

# Chine Line이 있는 소형어선의 유효마력 추정법 및 최소저항을 갖는 선형 요소들의 최적화에 관한 연구\*

이 근 무

홍익대학교 조선해양공학과 부교수

(1994년 7월 9일 접수)

## A Study on the Estimation Method of EHP of Small Fishing Boats having Chine Line and Optimization Technique of Hull Form Paramerters having Low Resistance

Guen - Moo LEE

University of Hong - Ik

(Received July 9, 1994)

From the results of model tests, statistical regression analysis for EHP estimation based on hull form parameters is adopted in this study. From this result, the method for estimation of EHP and optimization of hull form parameters at the initial design stage of fishing boats is developed.

This method is applied to two standard fishing boats with chine lines. The EHP's are estimated and compared to experimental results. From the optimization of four principal hull form parameters of these fishing boats, approximately 19% of resistance reduction at the design speed is achieved and thus certifies that this method can be used efficiently for the initial design of hull forms of fishing boats.

### 서 론

국내의 어선 선질 향상을 위한 연구 개발은 80년대에 이르러 대통령 특별지시에 의한 연구개발어선 근대화에 관한 연구<sup>11~13)</sup>가 진행되면서 활발한 활동이 전개되었다. 본 연구에서는 표준어선의 초기 개발단계에서 신속하고 경제적으로 어선의

유효마력을 추정하고, 이들 주요 선형요소 결정에 이용할 수 있는 방법을 찾아내고자 하였다. 또한, 개발된 기법들은 어선의 기본설계시에 이용될수 있음이 모형선에 대한 실증적인 검증을 통하여 입증하였다.

어선의 저항추진성능 향상을 위한 국내외 연구 동향을 보면, 국외에서는 Doust<sup>1,2)</sup>가 trawler에

\* 이 논문은 1994년도 홍익대학교 교내연구비 지원을 받아 연구되었음.

선수벌브를 부착하여 저항이 감소함을 입증하는 등, FAO를 중심으로 어선에 관한 많은 연구가 수행되었다. 특히 일본에서는 어선의 고속화를 위한 많은 연구가 진행되어 어선의 저항추정 및 우수한 저항추진 성능을 갖는 선형을 개발하기 위한 연구가 활발히 수행되었다<sup>3~10)</sup>.

국내에서도 어선에 관한 연구가 활발히 진행되어 한국기계연구소 주관하에 수행된 연근해 소형 어선 근대화사업<sup>11~13)</sup> 및 소형어선의 마력추정 및 선형설계에 관한 연구<sup>14,15)</sup>가 있었으며, 인하대학교에서도 과학기술처의 특정연구사업으로 FRP 표준어선 (G.T 19톤급 연근해연승어선) 개발에 관한 연구<sup>17)</sup>를 수행하였다. 또한 어선협회와 현대선박해양연구소 공동으로 회류수조에 의한 어선의 모형시험과 선형개선에 관한 연구<sup>18~23)</sup>가 수행되고, 이 모형시험 결과를 토대로 하여 어선협회에서는 표준어선선형<sup>24)</sup>을 개발하여 고시하였다. 최근에는 항후 표준어선 개발 및 추진방향의 제시를 위한 수산청 주관의 표준어선 개발을 위한 조사연구사업<sup>25)</sup>도 수행되었다.

이러한 배경하에서 본 연구에서는 Chine line 이 있는 어선의 초기 개발 단계에서 신속하고 성능이 우수한 어선의 유효마력을 추정하기 위하여, 어선의 모형선 들에 대한 저항시험 결과들을 통계회귀해석법(statistical regression analysis)을 이용하여 정리함으로써, 전산기를 이용하여 짧은 시간에 실선의 유효마력을 추정하고 선형요소들을 최적화하기 위한 수치계산기법들에 관한 연구가 수행되었다.

### 저항시험 결과의 통계해석법

어선의 저항을 통계적인 수법으로 추정하려면 아래식과 같이 수많은 어선의 모형에 대한 저항시험자료를 선형요소 및 Froude수의 함수로 정리하고 요구하는 계수들을 구하면 된다.

$$s_C T = F_0 \quad (\text{선형요소}, Fn) \quad (2.1)$$

그러나, 현재 국내에서는 충분한 양의 어선에

관한 정확한 저항 시험자료를 확보하기가 어려우므로 본 연구에서는 일본 어선에 대한 회귀방정식의 계수들을 이용하였다<sup>6,8)</sup>. 이제 통계해석 이론에 관하여 간단히 살펴보면 변수  $y$ 가  $N$ 개의 독립변수  $x_1, x_2, \dots, x_N$ 의 함수로

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (2.2)$$

과 같이 표시되고, 함수  $f(x_1, x_2, \dots, x_N)$ 은 각 독립변수들의 임의의 영역에서  $M$ 개의 데이터를 이용한 임의의  $k$ 차의 다항식이라 하자. 이와 같은 다항식은 다음과 같이 일반적인 형태로 표시될 수 있다.

