

## KRISO 138K LNG 운반선 모형 주위의 국부 유동장 계측

반석호<sup>†\*</sup>, 윤현세<sup>\*</sup>, 이영연<sup>\*</sup>, 박일룡<sup>\*</sup>, 이춘주<sup>\*</sup>, 김우전<sup>\*\*</sup>

한국해양연구원 해양시스템안전연구소 해양운송시스템연구본부<sup>\*</sup>  
목포대학교 기계해양시스템공학부 선박해양시스템전공<sup>\*\*</sup>

Measurement of Flow around KRISO 138K LNG Carrier Model

S.H. Van<sup>\*</sup>, H.S. Yoon<sup>\*</sup>, Y.Y. Lee<sup>\*</sup>, I.R. Park<sup>\*</sup>, C.J. Lee<sup>\*</sup> and W.J. Kim<sup>\*\*</sup>

Marine Transportation System Laboratory, KRISO/KORDI<sup>\*</sup>  
Dept. of Naval Architecture and Marine Eng., Mokpo National University<sup>\*\*</sup>

### Abstract

It is important to understand the flow characteristics such as wave and wake development around a ship for the design of the hull forms with better resistance and propulsive performance. The experimental results explicating the local flow characteristics are also invaluable for validation of the physical and numerical modeling of CFD codes, which are recently gaining acknowledgements as efficient tools for hull form evaluation. This paper describes velocity and wave profiles measured in the towing tank for the KRISO 138K LNG Carrier (KLNG) model with propeller and rudder. The results contained in this paper can provide the valuable information on the effect of propeller and rudder on stern flow characteristics of the modern commercial hull form. Furthermore, the present experimental data will provide important database for CFD validation.

※ Keywords : Wave Pattern(파형), Stern Viscous Boundary Layer (선미 점성경계층), Wake (반류), CFD(계산유체역학), Validation(검증), Self-propelled Condition(자항조건)

### 1. 서론

효과적이고 체계적인 선형 개발 및 추진 장치의 설계를 위해서는 통상의 예인수조 시험을 통하여

계측되는 저항 및 저항 요소 등의 총량 계측(global force measurement) 결과뿐만 아니라 선체 주위의 국부 유동장(local flow field)에 대한 이해가 필수적이라고 할 수 있다. 이러한 국부 유동현상의 규명이 선형 변환과 연계될 수 있으면, 선박유체역학의 이론과 해석을 바탕으로 보다 나은 선형을 개발할 수 있기 때문이다. 최근에는 계산유체역학(Computational Fluid Dynamics,

접수일: 2002년 11월 25일, 승인일: 2003년 3월 11일

†주저자, E-mail : [shvan@kriso.re.kr](mailto:shvan@kriso.re.kr)

Tel : 042-868-7242

CFD) 기법을 이용하여 파형 및 국부 유동장을 미리 예측할 수 있는 수치계산 프로그램이 개발되어 국내 각 조선소의 선형개발 단계에서 활발히 사용되고 있다. 이러한 수치계산의 결과를 검증하고, 신뢰성 높은 수치계산의 모델링을 위해서도 선체 주위 유동장 계측 자료의 확보는 필수적이라고 하겠다.

과거의 공개된 선체 주위 국부유동 계측자료는 일부 수확 선형이나 Series 60 과 같은 표준 모형선에 국한되어 있었으나, 90 년대에 들어서 일본의 Ryukyo-maru (Ogiwara 등, 1994), 독일의 Hamburg Test Case (Bertram 등, 1994), HSVA/Dyne tanker (Denker 등, 1992; Dyne, 1995) 등의 상선 모형 주위의 유동 계측 자료가 공개되었다. 하지만 이러한 선형은 현대적인 선형과는 다소 거리가 있어서 실용적인 선형에 대한 자료로 활용되기는 어려웠다. 최근에 국내에서 KRISO 3600TEU Container Ship (KCS)과 KRISO 300K VLCC (KLVCC, KVLCC2) 와 같은 현대적인 상선 모형 주위의 국부 유동계측 (김우전 등, 2000; 반석호 등, 2000; Kim 등, 2001)이 이루어져 미국의 DTRC 5415 와 같은 항정 모형 주위의 유동장 계측자료와 함께 ITTC benchmark database (ITTC, 1999)로서 2000 년에 스웨덴에서 개최된 Workshop on Numerical Ship Hydrodynamics 의 test case 로 활용된 바 있다 (Larsson 등, 2000). 하지만 위의 자료들은 저항 성능의 관점에서 파형 및 선미 속도장에 대한 계측을 수행한 결과로서 추진 성능의 관점에서 활용하기에는 미흡한 점이 있는 것이 사실이다. 이에 추진기와 타의 효과를 고려한 국부 유동장 계측 자료에 대한 필요성이 대두되었다. 본 연구에서는 추진기와 타의 효과를 포함한 국부 유동장 계측을 수행하여 저항 및 추진성능 추정을 위한 또 하나의 benchmark data 를 제공하고자 기획되었다. 이는 현재 어느 정도 활용성이 검증된 저항성능 평가용 CFD 시스템을 추진성능 평가를 위한 수치계산 시스템으로 그 기능을 확장하기 위한 검증 자료를 확보한다는 취지도 반영하고 있다고 하겠다.

