

# 論 說 報 告

第 25 卷 第 1 號 昭和 14 年 1 月

## 感 応 電 流 に よ る 土 圧 測 定 法

准 員 神 谷 貞 吉\*

**要 旨** 土の力学的性質を調べる場合、応用力学的解法と相俟つて測定実験を行ふことは著しい効果を持つ。小規模な室内実験に就ては小量まで測定し得る、即ち感度の細かい測定器具を要す。此の見地より従來の圧力測定法を考察した結果、板の撓を電氣的な讀みになほすこととし、其の一方法として感応電流を用ひた。此の器械製作費を出して下さつた 陸軍大將 菱刈 隆閣下<sup>(1)</sup>、製作に當つて終始絶大な御助力を賜つた 旅順工科大学助教授 富塚 剛氏 に厚く感謝の意を表す。

### 1. 土圧測定に就て

土の如く外力に對して彈性的に働く領域、塑性的に働く領域、変形硬化の如き現象を呈する領域等を有する材料に對しては、応用力学によつて其の応力分布を求めると同時に、實驗的にも応力を調べる事は甚だ大切である。實驗方法としては、変形から其の内部応力分布狀況図を求める方法と直接其の分布圧力を求める方法とがある。土は其の変形量と共に応力状態を変化するから、応力分布を主とする場合は僅かの変形の狀態に於て實驗しなくてはならない。實驗方法としては変形觀測応力測定 of 順序が採られる。猶實驗的研究の規模について考へるに現場の實物を對稱としたもの或は夫に順応した大規模な設備によるもの及實驗室内に於て小規模な模型を製作し之に就て行はれるもの等である。前二者の前提として後者を行ふ事は研究の能率を高める所以である。猶後者の有意義な點は、條件を適宜に選擇し分類的に研究の運べることである。此の際實驗を容易にし其の進行を速めるためには、小型材料を用ひ小荷重を採ると都合がよい。従つて使用する測定器の感度を細かくする事が必要になる。著者の測定器は以上の目的から作られたものである。

### 2. 従來の測定器について

文献に現れたところによると土圧測定方法は大体次の様に分けられる。

- a. 土圧による板の撓によつて測る方法
- b. 土圧によるバネの縮みによつて測る方法
- c. 天秤の平衡による方法

使用する箇所、粉体の種類、感度の選擇等によつて其の値を讀む方法に種々の考案が施された。即ち

- (1) ゴム膜の撓を水頭差に導く方法<sup>(2)</sup>
- (2) 金屬板の撓を機械的に擴大して dial gauge によつて讀む方法<sup>(3)</sup>
- (3) 金屬板の撓を電氣抵抗の変化に導き電流計によつて讀む方法<sup>(4)</sup>
- (4) 金屬板又はゴム膜の撓を妨げるに必要な圧力を土圧とする方法<sup>(5)</sup>
- (5) バネの縮みを機械的に擴大する方法 (spring balance と同じ仕掛になる)<sup>(6)</sup>
- (6) バネの縮みを電氣抵抗の変化に変へて電流計で讀む方法<sup>(7)</sup>
- (7) 天秤或は臺秤の平衡が破れた時の分銅によつて測定する方法<sup>(8)</sup>

\* 日本大学講師 工学士

之等の方法を使用箇所について分けると

- (イ) 構造物に固定して其の受ける土圧を測定する場合, (1), (2), (5), (6)。
- (ロ) 穀倉の粉体による底圧 (bottom pressure) を測定する場合, (7)。
- (ハ) 土の内部, 任意の點に装置して分布圧力を測る場合, 此の場合外部に傳達するため自由に曲り得る電線或は柔軟な管等を必要とする, (3), (4), (5)。

以上の測定方法の内, ゴム膜を用ひる方法は少量の圧力にも撓易いため, 小規模な實驗にも用ひられた様であるが撓を水頭差に導くには管 (金屬管が多い) を必要とし, そのため土の内部任意の方向に据付けるにあつて電線に比べると不便である。従つて水平或は鉛直土圧測定用が多い様である。電氣的に讀む方法は電線を用ふるため, 据付は自由であり, 相當測點を離れても讀むことが出来るし, 又測點を多數選ぶ場合切換へは他の方法に比べて甚だ簡單であるが, 從來屢々採用されてきた抵抗線輪による方法は現場使用を目的としてゐるため頑丈ではあるが感度は一般に粗い。之等諸方法を考慮した結果, 小規模實驗用として新しく測定器を作ることとした。

