

국내 연안어선의 저항최소화 선형설계에 관한 연구

강대선*, 유진원*, 이영길†**

인하대학교 대학원 선박공학과*, 인하대학교 기계공학부 선박해양공학전공**

A Study on the Hull Form Design with Minimum Resistance for Domestic Coastal Fishing Boats

Dae-Sun Kang*, Jin-Won Yu* and Young-Gill Lee†**

Dept. of Naval Architecture, Graduate School of Inha Univ.*
Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Inha Univ.**

Abstract

In this study the hull form design with minimum resistance of domestic coastal fishing boat using a computer design procedure is carried out. The target boat is G/T 4.99 ton class fishing boat, which is one of the most popular boat in the coastal sea. For the task, the design parameters needed in preliminary stage are selected or determined from the existing boat, which has excellent resistances characteristics. In the EHP estimation during the design procedure, the main objective function is the hull resistance, and the initial hull forms before the optimization are selected from the boats that are in operation now. The EHP values from the hull after optimization process are also compared with those of the original hull to confirm its effect. Also, optimizing is investigated for the hull form to reestimate such factors as stability, laboring environment for the best design. It is expected that the results of this study here can be effectively used to improve the present design status of domestic small fishing boats.

※Keywords : Fishing boat(어선), Minimum resistance(최소저항), Performance estimation(성능추정), Optimum hull form factor(최적 선형 요소), Stability(복원성), Seakeeping(내항성)

1. 서론

최근 국내 어선어업에 있어서는 어업자원 감소,

한중일 어업협정, 유류비 상승에 따른 채산성 악화, UN의 국제해양법 발효에 따른 배타적 경제수역(EEZ : Economic Exclusive Zone)의 선포, 국제무역기구(WTO : World Trade Organization)체제 출범에 따른 수산물 시장 개방 및 연안오염 등 환경적, 사회적 여건들이 급변하고 있다. 이에 따

라 국내 연안의 소형어선에 있어서도 그 성능과 특성에 변화가 요구되고 있으며, 이를 고려한 선형 개발의 필요성도 점차 커지고 있다.

본 연구는 최근 이영길 등(2006)이 수행한 '국내 연안어선의 유효마력 추정에 관한 연구'의 후속 연구의 일환으로 국내어선의 특성에 맞는 유효마력 추정프로그램 FISH-K를 활용한 저항성능 추정을 바탕으로 한국형 연안어선의 저항최소화 선형요소 결정 기법을 연구하였다. 기존에 연구(김수영 등 1995, 이영길 등 2006)되어진 어선 및 실적선 중에 건조량을 바탕으로 국내연안어선에 대한 대표성을 갖는 어선을 본 연구의 기준선으로 선정하였으며, 국내 연안어선의 주요요목의 범위 내에서 선형요소들을 변화시켜 가며 저항 성능 면에서 유리한 연안어선의 저항최소화요소를 선정하고, 기준선과 저항최소화선형의 유효마력 추정치를 비교하였다. 그리고 대상선박이 낚시꾼이 승선하는 복합어선임을 감안하여 개발선형의 실용성 측면에서 최대승선인원과 복원성을 검토하였으며, 별도의 의무기준은 없으나 파랑으로 인한 선체의 동요 등에 따른 어선의 내항성능에 대한 검토도 수행하였다.

2. 한국형 연안어선의 저항최소화 선형요소 결정

2.1 저항최소화에 따른 선형요소 결정 방법

선형요소 결정에 있어서는 저항성능만을 고려하면 운동성능 및 작업성능 등의 실용성이 결여될 수도 있기 때문에 본 연구에서는 이에 대비하기 위하여 어선의 기본적인 특성이 포함될 수 있도록 연안 실적어선의 주요요목을 참고하였다. Table 1은 G/T 4톤급 국내연안어선 중 본 연구에서 참고한 실적선의 주요요목 범위(한국어선협회 1994)를 나타내고 있다. 실적선 자료들은 실제로 건조되어 어업에 사용되고 있는 어선이기 때문에, 운동성능, 작업성능 같은 어선으로서 고려되어야 될 사항들이 이미 검증된 것으로 볼 수 있다.

국내 연안어선의 마력 추정프로그램인 FISH-K를 이용하여, 저항성능 면에서 우수한 어선의 선형요소를 결정하고자, 아래와 같이 FISH-K에서

Table 1 The range of domestic fishing vessel

	최소	최대
G/T (ton)	4.2	5.0
L _{WL} (m)	10.37	12.1
B (m)	2.40	2.86
B _c (m)	2.30	2.74
draft (m)	0.59	0.75
▽ (m ³)	7.01	12.87
WSA (m ²)	29.59	42.12
LCB (%)	-0.93	-8.55
C _B	0.415	0.62
C _P	0.562	0.715
L _{WL} /▽ ^{1/3}	4.736	5.563
B _c /T	3.492	4.128
B _c /▽ ^{1/3}	1.035	1.225
L _{WL} /B	3.25	4.00
L _{WL} /D	8.50	12.5
B/D	2.50	3.05

마력 계산에 사용되어진 선형요소들에 대한 저항최소화를 수행하였다.