본 연구의 대상 선형으로는 최근에 각 조선소에서 많은 관심을 보이고 있는 LNG 운반선을 선택

하였다. 이를 위해 KRISO 138K LNG Carrier 가 설계되었으며, KLNG 로 명명되었다. 수조 시험을 위해 1/38.64 의 축척비를 가지는 모형선이 제작되었으며, KRISO 예인수조에서 저항 및 자항 시험, 추진기 반류 계측, 선수미 파형계측 (Transverse cut), 측면 파형 계측 (Longitudinal cut), 선미 평균 속도장 계측, 그리고 추진기와 타의 효과를 포함한 선미 파고 및 속도장 계측 등의 실험이 수행되었다. 본 연구의 결과는 폭/흘수 비가 상대적으로 크고, 비교적 Froude 수가 큰 LNG 운반선 주위의 유동장을 이해하는데 귀중한 자료가 될 것이며, 또한 선박의 저항 및 추진 성능 추정을 위한 CFD 시스템의 계산결과 검증을 위해서도 매우 중요한 자료로 활용될 수 있으리라 기대된다.

## 2. 국부유동 계측방법 및 장비

유동 계측에 사용한 모형선은 국부 유동장 계측 장비의 이동 공간을 고려하여 KRISO 표준보다는 약간 작은 모형 프로펠러의 지름 22 cm 에 맞추어 38.6364 의 축척비로 제작되었다. KLNG 의 실선과 모형선에 대한 주요 제원은 Table 1 에 나와 있으며, 선형의 개략도를 Fig. 1 에 도시하였다. 실선의 설계 속도 19.5 노트에 대응하는 1.6139 m/sec 로 모형선이 예인되었고, 이 속도에 해당되는 무차원 수는 모형선의 수선간 길이 ( $L_{pp}$ )와 국부유동 계측시의 수온 13.5°C 를 기준으로 각각  $F_n=0.1964$ ,  $R_e=9,330,000$  이었다. 모형선의 예인시 침하나 트림이 허용될 경우, 선체의 상하 이동으로 인하여 피토판이나 파고계가 손상될 위험이

Table 1 Principal particulars of KRISO 138K LNG Carrier (KLNG)

	Ship	Model
Scale Ratio	38.6364	
Speed	19.5 knots	1.6139 m/s
$L_{pp}$ (m)	266.0	6.8847
B (m)	42.6	1.1026
T (m)	11.3	0.2925
$C_b$	0.7492	

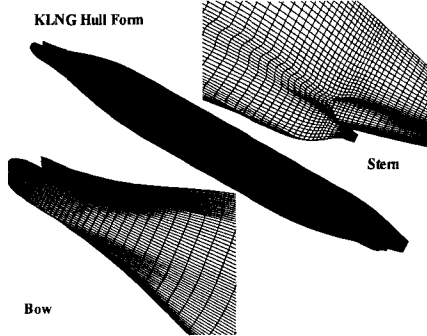


Fig. 1 The hull shape of KRISO 138K LNG carrier

있을 뿐 아니라, 계측위치가 불확실해질 가능성이 있다. 이를 방지하고자 모형선은 두 개의 고정장치에 의해서 St. 5.3 과 St. 14.2 에서 예인 전차에 고정되었고, 파형이나 속도장 등의 국부유동 계측 시에는 침하와 트림은 허용되지 않았다.

선측 파형의 관측을 위해서 모형선에 1.0 WL 간격으로 수선을 표시하였고, 선측 파형을 사진기와 video camera 로 기록하였다. 항주 중의 파형을 기록하기 위해서 servo-needle type 파고계를 이용하여 longitudinal cut 과 transverse cut 을 따라 파형을 계측하였다. 선체에서 횡방향으로 일정 위치에 놓인 세 개의 파고계를 수조 벽에 설치된 파고계 이송장치를 따라서 매번 바꾸어 가며 39 개의 파고계 위치의 longitudinal cut 에서 파고를 계측하였다. 또한 선수와 선미에서의 파고를 계측하기 위해서 예인 전차에 고정된 3 축 이송장치에 부착된 두 개의 파고계를 이용하여 선수부에 10 개, 선미 트랜섬 후방에 11 개의 transverse cut 을 따라서 파고를 계측하였다. 선미 속도장 계측을 위해서 St. 1.5, 1.0, 0.421, 0.21, -0.3383 에서의 속도장을 계측하였다. 이를 위해서 5 개의 5 공 피도관을 하나의 rake 에 부착하여 3 차원 속도장 계측의 효율성을 증대 시켰다. 또한 추진기와 타에 의한 선미 파계의 변화를 확인하기 위해 자항 상태로 추진기를 회전시키면서 선미 후방에서 파고를 계측하여 이를 추진기와 타가 없는 나선 상태와 비교하였다. 그리고 타에 유입되는 추진기 후류를 계측하기 위해 St. 0.21 에서 추진기가 회전하는 상태에서 속도장을 계측하였다. 또한 타에

의한 효과를 따로 분리하기 위해 St. -0.3383 에서 는 추진기가 회전하는 상태에서 후류와 타가 추진기 후방에 존재하는 경우의 후류를 각각 계측하였다. KRISO 예인수조에서 사용하고 있는 국부 유동장 계측 시스템의 자세한 내용은 참고문헌 (반석호 등, 1998)에 설명되어 있다.

