
 論 文

大韓造船學會誌
 第21卷 第3號 1984年 9月
 Journal of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 21, No. 3, September 1984

小型漁船의 有效馬力推定 및 船型設計法*

李 永 吉**

 A Study on the EHP Estimation and Design Procedure of
 Small Fishing Boat's Hull Form*

by

Young-Gill Lee**

Abstract

The computer programs of effective horsepower estimation of small fishing boat were developed, which was based on the statistical regression analysis of model test results. From the EHP estimation by these programs and experimental model tests of practical fishing boats, the estimation accuracy was verified with maximum deviation of about 10 percent. Also, the EHP estimation method was practically applied to initial design of four small fishing boats, and after the tank tests, the EHP reduction of the order of 15 to 25 percent was confirmed, as compared with existing ships.

Moreover, a computer aided design procedure of fishing boat's hull form has been proposed in this study. The practical use of this procedure was demonstrated with the hull form design results of several fishing boats.

1. 서 언

1960년대에 Doust [1, 2]*는 trawler에 선수벌브를 부착하여 약 10~15%의 저항감소를 가져 왔으며, stern trawler에 관한 연구로 모형선을 제작하여 실험한 바도 있다. 그 후에도 FAO를 중심으로 어선에 관하여 많은 연구가 있었으며, 특히 일본에서는 어선의 고속화 경향에 맞추어 여러가지 연구가 진행되었다.

1970년대에 일본에서는 수산청 어선연구실의 Tsuchiya [3], Kobayashi [4, 5]를 중심으로 어선의 저항추정 및 우수한 저항추정성능을 갖는 선형을 개발하기 위한 노력이 진행되었다. 또한, Tsuchiya [6]는 한결음 더 나아가서 기존어선의 오프셋(offsets) 수정에 의한 선형설계기법을 제시하기도 하였다. 한편, 한국기계연구소에

서도 연근해 소형어선 근대화사업 [7, 8, 9]의 일환으로 소형어선의 마력추정 및 선형설계에 관한 연구 [10, 11]를 1982, 1983년도에 수행한 바 있다.

어선모형의 저항시험결과들에 통계적 회귀해석법(statistical regression analysis)을 이용한 실선의 유효 마력추정기법과 계획선형의 선형요소를 만족하도록 기존어선의 오프셋을 수정하는 선형설계법에 관한 전산프로그램들이 작성되었다. 국내어선들에 대한 모형시험 자료의 미비로 인하여, 이에는 선형면에서 유사성이 많은 일본어선들의 자료와 Tsuchiya, Kobayashi 등의 방법을 참고하였다. 또한, 개발된 전산프로그램들은 실제 어선의 마력추정 및 선형설계에 적용되어 그 응용성을 확인하였다.

* []안의 숫자는 본문끝에 수록된 참고문헌의 번호임.

接受日字: 1984年 5月 25日, 再接受日字: 1984年 7月 13日.

* 本論文은 1984年 4月 21日 蔚山所在 現代重工業(株)에서 開催된 學會 春季研究發表會에서 發表되었음.

** 正會員, 韓國機械研究所 大德船舶分所

2. 유효마력추정법

본 연구에서 작성된 어선의 유효마력추정 및 선형요소들의 최적화 프로그램은 모형선 저항시험자료들과 이에 대한 통계적 회귀해석법을 이용한 것으로 다음과 같이 3가지로 나누어 작성하였다.

(1) G/T 20톤 미만의 chine line이 있는 소형 FRP 어선

- ① 저속역 ($F_{nF}=0.6\sim 1.2$)
- ② 고속역 ($F_{nF}=1.3\sim 2.1$)

(2) Round bottom의 일반어선 ($F_{nF}=0.45\sim 0.80$)

배의 초기설계시에는 일반적으로 배수량과 설계속도가 주어지는 것이 보통이므로 전저항계수를 아래와 같이 정의하였다.

$$R_T = R_T / \left(\frac{1}{2} \rho V^{2.3} V^2 \right) \tag{1}$$

또한, 마력추정식중의 파라메타에도 복원력에 영향을 주는 L/B 대신에 $L/V^{1/3}$ 을 사용하였으며, Froude 수도 길이의 변화에 따른 속도의 변화를 방지하기 위하여 다음과 같이 표현하였다.

$$F_{nF} = V / \sqrt{V^{1/3} \cdot g} \tag{2}$$

2.1. Chine Line이 있는 소형 FRP어선

속도범위에 따라 저속역과 고속역으로 나누었으며, 통계적 회귀해석에 사용된 저항시험자료는 G/T 20톤 미만의 어선으로 일본에서 가장 많이 분포하는 FRP선형중 12척을 공시선으로 선정한 후, 수선길이 1.8m의 모형선들을 만들어 저항시험한 결과를 이용하였다. 이들 모형선들은 각각 5가지 상태에서 시험하였고, $9\frac{1}{2}$ 스테이션에 단면이 사각형인 stud를 부착하였으며, 고속역인 경우에는 7스테이션에서 선수까지 spray strip을 취부하였다.

실험에 의한 저항계수들은 임의의 어선에 대한 유효마력추정을 간편하게 하기 위하여 배수량 22.5톤의 어선에 대한 것으로 다음과 같이 환산하였다.

$${}_{22.5}R_T = {}_M R_T - \frac{S}{V^{2/3}} \{ ({}_M C_{F0} - {}_{22.5} C_{F0}) - C_A \} \tag{3}$$

따라서, 구하고자 하는 어선의 전저항계수는 (4)식과 같이 된다.

$${}_S R_T = {}_{22.5} R_T - \frac{S}{V^{2/3}} ({}_{22.5} C_{F0} - {}_S C_{F0}) \tag{4}$$

여기서, C_{F0} 는 Schoenherr의 마찰저항계수이고 C_A 는 0.0004이다. 그러므로, 유효마력은 (5)식과 같이 주어진다.

$$(EHP)_S = 21.399 \times {}_S R_T V^{7/6} F_{nF}^3 \tag{5}$$

만약 침수표면적을 모를 경우에는 저항시험자료를 위한 실험에 사용된 모형선들로부터 얻어진 (6)식과 같은 경험식에 의하여 이를 구한다.

$$S = L \cdot B_C \cdot (C_B + 0.7) \cdot \left(0.727 + 1.062 \frac{T}{B_C} \right) \tag{6}$$

먼저, 저속역에서의 유효마력을 구하기 위해서는 ${}_{22.5}R_T$ 를 계산하면 될 것이며, 이는 저항에 가장 큰 영향을 미친다고 보는 선형요소들을 이용한 4가지 파라메타 $L/V^{1/3}$, B_C/T , C_P , L_{CB} 를 정규화한 것에 대한 회귀방정식에 의하여 구해질 수 있다. 이때, 회귀계수들은 $F_{nF}=0.6\sim 1.2$ 내의 7개 속도에 대하여 계산되어 있으므로, 그 사이 속도에 대한 것은 이들의 Lagrange Interpolation에 의하여 구해진다.

