

---

 論 文
 

---

大韓造船學會論文集  
 第 34 卷 第 4 號 1997 年 11 月  
 Journal of the Society of  
 Naval Architects of Korea  
 Vol. 34, No. 4, November 1997

## 포텐셜기저 패널법에 의한 고속쌍동선의 저항성능 해석

김영기\*, 류성선\*, 유재훈\*, 류재문\*\*, 홍삼권\*\*\*

### A Potential-Based Panel Method for the Analysis of Resistance Characteristics of a High Speed Catamaran

by

Y.-G. Kim\*, S.-S. Rhyu\*, J.-H. Yoo\*, J.-M. Lew\*\* and S.-K. Hong\*\*\*

#### 요 약

자유표면상을 항주하는 고속쌍동선의 저항성능 추정을 위한 포텐셜기저 패널법을 개발하였다. 물체표면에 법선 다이폴과 쌍소스를, 자유표면에는 쌍소스를 분포하였고, 선형화된 자유표면조건을 고속으로 진행하는 쌍동선에 적용하였다. 쌍동선이 고속으로 진행할 때 demihull 사이의 내부유동과 쌍동선 주위의 외부유동의 속도차이로 인해 발생하는 해의 불안정성을 해결하기 위해 선미에 Kutta 조건을 적용하였다. 수치계산결과와 검증과 회류수조에서 고속선형에 대한 저항시험 가능성을 확인하기 위한 목적으로 회류수조에서 모형시험을 수행하였다. 모형시험 및 수치계산결과는 동일한 실험을 수행한 Insel[1]의 실험결과와 비교하였다. 이를 통해 회류수조에서의 실험결과가 정성적으로 타당한 결과를 보이고 있음을 확인하였다. 수치계산결과는 Kutta 조건을 사용함으로써 고속에서도 안정된 계산결과를 얻을 수 있었다. 선형화된 자유표면조건을 고속선에 적용한 본 연구결과는 모형시험결과에 비해 작게 나타났으나, 정성적으로 타당한 결과를 주고 있어 고속쌍동선의 선형설계에 적용될 수 있음을 보였다.

---

발 표 : 1995년도 대한조선학회 춘계연구발표회 ('95. 4. 21.)

접수일자 : 1996년 11월 7일, 재접수일자 : 1997년 6월 9일

\* 정회원, 삼성중공업(주) 중앙연구소

\*\* 정회원, 충남대학교 선박해양공학과

\*\*\*정회원, 삼성중공업(주) 조선·플랜트연구소

Abstract

A potential-based panel method has been developed to investigate the resistance characteristics of a high speed catamaran advancing on the free surface. Normal dipoles and sources are distributed on the body surface while sources are distributed on the free surface. Linearised free surface conditions are used in the present analysis. To avoid the instabilities due to the velocity difference between inner and outer flow of a high speed catamaran, Kutta condition has been applied at the stern. Model test has been carried out not only to validate the numerical results but to confirm the capabilities of a CWC(Circulating Water Channel). It is believed that we can obtain the qualitatively reasonable results in the CWC. Computed results are compared with those of experiments and Insel's experimental values. Since the Kutta condition is applied at the stern, stable solutions are obtained at the high speed range. The present method, using linearised free surface conditions at the high speed range, seems to be a useful tool in the hull form design of a high speed catamaran.

1. 서 언

고속선에 대한 필요성이 증대되고, 가시화되어 가고있는 시점에서 표면효과선(Surface Effect Ship), 쌍동선(Catamaran) 및 복합지지형선 등에 많은 관심이 기울여지고 있다. 표면효과선은 조종 성능에 유리한 점이 있으나, 파도중 chamber내의 압력변화로 발생하는 상하운동으로 인한 승선감의 문제점과 일정 시간이 지난 후에 skirt를 교환해야 하는 문제점이 있다. 일본에서 개발중인 초고속화물선 TSL(Techno Super Liner)의 선형이기도 한 복합지지형선은 다양한 개념의 선형들이 존재하지만, 보통 선체와 수중익, strut등으로 구성되어 있고, 아직은 기술개발의 단계에 있으나, 우수한 내항성능을 지니고 있는 장점이 있다. 쌍동선은 가장 일반적인 고속선형으로서 저속에서는 저항이 증가하나 고속에서는 저항이 감소하는 장점과 우수한 경제성, 조종성능 및 내항성능을 지니고 있어 선주의 입장에서 현재 가장 주목하고 있는 선형이라 여겨진다. 이에 따라 쌍동선의 성능평가에 대한 연구의 필요성이 높아지고 있는데, 특히 쌍동선은 demihull 사이의 간격 변화에 따라 조파저항이 달라지며, 고속 항주시 demihull 사이의 상호작용 효과(interaction effect)와 demihull 사이의

