

활주형선의 단면형상 및 장-폭비와 저항특성과의 관계에 대한 실험적 연구

민 계 식 <현대선박해양연구소 소장>

이 귀 주 <현대선박해양연구소 책임연구원>

1. 서 론

선박의 속도를 획기적으로 증가시키기 위해서는 동역학적 효과(dynamic effect)에 의하여 저항을 감소시키는 선형을 채택하거나 아니면 배수량형 선박을 길이에 비하여 선체의 폭을 아주 작게, 즉 선형을 아주 날씬하게 하여 조파저항의 급격한 증가를 방지하여야 한다. 동역학적 효과에 의하여 고속화 하는 선형으로는 전통적인 활주형 선박을 비롯하여 수중익선과 공기부양선을 대표적인 예로 들 수 있다. 이 중에서 활주형 선박은 선체와 수면사이의 동적 압력에 의하여 선체가 부양되어 수면위를 활주함으로써 저항을 감소시키고 고속 성능을 향상시키도록 고안된 선형이다. 활주형 선형은 다른 고속 선박에 비하여 다음과 같은 장점을 가지고 있다

- 설계 및 건조가 비교적 용이하다.
- 건조비가 저렴하다.
- 흘수가 낮아서 운항이 용이하다.
- 선회 성능이 우수하다.

반면에 다음과 같은 단점을 가지고 있다.

- 내파성이 불량하여 파랑중 파에 의한 선체충격(slamming)이 과다하고 고속에서 불안정하여 항해중 돌발적인 운동이 발생할 가능성이 있다.
- 종방향 경사(trim) 각의 변화가 심하다.
- 어떤 선속이나 크기 이상이 되면 경제성이 급격히 저하된다.

장점에서 언급한 바와 같이 활주형선은 설계 및 건조가 비교적 용이하여 이미 금세기 초에 실용화 되었으며 오늘날에 있어서도 소형 고속 선형으로 널리 쓰이고 있다. 이러한 활주형선의 선형 설계는 전통적으로 이론적인 방법보다는 경험적, 실험적 방법에 주로 의존하고 있으며 국내에서는 이 분야에 대해서 그동안 정성적인 연구가 단편적으로 이루어진 적은 있으나 체계적인 연구가 수행된 적은 없다. 따라서 당 연구소에서는 활주형 선형의 저항특성 및 운동특성을 체계적으로 연구하여 종합적인 성능이 우수한 차세대 대형 고속 활주형선의 선형 설계 기법을 확립하기 위하여 다음과 같은 5단계 연구 계획을 수립한 바 있다

- 제 1단계 : 단면형상 및 장-폭비와 저항 특성과의 관계에 대한 정성적 연구
- 제 2단계 : 단면형상의 조합과 저항 및 운동 특성과의 관계에 대한 연구
- 제 3단계 : 주요 설계 변수(장-폭비 외)와 저항 및 운동특성과의 관계에 대한 연구
- 제 4단계 : 성능 향상을 위한 부가물에 대한 연구
- 제 5단계 : 운동성능 향상에 대한 연구

본 연구는 이와 같은 5단계 연구의 첫번째인 제 1 단계 연구로서 실험적인 방법에 의하여 단면형상 및 장-폭비와 저항특성과의 관계를 살펴보았다.

2. 기본선형 및 계열 선형의 준비

활주형선의 단면형상은 전세계적으로 크게 다음과 같은 네(4) 가지의 기본형상으로 분류하고 있다.

- 오목단면 형상(Concave Section Shape)
- 직선단면 형상(Straightline Section Shape)
- 볼록단면 형상(Convex Section Shape)
- 볼록오목단면 형상(Inverted Bell Section Shape)

따라서 먼저 위와 같은 네(4)가지 기본단면 형상을 갖고 장-폭비가 5.0이 되는 네(4)가지의 기본 활주형 선형을 설계하였다. Fig. 1은 네(4)가지 기본 선형의 단면도(body plan)를 보여 주고 있다.

