

고속 소형 어선의 기본선형 개발

이귀주 · 좌순원*

조선대학교 선박해양공학과

Hull form development of the high speed small fishing boat

Kwi-Joo LEE and Soon-Won JOA*

Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

This study is concerned with the development of the basic planing hull form of small fishing boat in 25 knots high speed. A series of model test to determine the optimum performance hull form of actual fishing boat with 10 gross tonnage was carried out for 5 models made available planing hull form in the circulation water channel. Model test was performed with the resistance test to study the hydrodynamic characteristics of model ships and the sinkage and trim measurement to investigate the stability of model ships and also the wave pattern observation to analyze the effectiveness of model ships. As the result, the planing hull form of P-4 with deep V type bow can be derived as the best hull form with good performance especially in ship's resistance efficiency showing less residual resistance and sinkage and trim and the spray effect, etc..

Key words : Planning hull, Deep-V type hull form, Resistance performance, Wave pattern, CWC test

서 론

우리나라 연안어업은 1970년대 이후 어선의 선형과 제질, 어구어법 및 어로장비의 개발 등에 힘입어 어업의 생산성이 급격하게 증가되었으며, 어장의 이용범위도 크게 증대되었다. 그리고 연안어업의 조업기간은 보통 1일조업을 기준으로 하기 때문에 원거리조업에 의한 생산성의 유지를 위해서는 사용어선의 대형화 및 고속화는 필수요건이 되었다.

소형 어선을 고속화하기 위해서는 장폭비(L/B)를 크게 하여 선형을 날씬하게 만들면 좋으나 운항 중의 안정성이나 조업 편의성의 저하가 우려되며, 또한 기존의 선박에 박용기관의 성능을 강화하여 고속화하는 방법은 어민들에게 경제적 비용 부담이 커서 실현하기 어려운 실정이다. 그러므로 국내에서 비교적 많이 사용 중인 기존 어선 선형을 주요치수(길이, 폭, 장폭비 등)의 큰 변화없이 주로 선박 외곽의 형상만을 활주형으

*Corresponding author: joasw@chosun.ac.kr, Tel: 82-62-230-7275, Fax: 82-62-230-7159

로 한 고속 어선의 선형을 개발하여 보급하는 것이 국내 소형어선을 조기에 경제적으로 고속화할 수 있는 가장 좋은 방안으로 판단된다.

이와 관련한 국내 연구실적으로서 Lee and Lee(1998)이 활주선형 어선에 대하여 단면형상 및 장 - 폭비의 변화에 따른 고속화 연구와 실제 조업에 적용하기 위한 중형어업지도선의 고속화 개발 등에 관한 연구가 수행되었으나 다양한 선형의 형상에 대한 실용화 연구는 아니었다.

따라서, 본 논문에서는 Lee and Lee(1998) 와 Joa and Lee(2004)의 연구결과 자료 및 기존 어선의 자료를 활용하여 실용 가능성이 높은 5가지의 활주형 선형을 선정하고, 이들 각각의 모형선에 대하여 회류수조 계열모형시험(series model test)을 통하여 가장 성능이 우수한 최적 고속 활주형 어선의 선형을 도출토록 하였다. 본 연구에 사용되는 모형선은 폴리우레탄 재질로써 5척을 각각 제작하였으며, 저항, 파형 및 트림 등을 계측하는 모형시험은 저속역에서는 조선대학교 회류수조에서 그리고 고속역에 대해서는 일본의 서일본유체기술연구소(WJFEL)의 고속회류

수조에서 각각 수행되었다.

재료 및 방법

선형설계

본 연구는 국내에서 비교적 많이 사용 중인 기존 어선 중에서 주요치수(길이, 폭, 장폭비 등)의 큰 변화없이 주로 선박 외곽의 형상만을 활주형으로 변화시켜 어선을 고속화하기 위한 연구이다. 따라서 본 연구에서는 장 - 폭비 및 단면형상과 저항과의 관계에 대한 Min et al.(1992)과 Lee and Joa(1998)의 연구결과 고찰을 통하여 25노트에서 불록 - 오목 단면형이 저항성능 면에서 가장 우수한 선형으로 선정하고 이를 기준으로 5척의 선형을 설계하였다.

총톤수는 연안과 근해 조업을 병행할 수 있을 뿐만 아니라 다목적으로 이용할 수 있어 어민들이 가장 선호하는 10톤급으로 하였으며, 기본 치수는 Lee and Joa(1998)의 국내외 고속어선 통계 자료로부터 길이는 15m, 폭 3.5m, 깊이 1.32m로 정하였다.

