

## 25노트급 활주형 어선의 기본선형 개발에 관한 연구

이귀주\* · 좌순원\* · 박명규\*\* · 신영균\*\*\*  
\*조선대학교 선박해양공학과  
\*\*한국해양대학교 해양시스템공학부  
\*\*\*STX조선(주)

# A Study on the Hull Form Development of the 25 Knots Class Planing Hull Form Fishing Boat

KWI-JOO LEE\*, SOON-WON JOA\*, MYUNG-KYU PARK\*\* AND YOUNG-KYUN SHIN\*\*\*

\*Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Chosun University, Gwangju, Korea

\*\*Department of Marine Systems Engineering, Korea Maritime University, Busan, Korea

\*\*\*Special & Naval Ship Design Team, STX Shipbuilding Co. Ltd., Jinhae, Korea

**KEY WORDS:** Resistance Test 저항시험, Trim & Sinkage Measurement 트림 및 침하량 측정, Wave Pattern Observation 파형 관찰, Inverted Bell Cross-section Type Bow 볼록-오목 단면형 선수, Deep V Type Bow 선수 선형

**ABSTRACT:** A series of tests of 5 model ships, selected from a data survey of 10 Gross Tonnage actual fishing boats, were performed in two circulating water channels (Chosun University in Korea and WJFEL in Japan), in order to develop the basic hull form of a 25 knots-class fishing boat. Resistance tests, trim and sinkage measurements and wave pattern observations etc., were included in each model test, and the model test results were compared and analyzed. The result was as follows: P-4 hull form ship changed into Deep V type bow is the best hull form with good performance, especially with regard to ship's resistance efficiency.

### 1. 서 론

최근 우리 나라는 연안 오염지역의 확대로 인하여 어획량 감소와 이에 따라 조업현장의 원거리화로 인하여 소형 어선으로 조업하는 어민들의 피해가 날로 증가되고 있다. 특히 우루과이라운드로 인한 시장개방과 경제수역 제한으로 인한 조업해역의 축소 영향이 현실로 나타나 가격 및 조업량 측면에서 주변국들에 비해 열세에 있다.

따라서 향후 예상되는 문제들을 미리 파악하고 적극 대처하여 그 해결책을 준비하여야 할 것이다. 이에 대한 한 방편으로서 어선 고속화에 대한 연구를 수행하였다.

작업반경 확대, 어획물의 신속한 운반 등의 이유로 연근해 어선의 속도는 해가 거듭할수록 고속화되고 있다. 이는 체계적인 선형 연구개발에 의한 고속화라기보다는 기존 10노트 내외의 선형에 기관출력의 증대로 인한 고속화라 할 수 있으며 경제성 및 안정성 측면에서 많은 문제점을 안고 있다.

이러한 연구의 일환으로서 국내에서는 활주선형 어선에 대하여 단면형상 및 장-폭비의 변화에 따른 고속화 연구와 실제 조업에 적용하기위한 중형어업지도선의 고속화 개발 등에 관한 연구를 수행한 바 있다(이귀주 등, 1998)

본 연구는 활주형선이 고속화를 위한 어선의 선형으로서 경제성 및 운항·조업성능 등의 측면에서 가장 적합한 선형에 입각하여 자료조사를 수행하고 기본 치수를 선정하였으며, 이로부터 5척의 모형선을 제작 모형시험을 수행하고 그 성능을 비교 분석하였다.

모형시험은 15노트 이하의 저속역에서는 조선대학교 회류수조에서 그리고 고속역에 대해서는 일본의 서일본유체기술연구소(WJFEL)의 고속 회류수조에서 수행되었다. 참고로 본 연구는 두 수조간의 실험치를 비교하는 것이 아니라 우수선형을 도출하는 일련의 과정에 있음을 밝힌다.

### 2. 선형설계

장-폭비 및 단면형상과 저항과의 관계에 대한 고찰을 통하여 25노트에서 볼록-오목 단면형이 저항성능 면에서 가장 우수한 선형으로 선정되었으며 이를 기준으로 5척의 선형을 설계하였다(민계식 등, 1992; 민계식 등, 1992; 이귀주 등, 1998).

총톤수는 연해와 근해 조업을 병행할 수 있을 뿐만 아니라 다목적으로 이용할 수 있어 어민들이 가장 선호하는 10톤급으로 하였으며, 기본 치수는 국내의 고속어선 통계자료로부터 길이는 15m, 폭 3.5m, 깊이 1.32m로 정하였다.

Fig. 1에서와 같이 각각의 선형은 민계식 등(1992)으로부터

제1저자 이귀주 연락처: 광주광역시 동구 서성동 375

062-230-7075 kjalee@mail.chosun.ac.kr

기본치수에 맞게 선형을 수정한 P-3 선형을 기준으로 중앙선(centerline)과 차인선(chine line)의 위치를 동일하게 하거나 선형에 따라 약간의 수정을 하였다.

