

45노트급 고속정의 초기선형 개발과 저항성능에 관한 연구

김주남* · 정우철** · 박제웅*** · 김도정***

* 선박검사기술협회 기술사업부

** 인하공업전문대학 선박해양시스템과

*** 조선대학교 선박해양공학과

A Study on the Initial Hull Form Development and Resistance Performance of a 45 Knots Class High-Speed Craft

JU-NAM KIM*, UH-CHEUL JEONG**, JE-WOONG PARK*** AND DO-JUNG KIM***

* Korea Society of Ship Inspection and Technology, Incheon, Korea

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

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

KEY WORDS: High Speed Craft 고속정, Hull Form Development 선형개발, Resistance Performance 저항성능, Initial Trim 초기트림, Model Test 모형시험, CWC(Circulating Water Channel) 회류수조

ABSTRACT: The initial hull form of a 100 ton, 45 knot class high-speed craft is newly developed. The resistance performances are investigated using a model test at high speed in a circulating water channel. The effect of the initial trim 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 initial trim plays a role in increasing the resistance performance above a certain velocity.

1. 서 론

1994년 발효된 「해양법에 관한 국제연합협약」은 200해리 배타적 경제수역(EEZ)이라는 새로운 제도를 도입하였으며, 인접한 나라가 각각 EEZ를 선포하여 서로 중첩될 경우 합의에 의하여 경계를 확정하되 공평한 해결에 이르도록 하여야 한다고 규정하고 있다. 이처럼 EEZ 경계 획정에는 국제법상의 명확한 기준이 없고 한번 확정된 해양경계선은 시한이 없이 영구히 지속되므로 어느 나라나 경계획정 협상에 극히 신중을 기하고 있다. 우리나라의 EEZ는 서쪽으로는 중국과, 동쪽으로는 일본과 중첩되며 제주도 남쪽으로는 중국 및 일본과 중첩되는 북태평양 서쪽 내만에 위치하고 있다. 또한, 우리나라를 포함한 3국의 연안해역은 어족자원이 풍부한 세계 4대 어장일 뿐만 아니라 석유·천연가스 등 해저 광물자원의 매장이 유력한 지역인 관계로 치열한 해양 영토 분쟁이 계속되고 있거나 분쟁의 소지가 있는 상호 국력이 상충되는 지역이다. 이러한 상황에서 동북아 3국은 자국의 해양주권 확립을 위하여 고속 경비정 개발에 많은 노력을 기울이고 있다.

우리나라와 독도 영유권 분쟁을 벌이고 있는 일본의 경우

최근까지는 연안에서의 각종 해상범죄에 대한 감시활동을 위하여 기동성이 뛰어난 총톤수 3~5톤 규모의 소형고속정을 주로 건조하여 왔으나, 최근 들어서는 각종 장비를 탑재하여 실질적인 경비 활동을 위한 중대형급 선박들을 지속적으로 건조하고 있다. 2001년 이후 금년까지 전장 50m, 총톤수 약 220톤, 3기의 물분사추진장치를 장착한 최대속력 40노트 이상의 고속 특수 경비정 6척을 건조하여 운항하고 있다. 또한 각종 첨단 장비가 설치된 800톤급 규모의 대형 순시선 한 척을 금년 3월 완공하여 실 해역에 배치하였고, 추가로 두 척을 2006년 완공 예정으로 건조 중에 있다. 이 대형 순시선은 4기의 물분사추진장치를 이용하여 최대속력 30노트 이상을 낼 수 있으며 선체는 알루미늄 합금을 이용하였다.

우리나라의 경우도 최근 100톤급, 최대속력 45노트의 합정을 새로이 건조하여 실전에 투입하였으나, 이웃 일본과 비교할 때 아직 그 수는 매우 부족한 실정이다.

