

# 고속 쌍동선(Fast Catamaran)의 선형설계와 고찰

박 명 규\* · 신 영 균\*\*

## Hull Form Design and Consideration of Fast Catamaran

*Myung-Kyu Park\* · Young-Kyun Shin\*\**

<목 차>

Abstract

1. 서 론

2. 선형설계요소

2.1 길이-배수량비( $L/\nabla^{1/3}$ )

2.2 선형4. 결론

2.3 단동체 거리

2.4 트림

3. 선형설계 예 및 SHIPFLOW 적용

3.1 선형설계 및 모형실험

3.2 SHIPFLOW적용

4. 결 론

참고문헌

### Abstract

In this paper, important parameters of fast catamaran hull form are investigated. Particularly, length-displacement ratio, demihull spacing, trim and hull form on resistance performance are analyzed. Also, the usefulness of SHIPFLOW program for hull form development is studied. The computed results by using SHIPFLOW program are compared with experimental results in model test.

### 1. 서 론

카타마란은 일종의 배수형의 선박으로서 2개의 가늘고 긴 선체를 연결한 쌍동형 선박을 말한다.

표면효과선(Surface Effect Ship), 수중익선(Hydrofoil), 공기부양선(Hovercraft)등과 같이 초고속선형은 아니지만 이들 선형에 비해서 선형설

계가 간단하고, 톤당 갑판면적을 크게 할 수 있으며, 고속에서 일반배수량선(Mono-Displacement Type Ship)에 비해서 저항특성이 우수하기 때문에 고속선으로의 활용가치가 큰 선형이다. 국내에서도 30노트급의 고속여객선은 카타마란이 주종을 이루고 있는 상황이며 운항선사업장에서 SES나 Hydrofoil에 비해서 속도성능이 비교적 우수하고 선가가 유리하다는 장점이 있어 선호도가 증가

\* 한국해양대학교 교수

\*\* 한진중공업(주) 특수선설계부

하는 추세이다. 또한, 선형설계 측면에서도 동일 배수량인 일반선형에 비해서 길이-배수량비(Length-Displacement ratio)가 크기 때문에 고속에서 최소 저항을 갖는 선형을 개발하기 쉽고 쌍동형이기 때문에 수선면모멘트가 큰 특징이 있어 높은 회복원력을 얻을 수 있어 설계조건을 크게 완화시킬 수 있다.

이 밖에도 유효감판면적이 동일길이의 일반선형에 비해서 50~60%정도 크게 할 수 있어 일반배치 특성을 좋게 할 수 있고 추진기가 2개이므로 선회성 및 조종성도 우수하다는 장점이 있다.

반면에 침수 표면적이 크므로 인해 중속( $F_n < 0.5$ )에서 저항특성이 불량하고 파랑중 운동응답이 큰 편이며, 특히 피칭(pitching) 성능과 GM값이 커서 승선감을 저하시키는 단점도 가지고 있다. 따라서, 선형설계시에는 주로 저항추진특성과 피칭성능을 향상시키기 위하여 관심이 집중되나, 피칭성능을 개선하기 위해서는 가장 큰 요인인 선체길이를 길게 하거나, Anti pitching fin 부착, pitching 감소용 foil 등의 운동감쇄장치(motion damping system)를 설치하는 방법외에는 특별한 개선책이 없다.

그러나, 저항추진특성은 주요치수 및 각종 선형계수에 따라 상당히 큰 차이를 보일 수 있으며, 고속( $F_n > 1.0$ )일수록 그 차이는 더욱더 현저하기 때문에 선형설계시에는 저항추진성능의 개선에 많은 배려를 해야 한다.

본고에서는 선형설계자 입장에서 카타마란설계시 선형특성상 특별히 고려해야 할 설계요소에 대해서 고찰해 보았고, 직접 선형설계 수행 및 모형실험을 실시하여 결과를 분석하였다. 또한, SHIPFLOW 프로그램을 이용하여 선형설계에 직접 활용가능성을 모형실험과 비교, 검토하여 보았다.

