

回流水槽 製作 및 試驗에 관한 研究*

張 志 元 · 河 康 烈 · 李 雲 熙
釜山水產大學 應用物理學科
(1984년 11월 24일 수리)

A Study of Circulating Water Channel

Jee Won CHANG, Kang Lyeol HA and Woon Hee LEE

Department of Applied Physics, National Fisheries University of Pusan,
Nam-gu, Pusan, 608 Korea

(Received November 24, 1984)

A circulation water channel with observational section of $4\text{ m} \times 2.4\text{ m} \times 1\text{ m}$ (length \times breadth \times depth) and the maximum channel flow speed of 2 m/sec was designed for model tests of fishing gears. It consists of 6 sections evenly divided for easy connection. Two observational acryl windows of $1.2\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ and 2 cm thick are provided. Steel deflection plates, equally spaced in 20-40 cm, are fixed at corners of the channel to reduce the loss of water pressure head through the channel. The flow in the channel is controlled by D.C. motor control system with 50 H.P. driving propeller system.

A series of model testing capabilities for fishing gear have been examined and the results are as follows.

- 1) The speed of water flow was in the range from zero to 2.3 m/sec .
- 2) The difference between the velocity of channel flow along the center line and that along both sides in the channel was less than 0.2 m/sec .

緒 論

漁具를 개량하기 위한 실험적 방법으로는水槽 內에서의 實驗과 海上에서의 操業實驗으로 대별할 수 있다. 이러한 두가지 方法中 후자는 實漁具의 製作 이후에만 가능할 뿐만 아니라 시험에 있어서도 船舶의 운송이나 漁具의 설치 등에 따른 막대한 경비가 소요되므로 결과에 대한 충분한 확신이 없이는 수행하기 어렵다. 따라서 水槽 內에서의 모형실험을 통하여 實漁具의 제원을 推定하는 구체적인 연구가 우선적이며 필수적이다. 모형실험을 수행하기 위해서는 流速의 조절이 용이하고 速度의 分布가 비교적 일정한 水槽가 요구된다. 水槽는 曳引式 水槽와 回流水槽가 있으며, 漁具 試驗用으로는 규모가

보다 작고 사용이 간편한 回流水槽가 보편적으로 사용되어 왔다. 이러한 回流水槽를 國內에서는 오로지 釜山水產大學에서 보유하고 있었으나 1983년 에 대학내 시설확충 정비로 해체되었다. 그 후, 연구 설비로써 回流水槽의 필요성을 절실히 느낀 水產 振興院에서 大型機船底引網 水產業協同組合의 후원으로 제작을 의뢰하여 저자 등이 설계 및 製作하여 性能 試驗한 研究 結果를 여기에 發表한다.

設計 및 製作

1. 設計條件

本 回流水槽의 設計條件은 (1) 이동설치가 가능

* 本 研究는 大型 機船 底引網 水產業 協同組合의 후원으로 이루어진 것임.

한 組立式이어야 한다. (2) 관측부의 크기는 $4.0m$ (길이) $\times 2.4m$ (폭) $\times 1.2m$ (높이)이어야 한다. (3) 流速의 범위는 최대 $2m/sec$ 까지 가변 가능한 것이 한다. (4) 재질은 鋼板으로 한다. (5) 平面의 넓이 $8.5m \times 6.0m$, 높이 $3.6m$ 의 공간에 설치하여야 한다는 것 등이다.

2. 形態의 設計

관측부의 크기에 비해 설치 공간이 협소하여 水槽를 다소 비대칭적으로 만들었다. 그러나 최대한으로

水路의 마찰 손실을 적게하여 動力을 적게 소모시키기 위해 물이 흐르는 경로를 원활하게 하는 편류판을 네 모서리에 넣었다. 각 편류판 간의 간격은 $20cm \sim 40cm$ 이고, 프로펠러와 관측부 사이의 두 곳의 편류판은 움직일 수 있도록 하였다. 관측부의 규모가 정해져 있고, 설치 공간의 제약 때문에 부득히 관측부 반대 쪽의 프로펠러가 있는 부분은 폭 $1.5m$, 높이 $2m$ 의 좁고 깊은 水路를 만들어 갑작스런 流速變化를 防止하였다. 관측부의 視窓은 관측부 전체를 볼 수 있도록 가로 $1.5m$, 세로 $1.2m$ 의 크