### 3. 계측 결과 해석

국부 유동장 계측 결과를 표시하기 위해서 계측 위치와 파고 및 국부유속은 모형선의 수선간 길이와 예인 속도를 이용하여 각각 무차원화 하였다. 사용된 3 차원 Cartesian 좌표계 (X,Y,Z)에서 X 는 선체 후방을, Y 는 우현 방향을, 그리고 Z 는 수직 상방을 각각 가리킨다. 그리고 좌표계의 원점은 선체 중심선(centerline)과 중앙면(midship), 그리고 정수면(calm water surface)이 만나는 곳이 위치하였다. 다음에는 파형과 속도장 등의 계측 자료에 대하여 설명하기로 한다

#### 3.1 선체 주위의 파형

정수 중을 진행하는 모형선 주위의 파계를 계측하기 위해 우선 선측 파형을 관측하였다. 모형선에 표시된 수선을 기준으로 모형선의 표면에서의 파형을 사진으로 기록한 후, 이를 환산하여 Fig. 2 에 도시하였다. 선형이 속도에 비해 뚝뚝한 편이기 때문에 선수에 비교적 큰 파정이 형성되며, 선수면을 따라 상승하다가 강기며 떨어지는 모습이 관찰되었다. 이로 인해 선수에 이중적인 파정의

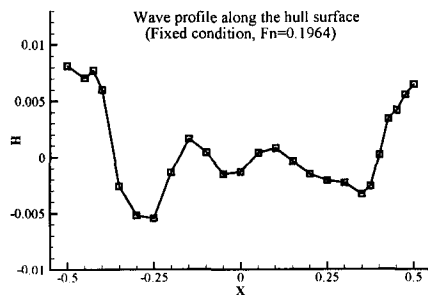


Fig. 2 Measured wave profile along the hull surface of K LNG model ( $F_n=0.1964$ )

형태가 관측된다. 이를 따르는 큰 파저가 보이며, 첫 파정의 크기는 배 길이의 0.8~0.9%, 그리고 파저의 크기는 0.5~0.6% 정도로 관측되었다. 전체적인 파형계측을 위하여 선체의 횡방향 일정 위치인 longitudinal cut 을 따라서 파형을 계측하였다. 또한 선수미에서는 종방향의 일정 위치인 transverse cut 을 따라서 파고를 계측하여 Fig. 3 에 도시하였다. 선형의 형상에 비해 비교적 빠른 속도 진행하기 때문에 항주파가 뚜렷이 관찰되며, 가로파와 발산파가 선명히 구분되고 있다. 선체 중심선을 따라오는 가로파의 파장은  $2\pi F_n^2 = 0.24$  로서 배의 길이에 걸쳐 3~4 개 정도의 가로파가 나타나고 있음을 볼 수 있다. 선수부에는 동심원을 그리고 있는 선수파의 상승이 관찰되며, 앞 어깨 부근에서 파저가 나타나며, 그 후방으로 파고가 많이 줄어든 가로파가 존재한다. 선미 부근에서 다시 뚜렷한 파정이 나타나고 있다. 특히 KLNG 선형의 경우 발산파계가 두드러지게 나타나는 특징이 있는데, 앞 어깨 부근에서부터 일정한 각도를 이루며 강한 발산파의 파정과 파저가 교대로 나타나고 있다. 본 KLNG 선형은 설계 속도에서 선수 어깨 부근에서 강한 파계가 형성되고 있으며, 이는 선수의 각도가 큼에도 불구하고 고속으로 달려야 하는 LNG 운반선의 특성을 반영한다고 하겠다. 선미에서는 정수 중에서 트랜섬 선미 파의 수면 위쪽에 위치함에도 불구하고 항주중 선미 파의 상승으로 인하여 트랜섬이 잠기게 되는데, 이로 인하여 선체 후방에 매우 불안정한 파계가 형성된다. 트랜섬 바로 뒤에 수면이 상승하였으며, 중심선을 따라서 그 뒤로는 완만한 경사를 이루며 하강하고 있다. 선미부에서는 선수부에 비해 발산파의 생성이 매우 약한 것을 볼 수 있다.

본 연구에서는 횡방향 10 ~ 20 cm 간격으로 longitudinal cut 을 따라 파형을 계측하였는데, 이 결과를 등고선 그림으로 나타낼 때, 계측된 횡방향 위치의 값을 계측선 사이에서 삼간하는 과정에서 오류가 발생할 수 있음을 확인하였다. 특히 큰 발산파를 가진 KLNG 의 파계에서 발산파의 고점과 저점을 잘못 삼간하게 되면 Fig. 4 의 윗 그림에 보인 바와 같이 계측선을 따라 섬 모양의 등고선이 나타나게 된다. 이는 직사각형에서 하나의

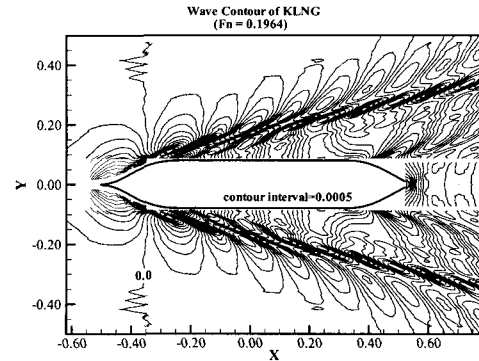


Fig. 3 Measured wave pattern around KRISO 138K LNG Carrier (KLNG) model ( $F_n=0.1964$ )

