

SWATH선형의 조파저항계산에 대한 연구

姜 國 珍* · 朴 命 圭**

A Study on the Wave Resistance Calculation for a SWATH Ship

Kang Kuk - Jin, Park Myung - Kyu

Abstract

This paper presents the theoretical calculation method to predict the wave resistance of a SWATH ship. The linearized problem of potential flow around a SWATH ship is solved by the method of source distribution on the hull surface. Computer programs for the automatical hull surface division and the wave resistance calculation were developed, and whose utility were verified through the sample calculation results compared with the experiment data. Numerical computations were carried out to search the optimum division panel number of the hull surface and to study the effect of inter - hull spacings. The calculation results for two SWATH ships were compared with the corresponding residuary resistance data and wave pattern analysis data, and the results showed fairly good agreement.

기호설명

$C(\theta)$: Amplitude Function of Cos Wave
C_w	: Wave Resistance Coefficient
g	: Gravitational Acel. Velocity
$G(P, q)$: Green Function
K_0	: Wave Number(= g/U^2)

* 海事技術研究所 先任研究員

** 韓國海洋大學校 船舶工學科 教授

$n(n_x, n_y, n_z)$: unit outward normal vector on Hull Surface
$P(x, y, z)$: Field Point in Fluid Domain
$P(x, y, z)$: Control Point on Hull Surface
$q(\xi, \eta, \zeta)$: Source Point on Hull Surface
R_w	: Wave Resistance
$S(\theta)$: Amplitude Function of Sin Wave
S_H	: Ship's Hull Surface
U	: Ship's Velocity
ρ	: Water Density
$\sigma(q)$: Source Strength on Hull Surface

1. 서 론

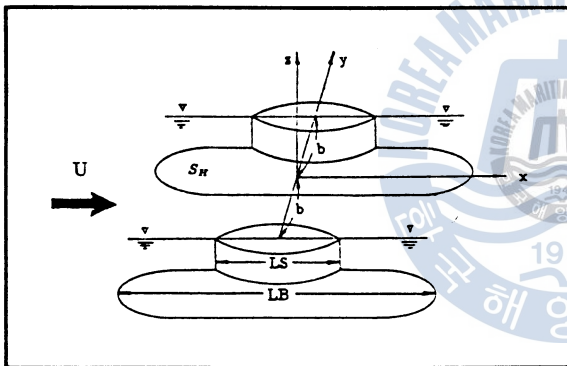
지난 20여년 동안 미국과 일본에서는 SWATH(Small Waterplane - Area Twin - Hull)선형에 대하여 관심을 가지고 이론적 및 실험적인 연구를 많이 수행하여 왔다. 현재에 이르기까지 건조된 실적을 보면 미국에서 4척, 일본 미쯔이 조선소에서 6척이다. SWATH는 단동선에 비하여 침수표면적이 커서 마찰저항이 증가하고 수선면적이 작기 때문에 트림과 힐에 민감하여 파랑에 의한 감판하부의 충격으로 인한 구조상의 문제등이 단점이지만, 갑판이용면적이 넓고 파랑에 의한 운동과 가속도가 작아서 운동성능이 우수하고 속력저하가 대단히 적어서 앞으로 고속여객선과 고속콘테이너선 등으로의 활용가능성이 높은 선형이라고 할 수 있다. 이러한 SWATH선형의 초기설계 단계에서는 선형에 따른 저항성능의 올바른 추정이 필요한데, 저항요소는 크게 마찰저항과 잉여저항으로 나누어 볼 수 있으며 마찰저항은 주로 배의 침수 표면적과 조도에 의하여 결정되고 잉여저항은 그 대부분을 차지하고 있는 조파저항에 의하여 결정된다고 할 수 있다.

SWATH선형의 조파저항계산을 위해서 현재까지 수행되어온 이론적 연구를 살펴본다면, 외국의 경우는 1974년에 Lin¹⁾은 Strut에 Thin Ship Theory를 Lower - Hull에 Slender Body Theory를 이용하여 계산하는 방법을 제시하였고, 1976년에 Narita²⁾는 Trimaran선형에 대한 계산방법 및 선체간격과 선체 배수량분포에 따른 영향에 대하여 조사한 바가 있으며, 같은 해에 Pien³⁾은 소위 "Stream-curvature tracing" 방법으로 Catamaran과 SWATH의 최적선형을 찾는 방법을 보였다. 그리고 1980년에 kusaka⁴⁾는 최소조파저항의 견지로부터 Semi - Submerged Catamaran의 최적선형설계 방법을 보였으며, 1982년에 Nakai⁵⁾는 SWATH 선형의 조파저항감소를 위하여 Strut의 여러가지 종류(Catamaran, Tandem, Trimaran, 4 - Strut)에 대한 길이와 간격에 따른 상호간섭 영향을 조사한 바가 있다. 국내에서는 1986년에 Boo⁶⁾는 lower - hull이 타원체인 경우에도 계산할 수 있는 방법을 보였고 또한 Havelock Source를 써서 횡유동(cross flow)속도성분이 영이 되는 strut camber량을 계산한 바 있고, 1988년에 배광준등⁷⁾은 비회전체인 lower - hull에 quadrapole을 분포시켜서 계산하는 방법을