또한, 한국기계연구소에서는 대부분이 Froude 방법에 의하여 유효마력이 추정되므로, 전저항계수 ${}_{22.5}R_T$ 를 1.8m 모형선의 것인 ${}_M R_T$ 로 환산한 다음, 이를 이용하여 실선의 전저항계수 ${}_S C_T$ 를 계산하였다. 따라서, Froude 방법에 의한 유효마력은 (7)식과 같이 표시된다.

$$(EHP)_F = \frac{1}{2} \rho S S_V^3 C_T / 75 \tag{7}$$

그런데, 위의 두가지 방법에 의하여 각기 유효마력을 추정한 결과, 약 1~2%정도 Froude 방법에 의한 것이 적게 예측된 바, 이는 전체적인 추정정도로 보아 무시할만 하였다.

저속역인 경우에 각 선형요소들의 적용범위는 다음과 같다.

- $4.3 \leq L/V^{1/3} \leq 6.8$
- $2.0 \leq B_C/T \leq 8.0$
- $0.5 \leq C_P \leq 0.7$
- $-10.0 \leq L_{CB} \leq 2.8$

한편, 전저항계수가 선형요소들의 2차식으로 표시되므로, 본 연구에서는 Wilde and Beightler [12]의 Quadratic Differential Method를 이용하여 저항이 최소가 되는 선형요소들의 값을 추정할 수 있게도 하였다.

고속역인 경우의 유효마력추정 및 선형요소들의 최적화도 저속역에서와 동일한 방법에 의하여 수행되며, 다만 아래와 같이 4개의 파라메타가 다르며 그 적용범위가 조금 틀릴 뿐이다. 고속역에서의 회귀계수들은 $F_{nF}=1.3\sim 2.1$ 내의 9개 속도에 대하여 계산되어 있다.

- $4.0 \leq L/V^{1/3} \leq 7.0$
- $0.9 \leq B_C/V^{1/3} \leq 1.6$
- $0.38 \leq C_B \leq 0.62$
- $-10.0 \leq L_{CB} \leq 3.5$

이상에서 서술한 방법은 실제 어선의 마력추정 및 선형설계에 적용되어졌다. 먼저, 유효마력추정을 위한 대

Table 1 Principal Characteristics of G/T 3.5 ton, 5 ton and 7 ton Class KIMM's FRP Fishing Bost

Description	G/T 3.5 ton for South Coast		G/T 5 ton for South Coast		G/T 5 ton for East Coast		G/T 7 ton for West Coast	
	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival
$L(m)$	9.286	9.386	11.694	11.770	10.97	11.00	12.06	12.07
$F(m^3)$	6.267	7.574	8.259	9.636	6.992	8.101	9.578	10.399
$B_C(m)$	2.12	2.12	2.32	2.32	2.44	2.44	2.66	2.66
$d(m)$	0.495	0.608	0.505	0.594	0.490	0.570	0.625	0.665
C_B	0.620	0.603	0.583	0.574	0.504	0.520	0.481	0.479
C_P	0.668	0.645	0.683	0.663	0.631	0.631	0.570	0.563
C_M	0.928	0.935	0.854	0.866	0.799	0.823	0.820	0.829
$L_{CB}(\%)$	-4.92	-6.41	-9.00	-4.44	-1.62	2.24	-1.35	-0.47
Design Speed(Knots)	7.7	7.25	8.7	8.0	8.1	7.7	8.9	8.7

상선형으로는 한국기계연구소에서 실선실험을 수행한 바 있는 G/T 0.93톤 유자망어선(목선)과 G/T 1.2톤 해태채취선(FRT선) [7]으로, 이에 대한 유효마력곡선은 Fig. 1과 같다. 목선인 유자망어선의 경우에는 저속에서 조금 오차가 있지만 그런대로 추정값과 실험치가 좋은 일치를 보이고 있다. 또한 본 방법은 G/T 3.5톤급 및 5톤급 남해 FRP어선과 동해 5톤, 서해 7톤급 어선 [8,9]의 초기설계에도 이용되었으며, 이들 어선들의

주요선형요소들은 Table 1과 같다. Figure 2와 Fig. 3에서도 유효마력의 추정값과 실험치가 매우 좋은 일치를 보이며, G/T 5톤급 남해 어선에 대하여는 항구 출발상태에서 C_P 와 L_{CB} 를 최적화해 본 것이 Fig. 2에 같이 실려 있다. 그림에서 보듯이 최적화한 것이 설계속도에서 약 3% 저항감소를 보이나 이는 그리 크지 않은 값으로 선형설계시 기관배치 및 기타 문제로 부득이한 결과였으며, 다른 선형들은 L_{CB} 가 거의 최적상태에 있다고 볼 수 있다. 또한, Fig. 4에서 보듯이 이번에 설계한 선형들이 국내 기존어선들에 비하여 추정치로 약 15~25% 저항감소를 가져온 것을 볼 수 있다.

