

반전형 선수부 형상을 갖는 고속 쌍동선의 부가물이 주행성능에 미치는 영향에 관한 연구

김도정** · 나현호** · 김정은** · 오도원** · 최홍식***

*, ** (재)한국조선해양기자재연구원, *** 신우산업(주)

A Study on the Effect of Hull Appendages of High-Speed Catamarans with Modified-reverse bow on the Running Performance

Do-jung Kim**† · Hyun-ho Na** · Jung-eun Kim** · Do-won Oh** · Hong-sik Choi***

*, ** Korea Marine Equipment Research Institute, Yeongam 58457, Korea

*** Shinwoo Industrial Co, Ltd., Yeongam 58457, Korea

요 약 : 본 연구에서는 선수 돌출의 반전형 선수 형상을 가진 고속 쌍동선의 선체부착 부가물에 의한 주행성능 영향에 대하여 수치해석과 회류수조 모형시험을 통하여 비교분석하였다. 반전형 선수 형상은 재래식 선수 형상보다 선수 발산과 파정의 생성위치를 선미방향으로 이동시켜 개선된 조파형상을 보이며, 저항 및 안정된 항주자세에 효과적임을 보였다(Kim et al., 2019). 본 연구에서의 반전형 선수 내측에 부착된 핀과 선미단 인터셉터(Interceptor)에 의한 파형과 항주자세 변화 등 주행성능에 대한 모형시험 결과에서는, 1) 반전형 선수의 Trim 특성 2) Fin에 의한 내측 파의 중첩 개선 3) Fin과 Interceptor에 의한 자세제어는 두 선체 연결갑판(Wetdeck) 충격을 줄이는데 효과적인 것으로 판단된다.

핵심용어 : 쌍동형 선형, 선형설계, 반전형 선수, 수치해석, 모형시험

Abstract : In this study, the effect of hull appendages on the high-speed catamarans with reverse bow shapes is compared and analyzed by numerical analysis and circulating water tank model test. The reverse bow shape showed an improved wave shape by shifting the generation position of forward divergent wave to the stern direction and was effective in resistance and stable running posture (Kim et al., 2019). In the model test results of the running performance as the wave patterns and the change of the running posture due to the fin fitted with the inner side of the inverted bow and the interceptor, 1) Trim characteristics of the inverted bow 2) Improvement of superposition of inner wave by Fin 3) The trim control by the fin and the interceptor is considered to be effective in reducing the impact of the two hull connection decks (wetdeck).

Key Words : Catamaran, Modified-reverse bow, Fin, Interceptor, Model test

1. 서 론

해양레저에 대한 관심 증대는 점차 다양한 수요에 대한 만족이라는 새로운 시장을 만들어 내고 있으며, 승선인원과 실내외 공간 활용 등 선박의 휴먼 인테리어 측면에서 넓은 범위의 공간적 서비스 제공분야로 확대되고 있다.

쌍동형 선박은 넓은 실내외 활용 공간을 제공하지만, 설계에 있어서는 두 선체 내부 파 간섭에 의한 저항 최소화와 선체 연결갑판(Wetdeck)에 작용하는 파랑 충격과 항주자세

등을 고려하여야 한다.

Choi and Park(2013)은 쌍동선형의 선형개발에 활용하고자 비대칭과 대칭 단동선형을 가진 쌍동선에 대해 저항성능을 평가하였으며 비대칭 단동선형의 쌍동선의 조파저항 성능 우수성을 수치계산과 모형시험으로 확인하였다.

Oh and Yoo(2013)은 항주자세 및 저항 추정에 대해 상호 비교연구를 수행하였으며, Park et al.(2016)은 쌍동선 선수 형상의 변화에 따른 저항성능의 영향을 검토하고 CFD와 모형 시험 결과를 비교하여 저항과 자유표면 유동특성 관계를 조사하였다.

† Corresponding Author : djkim@komeri.re.kr, 061-460-5287

반전형 선수 형상은 1912년 오스트리아-헝가리 해군기함 드레드노트를 기점으로, 파랑 중 운항성능이 우수(Keuning et al., 2011) 하여 2012년 이후 유럽을 중심으로 대형 크루즈 선박이나 고속 레저선박 등에 적용되고 있다(ULSTEIN, 2019).

Kim et al.(2019)은 반전형 선수(Reverse) 형상을 가진 쌍동선박이 재래식 선수 형상보다 선수 발산과 파정의 생성위치를 선미 방향으로 이동시켜 개선된 조파형상과 저항 및 안정된 항주자세 결정에 효과적임을 보였다.

일반적으로, 쌍동선박에서는 Wetdeck의 파랑 충격에 의한 선체 손상이나 진동소음을 방지하기 위해 데크 하부에 충격 감쇠를 위한 센터바디(Center body)를 두고 있다.

