論 文

大韓造船學會論文集
第28券 第2號 1991年 10月
Transactions of the Society of
Naval Architects of Korea
Vol.28, No.2, October 1991

복합선미선형 개념에 의한 AFRAMAX형 유조선 선형의 개발

김호충*, 이춘주*, 김수형**

Hull Form Development of an AFRAMAX Tanker with a Composite Stern Frameline Concept

by
Ho Chung Kim*, Chun Ju Lee* and Su Hyung Kim**

요 약

$C_B \simeq 0.8$, $L/B \simeq 5.5$, $B/d \simeq 3.5$의 선형치수비를 특징으로 갖는 AFRAMAX형 유조선에 복합선미 선형 개념을 적용하여 선형개발을 수행하였고, 종래 유조선에 비해 매우 우수한 선형이 모형시험을 통하여 확인됨으로써 복합선미선형 개념이 비교적 광폭천흘수(廣幅淺吃水) 특성을 갖는 선형의 경우에 더욱 유력한 것임이 입증되었으며, 이러한 치수비의 선형에 적합한 늑골선의 형태도 찾을 수 있었다.

또한 본 연구에서는 일본의 'H사'에서 '90년에 개발한 동급선형을 선택하여 이론계산 및 한국해사기술연구소에서의 모형시험에 의한 선형특성 및 성능의 비교를 수행하였으며, 그 결과 대우 선형은 종래의 "Moderate U형" 선미형상을 특징으로 하는 'H사'의 선형에 비하여 점성저항은 매우 작으면서도(형상계수 k가 0.30에서 0.18로 감소) 추진효율은 그다지 나쁘지 않아서, 만재상태나 경하상태에서 유효마력은 약10%, 전달마력은 5-6%작은 것이 확인되었고 이론계산 결과도 이런 경향을 잘 설명해 줌을 알았다. 부수적으로, 형상계수가 통상의 것보다 매우 작은 경우에는 Froude방법 및 종래의 통계에 의한 상관 수정계수에 의한 저항시험결과의 실선확장은 실선저항을 지나치게 낮게 예측해줄 위험성이 있으므로 ITTC '78방법과 같은 형상계수의 도입이 보다 바람직한 것임을 확인하였다.

Abstract

A hull form for an Aframax tanker whose form parameters cover the values of $C_B \simeq 0.8$, $L/B \simeq 5.5$ and $B/d \simeq 3.5$ has been developed by applying a composite stern frameline concept and its excellent performance has been evaluated through a series of model tests at the Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering. The tests showed that this concept was very much promising in the cases of wide breadth and shallow draught vessels and suitably applicable to the stern frameline shape. For the comparison, a hull form developed by Japanese 'H' yard has been selected and the performances of

발표 : 1990년도 대한조선학회 추계연구발표회 ('90. 11. 10)
접수일자 : 1990년 12월 28일, 재접수일자 : 1991년 4월 12일
* 정회원, 대우조선공업(주)
** 대우조선공업(주)

two hull forms were evaluated by model tests and theoretical calculations. The comparison shows that Daewoo hull form requires less effective power by 10% and less delevered power by 5−6% at both full load and ballast conditions. In addition, it is suggested that Hughes method can give better correlationthan Froude method because the full scale resistance extrapolated by Froude method would be very much optimistic in case of the hull form with very low value of form factor.

1. 서 론

유조선이나 Bulk Carrier와 같은 저속비대선의 선형개발에 있어서는 우수한 저항성능과 추진성능을 함께 갖는 혁신적인 개발은 지극히 어려운 일로 알려져 있다. 종래의 V형 늑골선 형상을 선미부에 채택한 선형은 일반적으로 저항성능이 우수한 대신 추진성능이 나쁘고 특히 추진기 위치에서의 반류분포가 불균일하여 추진기의 캐비테이션이나 선체 진동문제가 생길 우려가 있으므로 최근에는 V형 늑골선 형상을 선미부에 채택한 경우는 드물다. 또한 종래의 U형 늑골선 형상을 선미부에 채택한 선형은 보통 V형 늑골선 형상을 가진 선형보다 저항은 증가되지만 추진성능이 대단히 우수하여 소요마력이 보다 작아지고 훨씬 더 균일한 반류분포를 얻을 수 있는 것으로 알려져 있다.

현재 저속비대선의 선미선형 설계방향은 상부 계획 흘수선 부근의 늑골선을 V형화하여 저항성능을 보다 개선한 "Moderate U"형 늑골선 형상을 보편적으로 채택하고 있으며, 균일 반류분포의 확보와 추진성능 개선을 위하여 흔히 Hogner type의 선미벌브*(보통 Open type stern frame)도 함께 고려되고 있다. 재래의 늑골선 형상과 다른 바지형**(Buttok−flow형이라고도 함) 늑골선 형상이 V형 늑골선 보다도 더욱 우수한 저항 특성을 갖는 것임이 입증되어 근래에 많은 주목을 받고 있다.

