

## 수치수조에서의 평면운동시험 시뮬레이션

정두진<sup>†</sup>\*, 신기석\*, 박선호\*, 허재경\*, 유병석\*

한진중공업(주) 기술연구소

### HPMM Simulation in Numerical Towing Tank

Doojin Jung<sup>†</sup>\*, Ki-Seok Shin\*, Sunho Park\*, Jaekyung Heo\* and Byeongsuk Yu\*

Hanjin Heavy Industries & Construction Co.,Ltd.

#### Abstract

In this paper, the HPMM(Horizontal Planar Motion Mechanism) test is simulated in a numerical towing tank by using a commercial CFD(Computational Fluid Dynamics) code, FLUENT. The results of calculation are compared with those of static drift test or rotating arm test calculated by CFD to verify the results simulated by CFD. Through comparing pure sway test of HPMM test with static drift test and pure yaw test of HPMM with rotating arm test, it is found that HPMM test can be simulated in the numerical towing tank.

※Keywords: HPMM(평면운동시험), CFD(전산유체역학), Static drift test(사항시험), Rotating arm test(회전팔시험), Pure sway test(순수좌우동요시험), Pure yaw test(순수선수요시험)

#### 1. 서론

선박이 대형화되고 IMO 잠정 기준이 채택된 이래로 선박의 조종성능에 대한 관심이 증가하고 있다. 선박의 조종성능은 선체의 기본 제원과 타에 의해 거의 결정되어지기 때문에 선형이 확정된 이후에는 조종성능을 개선시키기가 매우 어렵다. 그러므로 선박의 초기 설계단계에서 정확한 조종성능의 추정이 중요하다. 이러한 조종성능은 조종운동방정식을 시뮬레이션하여 추정할 수 있고, 조종운동방정식의 유체력미계수들은 평면운동시험

(HPMM)결과물로부터 만들어진 회귀식을 이용하거나 전산유체역학(CFD) 계산을 통해 추정된다. CFD를 이용하여 유체력미계수를 추정하는 방법은 최근 하드웨어의 성능향상과 계산방법의 발달로 점점 활발해지고 있다(이석원 등 2005, 홍춘범 등 2004). 주로 CFD를 이용하여 사항시험(static drift test)과 회전팔시험(rotating arm test)을 모사하여 선박에 작용하는 힘과 모멘트를 구하고, 이를 평면운동시험(이태일 등 2002)과 비교하여 검증하고 있다. 이는 모형시험에 비해 다양한 조건에서 손쉽게 계산이 가능하고 설비, 시간, 비용 등을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 기존의 CFD를 이용한 유체력

<sup>†</sup>교신저자: coolcha10@hanjinsc.com, 019-644-5186

미계수 추정방법을 한 단계 발전시켜서 CFD 를 이용한 평면운동시험의 구현 가능성을 검토하였다. 이를 통해 사항시험이나 회전팔시험에서는 구할 수 없었던 가속도에 의한 유체력미계수도 구하고자 한다. 대상 선형은 격자생성에 유리한 Wigley 선형을 이용하였고, 상용 소프트웨어인 FLUENT 를 사용하여 수치해석을 수행하였다.

## 2. 격자구성 및 계산조건

대상선의 주요 제원은 아래와 같다.

- Length = 4m
- Breadth = 0.4m
- Depth = 0.25m
- Ship speed = 1m/s

수치해석에 사용된 격자계 생성은 상용 소프트웨어인 GAMBIT 을 이용하였으며, 임의 형상의 모델링에 용이한 사면체 격자를 사용하였으며 선체 표면의 프리즘격자를 포함하여 약 9 만개의 격자를 분포시켰다. Fig. 1 에 계산 영역을 보여주고 있다. 그리고 평면운동시험의 선박운동을 모사하기 위하여 Inner domain 은 선체와 함께 움직이도록 하였고, Outer domain 은 Inner domain 의 움직임에 따라 remeshing 되도록 하였다. 여기서 선박운동은 UDF(User Defined Functions)를 사용하였으며, 식(1) 및 식(2)와 같다.

