流が I_1 から I_2 に變化したとする。次に歪はそのまままでマイクロメーターを s mm 動かすことによつて、出力電流を逆に I_2 から I_1 へもどしたとすると s と δ の間には次の關係がある。

$$s = K\delta$$

K = 歪計の機械的寸法によつて決定される常數

であり以下これを倍率と稱する。

この歪數では $K=24.7$ に選べば 1 kg/mm^2 の應力變化は(鋼材の場合)マイクロメーターの 0.1 mm の動きに相等する。實際には較正レバー (R) に取付けたスチールボールの位置を上下して倍率の僅かな調整を行うことが出来る。

この倍率は機械的寸法によつて決定される安定した常數であつて、豫め倍率を測定しておけば光源ランプ、光電管、真空管等の電氣的特性に關係なく歪の絶対値を測定することが出来る。

(3) 動的特性の改善

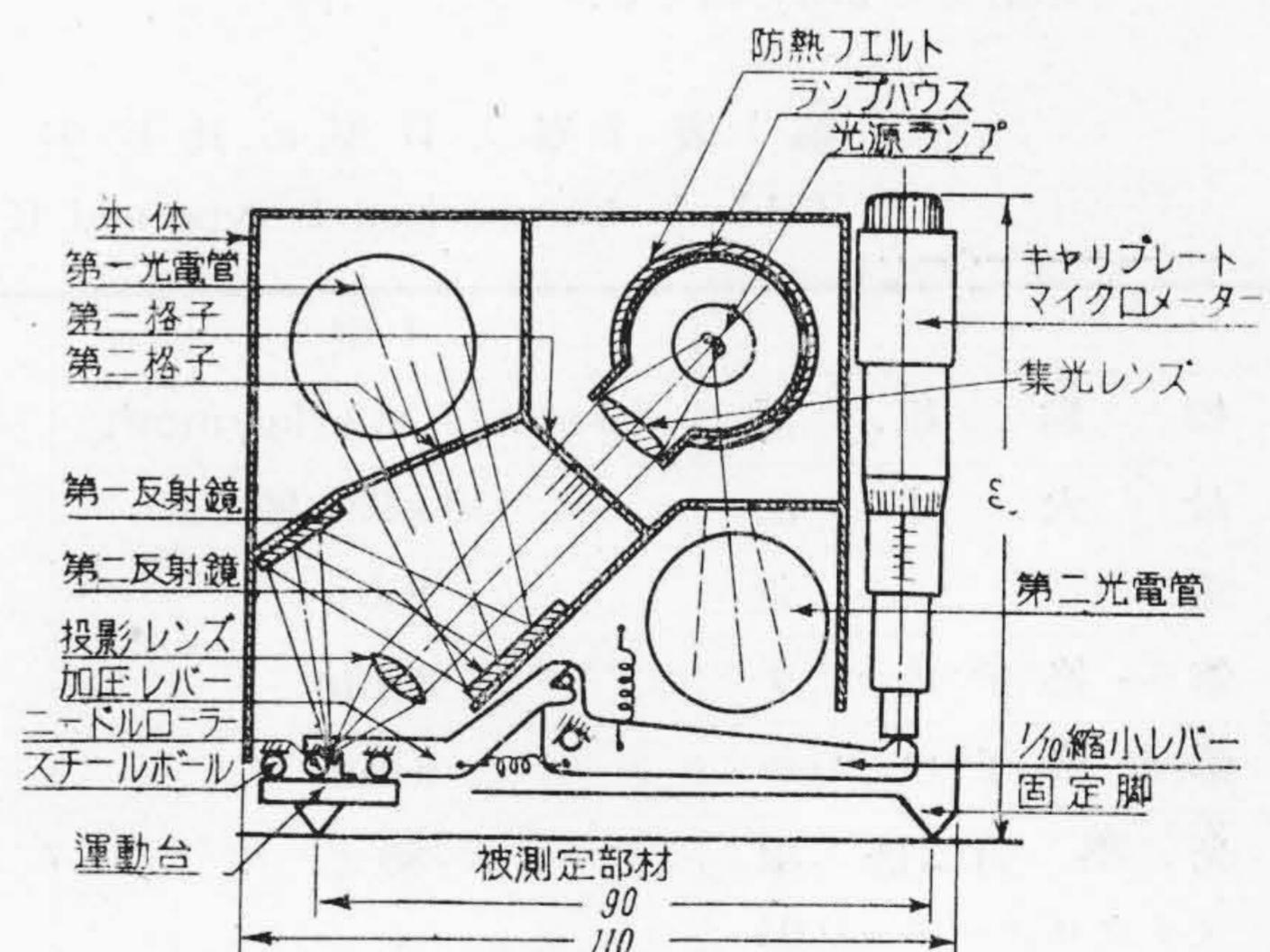
歪計による動的應力測定の根本的な困難さは測定器自

體が被測定體と共に振動を受けつゝ被測定體の微小な變形を測定しなければならない點である。例え KA-II 型に例をとれば 50 g/mm^2 の應力變化を検出するためには 0.0002 mm の歪を検出する必要がある。この微小な量を振動や加速度の影響を受けることなく測定するためにはベット (B) は被測定體に強固に固着して、その振動に完全に追従して動き被測定體との間に相對運動があつてはならない。しかし I 型に於ては固定脚は高さも高く歪計全體の質量約 850 g を支えているので、その水平方向の固有周期を充分に高めることは困難であつた。

KA-II 型に於ては固定脚の高さを極力低くし且つ全體の質量も約 320 g にすると共に外箱の質量約 280 g は別の脚 (F) によつて支え、ベットとばねによつて別の振動系を形づくる如くし、本體とベットは振動によつて相對運動を起しても其の影響は極めて小さく無視出来るように設計した。ベットの質量は約 40 g としたから I 型に比して著しく固有周期を高めることが出来た。

(4) その他の改良の要點

II 型の I 型に對する主な改良點は次の如くである。なお比較の便のために第 2 圖に I 型の構造を示した。



第2圖 KA-I型の構造

Fig. 2 Sectional View of KA-I Type Strain Gauge.

a) I 型の集光レンズは手持ちを利用したため充分な明るさに出來なかつたが、II 型は明るさも 3 倍程になりレンズの取付も強固になつた。

- b) 第一格子は I 型においては針金を使用したが、II 型ではプリズム面をエッティングして格子にしたためピッチの精度も良くなり剛性も増して、振動に対する心配もなくなった。
- c) 第一格子の像を結ばせるのに I 型ではレンズを用いたが II 型では凹面鏡を用い構造が簡単になった。
- d) 歪に應動する鏡は I 型に於ては摩擦によつて支えられるニードルローラーに取付けてあつたが、激しいショックを受けるとローラーがずれることがあつた。II 型においては、極めて確實な取付けになり鏡がずれる心配がなくなった。
- e) I 型においては光電管を 2 本にして複光電管回路にし、電源電圧變動の影響を避けようとしたが實験の結果殆んどその必要がないことがわかつたので II 型においては一本にして I 型に比し著しく小型軽量化することが出来た。
- f) 光源ランプの熱によるベッド (B) の膨脹を防止するために次の點が考慮された。
- イ) 光學系の明るさが増したのでランプを小さくして發熱量を減らし、且つランプハウスの放熱フィンを増して冷却を良くした。

第 1 表 I 型と II 型の比較表
Table 1 Comparison I Type and II Type.

	I 型	II 型
標點距離	90 mm ($4.28 \mu/\text{kg}/\text{mm}^2$)	85 mm ($4.5 \mu/\text{kg}/\text{mm}^2$)
最大寸法	$110 \times 92 \times 92$	$98 \times 60 \times 70$
重量	850 g	320 g
第一格子ピッチ	2 mm	2.2 mm
第二格子ピッチ	6 mm	3.8 mm
光学的倍率	$80 \times$	$74 \times$
マイクロメーター 0.01 に相等する歪	1μ	0.4μ
光電管	25G	PC-25 V
光源ランプ電力	6V 1.3A ~ 1.1A	6V 0.3A ~ 2V 0.08A
固定標點上質量	850 g	40 g
固定脚の高さ	10 mm	2 mm
オツシロ上の倍率 (バイブレーター H) RH-8 級 1 本	10^4	6×10^4

ロ) ランプハウスと本體の間にヒートインシュレーターを設けて本體への熱の傳導を防いだ。

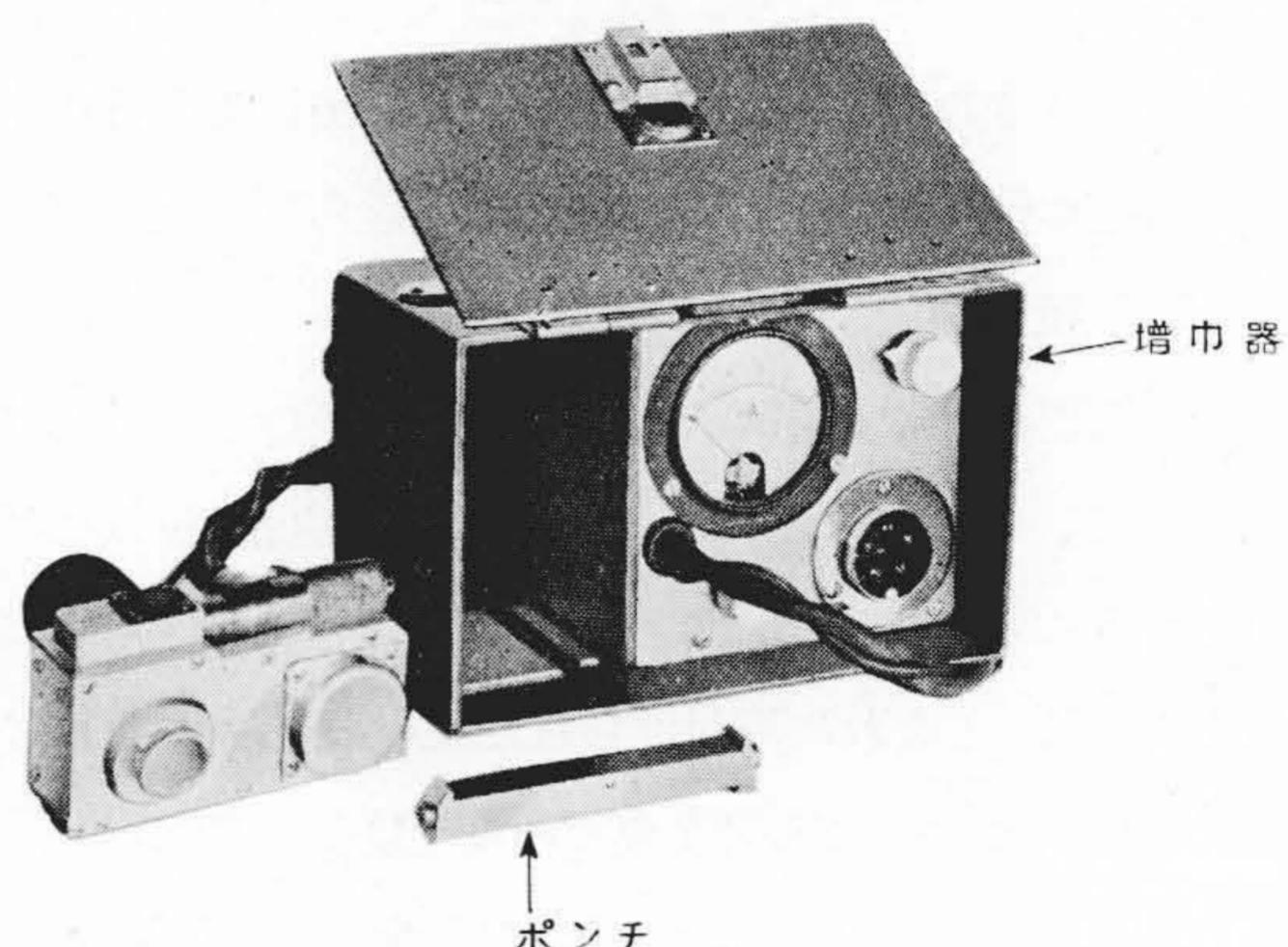
ハ) 本體とベットとの間の傳熱面積を減小した。

次に I 型と II 型の比較一覽表を第 1 表に掲げた。

(5) 増巾器(オツシログラフ用)

