

“Inclined Keel” 을 이용한 컨테이너선의 추진효율 향상

서광철^{†*}, Mehmet Atlar^{*}, 김희정^{**}, 전호환^{**}, 강대수^{**}

Newcastle University, School of Marine Sci. & Tech^{*}
부산대학교 조선해양공학과^{**}

Efficient Propulsion of a Container Ship Using the Inclined Keel Concept

Kwang-Cheol Seo^{†*}, Mehmet Atlar^{*}, Hee-Jung Kim^{**}, Ho-Hwan Chun^{**} and Dae-Soo Kang^{**}

School of Marine Science and Technology, Newcastle Univ., UK^{*}
Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering., Pusan National Univ.^{**}

Abstract

Ever increasing fuel prices and environmental concerns are forcing commercial vessel operators and designers to re-assess current vessel designs with an emphasis on their propulsion systems. The most important parameter determining propulsive efficiency is the diameter of propeller. Many investigations have been carried out to adapt a large and slow turning propeller known as one of the most robust and effective way of achieving high efficiency in ship propulsion system. However, for the same vessel a further increase of propeller diameter would require the modification of the aft end while still paying attention to the hull clearance to prevent excessive propeller excited vibrations. In order to take the advantage of this approach small workboats (e.g. tug boats, fishing vessels etc.) operate in service with a significant increase of aft draught and hence resulting “inclined keel” configuration can be observed. Although it is not unusual to see large vessels sometimes to operate with stern trim to improve their operational performance and fuel efficiency, it is rare to see a such vessel purposely built with an inclined keel feature to fit a large diameter propeller for power saving. This paper investigates the application of the inclined keel configuration to a 3600TEU container vessel with the aim of fitting an 11 % larger diameter propeller (and hence resulting 17.5 % lower rpm) to gain further power saving over the similar size basis container ship with conventional “level keel” configuration.

※Keywords: Inclined keel(경사용골), IKH(경사용골형상), Container(컨테이너), Stern form(선미형상), Trim(트림), A large and slow turning propeller(대직경 저회전 프로펠러)

접수일: 2007 년 4 월 27 일, 승인일: 2007 년 6 월 13 일

† 교신저자: seo.kwang-cheol@ncl.ac.uk

1. 서론

지속된 선박연료 가격의 상승과 환경에 대한 관심은 선박 운항자, 조선공학자들로 하여금 현재의 선박 운항과 선박 추진시스템에 관하여 재평가를 강요하고 있다. 연료 절감을 위한 최적선형 개발 및 단추진기(Conventional propellers) 성능향상을 위한 많은 노력과 더불어 좀 더 효율적인 선박추진을 위한 복합추진기(Unconventional propulsors) 개발 또한 활발히 이루어 지고 있다(강용덕 등 2004, 김영기 등 1992). 추진 효율 향상을 위한 복합추진기 사용은 높은 추진 효율이 기대되지만 경제성, 복잡성 측면에서 해결해야 할 부분들이 많다. 반면에 프로펠러 직경이 큰 단추진기의 사용은 여전히 가장 간단하며 추진 효율을 향상 시키는데 있어 효과적인 방법 중의 하나로 알려져 있다.

기본적인 프로펠러 유체 이론(Rankine 1865)을 이용하여 큰 단면적과 낮은 추력계수를 가진 프로펠러의 높은 추진 효율을 증명하는 것은 진부한 일일 것이다. 프로펠러 효율을 결정하는 가장 중요한 파라메터인 프로펠러 직경은 프로펠러와 선체와의 간격(Hull Clearance) 을 적절히 유지하면서 선박이 수용할 수 있는 가장 큰 것을 선택해야 한다. 하지만 직경이 큰 프로펠러의 높은 효율도에 이에 맞는 프로펠러 회전수를 선택했을 때 만이 실현 가능하다. 이러한 대직경 저회전 프로펠러를 활용한 연료 절감 효과를 연구한 다양한 논문들이 발표되었다 (김현열 등 2004, 최영복 등 2004, Kadoi 1980, Ashidate and Onogi 1981, Della and Cappelli 1981, Ciping et al. 1989). 주어진 선형에 큰 직경의 프로펠러의 공간을 만드는 방법으로 터널선미 (Tunnel Stern)사용 또는 대직경 프로펠러의 충분한 잠김 깊이를 확보하기 위한 선미흘수를 증가시키는 방법이 있다. 직경이 큰 프로펠러 날개 끝이 용골선 밖으로 나오도록 설계가 가능하나 이는 추진효율 감소 및 선박 도킹(docking)의 문제점이 예상된다. 선미 흘수 증가는 프로펠러 날개 끝이 용골선(Keel Line) 밑으로 나오는 것을 피하기 위해 경사용골 형상(Inclined Keel: 선미 흘수가 선수 흘수 보다 큰 흘수 상태)이 될 것이다.

