

# 파랑관통형 선형의 저항 및 트림각 감소를 위한 선미 인터셉터 부착효과에 관한 모형시험 연구

김대혁<sup>1</sup>·서인덕<sup>1</sup>·이기표<sup>1</sup>·김낙완<sup>1,†</sup>·안진형<sup>2</sup>  
서울대학교 조선해양공학과<sup>1</sup>  
국방과학연구소 제 6 기술연구본부<sup>2</sup>

## A Model Test Study on the Effect of the Stern Interceptor for the Reduction of the Resistance and Trim Angle for Wave-piercing Hulls

Dae Hyuk Kim<sup>1</sup>·Inn-Duk Seo<sup>1</sup>·Key-Pyo Rhee<sup>1</sup>·Nakwan Kim<sup>1,†</sup>·Jin-Hyung Ahn<sup>2</sup>  
Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Seoul National University<sup>1</sup>  
The 6th R&D Institute, Agency for Defense Development<sup>2</sup>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Planing hull form is widely used as a high speed vessel hull. There is a problem of the planing hull not solved yet. The problem is that the planing hull has very large vertical acceleration and large heave and pitch motions. As one method for overcoming this problem, there is "wave-piercing hull". Before the motion in waves is investigated, the resistance and running attitude must be investigated. In this paper, the running attitude and resistance of two wave-piercing hulls are investigated by model tests. Model test results show that the wave-piercing hulls have large trim angle and sinkage at the high speed, so additional model tests are conducted by using the hull appended by stern interceptor that is very thin plate to increase the hydrodynamic pressure at the attached location. The results are compared with other planing hulls and the resistance components and the hydrodynamic force are discussed. From the model test results, it can be known that the stern interceptor is the effective appendage for the reduction of the resistance and trim angle of wave-piercing hull.

**Keywords** : Wave-piercing hull(파랑 관통형 선체), High speed vessel(고속선), Model test(모형시험), Stern Interceptor(선미 인터셉터)

## 1. 서론

고속선은 일반저속선에 비해 매우 빠른 속력을 가지므로, 일반적인 운송임무가 아닌 군사, 레저 등의 특수한 목적을 위해 사용한다. 대형저속선박은 선체 중량의 대부분을 부력에 의해 지지하는데, 이러한 선형들은 침수부피가 매우 큰 형상으로서 고속에서 저항이 매우 커지기 때문에 고속의 구현자체가 어려운 측면이 있다. 이러한 문제 때문에 고속선은 선체의 중량을 부력뿐만 아니라 양력에 의해서도 지지하는 방식들을 사용하는데, 지지방법에 따라 선체의 부력 및 양력에 의해 지지하는 선형, 하이드로포일의 양력에 의해 지지하는 선형, 압축공기를 분사시켜 지지하는 선형 등으로 분류할 수 있다 (ITTC, 1981). 이 중에서 단동선은 설계가 타 선형에 비해 단순하여, 많은 선행연구들이 주로 단

동선을 중심으로 수행되어 왔다. 단동고속선은 양력에 의해 선체 중량을 지지하는 비율에 따라 활주선형, 반배수량형, 배수량형 이렇게 3가지로 분류될 수 있다. 이 중에서 활주선형은 고속에서 선체 중량의 대부분을 양력에 의해 지지한다. 이 때문에 선체가 충분히 수면으로 부상되어 저항이 작아 고속의 구현이 비교적 쉽다는 장점이 있다.

널리 사용됨에도 불구하고 아직까지 해결하지 못한 활주선형의 가장 큰 문제는 파랑 중 큰 수직방향 가속도를 가진다는 것이다. 이는 파랑 중 큰 종동요 및 상하운동을 한다는 것을 의미하는데, 큰 운동으로 인해 선체가 큰 충격력을 받을 뿐만 아니라 선체 안 탑승원의 안정적인 조종을 방해하기 때문에 반드시 해결해야 할 문제이다. 이러한 파랑 중 큰 운동을 감소시키기 위해 선수를 매우 길고 날카롭게 만드는 방법이 있다. Keuning, et al.

(2001) 은 선수의 형상에 따라 선형을 파랑관통형 선형과 axe bow를 정의하고, 선수부 길이-폭비가 큰 형상이 파랑 중 운동성능의 개선에 도움이 되는 것을 확인하였다. 이 형상은 선수 쪽의 부력을 작게 만들어 파랑을 뚫고 지나가도록 만드는 역할을 한다. 이 뿐만 아니라 선수쪽에서 발생하는 파가 거의 없어 기존의 고속선 형상들에 비해 조파저항이 비교적 작다고 알려져 있다. Bouscasse, et al. (2013) 과 Dong, et al. (2008) 등과 같은 최근까지 이루어지고 있는 선행연구들을 살펴보면, 대부분의 파랑 관통형 형상은 다동선에 적용되고 있다. 다동선에서의 파랑 관통형 형상은 선수 뿐만 아니라 선체 중앙부와 선미까지 매우 가늘고 날렵하게 만들어서, 수선면적을 극단적으로 줄인 형상을 가지고 있다. 다동선에서의 이러한 형상을 단동선에 적용하게 되면, 지나치게 큰 길이-폭비로 인해 충분한 배수량을 확보할 수 없으며, 횡동요 안정성이 좋지 않다 (면적모멘트 감소로 인한 BM 크기 감소). 그러므로 단동선에 그대로 적용하기에는 무리가 있어, 실제로는 선수부 형상에만 적용한 연구가 몇몇 있어왔다.

