

小型回流水槽の性能試験

菅井和夫*

山本徳太郎*

Characteristics of The Small-sized Circulating Water Channel

By

Kazuo SUGAI and Tokutaro YAMAMOTO

Abstract

A small-sized circulating water channel was built in 1964 at Ship Dynamics Division of Ship Research Institute. In this paper, the authors present the results of performance and characteristic tests on the channel, namely ; the speed distributions of the measuring section, the conditions of free surface and the mixture of bubbles into water.

1. まえがき

回流水槽とは、あたかも航空機の研究における風洞のごときもので、被測定物体を止めておき、代りに水の方を回流させて実験するものである。このため、長水槽に較べ水の乱れが大きくなる欠点はあるが、反面、実験はきわめてやり易く、しかも流体现象の観察が容易であるという優れた特徴をもっている。

最近、船舶技術研究所運動性能部に小型の回流水槽が建設された。この小型回流水槽の目的は、比較的小さな模型を用い、船舶流体力学に関する各種実験に供すると共に、あわせて将来建設を予定されている大型回流水槽（寸法で約4倍程度のもを予定）の模型としてその性能を調査するにある。

本資料は、最近この小型回流水槽に関し、流速分布測定をはじめとする基礎的な性能試験を終了したので、それらの結果をまとめたものである。今後本水槽を利用する際はもとより、新たに回流水槽を設計する際にも、何らかの参考になれば幸である。

2. 小型回流水槽の概要

今回建設された小型回流水槽は、いわゆる堅型といわれるもので、その主要目は次のごとくである。

- (1) 型式、寸法 堅型、長さ×巾×高さ
(7,650×1,100×2,600mm)

* 運動性能部

- (2) 基本性能 最大断面(1,100×850mm)
測定部断面(600×450mm)
流速(公称)0.4~2.0m/sec
- (3) 構造 鋼板溶接構造、ゴムパッキングを介してボルト組立、測定部には透明アクリル板を使用
- (4) プロペラ 4翼組立カプラン型、真鍮製、直径540mm、投影面積比0.5、ボス比0.4、ピッチ角16°24'(翼端)、翼型ゲッチンゲン622
- (5) 原動機 3相誘導電動機、4極、1,450rpm、5馬力、220V、14A
- (6) 変速機 リングコーン無段変速機、出力軸60~360rpm

本水槽の概略側面図を図1に、またモーターと反対側の斜上方より見た写真を図2に示す。

水の大凡の回流の仕方を説明すると次のごとくである。水の全体的な回流の方向は、図1において時計廻りの方向である。まず、下部のプロペラにより加圧された水は拡がり管を通して拡散され、最大断面部分に達する。ここで2回直角に曲げられた後、整流格子により整流され、次いで絞り管に導かれる。絞り管は、図3に寸法を示すようなもので、その絞り比は約3:1である。以上のように拡散、整流、絞りりと3段の過程を経た水は、かなり均一な流れとなって測定部に流出される。測定部を通過した水は、水面下10cmに自

