

III-99 深度別沈下量測定器について

関西大学工学部 正員 ○ 井上 啓司
関西大学工学部 正員 谷口 敬一郎

1. 序

埋め立て地や厚層盛土などの圧密や圧縮による沈下現象の測定は、測定点が地表にある場合は比較的容易であるが、地中の変位を測定する場合はかなり困難となる。従来から、この目的のために2重管方式やアイソトープ法などが用いられてきているが、それぞれ使用上の制約があつて不便な点が多い。ここでは、深度別毎の沈下量を観測する目的で、電磁誘導現象を利用した簡便な測定法を考案したので、その原理と結果について報告する。

2. 原理

Fig.1に示されるような円形コイルに交流 I を流したとき、任意の点 P における磁界は円柱座標系による表示を用いれば、つぎのように書かれる。

$$\left. \begin{aligned} H_z &= \frac{aI}{2} \int_0^\infty e^{-\lambda z} J_0(\lambda a) J_0(\lambda \rho) \lambda d\lambda, \quad z \geq 0, \\ H_\rho &= \frac{\pm aI}{2} \int_0^\infty e^{-\lambda z} J_1(\lambda a) J_1(\lambda \rho) \lambda d\lambda, \quad z \geq 0, \\ H_\phi &= 0. \end{aligned} \right\} (1)$$

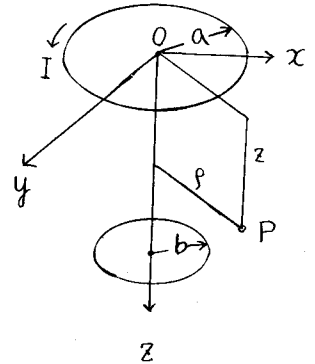


Fig.1 コイルと座標系

ただし、周囲の媒質は空気であるとし、 J_0, J_1 は0次および1次の第1種ベッセル関数で、 λ は分離変数である。コイルの軸上では $\rho=0$ で、 $H_\rho=0$ となり、 H_z のみの成分となる。この場合は式(1)の第1式から、

$$H_z = \frac{I}{2} \cdot \frac{a^2}{(a^2+z^2)^{3/2}} N_1 \quad (2)$$

N_1 ; コイルの巻数

となる。

いま、このコイルを発振コイルとし、半径 b の別なコイルを受信コイルとして、それぞれの軸を z 軸と一致させた場合、受信コイルに誘起される起電力 e は、

$$e = 2\pi f \mu_0 N_2 \int_S H ds. \quad (3)$$

ここで、 f ; 周波数, μ_0 ; 真空中の透磁率 ($4\pi \times 10^{-7}$ Henry / m), N_2 ; 受信コイルの巻数である。 H は受信コイルの面を貫く磁界の強さで、厳密に言えばコイル面内の各位置で異なった強さを示すが、 $z/a > 1$ であれば $H \approx H_z$ とみなしてよく、したがって、 $\int_S H ds \approx \pi b^2 H_z$ となる。この関係と式(2)と式(3)に代入すれば、発振コイルによって受信コイルに誘起される起電力は次式のようになる。

$$e = 4\pi^3 f \frac{a^2 b^2}{(a^2+z^2)^{3/2}} I N_1 N_2 \times 10^{-7} \quad (V), (4)$$

このようなコイル系を地中に挿入するときは、周囲の媒質の影響を受けて誘起成分が生じ、 H_z の値が小さくなる。土地の比抵抗を ρ として、

$$\xi^2 = \pi f \mu_0 a^2 / \rho \quad (5)$$

で表わされる ξ をパラメータとし、磁界の各成分 (R_e ; 同相成分, I_m ; 誘起成分) を計算すると、Fig.2のようになる。一般の土地の中では、 $\rho \approx 100 \Omega \cdot m$ 程度の値であるから、こ

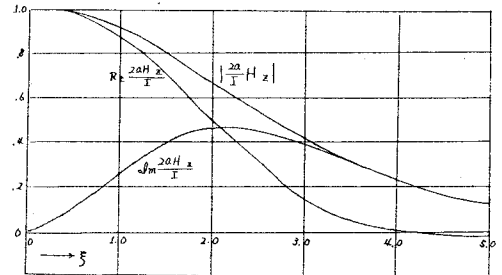


Fig.2. $\xi = \sqrt{\pi f \mu_0 a^2 / \rho}$ をパラメータとして表わした磁界の各成分

のような使用法に対しては、 $\xi \ll 1$ で、磁界の強さにはほとんど変化が生じない。しかし、金属物体のように ρ の値が極端に小さいものがこのコイル系の付近に存在すると、 H_z が小さくなり、したがって e の値も

