

漁具模型の回流水槽実験用流速計について

多田 武夫・西ノ首英之・中才 啓

On the Flow Speed Measuring Devices of Model Experiment in a Circulating Water Tank

Takeo TADA, Hideyuki NISHINOKUBI, and Kei NAKASAI

It is considered indispensable to measure the flow speed in the course of experiment of fishing gear models in the circulating water tank. Especially, it is considered necessary to measure it with a high accuracy because the resistance of fishing gear models against stream is in direct proportion to the square of flow speed. Moreover the stream must not be disturbed by the setting of measuring apparatus, and therefore it is considered that the apparatus must be as small as possible.

Hereupon, the authors manufactured on trial basis a small and handy but hypersensitive flow measuring device using strain gauge. Four resistors that are different in shape each other were manufactured as the flow measuring devices of strain gauge type, and their drag coefficient was also obtained.

It was confirmed that they are readily reproducible and are accurate enough for practical usage with the accuracy within ± 2 cm/sec in the flow speed range of 5-60 cm/sec.

新しい漁具漁法の考案あるいは従来の漁具を改良しようとする場合、漁具設計を行なった後その性能の試験検討を行う必要がある。性能試験の一方法として実際により近い各種の条件のもとで行う模型試験があり、その有用性については種々の事実を推知する手掛りが得られていることから明らかである。

筆者らも有名な田内法則に従って、模型試験を回流水槽で行っているが、回流水槽では一般に供試物体は曳航水槽に較べ小さい。供試物体が、小さければ小さい程それらの計測値そのものは微量であるため、回流水槽に用いられる計器は小型化・高感度化が要求される。実物と模型との間の力学的相似性を厳密にするのに最も重要な条件は速度の正確な測定である。また漁具の水中形状、特に網成りの点から、水槽内にそう入した流速計自体のまわりに流線の乱れがあってはならないことも計測条件の一つである。したがって流速計は小型高精度である必要がある。

そこで、回流水槽での模型実験用流速測定変換器として、ひずみゲージを利用した小型高感度流速計を試作し、その特性と精度について検討した。変換器として再現性もよく十分実用可能な結果と、二・三の知見

が得られたので報告する。

本論に先だち、ゲージ式流速変換器の校正用として小型プロペラ式流速流向計 (VC-101D) の利用に快く便宜を与えられた本学工学部の中村武弘教官に深く感謝する。

実験方法

1. 変換器の原理

ばね板の両面にそれぞれストレーンゲージ (1, 2) をはりつけ、ばね板が流体中で受ける抗力によりひずむのを利用したもので、抗力を電圧値として取り出す直接変換法である。流体中の物体が受ける抗力 D (3)は

$$D = C_d \frac{\gamma}{2g} U^2 A \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 C_d は抗力係数、 γ は流体の比重、 U は流体の速度、 A は物体の大きさを表わす面積および g は重力加速度である。

(1)式によれば、抗力は流体速度の自乗に比例するので、ばね板のひずみ量より流速 U を測定することができる。

ここで問題となるのは抗力係数 (C_d) である。そ

ここで、抗力 D はあらかじめ荷重によってばね板のひずみ量の校正がなされているので、流速 U を小型プロペラ式流速流向計により測定すると同時にその時の試作流速変換器の抗力を測定した。したがって抗力と流速からまず試作流速変換器の抗力係数を求めた。流速15

