30피트급 고속 알루미늄 레저보트 선형개발과 저항성능에 관한 연구

정우철* · 김도정** · 최홍식***

*인하공업전문대학 조선해양과

**한국조선해양기자재연구원 전남분원

***신우산업(주)

Study on Hull Form Development and Resistance Performance of High Speed Aluminum Leisure Boat

Uh-Cheul Jeong*, Do-Jung Kim** and Hong-Sik Choi***

*Dept. Of Naval Architecture and Ocean Engineering, Inha Technical College, Incheon, Korea

**Jeonnam Division, Korea Marin Equipment Research Institute, Mokpo, Korea

***Shinwoo Industrial Co. Ltd., Mokpo, Korea

KEY WORDS: Aluminum leisure boat 알루미늄 레저보트, Hull form development 선형개발, Resistance performance 저항성능, Model test 모형시험, Circulating water channel 회류수조

ABSTRACT: A 30ft class aluminum leisure boat is newly developed and the resistance performances are investigated by a model test at a high-speed circulating water channel. The effect of a fin attached to the side of the hull is studied at two different displacements. Wave patterns are observed to make clear the relationship between the resistance performance and wave characteristics. It can be found that a chine position at the draft line can have a strong effect on the resistance performance around a certain velocity range.

1. 서 론

최근 해양레저에 대한 관심이 고조되면서 초기 레저활동에 널리 사용되고 있는 모터보트에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 대부분의 모터보트들은 전장 10미터 이하의 비교적 소형선박으로 최대속력 30노트급으로 고속선박이다. 따라서 활주선이 대부분을 차지하고 있다.

Jeong et al.(2004)은 Niwa(2002)가 제시한 통계자료를 근거로 총톤수 3톤, 30노트급 연안용 레저보트의 초기선형을 설계하여 그 성능을 수조시험을 통하여 분석하였고, 초기트림이 저항성능에 큰 영향을 미친다고 설명하였다. Jeong et al.(2008)은 선속 25노트 이상, 전장 20m 이하의 고속활주선 80여척을 분석하여 주요제원 상호간의 관계식을 도출하여 초기선형 개발에 활용할 수 있는 자료를 제시하였다. 그러나 이들 대부분의 보트들은 FRP(Fiber reinforced plastics) 소재를 사용한 것으로, 최근 해외에서 널리 사용되고 있는 알루미늄 복합소재를 사용할 경우, 선체 중량변화와 가공성을 고려한 새로운 선형개발이 이루어져야 한다.

야 한다.

본 연구에서는 알루미늄 복합소재를 이용한 30노트급 고속 레저보트 선형개발에 대하여 언급하였다. 자세한 중량추정과 실적선 분석을 통하여 기본선형이 도출되었으며, 개발된 선형의 기본성능을 고속회류수조에서 모형시험을 통하여 확인하였다. 특히 활주선에 널리 사용되고 있는 차인의 위치가 저항성능에 미치는 영향을 함께 분석하였다.

2. 선형개발

2.1 기본계획

본 연구에서 개발하고자 하는 알루미늄 보트는 연안 항해가 주목적인 최대속력 30노트 급 소형 모터보트로, 승선인원은 1~2가구가 함께 즐길 수 있는 정도인 최대인원 8명 내외로 계획하였다. 따라서 갑판 상부에 가능한 넓은 실내 공간을 확보하고, 항해에 필요한 각종 비품을 탑재할 수 있게 넓은 갑판면적과 충분한 배수량을 확보하여야 한다.

Received 21 August 2012, revised 23 October 2012, accepted 11 December 2012

Corresponding author Uh-Cheul Jeong, +82-32-870-2176, ucjeong@inhatc.ac.kr

© 2012, The Korean Society of Ocean Engineers

It is noted that this paper is revised edition based on proceedings of KAOST 2012 in Daegu.

기존의 유사한 규모의 FRP 보트는 주로 연안에서의 낚시용인 반면, 본 연구에서 개발하고자 하는 알루미늄 보트는 크루징이 주목적인 관계로 갑판 상부에 충분한 실내 공간이 확보되어야 한다. 따라서 기존의 낚시보트에 비하여 높이와 전폭이 다소 크게 된다.

