



磁歪管式壓力計の試作

藤 芳 利 光* 橋 本 明*

Magnetostriction Type Pressure Gauge

By T. Fujiyoshi, A. Hashimoto
Kameari Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

This magnetostriction type pressure gauge was made for trial in order to record dynamic variations in fluid pressure by oscillograph. The principle of this gauge is the torsional magnetostriction effect at alternating magnetic field. As to the same effect, there is the report of Dr. Azumi, which was applied to the design of this gauge.

A little current of commercial frequency serves as the electric source in this gauge, and an amplifier is unnecessary to be attached to it. Moreover, being convenient to handle, it has a high sensitivity to pressure.

This gauge has frequently been used in investigating the characteristics of various products of Kameari Works.

〔I〕 緒 言

従来、流體壓力の動的變化をオシログラフに記録するには種々の方法があるが、何れも發振器、増巾器などの附屬装置が必要であり簡便な方法とは言えない。我々は取扱いに簡便な磁歪管式壓力計を試作して、各種の實驗に用い好結果を得たので、その壓力計について報告する。

交番磁場における捩り磁歪効果とその應用については既に安積博士の研究があり、この壓力計は同博士の報告⁽¹⁾⁽²⁾に基いて設計したものである。これは交番磁場における捩り磁歪効果を利用し、壓力の變化を誘起電流の變化

* 日立製作所龜有工場

に變え、誘起電流の變化をオシログラフに記録し、それによつて壓力の變化を知る様にしたものである。

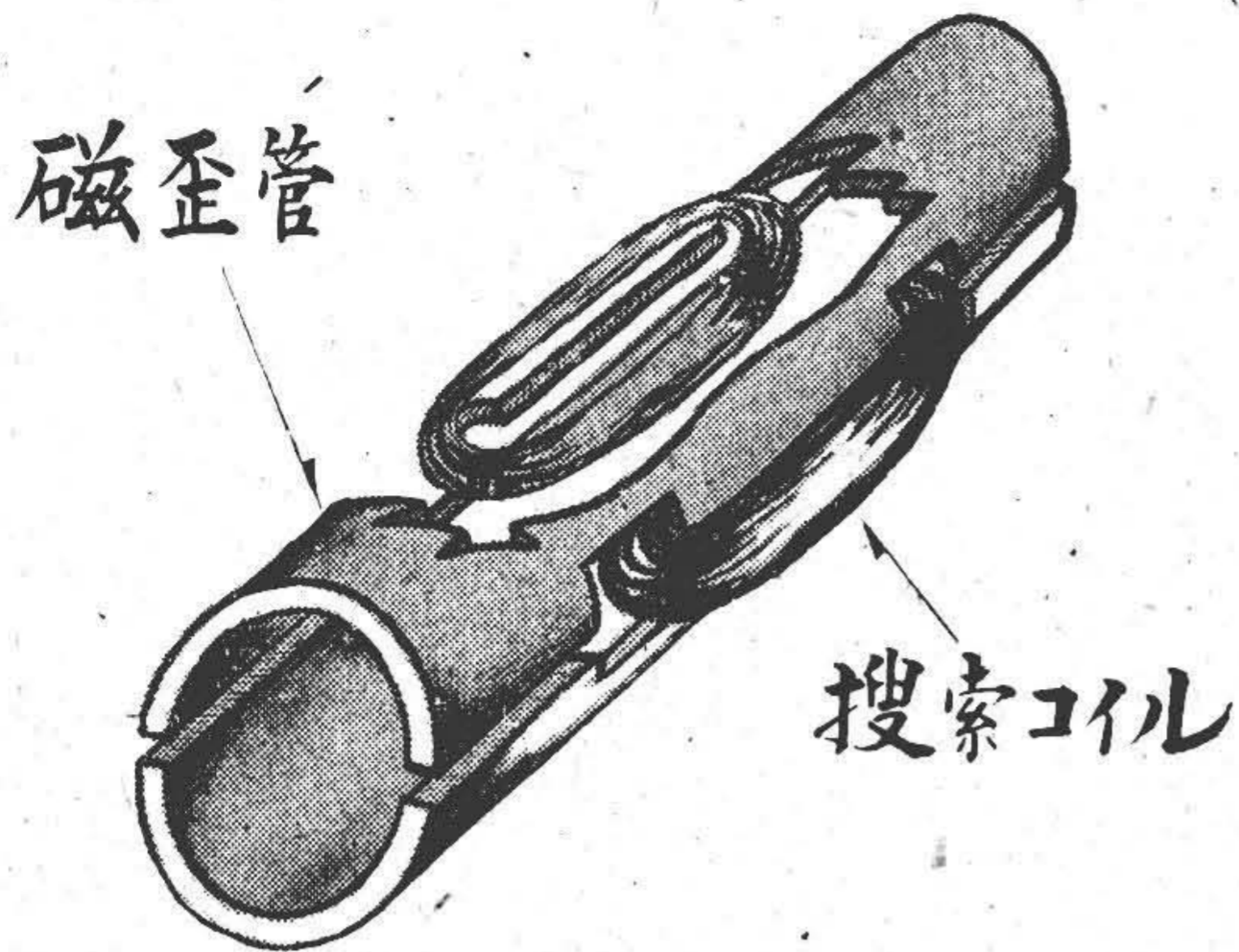
かくして、我々が試作した磁歪管式壓力計は、商用周波数の僅少な勵磁電流を用い、誘起電流を増巾する必要もなく、取扱いが簡単で、高感度のものである。

