

広島大学 正員 網干寿夫
 広島大学 正員 丸山誠一郎

1. まえがき

土の歪みを測定する方法には地表面型と土中型とがある。地表面型では一般に複雑に分布する、土中応力に対した歪分布を知ることが出来ない。したがって精度の高い土中歪計の開発が急がれるわけである。

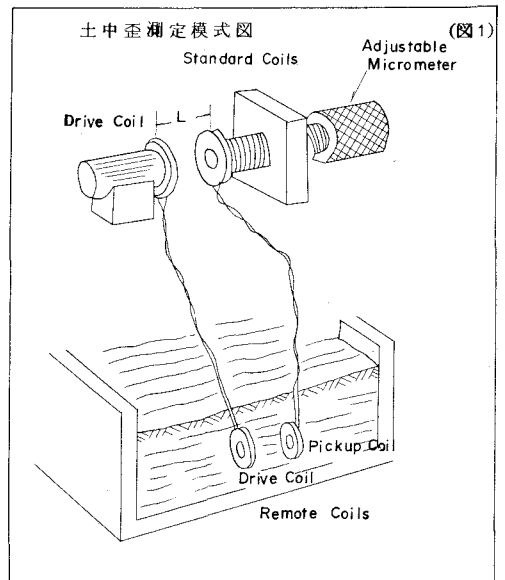
従来用いられている土中歪計は数少なくそれも本来、変位形、沈下計に属するもので歪ゲージを張り付けた塩化ビニールパイプによる方法及びソレノイドコイルによる沈下測定方法がそれである。前者は精度は高いが、測定距離が小さく軟弱な土中での測定には不適当である。後者は非常に大きな沈下測定には有効であるが横方向の歪み測定には不向きである。

そこで今回20KCのブリッジ電源を持つDM-P型動的歪計を利用して物理的につながりのない1対のコイルを地中に埋込みこれに変圧器の原理を利用して電氣的に連結しコイル相互の距離変化による電気変化を別途に空中に設けた1対のコイルで土中のコイルと同一の状態を再現し土中に設置したコイルの相互距離を空中のコイルの相互距離の変化で歪みを測定しようとするものであり本報告は土中歪計の基礎的実験を行いその適応性を確かめたものである。

2. 相互インダクタンスを利用した土中歪計の概要

オ1図は相互インダクタンスを利用した土中歪計を模式的に示したものでありその回路はオ2図に示す通りである。W.B.Truesdale等もこの方法を試みているが本報告の測定回路とはかなり相違がある。

相互インダクタンスを利用した土中歪計による土中歪測定の本メカニズムは次のようである。土中歪ゲージは二対のコイルからなりその各々をスタンダードコイル、リモートコイルと称しリモートコイルを土中に埋設する。リモートコイルはドライバーコイルと感應コイルに分けられ、ドライバーコイルに交流電圧をあたえると、相互インダクタンスにより感應コイルに起電力が発生する。発生する起電力の大きさはドライバーコイルと感應コイルの相互距離が影響している。このことはスタンダードコイルについても同様であり感應コイルに同じ起電力を発生させるようにスタンダードコイルの距離間隔を調節することにより起電力をバランスさせる。そして各コイルが同一の自己誘導係数をもち同軸上にあるならばこのバランスした状態のもとで原理的にスタンダード及びリモートコイル各々の相互距離は同一の筈である。もしリモートコイルが土の変形に順応して変位し、遂次バランスさせて行くならば土の歪量はスタンダードコイルの相互



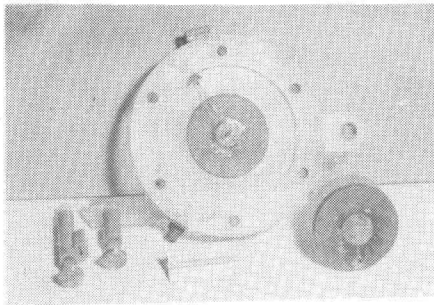


図3

距離の変化として示される。

3. 実験方法及び結果

前述したように相互インダクタンスを利用すれば原理的には土中歪を測定することが出来るわけであるが、土中歪計として利用されるためには最小読み取り精度、感度、測定範囲、直線性及び一意性等が確かめられなければならない。

