

어선의 생력화를 위한 선형설계에 관하여

한국기계연구소 대덕선박분소

성능평가실 이 영 길

1. 서 언

선박의 생력화의 하나로 항주 중인 선박의 저항을 줄여 보고자 하는 노력은 과거부터 이론 및 실험을 통하여 많은 진전을 보아 왔다. 특히 '70년대의 유류파동 이후 에너지절약형 선형의 필요성에 따라 더욱 많은 연구가 진행되고 있다.

어선의 경우 생력화가 가능한 분야로는 저항추진면에서의 선형개선, 목선의 FRP선으로의 교체, 기타 기관, 의장품 등의 과학적인 설계 등을 들 수 있다. 그러나, 어선설계의 경우에는 예로부터 내려오는 관습이나 작업성 또는 단지 설계자의 경험에 의한 것이 많았으며, 특히 우리나라의 경우에는 이와 같은 상태가 아직도 계속되고 있는 것으로 생각된다.

한국기계연구소 대덕선박분소에서는 어선의 근대화 및 생력화를 목적으로 과학기술처 지원사업인 "소형어선 근대화에 관한 연구" [참고문헌 1, 2, 3]를 '81년에서 '84년까지 수행해 온 바 있다. 본 연구소는 위와 같은 연구를 통하여 어선

의 여러 분야에 대한 많은 연구가 있어 왔으며, 그 결과 실선의 건조로 어선의 생력화 및 고효율화, 고능률화의 가능성을 제시하였다. 앞으로 언급할 것은 이 중에 저항과 관련한 어선의 선형개발에 관한 내용이다.

2. 우리나라 어선의 현황

우리나라의 어선은 '81년 12월말 통계로 보아 약 80,500척(781,582G/T)정도로, 이 중에서 10G/T 이하의 소형어선은 전체의 90%인 72,655척에 달하고 있다. 소형어선들은 대부분 목선이어서 전래되고 있는 관습이나 기술전수를 받은 선목에 의하여 건조되고 있다. 따라서, 지역별 및 건조자별로 선형과 구조가 다르고, 또한 어민의 기호도와 경험에 의하여 선형과 배치가 결정되므로 같은 업종, 규모에 있어서도 선형과 구조, 배치가 서로 다른 관계로 어선의 생력화에 많은 어려움이 있다.

표 1에 참고로 우리나라 연안 어선 수 및 그 규

표 1. 우리나라 연안어선 수 및 규모

구분	어 선 수 (척)	비율(%)	조업 시기	주 근거지항	연구대상
총 어 선	80,500	100	-	-	-
총 해 양 식	32,650	40	10 ~ 5 월	완도, 해남, 목포	1.2톤, 1.5톤
연 안 연 승	8,214	10	연 중	완 도	5톤급
연 안 통 발	2,155	0.3	"	충 무	3톤급

(자료 : 1982년도 수산통계연보)

모를 보이고 있다.

목선은 선형개발의 한계로 인하여 에너지 손실이 많고, 또한 유지비가 많이 필요하여 선진국에서는 이미 FRP어선으로 대체(일본의 경우 52%의 FRP화)하고 있는 추세를 감안할 때, 우리나라에서도 FRP어선을 연안 영세어민에게 개발 보급해야 하는 필요성이 절실히 요청되고 있다. 그림 1은 G/T 3.5톤 및 5톤급 어선들의 EHP/∇를 비교해 본 것으로, 우리나라 어선들이 일반적으로 일본어선에 비하여 배수량당 저항이 비교적 큰 것을 보여 주고 있다. 따라서, 우리나라 소형어선들은 목선의 FRP선화, 선형의 개선 등으로 저항을 감소시킬 여지가 아직 많이 남아 있다고 볼 수 있다.