저속영역($F_{n\Delta}=0.6 \sim 1.2$)에서 4가지 선형요소

$$L_{WL}/\Delta^{1/3}, B_c/T, C_P, LCB$$

고속영역($F_{n\Delta}=1.3 \sim 2.1$)에서 4가지 선형요소

$$L_{WL}/\Delta^{1/3}, B_c/\Delta^{1/3}, C_B, LCB$$

여기서, B_c는 최대 차인(Chine) 폭, C_P는 주형계수, C_B는 방형비척계수, LCB(=선체중앙에서 부심까지의 거리/수선면 길이 x 100, 선수방향 +)는 부심을 나타낸다.

저속, 고속 영역에 따른 각각 4가지 선형요소의 수치들을 변화시켜가며 G/T 4.99톤 서해안 연안유자망 어선의 마력 계산을 수행하였다. 한 가지 선형요소의 변화가 아닌, 선형요소 모두의 변화에 따른 여러 경우의 마력 계산을 위해, FISH-K를 수정, 보완하여 최소저항 선형요소를 결정하기 위한 전산프로그램 FISH-K/MR를 만들었다. Fig. 1은 FISH-K/MR의 저항최소화 선형요소 결정에 대한 개략적인 흐름도를 보여주고 있다. 실적선의 주요요목 범위를 변수 선정 조건으로 고정하고, 선형요소들을 변수로 지정하였다. 변수들의 선택은 다음과 같다.

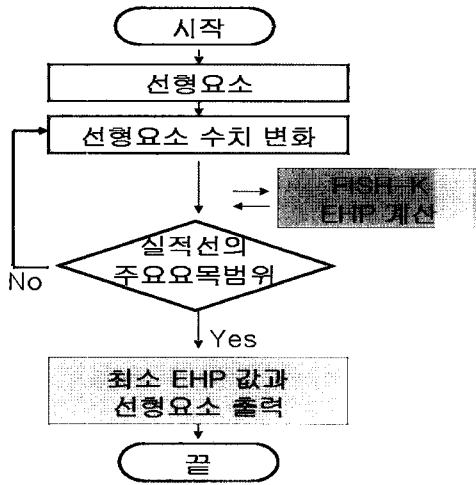


Fig. 1 Flowchart of the present revision / optimization process

- Case1111 = $A_1 \cdot B_1 \cdot C_1 \cdot D_1$
- Case1112 = $A_1 \cdot B_1 \cdot C_1 \cdot D_2$
- ⋮
- Case111n = $A_1 \cdot B_1 \cdot C_1 \cdot D_n$
- Case1121 = $A_1 \cdot B_1 \cdot C_2 \cdot D_1$
- ⋮
- Case11nn = $A_1 \cdot B_1 \cdot C_n \cdot D_n$
- ⋮
- Casennnn = $A_n \cdot B_n \cdot C_n \cdot D_n$

여기서, A_1 은 $L_{WL}/\nabla^{1/3}$ 의 최소값을 A_n 은 $L_{WL}/\nabla^{1/3}$ 의 최대값을 의미한다. B, C, D는 저속영역에서 Bc/T , C_p , LCB, 고속영역에서 $Bc/\nabla^{1/3}$, C_B , LCB를 의미한다.

상기의 과정을 거쳐 도출한 최소저항을 갖는 $L_{WL}/\nabla^{1/3}$, Bc/T , C_p , LCB의 값으로부터 변수 선정 조건 등을 고려하여 L_{WL} , B, Bc, D, T, WSA, L_{WL}/B , L_{WL}/D , B/D를 비례식 및 추정식을 통하여 산출한다. 그리고 산출된 값이 국내연안어선 실적선의 주요요목 범위를 벗어나면 이를 제외시키며, FISH-K를 이용하여 반복적으로 선형요소에 의한 유효마력 계산을 수행하고 계산 값 중에 최소 유효마력과 그에 따른 선형요소와 주요요목 수치들

Table 2 Principal parameters of the original and the minimum resistance hull forms

	Original	Minimum resistance
G/T	4.99ton	4.97ton
L_{WL}	11.12m	11.42m
B	2.86m	2.82m
Bc	2.74m	2.72m
draft	0.68m	0.67m
∇	12.87 m ³	12.51 m ³
WSA	39.08 m ²	41.09 m ²
LCB	-3.13%	-3.18%
C_B	0.571	0.565
C_p	0.663	0.659
$L_{WL}/\nabla^{1/3}$	4.745	4.920
Bc/T	4.029	4.096
$Bc/\nabla^{1/3}$	1.169	1.172
Design speed	15 Knots	

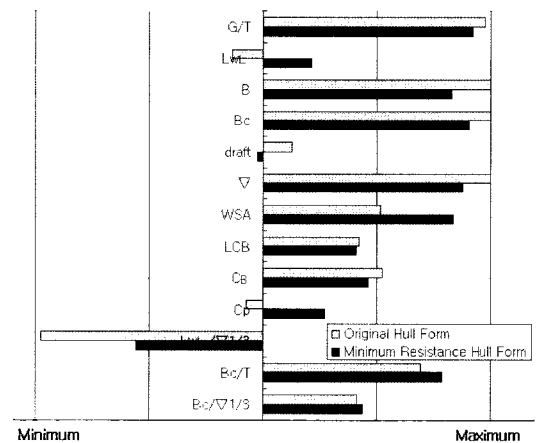


Fig. 2 Distribution of principal parameters of domestic fishing boats within the design range

을 출력한다.