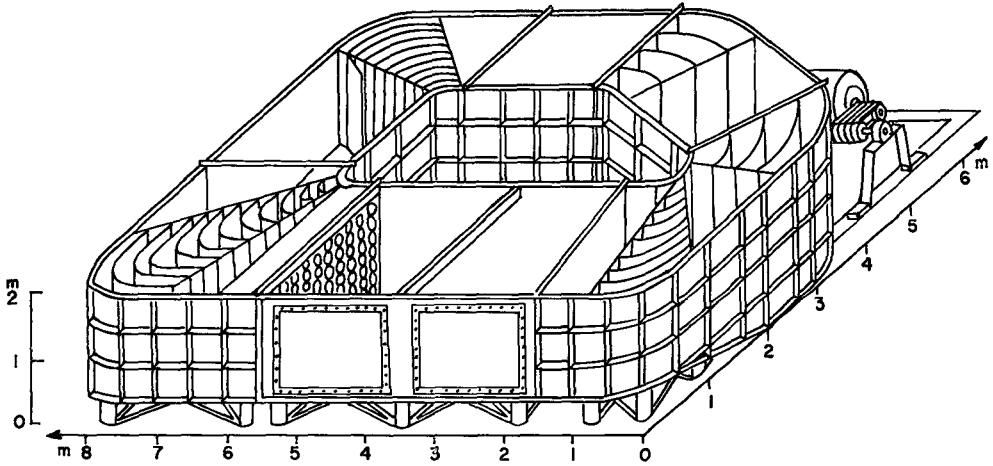


Fig. 1. Figure of circulating water channel(scale 1/50).

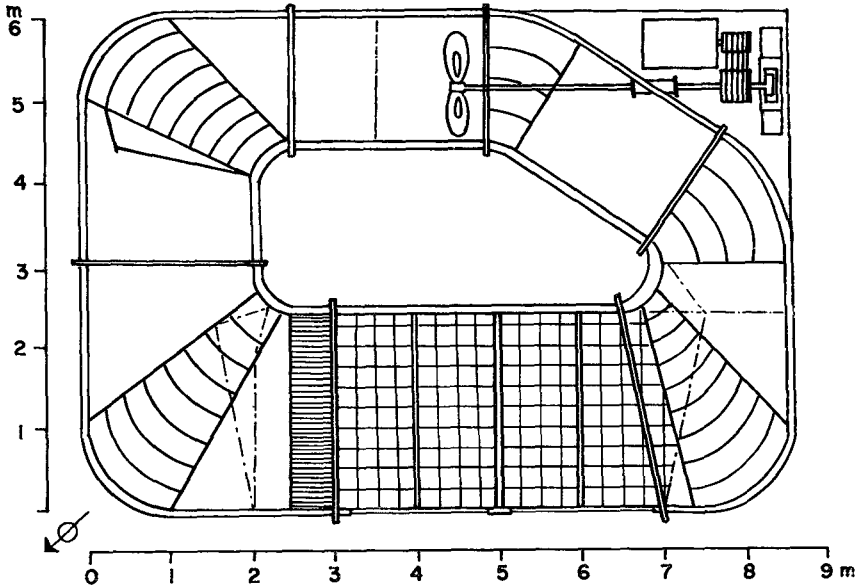


Fig. 2. A plan figure of circulating water channel(scale 1/50).

기를 갖는 아크릴窓이다. 整流管은 직경 7.5 cm, 길이 50 cm 인 PVC 파이프 500 개를 사용하였고, 오염을 방지하기 위하여 관측부 이외의 부분은 鋼板의 두께를 만들었다. 水槽의 外側面은 칩을 방지하고 미관을 좋게 하기 위해 두께 10 mm 의 녹갈 鋼材를 중첩으로 보강하였다. 이상과 같이 설계 제작한 水槽의 立體圖 및 平面圖는 각각 Fig. 1, Fig. 2와 같다.