그 다음 각각의 기본 선형에 대하여 장-폭비가 2, 5, 7.5 그리고 10.0이 되는 열여섯(16)개의 선형을 설계하였다. Table 1은 16개의 선형에 대한 실선의 주요특성을 보여주고 있으며, 여기서 실선의 배수량은 모두 240 톤으로 하였다.

3. 모형시험

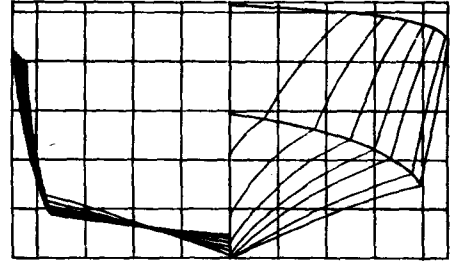
제 1단계 연구를 위한 모든 모형시험은 현대선박해양연구소의 예인수조에서 수행하였다. 당 연구소의 제한된 예인전차 속도로 인하여 모형선의 크기는 실선의 1/20로 하였으며 모형선은 목재로 보강된 폴리우레탄 수지(poly-urethane foam)로 제작하였다. 모형선의 예인점은 항주상태에서 추진장치의 추진 중심 연장선과 종방향 무게 중심 위치(longitudinal center of gravity)와 만나는 점으로 하였다.

모형시험으로는 다음과 같은 기본적인 시험을 수행하였다

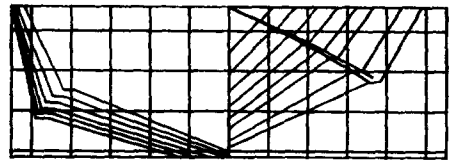
- 만재상태에서의 저항시험
- 만재상태에서의 종방향 경사(trim) 및 침하량(sinkage) 계측 시험
- 만재상태에서의 선측 및 선수파고 관측 시험

저항시험 결과를 정확히 분석하기 위해서는 동적 침수표면적(dynamic wetted surface area)을 정확히 측정하는 것이 필수적이기 때문에 선측 및 선수파고 관측에 많은 주의를 기울였다. 그러기 위하여 우선 모형선 선체의 선수부로부터 중앙부까지 세밀한 가로, 세로 눈금을 그렸으며 모형시험 중 천연색

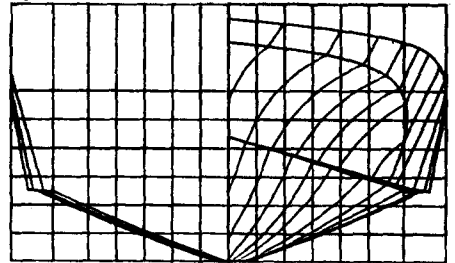
오목(Concave)단면



직선(Straight)단면



볼록(Convex)단면



볼록(Convex)단면

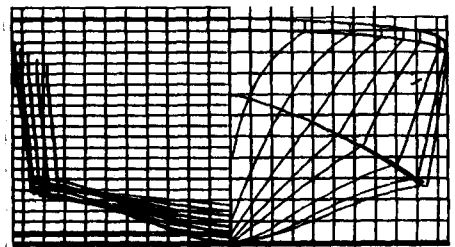


Fig. 1 네가지 기본 단면 형상

사진과 흑백 사진을 찍고, 또한 목측을 통한 파형을 그려(sketch) 시험 후 분석을 하였다. 또한 1단계 연구는 정량적인 연구보다는 정성적 연구가 목적이므로 난류 추진장치는 부착하지 않았다.