내부유동과 쌍동선 주위의 외부유동과의 속도차이로 인해 저항계산에 어려움이 따르므로, 이들을 고려한 쌍동선의 조파저항계산에 관한 연구가 필요하게 되었다.

선박의 조파저항을 계산하기 위한 이론적 연구는 1898년 Michell[2]의 얇은배 이론(Thin Ship Theory)에 의해 시작된 이래, Wigley, Havelock, Lunde, Weinblum 등 많은 학자들에 의해 발전되어 왔다. 한편 고속선에 대한 조파저항을 계산하기 위한 이론적 연구와 실험적 연구도 꾸준히 진행되어져 왔는데, 이중 Turner[3]는 쌍동선에 대한 저항을 추정하였고, Insel은 다양한 형태의 쌍동선에 대해 demihull 사이의 간격비(separation ratio,  $S_d/L$ )를 변화시켜 가면서 조파저항을 추정하기 위한 저항실험을 수행하여 좋은 결과를 얻었다. 우리나라에서도 유재훈[4]등은 복합지지형 선박에 대한 조파저항계산을 수행하였으며, 신명수[5]등은 패널법을 사용하여 쌍동선의 조파저항을 계산하였으나, 높은 Froude수에서는 해가 불안정해지는 경향을 보였다.

본 연구에서는 유재훈등에 의해 개발된 포텐셜기저 패널법을 확장하여 고속쌍동선에 대한 조파저항계산을 수행하였고, 회류수조에서 모형시험을 수행하여 수치계산결과와 비교하였다. 수치계산을 위해 쌍동선 표면에 법선 다이폴과 Rankine 쏘오

스를 분포하고, Ni[6]등이 사용한 수치계산법을 준용하여 선형화된 자유표면조건을 만족하도록 하였다. 이때 전 속도포텐셜은 기본유동인 균일류에 의한 포텐셜과 선체에 의하여 교란되는 포텐셜과의 합으로 구해지는 것으로 가정하여, 기존 Rankine 쏘오스 분포법에서 사용하던 Dawson[7]의 자유표면 경계조건에 대한 기본가정과는 달리 Poisson의 가정을 사용하였다. 쌍동선은 고속으로 운항할 때 demihull 사이의 상호작용 효과와 demihull 사이의 내부유동과 쌍동선 주위의 외부유동의 속도차로 인해 선미에 교차류가 발생하게 된다. 이로 인해 고속쌍동선의 조파저항은 일반적인 계산법으로는 계산할 수 없는 문제가 있다. 이 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 양력체의 계산에 사용되는 Kutta 조건을 선미에 도입하여 선미에서의 교차류를 막아줌으로써 선미에서의 해의 불안정성을 없애고, 계산의 정도를 높이고자 하였다. 또한 수치계산결과의 검증은 위하여 회류수조에서 실험을 수행하였고, 동일한 선형에 대해 실험을 수행한 Insel의 실험값들과 비교, 도시하였다.

## 2. 경계치 문제의 정식화

### 2.1 기본가정 및 경계조건

좌표계는 Fig.1과 같이 물체 위에 고정되어 있는 우수 직교좌표계를 택하였다. 좌표계의 중심을 선체의 중앙에 잡고, 선미방향을 양의 x축 방향, 연직상방을 양의 z축 방향으로 설정하였다.