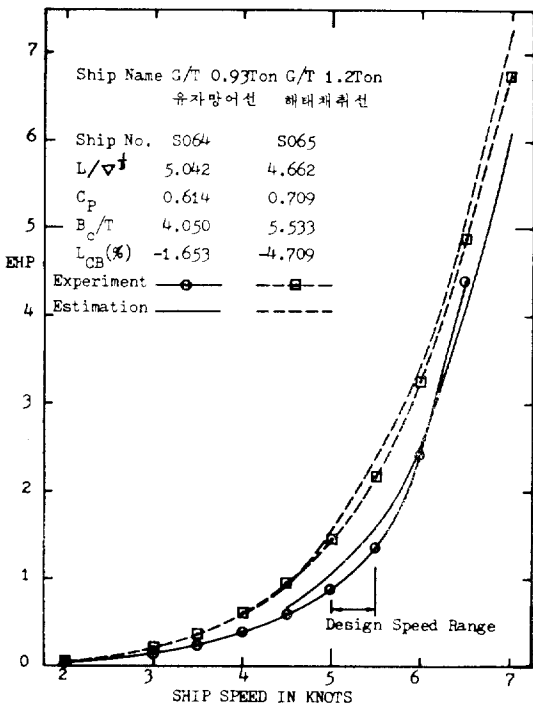


Fig. 1 Curves of Effective Horsepower for G/T 0.93 ton and 1.2 ton Fishing Boat

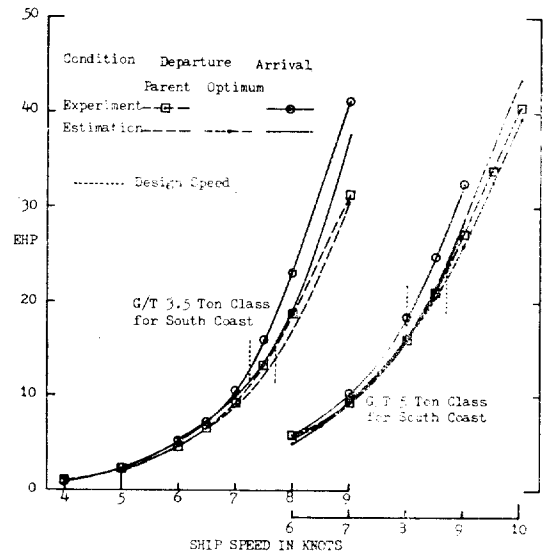


Fig. 2 Curves of Effective Horsepower for G/T 3.5 ton and 5 ton Class KIMM's FRP Fishing Boat

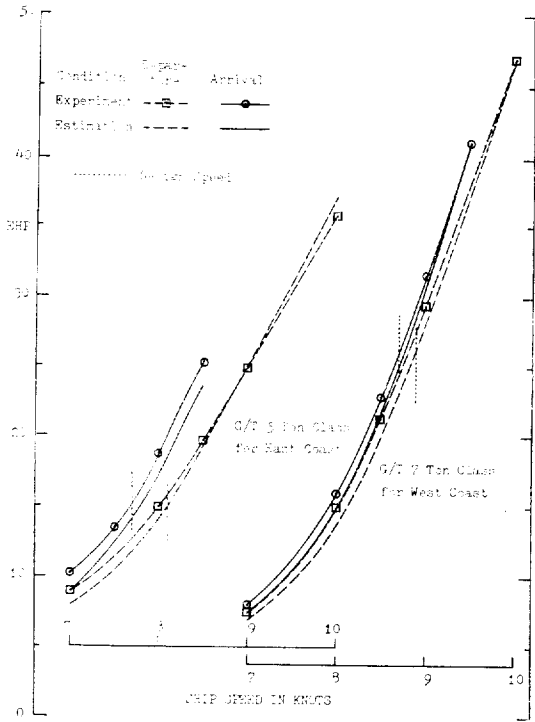


Fig. 3 Curves of Effective Horsepower for G/T 5 ton and 7 ton Class KIMM's FRP Fishing Boat

위의 4척의 어선들은 실선으로 건조되었으며, 시운전시 속력과 기관마력추정결과가 모형선에 대한 결과와 잘 일치하고 있음이 확인되었다.

2.2. Round Bottom형의 어선

통계적 회귀해석에 사용된 저항시험자료는 세계적으로 보편화되어 있는 둥근바닥형 모형선의 시험결과들이었다. 따라서 유효마력추정식 C_A 는 특정한 값을 줄 수 없어 0으로 하였다.

이러한 자료를 이용하여 11개 선형파라메타들의 정규화한 것에 대한 회귀방정식을 2.1에서와 같이 유효마력추정을 간편하게 하기 위하여 배수량 300톤의 어선에 대한 것으로 (8)식과 같이 만들었다.

$$\begin{aligned}
 300R_T = & a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots \\
 & + a_{12}x_1^2 + a_{13}x_1^3 + a_{14}x_1^4 + \dots \\
 & + a_{30}x_5x_1 + a_{31}x_5x_2 + \dots \\
 & + a_{71}x_{11}x_{13} + a_{72}x_{11}x_4 \quad (8)
 \end{aligned}$$

여기서, 각 파라메타들의 적용범위는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 4.2 \leq L/\Delta^{1/3} \leq 5.5 & \quad 17.0 \leq \frac{1}{2}\alpha_E \leq 30.0 \\
 1.8 \leq B/T \leq 5.5 & \quad 20.0 \leq \frac{1}{2}\alpha_R \leq 90.0 \\
 0.45 \leq C_M \leq 0.95 & \quad 16.0 \leq \alpha_{BS} \leq 35.0 \\
 0.55 \leq C_P \leq 0.71 & \quad -0.005 \leq t/L \leq 0.05 \\
 -5.0 \leq L_{CB} \leq 1.5 & \quad 0.0 \leq A_{BK}/A_{MAX} \leq 0.04
 \end{aligned}$$

x_{10} : box keel이 없을 때 0, box keel이 있을 때 1. 적용할 수 있는 속도의 범위는 $F_{nr}=0.45\sim 0.80$ 으로, 이 범위내의 8점에 대하여 회귀계수들이 계산되어 있으므로, 그 사이 속도에 대한 것들은 spline cubic interpolation에 의하여 구해진다. (8)식에 의하여 구해진 $300R_T$ 로부터 ITTC 1957년 모형선—실선 상관곡선을 사용하면 실선의 전저항계수 sR_T 가 구해지며, (9)식에 의하여 유효마력이 계산된다.

$$EHP = 20.791sR_T\Delta^{1/6}F_{nr}^3 \quad (9)$$

실선의 침수표면적을 모를 경우에는 다음과 같은 근사식을 사용한다[3].

$$S = k_S \cdot k_A \cdot k_B \cdot \sqrt{V} \cdot L \quad (10)$$

여기서, $k_S=2.65$, $k_A=0.53 \cdot C_M + 0.52$, $k_B=1.05$ 이다.