P-1 선형은 P-3 선형의 중앙선과 차인선을 각 스테이션에서 직선으로 연결하였고, P-2 선형은 P-1선형의 중앙부로부터 선미부를 역(inverted) V형으로 변형하였으며, P-4 선형은 P-3선형의 선수부를 Deep V형으로 변형하였다.

참고로 P-5선형은 P-4선형과 동일하나 5번, 6번, 7번 스테이션의 선저부에 3단계 단(step)이 있다.

다음 Table 1에 각 선형에 대한 선수부, 중앙부, 선미부의 단면형상의 특징을 비교하였다.

Table 1 Comparison of section shapes

Ship Name	Fore Body	Midship	Aft. Body
P-1	S	S	S & V
P-2	S	S	S & I/V
P-3	I/B	I/B	I/B
P-4	C	I/B	I/B
P-5	C	I/B	I/B

주) S : Straight type      C : Concave type  
 I/V : Inverted V type  
 I/B : Inverted Bell type

또한, 5척의 선형에 대한 정면도를 다음 Fig. 1에 비교하였다.

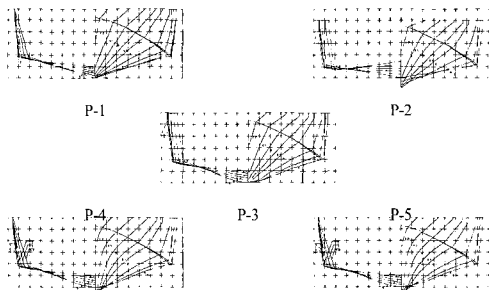


Fig. 1 Comparison of body plan

### 3. 실험 설비 및 방법

모형선은 길이 15m, 25노트급 활주형 어선에 대하여 축척비 1/20 로서 총 5척의 모형선(모형선 번호 : P-1, 2, 3, 4, 5)을 마디카 목재를 이용하여 목형을 만든 후 FRP(fiber glass reinforced plastic)성형하여 제작하였다.

이는 조선대학교 회류수조에서 15노트까지의 모형시험이 가능하기 때문에 이를 고려한 크기이며 아울러 시간 및 경제적 측면을 고려하여 조선대학교 회류수조에서 저속역에서의 우수선형을 선정하여 서일본유체기술연구소의 고속회류수조에서 고속역에서의 성능을 확인하기 위함이다.

실험에 사용된 회류수조는 조선대의 경우 관측부가 5.0 m x 1.2 m x 0.9 m 로서 0.4~1.8 m/s의 속도범위까지 측정 가능하고 서일본유체기술연구소의 경우에는 약 3.0 m/s의 고속역에

서도 측정이 가능하다.

저항시험, 트림 및 침하량 계측, 파형관측 등이 수행되었는데 각 회류수조에서의 시험방법 등에대해서는 참고문헌(이귀주, 1998) 등에서 잘 알려진 일반적인 방법으로 수행되었다.

5척의 선형 중 모형시험 결과 우수선형으로 선정된 P-4 선형에 대한 실선과 모형선의 경하 및 만재상태 주요 제원을 다음 Table 2에 요약하였다.

Table 2 Principal characteristics of P-4

Particulars	Ballast		Full Load	
	Ship	Model	Ship	Model
Scale	1	1/20	1	1/20
L <sub>PP</sub> (m)	15.0	0.750	15.0	0.750
L <sub>WL</sub> (m)	15.02	0.751	15.03	0.752
B (m)	3.5	0.175	3.5	0.175
T (m)	0.63	0.032	0.73	0.037
L <sub>CB</sub> (m)	-1.17	-0.059	-1.16	-0.058
S (m <sup>2</sup> )	48.8	0.122	52.4	0.131
▽ (m <sup>3</sup> )	13.5	0.0017	17.5	0.0022
C <sub>B</sub>	0.41	0.41	0.45	0.45

### 4. 결과 및 고찰

모형시험은 조선대학교 중저속 회류수조와 서일본유체기술연구소의 고속 회류수조에서 수행하였으며, 본 연구는 두 수조간의 실험치를 단순 비교하는 것 이상으로 우수선형을 도출하기 위한 효율적 공동개발이 더 큰 목적이라고 할 수 있겠다.

조선대학교에서의 저속역 모형시험은 5척의 모형선에 대하여 실선 배수량 13.6톤, 16.2톤, 18.2톤에 대해서 수행하였고, 서일본유체기술연구소에서의 모형시험은, 조선대학교에서의 모형시험결과를 분석한 결과(Fig. 2-Fig.8 참조), 우수선형으로 선정된 P-2, P-4 및 고속에서 단(Step)의 효과에 대해서 연구하고자 한 P-5, 즉 3척의 모형선에 대하여 모형시험을 수행하였다.

