



다목적 레저 활동을 위한 Caravan의 선형설계에 대한 연구

배준영* · 이성욱
(*동주대학교 · 한국해양대학교)

A Study on Hull Design of Caravan for Multi-Purpose Leisure Activities

Jun-Young BAE[†] · Sung-Wook LEE
(*Dongju College · Korea Maritime and Ocean University)

Abstract

The purpose of this research is to design hull of multi-purpose leisure caravan. In order to complete the purpose, the research team has firstly designed the outline of the caravan and examined hydrostatic characteristics and stability of it. And the resistance performance of the designed ship was investigated through openFOAM and compared with the thrust of electric motor. The team verified the feasibility of the designed ship through this study.

Key words : Multi-purpose caravan, Hull design, Hydrostatic characteristic, Open FOAM

I. 서론

주5일제가 전면 시행된 2011년 이후 근무 여건의 개선으로 다양한 레저활동에 많은 시간을 소비하고 있다. 이중에서도 해양레저활동이 가장 활발하게 이루어지고 있으며, 캠핑의 인구 또한 급속히 증가하고 있다. 2016년 캠핑산업현황 통계조사에서 국내 캠핑 산업규모는 연간 1조 5천 억이었으며 국내 캠퍼의 수는 310만 명으로 조사되었다(Camping Outdoor Agency, 2018). 또한 캠핑카·캠핑트레일러의 수가 9년 동안 20배로 늘어났다는 경향비즈의 보도도 있었다(Yun, 2016).

최근에 육상과 해상에서 동시에 사용가능한 다양한 종류의 다목적 카라반이 개발되어 사용되고 있다. 이러한 카라반은 캠핑보트(Campingboat) 혹은 카라보트(Caraboat)라는 다양한 이름으로 불리어지고 있다. 국내외의 개발 사례로는 오스트레일리아의 CaraBoat사를 들 수 있다. CaraBoat사는

중·대형의 다목적 캠핑트레일러를 생산하고 판매하고 있다. [Fig. 1]에 CaraBoat사에서 판매를 하고 있는 CaraBoat를 보이고 있다. 국내에서는 보트밴(Boatvan)이라는 이름으로 성우모터스에서 2016년에 개발을 한 상태이나 이것의 설계에 대한 내용은 거의 공개가 되지 않은 상태이다.

본 연구는 이러한 추세에 맞추어 다목적 레저 활동을 위한 카라반의 선형 설계를 목적으로 하고 있다. 본 연구가 수행되었던 2016년에는 성우모터스의 Boatvan도 개발 중인 상태였기 때문에 이에 대한 정보를 활용하여 연구를 진행하지는 못하였다. 따라서 카라반의 중량에 대한 부분은 육상에서 운용중인 비슷한 사이즈의 카라반을 참조하였으며, 외형은 내부의 용품배치와 유체역학적 특성 등을 고려하여 설계가 이루어졌다. 현재 다목적 카라반의 해상 사용에 대한 규정은 존재하지 않기 때문에 본 연구에서는 소형 여객선으

[†] Corresponding author : 051-200-1556, newthousands@gmail.com

로 간주하고 복원성을 검토하였다. 복원성 검토를 위한 무게중심의 추정은 1/4의 모형을 사용한 경사시험을 통하여 계산하였다. 저항성능의 검토는 내부 코드가 공개되어 있는 CFD 소프트웨어를 사용하였으며, 계산된 저항과 추진체의 추력을 비교하여 추진체의 적정성 여부를 판가름하였다. 본 연구에서 검토된 모델이 최종 모델은 아니지만 검토결과 양산이 되어도 복원성과 저항성능 측면에서는 문제가 없음을 본 연구를 통하여 확인하였다.



[Fig. 1] CaraBoat by Caraboat Co. in Australia

II. 대상선의 유체역학적 특징

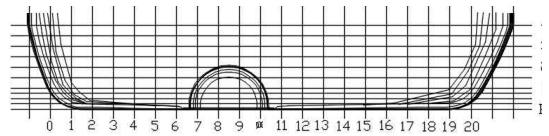
1. 대상선

현재 대상선의 무게 및 흘수는 내부 인테리어가 확정되지 않은 상태이기 때문에 대상선의 선도를 기반으로 추정된 유체역학적 특성, 복원성 및 저항성능의 검토를 수행하였다.

