

## 연안용 소형 고속 레저선 선형개발

정우철\* · 박제웅\*\* · 정석호\*\*\*

\*인하공업전문대학 선박해양시스템과

\*\*조선대학교 선박해양공학과

\*\*\*STX조선주식회사 특수사업본부

# Hull Form Development of a Small-Size High-Speed Coastal Leisure Boat

UH-CHEUL JEONG\*, JE-WOONG PARK\*\* AND SUK-HO JEONG\*\*\*

\*Dept. of Ship and Ocean System, Inha Technical College, Incheon, Korea

\*\*Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Chosun University, Gwangju, Korea

\*\*\*Special and Naval Shipbuilding Division, STX Shipyard, Jinhae, Korea

**KEY WORDS:** Leisure Boat 레저선박, Hull Form Development 선형개발, Side Fin 선측날개, Circulating Water Channel 회류수조, Model Test 모형시험

**ABSTRACT:** The initial hull form of a 3 G/T and 30 knots class coastal leisure boat is newly developed. The performances measured, resistance, trim and sinkage, are investigated in a high-speed, circulating water channel (CWC). The effect of a fin attached on the hull side is studied together. Wave patterns are observed to clarify the relationship between the resistance performance and the wave characteristics. It can be found that the fin plays a role of increasing the resistance performance above a certain velocity.

### 1. 서 론

국민 생활의 질적 향상과 소득 증가, 주 5일 근무제 도입 등으로 레저활동에 대한 국민의 관심과 욕구가 높아지고 있다. 특히 우리나라는 3면이 바다로 되어 있고, 세계적으로 유명한 서해안의 갯벌과 남해안의 청정해역을 보유하고 있는 관계로 해양레저의 무한한 발전 가능성을 갖고 있다.

그러나 우리나라는 세계 제1위의 조선 산업국임에도 불구하고 해양레저의 필수적 장비인 레저선박을 외국에서 수입하거나 외국의 구형 모델을 복제하여 제작하고 있는 실정이다. 레저보트가 대중화되어 있는 선진국의 전례로 볼 때 국민 소득이 15,000달러 이상이 되는 2010년경에는 국내에서도 해양레저 수요가 급속히 증가할 것으로 예상되므로 이러한 레저선박의 국산화는 시급한 당면과제라 할 수 있다 (반석호와 김상현, 2002).

우리나라와 유사한 연안환경을 갖고 있는 이웃 일본의 경우 다양한 형태의 레저선 개발이 활발히 이루어지고 있다. 5~12인승의 선박이 전체 레저선의 약 90% 정도를 차지하고 있으며, 그 중 약 80% 정도가 총톤수 5톤 미만이다. 보통 20~25노트 정도의 속도를 내고 있으나 최근 들어 원거리에서의 낚시

를 위하여 점차 고속화되고 있는 추세이다 (Hamada, 1999).

본 연구에서는 총톤수 3톤, 30노트 급 고속 레저선의 기본선형을 개발하여 그 성능을 모형시험을 통하여 분석하였다. 또한 박제웅 등(2002)이 소형 연안어선의 성능향상을 위하여 적용한 선측날개(Side fin)의 레저선 적용 가능성을 함께 검토하였다.

모형시험은 서일본유체기술연구소(FEL) 고속회류수조에서 35노트 범위까지 수행되었다.

### 2. 선형개발

#### 2.1 기본계획

##### • 선체 규모

승선 인원은 승합차 1대 또는 승용차 2대 정도의 인원인 8명을 기준으로, 선장 1명을 포함하여 총 9명으로 산정하였다. 따라서 “소형선박의 구조 및 설비기준”(해양수산부, 2002)에서 제시한 아래 기준식(1)에 따라 총톤수 3톤급 선박으로 결정하였다.

$$\text{최대승선인원} = \text{총톤수} \times 2 + 3 \quad (1)$$

##### • 최대 속력

현재 낚시선박으로 널리 사용되고 있는 총톤수 3톤급 연안어선은 통상 18~22노트 정도로 운항되고 있으며, 필요에 따라 엔

제1저자 정우철 연락처: 인천광역시 남구 용현동 253

032-870-2176 ucjeong@inhac.ac.kr

진 마력을 증가시켜 고속을 내고 있다. 본 연구에서는 최근 일본에서 개발되고 있는 유사선의 속도 범위인 30노트를 목표로 설정하였다.