FISH-K/MR에서 나온 결과를 가지고 선형설계를 통해 보정한 선형요소들의 수치는 Table 2와 같다. 저항최소화 선형의 선형요소 중 배수용적이 12.87 m³에서 12.51 m³로 감소하였다. 이는 저항최소화 선형설계 중, 유체역학적 특성에 맞도록 보정하는 과정에서 발생한 결과이다. Fig. 2는 국내 연안어선의 주요요목 범위 내에서 기준선인 G/T 4.99톤 서해안 연안유자망 어선과 저항최소선형의

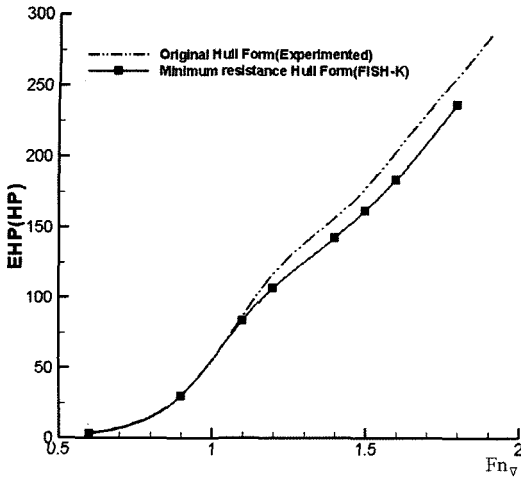


Fig. 3 Comparison of effective horsepowers between the original and the minimum resistance hull forms

주요요목이 속하는 위치를 그래프로 나타내고 있다. 막대그래프는 실적선 주요요목의 중간값을 기준으로, 기준선과 저항최소화 선형의 주요요목 값을 나타낸다. 막대그래프가 왼쪽으로 향하면 실적선 주요요목의 최소값에, 막대그래프가 오른쪽으로 향하면 실적선 주요요목의 최대값에 가까운 값을 가진다.

Fig. 3에서는 Table 2에 나타나 있는 저항최소화 선형에 대해 FISH-K를 이용하여 전체 속도 범위에서 유효마력을 추정하고, 기준선인 G/T 4.99톤 서해안 연안유자망 어선의 실험 결과 값과 비교하였다. 기준선의 유효마력과 저항최소화 선형의 유효마력이 저속영역에서는 크게 차이가 나지 않지만, 고속 영역에서는 많은 차이를 보이고 있다. 이는 기준선의 설계속력인 15Knots($F_{n_v}=1.6$)가 고속 영역에 속하여 고속영역을 중심으로 저항최소화 주요요목들이 도출되었기도 하지만, 이와 더불어 저항최소화 선형이 결국 조파저항성분에 있어서 적지 않은 감소가 이루어질 것임을 예측할 수 있는 결과이기도 하다. 기준선의 설계속력에서 유효마력이 약 10%정도 절감되어 나타났다.

2.2 저항 최소화에 따른 선형 설계

저항 최소화에 대응한 선도(Lines)설계는 컴퓨터

터를 이용하여 짧은 시간에 간편하게 얻을 수 있는 방법으로서 한국기계연구소에서 개발한 프로그램(이영길 1984, 김훈철과 이영길 1984)을 개선, 발전시켜 수행하였다. Fig. 4는 이러한 선형설계 프로그램의 개략적인 흐름도를 보여주고 있다. 이에 본 연구에서는 Table 2의 저항최소화 선형의 주요요목 및 선형요소들을 입력하고, 이에 가장 근접한 실적선을 기준선으로 하여 관련 데이터를 모션선형으로 사용하였다.

어선 선형설계 프로그램은 노오말트림(Normal trim) 및 프로펠러 애퍼추어(Propeller aperture), 주요요목, 횡단면적곡선, 횡단면형상, 수선입사각, 선체후반부 버터크(Buttock)경사의 변화 등에 의해서 선형설계를 수행한다. 본 연구에서는 기준선에 대한 선체 주요요목만을 변화시켜 저항 감소 효과를 얻고자 하였기 때문에, 기준선을 변화시키는 여러 방법 중에서 선체 선형 요소 변화 방법만을 사용하여 저항 최소화 선형의 옵션을 산출하였다.

먼저, 저항최소화 선형의 주요요목인 어선의 길이 L_{pp} , 폭 B , 설계수심 d 의 수정에 따른 옵션의 변화를 준다. 수선간 길이의 수정은 저항최소화 선형의 L_{wl} 이 결정되었을 때 기준선의 수선간 길이 L_{pp0} 로부터 저항최소화 선형의 L_{pp} 는 (1)식과

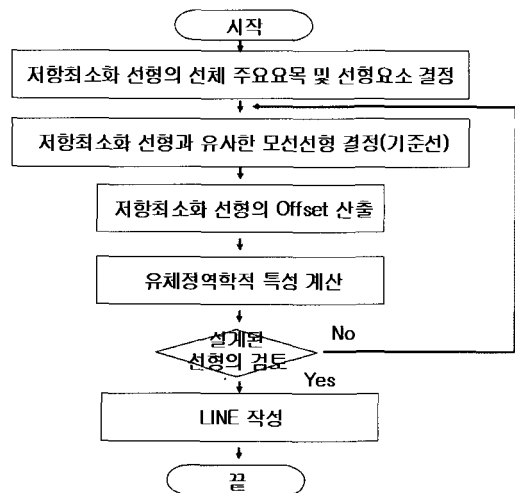


Fig. 4 Flowchart of the present design scope

같이 비례비법에 의해 간이 산정하여 적용하였다.

$$L_{PP} = L_{PP_0} \times \frac{L_{WL}}{L_{WL_0}} \quad (1)$$

여기서, L_{WL_0} = 기준선의 수선면 길이.

