

● 論 文

# 고속어선의 저항 및 핏칭 개선장치 개발에 관한 연구

이 귀 주\* · 오 훈 택\*\*  
(97년 6월 9일 접수)

A Study on the development of resistance and pitching improving device for high speed fishing vessel

Kwi-Joo Lee\* · Hoon-Taik Oh\*\*

**Key Words** : Planing Hull(활주선), Fishing Boat(어선), Resistance(저항), Pitching(핏칭), Appendage(부가물), High Speed Vessel(고속선), Trim(트림), Trim and Pitching Improver(트림 및 핏칭 개선장치)

## Abstract

In the design of high speed fishing vessel, its hull form has to be decided from a view point of resistance and propulsion performance without neglection of seakeeping characteristics. In spite of many efforts, the performance improvement by hull form itself has its limitations, specially for high speed craft. In this paper, the development of performance of resistance and seakeeping improving appendage 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.

## NOMENCLATURE

B, b	Beam or Breadth, moulded (m)	$L_K, L_C$	Length of submerged keel length( $L_K$ ) and Chine length( $L_C$ ) (m)
$C_B$	Block coefficient	$L_{OA}$	Length overall (m)
$C_{L,\beta}$	Lift coefficient	$L_{WL}$	Length of waterline (m)
$C_p$	Center of pressure	$R_M$	Model resistance(N)
L	Lift force (N)	$R_T$	Total resistance (N)
$L_{CB}$	Longitudinal center of bouyancy (m)	S	Wetted surface area ( $m^2$ )
$L_{CG}$	Longitudinal center of gravity (m)	T	Draft moulded (m) or Thrust (N)
		V	Ship speed (knots)

\* 조선대학교 공과대학 선박해양공학과

\*\* (주)대우중공업 선장설계 2부

- W Weight of model (N)
- $\tau$  Trim angle (°)
- $\lambda$   $(L_k + L_c)/2b$
- $\Delta$  Displacement weight (ton)

### 1. 서 론

최근 우리나라 어업은 고인건비와 인력난으로 인하여 경쟁력을 상실해가고 있다. 우리나라보다 한발 앞서 이러한 문제를 경험하고 적절히 대처한 일본의 현황을 조사해보기 위해서 우리 나라와 일본 어선들의 마력, 선속 및 선원수를 비교해 보면 다음 표들과 같다.

Table 1 Comparison of domestic small size fishing vessel

총톤수	업 종	주기관 PS×RPM	속력 (knot)	평균승선원 (명)
1.9	연 승	26×2100	8.0	3
4.5	통 발	95×2600	9.5	5
6.7	채낚기	128×2200	9.0	6
7.93	"	220×2000	12.5	7

Table 2 Comparison of Japanese small size fishing vessel

총톤수	업 종	주기관 PS×RPM	속력 (knot)	평균승선원 (명)
3.7	자망, 유어	290×3300	34.5	1
4.6	자망, 연승	350×2700	31.0	2
4.0	연안어업 전반	285×2800	25.0	2
6.6	자망, 자어업	340×2200	24.8	2
7.3	연승, 유어	470×2300	30.1	2
7.9	어장관리	380×2300	22.5	4

상기 표에서 볼 수 있는 바와 같이 국내 어선들의 선속은 10노트 내외이나 일본 어선들의 선속은 20~35노트임을 알 수 있으며 선원수도 국내 어선이 일본 어선의 2배 정도이다.

이제부터 관심을 갖고 개발해야할 우리나라 차세대 어선은 일본 어선 수준 이상의 고속어선이 되

어야 될 것이므로 기존의 어선 선형설계 개념으로는 목표에 이르는데 한계가 있다<sup>2),3)</sup>. 따라서 전혀 새로운 개념의 선형설계에 대한 연구가 수행되어야 한다. 일본에서 어선을 고속화하여 선원을 대폭 감원하므로 경제성을 향상시킨 것과 같이, 우리나라도 고속화에 의해 선원을 감소시킴으로써 부족한 인력에 대처하며 경제성을 높이고 아울러 2~3일 조업기간을 1일 조업으로 단축할 수 있도록 하여야 경쟁력을 갖출 수 있을 것이다.

### 2. 어선의 선형

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 조업성등의 측면에서는 다소 불리한 면이 있다. 반면, 각형정의 경우 어민들이 오래 전부터 목선으로 이 형상의 선형에 익숙해 있고, 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 일본의 어선과 같이 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 Ship)
  - 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 3과 같다.

