

論 文

大韓造船學會誌
第27卷 第3號 1990年 9月
Journal of the Society of
Naval Architects of Korea
Vol.27, No.3. September 1990

低抵抗 高推進 效率의 肥大船 船尾船型의 開發에 關하여

김호충*, 이춘주*, 최영복*

On The Development of The Stern Form with Low Resistance
and High Propulsive Efficiency for Full Ships

by

Ho Chung Kim*, Chun Ju Lee* and Young Bok Choi*

要 約

선박의 운항경제성을 개선하기 위해서는 저항이 작고 추진성능은 우수한 선형의 개발이 요구된다. 흔히, 저저항 특성을 갖는 선미선형은 추진효율이 떨어지는 경우가 많고, 반대로 추진효율이 좋은 선형은 저항이 큰 경우가 많아서 결과적으로 소요마력이 작은 선형의 개발은 어려운 과제로 되어 있다.

비대선형에 있어서의 저항 특히, 점성저항이 작은 것으로 알려진 소위 'Buttock-flow type'의 선미형상을 기본으로 하고, 여기에 추진기 앞쪽(Run부)은 추진효율의 높은 재래 선미형상(U-type 또는 Hogner type)과 같이 만들어 저저항 및 고추진효율의 특성을 함께 갖는 선미선형의 개발을 시도하였다. 최초의 모형시험 결과는 이와같은 시도가 선미선형 설계의 한 접근 방법이 될 수 있음을 보여주었으며, 첫 시험결과에 고무되어 계속적으로 이러한 선미선형의 개발에 주력한 결과로, 저저항 고추진 효율을 갖는 선미선형의 개발에 어느정도 성공을 거두었다. 더하여, 이러한 선형은 추진기 주변의 반류분포가 균일하여 우수한 캐비테이션 및 진동 특성도 함께 가질 수 있고, 종래의 '파-지 선형'에 비하여 기관실 이중저의 상면적(床面積)이 넓어, 보다 경제적인 배치가 가능하다는 것도 확인되었다.

Abstract

It is required to develop a hull form with low resistance and high propulsive efficiency for the improvement of the ship-board operational economy. Since the hull forms with low resistance frequently have lower propulsive efficiency and on the other hand the hull forms with higher propulsive efficiency don't show good resistance characteristics, it is always very difficult to obtain economical hull forms which require less propulsive power accordingly.

Efforts have been made to pursue a stern form with excellent resistance and propulsion characteristics together by shaping the run of the so-called buttock-flow type stern, which is known to have good viscous resistance performance, like that of conventional aftbody (U-type or Hogner

발 표 : 1990년도 대한조선학회 춘계연구발표회(1990. 4. 15)

접수일자 : 1990년 5월 17일, 재접수일자 : 1990년 7월 30일

* 정회원, 대우조선공업(주)

type) featured by high propulsive efficiency.

First model tests confirmed that the above concept can be one of the alternative approaches to the design of the good stern form and by the continuing efforts thereafter for the refining of the concept, propelled by the first promising results, stern form of good resistance performance together with good propulsive efficiency has been realized to some extent. In addition, it is confirmed that the new new stern can have better cavitation and vibration characteristics due to uniform wake-fields and the compact engine room arrangement can be possible due to it's larger floor area in way of engine room double bottom as compared with usual barge stern.

적인 개발 과정은 모형시험에만 의존하였다.

1. 서 언

선박의 운항경제성의 개선에 있어서는 운항비의 대략 50% 이상을 점유하고 있는 연료 경제성의 향상이 관건이 된다. 연료경제성을 향상시키기 위해서는 소요마력이 작은 선형의 개발이 요청되는데, 이를 위해서는 저항은 가급적 작고 반대로 추진효율은 높은 선형의 개발이 우선적으로 필요하게 된다.

그러나, 흔히 우수한 저항성능과 추진성능은 서로 상충되는 경우가 많다. 즉, 저항이 작은 선미선형은 추진 효율이 낮고 추진 효율이 높은 선형은 저항이 큰 경우가 많다. 이런 현상은 직관적으로 보아 필연적인 것으로 생각되지는 않으나, 지금까지 개발되어 널리 채택되고 있는 선미선형들은 대체적으로 이런 경향을 보이고 있다. 따라서 우수한 저항과 우수한 추진 성능을 동시에 만족하는 선미선형의 개발은 매우 어려운 과제로 되어있다.

저속비대선의 선미형상개념으로서 우수한 것의 하나로 알려진 'Moderate-U type(Conventional)'은 저항성능은 일반적으로 나쁜 편이나 추진성능 특히 선체 추진 효율이 높아서 저항성능에서의 열세를 극복하는 것으로 알려져 있다. 또, 최근에 이르러 유행한 바-지 선형(Barge with skeg)은 재래의 선형에 비하여 저항, 특히 점성저항은 대단히 작은 반면 추진성능은 크게 나빠져서 잘 개발된 경우마야 재래선형의 성능수준과 비슷한 것으로 알려져 있다.

당사에서는 주력 건조선종인 저속 비대선의 성능을 획기적으로 개선하기 위하여 저항과 추진 양쪽의 성능이 모두 우수한 수준이 되는 선미선형 개발에 착수하였다.

아직까지 저속비대선의 선미선형의 설계에 도움을 줄 수 있는 이론적 방법은 개발되어 있지 않은 실정이므로, 전적으로 경험이나 실적선 자료 및 참고문헌등으로부터 어떤 아이디어를 얻을 수 밖에 없었고 구체

2. 기존 선미선형의 특성 비교

2.1. 재래 선미선형과 바-지 선미선형과의 특성 비교

당사에서는 건조하기 쉬운 단순선형의 개발을 위한 연구를 수행한 바 있다[1]. 이 연구를 위해 세가지의 선미선형의 개념으로 재래형, 준단순형, 단순형 선미선형을 개발하였는데, 이중 두가지 단순선형의 선미형상은 'Buttock-flow type'이므로 이 선형의 모형시험 결과를 비교해 봄으로써 재래선형과 바-지 선형의 특성을 이해할 수 있다.