増巾器は歪計の調整、監視に便利なように接近して配置する必要があるので、電源装置と分離して極く小型にして任意の場所に取付けるのに都合よく作つた。

第 3 図に外観を示し、第 4 圖にその結線を圖示した。

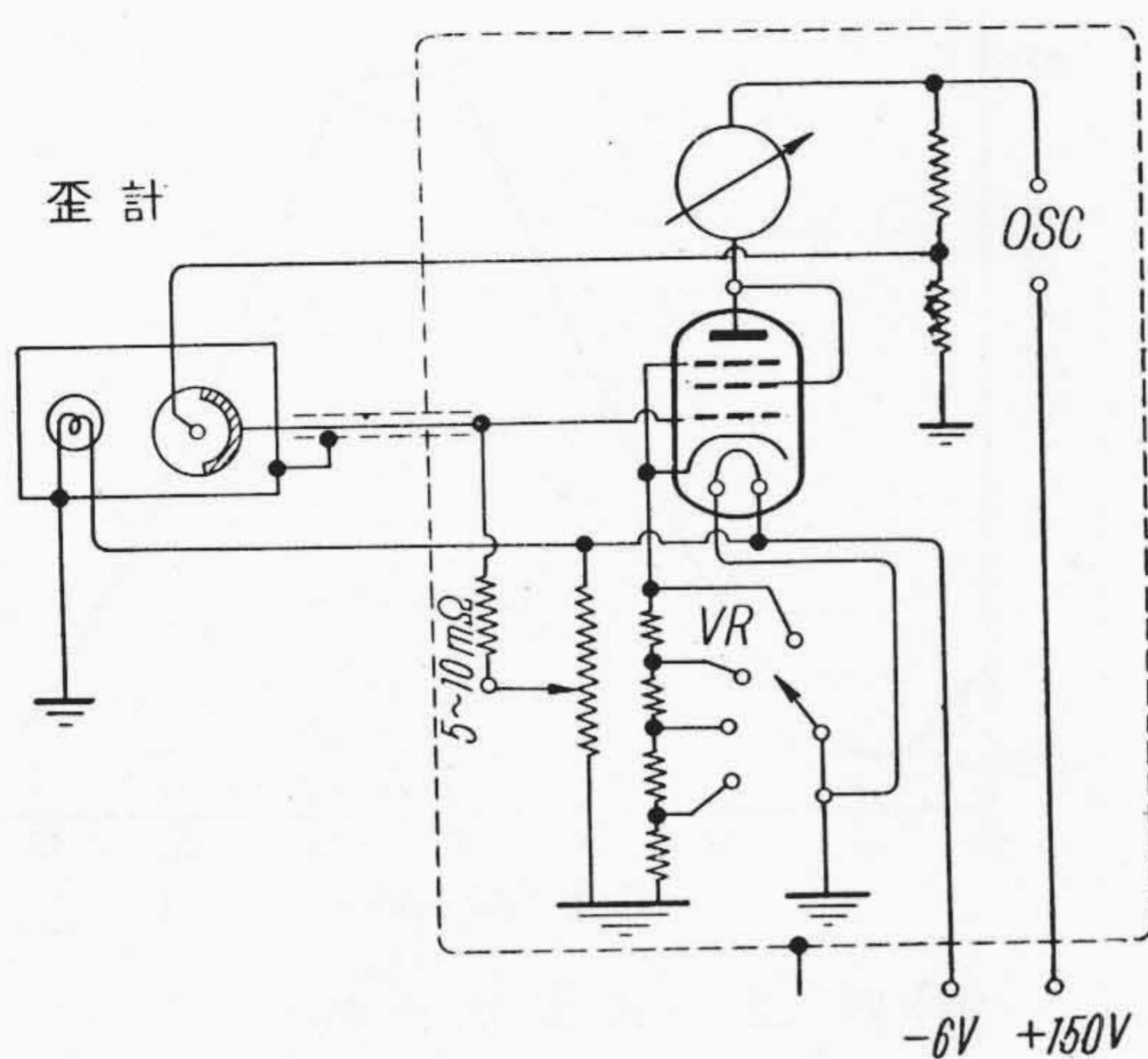


第 3 図 歪計、増巾器の外観

Fig. 3 General View of Strain Gauge and Amplifier.

これは目的上電流出力のみを要求されるがオツシログラフのバイブルーターに H を (1ma あたりの振れ 1 cm 週期 1000 ~) 使用すれば、増巾器の出力も 10 ma 程度で充分である。

真空管は RH-8, 6A C7 等の高 gm 管或は 6C5 級のものを使用出来るが、グリッド電流の小さいものを選ぶ必要がある。感度の調整は陰極側に入れた負饋還抵抗 (VR) を切換えて行う。光電管の負荷抵抗は



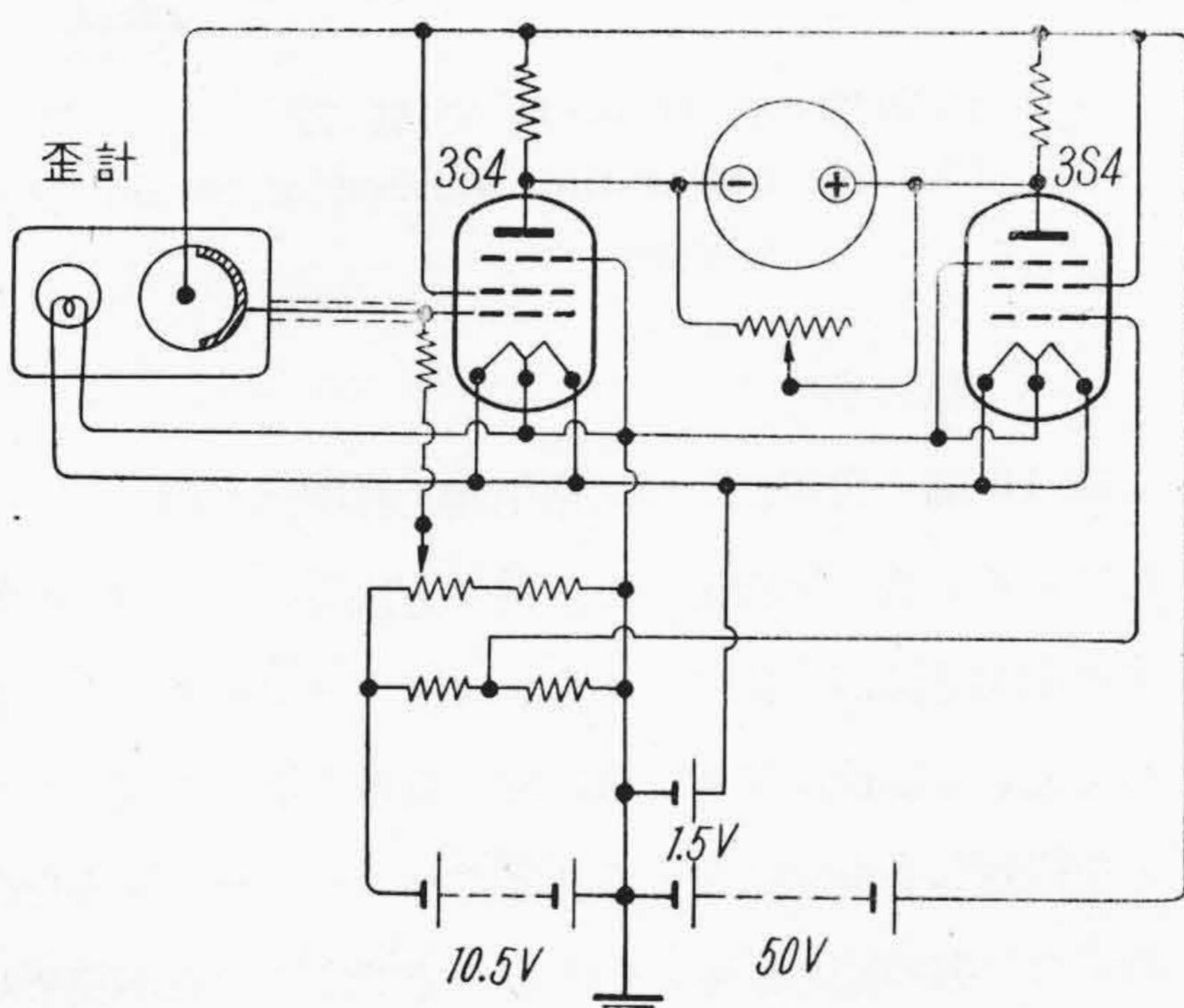
第4圖 オッショグラフ用増巾器
Fig. 4 Amplifier for Recording
by Oscillograph.

