고속 쌍동형 낚시 레저보트 선형개발과 저항성능에 관한 연구

정우철* · 권수연** · 최지훈*** · 김도정**** · 홍기섭*

*인하공업전문대학 조선해양과

**선박안전기술공단 기술연구실

*** (주)대원마린텍

****한국조선해양기자재연구원 전남분원

Study of Hull Form Development and Resistance Performance of Catamaran-type High Speed Fishing Leisure Boat

Uh-Cheul Jeong*, Soo-Yeon Kwon**, Ji-Hoon Choi***, Do-Jung Kim**** and Ki-Sup Hong*

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

**Research Division, Korea Ship Safety Technology and Authority, Incheon, Korea

***Daewon Marin Technology Co. Ltd., Busan, Korea

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

KEY WORDS: Fishing leisure boat 낚시레저보트, Hull form development 선형개발, Catamaran 쌍동선, Resistance performance 저항성능, Model test 모형시험, Circulating water channel 회류수조

ABSTRACT: A 25ft class fishing leisure boat is developed, and the resistance performances are investigated by a model test in a high-speed circulating water channel. The design speed of the developed ship is 25 knots using a 150 ps outboard engine. A catamaran type hull form using a planing section is adopted considering the Froude number and large deck area. The effect of a center body attached on the bottom of the cross deck is studied under various conditions. Wave patterns are observed to make clear the relationship between the resistance performance and the wave characteristics. The results show that the shape of the center body and the position of the chine line can have a strong effect on the resistance performance in a certain velocity range.

1. 서 론

최근 초기 레저활동에 널리 사용되고 있는 모터보트에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 대부분의 모터보트들은 전장 10미터 이하의 비교적 소형이고, 단동형 활주선이 대부분이다.

미국, 유럽 등 해외 레저보트 선진국들은 오랫동안 다양한 선형과 디자인을 갖는 고속 레저보트를 개발하여 왔으나, 우리나라는 그 역사가 비교적 짧은 편이다. Van and Kim(2003)은 보급형 모터보트 개발을 위한 개념설계 연구를 수행하였고, Jeong et al.(2004)은 Niwa(2002)가 제시한 통계자료를 활용하여 연안용 레저보트의 초기선형을 설계하여 그 성능을 수조시험을 통하여 분석하였다. Jeong et al.(2008)은 선속 25노트 이상, 전장 20m 이하의 고속활주선 80여척을 분석하여 초기선형 개발에 활용할 수 있는 새로운 통계자료를 제시하였다. 최근

들어서는 기존의 고속 모터보트에 부가물을 부착하여 성능향상을 시도하거나, 다양한 소재를 이용한 모터보트 개발 연구가 수행되고 있다. Kwon et al.(2012)은 고속 활주선의 종방향 자세 안정성을 향상시키기 위한 새로운 핀(Fin)을 개발하였고, Jeong et al.(2012)은 알루미늄합금을 이용한 30피트급 고속선을 개발하여 그 성능을 동급의 FRP 보트와 비교하였다. 이러한 대부분의 연구들은 단동선에 대한 것으로, 갑판면적이 제한적인 선형들이다.

본 연구를 통하여 개발하고자 하는 선형은 낚시 전용 고속 레저보트로, 낚시의 편리성과 잡은 고기를 선상에서 함께 나누어 먹을 수 있을 정도의 충분한 갑판면적 확보를 위한 쌍동선이다. 국내외 실적자료를 참고로 주요제원이 결정되었으며, 자세한 중량추정을 통하여 기본선형이 도출되었다.

쌍동형 보트의 경우, 갑판 하부에 수면으로 돌출된 Center

Received 16 September 2013, revised 31 October 2013, accepted 18 December 2013

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

© 2013, The Korean Society of Ocean Engineers

It is noted that this paper revised edition based on proceedings of SNAK 2012 in Changwon.

body를 길이방향으로 부착하는 경우가 많이 있다. 이 Center body는 주행안정성을 향상시키고, 파랑 충격에 대한 보강재 역할을 한다고 알려져 있으나(Niwa, 2002), 그 크기와 역할에 대한 체계적인 연구결과는 발표된 사례가 없다. 본 연구에서는 개발선에 두 가지 크기와 형상의 Center body를 부착하여 고속회류수조에서 모형시험을 통하여 그 영향을 검토하였다.