## 2. 선형설계요소

카타마란은 쌍동형 선박이기는 하나 단동형의 고속배수량선(Fast Displacement Ship)과 설계상 큰 차이가 없다.

즉, 카타마란은 단동체인 2개의 선체를 갑판구조로 연결한 선형이기 때문에 선형설계시에는 유체역학적으로 성능이 우수한 단동체를 먼저 설계한 후 쌍동체간의 간섭이 최소화될 수 있도록 주

요촌법을 결정하면 된다.

물론, 선박의 용도에 따른 일반배치 특성을 염두에 두지 않으면 안된다. 특히, 길이와 폭은 선형의 유체역학적인 특성과 중량, 일반배치특성, 구조적인 면을 함께 고려하여 최적의 L/B를 결정해야 한다.

그러나, 프리키프나 구축함 등과 같이  $F_n < 0.5$  이하의 선형설계시에는 이용자료가 비교적 풍부하나  $F_n = 1.0$  또는 그 이상의 속도를 갖는 카타마란선형의 설계는 계통적인 모형실험자료가 거의 없기 때문에 초기성능 추정의 어려움은 물론 주요치수 및 각종선형계수를 최적화 시키는 것이 상당히 어렵게 된다. 이러한 경우 고속배수량선인 Series 64, NPL, SSPA 등[1]의 모형실험자료는 선형요소(Hull Form Parameter) 변화 및 속도에 따른  $R_r/\Delta$ ,  $C_r$  등에 대한 개략적인 추정이 가능하므로 선형설계에 유용하게 활용될 수 있다.

고속 카타마란선형 특성상 유체역학적 성능에 크게 영향을 미치는 설계요소는 다음과 같다.

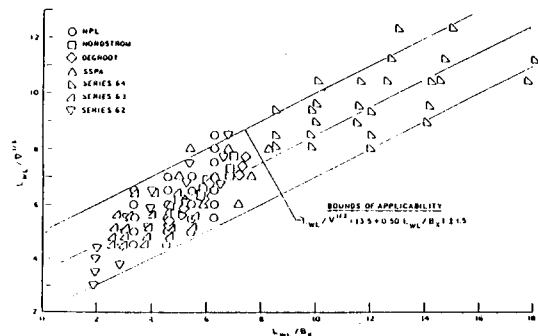


Fig. 1 고속배수량선의 L/D vs. L/∇[1]

### 2.1 길이-배수량비( $L/\nabla^{1/3}$ )

고속카타마란 저항추진특성에 가장 크게 영향을 미치는 요소가 길이-배수량비이다. 따라서 초기중량추정과 설계배수량이 결정되면 적절한 길이를 택하는 것이 무엇보다도 중요한데 일반적으로 이 값이 클수록 조파저항특성은 좋은 것으로 알려져 있고 거의 이 값에 비례해서 조파저항이 감소함을 알 수 있다.[2] 그러나  $F_n > 1.0$  이상의 고속영역에서는 전체저항 가운데 마찰저항이 차지하는 비율이 더 높음으로 지나치게 크면 오히려 전체 저항특

성은 불리하게 되는 결과를 초래할 수 있다. 초기 설계시 적정값을 선정하기 위하여 Fig.1의 결과를 이용하면 상당한 도움이 된다.

### 2.2 선형(Hull Form)

고속배수량선과 마찬가지로 고속카타마란에서 저항특성을 좋게 하기 위해서는 Buttock Line을 편평하게 만들어 주는 transom stern이 상당히 중요하다. 고속에서 설계된 카타마란은 선수부가 날씬하고 LCB가 선체중앙부(Midship)에서 상당히 뒤로 위치하기 때문에(5~10% of LWL) 모형실험 결과에 의하면 조파저항의 대부분이 Midship부터 transom부위에 걸쳐 발생하는 것을 알 수 있다(Fig.2). 따라서, Buttock Line을 편평하게 만들어 주어야 선미부에서 음의 압력 및 분리(separation)를 막을 수 있다.

