

초고속 선형들 중 60B2형의 설계 특성에 관한 연구

구 종 도

해군사관학교 조선공학과 교수

On the study for the Design Characteristics of the 60B2. Tyee among the Super High Speed Crafts

J. D. Koo

Prof. in the Department of Naval Architecture
at the Korean Naval Academy

요 약

개발 목표로서, 최대 속도가 60knots인 초고속 단동 선형을 탄생시키기 위해서는 이 선형을 포함한 7척의 유사 선형들의 유체역학적인 성능에 대해 CWC에서의 모형선 시험과 computer simulation을 통해 계측값과 수치 계산값을 구하여 비교, 검토를 수행하였다. 그 결과, 60B2형이 모든 성능면에서 가장 우수하다는 평가를 얻었다. 그래서 본 논문에서는 이 선형의 설계 특성에 관해 기술하고자 한다.

1. 서 언

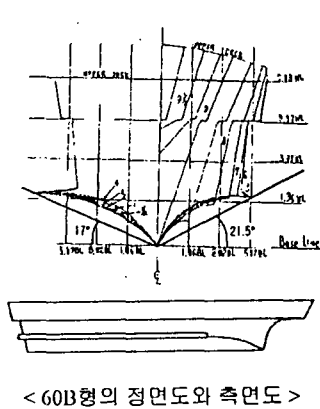
소형 고속정의 발전사를 살펴보면, 1800년대부터 개발이 시작이 되어서 20세기의 round bottom형인 Torpedo Boat(Torpedo Destroyer)가 출현하게 되었다. 그리고 1894년도에는 Charles Parson경의 터빈의 개발로 Turbina호가 탄생하였고, 1910년에는 Thornycroft에 의해 Coastal Motor Boat가 개발되었으며, 2차 세계 대전시에는 Patrol Torpedo가 출현했었다. 이러한 고속 함정의 개발로부터 그 종류를 분류해 보면, 미국과 영국에서는 하드 차인형을 주로 소형 고속정으로 건조해 왔고, 독일에서는 등근 함저형을 건조해 왔었으며, 영국인 경우는 1948년에 Bold급 하드 차인형과 Pathfinder급 등근 함저형이 건조되어 상기와 같은 함정

들의 개발이 마무리되었다. 이러한 개발과정 동안 Clement, Fridma, Savitsky, Blount, Gerrisma, Bessho, Martin, SNAK 및 SNAJ 등의 많은 학자들은 소형 고속정의 저항, 내항성능, 설계 및 추진 기관에 관한 연구에 심혈을 기울여서 오늘과 같은 단동형 소형 고속정의 영역을 형성시켰다.

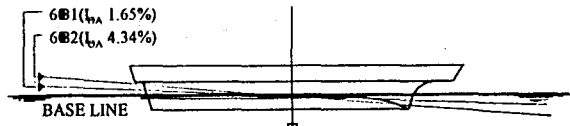
본 연구에서는 상기와 같은 연구를 기초로 하여 최대 속도가 60knots인 초고속 단동 개발 선형인 60B2형의 설계 특성을 고찰코자 한다.

2. 60B2형의 설계 특성

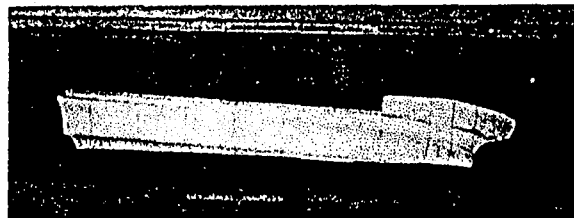
최대 속도를 60knots로 한 초고속 단동 선형 60B2형은 14.3m×2.79m×0.5m인 주요 치수를 갖는 그림1과 같은 선형이다. 이 선



< 60B형의 정면도와 측면도 >



<60B1형과 60B2형의 측면도>



<60B2형의 모형선 사진>

그림 1

형은 하드 차인형과 반대로 역 차인(reverse chine)의 형상을 갖고, 초고속시의 안정성을 유지하기 위해 측면에 안정판(stabilizing plate)를 설치하였으며, 그리고 전체 길이 (LoA)의 4.34%인 선미 트림을 배치하였다. 한편 선저 구배는 선수에는 21.5 °가, 선미에는 17 °가 주어졌다.