2. 선형개발

2.1 선형계획 및 주요제원 결정

본 개발선의 승선인원은 승용차 2대, 또는 승합차 1대로 이동 가능한 최대 8명이고, 설계속력은 25노트(12.86m/s)이다. 추진기 규모는 최대 150마력(111.9kW)으로, 탑재와 유지보수의 편리성 뿐 아니라 소음과 환경오염 문제를 고려하여 4기통 선외기로 계획하였다. 선체 재질은 대량생산에 따른 선가절감에 유리한 FRP로 한다.

Jeong et al.(2008)이 설계한 25~30노트(12.86~15.43m/s)급 8인승 규모의 단동형 FRP(Fiber reinforced plastics) 고속레저보트 전장은 9.5m, 배수량은 5톤 내외이다. 일본 최대 레저보트 제작사인 Yamaha에서 시판중인 25노트(12.86m/s)급 10인승 단동형 FRP 낚시전용 레저보트의 전장은 7.5m, 배수량은 3톤 내외이다(Yamaha motors, 2013). 본 개발선은 쌍동선으로, 단동선에 비하여 어느 정도 선평 확보가 가능하다. 따라서 앞에서 언급한 기존의 레저보트보다 전장을 작게 하여도 큰 무리가 없다고 판단된다. 그러나 최대 8명이 승선하여 낚시를 할 경우의 편리성을 고려하여 Yamaha 10인승 낚시보트와 큰 차이가 나지 않는 범위에서 7m로 결정하였다.

쌍동선의 선평은 갑판면적 뿐 아니라 조종성능과 횡방향 굽힘모멘트, 무게 등을 고려하여 결정하여야 한다. 선평이 커지면 갑판면적은 넓게 사용할 수 있으나, 조종성능이 나빠질 뿐 아니라 두 선체 연결 부분의 강도가 취약해 질 수 있으며, 배수량 증가에 따라 저항성능이 나빠지는 문제가 발생하게 된다. 본 개발선은 고속선으로 경량화를 위하여 선평을 작게 하되, 낚시의 편리성을 고려하여 전폭을 대형 버스의 전폭(2.4~2.5m)보다 다소 크게 2.5~3.0m로 계획하였다.

선체 깊이는 종강도 측면에서 큰 것이 유리하나, 깊이가 증가하면 무게가 증가하여 저항성능에 악영향을 미친다. 본 개발선은 유사한 길이를 갖는 Yamaha의 단동선 깊이인 1.5m 내외로 결정하였다. 초기 추정된 주요제원을 바탕으로 배수량을 추정하여 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Weight estimation

Items	Weight (Ton)	Remarks
Hull	1.20	3 ply FRP
Engine	0.22	150ps 4 Stroke O/B
Oil	0.12	170 liters
Fresh water	0.10	100 liters
Person	0.60	8 persons
Others	0.26	Outfitting
Total	2.50	

2.2 선형개발

본 개발선은 전장 7m, 설계속력 25노트로 푸루우드수(Fn)는 약 1.5 정도이다. 따라서 Savitsky(1985)의 제안에 따라 활주형 단면을 도입하였다.

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 지나치게 커지면 추진효율이 나빠지는 문제가 있다. 따라서 최대 30°가 넘지 않도록 하고, 15°~25° 정도를 제안하고 있다. 이 선저경사각은 배수량과 흡수 뿐 아니라 무게중심 위치와도 밀접한 관계를 갖고 있다. 선저경사각이 커지면 배수량 확보를 위하여 흡수가 증가하여 전현이 낮아지게 되고, 그 반대일 경우에는 흡수가 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). 또한 Jeong et al.(2012)은 차인이 수선면과 만나는 길이방향 위치가 항주트립 및 저항성능에 큰 영향을 미친다고 설명하였다. 따라서 차인을 어느 정도 수면하부에 위치시키는 것이 필요하다. 또한 활주성능에 민감한 영향을 미치는 중방향 중심위치는 선미단에서 수선길이의 40% 내외가 적당하다고 알려져 있다(Niwa, 2002; Clement, 2004).

본 개발선은 배수량 2.5톤에 맞추어 선저경사각을 선수부는 17°, 선미단부는 13°로 하였으며, 차인을 8번 Station까지 수면 아래에 위치시켜 정지 상태에서도 횡방향 안정성이 확보되도록 하였다. 단면형상은 가공 편의성을 고려하여 직선형 단면을 채택하였고, 중방향 중심위치는 무게분포를 고려하여 선미단에서 수선길이의 40%로 결정하였다.

쌍동선에서 각각의 단동체가 활주선일 경우, 고속 운항 시 두 선체 사이에서 파간섭이 발생하여 저항성능과 운항안정성이 나빠질 위험성이 크다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 본 개발선의 경우, 단동체 내부는 직선형 단면으로 설계하여 두 선체 사이에서 파 간섭이 억제되도록 하였다.

