

# 선미 형상을 반영한 조종 유체력 미계수 추정 에 관한 연구

윤승배<sup>1</sup> · 김동영<sup>2,†</sup> · 김상현<sup>2</sup>  
현대미포조선<sup>1</sup>  
인하대학교 조선해양공학과<sup>2</sup>

## A Study on the Maneuvering Hydrodynamic Derivatives Estimation Applied the Stern Shape of a Vessel

Seung-Bae Yoon<sup>1</sup> · Dong-Young Kim<sup>2,†</sup> · Sang-Hyun Kim<sup>2</sup>  
Hyundai Mipo Dockyard<sup>1</sup>  
INHA University, Dept. of Naval Architecture & Ocean Engineering<sup>2</sup>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

The various model tests are carried out to estimate and verify a ship performance in the design stage. But in view of the cost, the model test should be applied to every project vessel is very inefficient. Therefore, other methods of predicting the maneuverability with confined data are required at the initial design stage. The purpose of this study is to estimate the hydrodynamic derivatives by using the multiple regression analysis and PMM test data. The characteristics of the stern shape which has an important effect on the maneuverability are applied to the regression analysis in this study. The correlation analysis is performed to select the proper hull form coefficients and stern shape factors used as the variables in the regression analysis. The comparative analysis of estimate results and model test results is conducted on two ships to investigate the effectiveness of the maneuvering hydrodynamic derivatives estimation applied the stern shape. Through the present study, it is verified that the estimation using the stern shape factors as the variables are valid when the stern shape factors are located in the center of the database.

**Keywords** : Maneuverability(조종 성능), Hydrodynamic derivatives(유체력 미계수), Stern shape(선미 형상), Hull form coefficient(선형 계수), Multiple regression Analysis(다중회귀분석), Correlation analysis(상관도분석)

## 1. 서론

선박 설계 시 선박의 성능평가를 위한 다양한 실험 및 검증이 이루어지는데 특히 본 논문에서 논의하고자 하는 부분인 조종 성능 평가는 모형선을 이용한 실험적인 연구, 운동방정식 및 유체력 미계수를 이용한 수치해석적인 방법으로 연구가 진행되고 있다. 구체적으로 실험적인 부분에서는 PMM, 회전팔, 자유항주 시험이 있고, 수치해석적인 부분으로는 추정식을 이용한 조종유체력 미계수 추정, 운동방정식을 이용한 조종성능 추정이 있다. 최근에는 각종 CFD를 활용한 계산프로그램으로 조종성능을 추정 및 검증하는 연구들도 진행되고 있다.

이러한 부분이 중요시되는 이유는 국제해사기구에서 선박의 크기 및 운항조건에 따라 조종성에 대한 기준을 제시하고 있으며 이는 실제로 해상이라는 예측불허의 상황에서 위급한 상황시 사고를 방지할 수 있는 중요한 성능지표가 될 수 있기 때문이다.

선박은 동일한 선종이라도 선형이 다양하고 길이, 폭, 깊이 등 주요제원이 유사한 선박이라도 선형요소 다르기 때문에 이러한 특성은 조종성능의 추정 및 예측에 어려움을 가져다 준다. 또한 선주는 초기설계 단계에서부터 조종성능에 대한 평가를 요구하고 있으며, 시운전 수행 시에는 조종성능 평가 기준에 따른 결과서를 제출하도록 되어 있다. 초기단계에서 조종성능을 평가하는 방법은 앞서 언급하였듯이 실험적, 수치해석적인 방법이 있는데 이런 다양한 방법들 중에서 비용적인 부분, 시간적인 부분을 고

려하여 가장 효율적인 방법을 선택할 필요가 있다. 특히 각 조선소에서 주력으로 개발 및 건조하고 있는 선박은 선종 별, 크기 별로 주요제원이 일정 범주를 가지고 있을 것이므로 이런 특성을 반영하여 조종성능을 평가한다면 예측 정도성을 높일 수 있을 것이다. 또한 선박의 운항 조건 및 조종장치의 조건이 동일하다는 가정하에는 선박의 선형, 특히 선미선형이 조종성능에 주요한 요인으로 작용할 수 있으므로 이는 중요한 고려대상이 될 수 있다.

본 연구에서는 선형에 따른 조종성능의 경향을 파악하여 이를 선박의 유체력 미계수 추정에 반영하면 정도가 향상된 추정이 가능할 것이라 판단하여 선박의 주요제원과 선미 형상을 회귀 추정식에 반영하여 유체력 미계수 추정식을 도출하였다. 추정식에 반영될 변수를 선정하기 위해 상관도 분석을 수행하였으며, 유체력 미계수와 선박의 주요제원 및 선미형상과의 상관계수를 척도로 조종성능 추정식에 이용될 변수를 선정하였다. 회귀 추정식에서는 다중회귀를 이용하여 선별한 변수를 반영한 유체력 미계수 추정식을 도출하였으며, 검증 선형의 유체력 미계수에 대해 추정값과 실험값을 비교하여 추정식의 효용성을 확인하였다.

## 2. Database 구축 및 자료 분석

### 2.1 대상 선박 Database 구축

조종 유체력 미계수 추정을 위한 Database는 모형시험 결과를 가지는 10척의 상선들로 이루어져있다. 이들의 (방형계수, block coefficient)의 분포는 Fig. 1과 같다. 10척의 중소형 상선들을 값을 기준으로 배열하여 선종과 값과의 상관성을 파악하였다. 그래프 상에서 선종과 는 어느 정도 상관성을 가지고 있다는 결과를 알 수 있으며, 값이 클수록 선박의 직진성능이 불리해 진다는 점을 고려하면 선형 설계 시 조종성능을 중점으로 평가해야 할 선종을 선별할 수 있을 것이다.