$$\begin{aligned} Y = & a_0 X_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_N X_N \\ & + a_{11} X_1^2 + a_{22} X_2^2 + \dots + a_{NN} X_N^2 \\ & + a_{12} X_1 X_2 + a_{13} X_1 X_3 + \dots + a_{1N} X_1 X_N \\ & + a_{23} X_2 X_3 + \dots \end{aligned} \quad (2.3)$$

여기에서,  $X_n$ 은  $x_n$ 의 평균치  $\bar{x}_n$ 를 기준으로 다음과 같이 정규화(normalization)한 것으로써,  $i$ 번째 데이터의 경우

$$X_{ni} = \frac{(x_{ni} - \bar{x}_n)}{S_n} \times 0.1 \quad (2.4)$$

여기서,  $S_n$ 은  $x_n$ 의 표준편차로

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M (x_{ni} - \bar{x}_n)^2}{M}} \quad (2.5)$$

따라서,  $M$ 개의 데이터가 주어져 있을 때 데이터의 residual분산이 최소가 되도록 (2.3)식과 같은  $Y$ 의 계산식을 구하는 것이 가능하다. 또한, (2.4)식에서  $X_{ni}$ 의 계산시 0.1을 곱하는 것은 (2.3)식중의 고차항이 선형요소의 사용가능범위 주변 부근에서 저항추정에 크게 작용하여 식의 정도를 떨어뜨리는 것을 막기 위함이다.

통계해석에 있어 데이터의 양, 즉  $M$ 이 매우 클 경우  $Y$ 의 차수  $k$ 를 높일수록 더욱 정도가 높은 추정식을 얻을 수 있으나, 일반적으로 어선의 저항 시험자료는 그리 만족할만하게 많지 않고, 또한

자료들이 체계적인 것도 아니므로 자연적으로 추정식의 차수 k와 독립변수의 갯수 N에 제약이 따르게 된다. 따라서, 추정식을 결정하는 경우 정도를 높이기 위해서는 데이터들의 양이나 특성을 잘 파악하여 독립변수의 갯수 N이나 차수 k를 조심스럽게 결정하여야 할 것이다.

(2.3)식에 각 선형요소와 그때의 실험결과를 대입하면 일반적으로 다음과 같이 된다.

$$Y_i = (a_0 X_0 + a_1 X_1 + \dots \text{etc.})_i + e_i \equiv [X]_i + e_i \quad (2.6)$$

여기서,  $i$ 는  $i$ 번째의 데이터라,  $Y_i$ 는 그때의 실험결과를,  $[X]_i$ 는 선형요소들을 대입한 다항식을,  $e_i$ 는 계산결과와 실험결과와의 차 residual을 각각 표시한다. 만약 실험갯수가  $M$ 개가 되면 (6)식을  $M$ 개 만들 수 있을 것이다.

이들  $M$ 개의 식으로부터 미지수  $a_0, a_1, a_2, \dots$ 들을 구할 수 있는데, 이때 실험치와 계산치가 잘 일치하기 위해서는 각각의 미지수들이  $\sum_{i=1}^M e_i^2$ 을 최소로 하여야 할 것이다.

즉,

$$\frac{\partial}{\partial a_j} \left( \sum_{i=1}^M e_i^2 \right) = 0 \quad (2.7)$$

(6)식을 (7)식에 대입하여 정리하면,

$$\sum_{i=1}^M (Y_i - [X]_i) X_j = 0 \quad (2.8)$$

또는

$$\sum_{i=1}^M Y_i X_j = \sum_{i=1}^M [X]_i X_j \quad (2.9)$$

따라서, 다항식의 함수와 같은 갯수의 (2.9)식의 연립방정식을 풀면 (2.6)식의 각 회귀계수를 얻을 수 있고, 결국에는 (2.3)식과 같은 회귀방정식을 얻게 된다.

## 마력추정과 선형요소 최적화 및 응용

본 연구에서 사용된 마력추정 및 선형요소 최적화에 관한 기법은 속도 영역이  $Fn_{\nabla} = 0.6 \sim 1.2$ 인

G.T 35톤 미만의 chine line이 있는 소형 FRP어선 선형에 회귀계수를 인용할 수 있는 것이다<sup>6,14,16</sup>.

어선의 초기설계시에는 일반적으로 배수량( $\nabla$ )과 설계속도( $V$ )가 주어지는 것이 보통이므로, 전저항계수를 아래와 같이 정의한다.

$$\eta_r = \frac{R_T}{\frac{1}{2} \rho \nabla^{2/3} V^2} \quad (3.1)$$

Froude수도 일반적으로 사용하는  $F_n$ 을 이용하면,  $L$ 의 변화에 따라  $V$ 가 변화하게 되므로 어선의 초기설계시  $L$ 의 변화에 따라 저항이 받는 영향을 살피기에는 불편하다. 따라서, 본 연구에서는 Froude수를 다음과 같이 정의한다.

$$Fn_{\nabla} = V / \sqrt{\nabla^{1/3} g} \quad (3.2)$$

또한, 횡복원력이 좋고 나뭇에 기준이 되는  $B/T$ 도 선형요소  $L$ 에 직접적인 영향을 주지 않게 하기 위하여, 마력 추정식에 일반적으로 많이 쓰는  $L/B$  대신에  $L/\nabla^{1/3}$ 이라는 변수를 이용하였다.