〔II〕 交番磁場における捩り磁歪効果

強磁性體は磁化されるに従つて一般にその形を變える。又逆に外部より歪力を與えれば、その磁氣現象に變化を生ずる。これらの現象を磁歪効果という。

交番磁場における捩り磁歪効果とは、縦軸方向に交番に磁化された強磁性體の棒又は管を捩れば、その棒又は管の圓周方向にも交番磁化を生ずる現象をいう。⁽¹⁾この効

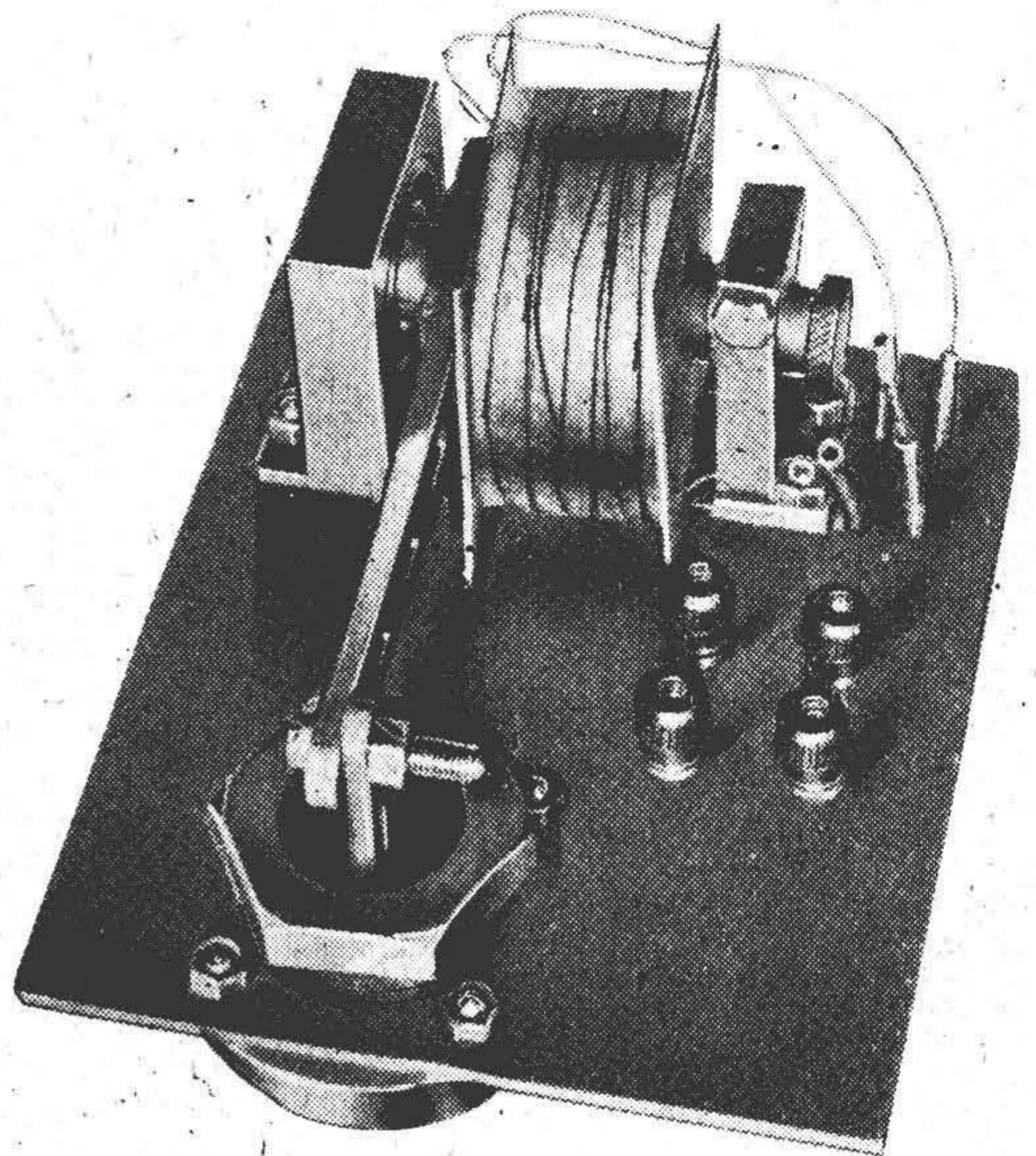
〔Ⅲ〕 磁歪管式壓力計の構造



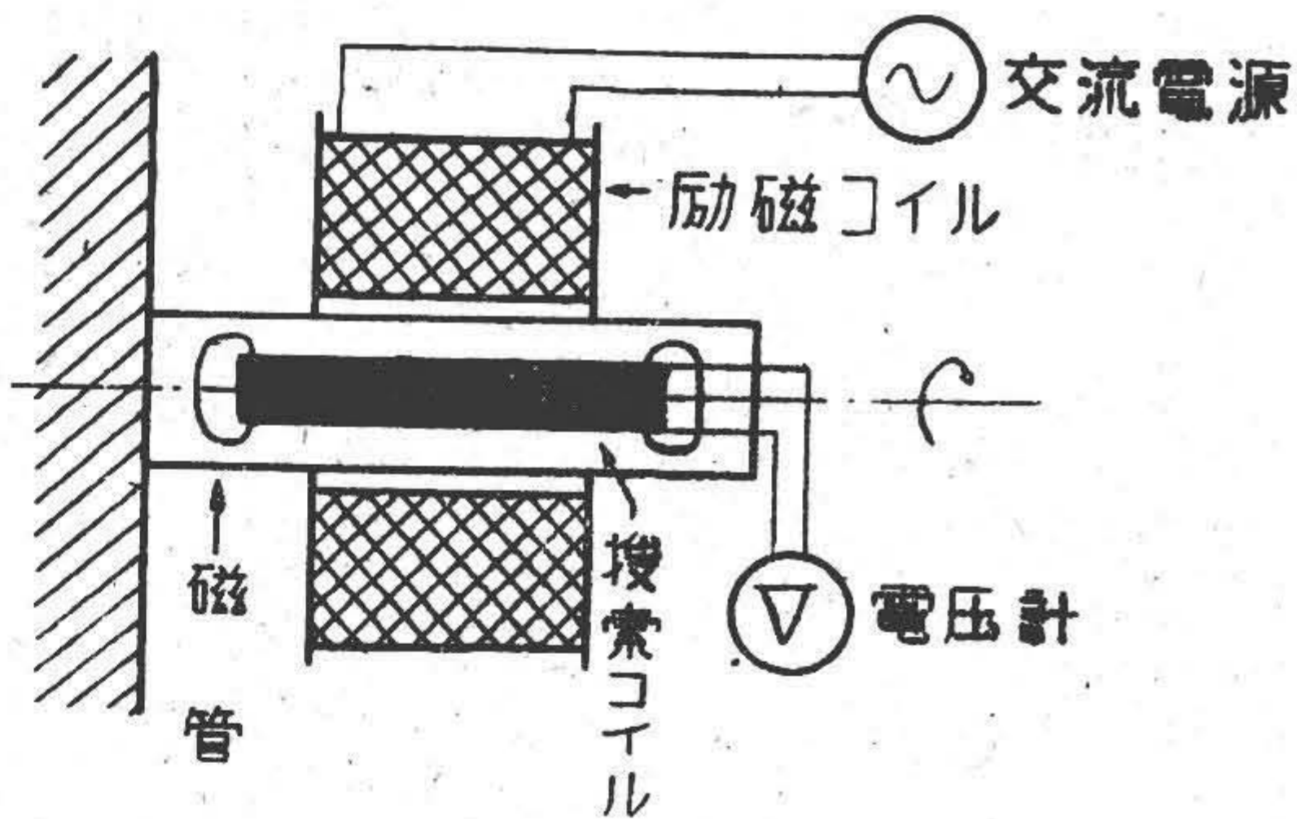
第1圖 磁歪管
Fig. 1 Magnetostriction Pipe.