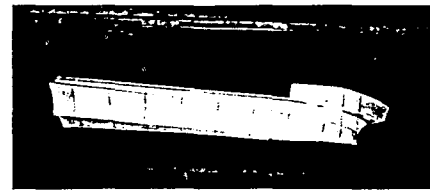
2. 1 개발 선형의 특성

그림2에서 알 수 있는 바와 같이 기준 시험 선형으로는 60A형으로서 주요 치수가 16.8m×3.24m×0.72m×0.3025m이면서 bulb를 채용한 것으로 정했다.

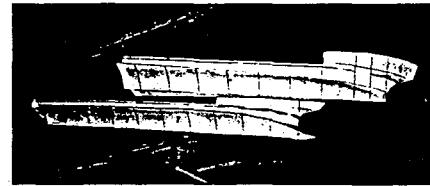
개발선형으로는 주요 치수가 60B형과 같은 60B0형을 기준으로 하여 60B1형, 60B3형 및 60B4으로 함형을 변화시켰는데, 60B1형은 트림이 $LoA \times 1.65\%$ 가 배치된 선형이고, 60B3형은 역 차인을 제거하면서 chine의 량을 흘수선에 맞춘 선형이며, 60B4형은 앞의 형상에서 안정판을 제거한 선형이다. 그리고 하드 차인형은 기존 소형 고속선으로서 1991년에 Tanaka씨와 그 동료들이 개발한 최대 속도가 50knots으로서 60B2형과 성능 비교를 위한 선형이다.