## 1. 수치계산기법

본 연구에서는 어선 저항성능의 통계해석을 위한 자료로, 일본에 가장 많이 분포되어 있는 G.T 35톤 미만의 chine line이 있는 소형 FRP선형에 대한 길이 1.8m인 12척의 모형선을 이용한 계통적 모형시험 자료를 택하였다<sup>6</sup>. 또한, 이 모형선에 대한 주요 선형요소는 아래와 같다.

$$L/\nabla^{1/3} = 4.5, 5.0(\text{모선}), 5.5$$

$$C_B = 0.5, 0.55(\text{모선}), 0.6$$

$$R/T = 2.5, 3.5(\text{모선}), 4.5$$

이 모형선들은  $Fn_{\nabla} = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2$ 의 7개 속도에 있어 각각 5가지 상태에서 저항시험을 수행하여, 전저항을 모두 배수량 22.5ton(데이터선으로 사용된 어선들의 평균 배수량)의 어선의 것으로 환산하였다. 이것은 임의의 어선에 대한 유효마력의 추정을 간편하게 하기 위함이다. 배수량 22.5톤의 어선에 대한 전저항계수는 다음과 같다.

$${}_{22.5}Y_T = {}_M Y_T - \frac{S}{\nabla^{23}} \{({}_M C_{F0} - {}_{22.5}C_{F0}) - C_A\} \quad (3.3)$$

또한, 유효마력을 구하고자 하는 어선의 전저항 계수는

$${}_s Y_T = {}_{22.5}Y_T - \frac{S}{\nabla^{23}} ({}_{22.5}C_{F0} - {}_s C_{F0}) \quad (3.4)$$

와 같다. 여기서,  $C_{F0}$ 는 Schoenherr의 마찰저항계수로 (3.5)식과 같은 간편화된 식으로 주어진다.

$$C_{F0} = 0.4631 \left\{ \log_{10} \left( \frac{VL}{v} \right) \right\}^{-2.6} \quad (3.5)$$

$C_A$ 는 모형선-실선 상관계수로 0.0004이다.

침수표면적으로는 나선상태의 것에 부가물의 침수표면적을 합한 것을 사용하였으며, 만약 나선상태의 침수 표면적을 모를 경우에는 다음의 경험식을 이용하여 구할수 있게 하였다.

$$S_B = L \cdot B_c (C_B + 0.7) (0.727 + 1.062 \frac{T}{B_c}) \quad (3.6)$$

유효마력은 구해진 전 저항계수로부터 (3.7)식과 같이 구해진다.

$$(EHP)_s = 21.399 \times {}_s Y_T \nabla^{76} F n_v^3 \quad (3.7)$$

또한, ITTC방법에 의한 유효마력 추정 결과도 함께 볼 수 있도록 작성되었다.

${}_{22.5}Y_T$ 로부터  ${}_M Y_T$ 를 역으로 구해보면

$${}_M Y_T = {}_{22.5}Y_T + \frac{S}{\nabla^{23}} \{({}_M C_{F0} - {}_{22.5}C_{F0}) - C_A\} \quad (3.8)$$

로 되고, 그러므로 모형선에 대한 전 저항계수는 다음과 같이 된다.

$${}_M C_T = {}_{22.5}Y_T \cdot \frac{\nabla^{23}}{S} - {}_{22.5}C_{F0} - C_A + {}_M C_{F0} \quad (3.9)$$

잉여저항계수  $C_R$ 은

$$C_R = {}_M C_T - {}_M C_F \quad (3.10)$$

로 되는데, 여기서  $C_F$ 는 ITTC 모형선-실선

상관곡선으로부터

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10} Rn - 2)^2} \quad (3.11)$$

이다. 따라서, 실선의 전 저항계수 및 전 저항은

$${}_s C_T = C_R + {}_s C_F + C_A \quad (3.12)$$

$${}_s R_T = {}_s C_T \times \left( \frac{1}{2} \rho_s S_s V^2 \right) \quad (3.13)$$

이고, 유효마력은 식(3.14)와 같다.

$$(EHP)_l = {}_s R_T \times V / 75 \quad (3.14)$$

본 유효마력추정에 있어서 각 선형요소들의 적용범위는 다음과 같다.

$$4.3 \leq L/\nabla^{1/3} \leq 6.8$$

$$2.0 \leq B_c/T \leq 8.0$$

$$0.5 \leq C_p \leq 0.7$$

$$10.0 \leq L_{CB} \leq 2.8$$

이상과 더불어 본 계산 조직에는, 어선의 초기설계시 유용하게 이용될 수 있도록, 저항이 최소가 되는 선형요소들의 값을 구하기 위한 최적화 수치계산법 중의 하나인 이차계획법(quadratic programming)이 포함되어 있다. 실제 수치계산기법에서는 미지수인 선형요소를 전부 또는 필요로 하는 몇 가지만을 최적화할 수도 있게 하였고, 제한조건도 필요에 따라 선형요소의 적용범위 내에서는 자유롭게 변화할 수 있도록 하였다.