저항이 최소가 되는 선형요소들의 값을 추정하는 방법으로는 H.H. Rosenbrock[12]에 의하여 제안된 "Automatic" Method에 기초한, 제한조건내에서 수렴조건을 만족할 때까지 반복계산하거나, 또는 독립변수값이 처음에 주어진 lower나 upper boundary zone내에 들어갈 때까지 반복계산하는 방법을 택하였다.

이상에서와 같은 방법을 실제 선박에 적용하여, 그 활용성을 검토하였다. 저항시험된 둥근바닥의 어선형

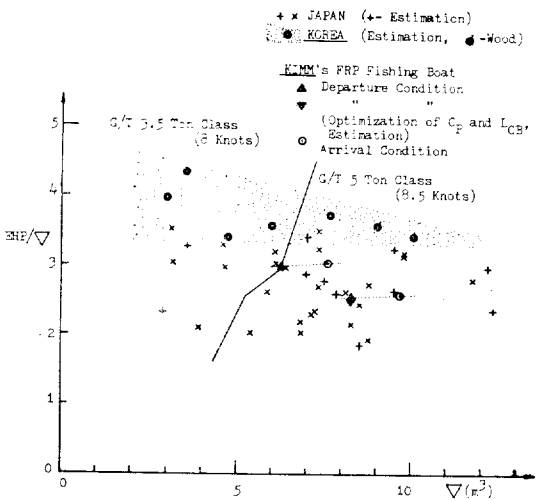


Fig. 4 Comparison of EHP/V for G/T 3.5 ton and 5 ton Class Fishing Boats

Table 2 Principal Characteristics of G/T 150 ton Class Fisheries Training Ship

$F(m^3)$	290.881
$L(m)$	33.15
$B(m)$	7.0
$d(m)$	2.2
C_P	0.602
C_M	0.870
$LCB(\%)$	2.529 (out of range)
$\frac{1}{2}\alpha_E(\text{deg.})$	25.4
$\frac{1}{2}\alpha_R(\text{deg.})$	38.5
$\alpha_{BS}(\text{deg.})$	17.35
t	0.779
Design Speed(Knots)	11.5

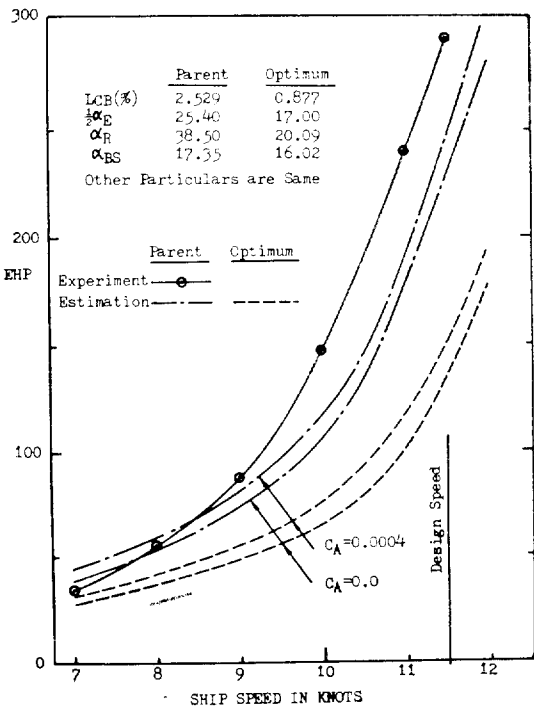


Fig. 5 Curves of Effective Horsepower for G/T 150 ton Fisheries Training Ship

선박이 그리 많지 않아 한국선박연구소에서 1979년도 모형실험한 바 있는 G/T 150톤급 둔교부 고승선에 대하여 마력추정 및 선형요소의 최적화를 시도하여 실험치와 비교하였다. Table 2에 주요선형요소들을 보이며, Fig. 5에서 유효마력곡선들을 비교하고 있다. 마력추정값은 실험치의 C_A 를 같이 하여도 조금 많은 차

이를 보이며, 이는 LCB 가 적용한계를 넘기 때문이라고도 생각된다. 또한, LCB , $\frac{1}{2}\alpha_E$, $\frac{1}{2}\alpha_R$, α_{BS} 에 대하여 최적화를 시도해 보았으며, 그 결과는 그림에서 보듯이 설계속도인 11.5knots에서 유효마력이 실험값에 비하여 약 50% 정도나 감소를 나타내었다.

3. 선형설계법

선형의 초기설계시에는 일반적으로 앞에서 언급한 바와 같이, 또는 각종 성능을 고려하여 주요한 선형요소들을 결정된 후, 이들에 맞는 선도를 작성하는 것이 문제가 될 것이다. 따라서, 본 연구에서는 전산기를 사용한 어선선형 설계작업에 관한 연구도 수행하였으며, 그 개략적인 흐름도는 Fig. 6과 같다.

본 어선선형설계법은 크게 4단계로 구분할 수 있고, 각 단계별로 약간의 설명을 붙이면 아래와 같다.

제 1 단계 ; 설계하고자 하는 어선의 특성을 고려하여 주요선형요소들을 설계자가 직접 결정한다.