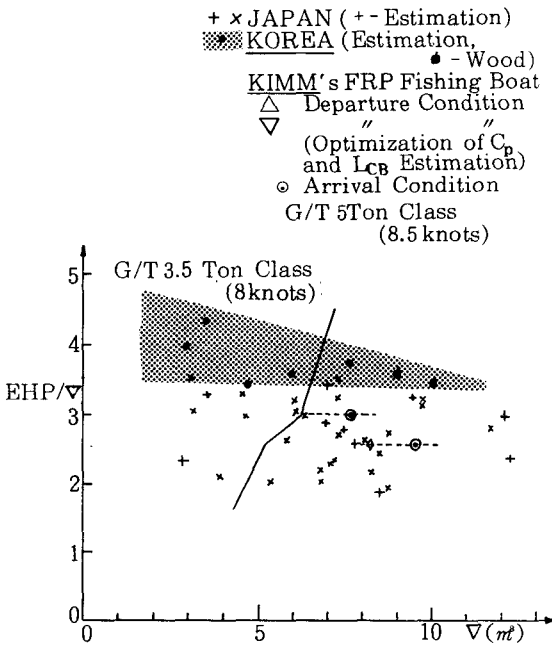


그림 1. G/T 3.5톤 및 5톤급 어선들의 EHP/∇비교

또한, 그림 2에는 우리나라의 대표적인 소형어선이라 할 수 있는 G/T 0.93톤급(실제 1.2톤급) 남해안형 목조어선과 업계에서 선질을 개량하여 '81년도에 보급했던 G/T 1.2톤급 FRP 해태채취선에 대하여 본 연구소 심수 대형수조에서 실선 저항실험한 결과가 실려 있다.

이 두선형이 물론 선종이 서로 다르기는 하지만, 그림에서 보는 바와 같이 적정 선속이라 판단되는 5 ~ 5.5 knots 부근에서 목선의 경우가 약 40%정도 저항성능이 양호함을 볼 수 있었으며, 따라서 개량선형인 FRP선도 저항추진면에서 더욱 선형개량의 여지가 있는 것으로 판단되었다.

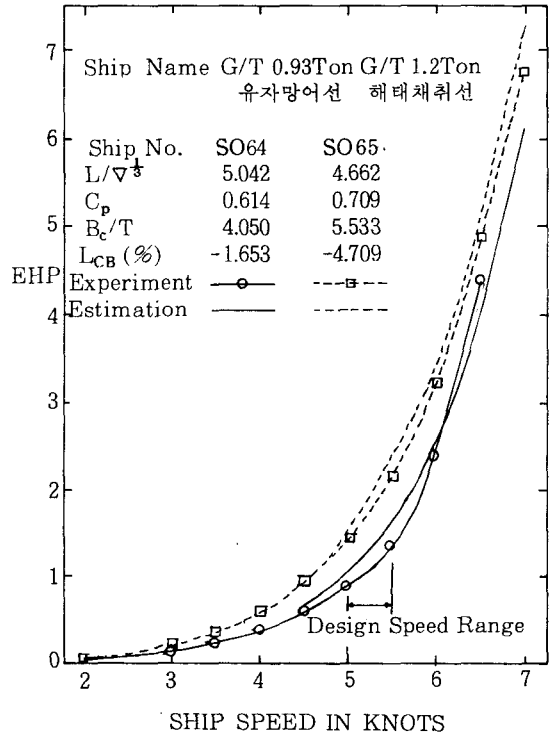


그림 2. 목선과 FRP선의 유효마력 곡선(예)

0.93톤급 목조어선의 경우 11HP×740rpm의 주기관이 설치되어 있으므로, 본 선박의 최대선속은 30%의 sea margin을 감안하였을 경우 6.36 knots이다. 그러나, 그림 2에서 보듯이 본 목조어선의 저항특성상 이러한 선속에서의 운항은 너무 비경제적임을 알 수 있다. 즉 설계속도에 적합한 선형으로 개선한다면 그만큼 에너지의 손실을 막을 수 있을 것이다.

3. 선체저항을 고려한 선형요소 결정법

앞에서 언급한 우리나라 소형어선들의 실태를 감안하여, 본 장 이후에서는 당 연구소에서 어선

의 생력화의 일환으로 수행한 최적선형 설계법에 관하여 소개해 보기로 한다.