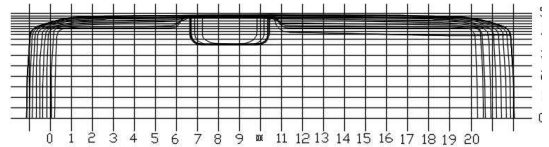
대상선의 선도는 [Fig. 2]와 같으며, 선박의 길이, 폭 및 깊이의 간격은 0.2m로 설정하였다. <Table 1>에서 설계상 인테리어를 포함한 대상선의 중량은 대략 800kgf이며 여기에 4명의 승선인원을 포함시키면 대상선의 총무게가 구해진다. 승선인원은 성인 2명과 소인 2명의 탑승을 토대로 이루어졌으며, 성인의 무게는 선박구명설비기준 제14조(구명정의 정원)에 따라서 75kgf로 설정(MOMAF, 2014)하였으며, 소인에 대한 기준은 별도로 언급되어져 있지 않기 때문에 성인무게의 절반정도인 40kgf로 설정하였다. 따라서 대상선의

총무게는 1,030kgf가 된다. 또한 이때의 흘수를 계산하면 약 0.15m로 추정된다.

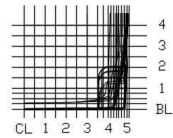
대상선의 복원성을 평가하기 위하여 중량중심의 높이방향 거리(KG)를 정확하게 계산하여야 하나 선박을 구성하고 있는 구조부재의 복잡성과 화물의 다양성으로 인하여 정확한 KG를 계산하는 것이 쉽지 않기 때문에 1/4 스케일로 제작된 모형을 대상으로 경사시험을 실시하여 실선의 KG의 값을 추정하였다. 경사시험 시의 모습을 [Fig. 3]에 보인다.



(a) Profile



(b) Half-breadth Plan



(c) body plan

[Fig. 2] Lines of Target ship



[Fig. 3] Inclining test of Model ship

<Table 1> Principal Dimension of the Target ship

Item		Dimension
Length	m	4.16
Breadth	m	1.94
Height	m	0.91
draft	m	0.15
C _B		0.83
KG	m	0.16
Displacement	kgf	abt. 1,030
Complement	person	2 adult + 2 child

2. 복원성의 검토

대상선의 복원성을 검토하기 위한 적절한 기준이 없기 때문에 선박의 길이를 고려하여 선박복원성 기준의 제2조 5항의 “소형여객선”으로 간주하고 복원성을 검토하였다(MOMAF, 2013).

가. 소형여객선의 복원성기준

$$N \leq C \cdot L \cdot B \cdot F \dots\dots\dots (1)$$

$$N \leq \frac{L \cdot B (F_2 - 0.025 L)}{0.33} \dots\dots\dots (2)$$

여기서, N은 최대탑재인원, L은 선박의 길이, F는 사람을 탑재하지 아니한 상태에서 선박 길이의 중앙에 있어서의 견현, B는 선폭을 의미하며, 단위는 (m)를 사용하였다. 다만, F가 B/5.5+0.09보다 큰 경우에는 B/5.5+0.09로 한다. F2는 사람을 탑재하지 아니한 상태에서 선미에 있어서의 최소 견현, C는 식(3)에 의한 값, 다만, C가 2.27보다 큰 경우에는 2.27로, 0.78보다 작은 경우에는 0.78로 한다.

$$C = 2.69 - 5.31 (D/B)^2 \dots\dots\dots (3)$$

여기서 D는 선체의 중앙(midship)에서 기선으로부터 상갑판보의 현측 상면까지의 수직거리로 하며, 갑판이 없는 경우에는 현측까지의 수직거리로 한다.

나. 복원성 계산

<Table 1>의 대상선의 주요 요목 자료를 기반으로 C의 값을 계산하면 1.51로 계산되며, 식(1)은 5.27, 식(2)는 8.12로 계산되어 예상 승선인원 4명보다 크게 나오기 때문에 복원성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

3. 저항성능의 검토

저항성능의 해석을 위한 다양한 CFD 소프트웨어가 있지만, 본 연구에서는 국내외의 많은 분야에서 사용되어 그 유용성이 검증(Jasak, H. et al., 2009, Lee, S. et al., 2015)되고 있는 OpenFOAM (Open-source Field Operation And Manipulation)을 사용하여 대상선의 저항성능을 검토하였다. OpenFOAM은 다른 소프트웨어와 다르게 무료로 배포되어 많은 사용자층을 확보하고 있으며 내부 코드가 공개되어 있어 확장성이 매우 좋다.

