

写真による水中位置決定の1方法について

京都大学工学部 正員 〇 森 忠次
大 塚 組 正員 市川直義

水中を撮影するには、使用する写真機とレンズによって種々方式が採用されるが、大別すると図-1 のようになる。

このうち、A および B の場合では、光線が途中で屈折するため、得られた写真から物体の位置を求める方法が複雑になる。とくに、工事施工に関連するような測定に際しては、なるべく直接した写真撮影

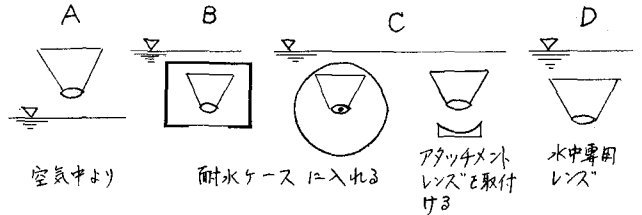


図-1

を行なうことが望まれるので、空気中と水中との光線の経路が同程度の長さとなることが多い。このような場合に水中の物体の位置を決定するには、基準点と水中に絞けるが精度上から望ましい。このような条件のもとにおいて、水中の位置を正確な測定は面倒になるので、近似的方法について考察を加えた。

写真と図化するまでに、1枚投影して写真を修正することを考える。

水面から写真レンズまでの距離 H の写真によって、水深 D_0 の点 P_0 が正しい角度で投影されるためには、図-2 のように、投影に際して水を置き、空気の厚さ h と水深 d_0 は、写真投影拡大と同じ割合で実寸法を縮小すればよい。この写真を用いて図化板に設置すれば、

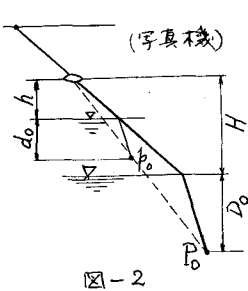


図-2

図-3 のような光線ができる。そこで、水深 D_a (≠ D_0) の点 P_a が求まったとき、真の水深 D を求めることを考える。ただし、図-3 においては、簡単のためすべての光線が同一平面内にあるとする。

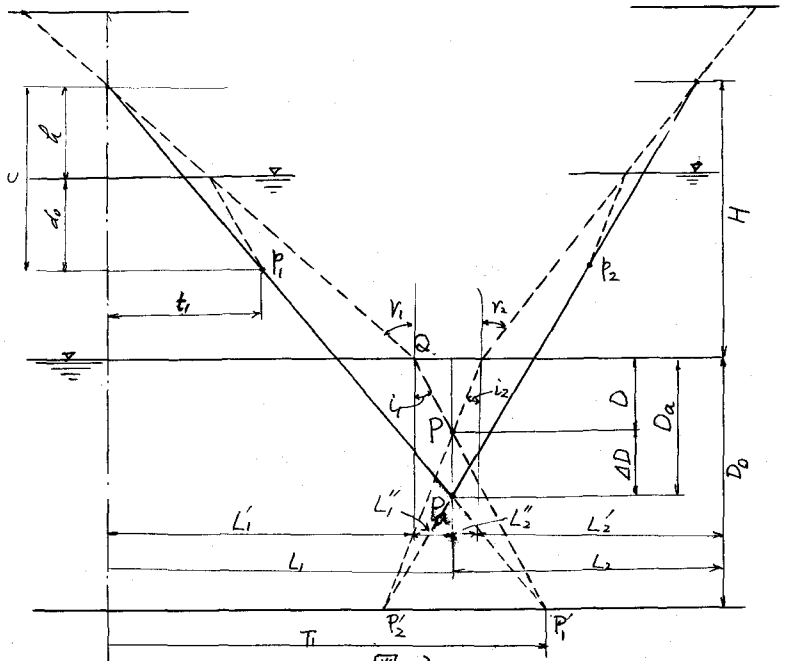


図-3

さて、図化機によれば、写真像 P_1 および P_2 の視野光線の交点として P_a が決定されることになる。このとき、真の光線は Q_1P_1 および Q_2P_2 であつて、この両光線は P_a を通る鉛直線上で交わると仮定するとつぎの関係が得られる。

$$L_1 + L_2 - (L'_1 + L'_2) = L'_1 + L'_2 = D(\tan i_1 + \tan i_2)$$

$$\therefore D = \frac{L_1 + L_2 - (L'_1 + L'_2)}{\tan i_1 + \tan i_2}$$

$$\text{ここに、} \tan i_1 = \frac{T_1 - L'_1}{D_0} = \frac{L_1 \frac{H+D_0}{H+D_a} - L'_1}{D_0}, \text{ 等}$$

であるから、 D はつぎのようになる。

$$D = D_0 \frac{(L_1 + L_2) - (L'_1 + L'_2)}{(L_1 + L_2) \frac{H+D_0}{H+D_a} - (L'_1 + L'_2)}$$

ただし、 L'_1, L'_2 は真の光線の屈折点 Q_1, Q_2 の位置を求むるものであつて、つぎの4次方程式の根として得られる。

$$\frac{L'_1}{\sqrt{L_1^2 + H^2}} - \frac{N(L_1 - L'_1)}{\sqrt{(L_1 - L'_1)^2 + (D - H)^2}} = 0, \text{ 等。} \quad (N: \text{屈折率})$$

求められた見掛け位置から真の位置と求むるための補正係数としてつぎのものを考へる。

$$\frac{D_0 - D}{D_0 - D_a} = \frac{D_0}{D_0 - D_a} \frac{(L_1 + L_2)(D_0 - D_a)}{(L_1 + L_2)(H + D_0) - (L'_1 + L'_2)(H + D_a)}$$

補正係数の計算例 — Tewinkel との比較

仮定： 基線長 4.6 m, 写真機の水面よりの高さ $H = 7.5$ m

Tewinkel の補正係数 = D_a/D

図-4 に示す実験モデル上に数個の点ととり、上記のようにして水深 190 m の場所で真の水深が得られるようにした場合、種々き深さにおける補正係数を求めた結果を下表に示す。Tewinkel の補正係数よりも変動が少ないので、補正は容易である。

補正係数

D	$D_0 - D$	点 1	点 2	点 3	点 4	点 5
0	190	1.3502	1.2976	1.3697	1.3575	1.3141
50	140	1.3598	1.2998	1.3789	1.3612	1.3252
100	90	1.3536	1.2981	1.3712	1.3564	1.3213
150	40	1.3477	1.2966	1.3643	1.3486	1.3177
190	0	1	1	1	1	1
Tewinkel の補正係数						
190		1.4303	1.3703	1.4900	1.4316	1.4019
180		1.4356	1.3716	1.4988	1.4369	1.4053
100		1.4428	1.3736	1.5709	1.4443	1.4101
50		1.4509	1.3758	1.5223	1.4525	1.4156
0		1	1	1	1	1

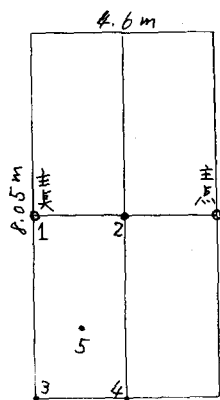


図-4