### 3. 著者の測定器に求めた條件

圖-1 に示す如く, 土の内部任意の位置, 方向に埋込んで外部にて其の讀みを取り得ること, 其の間を連絡するものが土の変形を妨げぬこと等考へた結果, 受圧函の上板の撓を電氣的現象に変へ, 電線によつて測定器まで引張ることとした。

小規模實驗に用ひるための條件としては

- (1) 受圧函は成可く小型なこと
- (2) 受圧函の比重は成可く小であること (理想的には土の平均比重 1.5 位にしたかつた)
- (3) 受圧板の撓度は最大分布荷重に對して 1/10mm 位であること
- (4) 静荷重に適すること

偶々 富塚 剛氏の微小変位測定器を見て, 其の機構を応用させて戴いた。即ち, 板の撓を磁場内の線輪の動きに変へ, 線輪内に生ずる微小電流を増幅して電流計にて讀むこととした。従つて此の土圧測定器は受圧函と増幅器とに分けられる。

### 4. 測定器の構造

(1) 受圧函 圖-2 の如く線輪 A に交流を通せば其の磁場内にある線輪 B には感応電流が生ずる。磁束を  $\Phi$ , 磁氣感應を  $B$ , 磁束を横ぎる線輪の断面積を  $S$  とすれば

$$\Phi = S \cdot B$$

B 線輪に生ずる起電力  $e$  は

$$e = K_1 \Phi$$

或は 
$$e = K_1 S B = K_2 S$$

$S$  が板の撓  $\eta$  によつて直線的に変わるとすれば

$$e = K_3 \eta$$

等分布荷重 (土圧) を  $p$  とすれば

$$e = K_4 p$$

或は逆に

$$p = K_4' e \quad \text{又は} \quad p = K_4'' i$$

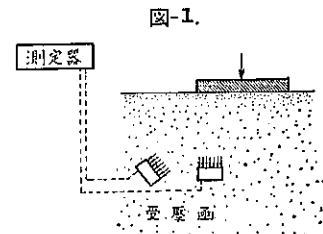


圖-1.

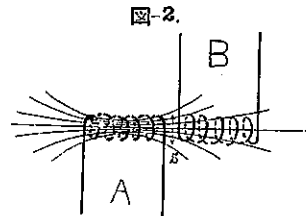


圖-2.

即ち此の關係を calibration によつて豫め求めておけば、電流計に現れる  $i$  によつて  $p$  を知ることが出来る。

以上の理論を応用した装置を受圧函の内部に取付ける。其の装置の説明図は図-3 に示される。

$S_1, S_2$  は磁場に於て armature coil (受圧鉄の撓と共に上下する線輪) がきる磁束の断面積である。

$S_1 = S_2$  ならば起電力  $e = 0$ , 此の位置を  $p = 0$  に相當する様に調節する。

$S_1 \neq S_2$  の位置では  $S_1 \sim S_2$  に応じて起電力が生ずる。従つて

$$e = K_1(S_1 - S_2)$$

結局

$$p = K_2 i$$

が成立する。

図-3. 受圧函内部機構説明図

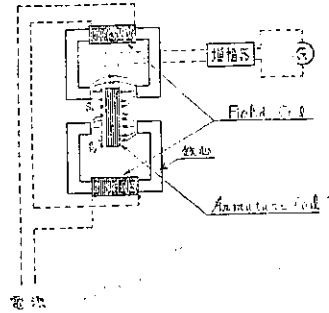
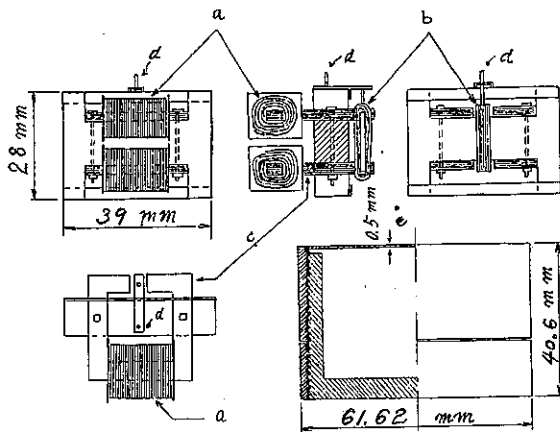


図-4 (a). 受圧函の内部構造



- a Field Coil
- b Armature Coil
- c 鉄心
- d 受圧鉄 e の下面に  
接触する。

図-4 (b).