5~10m Ω を用いるから、その陰極と真空管のコントロールグリッドとを結ぶ線の絶縁に充分注意しなければならない。

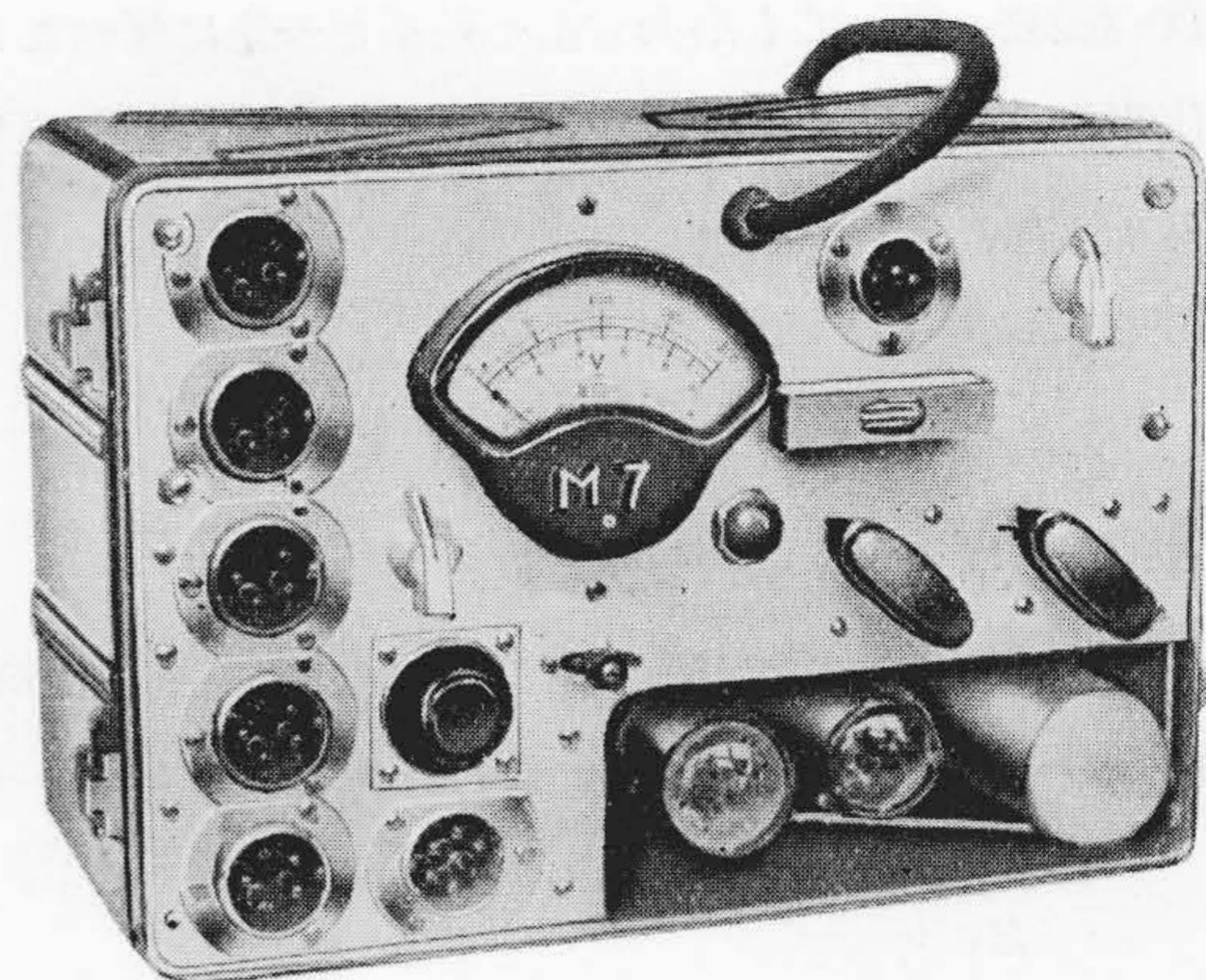
本増巾器は後述の5エレメント用電源装置を接続してエリミネーターになつていて。

(6) 静的測定用増巾器

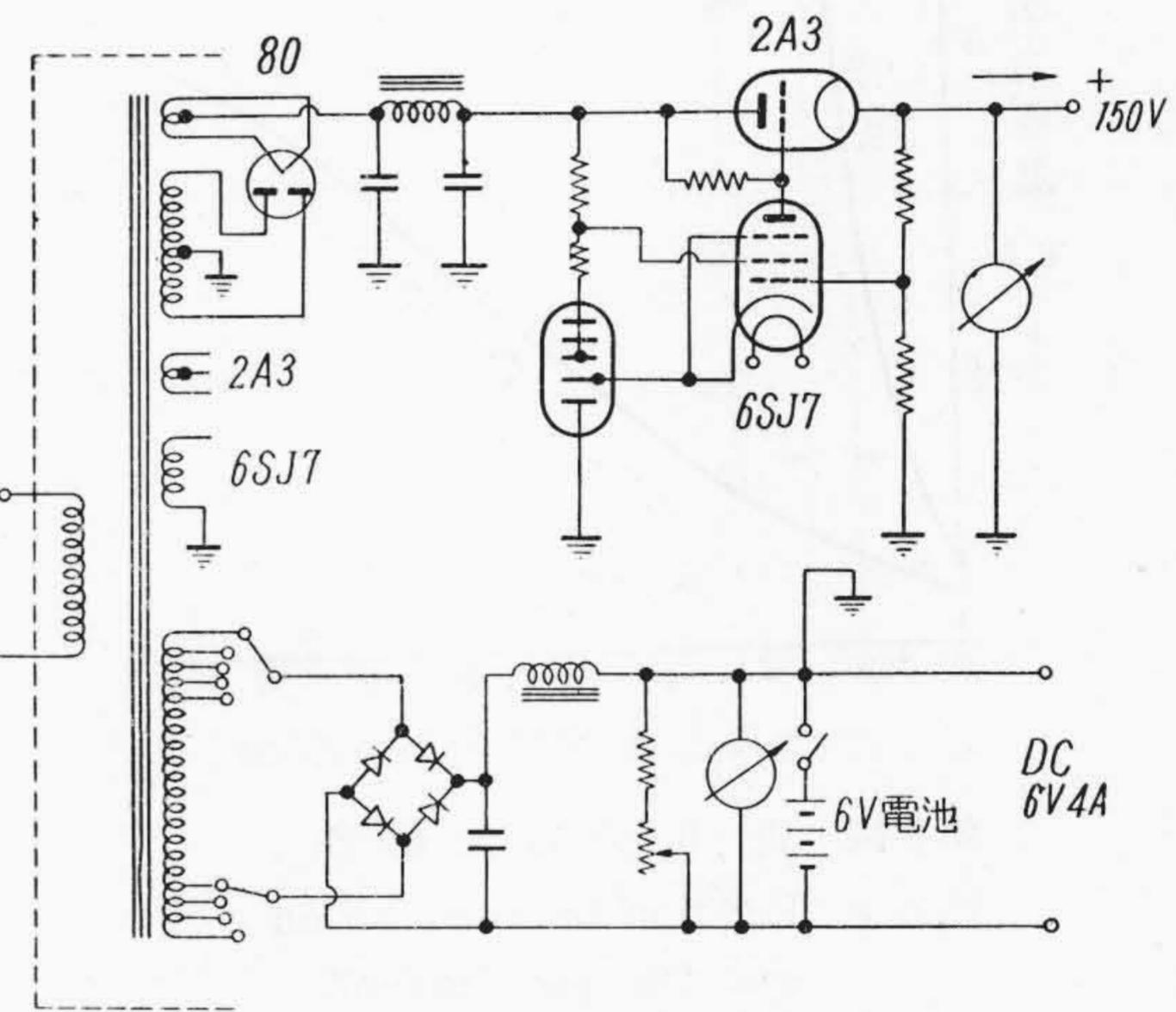
オッショグラフを使用しないでメ



第5圖 靜的測定用増巾器
Fig. 5 Amplifier for Statical Measuring.



第6圖 5 エレメント用電源装置
Fig. 6 Power Supply 5 Elements.



第7圖 5 エレメント用電源装置結線図
Fig. 7 Connection Diagram of Power Supply
for 5 Elements.

ーターだけで読む静的な測定には、現地で使用する場合を考えると小型の乾電池を使用した増巾器を使う方が遙かに軽便でよい。第5圖にその結線図を示す。消費電力は僅かであるから A 電池に平角3號、B 電池に積層電池を使用すれば充分である。

(7) 5 エレメント用電源装置

本電源装置は AC 100V の電源へ自動電圧調整器を経て接続し、5箇所の歪計及び増巾器に必要な安定した直流電圧を供給する。

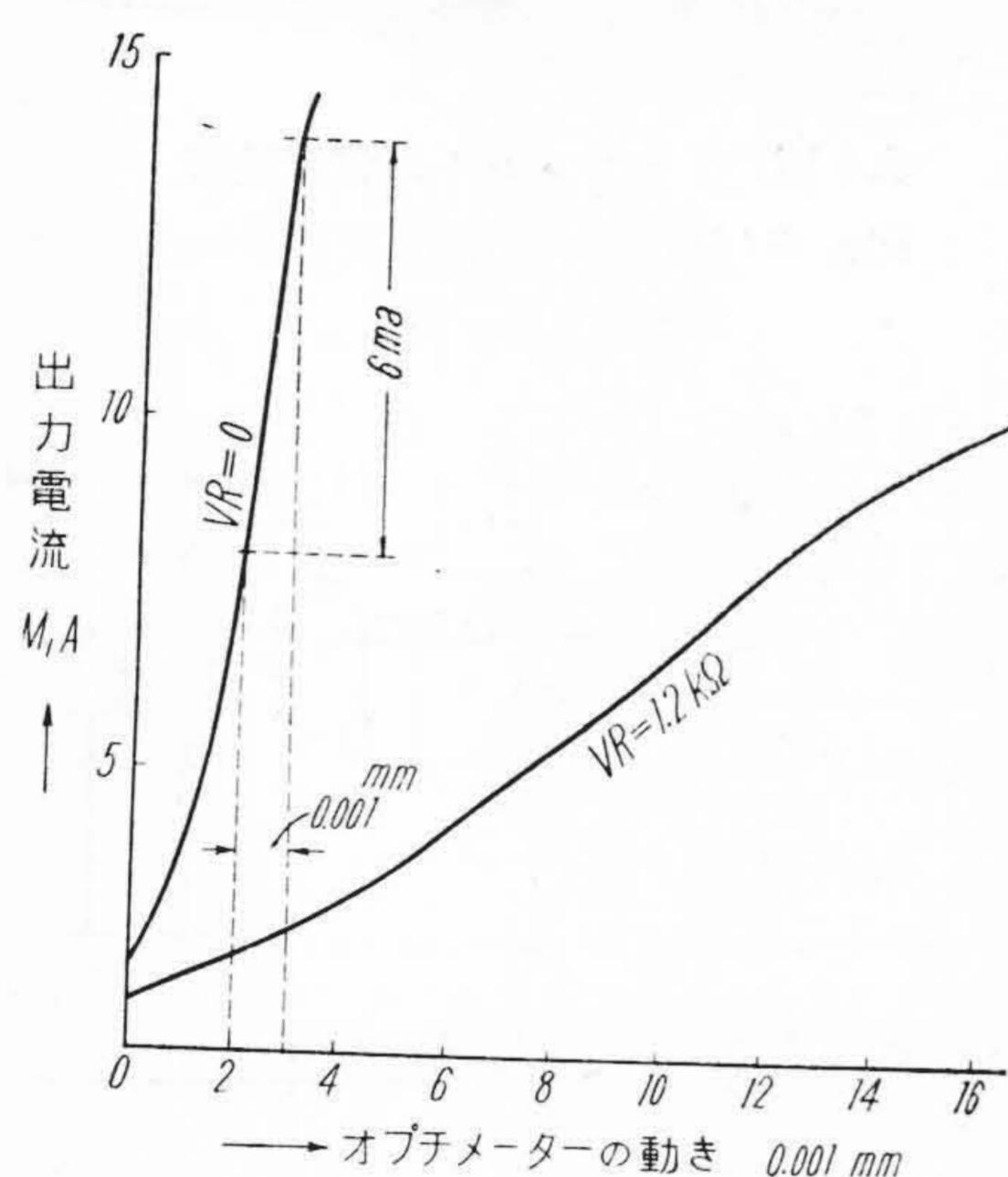
多くの場合に交流電源は 70~110V 程度の電圧変動が起ることを覺悟しなければならないが、本装置はこの程

度の変動に對しても出力電圧を殆んど一定に保つことが出来る。第 6 圖は本装置の外観である。結線圖を第 7 圖に示した。

〔IV〕 特 性

(1) 増巾器を結合した感度特性

KA-II型歪計と増巾器を結合した場合の歪一出力電流特性の一例を第 8 圖に示す。これは歪計をツアイスオブ



第 8 圖 歪一出力電流特性

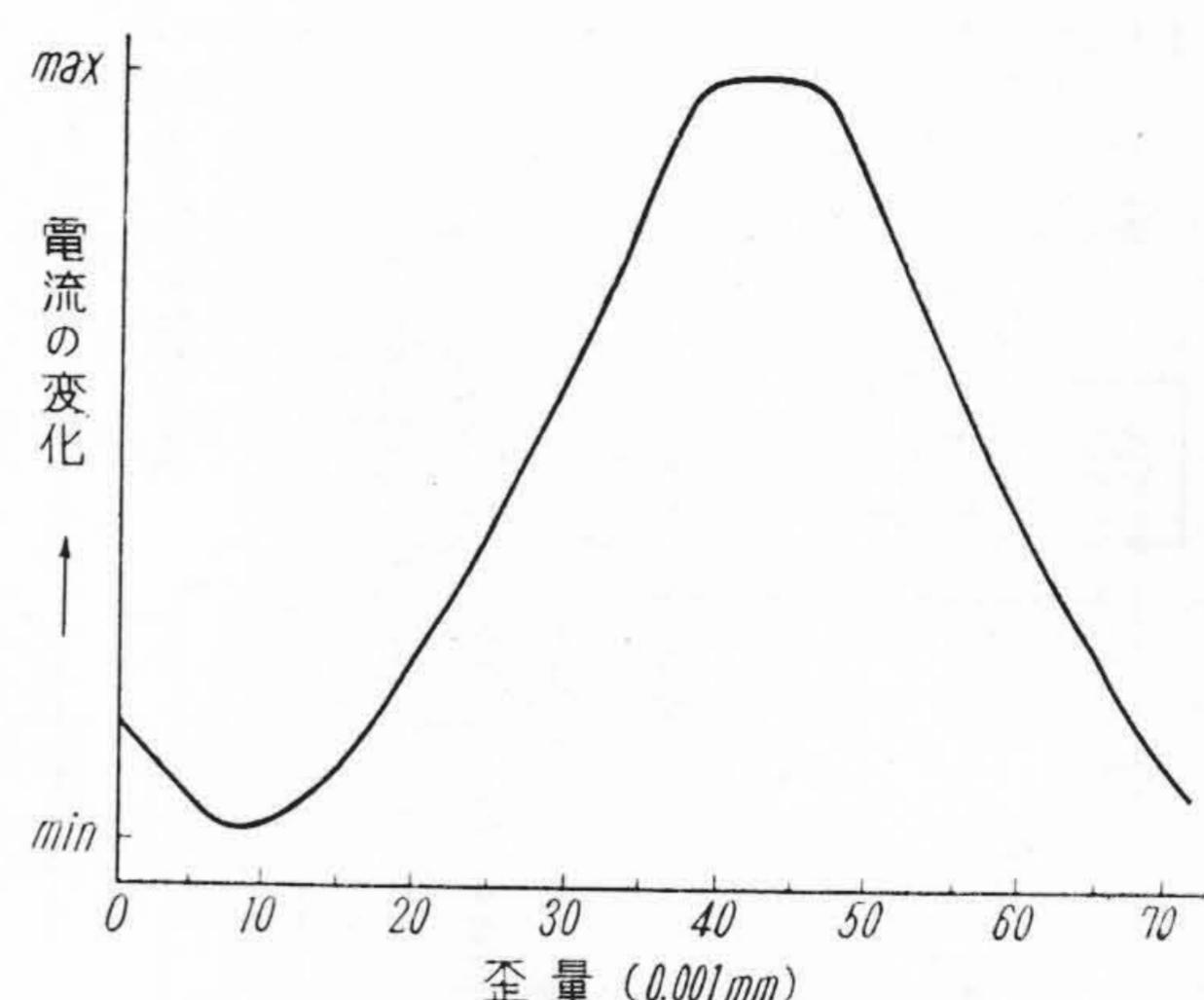
Fig. 8 Relation between Strain and Out put Current.

チメーターに取付けて測定したもので、歪 1μ あたり最大約 6 ma の出力電流が得られオッショグラフ上の倍率は 60000 倍となる(バイブルレーター H 使用)。一般の使用には増巾管のカソード側に負饋還抵抗を入れて感度を下げると共に電氣的な安定性を増して使用する。

(2) 測定範囲及び感度

KA-II 型の測定範囲の最大限は光學的倍率(歪量と第二格子面上の像の動きとの比)と第二格子のピッチによつて決定される。歪が大きい場合は出力電流は第 9 圖の如く山形となるが、オッショグラフを使用する場合は出来るだけ直線部分を使用するから實用範囲は約 20μ 程度である。

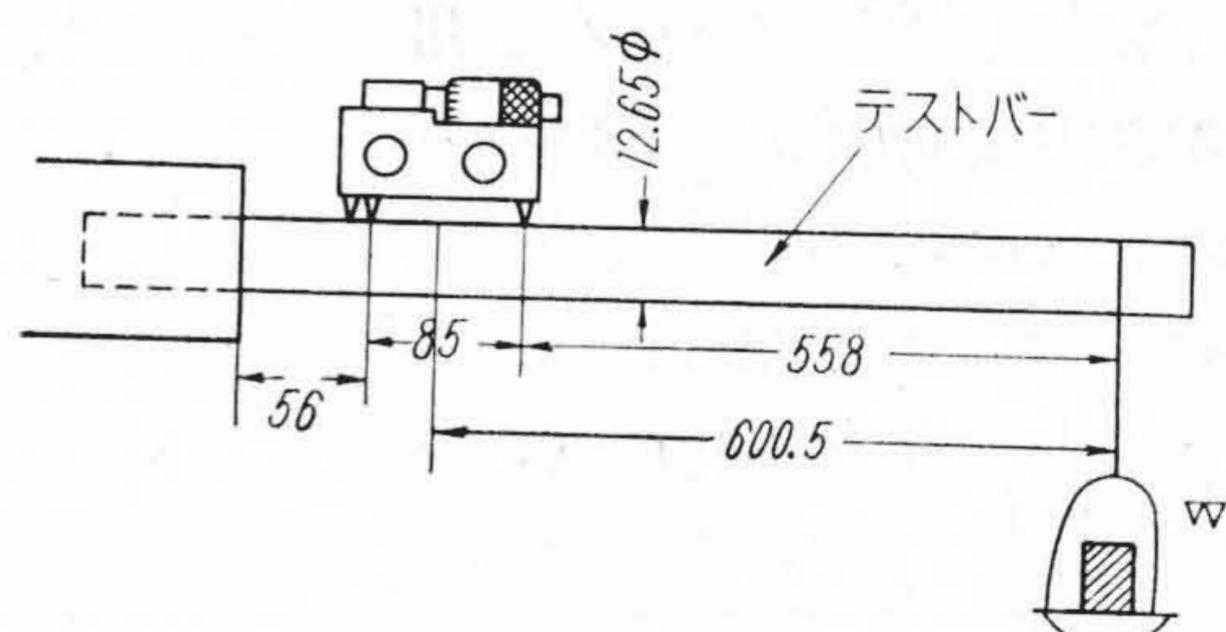
設計によつて更に高範囲のものに出来ることは勿論で



第 9 圖 歪一出力電流特性

Fig. 9 Relation between Strain and Out put Current.