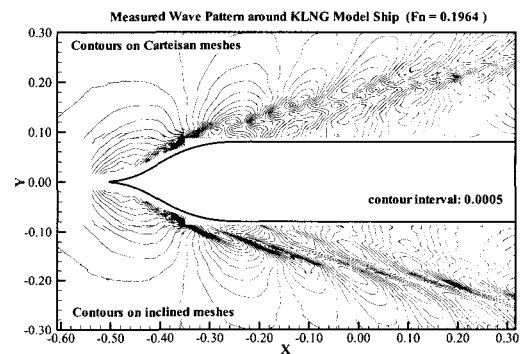


Fig. 4 Wave contours on rectangular and inclined meshes with measured wave cut data

대각선의 값이 크고 다른 대각선의 값이 작을 때, 그 중간 점에서의 값이 네 구석 점의 평균값으로 삼간 되면서 일어나는 현상으로 파형 계측 값을 등고선으로 나타낼 때, 실제의 모양을 잘못 보여주는 결과를 낳을 수 있다는 것을 의미한다. 이러한 오류를 시정하기 위하여 전방과 후방의 일부 계측점을 사선을 따라서 제외하고 경사진 격자점을 형성하여 비스듬히 새로 생성한 격자계에서 등고선을 그려보았다. 경사진 격자계에서 얻어진 등고선은 Fig. 4 의 아래 그림과 같이 실제 실험에서 관측된 파형을 잘 재현하고 있다. 여기에서 Fig. 4 의 두 그림은 같은 계측 값을 가지고 그려진 그림임을 다시 한번 밝혀둔다

3.2 나선 상태의 선미 속도장

선미에서 형성되는 두꺼운 점성 경계층과 추진기면에 유입되는 발지 보오택스의 형성을 관찰하기 위해 선미의 5 개의 종단면에서의 평균 속도장을 계측하였다. 우선, St. 1.5 에서는 Fig. 5 에서 보이는 바와 같이 선체 중앙부의 후방에 형성된 두꺼운 경계층을 볼 수 있다. 앞쪽의 동쪽향 선형이 선미로 오면서 오목한 늑골선을 가지게 되고, 그 빈곳을 채우며 들어오는 유입 유동이 보이며, 등속선의 형태는 물체의 역 압력 구배를 가지는 곡률 부분에서 흔히 볼 수 있듯이 두꺼운 경계층이 넓게 퍼져있다. 하지만 편편한 중앙부 선체의 연장선에 놓여있는 선지면 볼록한 면에서는 경계층의 두께가 훨씬 얇으며, 선체 중심선을 기준으로 양쪽으로 갈라지며 올라가는 속도 벡터를 보이고 있다. 다음의 St.1 에서의 속도 형태는 앞의 형태가 대부분 그대로 유지되나, 더욱 오목해진 선체의 측면을 따라서 회전하는 속도 성분이 존재함을 알 수 있다. 이는 발지 보오택스가 형성되는 과정으로서 회전하는 유동에 의해 경계층 안의 운동량이 작은 유체가 매우 낮은 속도를 가지며 모이게 됨을 알 수 있다. 이러한 발지 보오택스는 추진기가 존재하는 종단면인 St. 0.421 에서 더욱 뚜렷이 관측된다. 발지 보오택스가 그림에 원으로 표시된 추진기면 안에 위치하며, 전체적인 추진기 입사류의 형태를 지배하고 있음을 알 수 있다. 추진기면 아래의 경계층은 선미 벌브의 형상을 그대로 반영하고 있으며, 선미 벌브의 아래쪽에서 위로 올라오며 감속되는 운동량이 매우 작은 유체영역이 존재하고 있다.

추진기 중심선은 실선에서는 수면 아래 6.8 m, 모형선에서는 17.6 cm 인  $Z = -0.025564$  에 위치하고 있으며, 추진기의 직경은 실선에서는 8.5 m, 모형선에서는 22 cm 로서 수선간 길이로 무차원화 하면  $D_{prop}/L_{pp} = 0.031955$  이다. 추진기면에서 관찰되는 이른바, 갈고리 모양의 축방향 등속선의 형태는 발지 보오택스의 강도에 따라 달라지며, 비대칭일수록 그 모양이 많이 꼬이는 모양을 이룬다. 이러한 속도 분포는 선미 후방으로 오랫동안 남아있는데, Fig. 6 와 8 에서는 타의 전면 위치인 St. 0.21 과 트랜섬의 위치인 St.  $-0.3383$  에서의