최근 연구 중에 Kim, et al. (2013b) 이 저항 및 파랑 중 운동성능을 개선시키기 위하여 기존의 활주선형 선수에 파랑 관통형 형상을 추가시켜서 정수 및 파랑 중 모형시험을 수행한 바가 있다. 하지만 선수 일부만을 제외하고는 선저 및 선미가 기존의 활주선형과 매우 유사하기 때문에 새로운 선형으로 보기는 어렵다. 현재 파랑 관통형 단동 고속 선형에 대하여 공개된 연구 선형이 존재하지 않으므로, 본 연구에서는 새로운 선형을 사용하여 모형시험을 수행한다. 본 연구에서는 정수 중 각 속도별 항주자세 및 저항 계측 모형시험을 수행하여, 모형시험 결과를 분석하고 부가물 부착을 통한 항주자세 제어 효과를 살펴보고자 한다.

대표적인 단동 고속함형인 활주선의 실험 관련 선행연구들을 살펴보고, 실험 방법 및 결과들을 본 연구의 실험 방법 및 결과 비교에 참고하도록 한다. 대표적인 활주선 관련 연구로써 선저경사각이 일정한 활주면의 실험결과를 바탕으로 경험식을 제안한 연구가 있다 (Savitsky, 1964; Savitsky & Brown, 1976). 이 후, 스프레이 저항 및 선저경사각이 일정하지 않은 경우에 대해서도 경험식을 확장하였다 (Savitsky, et al., 2007; Savitsky, 2012). 방대한 양의 모형시험 결과를 반영하여 경험식이 구성되었으나, 선저경사각이 일정하거나 큰 변화가 없는 하드차인 활주선형에 대해서만 적용가능하다는 한계점이 있다. 아직까지 활주선형 설계 초기 단계에서는 앞서 개발된 경험식에 의존하고 있지만, 본 연구에서는 선저경사각이 크게 바뀌고 하드차인이 아닌 선형을 사용할 것이므로 적용할 수 없다. 다양한 선저경사각에 대해 규칙파 및 불규칙파 중에서 활주선의 운동성능을 비교분석한 연구 (Fridsma, 1969; 1971) 및 다양한 길이-폭비 및 초기트림과 종량 조건을 바꾸어가며 정수 중 저항 및 항주자세 등을 계측한 연구 (Clement & Blount, 1963) 가 있다. 국내에서는 최근에 다양한 활주선형에 대하여 정수 중 모형시험 (Kim, et al., 2009a) 및 파랑 중 모형시험 (Kim, et al., 2009b; 2010; Kim, 2012; Kim, et al., 2013a; 2014) 연구가 활발하게 수행된 바가 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 연구에 사용된 파랑 관통형 고

속모형의 선형 및 고속에인장비를 2절에서 소개한다. 3절에서는 정수 중 모형시험 결과를 트림각, 부상량 그리고 저항으로 나누어 대표적인 타 활주선 모형시험 (Clement & Blount, 1963) 결과와 비교하여 보인다. 비교 결과, 타 활주선에 비해 정수 중 트림각이 매우 크다고 판단되어, 부가물 (선미 인터셉터) 을 부착하여 트림각을 감소시키는 모형시험을 추가로 수행하고, 부가물을 부착하지 않은 모형시험 결과와 비교한다. 4절에서는 Froude의 2차원 저항분리 가정에 근거하여 저항성분의 비율을 살펴보고, 항주자세에 따른 침수부피를 계산하여 선저에 가해지는 정유체력과 동유체력을 비교한다. 마지막으로 5절에서 결론으로 끝을 맺는다.

## 2. 모형선 및 모형시험 장비

### 2.1 파랑 관통형 고속 선박 모형

모형시험에서 사용된 파랑 관통형 선형은 2종류이며, 이를 구분하기 위해서 선수부 횡단면 형상에 따라 V-type 과 U-type 으로 명명하였다. 길이, 폭 그리고 흘수는 같으며, 선저 형상에 따라 방형계수 및 종량 등이 다르다. 일반적으로 고속선에서는 방형계수를 잘 표시하지 않는다. 고속선은 운항속도에 따라 항주자세가 매우 크게 바뀌는데, 이 때문에 수선 아래 침수부피 역시 크게 바뀌어서 방형계수가 달라지기 때문이다. 두 모형을 구분짓기 위해 사용된 방형계수는 정지상태에서 트림각이 0° 일 때의 값이다. 두 모형의 주요제원은 Table 1 에 정리되어 있다.

Table 1 Main dimensions of two wave-piercing hulls

Main dimension	V-type	U-type
Length (m)	1.5000	1.5000
Breadth (m)	0.2641	0.2641
Draft (m)	0.0743	0.0743
Block coefficient (Cb)	0.3131	0.3783
LCG from midship (%)	11.40	10.69
VCG from baseline (cm)	6.80	6.80
Length / Breadth	5.6797	5.6797
Length / Draft	20.1884	20.1884
Breadth / Draft	3.5545	3.5545

일반적으로 고속선은 전체길이 (LOA : Length Overall) 와 흘수선길이 (LWL : Load Waterline) 가 큰 차이가 나는 경우가 많으므로 반드시 구분하여 표기한다. 하지만 본 논문에서 사용되는 고속 모형은 선수 끝 부분까지 모두 수면 아래에 들어가 있음

로, Table 1의 길이가 전체길이이자 흘수선길이가 된다. 실제 선체의 무게중심은 선체 내부에 들어가게 될 중량물들의 배치에 따라 달라지게 되는데, 본 연구에서는 초기 정지상태에서 트림각이 0°가 되도록 하는 위치를 무게중심으로 설정하였다. 즉, 길이방향으로 부력중심의 위치와 무게중심의 위치를 일치시켰다. 길이, 폭 그리고 흘수를 서로 무차원화한 값들을 보게 되면, 길이에 비해서 폭과 흘수가 매우 작다. 대표적인 계열 실험연구 (Clement & Blount, 1963; Fridsma, 1969; 1971) 들을 살펴보면 본 연구의 선형이 활주선들에 비해 길이-폭 비가 매우 큰 선형임을 알 수 있다.