#### 4.1 저속역의 모형시험

##### 4.1.1 저항시험

각형정 선형이나 활주형 선형은 모형시험시 선저에서 발생하는 양력으로 인하여 속도에 따라 트림 및 침하량의 변화가 크게 되고 이로 인하여 선체 자세의 변화가 유발되므로 예인점의 위치가 계측 저항치에 영향을 미치게 된다. 따라서 활주형선의 경우 예인점을 추진축의 연장선상에 두는 경우가 일반적이다. 본 논문에서는 예인점을 추진축의 연장선과 LCB가 교차하는 점으로 하였다.

저항해석은 식 (1)과 같이 2차원적인 방법을 이용하였다.

$$C_R = C_{TM} - C_{FM} \quad (1)$$

여기서,

$C_{FM}$  은 ITTC-57 Line에 의한 마찰저항계수

우수선형을 찾기 위한 저속영역에서의 저항시험 결과 각각의 배수량에 대한 5척의 잉여저항계수를 다음 Fig. 2, Fig. 3 및 Fig. 4에 비교하였다.

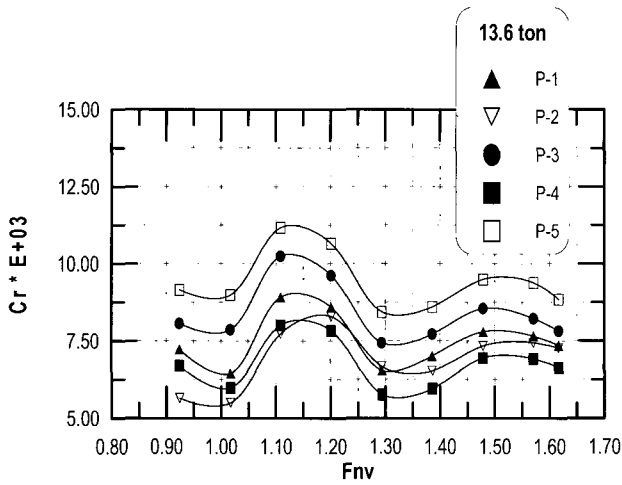


Fig. 2 Comparison of  $C_R$  at 13.6 ton

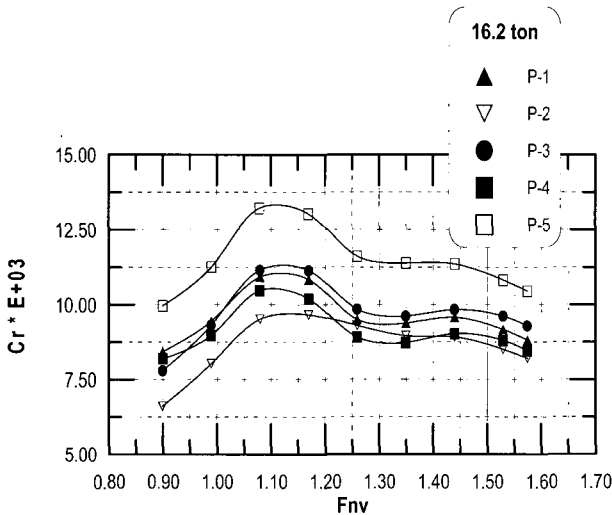


Fig. 3 Comparison of  $C_R$  at 16.2 ton

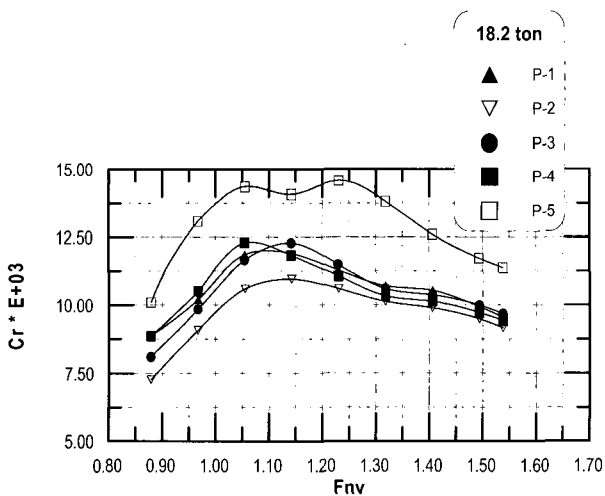


Fig. 4 Comparison of  $C_R$  at 18.2 ton

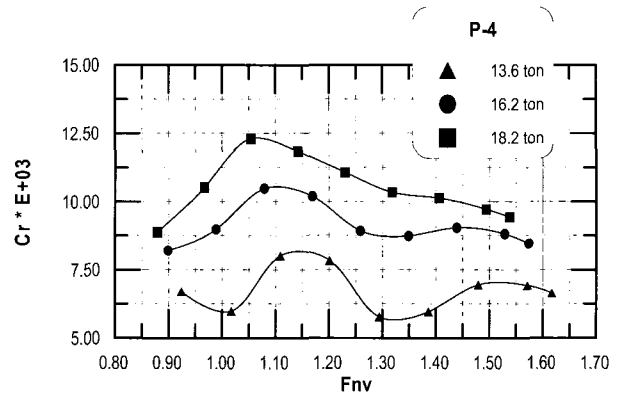


Fig. 5 Comparison of  $C_R$  (P-4)

