

## 46피트급 모터요트의 선형설계

신성철<sup>†\*</sup>, 김훤모<sup>\*\*</sup>

부산대학교 조선해양공학과<sup>\*</sup>  
태형중공업<sup>\*\*</sup>

### Hull Form Design of 46 Feet Motor Yacht

Sung Chul Shin<sup>†\*</sup> and Hwon Mo Kim<sup>\*\*</sup>

Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Pusan National University<sup>\*</sup>  
Tae-Hyung Heavy Industries Co., Ltd.<sup>\*\*</sup>

#### Abstract

This article describes a part of collaborative research between industry and academy to develop an initial hull form of 46 feet motor yacht. Hydrodynamic performances such as stability, resistance and seaworthiness were estimated after completing the procedure of hull form design in the initial design stage.

※Keywords: Motor yacht(모터요트), Design spiral(설계순환), Concept design(개념설계), Hull form design(선형설계), Stability(복원성), Seaworthiness(내항성)

#### 1. 서론

현재 우리나라는 세계 1위 조선 산업을 기반으로 대형 상선관련 기술력을 확보하고 있으며, 선박관련 산업도 발달하여 해양레저선박의 개발 및 건조를 위한 좋은 기술 환경을 가지고 있다. 그러나 국내 레저선박 시장은 초기단계로 국내소비자의 수요시장이 확실치 않아서 레저선박의 연구개발 및 보급이 잘 이루어지지 않았고, 레저선박 관

련 전문 인력 및 기반시설도 낙후되어 있는 실정이다(Yoo et al. 2005). 또한 현재 국내 중소형 조선소는 영세하고, 자체적 설계 기술력을 확보하지 못하고 있다.

국내에서 요트를 생산하는 대부분 업체들은 외국에서 설계도면을 구입하여 제작하고 있는 실정이며, 레저선박에 대한 국내·외적 경쟁력을 가지려면 설계와 생산에 이르는 관련핵심기술을 확보하는 것이 시급하다.

본 논문은 해양레저용 46피트급 모터요트를 개발하고 설계 핵심기술을 확보하기 위해 수행된 산학공동연구의 일부를 기술한다. 선형설계 절차를 수립하고 이에 따라 46피트급 모터요트의 복원성,

접수일: 2008년 2월 15일, 승인일: 2008년 6월 15일

† 교신저자: scshin@pusan.ac.kr, 051-510-2525

저항성능, 운동성능 등 초기선형설계단계에서 검토해야 할 선박성능을 추정하였다. 설계도구로는 라이노(Rhino 4.0), 맥서프(Maxsurf 12.04) 등의 소프트웨어를 사용하였다.

### 2. CANA460 선형개발

본 논문에서 개발한 46피트급 Luxury Cruiser CANA460의 설계 고려사항은 다음과 같다.

- 용도 : 장기간 항해 및 거주가 가능하여 2~3 가족(9~12명)이 3박4일정도 크루징 할 수 있고 각종 업무용 행사가 가능한 선박으로 한다.
- 선체 길이 및 종류 : 용도를 고려하여 국내외 실적자료를 검토한 결과 선체 길이는 46피트급으로 하고, 연근해 고속항해가 가능한 모터요트로 한다.
- 항해성능 : 연근해를 최대 35노트, 평균 25노트로 항해 가능한 엔진 마력을 채택한다.
- 추진장치 : 추진효율, 연료효율, 유지보수성, 조종성능 등을 고려하여 선내기 축계타입을 개선한 형태인 IPS(Inboard Performance System)를 채용하고 두 개의 엔진을 사용한다.

Fig. 1은 IPS의 개념도를 나타내고 있다. 두드러진 특징으로는 선내기 형태를 채용하면서도 축계와 러더를 생략한 점이다.