Fig. 1 Figure of wave-piercing V-type and U-type hulls

Fig. 2 와 Fig. 3 은 본 논문에서 사용된 파랑 관통형 고속 모형이다. Fig. 4 은 대표적인 활주선 모형실험연구 (Clement & Blount, 1963; Fridsma, 1969) 에서 사용된 선형 예시들이다. 기존의 활주선형은 횡방향 선저경사각이 선수쪽에서 약간 커질 뿐 거의 일정하며, 선수부분이 물이 잠기지 않도록 윗방향으로 경사져 있다. 이와는 다르게 본 논문의 파랑 관통형 선형은 횡방향 선저경사각이 일정하지 않으며, 선수가 끝까지 모두 물에 잠겨져 있다. 선형의 최대폭이 선체 중앙이 아니라 선수로부터 길이 2/3 지점에 위치하며, 선저가 선미에서는 평평하고 윗방향으로 경사져 있다.

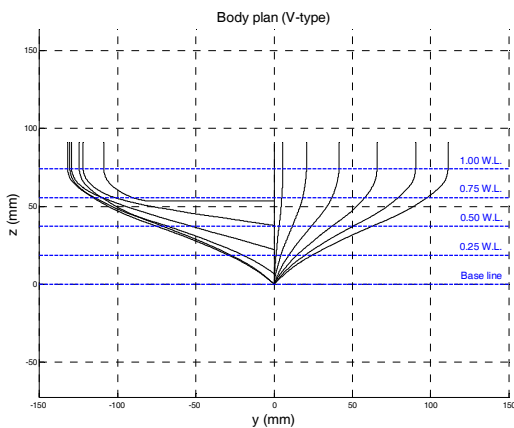


Fig. 2 Body plan of V-type hull

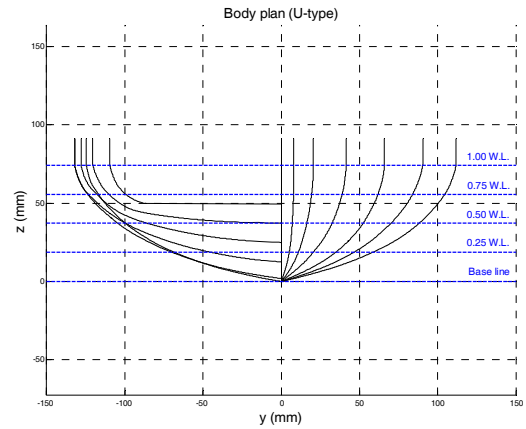


Fig. 3 Body plan of U-type hull

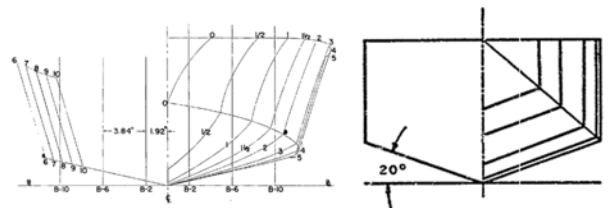


Fig. 4 Examples of planing hull (left : Clement & Blount (1963), right : Fridsma (1969))

## 2.2 고속예인장비

모형시험은 서울대학교 예인수조에서 수행하였다. 고속예인장비는 Kim (2012) 과 Park (2011) 이 사용한 것과 같다. 예인을 하는 도중에 저항 및 항주자세 (트림과 부상량) 를 동시에 계측한다.



Fig. 5 High speed towing carriage at Seoul National University (SNU)

## 3. 모형시험 결과

모형시험은 예인속도 1.0 ~ 7.0 m/s (프루드수 0.65 ~ 4.60) 범위에서 수행하였다. 일반적인 모형시험에서의 프루드수는 침수 길이를 사용하는데, 고속선은 항주자세에 따라 침수길이가 바뀌

므로 침수폭을 이용한 프루드수를 사용한다 (Savitsky, 1964). 본 연구의 선형 Fig. 2 과 Fig. 3 을 보게되면 선체가 고속에서 부상함에 따라 침수폭 역시 바뀌는 형상이므로, 다음과 같이 정지 시 침수부피의 1/3 제곱한 값을 길이로 사용한 프루드수를 기준으로 한다.

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g\nabla^{1/3}}} \quad (1)$$

여기서,  $V$ 는 전진속력,  $g$ 는 중력가속도 그리고  $\nabla$ 는 배수용적이다. 모형시험결과를 활주선과 비교하기 위해 대표적인 활주선 모형시험 연구 (Clement & Blount, 1963) 결과를 참고하였다. 참고하는 연구는 본 연구와 마찬가지로 트림각과 부상량을 구속하지 않고 예측하였다는 측면에서 같은 종류의 실험이라 할 수 있다. Clement & Blount (1963) 의 연구에서는 일정한 선저경사각 (12.5°) 에 5종류의 길이-폭비 (2.00, 3.06, 4.09, 5.50, 7.00) 을 가지는 선형에 대해 다양한 중량 및 흘수 조건 (약 85 cases) 에 대하여 고속모형시험을 수행하였는데, 이 중 본 연구에서 사용된 선형과 유사한 길이-폭비 및 무게중심 위치 등을 가지는 6 종류의 모형시험 결과만을 발췌하여 비교하였다. Table 2 는 발췌한 모형시험 결과의 모형시험 조건을 나타낸 것이다. 초기 트림값이 0°이 아니므로 길이방향으로 흘수값이 다른데, 대표적으로 선미에서의 흘수값을 표기하였으며, 참고한 선형 이름은 논문에서 표기된 것을 사용하였다. 뒤이어 나올 모형시험 결과는 6 종류의 활주선 모형시험 결과와 비교한다.