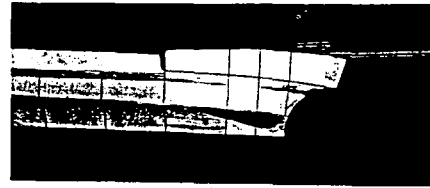
60A TYPE



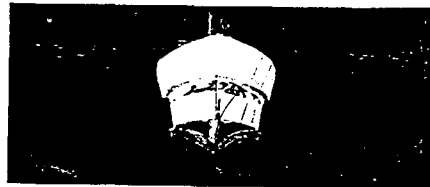
60B TYPE



60B TYPE & 60A TYPE



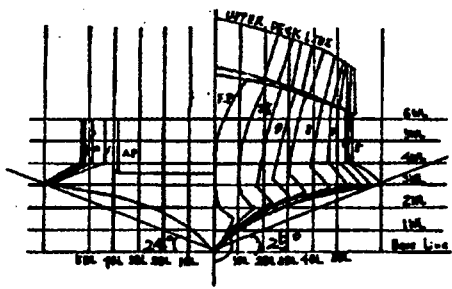
60B3 TYPE



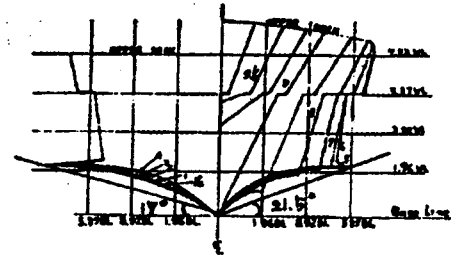
60B4 TYPE

SHIP MODEL

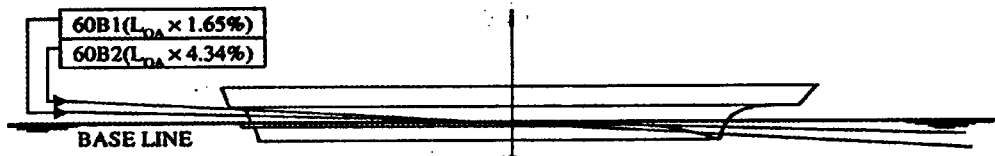
그림 3



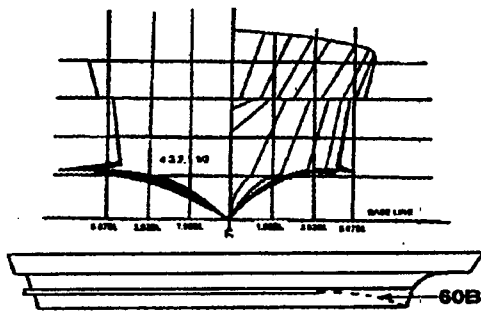
60A TYPE



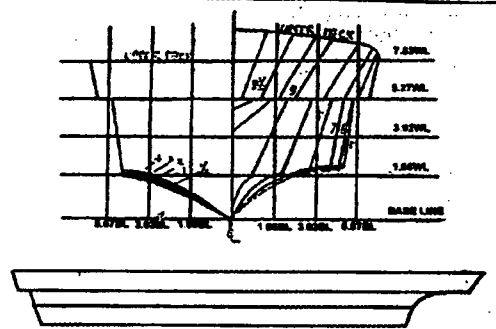
60B TYPE



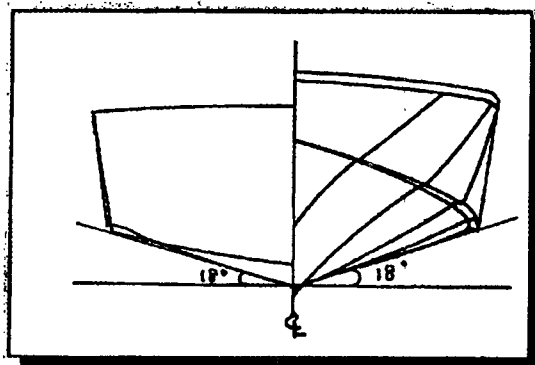
60B1 & 60B2 TYPE



60B3 TYPE



60B4 TYPE



L_{pp}	0.75m
B	0.1681m
dm	0.028m
Trim	0.002m
Disp	1.54kg
W.S	0.1148m ²

Tested Chine Hull Form of High Speed Craft
(Tanaka H. et al. 1991)

그림 2

2. 2 개발을 위한 시험 조건

개발 선형들의 저항 시험은, 선형들의 모형선을 그림3과 같이 $LoA=0.7m$ 로 하고 우레탄으로 제작하여 그림4와 같은 CWC에서 실시하였다. 시험 조건으로는 유속은 2.0~4.8 m/s까지 변화를 시켰고, 좌우요와 선수요는 구속을 구속시켰다. 이런 조건에서 속도 변화에 따른 저항값과 침하량 및 트림량을 측정했는데, 60A형은 모형선 시험 중 선수의 침하량이 너무 커서 $Fn=0.8\sim 1.8$ 인 범위에서 측정했다. 그리고 60B0형은 $Fn=0.8\sim 1.5$ 인 범위에서 자유로운 상태에서 측정을 하였고 $Fn=1.6\sim 2.0$ 인 범위에서는 선수의 침하량이 커서 선수를 약간 구속시키면서 시험을 하였다.

개발 선형들의 선체 운동 시험은 저항 시험에서 성능이 가장 우수한 60B2형에 대해 $Fn=0$ 에서 규칙파인 항파와 추파를 조우했을 경우, 종운동시의 성능을 주요 치수가 $60.2m \times 5.0m \times 6.0m$ 인 그림5와 같은 OSCWC(Ocean Simulation Circulating Water Channel)에서 운동의 무차원 진폭비 ($Xa/\phi_a, Za/\phi_a, \theta a/k\phi_a, Vx/Vw$)를 측정하였다. 그리고 모형선의 $KG=147.7mm$ 로 하고, 트림은 $4.34\% \cdot LoA$ 로 배치하였으며, 관성 모멘트의 반경은 $26.75\% \cdot LoA$ 로 정했다. 또 모형선들의 상하요와 중요에 대한 이론적인 해석법은 FEM(Finite Element Method)으로 시뮬레이션하여 측정값과 비교도 하였다.