고속 활주선의 경우, 선체 무게가 활주성능에 민감하게 영향을 미친다. 따라서 초기설계 단계에서 정확하게 중량을 추정하는 것이 매우 중요한 설계변수가 된다. Jeong et al.(2004, 2008)이 설계한 전장 9.0~9.5m 규모의 FRP 낚시보트의 배수량은 4.5~5.5톤 정도이고, 이들의 선각중량은 약 1.5~2톤 내외이다. 어선에 대한 연구결과에 의하면, 알루미늄 어선의 선각중량은 동급의 FRP 어선에 비하여 약 10~20% 정도 가볍다고 알려져 있다(Korea ship safety technology authority, 2007). 따라서 본 개발선의 선각중량을 1.2~1.7톤으로 계획하였고, 전장은 9.5m로 다소 크게 하였다. 배수량은 최소 4.6톤에서 최대 5.1톤으로 추정된다. 본 개발선의 자세한 중량 추정 결과를 Table 1에 나타내었다.

추진기관은 소형선에 널리 사용되고 있는 선대기(Stern driver)를 사용하고, 트림이 발생하여도 성능에 영향을 주지 않는 범위 내에서 선미에 소형 다이빙대를 부착하였다.

2.2 선형개발

활주선은 선체와 수면사이의 동적 압력에 의하여 선체가 부양되어 수면 위를 활주함으로써 고속영역에서 저항성능을 향상시키도록 고안된 선형인 관계로 그 단면 형상과 선저경사각은 저항성능뿐 아니라 자세 안정성에도 큰 영향을 미친다. Kihara and Ishii(1986)의 파랑 중 모형시험결과에 따르면 선저 경사각이 커질수록 파랑 중 선수 상하 가속도가 줄어드는 경향을 보이지만, 이 각이 커지면 추진효율이 나빠지는 문제가 있다. 따라서 최대 30°가 넘지 않도록 하고, 15°~25° 정도를 제안하고 있다. 이 선저경사각은 배수량과 흘수 뿐 아니라 무게중심 위치와도 밀접한 관계를 갖고 있다. 선저경사각이 커지면 배수량 확보를 위하여 흘수가 증가하여 건현이 낮아지게 되고, 그 반대일 경우에는 흘수가 낮아지면서 차인이 수면 상부에 돌출되게 된다. 활주선이 갖는 차인은 고속에서 선체로부터 파도의 분리를 촉진시켜 충격 가속도를 감소시킬 뿐만 아니라 횡요를 억제시키는 역할을 한다고 알려져 있다(Niwa, 2002). 따라서 차인을 수면하부에 위치시키는 것이 필요하다. 본 개발선은 배수량 4.6톤에 맞추어 선저경사각을 20°로 하였으며, 차인을 수면 아래에 위치시켜 정지 상태에서도 횡방향 안정성이 확보되도록 하였다.

고속선의 단면 형상은 활주성능 뿐만 아니라 파도에 대한 능

파성능에도 밀접한 영향을 미친다. 직선형 단면이 가장 일반적인 형상이나, 능파성능이 다소 떨어진다는 단점이 있다. 따라서 직선형 단면을 기본으로 선수부만 약간 오목한 형상의 단면이 파랑 중 활주성능이 우수한 관계로 널리 사용되고 있다. 반면, 선수미 전반적으로 오목한 형상은 활주성능 뿐 아니라, 직진성능과 선회성능이 우수한 장점이 있으나, 큰 파도가 있을 경우, 피칭이 커지면서 선수 충격압이 증가하는 단점이 있다(Niwa, 2002). 따라서 단면형상은 사용 목적과 운항 해역의 특성을 고려하여 신중하게 결정되어야 한다. 본 개발선은 가족을 대상으로 하는 레저보트로, 해상상태가 나쁠 경우에는 운항이 제한적이고, 알루미늄 소재 가공의 편의성을 고려하여 직선형 단면을 채택하였다.

중방향 중심위치는 활주성능에 민감한 영향을 준다. Niwa (2002), Clement(2004)는 이 위치는 선미단에서 수선길이의 40% 내외가 적당하다고 제안하였다. 본 개발선은 무게분포를 고려하여 이를 42%로 결정하였다.

본 개발선의 주요제원을 Jeong et al.(2008)의 FRP 보트와 비교하여 Table 2에, 그리고 정면도를 Fig. 1에 각각 나타내었다.