果を實際に利用する場合について説明すれば次の如くである。

第1圖に示す如く、強磁性體の管の壁面に軸の方向に沿つて1對若しくは2對の孔を穿ち、これらの孔に夫々コイルを巻く（第1圖は管の1部を切斷して、コイルを巻いた狀況を示している）。此の管を磁歪管と名付け、コ



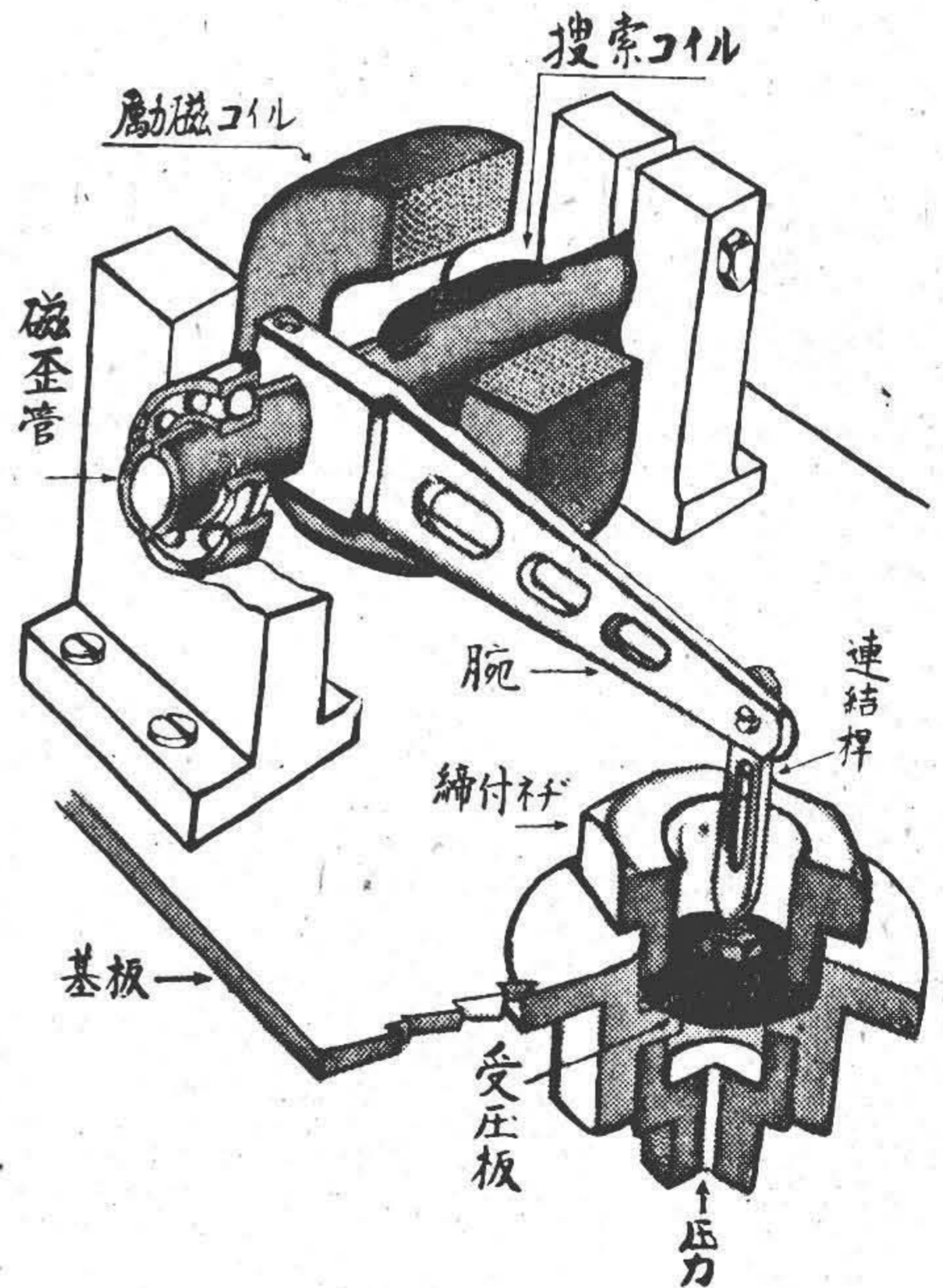
第3圖 壓力計の外観
Fig. 3 Exterior View of Pressure Gauge.



第2圖 交番磁場に於ける捩り磁歪効果の説明
Fig. 2 Illustration of torsis magnetostriction Effect.

イルを搜索コイルと名付ける。

次に第2圖に示す如く、磁歪管の一端を固定し、その外周に同心的に勵磁コイルを巻いておく。勵磁コイルに交流を通じ、磁歪管を縦軸方向に交番に磁化しておく。管に捩り應力が全く存在しないときは、管の圓周方向には磁化を生じないため、搜索コイルには交番電壓を誘起しない。然るに管に捩り應力が加わる時は、管の圓周方向に捩り應力に應じた交番磁化を生じ、そのため搜索コイルに交番電壓を誘起する。



第4圖 壓力計の構造
Fig. 4 Construction of Pressure Gauge.

