

총톤수 100톤급 활주형선의 활주 전 저항성능 개선에 관한 실험적 연구

이귀주 · 좌순원[†]

조선대학교 선박해양공학과

An Experimental Study on the Improvement of Resistance Performance at Pre-planing Condition for G/T 100 ton Class Planing Hull Form

Kwi-Joo LEE and Soon-Won JOA[†]

Chosun University, Department of Naval Architecture and Ocean Engineering

Abstract

This study was carried out at the CWC of Chosun university for the purpose of resistance performance improvement of planing hull, and the results of the tests were confirmed cooperatively with WJFEL. G/T 100 ton class planing hull form was selected, and the improvement of hull form including appendages were performed by using some model test techniques.

The model test scope comprises resistance relative tests including wave profile observation, trim and sinkage measurement and flow visualization tests at full load and trial conditions for one bare hull and for two appended hulls. The final wedge and spray strip combined with improved hull form showed about 1.0 knot speed improvement at both of full and trial conditions, and outstanding improvement for fore wave phenomena.

Key words : G/T 100 ton Class Planing Hull Form(100톤급 활주형선), Energy Saving Appendage (성능 개선 부가물), Resistance Test(저항시험), Trim & Sinkage Measurement(트림 침하량계측치), Wave Pattern Observation(파형관측)

서 론

활주형선은 레저용, 구난용, 경비정 등의 특수한 목적에 사용되는 고속선형으로 선체와 수면 사이의 동적 압력에 의해 선체를 부상시켜 저항이 감소되도록 설계되며, 선형설계는 경험적인 방법이나 모형 시험에 의한 방법에 의존하고 있으며, 국내에서는 이 분야에 대한 연구실적이 많지 않다.

현재 운항중인 국내의 활주형 선박은 관공선이나 여객선의 선형으로 많이 이용되고 있으며, 선형자체는 활주형이라 할지라도 기관출력이라든지 기타의 문제로 인하여 활주상태에 이르는 속도까지 운항되는 경우는 흔하지 않다.

선박의 저항성능을 예측하기 위해서는 가능한 한 척도효과가 작은 대형 모형선을 이용하여 예인수조에서 실험을 수행하는 것이 일반적인 관례이다. 그

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

러나 여러 차례 선형을 개선하고자 하거나, 새로운 선형개발에 따른 반복되는 실험이 요구되는 경우에는 비교적 작은 소형 모형선을 이용하여 회류수조에서 실험을 수행하는 것이 시간적인 면이나 경제적인 측면에서 더욱 효과적이다. 이 경우 예인수조에서의 모형시험보다 정량적인 실선의 저항성능 예측에는 다소 정도가 떨어진다 할지라도 정성적인 저항성능 예측은 충분히 가능한 것으로 알려져 있다.

본 논문에서는 서일본유체기술연구소(WJFEL)와 조선대학교의 회류수조에서 비교시험을 실시하였다. WJFEL에서는 기본선형의 나선상태에 대한 만재상태와 시운전상태에 대해서 모형시험을 수행하였으며, 조선대학교에서는 본 논문의 전과정에 대하여 실험을 수행하였다.

선형 설계

일반 배수량형 선박에서는 Froude수가 0.3 정도 이상이면 조파저항이 급격히 증가하게 되어 경제성이 없게 된다. 따라서 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 방지하는 방법 등이 있다.

이 중 활주형선은 대중화된 고속선박의 한 형태로서 단면형상은 볼록, 오목, 직선 및 볼록-오목 단면형상의 4가지 기본 단면형상으로 구분할 수 있으며, 이 기본 단면형상 한 가지만으로 이루어진 활주형선은 거의 없고 적절히 조화시킨 선형을 채택하고 있다.

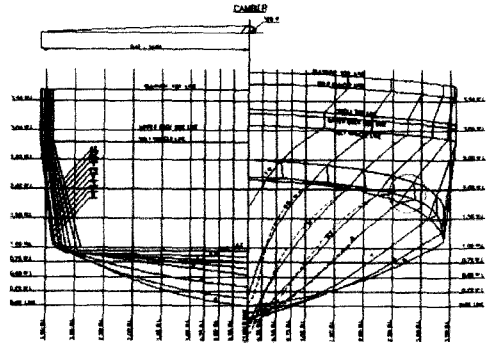
본 논문에서는 현재 운항중인 오목과 볼록 단면형으로 이루어진 활주형 선형의 활주 전 상태에 대해 모형시험을 통하여 개선한 결과를 정리하였다.