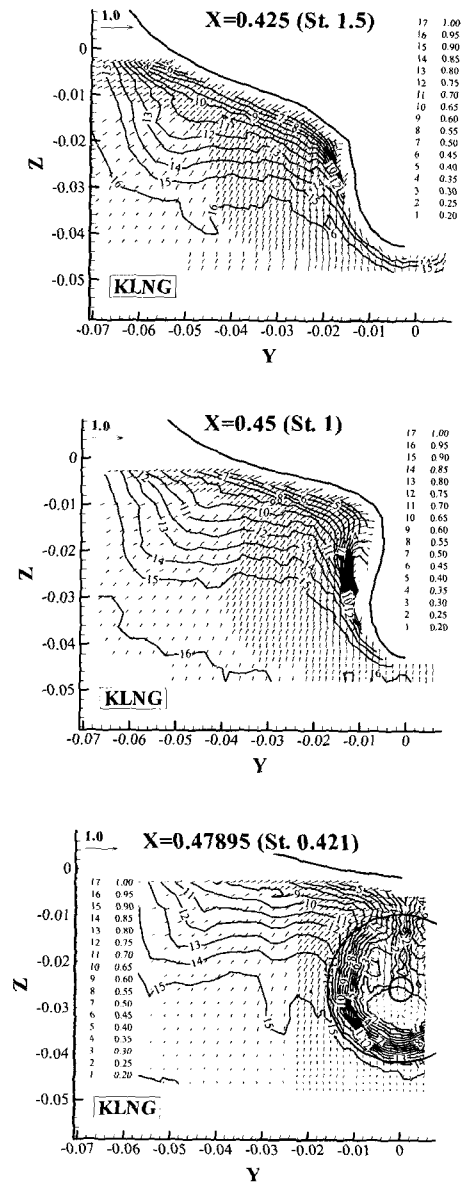


Fig. 5 Measured velocity fields around KRISO 138K LNG Carrier (KLNG) model (bare hull)

속도 분포를 보여 주고 있다. St. 0.421 에서의 양이 부분 그대로 유지되나, 약간씩 퍼져감을 알 수 있다. Fig. 6 와 8 에서 추진기가 없는 경우에는 좌현쪽을 계측한 결과를 우현쪽에 대칭값을 생성하

여 그린 그림이다. 위의 두 종단면에서는 추진기와 타가 있을 때의 유동도 계측되었는데, 다음절에 설명하기로 한다.

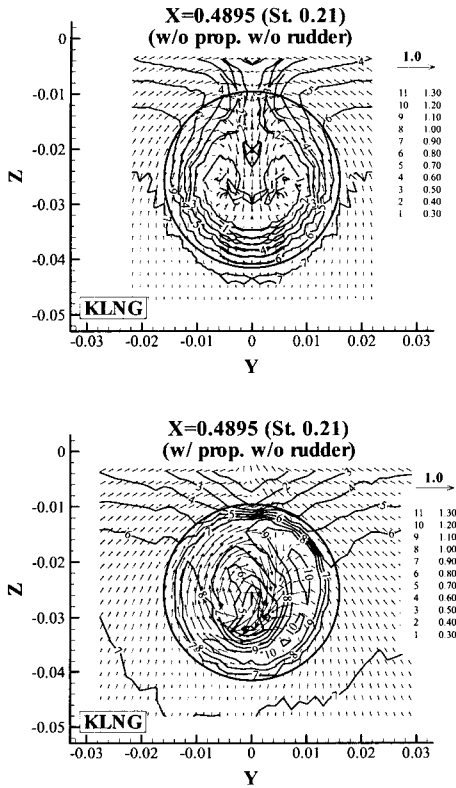


Fig. 6 Measured velocity fields at St. 0.21 with & without propeller (no rudder)

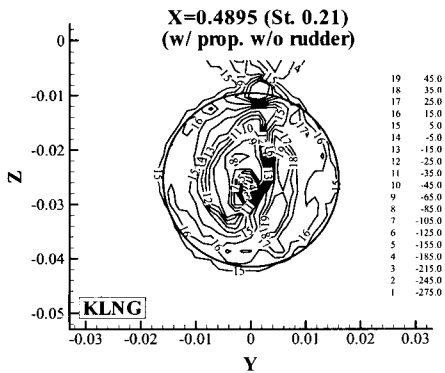


Fig. 7 Vorticity contours at St. 0.21 with propeller (no rudder)

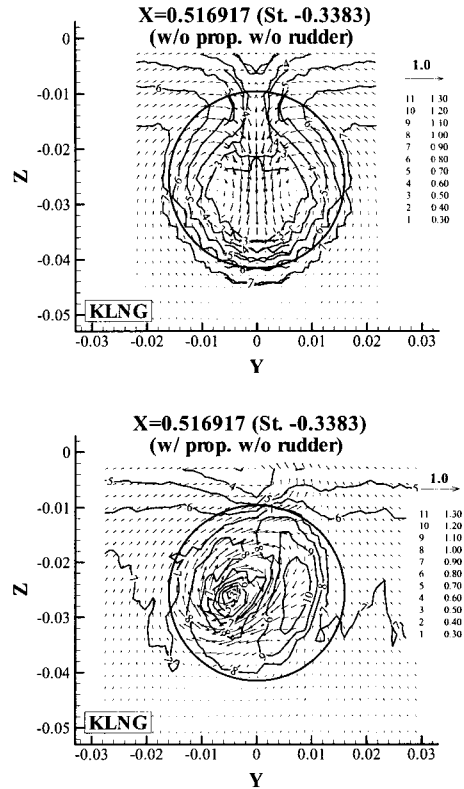


Fig. 8 Velocity fields at St. -0.3383(transom) with & without propeller (no rudder)

