

# 선박 ... 한계

양승일  
(한국해사기술연구소 부장)

## 〈目 次〉

1. 서론
2. 재래식 선형의 한계
3. 복합선형
4. 결론

### 1. 서론

1970년대 이후 두차례에 걸친 석유파동은 해상화물수송에 있어 원가절감을 상선설계의 중요한 설계 개념으로 도입시켰다. 이러한 개념하에서 설계된 배들은 대형, 저속화에 의한 고효율 선박이 주종을 이루고 있다. 그러나, 최근의 급속한 산업발전은 다품종 소량생산의 고부가가치 상품과 생산설비의 다국적화에 따른 부품등의 고속 수송을 요구하고 있다. 항공기보다는 늦지만 기존의 상선보다는 빠르, 그러나 면서도 값싼 화물수송 수단의 출현을 요구하고 있는 것이다.

현존하는 상선의 최고 경제속도는 약 25노트이다. 이 속도를 넘으면 갑자기 조파저항이 커져 큰 마력수의 엔진을 요구하게 되며 운항율이 급격히 감소한다. 이런 현상이 발생하는 가장 큰 이유는 종래 선박의 선체 지지방식이 부력식이라는 점이기 때문이다. 배수량형의 선박에는 기술적인 한계 때문에 아무리 노력하여

한도이상의 고속화는 극히 곤란하다. 익선, 수면활주선, 공기부양선 등의 기존은 소수의 여객을 대상으로 또는 군사목적으로 건조된 소형선이며 화물과 여객수송을 대형화에는 현 기술수준으로는 한계가 있다. 이 논문에서는 이들 고속선을 지지방식에 따라 분류하여 고속화, 대형화의 한계를 알아보고 이를 극복할 수 있는 방안을 제시하고자

### 2. 재래식 선형의 한계

이들 세계적으로 관심을 갖고 개발하고 있는 고속선의 종류는 Fig.1에서 알 수 있는 바와 같이 최소 수선쌍둥선(Small Waterplane Area Twin Hull), 반활주선(Semi-Displacement Round Bilge Vessel), 활주선(Planing Hull), 반몰수 수중익선(Semi-Submerged Hydrofoil Craft), 표면효과선(Surface Effect Ship), 공기부양선(Air Cushion Vehicle)등으로 대별할 수

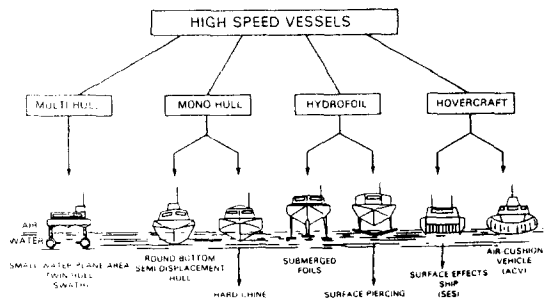


Fig. 1. High Speed Marine Vehicles

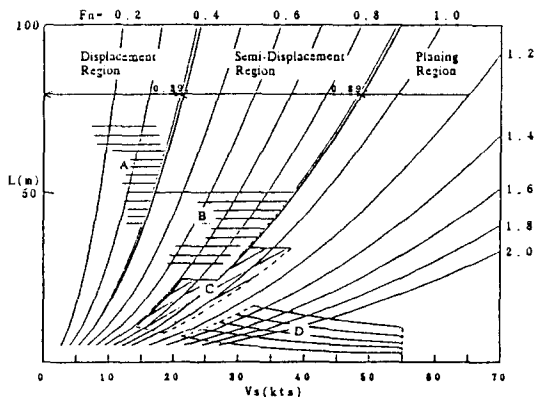


Fig. 2. Distribution of High-Speed Craft on Savitsky's Diagram

있다.<sup>1)</sup> 이들 각 고속선의 성능을 개괄적으로 알아보면 다음과 같다.

최소 수선면 쌍동선(SWATH)은 두개의 물수동체가 물밖의 상자형 갑판 구조물과 하나 이상의 얇은 strut에 의해서 연결된 형상의 배이며, 일명 반잠수 쌍동선(semi submersible catamaran)이라고 한다. 이 선형의 최대속도 및 길이는 25노트, 30미터 근처이며 이론적으로는 약 40노트까지 가능하다고 한다.