～60cm/secの範囲で抗力係数が一定であることを検証し、任意の流速測定に関しては抗力 D を電圧値として測定すれば(1)式により流速が求められる。

2. 流速変換器の形状

ばね板にストレインゲージをはりつけた流速変換器

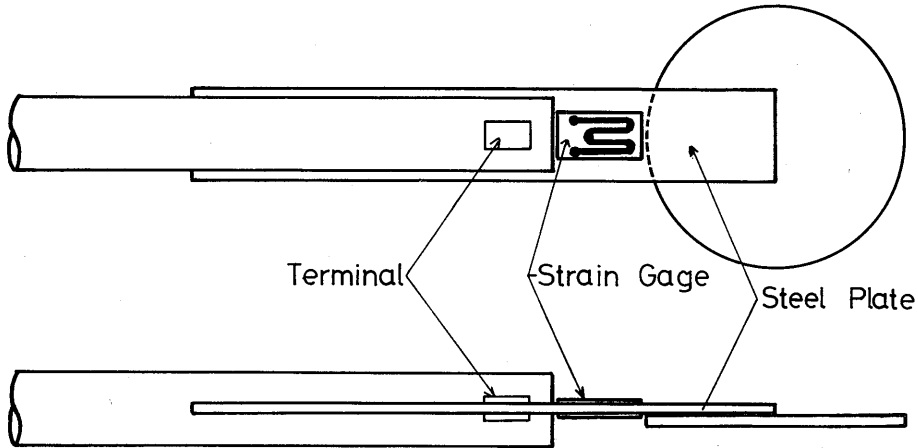


Fig. 1. Schematic view of flow speed measuring device.

をFig. 1. に示す。ゲージ率は2.0であるから、ひずみ出力感度を高めるためにはゲージのはりつけばね板部は薄く小さい程よい。しかし面積が小さすぎると流速15

～60cm/sec範囲の抗力としては微量でありひずみによる電圧感度は低い。そこで、ばね板先端部に抗力を増大させかつ流線の乱れを少なくする目的でFig. 2に示

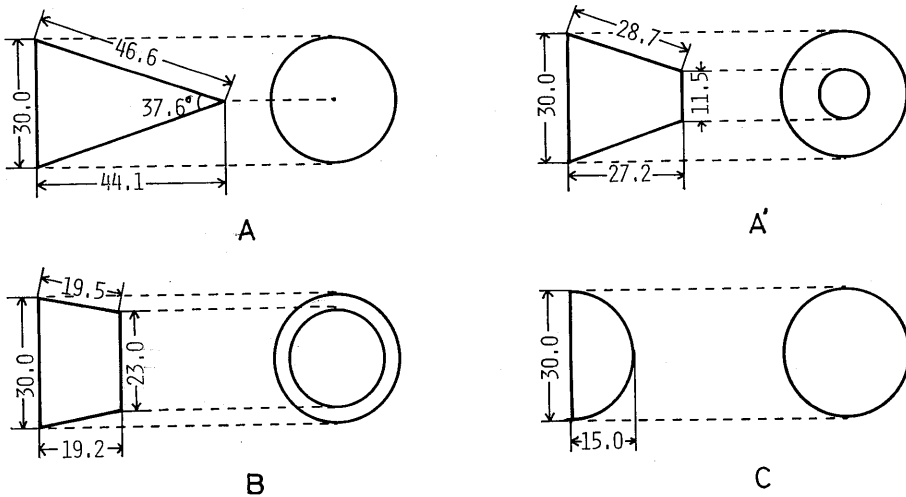


Fig. 2. Shapes of resistor.

す形状の抵抗体を取付けた。ばね板をはさんで、流れに対して前面(I)と後面(II)に取付ける場合に、4種の抵抗体をTable 1に示すように組合せを変えそれぞれの形状における抗力係数を実験的に求めた。その結果から流速変換器としての感度および精度について検討を行った。実験は回流水槽の性能に基づき15～60

cm/secの流速範囲内で行った。流体中の装置の状態をFig. 3に示し、実験器機のブロック図をFig. 4に示す。

結果および考察

試作したひずみ式流速変換器の最も重要な部分は、

Table 1. Combination list of resistor and results obtained.

