

고속어선의 운동성능 개선장치 개발에 관한 연구

이귀주[†] · 김경화 · 박나라

조선대학교 선박해양공학과

A Study on the Development of Sea-keeping Performance Improving Device for High Speed Fishing Vessel

Kwi-joo LEE[†], Kyoung-hwa KIM and Na-ra Park

Department of Naval Architecture & Ocean Engineering, Chosun University

Abstract

In spite of many efforts, in the design of high speed fishing vessel the sea-keeping performance improvement without neglection of resistance-propulsion performance by hull form itself has its limitations. In this paper, the development of sea-keeping improving appendage pitching and trim improver for high speed planing hull on behalf of the hull form of fishing vessel has been introduced. The developed appendage verified its effectiveness in the full scale test and also has been proved the better resistance performance in the model test and full scale test.

Key words : high speed fishing boat(고속어선), sea-keeping performance(운동성능), pitching(핏칭), appendage(부가물), trim improver(트림개선장치)

NOMENCLATURE

B, b Beam or Breath, moulded(m)
 C_B Block coefficient
 C_{Lβ} Lift coefficient
 L_{CB} Longitudinal center of bouyancy(m)
 L_{CG} Longitudinal center of gravity(m)
 L_K, L_C Length of submerged keel length (L_K)
 and Chine length(L_C) (m)
 L_{OA} Length overall (m)
 L_{WL} Length of waterline (m)

R_M Model resistance(N)
 R_T Total resistance (N)
 S Wetted surface area (m²)
 T Draft moulded (m) or Thrust (N)
 V Ship speed (knots)
 W Weight of model (N)
 τ Trim angle (°)
 λ (L_K + L_C)/2b
 Δ Displacement (ton)

1. 서 론

우리 나라의 기존 어선의 선형은 일반적으로 배수량형(Displacement type)과 각형정(Hard Chine type)으로 되어 있으며, 각 선형마다 장단점을 갖고 있어 배의 속도, 안정성, 작업성 등을 고려하여

선형의 기본 윤곽을 결정하게 된다.

배수량형의 경우 선체 주위의 유선의 흐름이 매끄럽게 되어 저항추진 성능이 각형정에 비하여 우수하나 복원성이나 조업성능의 측면에서는 다소 불리한 면이 있다. 반면, 각형정의 경우 어민들이 오래 전부터 목선으로 이 형상의 선형에 익숙해 있고,

[†]Corresponding author : kjalee@chosun.ac.kr

특히 넓은 갑판면적과 우수한 복원성의 잇점으로 아직도 많은 어민들이 선호하고 있는 실정이다. 그러나 두 선형 모두 25노트 이상의 고속역에서는 저항추진성능이 급격히 저하되어 고속화 어선의 선형으로는 적합하지 않다. 따라서 어선을 고속화하려면 선형자체를 고속화 선형으로 대폭 전환시켜야 한다.

어선 선형으로 적용 가능한 대표적인 고속 선박의 선형과 특성을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 쌍동선
 - 침수면적이 크기 때문에 저속에서 저항이 크지만 고속에서는 조파저항 감소
 - 안정성이 좋음
 - 속도성능, 조종성능, 내파성능이 좋지 않음
 - 접안성능이 나쁨
- 2) 활주형선(Planing Hull)
 - 흘수가 낮아 항로 및 항구개설 용이
 - 조종성능이 우수함
 - 선가가 저렴하고 취급이 용이함
 - 접안성능이 매우 좋음
- 3) 최소수면 쌍동선(SWATH)
 - 안정성이 좋음
 - 수선면적이 작으므로 운동성능이 우수함
 - 선가가 비싸고 접안성능이 나쁨
- 4) 공기부양선(Hover Craft)
 - 저항이 작으므로 속도의 증가를 기대할 수 있음
 - 넓은 갑판면적으로 안정성이 우수함
 - Skirt의 보수유지 불편
 - 초기 투자 비용이 높고 내파성이 좋지 않음
 - 소음이 심함
- 5) 수중익선(Hydrofoil craft)
 - 흘수가 깊음
 - Foil의 보수유지가 필요함
 - 조종성능이 우수
 - 건조비가 비쌈
 - Foil의 양력을 제어할 수 있는 장치 필요

