

Flap 타를 채택한 선박의 조종성능 특성

이호영⁽¹⁾, 신상성⁽²⁾, 박홍식⁽³⁾, 박종환⁽⁴⁾

Maneuvering Performances of a Ship with Flap Rudder

by

Ho-Young Lee⁽¹⁾, Sang-Sung Shin⁽²⁾, Hong-Shik Park⁽³⁾,
and Jong-Hwan Park⁽⁴⁾

요 약

본 논문에서는 특수타를 채용한 선박과 일반타를 장착한 선박에 대하여 구속모형시험을 통하여 비교 연구를 실시하였다. 구속모형시험은 일반타가 장착된 경우와 특수타가 장착된 경우에 대하여 수행되었고, 조종수학 모델링은 Abkowitz 수학 모델을 통하여 유체력 미계수를 구하여 조종운동을 시뮬레이션하였다. 연구 결과에 의하면 플랩(Flap) 타를 채택한 경우에 선회성능은 아주 향상되는 것을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we studied the maneuvering performances of a ship with flapped rudder. PMM tests were carried out for a ship model with horn type rudder or flapped rudder. The Abkowitz's model was used as a basic mathematical model to simulate the maneuvering motions. The maneuvering motions of a ship with flapped rudder were compared with those of a ship with horn-type rudder. As a result, it was found that the turning ability of a ship with flapped rudder was remarkably improved.

Keywords: PMM test, Hydrodynamic coefficients, Horn-type rudder, Flapped rudder

1. 서 론

국제해사기구의 IMO 조종성 잠정 기준이 채택된 이래로 선박조종성능에 대한 연구가 많이 수행되어 왔지만 아직까지 특수타를 채택한 선박의 조종성능해석에 대한 연구는 많지 않은 상황이다.

지금까지 우리나라에서는 설계속도에서 저속

비대선과 일반타를 장착한 경우에 대한 구속모형 시험기법에 대한 연구가 주로 이루어져 왔다(이 등[1997]; 한국조선기술연구조합[1997]).

또한 초기 설계단계에서 조종성능을 확인하고 선박의 성능이 문제가 되면 조종성능을 개선시키기 위해 초기 설계단계의 추정법을 개발하는데 집중되어 왔다(한국조선기술연구조합[1997]; 이 등[1998]; 이와 신[1998]; 이 등[1999]; Lee

1) 정회원, 울산대학교 수송시스템공학부, hyl9930@yahoo.co.kr

2) 현대중공업(주) 선박해양연구소

3) 울산대학교 대학원 조선 및 해양공학과

4) 목포대학교 선박해양공학과

and Shin[1998]; Ishiguro[1996]). 선주와 조선소는 초기설계단계에서 선박의 조종성능이 나쁠 것으로 예상되는 선박에 대하여 선박의 충돌로 인한 재산 및 인명의 손실을 막기 위하여 대각도 선회성능을 향상시키기 위해 특수타를 채용한다.

본 연구에서는 Flap 타 및 호온 타를 장착한 선박에 대하여 각각 구속모형 시험을 통한 비교 연구를 실시하였다.

구속모형 시험은 호온(horn) 형태의 타가 장착된 경우와 Flap 타가 장착된 경우에 대하여 수행되었고, 조종수학 모델링은 Abkowitz 모델링을 사용하여 유체력 미계수를 최소자승법으로 산정하여 조종운동을 수치모사 하였다(이 등[1997]).

연구결과에 의하면 Flap 타를 채택한 경우에 선회성능은 아주 향상되며, 직진 안정성은 약간 떨어지는 것을 확인하였다.

2. 조종성능 추정 모델

좌표계는 z축이 하방으로 향하고 x축은 선수방향으로 향하는 물체 중심에 원점을 둔 우수 좌표계를 사용하였고, 조종운동 방정식은 수평면상의 운동을 취급할 수 있게 3자유도 방정식을 이용하였다(Abkowitz[1980]).

$$m'(\dot{u}' - v' r') = X' \quad (1)$$

$$m'(\dot{v}' + u' r') = Y'$$

$$I_z \dot{r}' = N$$

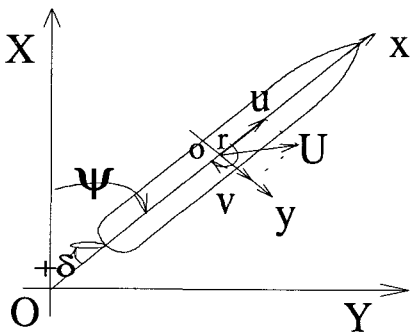


Fig. 1 Coordinate system

선체 전체에 작용하는 힘과 모우멘트는 다음과 같이 표현된다(이 등[1997]).