Fig. 2, Fig. 3 및 Fig. 4에서 볼 수 있는 바와 같이 각 선형 별로 배수량이 작을수록 잉여저항이 속도에 따라 민감하게 변화하였다.

잉여저항을 비교해 볼 때 13.6톤에서는 속도가 증가할수록 P-4선형이 가장 낮은 저항치를 기록하였고, P-5선형이 가장 큰 저항치를 나타냈으며, 배수량이 증가하면서 P-2선형이 저항 면에서는 가장 적은 저항치를 기록하였다.

특히 P-4선형이 배수량 13.6톤 (Fig. 2) 및 16.2톤 (Fig. 3)에서 현저히 낮은 잉여저항 값과 18.2톤 배수량 (Fig. 4)에서 고속역으로 갈수록 다른 선형들과 비슷한 값으로써 낮은 잉여저항치를 나타내고있는 것을 볼 때, P-4선형이 전체적인 잉여저항성능 면에서 가장 양호한 선형이라고 판단할 수 있다.

한편, P-5선형이 P-4선형에 비해 상대적으로 큰 저항치를 보인 것은 단(step)으로 인한 박리, 와류에 기인한 저항증가로 사료된다.

저항성능면에서 양호한 결과를 보인 P-4 선형에 대한 배수량별 잉여저항계수를 Fig. 2 ~ Fig. 4로부터 추출하여 Fig. 5에 비교하였다.

#### 4.1.2 트림 및 침하량 계측시험

항주시 트림 및 침하량과 저항 성능과의 관계를 조사하기 위하여 속도별 침하량을 F.P. 및 A.P.에서 계측하였으며 그 결과를 다음 식(2)와 식(3)으로 무차원화하여 비교하였다.

$$S = \left( \frac{dA + dF}{2} \right) \times 2g / U^2 \quad (2)$$

$$t = (dA - dF) \times 2g / U^2 \quad (3)$$

여기서,

dA : 선미침하량

dF : 선수침하량

g : 중력가속도

U : 선속

실선 배수량 16.2톤에 대한 각각의 선형과 트림 및 침하량과의 관계를 Fig. 6에 비교하였다. 또한, P-4 선형의 배수량별의 트림 및 침하량과의 관계를 Fig. 7에 비교하였다.

Fig. 6 및 Fig. 7에서 트림 및 침하량의 경우 배수량, 선형에 따라 정도의 차이는 있었지만 경향은 비슷하게 나타났으며, 잉

여저항과 마찬가지로 배수량이 작을수록 스프레이(spray) 저항으로 인하여 속도에 대해 민감하게 반응한 것으로 나타났다.

P-4와 P-5 선형의 경우 트림 및 침하량은 거의 동일한 값이 나타났으며, 이는 단(step)이 트림과 침하량에는 크게 영향을 미치지 않기 때문인 것으로 사료된다.

또한, 잉여저항과 트림을 비교해 볼 때 서로 상반되는 경향을 보이고 있으며, Fig. 7에서와 같이 배수량이 증가할수록 용적 Froude수(Fnv) 1.15부터 선미 트림이 일정하게 유지되다가 점점 감소하는 경향을 보이고 있다.

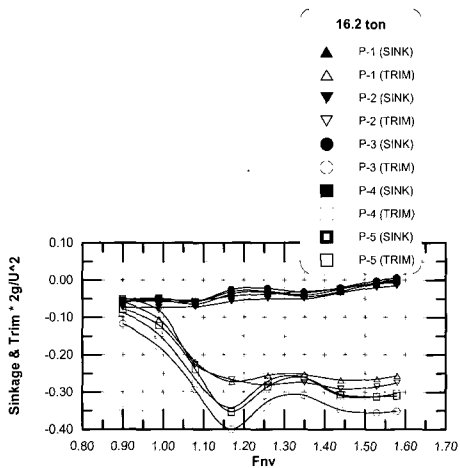


Fig. 6 Comparison of trim & sinkage at 16.2 ton

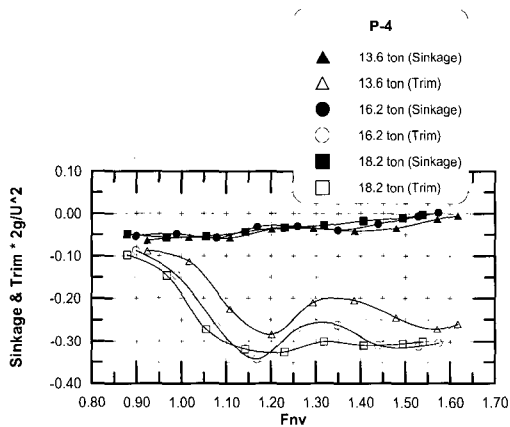


Fig. 7 Comparison of trim & sinkage (P-4)