Table 2 Test conditions of planing hull model test in clam water (Clement & Blount, 1963)

Model name	L/B	Test No.	Initial trim (deg.)	LCG from midship (%)	Draft at stern (cm)
4667-1	4.09	12	0.50	+9.13	10.72
		13	1.50	+5.13	12.85
4668	5.50	8	0.70	+9.13	11.94
		9	1.87	+13.13	14.07
4669	7.00	8	0.82	+9.13	11.23
		9	1.75	+13.13	13.36

### 3.1 모형시험 결과 비교

Figs. 6-8 은 각각 트림각, 부상량, 저항 예측 결과이다. 검은 점선은 V-type, 검은 실선은 U-type, 나머지는 활주선 모형시험 결과이다. 정속구간에서 평균값을 취하여 결과로 사용하였다. 모형시험 수행을 하며 관측한 결과 모든 모형시험 결과에 대하여 상하동요-종동요 불안정 운동(porpoising) 현상은 발생하지 않았다.

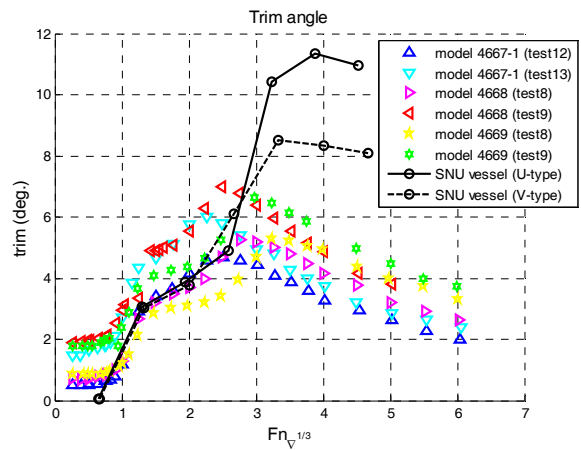


Fig. 6 Trim angle of bare hull

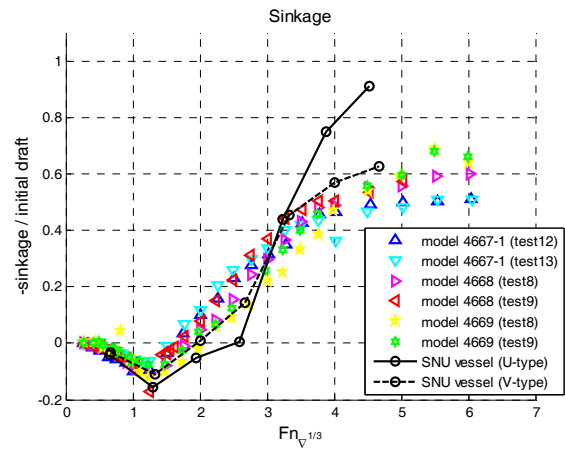


Fig. 7 Sinkage of bare hull

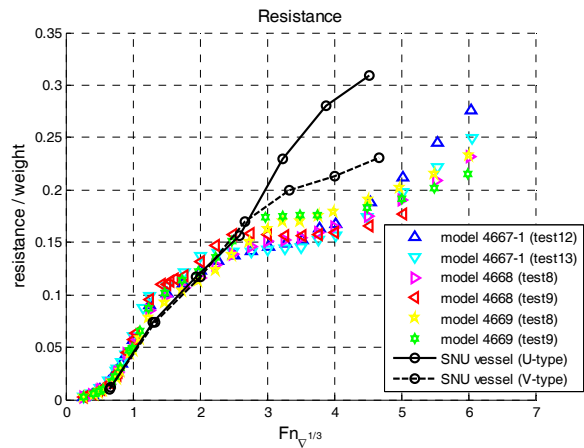


Fig. 8 Resistance of bare hull

트림각은 그대로 표기하였으며, 부상량은 정지하고 있을 때의 흘수로 무차원화하고, 저항은 선체의 무게로 무차원화하였다. 트림각, 부상량 그리고 저항값 모두  $Fn < 3.0$  에서는 기존 활주선형과 결과가 비슷하거나 더 작은 값을 가지는 반면에  $Fn > 3.0$  에서는 전반적으로 큰 값을 가진다. 특히 트림각의 경우는 활주

선형에 비해 2배 이상 큰 값을 가진다. V-type 선형이 U-type에 비해 트림각 및 부상량이 작고, 저항 역시 더 작은 값을 가진다. 모형시험을 하게 되면, 트림각이 매우 큰 구간(약 8° 이상)에서는 선측 및 선미에서 큰 파가 발생한다. 즉, 조파저항이 매우 큰 것이다. 큰 트림각은 조파저항을 증가시킬 뿐만 아니라 선체에 타고 있는 조종수의 시야를 가리고 지나친 선수들림으로 인해 파랑 관통 성능을 실제로 구현할 수 없게 된다.