주선체 하부에 부착한 Center body는 활주형 형상을 갖게 설계하여 추가적인 활주성능이 발생되도록 하였다. 최대 폭은 0.5m, 깊이는 0.3m이다. 하나는 선미단에서 9번 Station까지 (Center body-1), 그리고 다른 하나는 2번 Station에서 9번 Station까지 각각 부착하였다(Center body-2). 두 경우 모두 선수부는 쇄기 형태로 설계하여 파도 발생을 억제하였고, Center body-2는 Center body-1과 달리 후방부도 쇄기 형태로 설계하여 추진기 단면으로 물이 잘 유입되도록 하였다. Center body-1과 Center body-2에 의한 배수량 증가는 각각 21%, 15%이고, 침수표면적은 각각 25%와 24% 증가하였다. 본 연구의 주목적 중 하나가 Center body의 역할을 파악하는 것인 관계로 다소 크게 설계하였다.

주선체의 주요제원을 Table 2에 나타내었다. Center body 형

Table 2 Principal dimensions

Items	Dimensions
L.O.A (m)	7.0
B (m)	2.8
D (m)	1.5
d (m)	0.37
Disp. (Ton)	2.50

Fig. 1 Comparison of center body

Fig. 2 Body plan with center body-1

상과 Center body-1이 부착된 주선체 형상을 Fig. 1과 Fig. 2에 각각 나타내었다.

3. 모형시험

3.1 시험조건

모형시험 조건을 Table 3에 나타내었다. 경하상태를 고려하여 배수량 2.0톤과 만재상태인 2.5톤에서 고속선의 중요한 성능지표인 배수량 톤당 저항성능(Rt/Δ)을 비교하였다. Center body를 부착할 경우, 배수량을 동일하게 맞추기 위하여 흘수를 조절하면서 시험을 수행하였다.

Table 3 Test conditions

Test case	Hull shape
Bare hull	Main hull
Case-1	Main hull + Center body-1
Case-2	Main hull + Center body-2

(a) Case-1

(b) Case-2

Fig. 3 Test models

시험모형은 Froude 수를 고려하여 0.7m 크기로 하드우레탄으로 제작하였고, 14노트~30노트 범위에서 서일본유체기술연구소(FEL) 고속회류수조에서 시험을 수행하였다. Case-1과 Case-2의 시험모형을 Fig. 3에 나타내었다.

3.2 시험결과

Table 3에 나타난 세 조건에 대한 배수량 톤당 저항성능(Rt/Δ)을 Fig. 4에, 트림변화를 Fig. 5에 그리고 Midship에서 침하량변화를 Fig. 6에 각각 나타내었다. 전반적인 경향만을 비교하기 위하여 14, 18, 22, 26, 30노트 다섯 속도에 대한 결과만 도시하였다.

배수량 2톤, 2.5톤의 경우 모두 전반적으로 Bare hull과 Case-1의 저항성능이 유사하다(Fig. 4). 앞에서 언급한 바와 같이 Center body를 부착함으로써 침수표면적이 25% 증가하였음에도 불구하고 두 경우의 저항성능에 큰 차이가 없다는 것은 Center body에 의하여 저항성능이 개선되었다는 것을 의미한다. 그러나 Case-2의 저항성능은 두 배수량 조건에서 모두 가장 나쁜 결과를 보인다. 특히 속도가 증가할수록 더욱 나빠지는 경향을 보이고 있다. 이에 대한 설명은 뒤에서 다시 언급하기로 한다.

모든 경우에서 속도가 증가할수록 트림이 감소하는 동일한 경향을 보인다(Fig. 5). 또한 배수량 2.5톤의 경우가 배수량 2톤의 경우보다 트림이 다소 크게 나타나고 있다. 이는 Jeong et al.(2012)이 알루미늄 레저보트 연구에서 언급한 바와 같이 배

(a) $\Delta=2.0\text{ton}$ (b) $\Delta=2.5\text{ton}$ Fig. 4 Comparison of resistance performance(R_t/Δ) (a) $\Delta=2.0\text{ton}$ (b) $\Delta=2.5\text{ton}$

Fig. 6 Comparison of sinkage at midship (% of Lpp)

(a) $\Delta=2.0\text{ton}$ (b) $\Delta=2.5\text{ton}$

Fig. 5 Comparison of trim angle (degree)

수량이 증가함에 따라 홀수선과 만나는 차인의 위치가 선수부로 이동한 것이 한 원인이라고 판단된다.