반활주선은 Fn=0.5~1.3의 속도범위에서 운항가능하며, 주요치수와 운항속도의 가능범위는 다음과 같다.

| CLASSES<br>TYPES ↓  | OCEAN ESCORTS |                |               | MAJOR COMBATANTS |              |              | PATROL VESSELS |               | SPECIAL VESSELS |               |          |
|---------------------|---------------|----------------|---------------|------------------|--------------|--------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|----------|
|                     | OE/AD         | OE/AS          | OE/DS         | SAC              | EC           | OCS          | OPV            | IPV           | AAS             | ALC           | MCMV     |
| CONVENTIONAL SHIP   | 3-6<br>(25)   | 3-6<br>(25)    | b             | 12-24<br>(30)    | 6-12<br>(30) | 6-12<br>(30) | ·8-1·5<br>(15) | b             | 12-24<br>(30)   | <·8<br>(15)   | <·8<br>- |
| SLENDER SHIP        | d             | d              | 1·5-3<br>(35) | d                | d            | d            | ·8-1·5<br>(25) | <·8<br>(20)   | d               | d             | f        |
| SEMI-PLANING SHIP   | a             | a              | c             | a                | a            | a            | ·4-·8<br>(35)  | ·2-·4<br>(35) | a               | ·2-·4<br>(35) | f        |
| ENLARGED SHIP       | 6-12<br>(30)  | 6-12<br>(30)   | e             | g                | g            | g            | e              | e             | g               | f             | f        |
| SWATH SHIP          | 3-6<br>(30)   | 3-6<br>(30)    | b             | 12-24<br>(30)    | 6-12<br>(30) | g            | ·8-1·5<br>(20) | b             | ?               | f             | f        |
| HYDROFOIL SHIP      | g             | ·8-1·5<br>(50) | ·4-·8<br>(45) | a                | a            | a            | ·2-·4<br>(45)  | <·2<br>(40)   | a               | f             | <·2<br>- |
| AIR CUSHION VEHICLE | a             | a              | c             | a                | a            | a            | f              | <·2<br>(35)   | ·4-·6<br>(60)   | <·2<br>(50)   | <·2<br>- |
| SURFACE-EFFECT SHIP | g             | c              | c             | 6-12<br>(80)     | 3-6<br>(60)  | 3-6<br>(60)  | ·2-·4<br>(35)  | <·2<br>(35)   | 6-12<br>80      | f             | f        |

|                      |                 |           |  |  |  |  |  |     |  |
|----------------------|-----------------|-----------|--|--|--|--|--|-----|--|
| SPECULATIVE CONCEPTS | HYBRID CONCEPTS | SUP. CAV. |  |  |  |  |  | WIG |  |
|----------------------|-----------------|-----------|--|--|--|--|--|-----|--|

- 3-6 = 3,000-6,000 TONNES
- (25) = 25 KT. SUSTAINABLE, HIGH SEAS
- [Solid Box] = MOST PROMISING CONCEPTS
- [Dashed Box] = PROMISING, BUT HIGH COST OR SOME COMPROMISE
- a. SIZE NOT PRACTICAL BY 2000.
- b. SPEED NOT PRACTICAL.
- c. SPEED TOO DEPENDENT ON SEA STATE.
- d. LIMITATIONS ON PAYLOAD.
- e. GAIN IS NOT WORTHWHILE.
- f. INAPPROPRIATE CAPABILITY.
- g. UNNECESSARY CAPABILITY.

Table 1. Promising Concepts for Functional Classes Surface Warships

- 길이 6~100m
- 배수량 5~2,000톤
- 속도 15~50노트

활주선의 운항범위는  $F_n > 1.0$ 이며, 주요치수와 운항속도의 가능범위는 다음과 같다.

- 길이 4~60m
- 배수량 5~600톤
- 속도 20~60노트

반몰수 수중익선은 보통 28~45노트 사이에서 운항된다. 저속에서는 선체 부력에 의해 선체가 지지되지만 고속에서는 수중익에 의해서 발생하는 동적양력에 의해서 부상하게 된다. 부상시의 수중익선 저항은 배수량형선 저항의 1/2에 불과하며 내항성능이 우수하여 파도중에서 감속이 적다. 선체 주요치수와 운항범위는 다음과 같다.