## 2. 마력추정 및 선형요소의 최적화와 응용

본 연구에서는 전절에서 기술한 내용을 chine line을 갖는 어선에 대한 유효마력의 최적화 수치계산기법을, 현대 선박해양연구소에서 수행한 회류수조에서의 모형시험<sup>20, 21)</sup>에 따른 결과를 토대로 하여 선형설계된 어선협회의 표준어선들<sup>24)</sup>중 Table 1에 있는 두 어선에 대하여 적용하여 보았다. 앞으로, 이 두어선을 M9301, M9302이라 부르기로 한다. 이 두어선의 모형실험 결과와 추정값이 Fig. 1에 실려있다.

China Line이 있는 소형어선의 유효마력 추정법 및 최소저항을 갖는 선형 요소들의 최적화에 관한 연구

**Table 1. Principal Characteristics of M9301, M9302 and M9303 Fishing Boat**

Discription	N9301	N9302	N9303
G · T	6.7	7.93	7.93
Condition	Full Load	Full Load	Full Load
$L_{WL}(m)$	12.10	12.830	12.830
$\nabla(m^3)$	17.780	22.60	22.60
$B_c(m)$	3.00	3.20	3.20
$T(m)$	0.936	0.989	0.989
$C_B$	0.5571	0.556	0.556
$C_r$	0.6213	0.6480	0.6210
$C_N$	0.8471	0.8585	0.8585
$L_{CN}(\%)$	1.950	1.493	1.493
$S(m^2)$	45.266	52.4	52.400
$\Delta S(m^2)$	3.1	5.798	5.798
Design Speed (knot)	9.0	10.0	10.0

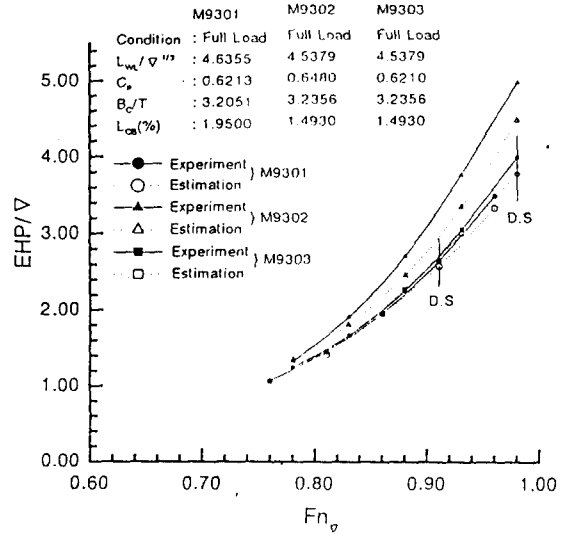
먼저, 그림에서와 같이 M9301은 만재 상태일 때 추정값이 전속도범위에 걸쳐 실험값과 잘 일치하는 것으로 나타났으며, M9302도 만재상태에서 추정값이 실험값 보다 전반적으로 낮지만 설계속도에서는 4.6%, 그외의 속도에서는 약 3.6% 정도의 차이로 예측되고 있어 통계 추정이라는 면에서 만족 할 수 있는 결과를 보이고 있다.

또한, 이 두 어선들의 각 선형요소들이 유효마력 추정이 가능한 범위 내에서 저항면으로 볼 때 어느 정도 최적화 되어 있는가를 알아보기 위하여, 주요한 선형요소들인  $L_{CB}$ ,  $C_B$ ,  $L_{WL}/\nabla^{1/3}$ ,  $B_c/T$ 를 각각 변화시켜 가면서 계산하여 본 것이 Fig. 2~Fig. 7에 실려 있다.

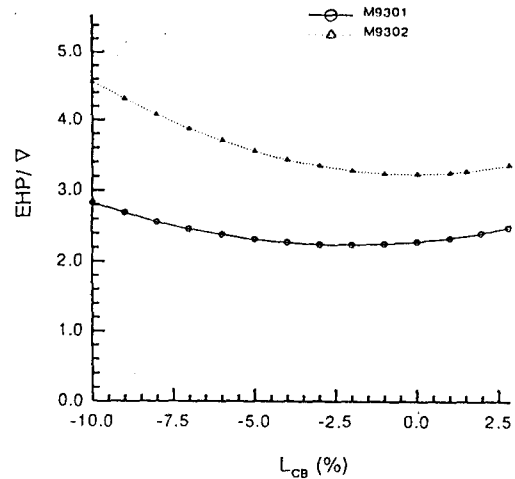
1)  $L_{CB}$ 의 경우(적용범위 : -10.0~2.8%)

$L_{CB}$ 의 경우 적용범위 전체에 걸쳐서 그 값을 변화시켜 가면서 저항을 추정하여 본 결과는 다음과 같다.

