

폴리에틸렌 보트의 선형 개발에 관한 연구

조석수^{1*}

¹강원대학교 자동차공학과

A Study on Hull Form Development of Polyethylene Boat

Seok-Swoo CHO^{1*}

¹Department of Vehicle Engineering, Kangwon National University

요 약 플레저 보트 선체는 주로 비강도가 큰 FRP로 제작되고 있으나 2000년대에 들어오면서 FRP 선체에 대한 환경오염 및 해양안전에 관한 법적 규제가 강화되고 있어 FRP가 선체재료로서의 활용도가 감소되고 있다. 폴리에틸렌 선체는 FRP 선체의 단점을 보완하면서 가격도 저렴하여 차세대 플레저 보트 선체 재료로 거론되고 있다. 개발 폴리에틸렌 보트의 최종 선형은 개발 보트를 둘러싸고 있는 설계 환경과 개념을 분석한 결과 도시적 이미지의 샤프한 선형이었다. 또한, 선형 설계에 필요한 외형 주요 치수는 기존의 실적선을 기초로 결정한 결과, 전장 5.9m, 빔 2.3m, 형심 1.3m 흘수 0.6m이었다. 개발 보트에 대한 선형 디자인한 후 Orca 3D로 엔진 출력을 예측한 결과 개발 보트는 최대속도 30노트에 대하여는 60kW의 엔진이 필요하다. 한편, 활주상태에서 최소 총저항을 나타내는 엔진출력은 28.5kW이고 선속은 19노트로서 설계속도 25노트보다 낮은 속도에서 운전되어야 보트를 경제적으로 운영할 수 있다.

Abstract The Domestic boat has been manufactured by hull form of typical foreign boat. In this study, design environment for polyethylene boat is analysed to create new hull form of the boat and design elements are extracted from existing boats and consumer preferences. Key elements in polyethylene boat design are three words "semi-classic, urban and sporty". Hull resistance and engine power for new developed boat can be expected by Orca 3D program. This result indicates that engine power of the boat is much less than that of commercial boat.

Key Words : Design Element, Froude Number, Pleasure Boat, Hull Form, Total Resistance

1. 서론

국내 플레저 보트의 제품 설계는 선체 디자인부터 시작하는 것이 아니라 국외 기성 플레저 보트로부터 약간의 치수 변경을 통하여 이루어진다. 따라서 소비자들의 감성적인 부분까지는 접근하지 못하고 있어 제한적인 국내 소비자들만 대상으로 하고 있다. 이러한 문제점은 플레저 보트의 판매 범위를 선진국으로 확장시키지 못하는 결과를 초래하여 국내 플레저 보트 산업의 활성화를 방해하고 있다[1].

Kim등[2]은 팽창식 튜브를 부착한 6m급 스포츠 보트를 개발하기 위하여 기존 보트 선형에 구매자의 요구조

건을 반영한 구획 배치와 치수만 변경하여 수력학적 특성을 분석하였다. 따라서 보트 선형이 단조롭고 투박하여 스포츠 보트에서 필요로 하는 소비자들의 감성적 부분을 전혀 반영하지 못하였다.

Byun[3]은 플레저 보트 및 요트에 탑재되는 인테리어 재료 및 시공 방법 등을 소개하면서 보트 및 요트 인테리어 설계 개념을 제안하였다. 그러나 이러한 개념은 주택 설계와 비슷한 개념으로 접근되어져 새로운 이미지 및 공간 설계 개념을 창조할 수 없었다.

Oh등[4,5]은 디지털 목업(DMU: Digital Mock-Up)기술을 선형 설계에 적용하여 선체설계공정을 단순화하고 설계과정 중에 필요한 모형시험의 횟수를 감소시켰다. 그러

*Corresponding Author : Seok-Swoo CHO(Kangwon National Univ.)

Tel: +82-10-6374-6394 email: sscho394@kangwon.ac.kr

Received September 24, 2013 Revised October 9, 2013

Accepted October 10, 2013

나 이러한 방법은 플레저 보트 선형디자인이 확정된 이후에는 유용하나 플레저 보트 선형디자인 이전에는 무용지물이다.

이상의 선형연구결과에서 선체설계과정에 다양한 소비자들의 감성을 반영하는 디자인을 전혀 고려하지 못하고 단지, 선체의 수력학적 특징과 복원성 등을 평가하여 선체를 개발함으로써 디자인을 고려하는 선체설계방법이 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 플레저 보트에 대한 디자인 환경을 분석하고 디자인 요소를 추출한 후 그 디자인 개념을 기초로 폴리에틸렌 플레저 보트를 디자인 및 선형설계하였다.