### 3.3 프로펠러 및 타에 의한 선미 속도장의 변화

추진기가 선미 반류 중에서 회전할 때, 날개면에 유입되는 국부적인 입사각은 각 공간 위치에서 다르게 된다. 본 연구에서 사용한 추진기의 회전 방향은 선체 후방에서 보았을 때, 시계방향으로 회전한다. 앞의 추진기면에서의 반류 모양에서 알 수 있듯이 좌현 쪽에서는 추진기의 회전 방향과 같은 방향의 속도 성분이 존재하며, 우현 쪽에서는 반대로 추진기면의 회전 방향 상대속도를 증가시키는 유동 성분이 반 시계 방향으로 유입된다. 이는 우현 쪽에서 프로펠러 날개에 유입되는 입사류의 속도가 크고, 상대 회전 속도의 증가로 인하여 입사각도가 좌현에 비해 커지게 된다는 것을 의미한다. 그러므로 우현쪽에 위치할 때에 추진기 날개면에 부하가 커지게 되고, 유동을 좌현에 비

해 보다 강하게 가속시키게 된다.

Fig. 6 의 아래 그림은 추진기가 회전할 때, 추진기면 후방의  $0.33 D_{prop}$  떨어진 위치인 타의 전면 (즉, 추진기 중심선의 연장선과 타가 만나는 위치)인 St. 0.21 에서의 속도 분포이다. 우현을 따라 돌며  $0.5 R_{prop} \sim 0.8 R_{prop}$  에서 고속 구간이 나타나고 있으며, 이는 좌현의 아래쪽에서도 약하지만 비슷한 양상을 보이고 있다. 하지만 좌현의 위쪽은 주위의 유동에 비해 크게 가속된 구간은 나타나지 않는다. 횡방향의 회전유동의 성분을 좀 더 명확히 확인하기 위해 축방향의 회전 속도인 vorticity( $\omega_x$ )를 계측된 횡방향 속도로부터 계산하여 Fig. 7 에 보이고 있다. 횡방향 속도 분포의 경우에는 좌현에서는 추진기의 회전 방향과 같은 회전 유동이 존재하나 우현에서는 회전 방향의 속도가 큰 구간이 상대적으로 안쪽으로 밀려와 있으며, 그 바깥쪽에서 추진기 중심을 향하는 속도 성분이 나타나고 있다. 그 결과로 회전유동의 중심이 좌현쪽 아래로 약간 밀려서 나타난다.

앞의 추진기면에서 관측된 속도장의 형태는 Fig. 8 에서 보인 바와 같이 추진기면 후방으로  $1.19 D_{prop}$  떨어진 위치인 St.  $-0.3383$  에서도 비슷한 형태로 관측된다. 하지만 St. 0.21 에 비해 St.  $-0.3383$  에서의 프로펠러 방향과 같은 회전 속도 성분(즉, axial vorticity  $\omega_x$  중 음의 값)은 peak 값에서 반 정도로 감소 했으며, 적분 값도 20% 정도 감소했음을 확인 할 수 있었다. 그리고 회전 유동의 중심은 더욱 좌현 쪽으로 밀려나 있으며, 회전 유동의 중심에 속도가 작은 영역이 존재한다. 이는 운동량이 작은 유동이 회전유동의 중심에 모이는 것으로 생각할 수 있다.

같은 위치에서 추진기의 후방에 타가 존재할 때는 Fig. 10 에 보인 바와 같이 유동이 가운데가 잘린 형상을 가진다. 하지만 우현의 가속 구간은 여전히 존재하고 좌현의 상부에 위를 향하는 속도 성분이 나타남을 알 수 있다. 이는 회전 유동이 타를 만나면서 타를 타고 올라가는 상방향의 유동이 형성됨을 의미한다. 반대로 우현쪽에는 타의 하부에 아래쪽을 향하는 속도 성분이 나타난다. 이는 좌현과는 반대로 회전 유동 성분이 타를 타고 내려가는 모양을 보이고 있다.

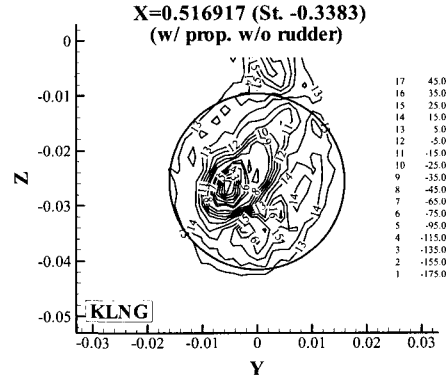


Fig. 9 Vorticity contours at St.  $-0.3383$ (transom) with propeller (no rudder)