• 주 기관

레저선박으로서의 외관과 유지보수의 편리성을 고려하여 시판되고 있는 선외기(Out-board engine)를 주 기관으로 사용한다.

• 선체 재질

추진성을 고려하여 가벼우면서 파랑충격에 대한 충분한 강도를 가져야 한다. 또한 유지보수가 쉬워야 할 뿐만 아니라 건조비용이 저렴하여야 한다. 이런 관점에서 그 동안 소형 연안어선에 널리 사용되어온 FRP를 선체 재질로 선정하였다.

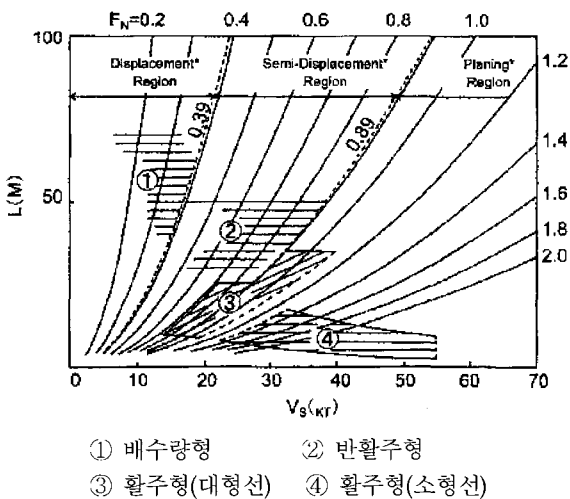


Fig. 1 Relation between speed and hull form (Savitsky, 1985)

2.2 선형설계

총톤수 3톤급 연안어선의 길이(LWL)는 통상 7~8m 정도이고, 경하상태의 배수량은 4~5톤 정도이다. 본 연구에서는 이를 기준으로 초기 LWL은 7.5m 내외, 배수량 4.5톤 정도로 결정하였다. 다만 승객의 안전한 통행과 외관을 고려하여 갑판에서의 선수부 길이를 연장하여 전장(LOA)은 약 10m 내외로 결정하였다. 따라서 Fn=1.8 정도로 Savitsky(1985)의 제안에 따라 활주선 개념을 도입하였다 (Fig. 1).

고속 활주선의 경우 길이-폭 비(LOA/B)가 5.0 이상일 때 저항이 현저히 감소하는 경향을 보이고 있으나 (민계식 등, 1992), 이 조건을 만족시킬 경우 본 대상선박의 선체 폭은 2m 이내로 작게 되어 횡요 안정성이 나빠질 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 최근의 일본 실적자료 조사결과(반석호와 김상현, 2002)와 Niwa(1971)가 제안한 통계식(2)을 토대로 활주선에서의 선체 폭을 2.5m 내외로 결정하였다.

$$B = 0.65 \sim 0.75 \cdot LOA^{0.575} \quad (2)$$

선체 깊이와 길이와의 관계는 종강도에 큰 영향을 준다. 종강도를 고려하여 깊이를 크게 하였을 경우에는 선체 중량이 과도하게 되어 추진성능에 좋지 않은 영향을 주게 되므로 적절한 크기를 선정하여야 한다. 본 연구에서는 다음의 식 (3)을 이용하여 선체 깊이를 결정하였다(Niwa, 1971).

$$D = 0.2 \cdot LOA^{0.8} \text{ 또는 } D = 0.5 \cdot B \quad (3)$$

활주선은 선체와 수면사이의 동적 압력에 의하여 선체가 부양되어 수면 위를 활주함으로써 고속영역에서 저항성능을 향상시키도록 고안된 선형인 관계로 그 단면 형상이 저항성능뿐 아니라 자세 안정성에도 매우 큰 영향을 미친다. 활주선의 단면은 크게 오목(Concave), 볼록(Convex), 직선(Straight), 오목-볼록(Inverted Bell) 등 4가지를 기본 형상으로 하여 여기에 약간씩 수정을 가하여 사용하고 있다 (Koelbel, 1978). 본 대상선박의 LOA/B(약 4.0)에서는 오목형 단면의 저항성능이 상대적으로 우수하지만 (민계식 등, 1992; 이광일, 1998), 본 연구에서는 생산성을 고려하여 직선형 단면을 채택하였다.

