
 論 文

大韓造船學會論文集
 第31卷第3號 1994年 8月
 Transactions of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 31, No. 3, August 1994

柱狀滑走船型の SPRAY 觀測과 底面壓力分布

하문근*, 仲渡 道夫**

Some Tests on Spray of a Prismatic Planing Hull

by

Mun-Keun Ha* and Michio NAKATO**

요 약

고속정은 spray를 수반하는 흐름 특성을 가지고 있다. 본 연구에서는 이러한 spray의 흐름 특성을 파악하기 위해 몇가지 실험을 수행하였다. 우선 아크릴판으로 만든 주상활주선형을 이용하여, 예인수조에서 흐름의 가시화를 수행하고, 그 기록으로부터 화상해석을 통하여 spray흐름의 방향, 유속등을 계측하였다.

Spray에 의해 발생하는 모델의 양력, 항력을 구하기 위해서는 spray의 두께가 주요한 계측 항목이 된다. 본 연구에서는 운동량 이론을 이용한 새로운 spray의 두께 계측법을 제시하였다. Spray의 두께를 국부적으로 계측하여 저항성분을 구하여 적분하므로써, 본 실험모델이 받는 저항성분중 spray저항을 평가하였다. 또한 활주모델의 저면에서 압력을 계측하여 spray가 발생하는 원리를 보여 주었으며, 계측된 압력을 적분하므로써 모델에 작용하는 압력저항성분을 평가하였다.

Abstract

This study was carried out for understanding the characteristics of the spray around high speed vessels. Prismatic planing hull made of an acrylate board was used to the tests. The distribution of local spray velocity were estimated from the analysis of the spray visualization.

A new test system for measuring the spray thickness is proposed, and was used to estimate the local spray thickness in the model. The pressure distributions on the bottom of the hull are measured and integrated to estimate the pressure drag of the model in the towing tests. Finally, the spray drag/lift component is separated from the total drag/lift on the prismatic hull. These test results show that the spray drag component on high speed vessels is relatively large and important in total drag.

발표일자 : 1993년도 대한조선학회 추계연구발표회('93.11.12)

접수일자 : 1994년 1월 28일, 재접수일자: 1994년 7월 5일

* 정희원, 삼성중공업(주), 선박해양연구소, 유체 CAE팀

** Hiroshima Univ. 명예교수

1. 序 論

선박은 속도가 증가하여 고속이 되면 수면과 선박의 교선의 전반부로부터 spray가 발생한다. 이 spray의 발생현상은 최근 해상교통의 고속화 경향에 의해 고속 선형개발에 있어서 유체 역학적으로 중요한 연구과제이다.

Spray에 관한 연구는 Savitsky[1]의 활주선형의 침수표면적 변화에 관한 연구, Hadler[2]의 활주체의 저항추정에 관한 연구 등의 실적이 있어, 옛날부터 유체 역학자들의 관심의 대상이 되어왔다. 그러나 spray에 관한 연구는 다른 유체역학분야에 비해서, 그 연구성과가 많다고는 생각되지 않는다. 최근에는 Wu & Whitney[3]가 spray가 발생하지 않고 최소저항을 받는 활주선형을 구하기 위한 연구를 하였고, Latorre [4][5][7]는 spray특성계측에 관한 실험방법과 spray 저항성분 추정법을 보여주었다. 또한 Payne[6][8]는 spray의 특성파악에 주요한 spray두께의 계측법과, 대trim각에서의 활주체가 받는 충격력의 추정법을 연구하였다. 平野등[9][10][11][14]은 최근 일련의 실험을 행하여 주상체가 받는 압력저항의 성분 중에서 spray저항이 차지하는 비율을 보여주므로써 그 중요도를 인식시켜 주었다. 한편, 別所등은 종래의 선형 potential이론을 수정하여 spray발생현상을 설명하고, 그 성분을 이론적으로 추정하였다[12][13].

이러한 연구배경을 기초로 하여, 본 연구에서는 고속정의 spray현상의 관측과 함께 spray저항을 추정하기 위한 기초적 연구로서, 주상활주체를 이용한 수조 실험을 실시하여 spray의 유속, 흐름의 방향, 두께, 저면압력 분포 등의 계측 방법 및 결과를 보고한다. 실험시 video camera에 기록된 spray의 가시화로부터 화상해석을 하여, spray의 流跡, spray의 流速과 流向을 구했으며, spray의 두께를 계측하는데 있어서 새로운 실험 방법을 제시하고 그 결과를 고찰하였다. 또한 spray발생 부분에서 중점적으로 압력을 계측하였으며, 그 계측된 압력은 모형의 전저항에 있어서 spray 저항 성분을 추정하기 위한 데이터로도 사용하였다.

2. Spray의 관측실험

2.1 供試模型

실제, 선박이 고속으로 항주하게 되면 spray의 형상은 표면장력, 바람의 영향을 받아 대단히 복잡하게 되어, 그러한 실제 조건하에서 spray의 흐름과 breaking 등을 추정하는 것은 현 단계에서는 대단히

힘든 연구과제라고 할 수 있다. 그러나 모형실험에서는 실험상태를 잘 조절하므로써 깨끗한 spray를 만들 수 있을 뿐만아니라, 그러한 spray상태에서 형상을 관찰하므로써 spray의 유체역학적 의미를 보다 분명히 하는 실험을 가능하게 할 수 있게된다. 그래서 본 연구에서는 기하학적으로 간단한 주상체 모형을 이용하여 예인수조 실험을 실시하였다.

주상체모형은 Fig.1에 보여주듯이 저면은 2개의 평판을 접합하여 13°의 deadrise를 가지고 있고, 양측면은 wall side, transom 선미의 형상을 하고있다. 또한 모형의 재료는 선저의 흐름을 잘 관찰하고, 가시화가 가능하도록 두께 150mm의 아크릴판을 사용하였다. 그 모형의 주요목을 Table 1에 보여주고 있다.

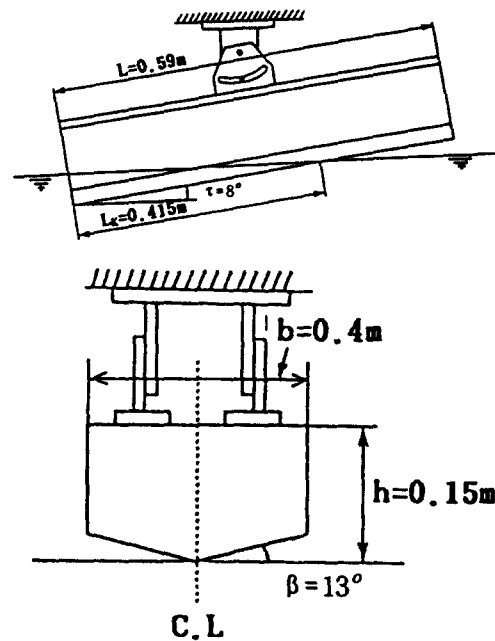


Fig. 1 Model and test set-up

Table 1 Principal dimensions

| | |
|----------------------------|---------------------|
| Deadrise angle (β) | 13.0° |
| Length(L) | 0.59m |
| Breadth(B) | 0.20m |
| Depth(h) | 0.15m |
| Trim angle(τ) | 8.0° |
| Keel length(L_k) | 0.415m |
| Displacement(∇) | 0.002m ³ |

2.2 Spray의 流跡, 流向, 流速의 관찰방법

Spray의 형상은 활주체의 형상, 활주 자세에 의해 다른 모양을 보여주나, 본 실험에 사용된 것과 같은 주상활주체 모형에서는 Fig.2에 보여주는 것처럼 whisker spray와 spray blister의 영역으로 나누어진다[1][4]. 활주체와 수면과의 경계는 정수시에는 정수 흡수선이나, 활주상태로 되면 그 경계선을 spray root line이라고 한다. Spray는 이 spray root line을 기점으로 하여 발생하여, chine으로부터 분리되면서부터 whisker spray와 spray blister영역으로 나누어진다. Whisker spray는 비교적 두께도 두껍고, spray저항의 대부분을 차지하는 것으로 알려져 있다[4][5][10]. 한편 spray blister영역은 선측의 chine line으로부터 확산되어 물거품같은 모양을 하고 있으며, 두께도 얇고 spray저항으로서 차지하는 비율도 작다. 이같은 사실을 근거로하여 본 연구에서는 spray저항의 대부분을 차지하는 whisker spray에 대하여 주로 관측하여 그 특성을 조사하기로 하였다.

