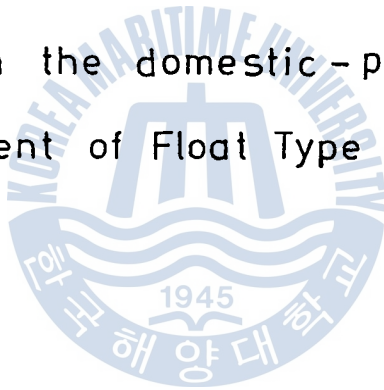


浮子式面積流量計의
國産化 開發에 관한 研究

A Study on the domestic - producing
development of Float Type Flow Meter.



指導教授 金京根



金載倖 · 張性植

目 次

1. 序 論
2. 理 論 的 考 察
 - 2.1 概 要
 - 2.2 基 礎 理 論
3. 實 驗 裝 置 及 實 驗 方 法
 - 3.1 實 驗 裝 置 的 概 要
 - 3.2 實 驗 裝 置 的 各 部
 - 3.3 實 驗 方 法
4. 實 驗 結 果 及 檢 討
 - 4.1 流 量
 - 4.2 流 出 係 數
 - 4.3 리 이 블 즈 數
 - 4.4 浮 子 的 回 轉 數 測 定
5. 結 論

使用記號

A_1	浮子の 最大断面積	cm^2
A_1	Fig. 1 에서 단면 1 의 流路面積	cm^2
A_2	Fig. 1 에서 단면 2 의 流路面積	cm^2
C	流出係數	
d_h	水力直徑	cm
F	浮力	Kg
g	重力 加速度	m/sec^2
N	浮子の 回転數	rpm
P	레이퍼管 에서의 靜壓	Kg/cm^2
Q	體積流量	l/min
Re	레이플즈數	
V	平均流速	m/sec
V_1	浮子の 體積	cm^3
W	浮子の 重量	Kg
Y	레이퍼管의 수직거리	cm
Z	基準面으로부터의 位置水頭	m
γ_f	浮子の 比重量	Kg/m^3
γ_w	물의 比重量	Kg/m^3
ν	물의 動粘性係數	m^2/sec

Subscript

c	流量計의 設計狀態
m	流量計의 測定狀態

나정식은 여발에서 면積産적
 유량運浮 정에 개에 式 實國
 이의은 年現 子는의 기
 법인프등 을 0 野
 방적평배 량 6 産
 간분 유가
 지순한 다는計은 品라르
 가 위량해서 量金 價의상공
 러정를 유능해이流지 는예
 여즉지한 사진積 에輪이
 량유용써 선面積 으라
 데유 이로를 으 나
 는 의 으構 미式 있 리
 라란量를랑機 이子 。 리
 정密流프용 浮고다우 량
 즉精定形사는, 爲있 를
 一形 키씨의化, 計수
 序랑하고 大를시로래用고
 論을고 大를시로래用고
 1. 유량리는量較縮으
 간그또流 方法이사 용
 續이化발



(1-1)式에서 V_1 및 V_2 는 단면 1 및 단면 2 에서의 각각의 평균 유속을 의미한다. 또한 연속의 방정식에서 다음 식이 성립한다.

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad \text{----- (1-2)}$$

$$V_1 = \frac{A_2}{A_1} V_2 \quad \text{----- (1-2')}$$

式 (1-2') 를 式 (1-1) 에 代入 하여 V_2 에 대하여 정리하면 다음과 같이 된다.

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g}{\gamma_w} \left[(P_1 - P_2) - \gamma_w (z_2 - z_1) \right] / \left(1 - \frac{A_2^2}{A_1^2} \right)} \quad \text{----- (1-3)}$$

式 (1-3) 에서 浮子 上下間에서의 헤드差 ($z_2 - z_1$) 는 靜壓差 ($P_1 - P_2$) 에 비하여 미소하므로 이를 생략하면,

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g}{\gamma_w} (P_1 - P_2) / \left(1 - \frac{A_2^2}{A_1^2} \right)} \quad \text{----- (1-4)}$$

그러므로, weir 유량 Q 는

$$Q = A_2 V_2 = A_2 \sqrt{\frac{2g}{\gamma_w} (P_1 - P_2) / \left(1 - \frac{A_2^2}{A_1^2} \right)} \quad \text{----- (1-5)}$$

로 나타낸다.

그러나, 실제로 浮子式 流量計를 設計하는 문제에 있어서는, 浮子의 流靜止位置에 따라서 A_2/A_1^2 의 값이 아주 미소하게 변화하고, 유로의 단면적 변화에 따른 運動量 損失 및 파찰 손실은 等容的하지 않다. 따라서, 이들을 諸般의 流体力學的 損失에 관하여 유출 계수 C 를 導入하여 式 (1-5) 를 다음과 같이 나타낸다.

$$Q = C \cdot A_2 \sqrt{\frac{2g}{\gamma_w} (P_1 - P_2)} \quad \text{----- (1-6)}$$