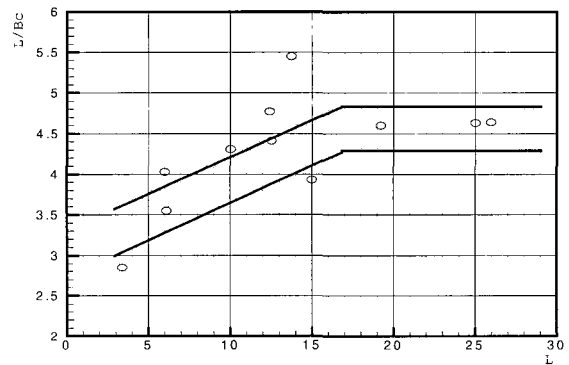


Fig. 2 Relation between Bc and LOA, V/Δ<sup>1/6</sup>=20~25

활주선의 경우 속도계수(V/Δ<sup>1/6</sup>, V : 선속, Δ : 배수량)는 저항성능과 밀접한 관계를 갖고 있다. 속도계수가 낮은 경우에는 차인(Chine) 폭이 좁은 것이 저항성능에는 유리하지만, 소형 고속선에서는 안정성 측면에서 어느 정도의 폭을 확보하는 것이 바람직하다 (Niwa, 1971). Fig. 2에 본 대상선박의 속도계수 범위(20~25)에 있는 일본 고속선들의 차인 폭(Bc)과 길이(LOA) 관계를 나타내었다. LOA=10m에서 LOA/Bc는 약 3.8~4.2 정도임을 알 수 있다. 본 선박에서는 이 차인을 선체 중앙부에서 선미에 걸쳐 수면 아래에 위치시켜 정지 상태에서도 충분한 복원력이 확보되도록 하였다.

종방향 중심위치는 활주성능과 밀접한 관계를 갖고 있으므로 이의 결정이 매우 중요하다. 일반적으로 선미단에서 중심까지의 거리(Lc)는 LWL의 약 40% 정도이다 (Niwa, 1971).

선저 경사각은 내항성능에 큰 영향을 주므로 소형 고속선 설계 시에 반드시 고려하여야 하는 중요한 요소이다. Kihara and Ishii(1986)의 파랑 중 모형시험 결과에 따르면 선저 경사각이 커질수록 파랑 중 선수 상하 가속도가 줄어드는 경향을 보이지만, 이 각이 너무 커지면 추진효율이 나빠지는 문제가

있어 적절한 경사각 선택이 중요하다. 따라서 통상 최대 30°가 넘지 않도록 한다 (Koelbel, 1978). 본 연구에서는 Kihara and Ishii(1986)의 시험결과를 토대로 20° 내외로 결정하였으며, 활주성능을 향상시키기 위하여 선미로 가면서 경사각을 작게 한 비틀(Warped)형 형상을 채택하였다. 그러나 활주면을 비틀어 줌으로써 발생하는 석션(Suction)에 따른 저항증가를 억제하기 위하여 선미단에서의 선저 경사각은 15° 정도로 다소 작게 하였다.

통상의 Deep-V 선형에서 양력 발생에 따른 침수표면적 감소, 그리고 복원력 증가를 위하여 사용하는 Spray strake를 선저 좌·우측에 각각 삼각형 형상으로 2개씩 설치하였다 (Komatsu and Yamaguchi, 1989).

본 대상선박의 주요제원과 형상을 Table 1과 Fig. 3에 각각 나타내었다.