그러나 획기적인 저항감소에도 불구하고 추진성능의 저하로 재래선형에 비해 소요마력을 낮출 수는 없는 것으로 보고되고 있다[1]. 광폭천흘수선(廣幅淺吃水船) 또는 여러가지 제약으로 선미배수량이 비정상적으로 큰 경우에는 바지형이 재래형에 비해 더 좋은 결과를 줄 것으로 믿어지고 있으나 아직까지는 재래 Moderate U형을 대신하여 보편적으로 쓰일 수 있는 것으로는 여겨지지 않고 있다. 그러나 Moderate U형 늑골선형상을 채택한 선미선형은 장폭비 L/B가 대략 6.0 근처나 그 이상의 경우에는 우수한 경제선형의 개발이 가능하지만 L/B가 약 5.5근처이고 B/d가 3.0보다 큰 경우에서는 저항성능이 크게 나빠져서 우수한 추진성능을 갖음에도 불구하고 오히려 소요마력은 증가하게 된다. 즉, Moderate U형 늑골선은 가장 우수한 추진성능을 추구하고 저항성능은 추진성능을 유지하는 한도내에서 최대한 개선한 개념으로 종래의 선형치수비에 대해서는 가장 좋은 결과를 주는 최선의 선형설계 방향으로 알려져 왔으나 근본적으로 U형 늑골선은 나쁜 저항특성이 있기 때문에 저항 특성을 개선하는 방향으로 선형수정을 하면 동시에 추진 성능이 나빠져서 그에 따라 소요마력의 개선은 대단히 어려워지게 된다. 이런 어려움을 극복하기 위하여 저항을 극소화 할 수 있는 바지형의 장점과 우수한 추진성능을 가진 U형의 장점을 결합한 '복합선미선형' 개념이 저자들에 의해서

---

* *Hogner type의 선미벌브* : 반류분포를 균일화할 목적으로 추진기 축을 중심으로 선형단면을 원형에 가깝게 만든 것. 균일한 반류분포를 얻을 수 있고 추진효율의 향상도 가져올 수 있으므로 현재는 거의 모든 선박에 쓰이고 있다.

** 바지형(Buttock-flow형) : 바지선에서와 같이 선저늑골선이 흘수선에 나란하게 되어 있는 선형을 말한다. 이런 선형에서는 유선이 Buttock-line을 따르는 경향을 Buttock-flow형이라고도 한다.

제안되었고 이를 PANAMAX형 Bulk Carrier 및 VLCC의 선형개발에 실제로 적용한 결과를 이미 발표한 바 있다[2].

지금까지의 연구로서 이 복합선미선형 개념이 현대적인 선형치수비를 갖는 저속비대선에 대해서 Moderate U형 늑골선을 대신할 수 있는 새로운 접근 방안의 하나가 될 수도 있음이 확인되어 이를 여러 종류의 저속비대선에 적용하기에 이르렀고 각각의 경우에 적합한 늑골선의 형상 및 선형이 모형시험을 통해 개발되고 있다.

본 연구에서는 이러한 복합 선미선형 개념을 $C_B \simeq 0.8$, $L/B \simeq 5.5$, $B/d \simeq 3.5$의 선형 치수비를 특성으로 갖는 AFRAMAX형 유조선에 적용하여 종래보다 우수한 선형개발에 성공함으로써, 복합 선미선형 개념이 광폭천흘수 특성을 갖는 선형에도 적합한 것임을 입증시켰으며 이러한 선형 치수비에 적절한 늑골선의 형상도 찾을 수 있었다. 또한 일본의 'H사'에서 '90년에 Moderate U형 늑골선을 채택하여 개발한 동급 선형을 선택하여 이론계산 및 모형시험을 수행하여 선형특성과 성능을 비교 분석하였다. 복합선미선형으로 개발된 대우선형이 종래의 Moderate U형 늑골선을 특징으로 하는 'H사' 선형에 비하여 점성저항이 매우 작으면서도(형상계수 k가 0.30에서 0.18로 감소) 추진 효율은 그다지 나쁘지 않아서, 만재상태의 설계 속력에서 모형시험 결과를 ITTC '78 방법으로 해석한 유효마력은 9.6%, 전달마력은 4.8%가 각각 작았고 경하 상태에서는 유효마력은 10.1%, 전달마력은 5.8%가 작은 것으로 확인되었다. 부수적으로 Froude방법 및 종래의 통계적인 상관수정계수에 의한 저항시험 해석으로는 형상계수가 매우 작은 경우는 기존의 선형형상과의 차이점이 고려되지 않아 실제적으로 실선 저항을 지나치게 낮게 예측해 줄 위험성이 있으므로 ITTC '78방법과 같이 형상계수를 도입하여 실선성능을 예측하는 것이 보다 바람직한 것으로 밝혀졌다.

2. 선형 특성

2.1 대우 선형과 일본 'H사' 선형의 주요제원

복합 선미선형 개념을 적용하여 개발한 대우 80K 표준선과 Moderate U형 늑골선을 선미부에 채택한 'H사'의 80K 유조선의 주요제원은 Table 1과 같다.

Table 1 Principal particulars of Daewoo and 'H' hull forms

item \ Hull Form	DAEWOO	'H'
Lpp (m)	234.00	234.00
B (m)	42.60	42.70
d* (m)	12.19	12.19
L/B	5.49	5.48
B/d	3.49	3.50
C_B	0.803	0.804
lcb (% of Lpp forward from midship)	3.3	3.0
Vs(Kts)	15.0	15.0

* d : design draught

2.2 대우 80K 표준선형의 특성

당사에서 개발한 대부분의 저속비대선에 공통적으로 채택되고 있는 선형개념은 구상선수를 가진 U형 선수선형과 Hogner 벌브를 부착한 복합선미선형과의 결합으로 되어 있다.

(1) 선수부 설계

본 선형의 lcb는 약 3.26%(Lpp forward from midship)로 선수부의 배수량의 증가에 따른 조파저항의 증가를 억제하고자 큰 배수량에서도 비교적 조파저항이 적은 U형 늑골선 형상으로 선수부를 설계하였으며, 그 특징은 대략 다음과 같이 요약할 수 있다.