본 연구에서는 향후 연·근해뿐만 아니라 원양에서도 운용될 수 있는 대형화된 고속 경비정의 수요가 점차 증대될 것에 대비하여 이들 선박의 최적선형 설계를 위한 방안을 제시하고, 최대속력 45노트를 갖는 100톤급 경비정의 초기선형을 개발하였다. 개발된 선형의 기본성능은 고속회류수조에서의 모형시험을 통하여 확인하였다.

제1저자 김주남 연락처 : 인천시 연수구 동춘동 갯벌타워
032-260-2277 jnkim@kst.or.kr

2. 선형개발

2.1 기본조건

본 개발선은 연·근해뿐만 아니라 원양에서도 각종 범법행위에 대한 효과적인 단속이 이루어져야 한다. 또한 각종장비의 호환 등 원활한 업무를 위하여 국내에서 보유하고 있는 기존의 최신 경비정과 유사한 규모로 하되, 최대속력은 40~45노트 정도로 향상시키는 것을 목표로 하였다. 뿐만 아니라 고속 경비정의 특성상 연안과 같은 얕은 수심과 양식장 주변과 같이 각종 이물질이 있는 상황에서도 운항이 가능하여야 하며, 뛰어난 기동성이 확보되어야 한다.

이상과 같은 조건을 만족시키기 위하여 불분사추진장치를 갖는 90~100톤급 선박으로 결정하였으며, 이로부터 Savitsky(1985)의 제안에 따라 단동형 활주선 개념을 도입하였다 (Fig. 1).

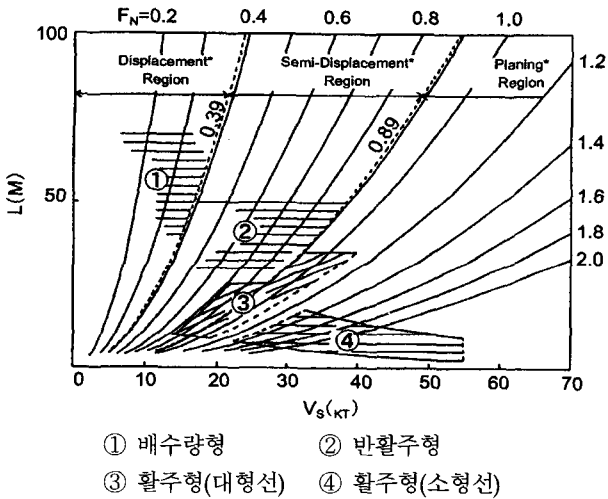


Fig. 1 Relation between speed and hull form

2.2 선형설계

본 개발선의 주요제원을 결정하기 위하여 30노트 이상의 속력을 갖는 해외 실적선 중 길이 20m 이상인 단동형 활주선 50여척을 수집하여 분석하였다.

Fig. 2는 수집된 선박의 배수량과 길이(연장 갑판을 제외한

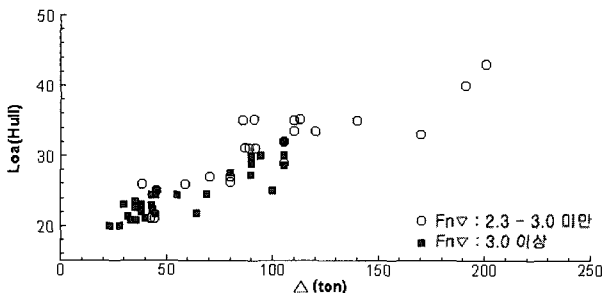


Fig. 2 Relation between Δ (ton) and L

선체길이)와의 관계를 보인다. 여기에서 $F_n \nabla = 2.3$ 은 30노트, 그리고 3.0은 40노트에 해당하는 속도이다. 40노트 이상의 초고속인 경우는 대부분 100톤 이하이고, 배수량과 길이는 선형적인 관계를 가지고 있음을 알 수 있다.

본 연구의 대상선박이 약 90~100톤의 배수량을 가질 경우 전장은 약 28~30m 내외가 적정한 것으로 판단된다.