現在の土中歪計のメカニズムでは同一の自己誘導係数をもつコイルを同軸上で変化させる事が原則である。これが完全に確保される可能性は小さい。

自己誘導係数のわずかの相違は多少直線性は失われるかも知れないが校正曲線を作ることによって省くことが出来る。

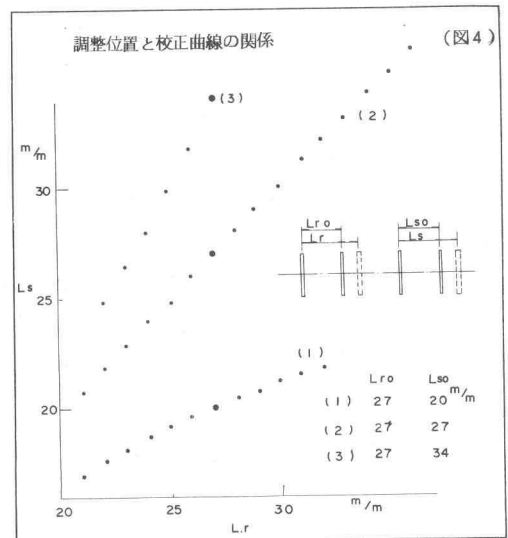
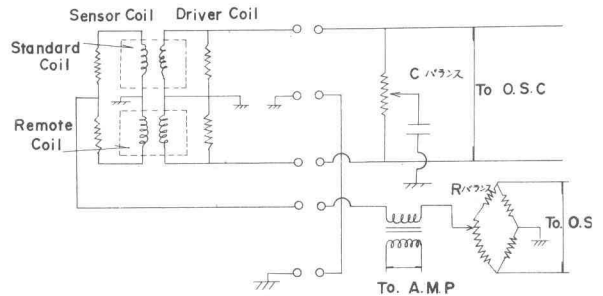
しかし土中に埋設

するリモートコイルを厳密に同軸上にセットする事は困難な事であり、土塊が応力を受けて変形する過程で常に一次的変化だけをするとは限らず、ずれ、回転等を伴うのが一般である。又第1図に見るようにリモートコ

イルは土中に、スタンダードコイルは空中にあり、媒質の相違が起電力に影響を与えるとすれば、ずれ、回転及び媒質の相違による起電力の変化は全てスタンダードコイルに等価距離として現われる。

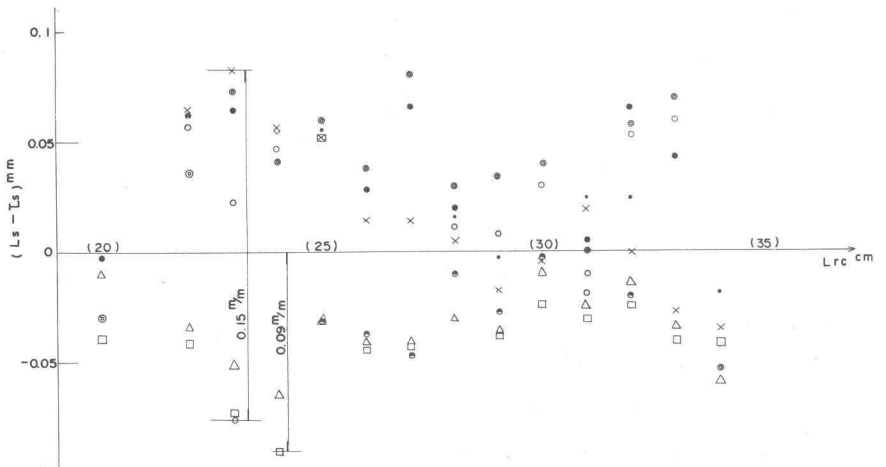
回路図

(図2)



平均校正曲線よりのバラツキ

(図5)