제 2 단계 ; 성능이 매우 우수하고 설계자가 의도하는

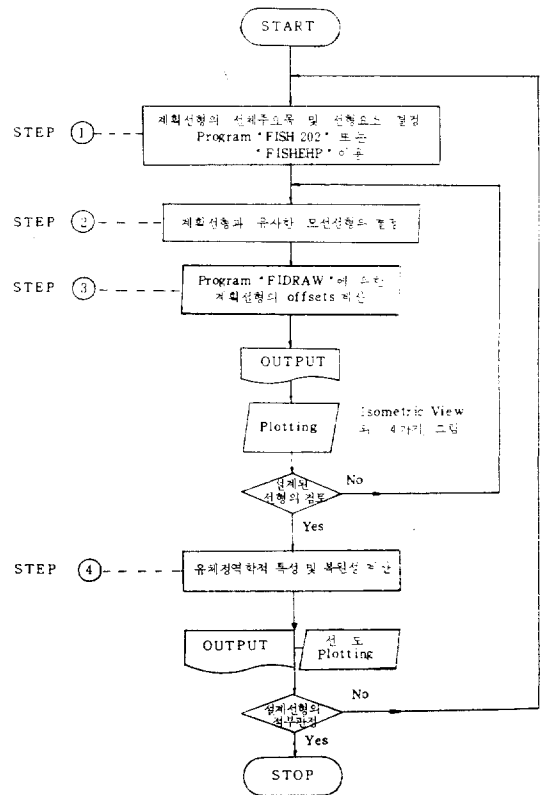


Fig. 6 Design Procedure of Fishing Boat Hull Form

Table 3 Principal Dimensions and Hull Form Parameters

분 류	기 호	단 위	명 칭	비 고
선 체 주 요 목	V_H	m^3	배수용적	box keel부분 제외
	L	m	수선면 길이	
	B	m	형 폭	
	T	m	형 흘 수	
주 요 선 형 요 소	C_P	—	주형비척계수	$=V_H/(A_{MAX} \times L)$
	C_M	—	중양횡단면적 계수	$=A_{MAX}/(B \times T)$
	L_{CB}	%	부 실	$=100x/L$
	$\frac{1}{2}\alpha_E$	degree	반수선입사각	
	α_{BS}	degree	최대 B/4 버티크 경사각	
	t	m	normal trim	
	H_{PA}	m	propeller aperture	

선형과 매우 유사한 기존 어선선형을 모선으로 선정한다.

제 3 단계 ; 주요선형요소에 맞게 전산기에 의하여 모선의 음셀을 변화시켜 계획선형을 설계하고, 개략적인 body plan 등 몇가지 그림을 그려 선형을 검토한다. 만약, 의도한 선형과 많은 차이가 있으면 2단계부터 다시 시작해 본다.

제 4 단계 ; 설계된 선형이 만족스러우면 수작업에 의하여 fairing한 후, 전산기에 의하여 유체정역학적 특성 및 정복원력을 계산해 보고, 선도도 그려본다. 그 결과와 만일 부적당한 것 같으면 1단계의 주요선형요소 결정부터 다시 시작한다.

선형설계시 고려되어지는 선형요소들은 Table 3과 같으며, 이때 배의 좌표계는 원점을 bottom line상의 배의 중앙으로 하며, 배의 길이방향이 x축으로 선미쪽이 양이고, 폭방향이 y축이며, 깊이 방향이 z축이다.

3.1. 모선선형의 선정법

선체 주요 요목(L, B, T)에는 크게 구애됨이 없이 설계를 희망하는 선형요소들과 큰 차이가 없는 선형으로, 설계자가 의도하는 어선의 성능상 우수한 선형을 택하면 된다. 그러나, 선형요소들 중 C_P , C_M , C_{CB} 는 매우 근사한 선형을 택하는 것이 바람직하다.

모선으로 선정된 선형은 음셀과 선도 및 설계흘수, 트림, 설계흘수선에서의 C_P , C_M , L_{CB} 등의 자료가 구비되어 있어야 한다. 또한, bulwark top line까지 설계되므로 여기까지의 모선의 음셀이 필요하며, 이는 어선의 작업성과 직접 관련이 되므로 신중히 검토하여야 할 것이다.

3.2. 음셀의 수정

3.2.1. 트림 및 Propeller Aperture의 수정

여러가지 다른 선형요소들을 수정하기에 앞서 normal trim 및 propeller aperture를 먼저 수정하는 것이 나중에 수정하는 것 보다 비교적 수작업에 의한 수정을 덜 할 수 있는 선형을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 설계과정도 매우 간단해진다.

(1) Normal Trim의 수정

모선의 설계흘수선을 설계트림에 맞게 변형시키는 대신에 keel line의 경사, 즉 normal trim을 수정해 주므로써 수선면 부근에서의 선형을 크게 변경시키지 않으면서 설계흘수선의 수정과 같은 효과를 얻을 수 있다. 이때, 수정된 선형의 z좌표들은 (11)식과 같이 표시될 수 있다.

$$z_{ij}' = d_{i0}' - (d_{i0}' - z_{ij}) \begin{cases} \times \frac{d_i'}{d_{i0}' + \eta} & (d_{i0}' \geq z_{ij} \text{인 경우}) \\ \div \frac{d_i'}{d_{i0}' + \eta} & (d_{i0}' < z_{ij} \text{인 경우}) \end{cases} \quad (11)$$

여기서,

$$\begin{aligned} \eta &= t_0 k_h / 10 \\ d_{i0}' &= d_0 + t_1 k_i / 10 \\ d_i' &= \frac{t + t_1}{2} \cdot \frac{d_0}{d} \cdot \frac{k_i}{5} + d_0 \end{aligned}$$

(2) Propeller Aperture의 수정

프로펠러의 크기가 결정되면 이에 따라 propeller aperture의 높이를 설정하고, 그 주위의 선형을 여기에 맞게 수정하여야 할 것이다. 수정범위는 선미끝으로부터 propeller aperture 부분을 중심으로 하여 선수방향으로 같은 거리까지의 선저부분으로 한다. 이때, z좌표들의 변화를 길이방향으로는 cosine 함수로 깊이 방

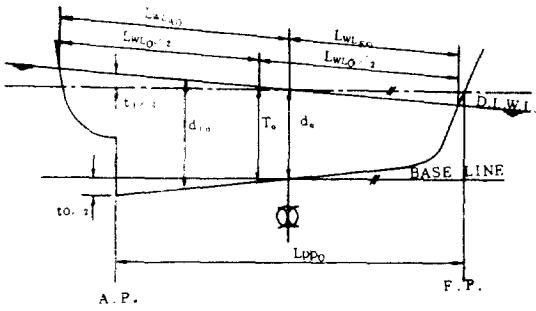


Fig. 7 Principal Dimensions of Mother Ship Form

향으로는 2차 다항식으로 표시한다.

3.2.2. 선체주요요목의 수정

전절에서와 같이 음셀이 수정되면, 이번에는 설계를 희망하는 선형의 주요요목인 L_{PP} , B , d 의 수정에 따른 음셀의 변화를 주어야 한다. 이것은 매우 당연하고 간단한 방법으로써, 모선선형의 주요요목들을 그림으로 설명하면 Fig. 7과 같다.