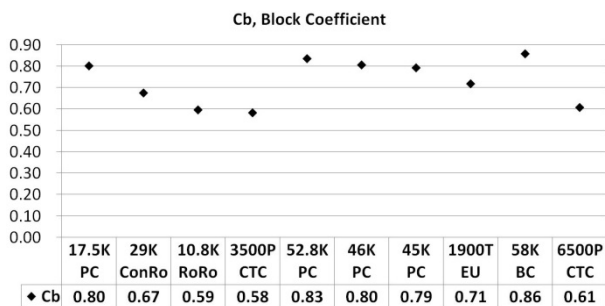


Fig. 1 Distribution of ship types and Cb in database

### 2.2 유체력 미계수 추정을 위한 변수 선정

선미부 형상이 선박의 조종성능에 영향을 미치는 부분이 상당하다는 연구들이 이미 진행되어 왔다. 선박의 주요제원, 형상계수 등에 의한 조종운동 유체력의 추정법은 Inoue, Kijima 등에 의해 제안되었다 (Lee & Shin, 1998). 이들 방법은 조종운동 유체력에

중요한 영향을 미치는 선미 Frame-line 형상이나 선미 Profile 형태 등을 고려할 수 없는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 일본의 조선연구협회에서는 Inoue 추정식을 수정하여 선미 Frame-line 형상을 고려할 수 있도록 하였다 (The Society of Naval Architecture of Japan, 1995). 또한, Kose는 Inoue 추정식이 종래의 Normal Stern 선형만을 대상으로 한 것에 착안하여, 최근에 많이 건조되는 Mariner형 Stern과 선미 Bulb가 있는 Mariner형 Stern(hogner stern with bulb)에 대한 일련의 모형실험을 수행하여 Inoue 추정식과 비교를 행하였다 (Lee, et al., 1999).

유체력 미계수 추정을 위한 변수는 초기 설계 단계에서 결정이 되는 주요 제원과 선속에 따라 변하는 유체력 미계수의 특성을 반영하기 위해 Froude 수를 이용하였으며, 기존 연구에 따라 선미 형상을 고려한 변수로는 선미부 Section 형상, 선미부 Profile 형상, 선미부 Bulb 형상을 사용하였다. 구축된 DB(Database)상에 포함된 선박의 주요제원 범위는 아래의 Table 1과 같으며, 이때 해당하는 L/B, B/T, Cb, Fn값을 본 논문에서는 선형계수라고 칭하였다.

Table 1 Hull form coefficients scope of ship in database

Hull form coefficient	Range
L/B	5.40 ~ 6.73
B/T	2.29 ~ 3.83
Cb	0.58 ~ 0.856
Fn	0.169 ~ 0.25

### 2.3 선미 형상에 대한 계수화

기존 연구에 따라 선미 형상을 고려한 변수로 선미부 Section 형상, 선미부 Profile 형상, 선미부 Bulb 형상을 반영하기 위해 다음과 같은 선미부의 변수화를 위한 과정을 수행하였다.

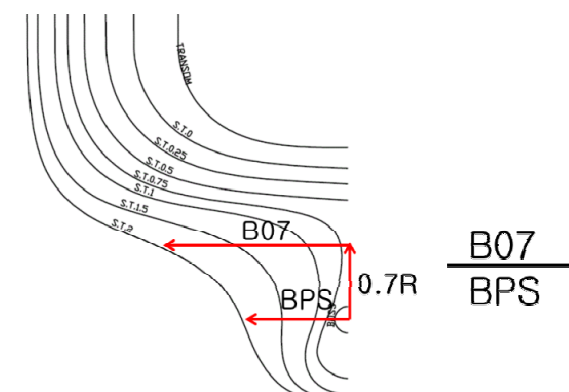


Fig. 2 Factor of stern section shape

선미부 Section 형상의 계수화를 위해 선미부의 펼쳐짐을 표현하는 계수 B07/BPS를 사용하였다. Fig. 2에서 나타나는 바와 같이 선미부의 특정 Station(2st.)에서의 y좌표값은 선미부 형상

의 펼쳐짐의 정도를 나타낸다. 프로펠러 반경의 0.7R에서의 y좌표값(B07)과 프로펠러 shaft에서의 y좌표값(BCL)의 비가 클수록 펼쳐짐의 정도가 높다고 할 수 있다.

선미부 Profile 형상의 계수 Pa1은 선미 후반부의 1/4지점까지 고려하는 5station 이전의 선미 부분의 면적을 이용하여 Fig. 3과 같이 계수화 하였다.

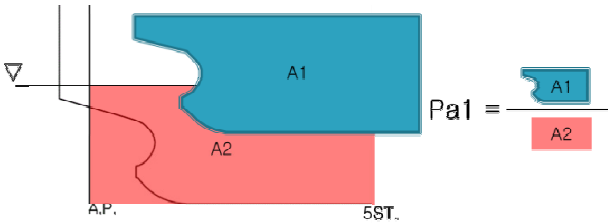


Fig. 3 Factor of stern profile shape

선미부 Bulb 형상은 선미 국부 부분을 추가로 고려하여 선미 형상의 변화를 민감하게 반영하기 위해 고려되었으며, 통상 이 값이 클수록 조종 성능이 좋아진다고 알려져 있다 (Lee & Yum, 1998) 선미부 Bulb 형상 계수 Pa는 1.5 station 이전의 선미 Bulb 부분의 면적을 이용하여 Fig. 4와 같이 계수화 과정을 수행하여 도출하였다.