보였고 Strut과 선체후방의 반류영역에 doublet를 분포시켜서 횡유동의 영향을 고려해서 조파저항 계산을 수행한 바가 있다. 그런데 이상의 방법들은 대부분이 Strut의 중심면상에 source를 분포하고 lower-hull의 중앙선상에 doublet를 분포하는 방법을 사용하고 있어서 선체표면 경계조건을 엄밀하게 만족시켜주지 못하며 strut과 lower-hull간의 상호작용 및 선체간의 떨어진 거리에 따른 상호작용을 고려하지 못한 특이점을 사용하고 있는 것이 문제점으로 남아 있다. 따라서 본 연구에서는 위의 문제점들을 해결하기 위하여 선체표면에 source를 분포시키는 방법을 택하여 SWATH 선형의 조파저항계산을 시도하고자 하였다. 제2장에서는 문제의 정식화과정을, 제3장에서는 수치계산방법을, 제4장에서는 수치계산결과 및 고찰을 보이고 있다.

2. 문제의 정식화

2.1 지배방정식 및 경계조건



무한수심의 균일흐름속에 두개의 선체를 가지는 배(SWATH)가 고정되어 있고, 배가 움직이는 대신 선속 U에 해당하는 유체가 흘러들어오는 것으로 대체하고 좌표계를 다음과 같이 취하기로 한다.

유체는 비점성, 비압축이고 유동은 비회전이라 가정하면, 이 유동장의 속도포텐셜(Velocity Potential)은 (1)식과 같이 정의할 수 있으며, (2)식과 같이 Laplace 방정식을 만족한다.

(Coordinate System)

$$\Phi(x, y, z) = Ux + \phi(x, y, z) \quad (1)$$

$$\nabla^2 \Phi(x, y, z) = 0 \quad (2)$$

여기서, ϕ 는 선체에 의한 교란속도포텐셜이며 역시 Laplace 방정식을 만족한다.

$$\nabla^2 \phi(x, y, z) = 0 \quad (3)$$

이 교란속도포텐셜 ϕ 는 다음과 같은 여러가지의 경계조건을 가진다.

$$\phi_{xx}(x, y, 0) + k_0 \phi_z(x, y, 0) = 0 \quad (4)$$

* 선체표면 경계조건 :

$$\frac{\partial \Phi}{\partial n} = U \cdot n_x + \frac{\partial \phi}{\partial n} = 0 \quad \text{on } S_H \quad (5)$$

* 무한수렴에서의 해지면 경계조건 :

$$\phi_z \rightarrow 0 \quad \text{as} \quad z \rightarrow -\infty \quad (6)$$

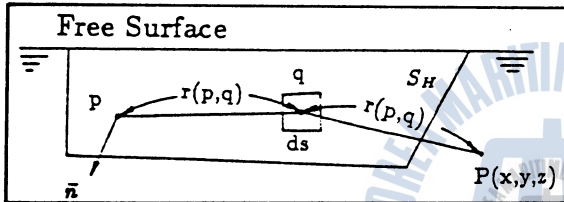
* 방사조건 (Radiation Condition) :

$$\phi = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ 0(1/r), & x > 0 \end{cases} \quad (7)$$

$$\text{as } r = \sqrt{x^2 + y^2} \rightarrow \infty$$

이상의 경계치문제는 조파저항 문제에서 전형적인 수학모델로서 Neumann - Kelvin문제로 잘 알려져 있으며, 자유표면에서는 선형화된 경계조건을 만족하고 선체에서는 엄밀한 경계조건을 만족

시키려는 것으로서 이론적인 일관성이 약간 미흡하지만 널리 쓰이고 있다.

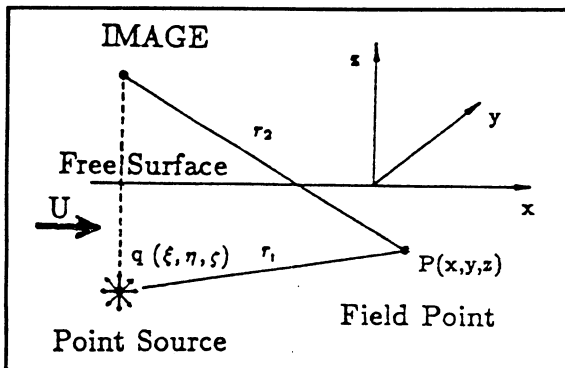


교란속도포텐셜 ϕ 는 Green정리를 이용하고 수학적 처리를 한 후에 선적분항을 무시하면 다음과 같이 쓸 수 있다⁹⁾.

$$\phi(P) = \iint_{S_H} \sigma(q) G(P, q) ds \quad (8)$$

선체표면에 분포된 source의 세기 $\sigma(q)$ 는 선체표면 경계조건에 의해 구해진다. 즉 (8)식을 (5)식에 대입하면

$$\frac{\partial \phi(p)}{\partial n_p} = \frac{\sigma(p)}{2} + \iint_{S_H} \sigma(q) \frac{\partial G(p, q)}{\partial n_p} ds = -U \cdot n_x(p) \quad (9)$$



를 얻으며, 이 식은 $\sigma(q)$ 에 관한 제 2종의 Fredholm 적분방정식이다.