본 선박과 같이 특수한 목적으로 운항되는 선박의 경우, 파랑 중 횡요안정성 확보가 매우 중요하다. 즉, 중심높이를 낮게 하여 메터센터 높이를 높여주는 것이 횡요안정성 측면에서 유리하다. 이 메터센터 높이는 수선면적에 비례하므로 선폭을 가능하면 크게 하는 것이 바람직 하지만, 이를 지나치게 크게 하면 저항성능이 나빠질 위험성이 있는 관계로 적절한 값을 결정하여야 한다.

앞에서 언급한 실적선들의 길이(L)와 폭(B)과의 관계를 Fig. 3에 나타내었다. 40노트 이상인 선박들의 폭이 30~40노트 선박들에 비하여 다소 큰 경향을 보이고 있다. 이는 고속으로 갈수록 선수충격을 완화시키기 위하여 Deep-V형 선형을 채용하고, 이 경우 배수량 확보를 위하여 폭을 크게 하기 때문이다 (Niwa, 2002). 또한 고속 활주선의 경우, 차인(Chine) 폭은 저항성능 뿐만 아니라 안정성 측면에서도 중요한 설계변수가 된다. 길이와 차인 폭(Bc)과의 관계를 Fig. 4에 나타내었다.

본 자료에 따르면 길이(L)가 28~30m일 경우 선폭(B)과 차인 폭(Bc)은 각각 7~8m와 6~7m 정도가 적당할 것으로 판단된다.

선체 깊이와 길이와의 관계는 선체 종강도와 중량에 큰 영향을 준다. 종강도를 고려하여 깊이를 지나치게 크게 하면 중량이 과도하여 추진성능에 나쁜 영향을 주는 반면, 이 값이 너무 작으면 파랑 중 갑판이 물에 잠기게 되므로 적절한 값을 선정하여야 한다. Fig. 5와 6은 각각 길이에 대한 깊이(D)와 흘

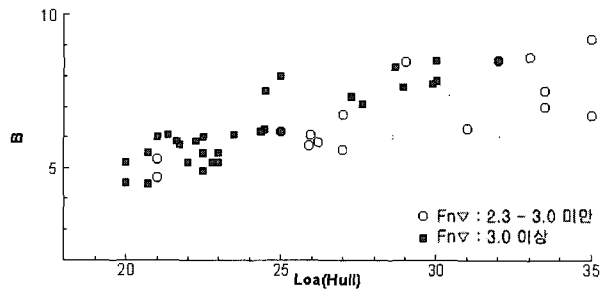


Fig. 3 Relation between L and B

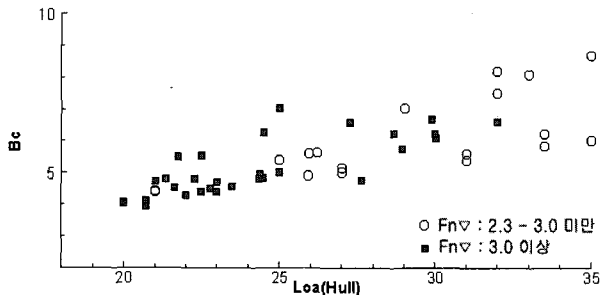


Fig. 4 Relation between L and Bc

수(d) 관계를 보인다. 이를 토대로 초기 깊이와 흘수를 각각 3.3m와 1.2m 정도로 결정하였다.

중방향 중심위치는 활주성과 밀접한 관계를 갖고 있으므로 이의 결정이 매우 중요하다. 일반적으로 선미단에서 중심까지의 거리(L_C)는 Lwl의 약 40% 정도이다 (Niwa, 2002). 본 연구에서는 이를 참고로 중방향 중심위치를 결정하였다.