Table 1 Principal dimensions

Items	Dimensions
LOA (m)	9.86
LWL (m)	7.65
B (m)	2.5 at Design draft
D (m)	1.2
d (m)	0.58
Disp. (m <sup>3</sup> )	4.445

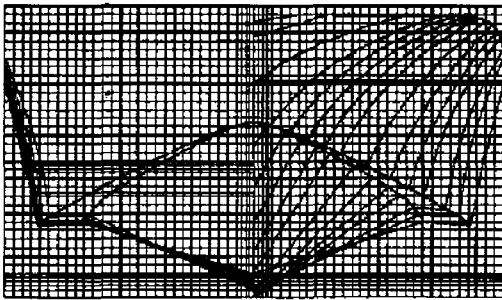


Fig. 3 Body plan

### 3. 모형시험

#### 3.1 시험조건

모형시험은 서일본유체기술연구소(FEL) 고속회류수조에서 Table 2와 같이 네 가지 경우에 대하여 수행하였다.

여기에서 선측날개(Side fin)는 선측 차인을 따라 선체 중앙부터 선미 끝단까지 10cm 폭으로 얇은 판을 수평하게 부착한 것이다 (Fig. 4).

소형 연안어선에서는 선미부를 연장하여 플랩(Flap) 효과를 냄으로서 성능을 개선시키고 있다 (정우철 등, 2002). 본 연구에서는 고속 레저선에서도 동일한 효과가 가능한지를 함께 검토하기 위하여 선미부를 0.44m 연장한 경우(Case-3)와 두 가지가 모두 조합된 경우(Case-4)에 대한 모형시험도 함께 수행하였다.

Table 2 Test conditions

Hull Type	Remarks
Case-1	Original hull form
Case-2	선측날개(Side Fin) 부착
Case-3	선미부 연장 (0.44m)
Case-4	선미부 연장 + 선측날개 부착

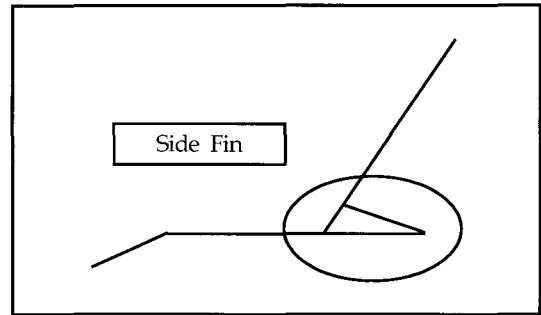


Fig. 4 Skech of side fin

모형시험은 14~35노트 속도 범위에서 수행되었으며, 트림(Trim)과 침하(Sinkage)가 함께 계속되었다. 모형은 Lpp=0.70m 크기로 하드 우레탄으로 제작되었으며, Case-4의 모형을 Fig. 5에 나타내었다.

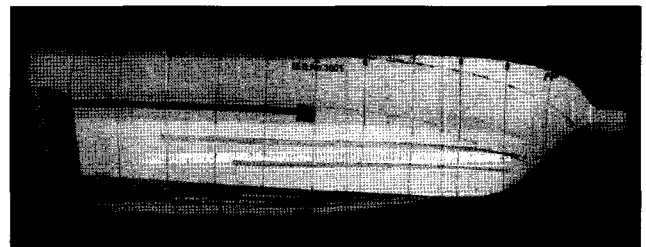


Fig. 5 Test model, Case-4

#### 3.2 시험결과

저항(Rt/▽), 트림(Trim) 및 침하(Sinkage) 계속결과를 Fig. 6-8에 각각 나타내었다.

네 경우 모두 Fn=1.1(18노트) 부근에서 저항이 급격히 증가하고 있다. 이는 이 속도 부근에서의 과도한 트림 때문으로 보인다. 속도가 증가할수록 선체가 부상하고, 트림량이 줄어들어

자세가 안정되어가고 있음을 알 수 있다. 모든 경우에 있어서  $Fn > 1.4$  (24노트)에서는 침하량은 거의 동일하다. 이는 이 속도 이상에서는 선체가 충분히 부상되기 때문으로 판단된다. 속도가 점차 증가할수록 트림은 일반적인 고속 활주선의  $3 \sim 4^\circ$  와 유사한 값을 갖고 있다. 따라서 본 개발선은 고속에서 더욱 안정된 자세를 갖고 있음을 알 수 있다.