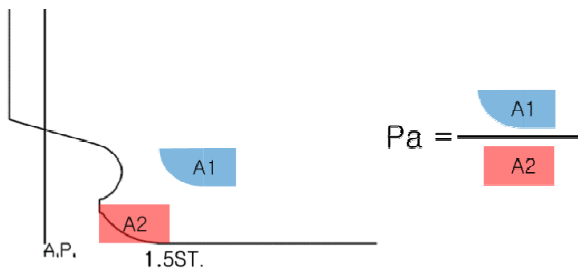


Fig. 4 Factor of stern bulb shape

Database에 포함된 선미 형상 계수의 범위는 Table 2와 같다.

Table 2 Stern shape factor scope of ship in database

Stern shape factor	Range
BP07/BPS	1.18 ~ 1.79
P1/P1all	0.67 ~ 0.91
P/Pall	0.83 ~ 0.91

### 3. 유체력 미계수 추정

#### 3.1 상관도 분석

통계해석에서 정확한 회귀분석결과를 위해 선정되어야 하는 단계로서 적절한 변수(variable)를 선정하는 과정이 필요하다. 이

는 회귀분석 시 이용되는 각 독립변수에 대한 유의성 검정과 보다 정확한 회귀분석 결과를 도출하기 위해 수행된다. 예를 들면, 두 변수 X, Y 사이의 상관관계를 알고자 할 때 두 변수 X와 Y에 대한 크기가 n인 확률 표본을 취한 후 얻어진 n개의 Data 즉 (X1, Y1), (X2, Y2), ... , (Xn, Yn)로부터 두 변수간의 상관정도를 파악하는 방법을 상관분석이라고 한다. 이러한 상관정도를 나타내는 척도를 상관계수라 하며 본 연구에서 이용된 상관도 분석 방법인 피어슨의 적률 상관 분석은 다음과 같은 방법으로 정의된다 (Lee, 2002).

$$r = \frac{S_{XU}}{\sqrt{(S_{XX})} \cdot \sqrt{(S_{uu})}} \quad (1)$$

$$S_{XX} = \sum_{i=0}^n (X_i - \bar{X})^2$$

여기에서,

$$S_{uu} = \sum_{i=0}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (2)$$

$$S_{xx} = \sum_{i=0}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n X_i$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n Y_i$$

-1 ≤ r ≤ 1, 이러한 상관계수의 범위는 ±1이다. r의 값은 X, Y의 선형관계를 나타내는 척도이며, 완전 선형관계의 경우 ±1이다.

r=0이면 점들 Y<sub>i</sub>는 흩어져 있게 되고 또는 회귀선은 수평이 된다는 점을 지적해 둔다. 그러므로 회귀선이 각 점들보다 근사하게 도출된 경우에는 r=1보다 가깝게 된다고 할 수 있다.

#### 3.2 상관도 분석 결과

회귀추정에 이용할 변수를 선정하기 위해 상관도 분석을 수행하였다. 이때, 선형 계수에 대한 상관도 분석은 초기 설계 단계에서 결정되는 주요 제원과 선속에 따라 변화는 유체력 미계수의 특성을 반영하기 위해 Froude 수를 대상으로 하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다. 선미 선형 계수에 대한 상관도 분석은 선미 형상을 고려한 변수로 선미부 Section 형상, 선미부 Profile 형상, 선미부 Bulb 형상을 대상으로 하였으며, 그 결과는 Table 3과 같다. 상관도 분석 결과 선형계수는 유체력 미계수와 밀접한 연관성을 가지며 선미 형상의 경우 또한 일부 유체력 미계수에 대해 연관성을 가진다 판단되어 앞서 선정된 변수들 중에서 상관도 분석의 기술적 해석에 따라 상관계수의 절대값이 0.35 이상인 값들을 회귀 분석의 독립변수로 사용하였다.

Table 3 Correlation analysis result of hull form coefficients

Motion	HydroCoeff.	L/B	B/T	Cb	Fn
Surge	$m - X_u$	-0.711	-0.837	0.872	-0.797
Sway	$m - Y_v$	-0.711	-0.837	0.872	-0.797
	$mx_G - Y_r$	0.216	-0.188	-0.428	0.450
	$Y_v$	0.683	0.864	-0.837	0.753
	$Y_r - m$	0.632	0.859	-0.847	0.790
Yaw	$mx_G - N_v$	-0.726	-0.540	0.510	-0.565
	$I_z - N_r$	-0.702	-0.896	0.800	-0.724
	$N_v$	0.705	0.806	-0.812	0.717
	$N_r - mx_G$	0.642	0.949	-0.613	0.517

Table 4 Correlation analysis result of stern shape factor

Motion	HydroCoeff.	BP07/BPS	P1/P1all	P/Pall
Surge	$m - X_u$	-0.296	0.066	0.548
Sway	$m - Y_v$	0.034	-0.089	0.412
	$mx_G - Y_r$	-0.409	-0.647	-0.633
	$Y_v$	0.375	-0.003	-0.533
	$Y_r - m$	0.393	0.077	-0.532
Yaw	$mx_G - N_v$	-0.346	-0.524	0.103
	$I_z - N_r$	-0.339	-0.006	0.399
	$N_v$	0.499	0.101	-0.408
	$N_r - mx_G$	0.390	-0.005	-0.324

### 3.3 회귀분석

변수들간의 함수관계를 측정된 Data를 통하여 규명해 가는 통계적 분석방법을 회귀분석이라 하며 선형회귀분석의 경우 단순회귀, 곡선회귀, 다중회귀, 다항회귀가 있다. 본 연구에서는 변수들과의 상관관계와 회귀의 원리를 이용하여 추정하기 위해 회귀분석을 수행하였으며, 독립변수가 2개 이상인 연구 조건을 고려하여 다중회귀분석을 이용하였다. 다중회귀는 독립변수가 2개 이상이고 각 독립변수와 종속변수와의 관계가 1차 함수이며 그 모형은 다음과 같다 (Lee, 2002).