윗式은 단순히 압력差를 측정하면 유량을 계산할 수 있는 오리피스 등에 의한 유량 측정에서

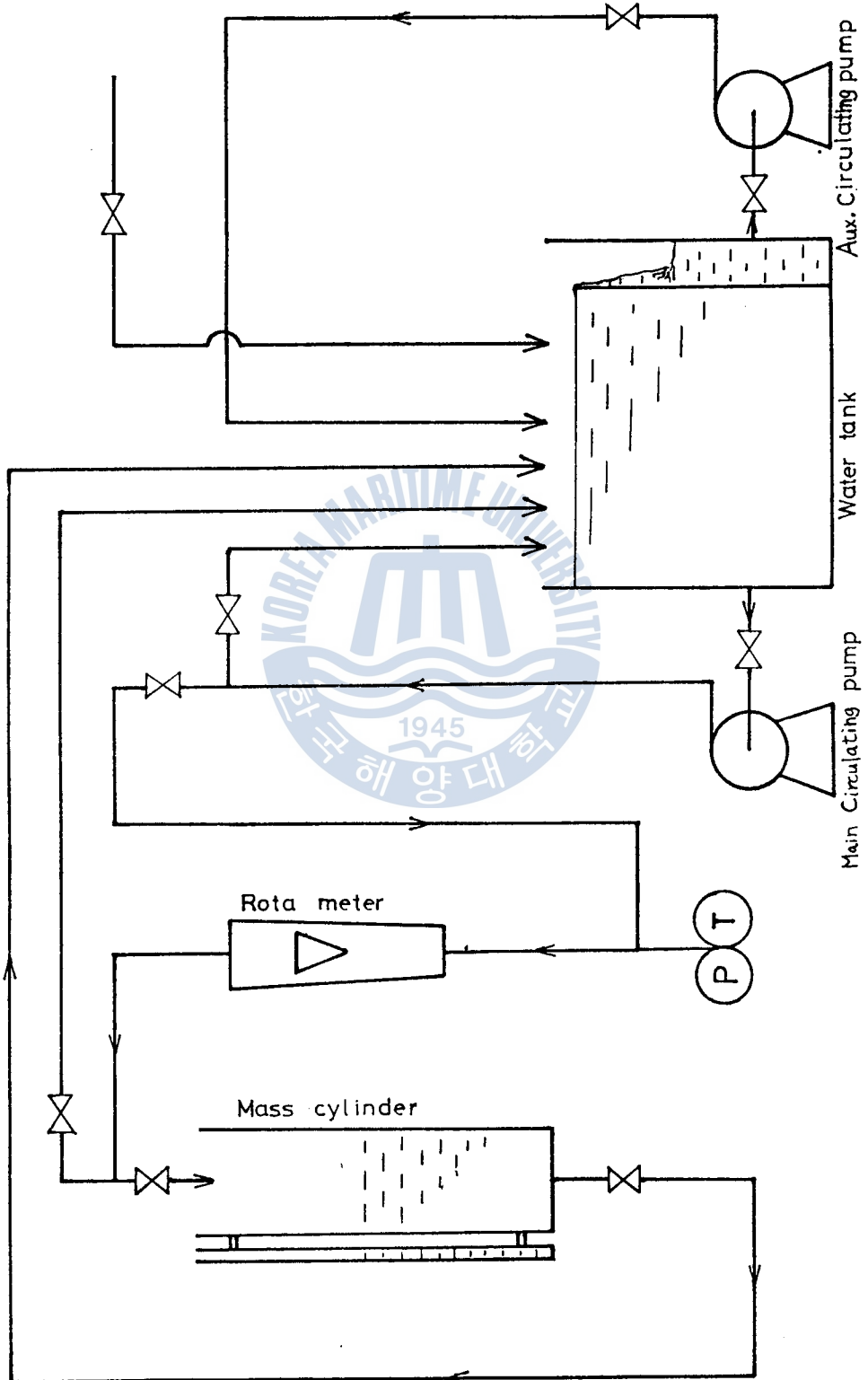


Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus

Table. 1, 實驗裝置의 諸元

項 目	諸 元	
浮 子	村 料	강 철
	比 重	7.75
	最大 断面積	$\frac{\pi}{4} \times 2.25^2 = 354.656 \text{ mm}^2$
	体 積	$8 \times 10^3 \text{ mm}^3$
레이퍼 管	村 料	아 크 일
	길 이	350 mm
	角 度	0.3438 deg
	内 徑 (班 班)	21.2 - 25.41 mm
패 스 실린더	높 이	900 mm
	内 徑	410 mm
펌 프	Main circulating pump	150 l/min
	Aux. circulating pump	58 l/min
물 령 크	体 積	0.68 ton(m ³)
	水 頭	762 mm
压 力 計	0.1 ~ 1.2 bar < 0.102 ~ 1.224 > kgf/cm ²	

3.2 實驗裝置의 各部

3.2.1 流量計의 레이퍼管

本 실험에서 실험부에 해당하는 誠作 流量計의 레이퍼管은, Table 1에 나타낸 바와 같이, 하부 내경이 21.2 mmφ, 상부 내경이 25.41 mmφ 이며, 측정 가능부의 全長이 350 mm, 따라서 레이퍼 각도는 0.3438° 이다. 레이퍼管은 강화유리를 사용할 예정이나, 最終的인 본 실험 단계에서 製作上的 어려움으로 아크릴管을 사용하였다. 실제 설계 제작한 아크릴管의 레이퍼管은 상단의 기밀기가

3.2.2. 浮子

浮子の 상세도는 Fig. 4 와 같다. 浮子の 형상에 관하여는 현재 외국에서 개발되어 있는 상치수비에 따라 결정하였으며, Fig. 4 의 상치수비 대면적은 354.7 mm^2 ($\phi 21.25 \text{ mm}$) 이다. 浮子에는 Fig. 4 의 상치수비와 같은 3개의 접선방향을 취하여, 浮子の 실린더와 浮子の 실린더를 이루는 62 gr 의 실린더를 이루는 유량계의 유량계를 Fig. 6 의 유량을 유지하고 있다.