ある。静的測定の場合には第二格子面上の像の動きを監視出来るから 100μ 程度の測定迄出来る。次に感度を第 10 圖の如き方法で調べて見ると $W=1g$ 程度まで感ずる。この場合の歪は約 $1.2 \times 10^{-5} \text{ mm}$ で應力にすると約 3 g/mm^2 に相當する。



第 10 圖 歪計の検定装置

Fig. 10 Calibrating Method of Strain Gauge.

(3) 倍 率

第 10 圖の装置によつて常用測定範囲内の倍率が一定しているか否かを検定した。其の方法は、荷重 W を増すと出力電流が變化するから、マイクロメーターを調整して元の電流値に戻す。次に更に荷重を増して同様のことを繰返し各荷重に對するマイクロメーターの読みを記録する。其の結果倍率は殆んど一定であることが認められた。

(4) ヒステリシス

第 10 圖の裝置によつてヒステ リンスを測定すると最大 0.003 mm 程度であつた。これも時として減少することもあるが原因は目下明らかでない、なお被測定量の歪が少さい場合はヒステリシスループの巾もそれに伴つて減少するが測定するのに困難である。

又較正裝置自體にも若干のヒステリシスが認められる。其の量は歪に直して約 0.001 mm に相當する程度であるから殆んど支障はない。しかしその根本的な原因は較正腕の運動に摩擦があるためと思われる。

(5) 繰返し精度

第 10 圖の裝置によつて一定の取付に對する繰返し精度の試験を行つた。又歪計の取付取はずしを繰返して同様に行ひ更に取付壓力を變化して繰返し精度を求めたがいづれも大體満足すべき結果を得た。

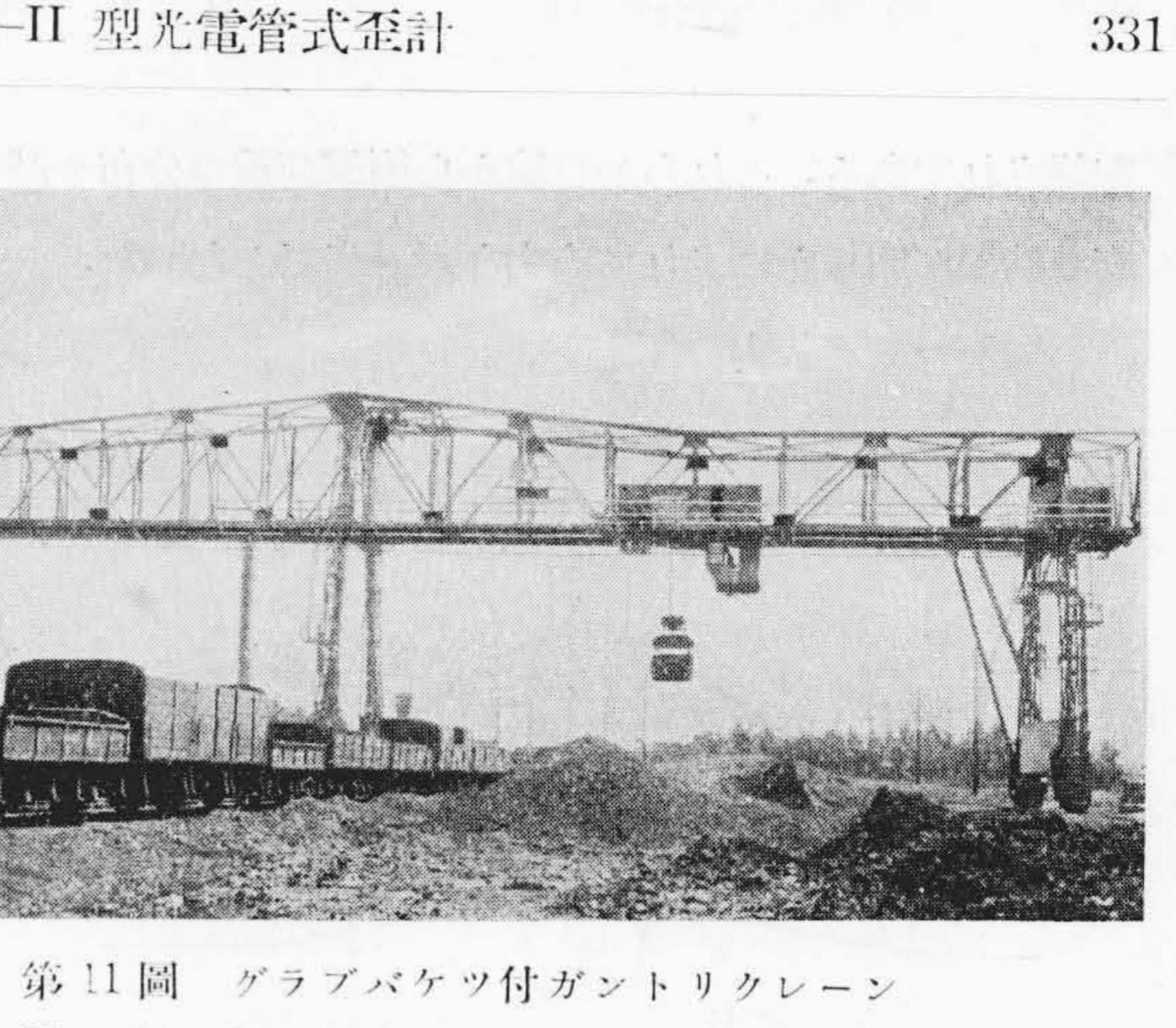
〔V〕 應用例

次に本光電管式歪計を使用して行つた實驗例を簡単には紹介する。

(1) ガントリクレーンの衝擊應力の實測

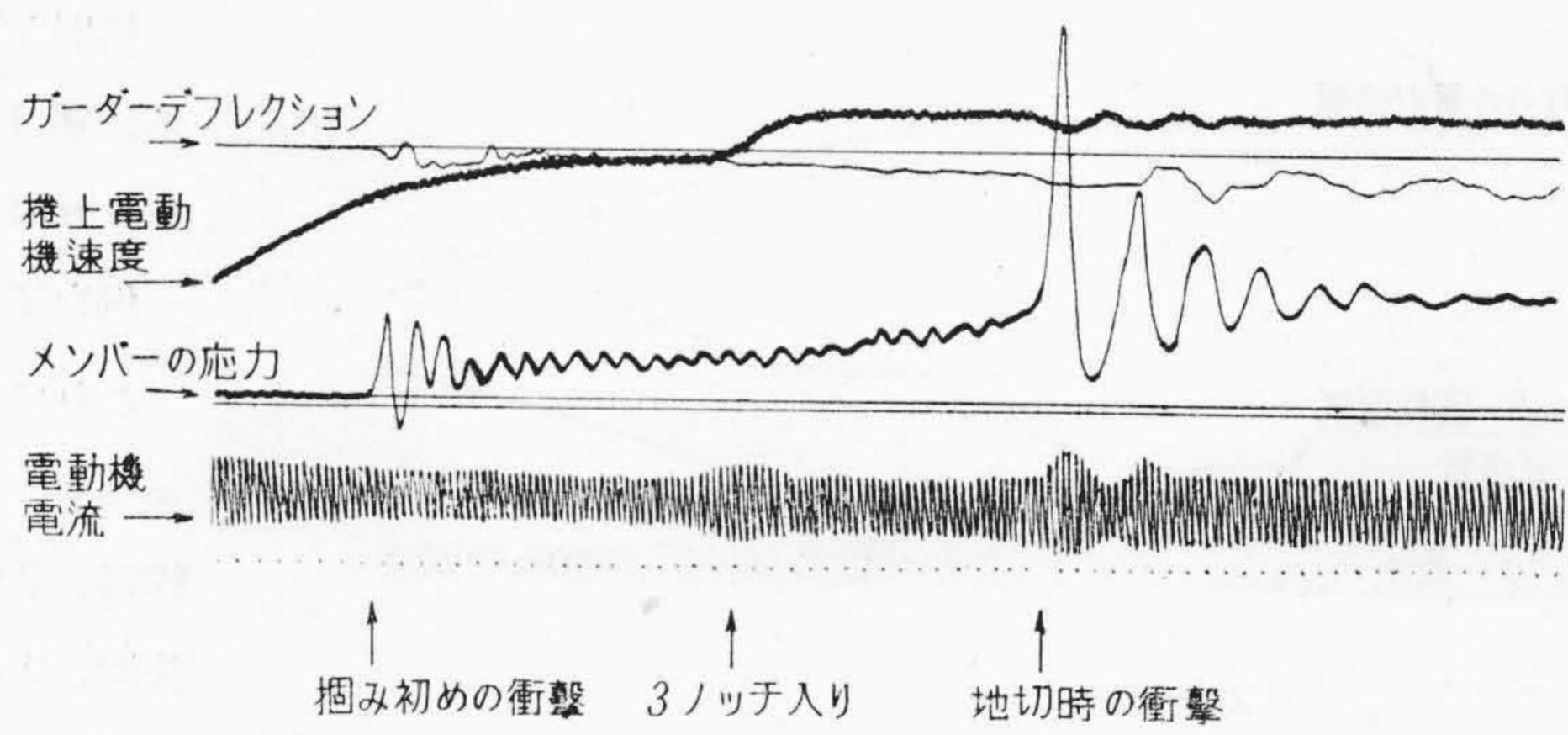
これは第 11 圖の如きグラブバケツ付ガントリクレーンについて衝擊係數を異なると思われるメンバー 6 カ所に遂次歪計を取り付けて、捲上、横行、捲下等各種の運動條件に生ずる衝擊應力をオッショログラフに記録した。其の一例を示すと第 12 圖のオッショログラムは全ノ

ッチ捲上を行つた場合のモーターの回轉數、即ち捲上速度、ガーダーのデフレクション、及びメンバーの應力を



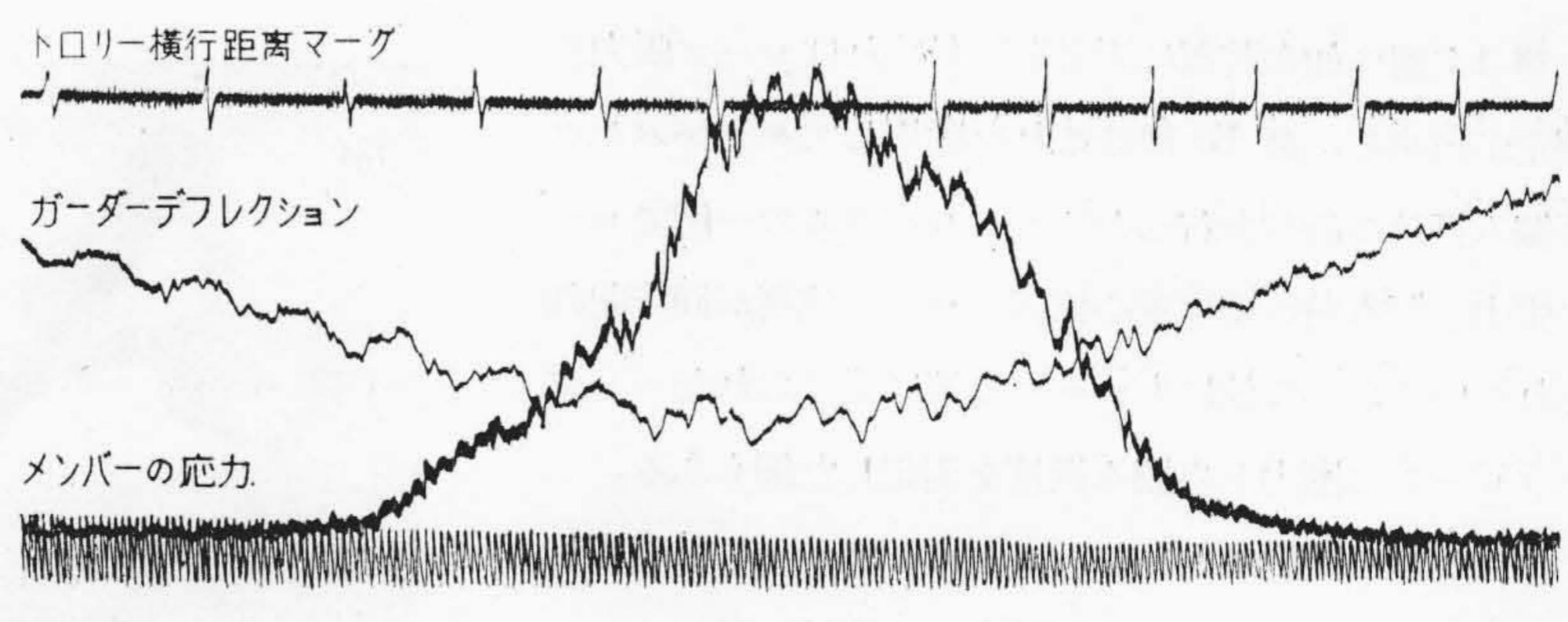
第 11 圖 グラブバケツ付ガントリクレーン
Fig. 11 Gantry Crane with Grab-bucket.