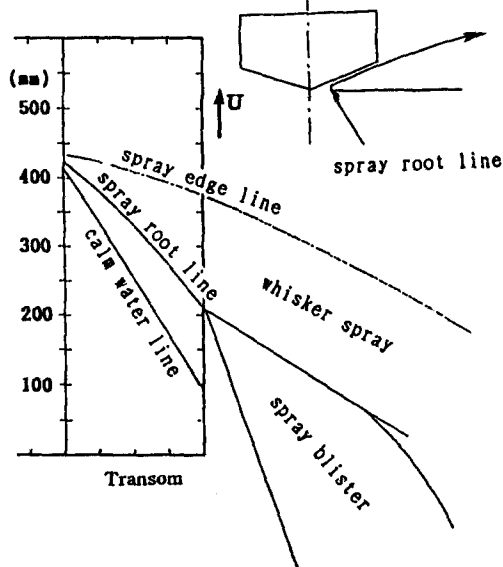


Fig. 2 Concept of spray

우선 spray流場을 관찰함에 있어서는 Fig.3에서 보여주는 것과 같은 계측 장비를 이용하여 spray의 흐름을 可視化하였다. 可視化에서는 발포스치로폴로 이루어진 형광의 트레이서(직경 4.0mm~5.0mm)를 비닐튜브(내경 8.0mm)를 통하여 선측 5.0mm의 위치에서 spray의 상방에 낙하시켰다. 그리하여 이 트레이서의 위치변화를 전자 샷타가 붙어있는 비데오 카메라(전자

샷타속도1/250)로 촬영하였다. 이 촬영된 화상해석 처리는 DIP 시스템을 이용하여 코마별로 트레이서의 위치와 평균이동속도 및 流向을 읽어 들었다(코마간격 1/30 sec). 또한 바람에 의한 spray의 형상의 흐트러짐을 방지하기 위하여 방풍막을 제작하여 방풍막의 효과도 조사하였다. 방풍막은 모형의 전방 0.5m의 위치에 아크릴판으로 제작하여 설치하였다. 그리고 실험상태로서 모형의 활주속도는 2.1~2.7%의 범위에서 계측을 수행하였다.

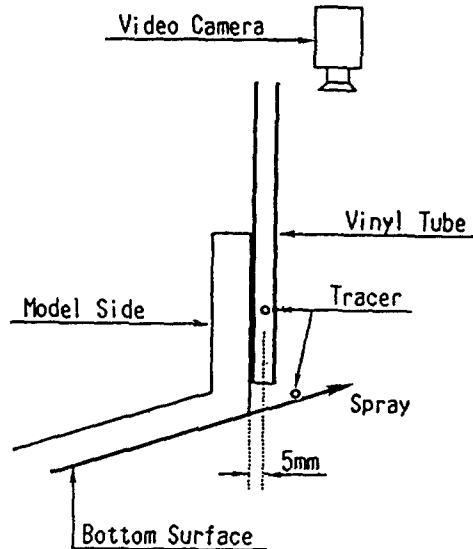


Fig. 3 Apparatus of spray visualization

2.3 實驗結果 및 考察

주상 활주체로부터 발생하는 spray의 可視化를 수행하여 video 카메라에 기록하고, 그 기록을 畫像解析하여 분석을 하였다. 전술하였듯이 spray는 기록된 화상으로부터도 whisker spray와 spray blister의 2가지 영역으로 확실히 구별할 수 있고, 이 분리된 영역을 참고로 하여 모형선 활주속도 2.1~2.7%에서의 spray의 형상과 流跡의 결과를 Figs.4, 5, 6, 7에 보여주고 있다. 여기서 Fig.6의 (a), (b)는 wind screen의 效果를 調査한 결과이다. 이들의 그림들로부터 알 수 있는 것은, 速度가 크게되면 spray root line은 船首 방향으로 移動하고, 이에 따라 whisker spray가 모형선의 進行방향에 대하여 側방향으로 더욱 發達하고 있음을 알 수있다. 또한 spray blister가 船側으로부터 擴散되고 있는 모양은 流跡線을 보면 잘

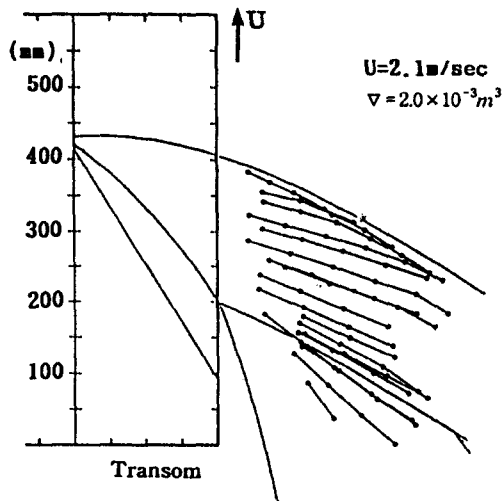
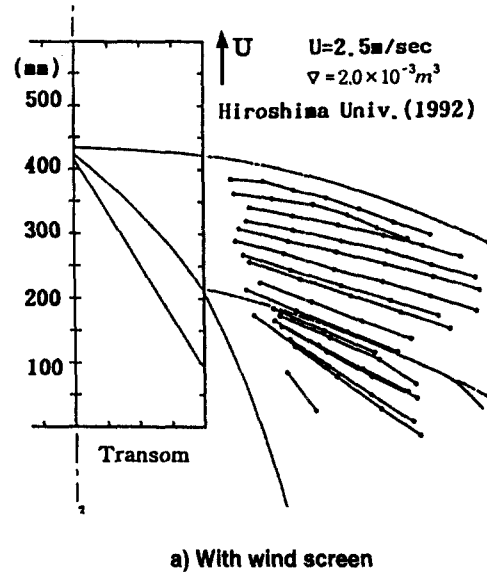


Fig. 4 Trace of spray for prismatic model (U=2.1m/sec)



a) With wind screen

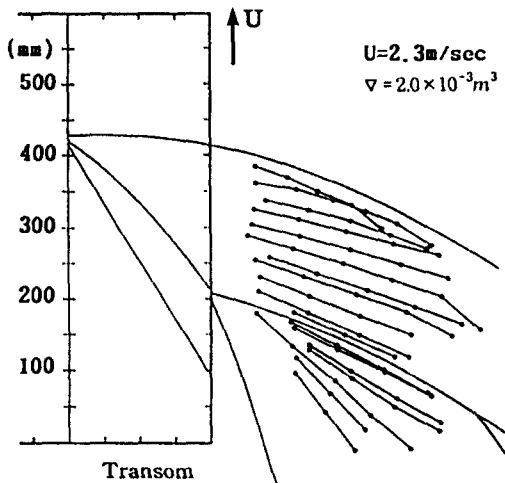


Fig. 5 Trace of spray for prismatic model (U=2.3m/sec)