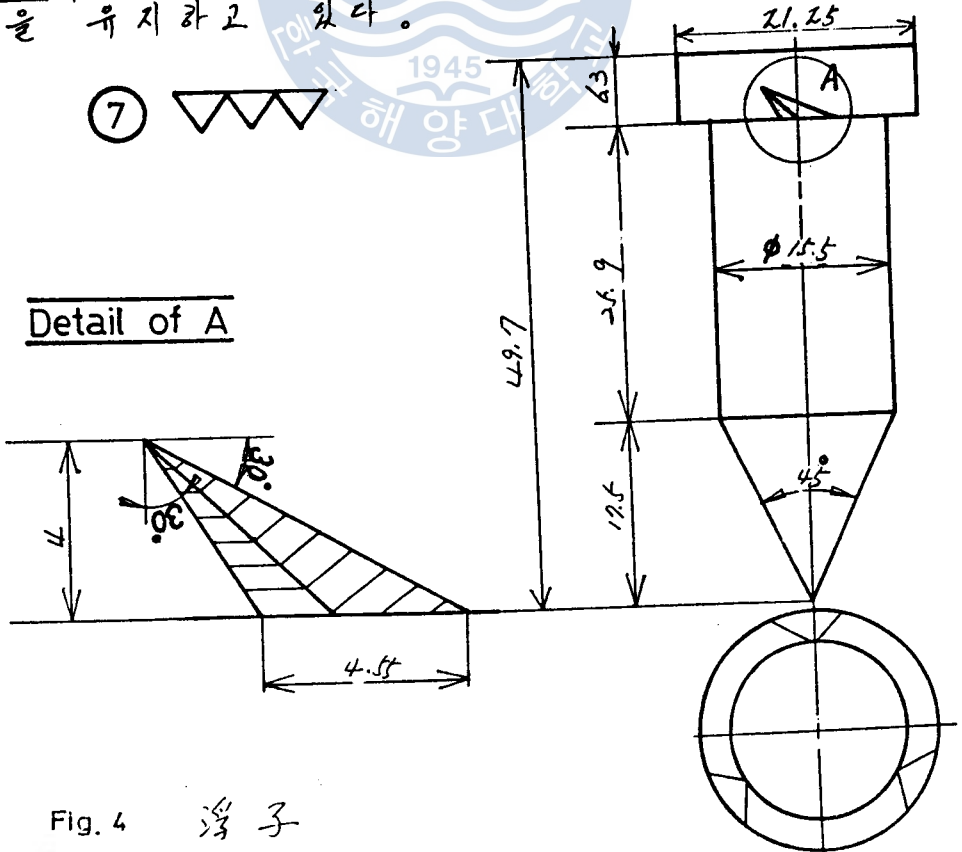


Fig. 4 浮子

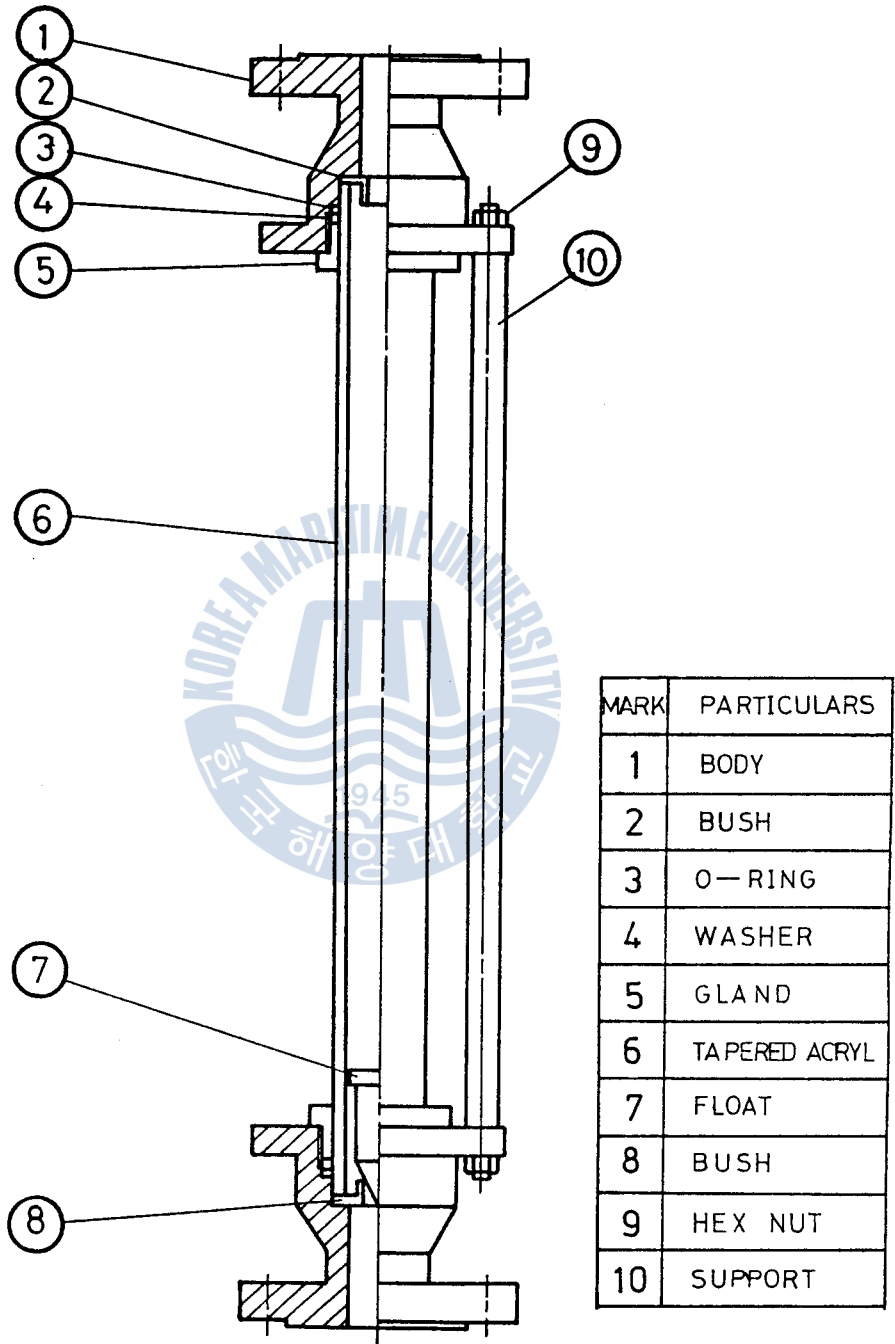


Fig. 5 流量计의 단면도.