형폭의 수정에 의한 옴셋의 y 좌표들의 변화는 (2)식과 같이 표현될 수 있다. 단, 차인선이 있는 경우에는 차인의 폭인 B_0 가 선형의 저항 및 복원 성능에 영향이 크므로 이를 기준으로 하여 수정하는 것이 좋을 것이다.

$$y_{ij} = y_{ij_0} \times \frac{B}{B_0} \quad (2)$$

여기서, B_0 = 기준선의 형폭.

설계흘수의 수정에 의한 옴셋의 z 좌표들의 변화는 (3)식과 같다.

$$z_{ij} = z_{ij_0} \times \frac{d}{d_0} \quad (3)$$

여기서, d_0 = 기준선의 설계흘수.

만일 Fig. 5에서와 같이 주어진 값이 설계흘수 d 가 아니고 $T_{(WL/2)}$ 인 경우에는 다음과 같이 설계흘수를 계산한다.

$$d = d_0 \times \frac{T_{(WL/2)}}{T_{(WL/2)_0}} \quad (4)$$

$$T_{(WL/2)_0} = d_0 + \frac{(L_{WL_{st}} - L_{WL_{pr}})}{2} \cdot \frac{t_0 + t_1}{L_{PP_0}} \quad (5)$$

기준선의 주요요목과 선형요소, 저항최소화 선형의 주요요목, 그리고 기준선의 옴셋들이 선형설계 프로그램에 입력되어 진다. 프로그램에 의해 산출된 옴셋을 수작업으로 보정하여 작성한 개략적인 선도를 Fig. 6에 기준선과 저항최소화 선형을 함께 나타내어 비교하고 있다. 저항최소화 선형이 기준선에 비하여 길이의 증가, 폭과 흘수가 감소되어 FISH-K/MR을 통하여 산출된 저항최소화 선형요소에 맞게 선형 설계가 이루어졌음을 확인할 수 있다.

Fig. 7에서는 횡단면적 곡선(sectional areas

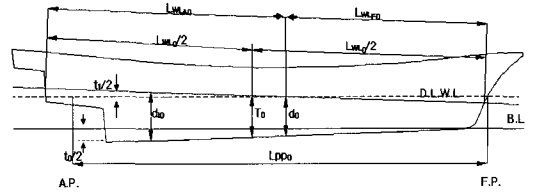


Fig. 5 Principal dimensions of the original ship before revision process

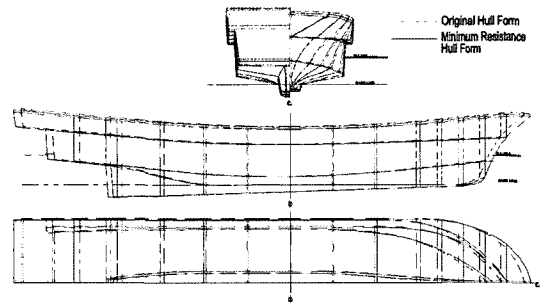


Fig. 6 Lines plans before and after revision process

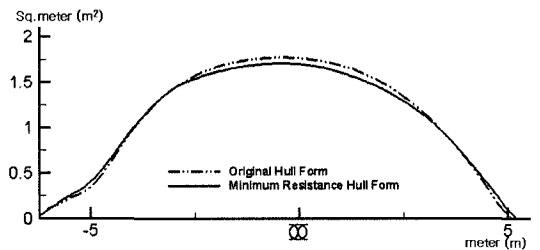


Fig. 7 Sectional area curves before and after revision process

curve)을 선체 중앙부를 기준으로 나타내고 있다. 다른 선형요소들을 변화시키지 않고 주요요목의 변화만으로 저항최소화 선형의 선형설계를 수행하였기 때문에, 저항최소화 선형의 횡단면적 곡선이 기준선의 횡단면적 곡선과 전체적으로 유사함을 알 수 있다. 하지만 선수부 쪽에서 기준선에 비하여 저항최소화 선형의 횡단면적 곡선 기울기가 완만하다. 이는 저항최소화 선형의 선형설계 의한 저항감소에 많은 관련이 있을 것이라 판단되어 진

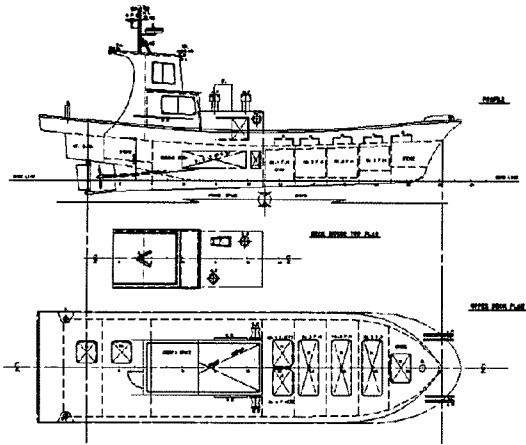


Fig. 8 General arrangements of the minimum resistance hull form

다. Fig. 8에서는 저항최소화 선형의 일반배치도를 나타내고 있다. 일반배치도를 작성하고 총톤수를 계산하여, 저항최소화 선형의 총톤수 변화가 거의 없음을 확인하였다.