Exp. No.	I	II	Cd	\bar{b}	Fo
1	*	A	1.05	4.650	804.85
2	*	A'	1.09	5.053	42248.42
3	*	B	0.99	4.285	664.21
4	*	C	0.92	3.921	2215.49
5	A	*	0.77	3.038	2339.81
6	A'	*	0.73	3.465	374.31
7	B	*	0.72	2.983	4233.02
8	C	*	0.66	2.708	972.54
9	A	A	0.53	2.344	736.77
10	A'	A'	0.60	2.682	4974.08
11	B	B	0.59	2.486	618.29
12	C	C	0.59	2.629	9358.96
13	A	A'	0.53	2.215	1060.56
14	A'	A	0.64	2.645	4912.99
15	A	B	0.57	2.422	1969.46
16	B	A	0.48	1.001	2421.78
17	A	C	0.59	2.688	30235.49
18	C	A	0.58	2.311	1384.31
19	A'	B	0.62	2.717	1462.48
20	B	A'	0.49	2.106	18220.56
21	A'	C	0.66	3.013	6394.91
22	C	A'	0.52	2.166	1704.19
23	B	C	0.61	2.446	2840.73
24	C	B	0.54	2.173	1152.93
25	*	*	0.91	3.687	2146.82

Key- I, position in front of resistor; II, position in the rear of resistor; Cd, drag coefficient; \bar{b} , regression coefficient; Fo, ratio of variance.

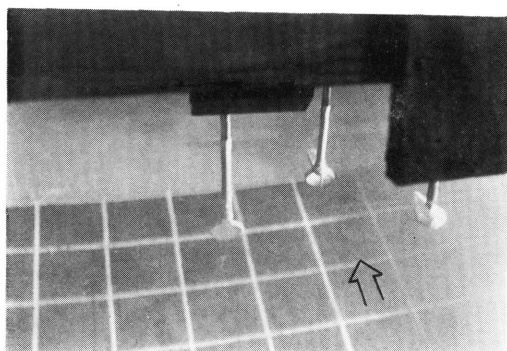


Fig. 3. Transducer in the course of experiment.

ばね板のひずみ特性と理論式(1)より明らかなように抵抗体の抗力係数である。そこで、これらの特性と測定結果の誤差について検討した。

1. ばね板のひずみ特性

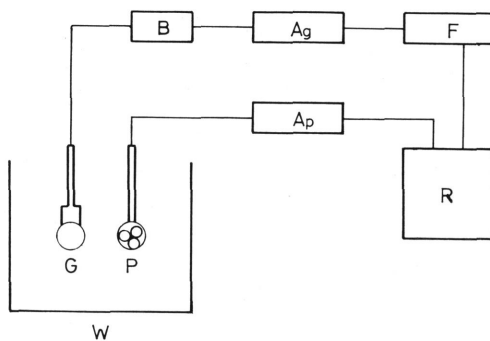


Fig. 4. Measuring system and its block diagram.

Key- Ag, strain amplifier; Ap, amplifier; B, bridge box; F, low pass filter; P, propella type transducer; W, water tank; G, flow speed transducer; R, recorder.

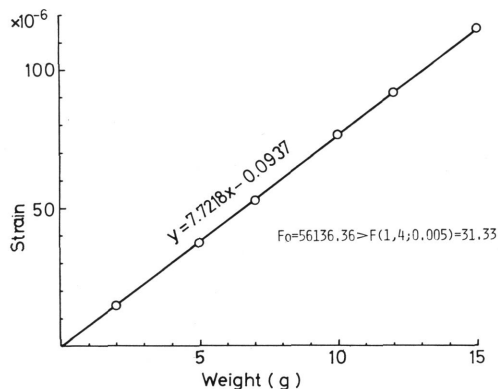


Fig. 5. Relation between the strain and weight.