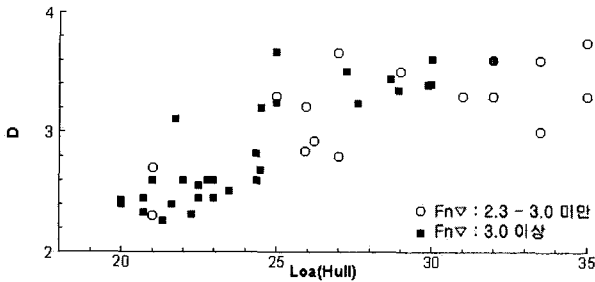


Fig. 5 Relation between L and D

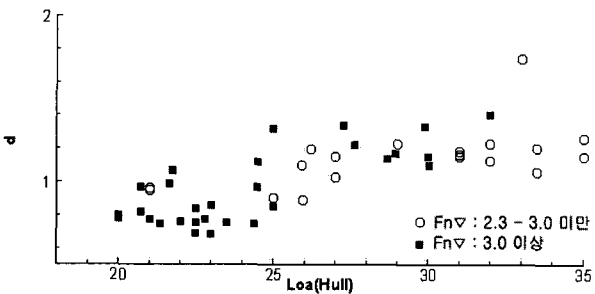


Fig. 6 Relation between L and d

선저 경사각은 내항성능에 큰 영향을 주므로 고속 활주선 설계 시에 반드시 고려하여야 하는 중요한 요소이다. Kihara & Ishii(1986)의 파랑 중 모형시험결과에 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 & Ishii(1986)의 모형시험 결과를 토대로 20° 내외로 결정하였으며, 활주성능을 향상시키기 위하여 선미로 가면서 경사각을 작게 한 비틀(Warped)형 형상을 채택하였다. 그러나 활주면을 비틀어 줌으로써 발생하는 과도한 선미트림에 따른 저항증가를 억제하기 위하여 선미단에서의 선저 경사각은 10° 정도로 다소 작게 하였다.

선저 경사각을 작게 할 경우, 배수량이 과도하게 되어 추진 성능이 떨어지는 문제가 발생하게 된다. 따라서 선폭과 깊이를 다소 줄여 줌으로써 추진성능에 유리한 방향으로 선형을 수정할 수 있다. 최근에 건조된 40노트 이상의 일본 고속선들의 경우, 이러한 방향으로 기본선형을 설계함으로써 기존 실적선보다 폭과 깊이가 다소 줄어드는 경향을 보인다. 따라서 본 연구에서는 이를 참고로 선폭과 깊이를 수정해 주었다.

본 개발선의 최종적인 형상과 주요제원을 Fig. 7과 Table 1에 각각 나타내었다.

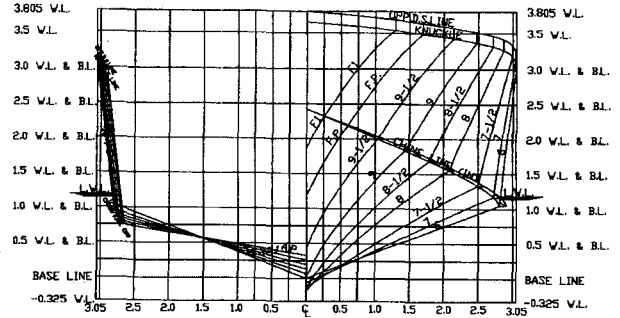


Fig. 7 Body plan

Table 1 Principal dimensions

Items	Dimensions	
L.O.A (m)	28.0	
L.P.P (m)	25.0	
B (m)	6.1	
D (m)	3.2	
d (m)	1.2 (70% Load)	1.3 (Full Load)
Disp. (Ton)	90 (70% Load)	95 (Full Load)