상기의 사항을 바탕으로 CANA460의 선형을 Fig. 2와 같은 절차로 개발하였다. 설계원리 및 절차는 Larsson and Eliasson(2000)이 제시한 것과

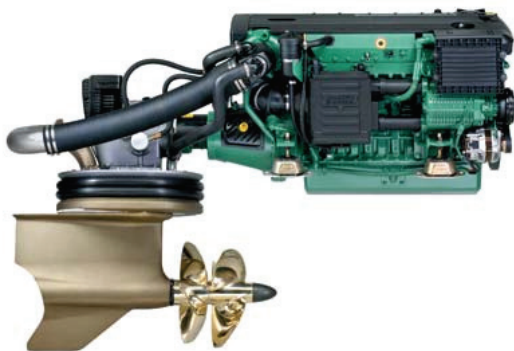


Fig. 1 Inboard performance system

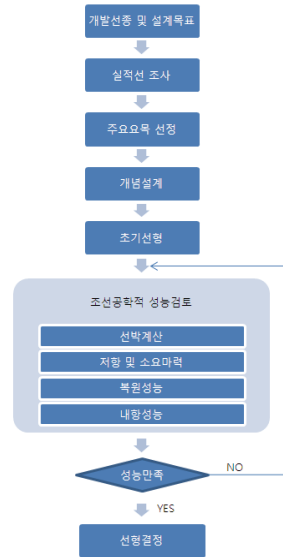


Fig. 2 Design procedure of CANA460

Table 1 Principal dimensions of 4 ships

주요 치수	단위	실적선			
		JTM 46	Portofino 46	Flybrige 46	Phantom 46
Loa	m	14.98	14.76	14.46	14.59
Beam	m	4.80	4.20	4.52	4.32
Draft	m	0.95	1.17	1.24	1.12
Disp.	tons	21.08	14.25	18.50	14.53
Engine	hp	425 × 2	480 × 2	575 × 2	480 × 2
Max Speed	kts	30	33	30	28
Cruising	kts	25	25	25	25

Yoo et al.(2005)이 제안한 수정된 설계순환 (Design Spiral) 절차를 참조하였다.

### 3. 개념설계

Fig. 1의 절차에 따라 먼저 실적선 조사를 통해 대략적인 선체 주요요목을 선정하여 개발하고자 하는 모터요트의 개념설계를 진행하였다. 국내외 총 20척의 유사선 자료를 검토하였고 Table 1은 대표적인 4척에 대한 정보이다.

유사선 자료를 바탕으로 조선소 측과 지속적인



Fig. 3 Concept design of CANA460

협의를 통해 선박의 외형적 형상과 색상, 스타일 등을 결정하였다. 설계도구로는 원활한 곡면작업 및 조선공학적 검토를 위한 인터페이스가 가능하며, 레저보트의 개념설계 단계에 유용한 라이노를 사용하였다. Fig. 3은 CANA460의 개념설계 결과이다.

4. 선형설계

CANA460의 개념설계 된 선체형상을 기준으로 하여 선형계수들의 체계적인 변환 및 조선공학적인 성능검토가 용이하도록 맥서프에서 선형을 재구현하였다. Fig. 4는 반복과정을 거쳐 도출된 선형의 Lines이고, Table 2는 주요요목을 나타낸다.

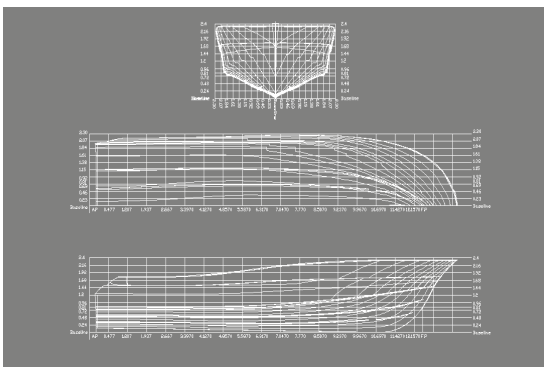


Fig. 4 Lines of CANA460

Table 2 Principal dimensions of CANA460

주요치수	구분	설계선
	Length O . A (m)	14.761
	Length W . L (m)	12.515
	Beam (m)	4.593
	Beam W . L (m)	3.797
	Depth (m)	3.708
	Draft (m)	0.81
	Cb	0.371
	Waterplane area ( m <sup>2</sup> )	37.788
	Cp	0.783
	Light Weight (Ton)	11,243
	Dead Weight (Ton)	3,361
Displacement (Ton)	14.604	
속도	Main Engine IPS 500 x 2	
	최대속도(knot)	35
	평균속도(knot)	25

4.1 저항 및 소요마력

설계선의 저항 및 소요마력 계산은 선박운항의 경제성향상 및 주기관 선정에 중요한 작업이다. 초기설계 단계에서 저항추정 방법으로는 Holtrop, Compton, Van Oortmerssen 등이 있고, 본 논문에는 Holtrop 방법을 채택했다. 설계선의 선형이 활주형이며 Holtrop 방법은 활주형 선형에 대해 다소 과대추정 가능성이 있지만 이는 초기설계 불확정 요소를 반영한 마진을 주기 위함이다.