본 연구에서는 Wetdeck의 파랑 충격 제어를 위한 쌍동선 내측 핀(Fin)과 Trim 제어를 위한 인터셉터(Interceptor) 등의 부가물이 주행성능에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 선형 및 Appendage 설계

다동선체의 선수형상은 재래식(Conventional)과 반전형(Reverse), 추 또는 도끼형(Plump & Axe) 선수 형상 등이 있으며, Kim et al.(2019)은 재래식(Conventional) 및 반전형과 도끼형을 결합한 수정 반전형(Modified-reverse) 선수의 선체주위 파형과 주행성능에 대한 비교를 수행하였다.

Wetdeck의 파랑 충격 제어를 위하여 쌍동선 내측에 부착되는 Fin의 설계는, 수치해석을 통하여 쌍동선 내측의 파형 제어와 주행성능 개선을 위한 부착위치 및 최적 형상을 설계하였다.

대상 선박의 주요 제원은 Table 1에 정리하였다.

Table 1. Principal dimensions of ship (Scale 1/13.111)

Items	Ship	Model
Lpp (m)	11.650	0.812
Lwl (m)	11.880	0.906
Beam (m)	6.400	0.488
draft (m)	0.690	0.052
Disp. (m ³)	13.69	0.006
Interceptor (cm)	13.11	1.0
Cb	0.551	
LCG (%)	-2.94	

본 개발선은 두 개의 330마력 선내기로 엔진마력 660PS (330PS×2)에서 설계속도(Design speed)는 17.0 knots(NCR)이며, 최대 선속은 20.0 knots(MCR)으로 계획되었다.

Fig. 1에 Modified-reverse type 쌍동선 내측의 파형제어를 위한 핀의 형상과 Trim 제어를 위한 Interceptor 부착위치 등을 나타내었으며, Fig. 6에는 부착된 모형을 나타내었다.

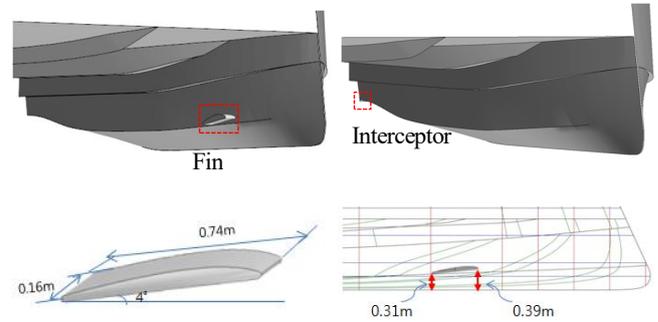


Fig. 1. Fitted position of designed fin and interceptor.

3. 수치해석

3.1 수치해석 조건

사용된 수치시뮬레이션 프로그램은 STAR-CCM+이며, 자유수면은 VOF법을 사용하였고 난류모델은 레이놀즈 응력의 전달방정식을 풀기위해 Reynolds Stress Turbulence를 적용하였으며, 계산 조건은 Table 2와 같다.

Table 2. Physical setup in STAR-CCM+

Parameter & Condition		Unit
Scale Ratio (λ)		13.111
Water	density	999.5 kg/m^3
	kinematic viscosity	1.2727E-06 m^2/s
Air	density	1.18415 kg/m^3
	dynamic viscosity	1.86E-05 $p_a \cdot s$
Turbulent Model		Reynolds Stress Model
		Reynolds-Averaged Navier-Stokes
Free surface		VOF waves
Wall Treatment		High y^+
Wall y^+		80

해석 영역은 $-3 \leq x/Lwl \leq 2$, $-1 \leq y/Lwl \leq 1$, $-1 \leq z/Lwl \leq 1$ 이며 해석모델의 생성격자는 Volume mesh로 설정하였고, Surface Re-mesh, Trimmed Cell Mesh, Prism Layer Mesh로 구성하였다. 격자수는 약 250만개이며, 선속에 따른 선체 거동을 계산하기 위해 격자 모핑법(Mesh morphing) 이용의 DOF model을 사용하였다. Fig. 2는 수치계산을 위한 경계조건과

반전형 선수부 형상을 갖는 고속 쌍동선의 부가물이 주행성능에 미치는 영향에 관한 연구

자유표면에서의 격자계이다. 본 계산법의 저항력 점성유동 성분에 대한 민감도가 낮음을 고려하여 y^+ 를 결정하였다 (Haase et al., 2012).