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_kx_k \quad (3)$$

### 3.4 유체력 미계수 회귀추정 결과

Database에 포함된 10척의 상선에 대해 유체력 미계수의 회

귀 추정 결과와 PMM시험 결과를 비교하였다. 비교 대상 유체력 미계수는 Table 5와 같으며, Surge, Sway, Yaw 운동에 대한 1차 선형항 중 조종운동에 크게 영향을 미치는 과 각 운동 방향에 대한 부가 질량 및 부가 관성 모멘트를 대상으로 하였다. 본 연구에서는 선형계수만 고려한 경우, 선형계수 및 선미형까지 고려한 경우, 그리고 모형시험 결과에 대하여 유체력 미계수를 비교하였다. 이때 각 유체력 미계수는 무차원화된 값이다.

Table 5 Comparison targets of hydrodynamic coefficient

Motion	Surge	Sway	Yaw
Hydrodynamic Coefficient	$m - X_u$	$m - Y_v$	$mx_G - N_v$
	-	$mx_G - Y_r$	$I_z - N_r$
	-	$Y_v$	$N_v$
	-	$Y_r - m$	$N_r - mx_G$

선형 유체력 미계수  $Y_v, Y_r, N_v, N_r$ 에 대한 PMM 시험 결과와 선형계수만 고려한 회귀추정의 결과, 선형계수와 선미형상까지 고려한 회귀추정의 결과는 Fig. 5, 6, 7, 8과 같다. 추정 결과를 통해 회귀추정식을 통한 유체력 미계수 추정만으로도 실험결과 값과 유사한 유체력 미계수 값을 취득할 수 있을 뿐만 아니라 선미형상의 변수까지 이용하여 회귀추정을 수행할 경우 더욱 실험값에 가까운 유체력 미계수 값을 얻을 수 있음을 확인하였다.

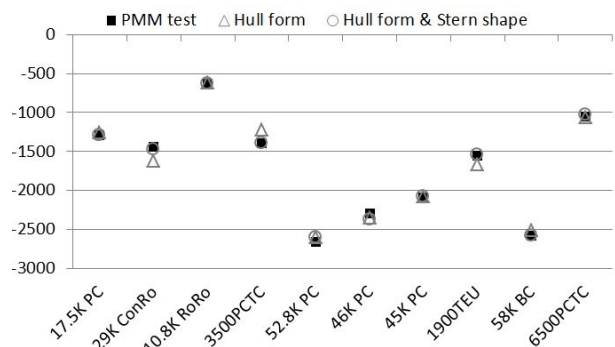


Fig. 5 Multiple regression estimate value of  $Y_v$

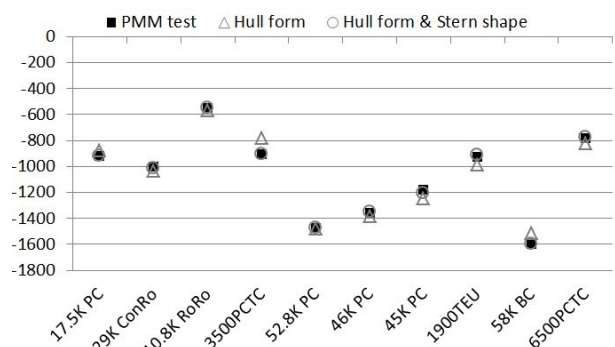


Fig. 6 Multiple regression estimate value of  $Y_r - m$

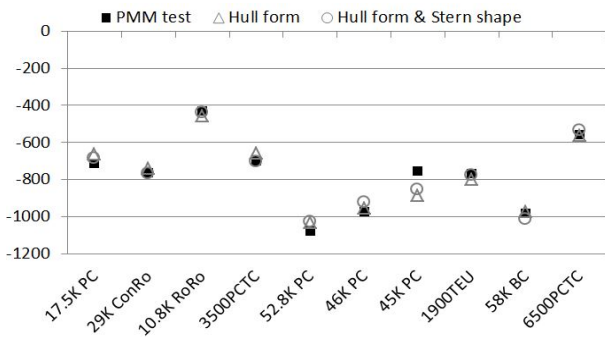


Fig. 7 Multiple regression estimate value of  $N_v$

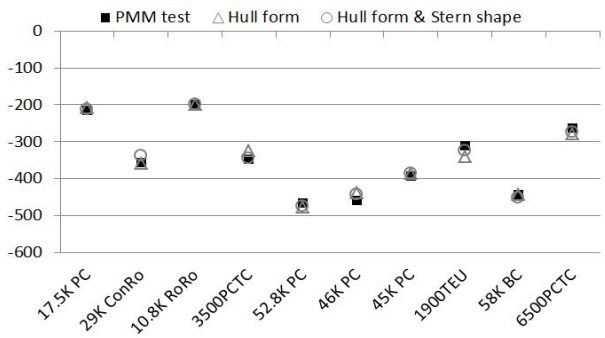


Fig. 8 Multiple regression estimate value of  $N_r - mx_G$

Fig. 9, 10, 11, 12에서 보이는 바와 같이 Surge, Sway, Yaw 운동의 각 운동방향에 대한 부가질량 및 부가관성 모멘트에 대한 회귀추정 결과 값은 1차 선형 항에 비해 비교적 추정 정도성이 떨어졌지만  $mx_G - N_v$ 에 대한 값을 제외하고는 선형계수만 고려한 회귀추정 값보다 선형계수 및 선미형상을 고려한 회귀추정 값이 상대적으로 모형시험 결과값에 근사하는 경향을 확인하였다.