터널선미형상을 가진 선박은 주로 수심이 얇은 내

륙 운송수단으로 사용되고 있다. 터널은 직경이 큰 프로펠러를 사용할 수 있기 때문에 높은 추진효율을 만들 수 있다. 이러한 선미형상은 Burmeister and Wain 에 의해 만들어진 비교적 큰 12,000 톤 단추진기 선형에 적용되어 큰 연료절감 효과를 보인 바 있다(Motorship 1981). 하지만 엔진 회사인 Wärtsilä Diesel 에 의하면 터널선미를 대형상선에 적용 시 이를 통해 얻어지는 효율이 복잡한 선형에 따른 추가적인 투자비용을 회수하기 어렵다고 보고하였다(Motorship 1990). 터널선미의 적용과 비슷하게, 경사용골 형상 또한 상대적으로 작으면서 큰 동력을 필요로 하는 선박, 예를 들어 어선, 예인선 등에 사용되고 있다. 그러나 연료 절감을 위한 경사용골 형상의 대형 상선 적용은 현재까지 없는 것으로 알고 있다.

한편으로는 저항/자항 성능 또는 운항성능 향상을 위하여 선미트림 상태로 운행하는 선박을 보는 것은 어렵지 않을 것이다. 아울러 최적의 운항상태에 대한 연구도 꾸준히 이루어 지고 있다(양지만 등 2006). 그러나 이러한 선형의 선미 형상은 에너지 절감을 위한 큰 직경의 프로펠러를 설치하기 위한 목적으로 설계되었거나 건조되지 않았다. 비록 경사용골 개념은 어느 선형에든 적용가능하나, 일반 선형보다 선미흘수가 깊기 때문에 수심이 얇은 항구나 천수 지역을 자유롭게 운행하기 위해 발라스트를 이용한 흘수변경을 할 수 있도록 화물 적재 상태에서도 내부에 충분한 발라스트와 발라스트 탱크를 확보하고 있는 선형에 적합할 듯 하다.

이 연구의 주요 목적은 선박의 운항상 또는 안정성 등의 문제 때문에 프로펠러의 직경을 키우기 어려운 컨테이너 선에 경사용골 설계개념을 적용하여 대직경 저회전 프로펠러를 통한 에너지 절감 효과를 이루고자 한다. 본 연구에서 선택한 기준선형은 이미 모형실험을 수행한 3600TEU 파나막스급 컨테이너 선을 선택하였으며 경사용골 향상이 선박 유체동역학적 특성에 어떤 영향을 미치는지 밝히는데 연구 목적이 있다.

본 논문에서 다루고자 하는 내용은 경사용골 설계개념의 간단한 정의, 기준선형의 선택, 기준선형에 대응하는 경사용골 선형개발을 포함한다. 또한 두 선형의 비교우위를 위하여 수치유해석을 통한

유체역학적인 특성(선체저항, 추진성능, 케비테이션, 압력변동)을 분석할 것이며 본 논문에서는 위의 연구 내용 및 결과를 포함한다.

2. 경사용골 설계 개념

본 논문에서 선택한 기준선형은 선수미의 흡수가 똑같은 상태의 등흡수(Even keel)상태로 설계된 일반적인 선형이다. 물론 이 선형은 선미흡수가 선수흡수보다 큰 선미트림 상태로 운행이 가능하며 이와 관련된 운항상태는 Fig. 1 에 도식하였다.

경사용골 선박은 선박의 선미형상을 직경이 큰 프로펠러를 설치하기 위해 설계된 선형이다. 대양의 운항상태에서는 프로펠러의 충분한 잠김 깊이와 안정성을 위해 선미흡수가 선수흡수 보다 큰 상태가 되며 이는 자연스럽게 1도 미만의 작은 경사 용골 각도를 나타낸다. 그러나 경사용골 개념 사용은 다음과 같이 두 가지로 해석이 가능하다.

경사용골-A : 본 선형은 선미흡수가 선수흡수보다 큰 상태의 조건으로 디자인 및 내부 구조물도 이에 맞게 설계되었다. 화물을 적재하고 대양에서의 운항 상태는 용골선(keel line)이 기선(baseline)과 비교하여 경사가 저있다. 항구나 천수(shallow water)등 수심의 제한이 있는 경우 발라스팅 시스템을 이용하여 등흡수로 운행이 가능하다. 이에 대한 항구나 대양에서의 운항 자세는 Fig. 2 에 나타내었다.