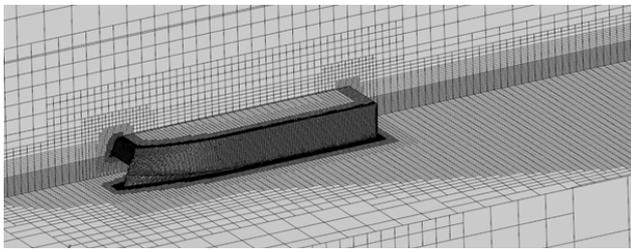
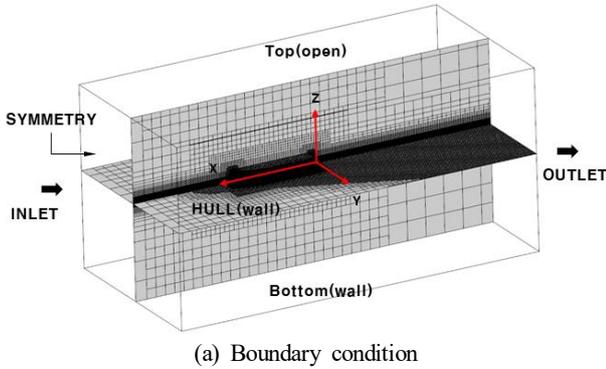


Fig. 2. Boundary condition & Grid system.

수치해석의 선박 제원과 선속 조건은 수조시험에서의 조건과 동일하게 적용하였으며, 수치해석의 선속은 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Ship speeds for CFD simulations

Case	Ship speed (knots)	F_n	Reynolds Number in model
1	13	0.619	1.315×10^6
2	15	0.715	1.517×10^6
3	17	0.810	1.720×10^6
4	19	0.905	1.922×10^6
5	20	0.953	2.023×10^6

3.2 수치해석

Faltinsen(2007)은 쌍동 선체 간 내측의 발산파가 상대 선체에 영향을 주는 길이에 대하여, 발산파의 각도를 선체의 폭과 두 선체 간 사이의 폭 등으로 제시하였다.

Kim et al.(2019)은 Fig. 3의 Conventional과 Modified-reverse 선수의 발산파 파형에 대한 운항선속 17.0 knots 비교에서 발산파의 각도가 28°에서 23°로 개선됨을 보였다.

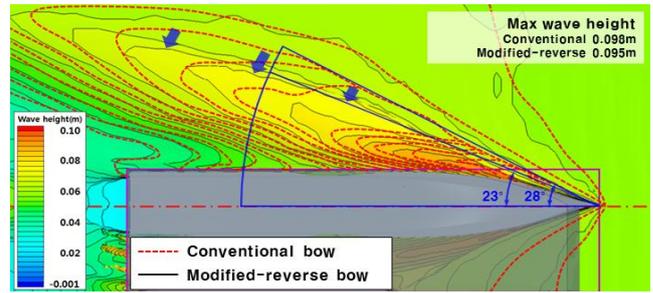


Fig. 3. Comparison of wave-patterns between conventional and modified-reverse bow at 17.0 knots (Kim et al., 2019).

Table 4는 운항선속 17.0 knots와 설계속도 20.0 knots에서 Bare Hull 상태 및 Fin과 Interceptor 부착 등에 대한 수치해석 결과를 나타낸 것이다.

17.0 knots Bare Hull 상태에서의 Trim은 3.3°이며, Fin 4° 부착 시 Trim은 3.4°로 유사한 것으로 계산되었으며, 20.0 knots에서의 Trim은 3.4°, Fin 4° 부착 상태에서의 Trim은 1.9°로 계산되어 선체 내측 파형이 Trim에 의해 제어되는 것으로 나타났다.

Table 4. Results of CFD simulations

Simulation Conditions		Simulation Items		
Case	Speed (kts)	R_T (N)	Trim (deg)	Sinkage (%LBP)
Bare Hull	17.0	7.442	3.340	0.43
	20.0	8.341	3.382	1.12
with Fin 4°	17.0	7.401	3.400	0.51
	20.0	8.132	3.434	1.22
with Interceptor	17.0	7.444	2.072	0.08
	20.0	8.895	1.911	0.40
with Interceptor and fin 4°	17.0	7.468	2.115	0.03
	20.0	8.847	1.945	0.44

본 연구에서는, 쌍동선 내측 발산파형의 증첩은 wetdeck 충격에 의한 선체 손상이나 주행성능 저하에 크게 관여하게 됨으로, 선수 발산파의 각도를 줄여 파의 증첩에 의해 증대되는 파고를 제어하고 선미쪽으로 유도할 수 있도록 선수부 내측에 부착되는 핀을 설계하였다.

Fig. 4는 17.0 knots와 20.0 knots에서 선체 내측의 Fin 부착 유무와 부착 각도에 따른 파고 제어에 대하여 수치해석 결과를 나타낸 것으로, Fin의 부착 각도가 4°인 경우에 Wetdeck에 작용하는 파랑충격 제어와 운항성능 개선에 효과적인 것으로 계산되었다.