Table 3 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

반면에 연구과정을 통하여 개선해야 할 문제점들은 다음과 같다.

- 1) 설계에 주의를 기울이지 않으면 내파성능이 불량할 수 있다.
- 2) 선형에 따라 종방향 경사(trim)각의 변화가 심할 수 있다.

이상에서 언급한 개선해야할 문제점들에 공통적으로 해당되는 것이 과도한 트림이며, 트림은 LCB 위치와 선저경사각(deadrise angle) 그리고 운항 상태와 관계가 있고 핏칭에 직접적인 영향을 미쳐 진동소음을 유발하는 원인이 된다. 더우기 트림은 저항성능과도 밀접한 관계를 가지게 되며 주어진 트림에서 전저항( $R_T$ )은 식 (1)과 같이 트림각( $\tau$ )에 의해 압력저항(pressure drag)과 점성저항(viscous drag)으로 이루어진다<sup>1)</sup>.

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

여기서,  $\lambda = (L_K + L_C) / 2b$

식 (1)을 도식하면 Fig. 1과 같다.

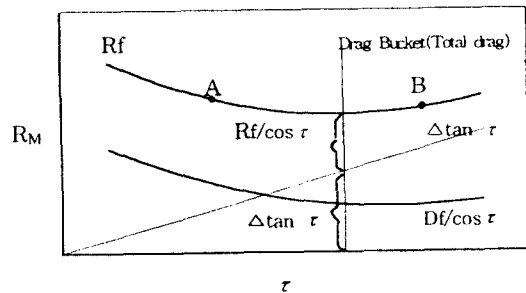


Fig. 1 Resistance vs trim curve

Fig. 1에서 볼 수 있는 바와 같이 트림이 일정 범위보다 작거나 크면 저항이 급격히 증가하게 되고, 그림에서와 같이 트림이 A점보다 낮으면 LCB 위치를 선수방향으로 옮기거나 트림탭(trim tab)에 각을 주고, B점보다 높으면 LCB 위치를 선미방향

으로 옮기거나 추력각(thrust angle)을 적절하게 조절하면 저항의 급격한 증가를 방지할 수 있다.

### 3. 선형 및 모형선

같은 형상의 길이가 다른 2척(CU-9701/9702)의 선형에 대한 저항 및 운동성능 평가를 위하여 WJFEL(West Japan Fluid Engineering Laboratory)에서 공동으로 모형시험을 실시하였으며, 대상선의 기본선도 및 부가물의 형상을 Fig. 2에, 주요재원을 Table 4에 정리하였다.

Table 4 Main particulars of model and ship

	Ship		Model	
	CU-9701	CU-9702	CU-9701	CU-9702
L <sub>OA</sub> (m)	8.750	9.400	0.550	0.591
L <sub>WL</sub> (m)	7.280	7.510	0.458	0.472
B (m)	3.204	3.204	0.201	0.201
D (m)	1.564	1.628	0.098	0.102
T (m)	0.650	0.650	0.039	0.039
S (m <sup>2</sup> )	18.478	19.129	0.073	0.076

초기설계 단계에서 활주형 선박의 LCB 위치는 Fig. 3을 참조하여 결정하였다<sup>1)</sup>.

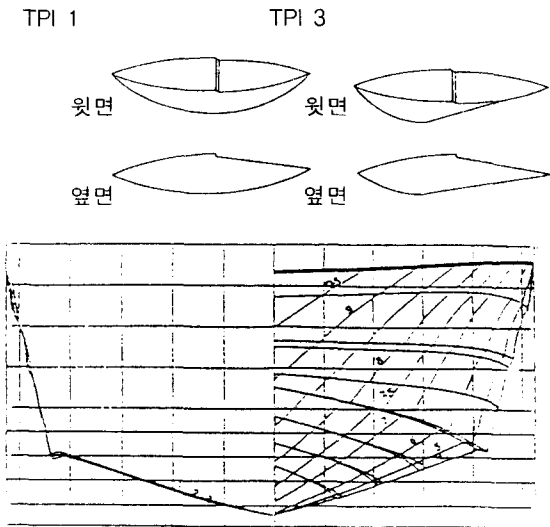


Fig. 2 Body plan of CU-9701 and appendages

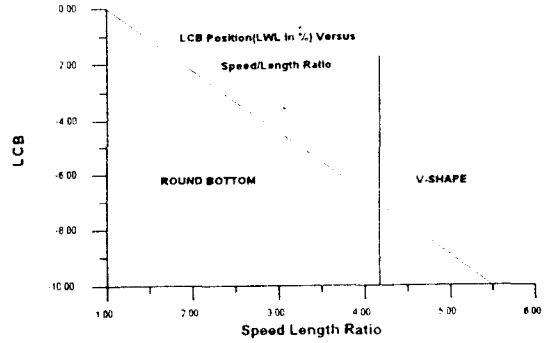


Fig. 3 LCB vs speed length ratio( $V/\sqrt{L}$ )