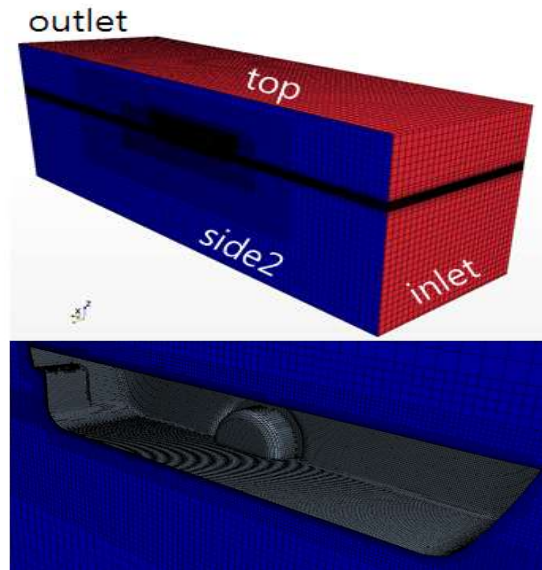
CFD 해석을 위한 대상선의 주요제원은 <Table 1>과 같으며, 계산에 필요한 경계조건을 <Table 2>에 나타내었으며 구체적인 설정을 <Table 3>에 보인다. 계산은 등흘수와 선미트림 상태에서 수행하였으며, 등흘수에서는 흘수를 0.1m 및 0.2m로 나누어 계산 조건을 상정하였다. 또한 계획만 재흘수인 0.2m에서는 1도와 2도의 선미트림 상태에서 저항성능을 검토하였다. 대상선의 선속은 1kt 간격으로 최대속도인 3kts까지 저항성능을 검토하였다. [Fig. 4]는 대상선의 캐드 파일을 이용하여 저항계산에 필요한 격자파일을 생성한 최종 모습을 나타낸 것이다.

<Table 2> Calculation conditions for estimating resistance performance

Calculation condition			Velocity	
Even keel				
draft	m	0.1	kts	1, 2, 3
	m	0.2		
Stern trim				
draft: 0.2m	trim: 1deg.		kts	2, 3
	trim: 2deg.			

<Table 3> Boundary conditions used in resistance performance calculations

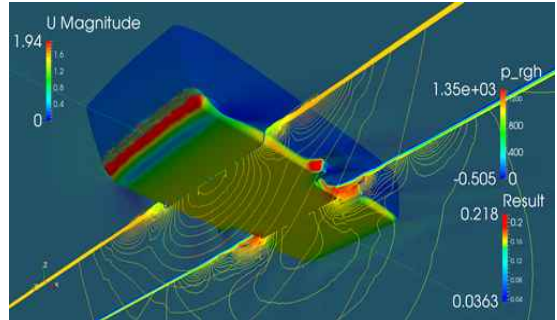
Boundary	U	p_rgh	alpha.water	k	epsilon
inlet	fixedValue	fixedFluxPressure	fixedValue	fixedValue	fixedValue
outlet	outletPhaseMeanVelocity	zeroGradient	variableHeightFlowRate	inletOutlet	inletOutlet
side1	fixedValue	zeroGradient	zeroGradient	fixedValue	fixedValue
side2	symmetry	symmetry	symmetry	Symmetry	Symmetry
bottom	fixedValue	zeroGradient	zeroGradient	fixedValue	fixedValue
top	pressureInletOutletVelocity	totalPressure	inletOutlet	inletOutlet	inletOutlet
hull	fixedValue	zeroGradient	zeroGradient	kqRWallFunction	omegaWallFunction



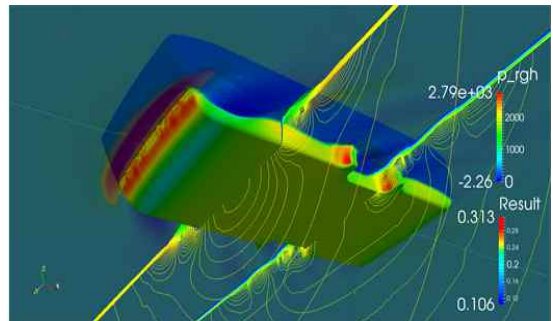
[Fig. 4] Volumetric grid generation for resistance performance calculations