참고로 일본에 있어서 여러 종류의 고속정의 운항 현황을 보면 Table. 1과 같다.¹⁾

Table 1. Status of Japanese high speed vessel

| Semi-Submerged Catamaran | Planing Hull | Wave-Piercing Boat | Hover Craft | Jet Foil | 계 |
|--------------------------|--------------|--------------------|-------------|----------|-----|
| 1 | 151 | 24 | 6 | 5 | 186 |

상기 고속선들의 특성과 일본의 고속선 운항 현황을 종합적으로 검토하여 보면 어선의 선형으로는 활주형선이 가장 적합함을 알 수 있다.

활주형 선박은 선체와 수면사이의 동적 압력에 의하여 선체가 부양되어 수면 위를 활주함으로써 저항을 감소시키고 고속성능을 향상시키도록 고안된 선형으로서 다른 고속선박에 비하여 다음과 같은 특징을 갖고 있어서 어선으로 적용에 유리하다.

- 1) 고속화 경제성이 가장 우수
- 2) 설계 및 건조가 비교적 용이
- 3) 건조비가 저렴
- 4) 흘수가 낮아서 운항이 용이
- 5) 선회성능이 우수

2. 트림과 저항

활주선에서 개선해야할 문제점들에 공통적으로 해당되는 것이 과도한 트림이며, 트림은 L_{CB} 위치와 선저경사각(Deadrise angle) 그리고 운항 상태와 관계가 있고, 핏칭에 직접적인 영향을 미쳐 진동소음을 유발하는 원인이 된다. 더욱이 트림은 저항성능과도 밀접한 관계를 가지게 되며 주어진 트림에서 전저항(R_T)은 식 (1)과 같이 트림각(τ)에 의해 압력저항(Pressure drag)과 점성저항(Viscous drag)으로 이루어진다.^{2),5)}

$$\begin{aligned}
 R_T &= \text{pressure drag} + \text{viscous drag} \\
 &= \Delta \tan \tau + D_f / \cos \tau \\
 &= \Delta \tan \tau + \frac{1}{2} \rho V^2 \lambda b^2 / \cos \tau \dots\dots\dots(1)
 \end{aligned}$$

여기서, $\lambda = (L_K + L_C) / 2b$

D_f : Friction Drag

R_f : Resistance of friction

식 (1)을 도시하면 Fig. 1과 같다.

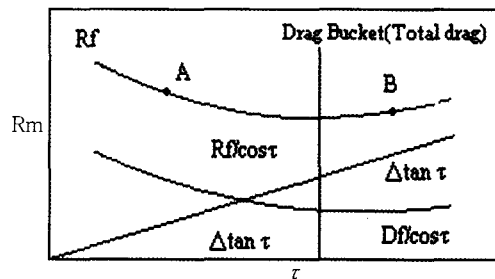


Fig. 1. Resistance vs trim curve.

Fig. 1에서 볼 수 있는 바와 같이 트림이 일정 범위보다 작거나 크면 저항이 급격히 증가하게 되고, 트림이 A점보다 낮으면 L_{CB} 위치를 선수방향으로 옮기거나 트림탭(Trim tab)에 각을 주고, B점보다 높으면 L_{CB} 위치를 선미방향으로 옮기거나 추력각(Thrust angle)을 적절하게 조절하면 저항의 급격한 증가를 방지할 수 있다.

3. 운동성능 개선 부가물 개발 및 성능시험

Table 2에 보인바와 같은 선형 특성을 갖는 선형에 대한 운동성능 개선을 위하여 Fig. 2에 보인바와 같은 부가물을 개발하고 WJFEL(West Japan Fluid Engineering Laboratory)과 공동으로 모형시험을 실시하였다.