3.1 어선의 유효마력추정법

선박의 저항을 추정하는 방법에는 이론적 또는 실험적 추정법이 있으나, 여기서 언급하고자 하는 것은 많은 어선모형선의 저항실험자료들에 의한 통계적 회귀해석법 (Statistical Regression Analysis)에 대한 것이다. 이러한 방법은 모형선 실험결과이므로 추정하고자 하는 선형이 특이하지만 않으면 비교적 정도가 높은 저항추정을 할 수 있으므로 기본설계시 매우 유용하게 활용할 수 있을 것이다. 그러나, 우리나라에서의 어선에 대한 모형실험자료는 매우 적은 실정으므로, 당 연구소에서는 일단 선형의 유사성이 많은 일본 어선들의 자료를 활용하였다. [참고문헌 4,6]

3.1.1 Chine Line이 있는 소형 FRP어선

속도범위에 따라 저속역($F_n V = 0.6 \sim 1.2$)과 고속역($F_n V = 1.3 \sim 2.1$)으로 나누었으며, 통계적 회귀해석에 사용된 저항실험자료는 G/T 20톤 미만의 어선으로 일본에서 흔히 분포하는 FRP 선형 중 12척을 공시선으로 선정한 후, 수선길이 1.8m의 모형선들을 만들어 저항시험한 결과를 이용하였다. 고속역인 경우에는 7스테이션에서 수선까지 스프레이 스트립(spray strip)이 부착된 모형시험결과이다.

마찰저항계수 C_{RS} 는 Schoenherr Line 으로부터 구해지며, 모형선-실선상관계수 C_A 는 0.0004이다. 그러므로, 유효마력은 다음식과 같이 구해진다.

$$EHP = 21.399R_{TS} \frac{7}{6} F_n V^3$$

여기서, $F_n V = V / \sqrt{V \frac{1}{2} \rho \cdot g}$

R_{TS} 는 실선의 전저항으로, 이는 저항에 가장 큰 영향을 미친다고 보는 선형요소들을 이용한 4가지 파라메타를 정규화한 것에 따른 회귀방정식에 의하여 구해질 수 있다. 저속역과 고속역에서의 각 선형요소에 따른 파라메타의 적용범위는 아래와 같다.

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

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

이와 같은 유효마력추정방법은 실제 어선의 마력추정 및 선형설계에 적용되어졌다. 대상선형으로는 본 연구소에서 실선시험을 수행한 바 있는 그림 2의 G/T 0.93톤 유자망어선의 경우는 저속에서 조금 오차가 있지만 그런대로 추정값과 실험치가 좋은 일치를 보이고 있다. 또한, 본 방법은 그림 1의 G/T 3.5톤급 및 5톤급 남해 FRP 어선과 그림 3의 동해 5톤, 서해 7톤급 어선의 초기설계에도 이용되었으며, 그림 3에서 보듯이 유효마력의 추정값과 실험치가 매우 좋은 일치를 보이고 있다. 위 4척의 어선들은 실선으로 건조되었으며, 시운전시 속력과 기관마력 측정결과가 모형선에 대한 결과와 잘 일치하고 있음이 확인되었다.