대상선형의 Body-plan은 [부록 Fig. 1]에서 볼 수 있으며, 주요 제원은 다음과 같다.

$$L_{pp} = 193.2\text{m}$$

$$B = 32.2\text{m}$$

$$d = 10.8\text{m}$$

$$C_b = 0.830$$

$$L/B = 6.00$$

$$B/d = 2.98$$

$$lcb = 3.0\% \text{ of } L_{pp} \text{ forward from midship}$$

모형시험 결과는 Form factor method에 의해 확장하였고, 상관 수정계수 ΔC_F 는 0.0003으로 택했다. 시험 결과는 동일한 선수를 결합했을 때 단순선미선형의 저항이 가장 작았다. 저속 영역에서의 조파저항의 크기는 점성저항에 비해 매우 작고, 또한 이 경우에는 선수선형이 동일하므로 선형간의 저항 차이는 대부분 점성저항의 차이에 의한 것으로 여겨지고, Form factor의 계속값은 이를 뒷받침하고 있다. 한편, 재래선형에 비하여 단순선형은 추력 감소계수는 증가하고 유효반류계수 w 는 감소하므로 선체 추진효율이 현저히 저하하게 되어 훨씬 작은 저항에도 불구하고 소요마력은 오히려 커지게 됨을 알 수 있다[부록 Table 1].

위와 비슷한 연구가 Verolme United shipyards에

의해서 450,000 tdw tanker를 대상선으로 하여 광범위하게 수행된 바 있다[2]. 대상선형의 Body-plan, 모형시험 결과는 [부록 Fig. 2, Table 2]에 각각 나타냈으며 주요 제원은 다음과 같다.

$$C_b = 0.836$$

$$L/B = 5.60$$

$$B/d = 2.70$$

$$lcb = 3.45\% \text{ of } L_{pp} \text{ forward from midship}$$

모형시험 결과에 의하면 늑골선의 형상이 Buttock-flow 형으로 변환에 따라 저항 성능이 대폭 개선되나, 반면에 추진성능은 더욱 더 나쁘게 되는 것을 볼 수 있다.

US Maritime Administration은 저속비대선의 선형 개발을 지원할 목적으로 1971년 부터 1977년까지 광범위한 계통적 모형시험을 수행하였다 [MARAD Systematic Series][3]. 이 계열시험은 최근의 비대선의 설계 경향을 반영하여 다음과 같은 선형 Parameter 영역을 대상으로 실시하였다.

$$0.800 < C_b < 0.875$$

$$4.5 < L/B < 6.5$$

$$3.0 < B/d < 4.75$$

선미선형으로서는 위와 같은 선형 Parameter 영역을 고려할 때 저항성능이 우수할 것으로 기대되는 Buttock-flow형을 기준선형으로 채택하여 광범위한 계통적 저항, 자항시험을 수행하였다. MARAD Series선형은 재래 선형에 비하여 기대한 바와 같이 저항성능은 대단히 우수하였고, 추진성능은 별로 좋지 않은 것으로 나타났다. 유효반류계수 w 가 작고, 추력감소계수 t 가 커서 선체추진 효율이 떨어진 것이 추진성능을 나쁘게 한 원인으로 판단되었다[부록 Fig. 3].

2.2. V형 선미선형과 U형 선미선형과의 특성 비교

재래선형이라고 해도 늑골선 형상의 변화에 따라 그 성능 특성은 크게 다르게 나타난다. V형 늑골선 형상의 선미선형의 경우 앞에 기술한 Buttock-flow형 선미선형의 특성과 상당히 유사한 경향을 보이는 것으로 알려져 있다. 즉, 저항 성능은 뛰어나나 추진성능은 좋지 않으며, 반류분포도 나쁜 것으로 여겨진다.

한편, U형 늑골선 형상을 갖는 선미선형은 V형에 비하여 저항성능은 뒤떨어지나, 추진성능이 매우 좋으므로 소요마력은 V형보다 작은 경우가 많은 것으로 나타나고 있다. U형 선미에서는 Bilge부분이 V형에 비해 비대해지고 곡률반경이 작아지므로, Separation과 Bilge vortex가 흔히 발생한다. 이로 인하여, Bilge

부를 지나는 유선은 Propeller plane 아래로 유도되고, 또한 Propeller plane에서의 경계층이 두껍게 된다. 저항이 증가하고 선체 추진효율이 높아지는 것은 다같이 이런 현상에 연유한 것으로 생각되어진다. 한가지 예로서 IHI의 선형과 시험결과를 [부록 Fig. 4, Fig. 5 및 Table 3]에 정리하였으며[4], 주요 제원은 다음과 같다.

$$L_{pp} = 154.00m$$

$$B = 22.86m$$

$$d = 9.15m$$

$$L/B = 6.74$$

$$B/d = 2.50$$

$$C_b = 0.738$$

3. 복합 선미선형(Hybrid stern form)

3.1. 복합 선미선형의 개념

새로운 선미선형 개념을 모색함에 있어서는 다음과 같은 설계 요소들이 검토되어야 할 것으로 생각하였다

- (1) 늑골선의 형상(Frame line shape)
- (2) 횡단 면적 곡선(C_p -Curve)의 형상
- (3) lcb (길이방향 부심위치)
- (4) 홀수선의 모양
- (5) 선미 벌브의 형상, 선미형상 등

경험적으로 늑골선의 형상이 성능에 있어서 가장 지배적인 인자로 판단되었으므로, 늑골선의 형상을 중심으로 과거의 실적자료를 검토하였고, 또 새로운 선미선형 개념을 창안함에 있어서도 이 늑골선의 형상에 가장 큰 비중을 두었다.

이러가지 새로운 선미선형 개념들이 검토되었으나, 최종적으로 기본늑골선의 형상으로서 저항성능이 대단히 우수한 마-지 선형에서와 같은 Buttock-flow type의 늑골선의 형상을 채택하고 추진성능, 특히 선체 추진효율이 나쁜점을 보완할 수정 방안을 모색하는 것으로 결정하였다. 즉,

- (1) 기본 늑골선의 형상으로서 Buttock-flow type의 늑골선의 형상을 채택한다.