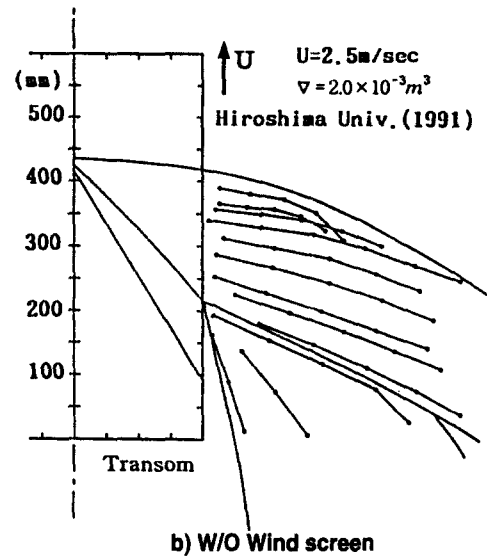


Fig. 6 Trace of spray for prismatic model (U=2.5m/sec)

알 수 있다.

Fig. 6의 (a)와 (b)의 비교로부터 바람에 의한 spray의 흐트러짐을 방지하기 위하여 설치한 wind screen의 효과를 알 수 있다. Fig. 6 (b)의 wind screen이 없는 경우에 대한 결과를 보면 whisker spray의 전방부분에서 류적선의 흐트러짐이 보여지지만, Fig. 6 (a)의 경우는 그 흐트러짐이 거의 보이지 않고 있다. 이와 같은 결과로부터 다른 속도에 있어서의 가시화도 wind screen을 설치한 상태에서 수행하

였다.

다음은 화상해석으로부터 얻어진 流速분포를 Fig. 8에 보여주고 있다. 이 그림으로부터 활주속도의 변화에 의한 流速분포를 비교해 보면, whisker spray영역의 前部로부터 後部방향으로 진행함에 따라 spray의 속도는 크게 되고, spray blister 域에 접근함에 따라 이러한 속도성장이 없어진다. 이러한 경향은 본 실험의 전속도 영역에 있어서 비슷한 결과를 보여주고 있다. 이 결과들을 보면 활주속도가 클수록 spray의 前

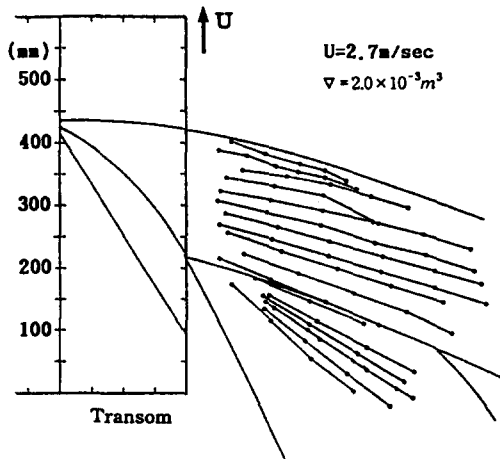


Fig. 7 Trace of spray for prismatic model (U=2.7m/sec)

部와 後部의 속도차가 커짐을 알 수 있다. 또한 각 활주 속도에 있어서 spray속도의 평균을 비교해 보면, 모형의 활주속도가 클수록 거의 선형적으로 성장하고 있다. 그리고 활주속도에 의한 spray의 국부속도의 분포는 전속도 영역에 있어서 비슷한 경향을 가지고 있고, spray의 평균속도가 활주속도에 미치지 못하는 운동량의 손실로 생각되며, 可視化의 3次元 영향은 spray의 형상등을 고려한다면 그다지 크지 않을 것으로 추측된다.

다음으로 spray의 局部 流向분포를 Fig. 9에 보여 주고 있다. 이 그림으로부터 알 수 있듯이 whisker spray영역에서의 流向분포는, 활주속도에 관계없이 비슷한 경향을 가지며, 前部에서는 활주방향에 약 90° 정도의 각도 변화를 하고 있으며, 後部로 진행함에 따라 그 각도 변화정도는 약해져, spray blister영역에서는 활주 방향과 비슷한 流向분포를 가질 것으로 예상된다. 또한 활주속도가 커짐에 따라 활주 방향에 대한 spray의 방향 전환은 더욱 커지는 것을 알 수 있다.

3. Spray의 국부두께와 저항성분

3.1 spray의 국부힘의 계측

滑走艇의 全抵抗중에서 spray에 의한 抵抗成分을 분리하는 것은 간단하지가 않다. 그 이유로서 spray 저항은 일반적으로 spray의 運動量으로부터 계산할 수 있으나, 그렇게 하기 위해서는 우선 spray 發生 流量을 정확하게 計測할 필요가 있는데 쉽지 않다는 것이다. 지금까지 알려진 spray의 유량을 구하는 방법으로는

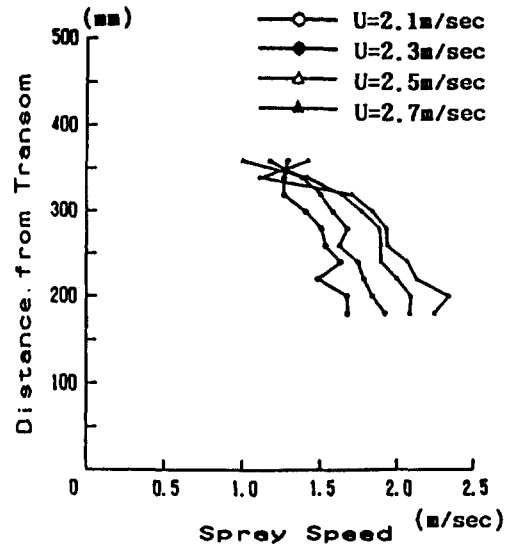


Fig. 8 Distribution of local spray velocity

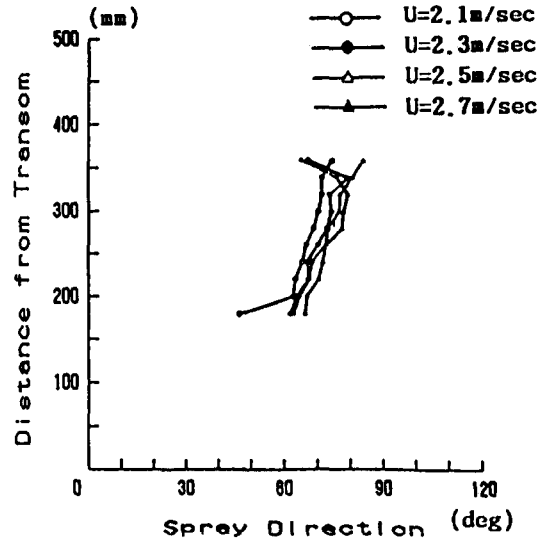


Fig. 9 Distribution of local spray velocity

用器에 직접 spray를 담아 유량을 계측하든지[10][11], 혹은 spray의 局部두께를 계측하여 유량을 산출하는 방법[4]등을 이용하였다.