流速計としての高感度および高精度要件はこのばね板の抗力に対する高ひずみ出力とその直線性により決定される。ばね板のひずみ特性を荷重によるひずみ出力として校正し、その結果を Fig. 5 に示す。この図からばね板の変換器としての精度は直線性の良さ、零点誤差およびヒステリシス誤差からみて十分であることが分かる。非直線性、零点誤差および感度校正は最小自乗法により求めた。抗力15g F. S. における非直線性は0.01%以内であり、市販のひずみゲージ変換器の許容誤差0.1% F. S. と比較し予想以上の精度であった。ヒステリシス誤差についても0.1% F. S. と良好であった。またこの特性校正実験は昭和51年6月~11月までの6ヶ月間(室温10°C~35°C)にわたり計18回行った結果で変動はなく零点の温度影響もほとんどなく変換器としての再現性も十分良好であった。

2. 抵抗体の抗力係数と流速計感度

漁具模型実験を行っている回流水槽の最大流速は約

70 cm/sec であるところから、最大流速におけるばね板の受ける抵抗は理論式から 9.09 g ($A = 25 \text{ cm}^2$, $C_d = 1.98$, $\gamma = 1.00$) となる。したがってこのときのゲージ出力電圧は先のばね板特性から $1.38 \text{ V} = 69 \times 10^{-6}$ ストレイン (100×10^{-6} ストレイン / 2.0 V) と計算され流速計の感度として極めて小さい。そこで感度を高めるために、ばね板の先端部に Fig. 2 に示すような抵抗体について、これらの組合せを種々変え計 25 種の感度校正実験を行った。また校正値から各抵抗体の抗

力係数を流速ごとに求めた。これらの結果の一例を Fig. 6, 7 に示した。Fig. 6 において横軸は流速で、小型プロペラ式流速計による実測値である。また、ひずみ（抵抗）と流速は二次関係であるところから流速はその平方値をとり特性が直線関係で表わされるように示した。各種抵抗体の流れに対する面積はすべて等しく、 7.069 cm^2 (半径 1.5 cm) である。したがって各抵抗体の流れに対する抗力係数の差がこの流速変換器の感度の差として現われる。Fig. 6 からすべての実験結

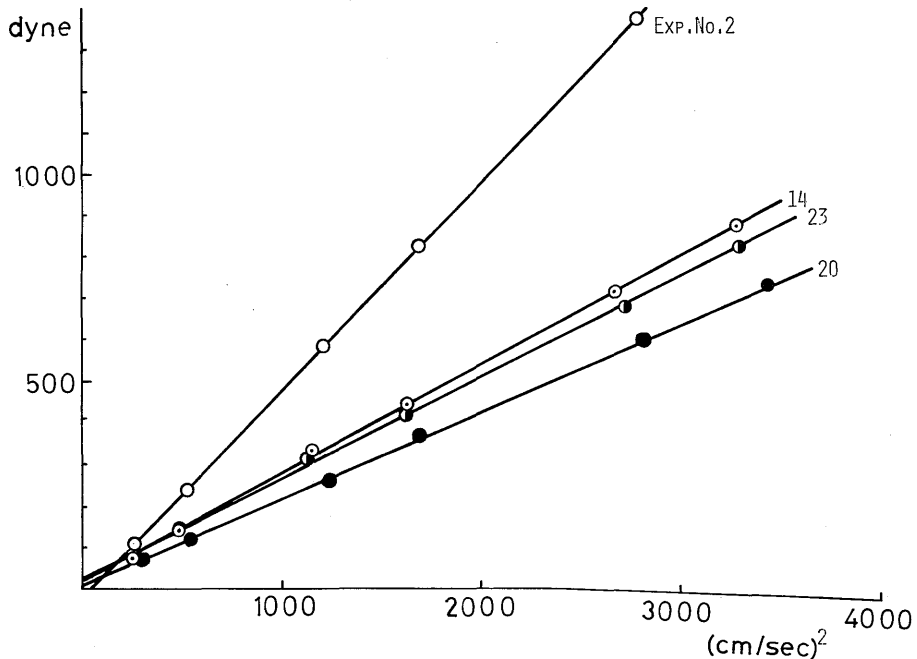


Fig. 6. Relation between the drag force and flow speed.