3. 動力 및 制御裝置

1) 所要動力의 算出

充水된 상태에서 水路의 流積(A)은 관측부의 幅(b)이 2.4 m, 높이(h)가 1.2 m 이므로 2.88 m² 이고, 平均流速(v) 2 m/sec 에 의한 流量 Q=A·v 는 5.76 m³/sec 이다. 水路의 潤邊(Wetted Perimeter) P=2h+b=4.8 m 이므로 水力平均 깊이 M=A/P=0.6 m 이고, 水路의 中央線을 따르는 水路 總 길이는 20 m 이다. 水路를 直線管路로 볼 때 全徑路(L)에 걸쳐서 생기는 유체 마찰에 의한 壓力 損失 P_L은 물의 比重量을 r, 重力加速度를 g, 壓力降下係數를 λ 라고 할 때 $P_L = \frac{1}{2} \frac{\lambda}{4M} \frac{r}{g} v^2 \times L$ 이고 Reynold 수가 $R_e = \frac{v \cdot d}{r} = 4.36 \times 10^6 > 10^5$ 이므로 Nikuradse(1929)에 의한 $\lambda = 0.0032 \times \frac{0.221}{R_e^{0.237}} = 0.1592$ 가 된다. 따라서, P_L=270.75(kg/m²)이다. 이러한 壓力 損失을 보상하는 動力 P=P_L·Q/75=21(H.P.)가 된다. 또한 水路가 90°씩 네 모서리에서 方向을 바꾸므로 이 때 생기는 損失 水頭는 $h = \xi \frac{v^2}{2g}$, 여기서 ξ은 損

失係數이다. 水路가 완만하게 곡선을 이루는 경우 $\xi = \left\{ 0.131 + 0.1632 \left(\frac{d}{r} \right)^{3/5} \right\} \times \frac{\theta}{90}$ 이고, 여기서 方向變化角 θ는 90°이다. 편류관이 최소 20 cm의 간격으로 되어 있으므로 이때의 水力平均 깊이 M₁=0.0923 이고 斷面이 직사각형인 管路로 생각하여 d=4M₁으로 놓을 때 損失係數 ξ=0.1484이다. 따라서 이때의 壓力 損失 $P_c = r \xi \frac{v^2}{2g} = 30.28 (kg/m^2)$ 이고 이를 보상하기 위한 動力은 2.32 H.P.이므로 네 모서리 전체는 9.28 H.P.의 動力이 요구된다. 한편 水路가 좁아지거나 넓어지므로 해서 생기는 壓力 손실을 고려하면 폭이 2.4 m에서 1.5 m로 좁아질 때 損失係數는 0.019 이고 그 損失水頭는 0.00388 이므로 壓力水頭는 3.88(kg/m²)이고, 보상 動力은 0.3 H.P. 정도이다. 폭이 1.5 m에서 2.0 m로 넓어지는 경우와 2.0 m에서 2.4 m로 넓어지는 경우의 손실은 거의 무시된다. 또, 口徑 7.5 cm, 길이 50 cm의 整流管 500 개에 대한 損失水頭 h_i는 R_e=1.33×10⁵>10⁵이므로 Nikuradse에 의해 壓力降下係數 λ=0.0167 이므로 h_i=0.0227(kg/m²)이고, 이에 의한 壓力降下 P_i=2.27를 보상하기 위한 動力은 0.174 H.P.이다. 따라서 순 所要動力은 약 31 H.P.이다. 그러나 실제에 있어서는 전동기와 프로펠러 사이의 전달 손실 및 전동기와 프로펠러의 효율 등을 고려하여 순 動力의 50% 이상을 가산한 50 H.P.으로 하였다.