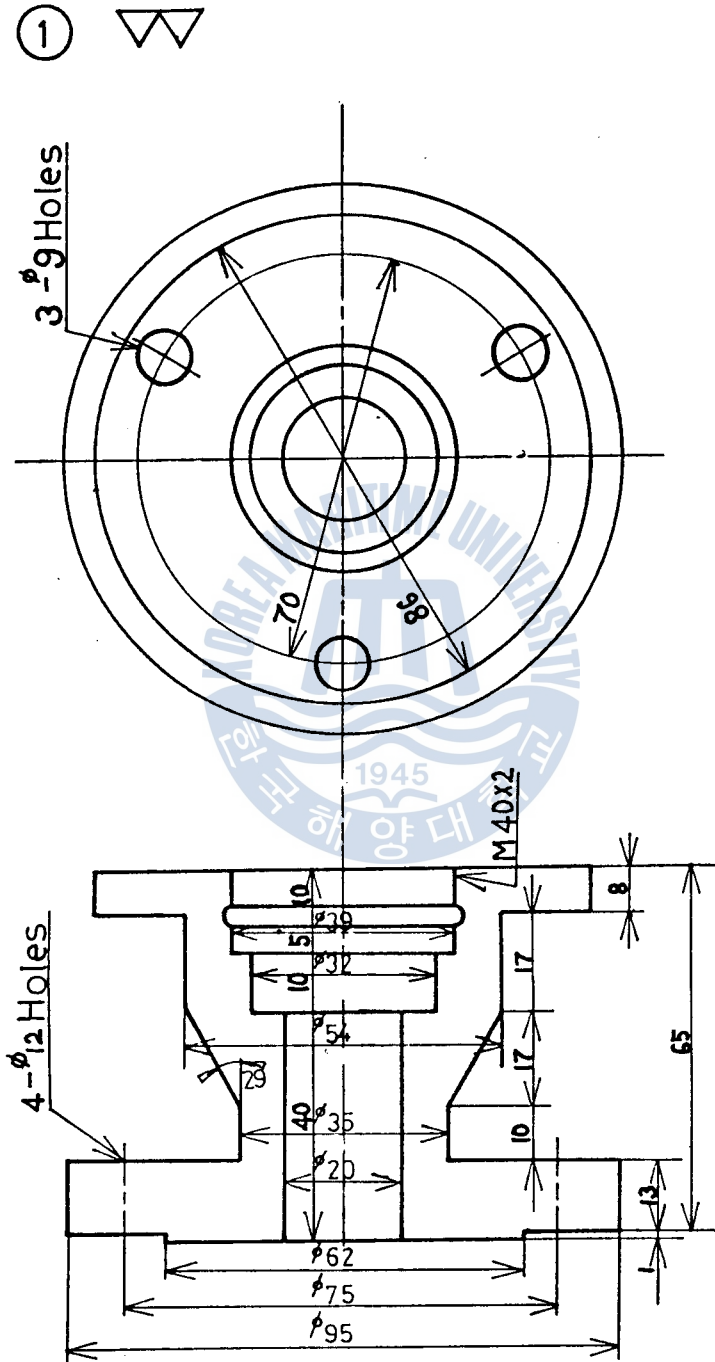
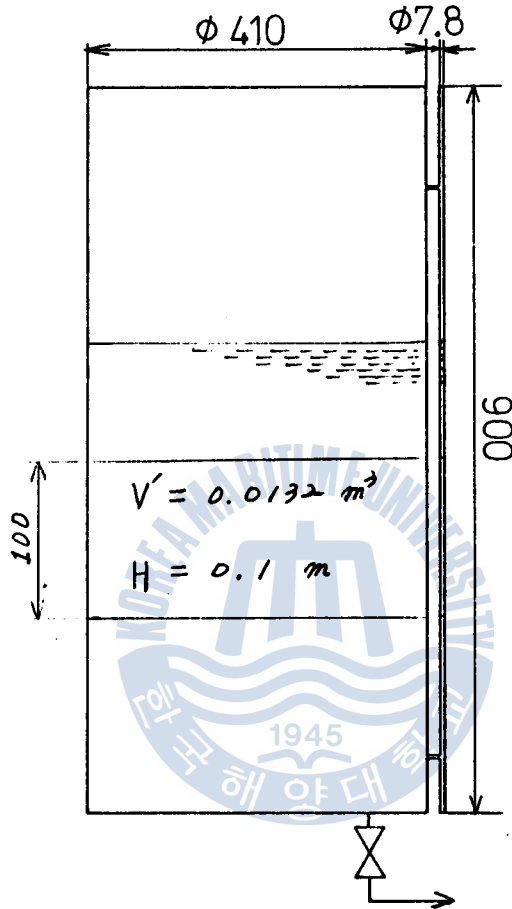


Fig.6 Body 부분의 단면도

3.2.3 매스 실린더



試算

$$\frac{V'}{Q_{max}} = 46.5 \text{ sec.}$$

Fig. 7 Mass Cylinder

전체 용적이 $\frac{\pi}{4} \times (41^2 + 0.78^2) \times 90 = 118865.9 \text{ cm}^3$ 인 매스 실린더에 일정 体積 $\frac{\pi}{4} \times (41^2 + 0.78^2) \times 10 = 13702.7 \text{ cm}^3$ 이 되는 동안의 시간을 여러 번 반복 측정 하여 나누므로서 유량을 구할 수 있다. 測定方法은 헤이더관에 표시되어 있는 금실의 위치에서 마라浮子를安定시킨 후 매스 실린더에 표시되어 있는 눈금의 일정을 눈금으로 부호화하여 측정하는 것이다. 그리고, 시간적 여유를 갖도록 측정하는 것이 좋다. 즉, 주의를 기울여야 하는 것은 수변의

각 수 있는 範圍 即, 浮子 가 안정된 범위
 는 레이저관의 높이 $y = 8 \sim 22 \text{ cm}$ 인 부분이며
 8 cm 以下와, 22 cm 以上의 부분은 浮子의 불안
 으로 因하여 정확한 유량 측정이 어렵다는
 것을 알 수 있다. 이 범위를 체적유량으로
 환산하면 약 $6 \sim 13 \text{ l/min}$ 이 해당한다.

Table 2 이론치와 실험치의 속도, 유량 및 레이놀즈 수의 관계

y	d_h	V_c	V_m	Q_c	Q_m	Re_c	Re_m
0.29	0.0379	1.727	9.163	1.3252	7.0445	501.9	2666.4
2.29	0.0619	1.727	5.621	2.1751	7.0776	519.3	2666.0
4.29	0.0859	1.727	3.728	3.0344	6.5492	1136.7	2453.3
6.29	0.1099	1.727	2.922	3.9031	6.6037	1454.0	2460.1
8.29	0.1339	1.727	2.396	4.7812	6.6315	1771.4	2456.9
10.29	0.1579	1.727	2.236	5.6687	7.3575	2066.8	2703.7
12.29	0.1819	1.727	2.194	6.5655	8.3416	2406.1	3057.0
14.29	0.2059	1.727	2.058	7.4718	8.9039	2723.5	3245.5
16.29	0.2299	1.727	1.943	8.3874	9.4353	3040.8	3420.8
18.29	0.2539	1.727	1.934	9.3124	10.4266	3356.2	3760.8
20.29	0.2779	1.727	1.794	10.2467	10.6412	3675.6	3817.1
22.29	0.3019	1.727	1.797	11.1905	11.6537	3992.9	4156.2
24.29	0.3259	1.727	1.995	12.1436	14.0268	4310.3	4978.7
26.29	0.3499	1.727	2.006	13.1061	13.2395	4627.7	5381.0
28.29	0.3739	1.727	2.091	14.0760	17.0440	4945.0	5966.9

