

東京都立大学工学部 正員 安川 浩
同 上 正員 O字井 正和

これは、抵抗線式水位計の出力に対して影響をおよぼす、液体(水道水)の電気伝導率の温度変化と、水位計の相互干渉について検討したものである。

温度特性

抵抗線式水位計の応答は、プローブの両電極間電流に依存するため、導体としての液体の電気的性質および温度変化によって影響をうける。特に液体の電気伝導率 K は、電極間の抵抗 R と、 $R \propto 1/K$ の関係にあるため、水温変化の起るような長時間におよぶ水理実験等では、この K の温度変化が水位計の出力変動の最も大きな要因の一つとなる。ここでは、水理実験でよく使われる水道水を例にとりて、電気伝導率 K の温度変化を調べると共に、長時間経過後の K について検討をする。

図1は水道水における K の温度変化を実測したものである。水道水によって多少電気的性質が異なるから、全ての水道水の K がこの図に従うとは限らない。しかし測定の結果によれば、その差異は図中のグラフを単に平行移動しただけであり、伝導率 K の温度による変化はほとんど同一の傾向を見せている。

通常、合金等の伝導率は絶対温度(T)に
関係し、 $1/K = \alpha + \beta T$ 、(α, β は定

数)なる関係があるといわれているが、少くとも水理実験を行う範囲内において、 K と水温 t の関係は次式のような線型関係が最もよく実測値と適合するようであり、又実用上からも便利であると思われる。

$$K = \alpha + \beta t \quad (t: \text{摂氏温度}) \quad (1)$$

図中の実直線は、実測値に対する実験式であり、 a の直線では、 $\alpha = 0.935 \times 10^{-4} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ 、 $\beta = 0.03 \times 10^{-4} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ である。 b のグラフは一日放置した水道水の伝導率変化である。同一の水道水でも長時間の放置によってその伝導率の値の移動が見られるが、しかしその温度変化の傾向は a のグラフと等しい事を示している。結局、図から明らかなように、例えば 5°C の水温変化がある場合には約 15% の出力変化が生じ、そのデータの信頼性に大きく影響をおよぼすことがわかる。

相互干渉

複数の抵抗線式水位計を同時に使用する場合、それら水位計相互の影響の問題は常に注意せねばならない事ではあるが、それに関する適切な説明、あるいはその解除法については明らかにされていない。原因としては計測器の不安定や調整不良等があげられるが他に、プローブの両電極間電流の流れ方が他のプローブの電流の影響をうけて変化し、水位計の出力に変化をおよぼす場合も考えられる。ここでは後者、即ち完全に調整された水位計プローブが互いに接近した時の電流の流れ方により、相互干渉を考察する。

1. 水位計プローブの電極間抵抗は、二次元の湧き出し吸い込みの系におけるポテンシャルと同様の考え方によって求める事が出来る。^{1),2)} 故に二個の水位計プローブが近接して設置された場合の電極間抵抗の式は次式となる。

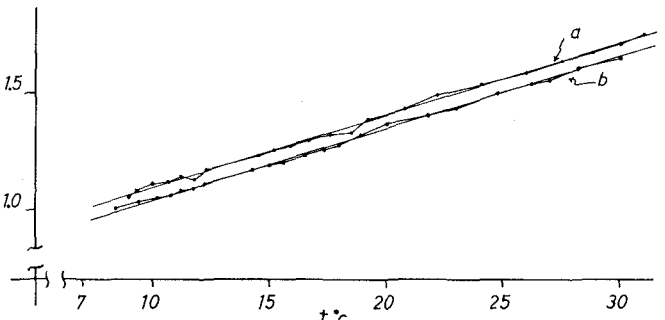


図 1

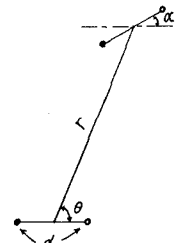


図 2

$$R = \frac{1}{\pi} \ln \frac{d}{p} + \frac{1}{4\pi K} \ln \left[\frac{S^4 - 4S^2 \cos(\alpha - 2\theta) \{1 + \cos \alpha\} + 4\{1 + \cos \alpha\}^2}{S^4 + 4S^2 \cos(\alpha - 2\theta) \{1 - \cos \alpha\} + 4\{1 - \cos \alpha\}^2} \right] \quad (2)$$