我々が試作した磁歪管式壓力計の外観は、第3圖の寫眞圖に示す通りであり、その横造は第4圖に示す如くである。第4圖に示す如く、磁歪管は1端を締付固定し、

他端を球軸受で支持しておく。磁歪管の球軸受側には、腕が締付固定され、腕の先端は連結棒を通じて受圧板の中心に締付け固定されている。受圧板は圓周を締付固定され、測定する圧力を受ける様になつている。勵磁コイルは磁歪管の外周に巻いてあり、軸方向の磁路は基板、ボールベアリング及び保持部によつて閉ぢられる。受圧板と連結棒とを結合するナットを調節することによつて、磁歪管に適當な初期捩り應力を與えることが出来る。

この壓力計の作用を簡単に説明すると次の如くである。即ち、勵磁コイルに交流を通じ、磁歪管を軸方向に磁化しておく。受圧板に壓力が加わると、受圧板の中心の撓みが連結棒、腕を通じて磁歪管に捩りを與える。従つて搜索コイルには壓力に對應した交番電圧が誘起される。

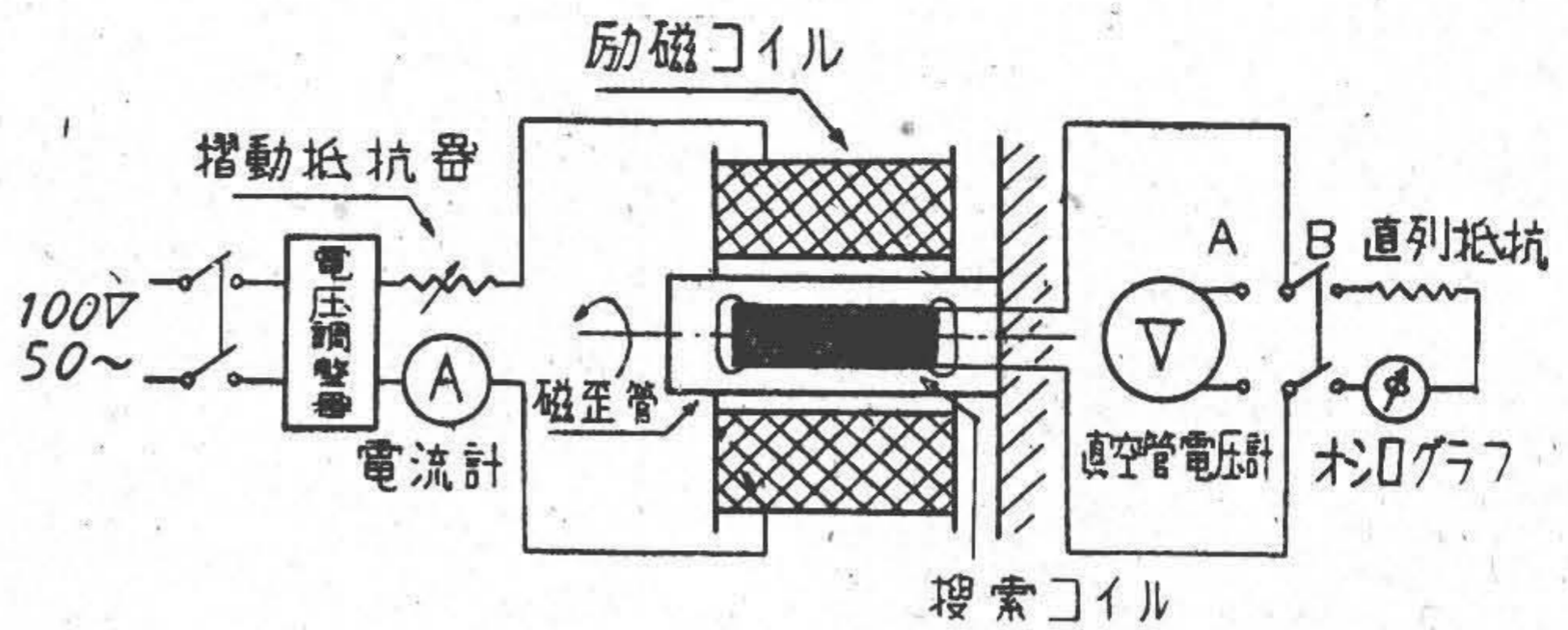
この壓力計は一應 $0 \sim 6 \text{ kg/cm}^2$ の壓力の測定を對象としたので、次の如き仕様になつている。磁歪管の材質は、日立研究所製のアルヘロで、熱處理を施していない。外徑 17 mm、肉厚 1 mm、長さ 70 mm で管壁には第 1 圖の如く 2 對の孔をあけ、夫々 0.15 mm 徑の絹卷エナメル線を 200 回づゝ巻き、直列に接続して使用した。勵磁コイルは 0.5 mm の絹卷エナメル線を 1000 回づゝ巻き、受圧板は磷青銅の直徑 30 mm、厚さ 0.5 mm の圓板を使用した。

〔IV〕 使用した磁歪管の特性

使用した磁歪管の特性を知ることは壓力計としても、將來捩り磁歪効果を應用するときの參考としても重要であるので、捩りモーメントと誘起電壓の關係を實驗によつて調べた。

(1) 電氣回路

實驗に用いた電氣回路は第 5 圖に示す如くである。勵磁電源には 100 V、50 サイクルを用い、電源電壓の變動の影響をさけるため、自動電壓調整器を通じ、摺動抵抗器によつて勵磁電流を加減した。搜索コイルに誘起する電壓は切替スイッチを A 側に入れ、真空管電壓計によつ