Fig. 1에서와 같이 각각의 선형은 Min et

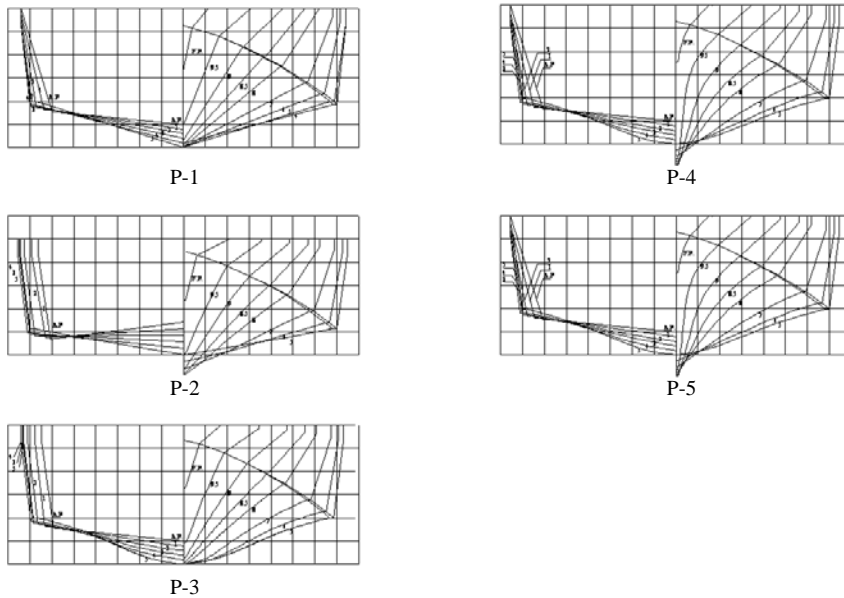


Fig. 1. Comparison of body plans for 5 hull forms.

Table 1. Comparison of section shapes for 5 hull forms

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

S: Straight type, C: Concave type,
I/V: Inverted V type, I/B: Inverted Bell type.

al.(1992) 및 Joa and Lee(2004)의 연구자료를 참조하여 적절하게 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 - 1 선형의 중앙부로부터 선미부를 역(inverted) V형으로 변형하였으며, P - 4 선형은 P - 3 선형의 선수부를 Deep V형으로 변형하였다.

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

다음 Table 1에 각 선형에 대한 선수부, 중앙부, 선미부의 단면형상의 특징을 비교하였다. 또한, 5척의 선형에 대한 정면도를 앞의 Fig. 1에 비교하였다.

실험 설비 및 방법

모형선은 길이 15m, 25 노트급 활주형 어선에 대하여 축척비 1/20 로서 총 5척의 FRP 모형선을 제작하였다.

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

결과 및 고찰

저속역 저항시험

활주형 선형은 모형시험시 선저에서 발생하

Table 2. Principal characteristics of P - 4

Particulars	Ballast		Full load	
	Ship	Model	Ship	Model
Scale	1	1/20	1	1/20
$L_{PP}(m)$	15.0	0.750	15.0	0.750
$L_{WL}(m)$	15.0	20.751	15.03	0.752
B(m)	3.5	0.175	3.5	0.175
T(m)	0.63	0.032	0.73	0.037
$L_{CB}(m)$	-1.17	-0.059	-1.16	-0.058
$S(m^2)$	48.8	0.122	52.4	0.131
$\nabla(m^3)$	13.5	0.0017	17.5	0.0022
C_B	0.41	0.41	0.45	0.45

는 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 일반적이지만 본 논문에서는 예인점을 추진축의 연장선과 LCB가 교차하는 점으로 하였다.

저항해석은 식 (1)과 같이 2차원방법을 이용하였다.

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

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

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

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

특히 Fig. 2에서와 같이 P - 4 선형이 배수량 13.6톤 및 Fig. 3에서와 같이 16.2톤에서 현저히 낮은 잉여저항 값과 Fig. 4에서와 같이 18.2톤 배수량에서 고속역으로 갈수록 다른 선형들과 비슷한 값으로써 낮은 잉여저항치를 나타내 고있는 것을 볼 때, P - 4 선형이 전체적인 잉여저항

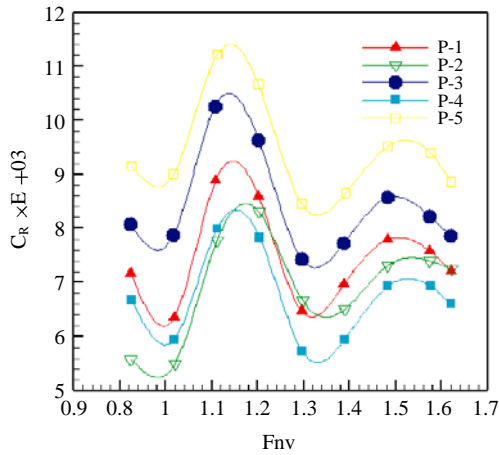


Fig. 2. Comparison of C_R at 13.6 ton.