3.2.3. 횡단면적곡선의 수정

3.2.2. 까지 수정된 준상사모선선형으로부터 설계를 희망하는 계획선형으로 계속 수정하기 위한 첫번째 단계는 횡단면적곡선의 수정이며, 이는 곧 C_p , C_M , L_{CB} 의 수정과도 같은 것이다. 따라서, 본 연구에서는 C_p , C_M , L_{CB} 의 수정에 따른 각 스테이션에서의 단면적 수정량을 구하였다.

횡단면적곡선의 변화분을 한개의 cosine곡선(α)과 두개의 sine곡선(β_i, γ_i)의 합으로 표시하면 (12)식과 같다.

$$A_i = \alpha_i + \beta_i + \gamma_i$$

$$= a_1 \left[1 + \cos \left\{ \pi \times \left(\frac{|k_i|}{5} - \right)^{0.68} \right\} \right]$$

$$+ \left(-\frac{|k_i|}{k_i} \cdot a_2 + a_3 \right)$$

$$\times \left[1 - \sin \left\{ \frac{\pi}{2} \times \left(\frac{4k_i}{5} - 3 \right) \right\} \right]; k_i \neq 0 \quad (12)$$

($k_i=0$ 일 때는 $A_i=\alpha_i$)

여기서,

$$a_1 = \frac{BT}{2} (C_M - C_{M0})$$

$$a_2 = \frac{BT}{25} (L_{CB} C_p C_M - L_{CB0} C_{p0} C_{M0})$$

$$a_3 = BT (C_p C_M - C_{p0} C_{M0}) - 0.91 a_1$$

3.2.4. 횡단면형상의 수정

앞에서 수정된 횡단면곡선에 따라 각각의 스테이션에서 설계흘수선 이하의 횡단면적 수정분에 맞게 횡단면형상들을 수정해야 할 것이다. 본 연구에서는 모선

선형의 여러가지 성능유지 및 저항성능향상을 위하여 선체를 전반부와 후반부로 나누어 각각 다른 방법으로 횡단면형상을 수정하도록 하였다. 즉, 전반부는 저항성능향상을 위하여 설계흘수선에서의 폭을 변화시켰으며, 후반부는 복원성 유지를 위하여 폭을 변화시키지 않았다. 선체 전후반부의 구분은 6스테이션을 경계로 선미부 끝에서부터 6스테이션까지를 선체후반부로 하고, 그 나머지를 선체전반부로 하였다. 또한, chine line이 있는지 없는지에 따라 선형특성상 별개로 나누어 수정작업을 수행하도록 하였다. 여기서는 그 예로 선체전반부의 수정법에 대하여 일부를 다음에 설명한다.

먼저, chine line이 설계흘수선 아래에 있는 경우, Fig. 8에서 chine line 윗부분의 수정면적 A_{is} 는 (13)식과 같다.

$$A_{is} = 2A_i(z_{iw0} - z_{ic0}) / (2z_{iw0} - z_{ic0} - z_{iN}) \quad (13)$$

따라서, $z_{iN} \leq z_{ij0} < z_{ic0}$ 인 경우, y좌표의 수정결과는

$$y_{ij} = y_{ij0} + (A_i - A_{is}) \cdot \frac{(z_{ij0} - z_{iN})}{(z_{ic0} - z_{iN})^2} \quad (14)$$

이고, $z_{ic0} \leq z_{ij0} \leq z_{iw0}$ 인 경우는

$$y_{ij} \cong y_{ij0} + \frac{A_{is}}{2(z_{iw0} - z_{ic0})} \quad (15)$$

로 표시된다.

Round bottom인 경우도 Fig. 8에서 y좌표의 변화를 (16)식과 같이 표시할 수 있다.

$$y_{ij} = y_{ij0} + A_i \cdot \frac{(z_{ij0} - z_{i0})}{(z_{iw0} - z_{i0})^2} \quad (16)$$

설계흘수선으로부터 bulwark top까지의 음셀수정은 설계흘수선에서의 폭의 변화량(Δy_{iw})을 기준으로 깊이 방향으로 cosine함수에 따라 y좌표에 변화를 주도록 (17)식과 같은 방법을 사용하였다.

$$y_{ij0} = y_{ij0} + y_{iw} \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} \cdot \left(\frac{z_{ij0} - z_{iw0}}{z_{iw0} - z_{i0}} \right) \right) \quad (17)$$

3.2.5. 수선입사각의 수정

수선입사각도 조파저항에 큰 영향을 미치는 중요한 요소가 되므로, 이것도 선형설계시에 포함시켰다.

먼저, 수선입사각의 변화에 따른 각 스테이션에서 설계흘수선 폭의 변화를 x좌표의 5차 다항식으로 구하였으며, 이에 따라 횡단면적을 변화시키지 않으면서 설계흘수선 이하의 횡단면형상을 chine line이 있는 경우와 없는 경우로 구분하여 수정하는 방법을 택하였다. 이때, 반수선입사각의 정의는 설계흘수선상의 9스테이션과 $9\frac{1}{2}$ 스테이션을 잇는 직선과 선체중심선과의 이루는 각으로 하였으며, 횡단면형상의 수정범위는 선체중앙에서부터 선수까지로 하였다.

예를 들어, round bottom 선형의 경우 y좌표의 수정

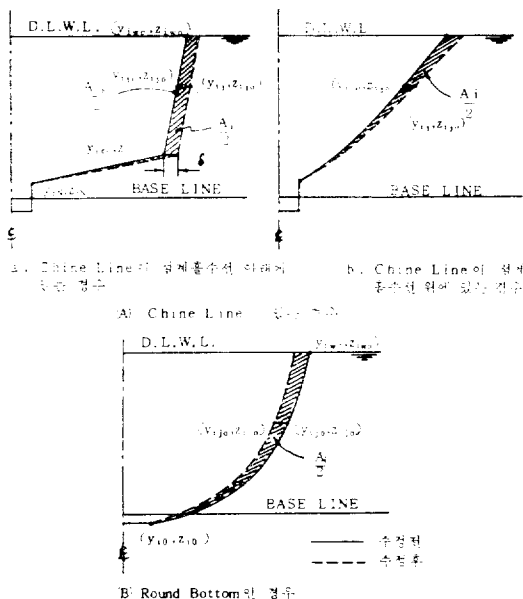


Fig. 8 Modification of Fore-body Sections

량을 $\overline{\Delta y_{iic}}$ 와 α 좌표의 변화에 대한 sine 및 square root의 함수로 표시하면 (18)식과 같이 된다.

$$y_{ij} = y_{i0} + \overline{\Delta y_{iic}} \cdot \left\{ 8.175 \sin\left(0.397\pi \cdot \frac{z_{ij} - z_{i0}}{z_{iw} - z_{i0}}\right) - 6.75 \sqrt{\frac{z_{ij} - z_{i0}}{z_{iw} - z_{i0}}}\right\} \quad (18)$$

설계출수선 윗부분의 수정작업은 (17)식을 이용한다.