2.3 기준선과 저항최소화 선형의 모형시험

저항최소화 선형이 기준선과 비교하여 설계속력에서 추정 유효마력이 약 10%정도 절감되어 나타났음을 검증하고자, 기준선과 저항최소화 선형의 모형선을 제작하여 인하대학교 선형시험수조에서 모형실험을 수행하였다.

Table 3은 기준선과 저항최소화 선형의 모형선의 주요요목을 나타내고 있으며, Fig. 9, 10은 기준선과 저항최소화 선형의 모형선을 보여주고 있다.

실험결과로서 Fig. 11에 기준선과 저항최소화 선형의 잉여저항계수(C_R)값을 나타내고 있다. 저항최소화 선형이 기준선에 비하여 C_R 값이 낮게 나오며, 이는 Fig. 12, 13의 기준선과 저항최소화 선형의 모형실험 사진에서 보는 바와 같이 저항최소화 선형이 기준선에 비해 조파저항이 감소한 결과라 판단되어 진다.

Fig. 14에서 기준선과 저항최소화 선형의 모형실험을 통하여 얻어진 유효마력을 비교하고 있다. 조파저항의 감소에 따라, 설계속력에서 유효마력이 약 13.4%정도 감소되어 나타났다.

Table 3 Principal parameters of the original and the minimum resistance hull form

	Original	Minimum resistance
Model	IT05-05-Fish01	IT06-01-Fish03
L _{WL}	0.927m	0.952m
B	0.238m	0.235m
B _c	0.228m	0.227m
T	0.056m	0.055m
▽	0.0074 m ³	0.0072 m ³
Scale	1/12	

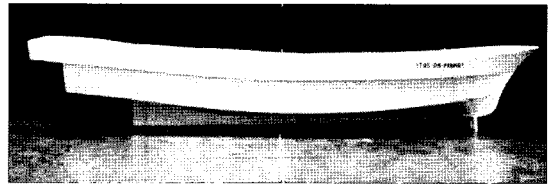


Fig. 9 Photo of the original hull form model

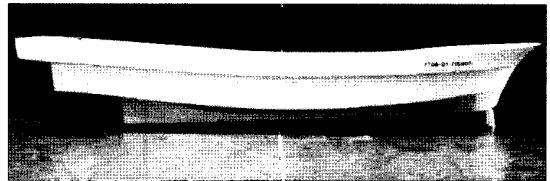


Fig. 10 Photo of the minimum resistance hull form model

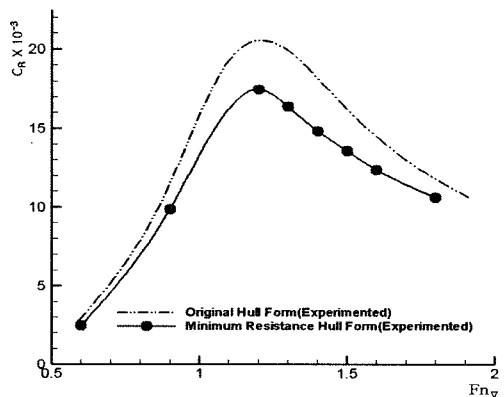


Fig. 11 Comparison of C_R Curves between the original and the minimum resistance hull form

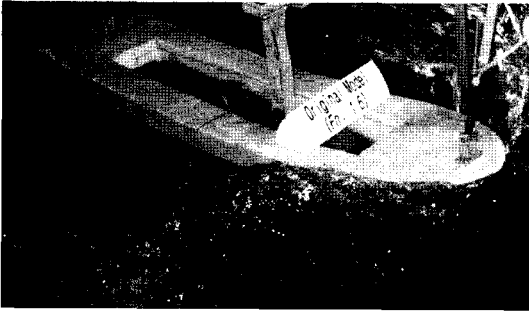


Fig. 12 Photo of the model test in the original hull form case ($F_{n\Delta}=1.6$)



Fig. 13 Photo of the model test in the minimum resistance hull form case ($F_{n\Delta}=1.6$)

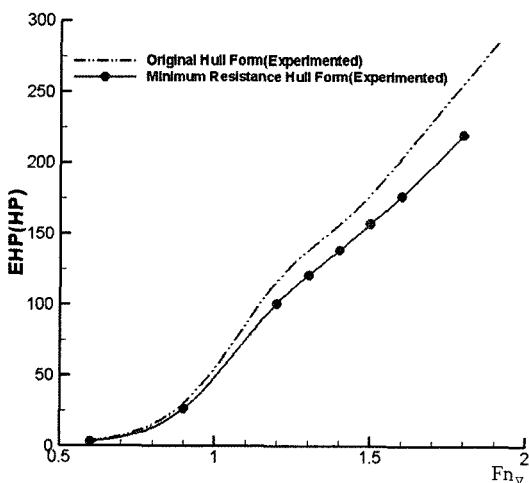


Fig. 14 Comparison of effective horsepowers between the original and the minimum resistance hull form