- (2) 횡단 면적 곡선은 우수한 성능의 재래선의 것과 유사하게 만든다.

- (3) 선체 추진 효율의 향상을 위해 Skeg 부위를 수정한다.

- (4) 종래의 마-지 선형과는 달리 lcb 를 재래 선형에서와 같이 상당히 선수쪽(약 3~3.5% of L_{pp})으로 위

치시킨다. 이렇게 함으로써 Skeg부위를 비대하게 만들더라도 과도한 저항증가가 생기지 않도록 하고, 또한 lcb 가 충분히 선수쪽에 있지 않은 마-지 선형에서 발견되는 나쁜 조종특성을 피하도록 한다.

(5) Skeg를 가진 마-지 선형에 흔히 보이는 Skeg와 주선체 사이의 Knuckle를 제거하여 선체가 두부분으로 분할되지 않은 일체형으로 만든다.

(6) 기본 선형의 단절인 추진기 위치에서의 불균일한 반류 분포를 개선시키기 위하여 Hogner type의 Stern bulb를 부착한다.

(7) Open type stern을 채택하여 추진효율과 진동성능의 향상을 기한다.

(8) 가능한 한 기관실 이중저의 상면적(床面積)을 넓혀 경제적인 배치가 되도록 한다.

구체적인 접근 아이디어로서, 주선체는 마-지 선형과 유사하게 만들고 Skeg부위는 우수한 추진성능을 갖는 Moderate-U type과 같이 만든 일종의 ‘복합 선미선형(Hybrid type)’에 착안하였다. 이와같은 ‘복합 선미선형’의 개념을 280,000 tdw crude oil tanker에 처음으로 적용하여 선형을 설계하고 모형시험을 수행하였다. 그 모형시험 결과는 우수한 저항 성능과 추진성능을 함께 보유하는 선형개념의 경망 가능성을 확인시켜 주었으며, 계속해서 여러 종류의 표준선 개발에 이를 적용하여 ‘복합 선미선형’의 개발에 노력한 결과로 현재 어느 정도 만족할 만한 수준에 이른 것으로 판단하고 있으며, 최근에는 모든 실선에 이를 적용하고 있다.

한편, 종래의 마-지 선형에서는 유선이 Buttock line을 따르는 Pattern을 보이고 Flow separation도 거의 없으며, 또 Bilge vortex가 생기지 않아서 경계층내의 유선과 마갈쪽의 속도가 빠른 유선과의 운동량 교환이 없으므로, Propeller plane의 하부에서는 유속이 빠른 반면, 상부에서는 운동량 손실이 큰 유선이 밀집되어 유속이 떨어지므로 반류분포도 균일하지 못하였고, 또 추진기의 중심이 Wake peak의 중심에서 벗어나 있어서 Wake gain도 작았었다.

Skeg부위(또는 Gondola 부위)를 Moderate-U type과 비슷한 정도로 비대하게 만들어 적당한 크기의 Vortex를 생성시킴으로써 Propeller plane 하부의 유속을 느리게 하고, Propeller plane 상부의 유속은 보다 빠르게 하여 반류분포가 균일하게 되도록 하였다. 이로 인해 캐비테이션이나 진동 특성도 개선된 것으로 기대된다. 그 외에 Skeg 부분을 비대하게 함으로써 기관실 이중저 상면적(床面積)이 자연스럽게 넓어진

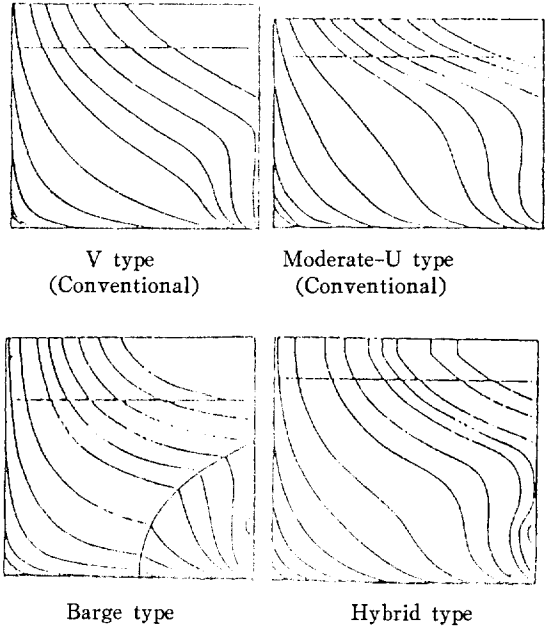


Fig. 1 Various types of aft-body hull form

효과도 생겼다. 따라서, 종래 보다 Compact한 기관실 배치가 가능하게 되어 기관실 길이가 줄어든 만큼의 화물창 길이가 늘어나는 이득이 생겼다(Fig. 1 참조).

3.2. 복합 선미선형의 개발

1970년대 초반 이래 선복량 파잉으로 인하여 신조 수요가 거의 없었던 VLCC가 1986년 하반기부터 발주되기 시작했다. 앞으로도 계속 신조 수요가 이어질 것으로 예상되어, 수주 경쟁력을 높이기 위한 경제선형 개발에 착수하게 되었다. 당사에서 개발한 200만 배럴 Tanker(280,000tdw)의 주요 제원은 다음과 같다[5], [6].

$$L_{pp} = 315.00m$$

$$B = 57.20m$$

$$d = 20.80m$$

$$L/B = 5.507$$

$$B/d = 2.750$$

$$C_b = 0.829$$

$$lcb = 3.40\% \text{ of } L_{pp} \text{ Forward from midship}$$

Fig. 2와 같이 동일한 선수선형(Pure-elliptic type)에 세계의 선미선형을 설계하여 모형시험을 실시하였다.

Aft-body I : Conventional, Moderate-U type, 우수한 추진성능 기대

Aft-body II : Barge type, 우수한 저항성능 기대.