(8)식에서의 Green 함수 $G(P,q)$ 는 앞에서 주어진 Laplace 방정식과 경계조건으로부터 구해지고 Havelock source로도 불리우며 다음과 같이 표시된다.

$$G(x, y, z; \xi \eta \zeta) = G_1 + G_d + G_s \quad (10)$$

$$G_1 = -\frac{1}{4\pi} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad (11a)$$

$$G_d = \text{Re} \frac{1}{2\pi^2} \int_0^\pi \int_0^\infty \frac{k}{k - k_0 \sec^2 \theta} \exp[k\{(z + \zeta) + i\omega\}] dk d\theta \quad (11b)$$

$$G_s = R_e \frac{i}{2\pi^2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} k_0 \sec^2 \theta \cdot \exp[k_0 \sec^2 \theta \{(z + \zeta) + i\omega\}] d\theta \quad (11c)$$

단, $\omega = (x - \xi) \cdot \cos\theta + (y - \zeta) \cdot \sin\theta, z + \zeta < 0$

(10)식의 Green 함수를 써서 (9)식의 적분방정식을 풀면 선체표면에 분포된 Source의 세기를 구할 수 있다. 그런데 (11b)식의 2중적분처리는 수치 계산시에 어려움이 있으므로 Shen & Farrell⁹⁾의 방법을 이용한다.

2.2 조파저항

선체에 의한 조파저항을 구하는 가장 직접적인 방법은 선체표면상에서 압력을 적분하는 것인데, 일반적으로 선체 가까이에서는 유체운동을 나타내는 식이 매우 복잡하므로 이 적분을 실제로 수행하는 것은 쉽지 않다. 따라서 선체를 적당한 폐곡면으로 둘러싸고 이 곡면의 내부의 유체에너지 혹은 운동량의 변화로부터 조파저항을 구하는 방법이 일반적으로 채용되고 있다.

Havelock¹⁰⁾의 결과를 이용하면, 선체의 교란속도 포텐셜이 (8)식과 같이 나타내어질때, 선체로부터 멀리 떨어진 후방에서의 파형은 다음과 같이 구해지고,

$$\zeta = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \{S(\theta) \cdot \sin(k_0 \omega \sec^2 \theta) + C(\theta) \cdot \cos(k_0 \omega \sec^2 \theta)\} d\theta \quad (12)$$

단,
$$\frac{S(\theta)}{C(\theta)} = \frac{k_0}{\pi U} \sec^3 \theta \int_{S_H} \sigma_i \cdot \exp(k_0 \zeta \sec^2 \theta) \cdot \frac{\sin}{\cos} \{k_0 \sec^2 \theta \cdot (\xi \cos\theta + \eta \sin\theta)\} ds \quad (13)$$

조파저항과 그 계수 C_w 는 다음과 같이 구해진다.

$$R_w = \rho \pi U^2 \int_0^{\pi/2} [S^2(\theta) + C^2(\theta)] \cdot \cos^3 \theta \cdot d\theta \quad (14)$$

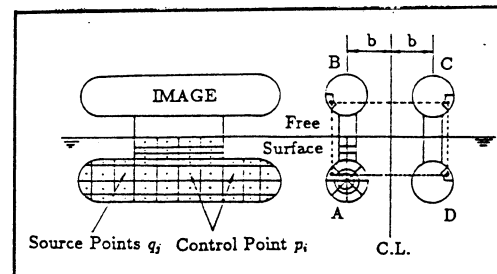
$$C_w = 2 \times R_w / \rho S_H U^2 = \frac{2\pi}{S_H} \int_0^{\pi/2} [S^2(\theta) + C^2(\theta)] \cdot \cos^3 \theta \cdot d\theta \quad (15)$$

3. 수치계산방법 및 전산프로그램 구성

3.1 수치계산방법

적분방정식(9)를 풀면 선체표면의 source세기 $\sigma(q)$ 를 구할 수 있는데, 이를 위하여 Hess & Smith¹¹⁾의 방법을 이용한다.

선체표면을 많은 4각형 평면요소로 분할하여 근사화시키고, 각 4각형 평면요소상에서는



(Hess & Smith Method)

source의 세기가 일정한 것으로 가정하며, SWATH의 경우 좌우대칭이므로 한쪽 선체만 N개로 분할한다.

선체표면상 i번째 4각형 평면요소에 대한 선체표면 경계조건식은 (9)식으로부터 다음과 같이 주어진다.

$$V_x^i \cdot n_x^i + V_y^i \cdot n_y^i + V_z^i \cdot n_z^i = -U \cdot n_x^i \quad (16)$$

여기서, n_x^i, n_y^i, n_z^i 는 i번째 평면요소의 중심점 *에서의 단위 외향법선 벡터성분들이고, V_x^i, V_y^i, V_z^i 는 i번째 평면요소의 중심점에서의 속도성분들로서 다음과 같이 나타내진다.

$$V_x^i, V_y^i, V_z^i = \sum_{j=1}^N \sigma_j \cdot (u_{ji}, v_{ji}, w_{ji}) \quad (17)$$

여기서, u_j^i, v_j^i, w_j^i 는 각각 선체표면상의 j번째 평면요소상에 단위세기의 source가 균일하게 분포되어 있을 때, i번째 평면요소의 중심점으로 유기하는 속도성분들이다. (17)식을 (16)식에 대입하고 양변을 U로 나누어 주면

$$\sum_{j=1}^N (u_{ji} \cdot n_x^i + v_{ji} \cdot n_y^i + w_{ji} \cdot n_z^i) \cdot \frac{\sigma_j}{U} = -n_x^i \quad (18)$$