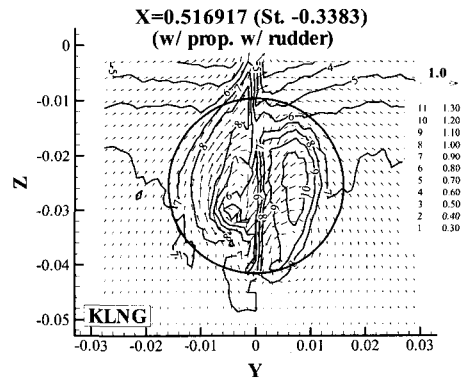


Fig. 10 Velocity field at St.  $-0.3383$ (transom) with propeller and rudder

### 3.4 프로펠러 및 타에 의한 선미 파형의 변화

선미파에 대한 추진기 및 타의 영향을 파악하기 위하여 선미 후방 5 개의 위치에서 transverse cut 을 따라 파고를 계측하였다. 우선 추진기와 타가 없는 경우에 대하여 파고를 계측하였으며, 타만을 부착한 경우와 프로펠러가 회전하면서 타가 없는 경우 및 타가 존재하는 경우의 네 가지에 대하여 계측된 파고를 Fig. 11 에 도시하고 있다. KLNG 의 경우 트랜섬의 높이가 실선에서 12.13 m 로서 출수 11.3 m 보다 높지만 선미파가 상승하여 트랜섬의 일부가 잠기게 된다. 선속이 빠른 경우에는 선미의 트랜섬이 완전히 드러나는 이른바 'dry

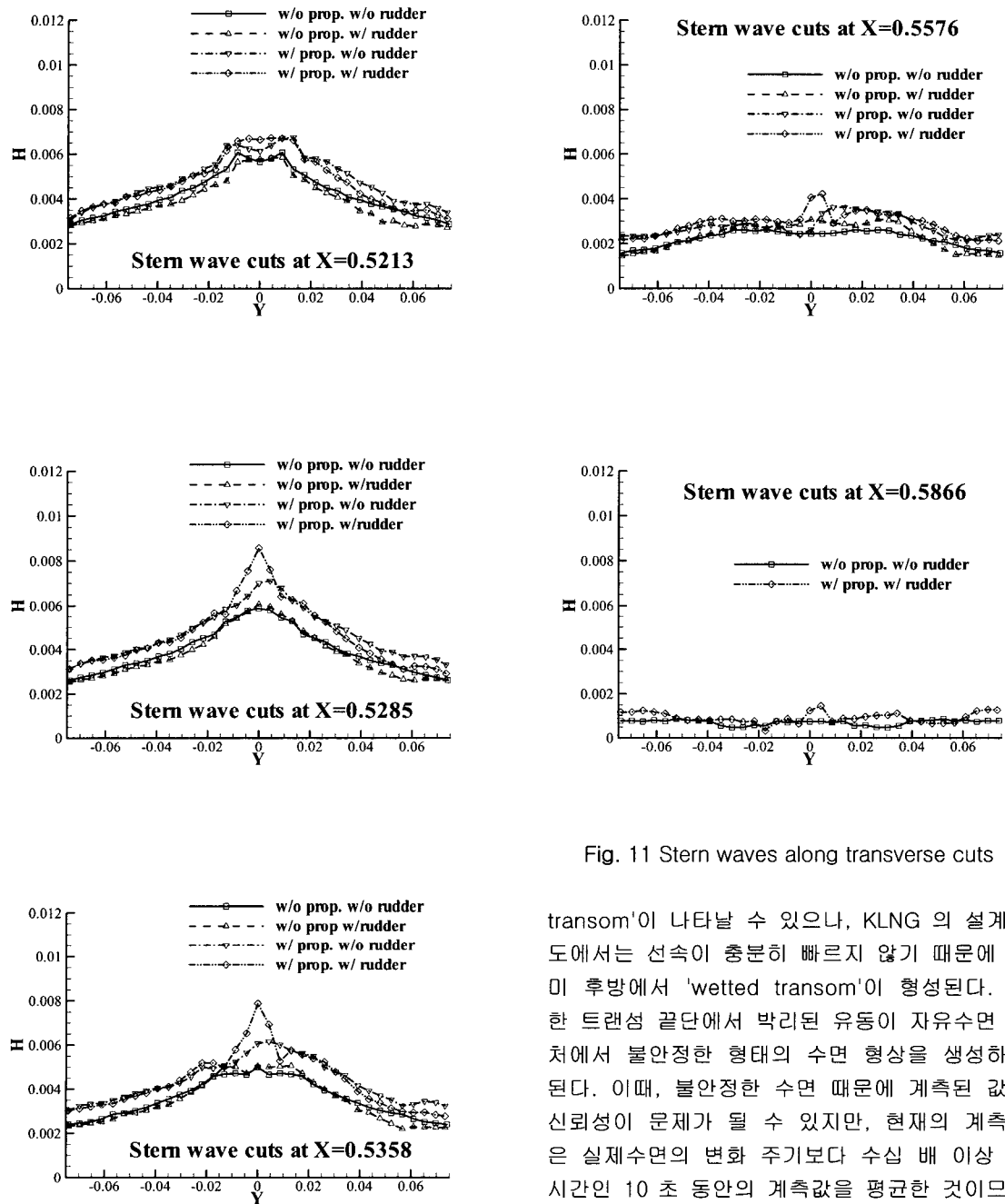


Fig. 11 Stern waves along transverse cuts

transom'이 나타날 수 있으나, KLNG의 설계속도에서는 선속이 충분히 빠르지 않기 때문에 선미 후방에서 'wetted transom'이 형성된다. 또한 트랜섬 끝단에서 박리된 유동이 자유수면 근처에서 불안정한 형태의 수면 형상을 생성하게 된다. 이때, 불안정한 수면 때문에 계측된 값의 신뢰성이 문제가 될 수 있지만, 현재의 계측값은 실제수면의 변화 주기보다 수십 배 이상 긴 시간인 10 초 동안의 계측값을 평균한 것이므로 시간변화에 따른 불확실성은 크지 않다고 할 수 있다.