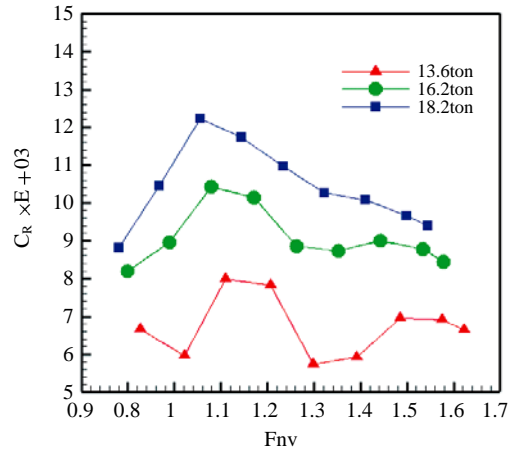


Fig. 5. Comparison of C_R of P - 4 as function of displacement.

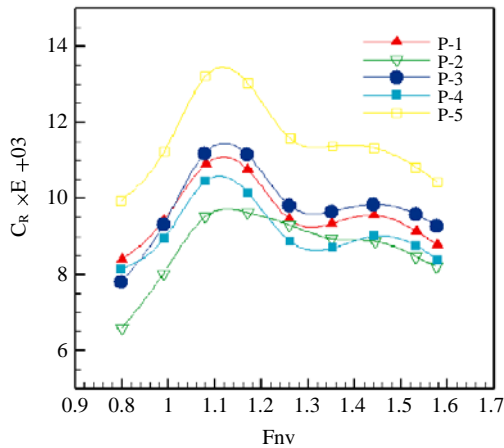


Fig. 3. Comparison of C_R at 16.2 ton.

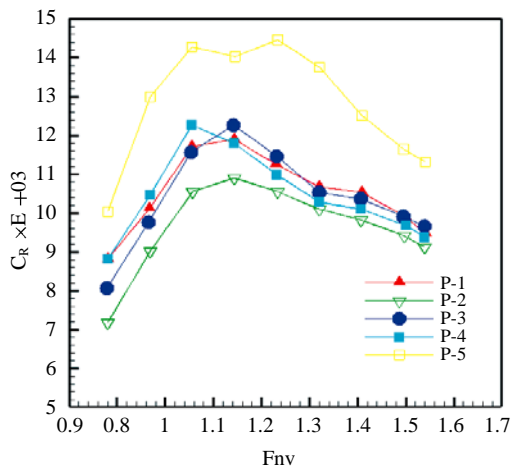


Fig. 4. Comparison of C_R at 18.2 ton.

성능 면에서 가장 양호한 선형이라고 판단할 수 있다. 한편, P - 5 선형이 P - 4 선형에 비해 상대적으로 큰 저항치를 보인 것은 단(step)으로 인한 박리, 와류에 기인한 저항증가로 생각된다.

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

저속역 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 무차원화 하여 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 배

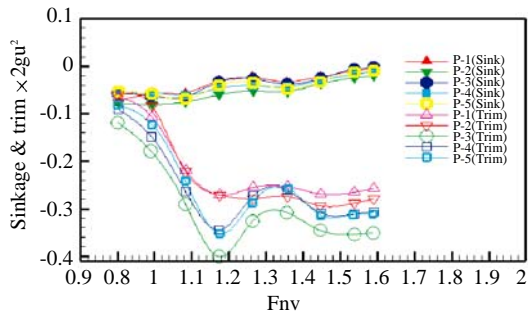


Fig. 6. Comparison of sinkage and trim at 16.2 ton.

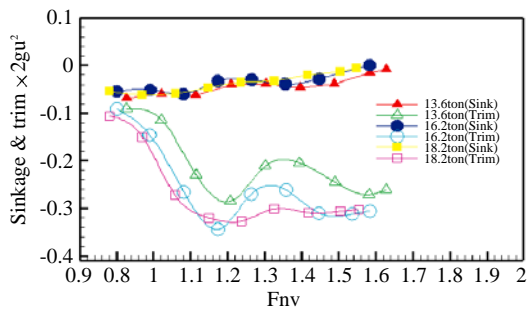


Fig. 7. Comparison of sinkage and trim (P - 4).