M9301어선의 경우, Fig. 2와 같이 저항치가 극소가 되는  $L_{CB}$  위치가 -3.0%에서 -2.0% 사이에 있는 것을 알 수 있으며, 또한,  $L_{CB}$ 의 적용범위 중  $EHP/\nabla$ 의 가장 높은 값과 가장 낮은



**Fig. 1. Curves of Effective Horsepower for M9301 and M9302 Fishing Boats.**



**Fig. 2. Comparisons of Effective Horsepower of M9301 and M9302 Fishing Boats( $L_{CB}$  Variation).**

값의 차이는 0.59로 M9302어선에 비하여는 비교적 완만한 곡선을 이루고 있는 것을 알 수 있다. 그러므로 이 어선의  $L_{CB}$  위치는 1.95%에 있지만,  $L_{CB}$  변화에 대해서  $EHP/\nabla$ 변화가 완만한 곡선을 이루고 있으므로, 그 위치를 변화시킨다 하여도 유효마력에는 그다지 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

M9302어선의 경우는 Fig. 2와 같이 저항치가 극소가 되는  $L_{CB}$  위치가 -1.0%에서 0.0%사이에 있는 것을 알 수 있으며, 그림 중  $EHP/\nabla$ 의 가장 높은 값과 가장 낮은 값의 차이는 1.31로 M9301어선에 비하여 조금 급한 곡선을 이루고 있는 것을 알 수 있다. 그러나, 이 어선의  $L_{CB}$  위치는 저항의 극소치를 나타내는 위치에 가까운 1.493%에 있으므로, 이미 좋은 위치에 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 이 어선은  $L_{CB}$ 의 변화에 대해서  $EHP/\nabla$ 변화가 조금 급한 곡선을 갖고 있으므로, M9301어선에 비하여  $L_{CB}$ 의 위치가 유효마력에 미치는 영향이 클 것이다.

2)  $C_p$ 의 경우(적용범위 : 0.5~0.7)

$C_p$ 의 경우에 적용범위 전체에 대하여 그 값을 변화시켜 가면서 저항을 추정하여 본 결과는 다음과 같다.

M9301어선의 경우 Fig. 3과 같이 저항이 극소가 되는  $C_p$ 의 값은 0.53에서 0.55사이에 있는 것을 알 수 있으며, 저항추정 영역중  $EHP/\nabla$ 의 가장 높은 값과 가장 낮은 값의 차이는 0.72임을 알 수 있다. 그리고, 이 어선의  $C_p$ 의 값은  $EHP/\nabla$ 추정곡선의 극소점 보다 0.09 크며, 또한 이 어선은  $C_p$ 가 0.53보다 큰 적용범위 내에서는 그값이 적을수록 마력이 감소되는 것을 알 수 있다.

M9302어선의 경우 Fig. 3과 같이 저항치가 극소가 되는  $C_p$ 값은 0.60에서 0.62사이에 있는 것을 알 수 있으며, 저항추정 영역중  $EHP/\nabla$ 의 가장 높은 값과 가장 낮은 값의 차이는 0.76임을 알 수 있다. 그리고, 이 어선의  $C_p$ 의 값은  $EHP/\nabla$ 추정곡선의 극소점 보다 0.08 작으며, 또한 이 어선은  $C_p$ 의 적용범위 중 거의 중앙이 저항면에서 최적의 값으로 나타나 있다.

3)  $L_{WL}/\nabla^{1/3}$ 의 경우(적용범위 : 4.3~6.8)

두 요소중 먼저  $\nabla$ 의 변화에 대하여는 원래의 배수용적보다 최대 2m<sup>3</sup>까지 증감시켜가며 계산하여 본 결과, 두 배 모두 Fig. 4와 같이  $L_{WL}/\nabla^{1/3}$ 의 값이 클수록, 즉 배수용적이 감소될수록 유효마력이 떨어짐을 알 수 있으며, M9302은 M9301보다 배

수용적당 유효마력이  $L_{WL}/\nabla^{1/3}$ 에 따라 더 빨리 변화하는 급한 곡선으로 되어 있는 것을 알 수 있다.

$L_{WL}$ 의 변화에 대하여는 본래의 수선면 길이보다 최대 2m까지 증감시켜가며 계산하여 본 결과, 두 배 모두 Fig. 5와 같이  $L_{WL}/\nabla^{1/3}$ 의 값이 클수

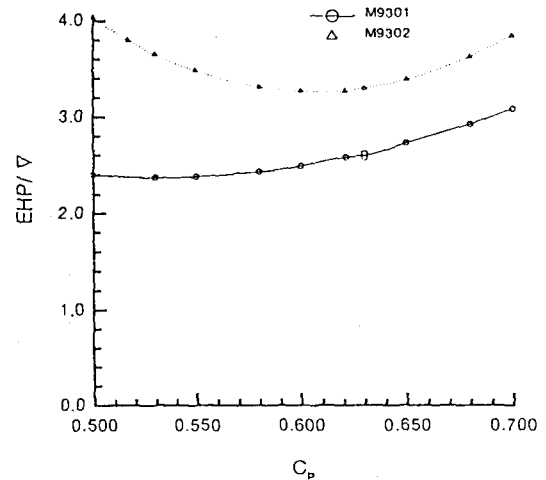


Fig. 3. Comparisons of Effective Horsepower of M9301 and M9302 Fishing Boats( $C_p$  Variation).