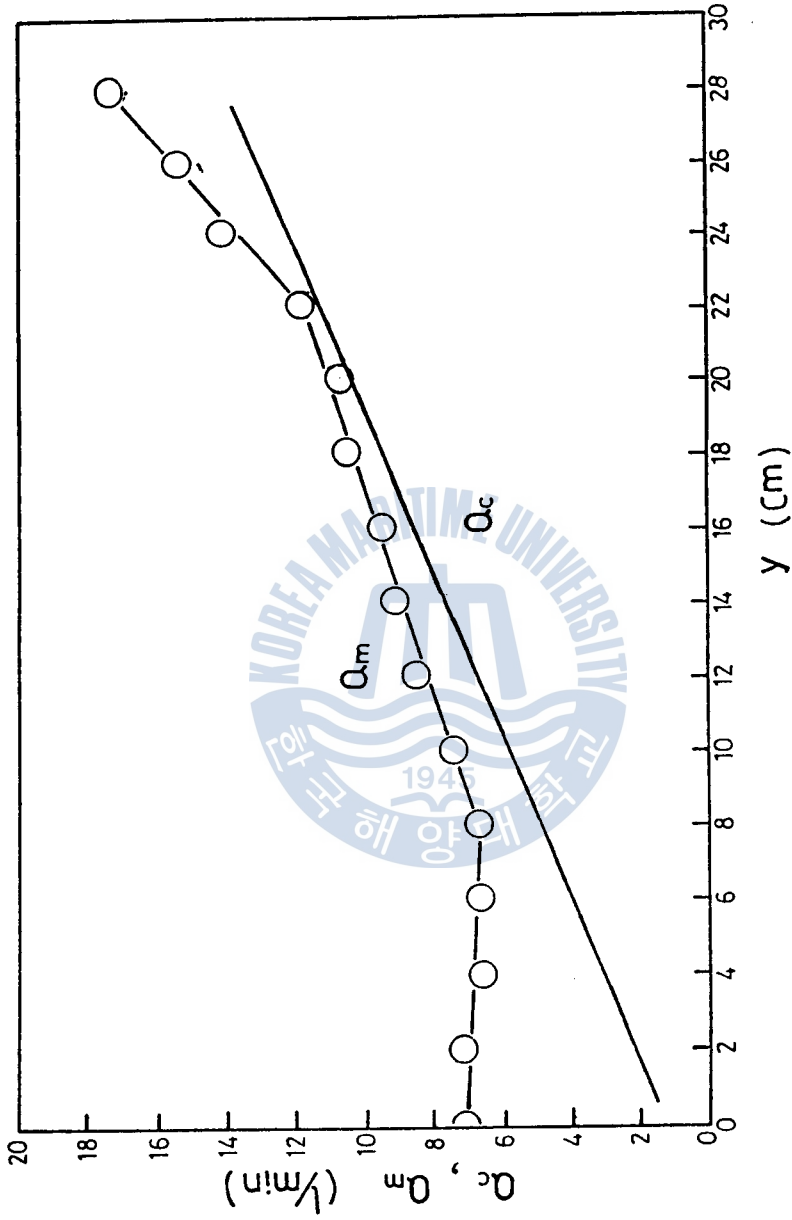
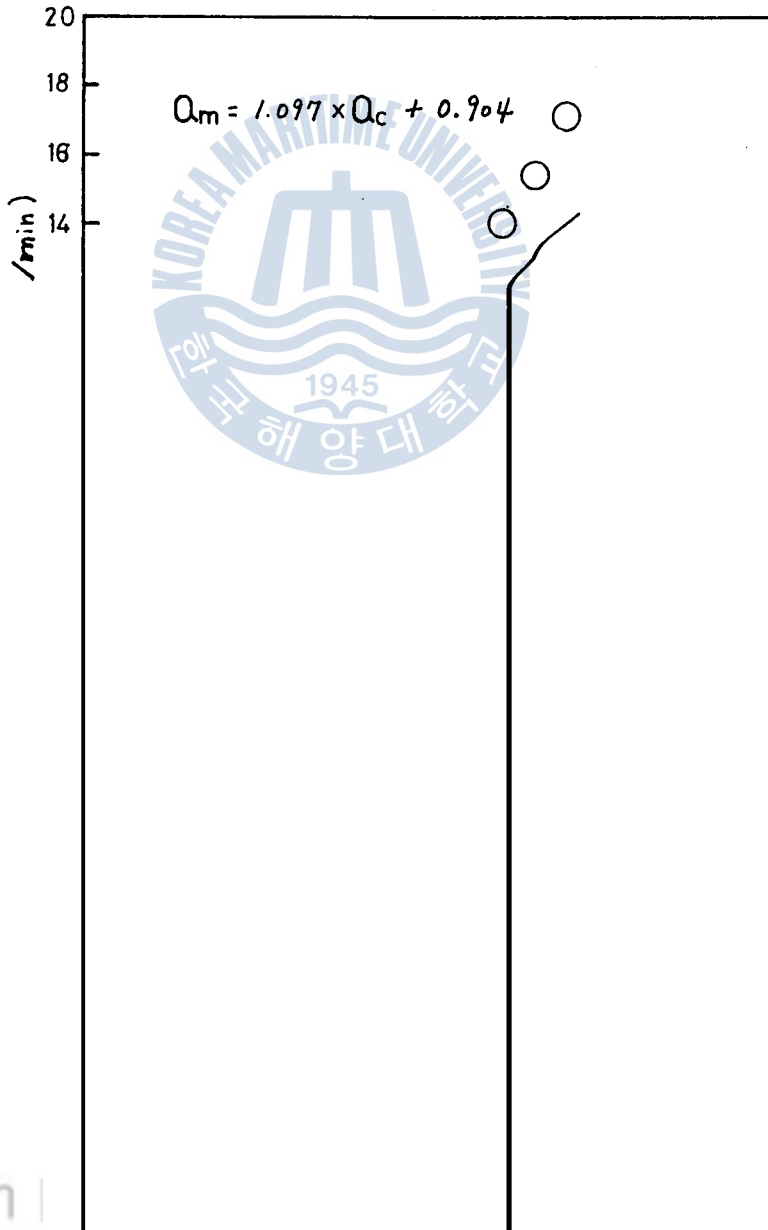


Fig. 8 관 높이에 따른 실험 유량과 이론 유량과의 관계

4.2 流出係數

Fig. 9 에 나타난 것과 같이 理論流量 Q_c 과 實驗流量 Q_m 을 各各 x 軸과 y 軸으로 한 狀態에 있어서 생기는 직선의 기울기가 유출계수 C 를 나타낸다.