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

### 4. 저항 및 운동성능 개선 부가물 개발 및 성능시험

두 선형(CU-9701/9702)의 저항성능과 운동성능을 비교하기 위해서 저항시험과 트림계측시험을 수행하였다. 저항시험 결과는 Fig. 4에 비교 도시하였으며, 이 그림에 보인 바와 같이 길이가 긴 선형인 CU-9702의 저항이 전속도 구간에서 CU-9701보다

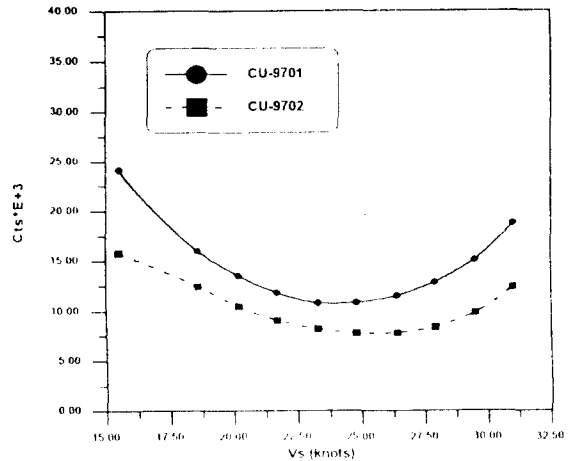


Fig. 4 Comparison of total resistance coefficient for two models

저항성능이 우수하였고 트림계측시험 결과 CU-9702가 CU-9701보다 1~2° 트림이 감소하였다.

따라서 선형은 CU-9702로 선정하였으며 이때 계측된 트림각이 7° 이상으로 Savitsky<sup>1)</sup>가 제안한 Fig. 5에서 식 (2)에 의해 찾아볼 수 있는 안정 속도 범위인 트림각 4°와는 많은 차이가 있으므로 트림개선에 대한 추가 연구가 필요하게 되었다.

$$CL\beta = \Delta / \frac{1}{2} \rho V^2 B^2 \quad (2)$$

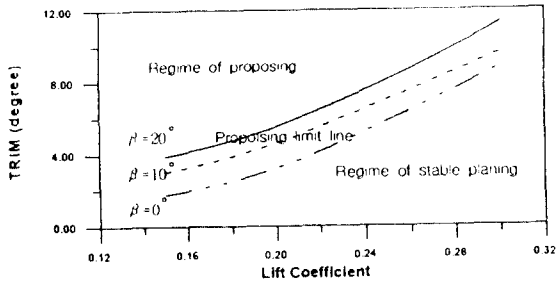


Fig. 5 Trim vs lifting coefficient

모델에 부착된 trim tab은 길이가 20mm, 폭이 12mm이며 조사된 Froude 수별 최적 flap angle을 Fig. 6에 수록하였다.

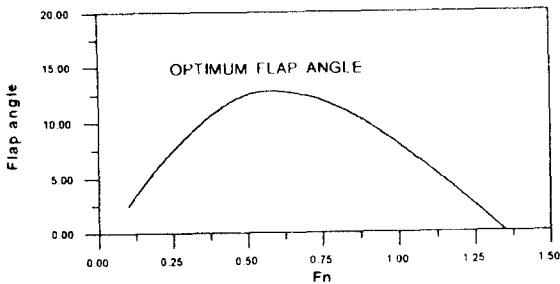


Fig. 6 Optimum flap angle

나선에 대한 모형시험을 수행한 결과 과도한 트림, 파랑중 심한 뺨칭 및 파운딩 운동이 발생하였으므로 트림 및 뺨칭운동을 감소시키기 위해 Fig. 2에 보인 바와 같은 TPI를 개발하였다.

TPI1은 바닥이 타원형으로 둥글게 된 전후대칭 형태를 취했다. TPI2는 TPI1과 같은 형태이나 그 크기를 30%정도 줄였다. TPI3는 큰 양력을 발생

시키고 박리에 기인하는 에너지 손실을 방지하기 위해 항주시 트림상태를 고려하여 선저부분과 평형을 유지하도록 평평한 앞쪽 바다와 둥글게된 뒷바다 형상으로 설계하였다.