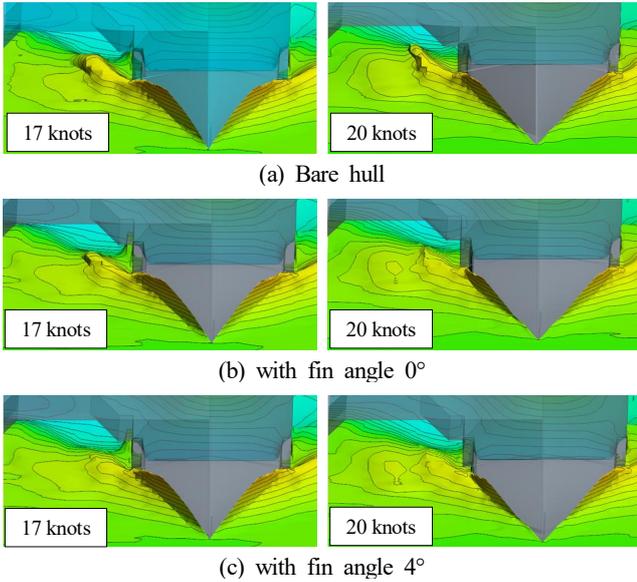


Fig. 4. Wave patterns caused by fin and its angle.

Fig. 5는 17.0 knots와 20.0 knots에서 선체 내측의 Fin과 인터셉터(Interceptor) 부착 유무에 따른 선체 내측의 파형 변화에 대한 수치해석 결과를 나타낸 것이다.

Fig. 5(a)에서 Interceptor 부착 상태의 17.0 knots Trim은 2° 정도이며, 20.0 knots에서의 Trim은 1.9°로 계산되었다.

Fig. 5(b)의 Fin과 Interceptor를 함께 부착한 경우의 Trim은 Fin 부착에 의해 다소 증가하지만 Fig. 5(a)와 대동소이하게 나타났으며, 선체 내측 파형은 Fin에 의해 파형이 개선되는 것으로 해석되었다.

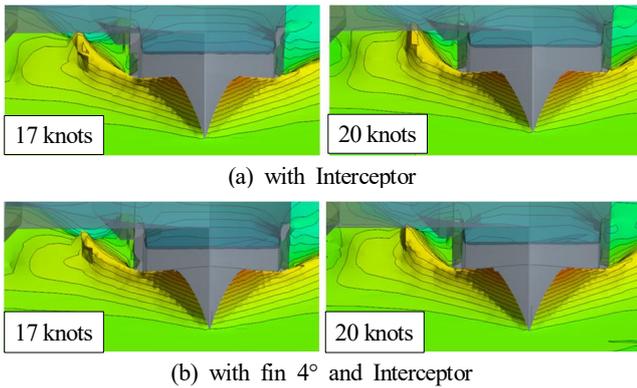


Fig. 5. Wave patterns caused by interceptor and fin.

4. 모형시험

4.1 모형시험 조건

반전형 쌍동선형의 부가물 부착에 따른 운항성능 추정을 위한 모형시험은 서일본유체기술연구소(West Japan Fluid Engineering

Laboratory)의 회류수조에서 수행하였다.

본 개발선의 설계속도(Design speed)는 660PS(330PS×2)에서 17.0 knots(NCR)이며, 최대 선속은 20.0 knots(MCR)이다.

모형시험 항목은 Table 5에 나타내었다.

Table 5. Test and measuring items

Test Conditions	Measuring Items		
	R _T	Trim	Sinkage
Bare Hull	○	○	○
with Fin 4°	○	○	○
with Interceptor	○	○	○
with Interceptor and fin 4°	○	○	○

시험모형은 0.9 m 하드우레탄으로 제작되었으며, 부착된 Fin과 Interceptor 형상은 Fig. 6과 같다.



(a) with fin 4°



(b) with Interceptor 1 cm

Fig. 6. Test model with fin and Interceptor.

4.2 모형시험 및 결과

모형시험은 Fin 4° 부착과 Bare Hull 상태 등, 각 조건에 대해 저항성능과 Trim 변화, 파형 관찰 등을 수행하였다.

Fig. 7은 운항 선속 17.0 knots에서 선수부 내측 Fin 4° 부착 유무에 따른 선체 주위 파형을 나타낸 것으로, 발산파 및 선미부 Wetdeck에 접촉되는 파의 형상 등 전체적인 파형은 대동소이하나, Fig. 8에서와 같이 Fin 4° 부착의 경우 Wetdeck에 접촉되는 파를 선미 쪽으로 이동시켜 파의 접촉량을 줄이는 것으로 관측되었다.