경사용골-B: 본 선형은 기준선형과 마찬가지로 선미흡수와 선수흡수가 똑 같은 상태의 조건으로 설계

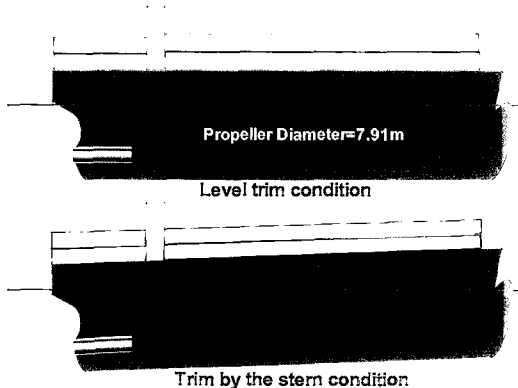


Fig. 1 Basis hull

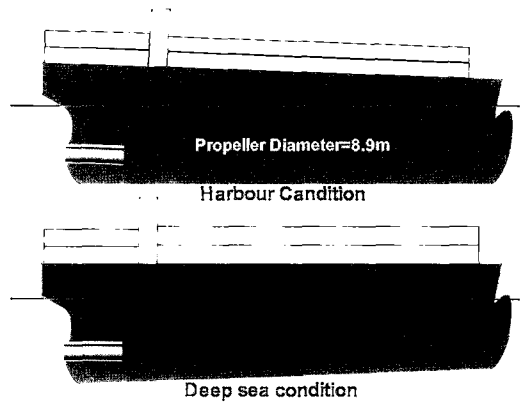


Fig. 2 Definition of inclined keel hull (IKH-A)

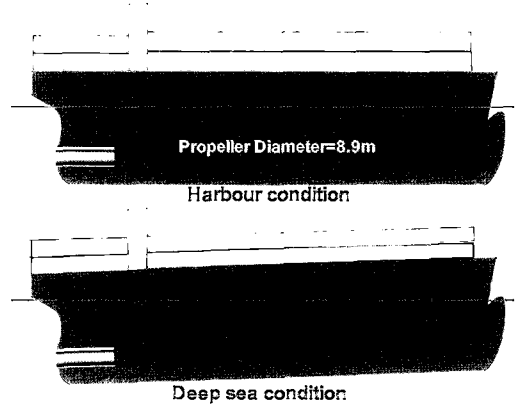


Fig. 3 Definition of inclined keel hull (IKH-B)

된 일반적인 선형이다. 그러나 이 선형은 항구 출발이나 도착 시에는 등흡수로, 대양항해 상태에서는 프로펠러의 충분한 잠김 깊이와 선박안정성을 위해 적절한 선미트림으로 운항되도록 설계되어 있다. 경사용골-A 처럼 항구나 천수 (shallow water)등 수심의 제한이 있는 경우 발라스팅 시스템을 이용하여 등흡수로 운행이 가능하다. 이에 대한 항구나 대양에서의 운항 자세는 Fig. 3 에 나타내었다.

비록 경사용골-A 와 B 두 선형 모두 대양운항은 “ 경사용골” 의 개념을 가지고 운행을 하여 대직경 프로펠러로 인한 추진효율 증가가 기대 된다. 본 논문에서 주로 다룰 유체역학적 성능 측면에서 두 선형 모두 대양에서의 운항 중 수선면 아래의 형상은 비슷하기 때문에 비슷한 성능을 낼

것으로 예측된다. 하지만 경사용골-A 형상은 일반 선형에 비교하여 건조비용이 증가할 것으로 예상되며 B 형상이 좀 더 현실적일 것으로 생각된다. 그러므로 본 연구에서는 경사용골-B 형상을 기준 선형의 경쟁 선형으로 고려한다.

3. 기준선형의 선택 및 경사용골 선형 개발

경사용골 선박은 선박의 운항 조건을 발라스트를 조절하여 대양에서는 선미트림 그리고 수심제한 구역에서는 등흘수로 조절할 것이다. 어느 선종이 발라스트를 더하지 않고 기존의 발라스트 양을 조절하여 자유롭게 운항조건을 바꿀 수 있을까? 또한 발라스트 운항 시 큰 직경의 프로펠러가 충분히 잠기지 않으면 프로펠러 날개에 과도한 로딩과 함께 깊은 선미흘수로 인한 침수표면적의 증가로 인한 저항의 증가가 우려되어 상대적으로 발라스트 운항상태가 적은 선종을 선택하는 것이 좋을 것이다.

이와 같은 질문으로부터 왜 컨테이너 선이 이 경사용골 개념을 적용하기 적합한지 확인하여 보자. 우선 컨테이너는 선박안정성을 위한 GM 확보를 위하여 충분한 수선면적(waterplane area)이 필요하기 때문에 직경이 큰 프로펠러를 위한 선미형상 변형은 쉽지 않다. 또한, 컨테이너 선은 갑판 위의 많은 양의 컨테이너를 적재하기 때문에 무게중심이 높아 무게 중심을 낮추기 위해 많은 수천 톤의 발라스트 양을 채운다. 마지막으로 컨테이너 선은 다른 선종에 비하여 발라스트 운항 상태가 적다.

위와 같은 이유로 본 연구에서는 3600TEU 파나막스급 컨테이너 선을 기준선형으로 선택하였으며 정면도(Body Plan)와 선형의 주요치수를 Fig. 4 와 Table 1 에 나타내었다.