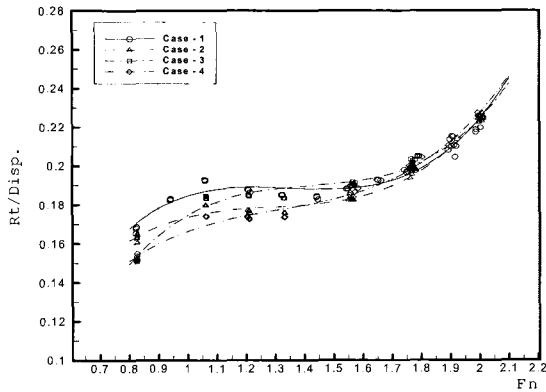


Fig. 6 Measured resistance ( $R_t/\nabla$ )

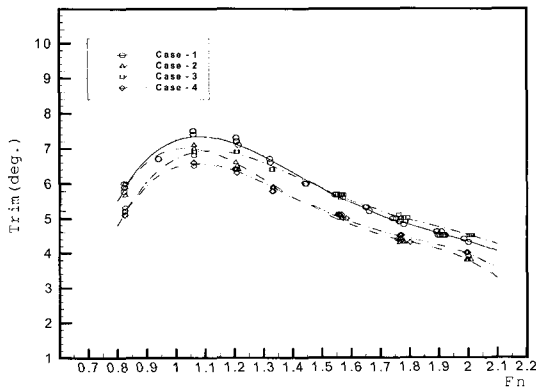


Fig. 7 Measured trim angle (degree)

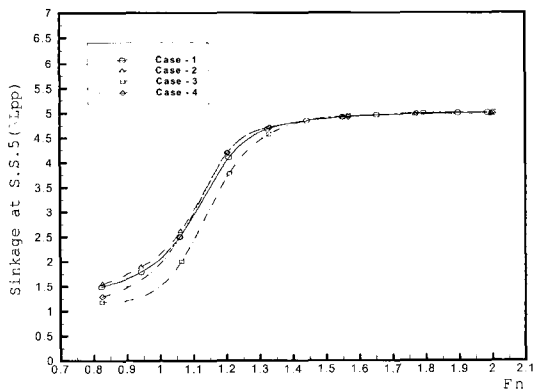


Fig. 8 Measured sinkage at midship (% of Lpp)

선미 길이를 연장한 경우(Case-3),  $Fn < 1.4$  (24노트)인 저중속 영역에서 Case-1(Original)에 비하여 저항과 트림이 작지만, 고

속영역에서는 오히려 크게 나타나고 있다. 또한 선측날개를 함께 부착한 경우(Case-4)에는  $Fn > 1.5$  (25노트) 영역에서 날개만 부착한 Case-2보다 저항과 트림이 크다. 즉 선미부에 선체를 연장한 효과는 어느 일정한 속도 이하에서만 그 효과가 있는 것으로 판단된다. 이는 정우철 등(2002)과 박재웅 등(2003)이  $Fn < 1.0$  범위의 저중속 영역에서 연안어선 모형실험을 통하여 설명한 바와 같이 선미부에 연장된 선체는 플랩(Flap) 효과를 내면서 과도한 트림을 방지하고, 선미에서 발생하는 파도를 억제함으로써 저항이 감소하기 때문이다. 그러나 고속영역에서 선체가 충분히 부상되면 연장된 선체로 인하여 오히려 저항이 증가된다고 판단된다.

선측날개만 부착한 경우(Case-2)가 전반적으로 가장 양호한 결과를 보이나, 저중속 영역( $Fn < 1.0$ , 18노트)에서는 그 효과가 크지 않다. 선체가 충분히 부상하지 않은 이 속도 영역에서는 이 날개가 수면 아래에 잠겨있고, 그 주위에서 강한 와류동(Vortex flow)이 발생하기 때문으로 보인다 (Fig. 9).