- 길이 9~40m
- 배수량 5~200톤
- 속도 28~50노트

표면효과선(SES)는 Cushion 공기를 송풍기를 사용하여 양쪽의 고정측벽(rigid sidewall)과 선수, 선미 사이의 seal 사이에 불어 넣음으로써 양력을 얻어 부상하게 된다. 주요치수와 운항속도 범위는 다음과 같다.

- 쿠션길이/폭 2~8
- 배수량 12,000톤까지
- 속도  $L/B=2\sim3.5$   $F_n=2.0$ 까지  
 $L/B=5$   $F_n=0.6\sim0.8$

공기부양선(ACV)은 공기압력에 의해서 부상한다. 수면과 선체 사이의 대기압보다 높은 공기압력을 유지하는 공간을 공기쿠션룸(Air Cushion Room)이라고 하는데 공기쿠션은 선체 밑을 둘러싼 Flexible Skirt에 의해서 유지된다. 주요치수와 운항속도 범위는 다음과 같다.

- 배수량 300톤
- 길이 50m
- 속도 35~85노트

재래의 고속선형은 고속화와 대형화에 큰 어려움이 있다. Fig.2와 같이 속도가 20노트이면 길이가 70m까지 가능하지만 속도가 38노트로 증가하면 50m 이상은 불가능하다. 또한, 활주선의 경우 속도 40노트에서 길이 30m까지 가

능하지만 속도 55노트에서는 길이가 15m로 감소된다.<sup>1)</sup> 캐나다에서는 지금까지 개발된 고속 선종에서 고속화 및 대형화가 가능한 선종을 발표한 바 있는데 Table 1에서 보는 바와 같이 수중익선 ACV는 50노트 500톤급, 수중익선은 50노트 1,000톤급, SES는 50노트 5,000톤급까지 가능한 것으로 나타나고 있다.<sup>2)</sup>

### 3. 복합선형

일반적으로 한 가지의 지지방식만에 의한 선형으로는 고속화와 대형화의 실현이 어렵기 때문에 여러가지 지지방식을 복합한 선형을 생각하게 된다. 그러면 각 지지 방식의 특성과 복합선형의 가능성을 살펴 보기로 한다.

부력(Buoyance)지지 방식은 수중에 잠겨있는 선체의 부력에 의해서 배의 중량을 지지하는 방식이며 일반 화물선 및 여객선은 모두 이 범주에 속한다. 저속에서 저항이 작으며 대형화도 쉬운 것이 가장 큰 장점이다. 그러나 어노속도 이상이 되면 저항이 급격히 증가한다. 15노트에서 30노트로 선속이 2배 증가하면 마력수는 8배이상, 3제곱에 비례해 증가한다. 상사선형에 대하여 대형화에 의해 수송효율을 향상시키고, 아무리 조파저항을 작게 하더라도 고속화에 따른 마력수의 증가율이 커져 경제원칙의 한계에 부딪히게 된다.

양력(Dynamic Lift)지지 방식은 항주식, 물수익에 의한 동적 양력으로 선체를 지지하는 방식이다. 전몰형 수중익선의 경우 선체가 수면보다 위에 있으므로 파도의 영향을 크게 받지 않아 내항성능이 우수하다. 500톤급 이하의 소형에서는 고속화가 쉽고 파랑중의 성능도 타선형에 비해 우수하다. 그러나 수중익의 양력은 2제곱, 선체의 중량은 3제곱에 비례하여 커지게 되기 때문에 대형화에는 단점이 있다.

공기압(Powered Static Lift)지지방식은 공기압에 의해서 선체의 대부분을 수면상에 부상시켜서 항주하는 방식이다. 물속에 잠긴 부분이 적기 때문에 저항이 적어 고속화가 용이하다. 그러나 선체의 대부분이 수면 부근에 있으므로 파도에 의한 영향을 많이 받는다. 또한 공기압

의 효율을 증가시키기 위해 고정측벽을 이용하기도 하며 양력지지 방식보다는 대형화가 용이하다. 1,000~1,500톤이 대형화의 한계이다.