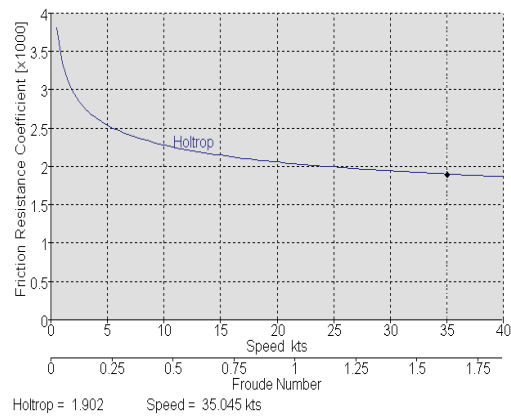


Fig. 5 Friction resistance coefficient

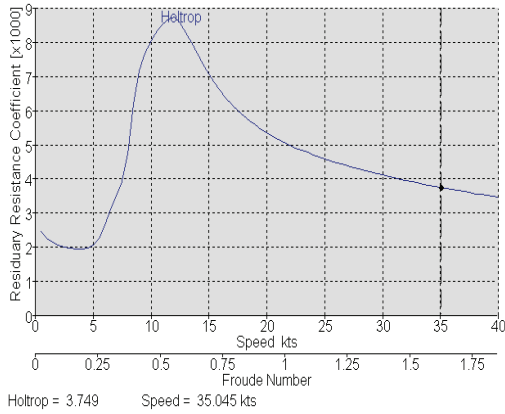


Fig. 6 Residuary resistance coefficient

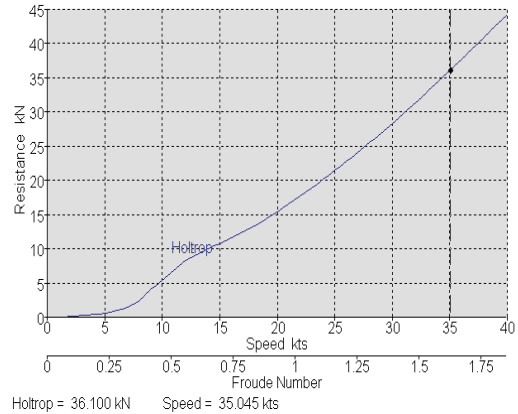


Fig. 8 Total resistance(kN)

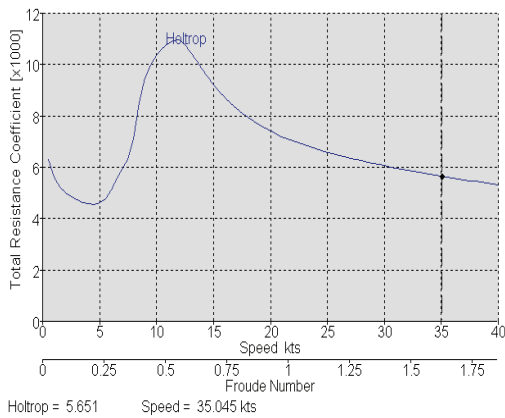


Fig. 7 Total resistance coefficient

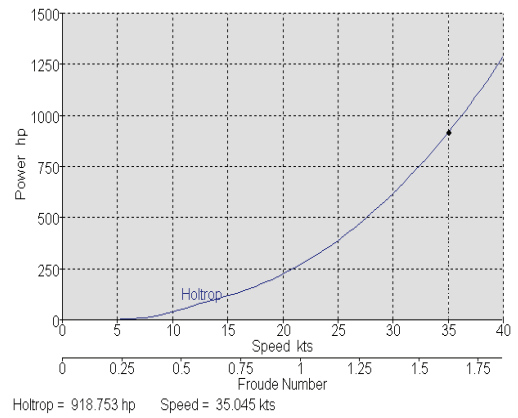


Fig. 9 Speed-power curve

Fig. 5는 속도에 따른 마찰저항계수 곡선을, Fig. 6은 잉여저항계수 곡선을, Fig. 7은 전 저항계수 곡선을 각각 나타낸다. 마찰저항계수는 일반적인 선박의 경우와 같이 고속으로 갈수록 감소하며, 잉여저항의 경우는 초기 속도대에서는 다소 감소하다가 13노트 부근에서 최대값을 보이고 그 이후 고속영역에서는 점차 감소하는 경향을 보였다. 이는 잉여저항계수에 포함된 조파저항계수 특성 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 8은 각 속도대별 전 저항을 차원 있는 값으로 바꾼 곡선이고, Fig. 8은 속도-마력 곡선이다. Fig. 8의 그래프에서 35노트일 때 36.100 kN의 저항이 추정되었다. Fig. 9의 속도-마력 곡선