비점성, 비압축성, 비회전성이며, 유입유동속도  $\vec{U}_\infty$ 를 가지는 유체장에 놓여진 고속쌍동선 주

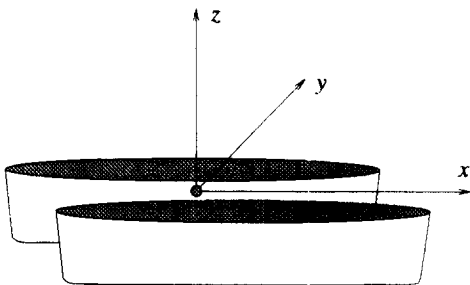


Fig. 1 Coordinate system

위의 정상 유동해석을 수행하였으며, 이때 표면장력, 물보라(spray) 및 쇄파(wave breaking)의 영향은 무시하였다. 따라서 유체의 유동을 나타내는 전 속도포텐셜  $\phi$ 는 다음과 같다. 즉,

$$\phi = \phi_\infty + \phi = \vec{U}_\infty \cdot \vec{x} + \phi \quad (1)$$

여기서,  $\phi$ 는 선체에 의해 교란된 성분을 표시하는 교란 속도포텐셜로, 전 유체영역에서 질량보존법칙이 성립하므로 지배방정식으로 교란 속도포텐셜의 Laplace방정식을 도입한다. 즉,

$$\nabla^2 \phi = 0 \quad (2)$$

지배방정식(2)는 다음과 같은 경계조건을 만족함으로써 유일해가 구해진다.

(i) 선형화된 자유표면 조건

$$\phi_{xx} + k_0 \phi_z = 0 \quad (3)$$

여기서,  $k_0 (= \frac{g}{U_\infty^2})$ 는 파수(wave number)

이고, g는 중력가속도를 나타낸다.

(ii) 물체표면에서의 경계조건

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} = -\vec{U}_\infty \cdot \vec{n} \quad \text{on } S_B \quad (4)$$

여기서,  $\vec{n}$ 은 물체표면에서 유체영역으로 향하는 단위 법선 벡터이고,  $S_B$ 는 물체표면을 나타낸다.

(iii) 무한수심 조건

$$\nabla \phi \rightarrow 0, \quad \text{at } z \rightarrow -\infty \quad (5)$$

이 조건은 특이점의 특성에 의해 무한 수심일 때 자동만족된다.

(iv) 방사조건

$$\phi = \begin{cases} \alpha\left(\frac{1}{r}\right), & x < -\frac{L}{2} \\ \alpha\left(\frac{1}{r}\right), & x > \frac{L}{2} \end{cases} \quad , \text{ as } r = \sqrt{x^2 + y^2} \rightarrow \infty \quad (6)$$

이 조건은 고속쌍동선의 앞으로 파도의 교란이 없다는 것을 나타낸다.

이상의 경계조건은 일반선형의 조파저항계산에서도 사용된다. 그러나, 본 연구에서는 고속쌍동선의 조파저항계산시 안정된 해를 구하기 위해 다음과 같은 Kutta 조건 및 이로 인해 부과되는 반류면에서의 조건을 추가로 적용하도록 한다.

(v) 선미에서의 Kutta 조건

$$|\nabla\phi| < \infty, \quad \text{at stern} \quad (7)$$

본 연구에서는 김영기[8]가 프로펠러의 공동추정에 사용하여 안정된 결과를 준 Morino 형태의 Kutta 조건[9]을 사용하였다. 날카로운 선미에서의 포텐셜의 차이는 다음과 같이 표현된다. 즉,

$$(\Delta\phi)_S = \phi^u - \phi^l \quad (8)$$

여기서, 첨자 u, l은 각각 선미의 외부와 내부면을 의미한다.

(vi) 반류면상에서의 운동학적 경계조건

$$\hat{n} \cdot (\vec{V}^+ - \vec{V}^-) = 0, \text{ on the wake surface} \quad (9)$$

여기서,  $\vec{V}$ 는 전 속도 벡터이고, +, -는 각각 반류면상에서의 외부와 내부면을 의미한다.

(vii) 반류면에서의 역학적 조건

$$p = \text{Const.}, \text{ on the wake surface} \quad (10)$$

여기서, p는 압력을 의미한다.

### 2.2 적분방정식

Green의 세번째 정리로부터 물체표면에 특이점을 분포하였을 경우, 지배방정식(2)를 만족하는 교란 속도포텐셜  $\phi$ 는 다음과 같은 적분식으로 표현된다. 즉,

$$\phi_p = \int \int_S \left[ (-\phi) \frac{\partial G}{\partial n_q} + \frac{\partial \phi_q}{\partial n_q} G \right] dS \quad (11)$$