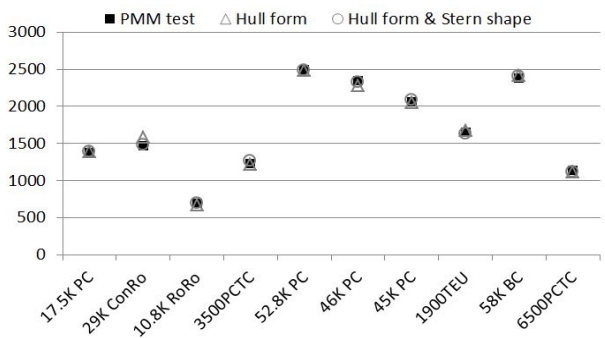


Fig. 9 Multiple regression estimate value of  $m - X_u$

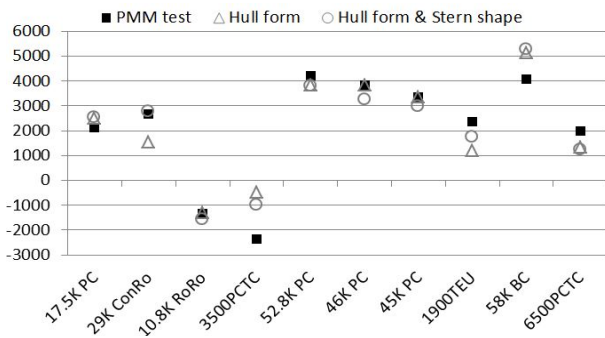


Fig. 10 Multiple regression estimate value of  $m - Y_v$

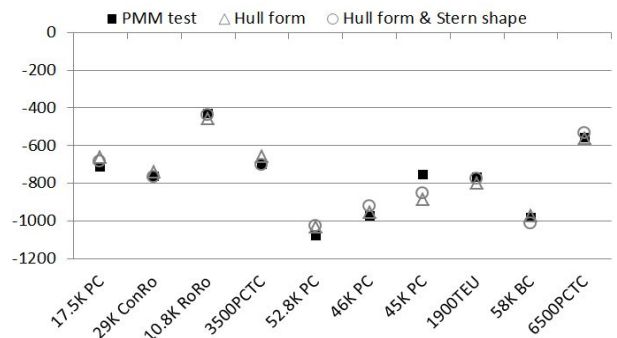


Fig. 11 Multiple regression estimate value of  $mx_G - Y_r$

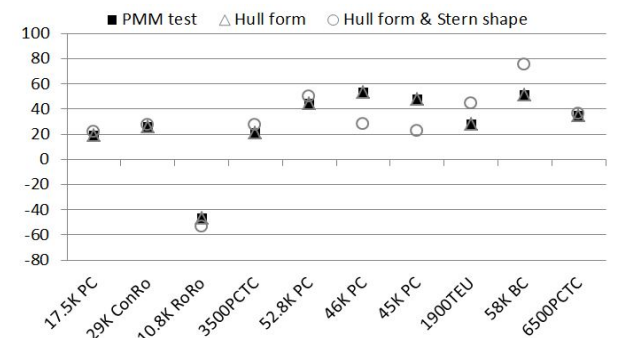


Fig. 12 Multiple regression estimate value of  $mx_G - N_v$

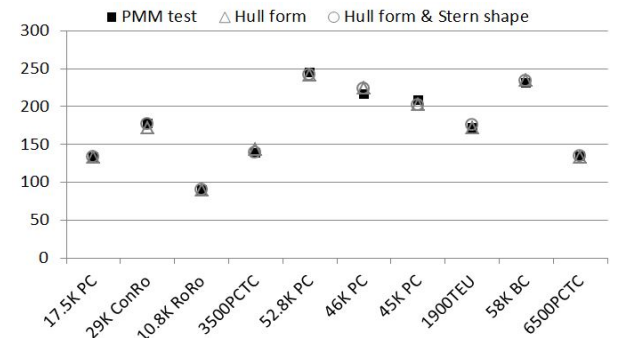


Fig. 13 Multiple regression estimate value of  $I_z - N_r$

유체력 미계수에 대한 모형시험 결과값과 회귀추정 결과값의 비교를 통해 선형계수는 유체력 미계수와 밀접한 연관성을 가지며 선미 형상을 반영하는 경우 보다 정도 높은 추정이 가능함을 확인할 수 있었다.

## 4. 검증 및 고찰

### 4.1 검증선형 선정

본 연구에서 제안하는 선형계수 및 선미형상을 변수로 고려한 회귀추정식의 추정 정도성을 검증하기 위해 동일한 선종인 2척의 선박을 검증 대상 선형으로 채택하였다. 검증선형으로 선정된 75K 및 37K Bulk carrier의 주요제원은 Table 6과 같다.

Table 6 Hull form coefficients of verification ship

Hull form coefficient	75K BC	37K BC
L/B	6.73	6.22
B/T	2.29	2.75
L/T	15.39	17.11
Cb	0.8651	0.8386
Fn	0.156	0.178

그리고 검증선형이 DB에 속한 선박들과의 관계를 파악하기 위해 주요제원과 선미부 형상계수를 축으로 하여 DB 범위에서의 위치를 검토하였다. Fig. 14, 15의 각 꼭지점은 선형계수 및 선미 형상계수의 최대, 최소값을 나타내며 이 꼭지점을 연결한 직육면체는 DB에 포함되어 있는 선박이 위치할 수 있는 boundary를 표현한다.