同時記録したもので、衝擊發生前の應力のカーブはバケツの擱み抵抗を現わすものであるからバケツの研究にも



第 12 圖 バケツ地切時の衝擊應力(全ノッチ捲揚)

Fig. 12 Dynamic Stress in Crane-girder when Grab-bucket Leave Off the Ground, at Max Lifting Speed.



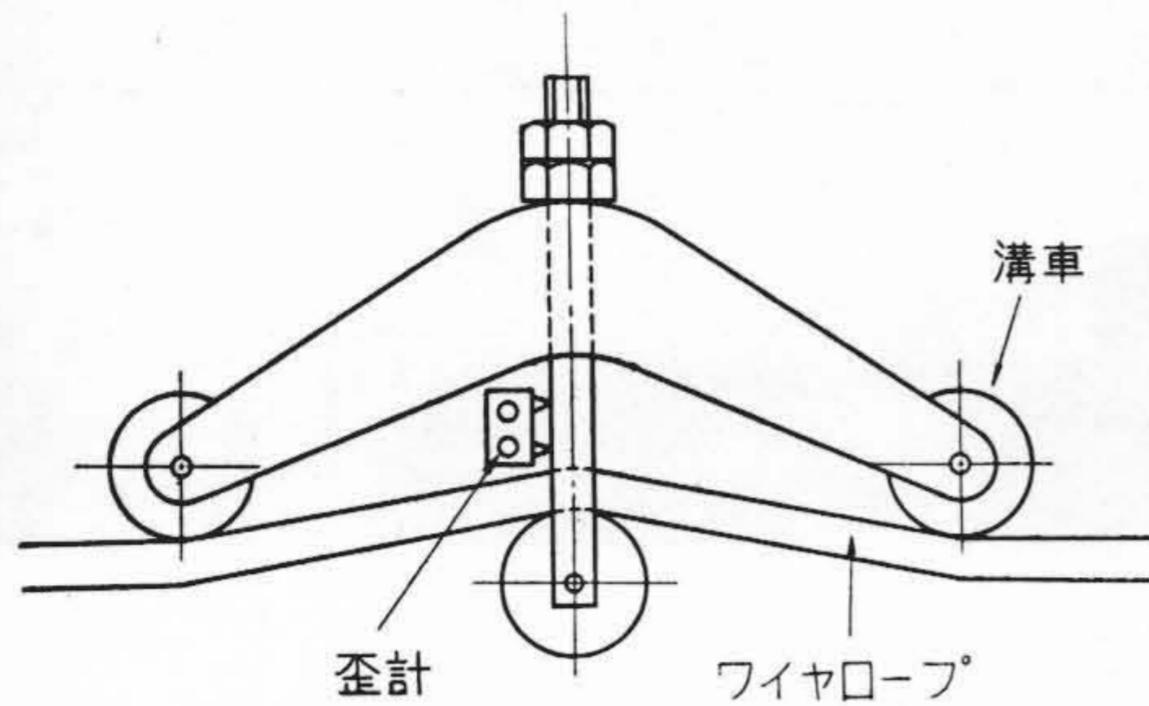
第 13 圖 トロリー横行時の應力變化

Fig. 13 Variation of Stress in Crane-girder, when Trolley is Travelling.

役立てることが出来る。第 13 圖はトロリーが横行する場合の應力變化でトロリーの位置を示すマークが同時に

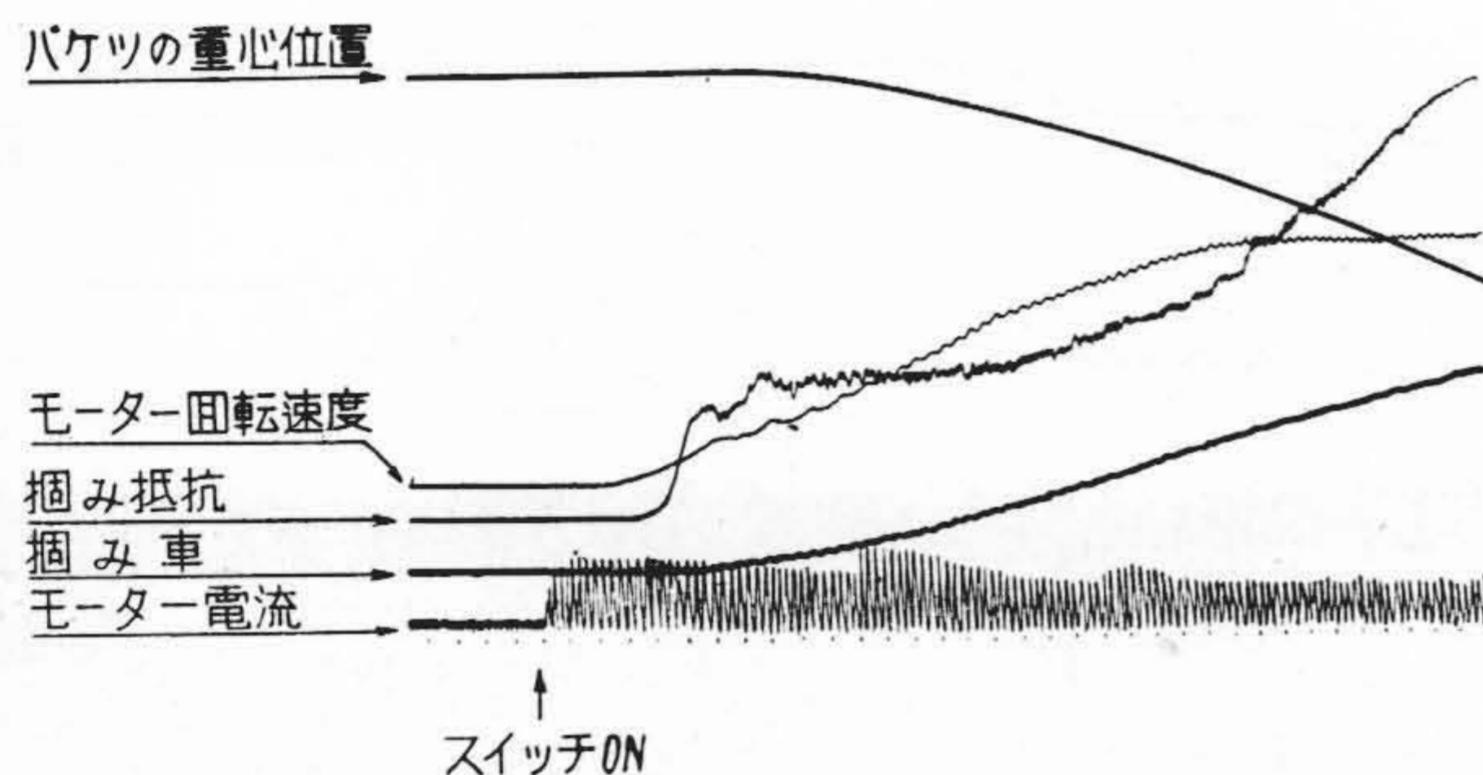
記録されてある。これらの実験から衝撃荷重の分布や減衰の状況が明らかにされて有力な設計資料となつた。

(2) ロープ張力の測定



第 14 圖 ロープ張力測定装置

Fig. 14 Measuring Apparatus for Wire Rope Tension.



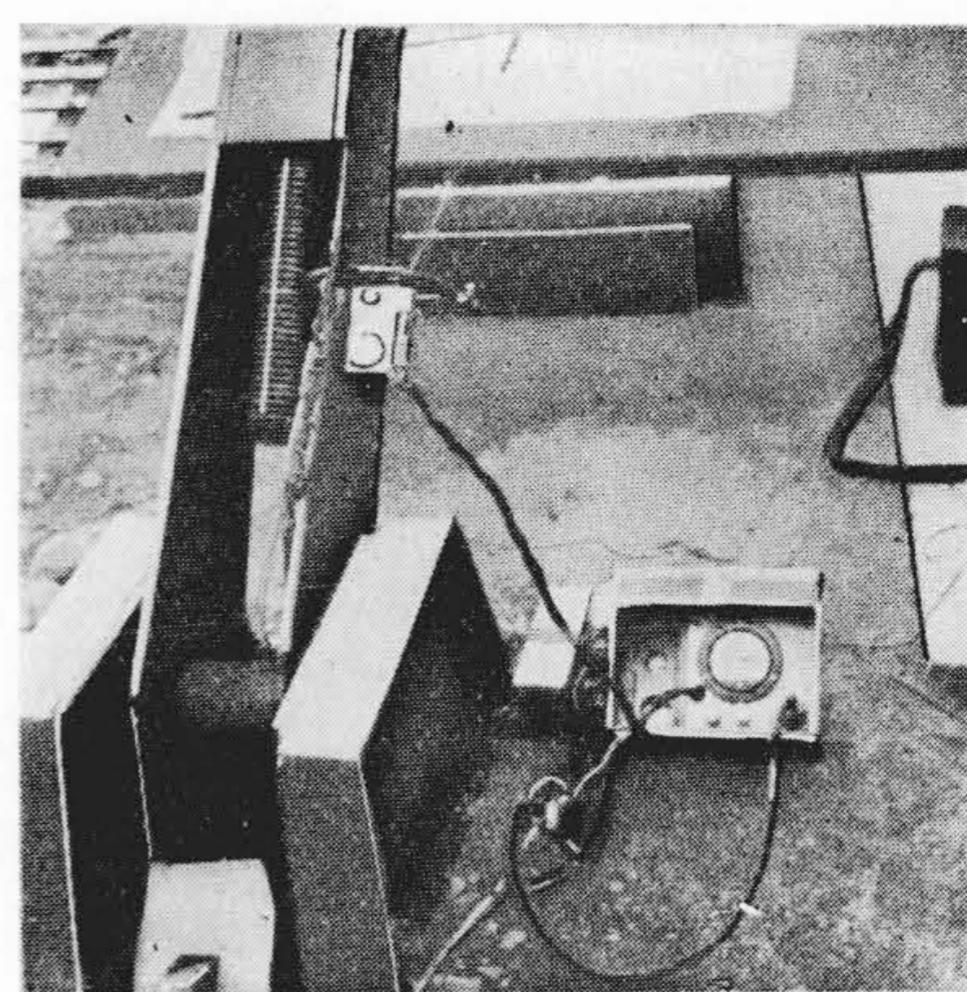
第 15 圖 グラブバケツの擗み抵抗の測定

Fig. 15 Oscillogram of Closing Resistance in Grab-bucket.

第 14 圖の如き装置に歪計を取付ければロープ張力の測定が出来る。第 15 圖はこれを應用してグラブバケツの擗み抵抗の研究を行つたオッショログラムの一例でロープ張力、擗み角の變化重心位置、ロープ速度が同時記録されている。この他にもロープの端に設けられたハンガープレートの應力から擗み抵抗を測定した例もある。

第 16 圖は同様にロープのハンガープレートを利用して張力の變化を測定している状況で、現地に於てタワー エキスカベーターのガイロープに就いてその荷重状況とエキスカベーターの動作との関係を調査した例であつて、静的測定用の増巾器を使用した。