### 3.2 선미 인터셉터가 부착된 선체에 대한 모형시험 결과

인터셉터는 선미에 부착되는 얇은 판으로써, 선미에서의 유동 흐름을 차단하여 국부적인 압력만을 증가시켜 선미를 들어올리는 역할을 한다. 매우 작은 노출길이 만으로도 저항값을 크게 증가시키지 않고, 트림각을 감소시킨다고 알려져 있다 (Brizzolara & Molini, 2005; Alexander & Christopher, 2011). 본 연구에서는 너비가 20 cm 와 12 cm 두 가지를 사용하였다. 너비 12 cm 는 양 옆으로 6 cm 씩 노출되도록 부착하였으며, 6 cm (x2) 로 표현한다. Table 3 은 모형시험에 사용된 선미 인터셉터 조건을 나타낸다.

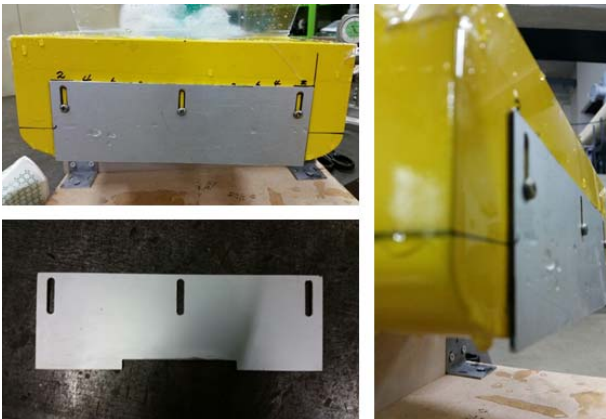


Fig. 9 Hull appended stern interceptor

Table 3 Test conditions of the stern interceptor

Interceptor conditions		V-type	U-type
Breadth	Height		
20 cm	1 mm	o	x
	2 mm	o	x
6 cm (x2)	2 mm	o	o
	3 mm	o	o

Fig. 10-12 은 선미 인터셉터를 부착한 V-type 선형에 대한 모형시험 결과이다. 검은 실선은 부착하지 않은 원래 선체에 대한 결과이고, 나머지는 선미 인터셉터를 부착한 선체에 대한

결과이다. 같은 너비에 대하여 노출높이가 커질수록 트림각과 부상량은 감소하며, 저항은 증가한다. 특히 인터셉터 20 cm / 2 mm 조건에서는 인터셉터의 영향이 너무 커서 선수트림 및 과도한 선체침하현상으로 인해 저항이 급격히 증가한다.

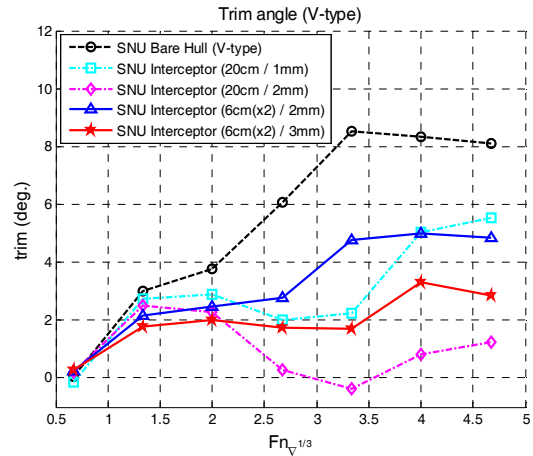


Fig. 10 Trim angle of V-type hull with stern interceptor

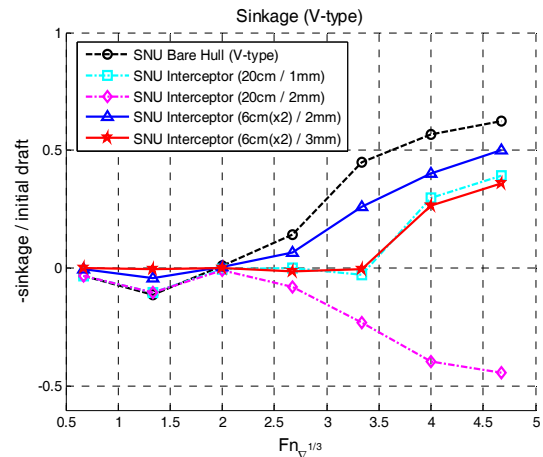


Fig. 11 Sinkage of V-type hull with stern interceptor

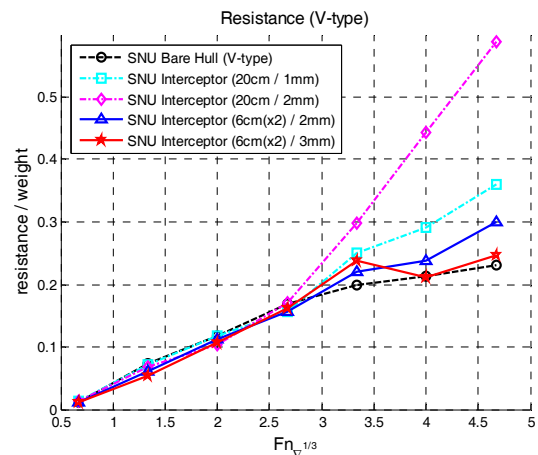


Fig. 12 Resistance of V-type hull with stern interceptor

V-type 모형시험 결과를 보게 되면, 인터셉터 6 cm (x2) 를 부착하였을 때, 선체가 침하하지 않는 범위내에서 트림각이 5° 이내로 감소함을 알 수 있다. 이를 참고하여 U-type에는 인터셉터 6 cm (x2) 만을 부착하여 모형시험을 수행하였다. Fig. 13-15 는 선미 인터셉터를 부착한 U-type 선형에 대한 모형시험 결과이다. V-type과 마찬가지로 트림각/부상량은 감소하고 저항은 증가하였다.