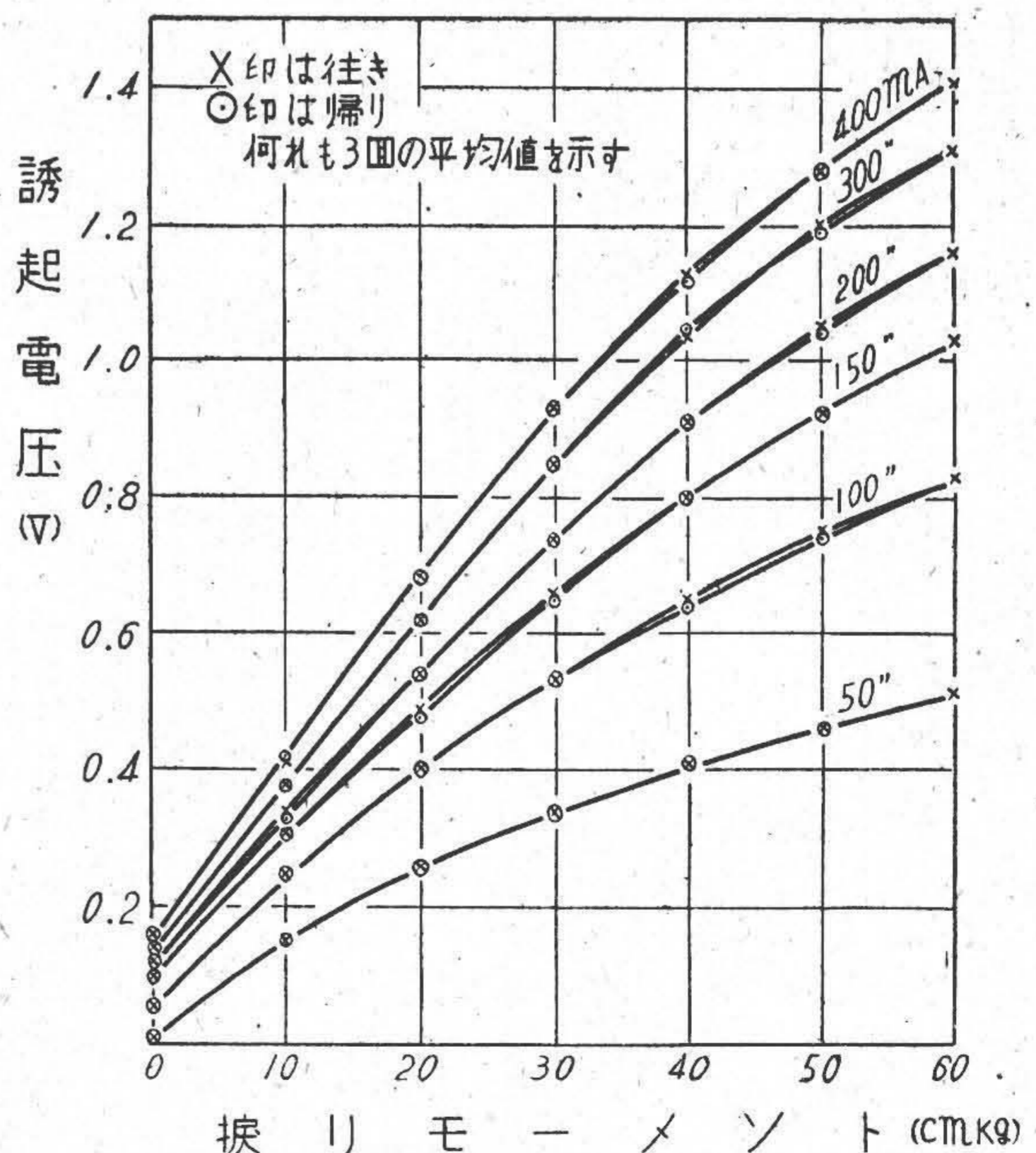


第 5 圖 實驗回路
Fig. 5 Circuit Diagram of Experiment.