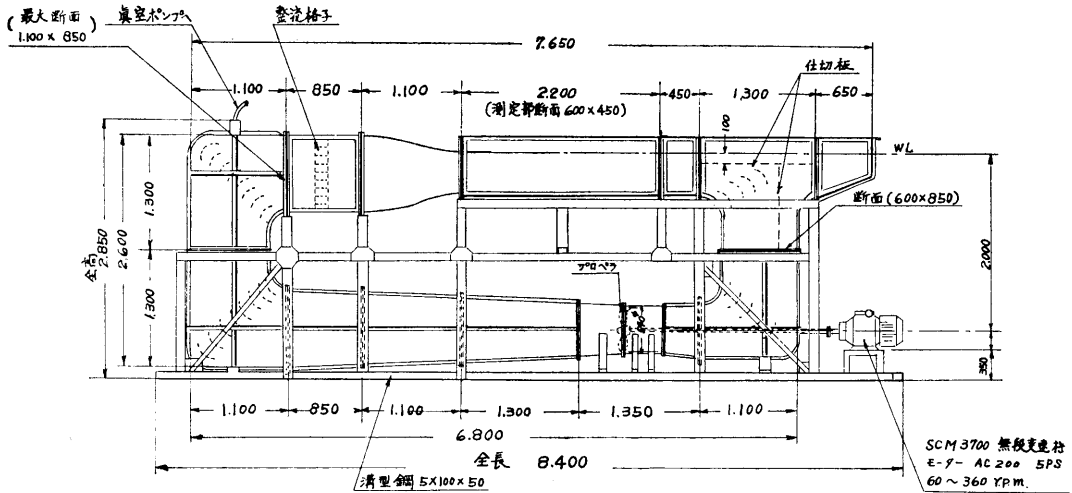


図1 小型回流水槽側面図

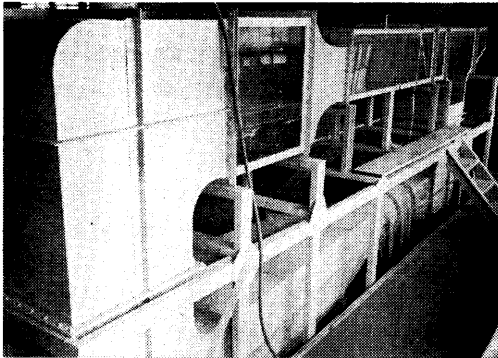
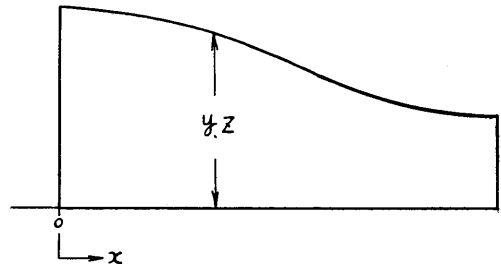


図2 小型回流水槽写真

由表面と平行に置かれた仕切り板により上下層に分離される。下層の水はエネルギーを失わないようにそのまま案内翼により直角に曲げられ下方に吸込まれる。上層の水には気泡が多く含まれるので、一旦突出部に導かれ、速度を落して混入した気泡を空中にもどしながら下方に吸込まれ、再び前記の下層の水と一緒にあってプロペラに流入される。このようにして水は循環を繰返される。

3. 流速分布

回流水槽で最も重要なことは、流速分布が均一な流れを得ることである。本水槽の測定部の流れの均一性をしらべるため、ピトー管を巾方向ならびに深さ方向にトラバースして、流速分布測定試験を行った。測定断面位置は、測定部のほぼ中央で、吹出口から 80cm



x %	z %	y %
0	425.0	550.0
100	416.2	539.5
200	396.5	514.5
300	365.6	477.0
400	333.5	437.5
500	303.8	400.7
600	278.6	368.8
700	258.4	342.6
800	243.3	323.5
900	233.2	310.5
1000	227.0	302.7
1100	225.0	300.0

図3 絞り管の形状

下流である。

無段変速機の色度ダイヤルを1.0から6.0まで6段階変えたときの流速分布を表1～6に示す。これらの表で

Table 1 Velocity Distributions in mm/sec, Speed Dial 1.0

$x \backslash y$	25	50	100	200	300	400	500	550	570
25	612	660	664	663	631	629	620	620	577
50	666	697	690	699	674	655	664	629	602
100	684	706	701	694	680	674	674	681	674
200	706	711	704	701	693	690	693	689	676
300	701	706	700	710	704	700	703	700	671
350	694	699	694	696	701	689	689	687	679
400	674	683	689	694	686	697	690	687	660
425	620	690	684	657	660	646	664	655	626

Table 2 Velocity Distributions in mm/sec, Speed Dial 2.0

$x \backslash y$	25	50	100	200	300	400	500	550	570
25	878	939	918	924	907	861	861	872	787
50	912	975	973	978	960	939	918	904	895
100	929	955	953	947	927	921	917	927	907
200	967	975	986	976	963	963	955	958	934
300	970	977	974	961	970	962	960	940	908
350	958	961	945	951	953	947	948	945	932
500	916	952	942	937	935	925	927	928	994
425	857	818	916	916	895	896	898	882	825

Table 3 Velocity Distributions in mm/sec, Speed Dial 3.0

$x \backslash y$	25	50	100	200	300	400	500	550	570
25	1039	1130	1122	1107	1102	1072	1073	1077	1076
50	1153	1200	1182	1161	1150	1140	1138	1130	1051
100	1170	1192	1190	1164	1155	1141	1141	1150	1101
200	1173	1193	1200	1186	1190	1181	1167	1165	1136
300	1185	1192	1191	1195	1180	1171	1171	1156	1149
350	1159	1170	1163	1155	1139	1141	1153	1150	1015
400	1120	1170	1155	1142	1139	1122	1137	1133	1113
425	1146	1155	1121	1127	1105	1060	1126	1095	1044