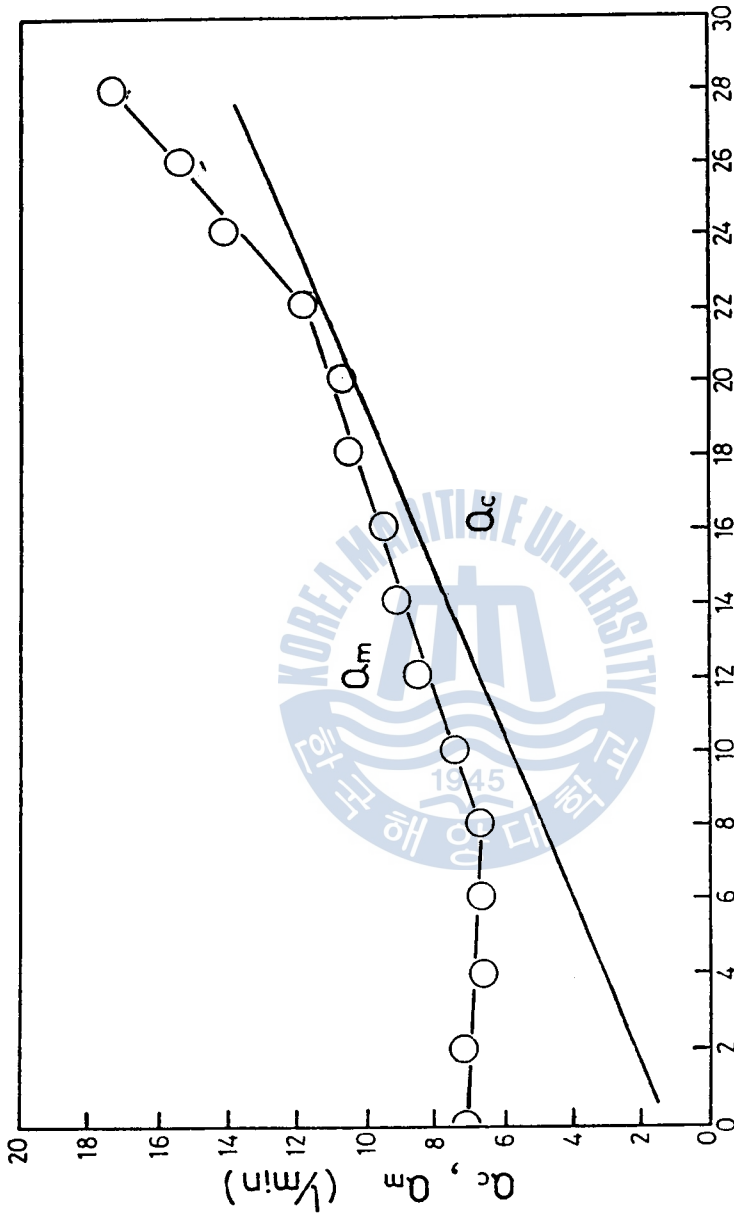


Fig. 8 관 높이에 따른 실험 유량과 이론 유량과의 관계

4.2 流出係數

Fig. 9 에 나타난 것과 같이 理論流量 Q_c 와 實驗流量 Q_m 을 각각 x 軸과 y 軸으로 한 狀態에 있어서 생기는 직선의 기울기가 유출계수 C 를 나타낸다.

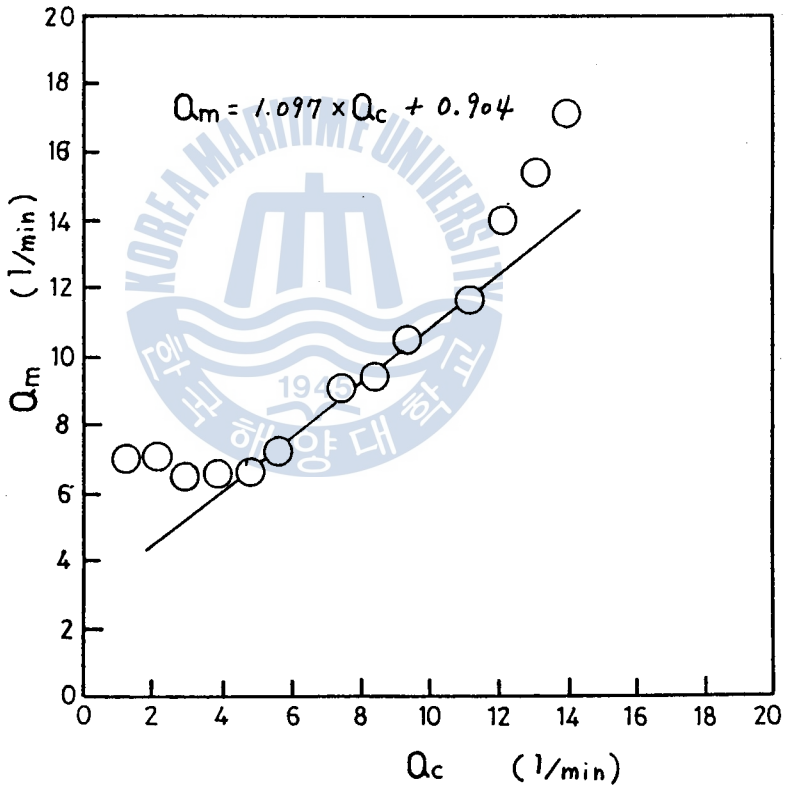


Fig. 9 이론 유량과 실험 유량과의 비교

4.3 레이놀즈 수

레이놀즈 수를 구하는 공식은

$$Re = \frac{V \cdot d_h}{\nu} \quad \text{----- (4-1)}$$

으로부터, 常溫 15°C의 물 動粘性係數 $\nu = 1.3065 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$ 이며, V 는 그때의 環狀面積을 지나는 물의 流速을 나타내며, 수력직경 d_h 는

$$d_h = \frac{4A}{C} \quad \text{----- (4-2)}$$

이다. 여기서 C 는 물이 접촉하는 환상유로의 둘레이며, A 는 浮子が 靜止하는 순간의 환상면적을 나타낸다. 그러므로

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (d_o^2 - d_i^2)$$

$$C = \pi \cdot (d_o + d_i)$$

인 데, d_o 는 浮子が 靜止하는 키치에서의 配이러관의 最大直徑이며, d_i 는 浮子の 最大直徑이므로, 따라서 수력직경 d_h 는

$$d_h = \frac{4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_o^2 - d_i^2)}{\pi \cdot (d_o + d_i)}$$

$$= \frac{(d_o + d_i) \cdot (d_o - d_i)}{d_o + d_i}$$

$$= d_o - d_i \quad \text{----- (4-3)}$$

이다. 속도 V 는, 實驗 레이놀즈 수를 求할 때는 Table 2 에 나타나 있는 V_m 을 利用하고 理論 레이놀즈 수를 求할 때는 Table 2 에 있는 V_c 를 利用하면 쉽게 레이놀즈 수를 求할 수 있다. Table 2 에 나타나 있는 實驗 레이놀즈 수의 數值를 나타내며, 理論 레이놀즈 수의 값은 Re_c 에서 볼 수 있다. Fig. 10 에서 유량과 관이 直徑이 $\varphi = 8 \sim 22 \text{ cm}$ 사이에 實驗 레이놀