3. 모형시험

3.1 시험조건

고속 활주선의 경우 초기트림(Initial trim)이 저항성능에 큰 영향을 미치는 관계로 초기설계 단계에서 면밀한 검토가 필요하다. 정우철 등(2004)은 소형 고속정의 모형시험에서 초기트림을 2° 정도까지 변화 시키면서 실험을 수행하였고, 적절한 초기트림은 저항성능 개선에 크게 기여한다고 설명하였다. 즉, 적절한 선내 배치를 통하여 운항 중 최적의 트림조건이 만족되도록 함으로써 성능을 향상시킬 수 있다. 특히 본 선박과 같이 특수한 목적으로 사용되는 경비정의 경우, 거친 파도 속에서도 고속 운항이 가능하여야 하므로 초기트림의 역할은 더욱 중요하게 된다.

개발된 선형의 초기트림이 저항성능에 미치는 영향을 조사하였다. 본 개발선과 같은 비교적 중대형급 선박들은 일반적으로 초기트림이 그리 크지 않은 관계로 본 연구에서는 최대 300mm(약 0.7°)를 기준으로 실험을 수행하였다. 모형시험은 고속회류수조(LXBXD=24.5mX3.5mX6.5m)에서 Table 2와 같이 세 경우에 대하여 30~50노트 속도범위에서 수행하였으며, 모형은 Lpp=0.83m 크기로 하드우레탄으로 제작하였다. 시험에 사용된 모형을 Fig. 8에 나타내었다.

Table 2 Test conditions

Case	Remarks	
Case-1	Even trim	
Case-2	Initial trim 150mm	70% Load Condition
Case-3	Initial trim 300mm	

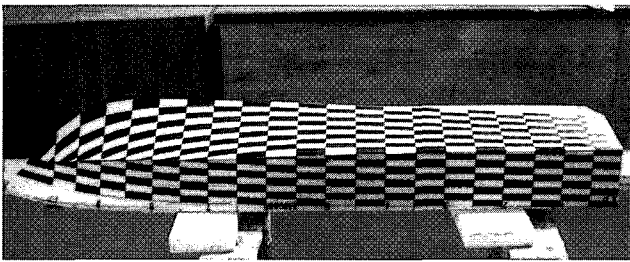


Fig. 8 Test model

3.2 시험결과

초기트림 변화에 따른 저항계측결과를 Fig. 9에 나타내었다. 전반적으로 저항특성은 유사한 경향을 보인다. Case-1과 Case-2의 저항 값은 전 속도 영역에서 큰 차이가 없다. Case-3의 경우, 30노트 부근에서는 다른 두 경우와 유사한 값을 보이지만, 고속으로 올라가면서 저항 값이 현저히 줄어드는 경향을 보인다.

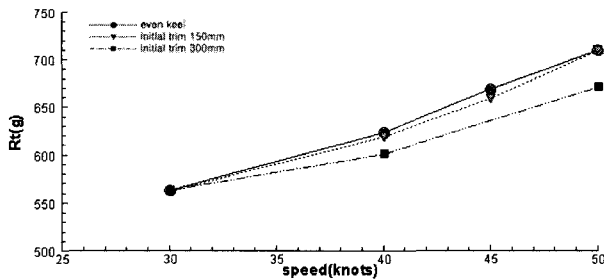


Fig. 9 Measured total resistance (Rt)

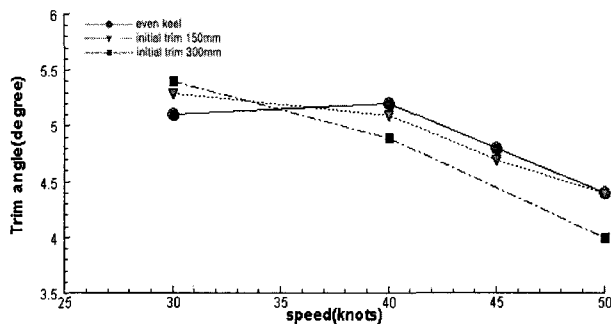


Fig. 10 Measured trim angle (degree)