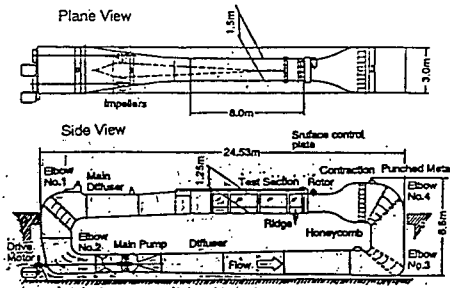


그림 4

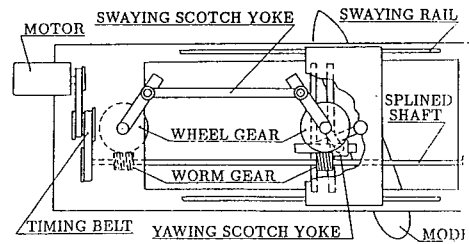


그림 6

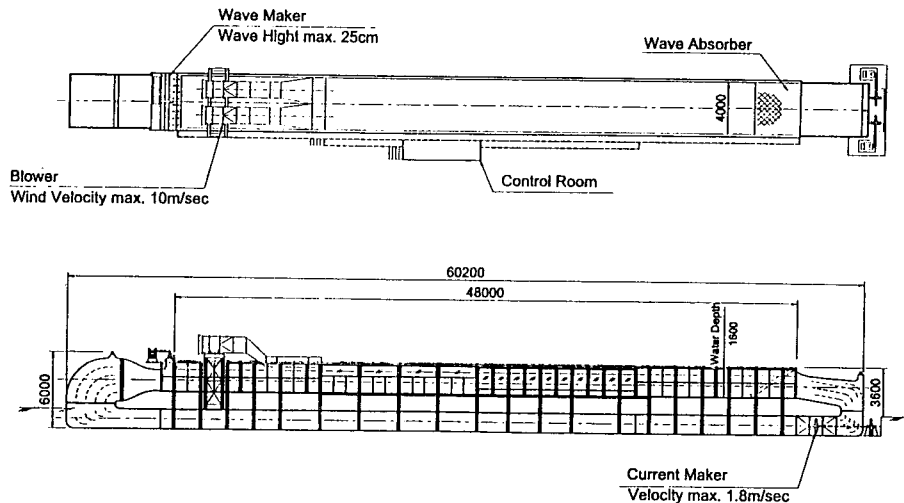


그림 5

개발 선형들의 조종성능 시험은, 주요 치수가 $14.3m \times 2.79m \times 1.65/0.5m \times 4.52ton$ 인 60B2형에 대해 M.M.G(Mathematical Model Group)형으로 하여 그림 5에서 그림 6의 장비를 사용해서 유속 $1.6m/s(14knots)$ 인 경우, 노즐각을 10도, 20도와 30도로 변화시키면서 P.M.M(Planar Motion Mechanism) 시험을 통해 Oblique Towing Test, Pure Yawing Test 및 Turning Test에 의해 Turning Circle를 구했다. 그리고 시험시의 추진기는 1개의 water jet을 배치하였고, 시뮬레이션 계산법은 Runge - Kutta - Gill Method를 사용하였으며, 개발선형들의 Turnign Circle에 관한 computer simulation 은 NAMAN-J program을 사용하여 구했다.

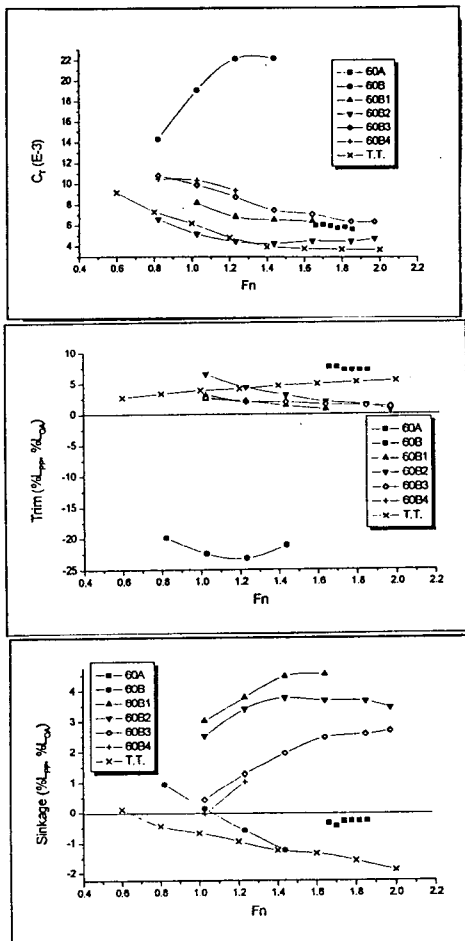


그림 7

3. 개발 선형들의 성능에 관한 고찰

본 논문에서는 상기와 같은 시험 조건을 기준으로 하여 모형선 시험과 computer simulation을 통해 각 선형들의 저항성능, 운동 성능 및 선회 성능을 구했다.

3.1 저항 시험

개발 선형의 모형선에 대한 저항 시험을 통한 계측 결과는 그림7과 같다. 그리고 그림8에는 개발 선형들의 저항 성능 계측시의 파형의 변화에 관한 예를 표시해 두었다. 초고속선의 저항 특성에 영향을 미치는 요소들에 관해 살펴보면,

①선저 구배(deadrise)의 영향은, Fn의 전 영역 가운데서 저속에서는 60B2형이, 그리고 고속에서는 비교용 하드 차인형인 TT형이 60A형보다 저항이 작게 걸리지만, 트림 측면에서 60B2형은 속도의 증가에 따라 감소하나, TT형은 계속 증가하고, 60A형은 좀 더 크면서 일정한 값을 갖는다.

한편, 침하량에서는 Fn의 전 구역에서 60B2형은 침하가 거의 일어나지 않고, 60A형은 침하가 약간 발생하면서 일정한 값을 유지하는 반면에, TT형은 속도의 증가에 따라 증가하는 추세를 나타내고 있다.