대상선형은 계획속도 20노트급으로 Froude수 0.6(체적 Froude수=1.35) 정도인 활주 전 선형(pre-planing hull)이라 할 수 있으며(John M. Almeter, 1993), 기본선형과 개선 후의 선형 선도를 Fig. 1에 도시하였다.

모형 시험

1. 모형선 및 부가물

총톤수 100톤급 활주형선의 모형선(모형선번호 : CU-20)을 마디카 목재를 이용하여 제작하였으며, 조선대학교 회류수조의 적정 유속과 실선의 계획속도를 기준으로 모형선의 축척비는 1/28.17로 하였고, 주요 제원을 Table 1에 정리하였다.



----- CU-20 (Basic Hull Form)
 - - - CU-20SWD(Advanced Hull Form)
 Fig. 1. Comparison of body plan

Table 1. Geometric characteristics of ship and model (CU-20)

	SHIP		MODEL	
	Full	Trial	Full	Trial
LPP (m)	28.50	28.50	1.012	1.012
B (m)	7.20	7.20	0.256	0.256
TM (m)	1.85	1.72	0.066	0.061
∇ (m ³)	205.28	182.89	0.0092	0.0082
S (m ²)	221.40	212.80	0.279	0.268
CB	0.543	0.520	0.543	0.520
CP	0.742	0.729	0.742	0.729
LCB* (m)	-1.480	-1.565	-0.053	-0.056

본 선형에 부착된 부가물은 spray strip과 wedge이며, 각각 두 가지 크기에 대하여 모형시험을 수행하였다.

부가물의 형상을 다음 Fig. 2에 도시하였으며, 여기서 spray strip은 Station 8에서의 횡단면 형상이고, wedge는 선미에서의 종단면 형상이다. Spray strip의 경우 no. 2는 no. 1의 크기를 2배로 하였으며, wedge의 경우 no. 2는 no. 1의 각도만을 1/2로 축소하였다.

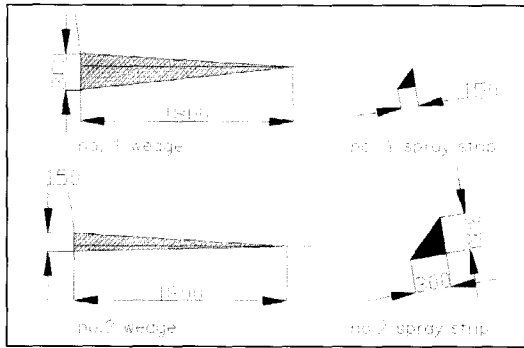


Fig. 2. Comparison of appendages

2. 모형시험 범위

모형시험 결과의 신뢰도를 높이기 위해서 기본선형의 만재상태와 시운전 상태에 대하여 동일 모형선으로 유사선박의 정량적 연구를 이미 상당부분 완료한 WJFEL에서 비교시험을 수행하였다.

저항시험 결과 계측 저항치를 다음 Fig. 3에 비교하였다. Fig. 3에서 볼 수 있는 바와 같이 두 조건 모두 매우 비슷한 경향을 보이고 있으며, 속도별로 일정한 차이가 나타났는데 이는 수조의 크기와 성능에 따른 특성 차이에 의한 것으로 예측된다. 따라서 수조의 특성을 고려하여 저항치를 수정한 후 해석하였다.

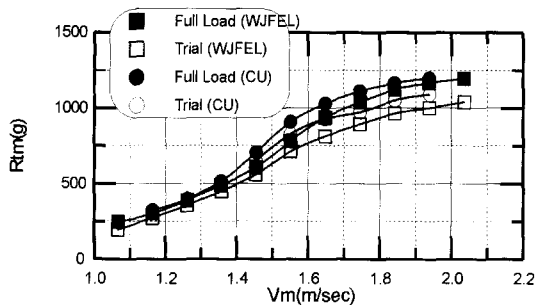


Fig. 3. Comparison of R_{TM}

위의 결과에 덧붙여 조선대학교에서는 기본선형의 부가물 부착상태와 개선선형의 부가물 부착상태에 대한 모형시험을 실시하였으며, 모형시험 내용을 다음 Table 2에 요약하였다.

참고로 비교대상의 일반화를 위해 본 논문의 내용은 조선대학교 회류수조의 실험치임을 밝힌다.