Table 2. Main particulars of model and ship

| | | Ship | Model |
|----------|-----------|--------|-------|
| L_{OA} | (m) | 9.400 | 0.591 |
| L_{WL} | (m) | 7.510 | 0.472 |
| B | (m) | 3.204 | 0.201 |
| D | (m) | 1.628 | 0.102 |
| T | (m) | 0.650 | 0.039 |
| S | (m^2) | 19.129 | 0.076 |

한편, Spray strip은 선수에서 선미에 걸쳐 양쪽으로 3개씩 부착하였으며, 깊이는 센터라인에 가까운 곳으로부터 첫 번째 것은 배폭의 0.62%, 두 번째 것은 0.84%, 세 번째 것은 0.94%로 하였다.

먼저 기본선형의 저항성능과 운동성능을 확인하

기 위해서 저항시험과 트림계측시험을 수행하였다. 트림계측시험 결과 계측된 트림각이 7°이상으로 Savitsky^{2),5)}가 제안한 Fig. 3에서 식 (2)에 의해 찾아볼 수 있는 안정속도 범위의 트림각 4°와는 많은 차이가 있으므로 트림개선에 대한 추가 연구가 필요하게 되었다.

$$C_{L,\beta} = \Delta / \frac{1}{2} \rho V^2 B^2 \dots\dots\dots(2)$$

저항시험은 WJFEL에서 수행하였으며, 저항해석은 아래 식과 같이 2차원적인 방법을 이용하였다.

$$C_{ts} = C_F + C_R$$

여기서, C_F 은 ITTC-57 Line에 의한 마찰저항 계수이다.

상기 해석방법에 의해 측정된 실선의 전저항 계수 C_{ts} 는 Fig. 4에 도시하였으며, 속도별 관측과정을 Fig. 5에 나타내었다.

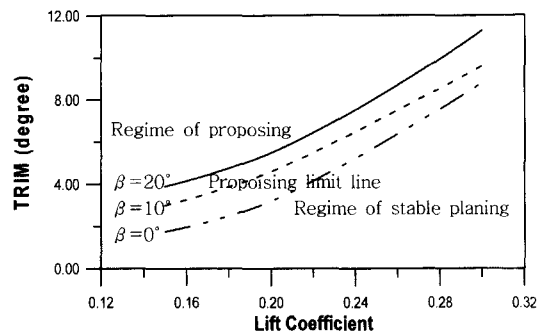


Fig. 3. Trim vs lifting coefficient.

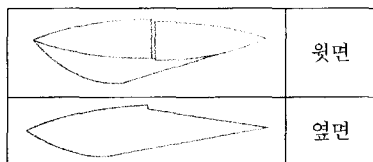


Fig. 2. Trim-Pitching Improving device.

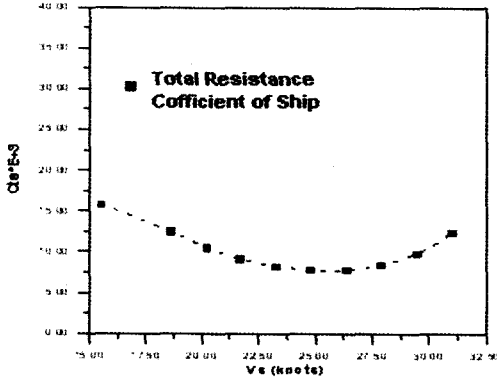


Fig. 4. Total resistance coefficient.