수량, 선형에 따라 정도의 차이는 있었지만 경향은 비슷하게 나타났으며, 잉여저항과 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.

저속역 파형관찰

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

Fig. 8에서 볼 수 있듯이 P - 1, P - 2 선형이 상대적으로 스프레이가 심하게 나타났으며, 선형

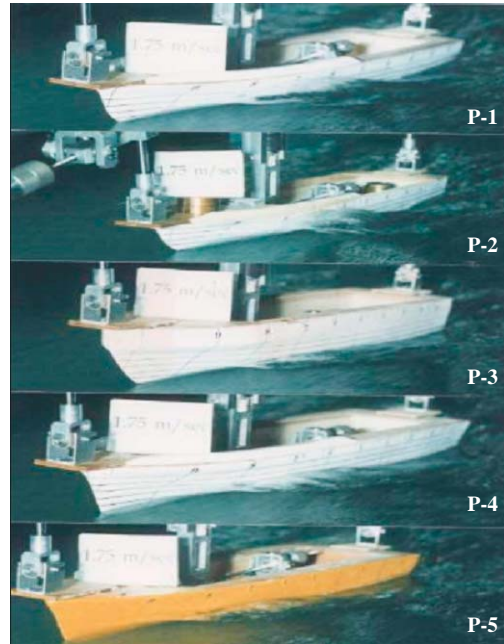


Fig. 8. Comparison of spray at 13.6 ton (Fnv=1.62).

별로 배수량에 따른 스프레이의 형태는 큰 변화를 보이지 않았다. 따라서 선수단면이 직선형일 경우 스프레이가 심하게 발생하는 것으로 판단된다.

고속역의 모형시험

조선대학교 회류수조에서 저속역에서의 모형시험 결과 저항성능 면에서 우수하게 나타난 P - 4, P - 2 선형과 이 두 선형을 복합적으로 고려하여 제작한 P - 5 선형(steped hull), 3척의 모형선에 대하여 서일본유체기술연구소고속회류수조에서 14~30노트(모형선속도 1.6~3.5m/s)에서 모형시험을 수행하였다.

저항시험 결과 선형별 유효마력의 증감을 Table 3 및 Table 4에 비교하였는데, 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.

Fig. 9 및 Fig. 10에서 무차원화 한 침하량 및

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

* Decreasing rate of B to A

** Increasing rate of C to B

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

** Increasing rate of C to B

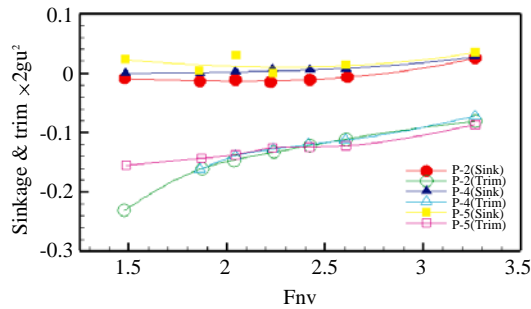


Fig. 9. Comparison of sinkage and trim at 13.5 ton in ballast condition.

트림은 저속역에서의 모형시험 결과의 연장선 상에 있음을 알 수 있으며, 경하상태의 Fnv=2.0 이상에서는 3척의 선형 모두 일정한 값을 유지하고 있다.

Fig. 11에서 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. 또

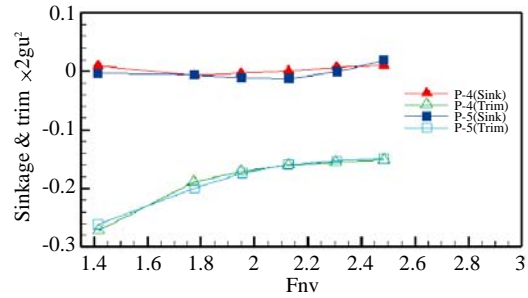


Fig. 10. Comparison of sinkage and trim at 17.5 ton in full load condition.