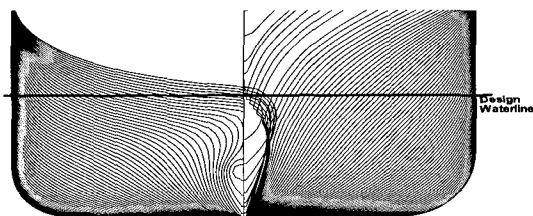


Fig. 4 Body plan of the basis hull (BH)

Table 1 Main particulars of basis hull (BH)

Length (pp) (m)	232.80
Breadth (m)	32.20
Draught (m)	11.30
C_B	0.597
Propeller Diameter (m)	7.91

경사용골 선형 개발은 아래의 4 가지 디자인 조건을 고려하여 기준선형의 선수부분과 선미부분을 주의 깊게 변경하고자 한다.

1. 선미측면도 및 단면설계(Stern profile and section design): 기준선형의 선미에 직경이 큰 프로펠러의 공간과 프로펠러에 의해 유기되는 선체 진동을 방지하기 위하여 선체와 추진기 사이의 적절한 틈 간격을 확보하기 위해서는 선미 측면도 (Stern profile)의 변경이 필요하다. 또한 프로펠러의 직경 증가에 따른 반류 흐름이 감소하여 낮은 반류 계수때문에 선각효율 감소가 예상된다. 이에 따라 반류 분포 향상과 선체 형상저항을 최소화하는 선미형상이 필요하다.

2. 선수측면도와 단면설계(Bow profile and section design): 경사용골 선형이 대양상태의 운항조건에서는 선수흘수가 줄어들기 때문에 선수벌브의 상당한 부분이 물 밖으로 나와 조파저항과 운항성능에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 이를 방지하기 위해 줄어든 선수흘수에 벌브가 최적의 성능을 발휘하도록 선수 측면도(Bow profile)와 선수벌브 형상을 적절히 조화시켜야 한다.

3. 수선면적(waterplane area): 경사용골 선형은 기준선형에 비하여 흘수선이 줄어들기 때문에 이는 수선면적의 감소로 이어져 가로 메타센터 반경 (BM)이 줄어든다. 컨테이너의 충분한 적재를 위해서 최대한의 수선면적을 확보해야 한다.

4. 배수량(Displacement): 컨테이너 적재 공간을 확보하기 위하여 기준선형과 비슷한 공간을 확보해야 한다.

위의 4 가지 선형 디자인 조건을 고려하여 기준선형의 프로펠러보다 약 11%증가한 8.8m 프로펠러를 기준선형에 설치하기 위하여 Table 2 에 나와 있는 프로펠러 주요치수를 기준으로 경사용골 선

Table 2 Particulars of propeller clearance

	Basis Hull	IKH hull
Distance from baseline to propeller lower tip (m)	0.075	0.15
Propeller Diameter (m)	7.91	8.8m
Distance from propeller upper tip to hull (m)	2.22 (28% D)	2.46 (28%D)
Distance from baseline to hull at propeller plane (m)	10.20	11.41

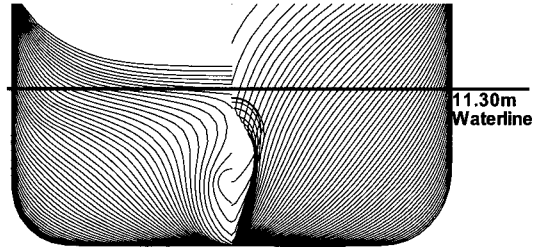


Fig. 7 Body plan of the inclined keel hull

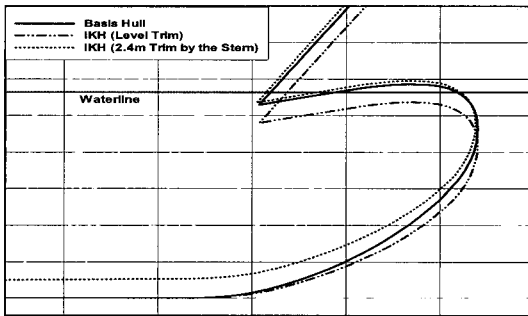


Fig. 5 Bow profile modification for a larger propeller

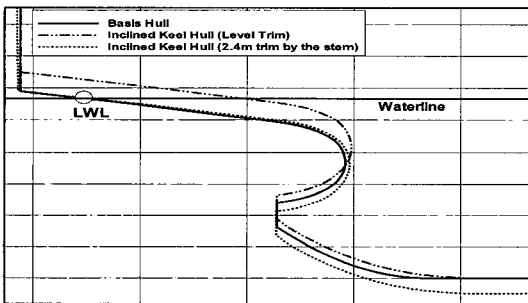


Fig. 6 Stern profile modification for a larger propeller

형을 개발하였다. Fig. 5 와 Fig. 6 은 경사용골 개념을 적용하여 설계한 선수미 측면도(profile)를 기준선형과 비교 하였다. 경사용골은 프로펠러의 충분한 잠김 깊이와 선박 안정성 운항을 위하여 대양에서 2.4m 선미트림으로 운항을 할 것이다. 설계된 경사용골선형의 등흘수 상태에서의 정면도는 Fig. 7 에, 그리고 설계흘수에서의 유체정역학적