Table 4 Velocity Distributions in mm/sec, Seed Dial 4.0

$x \backslash y$	25	50	100	200	300	400	500	550	570
25	1203	1332	1316	1283	1305	1288	1221	1238	1179
50	1309	1388	1390	1378	1367	1350	1360	1357	1319
100	1373	1404	1393	1383	1366	1352	1357	1356	1346
200	1389	1418	1412	1413	1410	1394	1388	1383	1368
300	1398	1409	1410	1415	1404	1388	1385	1382	1399
350	1391	1401	1384	1375	1372	1361	1372	1376	1346
400	1383	1392	1381	1373	1368	1355	1361	1368	1363
425	1271	1313	1400	1367	1353	1339	1349	1328	1302

Table 5 Velocity Distributions in mm/sec, Speed Dial 5.0

$z \backslash y$	25	50	100	200	300	400	500	550	570
25	1423	1543	1509	1490	1507	1489	1432	1433	1334
50	1444	1530	1521	1496	1506	1500	1488	1525	1434
100	1500	1528	1521	1499	1481	1472	1485	1484	1492
200	1561	1576	1584	1573	1556	1545	1539	1544	1492
300	1602	1647	1639	1645	1635	1937	1626	1613	1548
350	1610	1608	1619	1609	1602	1592	1609	1583	1488
400	1577	1607	1595	1577	1548	1544	1559	1561	1473
425	1530	1543	1546	1485	1472	1475	1511	1490	1306

Table 6 Velocity Distributions in mm/sec, Speed Dial 6.0

$z \backslash y$	25	50	100	200	300	400	500	550	570
25	1627	1714	1714	1673	1675	1595	1625	1638	1557
50	1787	1827	1812	1806	1791	1788	1781	1798	1611
100	1817	1834	1832	1816	1816	1814	1825	1813	1787
200	1802	1808	1794	1782	1783	1779	1769	1754	1715
300	1793	1808	1812	1794	1795	1783	1779	1771	1656
350	1757	1774	1776	1763	1738	1730	1748	1753	1636
400	1736	1757	1740	1702	1683	1681	1709	1705	1637
425	1649	1757	1763	1709	1691	1653	1687	1662	1481

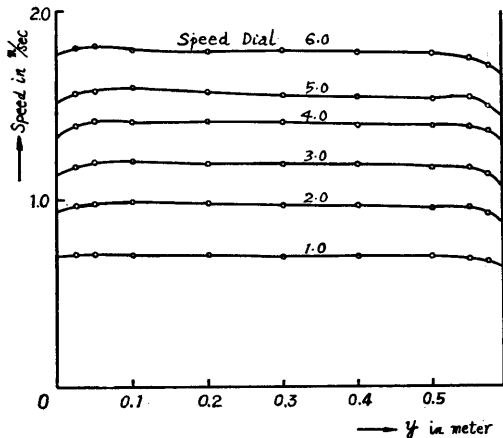


図4 $z=20\text{cm}$ における巾方向の速度分布曲線

y 座標は上流から見て左端の壁を零とし右方を正とした。また Z 軸は自由表面を零とし下方を正とした。巾方向ならびに深さ方向の流速分布を曲線の形でみるため、深さ $z=20\text{cm}$ における巾方向の速度分布曲線を図4に、また巾の中央 $y=30\text{cm}$ における深さ方向の速度分布曲線を図5に示す。