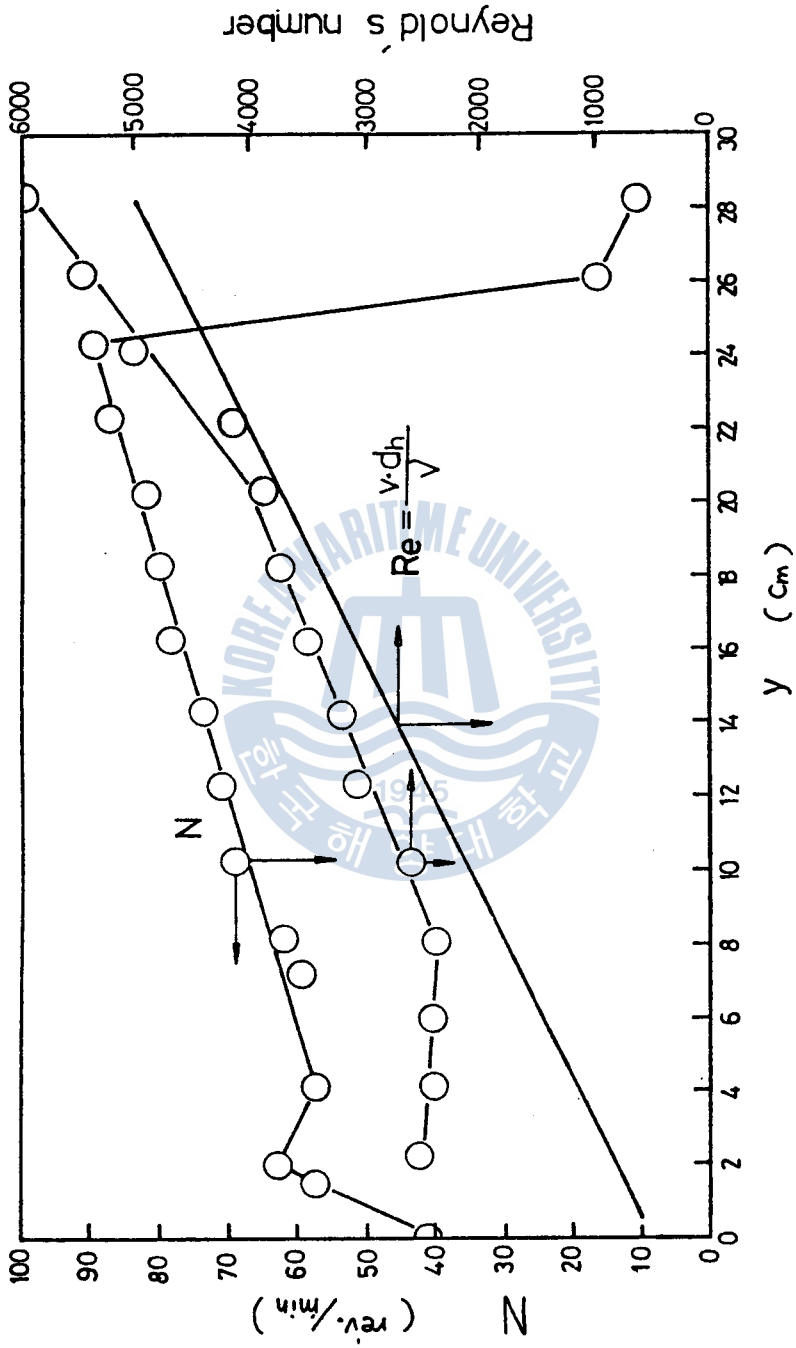


Fig. 10 부자의 회전수와 레이놀즈 수의 이론치와 실험치의 관계

Table 3 테이블관 내에서의 부자의 회전수

y	$\Delta N/\Delta T$ (Revolution/sec)				Cycle/sec	rpm
	1st	2nd	3rd	4th		
0.29	50 / 72.6				0.679	40.76
1.49	50 / 52				0.9615	57.69
1.99	20 / 19.5	20 / 19			1.035	62.1
4.29	50 / 52.6	20 / 20.4	20 / 21.8		0.949	56.96
7.29	20 / 20.2	20 / 20.4			0.985	59.1
7.79	50 / 49				1.0204	61.22
8.29	20 / 19	20 / 19.6			1.037	62.19
10.29	50 / 43	20 / 17.4	20 / 17.85	20 / 17	1.12524	69.14
12.29	50 / 42.4	50 / 42.3	20 / 16.5	20 / 17	1.187	71.24
14.29	50 / 40.6	50 / 40.6	20 / 16.6	20 / 16.55	1.219	73.16
16.29	50 / 38	50 / 38	20 / 15.42	20 / 15.4	1.307	78.42
18.29	50 / 37.6	50 / 37.4	20 / 15.2	20 / 15.05	1.33	79.83
20.29	50 / 36.2	50 / 36.2	20 / 14.85	20 / 14.8	1.365	81.89
22.29	50 / 34.4	50 / 34.2	20 / 14	20 / 13.85	1.446	86.78
24.29	50 / 34.8	20 / 13.4	20 / 13.2		1.482	88.90
26.09	15 / 57.25				0.262	15.72
28.29	10 / 59.4				0.168	10.10

5. 結論

浮子式 流量計의 국산화 개발을 위한 연구의 첫 단계로서 浮子式 流量計를 실제로 제조하여 실험을 하므로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 浮子式 流量計의設計는 각각의式 (1-11)에 의하여設計가 가능하다.

2) 浮子の比重(材質), 錘수, 레이어관의錘수를 변화시키기 위해서 소정의設計條件에 맞도록 流量計를設計할 수 있다.

3) 本 실험은 浮子式 流量計의 兩端 ($y \leq 4$, $y \geq 24$)에서 浮子の 회전수를 측정할 결과, 浮子の 회전이 불안정하였으므로

4) 이는 양단의 加工 및 조립의 精密度 또는 環狀流路의 水力直徑의 過小 또는 過大에 기인한다고 생각된다.