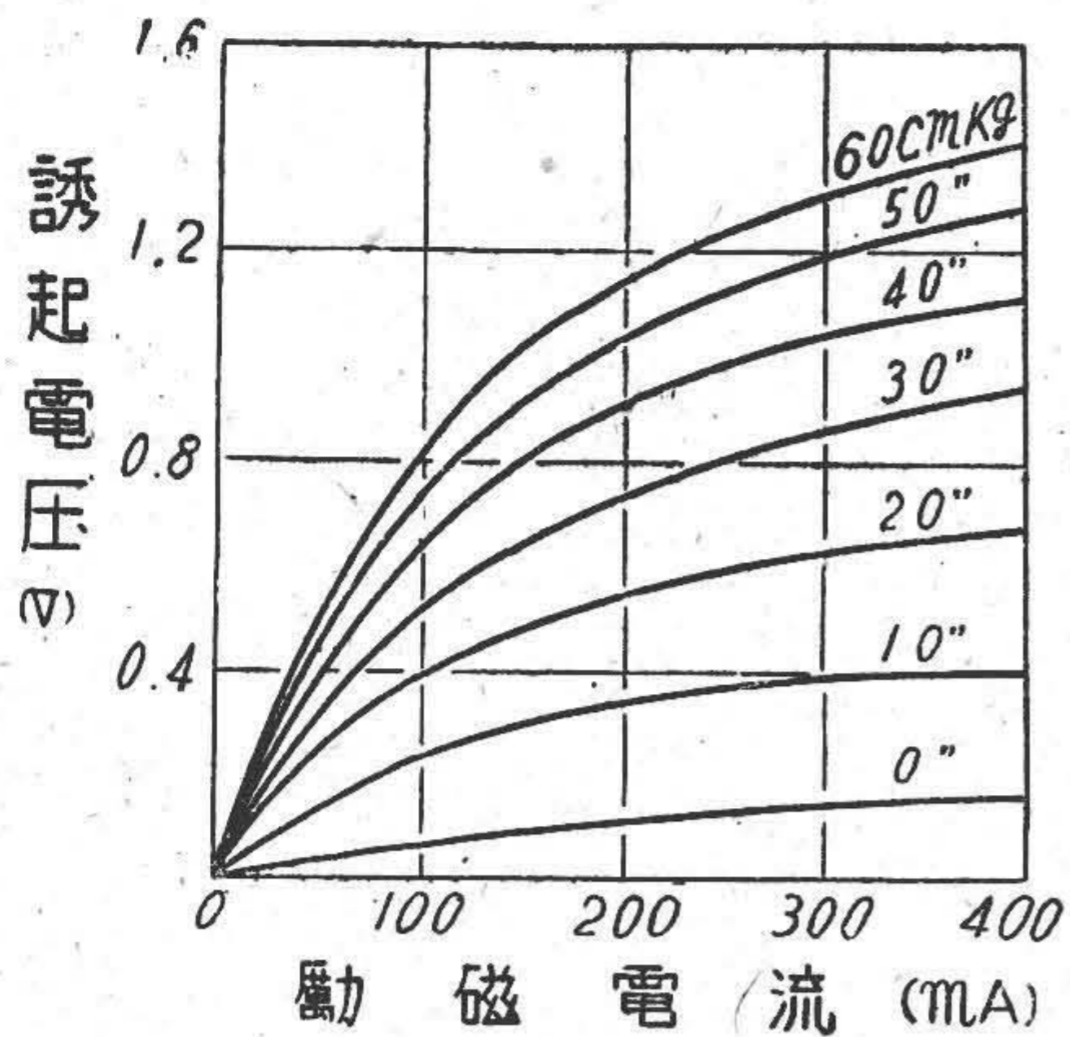
て測定した。

(2) 實驗方法

實驗方法は第 4 圖の壓力計の腕を連結棒より離し、之を反對側へ 180 度回轉して水平に設置し、腕端に重錘を吊り、管に捩りモーメントを與えた。即ち勵磁電流を一定に保つたまま、捩りモーメントを 0、10、20、30、40、50、及び 60 cm·kg と順次増加し、更に之を 50、40、30、20、10 及び 0 と順次に減少し、之を 3 回繰返えし、このときの誘起電壓をよんだ。勵磁電流の大きさは 50、100、150、200、300、及び 400 mA に變えた。



第 6 圖 捩りモーメントと誘起電壓の關係
Fig. 6 Relation Between Twisting Moment and Induced Voltage.



第 7 圖 勵磁電流と誘起電壓の關係
Fig. 7 Relation Between Exciting Current and Induced Voltage.

(3) 實驗結果とその検討

第 6 圖に上記の實驗によつて得た磁歪管の振りモーメントと誘起電壓の關係を示す線圖を掲げた。第 7 圖は振りモーメントと誘起電壓の結果より、振りモーメントをパラメーターにして

勵磁電流と誘起電壓の關係を表わした線圖である。結果を検討すれば次の如く表わしうる。

(A) 第 6 圖に示す如く振りモーメントの増加に伴い、誘起電壓は一樣に上昇する。

(B) 第 6 圖に於いてヒステリシスは殆んど認められない。

(C) 振りモーメントと誘起電壓の關係に於ける繰返し精度も良く

實驗誤差の範圍内である。

(D) 第 6 圖より判る如く、振りモーメントが零でも誘起電壓が生じている。これは磁歪管に残留振り應力が存在していることと、其の他の理由によるものと考えられる。

(E) 第 7 圖より判る如く、勵磁電流が 150 mA 附近より誘起電壓が飽和に近づいている。

(F) 従つて、勵磁電流が 200 mA 附近より多い範圍では、勵磁電流の變化が誘起電壓の變化に及ぼす影響が少い。故になるべく 200 mA 附近以上の勵磁電流を用いることが望ましい。

