

선외기 추진장치의 저항특성 및 항주자세에 대한 실험 연구

박주식*·원준희*·장동원*
*(주)LGM

An Experimental Study on Hull Resistance Characteristics and Attitude by an Outboard Propulsion System

Joo-sik Park* · Jun-hee Won* · Dong-won Jang**

*LGM co., ltd

Abstract

The planing hull is characterized by a large change in the posture according to the speed, and the shape of the propeller varies, so that the hull resistance varies greatly depending on the propeller used. Especially, the Savitsky system, which is widely used for estimating the resistance of planing hull, does not consider the characteristics of these propeller and ship bottom spray rails.

In this paper, in order to investigate the difference in resistance characteristics between the propeller and the bottom of the propeller of 6m and 12m class propeller using propeller such as outboard or stern drive, A comparative test was conducted on resistance and attitude posture changes in the Circulating Water Channel of Institute of Medium & Small Shipbuilding. As a result of comparison test, it was confirmed that there is a clear difference in the attitude change due to the presence of the bottom floor spray rail and the change in resistance characteristics due to the installation of the propeller. However, attitude change with the propeller was found to be insignificant.

Keywords : Planing Hull, Effective Horsepower, Hull Attitude, Model Test, Spray rail

1. 서론

소형선박의 속력은 최근 과학기술의 발전에 따라 고속화 되어 가는 경향을 보이고 있다. 이들 소형 선박이 고속화됨에 따라 기존 샤프트 프로펠러 방식에서 벗어나 소형선박에 적합한 추진기형태인 선외기, 스텐드라이브 또는 워터젯트와 같은 고속에서 높은 효율을 내는 추진기를 주로 사용하게 되었다. 이들 소형선박용 추진기는 제작업체에서 다양한 용량별로 개발과 제작으로 소형선박 설계자에게 선택의 폭을 넓게 하고 있으나 엔진의 성능과 추진기의 상호관계에 대한 정보는 제공 되지 못하고 있다.

제작사에 엔진과 프로펠러 선정을 의지하게 되고, 추진기 제작사들은 위험 부담을 감소하기 위해 높은 사양의 제품을 추천 하여도 공학적 타당성을 확인하기 어려운 것이 현실이다[3].

또한, 국내 회류수조 여건 및 경제성관점에서 모형시험에 의한 고속 활주선의 저항 성능평가에는 한계성이 있으며, 추정방법을 이용한 사례 연구가 미비한 실정이다.

이에 소형고속 선박의 저항성능 추정 방법으로 많이 사용되는 Savitsky and Brown(1976)의 활주형 선박의 저항추정방법으로 2척의 소형선박의 모형선을 이용하여 선박의 선저 스프레일 레일의 유무에 따른

† This study was researched by the Ministry of Trade Industry and Energy of SMB Corporation, Supporting at Global Professional Technology Development Project (Project No. 10048831).

† Corresponding Author : Joo sik Park, LGM co. E-mail: g971170@hanmail.net

Received October 20, 2017; Revision Received November 11, 2017; Accepted December 11, 2017.

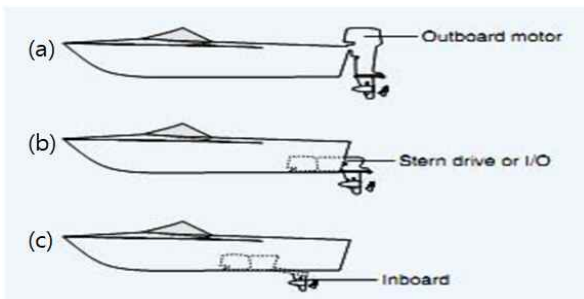
소형선박 설계자들은 소형선박용 추진기를 제작하는 저항 특성 변화와, 선외기 타입의 추진기의 장착에 따

른 저항 및 항주자세 변화를 2척의 모형선을 이용하여 시험하고 그 결과를 검토하였다. 기존 추정방법에는 선저 스프레이 레일과 선외기의 lower unit 형태 등은 고려하지 않으며, 주로 선저 경사각과 배수량, 침수길이(침수면적)를 이용하고 있어, 최근 선박의 특징이 반영된 선형의 유효마력(EPS) 추정 및 항후 추가적인 연구방향을 제시하고자 한다.