2. 디자인 분석과 개념

2.1 유사제품 분석

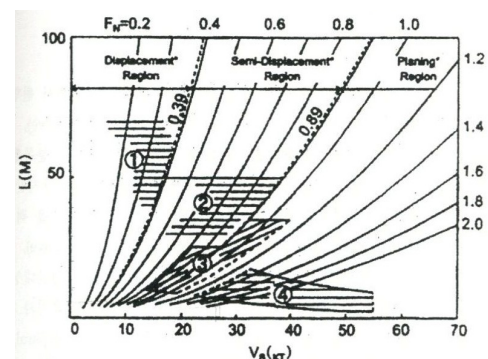
Table 1은 플레저 보트의 종류를 용도와 크기에 따라 분류한 것으로 전자는 피싱보트(Fishing boat), 파워보트(Power boat), 파티보트(Party boat) 등으로 분류할 수 있으며 후자는 클래식 보트(Classic boat), 스포츠 보트(Sports boat), 크루즈 보트(Cruise boat) 등으로 분류할 수 있다[6].

2.2.1 디자인 계획

Fig. 1은 Savitsky와 Tanaka가 제안한 선체 전장과 속도에 따른 선형을 나타낸 것이다[7]. 플레저보트의 최대 프루드 수는 전장이 짧아 속도에 비하여 매우 높은 편으로 3이상이 된다. 따라서 플레저 보트가 3정도의 프루드 수를 가지고 최대 속도 30 노트(Knot)의 출력을 낼 수 있는 경우 Fig. 1로부터 전장을 구할 수 있으며 그 값은 대략 5~7m정도이다. 한편, 국내외적으로 보트 전장이 6m 이상이 되면 선급 규격을 따라야 하며 선체 재료가 선급 규격 재료를 사용할지 못할 경우 선체 사용 허가를 받지 못한다. 이러한 문제점은 본 연구에서 가장 큰 제약점이면서도 이것을 극복하면 다양한 선체 재료를 이용할 수 있다는 매우 큰 장점을 가지게 된다. 따라서 본 연구에서는 선체 전장을 6m미만인 5.9로 제한하면서 선체 재료의 사용 극대화를 지향한다. 선체 전장이 결정되면 선체 디자인과 선형 설계에 필요한 주요 치수는 실적선에서 나온 치수를 기초로 하였으며 Table 2에 본 연구 대상 개발선 디자인의 최종적인 주요 제원을 나타낸 것이다.

[Table 1] Classification of pleasure boat

Usage purpose	Shape
Fishing Boat	
Power Boat	
Party Boat	
Boat size	Shape
Classic Boat	
Sports Boat	
Cruise Boat	



[Fig. 1] Relationship between overall length and speed

[Table 2] Design plan for polyethylene pleasure boat

Item	Content
Design scope	New design
Use	Leisure
Sailing environment	Costal/Salt water
Number of persons	4~5 persons
overall length (LOA)	5.9m (Limit dimension by forming method)
Beam	2.3m (Changeable according to design)
Moulded depth	1.3m (Changeable according to design)
Moulded draft	0.6m (Changeable according to design)
Hull type	Monohull
Manufacturing method	Rotary mold forming method
Propulsion system	Outboard

2.2.2 주요 디자인 요소

Table 3은 폴리에틸렌 플레저 보트를 디자인하기 위한 요소를 나타낸 것으로 주로 선체형상에 대하여 나타내었다[8]. 개발 선체는 단동형이며 유체동역학적 특성을 좋게 하기 위한 멀티차인을 적용하였다. Sheer-line과 선미형상은 각각 Reverse Sheer와 Raked Aft의 형태를 취하고 있다.

[Table 3] Main design elements for polyethylene pleasure boat

Element	Item	Classification	Image
Hull station & Body plan	Hull type	Mono (Single)	
	Deadrise	Moderate	
	Running surface	Straight (Standard)	
	Midship station (Section shape)	Multi H-Chine	
Hull shape	Bow & Forefoot	Raked or Spoon	
	Entry Angle	-	10° ~ 30°
	Sheer line	Reverse sheer	
	Transom shape	Raked aft	
	Transom option	Stair/Trim tab	

[Table 4] Some key words for boat design

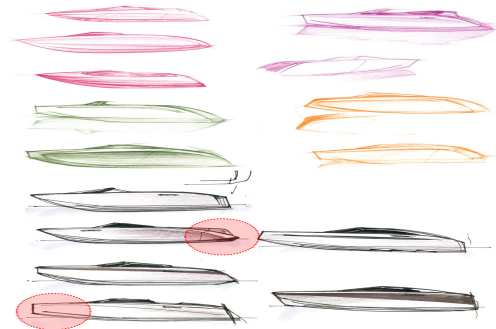
Key word	Explanation
Semi-classic	Stately and luxurious sense
Urban	Urban, refined and modern shape
Sporty	1) Speedy and swift shape 2) Esthetic and functional satisfaction