3.2.6. 선체후반부 버터크경사의 수정

버터크(buttock)경사각이란 각 버터크라인이 설계출수선과 이루는 각도를 뜻하며, 이번 연구에서는 최대 $\frac{B}{4}$ 버터크경사각을 그 대표값으로 취하였다. 최대 $\frac{B}{4}$ 버터크경사각이란 $\frac{B}{4}$ 버터크라인의 선미부에서의 최대경사점선과 설계출수선과의 이루는 각도 α_{BS} 를 의미한다. 이것 역시 좌파, 형상저항 및 트림, 또는 침하량면에서 미치는 영향이 크므로 선형설계시 고려할 필요가 있다.

버터크경사의 변화에 따른 선체후반부 선형의 수정도 수선입사각의 수정과 마찬가지로 먼저 $\frac{B}{4}$ 버터크라인의 각 스테이션에 따른 수정값을 구하고, 이에 따라 횡단면형상을 변화시키는 방법을 취하였다. 이렇게 하므로써 L_{CB} 의 위치가 다소 변화하겠지만, 배수용적의 변화는 거의 없을 것이므로 크게 달라지지는 않을 것이다.

본 연구에서는 각 스테이션에서 $\frac{B}{4}$ 버터크라인의 수정량 $\overline{\Delta z_{iB}}$ 를 (19)식을 이용하여 구하였다.

$$\overline{\Delta z_{iB}} = -\{\tan(\Delta\alpha_{BS})\} \cdot \frac{L_{PP}}{10} \cdot \Delta k_B \cdot \left(\left| \frac{\Delta k_B}{2} \right| - 1 \right)^M \quad (19)$$

여기서,

$$\Delta k_B = k_B - k_{iB} \text{ (단, } -2 \leq \Delta k_B \leq 2)$$

k_{B0} ; 최대 $\frac{B}{4}$ 버터크경사 위치의 station number

k_{iB} ; $\overline{\Delta z_{iB}}$ 를 구하고자 하는 위치의 station number

$M=6$; chine line이 있는 선형

$M=4$; round bottom 선형

3.3. 선형설계의 예

3.2절에서 설명한 내용에 따라 작성된 전산프로그램들을 실제 선형설계에 응용하여 보았다.

Chine line이 있는 선형으로는 한국기계연구소에서 설계 및 모형시험을 수행한 서해 7톤급 어선[9]을 계획선형으로 택하였으며, 이의 모선선형으로는 유사선형인 동해 5톤급 어선[9]을 선정하였다. 계획선형의 주요선형요소들은 Table 4에서와 같으며, 이때 2.1절에서의 값들과 조금 틀린 것은 선형설계의 편의를 위하여 약간씩 수정하였기 때문이다.

Round bottom형의 선형으로는 G/T 150톤급 문교부 교습선을 계획선형으로 택하였으며, 이의 모선선형으로는 유사선형인 G/T 300톤급 문교부 교습선을 선정하였다. 계획선형의 주요선형요소들은 Table 4에서와 같다.

Figure 9, 10은 옵션의 수정이 모두 끝났을 경우, 유체정역학적 특성 및 정복원력을 계산하면서, 그려지는 선도의 예이다.

위의 시험적인 선형설계결과로 볼 때, 본 연구에서

Table 4 Principal Dimensions and Hull Form Parameters of Designed Ships

분 류	기 호	서해 7톤급 FRP어선	G/T 150톤급 교습선
선 체 주 요 목	Δ	9.578m ³	290.881m ³
	L	12.06m	33.15m
	B	2.80m	7.00m
	d	0.625m	2.2m
주 요 선 형 요 소	C_P	0.570	0.602
	C_M	0.820	0.930
	L_{CB}	-1.411%	3.300%
	$\frac{1}{2}\alpha_E$	20.0°	35.0°
	α_{BS}	7.5°	17.4°
	t	0.60m	0.70m
	H_{PA}	0.836m	2.150m