Table 3 Comparison of main hydrostatic particulars of Basis hull and Inclined keel hull

Main Dimension	BH	IKH (even)	IKH (trim)
Length (pp) (m)	232.8	232.8	232.8
Breadth (m)	32.2	32.2	32.2
Draught T_{aft} (m)	11.3	11.3	12.5
Draught T_{fwd} (m)	11.3	11.3	10.1
C_b	0.597	0.596	0.605
C_{wa}	0.803	0.788	0.813
KB	6.337	6.298	6.290
WSA(m^2)	9333	9244	9396
Propeller dia. (m)	7.91	8.8	
Tip clearance (%)	28%D	28%D	
Inclined keel angle	0.00	0.00	0.55-0.60

값들은 Table 4 에 나타내었다. 경사용골 선박은 등흘수 상태에서 수선면적과 KB의 감소로 인하여 컨테이너 적재 개수의 감소가 예상되어 컨테이너 하중 계산을 통한 정확한 수치를 계산해야 할 것이다.

4. 유체역학적 성능 분석

4.1 저항성능 및 반류 분포 예측

증가된 프로펠러 직경으로부터 효과적인 추진효율을 얻기 위해서는 경사용골의 선체효율과 저항을 최적화하여야 한다. 그렇지 않으면 기대되는 프로펠러효율로부터 얻어지는 이득이 저항의 증가와 선체효율의 감소로 인하여 상쇄될 것이다. 만약에 경사선형의 선미형상이 기준선형의 형상과

비슷하다면 선체효율은 증가된 프로펠러 직경으로 인한 반류계수의 감소 때문에 줄어든 것이다. 하지만 역으로, 반류계수의 증가로 인해 형상 저항의 증가가 예상된다. 그러므로 저항과 반류특성상의 상반되는 균형을 조절하기 위해서는 경사선형의 선미형상 최적화가 중요하다. 기준선형 및 최적선형의 저항과 반류특성을 분석하기 위한 유동해석 상용프로그램인 SHIPFLOW (Flowtech 2007)를 사용하였다.

4.1(a) 저항분석

기준선형과 경사용골선형의 수치계산은 $Fn=0.252$, 그리고 $Rn=1.76E+07$ 의 조건에서 수행하였다. 두선형에 대한 수치계산 결과는 아래의 Table 4 에 나타내었다. 계산결과를 살펴보면 조파저항계수는 기준선형에 비하여 3.4% 감소하였지만 기준선형과 비슷한 반류계수를 얻기 위한 선미형상의 변형으로 인한 형상저항의 증가와 큰 침수 표면적 때문에 전 저항은 약 0.8%증가하였다. Fig. 8 은 기준선형과 경사용골 선형의 파형을 비교한 그림이다.

4.1(b) 반류분석

프로펠러 주위에서의 유속의 흐름 분포는 프로펠러 설계 및 성능 그리고 저항성능에 큰 영향을 미치는 중요한 설계변수이다. 기준선형의 수치계산을 통한 반류 분포는 Fig. 9 에 나타내었으며 Fig. 10 은 모형실험을 통하여 계측된 반류 분포이다. 수치계산과 모형실험을 통하여 얻은 반류 분포는 서로 어느 정도 일치하지만 개선의 여지가 필요하다. 경사선형의 반류분포예측 정도를 향상시키기 위하여 기준선형의 수치해석과 모형실험의 반류 차이를 나타내는 반류보정 계수(wake calibration factor)를 도입하였다. 이 반류보정 계수는 경사선형의 반류분포 예측 정도를 높여줄 것이다. 경사선형의 3-D 반류 수치해석결과는 Fig. 11 에 그리고 반류분포 예측 정도 향상을 위해 도입한 반류보정 계수가 적용된 반류분포도는 Fig. 12 에 나타내었다. Fig.13 은 기준선형과 경사선형의 프로펠러 반경 방향 반류 분포에 대한 비교를 보여 주고 있다.

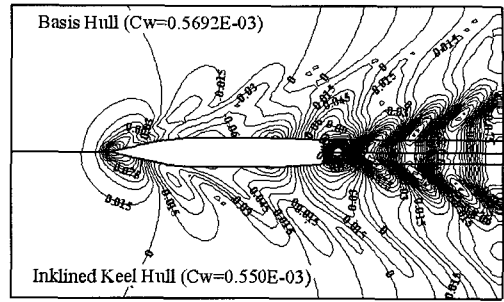


Fig. 8 Comparison of wave contours from potential flow analysis, Top = basis hull; bottom = inclined keel hull.