으로부터 최대속도 35노트일 때 약 919마력으로 추정되었다.

4.2 복원성능

복원성능은 해양레저를 목적으로 하는 선박의 중요 설계요소이다. 복원성 문제로 인한 사고의 경우 인명피해가 35%를 차지할 정도로 인명과 직결되어있다(Kim 1998). 선박의 항해 안정성 확보를 위하여 미국, 일본, 유럽 등 각 국에서는 일정 규모 이상의 선박에 대하여 복원성 기준을 설정하고 이 기준에 맞도록 규정하고 있다. 국제해사기구(IMO)에서는 2004년 MSC 79차 회의에서 배의 길이 12 미터 이상 24 미터 미만 어선에 대하

여 적용되는 잠정지침을 승인한바 있으며, 12 미터미만 어선에 대해서도 국제적인 안전기준을 개발을 추진하기로 결정하였다(MSC79 2005, SLF 2006). 그러나 우리나라의 경우 24 미터 미만 선박에 대하여는 여객선, 카훼리화물선과 최대탑승인원이 13인 이상인 낚시 어선을 제외하고 복원성 기준이 설정되지 않은 실정이다(Kwon and Lee 2007).

본 논문에서는 CANA460의 복원성을 계산하여 DNV(2004)에서 규정하는 소형선 복원성 기준에 적합하지를 검토하였다. Fig. 10은 CANA460의 GZ곡선도이고, Table 3은 DNV 기준항목의 만족 여부를 검토한 결과를 보이고 있다.

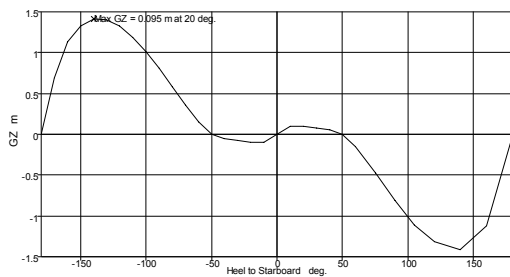


Fig. 10 Righting moment Arm(GZ)

Table 3 Stability review of CANA460 with full load condition

복원성 규정 사항	계산결과	비고
METACENTRIC HEIGHT > 0.5494	1.119 (m)	만족
AREA UNDER CURVE UP TO 30 DEG > 0.055	0.121 (m-rad)	만족
AREA UNDER CURVE UP TO 40 DEG > 0.030	0.163 (m-rad)	만족
AREA UNDER CURVE OVER 40 DEG > 0.090	0.177 (m-rad)	만족
MAX. RIGHTING LEVER (GZ) > 0.2	0.273 (m)	만족
ANGLE AT WHICH MAX. GZ OCCURS > 20	23 (°)	만족

4.3 내항성능

선형요소 결정에 있어서 저항 성능만을 고려하면 운동성능 및 작업성능 등의 실용성이 결여 될 수도 있다(Kang et al. 2007). 선박의 전복에 관

한 연구는 예전부터 이루어져 왔지만 많은 경우, 그 메커니즘이 명확히 밝혀지지 않고 있는 실정이다(Yeo et al. 2007). 본 논문에서는 CANA460의 운동시뮬레이션을 통하여 파랑 중 내항성능을 예측해 보았고, 선박 각 속도영역과 파의 입사각에 따른 운동성능 모션예측에 대한 연구를 수행하였다. 파의 입사각과 선박의 속도 관계에 따라 선체의 응답반응(RAO)을 계산하여 도표로 나타내었다. 이때 파의 특성 값들은 ITTC two parameter spectrum을 사용하여 정의하였다.