본 연구에서는 spray의 유량과 두께를 구하기 위해 上記 방법들과는 다르게, spray의 국부힘을 계측하는 방법을 考案하였다. 그 spray의 국부힘을 계측하는 장치를 Fig.10에 보여주고 있다. 이 계측장치를 이용하여 우선 船側으로부터 떨어져 가는 spray의 局部的인 힘을 계측하고, 이 局部힘과 앞서 구해 놓은 spray의

속도를 이용하여 spray 의 局部的 流量과 두께를 換算하는 방법이다.

Fig.10에서 보여주고 있는 것처럼 힘을 계측하는 센서에는 스트레인게이지를 붙여, spray가 직접 센서에 작용하여 발생하는 스트레인에 의해 힘을 계측하였다. 이러한 계측방법에 있어서 센서는 매우 중요한 역할을 하므로 제작에 주의가 요구되고, 계측 精密度를 높이기 위해서는 이번 실험에 사용한 센서도 아직 개량의 여지가 남아있다. 본 실험에 사용된 센서에서는 스트레인의 잔량(히스테리시스)을 작게하는 측면에서 센서의 두께를 2.0, 3.0, 4.0, 5.0mm의 것들을 이용하여 豫備實驗을 수행한 결과로부터 4mm의 것을 선택하였고, 센서의 폭은 5mm이다. 이 센서는 船側으로 부터 5.0mm의 間隔을 두고 설치하여 噴流방향으로 20mm의 間隔으로 4개를 설치하여 계측을 수행하였다. 한편 모형의 滑走速度는 spray의 관측실험에서 수행한 것과 동일하게 2.1~2.7%의 범위에서 계측을 실시하였다.

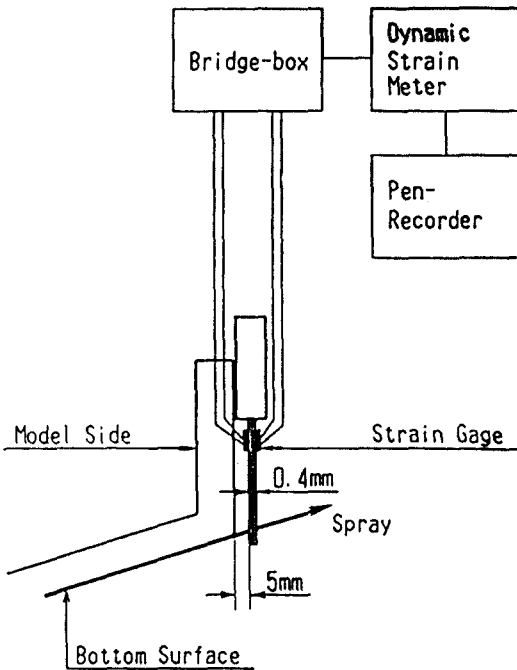


Fig. 10 Test set-up for local spray force

3.2 spray의 두께와 저항의 환산

실험으로부터 계측된 spray의 局部的인 힘은 spray의 局部두께를 구하는데 사용될 수 있다. 그 解析方法은 Fig. 11에서 보여주고 있는 것처럼, 국부적

인 힘을 계측하기 위한 센서의 폭을 b , 船側방향의 spray의 속도를 V_y , spray의 두께를 δ 라고 하자. 이때 선측에 平行하게 설치된 센서가 받는 힘을 F 라고 하면, 이 힘은 單位시간당의 運動量의 變化率과 일치한다. 즉

$$F = \rho Q V_y = \rho b \delta V_y \tag{3.1}$$

와 같이 표시할 수 있다. 여기서 ρ 는 물의 밀도, Q 는 spray가 센서에 닿는 단면적이다. 식 (3.1)로부터 알 수 있듯이 spray의 국부두께는 spray의 속도, 국부 힘을 계측하는 센서의 폭과 센서에 작용하는 힘을 알면 계산이 가능하게 된다.

다음에 滑走艇의 spray저항성분은 식(3.1)로부터 구한 spray의 두께를 이용하여 局部抵抗成分을 구하여 길이 방향으로 적분하므로써 구할 수 있다. 船側을 따라 單位길이 폭을 통하여 單位시간당 배출되는 spray의 質量은

$$m_o = \rho \delta |v| \tag{3.2}$$

이다. 여기서 v 는 spray 流速이다. 그리고 정의전진 방향에 대한 運動量 損失率, 즉 spray 局部저항성분 dD_s 는 spray입자의 前進 방향성분을 V_x 라고 할 때, 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$dD_s = m_o V_x dx \tag{3.3}$$

여기서 dx 는 滑走 방향으로의 微小거리이다. 따라서 滑走艇의 局部 저항성분은 식(3.1)의 두께를 이용하므로써 계산할 수 있게 된다. 한편 spray의 속도는 前述한 것처럼 2節에서 구한 噴流해석의 결과로 얻어진 것을 사용하였다. 또한 spray의 저항성분은 국부저항을 적분하므로써 구해질 수 있으며, 그 결과에 대해서는 4節에서 검토하도록 한다.

3.3 계측결과 및 고찰

이번 실험에서는 whisker spray領域에서만 국부 힘 계측을 수행하였다. 그 理由로서는 spray저항성분에 있어서 spray blister의 寄與는 그다지 크지 않음이 알려져 있고, 또한 본실험에 사용한 計測裝置로써는 그 영역에서의 계측이 힘들다는 점도 그 이유 중에 하나이다.

模型의 滑走速度 2.1~2.7%에 있어서 계측된 spray국부힘으로부터 spray의 두께를 구하여 그 결과

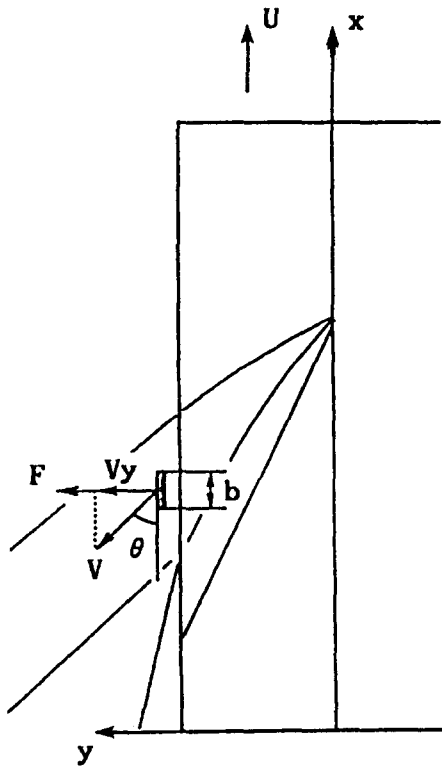


Fig. 11 Analysis of spray thickness

를 Fig. 12에 보여주고 있다. 그 결과를 보면 본 실험의 활주속도영역에 있어서 각각의 spray두께 분포는, 유속분포와 비슷한 傾向으로서, whisker spray의 前部로부터 後部로 진행함에 따라 두껍게되고, spray blister 영역의 경계부근에서부터 얇게 변화한다. 이것은 다음 절에서 論하게될 spray root line부근에서의 壓力分布와 관계가 있는 것으로 생각된다. 또한 모히의 활주속도에 의한 두께분포를 비교하면, 速度가 增加함에 따라 두께가 增加하고 있다. 이것은 速度가 增加함에 따라 spray發生量이 增加하게 되고, 결국 이에 따라 저항도 커짐을 意味한다고 말할 수 있을 것이다. 다음으로, whisker spray의 後部에서는 全般的으로 spray의 두께가 減少하는 傾向을 보이고있고, 1~2점이 逆轉되어 있는 것은 計測時에 센서가 물에 잠겼을 可能性도 排除할 수 없다. 어떠한 간에 spray의 두께는 whisker spray에 있어서 前部에서 後部로 갈수록 증가하고, 활주속도가 2.5%인 경우 前部에서 1.5mm이고 후부에서 3.2mm의 두께를 가지고 있다.