가 되고,

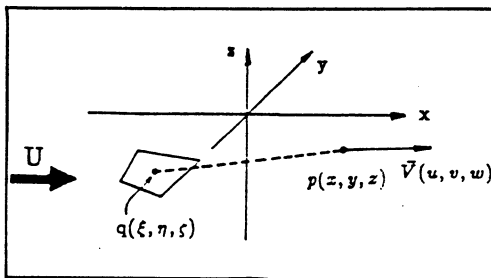
$$\begin{aligned} A_{ij} &= u_{ji} \cdot n_x^i + v_{ji} \cdot n_y^i + w_{ji} \cdot n_z^i \\ B_i &= -n_x^i \\ m_j &= \sigma_j / U \end{aligned}$$

로 놓으면 i번째 평면요소에 경계조건은

$$\sum_{j=1}^N A_{ji} \cdot m_j = B_i \quad (19)$$

가 되어서, 무차원화된 source세기 m_j 는 (19)식의 해로서 구해진다.

한편, (17)식에서의 u, v, w (이하부터 첨자 j, i는 생략)는 아래 그림과 같이 3차원 공간에서 임의의 형상의 4각형 평면상의 source가 임의의 점으로 유기하는 속도성분을 나타내며 (9)식의 $\partial G(p, q) / \partial n_p$ 의 세가지 속도성분을 나타낸다.



(Velocity Induced by a Point Source
on a Quadrilateral Plane)

따라서, 유기속도 u, v, w 는 (10)식의 Green함수를 미분하여 얻어지며, 첫번째 미분항은 이중모형(double model), 두번째와 세번째 미분항은 국부파(local wave)와 자유파(free wave)에 의한 유기속도 성분으로서 이들에 의해 유기되는 속도성분 u, v, w 는 각각 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{cases} u = u_1 (DM) + u_2 (FW) + u_3 (LW) \\ v = v_1 (DM) + v_2 (FW) + v_3 (LW) \\ w = w_1 (DM) + w_2 (FW) + w_3 (LW) \end{cases} \quad (20)$$

이러한 유기속도성분중에서 이중모형항에 의한 유기속도성분은 Hess & Smith 방법에 의해서 상하좌우의 4개 대칭면에 의한 합으로서 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{cases} u_1 = u_1 (A) + u_1 (B) + u_1 (C) + u_1 (D) \\ v_1 = v_1 (A) + v_1 (B) + v_1 (C) + v_1 (D) \\ w_1 = w_1 (A) + w_1 (B) + w_1 (C) + w_1 (D) \end{cases} \quad (21)$$

그리고 파동항에 의한 유기속도성분은 Shen & Farell의 방법으로부터 계산되고 자유표면하에 있는 좌우의 2개 대칭면에 의한 합으로 주어진다.

$$\begin{cases} u_2 (FW) + u_3 (LW) = u_2 (A) + u_2 (B) + u_3 (C) + u_3 (D) \\ v_2 (FW) + v_3 (LW) = v_2 (A) + v_2 (B) + v_3 (C) + v_3 (D) \\ w_2 (FW) + w_3 (LW) = w_2 (A) + w_2 (B) + w_3 (C) + w_3 (D) \end{cases} \quad (22)$$

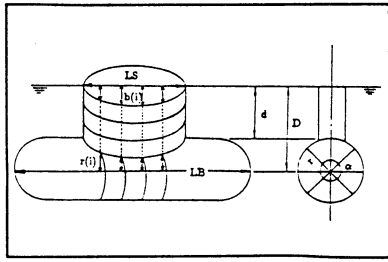
파동항의 계산시에는 4각형 평면요소상의 면분포특이점계를 중심점에 집중시킨 점분포로 근사화하며, 직접적인 계산은 많은 계산시간을 소요하므로, 미리 적당한 구간에서 계산하여 3차원 수표를 만들어 놓고 보간법을 이용하여 계산하는 방법을 쓴다. 이러한 계산방법은 참고문헌(8)에 자세히 설명이 되어 있으며, 실제의 조파저항계산에는 이중모형항과 자유파동항만을 고려해 준 것이 좋은 결과를 보이고 있으므로, 본 연구에서도 이에 따르기로 한다. 그리고 진폭함수와 조파저항은 (18)식의 해로써 구해지는 선체표면의 source strength m_j 를 알면 (13)식과 (14)식으로부터 계산할 수 있는데, 이때 각 평면상의 특이점을 중심점에 집중시킨 점분포로 하여 다음과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} \frac{S^*(\theta)}{C^*(\theta)} &= \frac{k_0 \sec^3 \theta}{\pi} \left(2 \sum_{i=1}^N a_i \cdot m_i \cdot \exp(k_0 \zeta_i \sec^2 \theta) \cdot \frac{\sin k_0 \zeta_i \sec \theta}{\cos k_0 \zeta_i \sec \theta} \cdot \cos(k_0 \eta_i \sec^2 \theta \sin \theta) \right) \quad (23) \\ C_w &= \frac{2\pi}{S_H} \int_0^{\pi/2} [S^*(\theta)^2 + C^*(\theta)^2] d\theta \quad (24) \end{aligned}$$

(23)식에서 N은 SWATH선형의 한쪽선체(Demi-Hull)의 분할평면 갯수이고, a_i 는 그들 각각의 면적이며, (24)식의 적분은 θ 를 0° 부터 80° 까지 0.25° 간격으로 Simpson법칙에 따라 수치적분을 수행한다.