4.1.3 파형관찰

선형의 기하학적 특성 변화에 따른 선수 스프레이의 변화를 관찰하기 위하여 선체주위의 스프레이 및 파형을 수행하였다. 실선 배수량 13.6톤에 대응하는 5척의 모형선에 대한 유속 1.75m/sec(Fnv=1.62)에서의 스프레이 파형을 사진으로써 Fig. 8에 비교하였다.

Fig. 8에서 볼 수 있듯이 P-1, P-2선형이 상대적으로 스프레이가 심하게 나타났으며, 선형별로 배수량에 따른 스프레이의 형태는 큰 변화를 보이지 않았다. 따라서 선수단면이 직선형일 경우 스프레이가 심하게 발생하는 것으로 판단된다.

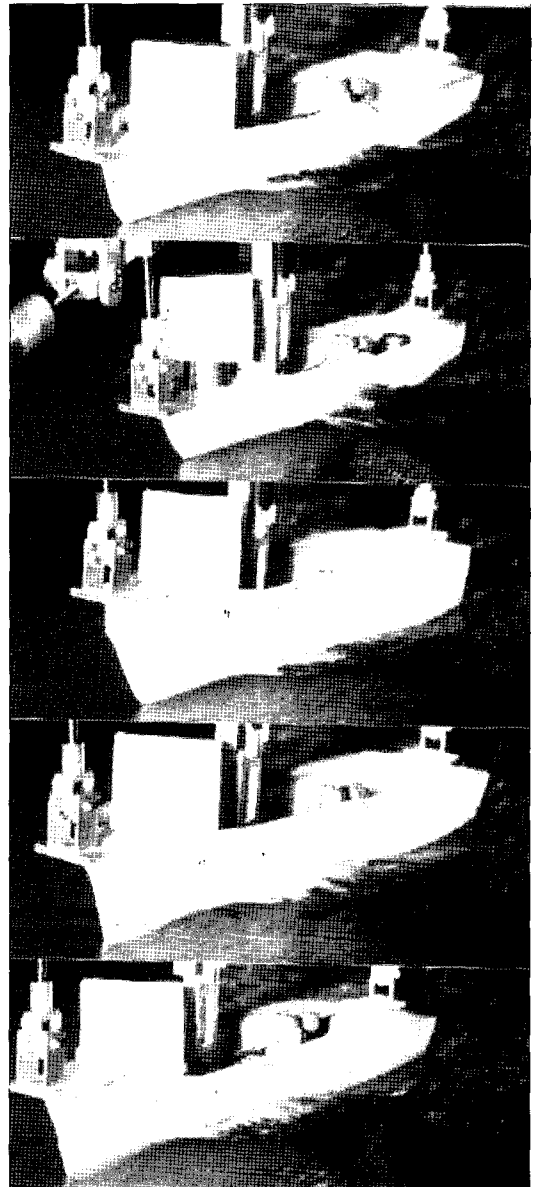


Fig. 8 Comparison of spray at 13.6 ton (Fnv=1.62) (위로부터 P-1,2,3,4,5)

4.2 고속역의 모형시험

조선대학교 회류수조에서 저속역에서의 모형시험 결과 P-4와 P-2 선형이 저항성능 면에서 우수한 선형으로 평가되었으며, 따라서 이 두 선형과 실험적으로 제작한 P-5선형(steped hull)에 대하여 고속역에서의 모형시험을 실시하기로 하였다.

즉, 3척의 모형선에 대하여 서일본유체기술연구소 고속회류수조에서 경항상태 13.5톤, 만재상태 17.5톤에 대하여 14~30노트(모형선 속도 1.6~3.5m/sec) 사이의 속도 영역에 대한 모형시험을 수행하였다.

본 고속회류수조에서의 실험 방법도 조선대학교에서 수행한 일반적인 회류수조 시험방법과 동일하며 구체적인 실험방법

등에 대해서는 참고문헌(이귀주, 1998)에 따른다.

P-5와 P-4선형은 두 가지 재하조건에 모두에 대하여, P-2선형은 경하상태에 대해서만 모형시험을 수행하였다.

모형시험에 있어서 고속역의 스프레이를 최소화하기 위하여 스프레이 스트립(spray strip)을 부착하였으며, 스프레이 스트립의 위치와 크기, 각도 등은 동일하게 하였다.