$$\text{여기서, } G = -\frac{1}{4\pi} \frac{1}{R(\vec{p}; \vec{q})} \quad (12)$$

$\vec{p}(x, y, z)$ ; field point

$\vec{q}(\xi, \eta, \zeta)$ ; singular point

$$R(\vec{p}; \vec{q}) = |\vec{p} - \vec{q}|$$

식(11)을 유동장을 둘러싸고 있는 경계면에 대하여 각각 나누어 보면 다음과 같이 표현된다. 즉,

$$\begin{aligned} \phi_p = & \int \int_{S_B} (-\phi) \frac{\partial G}{\partial n_q} dS + \int \int_{S_B} \frac{\partial \phi}{\partial n_q} G dS \\ & + \int \int_{S_w} (-\Delta\phi)_w \frac{\partial G}{\partial n_q} dS \\ & + \int \int_{S_f} \sigma_f G dS \end{aligned} \quad (13)$$

여기서,  $S_B, S_w$  그리고  $S_f$ 는 각각 물체 경계면, 선미 후연 반류면, 그리고 자유표면을 의미한다. 또한  $(\Delta\phi)_w$ 는 선미 후연 반류면에서의 법선 다이폴의 세기로서, 날카로운 선미에서 Kutta 조건을 만족하도록 정의되며,  $\sigma_f$ 는 자유표면에 분포된 쏘오스의 세기이다. 본 연구에서 채택하고 있는 포텐셜을 기저로 한 정식화 방법은 포텐셜을 미지수로 하고 있으며, 적분방정식의 수치적 해석을 통하여, 물체표면에서의 포텐셜 값을 먼저 구한 다음에 이로부터 물체표면에서 미분을 취함으로써 압력을 계산한다. 따라서, 포텐셜 값이 정확하게 얻어졌다 하더라도, 이를 다시 미분하는

과정에서 오차가 발생하게 된다. 본 연구는 선미에 Morino 형태의 Kutta 조건을 적용함으로써, 물리적으로 날카로운 선미 근처의 특이한 유동(교차류)을 피하게 하였고, 선미 유동의 해석시 해의 불안정성을 피하였다.

식(13)은 포텐셜기저 패널법을 사용하여 물체 주위의 유동을 해석하는데 있어서 매우 유용한 식으로, 물체표면 및 자유표면에 대하여 경계조건을 적용하면 물체표면에 분포된 다이폴의 세기 및 자유표면에 분포된 쏘오스의 세기를 구할 수 있는 적분방정식을 얻을 수 있게 된다. 본 연구에서 택한 패널법에서는 물체표면에 법선 다이폴 및 쏘오스를 분포하게 되지만, 식(4)의 경계조건으로부터 물체표면에 분포되는 쏘오스의 세기를 알 수 있다. 따라서, 물체표면에서는 다이폴의 세기만이 미지수가 되며, 자유표면상에서는 다이폴을 분포할 필요가 없으므로 쏘오스 세기만이 미지수가 된다.

한편 자유표면 경계조건식(3)을 만족시키기 위하여는 자유표면상에서의 포텐셜을 정의하기 위해 2계 미분을 취하여 만족시킬 수도 있으나, 본 연구에서는 Dawson의 계산법을 따라 자유표면상의 속도에 대한 1계 미분을 구하여 자유표면조건을 만족시키는 방법을 택하였다. 따라서 자유표면조건을 적용을 위한 적분 방정식은 다음과 같이 표현 가능하다. 즉,

$$\begin{aligned}
 & (\phi_x)_x + K_0 \phi_z \\
 & = \left[ \int \int_{S_b} (-\phi) \frac{\partial^2 G}{\partial n_q \partial n_p} dS \right. \\
 & \quad + \int \int_{S_b} \frac{\partial \phi}{\partial n_q} \frac{\partial G}{\partial n_p} dS \\
 & \quad + \int \int_{S_w} (-\Delta \phi)_w \frac{\partial^2 G}{\partial n_q \partial n_p} dS \\
 & \quad \left. + \int \int_{S_f} \sigma_f \frac{\partial G}{\partial n_p} dS \right]_x \\
 & - \frac{1}{2} K_0 \sigma_f \tag{14}
 \end{aligned}$$

식(14)의 속도에 대한 1계 미분은 Dawson에 의해 제안된 4점 유한 차분식을 사용하였으나, Dawson의 계산이 자유표면상의 유선을 따라 계산

한 것과 달리 자유표면상에 분포된 패널면을 따라 계산하도록 하는 Poisson 형태의 경계조건을 적용하였다.