자유수면의 효과를 고려한 선박의 저항성능 계산에 있어서 OpenFOAM의 경우 interFoam(solver 중 일부)이 널리 이용되고 있다. 또한 저항성능 계산에 있어서 선체의 자세변화가 계산 도중에 자동적으로 고려될 수 있는 interDyMFoam solver의 사용도 고려될 수 있지만, 현 단계에서는 이러한 계산을 위한 추가적인 정보들이 정확하지 않은 관계로 interDyMFoam을 통한 선체의 자세변화를 고려하지 않았으며 등흘수 및 트림변화의 경우에 대해서는 수동으로 설정하여 계산하였다.

따라서 본 연구에서는 등흘수 조건(0.1m, 0.2m)과 선미트림(1도, 2도) 조건에 대해서 수동으로 계산 격자를 설정하여 저항성능의 계산을 수행하였다.

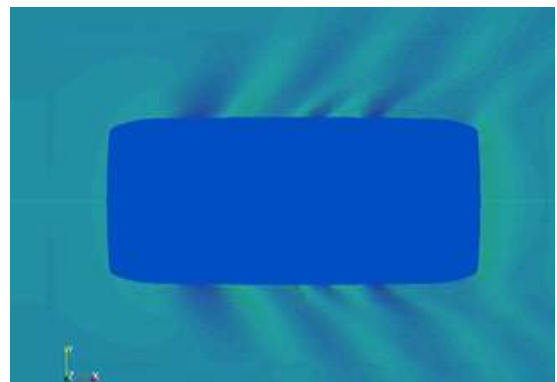


(a) at 0.1m draft

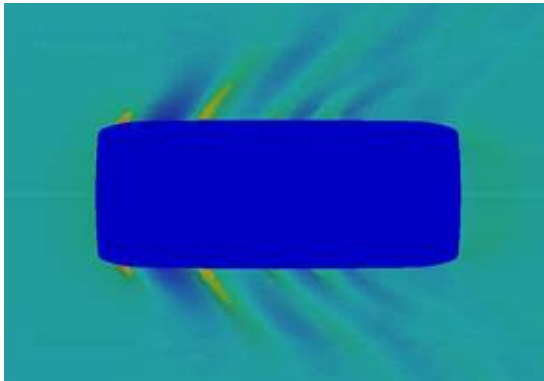


(b) at 0.2m draft

[Fig. 5] Pressure field around hull at 3kts

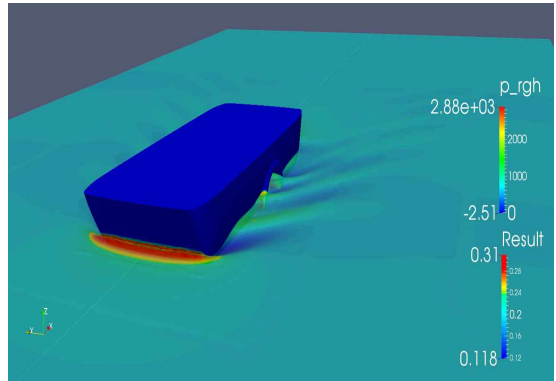


(a) at 0.1m draft

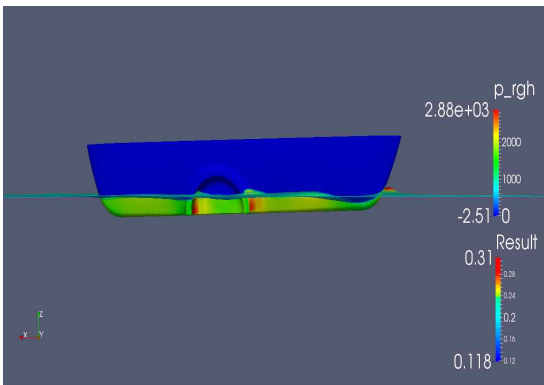


(b) at 0.2m draft

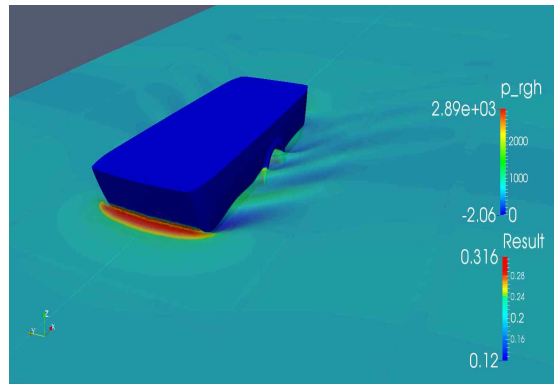
[Fig. 6] Ship wave around hull at 3kts



(a) at 1degree stern trim

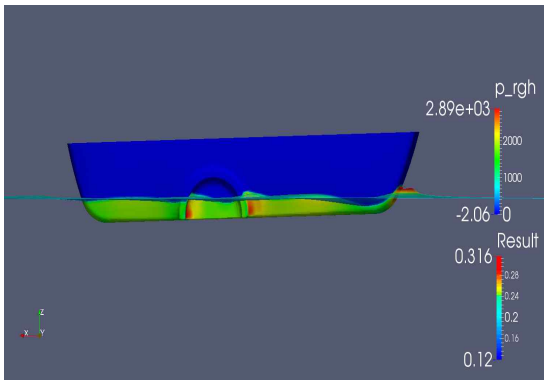


(a) at 1degree stern trim



(b) at 2degree stern trim

[Fig. 8] Ship wave around hull at 2kts



(b) at 2degree stern trim

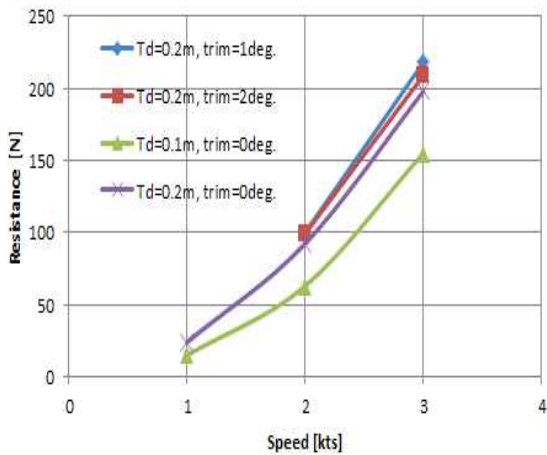
[Fig. 7] Pressure field around hull at 2kts