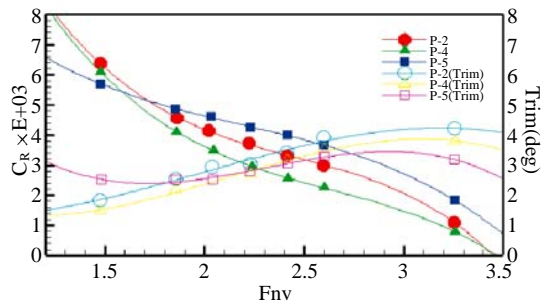


Fig. 11. CR and trim angle at 13.5 ton in ballast condition.

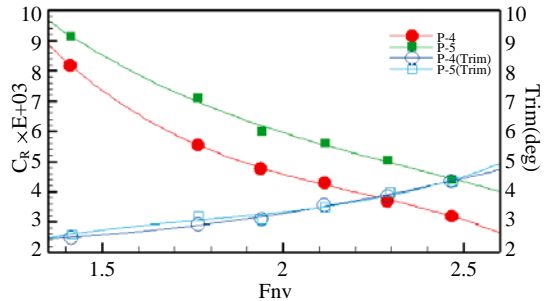


Fig. 12. CR and trim angle at 17.5 ton in full load condition.

한 Fig. 12의 단재상태(17.5톤)에서 P-4와 P-5의 잉여저항에는 상당한 차이가 있으나, 트림 및 침하량은 경하상태와 동일하게 거의 같은 경향이 나타났다. 선수스프레이의 변화를 관찰해 보면, 성능이 가장 우수하다고 판단된 P-4 선형의 경하상태 속도에 대한 파형을 Fig. 13에, P-2의 파형을 Fig. 14에 표시하였다.

Fig. 13 및 Fig. 14에서와 같이 스프레이 스트



Fig. 13. Wave pattern of P - 4 at Fnv=3.24.



Fig. 14. Wave pattern of P - 2 at Fnv=3.24.

립부착에 의한 효과가 보이며 특히 P-2 선형의 경우 다른 선형에 비해 스프레이 현상이 현저하게 나타났다.

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

결 론

소형어선이 고속으로 항해할 때에 선박에 작용하는 전저항 중 가장 큰 영향을 끼치는 성분은 조파저항이기 때문에 회류수조 모형시험 계측 결과인 잉여저항치와 단(step)으로 인한 트립과 침하량의 영향 및 스프레이의 영향 등을 비교 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다. 회류수조에서의 계열모형시험 결과, 선수단면이 Deep V형인 P-4 선형이 5척의 선형 중에서 잉여저항 값과 단(step)으로 인한 트립과 침하량의 영향 및 항주시 차인에 의한 스프레이의 영향 등이 가장 적게 나타나는 가장 우수한 선형임을 확인하였다. 그리고 향후 P-4 선형을 기본으로 한 고속 소형어선의 실용화 연구의 토대를 마련하였으며 앞으로 예인수조에서의 저항시험 및 조종운

동시험 등을 통하여 이의 실현이 가능하다고 판단된다. 또한, 스프레이로 인한 저항 및 파형을 최소화하기 위해서는 선수단면을 직선형보다는 오목(concave) 또는 볼록-오목(inverted bell) 단면형으로 하는 것이 좋음을 확인하였다. 아울러 향후 단(step)의 수, 단의 설치 방향(종방향, 횡방향) 및 크기 등에 대한 보완 연구가 후속되어 단의 효과를 보다 정밀하게 확인할 필요가 있다고 판단된다.

참고문헌

- Joa, S.W. and K.J. Lee, 2004. An experimental study on the improvement of resistance performance at pre-planing condition for G/T 100 ton class planing hull form. *Journal of the Korean Society of Fisheries Technology*, 40(1), 17 - 22.
- Lee, K.J., S.W. Joa and M. Park, 2000. An experimental study for 2500TEU container hull form development. *Autumn symposium of Korea Committee for Ocean Resources and Engineering*, 261 - 264.
- Lee, K.J. and K.I. Lee, 1998. A correlation study between section form and L/B ratio for high-speed planing hull form. *Journal of the Korean Society of Fisheries Technology*, 34(3), 221 - 228.
- Lee, K.J. and S.W. Joa, 1998. A study on the hull form development of the medium size high speed fishery patrol ship. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 35(2), 1 - 7.
- Min, K.S, K.J. Lee and M. Park, 1992. An experimental result of planing hull with the variation of L/B and section configuration. *Hyundai Maritime Research Institute Report*, 15 - 150.
- Min, K.S., K.J. Lee and M. Park, 1992. An experimental result of concave section planing hull with 4 variations of L/B. *Hyundai Maritime Research Institute Report*, 12 - 150.

2008년 2월 1일 접수

2008년 2월 21일 수리