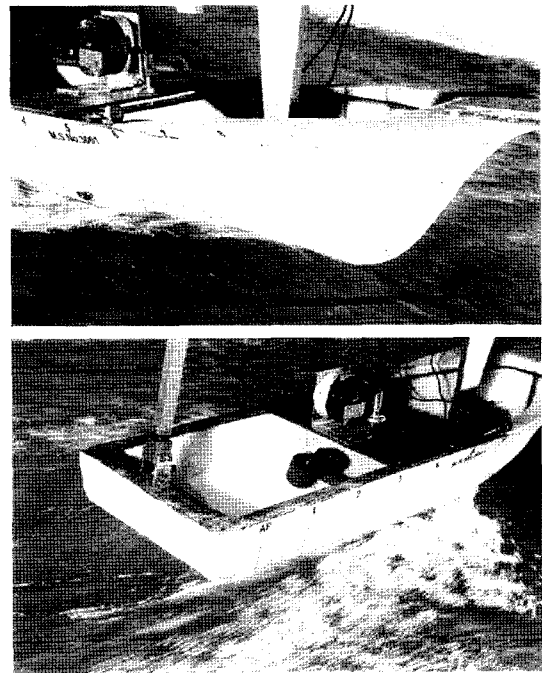


Fig. 9 Wave patterns, 18knots, Case-2

Fig. 10과 11은 각각 Case-1과 Case-2의 30노트에서의 파형이다. 두 경우 모두 고속에서 저항에 큰 영향을 주는 선수파가 거의 나타나지 않고 있음을 알 수 있다. Case-2의 경우 선체가 충분히 부상하여 선측날개가 수면 상부에 나타나고 있다. 이 날개 주위에서 Spray가 나타나고 있으나 이는 국부파(Local wave)로 저항성능에 크게 영향을 미치지 않는다. 두 경우의 저항성능은 비슷하지만, Case-2의 트림이 작고 또한 선측날개의 영향으로 횡요 안정성이 우수할 것으로 판단되어 고속 레저선에서 적절한 날개를 부착함으로써 성능이 크게 개선될 수 있을 것으로 기대된다.