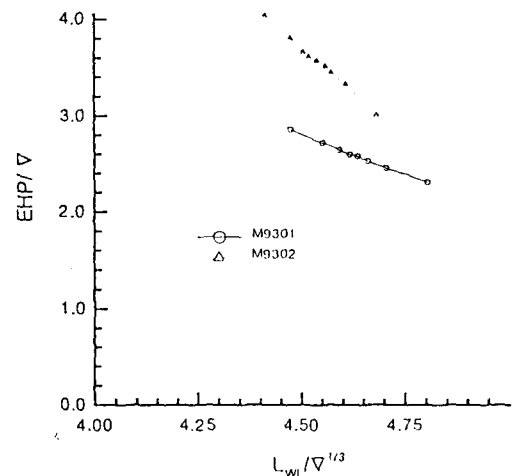


Fig. 4. Comparisons of Effective Horsepower of M9301 and M9302 Fishing Boats( $\nabla$  Variation).

Chine Line이 있는 소형어선의 유효마력 추정법 및 최소저항을 갖는 선형 요소들의 최적화에 관한 연구

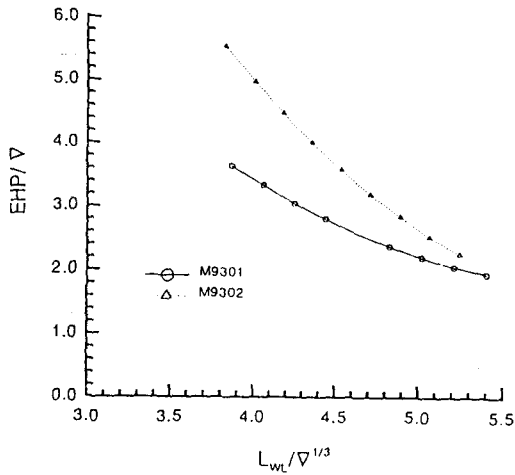


Fig. 5. Comparisons of Effective Horsepower of M9301 and M9302 Fishing Boats ( $L_{WL}$  Variation).

록, 즉 수선면 길이가 증가될수록 유효마력이 떨어짐을 알 수 있으며, M9302는 M9301보다 배수용적당 유효마력이  $L_{WL}/\nabla^{1/3}$ 에 따라 더 빨리 변화하는 급한 경사를 이루는 곡선을 이루고 있는 것을 알 수 있다.

4)  $B_c/T$ 의 경우(적용범위 : 2.0~8.0)

두 요소 중 먼저  $B_c$ 의 변화에 대하여는 원래의 chine line으로 부터 최대 0.6m까지 증감시켜가며 계산하여 본 결과, 두 선형 모두 Fig. 6과 같이  $B_c/T$ 의 값이 작아질수록, 즉 폭이 감소될수록 유효마력이 작아짐을 알 수 있으며, M9302는 M9301보다  $EHP/\nabla$ 값이 높은 곳에서 변화하지만 두 선형 모두 같은 비율로 변화하고 있는 것을 알 수 있다.

$T$ 의 변화에 대하여는 원래의 흘수로부터 최대 0.1m까지 증감시켜가며 계산하여 본 결과, 두 배가 모두 Fig. 7과 같이  $B_c/T$ 의 값이 작을수록, 즉 깊이가 증가될수록 유효마력이 작아짐을 알 수 있으며, M9302는 M9301보다  $EHP/\nabla$ 값이 높은 곳에서 변화하지만 둘 다 비슷한 비율로 변화하고 있는 것을 알 수 있다.

이와같이, 각각의 선형요소들을 변화시켜가며 계산하여 본 결과 M9302가 M9301보다 전체적

으로  $EHP/\nabla$ 값이 높게 나타나는 것을 알 수 있었다. 따라서, 새로이 최적화 된 선형(M9303, Table 1)의 선형요소를 결정하기 위하여 유효마력의 실험값과 추정값에 대한 M9301과 M9302의 선형요소를 비교하여 보았다. 그 결과  $L_{WL}/\nabla^{1/3}$  및  $B_c/T$ 의 선형요소는 서로 큰 차이점이 없는 것을,  $L_{CB}$  및  $C_p$ 의 선형요소는 서로 다소

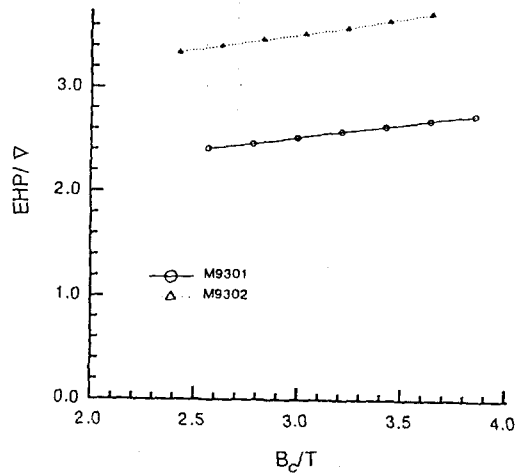


Fig. 6. Comparisons of Effective Horsepower of M9301 and M9302 Fishing Boats ( $B$  Variation).