②차인의 형식의 영향으로서 G_T 의 값에서는 TT형이 고속에서 60B2보다 약간 낮지만 저속에서는 약간 큰 반면에 트림과 침하량에서는 ①항과 같은 효과를 미친다.

③트림의 영향으로서 G_T 의 값에서는 60B2형이 60B1형보다 작은 값을 가지면서 트림에서는 속도의 증가에 따라 감소하고 침하량도 60B1형보다 약간 작은 값을 나타낸다.

④선형의 변화에서는 그림7~8을 통해 60B2형이 60B0형 및 60B4형보다 G_T 의 값은 작고 트림량은 속도의 증가에 따라 큰 쪽에서 점차적으로 작아지며, 침하량은 다른 형

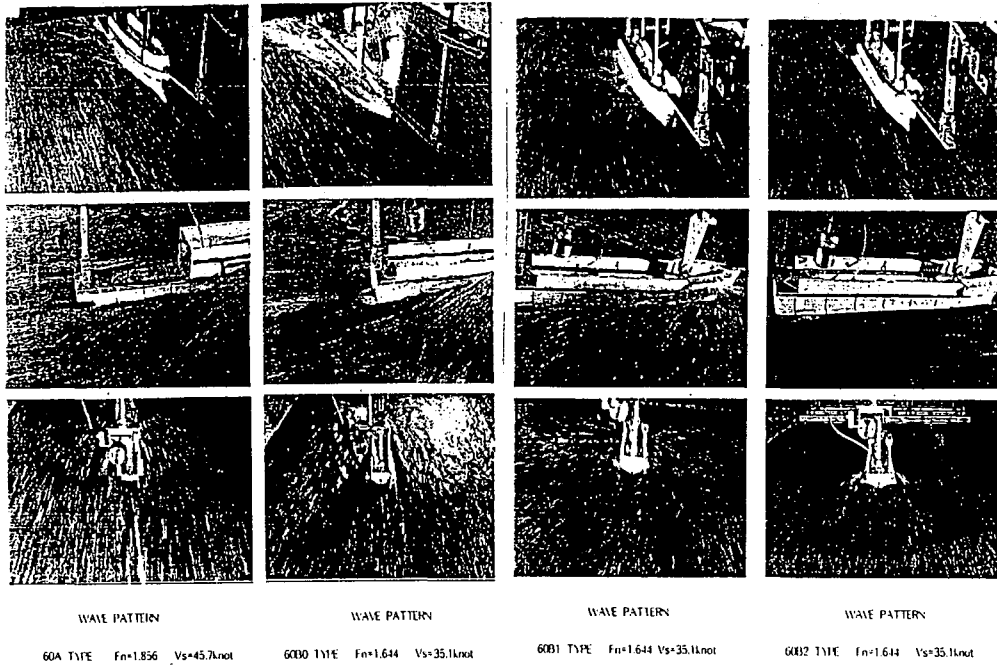


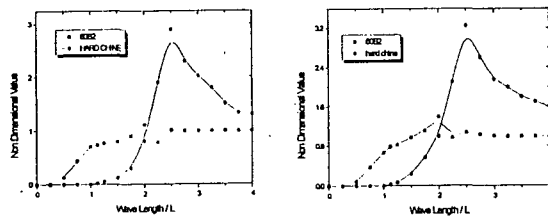
그림 8

들보다 변화가 거의 없음을 알 수 있다.

이상의 고찰을 통해서 선저 구배의 량, 차인의 형식, 트림의 량 및 함형의 변화가 초고속에서 저항 성능에 미치는 영향이 큼을 알 수 있다.

3. 2 선체 운동 시험

그림9에서는 OSCWC에서 그림10과 같은 방법으로 60B2형의 상하요와 중요시의 무차원 진폭비를 계측해 표시해 두었다. 한편,



< 상하요시 일반적 하드 차인형 선형과의 비교 > < 중요시 일반적 하드 차인형 선형과의 비교 >

그림 9



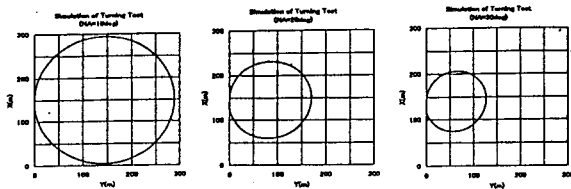
그림 10

여기에 하드 차인형에서 가장 성능이 우수한 고속정의 상하요와 중요시의 무차원 진폭비를 성능의 비교를 위해 그려 두었는데, 파장/길이의 전 영역 중 파장/배의 길이 =2까지는 하드 차인형이 우수하나 2이상이면 60B2형이 운동 성능에서 우수함을 알 수 있다.