3.2 전산 프로그램 구성

SWATH선형의 조파저항을 계산하기 위한 전산프로그램은 다음과 같은 단계로 구성되어 있다.



(Input Parameters for SWGEN)

(1) SWGEN

* 기능 : SWATH선체표면 자동분할

* 입력

- Strut : 폭 $b(i)$, 홀수 (d), 분할갯수 (NS)

- Lower - Hull : 반경 ($r(i)$), 중심선 (D), 분할갯수 (NB) 등

* 출력 : 선체표면의 4각형 평면요소 좌표

(2) SWDMFW

* 기능 : 이중모형항과 자유파동항을 고려한 SWATH 선형과 조파저항계산 프로그램

* 입력

- 분할 평면요소들의 좌표

- 자유파동항의 계산수표

* 출력

- 선체표면에 분포된 source세기 m_j

- 조파저항 계수 C_w

(3) SWDM

* 기능 : 이중모형항만을 고려한 SWATH선형의 조파저항 계산 프로그램

* 입력 : 분할 평면요소들의 좌표

* 출력

- 선체표면에 분포된 source의 세기 m_j

- 조파저항계수 C_w

(4) FWTAB

* 기능 : point source의 자유파동항에 의한 유기속도성분 계산

* 입력 : 계산점들의 위치

* 출력 : 자유파동항에 의한 유기속도성분

이상의 전산프로그램들을 이용하여 SWATH선형의 조파저항을 구하는 과정을 Fig. 1에 흐름도로 보이고 있다.

4. 수치계산결과 및 고찰

4.1 계산대상선형

본 연구로부터 작성된 SWATH선형의 조파저항계산 프로그램의 검증을 위하여 계산에 이용된

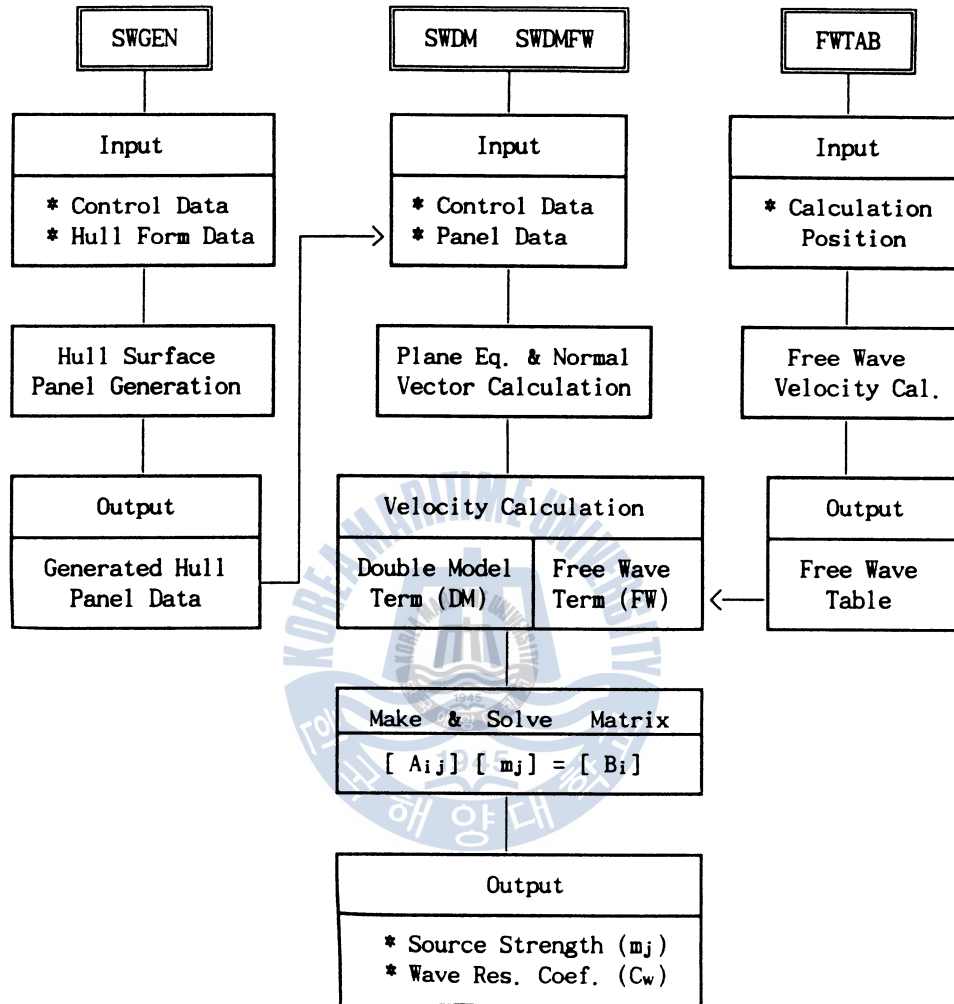


Fig. 1 Flow chart of the Wave Resistance Calculation for a SWATH Ship

SWATH선형은 두개의 선형(WA, WB)이다. 이 두 선형의 주요제원은 Table 1에, 선형은 Fig. 2에 비교하여 보이는데, 선형상의 특징으로서는 잠수동체(lower-hull)가 모두 회전체이고 WA선형이 WB선형보다 앞부분이 다소 뚱뚱하고 뒷부분이 날씬하다. 한편, strut의 횡단면형상은 WA선형이 사다리꼴이고 WB선형은 직사각형 모양이다.