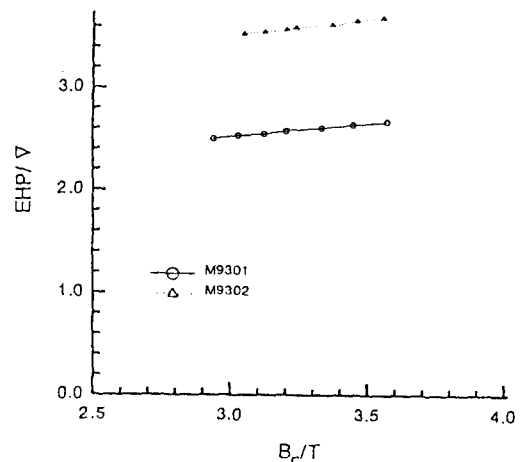


Fig. 7. Comparisons of Effective Horsepower of M9301 and M9302 Fishing Boats ( $T$  Variation).

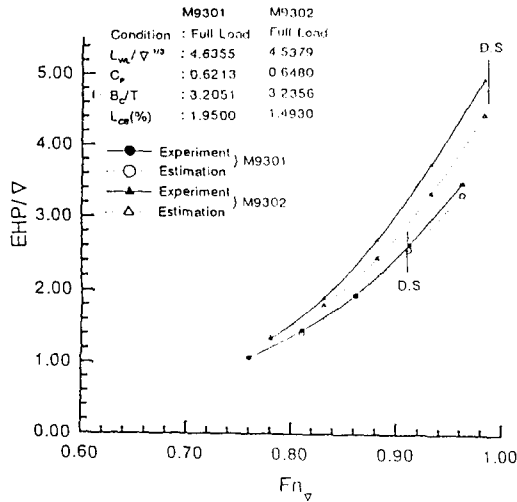


Fig. 8. Curves of Effective Horsepower for M9301, M9302 and M9303 Fishing Boats.

차이가 있는 것을 알 수 있었다. 그러므로, 새로이 최적화된 선형 M9303에서 선형요소  $L_{CB}$ 는 저항의 극소치를 나타내는 위치 가까운 곳에 있는 M9302의  $L_{CB}$ 값을 취하고,  $C_p$ 는 M9301의 값으로 취한 선형 M9303의 유효마력을 추정하여 본 결과, 그 추정값은 Fig. 8에 실려있다.

그림과 같이 이 M9303의 저항 추정값은 M9302의 그것 보다 설계속도에서 16% 정도 낮은 값을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 그리고, 이 그림에는 최적화된 선형과 유사한 M9301을 수조에서 모형실험한 결과를 사용하여 구한 값을 M9303의 실험값을 나타내었으며, 그림에 보인 바와 같이 추정값과 실험값은 잘 일치하는 것으로 나타났다. 또한, 최적화된 선형 M9303과 M9301 및 M9302에 대한 결과가 Fig. 8에 비교되어 있다. 이 그림에서 보아 알 수 있듯이 M9303의 실험값은 추정값보다 6% 높게 나타나고, M9301 실험값 보다 10% 높게 나타나 있는 것을 알 수 있으며 M9302보다는 19% 떨어져서 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

그러므로 작성된 수치계산법은 Chine line type 소형어선의 마력추정 및 저항을 최소로 하는 선형요소들의 최적값을 찾아내어 저항감소를

얻을 수 있음이 입증되었으므로, 본 방법은 chine line이 있는 소형 FRP 어선의 초기 선형 결정에 매우 효과적으로 활용될 수 있음이 확인되었다.

## 결 론

본 연구를 통하여 전산기를 이용한 어선 선형의 유효 마력추정을 위한 최적화 수치계산기법에 관한 한가지 방법을 제시하였으며, 그 활용성을 검토한 후 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 유효마력추정에 있어서 chine line이 있는 선형 M9301 어선의 경우 전속도 범위에서 추정치와 실험치가 잘 일치하는 것으로 나타났으며, M9302 어선의 경우는 전속도 범위에서 추정치와 실험치가 근접하여 나타났다. 그러므로, 작성된 수치계산법은 Chine line type의 소형어선에서 유효마력 추정에 매우 유용하게 쓰일 수 있음이 입증되었다.

2) 선형요소들의 적용범위 내에서 저항을 최소로 하는 선형요소들의 최적값이 존재하므로 선형요소들의 변화에 의한 저항감소가 가능함이 입증되었고, 이러한 기법이 선형 결정에 매우 효과적으로 활용될 수 있다는 것이 확인되었다.