3. 모형시험

3.1 시험조건

본 개발선은 배수량 4.6톤에 맞추어 설계 되었지만, Table 1에서 나타낸 초기추정 최대 배수량의 성능 추정을 위하여 배수량 4.6톤과 5.1톤 두 경우에 대하여 모형시험을 수행하였다. 또한 Park et al.(2002)과 Jeong et al.(2004, 2008)이 연안어선과 고속레

Table 2 Principal dimensions

Items	Dimensions	
	FRP boat by Jeong et al.(2008)	Aluminum boat (project boat)
L.O.A (m)	9.0	9.5
B (m)	2.3	2.4
D (m)	0.8	1.4
d (m)	0.6	0.46
Disp. (Ton)	5.5	4.6

Fig. 1 Body plan of developed aluminum leisure boat

Table 1 Weight estimation

Items	Weight (Ton)
Hull	1.2 ~ 1.7
Engine & Oil	1.90
Interior fittings	0.6
Persons	0.6
Others	0.3
Total	4.6 ~ 5.1

Table 3 Test conditions

Test case	Remarks
Case-1	Displacement 4.6 ton
Case-2	Displacement 5.1 ton
Case-3	Displacement 4.6 ton + Side fin
Case-4	Displacement 5.1 ton + Side fin

저보트에 각각 적용하여 성능향상 가능성을 확인한 소형 선측 날개(Side fin)를 선체 중앙부에서 선미단까지 10cm 폭으로 차인에 부착하여 그 영향을 함께 분석하였다. 모형시험 조건을 Table 3에 정리하여 나타내었다.

모형시험은 서일본유체기술연구소(FEL)의 고속회류수조(L×B×D=24.5m×3.5m×6.5m)에서 24~32노트 속도범위에서 수행되었으며, 저항, 트림 및 침하량을 계측하였다. 모형은 푸루우드수(Fn)를 고려하여 Lpp=0.7m 크기로 하드우레탄으로 제작하였다. Case-3과 Case-4의 시험모형을 Fig. 2에 나타내었다.

3.2 시험결과

Table 3에서 언급한 네 경우에 대한 저항 계측 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 저항성능은 고속선의 중요한 성능지표인 배수량 톤당 저항값(Rt/∇)으로 비교하였다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 배수량 큰 경우가 상대적인 저항성능(Rt/∇)이 우수한 경향을 보이고(Case-1 & Case-2, Case-3 & Case-4), 속도가 증가할수록 그 차이는 점차 증가하고 있다. 선측날개를 부착하였을 경우에도 이 경향은 동일하다. 선측날개를 부착함으로써 배수량 5.1톤의 경우(Case-2 & Case-4), 28노트 이하 영역에서는 저항성능이 다소 개선된 경향을 나타내고

Fig. 2 Test models of case-3 & case-4 **Fig. 3** Comparison of resistance performance (Rt/∇)

는 있으나, 배수량 4.5톤의 경우는 전반적으로 나빠지고 있다 (Case-1 & Case-3). 이는 Jeong et al.(2004, 2008)의 연구결과와 다소 다른 경향이다. 고속선 성능에 큰 영향을 미치는 선저경사 각과 종방향 중심위치가 배수량 변화 및 선측날개 부착 유무와 상관없이 동일함에도 불구하고 발생하는 이러한 원인은 뒤에서 자세히 언급하기로 한다.

Fig. 4는 Trim 계측결과이다. 모든 경우에 있어서 속도가 증가할수록 Trim이 점진적으로 감소하는 동일한 경향을 보인다. 선측날개 부착 유무에 관계없이 배수량이 큰 경우의 Trim이 큰 경향을 보이고(Case-1 & Case-2, Case-3 & Case-4), 동일한 배수량에서는 선측날개를 부착함으로써 Trim이 작아지는 경향을 나타낸다(Case-1 & Case-3, Case-2 & Case-4). 고속회류수조에서 일반적으로 Trim이 작아지면 선수부가 커지면서 저항이 증가하는 경향을 보이므로 앞의 Fig. 3에서 언급한 저항성능 차이의 중요한 한 가지 원인은 Trim 변화에 기인한다고 판단된다.

선수미와 선체 중앙에서의 침하량(Sinkage) 변화를 Fig. 5~Fig. 7에 나타내었다. 배수량이 큰 경우, 선체가 잘 부상하고 있다. 특히 선미에서의 부상에 비하여 선수에서의 선체 부상량이 상대적으로 크다. 이러한 선수미에서의 선체 부상은 Trim 변화를 나타내는 것으로, 배수량이 증가하였을 경우, 상대적으로 저

Fig. 4 Comparison of trim angle (degree) **Fig. 5** Comparison of sinkage at F.P (% of Lpp)

항성능이 우수한 원인은 선수에서의 선체 부상량이 상대적으로 크기 때문이다.

동일한 배수량에서는 선측날개를 부착한 경우, 선수부와 선체 중앙부에서는 침하하고 있으나, 선미부에서는 부상하는 경향을 보인다. 이는 선측날개의 뒤 쪽에서 양력이 발생하기 때문이고, 이로 인하여 Trim이 과도하게 감소하기 때문에 선측날개를 부착한 경우의 저항성능이 나빠지게 된다고 판단된다. 따라서 본 개발선의 경우에는 선체에 날개를 부착하지 않는 것이 효과적이다.