4.2 선체표면 분할갯수에 대한 검토

앞장에서 말한 바와 같이 선체표면을 작은 직사각형들로 분할하고 곡면을 평면화시켜서 근사화시킨 후, 같은 평면상에서는 source의 세기가 균일하다는 가정하에서 계산을 수행하기 때문에 가능한 작게 하는 것이 좋은 결과를 준다는 것이 Hess & Smith의 계산결과로부터 잘 알려져 있다. 그러

SWATH (WA: 343)

SWATH (WB: 339)

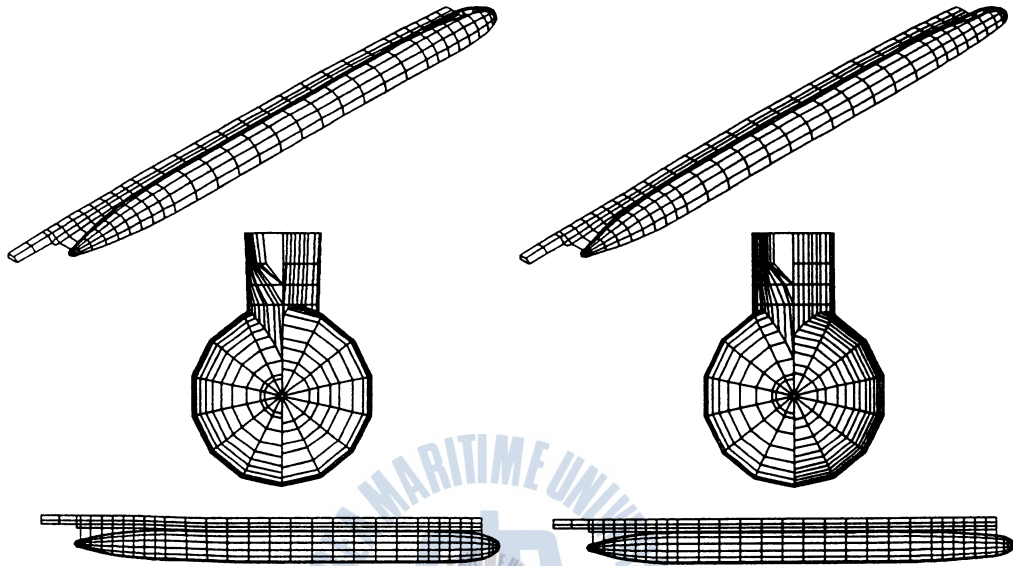


Fig. 2 Generated SWATH Hull surface Panels(WA, WB)

Table 1. Principle Dimensions of SWATH Ships(WA, WB)

(단위 : M)

SWATH SHIP	WA	WB
Length B.P.		23.6
Length W.L.		24.6
Length, Submerged		25.6
Breadth		12.4
Depth		5.3
Draft		2.5
Lower Hull Length		23.6
Lower Hull Diameter		1.8
Distance btn. Lower Hull C.L.		10.4
Strut Length		24.6
Strut Thickness at W>L>	0.75	0.8
Disp. Volume (Bare)	127.7	125.4
LCB from M.S., fwd(+)	1.1	0.0
LCF from M.S., fwd(+)	- 1.41	0.84
Cross Section Shape of Strut	Trapezoid	Rectangular

나, 계산시간과 계산비용 등 적절한 크기로 분할하여 엄밀해에 가까운 해를 구하는 것이 효율상으로 보아 바람직하므로 이에 대한 검토가 선행되어야 한다.

우선, 선체표면곡률의 변화가 심한 부분은 작게 나누고 변화가 적은 부분은 크게 나누는 것을 원칙으로 한다. 따라서 길이방향으로 변화가 심한 선수미부분에서는 조밀하게 하고, 변화가 거의 없는

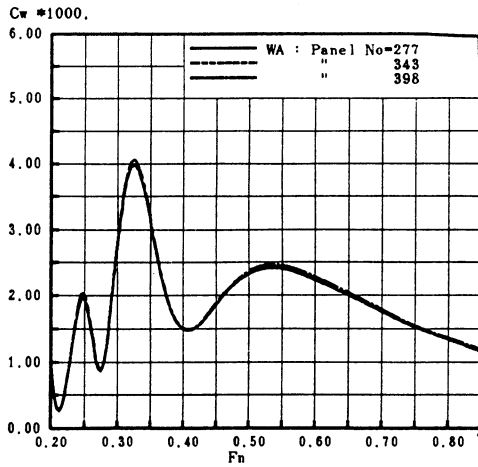


Fig. 3 Cw according to the Panel Numbers (WA - demi - hull : No.=227, 343, 398)

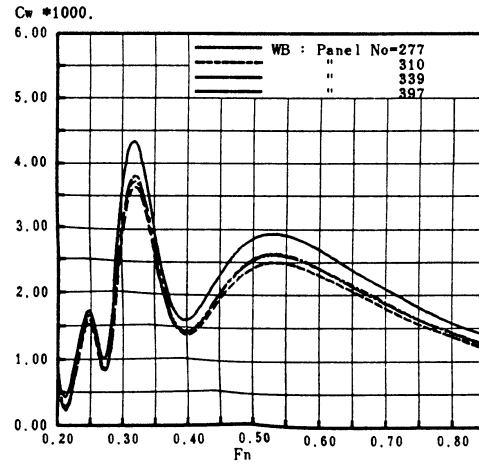


Fig. 4 Cw according to the Panel Numbers (WB - demi - hull : No.=277, 310, 339, 397)WB)