저항시험 결과 선형별 유효마력의 증감을 Table 3 및 Table 4에 비교하였으며, 유효마력 곡선을 경하상태는 Fig. 9에 만재상태는 Fig. 10에 수록하였다.

Fig. 9 및 Fig. 10에서와 같이 유효마력을 비교하여 볼 때, 경하 및 만재 상태에서 공히 P-4 선형이 가장 우수한 성능을 보였다. 그러나, 선저 단(step)이 있는 경우는 P-2 선형에 비해 오히려 저항이 증가하였음을 알 수 있다.

항주시 트림 및 침하량과 저항성능과의 상관관계를 연구하기 위하여 속도별 침하량을 F.P. 및 A.P.에서 측정하였으며, 그 결과를 식(2)와 식(3)으로 무차원화 하여 경하상태는 Fig. 11에 만재상태는 Fig. 12에 비교하였다.

Fig. 11 및 Fig. 12에서 무차원화 한 침하량 및 트림은 저속역에서의 모형시험 결과의 연장선상에 있음을 알 수 있으며, 경하상태의  $F_{nv}=2.0$  이상에서는 3척의 선형 모두 일정한 값을 유지하고 있다.

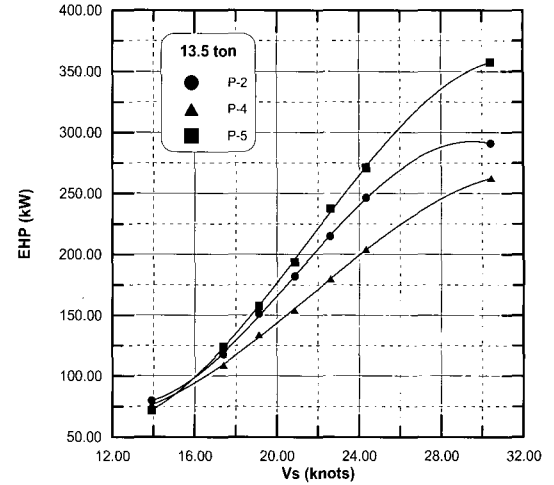


Fig. 9 Comparison of EHP(kW) at ballast condition

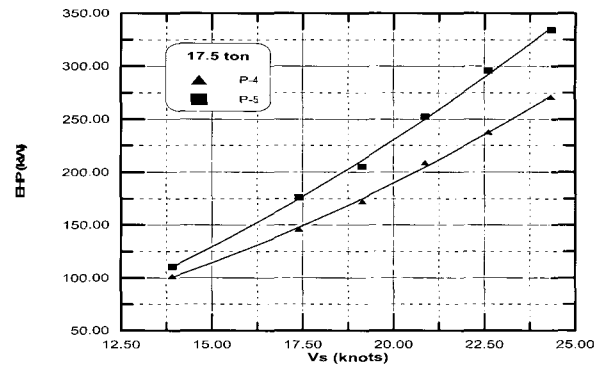


Fig. 10 Comparison of EHP(kW) at full load condition

Table 3 Comparison of EHP(kW) at ballast condition

Vs (kts)	P-2 (A)	P-4 (B)	P-5 (C)	(A-B)/A ×100(%) *	(C-B)/B ×100(%)**
15	87	84	86	3.4	2.4
20	167	144	175	13.8	21.5
22	203	170	223	16.3	31.2
25	257	213	282	17.1	32.4
26	271	225	298	17.0	32.4
28	289	245	327	15.2	33.5
30	293	260	353	11.3	35.8

주) \* A에 대한 B의 감소율

\*\* B에 대한 C의 증가율

Table 4 Comparison of EHP(kW) at full load condition

Vs (kts)	P-4 (B)	P-5 (C)	(C-B)/B ×100(%) **
15	115	133	15.6
18	154	186	20.8
20	191	228	19.4
22	228	282	23.7
24	263	327	24.3
25	286	348	21.7