$$v = a_0 \omega_s \sin \omega_s t \quad (\text{순수좌우동요}) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} v &= a_y \omega_y \sin \omega_y t \\ r &= \varphi_0 \omega_y \sin \omega_y t \end{aligned} \quad (\text{순수선수요}) \quad (2)$$

여기서, 식(1)은 좌우동요진폭  $a_0$  와 운동주파수  $\omega_s$  로 좌우동요 운동을 나타내고 식(2)는 좌우동요진폭  $a_y$  와 선수요진폭  $\varphi_0$ , 운동주파수  $\omega_y$  로 선수요운동을 나타낸다. 본 계산에서는 편류각(drift angle)이  $6^\circ$  인 순수좌우동요시험에 대하여 진폭 0.4m, 주기 24 초의 조건으로 계산을 수행

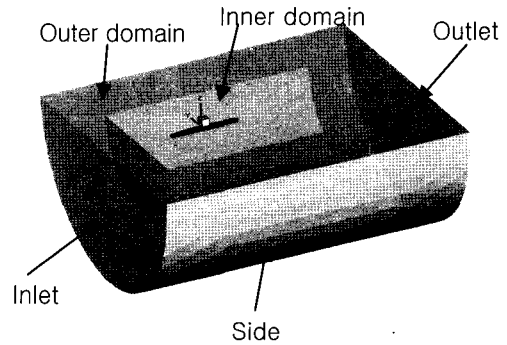


Fig. 1 Computational domain

하였고 선회각속도(yaw rate)가 0.2 인 순수선수요 시험에 대하여 좌우요진폭 0.4m, 주기 17 초의 조건으로 계산을 수행 하였다.

수치해석에 사용된 지배방정식은 RANS 방정식과 Realizable  $k-\epsilon$  난류모델을 사용하였으며, 비정상상태(unsteady) 해석을 수행 하였다.

## 3. 계산 결과

### 3.1. 순수좌우동요시험

순수좌우동요시험은 2 장의 계산조건으로 계산을 수행하였다. Fig. 2 및 Fig. 3 은 Y force 의 시간이력과 N moment 의 시간이력을 각각 보여 준다. Force 와 moment 가 운동의 주기와 동일한 주기를 가지고 변화하고 있음을 볼 수 있다. Fig. 4 와 Fig. 5 에서는 각각 편류각에 따른 무차원화된 Y force 와 N moment 를 보인다. 결과값의 타당성을 검토하기 위해 CFD 로 수행한 사항시험(격자는 평면운동시험에서와 동일)의 결과와 비교하여 나타내었다. CFD 를 이용한 유체력 추정기법은 현재 모형시험과 유사한 결과를 제공할 수 있을 정도의 기술수준으로 보고된바 있으며(김선영 등 2001, 이형석 등 2004), 본 논문에서는 동적계산과 정적계산을 비교하였다. 결과가 거의 비슷하게 나옴을 볼 수 있다. 자세한 검토를 위해 Fig. 6 에서는 유동장을 비교하였고, Fig. 7 에서는 압력 분포를 비교하였다. 검토 결과 순수좌우동요시험과 사항시험의 결과가 잘 일치함을 볼 수 있다.