부가물 부착상태에서 트림 및 뺨칭을 조사하기 위해서 다음의 5가지 선체조건으로 비교모형시험을 수행하였다.

- (1) 나선상태
- (2) 트림탭 부착
- (3) 트림탭과 TPI1부착
- (4) 트림탭과 TPI2부착
- (5) 트림탭과 TPI3부착

Fig. 7은 나선상태와 부가물 부착상태의 저항값의 차이를 보여주고 있다. 트림탭만 부착한 선형은 저항이 증가하는 경향을 보인 반면 TPI와 같이 부착하였을시는 저항이 4~5% 정도 감소하였다. Fig. 8에서 트림탭과 TPI가 부착된 선형은 나선에 비해 2°정도 트림이 감소하여 뺨칭운동 개선에 기여했을 것으로 추정된다.

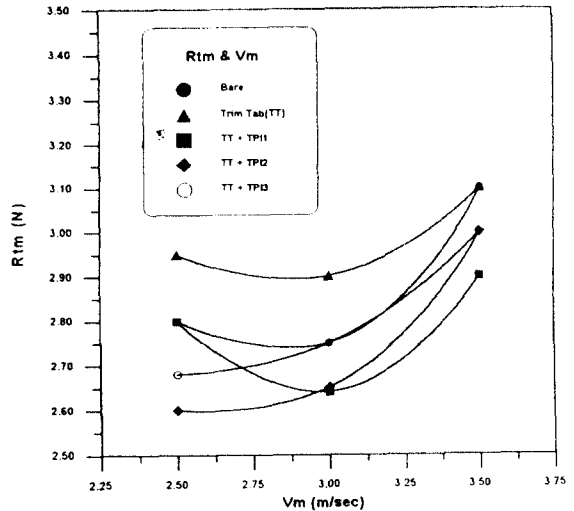


Fig. 7 Comparison of resistance curves

모형시험 결과를 종합해 볼 때(Fig. 7, 8) 대상선형의 트림, 파운딩, 뺨칭 및 저항성능 개선을 위한 부가물 중 TPI3가 가장 우수한 것으로 판명되었으므로 이를 실선 척도에 맞도록 제작후 부착하여 실

선적용에 대한 해상시운전을 수행하였다. TPI를 부착한 상태와 부착하지 않은 상태에서 소음, 진동 및 트림의 실선 계측이 세 속도에서 계측되었으며 그 결과들을 Table 5에 비교하였다. Table 5에 보인 바와 같이 부가물 부착 선형은 트림, 소음 및 진동이 모두 개선되었다.

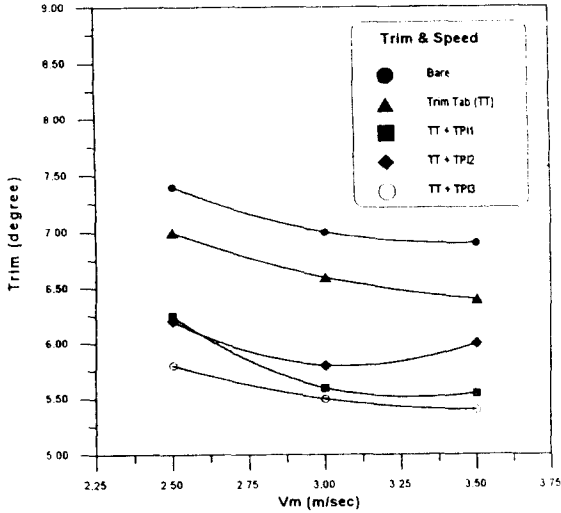


Fig. 8 Comparison of trim curves

Table 5 Summary of sea trial of high speed fishing vessel

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

모형시험값과 실선값은 트림 개선 효과의 측면에서 약간의 차이가 있었으며, 이 현상은 개발된 부가물의 척도효과에 기인한 것으로 추측되어진다.

### 5. 결론 및 토의

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

### 참고문헌

- 1) D. Savitsky, Hydrodynamic design of planing hulls, Marine Technology, Vol. 1, No. 1, Oct. 1964
- 2) 홍성완 외, "G/T 20톤급 연안 어선의 표준선형 개발", 과학기술처 특정연구 보고서, 1989. 5
- 3) 이귀주 외, "중형어선의 단면형상에 관한 실험적 연구", 대한조선학회 논문집, 34-1호, 1997. 2