

東京都立大学工学部 正員 〇字井正和
安川 浩

緒言

筆者等は50年度土木学会関東支部年講において、平行線プローブを有する水位計の壁面境界による影響を検討し、湧き出し吸い込みにおけるポテンシャル解法と同様の方法によって解析出来る事を示した。

通常の水位測定では、いかなる水位変動の読み取りをも静的にキャリブレートした値と比較しているが、複雑な水面形状を呈する場合これらがどの程度水位の真値を与えているかは明らかにされていない。現在不規則波等の水位測定が多く行われるが、水面形状と水位計出力との関連を明確にすることなしにはその測定精度を上げる事は困難であろう。ここでは、水面形状に対する平行線式水位計プローブの応答性を調べることを目的とし、水面形状としては二次元波と、三角波のような三次元波を対象とした。

解析

水位計プローブの応答は、導体中の両電極間の電流の流れ方によるものであり、導体中の電気伝導度 K が場所的に一定である場合は電流密度 $\vec{i}$ と電位 ϕ の満たす方程式は次式となる。

$$\vec{i} = -K \nabla \phi, \quad \nabla^2 \phi = 0$$

以上の方程式を種々の壁面境界について解くのは既報⁽¹⁾を参照することとし、ここでは円型水路における抵抗算出式を示すにとどめる。

$$R = \frac{1}{2\pi K} \left\{ 2 \ln \frac{d}{\rho} + \ln \frac{a^4 + r_1^2 r_2^2 - 2a^2 r_1 r_2 \cos \alpha}{(a^2 - r_1^2)(a^2 - r_2^2)} \right\}$$

ここで、 R :電極間抵抗、 d :電極間距離、 ρ :電極半径
 a :円型水路半径、 r_1, r_2 :水路の中心より各電極までの距離
 α :両電極を見込む中心角。

上式第一項の $\frac{1}{2\pi K} \ln \frac{d}{\rho}$ は無限に広い水域における単位深さ当りの電極間抵抗を示す。

解析においては二次元波および三次元波を図1に示すように、屋根型 Type I, と円錐型 Type II とにモデル化しその水域内での電極間抵抗を考察した。

Type I および II の水域においても、電流は電極に垂直な平面内を流れる二次元流であると仮定し、その電極間抵抗は図1中に示したように微小な厚さ ΔH ごとの抵抗を前記の方法で求め、電極の水没長さまで数値積分して得

図 1
Type I (屋根型) Type II (円錐型)

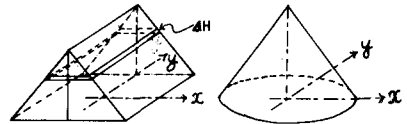


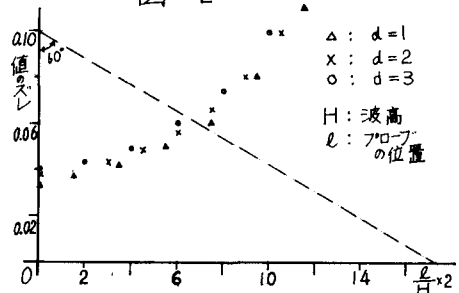
表 1

電極の座標	解析値 Ω	実測値 Ω	差の割合
-1.0 1.0	5.64	5.26	0.07
-2.0 2.0	8.23	7.91	0.04
2.-2 2.2	9.56	9.20	0.04
0.0 -1.0	4.27	4.10	0.04
-1.0 -2.0	4.90	4.75	0.03
-1.1 -1.0	4.31	4.37	0.01
0.-1 0.1	5.09	5.30	0.04
0.-3 0.3	8.16	8.03	0.02
1.-1 -1.1	6.47	6.24	0.03

表 2

電極の座標	解析値 Ω	実測値 Ω	差の割合
0.1 0.-1	9.45	10.00	0.06
0.1 1.0	8.39	8.79	0.05
0.2 2.0	13.00	13.56	0.04
0.2 0.-2	14.33	15.53	0.08
0.3 0.-3	20.59	22.63	0.06
0.3 3.0	18.87	20.09	0.06
0.3 1.0	17.37	17.45	0.005
0.3 2.0	18.04	18.35	0.02

図 2



られる。

実験および結果

実験は Type I および II の水槽に水位計を挿入し、プローブの位置を変えながらそれぞれの地質における電極間抵抗を測定するとともに、解析値と比較した。実際の実験は、図 1 中の各タイプ図の上下を逆にした水槽中において測定した。

表 1 および 2 は、Type I および II における解析結果と実験値を対比させたものである。これによると、両者の“差の割合”（解析値と実験値の差を実験値で除したもの）が $0.04 \sim 0.07$ の範囲内にあり、解析値が十分信頼できるものであることを示している。又逆に、このような水面形状での水位計電極間抵抗は、前記のような解析方法によって値が求められるものであり、単に静水中にプローブを上下させて得られる値とは異なることも示している。

次に、静的キャリブレーションの可能な範囲を考えてみる。

図 2 は頂角が 120° （波形勾配 $H/L = 0.29$ ）の波の各場所での電極間抵抗値のズレをプロットしたものである。ここで値のズレとは、各地質における抵抗値と、十分な水域での抵抗値との差を後者で除したものとす。図の横軸は水位計プローブの存在する地質を示し、斜めの破線は波の 4 分の 1 を表わしている。図によれば、波の中心付近の水位はキャリブレートした値によって $4 \sim 5\%$ のズレの範囲で対応しうるが、プローブが波の頂角から遠ざかるにつれてズレは増大し、 $2L/H = 8$ を超えると 8% から 10% 近くにも大きくなっていることがわかる。

図 3 は、波の頂角（波形勾配）、あるいはプローブの電極間々隔が変化して時に水位計への影響について示したものである。ここでは水位計プローブの中心が常に波の頂角と一致した状態を考えている。

横軸は波形勾配と電極間々隔の積で表わした。多少値はバラついてはいるがグラフは顕著な右上りの傾向を示している。これは水位測定において、 dH/L を出来るだけ小さくすることによって精度が上げられることを意味し、例えば 4% 以内の精度が必要な場合には、 $dH/L = 0.5$ 以下にする必要を示している。

図 4 は Type II における円錐形の頂角および電極間々隔 d が変化して時の抵抗値のズレを示したものであり、図 3 と同様の意味をもつものであるが、単に頂角と d によって分類してある。図より明確なように、波の頂角が大きくなればなる程又電極間々隔 d が小さくなる程値のズレは縮小し、通常の静的なキャリブレーションにおいても測定しうる範囲内に入ってくることを示している。

まとめ

局部的な水面形態における水位計プローブの電極間抵抗は、準静的な水位変化における抵抗とは異なり、ここでは前者を求める方法を提示すると共にそれが十分信頼出来るものである事を実験との比較によって明らかにした。ここで用いられた方法はどのような水面形に対しても適用する事が出来、適宜必要な水位計プローブの決定選択に有用であると考えられる。

文献¹⁰：安川、字井「抵抗線式水位計プローブと境界値問題」昭和 50 年度土木学会関東支部年講。