활주선이 고속에서 뛰어난 활주성능을 나타내기 위해서는 저속영역에서 트림이 크게 증가하다가 속도가 증가하면서 트림이 감소하고, 선체가 부상하여야 한다(Niwa, 2004; Jeong et al., 2008). 이러한 관점에서 볼 때 배수량에 상관없이 Case-1의 활주성능이 가장 우수하고, 이것이 앞에서 언급한 저항성능이 가장 뛰어난 이유라고 판단된다. 이는 활주형 단면으로 설계된 Center body-1이 추가적인 활주선 역할을 하기 때문이다. 반면에 Center body-2는 상대적으로 초기트림 발생이 줄어들고, 선체 부상량을 감소시켜 활주성능에 기여하지 못할 뿐 아니라 Center body에 의하여 마찰저항만 증가시키기 때문에 저항성능이 가장 나빠진다고 판단된다.

배수량 2톤과 2.5톤에서 설계속도 부근인 26노트에서의 파형을 비교하여 각각 Fig. 7과 Fig. 8에 나타내었다. 배수량에 상관없이 Case-1의 파형이 가장 우수한 경향을 보인다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 Case-1의 선체 부상이 가장 잘 일어나기 때문이다.

Bare hull의 경우, Case-1에 비하여 비교적 큰 파형을 보이나 두 경우의 저항성능이 유사한 이유는 침수표면적 차이에 따른 마찰저항 차이라고 판단된다. Case-2의 경우는 Bare hull과 유사한 파형을 보인다. 따라서 Center body-2는 활주성능 향상에 기여하지 못한다는 것을 알 수 있다.

이상의 결과로부터 잘 설계된 Center body는 마찰저항 증가

(a) Bare hull

(b) Case-1

(c) Case-2

Fig. 7 Comparison of wave patterns, $V=26\text{knots}$, $\Delta=2.0\text{ton}$

에도 불구하고 쌍동형 고속선의 활주성능 개선에 따른 저항성능 향상에 크게 기여할 수 있다는 것을 확인하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 활주형 단면을 갖는 쌍동형 고속 낚시레저보트 선형을 개발하고, 그 기본 성능을 회류수조에서 모형시험을 통하여 확인하였다. 쌍동형 고속선에 널리 사용되고 있는 Center body의 역할을 활주성능 측면에서 함께 분석하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1) 활주형 단면을 갖는 Center body는 주선체의 활주성능 향상에 기여하여 저항성능을 개선시키는 역할을 한다. 그러나 마

(a) Bare hull

(b) Case-1

(c) Case-2

Fig. 8 Comparison of wave patterns, $V=26\text{knots}$, $\Delta=2.5\text{ton}$

찰저항이 함께 증가하기 때문에 그 크기와 형상 결정에 면밀한 검토가 요구된다.

2) 쌍동형 활주선의 경우에서도 차인과 흘수선이 만나는 중방향 위치는 저항성능에 큰 영향을 미친다. 이 위치가 선수쪽에 있을 경우, 트림이 증가하고, 선체가 잘 부상되어 저항성능이 향상된다.

향후 Center body 형상과 크기에 대한 최적화 연구가 추가로 수행될 예정이다.

후 기

본 연구는 2011~2013년 해양수산부 미래해양산업기술개발사

업(과제명 : 해양레저 대중화를 위한 고속 레저낚시보트 개발)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

- Clement, E.P., 2004. The Plum Hulls. *Boat Builder*, 88, 82-95.
- Jeong, U.C., Park, J.W., Jeong, 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.
- Jeong, U.C., Kim, D.J., Choi, H.S., 2012. Study on Hull Form Development and Resistance Performance of High Speed Aluminum Leisure Boat. *Journal of Ocean Engineering and Technology*, 26(6), 14-18.
- 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.
- Kwon, S.Y., Jeong, U.C., Hong, K.S., Lee, H.J., Na, H.J., 2012. Study on Development of Control Fin of Longitudinal Position for High Speed Leisure Boat. *Proceeding of KAOSTS*, Daegu Korea, 1189-1192.
- Niwa, S., 2002. Engineering of High Speed Boat(Resistance and Propulsion). *A Foundation of Ship and Ocean(in Japanese)*.
- Savitsky, D., 1985. Planing Craft. *Naval Engineering Journal*, February, 8-15.
- Van, S.H., Kim, S.H., 2003. A Study on the Concept Design of Public Motor Boat. *Journal of Ships and Ocean Engineering*, 35, 139-156.
- Yamaha Motors. [Online] Available at: <<http://www.yamaha-motor.co.jp>> [Accessed 13 Sep 2013].