$$X' = \frac{X}{1/2\rho L^2 U^2} = X_u \dot{u}' + X_{vv} v'^2 + X_{vv'} v' r' + X_{rr} r'^2 + X_{\delta\delta} \delta^2 + (1-t)T - R'(u) \quad (2)$$

$$Y' = \frac{Y}{1/2\rho L^2 U^2} = Y_0 + Y_{v'} v' + Y_{r'} r' + Y_{v'} v' + Y_{vvv} v'^3 + Y_{rrr} r'^3 + Y_{r'r'} + Y_{vvr} v'^2 r' + Y_{vrr} v' r'^2 + Y_{\eta}(1-\eta) + Y_{\eta\eta}(1-\eta)^2 + Y_{\delta} \delta + Y_{\delta\delta\delta} \delta^3 + Y_{\delta\eta}(1-\eta)\delta - Y_{\delta\eta\eta}(1-\eta)^2 \delta$$

$$N = \frac{N}{1/2\rho L^3 U^2} = N_0 + N_{v'} v' + N_{r'} r' + N_{vvv} v'^3 + N_{rrr} r'^3 + N_{vvr} v'^2 r' + N_{v'} v' + N_{r'} r' + N_{vrr} v' r'^2 + N_{\eta}(1-\eta) + N_{\eta\eta}(1-\eta)^2 + N_{\delta} \delta + N_{\delta\delta\delta} \delta^3 + N_{\delta\eta}(1-\eta)\delta + N_{\delta\eta\eta}(1-\eta)^2 \delta$$

where T' ; thrust of propeller

R' ; resistance of a ship

t ; thrust deduction factor

η 는 초기속도와 조종운동 중의 x 방향의 속도와 의 비이며 프로펠러에 대한 전진 비를 나타낸다.

3. 결과해석 및 검토

시험조건, 시험결과 해석 방법 등은 이호영 등 [1997]에서 사용한 것과 같게 하였다.

본 시험에 사용된 선박의 간단한 제원은 다음과 같이 Table 1에 나타내었고, 타는 가동부의 면적만 산정하였다. 호온 타와 Flap 타의 경우에 호온 면적과 Flap 타를 가동하고 지지하는 부분인 skeg 면적은 선박에 취부되는 위치가 다르므로 직접 특성을 비교할 수 없어 표에 표기하지

않았다. Flap 타는 앞부분의 타가 δ deg 작동하면 뒤에 있는 타도 δ deg로 똑같이 작동하는 것으로 하였다.

Table 1 Principal characteristics of a ship

Hull		Rudder($A_R/LT(\%)$)	
C_{BB}/L	0.125	Horn Rudder(Case1)	1.81
		Flapped Rudder(Case2)	1.55

(1) 직진안정성능

선박의 직진 안정성능을 판별하는 판별식은 다음과 같이 표현된다(Abkowitz[1980], Gong[1995]).

$$l_d = \frac{N'_r}{Y'_r - m'} - \frac{N'_v}{Y'_v} \quad (3)$$

(3)에 의하면 Case 1이 l_d 가 -0.067이고 Case 2는 -0.231로 계산되었다. 이는 제어고정상태에서 호온 타의 전체 면적이 Flap 타의 전체면적보다 크기 때문에 호온타를 장착한 경우가 Flap 타를 장착한 경우보다 안정한 것으로 판명되지만, 안정성은 두 경우 모두 불안정하다.

선형이론에 근거한 선체의 응답 모형을 알아보기 위하여 K - T 모형을 도입하여 본 시험에서 유체력 미계수를 살펴보기로 하자.

$$T_1 + T_2 = \frac{(Y'_v - m')N'_r + (N'_r - I_z)Y'_v}{C} - \frac{Y'_r N'_v + N'_v(Y'_r - m')}{C} \quad (4)$$

$$T_3 = \frac{N'_v Y'_\delta - (Y'_v - m')N'_\delta}{N'_v Y'_\delta - Y'_v N'_\delta} \quad (5)$$

$$K = \frac{N'_v Y'_\delta - Y'_v N'_\delta}{C} \quad (6)$$

$$T\dot{r}' + r' = K\delta \quad (7)$$

where $T = T_1 + T_2 - T_3$

$$C = Y'_v N'_r - (Y'_r - m')N'_v$$

여기에서 T 는 선박의 응답 특성을 나타내고 K 는 선회능력을 나타낸다. (7)로부터 초기 타각 δ_0 가 시간에 따라 일정하면 (7)의 해는 다음과 같이 표현된다.

$$r' = K\delta_0(1 - e^{-t/T}) \quad (8)$$

Table 2는 K 와 T 값을 나타내었다. 표에서 K 와 T 값을 (8)에 대입하면 호온 타를 장착한 경우보다 Flap 타를 장착한 경우 더 불안정한 것을 확인할 수 있고, 선회 각속도의 절대값이 크다.