중양부분에서는 다소 크게하여 총 34개의 station을 취하고, 흡수방향으로 strut은 거의 직선에 가까우므로 4개로 나누었다. 한편, 잠수동체는 형상에 적합한 회전방향의 분할방법을 사용하고, strut에 비하여 훨씬 굵으므로 보다 많은 분할갯수가 필요한데, 회전방향으로 변화시켜 가면서 적절한 분할갯수를 찾기로 한다. 이를 위하여 잠수동체의 회전방향 분할갯수를 WA에 대해서는 10, 14, 18개로, WB에 대해서는 10, 12, 14, 18개로 각각 변화시켰으며, 그중 14개로 분할한 모양을 Fig. 2에 보인다.

계산은 SWATH의 한쪽선체(demi - hull)에 대해서 SWDM으로 수행하였으며 계산된 조파저항계수 Cw를 Fig. 3과 Fig. 4에 보인다. 그 결과를 보면 WA에 대해서는 분할갯수의 차이에 의한 영향이 작은 반면 WA에서는 다소 차이가 있는데, WA와 WB 둘다 한쪽선체에 대해서 약 340개 정도면 충분한 것으로 판단된다. 따라서 앞으로의 계산에 있어서는 343개로 분할된 WA계산모형과 339개로 분할된 WB계산모형을 사용하기로 한다.

4.3 전산프로그램에 대한 검토

SWATH선형의 조파저항을 계산하기 위하여 작성된 전산프로그램은 앞장에서 보인 바와 같이 이중모형항만을 계산하거나 또는 자유파동항까지 포함하여 계산할 수 있도록 하였다. 전자(SWDM)는 이중모형항만을 고려하기때문에 속도와 관계없이 선체표면에 분포되는 source의 세기가 정해지고, 속도에 따른 파수만을 조파저항의 계산시에 고려해 줌으로써 쉽게 계산된다.

한편, 후자(SWDMFW)는 이중모형항외에 속도에 따른 자유파동항까지 계산해 주어야하므로 계산이 훨씬 복잡하고 시간도 오래 걸린다. 본 연구에서는 이 두가지 계산프로그램을 이용하여 SWATH선형 WA에 계산적용하고 저항시험 및 파형해석으로부터 구한 잉여저항(Cr)과 파형조파저항(Cwp)을 함께 비교하여 그 결과를 Fig. 5에 보인다. 이로부터 이중모형항만을 고려한 것이 경향적

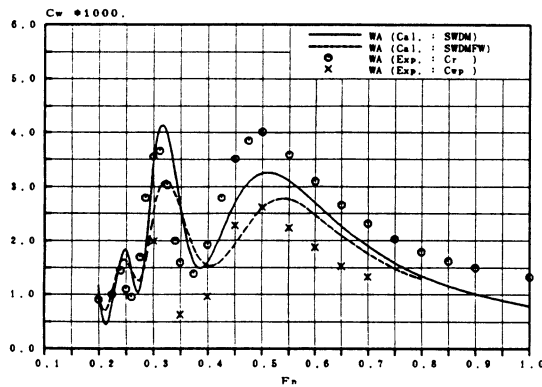


Fig. 5 Comparison of Experimental Data (Cr, Cwp) and Calculated Cw for SWATH - WA

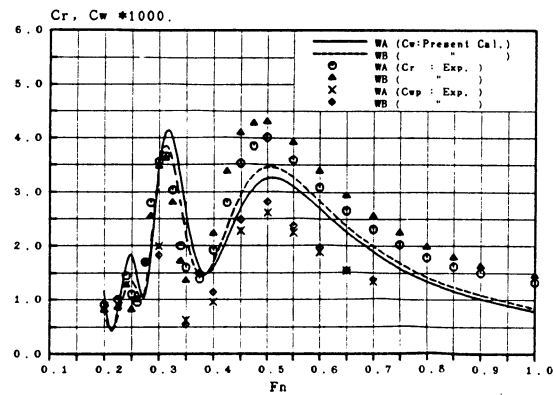


Fig. 6 Comparison of Experimental Data (Cr, Cwp) and Cw Calculated by SWDM for SWATH - WA, WB

으로 더 좋은 일치를 보이고 있으며, $Fn=0.40$ 이하의 속도구간에서는 계산결과가 시험결과보다 다소 높게 나왔으나 그 이상의 속도구간에서는 전반적으로 잘 일치된 결과를 주고 있음을 알 수 있다.

4.4 선형형상에 따른 영향

두가지 SWATH선형 WA와 WB에 대하여 SWDM으로 계산한 결과를 실험으로부터 구한잉여저항 계수(Cr) 및 파형조파저항계수(Cwp)와 함께 비교하여 Fig. 6에 보이고 있다. 그 결과를 보면, 저속구간에서는 계산치가 다소 높게 추정되었지만 정성적으로 경향이 잘 일치하고 있으며, $Fn=0.40$ 이상의 속도구간에서는 정량적으로도 좋은 일치를 보여주고 있음을 알 수 있다. 그리고 $Fn=0.375$ 이하의 속도구간에서는 WB선형이, 그 이상의 속도구간에서는 WA선형이 더 우수한 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구를 통하여 개발된 프로그램으로 선형의 변화에 따른 조파저항 성능의 우열판정이 가능하며 조파저항의 hollow와 hump에 해당하는 속도구간을 찾아내어 설계시에 가능한 작은 조파저항성능을 갖는 선형과 속도구간의 선정이 가능할 것으로 판단된다.