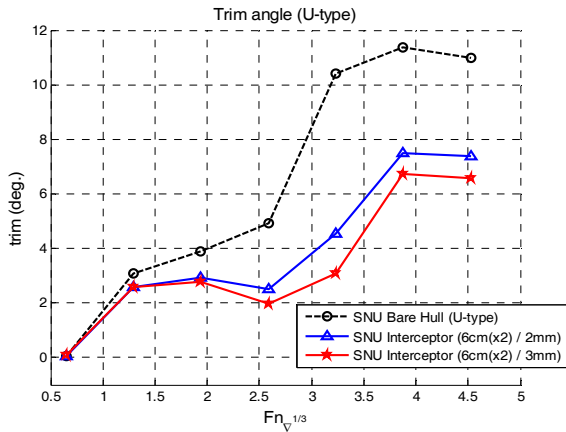


Fig. 13 Trim angle of U-type hull with stern interceptor

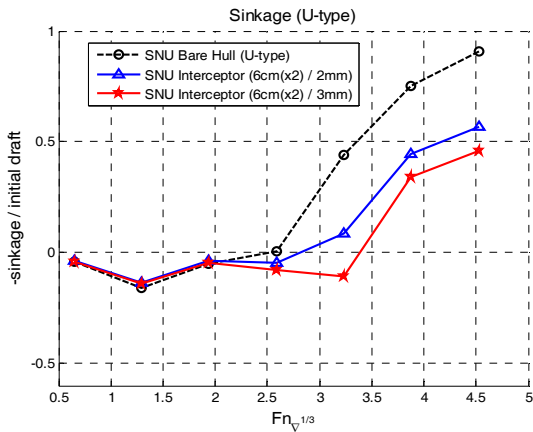


Fig. 14 Sinkage of U-type hull with stern interceptor

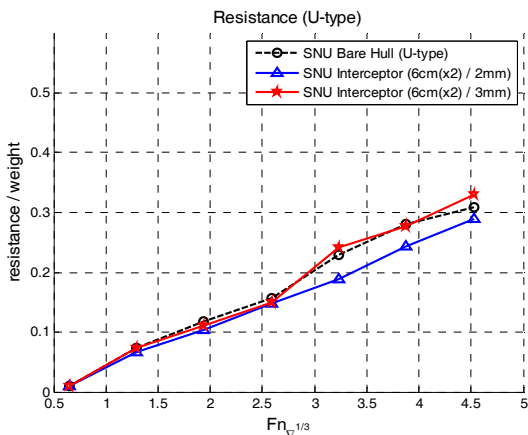


Fig. 15 Resistance of U-type hull with stern interceptor

## 4. 실험결과 분석

### 4.1 저항성분 분류

본 연구에서는 선체가 받는 전체저항을 등가평판의 마찰저항과 잉여저항의 합으로 보는 Froude의 근사법을 적용하여 저항을 분리 한다. 저속선과는 다르게 고속선에서의 잉여저항에는 조파 저항성분과 점성압력성분 이외에도 공기저항이나 스프레이저항 등이 포함된다. 마찰저항은 다음의 계산식을 사용한다.

$$C_F = \frac{R_F}{(\rho V^2/2)S_W} = \frac{0.075}{(\log_{10}Rn - 2)^2} \quad (2)$$

여기서,  $C_F$ 는 마찰저항계수,  $R_F$ 는 마찰저항,  $\rho$ 는 물의 밀도,  $V$ 는 전진속도,  $S_W$ 는 침수표면적 그리고  $Rn$ 은 레이놀즈수이다. 침수표면적과 레이놀즈수에 들어가는 특성길이에는 각 시험조건에서 측정된 트림각과 부상량을 이용하여 선형도면 오프셋의 좌표변환을 한 모형선에서의 수선면 길이를 계산하여 사용하였다.