(3) 回轉力の測定

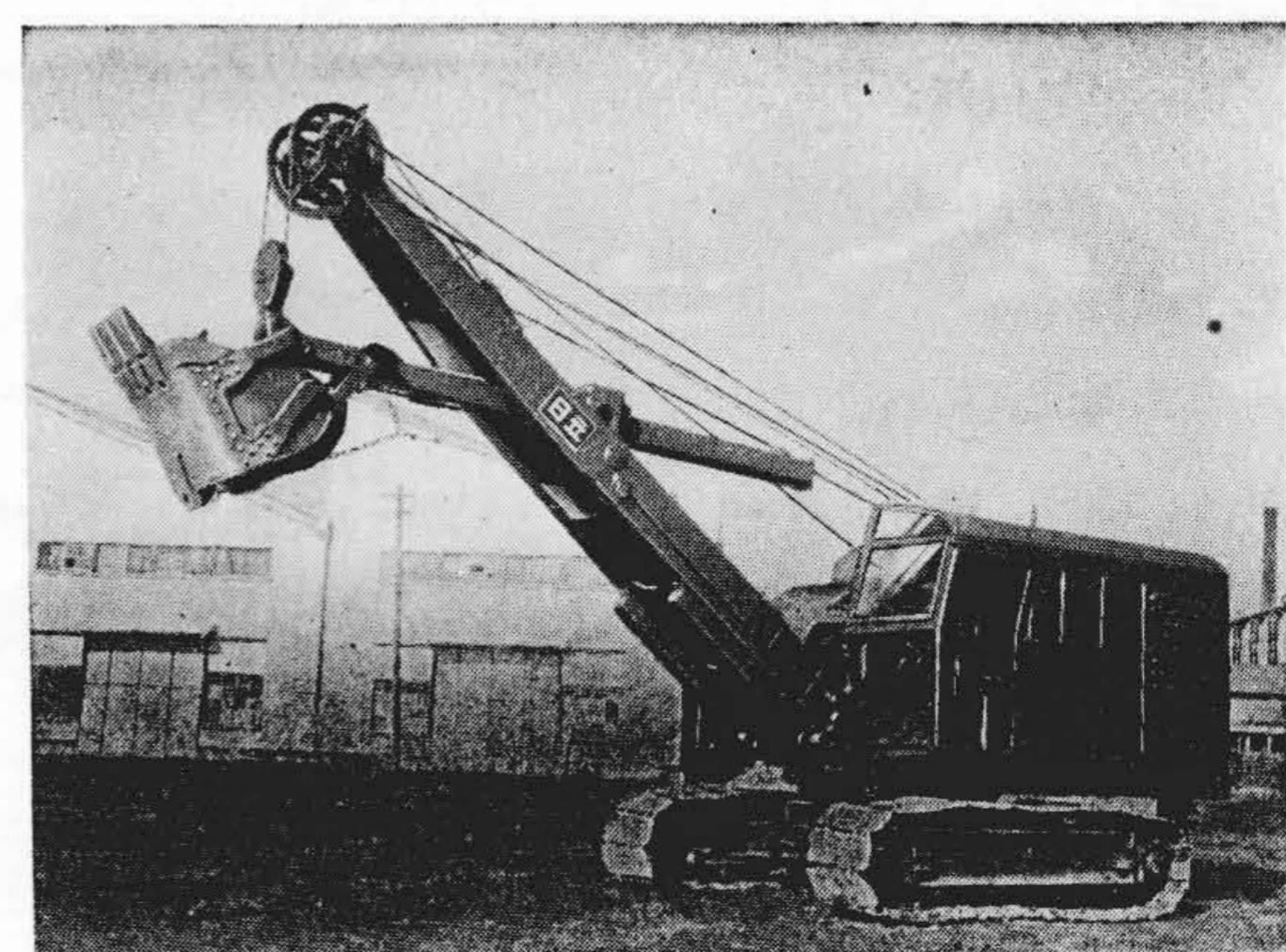


第 16 圖 ハンガープレートによる張力測定の状況

Fig. 16 General View of Measuring the Wire Rope Tension at Hanger-plate.

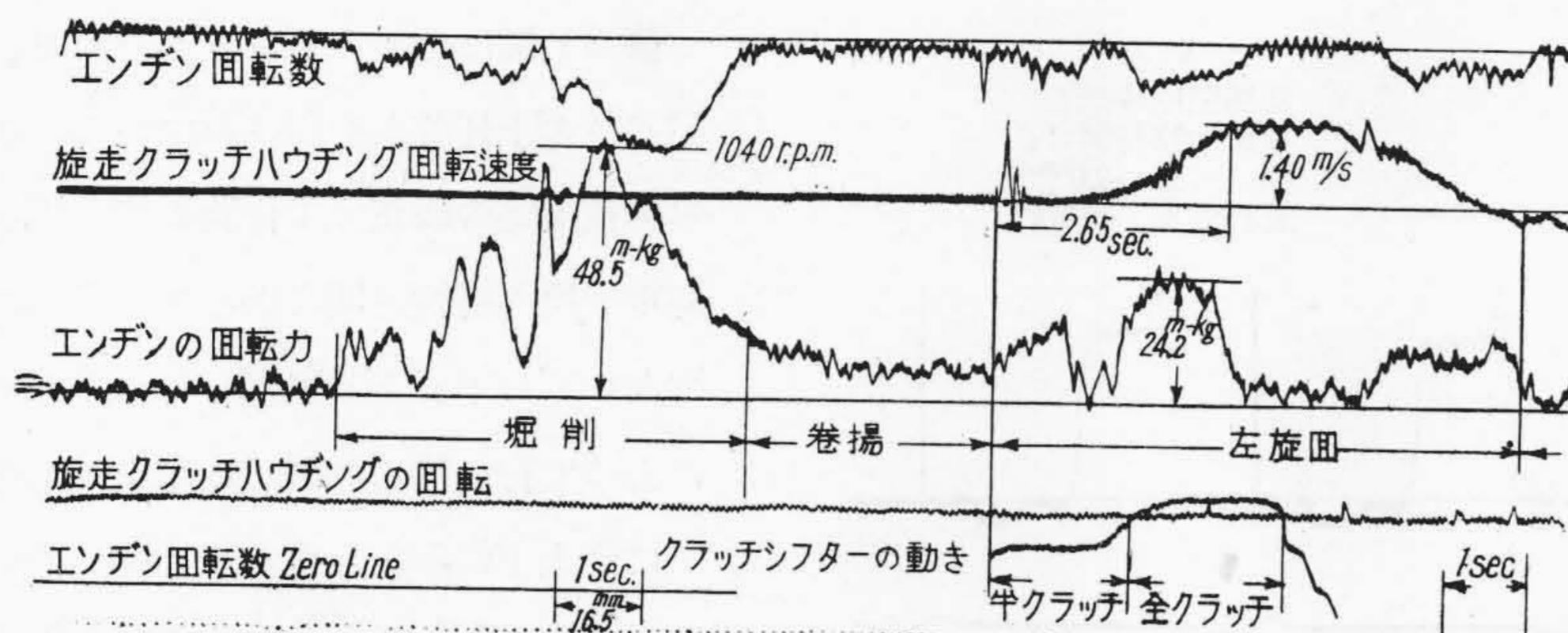
特別な場合には原動機の回転力の測定が出来る。第 17 圖のようなディーゼルエンジン付パワーショベルについて實験したオッショログラムの一例を第 18 圖に示した。

これはショベルの動作の 1 サイクルにおけるエンジンの回転力の変化を記録したもので、回転数、其他と同時記録し、これによつて堀削、旋回、走行、方向轉換等の場合のエンジン出力を求められる。歪計の取付位置は第 19 圖の如くであるが、この點の應力が、回転力に比例したチエーンの張力によつて變化するから應力か



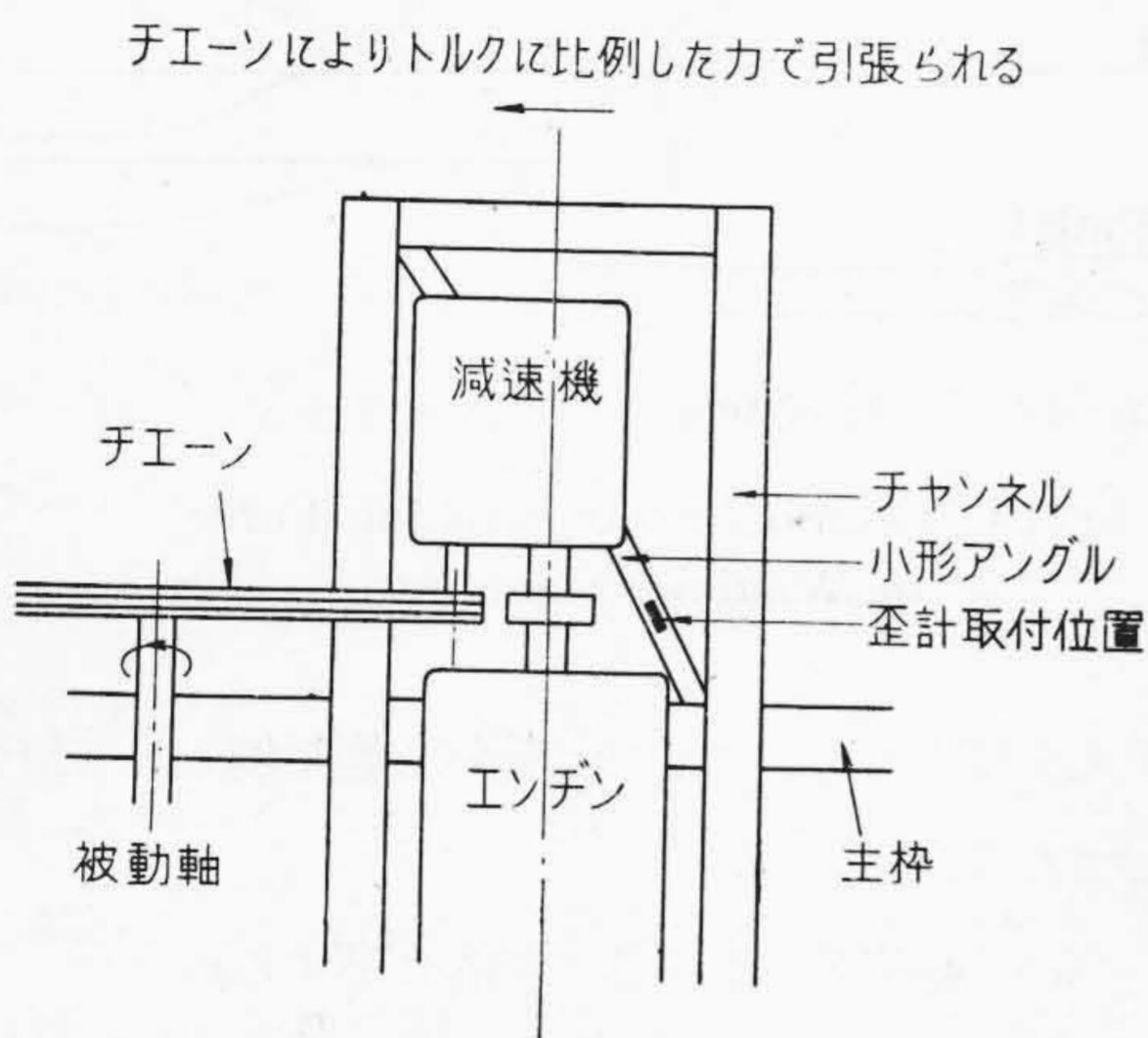
第 17 圖 實験に用いたパワーショベル

Fig. 17 General View of Power Shovel.



第18圖 動作中のエンジンの回転力オシログラム

Fig. 18 Oscillogram of Working Engine Torque in Power Shovel.



第19圖 動力傳達機構の配置

Fig. 19 Mechanism of Power Transmission in Power Shovel.

ら回轉力を逆に求めることが出来る。較正は既知の重錐をジッパーの先に下げる、これを持上げさせ、測定點の應力を求めて他の作動中の應力と比較した。勿論これは厳密な測定にはならないが、各機械部分、動力傳達機構等の容量の決定には充分であろう。

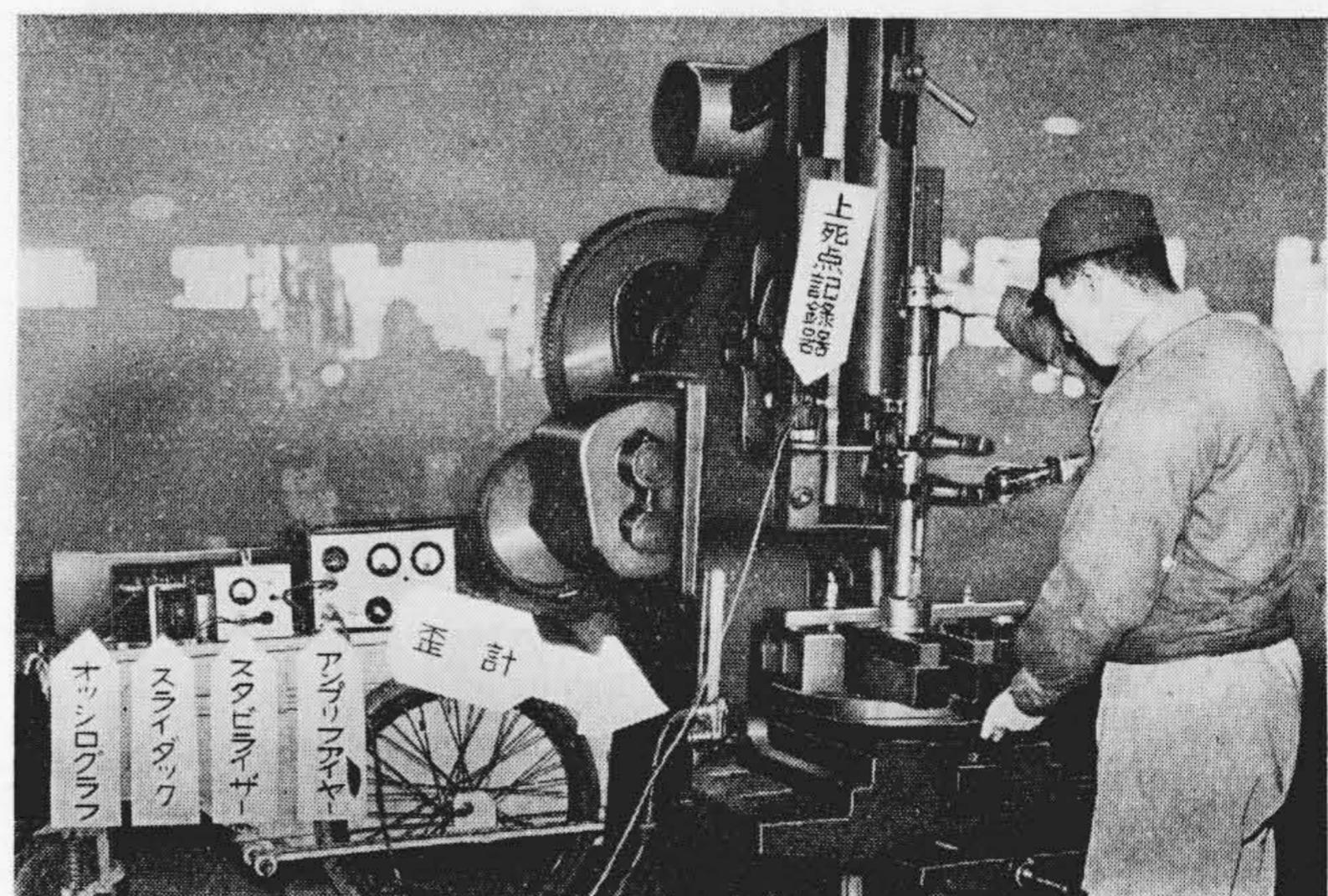
其他、直流大型捲揚機の主電動機の回轉力と電機子電流との直線性に就き現地に於て調査したことがある。これは捲揚機のドラムにブレーキを掛けおいて、電機子電流を通じドラムスプークに生ずる應力から直線性を求めた。しかしこれは回轉力の絶対値を求めることが困難である。