3) 적용속도범위 내의 Chine line이 있는 실존의 소형 어선들 중에서 수치계산기법에 의하여 추정된 값과 실험한 값이 높은 정도로 부합되는 어선 선형을 최적화 대상선형으로 택하고, 여기에서 제안된 최적화 기법을 적용한 결과 설계속도에서 19%의 저항감소를 얻을 수 있음을 확인하였다.

따라서, 본 최적화 기법을 어선설계에 적용할 경우, 직접적으로 저항 성능을 개선할 수 있을 뿐만 아니라, 설계공수 단축, 원가 절감 등에 기여할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 1) Doust D.J. and Sc.M.,(1960) : Trawler Forms with Bulbous bows, BSRA



Chine Line이 있는 소형어선의 유효마력 추정법 및 최소저항을 갖는 선형 요소들의 최적화에 관한 연구

- Technical Memorandum No.118.
- 2) Kristinsson, G.E. and Doust, D.J.,(1968) : Stern Trawler Designs, Marine Technology.
  - 3) Tsuchiya, T.,(1972) : New Statistical Regression Analsis for Fishing Boat Hull Resistance, Jour. of Soc. Nav. Architect of Japan, Vol.132, pp.66 - 80.
  - 4) 土屋 孟(1973) : 漁船性能의 有效馬力에 관한 統計解析과 그의 實用化에 대하여 日本水産廳 漁船研究室 研究報告書 第6號.
  - 5) 日本小型漁船工業會(1976) : FRP製 船舶船型 開發委員會 報告
  - 6) 小林 務, 藤井 嚴(1977) : 小型 FRP船型의 系統的 模型試驗結果에 관하여, 日本造船學會誌, 第579號, pp.390 - 398.
  - 7) Kobayashi, T., Ariji, M. and Suzuki, S., (1978) : The Resistance Test Results of some Small Fishing Boats made of FRP Japan Fishery Agency, Technical Report of Fishing Boat Vol.31.
  - 8) 小林 務, 土屋 孟, et. al.,(1981) : 小型 FRP 船型의 高速域에서 系統的 模型試驗結果에 관하여, 日本造船學會誌, 第630號, pp.598 - 606.
  - 9) 土屋 孟(1981) : 指定의 船型要素를 갖는 漁船 船型에 電算機에 의한 簡易設計法, 日本水産工學研究所報告 第2號, pp.47 - 60.
  - 10) 鈴木 四郎, 小林務(1981) : 高速沿岸漁船의 船尾形態에 관하여, 日本水産工學研 究所報告 第2號, pp.61 - 73.
  - 11) 김훈철, 서상원 외(1982) : 연근해 어선 근대화에 관한 연구, 한국기계연구소 연구보고서 UCN 114 - 19 · D.
  - 12) 김훈철, 서상원 외(1984) : 소형어선 근대화에 관한 연구(Ⅰ), 과학기술처 연구보고서 BSG 042 - 279 · D.
  - 13) 김훈철, 서상원 외(1984) : 소형어선 근대화에 관한 연구(Ⅱ), 과학기술처 연구보고서 BSG 068 - 343 · D.
  - 14) 이영길(1982) : 어선의 유효마력추정법 및 최소저항을 갖는 선형요소들의 최적화에 관한 연구, 한국기계연구소 연구보고서 UCN131H - 270 · D.
  - 15) 이영길(1984) : 전산기에 의한 어선선형의 설계법, 과학기술처 연구보고서 BSG068 - 343(5) · D.
  - 16) 이영길(1984) : 소형어선의 유효마력추정 및 선형의 설계법, 대한조선학회, 제21권 3호.
  - 17) 홍성완 외(1988) : FRP표준어선개발에 관한 연구(G/T 19톤급), 과학기술처 연구보고서.
  - 18) 이귀주 외(1987) : 회류수조에서의 모형시험과 선형개선(G/T 29톤급, G/T 16톤급), 현대선박해양연구소 보고서.
  - 19) 이귀주 외(1988) : 회류수조에서의 모형시험과 선형개선(G/T 370톤급), 현대선박해양연구소 보고서.
  - 20) 이귀주 외(1988) : 회류수조에서의 모형시험과 선형개선(G/T 7.9톤급, G/T 39톤급), 현대선박해양연구소 보고서.
  - 21) 이귀주 외(1989) : 회류수조에서의 모형시험과 선형개선(G/T 6.7톤급, G/T 39톤급), 현대선박해양연구소 보고서.
  - 22) 이귀주 외(1991) : 회류수조에서의 모형시험과 선형개선(G/T 29톤급), 현대선박해양연구소 보고서.
  - 23) 이귀주 외(1992) : 회류수조에서의 모형시험과 선형개선(G/T 7.93톤급, G/T 52톤급), 현대선박해양연구소 보고서.
  - 24) 이현수 외, 표준선형어선형 설계 해설, 한국어선협회 어선 36호(1988. 9), 42호(1990. 3), 43호(1990.6), 44호(1990.9), 45호(1990. 12), 48호(1991.10), 52호(1992.10).
  - 25) 한국어선협회(1992) : 표준어선 개발을 위한 조사연구, 수산청연구보고서.