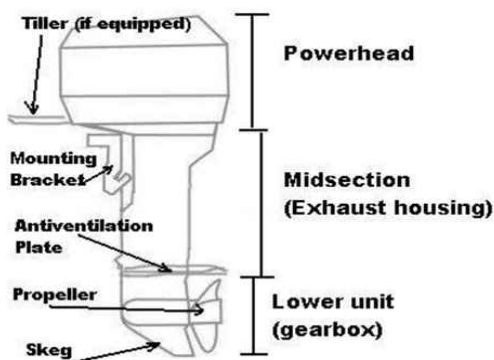
2. 연구배경 및 이론적 배경

2.1 소형선박 추진기

소형선박의 추진기는 [Figure 1]과 같은 3가지 형태로 구분할 수 있으며, 본 연구에서는 [Figure 1]의 (a)형태의 선외기(outboard)를 대상으로 하였다. [Figure 2]에서 ‘Midsection’ 과 ‘Lower unit’ 사이의 Antiventilation판의 유무 및 형태를 대상으로 하고 있다.



[Figure 1] Propeller type of small ship



[Figure 2] Structure of outboard

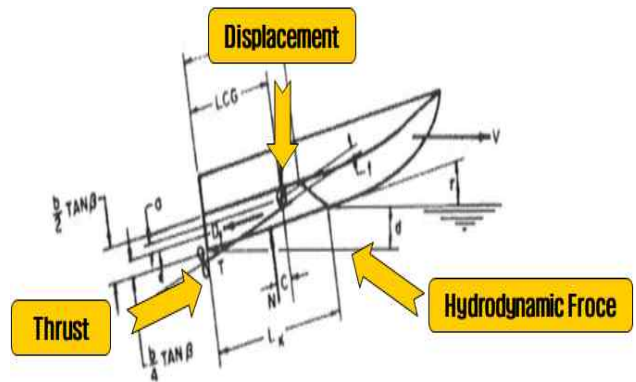
선외기의 Powerhead부에는 추진동력에 따라서 내연기관방식과 모터방식으로 분류한다. 최근에는 화석연료의 고갈과 환경오염문제로 전기동력 또는 신재생에너지 연료추진방식으로 선외기의 소형, 경량화 및 고효율

의 추진기의 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

2.2 연구동향 분석

활주선형에 대한 연구는 1920년 이전부터 수상비행기 개발부터 시작하여 1910년 Baker에 의해 각기둥 모양의 활주면의 연구 시작하여 Sottorf 활주정의 선형연구를 주목받기 시작하였다. 이후에 Shoemaker, Sambraus, Sedov, Locke의 연구에서는 고정된 트림, 평균침수길이, 일정한 속도 조건에서의 일정한 선저경사를 가지는 썸기형 활주면의 유체동력학적 특성을 나타내는 실험데이터를 만들었다.

Savitsky를 중심으로 활주현상에 관한 이론적 연구와 경험적 데이터 해석과 파라메트릭 활주 변수의 적용가능 경험식들을 토대로 고속활주선 저항추진 방법이 정립되고 비주상형 선형의 특성을 고려한 새로운 추정방법을 개발하였다. [Figure 3]에서와 같이 항주 속도, 하중, 무게중심의 위치에 항주트림과 저항을 계산하는 방법을 정립하였다.



[Figure 3] Planing hull in steady running[4]

$$\text{무게중심} = N \cos \tau + T \sin(\tau + \epsilon) - D_f \sin \tau \quad (1)$$

$$T \cos(\tau + \epsilon) = D_f \cos \tau + N \sin \tau \quad (2)$$

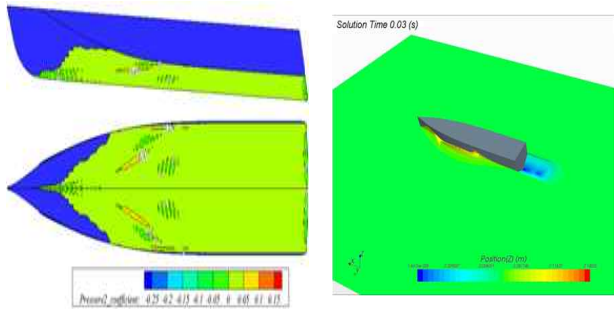
$$Nc + D_f a - Tf = 0 \quad (3)$$

N: 선저면 방향, T: 추력, D_f: 점성저항,
c: 무게중심과 N의 작용선 간의 거리,
a: 무게중심과 마찰저항 작용선간의 거리
τ: 트림각도, ε: 기준선과 추력선 사이의 각도