Figs. 11, 12, 13은 0~35노트의 해당 속도대응하는 동심원들과 0~180도의 파 입사각에 해당하는 방사상 직선을 좌표로 하여 CANA460의

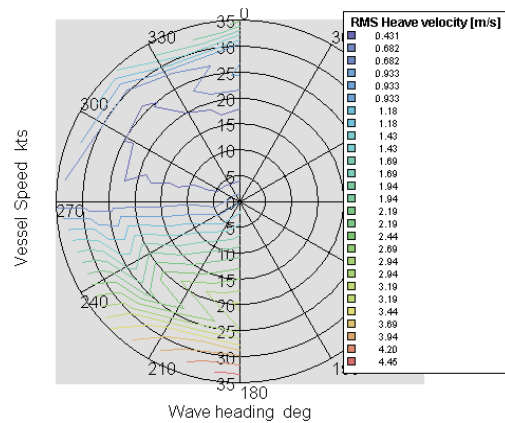


Fig. 11 Heave motion

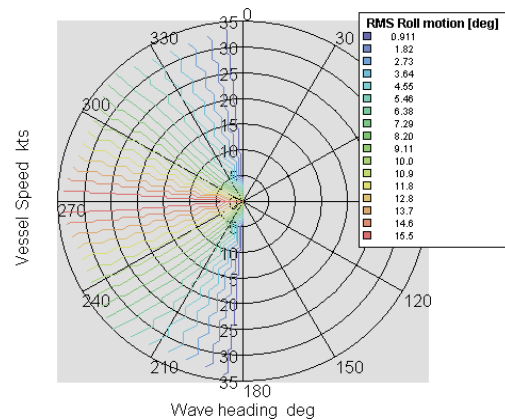


Fig. 12 Roll motion

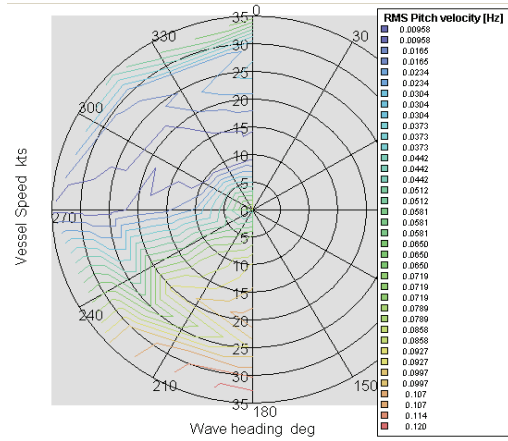


Fig. 13 Pitch motion

상하동요(Heave), 횡동요(Roll), 종동요(Pitch)를 각각 나타내고 있다. 모든 운동이 속도 증가에 따라 비례하였고, 상하동요의 경우 선수파에서보다 선미파 부분에서 더 큰 경향을 보였다.

시뮬레이션의 또 다른 결과로 멀미도(Motion Sickness Incidence)를 측정 할 수 있었다. 고속 선은 필연적으로 과도한 운동을 동반하며, 그로 인해 승객들은 극심한 멀미와 구토 불쾌한 승선감을 경험하게 된다(Oh 1997). 멀미도는 장시간 항해시 승무원들의 피로도를 증가시킬 뿐만 아니라 레저선박에서는 가격의 척도가 될 수 있는 중요한 항목이다.

MSI는 승객이 구토하지 않으면서 sine곡선의 수직 가속도를 견디는 지수로서 가속도 주기에 의존하는 것으로 알려져 있다. 선박의 다양한 위치에서 측정된 MSI의 표준곡선이 ISO 2631/3과 영국 표준인 BS 6841에 정의되어 있다. 파워 스펙트럼 밀도(Power Spectrum Density,  $S_{vert\ accel}$ )를 관심있는 주기 중심으로 1/3 옥타브 범위에 대해 적분하면 MSI값이 계산된다.

$$MSI(\omega_{centre}) = \int_{\omega_{e1}}^{\omega_{e2}} S_{vert\ accel}(\omega_c) d\omega_c$$

여기서 주기구간  $\omega_{e1}$ 부터  $\omega_{e2}$ 는  $\omega_{centre}$  중심으로 1/3 옥타브 범위이고,  $S_{vert\ accel}$ 는 선박의 특정