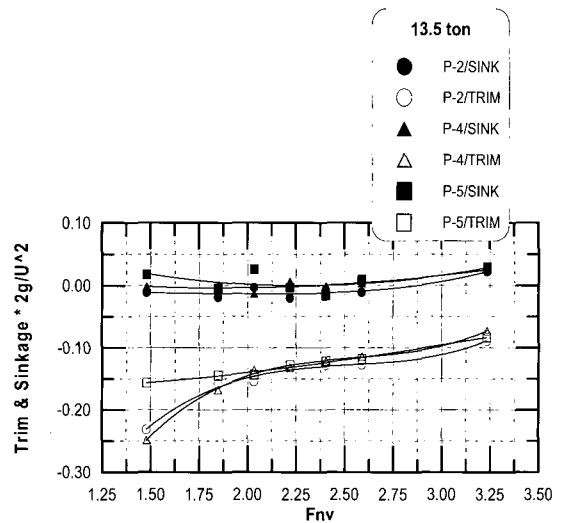


Fig. 11 Comparison of trim & sinkage at ballast condition

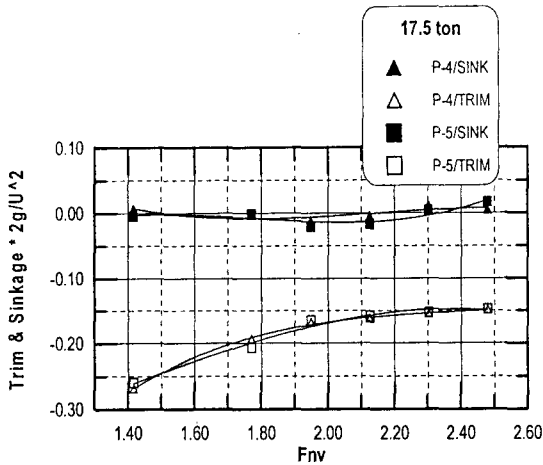


Fig. 12 Comparison of trim & sinkage at full load condition

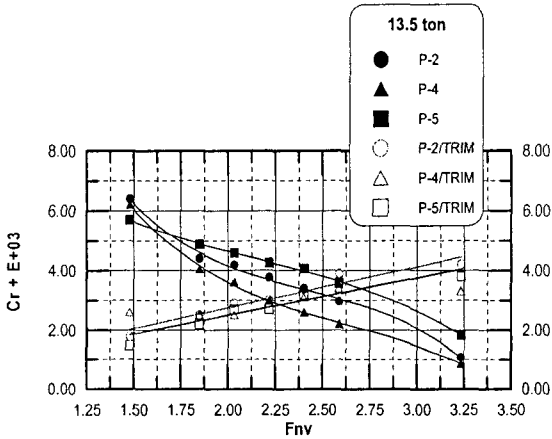


Fig. 13 Correlation between  $C_R$  and trim angle at ballast condition

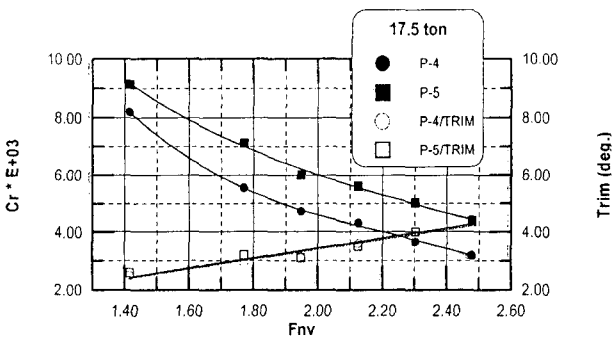


Fig. 14 Correlation between  $C_R$  and trim angle at full load condition

또한, 모형선에 부착한 트림각 계측장치(potentiometer)로 트림각을 계측하였으며, 잉여저항과 함께 경하상태는 Fig. 13에 만재상태는 Fig. 14에 비교하였다.

Fig. 13에서 볼 수 있는 바와 같이 경하상태(13.5톤)의 경우

P-2, P-4 및 P-5의 잉여저항은 속도에 따라 상당한 차이를 나타내고 있으며, 트림각의 변화 경향은 동일하게 나타났으며, P-4와 P-5의 경우 같은 값을 보이고 있다. 또한 Fig. 14의 만재상태(17.5톤)에서 P-4와 P-5의 잉여저항에는 상당한 차이가 있으나, 트림 및 침하량은 경하상태와 동일하게 거의 같은 경향이 나타났다.

Fig. 13 및 Fig. 14에서 볼 수 있듯이 P-4와 P-5의 선형 특성상 침수면적에 의한 마찰저항과 트림각에 의한 조파저항은 동일한 것으로 판단되며, 잉여저항의 차이를 보이는 이유는 선저단(step)으로 인한 박리 및 와류에 기인한 저항 증가 현상으로 사료된다

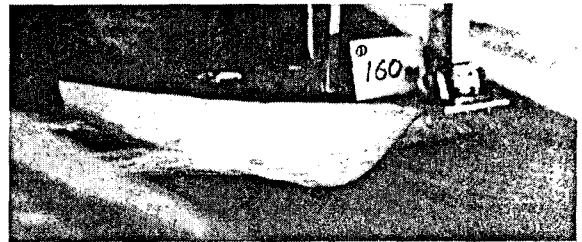


Fig. 15 Wave pattern of P-4 at ballast condition (Fnv=3.24)

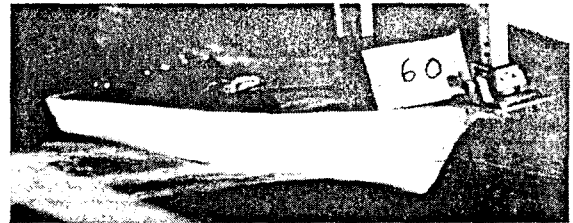


Fig. 16 Wave pattern of P-2 at ballast condition (Fnv=3.24)

선형의 기하학적 특성 변화에 따른 선수 스프레이의 변화를 관찰하기 위하여 스프레이 관찰시험을 수행하였다. 성능이 가장 우수하다고 판단된 P-4 선형의 경하상태 모형선 속도 3.5m/sec에 대한 파형을 Fig. 15에 수록하였다. 또한 P-2의 파형을 Fig. 16에 수록하였다.