Table 1 Results of model tests for hybrid stern hull form (full load)

V_s	$1+k$	C_R	t	w_s	η_h	η_r	η_o	η_D	EHP	DHP
15.0	1.241	0.134	0.209	0.339	1.196	1.028	0.602	0.740	18,392	24,851

Aft-body III : Conventional, UV type, Aft-body I 에 비해 저항성능 향상 기대.

시험결과, Conventional type의 선형은 높은 추진성능을 갖는 것이 확인되었으나 바-지 type 선형의 저항성능은 기대이하였다. 이는 바-지 선형에서 일반적으로 채택하고 있는 Skeg 형상과 달리 기관실 배치를 고려하여 Skeg부를 특별히 변경한 것에 기인하는 것으로 판단되었다.

세가지 선형중 어느 것도 목표 성능을 달성하지 못한 것으로 나타났으므로 선형의 수정에 의한 성능 향상이 모색되었다. 주선체는 Aft-body II 선형과 유사하게 만들고 Skeg부를 저항이 별로 크지 않고 추진성능은 양호한 것으로 나타난 Aft-body III의 Skeg부와 함께 수정하여 복합 선미선형 개념으로 Aft-body IV를 설계하고 모형시험을 수행하였다.

모형시험 결과 Form factor($1+k$)는 1.241인 것으로 예측되어 저항성능이 만족할 만한 수준이었고, 준추진계수는 15노트 선속에서 0.740으로서 추진성능도 기대한 바와같이 좋은 것으로 나타났다. 모형시험 결과는 Table 1에 간단히 나타냈다.

이와 같이하여 우수한 저항성능 및 추진성능을 동시에 갖는 선미 선형 개념인 복합 선형이 개발되었고,

당사의 거의 모든 저속비대선의 선미선형 개념으로의 적용이 확대되어 지난 2~3년간 조금씩 개량이 되었다

3.3. Pana-max B/C 표준선의 선형개발

Moderate-U형(Hogner bulb 부착)으로 된 당사의 기존 Pana-max B/C의 선미선형(A1)을 복합선형 개념의 늑골선 형상으로 설계함으로써 그 성능을 향상시키기 위한 연구를 1988년도에 수행하였다[7].

선미선형을 바깥에 있어서는 선미부의 배수량이나 횡단 면적 곡선은 고정시키지 않았으며, 선미부 선형 수정에 의해 발생한 배수량의 변화는 선수부 선형 수정시 보충토록 하여 전체적으로 비슷한 배수량을 유지토록 하였다.

선미 선형뿐 아니라 선수 선형도 동시에 변경되었으므로 새로운 선형의 모형시험 결과에는 선미부 변화에 의한 영향뿐 아니라 선수부 수정에 의한 영향도 함께 포함되어 있어서 선미 늑골선 변화에 의한 영향을 엄격히 분리해서 평가할 수는 없었다. 그러나, 본선과 같은 저속 비대선에 있어서는 선미선형 변화가 성능 특히, 추진 성능에 미치는 영향이 거의 지배적이란 사실을 경험적으로 알 수 있으므로, 엄격히 선수부를 고정하고 선미부만을 변화시킨 경우와는 차이가 있을 것

- Aft-Body I
- Aft-Body II
- Aft-Body III
- Aft-Body IV

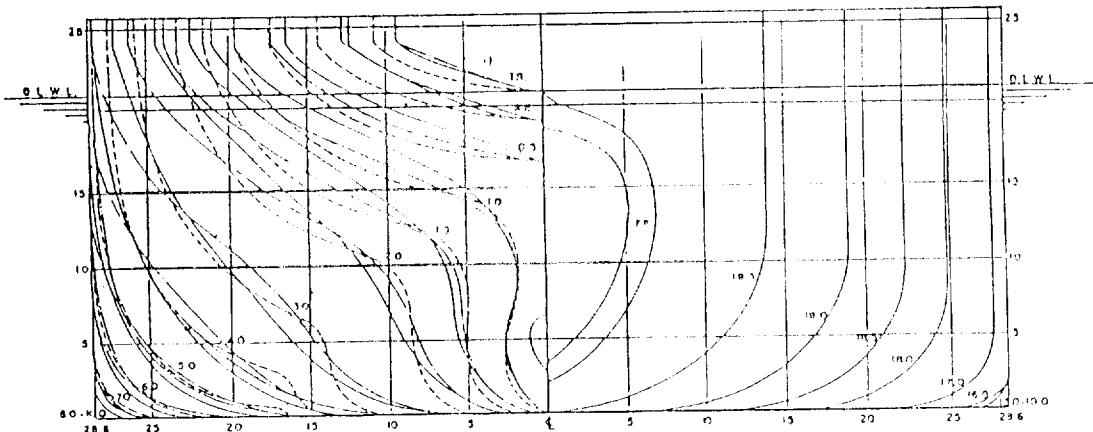


Fig. 2 Body plans of 280K VLCC

Table 2 Principal particulars for pana-max B/C

Hull form	$A_1+F_1(H1049)$	A_2+F_2	A_3+F_3
L_{pp} (m)		215.0	
B (m)		32.2	
d (m)		12.4	
L/B		6.677	
B/d		2.597	
C_b	0.8239	0.8275	0.8242
lcb	+2.56%L	+3.16%L	+2.74%L
Remark	Moderate-U 형선미	복합형 선미 (Fine skeg)	복합형 선미 (Full skeg)

이나 선미 누골선의 변화가 성능에 미치는 영향을 판단하는 데는 충분히 참고가 될 것이다.

시험선형의 주요 제원은 Table 2에 정리 하였으며, Body plan 및 횡단 면적 곡선은 Fig. 3에 나타냈다.

새로 개발된 선미선형(A_2)은 앞에서 소개한 280K VLCC 복합선미선형 개발과정에서 얻어진 경험과 자료를 바탕으로 설계되었다. Fig. 3에 나타난 바와 같이 A_2 선미 선형은 A_1 선미선형에 비하여 수선면 부위의 배수량은 약간 증가되었고, Skeg부위의 배수량은 많이 감소되었다.