Table 2. Summary of model test

Title	Hull Form	Spray strip	Wedge
CU-20	basic hull	without	without
CU-20S	basic hull	no. 1	without
CU-20SW(1)	basic hull	no. 1	no. 1
CU-20SW(2)	basic hull	no. 2	no. 2
CU-20SWD	basic hull	no. 2	no. 2

3. 저항시험

활주형 선박은 선저에서 발생하는 독특한 유동현상으로 인하여 트림 및 침하량의 변화가 다른 선형보다 두드러지게 나타난다. 이로 인하여 모형시험시 선체자세의 변화가 계측시 반영되지 않으면 계측 저항치의 신뢰도가 저하되므로 예인점(towing point)의 위치가 매우 중요하게 된다. 이러한 영향을 최소화하기 위하여 예인점은 LCG 및 KG를 기준으로 축방향으로 하였으며, 트림과 침하량에 맞추어 매 속도별로 예인점을 변화시키며 계측하였다.

기본선형의 부가물 부착상태에서 저항변화를 비교해 보기 위해 나선상태(CU-20)와 no.2 spray strip 및 no.2 wedge를 부착하였을 때(CU-20SW(2))의 만재 및 시운전상태에서의 저항시험 결과를 주요 범위의 속도별로 비교해 보면 Table 3 및 4와 같다.

Table 3. Comparison of EHP(kw) at full load condition

speed (knot)	CU-20 (A)	CU-20SW(2) (D)	(A-D)/A ×100 (%)
15	1022	1030	-0.78
16	1428	1318	7.70
17	1856	1654	10.88
18	2156	1880	12.80
19	2486	2265	8.89
20	2691	2444	9.18

Table 3 및 4에 보인 바와 같이 기본선형의 경우 나선상태에 비하여 no.2 spray strip과 no.2 wedge를 부착하였을 때 15~20노트 사이에서 만재상태에서는 평균 8.1%, 시운전상태에서는 평균 10.8%의 저항성능이 개선되었다.

Table 4. Comparison of EHP(kw) at trial condition

speed (knot)	CU-20 (A)	CU-20SW(2) (D)	(A-D)/A ×100 (%)
15	924	862	8.49
16	1272	1107	12.97
17	1558	1338	14.12
18	1836	1608	12.42
19	2089	1917	8.23
20	2276	2084	8.44

또한, 기본선형과 개선선형의 저항성능 변화를 비교해 보기 위해 각 선형에 no.2 spray strip 및 no.2 wedge를 부착하였을 때(CU-20SW(2), CU-SWD)의 만재 및 시운전 상태에서의 저항시험 결과를 주요 범위의 속도별로 Table 5와 6에 비교하였다.

Table 5. Comparison of EHP(kw) at full load condition

speed (knot)	CU-20SW(2) (D)	CU-20SWD (E)	(D-E)/D ×100 (%)
15	1030	1003	2.62
16	1318	1256	4.02
17	1654	1538	7.01
18	1880	1711	8.99
19	2265	2068	8.70
20	2444	2236	8.51

Table 6. Comparison of EHP(kw) at trial condition

speed (knot)	CU-20SW(2) (D)	CU-20SWD (E)	(D-E)/D ×100 (%)
15	862	734	14.85
16	1107	975	11.92
17	1338	1231	8.00
18	1608	1457	9.39
19	1917	1644	14.24
20	2084	1848	11.32

Table 5 및 6으로부터 선수선형을 개선하였을 경우는 기본선형보다 만재상태 평균 6.6%, 시운전 상태 평균 11.6%로 시운전상태에서 현저하게 저항

성능이 개선되었다.

한편, 식 (1)에 의해 계산한 잉여저항 계수를 다섯 가지 조건 모두 만재상태는 Fig. 4에, 시운전상태는 Fig. 5에 각각 도시하였다.

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

여기서, C_{FM} 은 ITTC-57 Line에 의한 마찰저항 계수이다.

비록 충분한 활주상태에서는 실험을 수행하지 못했으나, 잉여저항을 비교해 볼 때 Fig. 4 및 5에서 기본선형에 작은 크기의 no.1 spray strip 만을 부착하였을 경우(CU-20S)는 나선상태(CU-20)에 비해 저항성능에는 큰 차이를 보이지 않았으며, 여기에 no.1 wedge를 함께 부착하였을 경우(CU-20SW(1)) Froude수 0.475이상의 속도 영역에서 상당한 저항성능 개선의 효과가 있었다. 그러나 상대적으로 큰 wedge로 인한 선체 자세의 영향으로 오히려 선수 spray 개선에는 효과가 없었다.

이로부터 저항과 spray 현상을 동시에 개선하고자 no.2 wedge와 no.2 spray strip을 선정하고 선형을 개선하였다.

CU-20SW(2)의 경우 CU-20SW(1)에 비해 저항성능 개선에는 그 영향이 작게 나타났으나, spray 개선에는 상당한 효과가 있었다. 여기에 선형을 개선하였을 경우는 Froude수 0.45이상의 속도 영역에서 그 효과가 가장 크게 나타났다.