2) 프로펠러 및 制御裝置

프로펠러는 水槽의 규모에 부응하여 비교적 소음

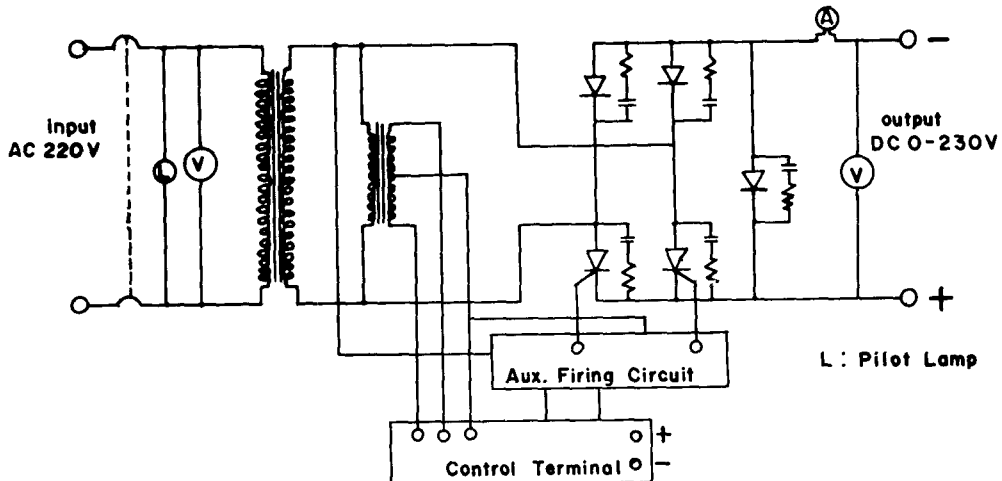


Fig. 3. Circuit diagram of control system.

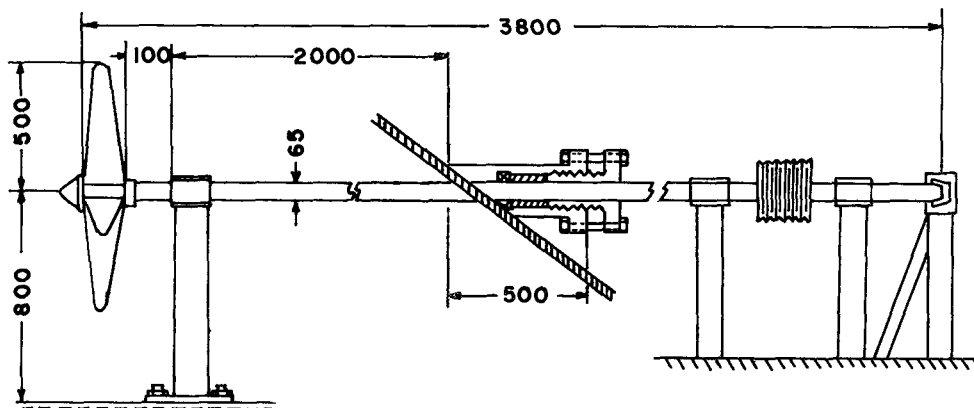


Fig. 4. A plan of propeller and shaft system.

이 적은 직경 1m, Pitch 0.635m의 4엽식을 선정하였고, 이에 의하여 2m/sec의 유속을 내기 위해서는 360 r. p. m. 정도의 회전율이 요구된다. 따라서 50 H. P. 1800 r. p. m.의 D. C. Motor를 사용하고 풀리는 3.2:1의 감속비를 갖도록 하였다. 유속을 변화시키는 D. C. Motor의 속도 제어는 S. C. R. 게이트에 의한 位相制御方法을 이용하여 0V-230V까지 선형적으로 변화하게 하고 安全을 위하여 Transformer를 통한 후 S. C. R.에 의하여 적류로 변환되어 모터에 입력되도록 하였다. 제어 장치(control system)의 회로도는 Fig. 3에 보인다.