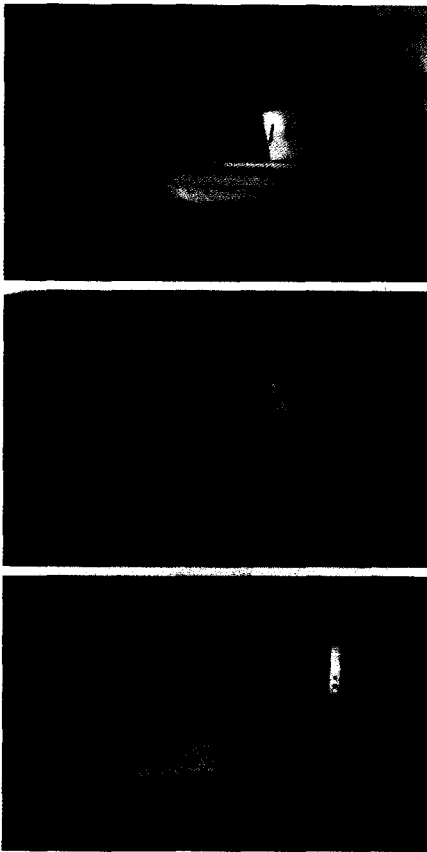


Fig. 5. Model test at 15, 20, 25 knots respectively.

연구대상선형은 트림 탭을 부착하였으며 모델에 부착된 트림 탭은 길이가 20mm, 폭이 12mm이며 조사된 Froude 수별 최적 flap angle을 Fig. 6에 나타내었다.

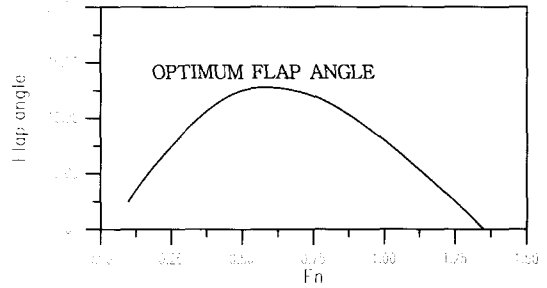


Fig. 6. Optimum flap angle.

나선에 대한 모형시험을 수행한 결과 과도한 트림, 파랑 중 심한 핏칭 및 파운딩 운동이 발생하였으므로 트림 및 핏칭 운동을 감소시키기 위해 Fig. 2에 보인 바와 같은 운동성능개선장치를 개발하였다.³⁾

이 장치는 양력을 발생시키며 박리에 기인하는 에너지 손실을 방지하기 위해 선저부분과 평형을 유지하도록 부착하였다. 또한 그 단면 형상은 평평한 앞쪽 바닥과 둥글게 된 뒷바닥 형상이 되도록 설계하였다.

부가물 부착상태에서 트림 및 핏칭을 조사하기 위해서 다음의 3가지 선체조건으로 비교모형시험을 수행하였다.⁴⁾

- (1) 나선상태
- (2) 트림탭 부착
- (3) 트림탭과 개발된 부가물(TPI) 부착

Fig. 7는 나선상태와 부가물 부착상태의 저항값의 차이를 보여주고 있다. 트림탭만 부착한 선형은 저항이 증가하는 경향을 보인 반면 TPI와 같이 부착하였을 시는 저항이 4~5% 정도 감소하였다.

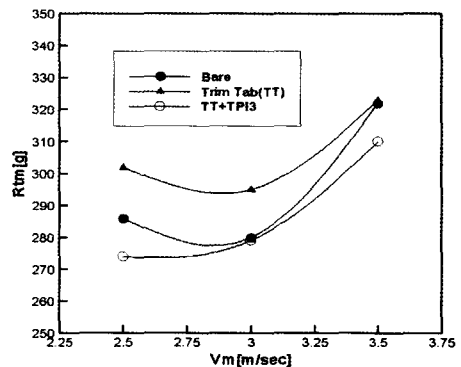


Fig. 7. Comparison of resistance.

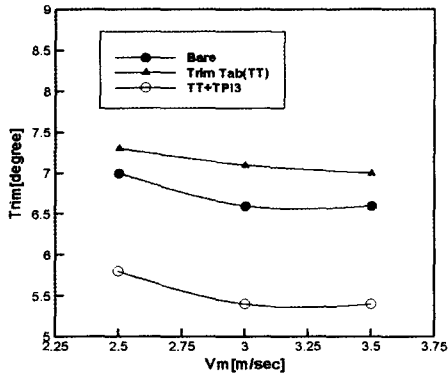


Fig. 8. Comparison of trim curves.