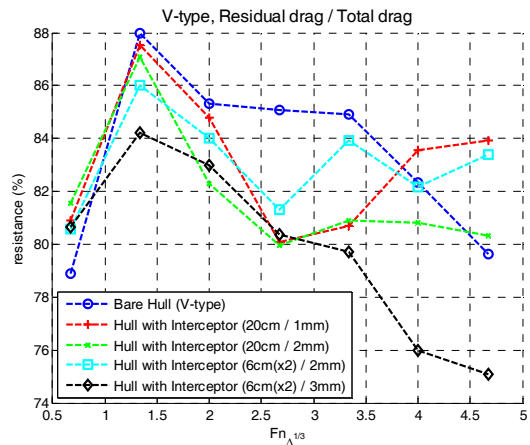


Fig. 16 Residual drag / total drag ratio of V-type hull

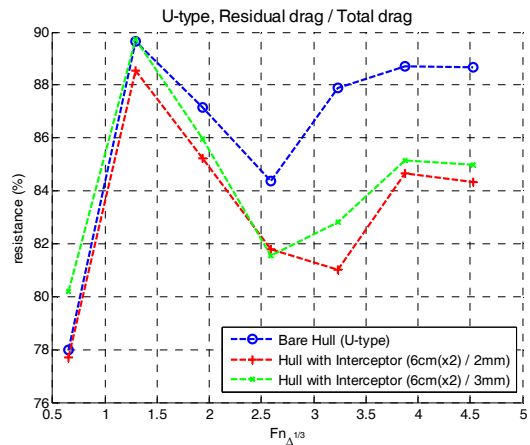


Fig. 17 Residual drag / total drag ratio of U-type hull

Fig. 16 와 Fig. 17 는 전체저항에서 잉여저항이 차지하는 비율을 나타낸 결과이다. 잉여저항이 V-type 과 U-type 선형 모두 최소 약 78%에서 최대 90% 정도의 비율을 차지한다. 일반적으로 고속의 영역으로 갈수록 잉여저항의 비율이 커진다고 알려져 있다. 총 저항에서 잉여저항과 마찰저항이 차지하는 비율이 선미 인터셉터의 부착유무에 따라 큰 변화를 가지지 않는데, 각 프루드수에서의 잉여저항이 총저항에 대해 차지하는 비율들의 표준편차들을 구해보면 V-type은 약 4% 이내, U-type은 약 1% 이내의 값을 가진다. 저속에서 선체가 잠깐 침하하는 구간이 발생하는데, 이 구간에서는 침수표면적이 증가하기 때문에 마찰저항이 실제로 증가함에도 그 비율은 감소하는 것처럼 보인다. 이는 실제로 마찰저항은 증가하지만, 선체 침하로 인해 선측 및 선미에서의 조파저항이 더 증가하기 때문이다. 저항이 가장 큰 V-type 선형 인터셉터 20 cm (2 mm) 는 선체가 과도하게 침하되어 침수표면적이 가장 클에도 불구하고, 선측 및 선미에서 발생하는 조파성분이 매우 커서 오히려 잉여저항의 비율이 더 커졌다. 인터셉터 6 cm (x2) 3 mm 에서는 전체저항값이 그리 크지는 않지만, 가장 작은 트림각과 부상량 때문에 잉여저항의 비율이 작아지게 된다. U-type 선형에서는 저속에서는 V-type 선형의 결과와 경향성이 유사하나, 속도가 증가할수록 잉여저항 비율이 약간 감소하고 속도가 증가하며 다시 증가하는 경향을 보인다. 이는 큰 트림각과 부상량 때문에 역시 큰 조파저항이 생겨서 전체저항에서 잉여저항이 차지하는 비율이 크게 차지하는 것처럼 보이는 것이다.

#### 4.2. 선체에 작용하는 동유체력

선체에 가해지는 동유체력의 크기를 살펴보고, 정유체력에 비해 얼마나 많은 비율만큼 중량을 지지하는지 살펴보도록 한다. 고속에서 항주자세가 바뀌면 정유체력이 변하게 되고, 선체에 동유체력이 가해지면서 무게, 정유체력, 수면에 수직방향으로의 동유체력 이렇게 3 종류의 힘이 수직방향으로 평형이 되는 부상량이 결정된다. 수선 밑을 침수부피로 가정하여 정유체력을 계산하고, 중량을 지지하는 나머지 힘을 선체에 가해지는 수직방향 동유체력으로 간주한다.

Fig. 18 와 Fig. 19 은 각각 V-type과 U-type 선형에 따른 무게로 무차원화한 동유체력 결과이다. 양의 부호는 수면 윗방향을 의미하는데, 저속구간에서는 V-type 및 U-type 모두 음의 부호를 가진다. 이는 낮은 속도 때문에 충분한 양력을 받지 못하고, 선미가 가라앉아서 오히려 배수용적이 커지기 때문이다.  $F_n > 3.0$  에서 동유체력의 크기가 급격히 증가하게 되는데, 이 부분을 활주영역 (부력보다 양력에 더 큰 비율로 선체의 중량을 지지하는 영역) 으로 정의할 수 있다. 실제로 부가물 부착여부와 상관없이 모든 결과에서 급격히 트림각이 증가하는 구간이 존재하는데, 이 부분이 활주영역과 일치함을 알 수 있다.

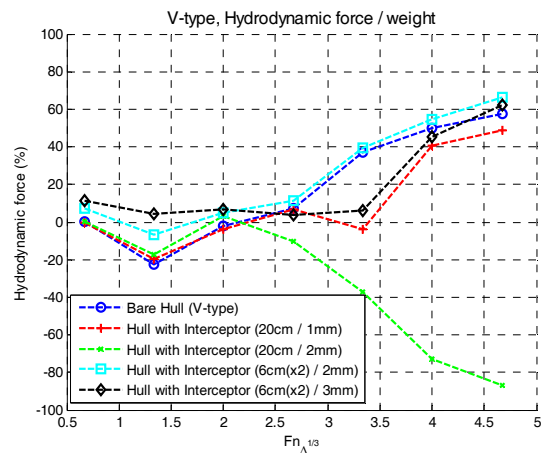


Fig. 18 Hydrodynamic force of V-type hull

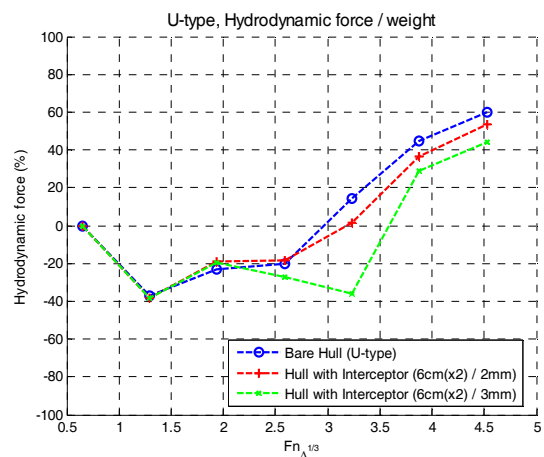


Fig. 19 Hydrodynamic force of U-type hull

### 5. 결론

본 연구는 파랑 관통형 선형의 정수 중 모형시험을 수행하고, 타 활주선과의 결과를 비교하였다. 선미 인터셉터를 부착하여 항주자세 및 저항에 미치는 영향을 분석하고, 추가적으로 저항 및 동유체력의 비율에 관하여 살펴보았다. 모형시험 결과에 의해 얻은 결론을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 2가지 파랑 관통형 선형 중 V-type이 U-type에 비해 더 작은 트림각 / 부상량 / 저항값을 가진다.
- 2) 연구에서 사용된 선형은 활주선에 비해 고속에서 큰 트림각 / 부상량 / 저항값을 가진다.
- 3) 선미 인터셉터는 과도한 선체침하현상이 일어나는 경우를 제외하고는, 저항에 큰 영향없이 트림각을 감소시킨다.
- 4) 항주자세에 따라 전체저항이 크게 변화하여, 속도구간에 따라 마찰저항이 전체저항에서 차지하는 비율은 일정한 경향성을 보이지 않는다.
- 5) 트림각이 급격히 증가하는 구간에서 선체에 가해지는 동유체

력 역시 급격히 증가함을 알 수 있었고, 활주선에서 정의하는 활주영역으로 간주할 수 있다.