4. 製 作

6개로 된 각 부분의 양단에는 10cm 폭의 flange를 만들어 두께 5mm의 고무 패킹을 두점으로 접착하여 방수가 되도록 하였고 flange는 직경 20mm의 볼트 너트에 의하여 10cm 간격으로 조임으로써 접합하였다. 시창은 20mm 두께의 아크릴 판을 사용하였으며, 방수를 위하여 창 가장자리에 양쪽으로 고무판을 접착하여 강판 따로 조아 붙였다. 두께는 두께 5mm의 강판으로 만들어 볼트 너트로 고정하였으며, 편류판은 5개소에 설치하였는데 프로펠러와 정류판 사이의 2곳의 편류판은 회전에 의해 이동이 가능하도록 하고 나머지는 고정시켰다. 프로펠러 축은 Fig. 4에 나타난 바와같이 직경 65mm인 stainless steel을 사용하였고 길이가 약 4m로서 다소 긴 축이기 때문에 축지용 베어링을 3곳에 설치하고 끝단은 thrust bearing으로 지지하였다. 수조 벽판과 프로펠러 축과의 사이에는 plastic 패킹을 사용하여 방수가 되도록 하고 원활한 회전을 위해 2곳에 베어링을 넣었다. 모터와 프로펠러축과의 동

력 전달은 6개의 V-belt를 사용함으로써 slip을 방지하도록 하였다.

結果 및 考察

1. 性能 및 結果

水槽의 性能試驗은 관측부내의 流速分布를 구하고 電力과 流速과의 상관 관계를 조사하는 것으로 실시하였다. 모터에 入力되는 電力을 나타내는 지시전류 및 전압과 光學回轉計로 측정된 프로펠러축의 회전수 및 관측부 내에서의 최대유속을 조사한 결과를 Table 1에 보인다. 여기서 상시 사용 범위란 수시간 연속 가동이 가능한 범위이며, 순간 측정치는 약 10분간 가동한 후 측정된 결과이다. 流速과 指示電流

Table 1. Result of flow speeds with the input power of motor

	Indicating current (A)	Indicating voltage (V)	Shaft revolution (r. p. m.)	Max. flow speed (m/sec)
Normal operation	50	20	76	0.42
	60	40	124	0.80
	70	60	157	1.00
	80	75	180	1.10
	90	90	203	1.22
	100	100	216	1.30
	110	110	234	1.43
	120	123	251	1.48
	130	135	267	1.59
	140	154	280	1.73
Critical operation	150	157	294	1.80
	175	200	333	2.0
	200	185	350	2.3

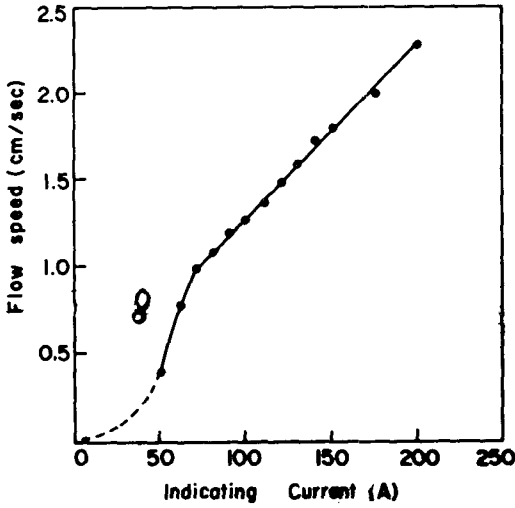


Fig. 5. Water flow speed as a function of indicating input current of motor.

와의 관계를 그래프로 나타내면 Fig. 5와 같다. 流速分布의 조사는 관측부 중앙 횡단면과 중층면을 중심으로 실시하였다. 그 결과를 저속(약 0.5 m/sec), 중속(약 1.0 m/sec), 고속(약 1.5 m/sec)으로 3등분하여 Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8에 각각 나타내었다.

2. 考 察

Table 1에 나타낸 바와 같이 指示電壓 20 V(電流 50 A)에서 프로펠러는 최저 속도로 회전하여 약 0.4 m/sec의 流速이 생긴다. 이때부터 최대 2.3 m/sec 까지 임의 속도로 유속을 가변시킬 수 있으나 Fig. 5에 보이는 바와 같이 약 1.0 m/sec 이상 부터는 유속과 전류가 선형적으로 비례하게 된다. Table 1에 나타낸 2.0 m/sec 이상에서는 모터에 열이 발생하고 전압과 전류가 불규칙하게 변하는 경우가 나타났다. 유속의 수직 분포를 보면 프로펠러가 위치한 중앙선 안쪽이 최대값을 나타내고 중앙을 중심으로 좌우 70 cm 이내는 유속의 변화가 최대 0.2 m/sec 이내로 어구의 실험에 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다. 그리고 양벽측은 프로펠러의 크기 및 벽과의 마찰 때문에 유속은 급속히 감소하여 나타났다. 수평분포는 물의 유입부에서 관측 중앙부까지는 최대 유속차가 약 0.2 m/sec 이내로 무시할 수 있으나 유출부 부근에서는 水路의 만곡으로 인하여 수로 방향으로 쏠리기 시작하는 것으로 나타났다. 이러한 현상은