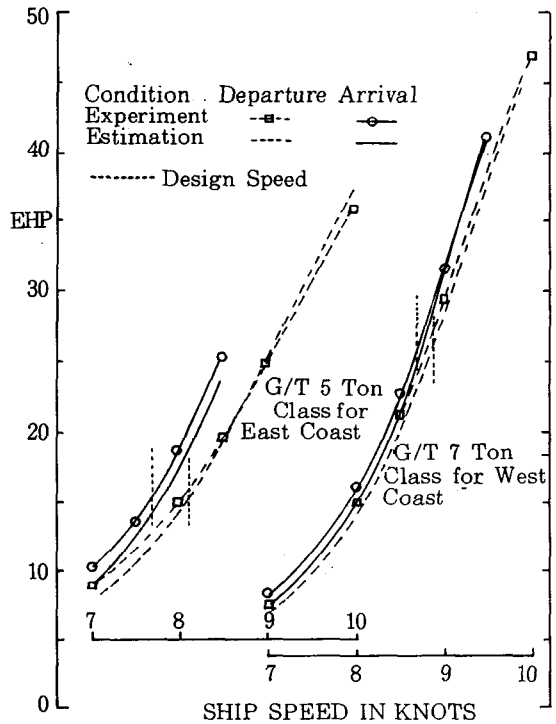


그림 3. KIMM의 G/T 5톤 및 7톤급 FRP어선의 유효마력곡선

3. 1. 2 등근바닥형의 일반어선

통계적 회귀해석에 사용된 저항시험자료는 체계적으로 보편화되어 있는 등근바닥형 어선모형선의 시험결과들이었으며, 따라서 C_A 는 특정한 값을 줄 수 없어 0으로 하였다.

이러한 자료들을 이용하여, 속도범위 $F_n V = 0.45 \sim 0.80$ 에서 11 개의 선형파라메타들을 정규화한 것에 대한 회귀방정식으로부터 유효마력을 추정할 수 있게 하였다. 각 파라메타들의 적용범위는 다음과 같다.

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

여기에 box keel의 유무에 따른 파라메타가 하나 더 추가된다. 이와 같은 방법은 국내에서 저항시험된 등근바닥의 어선선형이 그리 많지 않고, 또 실험결과가 있는 것도 파라메타의 적용범위를 넘어 다소 실험치와 추정치에 차이가 있었으나, 그런대로 경향면에서는 좋은 일치를 보였다. [참고문헌 4,6]

3. 2 선형요소의 최적화

어선의 초기설계시, 각 파라메타에 의한 유효마력추정식에 Wilde and Beightler의 Quadratic Differential Method 및 H.H. Rosenbrock의 Automatic Method에 기초한 최적화 기법을 도입하여 제한조건 내에서 저항이 최소가 되는 선형요소를 찾을 수 있게도 하였다. [참고문헌 5,6]

Chine line이 있는 경우는 당 연구소에서 설계한 G/T 3.5톤 및 5톤급 어선의 초기선형설계시 본 방법을 적용하여 보았으며, 그 결과 그림1에서 보듯이 이번에 설계한 선형들이 국내 기존어선들에 비하여 추정치로 약 15 ~ 25%정도 저항감소를 가져온 것을 볼 수 있다.

4. 전산기에 의한 최적선형설계법

4. 1 선형설계법의 개요

어선선형의 초기설계시에는 일반적으로 앞에서 언급한 바와 같이, 또는 각종 성능을 고려하여 주요한 선형요소들이 결정되면, 이들에 적합한 선도를 작성하는 것이 문제가 될 것이다. 따라서, 당 연구소에서는 이제까지 직접 사람에 의한 선도의 설계작업이 아닌 전산기를 사용한 보다 정확하고 보다 빠른 어선선형 설계작업에 관한 연구도 수행하였으며, 그 개략적인 흐름도는 그림 4와 같다.

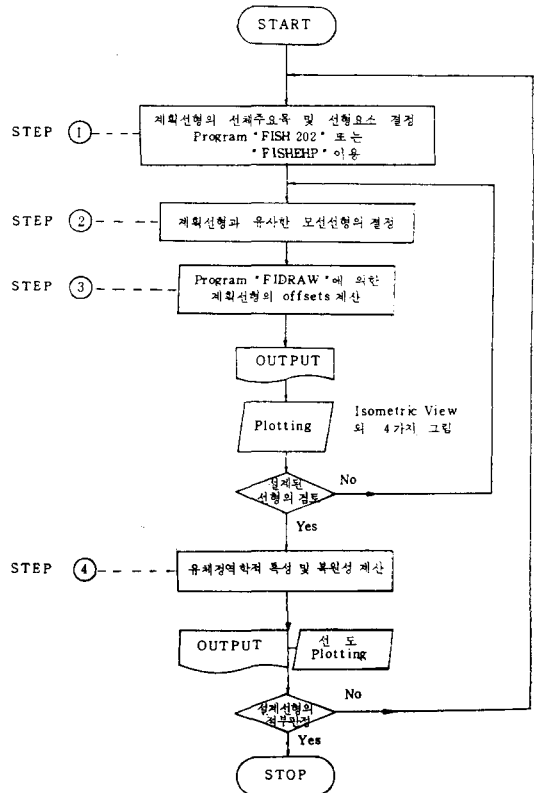


그림 4. 어선선형설계의 개략적 흐름도

어선선형설계법을 크게 4 단계로 구분하여 보면 아래와 같다.