上記の各図表から、測定部の流速分布に関し次のような結論が導かれた。

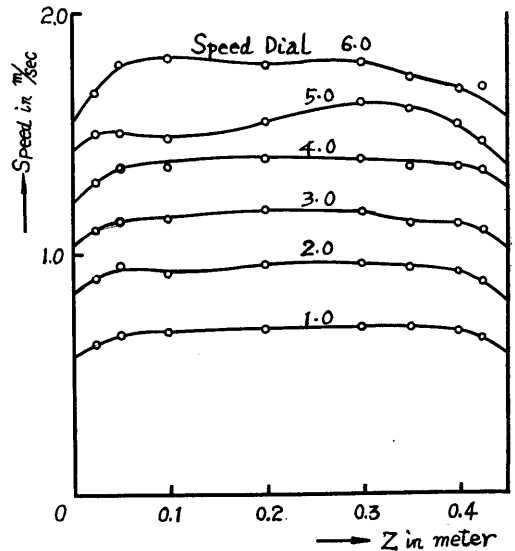


図5 $y=30\text{cm}$ における深さ方向の速度分布曲線

(1) 壁面および自由表面からそれぞれ10cm以上離れた断面中央部附近では流速分布はほぼ一定である。

(2) 壁面から5cm以下では明かに速度の低下が認められ、特に壁面のごく近傍では約10%程度の速

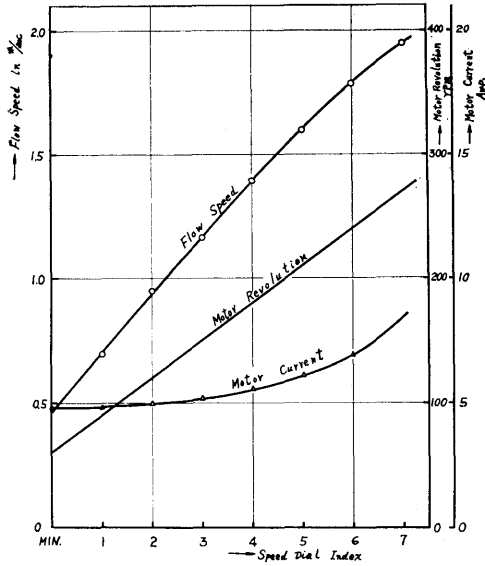


図6 小型回流水槽性能曲線

度低下があるものと考えられる。

(3) 自由表面近くの浅い所での速度の落ち方は、壁面近くよりやや大きい。

上述のように、測定部断面中央部附近の流速がほぼ均一とみなせることから、その部分の平均速度を求め、各速度ダイヤル目盛に対してプロットしたのが図6である。また同図には、速度ダイヤル目盛に対する電動機の電流値ならびにプロペラ軸の回転数も同時に示してある。この図から流速がプロペラ回転数に対しほぼ比例関係にあることがわかる。

4. 自由表面状態

回流水槽は測定部に自由表面を持ち、したがって、そこで自由表面がある場合のいろいろな流体力学的実験が行えることが大きな特色となっている。このため、測定部の自由表面はなるべく平坦で乱れの少ないものでなければならない。