Table 4는 보트 선체 개념에 대한 주요 용어를 정리한 것으로 크게 Semi-classic과 Urban 및 Sporty로 나눌 수 있다. Semi-classic이라는 용어는 요트와 인테리어의 중후하고 고급스러운 느낌을 살리는 디자인을 주요 디자인 개념으로 하며 Urban이라는 용어는 도회적이고 현대적인 감각을 지녀 시간이 지나도 세련됨이 유지되는 디자인을 주요 디자인 개념으로 한다. Sporty이라는 용어는 요트만의 스피디하고 날렵한 모습을 표현하여 심미적으로 기능적으로도 만족을 줄 수 있는 디자인을 주요 디자인 개념으로 한다. 폴리에틸렌 보트에 대한 개념 이미지 관점에서는 단순한 형태를 추구하면서 트렌드를 앞서가는 현대적이면서 세련되고 절제된 곡선미가 필요하다. 또한, 보트 사용자 입장에서는 고급스러우면서도 친근한 이미지로 표현하여야 한다.

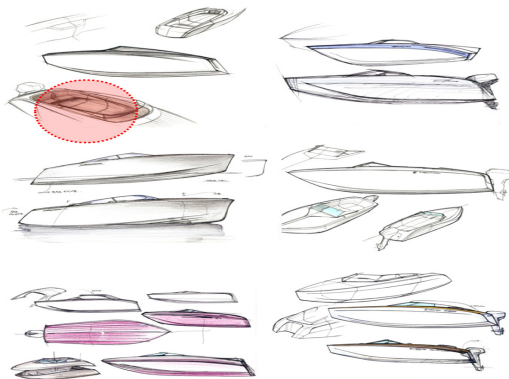
2.3 디자인 개발

2.3.1 스케치

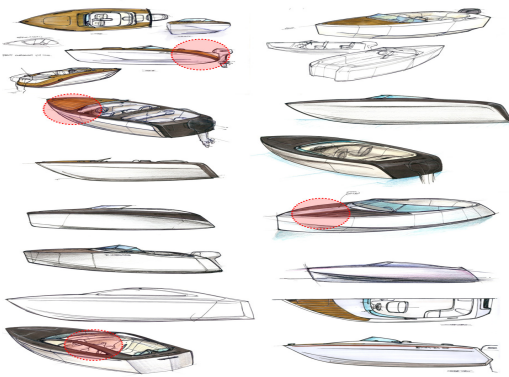
Fig. 2는 선수와 선미의 형태를 결정하고 Sheer line을 정의하면서 전체적인 보트의 이미지를 결정해 가는 과정을 보여 주고 있다. Fig. 3은 디자인의 첫 단계인 디자인 초안을 나타낸 것으로 Deck의 형태와 인테리어에 대한 디자인을 추가하여 보트의 이미지를 구체화한 것이다. 또한, Fig. 4는 보트의 형상은 좀 더 구체적인 디자인으로 정리하였으며 폴리에틸렌 재료 적용에 따른 이미지까지 검토한 것이다.



[Fig. 2] Image sketch for pleasure boat



[Fig. 3] Initial idea sketch for pleasure boat

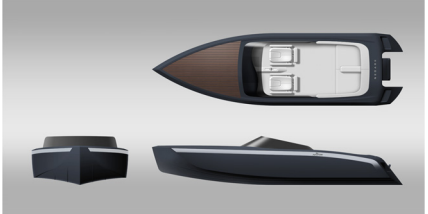


[Fig. 4] Final idea sketch for pleasure boat

2.3.2 2D 렌더링

Table 5는 Fig. 4의 최종 이미지를 2D 렌더링으로 표현한 것으로 도시적인 세련된 느낌이 들도록 직 선이미지를 강하게 부여하고 뒷좌석은 개방형 타입으로 만들어 공간 활용도를 높였다. Transom 형상은 Trim tab의 역할을 할 수 있는 날개 형상으로 보트의 안정성을 향상시켰다. 보트 색깔을 어두운 톤으로 적용함으로써 제품에 무게감을 부여하여 제품의 가치를 높였다.