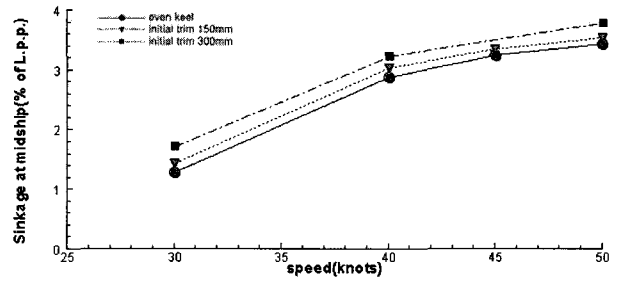
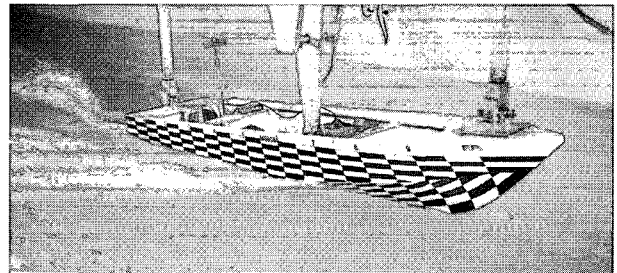
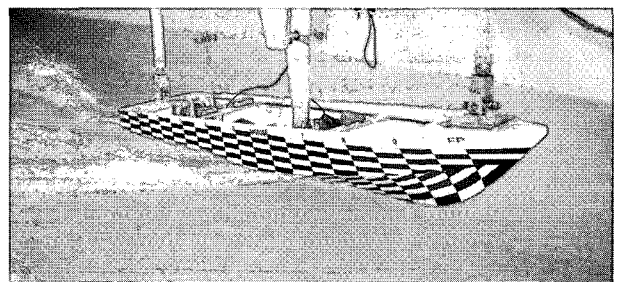


Fig. 11 Measured sinkage at midship (% of Lpp)

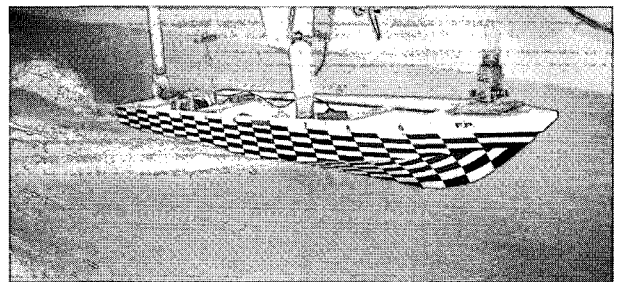
항주트림과 침하를 비교하여 Fig. 10과 11에 각각 나타내었다. 초기트림이 큰 Case-3의 경우 고속으로 갈수록 항주트림이 급격하게 감소하고 있다 (Fig. 10). 또한 전반적인 선체 부상량이 다른 두 경우에 비하여 크게 나타나고 있다 (Fig. 11). 이러한 이유로 Case-3의 저항이 고속영역에서 크게 줄어드는 것으로 판단된다. 그러나 통상의 운항속도인 30~35노트 부근에서는 항주트림이 5° 내외로, 잘 설계된 고속 활주선의 3° 내외보다 다소 큰 값을 갖는다. 뿐만 아니라 일정 속도에 도달할 때 까지는 항주트림이 다른 두 경우에 비하여 매우 큰 관제로 파랑 중 안정성능에 문제가 될 것으로 판단된다.