Table 3의 모형시험 결과에 의하면 예측된 Form factor로 알 수 있듯이 점성저항이 감소하여 유효마력이 A_1 선형에 비하여 15노트 선속에서 약 6% 감소하였다. 그러나 선체추진 효율의 감소에 따라 소요마력은 오히려 약 2% 증가하였다. Propeller plane에서의 호칭 반류비는 0.500으로 A_1 선형 때의 0.573에 비하여 훨씬 감소하였다.

A_2 선미선형의 저항성능은 만족할 만한 수준이나, 추진성능은 개선의 여지가 있는 것으로 판단되었다. 따라서, A_2 선형의 우수한 저항특성은 거의 같은 수준으

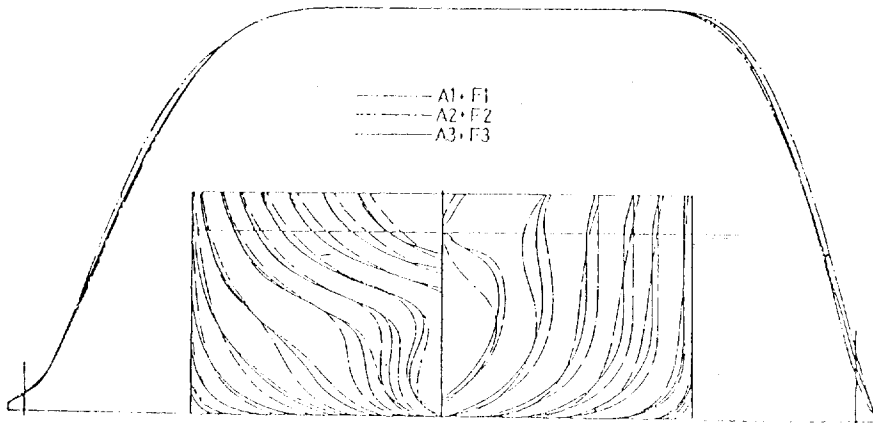
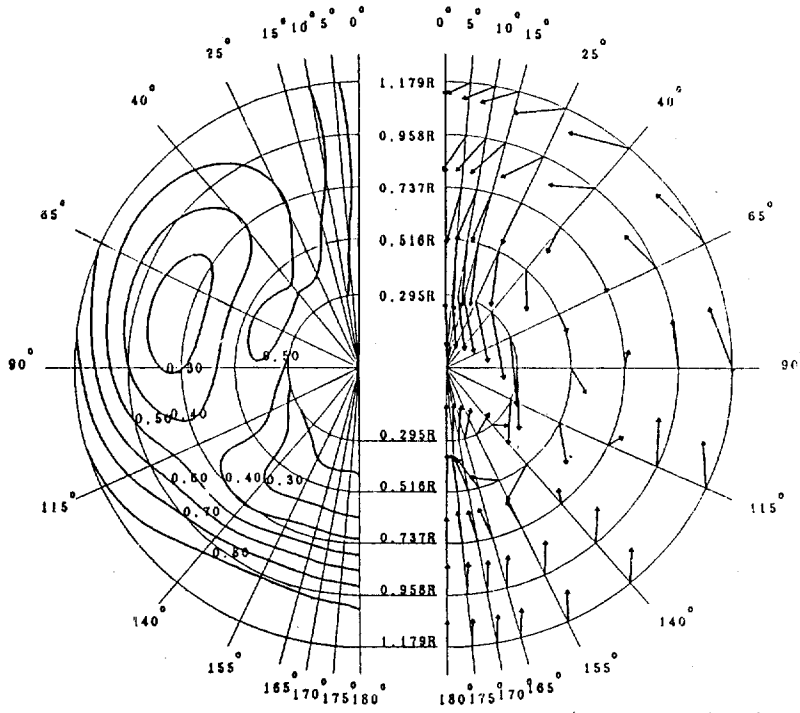


Fig. 3 Body plans and C_p -curves for pana-max B/C

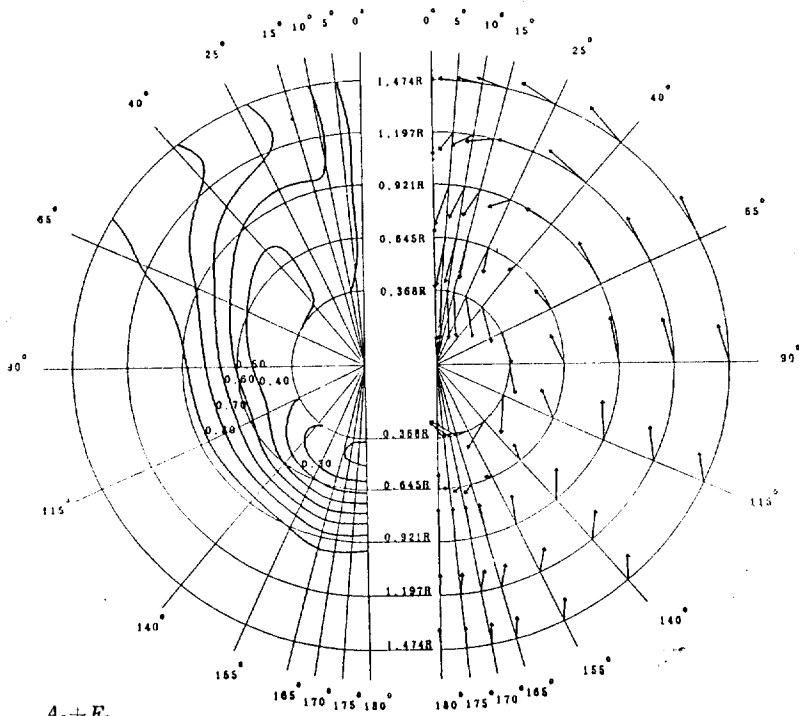
Table 3 Model test results (full load, propeller dia.=5.85m)