Table 1 실선의 주요 특성

모형선명칭	장폭비	길이 (m)	폭 (m)	홀수 (m)	LCB (m)	중양선저경사각(°)	단면형상
PC025 PS025 PV025 PI025	2.5	25.0	10.0	2.10	2.6 4.9 2.4 2.3	19 21 21 20	오목선 직선 볼록 볼록오목
PC050 PS050 PV050 PI050	5.0	40.0	8.0	1.66	4.2 7.9 3.8 3.6	19 21 21 20	오목선 직선 볼록 볼록오목
PC075 PS075 PV075 PI075	7.5	52.2	6.96	1.45	5.4 10.3 5.0 4.7	19 21 21 20	오목선 직선 볼록 볼록오목
PC100 PS100 PV100 PI100	10.0	63.0	6.3	1.32	6.5 12.4 6.0 5.7	19 21 21 20	오목선 직선 볼록 볼록오목

4. 시험 결과

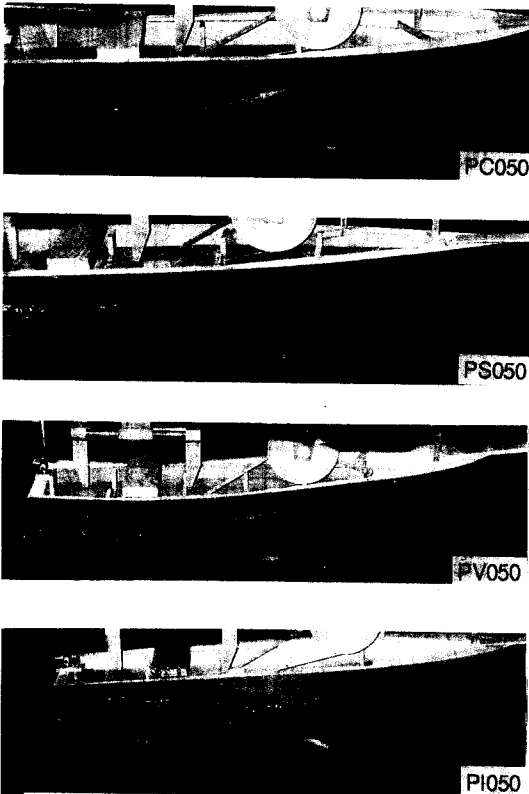


Fig. 2 장-폭비 5.0 선형들의 속도 50 노트에서의 모형 시험 장면

모형시험 결과는 다음 식과 같이 실선 자료로 변환 (extrapolation) 되었으며 C_A 는 0.0004로 하였고, 저항 계수 계산에는 동적 침수 표면적을 사용하였다.

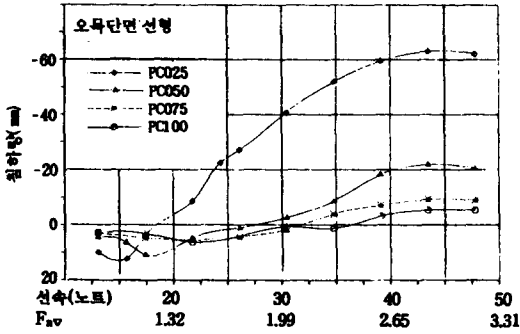
$$C_{TS} = C_{FS} + C_R + C_A$$

Fig. 2는 각 단면 선형들의 기본선형(장-폭비 = 5.0)에 대하여 속도 50노트에서의 파형(wave profile)과 종방향 경사(trim)를 보여주고 있다. Fig. 3과 4는 오목단면 선형에 대하여 장-폭비에 따른 종방향 경사(trim)와 침하량(sinkage)의 계측 결과를 보여주고 있다. 다른 단면형상을 갖는 선형에 대한 종방향 경사와 침하량도 경향은 유사하였다. 또한 Fig. 5는 오목단면 선형에 대하여 장-폭비에 따른 침수표면적의 변화를 보여주고 있다.