Table 2 K-T values

	Case 1	Case 2
K	5.69	2.72
T₁	-4.852	-1.622
T₂	-0.689	-0.187
T₃	0.837	0.824
T	-6.387	-2.633

이는 Case 1의 K 값이 Case2보다 크지만 $1/T$ 값은 Case1에서 음의 값이 Case2보다 작아지므로, (8)에서 각속도는 K 값보다 T 값의 영향을 훨씬 더 받으므로 Case2가 더욱 불안정 것으로 산정되었다.

(2) 선회성능

Fig.2, 3은 타각 35deg에서 좌우선회의 특성을 보여 준다. 그럼으로부터 호온 타보다 Flap 타가 선회성능이 훨씬 우수한 것을 알 수 있고 Flap 타의 특성을 잘 보여주고 있다. 이는 Flap 타를 장착한 경우가 (8)에서 선회 각속도의 절대값이 크기 때문에 선회 반경이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

Flap 타를 채택한 선박의 조종성능 특성

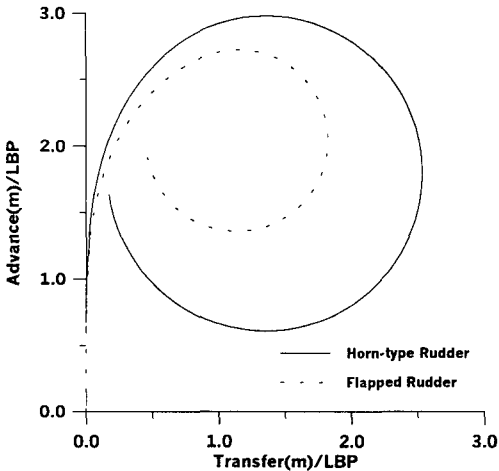


Fig. 2 Turning Trajectories for 35 deg rudder (Starboard)

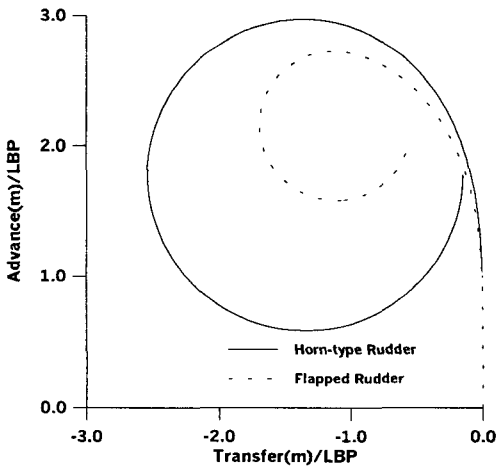


Fig. 3 Turning Trajectories for 35 deg rudder (Port)

(3) 지그재그(zig-zag) 성능

Fig.4는 10deg/10deg 지그재그 시험의 결과를 도시한 것이다. 1차 및 2차 오우버슈트(overshoot) 각까지는 호온 타를 장착한 선박이 지그재그 성능이 우수하나 그 이후에는 Flap 타를 장착한 선박이 지그재그 성능이 우수하고 타에 대한 응답 속도는 훨씬 빨라짐을 알 수 있다.

Fig.5는 20deg/20deg 지그재그 시험의 결과를 도시한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 1차 오우버슈트 각은 Flap 타를 장착한 경우가 약간 나쁘지만, 시간이 경과하면 호온 타를 장착한 경우보다 지그재그 성능이 훨씬 우수하여짐을 알 수 있다. 이는 시간이 경과함에 따라 Flap 타를 장착한 선박이 호온타를 장착한 선박보다 속도가 더 줄어들므로 오우버슈트 각을 줄인 것으로 판단된다.