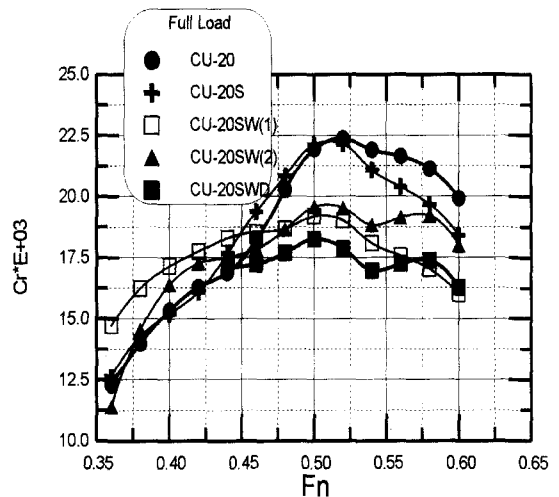


Fig. 4. Comparison of CR at full load condition

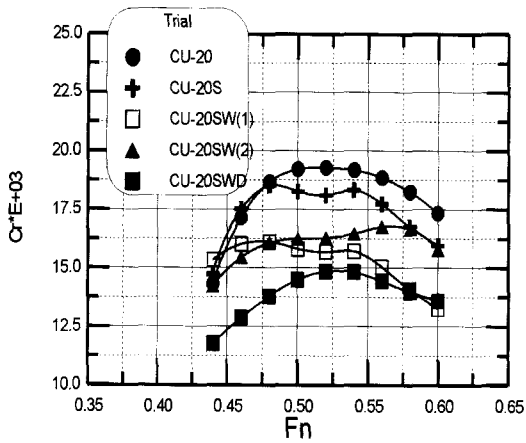


Fig. 5. Comparison of CR at trial condition

4. 선수 스프레이(spray) 관찰시험

선형의 부가물 부착에 의한 기하학적 특성의 변화에 따른 스프레이(spray) 변화를 관찰하기 위하여 만재상태와 시운전상태의 선수 스프레이 관찰시험을 수행하였으며, 그 중 기본선형(CU-20)과 개선선형에 부가물을 부착한 상태(CU-20SWD)에 대한 계획속도 20노트에서의 관찰결과를 Fig. 6 및 7에 수록하였다.

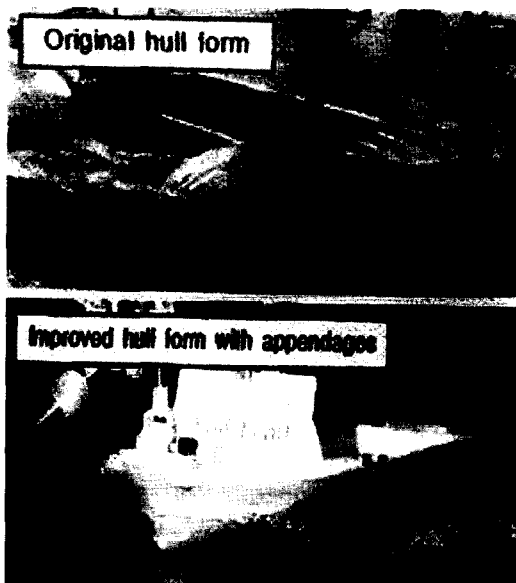


Fig. 6. Comparison of spray sheet at full load condition

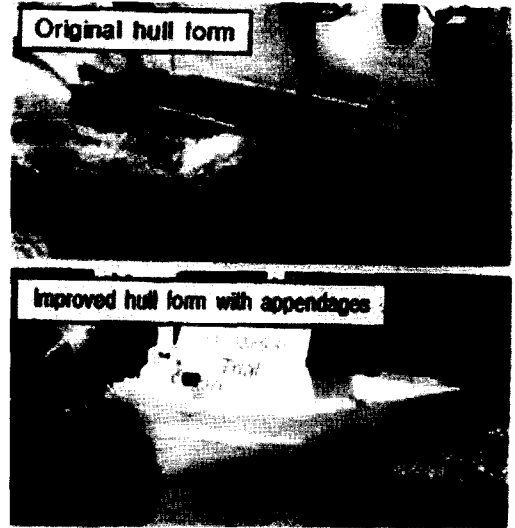


Fig. 7. Comparison of spray sheet at trial condition

Fig. 6 및 7에 보인 바와 같이 기본선형에 비하여 개선선형에 spray strip을 부착하였을 경우 선수 spray 현상이 현저하게 개선되었음을 알 수 있다.