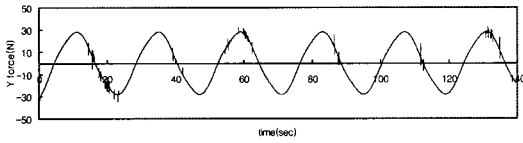


Fig. 2 Time history of Y force

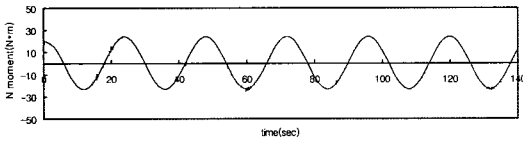


Fig. 3 Time history of N moment

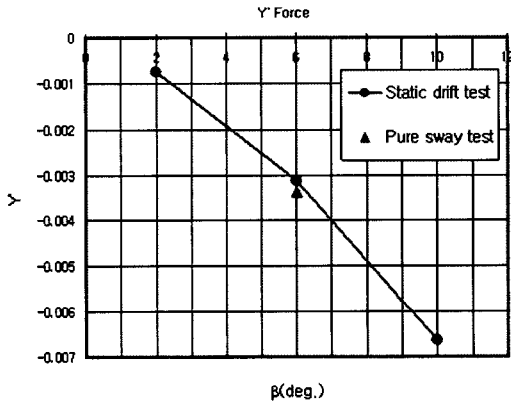


Fig. 4 Y' force due to drift angle

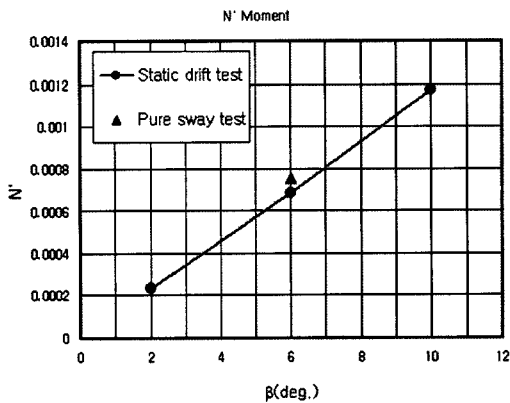


Fig. 5 N' moment due to drift angle

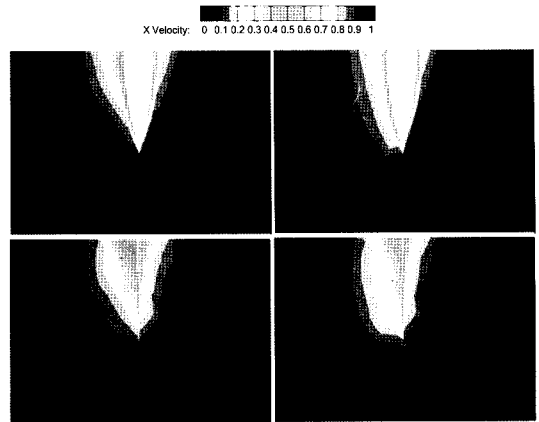


Fig. 6 X velocity contours near hull

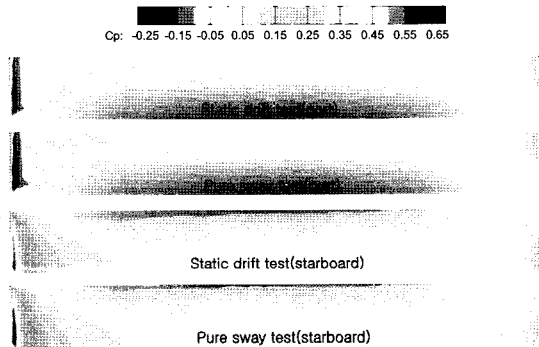


Fig. 7 Pressure contours on hull

Table 1에서는 유체력계수를 비교하여 나타내었는데, 결과값이 거의 비슷하게 나옴을 알 수 있고 순수좌우동요시험에서는 가속도에 의한 유체력계수 성분도 구할 수 있어서 참고로 제시하였다.