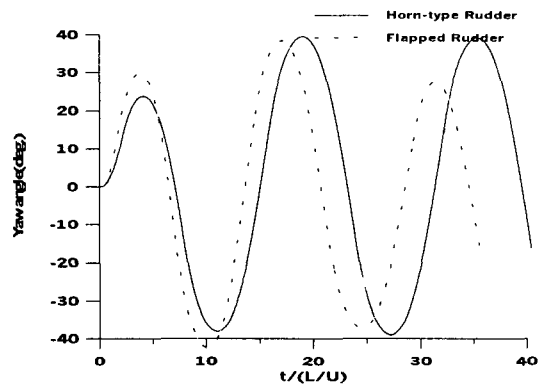


Fig. 4 10deg/10deg zig-zag maneuver

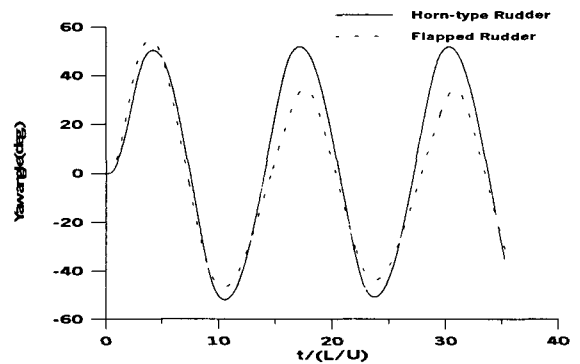


Fig. 5 20deg/20deg zig-zag maneuver

(4) 나선형 조종시험

Fig.6은 나선형시험을 도시하였다. 그림으로부터 호온 타를 장착한 경우가 Flap 타를 장착한 경우보다 루우프 폭은 작고 루우프 높이는 커짐을 알 수 있다. 나선형 시험에서 직진 안정성이 Flap 타가 나쁘게 나타나는 것은 표 2에서 T 값이 큰

음의 값을 갖기 때문에 선박의 직진 안정성이 떨어진다.

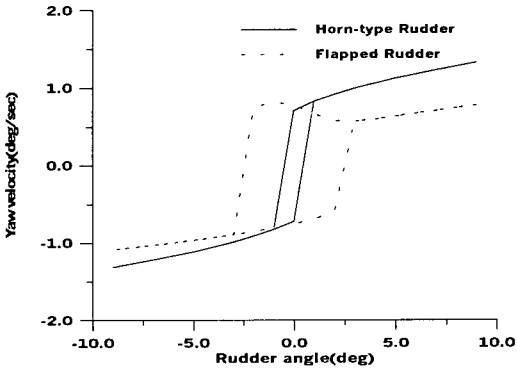


Fig. 6 r- δ curve of spiral maneuver

4. 결론

본 논문은 호온타와 Flap 타를 장착한 선박의 조종성능을 추정하기 위하여 구속모형 시험을 실시하여 유체력 미계수를 산정하여 두 경우에 대하여 조종운동을 수치 모사하여 다음 결론을 도출하였다.

- 1) Flap 타를 장착한 선박은 호온 타를 장착한 선박보다 선회성능이 월등히 우수한 것을 확인하였다.
- 2) 직진 안정성 면에서는 타 면적에 따라 달라지겠지만, 본 논문의 경우에 Flap 타보다 호온타가 우수한 것으로 추정되었다.
- 3) 향후 Flap 타가 부착된 선박에 대한 MMG 수확모형에 의한 시험법의 정립이 필요하다고 생각된다.

참고문헌

- [1] 이호영등, 1997 “PMM 모형시험에 의한 조종성능 추정”, 대한조선학회논문집, 제34권 제2호.
- [2] 이호영, 신상성, 염덕준, 1998 “초기설계단계에서 선박조종성능추정에 대한 정도향상 연구”, 대한 조선학회논문집, 제35권 제1호.
- [3] 이호영, 신상성, 1998 “선박조종성능 추정을 위한 근사적 기법에 관한 연구”, 대한조선학회논문집, 제35권 제4호.
- [4] 한국조선기술연구조합, 1997 “선박의 조종성능 추정 정도 향상에 관한 연구 I 1차년도 중간보고서”
- [5] 이승건등, 1999 “초기설계시 선박의 선미형상을 고려한 조종성능 추정에 관한 연구”, 대한조선학회논문집, 제36권, 제2호.
- [6] Lee H.Y. and Shin S. S., 1998 “The Prediction of Ship’s Maneuvering Performance in initial Design Stage”, PRADS, Hague, The Netherlands.
- [7] Abkowitz, Martin A. 1980 “Measurement of Hydrodynamic Characteristics from Ship Maneuvering Trials by System Identification” SNAME Transaction, Vol. 88
- [8] Ishiguro, T., et al., 1996 “A Study on the Accuracy of the Prediction Tecnique of Ship’s Maneuverability at Early Design Stage”, MAR-SIM 96
- [9] Gong, I. Y. et al, 1995 “The Influence of Rudder Area on the Maneuverability of a Ship with Large Beam-to-Draft Ratio”, PRADS