### 3. 모형 시험

수치계산결과를 확인하고, 고속쌍동선의 저항특성을 추정하기 위한 회류수조의 이용가능성을 평가하기 위한 목적으로 회류수조에서 모형시험을 수행하였다. 회류수조의 주요 제원은 Table 1에 보였다. 회류수조시험에 사용된 모형선의 재질은 폴리우레탄이고, Insel의 실험결과와 비교하기 위해 선형은 Wigley 선형을 두개 붙여 제작하였으며, 모형의 제원을 Table 2에 보였다. 회류수조의 유입유동이 난류의 성분을 가진다고 가정하여 난류축진장치는 사용하지 않았고,  $S_d/L$ 을 0.2로 택한 한가지 경우에 대하여 Froude수 0.2부터 0.7까지 0.1간격으로 수행하였다. 회류수조의 계측센서용량 문제로 최고유속 2.773m/s, Froude수 0.7까지만 실험을 수행하였고, 실험결과를 Fig.2에 도시하였다. Froude수가 최대 0.7로 제한이 되어 있으나, 실선이 100m급이므로 실험에서 속도에 대한 문제는 없을 것으로 생각되어졌다. Insel은 예인수조에서 실험을 수행하여 blockage effect를 고려하지 않았고, 본 연구의 회류수조 실험에서도 모형선에 비해 회류수조의 폭이 크기 때문에 blockage effect는 발생하지 않을 것으로 판단되어 고려하지 않았다. 실험으로 얻어진 모형선에 대한 전 저항계수  $(C_T)_M$ 과 ITTC 1957 Model Ship Correlation Line[10]으로 구한 마찰저항계수  $(C_F)_M$ 을 가지고 Prohaska[11]의 형상계수 선정법을 통해 형상계수를 구하였다. 계산된 형상계수 값은 0.17638 이었으며, 이 값과 Hughes[12]의 3차원 해석법을 통해 모형선의 조파저항계수  $(C_w)_M$ 을 구하였다.

Table 1 회류수조(C.W.C.)의 제원

소 재	(대덕) 삼성중앙연구소
관 측 부	6.0m×2.0m×1.7m
최대유속	3 m/s
비 고	수직 순환형

Table 2 Model의 제원

선 형	Wigley 선형
길 이	1.6m
Scale Ratio	62.5
L/B	10.0
S <sub>d</sub> /L	0.2
Fn	0.2 ~ 0.7
Rn	5.655E05 ~ 3.959E06

여기서, S<sub>d</sub> ; 쌍동선의 demihull 사이의 거리  
L ; 쌍동선의 길이

#### 4. 수치계산결과 및 토론

Fig.2에는 S<sub>d</sub>/L이 0.2일 때 Froude수 변화에 따른 수치계산결과를 회류수조 및 Insel의 실험결과와 비교 하여 도시하였다. 여기서 조파저항계수

C<sub>w</sub>는 침수표면적 S를 이용하여  $\frac{1}{2} \rho S U_{\infty}^2$ 으로

무차원화되었고, 실제의 값에 1000배한 값을 도시하였다. 수치계산결과는 예인수조에서 파형해석에 의해 구해진 Insel의 파형저항계수 C<sub>wp</sub> 및 blockage effect를 고려하지 않은 회류수조 시험결과에 비해 peak값이 약간 작게 나타나고 있고, peak값이 나타나는 Froude수도 약간 다르게 나타났다. Insel의 실험결과는 낮은 Froude수에서 봉우리와 골을 뚜렷이 보이고 있는데 비해 회류수조 시험결과는 완만한 경향을 보이고 있다. Froude수 0.5이하에서 나타나는 두 실험결과의 정량적인 차이는 회류수조의 특성(특히 저속에서의 실험오차 등)때문이 아닌가 생각된다.