반전형 선수부 형상을 갖는 고속 쌍동선의 부가물이 주행성능에 미치는 영향에 관한 연구



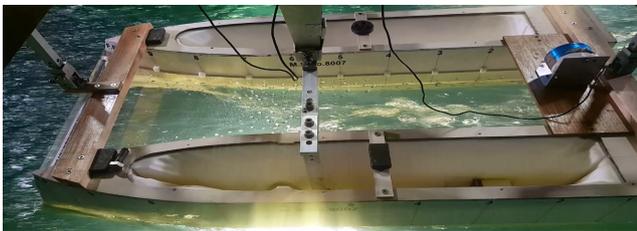
(a) Bare hull



(b) fitted with fin 4°

Fig. 7. Wave patterns for bare hull and fitted with fin at 17.0 knots.

Fig. 8은 쌍동선 내측에서의 파 중첩에 의한 파형과 파고 비교를 나타낸 것으로, Fin 부착 4°의 경우에 내측 발산파의 각도와 파형에 관여하여 파 중첩에 의한 파고가 개선되고 있으며, 중첩 파고의 위치도 선미 쪽으로 이동되고 있는 형상을 보이고 있다.



(a) without fin



(b) with fin 4°

Fig. 8. Duplication of divergent waves at 17.0 knots.

Fig. 9는 운항 선속 17.0 knots와 20.0 knots에서 Interceptor 부착에 의한 선체주위 파형 비교를 나타낸 것이다.

운항 선속 17.0 knots에서, 발산파와 선미부 Wetdeck에 접촉하는 파의 형상 등은 Fig. 7의 경우와 유사하게 나타나고 있

으며, Interceptor에 의해 선수 Trim을 제어함으로써 Wetdeck에 접촉되는 파의 접촉량을 줄이고 있다.



(a) 17.0 knots



(b) 20.0 knots

Fig. 9. Wave patterns for fitted with Interceptor 1 cm.

쌍동선 내측 Fin 및 선미부 Interceptor 부착 등에 따른 정량적 성능추정을 위하여, 모형시험을 통한 선체저항 계측과 ITTC(International Towing Tank Conference)에서 제안한 국제표준 방법을 이용하여 실선의 성능을 추정하였다(K.S.N.A, 2014).

Table 6과 Fig. 10은 Bare Hull 및 Fin 4°, Interceptor 부착 등에 대한 전저항 계수(C_T)의 모형시험 결과를 비교한 것이다. 부가물 부착에 따른 전저항 계수(C_T) 비교에서는 운항속도 17 knots 이하의 구간에서 Bare Hull 상태의 저항계수가 약 5% 정도 크게 나타나고 있으며, 19 knots 구간의 영역에서의 저항은 대동소이한 것으로 계측되었다.

Table 6. Total resistance coefficient (C_T) by model test

Vs (knots)	Fn	Total Resistance Coefficient (C_T)			
		Bare Hull	with Fin 4°	with Interceptor	with Interceptor and Fin 4°
13.0	0.619	10.205	10.388	-	-
15.0	0.715	8.788	8.893	8.511	8.574
17.0	0.810	7.883	7.939	7.688	7.696
19.0	0.905	7.439	7.443	7.376	7.333
20.0	0.953	6.719	6.824	7.064	6.966

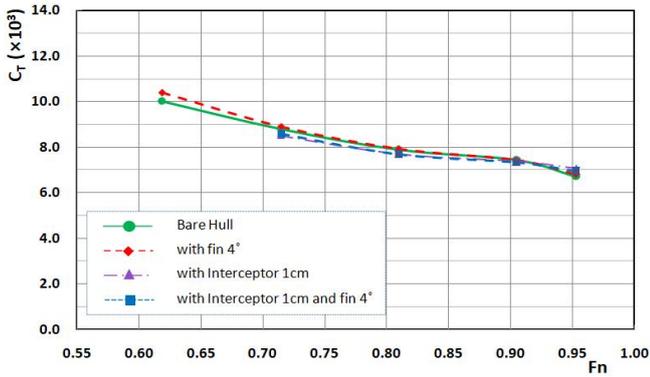


Fig. 10. Comparison of total resistance coefficient (C_T).

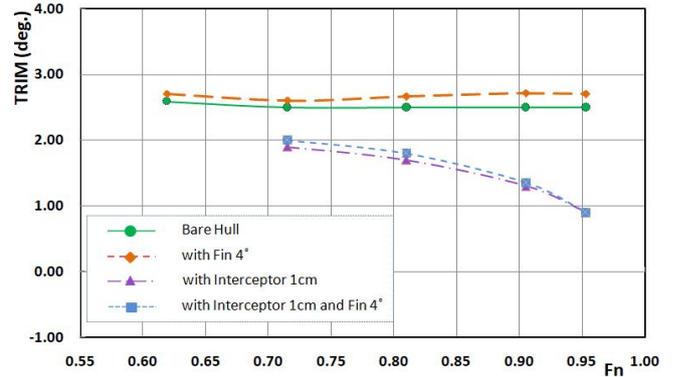


Fig. 11. Comparison of trim angle (degree).