실험을 통하여 얻어진 유효마력이 FISH-K를 이용한 추정유효마력보다 더 많은 감소율을 보이고 있다. 이는 선형설계에 의해 저항최소화 선형이 좀더 많은 저항 감소율을 얻게 된 것이라 판단되어진다. 또한 저항최소화 선형이 기준선에 비하여 저항 면에서 우수한 선형임을 모형실험을 통하여 확인할 수 있었다.

3. 저항최소화 선형의 복원성 및 내항성 검토

국내 해양사고의 75% 정도가 어선에 의해 발생되고 있으며, 이중 복원성에 의한 사고는 13% 정도로 적은 편은 아니다(중앙해양안전심판원 2003). 또한, 복원성 문제로 인한 사고의 경우 인명피해의 35%를 차지할 정도로 생명과 직결되어 있다는 것을 알 수 있다(김주남 1998). 배의 길이 24m 미만으로서 전적으로 어로작업에만 종사하는 어선의 경우에는 복원성에 관련한 규정을 적용받지 않도록 되어 있었다(강대선 2003). 그러다가, 1995년 12월 낚시어선어법이 발효되어 어민들이 어하기 때 간편한 신고에 의하여 낚시승객을 승선시켜 출항하는 일이 가능해 졌다.

한편, 5톤 미만의 어선인 경우에는 현재로는 강제규정이 그다지 많지 않다. 하지만, 설계측면에서 우수하고 안전한 성능의 선형을 개발하기 위해 조종성, 내항성, 최대승선인원 등을 사전 검증하는 사례가 증가하는 추세이다. 이에 본 연구에서는 저항최소화 어선을 대상으로 낚시어선에 한해 적용되는 최대승선인원을 검토하고, 작업성의 관점에서 내항성도 함께 검토하였다.

3.1 기준선과 저항최소화 선형의 최대승선인원과 복원성 비교검토

3.1.1 현행규정에 의한 최대승선인원 검토

어자원 고갈에 따른 영세어민의 소득을 높여 어민의 생계를 돕겠다는 낚시어선어법의 입법취지에 맞춰 본 연구의 대상 어선인 기준선과 저항최소화 선형에 대한 낚시승객의 승선인원을 검토가 필요하다.

G/T 5톤을 기준으로 5톤 미만의 어선의 경우 소형여객선기준을 적용받되, 종사하는 해역에 따라서 연해구역, 평수구역 및 한정연해구역으로 구분하여 별도로 만들어진 공식에 사용하여 승선인원에 따른 복원성에 문제가 없도록 최대승선인원을 검토하였다. 그 규정의 요약은 아래와 같다.

1) 연해구역 최대승선인원 기준

최대승선인원이 다음 조건식을 모두 만족하는 것이어야 한다.

$$N \leq C \cdot L \cdot B \cdot F$$

$$N \leq \frac{L \cdot B(F_1 - f)}{0.096}$$

$$N \leq \frac{L \cdot B(F_2 - 0.025L)}{0.33} \quad (6)$$

여기서, N은 최대 탑재인원, L은 배의 길이(m), B는 배의 너비(m), F는 사람을 탑재하지 아니한 상태에서 배의 길이의 중앙에 있어서의 건현(m)이다. 다만, F가 B/5.5+0.09보다 큰 경우에는 B/5.5+0.09로 한다. F1은 사람을 탑재하지 아니한 상태에 있어서 최소건현(m)을, F2는 사람을 탑재하지 아니한 상태에서 선미에 있어서의 최소건현(m)을 나타낸다. f는 0.03L의 값 또는 0.24b의 값 중 큰 것을 택한다. 이 경우 b는 최대탑재인원을 탑재한 상태에 있어서 최소건현의 위치에서 현측으로부터 선체 중앙중단면까지의 수평거리 중 최대의 값(m)을 택한다. C는 (7)식에 의한 값으로, 다만 C가 2.27보다 큰 경우에는 2.27로, 0.78보다 작은 경우에는 0.78로 한다.

$$C = 2.69 - 5.31 \left(\frac{D}{B} \right)^2 \quad (7)$$

여기서, D는 배의 깊이(m)이다.

2) 평수구역 및 한정연해구역 최대승선인원 기준

다음 조건식을 만족하는 것이어야 한다.

$$N \leq C \cdot L \cdot B \cdot F$$

$$N \leq \frac{L \cdot B(F_2 - 0.025L)}{0.33} \quad (8)$$

Table 4는 계산한 결과에 대해 기준선과 저항최소화 선형의 값을 비교 검토한 것이다. 기준선

Table 4 Comparison of stabilities between the original and the minimum resistance hull forms

구분(연해구역기준)	기준선	저항최소선
※연해구역 기준		
N (명)	15	15
L (m)	11.12	11.42
B (m)	2.86	2.82
D (m)	1.02	1.01
F (m)	0.51	0.51
F1 (m)	0.34	0.34
F2 (m)	0.45	0.49
f	0.38	0.39
C	2.02	2.01
C*L*B*F	32.76	33.01
L*B*(F1-f)/0.096	13.25	16.77
L*B*(F2-0.025L)/0.33	16.58	16.05
※평수구역 및 한정연해구역 기준		
C*L*B*F	32.76	33.01
L*B*(F2-0.025L)/0.33	16.58	16.05

의 승선 정원은 연해구역과 평수구역 및 한정연해구역 모두 최대 16명까지 이고 저항최소화 선형도 최대 16명으로 계산되었다.