Table 2 단면형상 및 장-폭비에 따른 유효마력의 상대적 비교

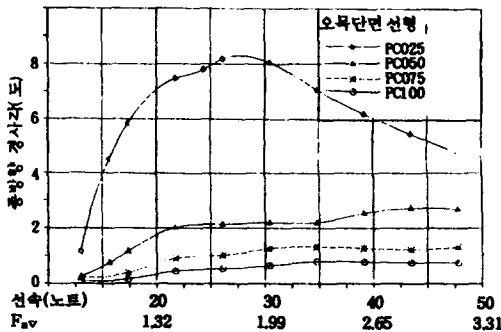
Ship Speed	단면형상	장-폭비(L/B)			
		2.5	5.0	7.5	10.0
35.0	오목	148.5	100.0	82.3	81.0
	직선	164.6	115.5	95.4	86.0
	볼록	175.1	104.1	83.9	69.1
	볼록오목	169.6	100.6	78.0	79.2
40.0	오목	120.7	100.0	86.2	85.7
	직선	130.9	104.1	96.3	88.9
	볼록	151.2	103.3	90.6	76.6
	볼록오목	136.1	99.3	81.9	86.8
45.0	오목	102.7	100.0	89.7	95.2
	직선	111.3	92.3	98.0	95.5
	볼록	132.7	101.3	98.2	86.0
	볼록오목	114.6	94.0	86.4	93.1
50.0	오목	110.0	100.0	104.1	108.0
	직선	112.9	92.8	102.9	104.3
	볼록	132.6	116.3	114.1	101.1
	볼록오목	113.1	96.0	96.6	110.4

Table 2는 단면형상 및 장-폭비의 변화에 따른 속도별 저항특성을 오목단면형상을 갖는 기본선형(장-폭비 = 5.0)에 대한 값을 기준으로하여 상대적으로 보여주고 있다.



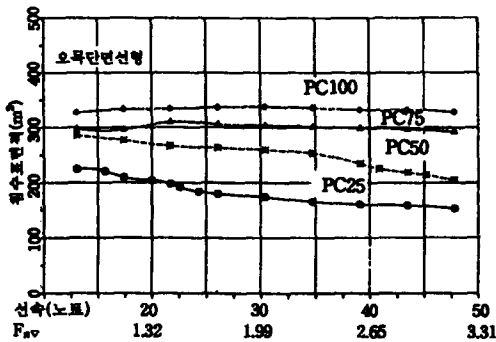
선속 및 용적 Froude수

Fig. 3 장 - 폭비에 따른 종방향 경사(trim)



선속 및 용적 Froude수

Fig. 4 장 - 폭비에 따른 종방향 침하량(sinkage)



선속 및 용적 Froude수

Fig. 5 장 - 폭비에 따른 침수 표면적

Fig. 6은 장-폭비가 7.5 일때 단면형상의 변화에 따른 유효마력의 변화를 보여주고 있으며, Fig. 7은 볼록오목단면 선형에 대하여 장-폭비의 변화에 따른 유효마력의 변화를 보여주고 있다.

5. 결론 및 논의

모형시험 결과를 실선 자료로 변환시키는데 있어서 많은 주의와 노력을 기울였으나 당 연구소 예인전차의 제한된 예인속도로 인하여 모든 모형시험 결과는 정량적인 자료로 보다는 정성적인 자료로 취급하는 것이 더 옳으리라고 생각한다. 따라서 여기에 발표된 정량적 수치는 큰 의미가 없을지도 모른다. 그러나 현 단계에서 중요한 것은 정량적인 자료보다는 정성적인 경향이라고 할 수 있다.

종방향 경사(trim)를 살펴볼 때(Fig. 3 참조) 장-폭비가 2.5인 경우를 제외하고는 비록 그 차이는 미소하기는 하지만 속도에 따라 계속 증가하는 반면, 장-폭비가 2.5인 경우에는 모든 단면선형에 있어서 25 노트와 30 노트 사이에서 최대로 증가하였다가 다시 차차 감소하는 경향을 보여주고 있다. 침하량(sinkage)은(Fig. 4 참조) 모든 장-폭비에 대하여 음의 침하량(negative sinkage), 즉 수면위로 부양되는 양이 속도에 따라 대체적으로 증가하는 경향을 보이고 있으며 장-폭비가 적을수록 부양되는 양이 크다는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 모든 단면선형에 있어서 거의 동일하게 일어나고 있다.