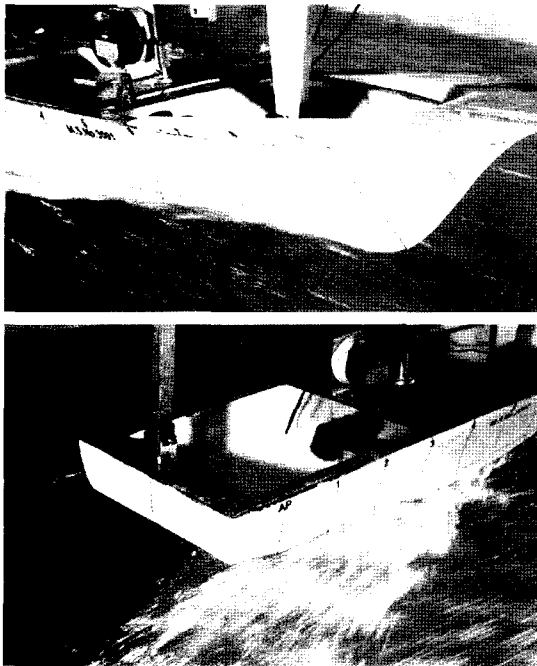


Fig. 10 Wave patterns, 30knots, Case-1

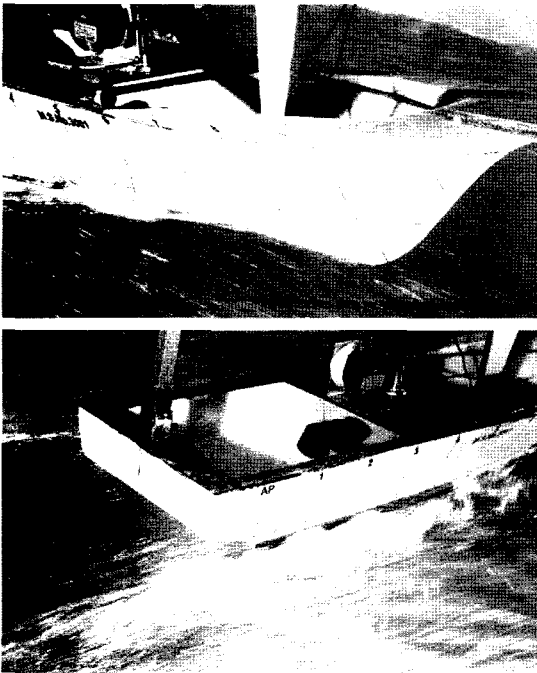


Fig. 11 Wave patterns, 30knots, Case-2

#### 4. 결 론

총톤수 3톤, 8-9인승용 활주형 레저선의 저항성능을 모형시험을 통하여 분석하였다.

1) 본 개발선은 저중속 영역에서 전반적인 트림이 현저히 큰 반면, 25~30노트 정도의 비교적 고속영역에서 트림각이 일반적

인 고속선과 유사하고, 선체가 충분히 부상하여 침하량의 변화가 거의 나타나지 않는다. 따라서 고속영역에서 안정된 성능을 보인다.

2) 선미부 연장선체의 효과는 고속에서는 나타나지 않고 오히려 저항이 증가하는 경향을 보인다.

3) 선체에 부착한 날개(Side fin)는 선체가 충분히 부상한 고속영역에서는 저항성능 및 자세 안정성 향상에 기여한다.

향후 저항성능 및 자세 안정성 향상을 위한 최적 부가물 개발 및 종방향 중심위치의 변화, 즉 초기트림의 영향에 대한 연구가 계속 수행될 예정이다.

#### 참 고 문 헌

- 민계식, 이귀주, 박만 (1992). 활주형 선형의 단면형상 및 장/폭비 변화에 따른 모형시험 결과, 현대중공업 연구보고서.
- 박제웅, 정우철, 박찬원, 김도정 (2002). "저중속 영역에서 6.67G/T급 연안어선의 저항특성에 관한 고찰", 한국해양공학회 추계학술대회 논문집, pp 89-93.
- 반석호, 김상현 (2002). "국내 해양레저와 레저선박 산업의 현황 및 전망", 대한조선학회지, 제39권, 제1호, pp 36-44.
- 반석호, 김상현 (2002). "해양레저용 보급형 모터보트 설계에 관한 연구", 대한조선학회 추계학술대회 논문집, pp 115-118.
- 이광일 (1998). 활주형 선박의 선형특성과 저항성능과의 상관관계에 관한 연구, 조선대학교 석사학위논문.
- 정우철, 박찬원, 김도정, 김영준, Matsui S. (2002). "소형 연안어선의 저항성능에 관한 실험적 연구", 한국해양공학회 춘계학술대회 논문집, pp 251-256.
- 해양수산부 (2002). 소형선박의 구조 및 설비기준, 해양수산부 고시 제 2002-59호.
- Hamada, K. (1999). "State and Subject of a Fishing Boat", Fishing Vessel, Vol 345, PP 39-47.
- Kihara, K., Ishii, T. (1986). "A New Method of Initial Design for High Speed Craft(2)", Trans. of WJSNA, Vol 72, pp 293-300.
- Koelbel, J.G. (1978). "Performance Prediction, Small Craft Engineering Resistance, Propulsion and Sea Keeping", SNAK, pp 101-178.
- Komatsu, M., Yamaguchi, M. (1989). "Resistance and Propulsion of High Speed Craft", High Speed Craft and Performance, JSPC Symposium, SNAJ, pp 75-118.
- Niwa, S. (1971). 고속정공학, 단정협회출판부.
- Savitsky, D. (1985). "Planing Craft", Naval Engineers Journal, February, pp 8-15.

2003년 11월 12일 원고 접수

2004년 1월 29일 최종 수정본 채택