제 1 단계 : 설계하고자 하는 어선의 특성을 고려하여 주요 선형요소들을 설계자가 직접 결정한다.

제 2 단계 : 성능이 매우 우수하고, 설계자가 의도하는 선형과 매우 유사한 기존 어선선형을 모선으로 선정한다.

제 3 단계 : 주요 선형요소에 맞게 전산기에 의하여 모선의 읍셀을 변화시켜 계획선형을 설계한다. 만일, 의도한 선형과 많은 차이가 있으면 제 2 단계부터 다시 시작한다.

제 4 단계 : 설계된 선형이 만족스러우면 수작업에 의하여 fairing한 후, 전산기에 의하여 유체정역학적 특성 및 정복원력을 계산해 보고, 최종선도도 그려 본다. 이러한 계산결과가 부적당하면 제 1 단계부터 다시 시작한다.

이와 같은 선형설계시 고려되어지는 선형요소들은 $V, L, B, T, C_P, C_M, L_{CB}, 1/2\alpha_B$ (반수선입사각), α_{BS} (최대 B/4버터크 경사각), t (normal trim), H_{PA} (propeller aperture) 등을 들 수 있다.

4.2 모선선형의 선정법

선체의 Δ, L, B, T 에는 크게 구애됨이 없이 설계할 희망하는 나머지 선형요소들과 큰 차이가 없

는 선형으로, 설계자가 의도하는 어선의 성능상 우수한 선형을 택하면 된다. 특히, 선형요소들 중 C_P, C_M, L_{CB} 는 매우 근사한 선형을 택하는 것이 바람직 하다.

4.3 선형수정법

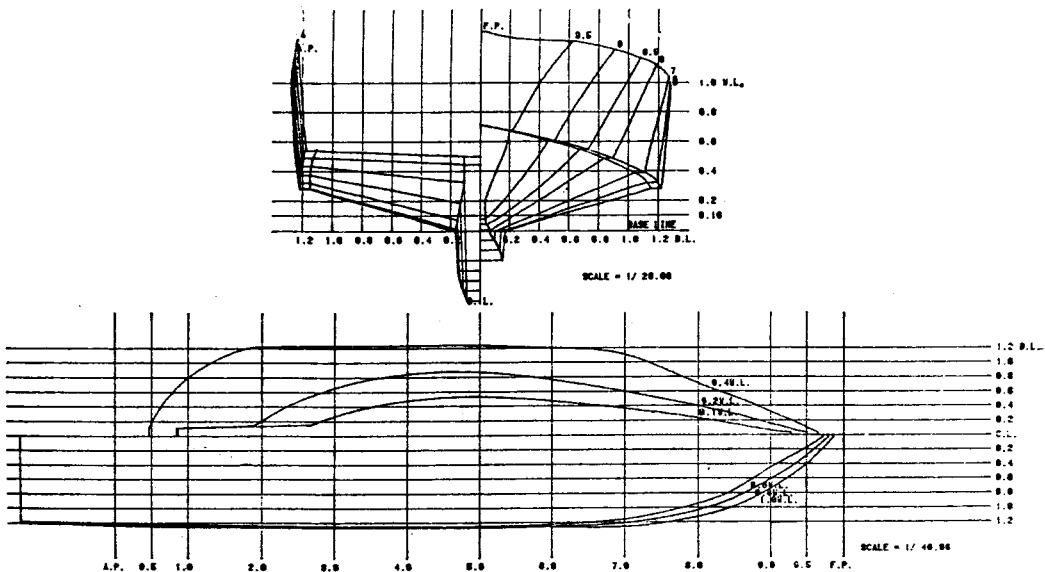
선형요소 및 모선선형이 선정되면 아래와 같은 순서에 따라서 모선선형을 선형요소에 맞게 수정해 나간다.