그러나 회류수조 시험결과가 Insel의 결과와 비교할 때 peak값, peak값이 나타나는 Froude수 및 고속에서의 저항값등이 좋은 일치를 보이고 있는

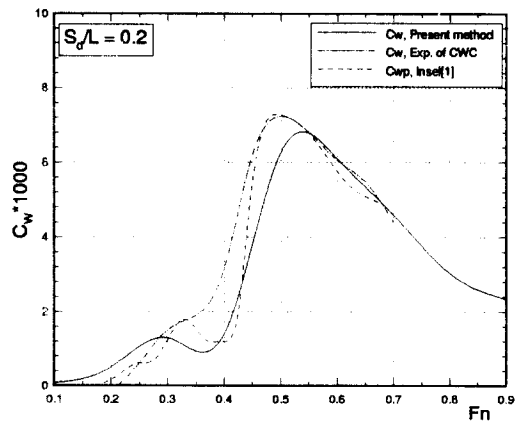


Fig. 2 Comparisons of wave resistance coefficient with experimental result at S<sub>d</sub>/L = 0.2

것으로부터, 회류수조에서 체계적인 모형시험을 수행한 결과는 선형설계에 이용가능할 것으로 생각된다. 한편 peak값 부근에서 수치계산값이 작게 나타난 이유는 선형화된 자유수면조건의 사용, 고속 항주시 쌍동선의 자세변화, 물보라 등을 수치 계산시 무시하였기 때문으로 판단된다.

Fig.3, 4, 5에는 S<sub>d</sub>/L이 각각 0.3, 0.4, 0.5일 때 Froude수의 변화에 따른 수치계산결과를 Insel의

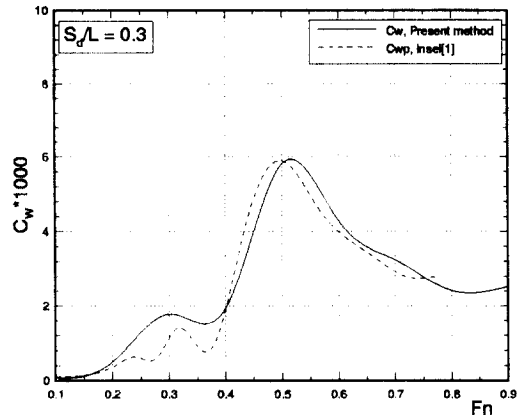


Fig. 3 Comparisons of wave resistance coefficient with experimental result at S<sub>d</sub>/L = 0.3

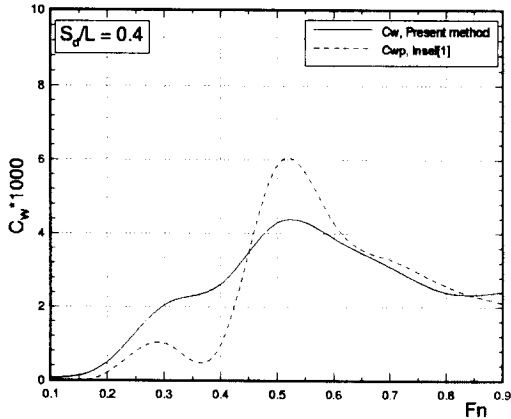


Fig. 4 Comparison of wave resistance coefficient with experimental result at  $S_d/L = 0.4$

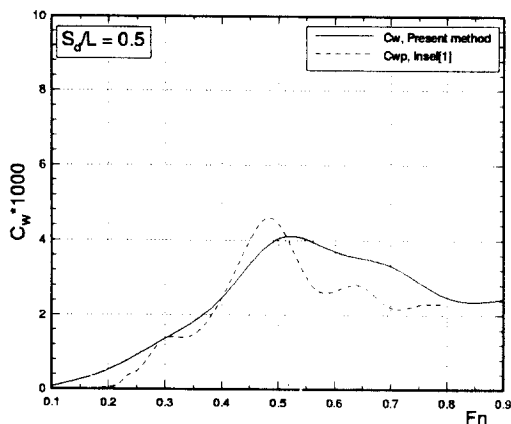


Fig. 5 Comparisons of wave resistance coefficient with experimental result at  $S_d/L = 0.5$

실험결과와 비교, 도시하였다. Fig.2의 결과와 마찬가지로 수치계산결과로 얻어진  $C_w$ 는 Insel의 실험치에 비해 정량적으로는 차이를 보이고 있다. 특히, 수치계산결과는 골과 봉우리가 완만하게 나타나는 특성이 있으나, 정성적으로는 타당한 결과를 주고 있다고 여겨진다. 수치계산결과의 정량적인 차이는 Insel의 실험값들이 불안정하여 값들을 읽을 때의 오차발생도 하나의 이유가 될 수 있지만, 선형화된 자유수면조건의 사용과 함께 선미에

서의 후류가 빠져나가는 후연 경계를 직선으로 가정한 때문인 것으로 판단된다. 또한 고속 항주시에는 트림이 발생하게 되는데 선형 이론에서는 이 효과를 고려할 수 없는 것도 다른 하나의 이유로 생각된다.