Fig. 15 및 Fig. 16으로부터 스프레이 스트립을 부착함으로써 스프레이를 상당히 감소시킬 수 있었으며, P-2 선형의 경우 다른 선형에 비해 스프레이 현상이 현저하게 나타났다.

결과적으로 P-4 선형이 저항성능 면에서도 우수하였으며, 트림 및 스프레이 파형 또한 작게 나타나고 있음을 알 수 있다.

### 5. 결론

이상으로서 5척의 선형에 대한 일련의 실험으로부터 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 약 15노트까지의 조선대학교 모형시험 결과로부터 5척의 선형 중 P-2와 P-4선형이 저항성능 면에서 양호한 결과를 보였으며, 스프레이는 선수 단면형이 직선형인 P-1과 P-2에서 현저

하게 발생하였다. 따라서 선수단면이 Deep V형인 P4선형이 파형 및 저항성능을 비교해볼 때 5척의 선형 중에서 최적선형으로 판단된다.

(2) P-2, P-4 및 P-5의 고속역의 모형시험 결과로부터 P-4선형은 P-2선형에 비해 경하상태(13.5ton) 계획속도 25노트에서 약 17.1%의 저항 감소효과가 있었고, P-5선형은 P-4선형에 비해 약 32.4%가 증가하였다. 또한, 만재상태(17.5ton)에서도 P-5선형은 P-4선형에 비해 만재 계획속도 20노트에서 약 19.4%의 저항이 증가하였다. 즉, 상기 (1)항과 마찬가지로 고속역에서도 P-4선형이 최적선형으로 판단되며, 추후 P-4선형을 기본선형으로 보다 우수한 선형을 도출할 수 있을 것으로 생각된다.

(3) 모형시험 결과를 종합하여 볼 때 스프레이로 인한 저항 및 파형을 최소화하기 위해서는 선수단면을 직선형보다는 오목(concave) 또는 볼록오목(inverted bell) 단면형을 취합이 타당함을 알 수 있었다. 또한, 중앙부 및 선미부의 단면형상은 추진장치 및 선체운동(특히, rolling)을 고려하여 적정 단면형을 취하는 것이 합리적인 것으로 사료된다.

(4) 최근 연구의 중요성을 인정받아 많은 연구가 진행되고 있는 stepped hull의 경우 보통 1개의 단(step)이나, 본 연구에서는 실험적으로 3개의 단을 주어 연구한 결과 상당한 문제점이 도출되었다. 항주 중 스프레이 현상과 선체운동에는 단이 없는 선형과 동일한 결과가 나왔으나, 단으로 인하여 상당한 저항 증가가 수반되었다.

P-5선형으로부터 체계적인 연구 없이 무계획한 선저 단(step)은 공기막 형성으로 인한 침수표면적의 감소에 의한 마찰저항 감소보다는 박리 및 와류로 인해 오히려 저항을 상당히 증가

시키는 것으로 나타났다. 따라서 단의 수, 종방향, 횡방향 위치 및 크기에 대한 체계적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 후 기

본 연구는 1997년도 해양수산특정연구과제와 관련하여 수행된 1차년도 연구의 일부입니다.

## 참 고 문 헌

- 이귀주 외 (2000). "2500 TEU Container선형 개발에 대한 실험적 연구", 한국해양공학회 추계학술대회논문집, pp 261-264.
- 민계식, 이귀주, 박만 (1992). 활주형 선형의 단면형상 및 장/폭비 변화에 따른 모형시험 결과, HMRI 보고서.
- 민계식, 이귀주, 박만 (1992). 볼록오목 단면형 활주형 선형의 4가지 L/B 변화에 따른 모형시험 결과, HMRI 보고서.
- 이귀주, 이광일 (1998). "활주선형 고속어선의 단면형상 및 장/폭비와 성능과의 관계에 대한 연구", 한국어업기술학회지, 제34권 제3호, pp 185-215.
- 이귀주 이광일 (1998). "중형고속어업지도선의 선형개발에 관한 연구", 대한조선학회논문집 제35권, 제2호, pp 1-7.
- 이귀주 (1998). 실험유체역학, 도서출판 정자나무.

2003년 4월 10일 원고 접수

2003년 10월 1일 최종 수정본 채택