前述의 spray국부 두께를 이용한 滑走艇의 국부적인 spray의 저항성분 분포를 Fig. 13에 보여주고있

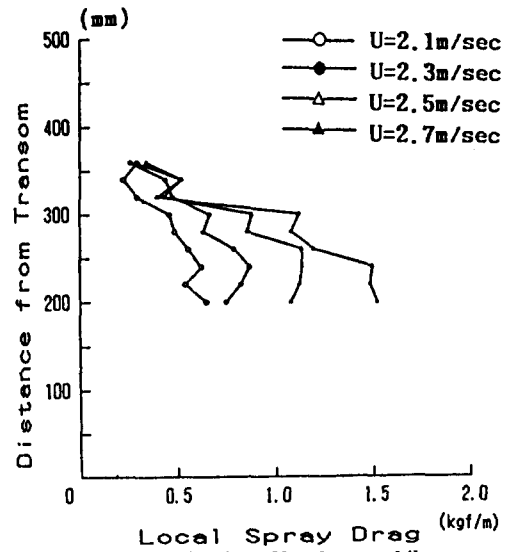


Fig. 12 Distribution of local spray thickness

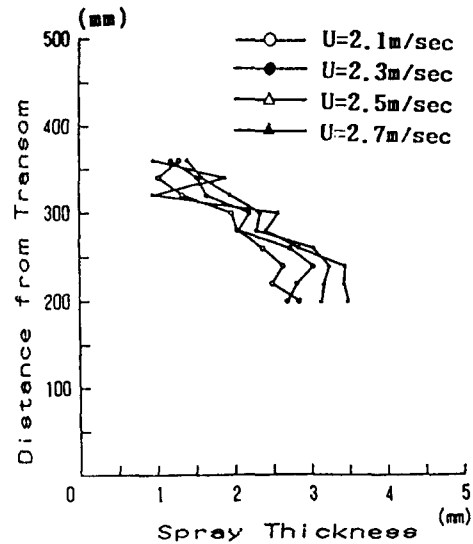


Fig. 13 Distribution of local spray thickness

다. 각각의 속도영역에 있어서 spray두께 분포와 닮은 결과를 나타내고 있다. 이것은 whisker spray영역에 있어서의 流向分布가 거의 일정하게 되어있기 때문으로 생각된다. 그러한 理由로 인하여 滑走速度의 변화에 따른 국부저항성분의 분포도 두께분포와 비슷하게 되고, 속도가 크게됨에 따라서 spray의 국부저항 성분도 크게됨을 알 수있다. 한편 저항성분은 spray 前部에서 0.5kgf/m이고 후부에서는 약 2배에 가까운 1.1kgf/m이고, 이것은 spray의 두께와 같은 傾向이다.

4. 船體底面 壓力계측 및 抵抗실험

4.1 실험目的 및 方法

고속 滑走艇에 있어서 船體의 底面壓力分布을 把握하는 것은 유체역학적 이해를 쉽게 할 뿐만아니라 구조역학적인 측면에서도 중요하다. 그래서 본 실험에서는 2, 3절의 실험에서 사용한 모형을 이용하여 저면압력 분포를 구하는 실험을 수행하였다. 단, 모형 저면에서의 압력을 계측하기위해 底面에 內徑 3.0mm, 길이 50.0mm의 알루미늄 파이프를 사용하여 29개의 壓力測定孔을 船底에 수직으로 심었다. 壓力測定孔의 內徑은, 작을수록 精密한 측정이 가능하다는 사실과,曳引수조의 길이(100m), 예인 속도 범위(2.1~2.7%)와 計測 可能時間(10sec)의 관계등을 考慮하여 결정한 것이다.

한편 압력분포는 spray root line과 calm water line사이의 영역이 고압인 동시에 급격히 변화하는 사실을 고려하여, 활주중에 홀수를 변화시키므로서 압력 측정공의 상대위치를 변화시켰다. 이렇게 상대위치를 변화시키므로써 전술한 영역에서는 많은 압력 데이터를 얻을 수 있었다. 우선 본 실험에서의 계측점의 위치를 Fig.14에 보여주고 있다. 또한 실험條件은 前節과 동일하며, 4개의 예인속도에 대하여 계측점의 수는 동일하다.

다음은 압력 측정장치에 대한 설명을 추가하기 위해 그 개략을 Fig.15에 보여주고 있다. 滑走艇의 저면의 壓力測定孔에는 각각 비닐 튜브를 접속하여, 튜브의 다른 한 끝은 醫藥用的 코크에 접속하였다. 이 코크를 操作하므로써 계측 장소의 迅速한 變換이 가능하게 되었다. 또한 延長 튜브와 差壓計, 비닐 튜브로 피토포관과 차압계를 연결하여, 艇의 底面과 피토포관 사이의 壓力差를 계측 하였다. 이때 비닐 튜브, 코크, 연장 튜브, 그리고 差壓計 내부는 溫水를 사용하고, 내부의 氣泡을 완전히 除去 하였다.

한편, 주상 滑走艇의 저항실험은 艇의 전저항에 대한 압력저항성분과 spray저항 성분의 比率을 조사하기 위해, 同 模型에 3분력계를 설치하여 별도의 예인 실험으로부터 양력과 저항을 계측 하였다.

4.2 실험結果 및 考察

모형 底面에서의 壓力計測은 하나의 速度에 대하여 72점의 계측을 각각 遂行하였다. Fig.14에서 보여주고 있듯이 spray root line부근에서의 압력 頂點을 찾기 위해서는 이번에 실시한 計測點이 充分하다고는 생각지 않고, 頂點부근에서는 더욱 많은 계측을 할 必要