Table 4 Comparison of the resistance characteristics at design draft (11.30m)

	Computation		
	BH	IKH (2.4m Trim)	Diff.(%)
Cw	5.69E-04	5.50E-04	-3.34%
1+k	1.142	1.158	1.40%
Cf	1.37E-03	1.367E-03	0 %
(1+k)Cf+Cw	2.13E-03	2.133E-03	0.13%
Rw (kN)	414.7	403.6	-2.67%
Rt (kN)	1552.5	1565.5	0.83%

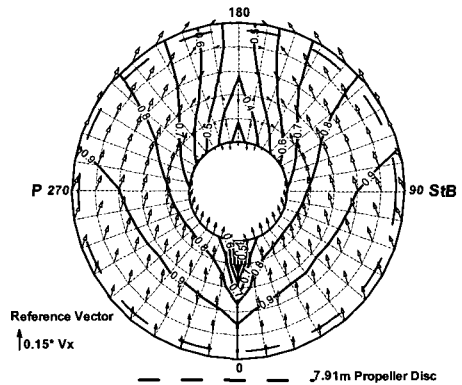


Fig. 9 Wake distribution of the basis hull from CFD

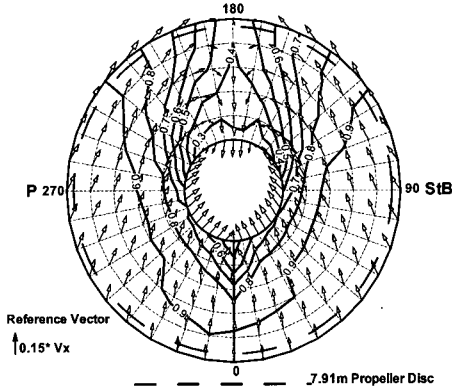


Fig. 10 Wake distribution of the basis hull from experiment

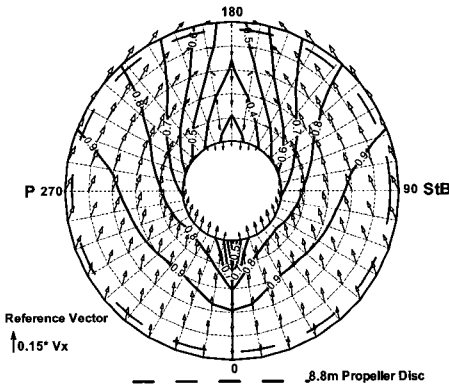


Fig. 11 Wake distribution of the inclined keel hull from CFD

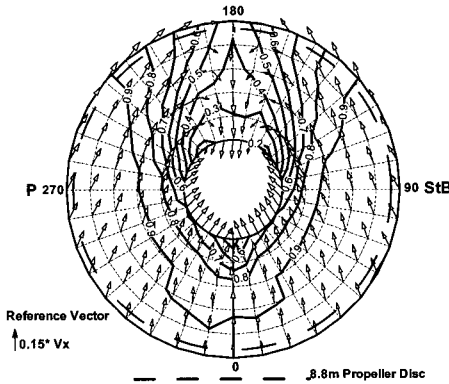


Fig. 12 Wake distribution of the inclined keel Hull from CFD-calibrated

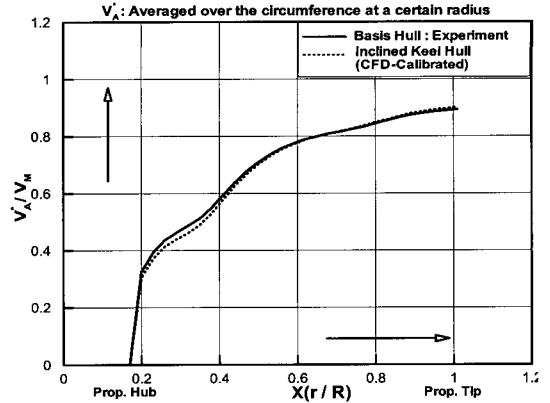


Fig. 13 Comparison of the circumferential mean wake distribution

선체효율과 관련된 평균 공칭반류값은 기준선형에서 0.235 그리고 경사선형에서 0.236 을 얻었다. 그러므로 경사선형은 기준선형의 선각효율과 비슷한 효율이 기대되나 선체저항은 약 0.8% 증가하였다. 비록 저항의 증가로 인한 연료 효율의 증가 폭은 크지 않겠지만 반류분포와 저항성능 향상을 위한 선형 최적화 작업을 통한 효율 증가의 개선 여지가 남아 있다.