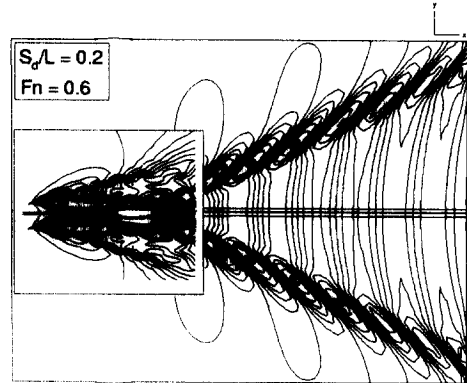


Fig. 6 Wave contours at  $S_d/L = 0.2$ ,  $F_n = 0.6$

Fig.6에는  $S_d/L$ 이 0.2이고 Froude수가 0.6일 때 고속쌍동선이 자유표면상을 항주하여 선체 주위와 선미 후방으로 만들어 내는 파도를 등고선(contour)으로 도시하였다. 자유표면상에서 Kelvin 파도를 형성하며 항주하는 것이 뚜렷하게 나타났고, 특히 본 연구에서 적용한 Kutta 조건에 의해 만들어진 선미 후연 반류면이 선미 후방으로 빠져나가는 것이 잘 나타났다.

Fig.7에는  $S_d/L$ 을 0.2에서 0.6까지 0.1씩 증가시킬 때 Froude수 변화에 따른 수치계산결과를 도시하였다.  $S_d/L$ 의 변화와 거의 무관하게 비슷한 Froude수에서 골과 봉우리가 형성되고 있으며,  $S_d/L$ 의 증가에 따라 peak값이 감소하다가 거의 변화하지 않으나, Froude수가 큰 고속영역에서는  $S_d/L$ 이 0.3이상일 때저항값에 큰 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 이로부터,  $S_d/L$ 이 작을 때는 hump speed에서 demihull 사이의 상호작용 효과

가 크게 나타나기 때문에 저항의 peak값이 커지나,  $S_d/L$ 의 값이 커짐에 따라서 이 효과가 감소되어 저항값에 큰 영향을 주지 못하는 것을 알 수 있다. 한편, 고속에서는  $S_d/L$ 이 아주 작지 않으면 상호작용 효과가 저항값에 큰 영향을 주지 못하고 있음을 알 수 있다.

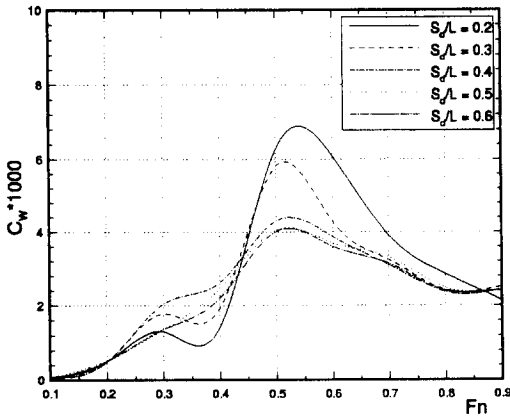


Fig. 7 Variation of wave resistance coefficient with Froude numbers at various separation ratio

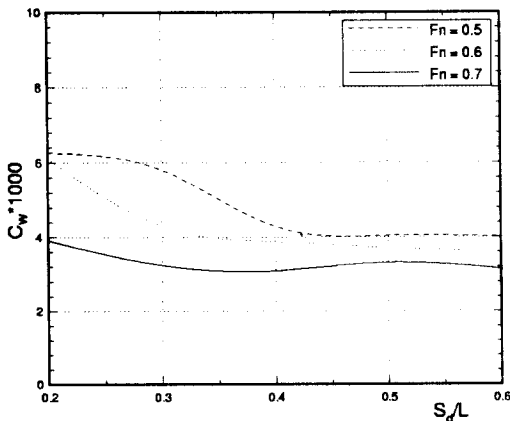


Fig. 8 Variation of wave resistance coefficient with separation ratios at various Froude numbers

Fig.8에는 Froude수 0.5, 0.6, 0.7일 때  $S_d/L$ 의 변화에 따른 수치계산결과를 도시하였다. 비교적 고속이라 할 수 있는 각각의 Froude수에서  $S_d/L$

의 값이 커짐에 따라 저항값이 감소하는 경향을 보이고 있으나,  $S_d/L$ 의 값이 0.5이상에서는 demihull 사이의 상호작용 효과가 거의 나타나지 않아 저항값에 변화가 없음을 알 수 있다. 이 결과로부터 두 demihull 사이의 거리가 길면, 상호작용 효과가 거의 나타나지 않게 되어 hump speed 및 계획속도에서의 저항이 작게됨을 알 수 있다.