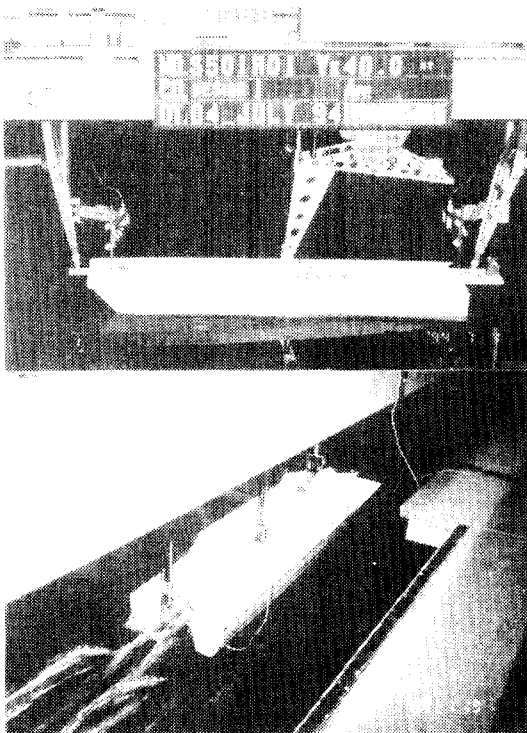


Fig.2 고속쌍동선의 선측파형 및 선미파형 (SeaCAT34, 40Kts)

또한  $Fn > 0.8$  이상에서는 마찰저항이 상당히 중요한 요소로 작용하기 때문에 Round Bilge형상보다는 고속에서 흐름이 좋고 침수표면적(wetted surface)의 감소효과 및 양력효과를 얻기 위하여 Chine 형상이 좋다.

Waterjet 추진의 고속카타마란인 경우 transom 부위만은 선저를 편평하게 하고 chine형태로 설계해야 저항특성이 우수한 것으로 알려져있다.

### 2.3 단동체거리(Demihull Distance)

카타마란 선형설계시 고려해야 할 중요한 요소가 단동체간의 간섭효과(interference effect)이다.

간섭효과는 카타마란선형의 선박에서만 존재하는 부가저항 성분으로서 파간섭(wave interference)과 선체간섭(body interference)의 2가지가 있다[3].

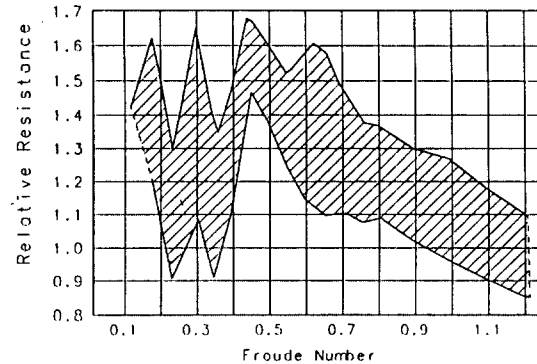


Fig.3 Interference effect vs Speed[4]

파간섭효과(wave interference effect)는 각각의 단동체에서 발생하는 파계의 겹침에 의하여 기인하고 선체간섭효과(body interference effect)는 단동체간의 간섭에 의하여 단동체 주위 유동변화가 원인이다.

단동체간의 거리가 충분할수록 간섭효과는 적어 지나 횡강도의 문제점 및 이에 따른 중량증가 요인이 발생한다.

Fig.3은 그 동안 SSPA수조에서 수조시험이 행해진 카타마란의 모형시험결과로서 속도에 대한 간섭효과 변화범위를 보여주고 있다[4]. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이  $Fn < 0.8$  이하에서는 간섭효과로

인한 Cr의 증가량이 상당히 큰 것을 알 수 있다.

그러나,  $Fn > 1.0$  이상의 고속일수록 그 효과는 작아지는 경향이므로 설계속도에 따라 초기성능추정 및 선형설계시에 반드시 상정해 두어야 한다.