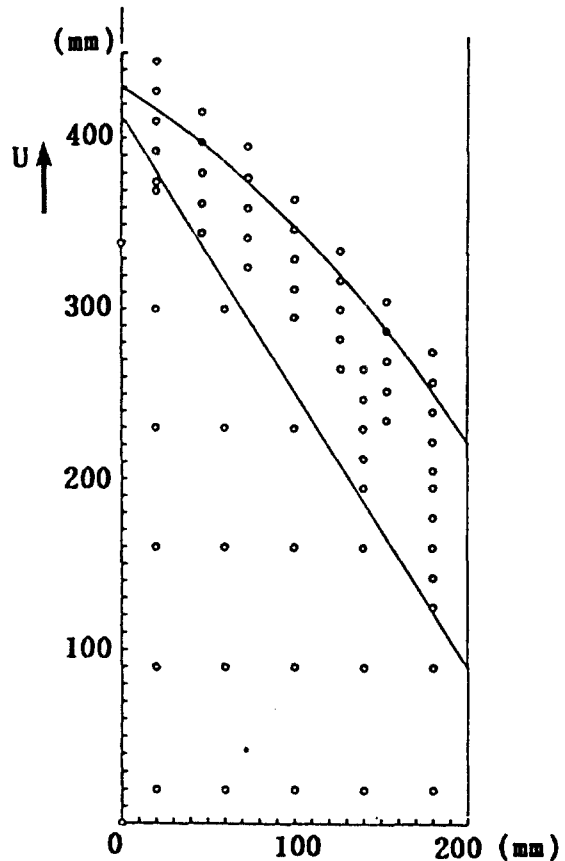


Fig.14 Arrangement of measuring hole for pressure

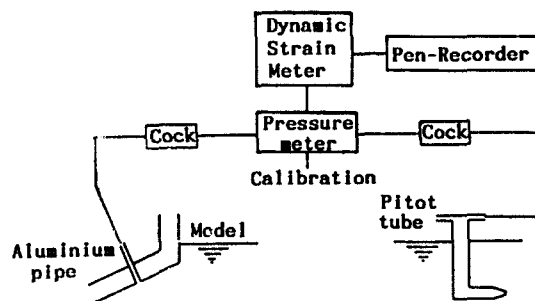


Fig.15 Test set-up for pressure measure

가 있다. 모형의 滑走速度는 2.1, 2.3, 2.5, 2.7%이며, 각각의 속도에서 계측된 압력에 대하여 補間을 遂行하여, 그 壓力分布를 배의 길이 방향으로 plot한 結果를 Figs.16, 17, 18, 19에 보여주고 있다.

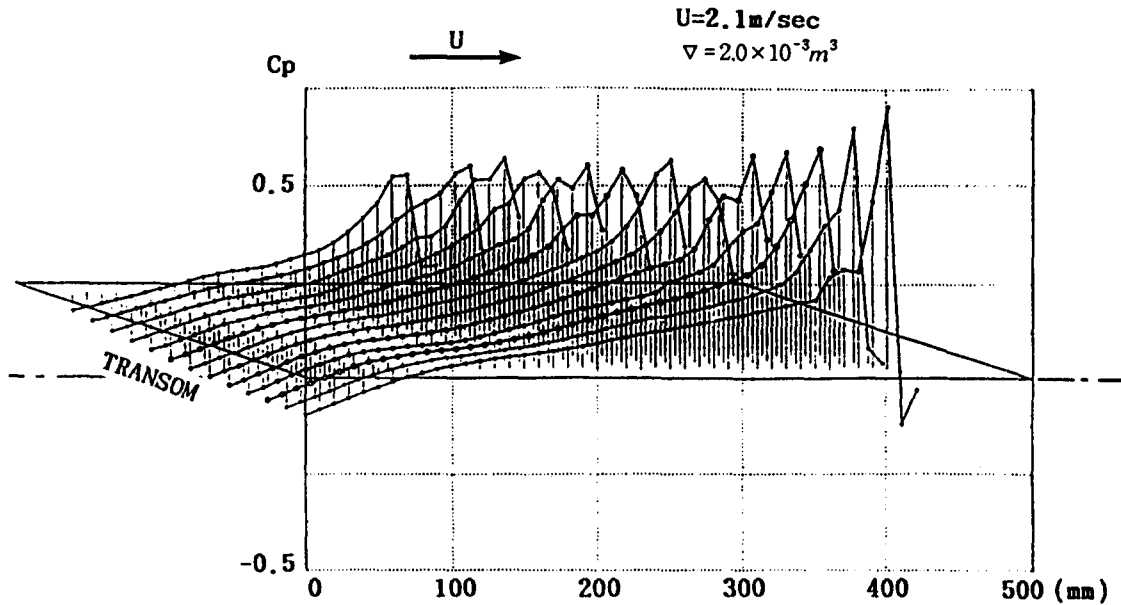


Fig.16 Distribution of pressure on bottom of prismatic model ($V=2.1\text{m/sec}$)

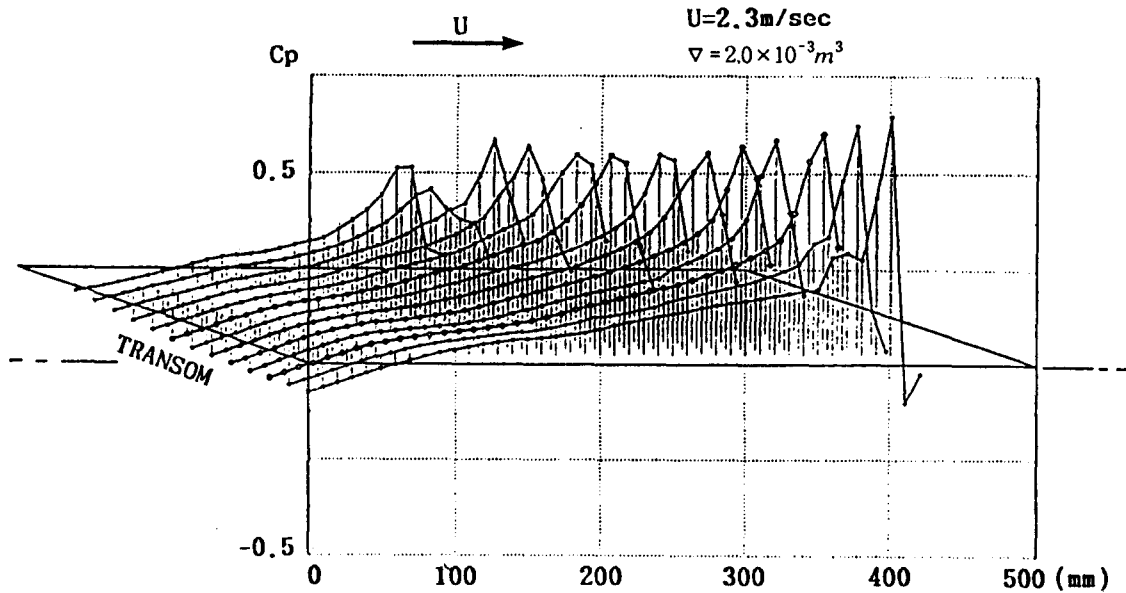


Fig.17 Distribution of pressure on bottom of prismatic model ($V=2.3\text{m/sec}$)

그림의 결과들로부터, 모형의 전 속도 영역에 대하여, spray root line을 따라서 壓力이 급격히 增加하는 것을 알 수 있으며, 이 부분이 底面의 다른 부분에 비하여 상당히 高壓域이 되는 것을 알 수 있다. 이 高壓域에서 船尾방향으로 진행함에 따라 壓力은 漸進적으로 低下하게 되고, 선미의 transom부근에서는 負의 壓力이 되고 있다. 또한 spray root line으로부터 前方의

壓力 변화는 작은 距離差의 位置에서 급격히 零에 가까운 壓力으로 떨어지고 있다. 또한 spray root line을 따라서 壓力변화는 船側에서 中央으로 갈수록 增加하고 있으며 선측에서의 극치는 중앙부근의 極值의 약 60%정도이고, 선측에서는 壓力의 변화도 비교적 緩慢한 편이다.