5) 流出係數 C는, 浮子の 회전수 측정의 結果와 測定流量이 일정한 範圍 ($4 \leq y \leq 24$)에서 流出係數 C는 設計値와 근사한 關係를 갖고 있으나, $C = 1.019$ 로써 1.0을 넘고 있다. 이는 加工의 精度 및 加工錘수의 不正確에 기인한다고 생각된다.

■ 参考 文獻

- (1) 日本機械学会, 機械工学便覧, vol.6 (1976)
- (2) Tentative recommended practice: Terminology, dimension, and safety practices for indicating glass, metal, and extension type glass tube variable area meters(rotameters), ISA - RP, 16.1 - 3(1961)
- (3) API : Installing rotameters, Control engineering, vol.7, No.3(1960)
- (4) Prediction of gas-flow performance rotameters, Hougens Instruments, vol. 26, No. 11 (1953)
- (5) 牧 博士, 浮子式 面積流量計の研究, 日本機械学会 論文集, vol 39, No. 317 (1973)
- (6) 金京根, 沸騰二相流における熱伝達率と液滴流量, 東京大学 工学部 機械工学科 硕士学位论文 (1979)

* 計算 프로그램.

```
10 PR#1
20 REM CURVE FITTING
30 DIM R(2,3), X(50), Y(50)
40 READ N
50 DATA 10
60 FOR I = 1 TO N: READ X(I),Y(I): NEXT I
70 FOR I = 1 TO 2: FOR J = 1 TO 3:R(I,J) = 0: NEXT J,I
80 FOR I = 1 TO N
90 R(1,2) = R(1,2) + X(I)
100 R(1,3) = R(1,3) + Y(I):R(2,2) = R(2,2) + X(I) ^ 2
110 R(2,3) = R(2,3) + Y(I) * X(I)
120 NEXT I
130 R(1,1) = N:R(2,1) = R(1,2)
140 GOSUB 290
150 A = R(1,3):B = R(2,3)
160 PRINT TAB(10);" ** DATA **"
170 PRINT : PRINT TAB(10);"QC"; SPC(15);"QM": PRINT
180 WR = 52480
190 FOR I = 1 TO N
200 CALL WR;" ";X(I);F6.4;" ";Y(I);F6.4; CHR$( 13):
210 NEXT I
220 PRINT : PRINT TAB( 10);" ** EQUATION **": PRINT
230 IF A < 0 THEN 250
240 IF A > 0 THEN 260
250 PRINT TAB( 8);"QM=";B;"*QC";A: GOTO 270
260 PRINT TAB( 8);"QM=";B;"*QC";A
270 GOTO 410
280 DATA 4.7812, 6.6315, 5.6687, 7.3373, 6.5655, 8.3416, 7.4718,
      8.9039, 8.3874, 9.4353, 9.3124, 10.4288, 10.2467, 10.6412,
      12.1436, 14.0268, 13.1061, 15.2395, 14.0780, 17.0440
290 REM --- MATRIX ---
300 FOR K = 1 TO 2
310 K1 = K + 1
320 FOR J = K1 TO 3
330 R(K,J) = R(K,J) / R(K,K) : NEXT J
340 FOR I = 1 TO 2
350 IF I = K THEN 390
360 FOR J = K1 TO 3
370 R(I,J) = R(I,J) - R(I,K) * R(K,J)
380 NEXT J
390 NEXT I,K
400 RETURN
410 REM -GRAPHIC-
420 HGR : HCOLOR= 3
430 HPLOT 10,10 TO 10,150
440 HPLOT 0,150 TO 220,150
450 FOR I = 1 TO 40
460 DEF FN Y(I) = B * I + A
470 HPLOT I * 4 + 10,150 - FN Y(I) * 3
480 NEXT I
490 FOR I = 1 TO 20
500 PRINT "QM(";I;")="; FN Y(I)
510 NEXT I
520 PR# 0
```

* 計算 프로그램.

```
10 PR# 1
20 REM Y ----- HEIGHT
30 REM DH ----- RADIUS OF HYDRALIC
40 REM D ----- DIAMETER OF SUKKIMA
50 REM RR ----- NUMBER OF REAL REYNOLD
60 REM UU ----- TEORETICAL SPEED
70 REM U ----- REAL SPEED
80 REM Q ----- REAL FLOW
90 REM QQ ----- TEORETICAL FLOW
100 REM RE ----- NUMBER OF TEORETICAL REYNOLD
110 REM A ----- SURFACE OF SUKKIMA
120 DIM Y(20),DM(20),D(20),RR(20),UU(20)
130 DIM U(20),Q(20),QQ(20),RE(20),A(20)
140 READ N: DATA 15
150 FOR I= 1 TO N: READ Y(I): NEXT I
160 DATA 2,2,1,4,8,10,12,14,16,18,20,22,24,26,26
170 PI = 3.141592654 / 180 * .3438
180 FOR I=1 TO N: READ Q(I): NEXT I
190 V =1.3065E -06:WR = 52480:ROOT = 1.727511871
200 PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
210 PRINT
220 FOR I= 1 TO N
230 Q(I) = Q(I)* 1E -03 /60
240 D(I) = 2 * (Y(I) + 3.58) * TAN (PI) + 2.12
250 DH(I) = (D(I) -2.125) * 1E -02
260 U(I) = Q(I) * 4 / (3.141592654 * ((D(I) * 1E -02)^2-.02125^2))
270 A(I) = 3.141592654 / 4*((D(I)*1E -02) ^2 - .02125 ^2)
280 QQ(I) = A(I) * ROOT
290 UU(I) = QQ(I) * 4 / (3.141592654 * ((D(I) * 1E-02)^2 - .02125^2))
300 RE(I) = U(I) * DH(I) /V
310 RR(I) = UU(I) * DH(I) /V
320 CALL WR;Y(I)+ .29;F4.2;DH(I) * 1E2;F6.4;UU(I);F6.3;U(I);F6.3;QQ(I)*
1E3 * 60;F8.4;Q(I) * 1E3*60;F8.4;RR(I);F7.1;RE(I);F7.1;CHR$ (13):
330 PRINT
340 NEXT I
350 DATA 7.04456,7.0778
360 DATA 6.54921,6.60378,6.631525,7.33753,8.34162,8.90393,9.438315,
10.42883,10.641235,11.65375,14.026835,15.23951,17.044
370 PR# 0
```

B>