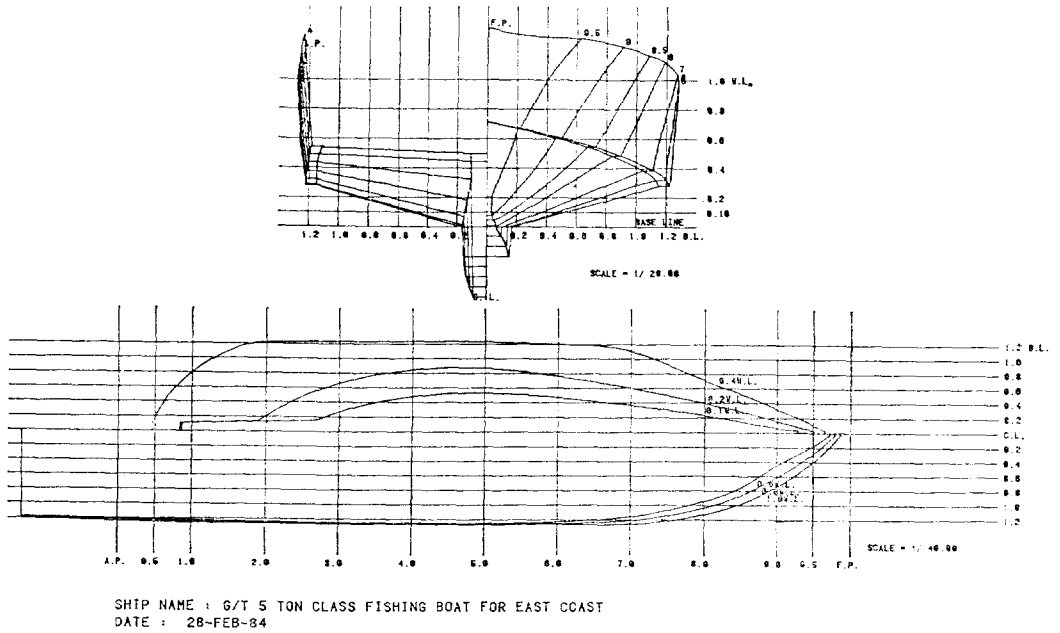


Fig. 9 Lines of Designed Hull Form with Chine Line

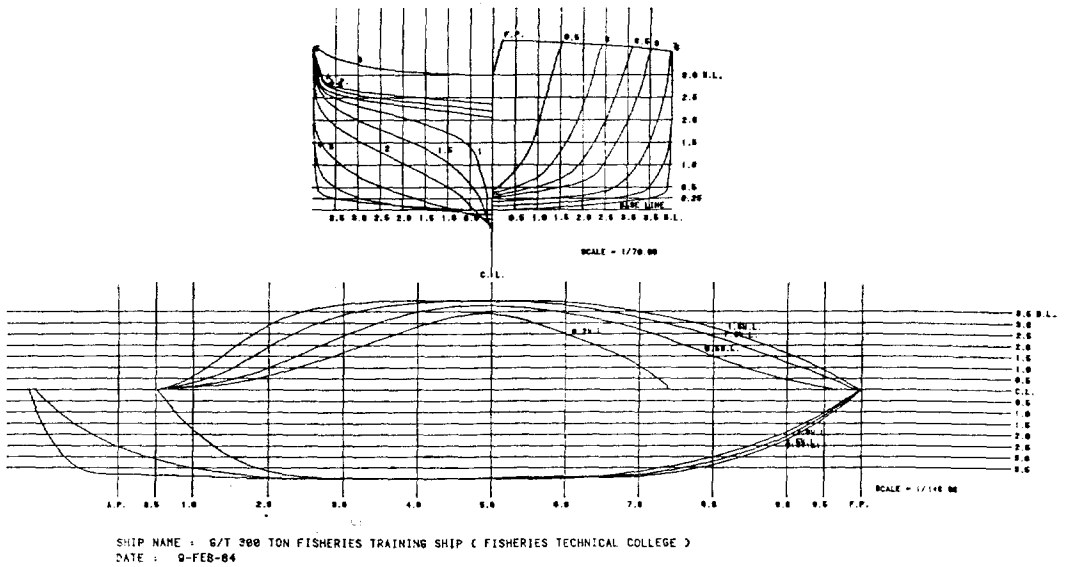


Fig. 10 Lines of Designed Hull Form without Chine Line

작성된 전산프로그램들은 chine line이 있는 선형뿐만 아니라, round bottom형의 선형에 대해서도 기본선형 설계시 충분히 활용될 수 있을 것으로 본다.

4. 결 언

본 연구를 통하여 전산기를 이용한 어선선형의 유효 마력추정 및 간단한 설계기법에 관하여 한가지 방법을

제시하였으며, 그 활용성을 검토한 후 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 유효마력추정에 있어서는 chine line이 있는 선형의 경우 전속도범위에서 실험치와의 오차가 10% 이내로 좋은 일치를 보였으며, round bottom 선형에 대해서도 선형요소들의 최적화로 저항감소가 가능함을 보였다.

2) G/T 3.5톤급 및 5톤급 FRP어선선형의 기본설계시에, 본 논문에서 개발된 전산프로그램들을 응용하였으며, 유효마력 추정치로 보아 국내 기존어선들과 비교하여 약 15~25% 정도의 저항감소를 가져왔다.

3) 선형설계프로그램도 실제 어선선형설계에 이용이 가능함을 알았다. 따라서, 선형설계시 시간단축, 소비인력의 절감, 우수한 성능의 어선선형 개발, 각 선형요소들을 보다 잘 만족시키는 선도의 설계등에 활용이 가능할 것으로 본다.

후 기

본 연구는 한국기계연구소 대덕선박분소에서 1982, 1983년도 과학기술처 특정과제인 “소형어선 근대화에 관한 연구”의 일부로 수행되었습니다. 본보가 나오기까지 여러가지로 보살피 주신 연구소 여러분들께 감사드리며, 특히 많은 자료와 조언을 통하여 도움을 주신 김훈철 분소장님께 깊이 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Doust, D.J. and Sc. M., “Trawler Forms with Bulbous bows”, BSRA Technical Memorandum No. 118, January 1960.
- [2] Kristinsson, G.E. and Doust, D.J., “Stern Tra-

- wler Designs”, Marine Technology, April 1968.
- [3] Tsuchiya, T., “New Statistical Regression Analysis for Fishing Boat Hull Resistance”, Jour. of Soc. Nav. Architects of Japan, Vol. 132, 1972, pp.63-80.
- [4] 小林 務, 藤井 巖, “小型 FRP船型の 系統的 模型試驗結果에 관하여”, 日本造船學會誌 第579號, 1977, pp.390-398.
- [5] 小林 務, 土屋 孟, et. al., “小型 FRP船型の 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, 1981, pp.598-606.
- [6] 土屋 孟, “指定의 船型要素를 갖는 漁船船型の 電算機에 의한 簡易設計法”, 日本水産工學研究所報告 第2號, 1981, pp.47-60.
- [7] 金燾喆, 徐尙元 外, “沿近海 漁船 近代化에 關한 研究”, 韓國機械研究所 研究報告書 UCN 114-194·D, 1982.
- [8] 金燾喆, 徐尙元 外, “小型漁船 近代化에 關한 研究(Ⅰ)”, 科學技術處 研究報告書 BSG 042-279·D, 1983.
- [9] 金燾喆, 徐尙元 外, “小型漁船 近代化에 關한 研究(Ⅱ)”, 科學技術處 研究報告書 BSG 068-343·D, 1984.
- [10] 李永吉, “漁船의 有效馬力推定法 및 最小抵抗을 갖는 船型要素들의 最適化에 關한 研究”, 韓國機械研究所研究報告書 UCN131H-270·D, 1982.
- [11] 李永吉, “電算機에 의한 漁船船型の 設計法”, 科學技術處 研究報告書 BSG 068-343(5)·D, 1984.
- [12] Kuester, J.L. and Mize, J.H., “Optimization Techniques with Fortran”, McGraw-Hill Book Company, 1973.