(4) 荷重の測定

スプリングバランスを使用出来ないような大荷重を測定する場合にも應用することが出来る。これは適當なテンションピースを作つて、あらかじめ材料試験機等で較正しておけば良い。筆者はこの方法で大型のクラッチの作動力や摩擦力を測定し、クラッチエンジンの容量決定のための測

定を行つた。其他大型機械の摩擦力の分布や作動力を測定して不具合箇所の調査や、重量測定等も行つた。これらに使用するテンションピースは曲げ應力を生じないように厳密に注意して設計し、且つ較正時の應力分布状態が正しく再現されるようなものでないと意外に大きな誤差を生ずることがある。

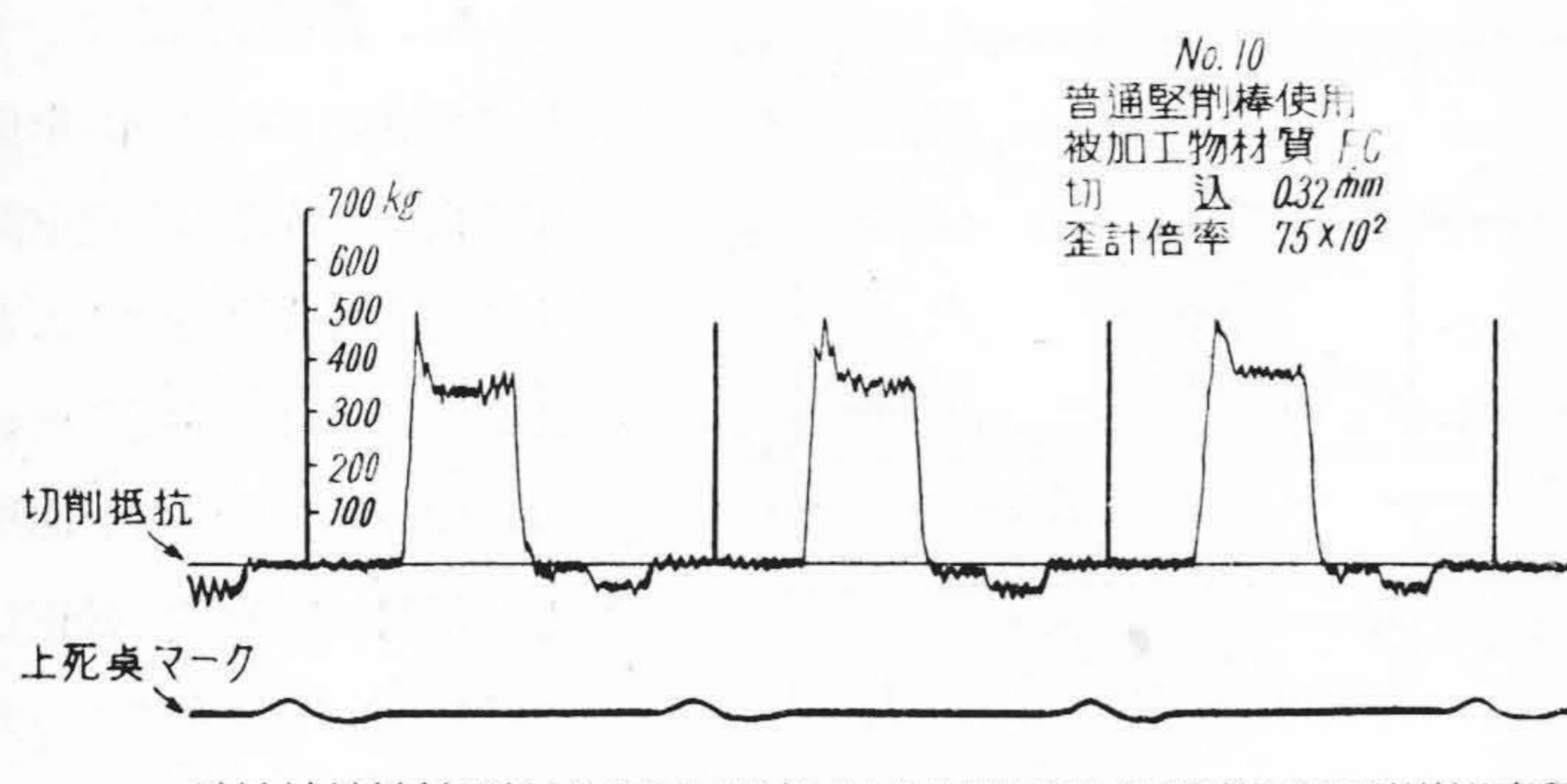
(5) 切削抵抗の測定



第20圖 スロッターバイトの切削抵抗測定状況

Fig. 20 General View of Cutting Force Measuring in Slotter.

歪計をバイトの切削抵抗測定に簡単に應用した一例を挙げる。これは第20圖の寫眞のようなスロッターについてバイトの比較研究を行つたもので、切削抵抗によつてスロッターの本體の應力が變化するから、適當な場所へ歪計を取付けておけば、切削抵抗の測定が出来る。

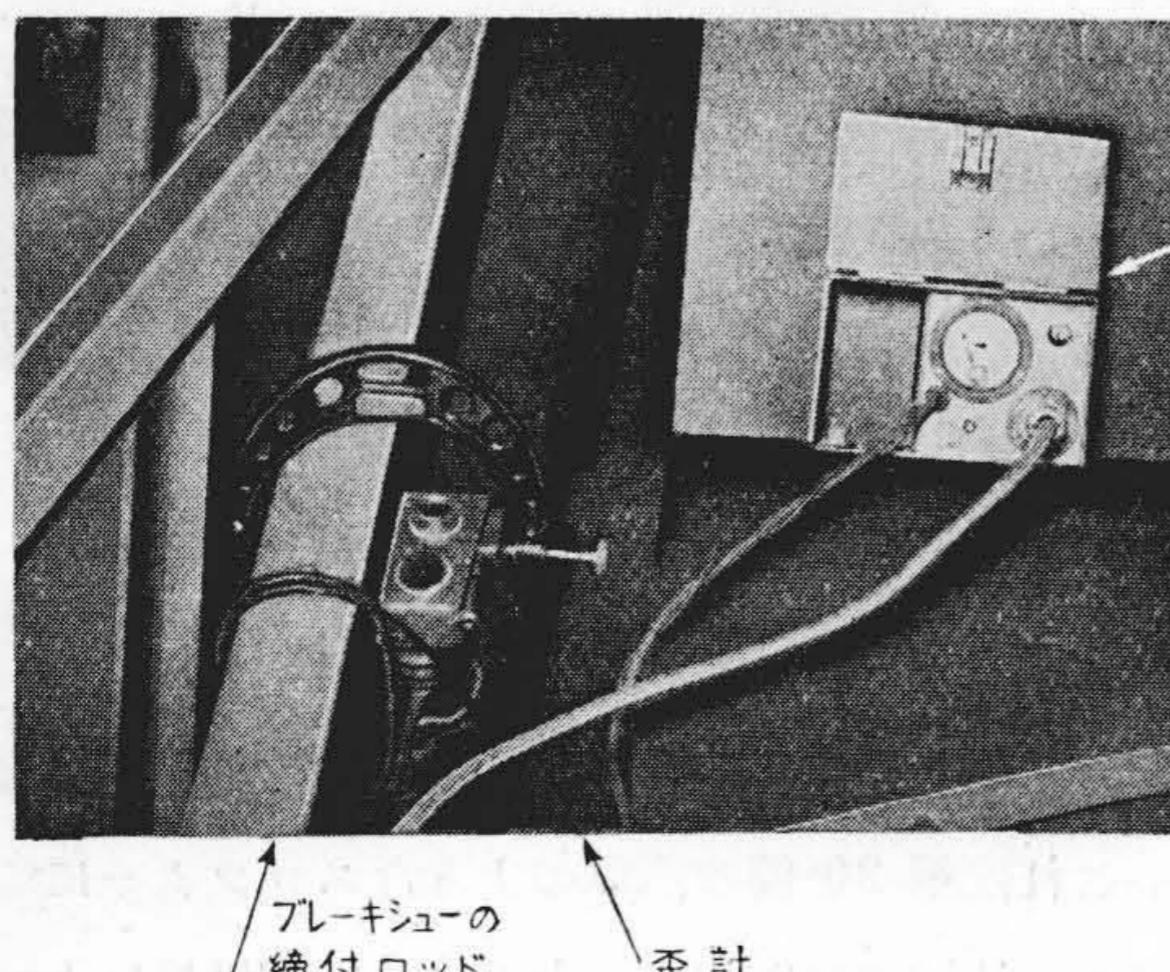
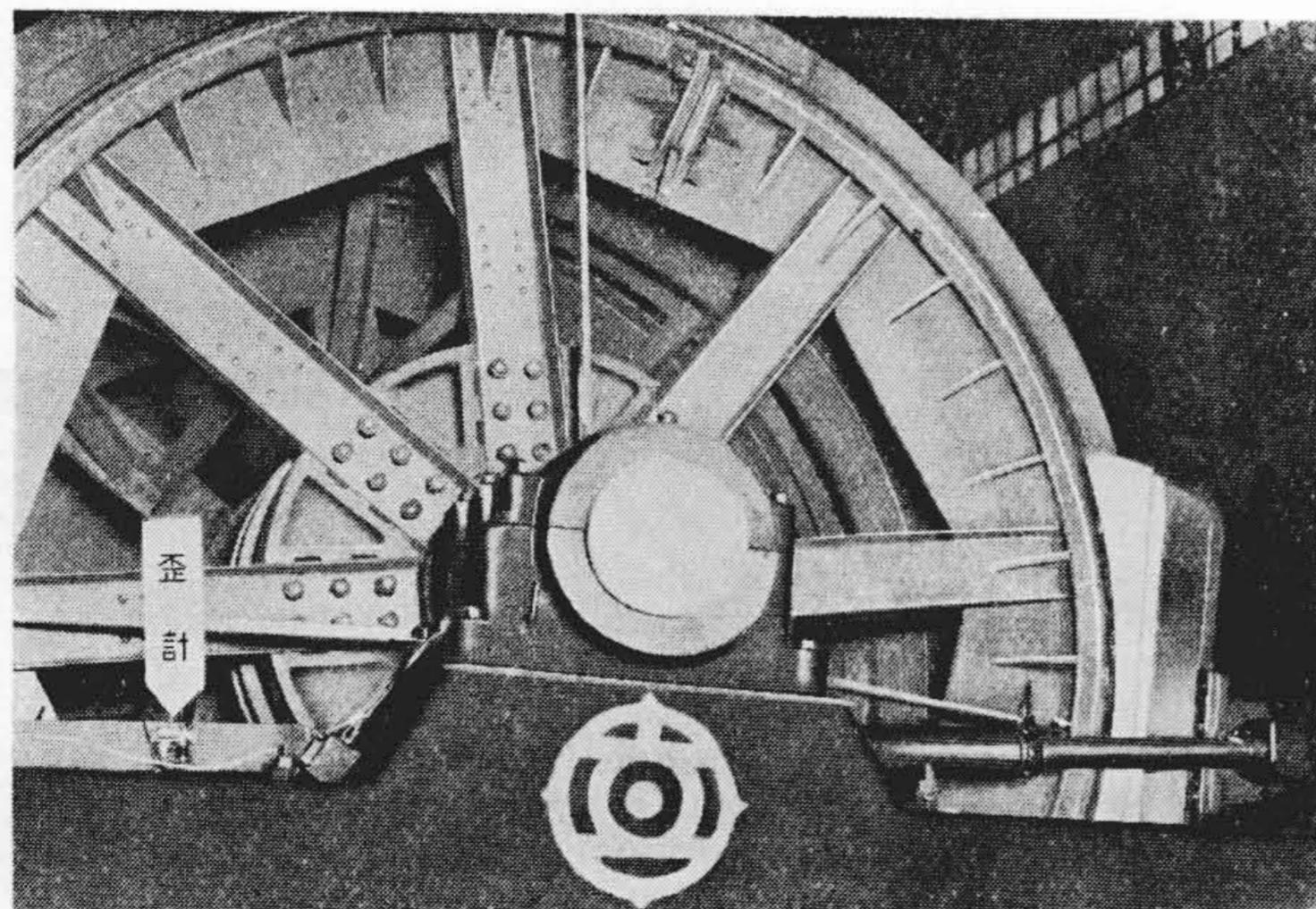


第 21 型 切削抵抗のオシログラム

Fig. 21 Oscillogram of Cutting Force in Slotter.