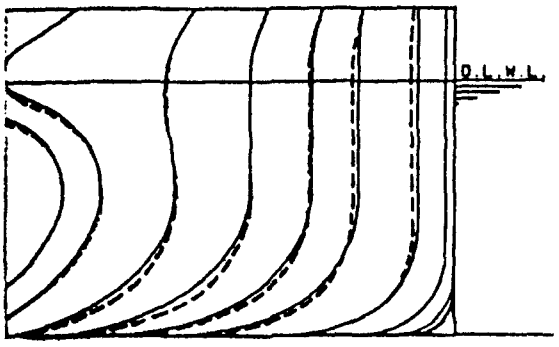
(①) 계획만재흘수선은 타원형으로 만들고 전체적으로 배수량 분포가 타원형에 가깝게 하였다.

(②) 이중구조의 화물창을 경제적으로 배치할

수 있도록 전형적인 U형 늑골선을 채택하였다.

(③) 벌브는 high-nose형**의 구상선수로 설계하였고, 구상선수 수선의 전단부를 본선체와 자연스럽게 연장시켰다. 즉, 벌브가 선수부의 부착물이 아니라 마치 선수부의 일부처럼 만들어 배의 길이를 증가시키는 효과를 얻고자 하였다.

모형시험에 의한 저항계측 결과는 만족스러웠으나, 선수파형의 관측 결과 약간의 개선이 필요한 것으로 판단되어 선수부를 최종적으로 Fig.1에서 보는 바와 같이 수정하였다.



---------- ORIGINAL
———— FINAL

Fig. 1 Daewoo fore-body hull form

(2) 선미부 설계

복합선미선형은 Buttock-flow형 늑골선과 U형 늑골선을 합성하는 것으로 스케그 부위에는 U형 늑골선을, 그리고 나머지 부분에는 Buttock-flow형 늑골선을 선택하여 Buttock-flow형의 저저항 특성과 U형 고추진효율의 특성을 동시에 달성하고자 고안된 새로운 늑골선 개념인데, 이 두가지 늑골선의 복합비율에 따라 다양한 결과가 나타난다. 즉, 스케그 부위(U형 늑골선부분)를 크게 만들면 추진성능이 좋아지나 저항성능은 저하되고(참고로 U형은 스케그 부위가 극단적으로 큰 복합선미로도 볼 수 있다.) 반대로 스케그 부위는 작게 만들어 대부분의 늑골선을 Fig.2의 MARAD선형[3]의 늑골선과 같이 Buttock-flow형으로 만들면 저항성능이 향상되나 추진성능은 저하된다.

따라서 AFRAMAX형 유조선의 선형요목에 적합한 복합늑골선의 형태를 정하기 위해서는 스케그 부위의 크기를 적절히 다르게 하여 계열-모형시험을 실시하는 것이 원칙적이면서 체계적인 접근방법이라 생각되었으나 개발기간, 경제성 등의 제약을 감안하여 보다 실질적인 방안을 모색하였다. 즉, 계열시험방안은 지양하고 통상의 표준선형개발에서와 같은 시행착오방법에 의해 선형을 개발하기로 하였다. 본 선형의 경우에는 경험적으로 보아 우수한 저항특성에 역점을 두는 것이 바람직한 설계방향으로 판단되어 스케그 크기를 기존의 개발된 복합선미선형에 비해 작게하여 선미선형을 다음과 같이 설계하였다.

(①) 선미늑골 형상은 광폭선임을 감안하여 Fig.3에 보인 복합선미선형 VLCC선미늑

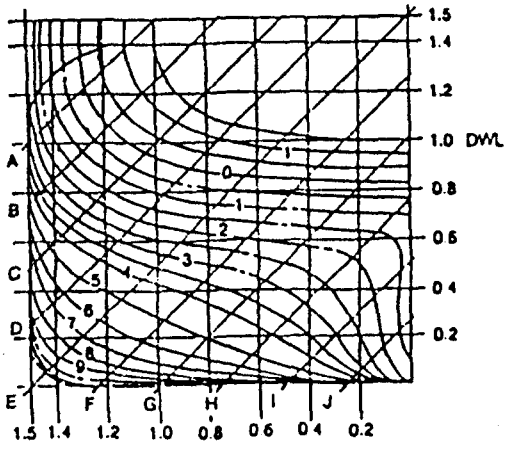


Fig. 2 MARAD aft-body hull form

** High-nose : 벌브단면이 역삼각형의 모양으로 벌브전단이 비교적 수면가까이에 위치함(Nabla type이라고함).

골선보다도 기울기를 더 완만하게 설계하여 전형적인 Buttock-flow형이 되게 함.

(②) 스케그부는 주기관과 펌프실의 배치가 가능한 범위내에서 최대한 작고 날씬하게 하여 저항성능의 향상을 도모함.

(③) Hogner type의 선미벌브형상을 채택하여 반류의 균일화를 도모함과 동시에 추진성능이 개선되도록 함.

(④) 프로펠러와 선체간의 적절한 간격을 유지하기 위하여 Transom이 만재흘수선 위에 놓이도록 Stern profile을 설계함.

(⑤) 횡단면적곡선은 기존의 복합선미선형의 경향을 참조함.