Table 1 Comparison of non-dimensional hydrodynamic coefficients

	Static drift test	Pure sway test
$Y_V'$	-0.0298	-0.0322
$N_V'$	0.0065	0.0071
$Y_V''$	-	-0.0307
$N_V''$	-	-0.0093

3.2 순수선수요시험

2 장의 계산조건에 대해 계산을 수행하였다. Fig. 8 및 Fig. 9는 Y force의 시간이력과 N moment의 시간이력을 각각 보여준다. Force와 moment가 운동의 주기와 동일한 주기를 가지고 변화하고 있음을 볼 수 있다. Fig. 10과 Fig. 11에서는 각각 선회각속도에 따른 무차원화된 Y force와 N moment를 보인다. 결과값의 타당성을 검토하기 위해 CFD로 수행한 회전팔시험의 결과와 비교하여 나타내었다. 결과가 잘 일치함을 알 수 있다. 자세한 검토를 위해 Fig. 12에서는 유동장을 비교하였고, Fig. 13에서는 압력 분포를 비교하였다. 검토 결과 순수선수요시험과 회전팔시험의 결과가 잘 일치함을 볼 수 있다.

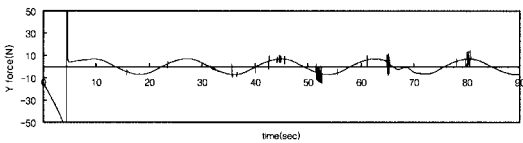


Fig. 8 Time history of Y' force

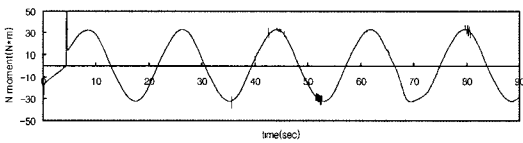


Fig. 9 Time history of N' moment

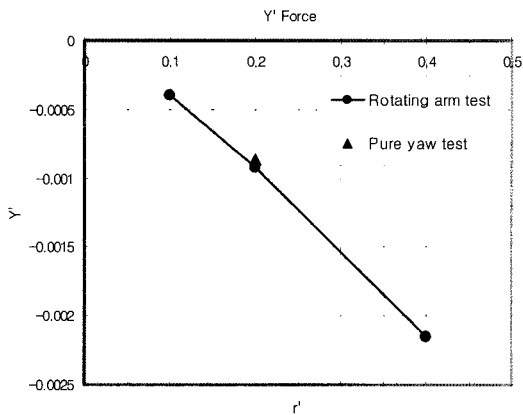


Fig. 10 Y' force due to yaw rate

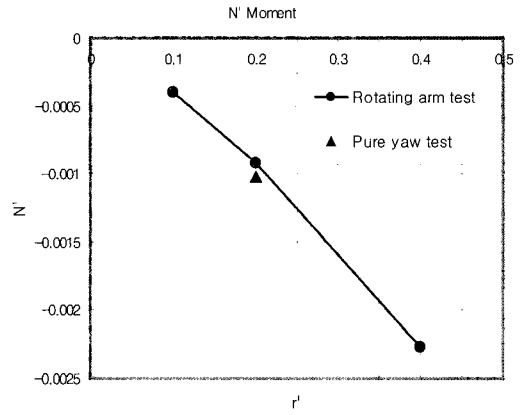


Fig. 11 N' moment due to yaw rate

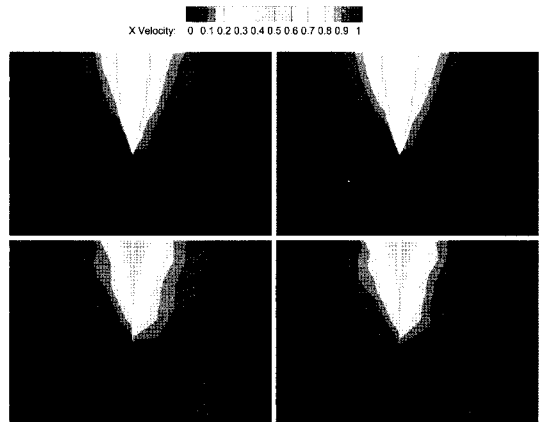


Fig. 12 X velocity contours near hull

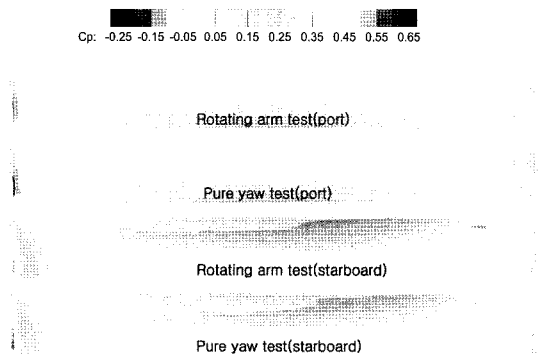


Fig. 13 Pressure contours on hull

Table 2 에서는 유체력미계수를 비교하여 나타내었는데, 결과값이 거의 비슷하게 나옴을 알 수 있고 순수선수요시험에서는 가속도에 의한 유체력미계수 성분도 구할 수 있어서 참고로 제시하였다.

**Table 2** Comparison of non-dimensional hydrodynamic coefficients

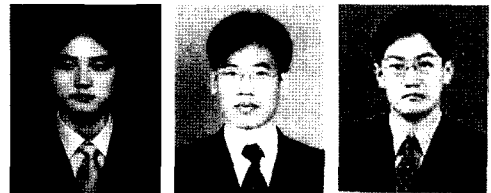
	Rotating arm test	Pure yaw test