### 5. 결 언

포텐셜기저 패널법을 이용하여 고속으로 진행하는 쌍동선의 저항성능을 해석하였다. 선형화된 자유표면조건을 사용하였고, 고속으로 진행할 때 선미에서 해가 불안정해지는 현상을 피하기 위해 Kutta 조건을 사용하였으며, 수치계산결과의 검증 을 위하여 회류수조에서 실험을 수행하였다.

이상의 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 선형화된 자유표면조건과 선미에 Kutta 조건을 적용한 포텐셜기저 패널법으로 고속쌍동선의 저항성능을 해석할 수 있게 되었다.
2. 선미에 Kutta 조건을 사용하여 고속에서도 안정된 해를 얻을 수 있었다.
3. 계측선사용량의 문제로 제한된 Froude수와 한가지  $S_d/L$ 에 대해서만 실험을 수행하였지만, 회류수조 시험결과가 Insel의 시험결과와 좋은 일치를 보이는 것으로부터, 회류수조에서 체계적인 모형시험을 수행한 결과는 선형설계에 이용가능할 것으로 판단된다.

앞으로, 비선형 자유표면조건 적용, 선체의 자세변화 고려, 선미 반류면의 정확한 추정, 쇄파 및 물보라등의 영향을 고려함으로써 수치계산결과와 계산정도를 높이는 것이 필요하며, 트랜섬 (transom) 선미를 가지는 고속쌍동선에 적용하여야 할 Kutta 조건의 정식화에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.



## 후 기

본 연구는 한국과학재단의 1993년도 특정기초 연구과제(93-0700-03-01-3)로 수행되었으며, 당 재단에 심심한 사의를 표한다.

## 참 고 문 헌

- [1] Insel, M. and Molland, A.F., "An Investigation into the Resistance Components of the High Speed Displacement Catamarans". The Royal Institution of Naval Architects. 1991.
- [2] Michell, J.H., "The Wave Resistance of a ship". *Phil. Mag.* (5) 45, 1898
- [3] Turner, H. and Taplin, A., "The Resistance of Large powered Catamarans". *Trans. SNAME*, Vol. 76, 1968.
- [4] 유재훈, 류성선, 김영기, 류재문, "복합지형 초고속선의 조파저항 계산", 대한조선학회 춘계 연구 발표회, 1994.
- [5] 신명수, 이승준, 위장우, "카타마란선의 비선형 조파저항 계산", 대한조선학회 추계 연구 발표회, 1994.
- [6] Ni, S.Y., "Higher Order Panel Methods for Potential Flows with Linear or Non-Linear Free Surface Boundary Condition", Ph.D Thesis, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 1987.
- [7] Dawson, C.W., "A Practical Computer Method for solving Ship-Wave Problems", *Proceedings of the Second International Conference on Numerical Ship Hydrodynamics*. 1977.
- [8] 김영기, "패널법에 의한 프로펠러 주위의 비정상 공동유동 해석", 박사학위논문, 충남대학교, 선박해양공학과, 1995.
- [9] Morino, L. and Kuo, C.C., "Subsonic potential aerodynamic for complex configurations : a general theory". *AIAA J.*, 12(2), Feb., 1974.
- [10] "Proceedings of 8th ITTC", ITTC., Madrid, 1957.
- [11] Prohaska, C.W., "A Simple Method for the Evaluation of the Form Factor and the Low Speed Wave Resistance", *Witten Contribution to the Resistance Committee Report of the 11th ITTC*, Tokyo, 1966.
- [12] Hughes, G., "Friction and Form Resistance in Turbulent Flow, and a Proposed Formulation for Use in Model and Ship Correction", *Trans. INA*, Vol. 96, 1954.