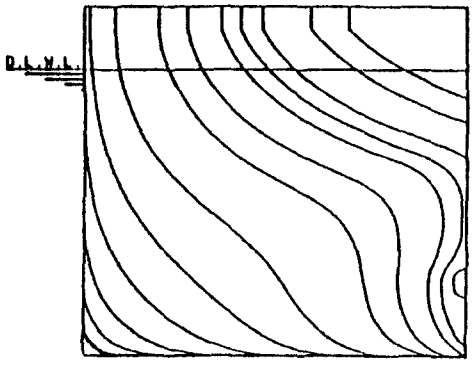


Fig. 3 Composite type aft-body form for VLCC

위와 같은 선형설계 과정과 선도의 순정작업을 거쳐 Fig.4에서 보는 바와 같은 대우 AFRAMAX형 선형이 탄생되었다.

2.3 일본 'H사' 선형의 특성

'H사'의 AFRAMAX형 유조선 선형은, 'H사'의 저속비대선에 일률적으로 적용되고 있는 'H사'의 전형적인 설계개념이라 할 수 있는 high-nose형 선수벌브를 부착한 V형 선수와 Moderate U형 선미와의 결합으로 되어 있으며, 정면도와 횡단면적 곡선은 Fig.4와 같고, 다음과 같은 선형 특성을 가진다.

(1) 선수부 설계

(①) 콘테이너선에서 흔히 볼 수 있는 전형적인 V형 늑골선을 채택함.

(②) 벌브는 high-nose형 구상선수를 채택함.

(③) 대우선형에서와 같이 벌브의 수선이 본선체수선과 곡률변화가 거의 없는 일체형으로 연결됨.

(2) 선미부 설계

(①) 전형적인 Moderate U형 늑골선 채택함.

(②) Open-water형 Stern Frame을 채택함.

(③) Hogner type의 선미벌브를 채택함.

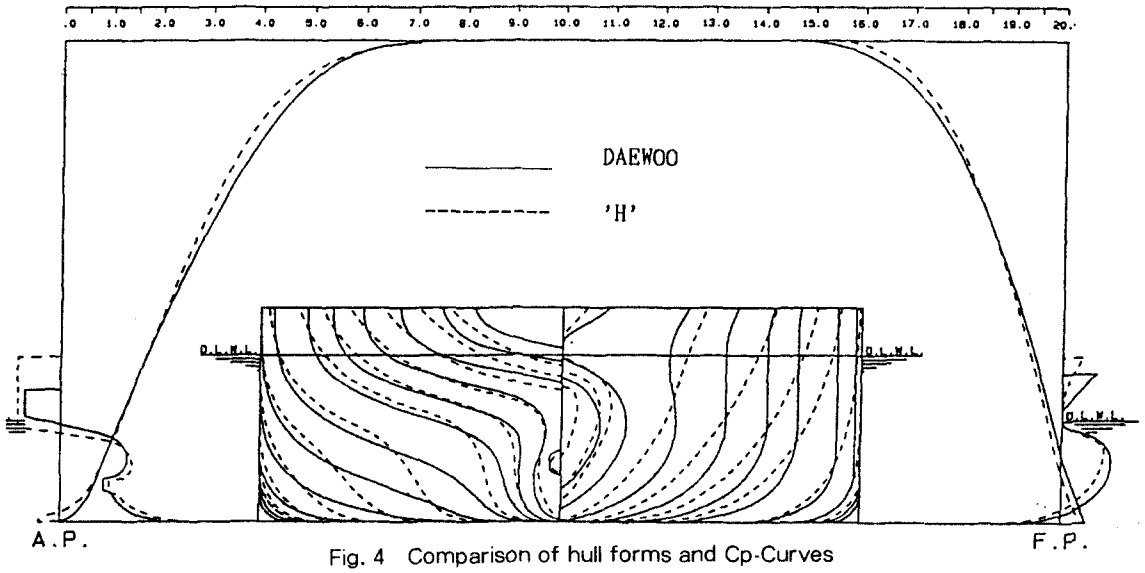


Fig. 4 Comparison of hull forms and Cp-Curves

3. 이론계산 및 모형시험에 의한 성능 검토

3.1 이론 계산

복합선미의 대우선형과 Moderate U형 'H사' 선형간의 특성을 이론적인 측면에서 비교검토하기 위해서 선미후류에 대한 점성유동을 RANSTERN CODE[4]에 의해서 계산하였으며 그 결과는 다음과 같다.

Table 2 Results of calculation(full load, Vs−15.0 kts)

Hull Form / item	DAEWOO	'H'	DIEF(%)
Reynolds No.	9609600	9609600	−
$(C_P+C_F)\times10^3$	3.034	3.192	4.8
$C_F\times10^3$	2.996	2.996	−
$C_{TM}\times10^3$	3.643	4.068	10.4
(1+k)prediction	1.033	1.276	19.1
(1+k)experiment	1.183	1.300	9.0

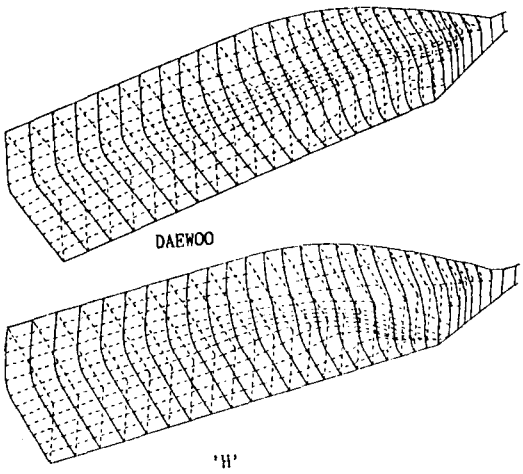


Fig. 5 Streamlines on the surface of hull forms

* 저항계수는 $0.5\ S_M V_M^2$으로 무차원화 된 것임.