5. 트림 및 침하량 계측시험

항주시 트림 및 침하량과 저항성능과의 상관관계를 연구하기 위하여 속도별로 침하량을 선수 및 선미에서 계측하였으며, 그 결과를 식 (2) 및 (3)으로 각각 무차원화 하여 Fig. 8 및 9에 각각 도시하였다.

$$S = \text{침하량} \times 2g / U^2 \quad (2)$$

$$t = (\Delta Z_{\text{STERN}} - \Delta Z_{\text{BOW}}) \times 2g / U^2 \quad (3)$$

여기서,

ΔZ_{STERN} : 선미 침하량

ΔZ_{BOW} : 선수 침하량

Fig. 8 및 9에 보인 바와 같이 침하량은 속도가 증가할수록 각각의 조건 모두 일정하게 감소하고 있음을 알 수 있고, 트림은 wedge의 크기가 큰 쪽이 작게 발생함을 알 수 있었으며, Froude수 0.55 이상에서는 일정하게 유지되거나 감소하는 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

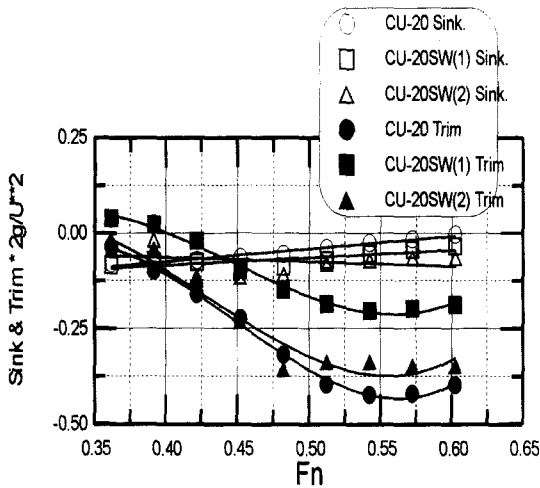


Fig. 8. Nondimensionalized trim and sinkage at full load condition

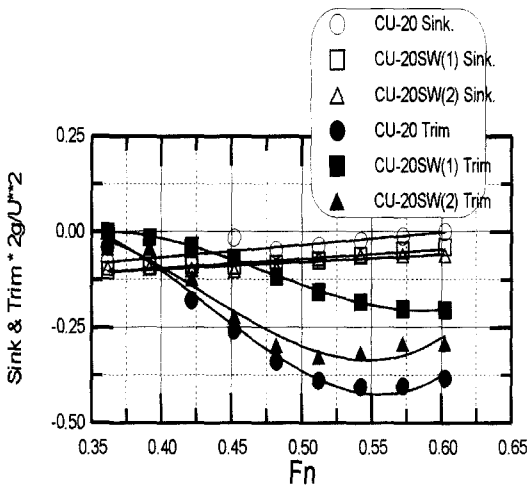


Fig. 9. Nondimensionalized trim and sinkage at trial condition

결론

활주 전 선형의 선수 스프레이(spray) 및 파형을 개선하기 위한 한 방법으로 스프레이 스트립(spray

strip) 부착 방법이 사용될 수 있음이 증명되었으며, 웨지(wedge)는 고속에서의 항주 자세 및 선미 유동을 개선하고 트림 및 침하량을 감소시켜 저항을 개선시키는 것으로 나타났다.

활주형 선형의 활주 직전 속도범위에서 발생하게 되는 과도한 선수파, 트림 및 침하 등을 스프레이 스트립(spray strip)이나 웨지(wedge)를 부착함으로써 개선시킬 수 있었으며 그 결과 저항성능도 상당히 개선되었다.

후기

본 연구(논문)에 사용된 시험장비는 산업자원부 지정 (사)부품산업테크노센터에서 제공한 것임.

참고문헌

- John M. Almeter(1993). : Resistance Prediction of Planing Hulls, Marine Technology, Vol. 30, 297-307.
- 이귀주, 이광일(2000) : 2500 TEU Container선형 개발에 대한 실험적 연구, 한국해양공학회 추계학술대회논문집, 261-264.
- 이귀주, 박만(1992) : 활주형 선형의 단면형상 및 장/폭비 변화에 따른 모형시험 결과, HMRI 보고서.
- 이귀주, 이광일(1998) : 활주선형 고속어선의 단면형상 및 장-폭비와 성능과의 관계에 대한 연구, 한국어업기술학회지, 34권 3호, 230-236.
- 이귀주(1998) : 중형고속어업지도선의 선형개발에 관한 연구, 대한조선학회논문집 vol.35, No.2, 1-7.

2003년 10월 25일 접수

2003년 12월 31일 수리