$Y_r'$	-0.0045	-0.0043
$N_r'$	-0.0046	-0.0030
$Y_{\dot{r}}'$	-	-0.0030
$N_{\dot{r}}'$	-	-0.0036

**4. 결 론**

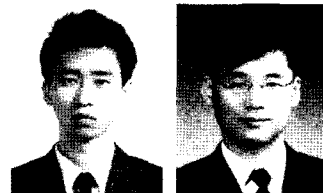
상용 CFD 코드인 FLUENT 를 사용하여 평면운동시험을 구현하였다. 구현결과를 검증하기 위해 사항시험과 회전팔시험에 대한 계산도 FLUENT 로 수행하였다. CFD 로부터 계산할 수 있는 Y force 와 N moment, 선미부의 유동장, 선체표면에서의 압력분포를 비교하였다. 그 결과 평면운동시험이 사항시험 및 회전팔시험과 잘 일치함을 확인할 수 있었다. 이를 통해 CFD 를 이용하여 평면운동시험을 충분히 구현할 수 있음을 확인하였다. 동적계산은 정적계산에 비하여 과도한 계산시간을 필요로 하나, 정적계산으로는 얻을 수 없는 유체력미계수를 구할 수 있으므로 조종시뮬레이션의 정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.본 연구에서는 초기 단계로 격자생성의 편리함을 위해 Wigley 선형을 다루었다. 향후 실선에 대한 보다 많은 계산과 모형실험결과와의 비교를 통한 검증이 필요하다고 생각된다.

**참 고 문 헌**

- 김선영, 김연규, 2001, “ 사항중인 선체 주위의 점성유동 계산 및 조종유체력에 선미형상이 미치는 영향,” 대한조선학회 논문집, 제 38 권, 제 3 호 pp. 1-13.
- 이석원, 진영민, 유병석, 김선영, 김연규, 2005, “ CFD 를 이용한 대형 컨테이너선의 조종성능 추정,” 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, pp. 723-728.
- 이태일, 권순홍, 2002, “ 선박의 조종성능 추정에 있어서 시스템식별법을 이용한 PMM 기법에 대한 연구,” 한국해양공학회지, 제 16 권, 제 6 호, pp. 723-728.
- 이형석, 이태일, 김선영, 2004, “ 선박의 조종성능 해석에 있어서 점성유동해석의 적용에 대한 연구,” 대한조선학회 춘계 학술대회 논문집, pp. 738-743.
- 홍춘범, 부경태, 양희준, 2005, “ CFD 를 이용한 Tanker 의 침로안정성 평가,” 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, pp. 800-805.



< 정 두 진 > < 신 기 석 > < 박 선 호 >



< 허 재 경 > < 유 병 석 >