ここで、 d ：プローブの電極間隔、 p ：電極の半径、 S ： r/d 、 r ：プローブ相互の中心距離、 θ ：プローブ面と r とのなす角度、 α ：プローブ面と他のプローブ面のなす角度。(2)式の右辺第二項は、他のプローブの影響のない十分な領域での単位深さあたりの抵抗であり、電極間隔と電極の半径だけに依存するものである。

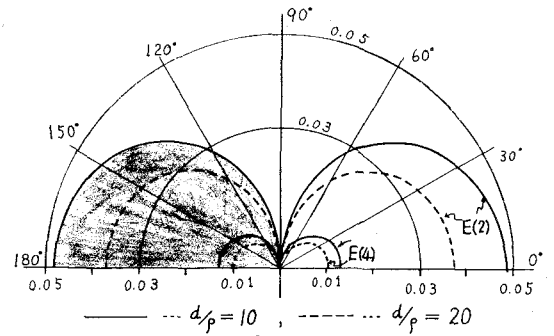


図 3

るが、第二項は互いに離れて設置された二つのプローブが互いにそのプローブ面（両電極を含む面）を以て傾けた場合の抵抗の付加項である。図2参照。つまり他の水位計プローブが近づくと、水位計出力は(2)式の右辺第二項の量だけ値がずれることを示している。図3は(2)式において、 θ を $\pi/2$ に固定し、 α を変化させた時の値のずれ方、即ち第一項に対する第二項の比を S をパラメータにして $E(S)$ で表われ、円グラフ上にプロットしたものである。それ故各角度 α における E は動径の大きさで示されている。図中 $\pi/2$ より π までの黒くぬられた部分は E が負であることを示す。図によると、 $\alpha=0$ のとき E の値は最大であるが、 α を増して行くと次第に減少し $\alpha=\pi/2$ で0となる。さらに α を増すと E の値は負となって変化する。これによって、他のプローブの影響をうけないようなプローブ面の向き方が存在することがわかる。さらにこの値のずれは $S(=r/d)$ が2の時でも5~6%以内であり、 S が4になると1%程度に減少するため、水位計の干渉の大きさとしては微小であると考えられる。

2. 波の変形あるいは波の回折等の実験では、多くの水位計を用いての測定が必要となるが、次にこのような場合の相互干渉について検討する。水位計プローブを多数設置する方法はそれぞれ目的によって異なるから、一般的とはいえないが、今無根拠の、同等の水位計プローブと等間隔に直線状に並べた場合を想定し、さらにこれらプローブの面が互いに平行であると仮定する。図4-a参照。このように連続した水位計の場合の電極間抵抗を求めると、単位深さあたりの抵抗は次式のようになる。

$$R = \frac{1}{4\pi K} \ln \left\{ \frac{\sin \frac{\pi}{S} e^{-i\theta} \times \sin \frac{\pi}{S} e^{-i\theta}}{(\frac{\pi}{S})^2} \right\}^2 \quad (3)$$

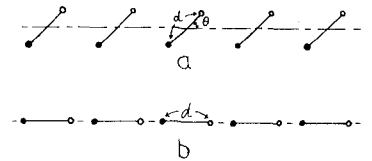


図 4

例として、プローブの並び方向とプローブの面が平行($\theta=0$)になる場合、図4-b、の R と S を変数にして表わしたものが図5である。図に

よれば、 S が大きくなると値のずれ E は急速に減少し実用的には不都合は生じないと思われるが、前記の二個の水位計の場合と比較してかなり大きいようである。そこでプローブの並び方向に対してプローブの面が直交と平行を交互にくり返すように並べてみると、これらの電極によって作られる電位は、互いに直交する水位計プローブに対して影響をおよぼさない事がわかる。この並び方を採用する事によって、二倍のプローブ間隔で設置した場合と同様になり、プローブ間の干渉を極力減少させる事が出来る。

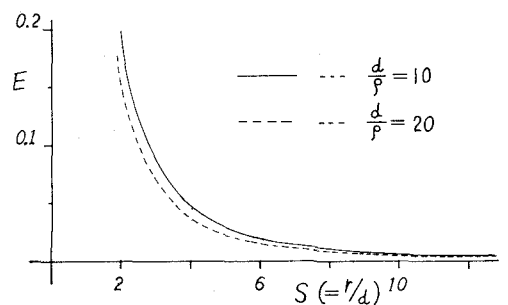


図 5

文献¹⁾：安川、宇井 “抵抗線式水位計プローブと境界値問題” 才3土木学会関東支部年講。

文献²⁾：安川、宇井 “平行線型水位計プローブの空間的分解能” 才32回土木学会年講。