3. 3 조종 성능 시험

그림 11과 같은 60B2형 모형선의 선회 성능 시험 결과는 추진기를 water jet를 사용하여 그림5와 같은 OSCWC에서 그림12와 같은 Oblique Towing Test와 Pure Yawing Test를 통해, Y_v' , Y_{vv}' , N_v , N_{vv}' , Y_r , Y_{rr}' , N_r 및 N_{rr}' 라는 선회 운동에서의 유체 미계수를 구하고, 이 계수를 이용하여 Runge - Kutta - Gill Method로서 simulation 한 것이다.

노즐각(deg)	선 회 경
10°	289m(20.2L)
20°	170m(11.9L)
30°	127m(8.9L)



< 선회경의 시뮬레이션 결과 >

그림 11

그런데 초고속에 대한 선회 성능 시험 결과가 거의 없어서 성능의 우수성에 관해 평가하기가 힘들었다. 추진 기관이 가스터빈이고 water jet가 3기를 배치한 길이가 67m로서 반활주정인 "Destriero"함정의 시험 결과를 자료로 택해 비교했는데 선회시의 속도가 25knots에서 노즐각이 30° 인 경우 선회경이 21.3L이고, 속도가 47knots인 경우 노즐각이 15° 인 경우에는 3.59L이었으며

30° 인 경우에 5.64L이란 사실을 통해 본 연구에서의 시험 결과가 어느 정도 우수함을 알 수 있었다. 그리고 그림13에는 상선용 선회 성능 soft program을 실제 150톤급과 980톤급 고속함정의 실선 시험에 의해 얻어진 자료를 기준으로 computer simulation에 의해 수치 계산을 한 값과 검증한 후에 해석 방법의 KT_0 과 KT_1 및 KT_2 의 값을 한정시키면서 5척의 개발 선형들의 선회경을 예측한 값을 표시해 두었다. 그 결과, 하드 차인형이면서 bulb를 설치한 60A형 보다는 60B2형이 타각이 10°, 20° 및 30° 인 경우 속도의 전체 영역에서 우수한 사실을 알 수 있었다. 그리고 함형 변화에 의한 선회경의 예측 결과는 타각이 10°, 20° 및 30° 인 경우 저속에서는 약간 큰 값을 갖지만 고속에서는 가장 작은 값을 가짐으로, 속도의 전체 영역에서 선회 성능이 가장 우수한 것으로 판명이 되었다.