(G) 尙文献⁽¹⁾によれば、勵磁電源周波數の變動、磁歪管の溫度上昇などの影響は無視される程度である。

以上によつて磁歪管は測定器に用いて好適である。

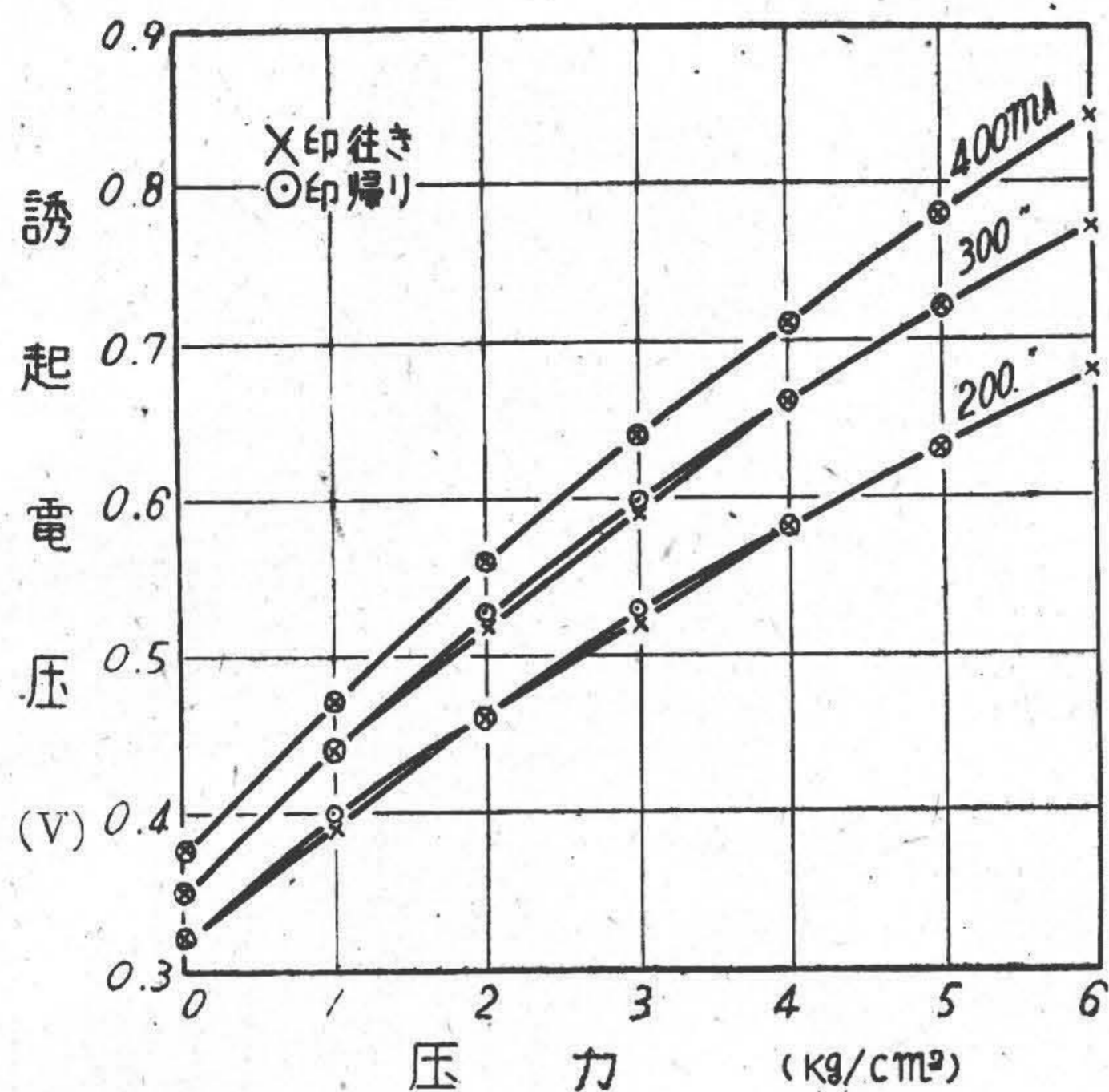
〔V〕 壓力計の諸性質

次に壓力計の諸性質はついで述べる。壓力計の特性中

第 1 表

勵磁電流 壓力 kg/cm ²	誘起電壓 V											
	200 m A				300 m A				400 m A			
	第一回	第二回	第三回	平均	第一回	第二回	第三回	平均	第一回	第二回	第三回	平均
0.0	0.32	0.32	0.32	0.32	0.35	0.35	0.35	0.35	0.38	0.38	0.38	0.38
1.0	0.39	0.39	0.39	0.39	0.44	0.44	0.44	0.44	0.47	0.47	0.46	0.47
2.0	0.46	0.46	0.46	0.46	0.52	0.52	0.52	0.52	0.56	0.56	0.56	0.56
3.0	0.52	0.53	0.52	0.52	0.59	0.59	0.59	0.59	0.64	0.64	0.64	0.64
4.0	0.58	0.58	0.59	0.58	0.66	0.66	0.66	0.66	0.72	0.71	0.71	0.71
5.0	0.63	0.63	0.64	0.63	0.72	0.72	0.72	0.72	0.78	0.78	0.78	0.78
6.0	0.68	0.68	0.68	0.68	0.77	0.77	0.78	0.77	0.84	0.84	0.84	0.84
5.0	0.63	0.63	0.64	0.63	0.72	0.72	0.72	0.72	0.78	0.78	0.78	0.78
4.0	0.58	0.58	0.58	0.58	0.66	0.66	0.67	0.66	0.71	0.72	0.71	0.71
3.0	0.53	0.53	0.53	0.53	0.59	0.60	0.60	0.60	0.64	0.64	0.64	0.64
2.0	0.47	0.46	0.46	0.46	0.52	0.53	0.53	0.53	0.56	0.56	0.56	0.56
1.0	0.40	0.40	0.40	0.40	0.44	0.44	0.44	0.44	0.47	0.47	0.46	0.47
0.0	0.32	0.32	0.32	0.32	0.35	0.35	0.36	0.35	0.38	0.38	0.38	0.38

重要なことは、壓力とそれを指示するオシログラフのバイプレーターの振れの関係である。然しこの実験は、オシログラフのバイプレーターの振れを靜的に讀むこと



第8圖 壓力と誘起電壓の関係

Fig. 8 Relation Between Pressure and Induced Voltage.

は、不正確になり易いので実験せず、壓力と誘起電壓との関係を實驗によつて求め、壓力計の特性を推察した。

尙壓力計の固有振動數と壓力計の使用例についても述べる。

(1) 壓力と誘起電壓との関係

この實驗の電氣回路は前記の實驗の場合と同様である。第4圖に示した壓力計に壓縮空氣を働かせて、そのとき搜索コイルに誘起する電壓を真空管電壓計で讀んだ。その際の空氣壓力はブルドン管壓力計を用いて讀んだ。

實驗方法は勵磁電流を一定にし、壓縮空氣の壓力を0、1、2、3、4、5及び6 kg/cm^2 と順次増加し、更に5、4、3、2、1、0 kg/cm^2 と順次減少して、それを3回繰返しその時の誘起電壓を記録した。勵磁電流は200、300、400、mAにかえた。

第1表はその實驗結果を掲げ、第8圖は第1表の壓力と誘起電壓の平均値との関係を示す線圖である。

壓力と誘起電壓の関係に於いて、ヒステリシスが少な

く、且繰返し精度の良いことが望ましい。實驗結果を検討すれば次の如くである。

(A) 第8圖の曲線にはヒステリシスが小さく表われているが、その大いさは實驗誤差の範囲内程度である。

(B) 繰返し精度は第1表より判る如く、計器として用いるのに十分な程度である。

(C) 第8圖より判る如く、壓力の増加に伴い誘起電壓が増加するが、その関係は直線でないので使用にあたっては各壓力について正確な更正が必要である。

(D) 第1表の誘起電壓値と第6圖より、各壓力のとき磁歪管に加えられる振りモーメントを求めると次の如くなる。0 kg/cm^2 のとき9 cm-kg、6 kg/cm^2 のとき27 cm-kgである。

以上よりこの壓力計が計器として用いるに好適であることが判る。

(2) 壓力計の固有振動數について

次にこの壓力計の固有振動數を求めてみた。實驗方法は勵磁コイルに直流電流を通じ、受壓板の中心をハンマーで軽くたたき、誘起電流をオシログラフ(バイプレーター-H)で記録した。