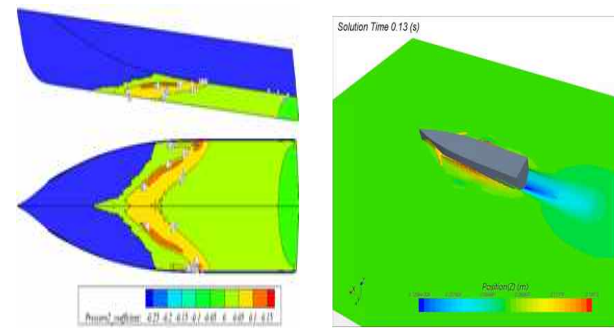
식(1)~(3)은 활주선이 항주하면서 발생하는 pitch, roll, yaw 방향의 힘과 모멘트 평형식이다.

국내에서는 김동진 외의 ‘고속 활주선의 선형에 따른 저항성능 및 규칙과 중 운동성능 고찰’ (서울대) 발표 사례가 있으나 새로운 트렌드 선형에 대한 연구

는 미비한 상태이며, [Figure 4], [Figure 5], <Table 1>은 고속 활주선의 속도에 대한 실험유체역학(EFD: Experimental Fluid Dynamic), 전산유체역학(CFD: Computational Fluid Dynamic)과 Savitsky의 roll, yaw값을 비교한 것으로 Savitsky 추정값은 CFD와 EFD의 중간값이라고 볼 수 있다.



[Figure 4] 25knot model test



[Figure 5] 45knot model test

<Table 1> Compare of model ship test

	EFD	CFD	Savitsky	
Total Hull Resistance	18.30	18.80	18.61	Fn=1.5 Va=25 (5m)
Total Hull Resistance /Weight	0.193	0.198	0.196	
pitch	0.039	0.035	0.036	
yaw	3.856	4.138	5.290	
Total Hull Resistance	29.99	34.83	32.64	Fn=2.7 Va=45 (11m)
Total Hull Resistance /Weight	0.316	0.368	0.3447	
pitch	0.053	0.046	0.044	
yaw	2.433	2.650	2.740	

<Table 1>에서 선체의 길이와 속도에 대한 무차원 값으로 프루드 수(Froude Number:Fn)와 시험속도

(Va)로 각 역학별 추정값을 나타낸 것이다. 전저항 (Total Hull Resistance)은 선체에 받는 마찰저항과 잉여저항(점성압력항력, 외류저항(분리저항, 국부외류저항))을 합한 것이다. 이것은 선체의 유효마력을 결정하며 선체의 모양에 따라 값이 달라진다[1] [2].

3. 실험 및 분석

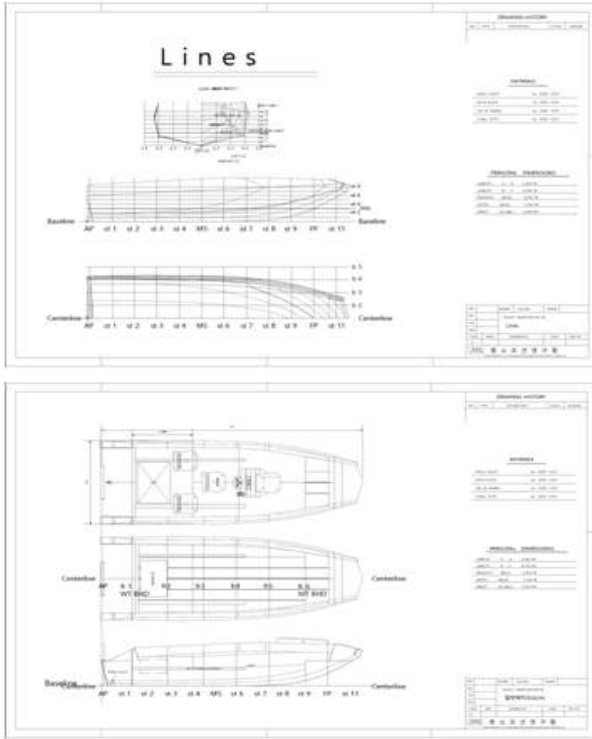
본 연구에서 Savitsky 예측을 통해 선외기 유무와 선저 형태에 대한 활주선의 유효마력(EPS)의 관계를 5m, 11m급의 선체를 2대의 모형으로 제작하여 실험을 통하여 비교하였다.