우선 추진기와 타가 없는 경우에는 선미 중앙부에 선미파의 상승이 나타나고 있으며, 이는  $X=0.5576$  인 위치까지 계속되고 있다. 참고로  $X=0.5169$  가 트랜섬 끝단에 해당되는 좌표이다. Fig. 3에 보이고 있는 선미파의 등고선을 보면 그 뒤에도 계속 완만한 경사를 이루는 것으로 보인다. 타만이 존재하는 경우에는 크게 차이가 나지 않는 것으로 보아 만재 출수상태인 경우에는 수면아래에 위치한 타에 의한 영향이 크지 않음을 알 수 있다. 하지만 추진기가 회전하는 경우에는 전체적으로 수면이 상승하는 것으로 나타나고 있다. 현재의 계측 구간이 선뎁을 대부분 가로지르고 있으므로 추진기가 회전함으로써 트랜섬 선미의 가까운 위치에서는 선미 파계의 전체적인 상승을 유지하고 있다고 할 수 있겠다. 이러한 현상은  $X=0.5576$  지점에서는 매우 완화된 것을 볼 수 있다. 추진기가 회전하는 경우에 타가 존재하면 선미 중앙부를 따라 국부적인 삼각형 모양의 수면 상승이 있음이 관측되었다. 이는 Fig. 10의 속도 분포에서 이미 언급한 좌현에서 타를 타고 상승하는 강한 속도성분에 기인하는 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

선체 주위 유동에 대한 이해와 선형의 저항 및 추진성능 평가용 CFD 시스템의 검증용 자료를 확보하기 위한 노력의 일환으로 KRISO 138K LNG 운반선 (KLNG)의 모형에 대한 국부 유동장 계측을 수행하였다. 선체 주위의 파계와 선미에서의 국부 유동장을 계측하여 LNG 운반선과 같은 뚝뚝 하면서 비교적 빠른 속도로 진행되는 선박 주위의 유동에 대한 자료를 확보하였다. 또한 추진기와 타에 의한 선미 유동장의 교란 정도를 확인하고 이를 추진성능과 연결하여 향후 추진성능 평가를 위한 CFD 검증자료로 활용하기 위해 추진기가 회전하는 경우에 대하여 속도를 계측하고, 타에 의한 속도장의 변화를 파악하고자 하였다. 이와 같은 계측자료는 선박의 추진성능과 국부 유동장의 관계를 파악하는데 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 뿐만 아니라 선형의 추진성능 추정을 위한 CFD 기술 활용을 위해 반드시 선행

되어야 할 physical modeling 과 numerical modeling 에 필요한 귀중한 검증 자료로서 이용될 수 있다고 생각된다.

#### 후 기

본 연구는 과학기술부 민군겸용기술 개발과제인 ‘수상선박 및 잠수체의 유체성능 해석시스템 개발’의 일부로 수행되었음을 밝혀둔다.

#### 참 고 문 헌

- 김우전, 반석호, 김도현, 이춘주, "선미선형을 변화시킨 두 척의 KRISO 300K VLCC 모형 주위의 유동과 저항추진 특성에 관한 연구," 대한조선학회 논문집, 제 37 권 3 호, pp. 11-20, 2000. 8.
- 반석호 외, 선박의 저항성능 향상기술, 산업자원부 공업기반기술개발사업 보고서, 1998.
- 반석호, 김우전, 김도현, "KRISO 3600TEU 컨테이너 모형 주위의 국부유동 계측에 관한 연구," 대한조선학회 논문집, 제 37 권 3 호, pp. 1-10, 2000. 8.
- Bertram, V., Chao, K.-Y., Lammers, G., Laudan, J., "Experimental Validation Data of Free-Surface Flows for Cargo Vessels," Proceedings of CFD Workshop Tokyo, 1994.
- Denker, J., Knaack, T., and Kux, J., "Experimental and Numerical Investigations of HSVA-Tanker 2 Flow Field," Institute of Shipbuilding (IfS) Rept. 521, Uni. Hamburg, Germany, 1992.
- Dyne, G., "An Experimental Investigation of the Tanker Model 'Dyne' in a Towing Tank," Chalmers University of Technology Rept. CHA/NAVR/-95/0036, Sweden, 1995.
- ITTC, Resistance Committee Report, Proceedings of the 22nd International Towing Tank Conference (ITTC), Seoul and Shanghai, 1999.
- Larsson, L., Stern, F., Bertram, V., Proceeding of Gothenburg 2000 Workshop on Numerical

Ship Hydrodynamics, Sweden, 2000. 9.

- Ogiwara, S., "Stern Flow Measurements for the Tanker 'Ryuko-Maru' in Model Scale, Intermediate Scale, and Full Scale Ships," Proceedings of CFD Workshop Tokyo 1994, Vol. 1, pp. 341-349.
- W.J. Kim, S.H. Van, D.H. Kim, "Measurement of flows around modern commercial ship models," Experiments in Fluids, Vol. 31, No. 5, pp. 567-578, 2001. 11.



< 반 석 호 >

< 윤 현 세 >

< 이 영 연 >



< 박 일 룡 >

< 이 춘 주 >

< 김 우 전 >