### 2.4 트림(Trim)

고속선에서는 trim변화에 따라 저항특성이 상당히 달라지게 되므로 LCB와 LCG의 상관관계가 중요하게 된다. 그러나, LCB는 유체역학적인 관점에서 결정되는 값으로 선형이 결정되면 거의 고정된 값이나 다름없기 때문에 결국은 LCG의 위치변화에 의하여 최적trim을 결정해야 한다. 일반적으로 hump범위( $Fn=0.4\sim0.5$ )에서는 트림변화량이 상당히 크나 고속에서는 항주trim값이 비교적 적기 때문에 최적의 항주트림은 모형실험에서 trim변화 test를 실시하여 결정하는 것이 가장 효과적이다.

## 3. 선형설계 예 및 SHIPFLOW적용

### 3.1 선형설계 및 모형실험

상기의 요소들을 충분히 고려하여 선형설계를 수행하였다. 설계선(SeaCAT34)의 주요제원은 <Table 1>에 나타나 있고, 참고선(Parent ship)으로는 이미 KRISO에서 모형실험을 수행한 바 있는 남해스타 카타마란 모형시험결과[5]를 참고하였다.

<Table 1> 설계선의 주요제원

	참 고 선	설 계 선
길이(M)	36.0	32.0
폭(M)	9.44	8.4
깊이(M)	4.080	3.6
홀수(M)	1.565	1.55
Cm	0.3320	0.3888
Cp	0.7711	0.7132
LCB(M)	-3.860	-3.188

설계선과 참고선의 body plan 형상은 Fig.4와 같고 선형상의 주요한 특징으로는 참고선의 선미형상이 원만한 Round Bottom의 chine선형인 반면

본선은 완전한 hard chine 선형이다.

중양부형상은 모두 Round Bilge 형상을 하고 있다.

Fig.5는 설계선과 참고선의 저항실험결과로서 속도에 따른 Cr값을 보여주고 있다. 설계선이 참고선에 비해서 조파저항성능(Cr)이 현저히 개선되었음을 알 수 있다. 또한 Cr curve의 경향으로 볼 때 본선의 설계속도(Design speed)가 적절히 선정되었음을 알 수 있다.

Fig.6은 트림변화에 따른 Cr값을 나타낸 것으로 예상과 같이 트림변화에 따라 Cr값의 차이가 큼을 알 수가 있었다.

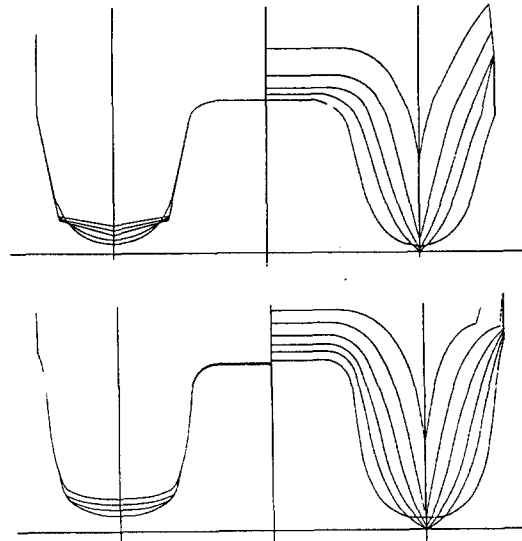


Fig.4 Body Plan 형상 (위:설계선, 아래:참고선)