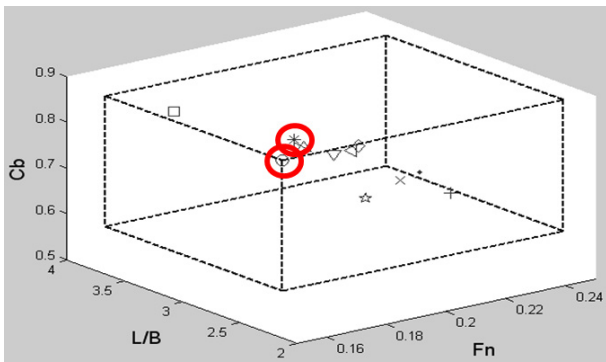


Fig.14 Distribution of hull form coefficients in database

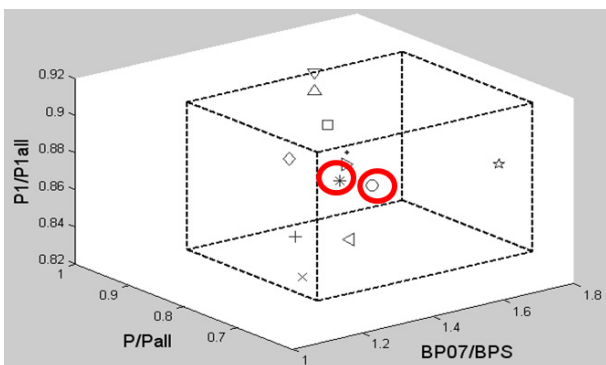


Fig. 15 Distribution of stern shape factors in database

DB에 속하는 선종이 직육면체(boundary) 면의 중심으로부터 가로 및 세로의 50% 범위 밖에 위치하는 경우를 x, 50% 범위 안에 위치하는 경우를 o로 하여 해당선박의 선형계수와 선미부 형상계수를 Table 7에 나타낸다. 이때, 1은 B/T축과 Cb축으로 이루어진 면, 2는 L/B, Cb 면, 3, 4, 5, 6은 각각 B/T, L/B 면, P/Pall, P1/P1all 면, BP07/BPS, P/Pall 면, BP07/BPS, P1/P1all 면이다. 75K BC의 경우 선형계수는 DB의 Boundary면

에 가까이 위치하며 선미 형상계수는 DB의 중심에 가까이 위치하는 것을 확인할 수 있고, 37K BC의 경우 선형계수는 DB의 중심에 가까이 위치하며 선미 형상계수는 DB의 Boundary면에 가까이 위치하는 경향을 확인할 수 있다.

Table 7 Distribution of hull form coefficients and stern shape factors in database

Point shape	Ship type	Hull form coefficient			Stern shape factor		
		1.	2.	3.	4.	5.	6.
○	75K BC	x	x	x	o	o	o
*	37K BC	o	o	o	x	x	o
□	17.5K PC	x	o	x	o	o	o
X	29K ConRo	o	o	o	x	o	x
◆	10.8K RORO	x	x	x	o	o	o
+	3500PCTC	x	x	x	o	x	x
◇	52.8K PC	o	o	o	o	o	o
▽	46K PC	o	o	o	x	x	x
△	45K PC	o	o	o	x	x	o
◁	1900TEU	o	o	o	o	o	o
▷	58K BC	x	o	o	x	x	o
☆	6500PCTC	o	o	o	o	x	x

#### 4.2 75K BC의 회귀추정결과 및 고찰

검증선형에 대한 유체력 미계수의 추정치를 모형시험 결과 data와 비교하여 정도성을 확인하였다. 본 연구에서는 검증선형에 대해서 선형계수를 이용하여 도출된 다중회귀식, 선형계수 및 선미형상계수로 도출된 다중회귀식이 시험 결과 data를 얼마나 근접하게 추정할 수 있는가를 검토하였다.

75K BC의 추정결과, Fig. 16 및 Table 8에서 보이는 바와 같이  $Y_v$  및  $m - X_u$ ,  $mx_G - Y_r$ ,  $mx_G - N_v$ 에 대해서 선형계수만으로 도출된 추정식에 대입한 경우보다 선미형상까지 고려된 추정식에 대입한 경우 상대적으로 모형시험 결과값에 근접한 결과를 얻을 수 있었다. 이는 75K BC의 선형계수 분포가 직육면체(DB)에서 상당히 벗어나 있어 선형계수만 고려된 추정식으로는 정도성 높은 결과를 얻을 수 없었던 것으로 추측된다. 반면에 선미부 형상계수의 분포는 DB내부에 위치해 있으며 이는 선미부 형상에 대한 DB의 특성을 잘 반영하여 정도성 높은 추정이 가능했던 것으로 추측된다.

37K BC의 추정결과, Fig. 17 및 Table 9에서 보이는 바와 같이 이를 제외하고는 선형계수만으로 이루어진 추정식의 결과가 상대적으로 정도성이 뛰어난 것으로 평가되었다. 이는 37K BC의 선형계수 분포가 DB상의 내부에 위치하고 있어 선형계수만으로 도출된 추정식으로 정도성 높은 추정이 가능했던 것으로 추측된다. 선미부 형상계수의 분포는 직육면체(DB)의 모서리(boundary)에 위치하는 경향이 있어 선미형상까지 고려한 추정식이 오히려 정도성을 떨어뜨린 것으로 추측된다.