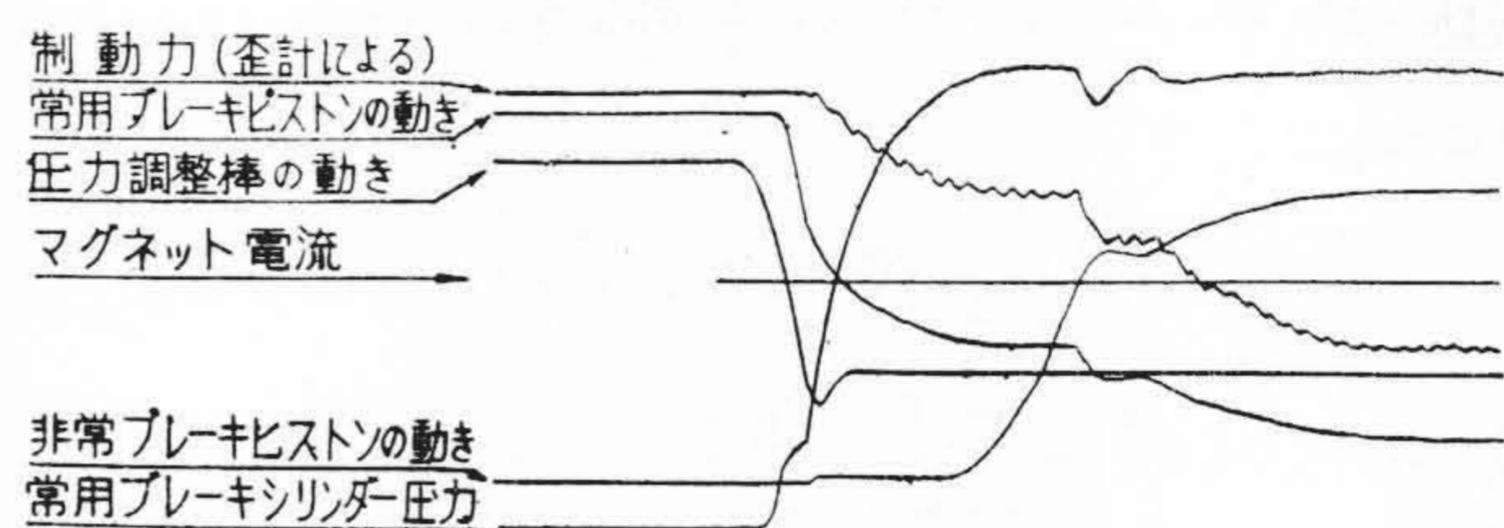
第 22 圖 實驗に用いた捲揚機

Fig. 22 General View of Large Winding Machine.



第 23 圖 歪計の取付状況

Fig. 23 Clamping View of Strain Gauge in Winding Machine.



第 24 圖 制動力変化のオシログラム

Fig. 24 Oscillogram of Braking Force in Winding Machine.

工夫を要するが、こゝでは簡単な應用例として紹介しておきたい。

(6) 捲揚機制動機構の動作に関する研究
制動機の重要さは論をまたないが、歪計を應用して制動力の研究を行つた例をあげる。これは第 22 圖の捲上機について常用、非常、超非常、停電等の場合の制動機構の動作状況、時間遅れ、制動力の時間的變化等につき實驗を行つたもので、ハンドル、調壓弁、ブレーキレバーの運動及びブレーキシリンダーの壓力、電流と制動力の變化をオシログラフに同時記録させた。

制動力の測定は歪計を第 23 圖の如くブレーキシューの締付ロッドに取付けて、その歪から測定した。其際左右、ブレーキのアンバランス、制動機構の摩擦抵抗、能率等の測定を併せて行つた。

第 24 圖のオシログラムは本實驗の一例である。其他スラスター制御を行つた場合の制動力變化に關しても多數の實驗を行つてゐる。

第 21 圖はそのオシログラムで、バイトの上死點が記録されている。この抵抗測定の較正は工作物の代りに、荷重一撓み特性の明らかなスプリングをおいて、バイトで壓縮して行くことによつて行い得る。但し切削中のバイトには上下のみならず水平方向の力が加わつてゐるから正確な測定には更に

〔VI〕 結 言

KA-II 型は KA-I 型に比して重量も軽減され、精度も著しく向上した。目下ヒステリシスが最大 0.0003mm 程度出るが更に減少出来る見込みである。誤差も最大測定範囲の $\pm 3\%$ 以下で、倍率は オツシログラム上で約 6.0000 倍、感度は 0.00001 mm 程度である。なおこの歪計はセット全體として非常に簡便で高感度であり、取付けたまゝで簡単に較正を行ひ得る。しかし特に激しい振動のある場所や、長時間に涉る零點の安定を要求するところに使用するにはなを問題が残されているので今後

も改良に努力したい。なを應用例に示した如く、歪計の利用の途は非常に廣範圍であつて工場における種々の問題の解決に役立つて來たが、今後更に全國的にも生産や試験、研究に廣く普及されることを念願してやまない。

終りに本研究に對して御指導を賜わつた小堀、寺前兩氏に感謝すると共に種々御助言、御援助下さつた當社中央研究所の方々に對しても厚く御禮申上げる次第である。

參 考 文 献

(1) 富田 日評 31 (1949) 6, 261

特許紹介

登録新案 第 322108 號

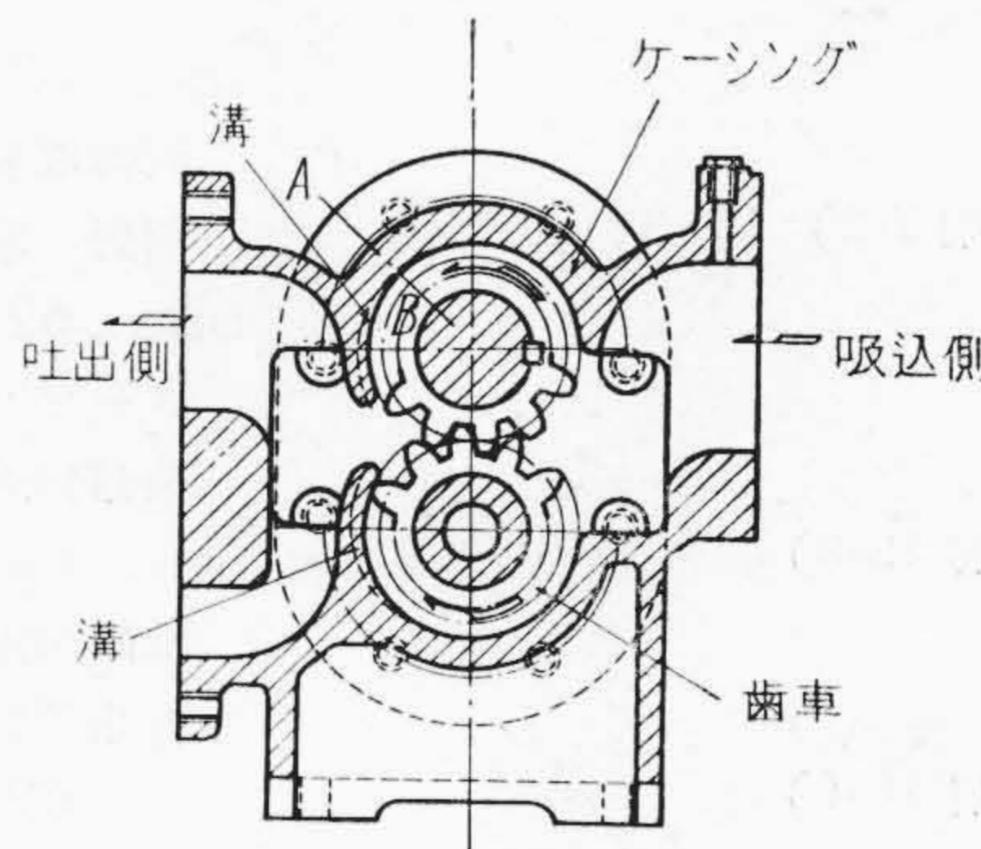
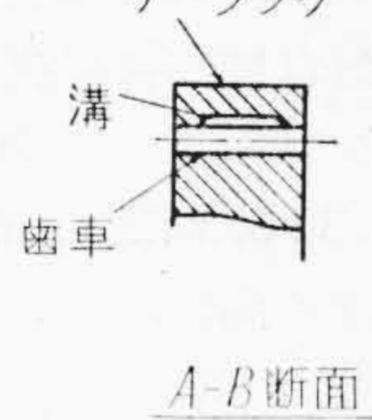
栗野義六郎・富田正二

ギヤーポンプ

この考案は、歯車に接するポンプケーシングの吐出側内面に、歯車の回轉方向に漸次深さを増す溝を設けたものである。

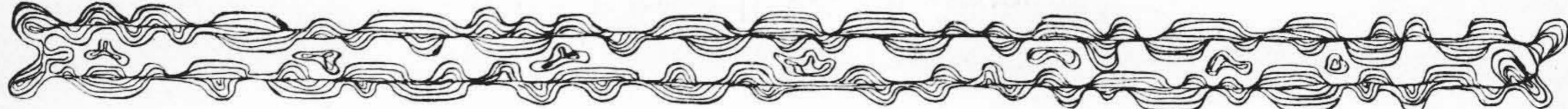
歯車の回轉により吸込側から歯間

に封入された液體は、溝の末端部に達すると吐出側の壓力を受ける。この溝は歯車の回轉方向に漸次深くなつてゐる故、歯間液體は徐々に大



なる壓力を受け、溝の末端部に達するときには吐出側壓力と等しくなる。從つて給送液體は、吐出側に出た際に衝撃を受けず亂流を起さないから騒音及び振動を防止することが出来る。

〔日評 25.9 (昭 17.9) 527〕 参照



UDC 534.08 (048.1)

振動計測器に関する日立評論既刊の論文集

UDC 534.44

音量分析器

藤原勝喜, 山田昇, 高橋雄太郎: 31, 3; p. 107 (昭 24-8)

UDC 539.38.082.52+621.874: 534

光電管式微小変位計と天井走行起重機の振動
福井 清: 27, 5; p. 256 (昭 19-15)

UDC 539.38.082.62

光電管式歪計の試作

富田忠二: 31, 6; p. 261 (昭 24-12)

UDC 621-755+621-5] (048.1)

防振並びに平衡に関する日立評論既刊の論文集

UDC 621-434.3: 621-755

釣合試験軌條による圓盤の釣合せ

菊池彌十郎: 21, 8; p. 583 (昭 13-8)

UDC 621.313-185.4: 621-755

振動位相測定器を用いない高速電機の常速平衡法

林田 穂: 30, 5; p. 203 (昭 23-12)

UDC 621.313.322.043.3: 621-755

タービン發電機回轉子の回轉形態並びに平衡

後藤恒夫: 27, 5; p. 264 (昭 19-5)

UDC 621.876-567.2

エレベータ用油壓緩衝器について

宮本忠博, 高橋達男: 33, 2; p. 142 (昭 26-2)

UDC 621-01-9: 534 (048.1)

機械部品の振動に関する日立評論既刊の論文集

UDC 621-233.1: 534.013

軸系の捩れ振動

稻木利市: 15, 2; p. 101 (昭 7-2): 15, 3; p. 159
(昭 7-3)

UDC 621-233.1: 534

限界振動に関する一実験

今尾 隆: 21, 3; p. 249 (昭 13-3)

UDC 621-233.1: 534

高速回轉軸の回轉形態

今尾 隆: 26, 6; p. 321 (昭 18-6)

UDC 621-253: 534

高速回轉機の振動

稻木利市: 15, 9; p. 607 (昭 7-9)

UDC 621-253: 534

回轉機の危険速度通過時の振動波形

高林乍人: 論 2, 7; p. 103 (昭 24)

UDC 621-253.7

先端に曲げ荷重を有する回轉圓板に関する一考察

森田忠孝: 機評 21, p. 121 (昭 10-7)

UDC 621.313-82-253: 534

水車發電機直結主軸の振動

今井恒三郎: 10, 5; p. 331 (昭 2-5): 10, 6; p. 421
(昭 2-6)

UDC 621.313.043.3: 534

回轉電氣機械の振動

岡野 繁: 14, 7; p. 443 (昭 6-7)

UDC 621.313.322.043.3 [534: 621-755

タービン發電機回轉形態並びに平衡

後藤恒夫: 27, 5; p. 264 (昭 19-5)

UDC 621.316.542.1.067.4

電磁開閉器の動作について

森泉袈裟彌: 27, 2; p. 79 (昭 19-2)

UDC 621.431.75-272: 534

航空發電機の弁ばねの振動

大野元明: 27, 1; p. 35 (昭 1)

UDC 621.512-225.1

空氣壓縮機の吸込管が吸込量に及ぼす影響について

芥川重雄、大塚 悟: 22, 9; p. 569 (昭 14-9)

UDC 621.935: 534.112

帶鋸盤の振動について

32, 6; p. 668 (昭 25-7)

UDC 624.07: 534

一般構造物の振動周期の測定について

鬼頭史城: 11, 3; p. 159 (昭 3-3): 11, 4; p. 223
(昭 3-4)