自由表面の状態をしらべることは、計測によることも難しいので、写真観察を用いることにした。図7～

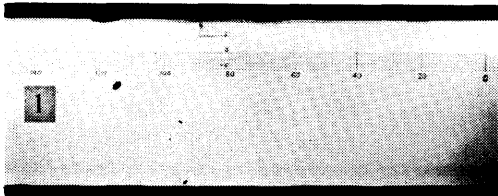


図7 測定部写真 V=0.70m/sec

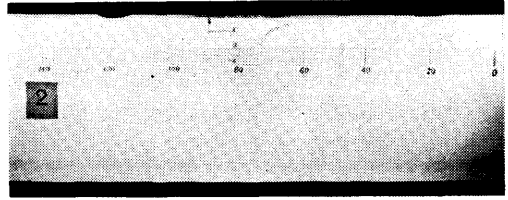


図8 測定部写真 V=0.93m/sec

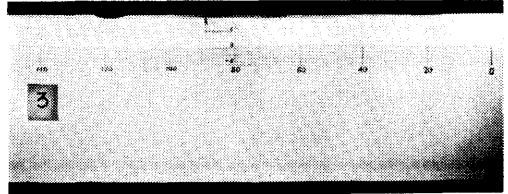


図9 測定部写真 V=1.17m/sec

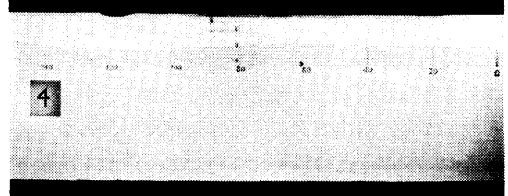


図10 測定部写真 V=1.39m/sec

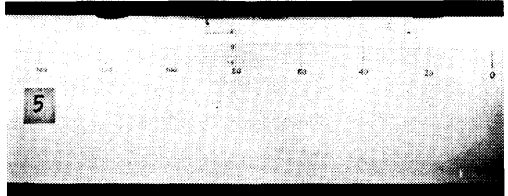


図11 測定部写真 V=1.61m/sec

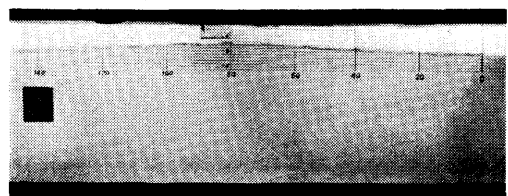


図12 測定部写真 V=1.79m/sec

図12は、速度をいろいろ変えた場合の測定部の自由表面状態を写真で示したものである。写真の中に写っている目盛の単位はcmである。これらの写真から自由表面状態に関し、次のようなことがわかった。

(1) 流速1 m/sec以下では、自由表面は殆んど平坦であり、造波現象の観察等にも十分実用になる。流速1 m/sec以上になると測定部中央附近で僅かに盛り上がりが始まり、流速が増加すると共にその大

きな波うちの振巾も大きくなって行き、2 m/sec 附近では 2 cm 位になる。

- (2) 流速 2 m/sec 位の高速になると、上記の波うちの他に、測定部の自由表面が全体的に上流から下流に向かって傾斜したような形になる。
- (3) 各写真の自由表面附近だけに着目すると、流速 1 m/sec 以下では水線が奇麗に写っているのに、それ以上の流速になると次第に水線が乱れて 2 m/sec 附近では 1 cm 位の巾をもった線に写っていることに気付くであろう。これは自由表面に細かい乱れが発生しているためで、上から見るとちりめん皺のように見える。

上記(1)で自由表面が大きく波うつのは、流速と測定部の水深に関係するもので、その水槽の水深に対応する孤立波速度と流速が一致した場合には、相当大きく波うつ心配がある。本水槽では流速範囲が孤立波速度以下であるからよいが、孤立波速度が流速範囲に含まれるような場合には上げ底を使う等の工夫が必要となる。また、自由表面ごく近傍の細かい乱れをもった層については、前節にも述べたごとく速度もかなり落ちているので、この層だけを吸い取ってやるのも改善の一方法であろう。

5. 気泡の除去

高速になると被測定物体および回流水槽自体が気泡を発生し、これが水中に混入して回流するようになる。このような気体の混入は、あたかも流体の密度が変化したようなことになるので、できる限り除去してやらなければならない。本水槽はこのため測定部下流に特殊の工夫がしてある。すなわち、測定部下流には水面下 10cm に自由表面と平行におかれた仕切板があり、

上層の気泡を多く混入した水は分離して突出部に導き、速度を非常に落して気泡を空中に戻すようにしてある。

回流水槽をまわして実際に気泡の混入状態を観察すると、流速 1 m/sec 程度までは気泡の発生が殆んどみられないが、1.5 m/sec 位になると相当気泡が出るようになる。しかしながら、それらの気泡の殆んどが上層の水に含まれ、下層に含まれるものは僅かである。下層の気泡はそのままプロペラに流入して循環してしまいが、上層の気泡は突出部で速度が落され大部分空中に戻されてしまう。さらに残った気泡も、プロペラに流入する前に下層の水の約 $\frac{1}{2}$ の流速で下方に流され、この区間で流速よりも気泡が上方へ浮上る速度の方が速いため、空中に戻されてしまう。流速が 2 m/sec 附近になると突出部で空中に戻しきれなかった気泡はそのまま下方へ吸込まれてしまう。以上の観察から、気泡の浮上る速度は約 1 m/sec 程度であり、これ以下の流速で下方に向う区間を作っておくと、気泡を大部分空中に戻すことも可能であることがわかった。

6. あとがき

上述のように、小型回流水槽の流速分布をはじめとする基本的な性能試験を完了し、この水槽で行う種々の実験のための性能曲線はもとより、将来建設を予定されている大型回流水槽の基本設計を行うための貴重な資料を得ることができた。なお、今後は小型の模型を使った主として定性的な流体力学実験を行うと共に、自由表面附近の流れの制御や、気泡の抜き方等、回流水槽そのものの改良についても研究して行きたいと考えている。