Table 7과 Fig. 11에 Bare hull 상태와 Fin 4°, Interceptor 부착 등에 따른 Trim 변화에 대한 모형시험 결과를 나타내었다.

Modified-reverse 선수 선형의 Bare Hull 상태와 Fin 부착에 따른 Trim은 2.5°~2.7°를 나타내고 있으며, Interceptor 부착의 경우 Trim은 2.0°~1.0° 이내로 제어되고 있다.

Trim을 제어하지 않는 경우, F_n 0.6~1.0 사이에서 일반적인 활주선형이 가지는 Trim 6° 내외보다 Trim이 현저히 줄어들고 있음을 보이고 있다(Jeong et al., 2012).

고속 쌍동선에서의 Trim 제어는 Wetdeck의 파랑충격과 운항성능 개선에 매우 중요한 요소이다.

반전형 선수현상을 갖는 선형의 Trim은 Table 7과 Fig. 11의 비교에서처럼 0.1° 내외의 차이로 대동소이하며, Interceptor와 Fin에 의한 Trim은 F_n 0.72와 F_n 0.95 사이에서 약 1.0° 차이가 나고 있으며, Bare Hull과 Fin 부착 상태와는 약 1.5° 차이가 나고 있다.

모형시험에서의 Interceptor 1cm(실선 13.1cm) 부착에 대한 시험결과로부터, 고속에서의 과도한 선수침하와 Wetdeck의 파랑충격 등이 우려됨으로, 실선에서는 Trim을 2.0~3.0° 내외를 유지하도록 Interceptor 깊이 조절이 필요한 것으로 판단된다.

Table 7. Trim angle(deg.) by model test

Vs (knots)	Fn	Trim			
		Bare Hull	with Fin 4°	with Interceptor	with Interceptor and Fin 4°
13.0	0.619	2.59	2.7	-	-
15.0	0.715	2.5	2.6	1.9	2.0
17.0	0.810	2.5	2.66	1.7	1.8
19.0	0.905	2.47	2.71	1.3	1.35
20.0	0.953	2.5	2.7	0.9	0.9

Table 8과 Fig. 12는 Bare hull 상태와 Fin 4° 및 Interceptor 부착 등의 경우에 대해 선체중양부에서의 선체침하(Sinkage)를 나타낸 것이다.

Table 8. Sinkage at midship by model test

Vs (knots)	Fn	Sinkage at Midship (%LBP)			
		Bare Hull	with Fin 4°	with Interceptor	with Interceptor and Fin 4°
13.0	0.619	0.01	0.04	-	-
15.0	0.715	0.25	0.3	0.23	0.28
17.0	0.810	0.32	0.43	0.25	0.35
19.0	0.905	0.54	0.63	0.41	0.51
20.0	0.953	0.64	0.7	0.47	0.58

선체 중양부에서의 Sinkage는 설계선속 17.0 knots(F_n 0.8) 부근에서 Interceptor와 Fin 부착에 의한 경우가 선체길이(LBP)의 0.36%이며, 각 경우에 있어서 Sinkage 시험결과 차이는 0.2% 이내인 것으로 계측되었다.

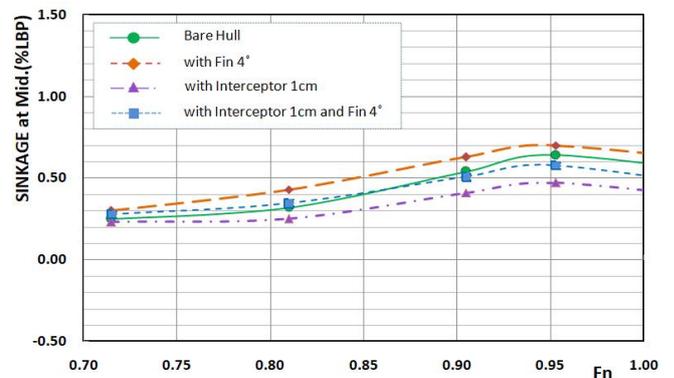


Fig. 12. Comparison of sinkage at midship (%LBP).

반전형 선수부 형상을 갖는 고속 쌍동선의 부가물이 주행성능에 미치는 영향에 관한 연구

Table 9와 Fig. 13은 Bare hull 상태와 Fin 4°, Interceptor 1 cm 부착 등의 유효마력(EHP)에 대해 모형시험을 통하여 추정된 결과를 나타낸 것이다.