即ち誤差として現われるわけである。

この実験に於ては、相互インダクタンスを利用した土中歪計の最小読み取り精度、感度、最適測定範囲、直線性及び一意性を確かめると共にずれ回転及び媒質の相違による影響がどの程度であるか、どの程度のずれ及び回転ならば許容誤差とみなし得るかを確かめたものである。

実験に使用した各コイルは第5図に示すような直径18mm自己誘導係数が約1.5ミリアンパーのコイルである。リモートコイルの一方はマイクロメーターに連結し相互距離の変化、左右のずれ及び軸の回転の測定も可能な装置とした。一方スタンダードコイルは一軸上だけ変位させマイクロメーターにより変位置量を測定した。

増中器は20KCのブリッジ電源を持つDM-P型動的歪測定器を用い、誘導起電力のバランス指示計としては電流計を用いた。

実験はまず校正曲線の作成から始めた。

スタンダードコイル、リモートコイルを適当な距離に設置し動的歪測定器のCバランス、Rバランスを変化させ感応コイルの起電力をバランスさせる。以下この調整を初期調整と称する。

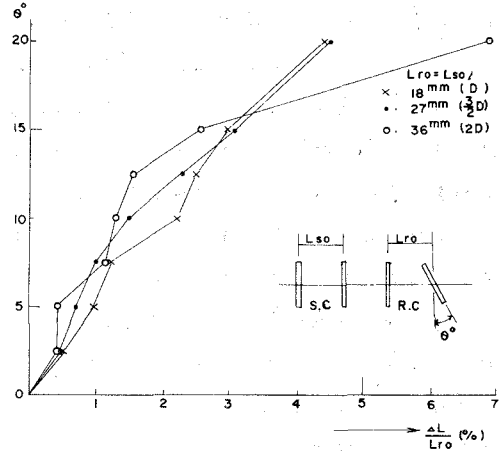
初期バランスを取るときのリモート及びスタンダードコイル各々の相互間隔を L_R 及び L_S で示し初期調整を取る位置が校正曲線にどのように影響するかを検討したものが第4図であり3つのケースの校正曲線が示されている。

(1)のケースは $L_R = 27\text{mm}$ 、 $L_S = 20\text{mm}$ で、 $L_R > L_S$ の場合は $\frac{\Delta L_S}{\Delta L_R} = \frac{2}{5}$ 位で直線性もよくない。(2)のケースはコイル直径の1.5倍で $L_S = L_R = 27\text{mm}$ である。 $\frac{\Delta L_S}{\Delta L_R} = 1$ であり直線性も広い。(3)のケースは(1)のケースと逆で $L_R < L_S$ であり $L_R = 27\text{mm}$ 、 $L_S = 34\text{mm}$ である。この場合は $\frac{\Delta L_S}{\Delta L_R} = 2$ で直線性も悪い。結局初期バランスは等距離で行うのが良い事が分る。

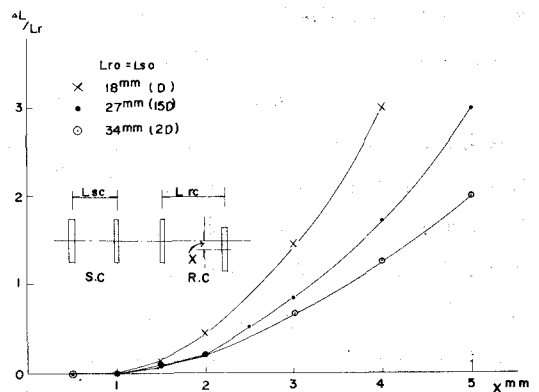
又同じ等距離であっても図には示していないが相互距離の小さい所で初期バランスを行うと誤差範囲が大きい事が見いだされ、初期調整はコイルの直径の1.5~2.0倍位で行うのが最適である。

第5図は初期バランスを $L_S = L_R = 27\text{mm}$ で取りコイルの相互距離を20~40%の範囲で4往復させて、誤差範囲をリモートコイルの相互距離 L_R に対して示したものである。誤差範囲は初期バランスを取った位置から離れるに従って誤差範囲も大きくなっている。 L_R の小さい部分の誤差範囲が大きき0.15%である。従って測定範囲を適当に選ぶならば、土中歪計の最小読み取り精度は0.1%であると共に L_R を30%にすれば歪みにして0.3%の誤差ということになる。尚この関係はリモートコイルを泥水中に置いた