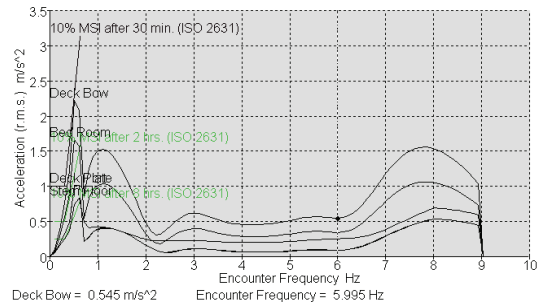


Fig. 14 25kts 180deg Head, Rough

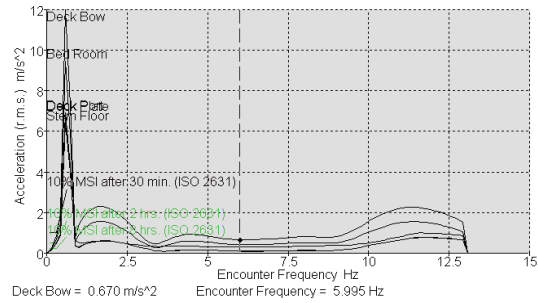


Fig. 15 35kts 180deg Head, Rough

위치에서 수직 가속도를 나타낸다.

Fig. 14와 Fig. 15는 선미파의 거친 해상상태에서 25노트와 35노트의 속도일 때 멀미도를 나타내고 있다. 다양한 파의 특성과 속도별 시뮬레이션 결과, 멀미도는 파의 크기, 파의 입사각, 속도 등에 따라 차이를 보이고 있으며, 파의 크기가 클수록 멀미도가 증가하고, 정박 중일 때보다 항해 중일 때 증가한다. 13~15노트까지는 속도에 따라 점차 멀미도가 증가하다가 그 이후 영역에서는 오히려 멀미도가 감소하였고 고속영역에서는 다소 증가하였다.

5. 결론

본 논문은 실적선 자료가 부족한 상태에서 개념 설계부터 선형을 결정하는 단계까지에 대해 기술했다. 본 논문에서 설계된 모터요트는 최근 개발된 해외의 다양한 실적선 스타일을 반영할 뿐만 아니라 증가하는 국내 해양레저 활동을 편리하고

안전하게 즐길 수 있도록 주요제원선정, 선형설계, 속도, 복원성, 운동성능, 멀미도 등을 종합적으로 검토하여 최적 선형을 도출하였다. 이를 통해 레저보트의 설계절차를 수립했고, 새로운 모델개발을 위한 핵심기술을 확보하였다. 추후 CFD, 수조 시험, 구조해석 및 재료실험 등으로 설계검증단계를 보완할 계획이다.

**참 고 문 헌**

- DNV, 2004, Rules for High Speed, Light Craft and Naval Surface Craft, Pt. 5, Ch. 7.
- Kang, D.S. and Yoo, J.W. and L, Y.G., 2007, "A Study on the Hull Form Design with Minimum Resistance for Domestic Coastal Fishing Boats," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 44, No. 4, pp. 349-359.
- Kim, J.N., 1998, A Study for Stability Criteria of Small Fishing Vessel, Master's Thesis, Chosun University.
- Kwon, S.Y. and Lee, H.J., 2007, "A Study on the Stability Criteria of Small Vessels," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 44, No. 3, pp. 285-295.
- Larsson, L. and Eliasson, R.E., 2000, Principles of Yacht Design, 2nd Edition, International Marine Publishing Company, Camden Maine.

- Maxsurf(12.04), www.formsys.com.
- MSC79/23/Add.3, 2005, ANNEX 38 Code of Safety for Fishing Vessels.
- Oh, I.G., 1997, "A Study on the Motion Characteristics of a High-Speed Catamaran," Journal of Ocean Engineering and Technology, Vol. 11, No. 3, pp. 116-123.
- Rhino(4.0), kr.rhino3d.com.
- SLF/49/6/1, 2006, ANNEX Proposed Standard of Safety for Small Fishing Vessels.
- Yeo, D.J. and Lee, G.P. and Kwon, C.S., 2007, "Prediction of Extreme Ship Motions in Following and Quartering Seas," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 44, No. 1, pp. 1-7.
- Yoo, J.H. and Ban, S.H. and Ahn, H.S. and Kim, J. and Kim, S.H., 2005, "Development of 30 Feet Sailing Yacht and Performance Predictions," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 42, No. 1, pp. 34-42.



< 신 성 철 >



< 김 현 모 >