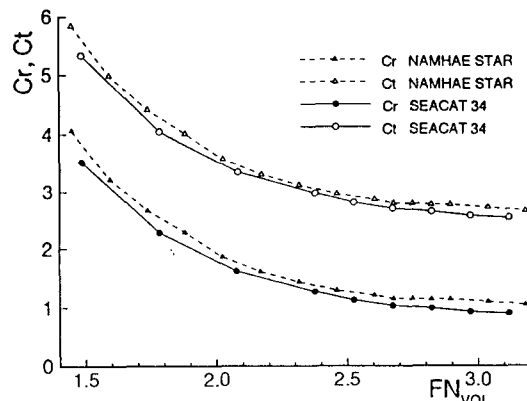


Fig.5 설계선 및 참고선의 저항실험 결과

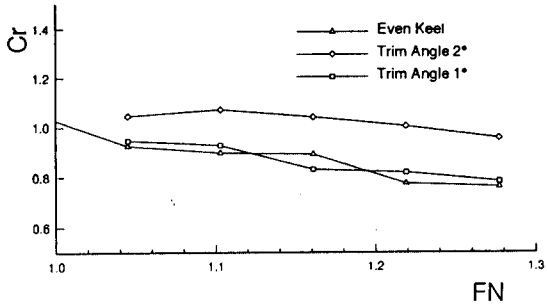


Fig.6 트림변화에 따른 저항변화

3.2 SHIPFLOW 적용

SHIPFLOW[6]의 potential code인 X-PAN을 이용하여 고속카타란 선형에 적용하여 선형개발에의 적용가능성을 살펴보았다. 계산내용은 쌍동선체에 대한 조파저항, 파형분석, 최적 쌍동체간의 거리를 결정하기 위한 조파저항계산을 수행하여 실험값과 비교, 검토하여 보았다.

계산에 사용된 쌍동선체 및 자유수면상의 패널(panel)분포는 Fig.7과 같으며 계산영역으로는 선수전방 및 선미후방으로 배길이 L만큼, 자유수면 바깥방향으로 0.9×L을 사용하였으며 사용된 패널 수는 선체표면에 462개를 자유표면에 약 1600개를 분포하여 계산하였다.

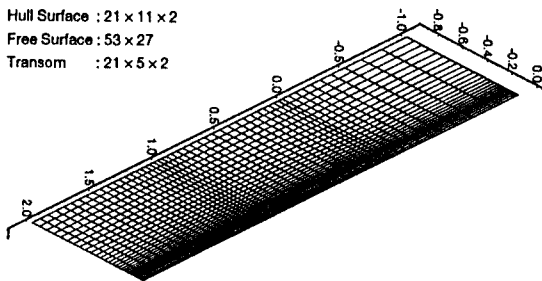


Fig.7 쌍동선체 및 자유수면상의 패널분포

계산방법으로는 선체 transom을 고려하고 자유수면 차분방법으로는 3점 상류차분법을 선체자세는 free condition으로 하였다.

조파저항계산결과(Fig.8)에서 보여주듯이 실험치

와 비교적 잘 일치가 됨을 알 수 있다. 특히 모형실험결과가 Cr값임을 고려하면  $Fn > 0.8$  이상에서는 정량적으로도 실험치와 거의 유사한 경향을 보여주었다. 쌍동체간의 거리에 따르는  $C_w$  변화량(Fig.10)은 실험치와 비교하지는 못하였으나 고속으로 갈수록 간섭효과가 작다는 일반적인 경향을 잘 나타내고 있다.

트림변화에 따른  $C_w$  계산(Fig.11)은 실험치와 다소 차이가 있었다.