Table 9. Speed-power prediction by model test

Vs (knots)	Fn	Speed-Power (EHP)			
		Bare Hull	with Fin 4°	with Interceptor	with Interceptor and Fin 4°
13.0	0.619	97	99	-	-
15.0	0.715	124	126	118	120
17.0	0.810	157	159	152	153
19.0	0.905	194	198	201	197
20.0	0.953	213	220	233	226

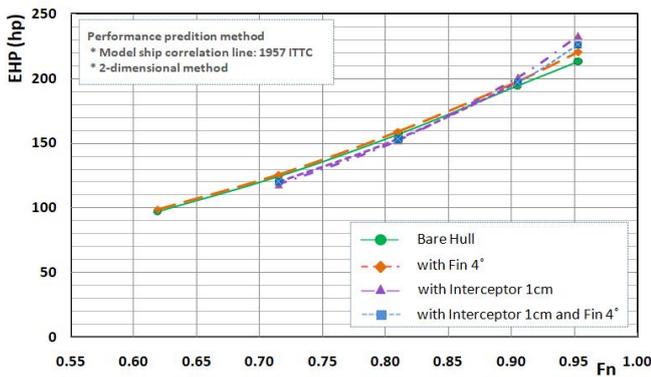


Fig. 13. Comparison of EHP curves.

Fig. 14의 제어마력(BHP) 추정에 있어서 추진기 효율은 선 내외기의 경우 일반적으로 0.6~0.65로 가정하고 있으며, 본 연구에서의 개발선형에 대한 마력추정에 있어서는 서일본 유체기술연구소(West Japan Fluid Engineering Laboratory)에서 적용하는 추진기 효율 0.6을 사용하여 추정하였다.

부가물 부착에 따른 각 조건들의 BHP 추정 비교로부터 19.0 knots(Fn 0.905) 이하에서는, Interceptor와 Fin을 부착한 경우가 선체 Trim을 1.3° 부근으로 제어하여 소요마력이 개선되고 있으나, Trim이 1.3° 이하가 되는 19.0 knots 이상의 고속 영역에서는 BHP가 크게 증가하는 양상을 보이고 있다.

반전형 선수형상을 갖는 본 선형의 Trim 제어는 1.3° 이하가 되지 않도록 Interceptor의 깊이 조절이 필요하며, Trim 1.3° 이하의 영역에서는 Fig. 14에서처럼 BHP가 급격히 증가하게 된다.

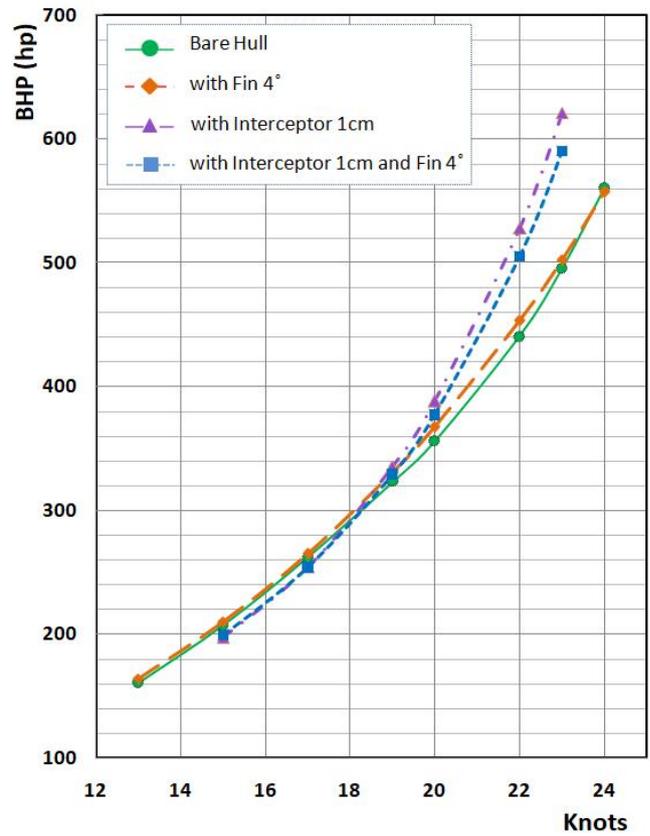


Fig. 14. Comparison of BHP curves.

본 개발선의 통상 운항 조건으로 Interceptor 1 cm 부착 상태의 설계속도 17.0 knots(NCR)에서 소요마력은 250 BHP, 최대 선속 20.0 knots(MCR)에서의 소요마력은 390 BHP로 추정된다.

5. 결론

본 연구에서는 반전형 선수를 가진 쌍동선 선수부 내측에 부착된 Fin과 Trim 제어를 위한 Interceptor 1 cm(실선 13.1 cm) 등의 부가물이 운항성능에 미치는 영향 등을 고찰하였다.

부가물 부착에 따른 선체주위 파형에 대한 수치해석 검토와 모형시험을 통하여 부가물 부착에 따른 주행성능에 미치는 영향을 비교하였으며, 세부결과는 다음과 같다.

(1) 반전형(Modified-reverse) 선수 형상은 선체 Trim을 효과적으로 제어하고 있으며, Bare Hull 상태에서 2.5°, Interceptor 부착의 경우 Trim은 2.0° 이내로 제어되고 있다.