이상에서 언급한 바와 같이 본 개발선의 저항성능은 배수량이 클수록 상대적으로 우수한 경향을 보인다. 그 주된 원인은 항주자세 즉, Trim이 상대적으로 증가하면서 선체가 잘 부상되기 때문이다. 앞에서 언급한 바와 같이 배수량 변화와 관계없이 선저경사각과 중방향 중심위치는 동일하고, 흘수만 변화하였기 때문에 흘수선과 만나는 차인의 길이방향 위치가 저항성능에

큰 영향을 미친다고 판단된다. 즉, 배수량 5.1톤인 경우의 흘수선과 만나는 차인의 위치가 배수량 4.5톤의 경우보다 더욱 선수에 위치하기 때문에 항주시 차인에 작용하는 힘에 의한 트림이 크게 발생하고 그 영향으로 선체부상이 잘 일어나기 때문이다. 따라서 고속항주선에서 차인은 파도의 분리와 횡방향 안정성 뿐 아니라 항주자세에도 큰 영향을 미친다.

본 개발선의 통상의 운항상태 부근인 24노트와 최대 운항속도인 30노트에서의 파형을 Fig. 8~Fig. 9에 비교하여 나타내었다.

두 속도영역 모두에서 배수량이 증가한 경우인 Case-2와 Case-4의 선측 후방에서 더 강한 파도가 나타나고 있다. 이는 배수량 증가를 위하여 흘수가 증가되었고, Fig. 4에서 보는 바와 같이 배수량 4.5톤인 Case-1과 Case-3에 비하여 Trim이 상대적으로 크기 때문이다.

Fig. 6 Comparison of sinkage at Midship (% of L_{pp})

Fig. 7 Comparison of sinkage at A.P (% of L_{pp})

(Case-1)

(Case-2)

(Case-3)

(Case-4)

Fig. 8 Comparison of wave patterns, $V=24$ knots

(Case-1)

(Case-2)

(Case-3)

(Case-4)

Fig. 9 Comparison of wave patterns, $V=30\text{knots}$

4. 결 론

본 연구에서는 알루미늄 복합소재를 이용한 30노트급 고속 레저보트의 선형을 개발하고, 그 기본 성능을 회류수조에서 모형시험을 통하여 확인하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- 1) 고속활주선의 운항자세는 저항성능에 큰 영향을 미친다. Trim 이 크게 발생하면서 선체가 부상할 경우, 저항성능이 향상된다.
- 2) 차인과 홀수선이 만나는 중방향 위치는 저항성능에 큰 영향을 미친다. 이 위치가 선수쪽에 있을 경우, 트림이 증가하고, 선체가 잘 부상되어 저항성능이 향상된다.
- 3) 차인을 따라 부착한 선측날개는 저항성능에 나쁜 영향을 줄 수 있으므로 부착유무에 면밀한 주의가 요구된다.

향후 과량 중 성능 검증을 위한 추가적인 연구가 수행될 예정이다.

후 기

본 연구는 2012년 국토해양부 미래해양산업기술개발사업(과제명: 신재생 해상 풍력 에너지 이용을 위한 레저선박용 다방향 집 풍시스템 개발)의 연구비 지원으로 수행되었다.

참 고 문 헌

Clement, E.P., 2004. The Plum Hulls. Boat Builder, 88, 82-95.

Jeong, U.C., Park, J.W., SJeong, S.H., 2004. Hull Form Development of a Small-Size High-Speed Coastal Leisure Boat. Journal of Ocean Engineering and Technology, 18(1), 80-84.

Jeong, U.C., Park, J.W., Kim, K.S., 2008. Hull Form Development of 32-ft Class Leisure Boat by Statistical Analysis of Actual Ship. Journal of Ocean Engineering and Technology, 22(3), 58-63.

Kihara, K., Ishii, T., 1986. A New Method of Initial Design for High Speed Craft(2). Transition of West Japan Society of Naval Architecture, 72, 293-300.

Korea Ship Safety Technology Authority, 2007. A Study on Hull Form Development and Construction of Aluminum Fishing boat.

Niwa, S. 2002. Engineering of High Speed Boat(Resistance and Propulsion). A Foundation of Ship and Ocean(in Japanese).

Park, J.W., Jeong, U.C., Park, C.W., Kim, D.J., 2002. A Study on the Resistance Performance of 6.67 G/T Class Fishing Vessel in Low and Middle Speed Ranges. Proceedings of Ocean Engineering and Technology, Changwon Korea, 89-93.