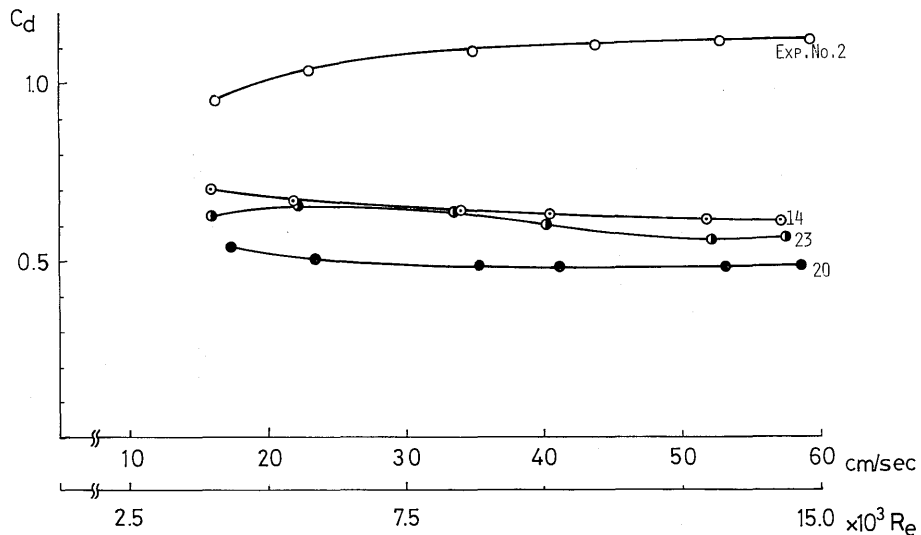


Fig. 7. Relation between the flow speed or Reynolds Number and drag coefficient.

果は一次関係と見なし、最小自乗法を用いて回帰係数から感度校正値を、さらにF検定を行って直線性の比較検討を行った。その検定結果はTable 1に示されている。これらの結果からすべての実験について直線性は1%の危険率で有意性が認められるので、流速計としての実用的精度は十分であると考えられる。Fig. 7の抗力係数についても15~60cm/sec範囲の流速についてほぼ一定でありレイノルズ数も 10^3 より大きい範囲にあるので、抵抗体として良好なものであることが確認された。以上を総合して本試作流速変換器の誤差は ± 3 cm/sec以内であると見積られる。

また25種類の実験を全体的にみて、流体中に物体が置かれたときFig. 2に示された抵抗体Aをばね板の前面(I)に、Bを後面(II)に装着したTable 1におけるExp. No. 9, 13, 15および17はノイズが大きく感度は低い。それに対して、上述の抵抗体の装着位置を逆にした場合、即ちExp. No. 14, 18, 20および23はノイズが小さく感度も高い。

要 約

回流水槽実験用の小型高感度流速計としてひずみゲージ式流速変換器を試作しその特性精度および実用性について次の知見を得た。

- 1) 厚さ0.5%のばね板両面にひずみゲージを張り

つけ流速変換器とした。荷重に対するこのばね板のひずみ出力応答特性は非直線性0.01% (15 g F. S.)以内、ヒステリシス誤差は0.1% F. S.と予想以上の高精度特性が得られた。また約6ヶ月間にわたる再現性テストも良好であった。

- 2) ばね板のみの流水抵抗は面積が小さいため小さく、記録器の誤差等が加わり、流速測定誤差の増大をまねく。そこで流水抵抗を増大させ測定誤差を小さくするために、ばね板先端に4種類の抵抗体を取り付け抵抗体の抗力係数を実験的に求め、流速変換器の精度を検討した。その結果、試作流速計の誤差は流速15~60cm/secの範囲で ± 3 cm/sec以内であった。なお各種抵抗体の抗力係数はレイノルズ数 $2.5 \times 10^3 \sim 15.0 \times 10^3$ 範囲ではほぼ一定であった。

- 3) ばね板の前面に円錐台型の抵抗体を装着すれば、流速変換器としての感度は高く整流性もよく精度は良い。

文 献

- 1) 共和電業技術資料。(1967)。共和ゲージとその取扱法。5。
- 2) 玄 忠 (1974)。ひずみゲージ入門。コロナ社。東京
- 3) 平山直道 (1973)。流体力学。森北出版。東京。