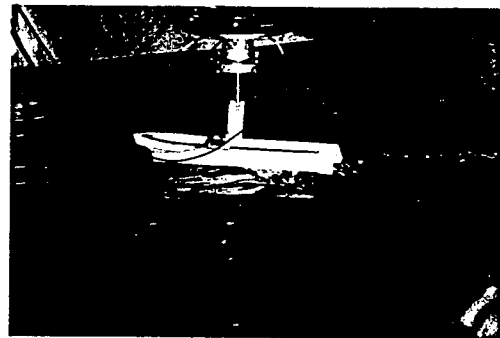


Photo. 1 Oblique Towing Test

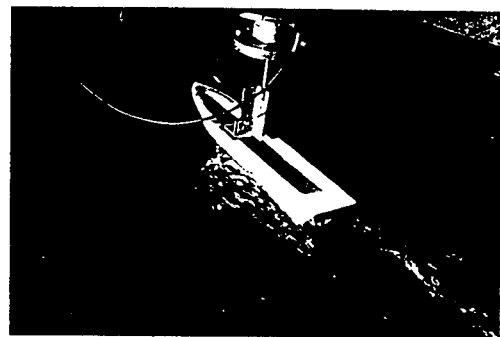


Photo. 2 Oblique Towing Test

그림 12

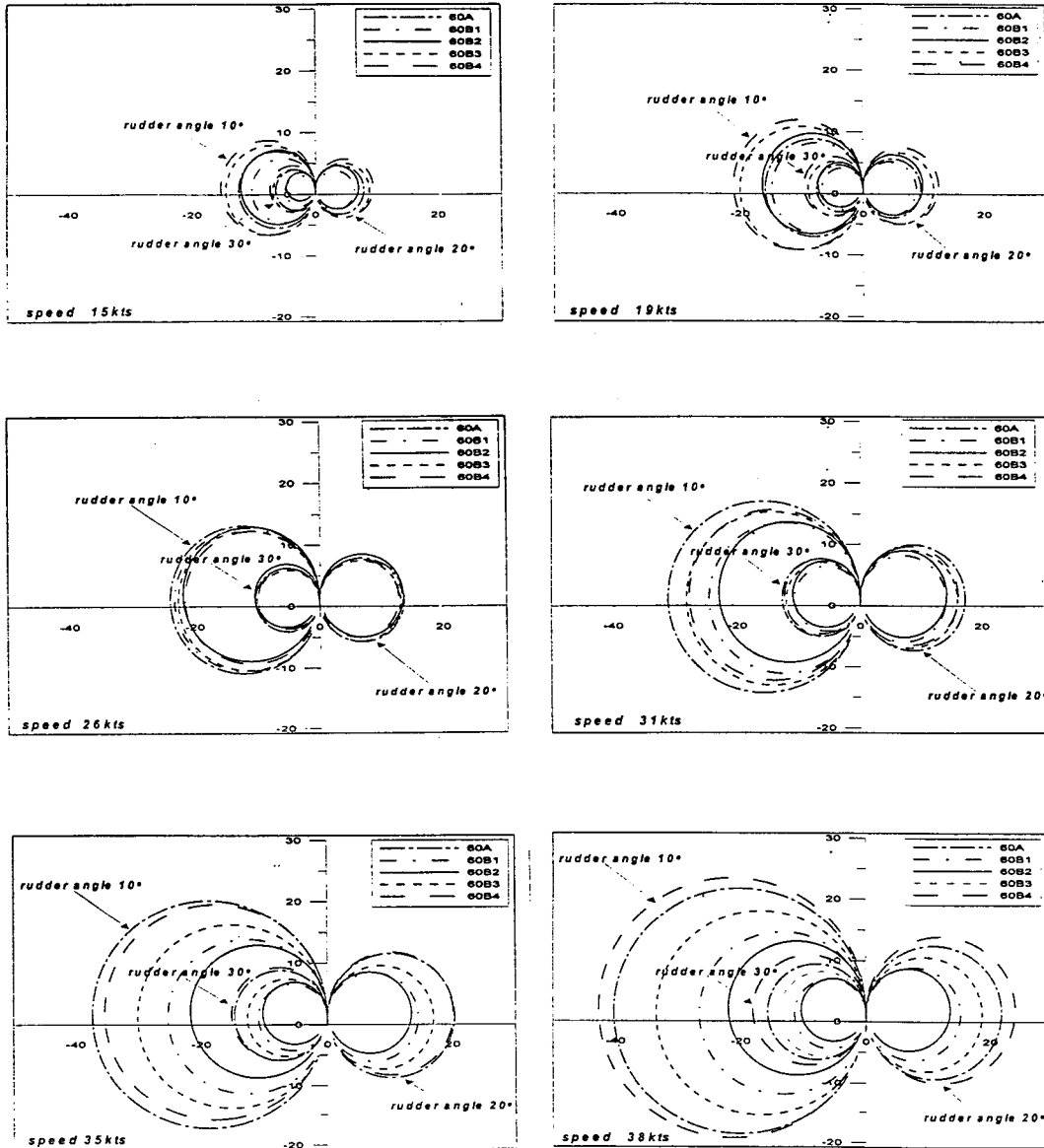


그림 13

4. 결 론

최대 속도를 60knots로 목표를 정해서 개발한 60B2형 선형이 앞 절에서 기술한 바와 같이 저항 성능과 선체 운동 성능 및 선회 성능에서 60A형이나 TT형보다 우수하다는 사실을 확인하게 되었다.

본 연구로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

① 초고속선 설계에서 역 차인형의 도입이 저항 성능, 선체 운동 성능 및 선회 성능에 미치는 영향이 상당히 크음을 알 수 있다.

② 초고속선 설계시에 선저 구배는 선수에서는 약 21.5° , 그리고 선미에서는 약 17° 정도인데, 선미의 선저 구배가 선수의 선저 구배가 작아야 한다.

③ 초고속 설계시에 트림량은 $4.34\% \cdot LoA$ 인 약 2.49° 정도이지만 유체동력학적인 성

능에 상당한 영향을 줄 것 같다.

④선형의 형상 변화도 마찬가지로 개발 선형들의 유체 동역학적인 성능에 많은 영향을 줌을 알 수 있다.

이상의 결과로부터 초고속선 설계시에 역차인의 도입이 필요하고, 그리고 앞으로도 각종 연구에서 본 논문과 같은 실험적인 연구가 정착되기를 바란다.