コイルの傾きとStandard coilの変化量の関係 (図6)

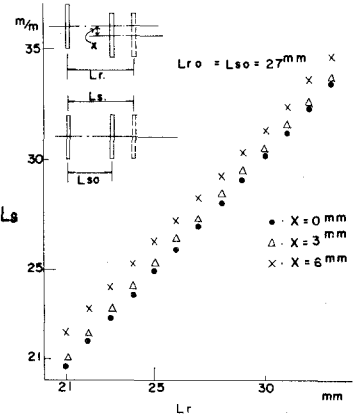


偏心量とStandard coilの変化量の関係 (図7)



(図8)

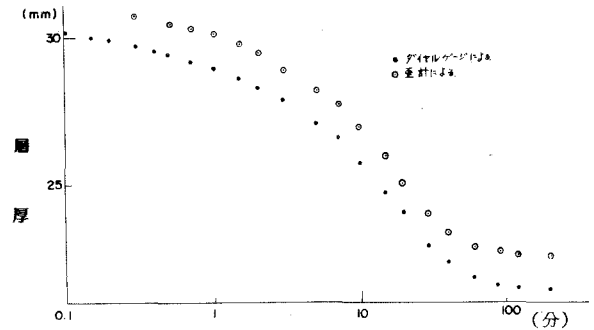
場合もほぼ同様な結果が得られた。オ6図はリモートコイルの回転の影響をコイル相互間隔18%, 27%, 36%の3つの場合について調べたものでいずれも傾斜が5°以内なら誤差は1%以下に出来る。オ7図はリモートコイルのずれの影響をコイル相互間隔18%, 27%, 36%の3つのケースについて示したもので、ずれの大きさが3%以下ならば誤差は1%以下である。従ってリモートコイルを土中に設置する際及び変形過程での許容されるずれ、回転は許容誤差を1%に規定するならば各々3%, 5°位である。通常電氣的歪ゲージ、例えばワイヤストレンゲージの精度の誤差が3%前後であることから、この土中歪計の精度がかなり良いことを示している。



圧密試験による変形量～時間曲線

(図9)

オ8図は初期調整にずれが存在した場合の校正曲線であるがやはりずれ量3%以下ならば影響も小さい。最後に空中、水中における校正曲線をもとにして実際の土中に埋め込まれた場合の検討を行うためアクリライト材で試作した一軸圧密試験機の下排水面にリモートコイルを設置して、試料厚35%の粘土の圧密を行い、土中歪計による沈下～時間曲線とダイヤルゲージによる沈下～時間曲線を比較したものがオ9図である。



結果的に各時刻において約1%の誤差を生じたが変化距離の相対的關係は0.1%以内の誤差を保って変化した。この1%の誤差の原因については実験を重ねて追求する予定である。

4. あとがき

相互インダクタンスを利用した土中歪計に関する基礎的実験結果から次の様に結論する事が出来る。

- 1) 測定範囲はコイルの直径の1～3倍位が適当であり、その範囲は通常の歪ゲージに比べて非常に大きく、粘土など比較的変形の大きいものに適する。又この範囲での精度は1%以下であり、感度も良好である。
- 2) コイルのずれ及び回転による誤差はずれ量が3% ($\frac{1}{3}D$) 以下、回転角が5°以下ならば誤差は1%以下である。
- 3) 校正曲線は初期バランスの位置によって変り、リモート及びスタンダードコイルの相互距離を同一にしコイル直径の1.5～2倍で初期バランスを行えば校正曲線は比較的良い直線性が得られる。又コイルの自己誘導係数を厳密に揃えれば更によい直線が得られる。
- 4) リモートコイルは粘土の中に置かれスタンダードコイルは空気中にあるがこの媒質の相違による影響は小さい。(参考文献: W.B. Truesdale, R.B. Schwab, Soil Strain gage Instrument, Technical Report No. AFWL-TR-65-207)