3.1.2, 복원성 수정규정에 의한 검토

선박의 항해안전 확보를 위하여 선진각국에서는 물론 IMO에서도 MSC 제 79차 회의에서 배의 길이 12m이상 24m미만 선박에 대하여도 적용되는 어선안전코드를 승인한 바 있으며, 12m미만 어선에 대하여도 추후 국제적인 안전기준 개발을 추진키로 하였다. 또한 이번 연구에서 개발한 저항최저화 선형 또한 복원성에 대한 기술적인 검증을 위하여, 아직 규정이 개정 등 보안되지는 않았지만, 해양안전기술개발 사업으로 선박검사기술협회(2007)에서 연구한 복원성의 기술적인 부분을 요약하여 검토하였다. 복원성 기준이 연구결과에 의하여 변경될 것이지만, 연안어선에 있어서는 현실에 부합되도록 피항 거리에 따라 다음과 같이 구분하여 기준이 설정될 것으로 보여 진다.

1) 연안어선으로, 황천시 피항 소요시간이 3시간 이상인 해역 조업선

$$G_0M \geq 0.117B \left(\frac{B}{D} - 2.20 \right) + \left[1.773 \left(\frac{T}{D} \right)^2 - 2.646 \frac{T}{D} + 1.016 \right] B \quad (9)$$

여기서, T는 흘수(m), G₀M은 횡메타센터(m) 이다.

2) 연안어선으로, 황천사 피항 소요시간이 3시간 미만인 해역 조업선

$$G_0M \geq 0.059B \left(\frac{B}{D} - 2.20 \right) + \left[2.085 \left(\frac{T}{D} \right)^2 - 2.857 \frac{T}{D} + 0.990 \right] B \quad (10)$$

기준선과 저항최소화선형의 횡메타센터는 각각 0.67m, 0.661m이다. 기준선과 저항최소화 선형의 각 선형요소를 식9와 식10의 우변에 대입하면 기준선은 0.320m, 0.137m, 저항최소화 선형은 0.317m, 0.136m로 산출된다. 두 선형이 식9와 식10을 만족하므로, 복원성능에 지장이 없는 것으로 판단된다.

3.2 기준선과 저항최소화 선형의 내항성 비교 검토

어선선형의 작업성에 대한 기준이 아직까지 표준화가 되어 있지 않고, 조선공정 지침서에도 없는 관계로 검토의 방향을 설정하기가 곤란하였다. 기준이 없었기 때문에 기존의 선박에 대해서는 운동(six degree of freedom motions : heave, pitch, roll, yaw, surge, sway)주기를 계측함으로써 작업성을 판단하여 왔다. 이번 연구에서는 작업성에 대한 판단을 하기위해 내항성을 검토하였으며, 이를 위하여 Andrew and Liu(1992)의 Seakeeping에 대한 회귀해석식(Regression Formula)을 활용하였다. 특별한 규정이 없는 상태에서, 기존 선형의 내항성을 기준으로 저항최소화 선형을 상대적으로 비교하여, 내항성 검토를 진행하였다.

회귀해석식은 (11)식과 같으며, heave 와 pitch의 움직임에 한하여 일반적인 선형에 적용 가능하고 두 가지 움직임에 대하여 상대적인 자료로서

활용 가능하며, R_f값이 클수록 두 가지 움직임이 안정적인 것으로 알려져 있다.

$$R_f = -11.624 + 111.409C_b^4 + 5.042LCB - 20.064C_s - 3.236L/B + 1.743L/T - 5.663LCF \quad (11)$$

여기서, R_f : Seakeeping Index

C_w : Waterplane coefficient

LCF : Longitudinal center of Floatation (Fwd. L_w/2, LCF(x)/L_w×100)

Table 5 Results of the wave responses of domestic fishing boats

G/T	7.93	4.99	2.99	1.99	1.71
Cp	0.624	0.605	0.677	0.733	0.660
LCB	-2.78	-2.23	-8.49	-8.13	-9.23
Cw	0.743	0.743	0.823	0.893	0.638
L	13.00	10.90	8.80	8.70	7.80
B	3.20	2.80	2.40	2.20	1.90
T	0.84	0.70	0.65	0.70	0.54
LCF	-5.50	-4.55	-12.67	-5.39	-7.62
Rf	21.334	17.467	35.952	1.041	5.191
G/T	2.81	7.31	4.99	7.31	
Cp	0.724	0.687	0.695	0.660	
LCB	-7.51	-3.72	-6.60	-2.27	
Cw	0.890	0.816	0.851	0.810	
L	8.70	12.00	10.00	12.00	
B	2.42	3.50	3.05	3.50	
T	0.57	0.70	0.57	0.65	
LCF	-8.36	-8.00	-9.88	-8.72	
Rf	25.578	42.170	39.937	52.281	