(a) Case-1



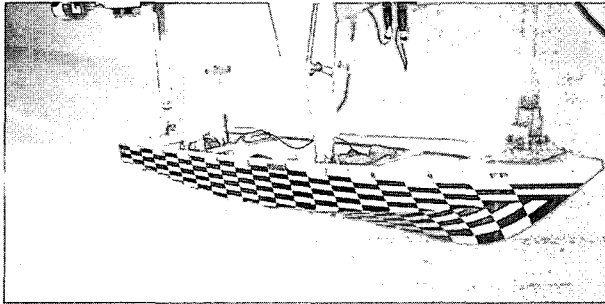
(b) Case-2



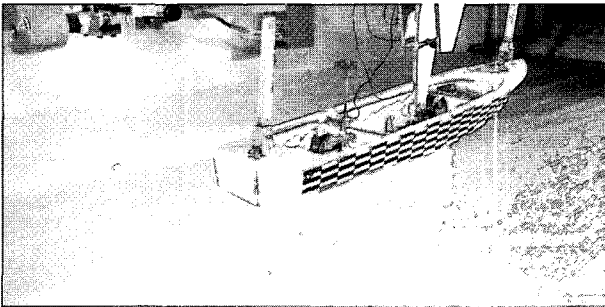
(c) Case-3

Fig. 12 Wave patterns, 30 knots

Fig. 12~13은 파형을 나타내었다. 30노트에서는 세 경우 모두 유사한 파형을 갖고, 이는 저항 값이 거의 동일한 이유를 설명하고 있다 (Fig. 12). 그러나 계획속도인 45노트의 경우, 초기트림이 클수록 선체가 잘 부상하는 관계로 선체 중앙부근에서 발생하는 선수파가 상대적으로 작게 발생하고 있다. 또한 선체 부상에 따른 마찰저항 감소 등으로 인하여 저항이 줄어든다고 판단된다 (Fig. 13).



(a) Case-1



(b) Case-3

Fig. 13 Wave patterns, 45 knots

그러나 앞에서 언급한 바와 같이 Case-3의 경우가 저항성능이 가장 양호할지라도 통상의 운항속도인 30~35노트에 도달할 때까지의 항주트림이 너무 큰 관계로 이를 효과적으로 제어할 수 있는 방안이 필요하다고 보인다. 따라서 이 속도 부근에서 상대적으로 양호한 성능을 갖는 Case-2(150mm 초기트림)를 본 개발선의 최종 설계조건으로 선정하였다.

향후 다양한 크기의 트림탭(Trim tab)과 정우철 등(2004)이 소형 활주선에 적용하여 그 효과를 설명한 선측날개(Side-fin) 등을 부착하여 성능을 개선시킬 수 있는 연구를 지속적으로 수행할 예정이다.

4. 결 론

- (1) 길이 20m 이상, 속력 30노트 이상의 고속 활주선에 대한 해외 실적자료를 계통적으로 분석하여 고속선의 초기설계 단계에서 주요요목 결정 등에 유용하게 활용 가능한 방안을 제시하였다.
- (2) 최대속력 45노트를 갖는 100톤급 경비정의 초기선형을 개발하였으며, 그 성능을 모형시험을 통하여 확인하였다.
- (3) 본 개발선은 초기트림이 클수록 저항성능이 양호한 경향을 보인다. 그러나 초기트림이 큰 경우, 항주 시 트림이 과도하게 되어 과량 중 안전성능에 심각한 문제가 발생할 수 있다.

향후 각종 부가물을 부착하여 성능을 개선시킬 수 있는 연구를 모형시험과 전산유체역학(CFD)을 이용하여 계속 수행할 예정이다.

참 고 문 헌

정우철, 박제웅, 정석호 (2004). "연안용 소형 고속 레저선 선형 개발", 한국해양공학회지, 제18권, 제1호, pp 80-84.

정우철, 정석호, 전호환 (2004). "고속 연안순시선 선형개발과 저항성능에 관한 연구", 한국해양공학회지, 제18권, 제3호, pp 44-49.

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.

Niwa, S. (2002). 신고속정공학, 단정협회출판부.

Savitsky, D. (1985). "Planing Craft", Naval Engineers Journal, February, pp 8-15.

2005년 11월 15일 원고 접수

2005년 12월 28일 최종 수정본 채택