이러한 지지방식을 복합한 선형의 가능성은 Fig.3에서 보는 바와 같다. Jewell's Triangle인 Fig.3은 재래선형의 지지력인 부력, ACV와 SES 등에서 사용되는 정적양력(static lift), 수중익선에서 사용되는 동적양력(dynamic lift)을 세계의 극점으로 하고 있으며, 이들을 적절히 복합함으로써 여러종류의 새로운 복합선형을 만들어낼 수 있다.<sup>3)</sup> 복합선형의 예로서 배수량형선과 공기부양선(ACV)을 복합한 SWAACS (Small Waterplane Area Air Cushion Ship), 배수량형선과 수중익선을 복합한 HYSWAS (Hydrofoil Small Waterplane Area Ship), 수중익선과 공기부양선을 복합한 HYACS (Hydrofoil Air Cushion Ship) 등을 고려할 수 있다.

일본에서는 1988년도 부터 5개년 계획으로 신형식 초고속선(Techno Super Liner)의 연구를 시작하였다. 이 개발 연구의 목표는 속력 50노트, 적재중량 1천톤, 항속거리 5백해리, 그리고 파랑급수 6정도에서도 안전하게 항속할 수 있는 초고속 대형선(화물선)의 건조기술을 확립하는데 있다. 이러한 항속조건을 만족할 수 있는 복합지지 선형으로서 내항성능 향상과 소요마력 저감에 중점을 둔 2개의 기본적인 복

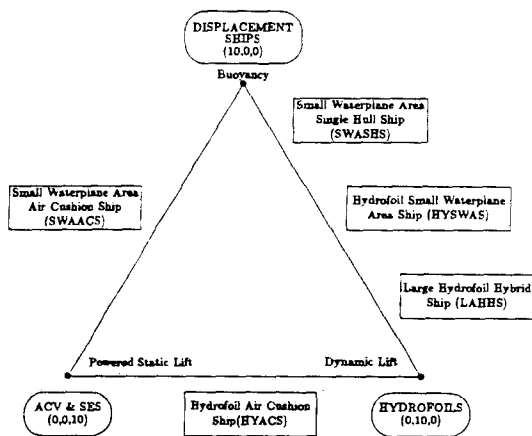


Fig. 3. Jewell's Triangles

합 선형을 채택, 연구 수행중이다.

내항성능 향상을 위해 선체가 파도의 영향을 많이 받지 않는 익양력 지지방식을 주제로 하였으나, 대형화의 관점을 고려하여 익양력과 볼수체의 부력에 각각 50%씩의 지지력을 분산하는 복합지지 선형(양력식, Fig.4)을 선택하였다. 소요마력 저감의 관점에서는 선체중량의 대부분을 공기압력으로 지지하고 나머지를 선체의 부력과 수중익 양력으로 분담지지하는 복합지지 선형(공기압력식, Fig.5)을 선택하였다<sup>4)</sup>.