4.2 추진성능 분석

두 선형의 동등한 추진성능 비교를 위하여 기준 선형의 프로펠러 모형실험 데이터는 사용하지 않았다. 기준선형과 경사선형의 최적 프로펠러는 Wagenigen B-계열과 Burrill's 케비테이션 도표를 기준으로 하여 설계하였다. 평균 공칭반류는 기준선형의 모형실험 값과 경사선형의 수치해석과 반류보정 계수를 통하여 얻은 값을 사용하였다. 추력감소 계수는 비슷한 선체저항과 반류값으로 인하여 두 선형이 같은 값을 가지는 것으로 가정하였다. 이러한 가정은 추가적인 해석과 모형실험을 통하여 확인할 필요가 있다.

경사선형의 프로펠러 직경은 기준선형의 7.91m에서 약 11%증가한 8.8m 를 선택하였다. 최적 설계를 통하여 얻은 프로펠러의 주요 제원들은 Table 4 나타내었다. 대직경 저회전 프로펠러의 선택은 기준선형에 비하여 프로펠러 단독효율의 3.3%증가를 가져왔다. 그러나 프로펠러 회전이

Table 5 Comparison of the propeller principal particulars

	BH	IKH
Blade Number (Z)	5	5
Propeller Dia. (m)	7.91	8.8
BAR	0.72	0.62
P/D	1.15	1.2
rpm	87.53	72.21
η_o	0.669	0.691

Table 6 Comparison of the propulsive performance

	BH	IKH
P_E (kW)	19166	19327
t	0.16	0.16
w	0.235	0.236
η_o	0.669	0.691
η_H	1.098	1.099
η_R	1	1
η_D	0.735	0.759
P_D (kW)	26092	25450

기준선형에 비하여 약 17% 감소하여 이를 운행할 수 있는 새로운 엔진 선택이 필요하다. 설계속도(24knots)에서의 동력 성능과 추력계수의 비교 결과는 Table 5 에 포함되어 있다. 경사선형의 준 추진효율은 프로펠러 단독효율의 증가로 인하여 기준선형보다 약 3.4% 증가하였다. 결과적으로 경사선형의 적용으로 인하여 약 2.4%의 전 달동력의 절감을 달성할 것으로 기대한다.

4.3 케비테이션 및 선체 변동압력 분석

주어진 반류 분포에서 케비테이션과 프로펠러로부터 유기되는 선체 변동압력을 계측하기 위하여 UPCA91 (Lifting surface based unsteady propeller analysis code)를 이용하여 기준선형과 경사선형에 대하여 분석하였다. Fig.14 는 wake shadow 근처에서의 무차원화된 케비타 양을 나타내며, 경사선형에서 크게 감소하였음을 알 수 있다. Fig. 15 에 나와 있는 선체 변동압력 또한 크

“Inclined Keel” 을 이용한 컨테이너선의 추진효율 향상

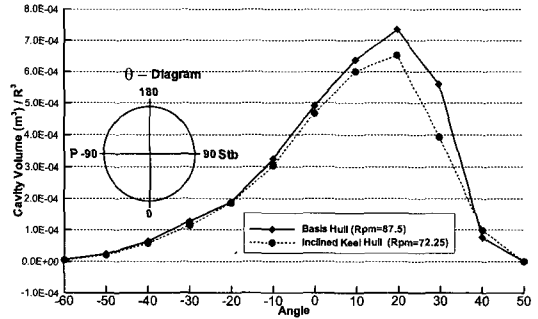


Fig. 14 Comparison of the non-dimensional cavity volume

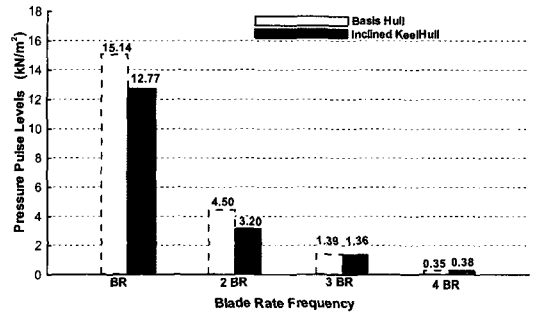


Fig. 15 Comparison of the hull surface pressure pulses

Table 7 Comparison of propeller tip speed and tip clearance

	BH	IKH
V_{tip} (m/s)	36.25	33.37
Tip Clearance m)	0.28*7.91	0.28*8.8

게 감소하였다. 이는 경사선형의 프로펠러 날개 끝 속도의 감소와 프로펠러와 선체간의 충분한 간격을 유지하고 있기 때문이다(Table 7 참조).

5. 결론 및 고찰

대직경 저회전 프로펠러를 통한 연료절감 효과를 얻기 위한 설계 방법으로 어선이나 예인선에 주로 사용되고 있는 경사선형 방법을 대형 상선에 도입하였다. 본 논문은 경사용골의 개념, 기준선형

으로부터의 경사선형 설계 방법 및 운항 조건, 마지막으로 수치해석을 통한 유체역학적인 성능추정과 같은 일련의 과정을 기술하였다.