(2) 고속 쌍동선에서의 Trim 제어는 Wetdeck의 파랑충격과 운항성능 개선에 중요한 요소로, 반전형 선수형상을 가진 쌍동선 선체 내측에 부착된 Fin은 파를 간섭하여 Wetdeck에 작용하는 파의 충격을 제어하고 있다(Fig. 8).

(3) Fin 부착 4°의 경우에 내측 발산과의 각도와 파형에 관여하여 파 중첩에 의한 파고가 개선되고 있으며, 중첩 파고의 위치도 선미 쪽으로 이동되고 있는 형상을 보이고 있다 (Fig. 8).

(4) Interceptor를 부착한 경우 선체 Trim을 효과적으로 제어하고 있으나, 선속 증가에 따라 Trim이 1.3°로 이하(Table 7)로 제어되는 고속영역에서는 Interceptor를 부착하지 않은 경우에 비해 제어마력(BHP)이 크게 증가하고 있다. 실선에서는 Trim을 2.0~3.0° 내외를 유지하도록 Interceptor 깊이 조절이 필요한 것으로 판단된다.

(5) 본 개발선의 통상 운항 조건으로 Interceptor 부착 상태의 설계속도 17.0 knots(NCR)에서 소요마력은 250BHP, 최대 선속 20.0 knots(MCR)에서의 소요마력은 390BHP로 추정되었다.

수치해석 결과의 정도 향상을 위한 Fin의 형상과 크기, 부착위치 등에 대한 연구와 더불어 Wetdeck에 작용하는 파랑 충격 감소에 대한 추가연구가 필요하다.

후 기

본 연구는 2018년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원(KIMST)의 지원을 받아 수행한 미래해양산업기술개발사업(과제명: 한국전통인테리어를 접목한 수출 주도의 30ft급 쌍동형 알루미늄 파워요트개발(과제번호 20170138))의 지원으로 수행되었습니다.

본 연구의 결과물인 쌍동선 내측에 부착된 Fin에 대해서는 발명의 명칭 ‘중소형선박 주행성능 개선 구조물’로 특허청에 특허등록(특허 제 10-1966162 호)되었습니다(Choi and Kim, 2019).

References

[1] Choi, H. J. and D. W. Park(2013), Wave-resistance Performance Analysis of the Twin Hull for a Type of the Asymmetric and Symmetric Mono Hull, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 19, No. 1, pp. 78-84.

[2] Choi, H. S. and D. J. Kim(2019), Small and Midesize Ship Performance improvement Structure, Korean Intellectual Property Office, Patent Number, 10-1966162.

[3] Faltinsen, O. M.(2007), Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles, © Cambridge University Press, pp. 42-45, pp. 120-123, pp. 221-226, pp. 271-281, pp. 317-325.

[4] Haase, M., F. Iliopoulos, G. Davidson, S. Friezer, G. Thomas, J. Binns, N. Bose, J. Lavroff and M. R. Davis(2012),

Application of RANSE-based Simulations for Resistance Prediction of Medium-Speed Catamarans at Different Scales, 18th Australasian Fluid Mechanics Conference, Launceston, Australia, pp. 3-7.

[5] Jeong, U. C., D. J. Kim and H. S. Choi(2012), A Study on Hull Form Development and Resistance Performance of High Speed Catamaran Cruise Boat, Journal of Ocean Engineering Technology, pp. 14-18.

[6] Keuning, J. A., G. L. Visch, J. L. Gelling, W. V. Lentsch and G. Burema(2011), Development of a new SAR boat for the Royal Netherlands Sea Rescue Institution, American Society of Naval Engineers, pp. 797-806.

[7] Kim, D. J., W. J. Oh, J. E. Kim, H. O. Na and H. S. Choi(2019), A Study on the Resistance Performance of Catamarans with Modified-reverse bow, The Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 22, No. 2, pp. 246-252.

[8] K.S.N.A(2014), The Korean Society of Naval Architects, Introduction of Naval Architecture and Ocean Engineering, Dong-Myeong Publishers, pp. 64-82.

[9] Oh, G. H. and J. H. Yoo(2013), Numerical Prediction of Running Attitude and Resistance of Planing Craft, Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 50, No. 2, pp. 95-103.

[10] Park, J. W., D. J. Kim, W. J. Oh and U. C. Jeong(2016), A Study on the Development of Low Speed Twin-Hull Form for Seabed Organic Sediment Collection, The Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 22, No. 2, pp. 246-252.

[11] ULSTEIN(2019), <https://ulstein.com/innovations/x-bow>.

Received : 2019. 05. 21.

Revised : 2019. 07. 02. (1st)

: 2019. 07. 25. (2nd)

Accepted : 2019. 08. 28.