3.1 모형설계

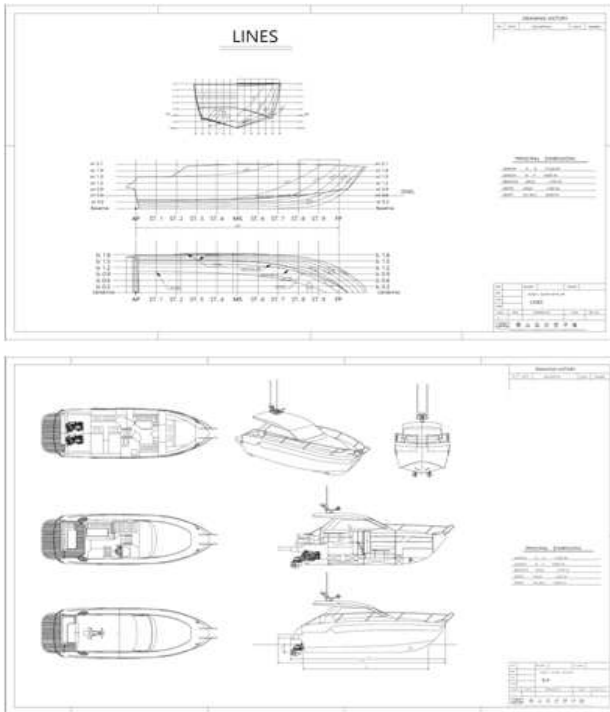
5m급 선체대상은 [Figure 6]과 같이 알루미늄재료의 배스보트(낚시용)를 대상으로 선외기 동력으로 모형선 스케일은 1/10 제작하였다.

그리고 11m 선체대상은 [Figure 7]과 같은 샌드위치 코어재를 적용한 해양레저용 선박이다. 샌드위치 코어재를 적용한 것은 기존 FRP단판 구조대비 20% 경량화 효과를 볼 수 있다. 수조 사양 특성상 FRP와 목재를 이용하여 1/15 축소하였다.

시험조건은 초기 설계조건(Design Water Condition(7.5ton)과 8.1ton Condition)이며, 저항특성, 항주자세, 자유수면 파형특성, 선저 유동현상 특성을 관찰하고, 저항 및 항주자세 특성을 고려하여 선미부의 선외기 유무에 따른 시험을 수행하였다.



[Figure 6] 5m class model ship



[Figure 7] 11m class model ship

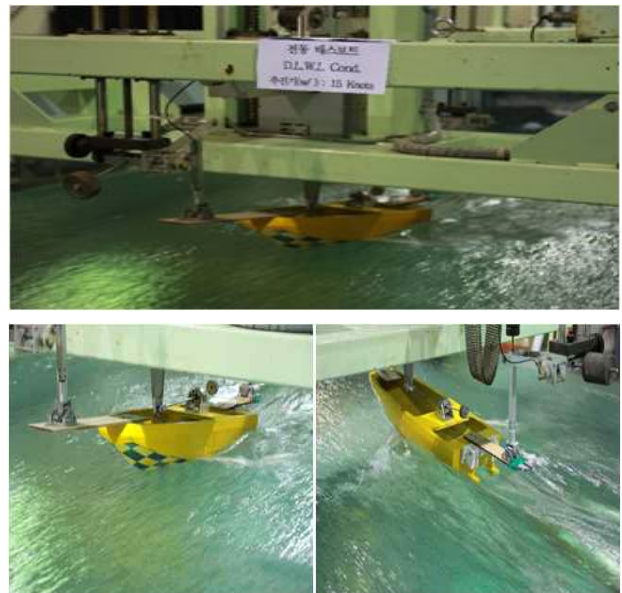
3.2 시험 및 비교분석

본 연구의 시험은 중소조선연구원의 회류수조를 이용하여 시험하였다. [Figure 8], [Figure 9]는 5m급

선박모형 시험이며, [Figure 10]부터 [Figure 13]은 11m급 선박모형 시험이다. 시험조건은 선외기 유무(5m, 11m급)와 스프레이 레일유무(11m급) 조건으로 시험하였다.