V_s	14 kts			15 kts		
	$A_1+F_1(H1049)$	A_2+F_2	A_3+F_3	$A_1+F_1(H1049)$	A_2+F_2	A_3+F_3
$1+k$	1.238	1.209	1.212	1.238	1.209	1.212
C_R	0.790	0.666	0.679	0.851	0.706	0.700
EHP	6,177	5,888	5,893	7,766	7,337	7,279
t	0.184	0.180	0.193	0.180	0.179	0.196
w_m	0.496	0.410	0.473	0.492	0.405	0.469
w_s	0.350	0.308	0.343	0.346	0.305	0.344
η_h	1.225	1.185	1.229	1.254	1.182	1.225
η_r	1.042	0.986	1.032	1.050	0.992	1.030
η_D	0.727	0.678	0.714	0.731	0.680	0.709
DHP	8,493	8,686	8,253	10,628	10,798	10,269



$A_1 + F_1$
 $W_n = 0.573$

0.0 0.2 0.4
SCALE FOR VTR/V



$A_2 + F_2$
 $W_n = 0.500$

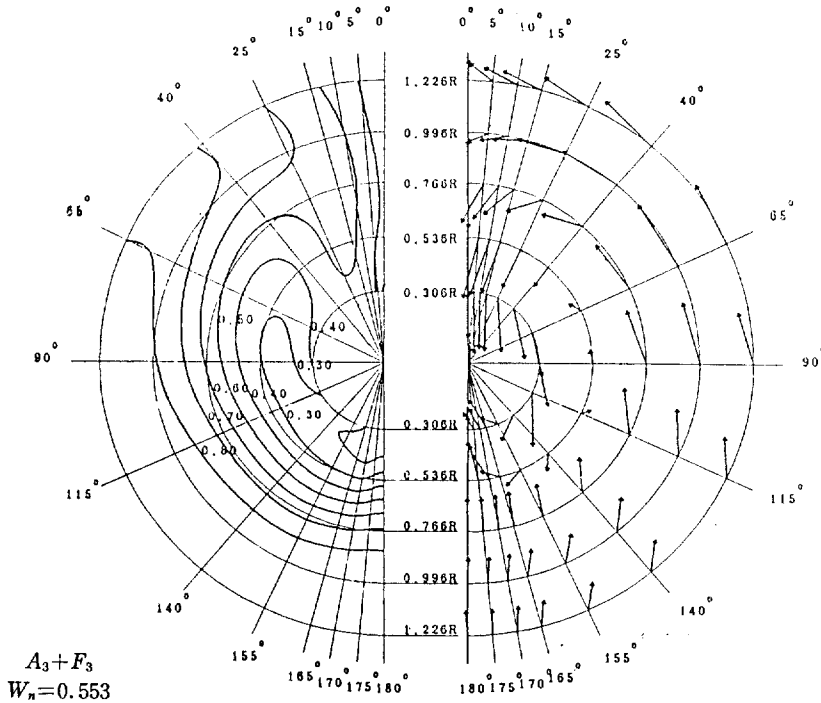


Fig. 4 Comparison of wake field measurements for pana-max hull forms

로 유지하면서 추진성능만을 향상시키기 위한 선형 수정 방안을 모색하였다. 그 수정 방안으로서, A_2 선미 선형의 수선면 부위의 늑골선은 거의 고정하고 단지 Station No. 2에서 Bilge부의 늑골선을 보다 수직으로 만들어 Bilge vortex를 좀더 강렬하게 발생시키면 Propeller plane에서의 반류가 커져서 Wake gain도 클 것으로 판단 되었다.

이와 같이하여, A_3 선미선형을 설계하고 모형시험을 수행하였다 기대한 바와 같이 선속 15노트에서의 저항 성능은 A_2 선형과 거의 비슷하였고, 선체 추진효율의 증가에 따라 소요마력은 약 5%가 감소하여 목표 성능을 달성하였다. A_1 선형에 비해서는 저항은 약 6% 감소한 대신 추진효율은 약 2%만 감소됨에 따라 결과적으로 소요 마력은 약 3% 향상되었다. 또한 Propeller plane에서의 A_3 선형의 호칭 반류는 0.553으로 예측되었다. 한편 유효 반류도 A_1 선형 수준이면서 A_3 선형의 저항이 A_2 선형과 유사하게 나타난 것은 F_3 선수 선형이 F_2 에 비해서 배수량이 감소된 것과 관련이 있는 것으로 판단되었다.

또한, 추진효율은 프로펠러 직경과 밀접한 관계가 있으므로 프로펠러 직경과 선형의 상관 관계를 알아보기 위한 시험도 실시하였으며 그 결과는 Table 4에 나

타냈다. 프로펠러 직경을 증가시켰을 때 두 선형 모두 추진 효율이 증가되었지만 Moderate-U 선형이 더욱 크게 증가되었음을 알 수 있었다. 이는 프로펠러 앞의 Skeg 부위는 프로펠러 직경을 함께 고려하여 결정해야 됨을 의미하는 것으로써, 복합선형의 Skeg부위도 적절히 설계하면 추진효율을 충분히 증가시킬 수 있음을 알 수 있다.

한편, 반류분포 조사시험의 결과 (Fig. 4)를 비교하

Table 4 Model test results (full load, propeller dia.=7.04m)

V_s	14 kts		15 kts	
	A_1+F_1	A_3+F_3	A_1+F_1	A_3+F_3
Hull form				
C_R	0.790	0.679	0.851	0.700
EHP	6,177	5,893	7,766	7,279
t	0.183	0.195	0.181	0.204
w_m	0.413	0.377	0.404	0.373
w_s	0.311	0.300	0.306	0.304
η_h	1.186	1.151	1.180	1.143
η_r	1.051	1.032	1.053	1.034
η_D	0.778	0.753	0.774	0.745
DHP	7,944	7,807	10,030	9,749

던 A_3 선미선형의 Iso-axial velocity contour가 동심원을 따라 분포하고 있어, 프로펠러 캐비테이션과 변동압력에 좋은 영향을 줄 것으로 판단된다.