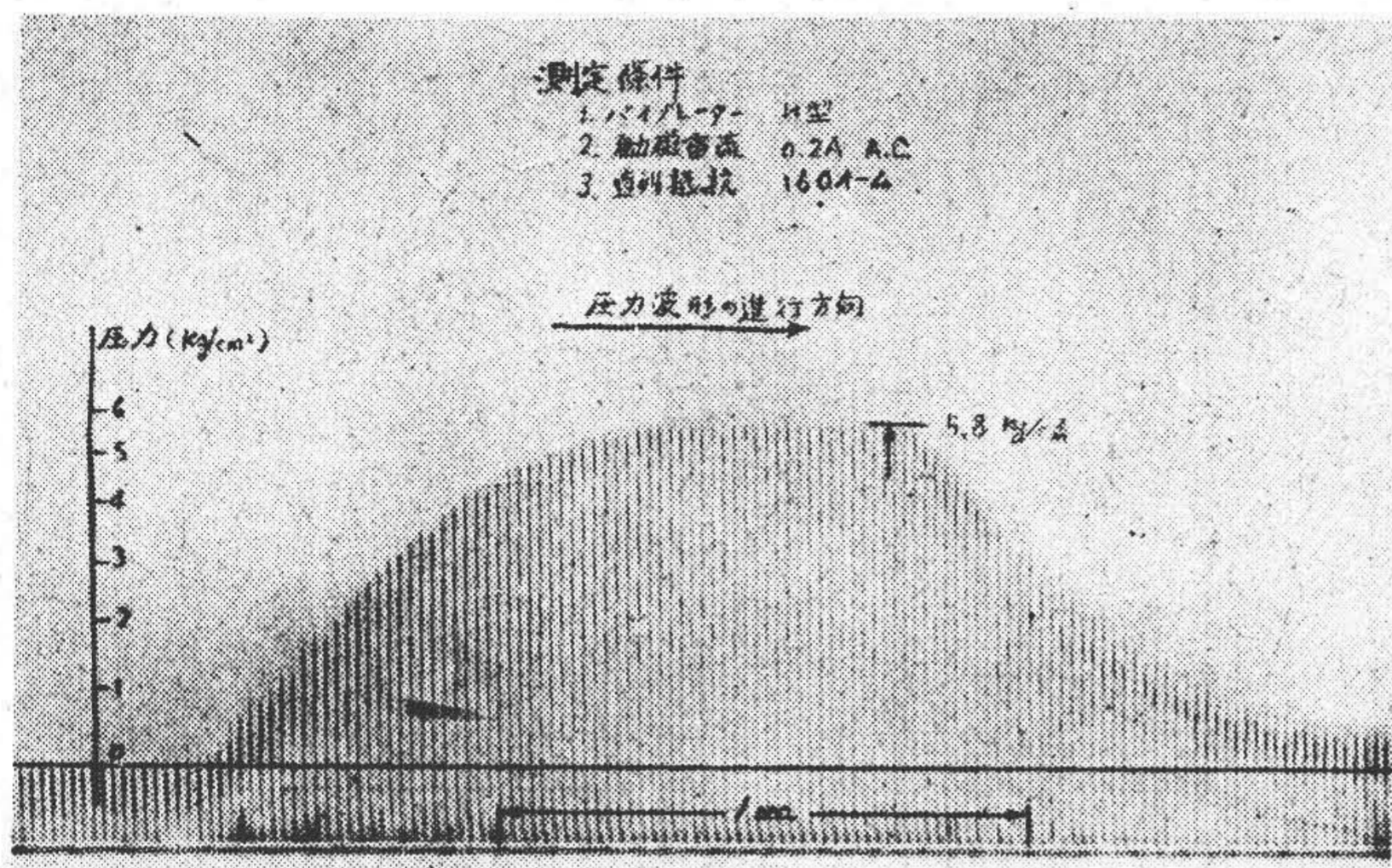
これによると固有振動數は約680 $1/s$ である。しかし現在は50サイクルの勵磁電流を用いているので、測定可能な壓力の變動の速さは、大きく10 $1/s$ 程度に制限される。従つて壓力計の固有振動數は充分高いので、この場合問題でなくなる。

(3) 壓力計の使用法とその例

この壓力計を用いて壓力を測定するには、電氣回路は第5圖のスイッチをB側に入れた状態に接続し、壓力計は壓力が受壓板に加えられる様にネジで接続する。壓力の増減に応じて誘起電流が増減し、オシログラフのバイプレーターの振れが増減する。誘起電流は50サイクルの交流であるので、壓力の變化は記録された交流波形の片側の最高値の變化で示される。

第9圖は磁歪管式壓力計を用いて壓力の變化を記録したオシログラムの一例である。壓力が零でもある振れを生じているが壓力が増加するとバイプレーターの振れも

増加してゆく。従つて交流波形の最高値をつらねると壓力の變化の状態を知ることが出来る。感度は勵磁電流と、第5圖の直列抵抗によつて加減出来るが第9圖は圖示の如き條件で記録した。この壓力の更正には大型捲揚



第9圖 壓力のオシログラム
Fig. 9 Oscillogram of Pressure.

機の空氣壓力調整弁を用いたが、一般にこの壓力計を使用するには壓力の更正用の装置が必要である。

〔VI〕 結 言

以上述べたことより、この壓力計の特長を列挙すると

- (1) ヒステリシスの少いこと。
- (2) 繰返し精度のよいこと。

- (3) 壓力に對する感度のよいこと。第9圖に於いては、 1 kg/cm^2 あたり 10 mm である。
- (4) 50 サイクルの勵磁電源ですむこと。
- (5) 増巾の必要がないこと。

(6) 機構が簡單で、取扱いの容易なこと等である。尙外形や機構に不備な點が多いので改良の餘地があるが、現在までに捲揚機やポンプの性能の研究に使用して大なる成果をあげることが出来た。

又振り磁歪効果の應用範圍は非常に廣く、工場に於ける各種測定に利用する面の多いことと思えるので、その利用を推賞したい。

最後に本試作にあたり種々御指導をいただいた鐵道技術研究所の安積博士、アルヘロの製作に御盡力下さつた日立研究所の小河氏、並びに研究課の寺前係長、富田氏に深く感謝

の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 安積健次郎；舊中央航空研究所報別冊 軸方向に交番磁化せる管の振り磁歪効果とその工業力學上の應用（昭和20年10月）
- (2) 同上；應用物理 16-9（昭21）

（表紙・カット——小山哲男）

— 編集後記 —

1950年を迎えて、本誌も愈々飛躍、戦前の月刊に戻ることが出来たのは、執筆者各位の御指導と、愛讀者諸兄の御鞭撻の賜ものと感謝致します。今後一層の御協力と御援助を希望して、年頭の御挨拶に代えます。

昨年度は、古橋選手の世界新記録が公認され、又湯川博士のノーベル賞授賞など文化國家として大きな朗報があつたが、今年こそ技術日本が世界に誇る話題を提示すべき絶好の年で、原子力問題など、益々多事多端であらう。

新年號は、内容本位の優れた論文七篇、各工場精鋭なる執筆陣を揃えての新發足で、久本氏の「ガラス面の精密加工法に關する研究」は、本號より當分連載する豫定の長篇論文である。御期待を乞う。（寺澤生）

毎月1回 日立評論 發行

昭和24年12月30日印刷 誌代 1回 30圓 干 6圓
昭和25年1月5日發行 6回200圓（送料共）

編集兼發行人 長谷川俊雄
禁無斷轉載 印刷人 花崎實
印刷所 大東印刷株式會社

發行所 日立評論社

東京都品川區大井坂下町2717
振替口座東京71824番
電話大森(06) 111-10番
3131-10番
會員番號 A 208062番

廣告取扱店 東京都中央區銀座1ノ7 廣和堂