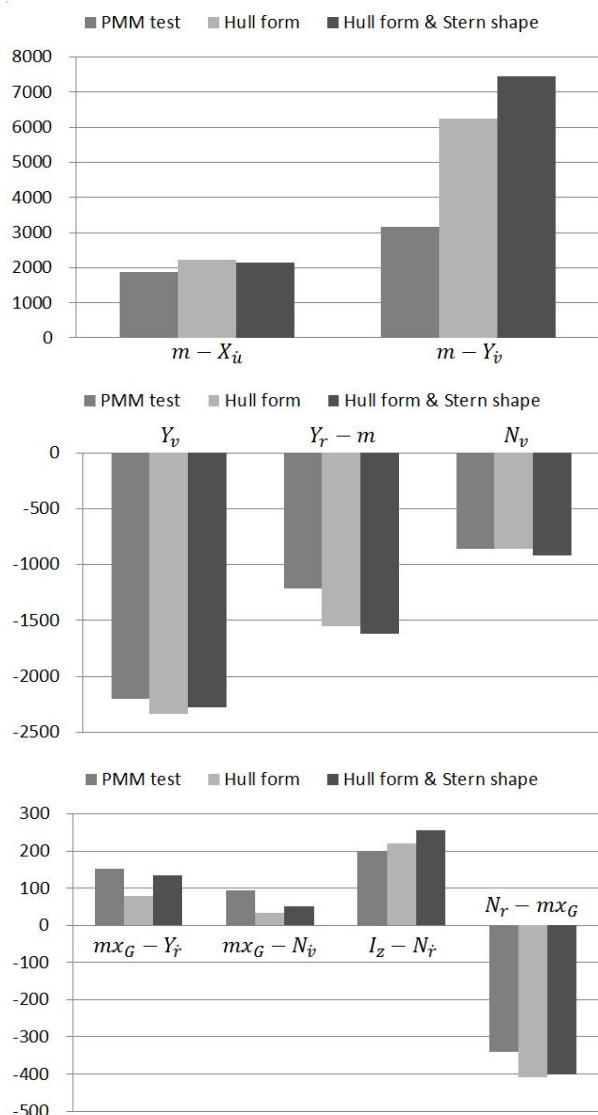


Fig. 16 Estimate value and experimental value of hydrodynamic derivatives on 75K BC

Table 8 Estimation result of derivatives approved hull form coefficients and stern shape factors on 75K BC

75K BC					
Hydro Coeff.	Test Data	Regression Analysis		Regression Analysis	
		Hull form coefficient	Devi.(%)	Stern shape factor	Devi.(%)
$m - X_{\dot{u}}$	1863	2231	20%	2130	14%
$m - Y_{\dot{v}}$	3171	6241	97%	7460	135%
$mx_G - Y_{\dot{r}}$	151	78	-48%	135	-11%
$Y_v$	-2205	-2333	6%	-2276	3%
$Y_r - m$	-1215	-1556	28%	-1616	33%
$mx_G - N_{\dot{v}}$	94	33	-65%	51	-46%
$I_z - N_{\dot{r}}$	199	221	11%	256	29%
$N_v$	-856	-857	0%	-920	8%
$N_r - mx_G$	-342	-409	20%	-401	17%

### 4.3 37K BC의 회귀추정결과 및 고찰

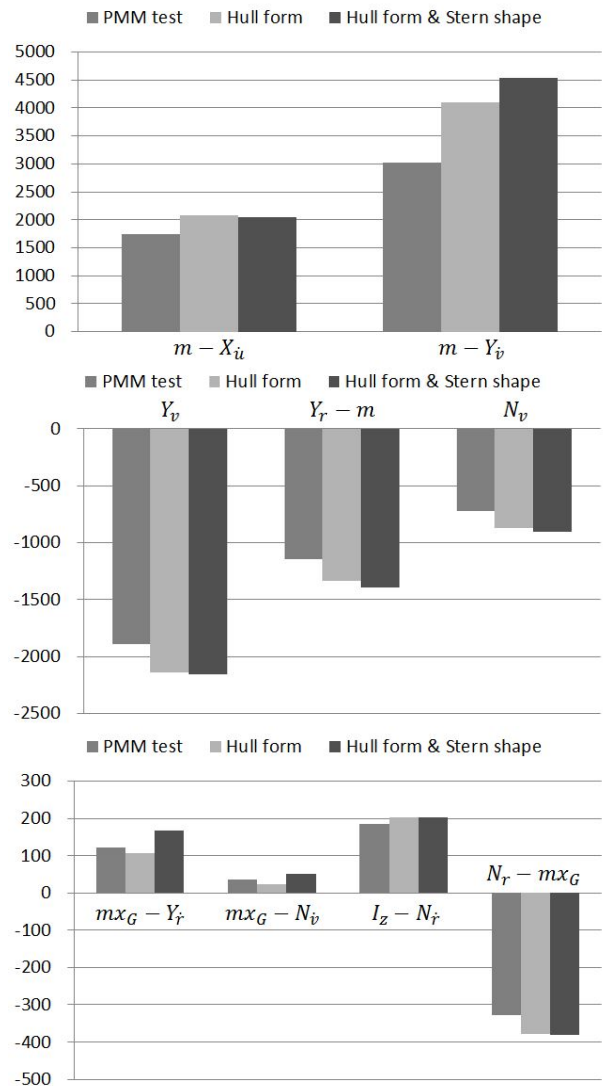


Fig. 17 Estimate value and experimental value of hydrodynamic derivatives on 37K BC