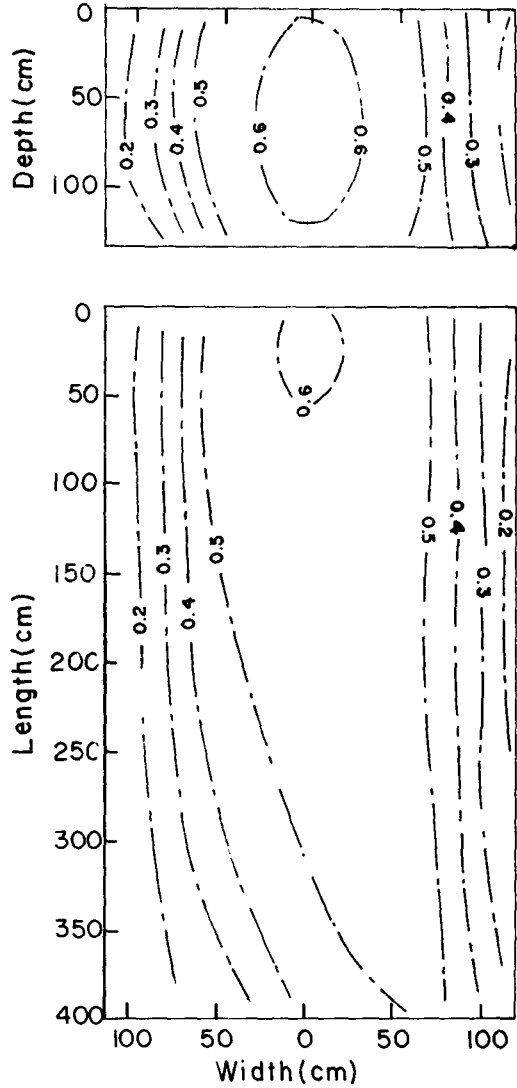


Fig. 6. Vertical (upper) and horizontal (below) distribution of water flow in slow speed (m/sec).

유속의 크기에 상관없이 비슷한 경향을 갖는데 사용 목적에 따라 망지나 편류판의 교정 등에 의하는 적당한 보완이 필요하다.

要 約

漁具의 모형실험을 위한 回流水槽를 製作하여 시험한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 動力 50 H.P.의 D.C. Motor 에 의하여 생기는 최대 유속은 약 2.3 m/sec 로서 지시전압 200 V, 지