Table 2로 부터 선속과 장-폭비에 따른 최적 단면형상을 찾을 수 있으며 그 결과는 Table 3과 같다.

Table 3 선속과 장 - 폭비에 따른 최적 단면

속도	장 - 폭비			
	2.5	5.0	7.5	10.0
35	오 목	볼록오목	볼록오목	볼 록
40	"	직 선	"	"
45	"	"	"	"
50	"	"	"	"

지금까지 활주형선의 단면형상 및 장-폭비와 저항 특성과의 관계를 실험적으로 살펴보았다. 이미 언급한 바와 같이 본 연구는 5단계로 구성된 연구 계획 중 제 1단계 연구로서 수행되었으며 본 연구를 통하여 단면형상 및 장-폭비의 변화에 따른 저항특성, 종방향 경사(trim), 그리고 침하량(sinkage)의 변화에 대한 초기 결론을 내릴 수 있다. 이러한 초기 결과를 가지고 활주형선의 일반적인 특성에 대한 어떤 분명한 결론을 내리기에는 부족하다고 하겠으나 앞으로 남은 연구를 효율적, 성공적으로 이끌어가기 위한 초석이 된다고 할 수 있겠다.

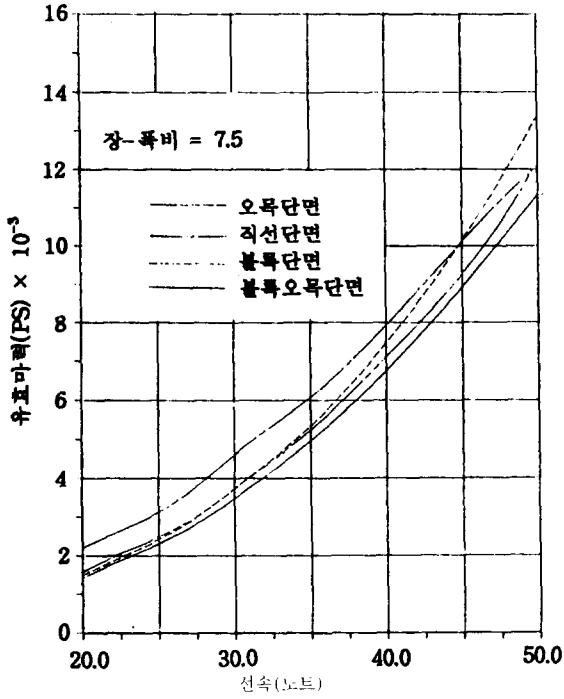


Fig. 6 단면형상의 변화에 따른 유효마력의 변화

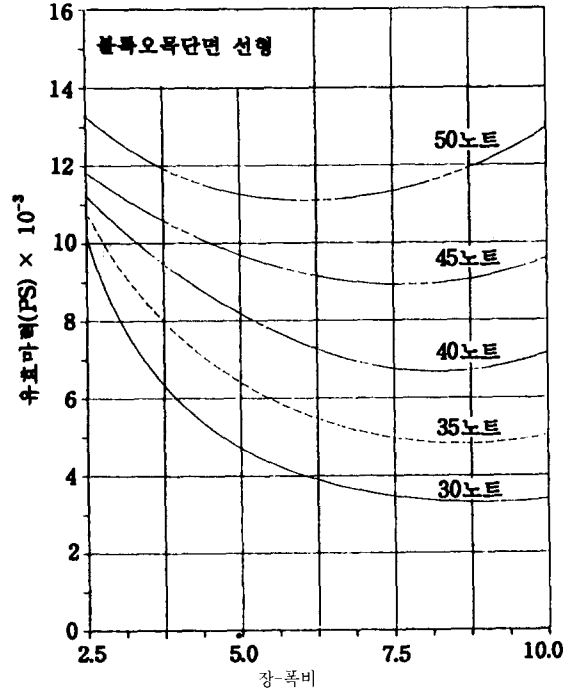


Fig. 7 장 - 폭비의 변화에 따른 유효마력의 변화

提案募集