Fig. 8에서 트림탭과 TPI가 부착된 선형은 나선에 비해 2°정도 트림이 감소하여 핏칭운동 개선에 기여했을 것으로 추정된다.

모형시험 결과를 종합해 볼 때(Fig. 6, 7), 개발된 부가물에 의한 대상선형의 트림, 파운딩, 피칭 및 저항성능 개선을 확인 할 수 있으므로 이를 실선 척도에 맞도록 제작 후 부착하여 실선적용에 대한 해상시운전을 수행하였다. 해상시운전은 부가물을 부착하지 않는 상태와 부착한 상태의 두 조건에서 속도 25, 30, 35노트의 3속도로 변화시키면서 소음, 진동 및 트림의 실선 계측이 세 속도에서 계측되었으며, 그 결과들을 비교하여 Table 3에 나타내었다.

소음의 측정은 Sound Level Meter(정밀소음계 NL31)를 이용하여 1 octave band의 중심주파수에서 소음을 계측하였고, 소음을 측정하는 동안 순항 속도로 직선운동을 하였다. 함정순항모드 85%에서 측정하였고, 평가는 NCR상태인 85%를 기준으로 하였고, 각각 선실의 category를 정하여 소음기준 레벨과 비교하였다.

선체진동은 일반적으로 재화상태, 해상조건, 및 수심의 영향 등에 따라서 그 크기가 달라질 수 있고 계측하는 사람에 따라 계측위치, 계측방향, 데이터 취득 및 분석 방법에 이르기까지 모든 평가조건이 달라질 수 있으므로 객관적이면서도 일관된 표준이 필요하다.

Table 3에 보인 바와 같이 부가물 부착 선형은 트림, 소음 및 진동이 모두 개선되었다.

모형 시험값의 트림은 실선 시운전 시 트림보다 1~2°였으며, 트림 개선 효과 현상은 개발된 부가물의 척도효과에 기인한 것으로 추측되어진다.

Table 3. Summary of sea trial result

| Speed (knots) | | 25 | 30 | 35 |
|-------------------|----------|-------|-------|-------|
| Trim (°) | with TPI | 7 | 12 | 11 |
| | without | 9 | 13 | 12 |
| Acoustics (dB(A)) | with TPI | 76.8 | 82.0 | 83.2 |
| | without | 78.0 | 82.2 | 87.0 |
| Vibration (mV) | with TPI | 20.50 | 52.10 | 49.86 |
| | without | 28.92 | 64.48 | 66.50 |

4. 결론 및 토의

- 1) 개발된 부가물은 고속 활주선의 소음, 진동, 트림 및 핏칭 운동을 감소시킨 것으로 실선 시운전에서 증명되었다. 또한 모형시험에서 저항성능도 미소하게나마 개선시킨 것으로 입증되었다.
- 2) 좀더 다양한 부가물의 크기와 형태를 모형시험과 실선시험을 실시하고 그 결과를 분석하여 최적화 한다면 보다 나은 성능향상이 있을 것으로 추정된다.
- 3) 척도효과를 고려한다면 모형선에서보다 다소 큰 부가물이 실선에서 제성능을 발휘할 수 있을 것으로 추측된다.

후 기

이 논문은 2003년도 조선대학교 교내학술연구비의 지원을 받아 연구되었음

참고문헌

- 1) 이귀주, 방한서, 강대선(2000) : 차세대형 다목적 어선 개발, 해양수산부.
- 2) D. Savitsky(1964) : Hydrodynamic design of planing hulls, Marine Technology, 1(1).
- 3) 이희상, 김기윤(2000) : 파랑중 어선의 동력학 해석, 한국어업기술학회지 36(1), 33-44.
- 4) 이귀주, 좌순원(2004) : 총톤수 100톤급 활주형선의 활주 전 저항성능 개선에 관한 실험적

-
- 연구, 한국어업기술학회지 40(1), 17-22. 2004년 10월 15일 접수
5) Michihito Ogura, 1986, General introduction 2005년 1월 5일 수리
for circulating water channel, CWC symposium.