C_P : 압력 저항계수

C_F : 마찰 저항계수

(C_P+C_F) : $0.3L_{PP}<\times<L_{PP}$ 구간에서 계산된 값임. C_{TM}:모형선의 전저항 계수(모형시험 결과)

k : 형상계수

Table 2에 나타낸 바와 같이 대우선형이 'H사'선형보다 점성저항이 약19% 적은 결과를 보여주며, 특히 형상저항이 매우 작은 복합선미선형의 특성이 나타나 있다. Fig.5의 선체 표면에서의 유선을 보면 대우선형의 유선은 Buttock line의 방향으로 흐르는 반면에 'H사'선형은 Buttock보다는 수선의 방향으로 흐르는 경향을 보여주어 대우선형 설계시 선미늑골선을 전형적인 Buttock flow형으로 만들어 저항을 대폭 감소시키려는 설계개념을 이론적으로 뒷받침하고 있다.

또한, 프로펠러면에서의 반류 분포는 Fig.6에서 볼 수 있는데 'H사'선형은 프로펠러면 하부에서 상부까지 강한 보오텍스가 생성됨을 예측하고 있다.

대우선형의 선미부 수선의 물모음각(RUN ANGLE)이 일반 저속비대선에 비해 큰 관계로 계산상의 어려움은 있었으나 대체적으로 복합선미선형은 점성저항이 매우 작은 계산 결과를 보여주고 있다.

3.2 모형시험

복합선미선형 개념을 적용한 대우 표준선형은 한국해사기술연구소(이하 KRISO)에서 모형시험을 통하여 '89년도에 개발되었다. 최종 선형의 형상계수 k는 0.183으로 저항의 대부분을 점유하는 점성저항이 기존선형에 비해 극히 작은 것이 확인되었고, 준추진계수가 약 0.75 정도로 추진성능도 대단히 우수한 것임이 판명되어 성공적으로 선형개발이 완료되었다.

한편 Moderate U형 늑골선으로 된 선형과의 특성비교를 위하여 'H사'의 최근 선형을 선택하였고, 해석방법으로는 KRISO에서의 Performance Prediction Method는 두 선형에 대하여 같은 상관수정계수(C_A)를 사용하므로(일반적으로 C_A는 배의 길이의 함수로 보는 경우가 많고 수조에 따라서는 길이외에 C_B와 같은 비

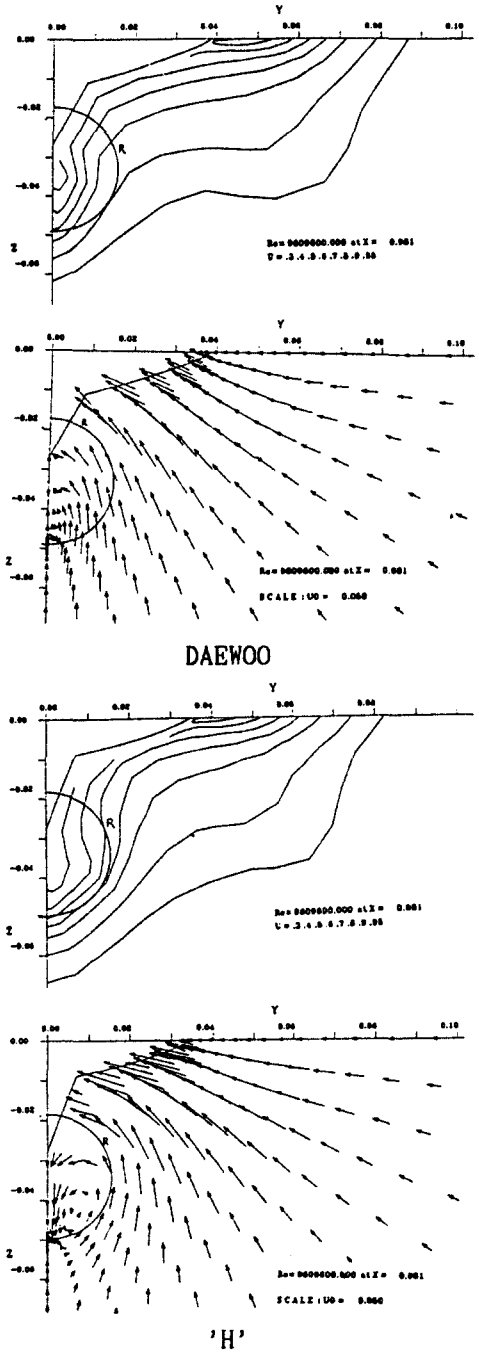


Fig. 6 Nomiual wake distributions and transverse velocity vectors at the propeller plane

척도를 고려하기도 하나 이 경우에는 길이와 비척도가 두 선형에서 거의 같으므로 종래의 Froude방법에 의한 상관수정계수는 거의 같은 값이 된다.) 올바른 비교 평가가 되지 않을 가능성도 있으므로(참고 문헌[5] 참조) ITTC '78방법을 적용하여 비교 해석하였다.

아래에 두 선형에 대한 모형시험 결과를 비교하였다. KRISO 표준방법 * 및 ITTC '78방법에 의한 해석결과를 병기하였으며, 두 선형의 성능 비교는 ITTC '78방법에 의한 해석결과 ($C_P=1.0$, $C_N=1.0$)를 기준으로 하였다.