참고 문헌

- 1) 구종도; "역차인 초고속 단동 개발합형에 관한 연구", 대한조선 학회 춘계 발표회(1997)
- 2) 구종도; "잠수함의 설계 기술", 국방 품질관리 연구소(1997)
- 3) 구종도; "현존 자료에 의한 해군 조합 기술이 현황과 전망", 삼성 선박 연구소(1997)
- 4) 구종도; "초고속 함정 기술 개발에 관한 고찰", 제2회 조합 세미나(1997)
- 5) 구종도; "수상 함정 설계에 관한 고찰", 해군 전투 발전 연구(1997)
- 6) 구종도; "역차인 단동 함형 개발에 관한 연구", 선박 설계 연구회 하계 발표회(1998)
- 7) 구종도; "초고속 단동 함형의 개발에 관한 연구", 해양 연구 논총(1998)
- 8) 구종도; "각국 해군의 경함모 함형의 특성에 관한 연구", KRISO(1998)
- 9) 구종도; "함정 설계 기술에 관한 고찰", 부산 대학교 세미나(1998)
- 10) 구종도; "삼동선의 조파 저항의 특성에 관한 연구", 선박 설계 연구회 하계 발표회(1998)
- 11) 구종도, 최선웅; "초고속 개발 함형의 운동 성능에 관한 연구", 대한 조선학회 추계 연구 발표회(1999)
- 12) 구종도; "LPD와 LPH함형이 기하학적인 특성에 관한 연구" 대한 조선 학회 춘계 학술 대회(1999)
- 13) 구종도, 최선웅; "초고속 단동 개발 함형의 운동 특성에 관한 연구", 한국 군사 과학 기술 학회(1999)
- 14) 구종도 외 4명; "초고속 단동 개발 선형의 유체 동역학적인 특성에 관한 연구", 고속선 Workshop(1999)
- 15) 구종도, 최선웅; "역차인 단동 함형의 운동 특성에 관한 연구", 선박 설계 연구회 하계 발표회(1999)
- 16) 구종도; "고속정 함형 설계에 관한 고찰", 삼성 선박 연구소 세미나(1999)
- 17) 구종도 외 2명; "고속정의 선형 특성에 관한 연구", 대한 조선학회 추계 연구 발표회(1999)
- 18) 구종도 외 3명; "초고속 개발 함형의 저항 성능에 관한 연구", 대한 조선학회 추계 연구 발표회 (1999)
- 19) 구종도, 최선웅; "강습상륙함의 함형의 특성에 관한 연구", 대한 조선 학회 춘계 연구 발표회(1999)
- 20) 구종도 외 2명; "경함모 함정의 기하학적인 특성에 관한 연구", 선박 설계 연구회 하계 발표회(1999)
- 21) 구종도, 제병렬; "초고속 단동 개발 함형의 조종 성능에 관한 연구", 선박 설계 연구회(2000)
- 22) 구종도, 제병렬; " 초고속 단동 개발 함형의 선회 성능에 관한 연구", 한국 군사 과학 기술 학회 추계 학술 대회(2000)
- 23) 구종도; "소형 고속 함정의 설계에 관한 고찰", 함정지(2000)
- 24) 구종도; "역차인형 고속 함형 개발에 관한 연구", 해양 논총(2000)
- 25) 구종도; "역차인 고속 단동 함형의 조종 성능에 관한 연구", 해양 논총(2000)
- 26) 구종도 제병렬; "초고속 단동 개발 함형의 조종 성능에 관한 연구(1)", 대한 조선학회 춘계 연구 발표회(2000)

- 27) 구종도, 제병렬; “초고속 단동 개발 함형의 조종 성능에 관한 연구(2)”, 대한조선학회 추계 연구 발표회(2000)
- 28) 구종도 외 2명; “Aegis함의 함형에 관한 고찰”, 선박 설계 연구회 하계 발표회(2000)
- 29) 구종도 외 2명; “Aegis 전투 체계에 관한 고찰”, 선박 설계 연구회 하계 발표회(2000)
- 30) 구종도; “세계의 군함”, 과학 동아(2000)
- 31) 구종도; “함정 설계 기술의 현황과 전망”, 인하대학교 항해권 수송 시스템 연구 센터(2000)
- 32) 구종도, 제병렬; “일반 시뮬레이션 프로그램의 고속선 적용에 대한 고찰(1)”, 선박 설계 연구회 동계 발표회(2001)
- 33) 구종도; “스마트 함정에 관한 고찰”, 대한조선학회 춘계 학술 발표회(2001)