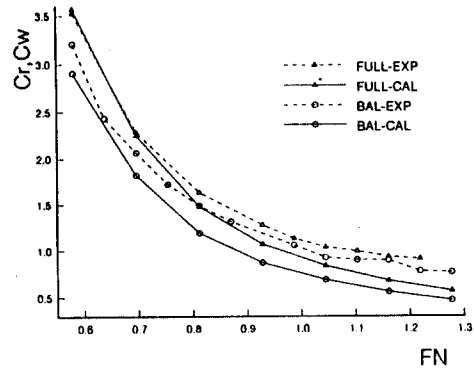


Fig.8 조파저항 계산 결과

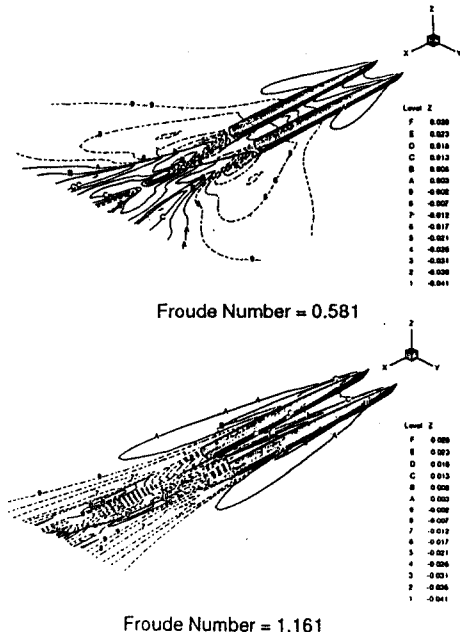


Fig.9 Wave Contour(위:Fn=0.581, 아래:Fn=1.161)

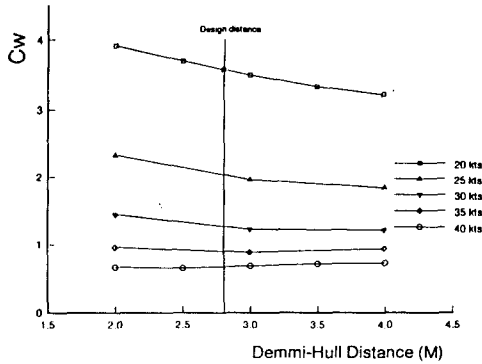


Fig. 10 쌍동체간격에 따른 조파저항

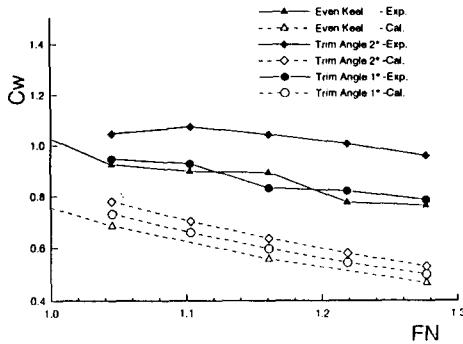


Fig. 11 트림변화에 따른 조파저항 계산결과

#### 4. 결 론

이상의 연구결과를 통하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 고속카타마란 선형설계시 길이-배수량비, 트림, transom 형상이 저항성능에 미치는 영향은 상당히 크므로 주요요목 결정과 선형설계

시 각별한 주의가 필요하며, 설계속도에 따라 간섭효과는 반드시 고려하여야 한다.

2. 본선(SeaCAT34)의 transom 형상을 완전히 hard chine형으로 설계한 결과 참고선(Namhae STAR) 보다 현저한 저항성능의 개선을 이루었다.
3. 고속 카타마란선형 조파저항의 대부분이 transom 부위에서 발생되며 특히 transom 선미뒤에서 발생하는 도약파(jump wave)의 발생을 감소시킬 수 있는 효과적인 연구가 필요하다.
4. SHIPFLOW 프로그램을 적용한 결과 선형설계시 설계도구(design tool)로 충분히 활용될 수 있는 가능성을 확인하였다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Edward V. Lewis ed., "Principles of Naval Architecture 2nd edition", SNAME, 1988.
- [2] Shiro Matsui, "The Experimental Investigation on Resistance and Seakeeping Qualities of High-Speed Catamarans", FAST'93 proceedings, Japan, 1993
- [3] H. Turner and A. Taplin, "The Resistance of Large Powered Catamarans", Trans. SNAME, Vol.76, 1968
- [4] B. O. Jansson, "Buoyantly Supported Multi-Hull Vessels", HPMV'92 proceedings, U.S.A. 1992
- [5] 양승일 외, "복합지지형 초고속 저항추진 기술개발 (1)", 해사기술연구소 연구보고서 UCN261-1597, D, 1992
- [6] SHIPFLOW 2.0 Users Manual, Flowtech AB, Sweden 1994