(1) 만재상태의 모형시험 결과분석 '90년 8월에 대우선형과 'H사'선형의 동시 모형 시험을

Table 3 Results of Model Tests(full load, Vs=15.0kts)

Method / Hull / item	ITTC '78		KRISO	
	DAEWOO	'H'	DAEWOO	'H'
$C_{TS}\times10^3$	2.153	2.401	1.967	2.396
$C_W\times10^3$	0.105	0.187	–	–
$\Delta C_F\times10^3$	0.263	0.259	–	–
k	0.183	0.300	–	–
$C_R\times10^3$	–	–	0.652	1.083
$C_A\times10^3$	–	–	−0.200	−0.200
W_s	0.320	0.344	0.305	0.314
t	0.221	0.178	0.221	0.178
η_H	1.146	1.253	1.121	1.197
η_D	0.755	0.796	0.754	0.776
EHP(PS)	9,263	10,252	8,463	10,232
DHP(PS)	12,273	12,886	11,231	13,182

Table 4 Stoch propeller characteristics

Dia(M)	Z	A_E/A_O	(P/D)mean	Scale ratio
8.2	4	0.431	0.721	32.8

* KRISO 표준방법 : 모형의 저항은 'Froude방법'에 따라 실선으로 확장되며, ITTC '78방법에서와 같은 방법으로 추진계수들의 척도 효과가 고려된다. 모형선-실선 상관수정 계수값은 자체의 경험치를 사용함.

수행하여 KRISO방법, ITTC '78방법에 의해 실선 저항을 추정하였고, 그 결과는 다음과 같다.

대우선형은 저항면에서 'H사'선형에 비해 매우 우수한 결과를 보여주었으며, 추진성능도 그다지 나쁘지 않았고, 이에 비하여 'H사'선형은 매우 우수한 추진성능을 나타냈다.

(①) 'H사'선형의 경우 형상계수는 k=0.300인데 비해 대우선형은 k=0.183으로 나타나 선형설계시 형상저항을 대폭 감소시키려고 채택한 전형적인 "Buttock-flow"형의 늑골형상이 기대한 대로 저항감소에 효과가 있음이 입증되었다.

(②) 전반적인 파형은 두 선형이 모두 좋았으나, 조파저항은 V형 선수의 'H사' 선형보다 U형 선수인 대우선형의 우수함이 확인되었다.

(③) 대우선형은 저항성능의 대폭적인 향상으로 인해 만재상태의 15노트에서 'H사'선형에 비해 유효마력이 9.6% 작은것이 확인되었다.

(④) 유효 반류비는 'H사'선형이 약6% 정도 컸고, 특히 추력감소 계수 t가 0.178로 대단히 작은 특징을 보여주고 있어 선체효율이 η_H=1.253으로 매우 우수한 성능을 나타냈다.

(⑤) 추진효율은 'H사'선형이 우수하여 대우선형에 비해 5.4%높은 값을 보여준다.

이상의 결과로부터 'H사'선형이 좋은 추진성능을 나타냈으나, 대우선형이 저항면에서 대폭적인 개선으로 인해 15노트에서 전달마력이 4.8%작았고 Fig.7의 마력곡선에서 나타난 바와 같이 전속력에 걸쳐 저항성능이 우수함을 보여주고 있다.

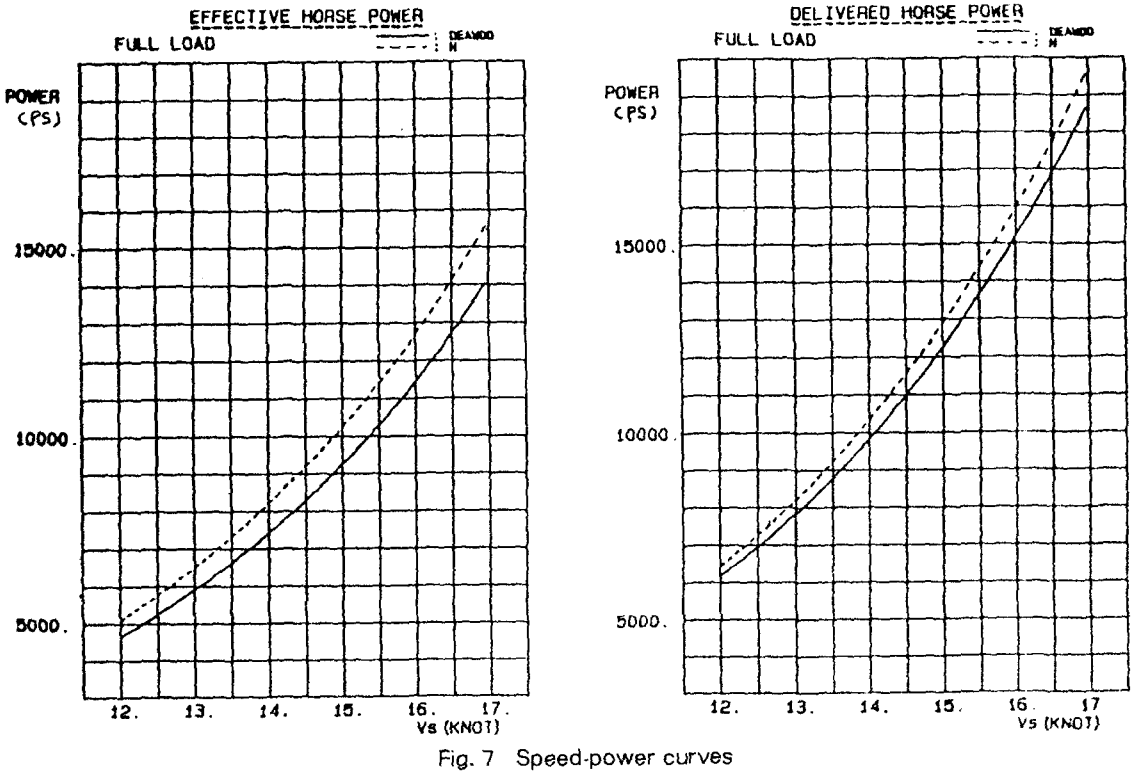


Fig. 7 Speed-power curves

(2) 경하상태의 모형시험 결과분석

Table 5 Results of Model Tests (ballast*, V_S = 16.0 kts)