[Figure 8] 5m class no-outboard test(15knot)



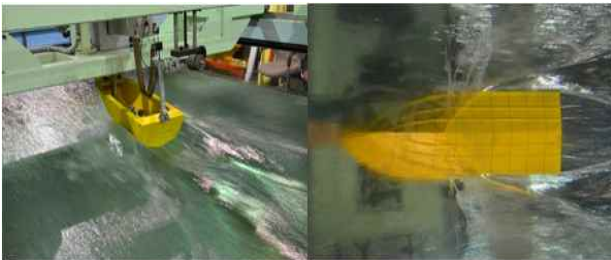
[Figure 9] 5m class outboard test(15knot)



[Figure 10] 11m class no-outboard & no spray rail test (17knot)



[Figure 11] 11m class outboard & no spray rail test (17knot)

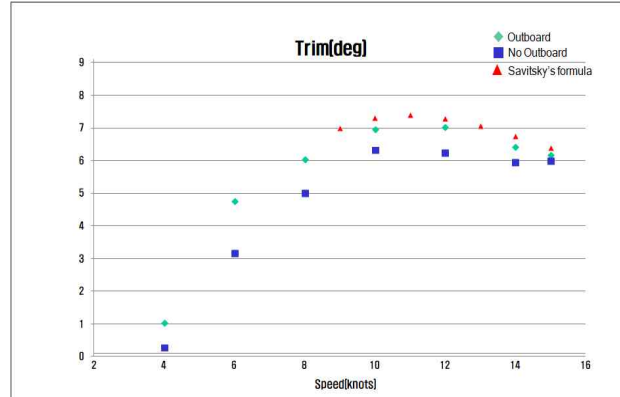


[Figure 12] 11m class no-outboard & spray rail test (17knot)

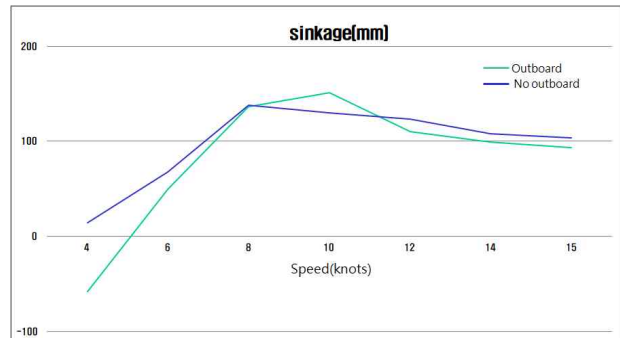


[Figure 13] 11m class outboard & spray rail test (17knot)

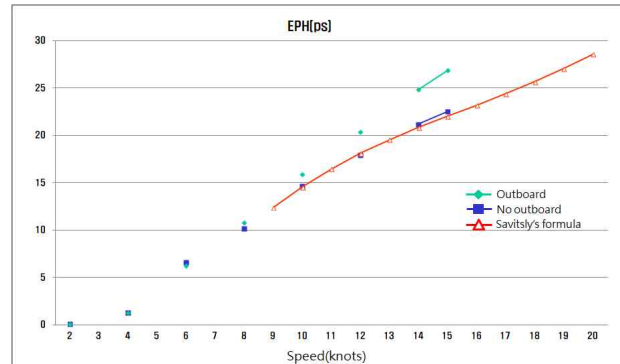
[Figure 14]는 5m급 선박모형의 속도별 선체의 자세와 유효마력의 추정한 결과이다. 부가적인 저항에 따라 유효마력에 영향을 주는 것으로 나타났다.