그리고, 활주 速度의 변화에 따른 壓力의 변화를 비

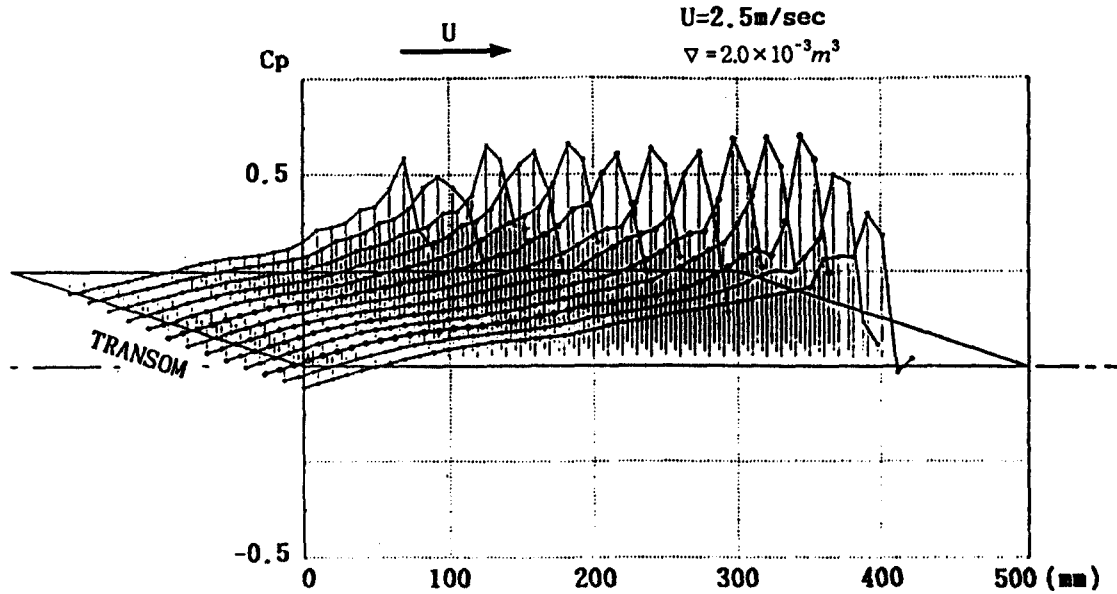


Fig.18 Distribution of pressure on bottom of prismatic model ($V=2.5m/sec$)

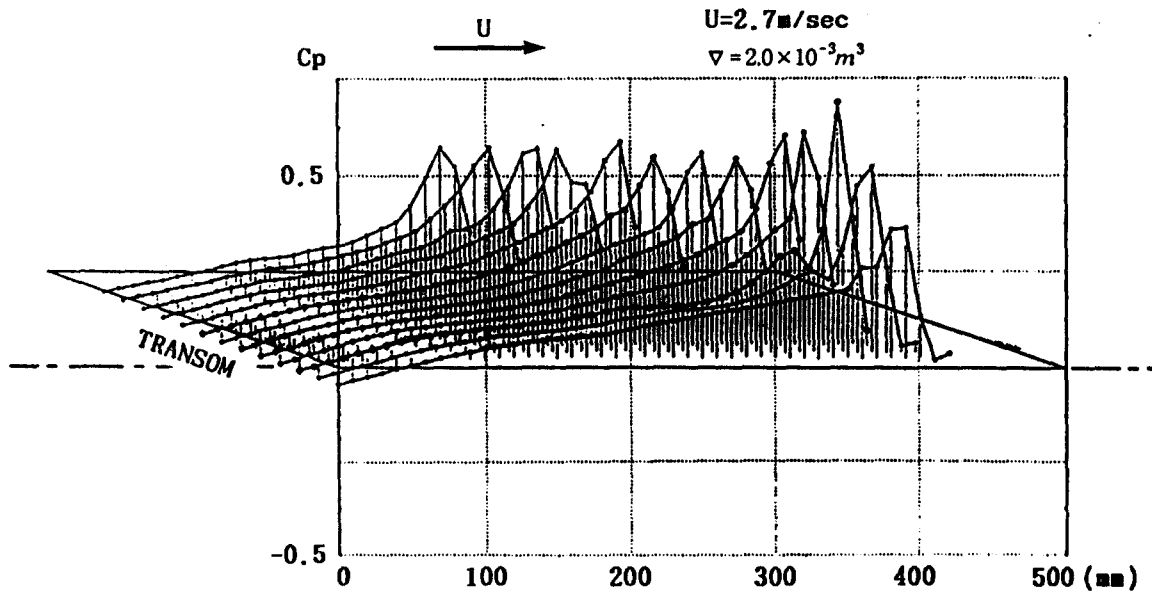


Fig.19 Distribution of pressure on bottom of prismatic model ($V=2.7m/sec$)

較해보면, 각각의 속도에 있어서 비슷한 傾向을 보여 주고 있다. 그러나 spray root line 附近에서의 壓力極値는, Fig.16과 Fig.17에 보여주고 있는 활주속도 2.1%와 2.3%에서는 모형 中心線 부근인 20.0mm의 위치에 있으나, Fig.18과 Fig.19의 활주속도 2.5%와 2.7%의 경우는 중심선에서 조금 떨어진 47.0mm의 위치에 있다. 이처럼 spray root line 부근에서의 壓力

頂点의 傾向이 일률적이지 못한 것은 실험의 誤差라고 볼 수도 있으나, 계측점 수가 작았기 때문에 頂点이 正確하게 찾아지지 않은 상태라고도 생각되어, 보다 精密한 計測이 요구된다고 하겠다. 이번 실험의 결과로 얻어진 壓力분포는 全般的으로 平野등[9]의 研究結果와 비슷한 傾向을 보여주고 있다.