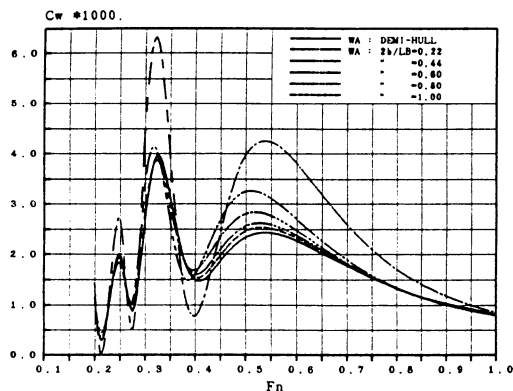


Fig. 7 Cw according to the Inter-Hull Spacings for SWATH - WA

4.5 선체간 떨어진 거리에 따른 영향

SWATH선형의 선체간의 떨어진 거리가 조파저항에 미치는 영향을 조사하기 위하여 WA선형에 대하여 계산을 수행하였다. 이때, 선체간 떨어진 거리에 대한 잠수동체길이의 비 ($2b/LB$)를 0.22, 0.44, 0.60, 0.80, 1.00으로 각각 하였으며, $2b/LB=0.44$ 는 설계선형의 값에 해당한다. 계산결과를 Fig. 7에 보이는데, 선체간의 떨어진 거리가 가까울수록 상호간섭효과가 커져서 속도에 따른 조파저항 계수의 hollow와

hump가 심하게 나타나고, 멀리 떨어질수록 간섭효과가 작아져서 완만한 곡선을 그리며 demi-hull의 값에 접근해 가는 것을 일 수 있었다. 한편, 선체간 떨어진 거리에 따른 저항곡선에서의 hollow와 hump의 위상차이는 거의 없는 것으로 보인다.

5. 결 론

(1)본 연구를 통하여 SWATH선형의 선체표면 자동분할 프로그램과 선체표면 자동분할 프로그램과 선체표면 특이점분포방법을 이용한 조파저항계산 프로그램을 개발하였다.

(2)SWATH선형의 선체표면 적정분할갯수에 대하여 검토를 수행하였는데, 선형에 따라서 다소 차이가 나지만 대략 한쪽 선체에 대해서 340개 정도면 충분한 것으로 판단되었다.

(3)조파저항 계산결과와 실험치의 비교로부터 이중모형항만을 고려하여 구한 선체표면의 source들을 사용한 것이 자유파동항까지 포함하여 구한 것보다 더 좋은 결과를 주고 있다.

(4)SWATH선형의 형상차이가 조파저항에 미치는 영향을 알아 보고, 동시에 프로그램의 유용성을 검증하기 위하여 기본체원이 거의 같으나 형상이 약간 다른 두가지선형(WA, WB)에 대하여 계산하고 실험결과자료(Cr, Cwp)와 비교하여 보았는데, 좋은 경향 일치율을 얻었다.

(5)선체간의 떨어진 거리가 조파저항에 미치는 영향을 알아보기 위하여 그 거리를 변화시켜 가면서 계산을 하였는데, 그 결과는 가까울수록 간섭효과가 크고 멀수록 작은 것을 알 수 있으며, 저항곡선의 hollow와 hump의 위상차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 1) Lin, W. C., "The Force and Moment on a Twin Hull Ship in a Steady Potential Flow", 10th Sym. on Naval Hydrodynamics, 1974
- 2) Natita, S., "Some Research on the Wave Resistance of a Trimaran", International Seminar on Wave Resistance, 1976, Japan
- 3) Pien, P. C., "Catamaran Hull - Form Design", International Seminar on Wave Resistance, 1976, Japan
- 4) Kusaka, Y., Nakamura, H. and Kunitake, Y., "Hull Form Design of the Semi - Submerged Catamaran Vessel", 13th Sym. on Naval Hydro - dynamics, 1980
- 5) Nakai, Y. and Tamai, H., "On the Resistance and Propulsion Performance of a SWATH Ship", JKSN, Vol. 185, 1982
- 6) Boo, S. Y., "Numerical Computation of Wave Resistance for SWATH Ship in Calm Wath", Seoul National Univ. Ms. Thesis, 1986
- 7) Bai, K. J., Kim, S. E. and Kim, J. W., "The Cross Flow Effect on the Force and Moment Acting on a Swath Ship", 17th Symposium on Naval Hydrodynamics, 1988
- 8) Yang, S. I., "Development of a Method to Analyze Powering Performance of a Ship and its Application to Optimum Hull Form Design", JSNAK Vol. 22, No. 2, 1985

- 9) Shen, H. T. and Farrell, C., "Numerical Calculation of the Wave Integrals in the Linearized Theory of Water Waves", JSR, Vol. 21, No. 1, 1977
- 10) Havelock, T. H., "Theory of Wave Resistance", Proc. Royal Soc., Vol. A138, 1932
- 11) Hess, J. L. and Smith, A. M. O., "Calculation of Nonlifting Potential Flow about Arbitrary Three Dimensional Bodies", JSR, Vol. 8, No. 2, 1964