<Table 4> Results of resistance calculation according to speed and draft

Velocity		Resistance	
At 0.1m draft			
kts	1	N	1.48E+01
	2		6.28E+01
	3		1.55E+02
At 0.2m draft			
kts	1	N	2.38E+01
	2		9.22E+01
	3		1.98E+02

<Table 5> Results of resistance calculation according to speed and trim

Velocity		Resistance	
At 1deg. stern trim			
kts	2	N	1.00E+02
	3		2.18E+02
At 2deg. stern trim			
kts	2	N	9.92E+01
	3		2.09E+02



[Fig. 9] Comparison of resistance results of target ship

흘수 및 속도의 변화에 따른 저항의 시계열 값을 10초 동안 평균한 결과를 <Table 4>에 보인다.

[Fig. 5]와 [Fig. 6]은 <Table 4>의 값을 후처리한 결과를 보여주는 것으로 흘수가 커짐에 따라 선수 및 선측에서 발생하는 자유수면의 파고가 높아짐을 알 수 있으며 이에 따른 저항 증가의 모습을 보여주고 있다.

앞서 살펴본 등흘수에서의 저항계산의 결과로부터 0.1m 흘수보다 0.2m 흘수에서의 저항이 더 큼을 알 수 있었으며 이를 바탕으로 트림의 경우는 0.1m 흘수보다 저항이 더욱 클 것으로 예상되는 0.2m 흘수에 대하여 검토를 수행하였다.

또한, 대상선의 경우 설계흘수가 낮기 때문에

선미에서 일정한 힘으로 미는 경우 선체의 무게 중심과의 관계에 의해 선미트림의 발생이 예상되기 때문에 선미트림의 경우를 계산 조건에 추가하여 검토를 수행하였다. 선미트림의 양은 다양할 수 있으나 항해속도 3kts를 기준으로 생각했을 때 과도한 선미트림은 없다고 가정하여 선미트림 1도와 2도에 대한 저항성능 추정만을 수행하였다.