Method / Hull / item	ITTC '78		KRISO	
	DAEWOO	'H'	DAEWOO	'H'
$C_{TS} \times 10^3$	2.436	2.759	2.353	2.931
$C_W \times 10^3$	0.346	0.411	–	–
$\Delta C_F \times 10^3$	0.268	0.270	–	–
K	0.190	0.360	–	–
$C_R \times 10^3$	–	–	0.910	1.480
$C_A \times 10^3$	–	–	−0.100	−0.100
W_S	0.357	0.377	0.340	0.351
t	0.231	0.193	0.231	0.193
η_H	1.195	1.295	1.165	1.243
η_D	0.779	0.816	0.772	0.787
EHP(PS)	10,159	11,306	9,810	12,011
DHP(PS)	13,048	13,855	12,716	15,264

* Ballast : d_F = 5.7m
d_A = 8.7m

위의 Table 5에 의하면 경하상태의 모형시험 결과도 만재상태와 유사한 경향을 나타내고 있어 대우 선형이 여전히 저항이 매우 낮고, 'H사'선형은 우수한 추진성능을 유지하고 있다.

(①) 'H사'선형은 형상계수가 만재상태의 k=0.300에서 경하상태는 K=360으로 상당히 커져 있음에 비해서 대우 선형은 k=0.190로 만재상태와 별 차이가 없어 형상저항은 여전히 작은 값을 보이고 있다.

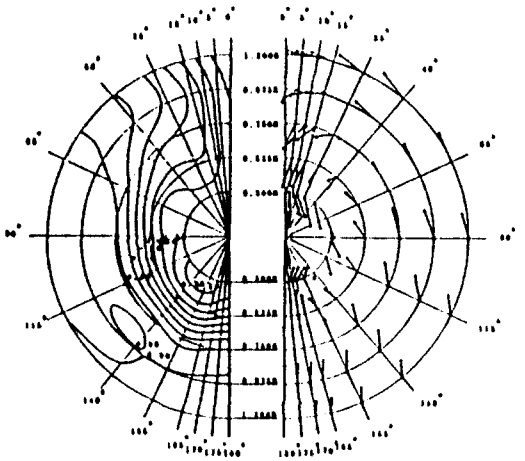
(②) 조파저항에서도 대우선형이 우수한 성능을 보인다.

(③) 유효반류비에 있어서는 'H사'선형이 5% 정고 크고 추력감소계수도 대단히 작아서 선체효율면에서 η_H=1.295로 매우 우수하였다.

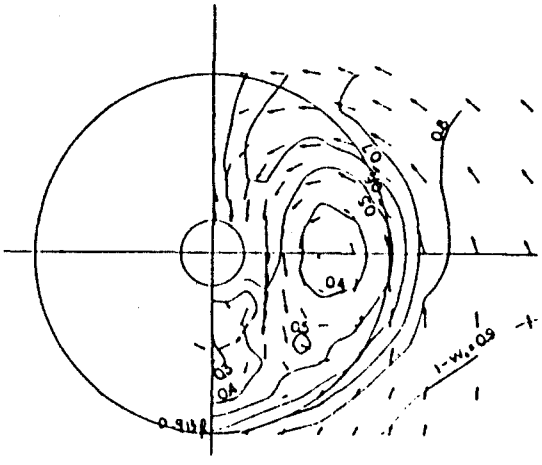
정성적으로 만재상태와 비슷한 결과를 보여, Moderate U형의 선미를 가진 'H사'선형은 높은 추진성능을 보이나 복합선미의 대우선형은 저항성능 대폭적인 향상에 힘입어 유효마력에서 10.1%, 전달마력에서 5.8%작은 결과가 확인되었다.

(3) 반류계측 결과 비교

대우 선미선형과 'H사' 선미선형은 매우 상이한 개념에서 출발하였으며 이에 따른 반류특성도 상당히 다르다. Fig.8의 반류분포조사 시험결과의 축방향속도의 등속선을 보면 대우선형은 프로펠러 하부에서 약간의 보오텍스가



DAEWOO : W_N=0.434



'H' : W_N=0.482

Fig. 8 Iso-axial Velocity contours (V_X/V) on propeller plane

형성되고, 'H사' 선형은 프로펠러 상부에서 강한 보오텍스와 박리현상(Separation)이 생성됨을 알 수 있다.

3.3 모형시험 결과의 실선저항 확장 방법에 대한 고찰

모형시험에서 계측된 두 선형의 형상계수는 Table 6과 같다.

Table 6 Form factors (k)

Hull form \ Condition	Full Load	Ballast
DAEWOO	0.183	0.190
'H'	0.300	0.360

또한 모형선에서 계측된 결과를 ITTC '78 방법과 KRISO 방법에 의해서 실선 저항으로 확장된 결과는 Table 7과 같다.