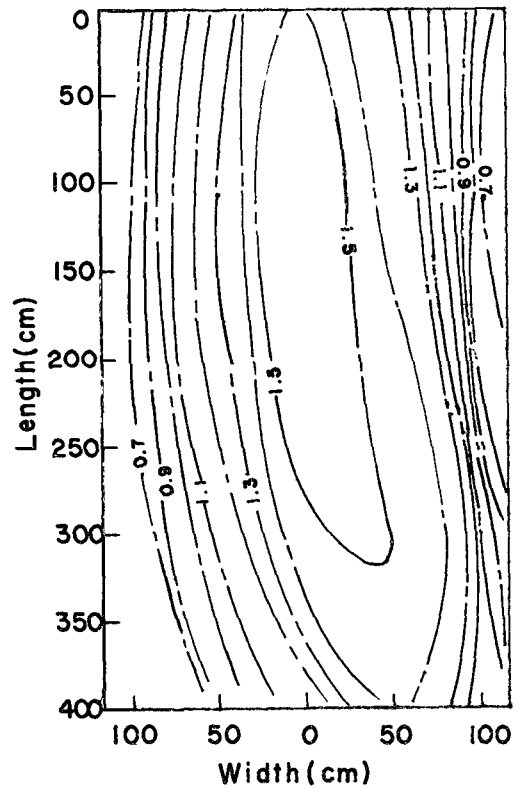
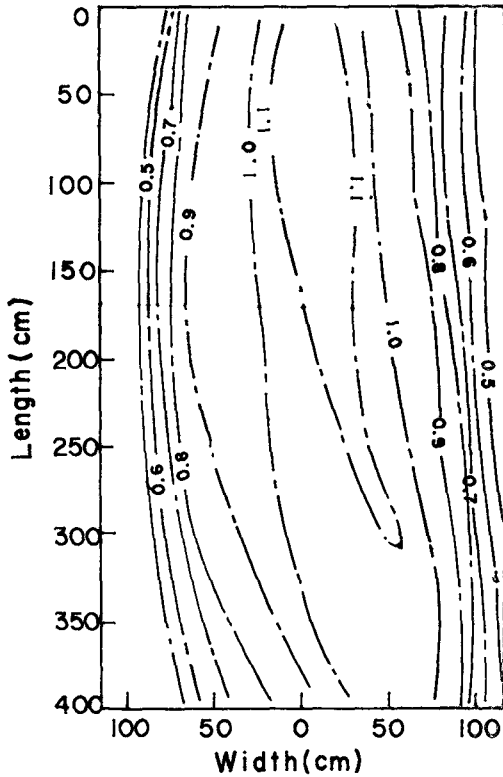
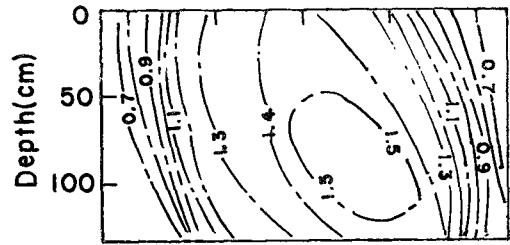
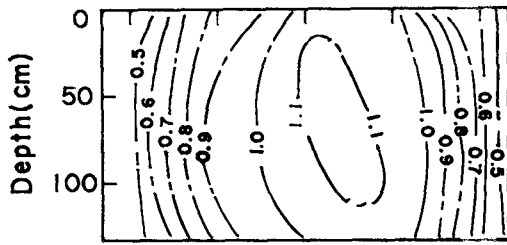


Fig. 7. Vertical (upper) and horizontal (below) distribution of water flow in intermediate speed (m/sec).

Fig. 8. Vertical (upper) and horizontal (below) distribution of water flow in fast speed (m/sec).

시전류 185 A에서 나타났다.

2. 流速과 水壓과의 관계는 $0 \sim 1.0 m/sec$ 까지는 비선형적으로 비례하나 $1.0 m/sec$ 이상에서 직선적으로 비례하였다.

3. 공칭 유속의 범위는 $0.4 m/sec$ 에서 $1.8 m/sec$ 까지이다. 그 이상으로부터 최대 $2.3 m/sec$ 까지는 수십분 이상 사용하며 모터의 과열현상이 나타났다

4. 水流 횡단면을 따르는 수직 유속분포는 수로 중앙을 중심으로 좌우 약 $70 cm$ 까지는 $0.2 m/sec$ 이내의 차이를 나타냈다. 그러나 그 외부는 프로펠러

의 크기, 벽과의 마찰로 인하여 급격히 감소한다.

5. 水深 中央面을 따르는 수평적 유속 분포를 보면 유입부로부터 관측부의 중앙까지는 수류변화가 거의 없으나 그 이후는 수로의 만곡에 따라 편향되었다.

文 獻

Narasako Y. and M. Kanamori. 1959. A large sized experimental tank of twin Symmetrical

- circuit. Modern Fishing Gear of the World. 205—208.
- 張志元. 1967. 回流水槽. 漁業技術 제3권, 1—5.
- 尹甲東. 1977. 回流水槽의 特性. 漁業技術 13(2). 9—14.
- 藤本武助. 1962. 水力學概論. 養賢堂 70—154.
- 東京水大. 1980. Circulating water channel with boundary layer control. Ishikawajima Heavy Industries Co. Ltd. 1—6.