4. 결 언

(1) 저속 비대선의 선미선형을 개발함에 있어서, 저저항 특성을 갖는 Buttock-flow type 늑골형과 고폭진 효율의 재래 선미 늑골선을 결합하여 우수한 저항성과 추진성능을 함께 가지는 새로운 늑골선을 창안하여 이를 실제 선형 개발에 적용하였고, 앞으로 선형 개발에의 적용 가능성을 입증하였다.

(2) 지금까지 몇가지 선형에 복합선형을 적용해 본 바로는 Pana-max B/C등과 같이 L/B 가 크고 B/d 가 작게되는 경우에는 Skeg부를 보다 비대하게 만들어 추진성능을 보다 더 향상시키려는 시도가 더 좋은 결과를 주었고, Afra-max T/C와 같이 L/B 가 작고(보통 5.5 근처), B/d 는 큰(보통 3.5 근처) 경우에는 MARAD series 선형에서와 같이 늑골선을 보다 Buttock-flow형으로 만들고 Skeg부를 Fine하게 하여 저항성능을 향상시키는 것이 좋은 결과를 준 것으로 나타났다.

(3) 복합선형을 적용함에 있어서 주요 제원을 적절히 고려할 수 있는 선형설계 자료의 축적 및 공급을 위하여 주요한 Dimension parameter 및 C_b 에 대한 계통적 모형시험이 필요하다고 생각된다. 다음의 Parameter 들이 우선적으로 고려되어야 할 것으로 생각하고 있다.

$L/B=$	5.0	5.5	6.0
$B/d=$	3.0	3.5	
$C_b=$		0.80	

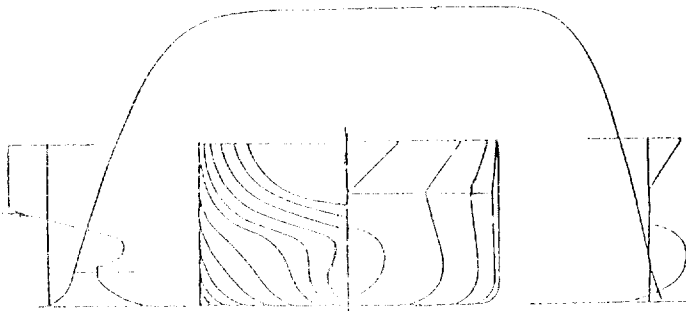
(4) 지금까지는 복합선형의 개발 및 적용에 있어서 경험 및 모형시험에만 의존하였으나, 최근의 이론적인

Viscous flow calculation 방법의 적용에 의하여 보다 효율적인 경험의 축적 및 선형개발이 가능해질 것으로 기대된다. 당사에서는 90년 4월부터 Flowtech international AB에서 개발한 'SHIP FLOW' program을 활용할 예정이다.

참 고 문 헌

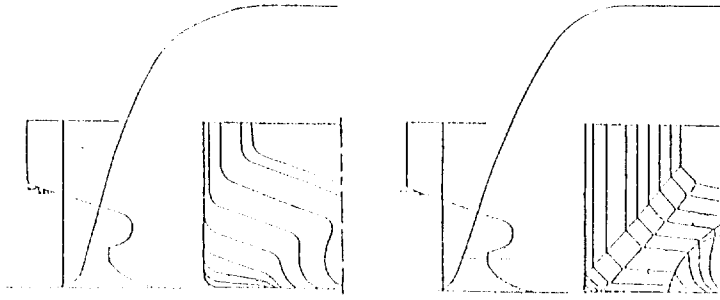
- [1] Min, K.S. and Hong, S.K., "Systematic Study for New Ship Series", PRADS '83, Tokyo and Seoul, 1983.
- [2] Jonk, A. and Rem, A., "Investigations into the Propulsive Performance of Simplified Full Hull Forms", Monograph M39, the Netherlands Maritime Institute, Sept. 1980.
- [3] Roseman, D.P., "The Marad Systematic Series of Full-Form Ship Models", The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Jersey City, N.J., 1987.
- [4] Koshiha, Y., "A Study on the Design Method of Stern Form", 74 1987.
- [5] Olofsson, H., "Model Test Reports for 280K VLCC", SSPA Report NCS. 5033-1, 2, 3 and 4, 1988.
- [6] 반석호 외, "Hull Form Development for DW Standard 280K VLCC", 한국해사기술연구소 보고서 BSI757-1354E.D, Dec. 1989.
- [7] 반석호 외, "Hull Form Development for DW Standard Series (2) 64K Bulk Carrier", 한국해사기술연구소 보고서 BSI698-1231(2) E.D, Oct. 1988.

— 부 록 —



Conventional Aft-body (A5988)

Smooth Elliptic Fore-body (V5989)



Semi-Simplified Aft-body(A5989)

Simplified Aft-body(A5990)

Fig. 1 Boby plans, stem and stern outlines with sectional area for the Daewoo parent hull form series

Table 1 Comparison of resistance and propulsive power at design draught for selected hull

Speed in knots	V5989/A5988		V5989/A5989		V5989/A5990	
	P_S in kW	Percentages	P_S in kW	Percentages	P_S in kW	Percentages
10	1,975	100	1,970	99.8	2,129	107.8
12	3,339	100	3,362	100.7	3,591	107.6
14	5,475	100	5,661	103.4	5,801	106.0
16	10,421	100	10,676	102.5	10,946	106.0
	$1+k$	1.30	$1+k$	1.25	$1+k$	1.18
Speed in knots	P_E in kW	Percentages	P_E in kW	Percentages	P_E in kW	Percentages
10	1,490	100	1,458	97.9	1,392	92.6
12	2,535	100	2,500	98.6	2,348	92.6
14	4,130	100	4,161	100.7	3,797	91.9
16	7,414	100	7,441	100.4	6,934	93.5

Table 2 Percentage power of the Verolme simplified hull form series

Percentage P_E for the loaded condition

V in Knots	4770	4770A	4770B	4770C	4770D	4770E	4770F	4770G	4770H	4770J	4770K
13	100	94.5	95.3	100.0	98.9	91.7	89.1	94.0	100.9	90.8	88.2
14	100	95.0	95.4	101.0	99.2	91.2	88.7	93.4	100.9	89.8	87.2
15	100	95.0	95.3	101.4	99.1	91.1	87.9	93.1	99.5	89.1	86.6
16	100	94.1	94.9	101.0	98.4	90.9	87.6	93.0	98.7	88.9	86.5
17	100	94.1	94.9	101.1	98.5	90.7	87.9	93.5	98.5	89.4	86.9