Table 7 Comparison of prediction methods

Hull form	Conditon / Power method	Full Load(15kts) EHP (PS)	Full Load(15kts) DHP (PS)	Ballast(16kts) EHP (PS)	Ballast(16kts) DHP (PS)
DAEWOO	KRISO	8,463	11,231	9,810	12,716
	ITTC '78	9,263	12,273	10,159	13,048
	DIFF.(%)*	8.6	8.5	3.4	2.5
'H사'	KRISO	10,232	13,182	12,011	15,264
	ITTC '78	10,252	12,886	11,306	13,855
	DIEF.(%)*	0.2	−2.3	−6.2	−10.2

$$* \ DIFF(\%) = \frac{(ITTC\ '78 - KRISO)}{ITTC\ '78} \times 100$$

위의 결과에 의하면 형상계수가 매우 작거나 큰 경우에는 두 방법에 의한 실선 저항추정에 있어 큰 차이를 보이고 있다. 이런 경향에 대해 저자들이 발표한 논문 [5]에서 지적했듯이 모형선—실선상관관계에 원인이 있다는 결론을 내릴 수 있다.

즉 형상계수가 매우 작은 경우에 배의 길이나 배의 비척도의 함수로 주어지는 상관수정계수 C_A는 형상의 특성이 고려되지 않고 일률적으로 절대값이 큰 음의 상관수정계수를 적용하여 해석함으로 지나치게 실선저항이 적게 추정되었고, 이와 대조적으로 형상계수가 클 경우에는 일률적으로 절대값이 작은 음의 상관수정계수에 의해 실선저항이 과도하게 추정되는 것으로 판단된다.

따라서 위의 두 선형처럼 형상특성이 매우 상이하여 형상계수 차이가 큰 경우에는 형상특성에 관계없이 모형선—실선상관계수 C_A값을 동일하게 적용하여 실선 확장한 KRISO해석 결과보다는 가급적 형상저항 개념을 도입한 ITTC '78해석 결과가 바람직하다고 여겨진다.

4. 결 론

PANAMAX형 Bulk Carrier 및 VLCC의 선형개발을 통하여 개발된 복합선미 선형 개념을 $C_B \simeq 0.8$, $L/B \simeq 5.5$, $B/d \simeq 3.5$의 선형치수비를 특성으로 갖는 AFRAMAX형 유조선에 적용하여 우수한 경제선형의 개발에 성공함으로써 이 복합선형 개념이 광폭천흘수 특성을 갖는 선형에도 적합한 것임을 입증하였으며, 이러한 선형치수비에 알맞는 늑골선의 형상도 찾을 수 있었다. 한편 선미가 Moderate U형 늑골선으로 설계개발된 동급의 선형을 선택하여 이론계산 및 모형시험을 통하여 그 성능상의 특성을 비교함으로써 복합선형의 우수성을 확인하였고, 복합선형의 모형시험 결과를 실선으로 확장할 때의 문제점도 알 수 있었다. 본 연구결과를 다음과 같이 정리할 수 있다.

(1) AFRAMAX형 유조선의 경우에는 MARAD Series 선형에서와 같이 늑골선을 보다 Buttock−flow형으로 만들고 스케그 부위를 작고 날씬하게 하여 저항성능의 향상을 도모하면 Moderate U형 늑골선을 채택한 선형보다도 만재상태 또는 경하상태 공히 좋은 결과를 가져올 수 있다. 이

런 개념으로 설계된 선형은 잘 개발된 Moderate U형 늑골선의 선형에 비하여 형상계수를 크게 낮출 수 있으며 이런 효과로 인해 유효마력을 10%정도 향상시킬 수 있다. 또, 스케그 부위를 적절히 설계 함으로써 Moderate U형 늑골선에 비해 크게 나쁘지 않은 추진성능을 유지할 수 있다.

(2) 적절한 Hogner type의 선미벌브를 채택함으로써 프로펠러면에서 비교적 균일한 반류분포를 확보할 수 있으며, 프로펠러 캐비테이션 및 선체진동 측면에서 유리하다.

(3) 거의 같은 주요제원을 갖는 경우에도 선형개념의 변화에 따라서 형상계수의 값에 큰 차이가 생길 수 있다. 따라서 Froude 방법에 의해서 모형시험 결과를 실선으로 확장할 때는 과거의 통계자료로부터 구한 모형선-실선 상관수정계수 C_A를 형상의 특성을 무시하고 적용하면 형상계수가 작은 선형의 실선 저항이 너무 낮게 예측될 위험성이 있으며 형상계수가 큰 선형의 저항은 반대로 높게 예측될 수가 있다. 선형의 형상특성을 고려한 모형선-실선 상관수정 계수의 도출은 거의 바랄 수 있으므로 Froude방법보다도 ITTC '78방법과 같이 형상계수를 도입한 저항확장방법의 채택이 바람직하고 이로인해 형상계수가 동급 선형에 비해 낮은 경우의 모형시험 결과가 지나치게 낙관적으로 될 위험을 피할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Jonk, A. and Rem, A., "Investigations into the Propulsive Performance of simplified Full Hull Forms", Monograph M39, MARIN, 1980.

[2] 김호충, 이춘주, 최영복, "저저항 고추진효율의 비대선 선미선형의 개발에 대하여", '90년 대한조선학회 춘계학술발표회, 1990.

[3] Roseman, D.P., "The Marad Systematic series Full-Form ship Models", *Trans., SNAME*, 1987.

[4] 주상선, 김성은, 김대규, "선미 후류 유동해석에 관한 연구(Ⅰ)" 대우조선 기술연구소, NO. SH9002, 1990.

[5] 김호충, 이춘주, "Froude Method or Hughes Method?-Special Experience", KTTC 저항추진분과 위크샵, 1989.

[6] 반석호 외 "Hull form Development for Daewoo Standard 80K crude Oil Tanker", 한국해사기술연구소 보고서 BS1763-1359E.D, 1989.