등흘수 0.2m에서의 3kts 선속일 때의 저항값을 기준으로 살펴보면 선미 트림 1도 및 2도 시 선체에 작용하는 저항의 상승은 미비하다고 사료되며, 선미트림으로 인한 선수부의 상승이 선수부에 작용하는 자유수면의 상대적 높이의 감소에 따른 저항의 감소를 가져오고 선미부의 침하에 따른 저항의 상승으로 인해 결과적으로는 서로 상쇄되는 효과에 의해 전체적인 저항 증가의 효과는 미비하다고 판단된다.

트림 및 속도의 변화에 따른 저항의 시계열 값을 10초 동안 평균한 결과를 <Table 5>에 보인다. 또한 [Fig. 7]과 [Fig. 8]에 <Table 5>의 값을 후처리한 결과를 보이고 있으며 [Fig. 9]는 등흘수 및 선미트림 조건에서의 각 선속별 저항계산 결과를 종합하여 나타내었다.

4. 예측 추력 대 저항성능 비교

대상선에 적용 예정인 추진체는 Outboard 타입의 전기모터로, 모델명은 Cruise 2.0 TS이다. 제작은 독일의 Torqeedo사에서 했으며, 5마력의 출력을 낸다(Torqeedo. 2018).

추진체가 사용하는 프로펠러의 추력계수를 현재 알 수 없으므로 제조사가 제공하는 정보를 바탕으로 추력을 추정하였다. 장착 예정인 모터가 제공하는 추력은 최대 약 30kN으로 추정된다. 따라서 본 연구에서 검토된 최대 3kts 속도에서 선체에 작용하는 저항이 200N이었으므로, 목표 항해속도인 3kts를 충분히 만족할 것으로 사료된다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

본 연구는 대상선에 대한 유체정역학적 특성 및 저항성능에 대한 검토와 추진기의 적정여부를 판단하기 위하여 수행하였다. 본 연구에서 수행한 자료는 모선이 존재하지 않는 경우의 유체정역학적 특성 및 저항성능에 대한 검토 방법을 기술하였다.

유체정역학적 특성을 나타내는 값을 획득하기 위해서 형상 디자인으로부터 선도 및 옵션표를 추출하여 유체정역학적 특성을 검토하였다.

1/4 스케일로 제작된 모형을 대상으로 경사시험을 수행하였으며, 이를 통하여 모형선의 KG값을 구하고 실선의 값으로 환산하였다.

대상선을 소형여객선으로 가정하여 복원성을 검토해본 결과 4인이 승선하였을 경우에는 복원성기준을 만족하는 것으로 검토되었지만, 규정을 적용함에 있어서는 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

저항성능 추정을 위해 비용 및 시간적 소모가 많은 모형시험을 대체할 목적으로 CFD를 활용한 계산을 수행하여 비용을 절감하였으며 추후 있을 수 있는 설계변경에도 유연하게 대처할 수 있는 수치 시뮬레이션 모델링 기법을 확보하였다. 또한 CFD를 통하여 계산된 저항과 추진체의 추력을 비교하여 추진체의 적정성 여부를 검증하였다.

본 연구에서 수행한 검토를 토대로 실선을 제작하여 실선에서의 저항성능 및 유체정역학적 특성을 설계에서 획득된 정보와 비교 검증함으로써

좀 더 진보된 엔지니어링 기술을 확보할 필요성이 있을 것으로 보인다. 또한, 이를 바탕으로 대상선의 성능 및 안전성(복원성)에 대한 좀 더 많은 기술 노하우를 축적할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- Camping Outdoor Agency(2018). Survey on the status of camping industry, GKL Foundation.
- Jasak, H. and Henrik, R.(2009). Dynamic mesh handling in OpenFOAM. Proceeding of the 47th Aerospace Sciences Meeting Including The New Horizons Forum and Aerospace Exposition, Orlando, Florida.
- Lee, S. and Kim, B.(2015.5). A numerical study on manoeuvrability of wind turbine installation vessel using OpenFOAM, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, Vol. 7 No. 3.
- MOMAF.(2013). Ship Stability Standards.
- MOMAF.(2014). Ship Life Equipment Standards.
- Torqueedo.(2018). Statistic Database for Outboards Production. Available from: <https://www.torqueedo.com/en/products/outboards/cruise/cruise-2.0-t/M-1234-00.html>
- Yun, Sung-Min(2016, 07, 17). Kyunghyang Biz Available from: http://biz.khan.co.kr/khan_art_view.html?artid=201607171100011&code=920508

-
- Received : 17 May, 2018
 - Revised : 11 June, 2018
 - Accepted : 28 June, 2018