본 논문에서는 선형최적화와 모형실험을 통하여 검증된 3600TEU 컨테이너 선을 기준선형으로 사용하였다. 경사선형의 프로펠러 직경은 기준선형의 7.91m 에서 약 11%증가한 8.8m 를 적용하여 다음과 같은 내용을 도출하였다.

1) 다른 선종에 비하여 발라스트 운항상태가 적고 내부의 발라스트 양을 이용하여 운항자세를 쉽게 바꿀 수 있는 컨테이너선형이 경사선형 방법을 적용하는데 유리하다.

2) 기준선형에 비하여 등흘수 조건에서 경사선형의 수선면적의 감소와 선미배수량 감소로 인한 컨테이너 적재의 감소가 예상된다. 선형최적화 과정 중 선수부분의 선형설계 작업은 줄어든 수선면적과 배수량을 만회하는 방향으로 진행되어야 한다.

3) 경사선형의 대양에서의 운항조건은 침수표면적의 증가(약 0.7%)로 인하여 선체 저항이 증가하였다. 하지만 대직경 저효율 프로펠러의 도입으로 인한 추진효율의 증가로 설계속도에서 약 2.4%의 연료절감 효과를 보였다. 분명한 점은 기준선형은 잘 설계된 선형이며 경사선형은 아직 최적화 과정을 통한 효율증가의 여지가 있다.

4) 경사선형의 프로펠러 작동에 의한 케비티 양과 선속 변동압력은 기준선형에 비하여 많이 개선되었음을 알 수 있다.

후 기

The Authors gratefully acknowledges valuable data and comments received from Daniel Winters of Orbis Marine Consultant Ltd. during the course of this study. Many Thanks also to MPC Marine, Hamburg, for permitting the use of the basis model test data and Mr George Snaith of Ex-BSRA for his inspiring discussions with the Authors.

The principal Author's postgraduate study has been supported by the Korea Science and

Engineering Foundation Grant (No.M06-2004-000-10539). Part of this project is also supported by Advanced Ship Engineering Research Center(ASERC) through of KOSEF funding.

참 고 문 헌

- 강용덕, 김문찬, 전호환, 2004, "편재된 비대칭형 전류고정날개 추진시스템에 관한 연구," 대한조선학회 논문집, 제 41 권, 제 3 호, pp. 13-21.
- 김영기, 이창섭, 백명철, 유재훈, 1992, "상반회전 프로펠러의 성능 추정에 관한 연구," 대한조선학회 추계학술발표회, pp. 336-342.
- 김현열, 김문찬, 전호환, 2004, "궤도 차량용 물 분사 추진 장치의 임펠러 직경 변화에 따른 성능 비교," 대한조선학회 추계학술발표회, pp. 508-514.
- 양지만, 이신형, 김효철, 2006, "대형유조선의 저항 추진성능에 미치는 자세변화의 영향에 관한 연구," 대한조선학회 논문집, 제 43 권, 제 3 호, pp. 275-284.
- 최영복, 황윤식, 장영훈, 김병국, 2004, "추진기 최적 파라메타 선정에 대한 고찰," 대한조선학회, 추계학술발표대회, pp. 556-564.
- Ashidate, I. and Onogi, H., 1981, Development of Stern Shape Suitable to Equip with a Low-rotation/Large Diameter Propeller, Nippon Kokan Technical Report, pp. 47-54.
- Ciping, J., Liangquan, C. and Weiming, T., 1989, "Investigation on Resistance and Propulsive Qualities of Large Full Ship with Low Revolution Large Diameter Propeller," Inter Symp On Ship Resistance and Powering Performance, pp. 184-190.
- Della Loggia, B.D.L. and Cappelli, S., 1981, "Experiments on Propulsive Arrangements with Slow Turning Large Diameter Propellers," Bulletin De L'association Technique, Maritime et Aeronautique, pp. 479-505.
- Flowtech, 2007, "Developer of Software for Computational Fluid Dynamics,"

<http://www.flowtech.se>

- Kadoi, H., 1980, “Reduction in Power of Ships Resulting From Improved Propulsive Efficiency (Power Savings by means of Large, Slow Turning Propeller),” Bulletin of the Marine Engineering Society of Japan, Vol. 8, No. 4, pp. 331-337.
- MotorShip, 1981, "The Ideas behind B.&W.'s Economy Hull Designs," The Motor Ship. 58, pp. 70-72.
- MotorShip, 1990, "Machinery Technology Provides Better Alternatives," The Motor Ship. 70, pp. 19-22.
- Rankine, W.J.M., 1865, "On the Mechanical Principles of the Action of Propellers," Trans.R.I.N.A , pp. 13-39.



< 서 광 철 >



< Mehmet Atlar >



< 김 희 정 >



< 전 호 환 >



< 강 대 수 >