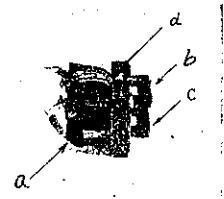
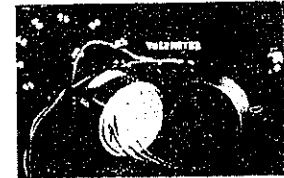


図-4 (c). 受圧函の内面



図-4 (d). 受圧函の外表面

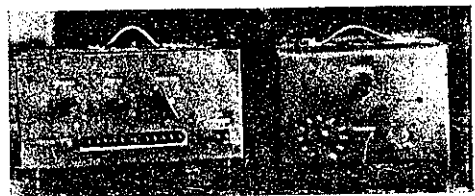


其の委しい構造は図-4 に示される。受圧函の材料としては、重量を小さくするため、弾性係数の大な且弾性限度の高い材料を用ひたかつたのであるが、試作として旋盤加工の樂な眞鍮を用ひた。之は又、含水軟弱土の實驗に用ひる場合錆びない様にと思つた點もあるのであるが、此の場合絶縁がどの程度行くかは疑問である。眞鍮材は弾性について不安であるが、後述の calibration 程度の荷重に對しては大丈夫と思ふ。

出來上がった受圧函の大きさは次の通りである

直径 60.62 mm,      厚さ 40.6 mm,

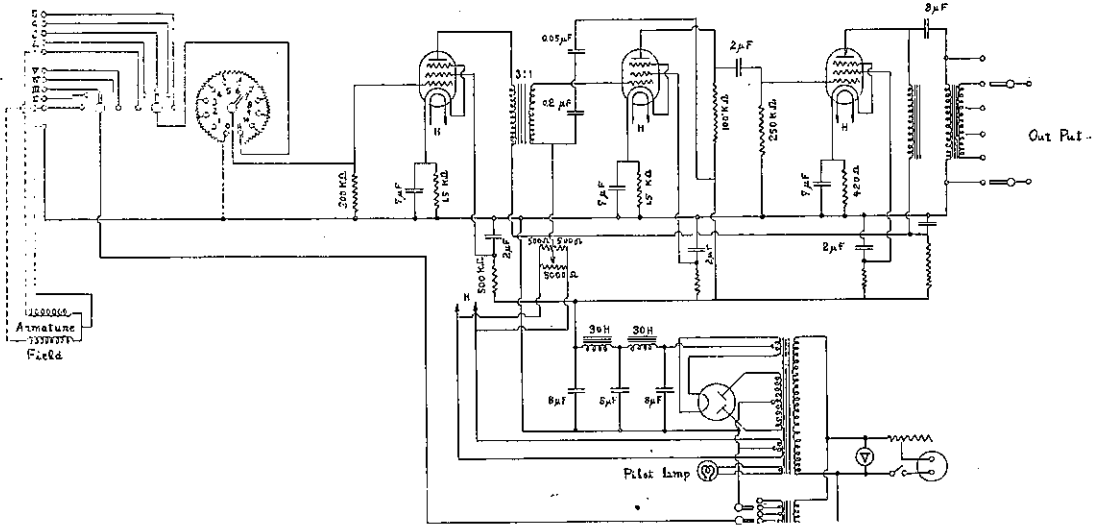
図-5. 増幅器



重量 490 gr, 比重 3.18, 受圧板の厚さ 0.5 mm

(2) 増幅器及其の配線図 (図-5, 6), 増幅器の terminal の数は, 同時に 5 個の受圧函を用ひて切換へ測定出  
来る様にした。

図-6. 増幅器配線図



5. 測定器の calibration

Calibration の方法としては, 受圧面の中央に既知の集中荷重を載せて之と相等しい撓(こゝでは電流計の読み)をあたふる等分布荷重を換算するか, 又は完全な等分布荷重をかけるか何れかである。前者に對しては受圧函の周壁が薄い(3mm) ため受圧板の支持條件に不安があるし, 又小面積の円板の中心に集中荷重をかけることは困難なので後者を選んだ。等分布荷重を得るには液体を用