- (1) 노오말 트림의 수정
- (2) 프로펠러 애퍼추어의 수정
- (3) L_{PP}, B, d 의 수정
- (4) 횡 단면적곡선의 수정
- (5) 각 스테이션에서의 횡 단면형상 수정
- (6) 선수 수선입사각의 수정
- (7) 선체 후반부 버터크경사의 수정

각 선형요소의 수정에 따른 읍셀의 수정방법에 대한 자세한 내용은 참고문헌 5에 상세하게 실려 있다.

4.4 선형설계의 예

4.3 절의 내용에 따라 작성된 전산프로그램들을 실제 선형설계에 응용하여 보았다. 이들 중 그림



SHIP NAME : 6/T 5 TON CLASS FISHING BOAT FOR EAST COAST
DATE : 28-FEB-84

그림 5. 설계된 어선선형의 선도 (예)

5는 당 연구소에서 설계 및 모형시험을 수행한 China line이 있는 동해 5톤급 FRP어선의 선도로, 옵션의 수정이 모두 끝났을 때 유체정역학적 특성 및 정복원력을 계산하면서 plotter에 의하여 그려진 것이다.

이러한 선형설계결과로 볼때, 본 전산프로그램들은 어선선형의 기본설계시 충분히 활용될 수 있을 것으로 본다.

5. 결론

이상과 같은 어선의 생력화를 위한 선형설계법의 개선으로 부터 다음과 같은 결과를 기대할 수 있을 것이다.

(1) 목선의 FRP선화 및 기본설계시에 선형요소들의 최적화를 시도하면 국내 기존어선에 비하여 약 15~25% 정도의 저항감소를 가져올 수 있을 것이다.

(2) 보다 정도 높은 유효마력의 추정으로 엔진마력의 설정 및 프로펠러 설계에 향상을 기할 수 있다.

(3) 전산기에 의한 선형설계 프로그램을 국내 소형어선을 건조하는 각 조선소들에서 활용한다면 선형설계시에 시간단축 및 소비인력의 절감을 기할 수 있을 것이고, 또한 저항감소 등 선형개

발에도 응용될 수 있을 것이다.

(4) 선형설계시 모션으로써 기존의 성능이 우수한 어선선형을 이용하므로, 저항추진성능, 안전성능 및 작업성능 등이 보다 우수한 어선선형을 설계할 수 있을 것으로 본다.

참 고 문 헌

- 1) 김훈철, 서상원의, "연근해 어선 근대화에 관한 연구", 한국기계연구소 연구보고서 UCN 114-194·D, 1982.
- 2) 김훈철, 서상원의, "소형어선 근대화에 관한 연구 (I)", 과학기술처 연구보고서 BSG 042-279·D, 1983.
- 3) 김훈철, 서상원의, "소형어선 근대화에 관한 연구 (II)", 과학기술처 보고서 BSG068-343·D, 1984.
- 4) 이영길, "어선의 유효마력추정법 및 최소화항을 갖는 선형요소들의 최적화에 관한 연구", 한국기계연구소 연구보고서 UCN131H-270·D, 1982.
- 5) 이영길, "전산기에 의한 어선선형의 설계법", 과학기술처 연구보고서 BSG068-343(5)·D, 1984.
- 6) 이영길, "소형어선의 유효마력추정 및 선형설계법", 대한조선학회지 제 21 권 제 3호, 1984.

해난심판 상담소 설치 운영에 관한 안내

해난심판상담소 설치장소 : 각원 서기과

상 담 자 : 조 사 관

전 화 : 중앙해난심판원	서울 392-9820
부산지방해난심판원	부산 65-0395
인천지방해난심판원	인천 72-3865
목포지방해난심판원	목포 42-1674
동해지방해난심판원	동해 32-7014

1986. 1. 10.

중 앙 해 난 심 판 원