상술한 선형중에는 개념 설계중 인것도 있으며 모형선, 시험선을 제작하여 성능연구를 수

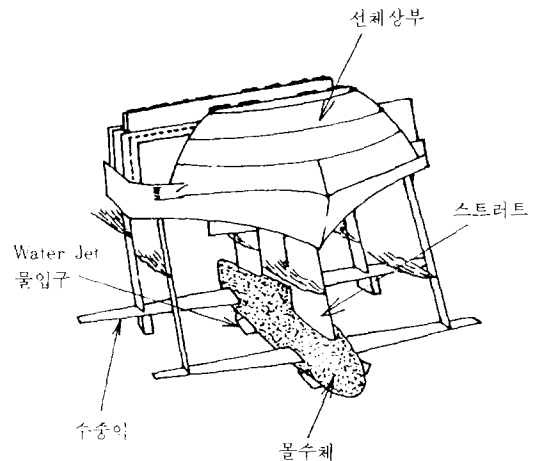


Fig. 4. Concept of Hybrid Hull Form: Semi-Submerged Hull with Hydrofoils

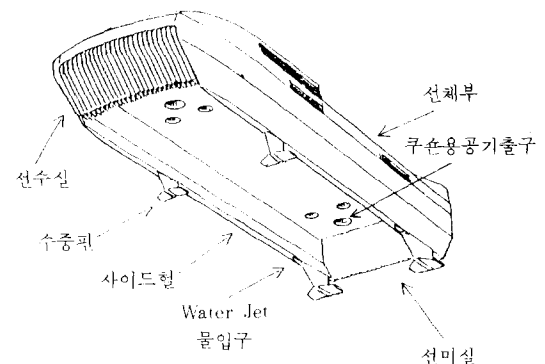


Fig. 5. Concept of Hybrid Hull Form: Surface Effect Ship with Hydrofoils

행중인 것도 있다. 머지않은 장래에 고속대형화의 기술적인 문제가 해결될 실용성있는 초고속선의 출현을 기대해 본다.

#### 4. 결 론

지지방식의 분류 및 검토를 통해 재래선형의 고속화의 한계 및 가능성을 살펴보았다. 현존하는 배수량형 선박과 양력, 공기압 지지방식의 단일 지지방식으로는 선박의 고속화가 한계에 부딪혀 있다. 그러나 이들 지지방식을 적당히 복합하는 것에 의해 재래식 선형보다 고속 성능이 우수한 선형을 유출 할 수 있을 것이다. 고속대형화된 초고속선의 출현으로 조선공업의 새로운 장이 열릴 것을 기대해 마지 않는다.

#### 참고문헌

- 1) Savitsky D., et al., "Status of Hydrodynamic Technology as Related to Model Tests of High-Speed Marine Vehicles", DTNSRDC - 81/026, 1981.
- 2) Eames M.C., "Prospects for Advanced Types of Surface Warships", Proceedings of High-Speed Surface Craft Conference, 1983.
- 3) Jewell D.A., "Possible Naval Vehicles", Ocean Engineering, Vol.6, 1976.
- 4) 菅井和夫, "新形式 超高速船의 研究開發의 紹介", 일본조선학회지, Vol. 739, pp. 2~6, 1991.

---

## SELECTED PAPERS OF THE CHINESE SOCIETY OF NAVAL ARCHITECTURE AND MARINE ENGINEERING

-- CONTENTS -- 1990, Vol. 5

중국조선공정학회의 영문논문  
집의 목차입니다. 참고바랍니다.

- 1 State of the Art of Seakeeping Research in China  
by Ji Xiqi
- 10 State of the Art of Marine Diesel Engine in China and Trend of Development  
by Wu Yunwei, Gu Hongzhong
- 16 China's Technological Developments in the Prevention of Pollution from Ships  
by Wu Jiabin
- 24 The Rolling Motion under the Shipping Water Condition  
by Huang Xianglu, Dong Zuwei, Lou Wei, Mao Xiaofei
- 42 The Exact Model of Ship Nonlinear Rolling  
by Xu Dejia, Zhou Qingqiao, Hu Yunou
- 59 Energy-saving Shaft Bracket for Multi-screw Ships  
by Zhou Zhaoxing, Zhao Hanjun
- 69 A Study on Ship Hydrodynamic Forces in Restricted Water  
by Zhen Caitu, Zhang Xiedong, Wu Xiuheng, Zhong Guoping
- 83 The Vibration and Acoustic Radiation of a Thin Elastic Stiffened Cylindrical Shell of Finite Length  
by Yu Mengsa, He Zuovong
- 100 Calculation of Ship Nonlinear Bending Moment in Regular Waves in Time Domain  
by Chen Chaohu, Shen Jinwei, Xu Binhan
- 114 Multi-objective Decision Method for Diesel Engine Turbocharging Systems  
by Wu Jingchuan, Gu Hongzhong, Ji Guoling
- 123 Numerical Simulation for the Motions of Undersea Cable Systems  
by Li Libo
- 136 Numerical Modeling Method for Predicting Electromagnetic Compatibility of Shipboard Antenna Systems  
by Zhou Keiji
- 143 Management Relating to the Reliability of the Mechanical and Electrical Systems of Marine Engineering  
by Gao Xiaoming, Shi Zhongchi
- 153 Preliminary Research on the Historical Period and Restoration Design of the Ancient Ship Unearthed in Peng-lai  
by Xi Longfei, Xin Yuanou