Table 6 Comparison of the wave responses between the original and the minimum resistance hull forms

G/T	기준선	저항최소화 선형
Cp	0.663	0.659
LCB	-3.13	-3.18
Cw	0.904	0.894
L	11.12	11.42
B	2.86	2.82
T	0.68	0.67
LCF	-5.207	-8.77
Rf	21.57	39.24

Table 5의 결과를 살펴보면 해양 수산부 고시 표준어선 9척에 대해서는 1.041에서 52.281 사이로 나타났다. 그러나 2톤 이하 어선의 경우, 배 길이가 너무 짧기 때문에 4.99톤 어선의 비교 대상으로는 부적합 하다고 판단하였고, 2톤 이하 어선의 결과를 제외하면 최소치가 17.467, 최대치가 52.281로 나타났다. Table 6에서와 같이, 이번 연구에서 기준선으로 정한 선박의 경우 21.57의 수치가 나왔고, 저항최소화선형의 경우 39.24의 결과 값을 얻었다. 이 결과는 저항최소화선형의 내항성이 최대치와는 많이 차이가 나지만, 동급의 4.99톤에서는 평균에 속하는 것으로서 표준어선의 내항성이 문제가 없다면, 이 선형 또한 크게 문제가 없다고 볼 수 있다. 위에서 언급한 것과 같이 R_p 값이 단순히 선박간의 비교 자료로만 활용 가능하기 때문에, 숫자의 크기에 따른 절대적인 비교는 무의미 하므로 평균에 속하는 것을 확인하는 선에서 내항성의 검토를 마쳤다.

4. 결론

국내 연안어선의 유효마력 추정프로그램인 FISH-K를 활용하여 저항최소화 선형요소를 결정하고, 선형설계를 수행하였으며 복원성과 내항성을 검토한 결과는 다음과 같다.

1. G/T 4.99톤 서해안 연안유자망 어선을 기준선으로 하여 저항최소화 선형요소를 산출하였다. FISH-K를 이용하여 저항최소화 선형의 유효마력을 추정하고 기준선의 실험결과와 비교하여 보면, 저항최소화 선형이 기준선에 비하여 유효마력이 15Knots($F_{n\Delta}=1.6$)에서 약 10.5% 정도 적게 추정되었다.
2. 선형설계법을 이용하여 본 연구의 저항최소화 선형요소들로 선형설계를 수행하였으며, 모형선을 제작, 모형시험을 수행하였다. 15Knots($F_{n\Delta}=1.6$)에서 기준선에 비하여 저항최소화 선형의 유효마력이 약 13.4% 감소함을 확인하였다.
3. 한편, 낚시어선에 적용되는 관련 규정을 검토해 본 결과, 본 연구에서 제시한 저항최

소화 선형의 경우에는 최대승선인원이 16명인 것으로 확인되었다.

4. 그리고 내항성을 검토한 결과, 저항 최소화 선형의 내항성이 최대치와는 많이 차이가 나지만, 동급의 4.99톤에서는 평균에 속하는 것으로서 저항최소화 선형이 내항성에서 크게 문제가 없다는 것을 확인하였다.
5. 본 연구에서 작성된 선형설계기법은 G/T 4.99톤 이외의 다른 톤급의 연안 어선들의 저항최소화를 통하여, 국내 연안 어선의 초기 설계 단계에 있어서 효율적인 주요요목 선정에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

이 논문은인하대학교의 지원에 의하여 연구되었습니다.

참 고 문 헌

- 강대선, 2003, 小型船舶의 波浪中 復原性 評價 시스템 開發에 關한 研究, 충남대학교 대학원 석사졸업논문.
- 김수영, 김현철, 이길홍, 김주남, 손영대, 1995, "퍼지모델링을 이용한 고속연안어선의 선형요소 결정," 대한조선학회 논문집, 제 32권, 제 4호, pp. 1-8.
- 김주남, 1998, 소형어선 복원성 판정 기준에 관한 연구, 조선대학교 대학원 석사졸업논문.
- 김훈철, 이영길, 1984, 전산기에 의한 어선선형의 설계법, 한국기계연구소 연구 보고서.
- 선박검사기술협회, 2007, 소형어선 및 화물선의 복원성 기준 연구(배의길이 12미터 이상 24미터 미만).
- 이영길, 1984, "소형어선의 유효마력 추정 및 선형설계법," 대한조선학회지, 제 21권, 제 3호, pp. 1-10.
- 이영길, 유진원, 김규석, 강대선, 2006, "국내 연안어선의 유효마력 추정에 관한 연구," 대한조선학회 논문집 제 43권, 제 3호, pp. 313-321.
- 중앙해양안전심판원, 2003, 해양안전심판사례집.
- 한국어선협회, 1994, 표준어선형 연구개발(1).

- Andrew, Z. and Liu, S.-J., 1992, "Optimization of Hull form for Seakeeping Performance," The Fifth International Symposium on Practical Design of Ship and Mobil Units.



< 강 대 선 >



< 유 진 원 >



< 이 영 길 >