(a) Trim result



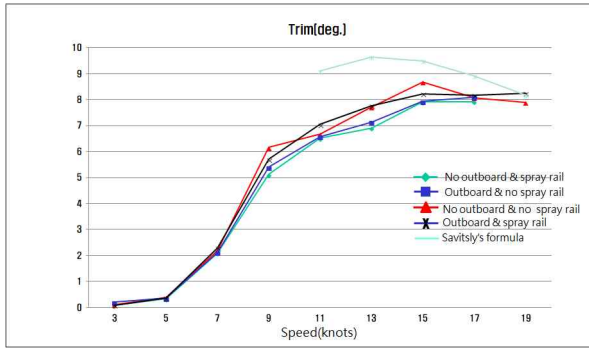
(b) Sinkage result



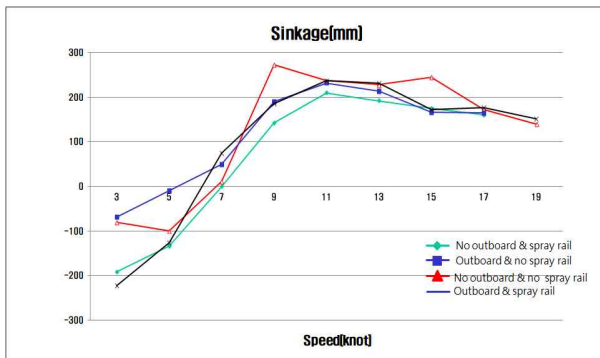
(c) EPS result

[Figure 14] 5m class model test result

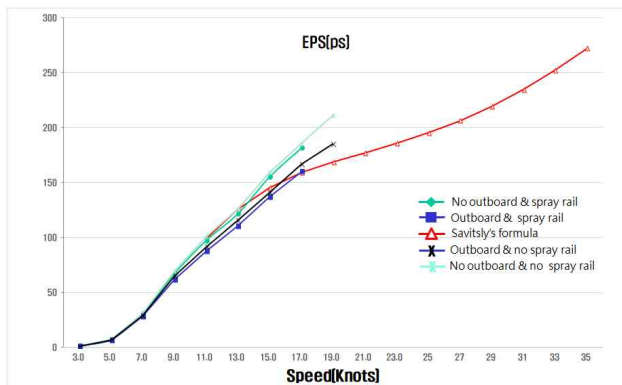
[Figure 15]는 11m급 선박모형의 속도별 트림, 선체자세 및 유효마력을 나타내고 있다. 추진기의 유무에 따라서 항주자세 변화를 예측할 수 있었으나, 미세하게 영향이 있는 것으로 나타났다.



(a) Trim result



(b) Sinkage result



(c) EPS result

[Figure 15] 11m class model test result

4. 결론

본 연구에서 5m, 11m급 선체의 모형을 이용하여 선외기 추진기를 사용하는 선형과 선저 스프레이 레일과 선외기의 부착물에 따른 모형시험을 통해 다음과 같은 결과가 나타났다.

선외기 추진기 형상을 장착하여 시험결과 속도 구간에 따라 조금씩 다르지만 장착 전보다는 유효마력이 약 10~15% 증가한 것을 볼 수 있다. 그러나 항주자세의 변화는 크지 않았다. 선외기의 Anti-ventilation plate의 면적이 선체 활주면 면적비에 따라서 비중이 크며 그 변화 정도의 차이가 5m급 모형시험에서 있었

다. 그래서 선외기 추진기 장착은 항주자세 변화에 따른 저항감소보다 부가저항 형태의 저항 증가가 더 크게 나타난 것을 확인하였다.

따라서 선외기 추진기 장착하는 선형의 유효마력 추정 및 시험결과로 추진기의 장착에 따른 저항 증가는 추진효율에서 제거해도 문제가 없을 것으로 본다.

향후 선외기 추진기의 Anti-ventilation면적의 다양성과 추진기의 장착각도 변경에 대한 추가 시험과 선외기 추진기의 저항을 선체저항으로 해석하는 방법, 추진효율로 해석하는 방법 등의 연구를 통해 보다 합리적인 고속 활주선 저항추정 기법을 개발할 수 있을 것으로 본다.

5. References

[1] Jeong U-C., Kwon S-Y., Choi J-H., Kim D-J. and Hong K-S.(2013), "Study of Hull Form Development and Resistance Performance of Catamaran-type High Speed Fishing Leisure Boat", Journal of Ocean Engineering and Technology, 27(6):1-6.

[2] Kim B-N.(2011), "Study on Flow Characteristics round Hull Surface Using CFD", Thesis for a doctorate Mokpo National University.

[3] Oh G-H. and Yoo J-H.(2013), "Numerical Prediction of Running Attitude and Resistance of Planing Craft", Journal of the Society of Naval Architects of Korea, 50(2):95-103.

[4] Savitsky, Daniel.(1964), "Hydrodynamic Design of Planing Hull", MARINE TECHNOLOGY, 1(1), Oct.:71-95.

저자 소개

원 준 희



세종대학교 항공우주공학 학사,
한성대학교 융합기술학 석사, 현
재 (주)LGM대표이사.
관심분야 : 전기추진시스템(자동
차, 선박), 친환경 운송시스템,
융복합시스템 설계 등.

박 주 식



인천대학교 산업공학과 학사, 석
사, 명지대학교 산업공학과 박사,
Biostatistics of North TEXAS
University(Post-Doc.), 관심
분야 : 설비관리 및 모니터링,
신뢰성(퍼지) 응용,
Microprocessor Interface분야,
DBMS 등.

장 동 원



목포대학교 선박해양공학과 석사
취득 후 중소조선연구원 근무
관심분야 : 고속 활주선박 개발,
전기추진 선박 개발, 연료전지선
박 시스템 배치 및 선체 개발,
소형레저선박 개발 등.