Table 9 Estimation result of derivatives approved hull form coefficients and stern shape factors on 37K BC

37K BC					
Hydro Coeff.	Test Data	Regression Analysis		Regression Analysis	
		Hull form coefficient	Devi.(%)	Stern shape factor	Devi.(%)
$m - X_{\dot{u}}$	1863	2084	20%	2047	17%
$m - Y_{\dot{v}}$	3171	4101	35%	4543	50%
$mx_G - Y_{\dot{r}}$	151	106	-13%	168	38%
$Y_v$	-2205	-2142	13%	-2157	14%
$Y_r - m$	-1215	-1339	16%	-1398	22%
$mx_G - N_{\dot{v}}$	94	22	-39%	50	39%
$I_z - N_{\dot{r}}$	199	203	10%	204	10%
$N_v$	-856	-869	20%	-909	26%
$N_r - mx_G$	-342	-379	16%	-380	16%

76K BC 검증선형에서는  $m - X_u, mx_G - Y_r, Y_v, I_z - N_r, N_v, N_r - mx_G$ 의 추정 값 그리고 36K BC 검증선형에서는  $m - X_u, mx_G - Y_r, Y_v, Y_r - m, I_z - N_r, N_v, N_r - mx_G$ 의 추정 값에 대해서 시험 결과값 대비 오차범위가 약 20%내외로 추정이 가능하였다. 또한 추정 결과 비교를 통해 DB에서의 위치가 추정 정도성에 미치는 영향을 확인할 수 있었다.

## 5. 결론

본 연구에서는 중소형 상선들을 대상으로 선박의 조종성능을 예측하기 위해 수행되는 PMM test 결과를 DB로 활용하여 주요 제원, 선미형상을 변수로 하는 조종 유체력 미계수 추정식을 도출하였다. 회귀 추정식을 도출하는 과정에서 선미부 형상이 조종성 미계수와 상관관계를 가지고 있고, 이를 회귀변수로 반영 시 정도성이 향상되는 결과를 확인할 수 있었다. 다중회귀분석 시 상관도 분석을 통한 변수 선별작업으로 다양한 변수를 최소화 할 수 있고 상관관계가 높은 변수들로 다중회귀식을 간단하게 정리할 수 있었다. 이 과정에서 조종 유체력 미계수를 종속변수로 하여 선형계수 및 선미형상과의 상관관계를 파악함으로써 조종성에 영향을 미치는 변수를 확인 할 수 있었다. 또한 선미부 형상을 반영함으로써 시험 결과값에 보다 근접하는 다중회귀식을 도출할 수 있음을 비교하여 확인하였다.

본 연구에서 도출한 회귀추정식을 검증하기 위하여 75K BC와 37K BC를 검증선형으로 선택하여 조종 유체력 미계수를 추정하였다. 75K BC의 경우, 선형계수가 DB의 가장자리에 위치하고 있으나 선미부 형상 계수는 DB의 내부에 위치하고 있어 선형계수 및 선미부 형상계수를 이용하여 도출된 회귀추정식이 조종 유체력 미계수를 정도 높게 추정하였다. 반면에 37K BC의 경우, 선미 형상 계수는 DB 가장자리에 위치하지만 선형계수가 DB의 내부에 위치하고 있어 선형계수만을 이용하여 도출된 회귀추정식이 선미형상까지 이용한 회귀추정식보다 조종 유체력 미계수를 정도 높게 추정하였다. 이러한 결과로부터 DB의 선미형상과 유사한 선미형상을 가지는 선박의 경우, 선미부 형상계수를 도입한 회귀추정식이 조종 유체력 미계수를 정도 높게 추정 가능한 것을 확인하였다.

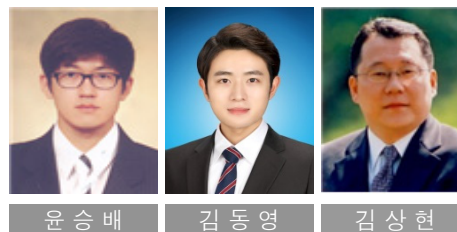
향후 선종 특성을 반영한 DB 구축을 통해 선종에 따라 특화된 추정식을 도출하면 보다 정확하게 조종 유체력 미계수를 추정할 수 있을 것이라 판단된다. 또한 많은 모형시험 결과를 확보하여 DB확장한다면 조종 유체력 미계수 추정식의 정도 상승을 기대할 수 있을 것이다.

## 후기

본 연구는 2013년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 (NRF-2013R1A1A2005770)의 지원을 받아 수행한 연구입니다.

## References

- Lee, C.H., 2002. *Study on the effect of forebody hull form of a medium class container vessel to the resistance performance*. Master's Thesis. Chosun University.
- Lee, H.Y. & Shin, S.S., 1998. Approximate Technique for Ship's Manoeuvrability Prediction. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 35(4), pp. 19-26.
- Lee, H.Y. & Yum, D.J., 1998. An Experimental Study on the Effects of Afterbody Appendages and Hull Form on the Manoeuvrability of a Container Carrier. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 35(3), pp.38-45.
- Lee, S.K. Choi, J.Y. Seo, Y.S. & Lee, W.J., 1999. A Study on the Prediction of the Maneuverability of Ships at Initial Design Stage, Considering Stern Form. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 36(2), pp.72-76.
- The Society of Naval Architecture of Japan, 1995. *Research on Ship Manoeuvrability and its Application to Ship Design*. The 12th Marine Dynamic Symposium: Seoul.



윤승배

김동영

김상현