본 연구에서 수행된 모형시험으로 정수 중 트림각을 충분히 감소시켰으므로, 추가적으로 파랑 중 운동계측 모형시험에 대한 연구를 계획하고 있다.

## 후 기

본 연구는 서울대학교 “차세대함정 첨단함형 특화연구실”의 지원으로 수행 되었습니다.

## References

- Alexander, H.D. & Christopher, C., 2011. An Experimental Study of Interceptors for Drag Reduction on High-performance Sailing Yachts. *Ocean Engineering*, 38(8), pp.983-994.
- Bouscasse, B. Broglia, R. & Stern, F., 2013. Experimental Investigation of a Fast Catamaran in Head Waves. *Ocean Engineering*, 72(1), pp.318-330.
- Brizzolara, S. & Molini, A., 2005. Hydrodynamics of interceptors : a fundamental study. *Proceedings ICMRT 2005, International Conference on Maritime Research and Transportation*, Ischia (Naples), Italy, 19-21 september 2005.
- Clement E.P. & Blount D L., 1963. Resistance Tests of Systematic Series of Planing Hull Forms. *Transactions of the SNAME*, 71, pp.491-579.
- Dong, W.C. Xia, X. Zuo, W.Q. & Lu, W.L., 2008. Experimental Study on the Form and The Performance of High Speed and Light Displacement Wave Piercing Catamaran. *Journal of Ship Mechanics*, 12(3), pp.199-207.
- Fridsma G., 1969. *A Systematic Study of The Rough-Water Performance of Planing boats*. Davidson Laboratory Report. NJ: Stevens Institute of Technology.
- Fridsma, G., 1971. *A Systematic Study of The Rough-Water Performance of Planing boats (irrehullar waves-part II)*. NJ: Davidson Laboratory, Stevens Institute of Technology.
- ITTC, 1981. Report of panel on high-speed marine vehicles. *Proceedings of the 16th ITTC*, Leningrad USSR, 31 August - 9 september 1981, pp.583-624
- Keuning, J.A. Toxopeus, S. & Pinkster, J., 2001. The effect of bow shape on the seakeeping performance of a fast monohull. *6th International Conference on Fast Sea Transportation (FAST 2001)*, London, UK, September 2001, pp.197-213.
- Kim, D.J. Rhee, K.P. & Park, H.S., 2009a. A study on the effects of weight and center of gravity of a planing craft on running attitude. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 46(3), pp.335-342.
- Kim, D.J. Rhee, K.P. Hwang, S.H. & Park, H.S., 2009b. An Experimental Study on the Motion Response of a High-Speed Planing Craft in Regular Head Waves. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 46(4), pp.373-381.
- Kim, D.J. Rhee, K.P. You, Y.J. & Park, H.S., 2010. An Experimental Study on the Vertical Motion of a High-Speed Planing Craft in Regular Following Waves. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 47(4), pp.496-507.
- Kim, D.J., 2012. *A study on the running attitude and dynamic stability of a semi-displacement round bilge vessel at high speed*. Ph.D Thesis. Seoul National University.
- Kim, D.J. Rhee, K.P. Yum, D.J. & Zhang, Y., 2013a. Comparative Study on the Motion Responses for a 40ft Class Cruise Leisure Boat. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 50(4), pp.240-247.
- Kim, D.J. Kim, S.Y. You, Y.J. Rhee, K.P. Kim, S.H. & Kim, Y.G., 2013b. Design of High-Speed Planing Hulls for the Improvement of Resistance and Seakeeping Performance. *International Journal of Naval Architecture & Ocean Engineering*, 5(1), pp.161-177.
- Kim, D.J. Kim, S.Y. Kim, S.H. Seo, J.H. Rhee, & S.H., 2014. Effects of Hull Form Variations on Resistance and Seakeeping Performance of Planing Hulls with and without Incoming Regular Waves. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 51(5), pp.369-379.
- Park, H.S., 2011. *The effects of appendages on running attitudes and course-keeping ability of waterjet propelled high-speed vessel*. Master's. Thesis, Seoul National University.
- Savitsky, D., 1964. Hydrodynamic Design of Planing Hull. *Marine Technology*. 1(1), pp.71-96.



Savitsky, D. & Brown, P.W., 1976. Procedures for Hydrodynamic Evaluation of Planing Hulls in Smooth and Rough Water. *Marine Technology*, 13(4), pp.381-400.

Savitsky, D. DeLorme, M.F. & Datla, R., 2007. Inclusion of Whisker Spray Drag in Performance Prediction Method for High-Speed Planing Hulls. *Marine Technology*, 44(1), pp.35-56.

Savitsky, D., 2012. The effect of bottom warp on the performance of planing hulls. *Proceeding of 3rd Chesapeake Powerboat Symposium*, Annapolis, Maryland, USA, 15-16 June 2012, pp.1-40.



김대혁



서인덕



이기표



김낙완



안진형