다음은 壓力분포의 積分値로 부터 계산된 揚力, 抗

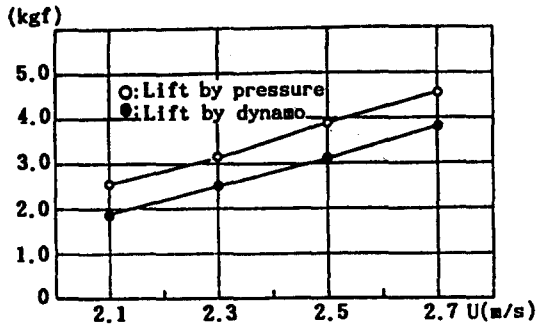


Fig.20 Comparison of lift on prismatic model

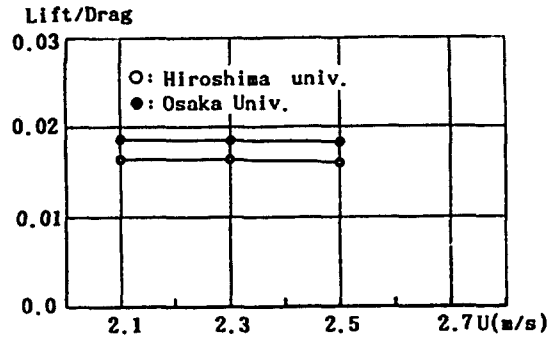


Fig.22 Comparison of lift coefficient

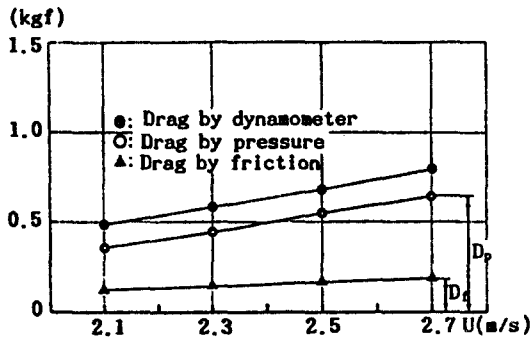


Fig.21 Comparison of resistance on prismatic model

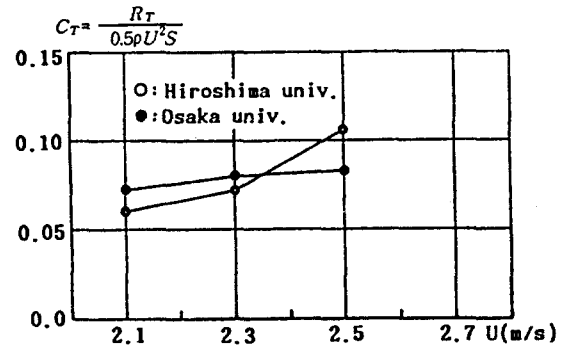


Fig.23 Comparison of resistance coefficient

力과 3분력계에 의한 계측결과의 比較와 더불어 spray저항의 比率등에 대하여 考察을 한다. Figs.20, 21에 3분력계와 壓力계측에 의한 揚力과 抗力の 結果를 각각 보여주고 있다. 우선 양력의 結果를 보면 揚力の 成分은 거의 압력에 의한 成分임을 알 수 있고, 3분력계의 結果가 약 20%程度 낮은 것은 摩擦에 의한 成分과 實驗의 誤差도 포함 되어 있을 것으로 추측된다. 그리고 抗力에 대해서는, 활주정의 全抵抗을 壓力抵抗과 摩擦抵抗의 合으로 나타낼 수 있다고 假定하여, Fig.21에 表示하였다. 그 結果를 보면 3분력계의 結果는 계측된 壓力抵抗과 Schoenherr 실험식에 의한 摩擦抵抗의 合과 대체로 一致하고 있음을 알 수 있다. 한편 Fig.22와 Fig.23은 實驗條件의 차이는 있으나 平野등[11]의 3분력 實驗結果를 參考로 比較하여 보았다. 이 結果를 보면 실험의 定量的인 問題가 아직 남아 있음을 알 수 있고, 이 측면에서는 보다 精密한 확인 實驗을 수행할 必要가 있다.

계속해서 주상활주체의 3분力 計測 結果와 底面壓力計測 結果로부터 구한 압력저항 및 spray관측, 두계 계측으로부터 구한 spray저항등과 그 比率들을 綜合

Table 2 Exp. results of lift and drag of prismatic model

| Speed(U:m/sec) | 2.1 | 2.3 | 2.5 | 2.7 |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Lift by Dynamometer(L:kgf) | 1.886 | 2.501 | 3.104 | 3.813 |
| Drag by Dynamometer(D:kgf) | 0.485 | 0.582 | 0.678 | 0.791 |
| Friction drag by schoenherr(D _f :kgf) | 0.129 | 0.152 | 0.177 | 0.203 |
| Pressure drag(D _p :kgf) | 0.358 | 0.441 | 0.548 | 0.641 |
| Pressure lift(L _p :kgf) | 2.548 | 3.135 | 3.899 | 4.564 |
| Sprat drag(D _s :kgf) | 0.073 | 0.135 | 0.171 | 0.244 |
| D _s /D _p | 0.204 | 0.306 | 0.312 | 0.380 |

하여 Table 2에 보여주고 있다. 이 표를 보면 壓力抵抗에 대한 spray抵抗이 滑走速度가 크면 클수록 그 比率이 커짐을 알 수 있다. 그리하여 모형의 滑走速度가 2.7%의 境遇, 압력저항에 대한 spray저항의 比率이 약 38% 程度로, 활주속도가 클수록 spray抵抗의 重要性을 잘 말해 주고 있다.

5. 結 論

주상활주체 모형을 이용하여 spray의 形狀을 관찰 및 畫像解析을 하고, 새로운 實驗方法에 의한 spray의 두께를 計測하고, 그리고 底面 壓力分布計測에 관한 실험등을, 高速域($F_n = \sqrt{U/gL_{wl}} = 1.04 \sim 1.34$)에서 遂行하여 分析, 檢討한 結果, 다음과 같이 要約할 수 있다.

- 1) 模型의 速度가 커짐에 따라 spray의 領域은 發達하고, 바람의 影響을 받기 쉽다. 바람의 영향에 의한 spray의 變形을 막기위해 설치한 防風스크린에 의해 보다 깨끗한 spray로부터 流向, 流速등을 觀察, 記錄할 수 있었다.
- 2) Spray whisker영역의 前部가 後部보다 流速이 빠르고, 두께가 두껍다.
- 3) 柱狀 滑走體의 底面壓力 分포는 速度에 關係없이 비슷한 傾向을 가지고, spray root line 附近에서 급격히 變하여 頂點을 가진다.
- 4) 柱狀 滑走體의 3분력계로부터 얻어진 全抵抗은 壓力抵抗과 摩擦抵抗의 合과 비교적 良好하게 일치한다.
- 5) 柱狀 滑走體의 spray抵抗은 速度가 커짐에 따라 增加하여, $F_n = 1.34$ 에서 압력저항에 대한 spray저항은 약 38% 程度이다.

참 고 문 헌

- [1] Savitsky, D., "Hydrodynamic Design of Planing Hulls", *Marine Technology*, Vol. 1, No. 1, pp. 71-95, 1964.
- [2] Hadler, J. B., "The Prediction of Power Performance on Planing Craft", *Trans. S-NAME*, Vol. 74, pp. 563-610, 1966.
- [3] Wu, T., Whitney, A. K., "Theory of Optimum Shapes in Free Surface Flows, Part

- 1, Part 2, *JFM*, Vol. 55, Part 3, pp. 439-455, 1972.
- [4] Latorre, R., Tamiya, S., "An Experimental Technique for Studying the Planing Boat Spray and Deriving the Pressure Resistance Component", *Proc. 14th ITTC*, Vol. 4, pp. 562-571, 1975
- [5] Latorre, R., "Study of Prismatic Planing Model Spray and Resistance Component", *JSR*, Vol. 27, No. 3, pp. 187-196, 1983.
- [6] Payne, P. R., "On the Spray Sheet Thickness of a Planing Wedge Hull", *Ocean Eng.*, Vol. 13, No. 1, pp. 1-34, 1986.
- [7] Latorre, R., Ryan, S., "Dimensional and Smilitude Analysis of Spray Blister Sheet from Prismatic Planing Models", *Ocean Eng.*, Vol. 16, No. 1, pp. 71-83, 1989.
- [8] Payne, P. R., "Planing and Impacting Plate Forces at Large Trim Angles", *Ocean Eng.*, Vol. 17, No. 3, pp. 201-233, 1990.
- [9] 平野 進 外, "柱狀滑走體의 底面壓力分布의 計測", 關西造船協會誌, 第 213 號, pp. 7-12, 1990.
- [10] 平野 進 外, "柱狀滑走體의 spray의 觀測", 關西造船協會誌, 第 214 號, pp. 65-73, 1990.
- [11] 平野 進 外, "柱狀滑走體의 抵抗成分의 分離", 關西造船協會誌, 第 215 號, pp. 45-51, 1991.
- [12] 別所正利, 佐久間 俊, "2次元 淺吃水船의 航走姿勢について", 關西造船協會誌, 第 218 號, pp. 69-78, 1992.
- [13] 別所正利, 佐久間 俊, "滑走 平板의 線形解について", 關西造船協會誌, 第 218 號, pp. 79-91, 1992.
- [14] 平野 進 外, "契形滑走板의 造波波形의 觀察", 關西造船協會誌, 第 218 號, pp. 93-100, 1992.