図-7 (a). Calibration 装置圖

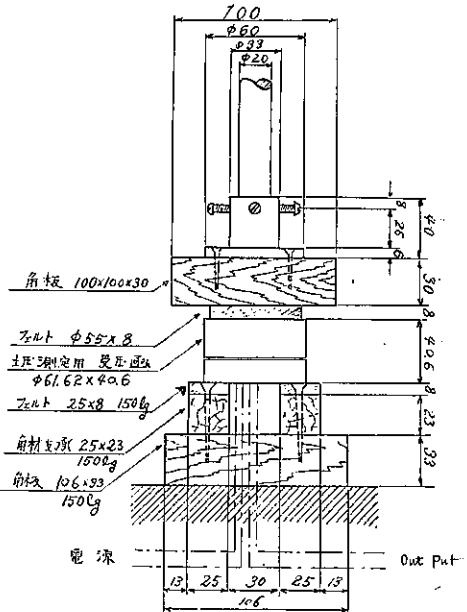
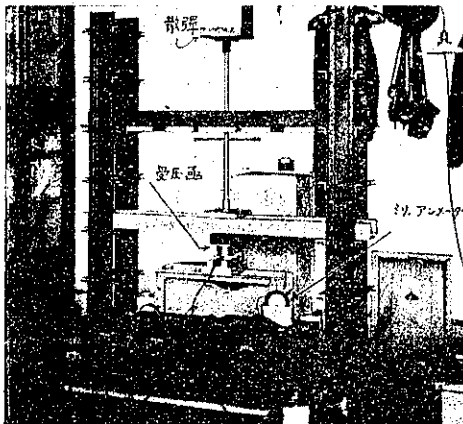


図-7 (b). Calibration 状況



ひるのが完全であるが、技術的に困難であるため図-7 の如き方法を選んだ。即ち円直棒を通して散弾の荷重を加へ、受圧面と加圧面の間にフェルトをはさんだ。

Calibration の結果を示せば図-8 の通りである。受圧板を周辺を埋込まれた円板と假定して等分布荷重による其の中央の撓  $\eta$  を求め図に記入した<sup>(9)</sup>(但眞鍮の  $E=1000000$  kg/cm<sup>2</sup> とした)。従つて實際の撓と幾分違ふだらうが大体の近似値を示すと思ふ。即ち 1/100 目盛 milli-ammeter を用ふれば、

撓の感度として 1/100mm 程度

分布圧力の感度として 0.02kg/cm<sup>2</sup> 程度 (図-8 の横軸参照)

の成績をあげることが出来るわけである。増幅度、受圧面の材料を選択すれば感度も又変化する。

## 6. 結 語

此の測定器は、基礎工の問題、擁壁の問題等を調べて見たいと思つて作つたのであるが、充分そこまで進めてをらず、従つて使用した工合を充分報告する事は出来ず製作結果を報告したわけである。製作後の感想を列挙すれば、

- (1) 此の測定器は、頑丈きの點に於て他の測定器に比して甚だ劣るが、小型なこと土の内部任意の方向に装置出来る事等、便利な點があると思ふ。
- (2) 此の測定方法は同じ仕掛を用ひて、受圧面の材料を適當に選べば相當大きな荷重に對しても用ひられ、従つて現場の實測にも使用出来るものである。
- (3) 此の受圧面からは 4 本の電線が出てゐるが、他の方法を選び電線を 2 本とすればそれだけ土の变形を妨げない様になるわけである。

(4) 此の研究は旅順工科大学夔刈學術研究奨励資金によつてなされたものである。

(5) Jamieson 氏が穀倉の側圧測定に用ひたものである。Ketchum; Walls, Bins and Grain Elevators. 1911 p. 329~342.

(6) Stress in Rail Road Track; Bulletin of the American Railway Association vol. 19. 1917, p. 901.

(7) 鉄道省型土圧測定器; 鉄道省土質調査委員會報告 第 4 輯 昭. 11-4.

後藤宇太郎; 耐圧試験に就て鉄道省土質調査委員會報告 第 3 輯 昭. 9-7 p. 175.

(8) W. S. Housel; A practical method for the selection based on fundamental research in soil mechanics. Engineering Research Bulletin of University of Michigan. No. 13 October, 1929, p. 17.

Otto Zeiß; Versuche mit einer neuartigen pneumatischen Bodendruckmeßdose. Bautechnik, 14 Juni 1935, p. 329.

(9) 大糸線、大野隧道内覆工に及ぼす粘土の圧力分布測定 鉄道省土質調査委員會報告 第 4 輯 昭, 11-4, p. 65.

(10) 後藤宇太郎; 耐圧試験に就て (前出,<sup>(4)</sup>)

(11) 前出<sup>(2)</sup> p. 352.

(12) 山口 昇; 応用力学ポケット・ブック p. 147 の式による。

図-8. Calibration の結果