Percentages P_D for the loaded condition

V in Knots	4770	4770A	4770B	4770C	4770D	4770E	4770F	4770G	4770H	4770J	4770K
13	100	98.9	103.9	108.5	109.2	103.3	101.2	108.7	117.7	110.0	100.8
14	100	99.3	102.5	107.6	108.6	104.0	101.5	107.8	115.8	109.7	100.7
15	100	99.0	101.9	107.2	107.7	104.6	101.6	107.7	114.1	108.9	100.7
16	100	99.2	103.1	107.4	107.0	104.8	101.7	107.1	113.8	107.9	100.9
17	100	99.5	104.4	107.8	108.1	105.8	101.5	107.5	113.5	107.2	101.2

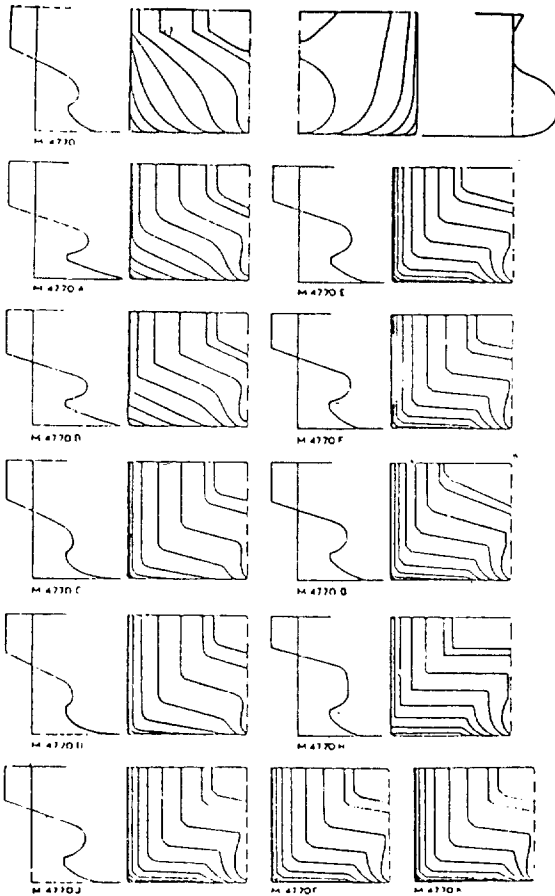


Fig. 2 Body plans for the Verolme simplified hull form series

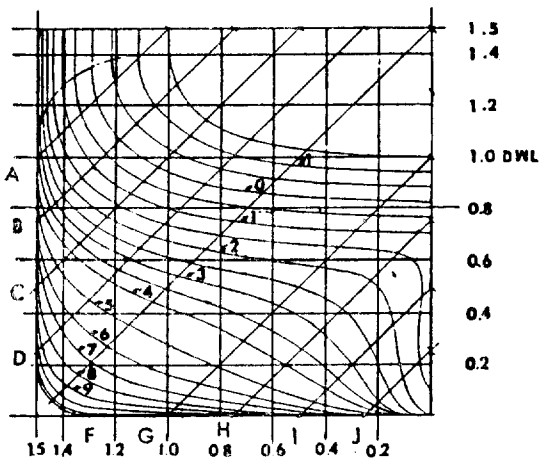


Fig. 3 Body plan for MARAD series

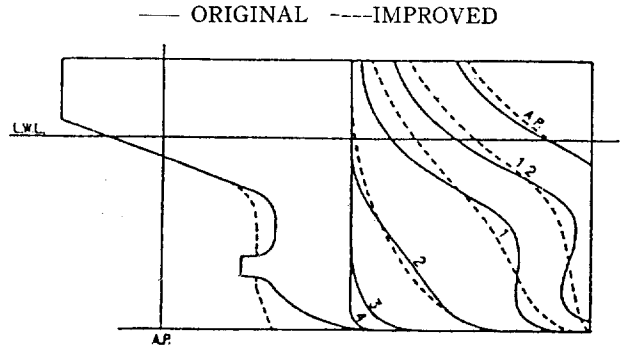


Fig. 4 Comparison of body plans between U-type and V-type hull forms

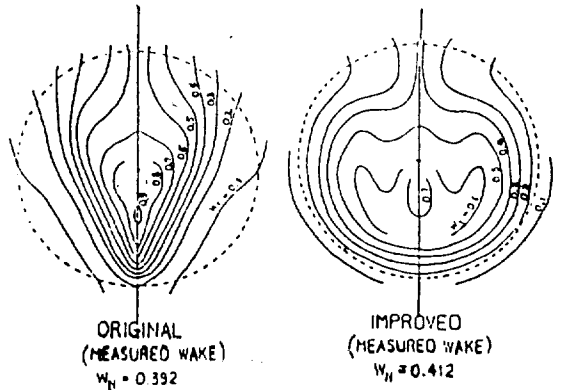


Fig. 5 Comparison of wake distributions between U-type and V-type hull forms

Table 3 Comparison of propulsive performance (full load, $V_s=16$ kts)

Hull form	Original	Improved
S (m ²)	5,140	5,200
$C_F \times 10^3$	1.519	1.519
k	0.215	0.245
$(1+k) C_F \times 10^3$	1.844	1.891
$C_w \times 10^3$	0.509	0.521
$\Delta C_F \times 10^3$	0.200	0.200
$C_{TS} \times 10^3$	2.553	2.612
EHP (PS)	5,100	5,280
t	0.190	0.160
w_m	0.374	0.416
w_s	0.308	0.348
η_k	1.170	1.289
η_r	1.019	1.019
η_o	0.581	0.565
η_D	0.692	0.742
η_t	1/1.030	1/1.030
BHP (PS)	7,590	7,340