小となる。

3. 測定器および測定法

実際の測定用の検出部としては、Fig. 3 に示されるように、2つの同型のコイル L_1 , L_2 を発振コイルとして、たがいに磁場と打消すように逆接続し、その中央に受信コイル L_0 を置く。これらのコイルは適当な太さのエスロンパイプに溝切りして、その中にコイルを巻きこみ、これを測定用プローブとして、ボーリング孔内に上下させる。

あらかじめ準備できる場合には、盛土施工時に適当な間隔で薄い金属板を敷きこみ、工事完了後にこれらの金属板を貫くようにボーリングを行う。施工時にこのような準備がなされていないときは、ボーリングの後にピアノ線のような剛性の金属線をエスロンパイプの外側にまきつけ、これを孔中に下して留め金を外し、孔壁にリングが圧着するようにするのが便利である。

Fig. 4 は測定装置の概略を示すもので、発振器としては通常市販の CR 型低周波発振器でよく、プローブおよび導線をつないだ状態で周波数を変えながら、同調するなり、最高電圧を示す周波数を決める。検出器としては、通常の真空管電圧計またはトランジスタ電圧計で十分である。プローブが金属板または、リングの位置を通過するときは、Fig. 5 に示されるような双峰性の電圧曲線が得られる。これは Fig. 3 のプローブが金属板を横切るとき、 L_2 の影響が小さくなって L_1 のみの作用により、 L_0 の誘起電圧が増加する。 L_1 が横切るときも同様である。したがって L_0 の位置が金属板の位置と一致したときに最小値を示すことになる。製作上、バランスがとれていないと、 L_0 と金属板の位置がやや違った点で最小値となるので注意を要する。

試作したプローブは半径 23 mm, $N_1 = N_2 = N_0 = 50$ 回、コイル間の間隔は 25 mm で、このときの同調周波数は 32 kHz, であつた。空気中における L_0 の誘起電圧は約 2 mV, 金属板により観測される電圧の最高値は 40~80 mV で S/N 比は 26~32 db となる。

以上のような測定操作を適当な時間間隔をくり返して、指示深度の変化を観測すれば、各深度における沈下曲線が得られることになる。この方法は、また、盛土地盤の圧密沈下や盛度の圧縮等の測定にも利用することができる。

参考文献

- (1) G.N. Watson : Theory of Bessel Functions
- (2) S.S. STEFANESCU : Beitr. z. angew. Geophysics., 5 (1935) 182~192
- (3) 清野, 吉佐, 若口 : 物理探鉱, 9-4 (1956), 10-1 (1957)
- (4) 吉佐, 若口, 吉田 : 水曜会誌, 15-6 (1964)

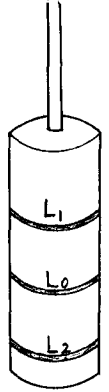


Fig. 3 プローブ

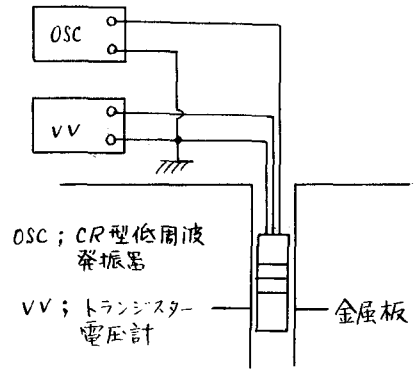


Fig. 4 測定装置概略図

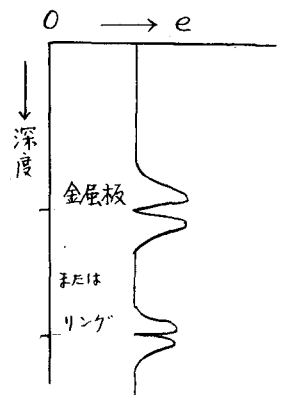


Fig. 5 測定電圧