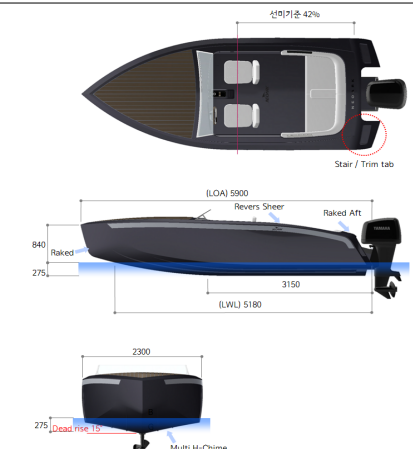
[Table 5] 2D rendering for urban type pleasure boat

Concept	Design
Urban	

2.3.3 3D 렌더링

Table 6은 2D Rendering된 보트를 3D Rendering으로 디자인한 것이다. 3D 렌더링은 Urban 스타일로 세련된 도시적인 이미지를 표현한 디자인으로 도시인들의 여가를 책임지는 플래저 보트로서의 이미지를 강조하고 있다. 면과 면의 조화가 직선의 강한 느낌으로 나타나는 디자인으로 글라스는 직선형으로 적용하여 제작시 비용을 절감 할 수 있도록 하였다. Sheer Line은 선미 쪽으로 흘러가면서 점차 내려가는 라인으로 좀 더 샤프한 측면의 라인을 만들어 주고 있다. 또한, 좌석 팔걸이는 운행시 파도에 의한 충격으로 운전자에게 충격을 줄 수 있기 때문에 삭제하였다.

[Table 6] Final 3d rendering design idea

Concept	Design
Urban	 선미기준 42% Stair / Trim tab (LOA) 5900 Revers Sheer Raked Aft 840 275 3150 (LWL) 5180 2300 275 Dead Rise 10 Multi H-Chime

3. 선형해석

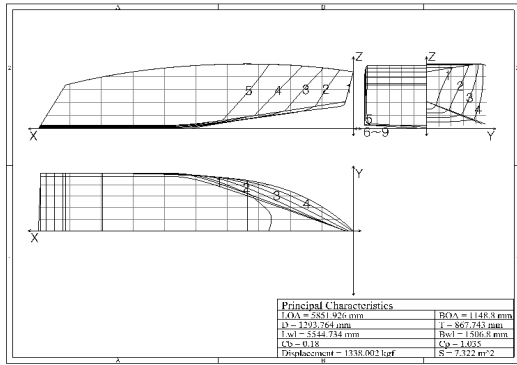
Table 7은 유체정역학적 특징을 평가하기 위한 선체무게분포를 나타낸 것이고 Fig. 5는 디자인된 보트 선체의 선도를 나타낸 것이다.

Table 8은 Table 7과 Fig. 5를 이용하여 개발 보트의 유체정역학적인 특성선체 전장은 5.9m, 수선길이는 3.9m이며, 선체 배수량은 1,338kg이다. 선체 전체 빔과 수선 빔의 차이가 매우 적으며 트랜섬 데드라이즈가 3.9°로 선미 부분이 매우 평탄한 구조를 하고 있어 저속영역에서는 저항체 역할을 할 수 있으나 고속 활주시 선체 횡동요를 적게 할 수 있는 구조이다. 설계 보트의 주형계수 C_p 는 0.81로서 바지 선박(0.95)과 구축함(0.63)의 중간 형태를 가지고 있어 선박의 길이 방향에 대하여 횡단면적의

변화가 크지 않다는 것을 의미한다.

[Table 7] Weight distribution of hull

	Hull (kg)	Person (kg)	Engine (kg)	Fuel etc. (kg)
Weight	700	$(73 \times 5) + 73 = 438$	100	100



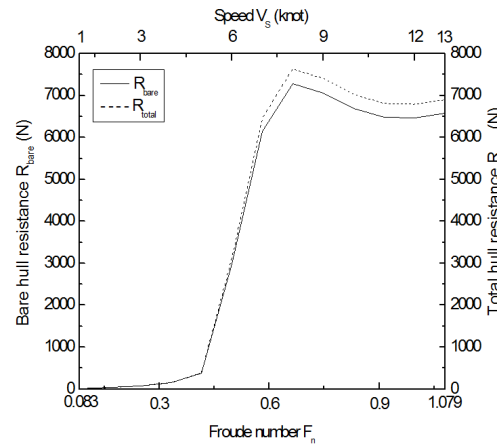
[Fig. 5] Line drawings of polyethylene boat

[Table 8] Hydrostatic properties of polyethylene boat

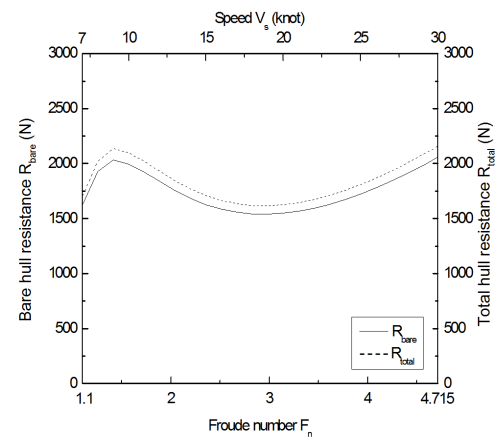
Item		
Displacement (S.W)	(kg)	1,338
Overall length	(m)	5.9
Overall beam	(m)	2.3
Moulded depth	(m)	1.3
Waterline length	(m)	3.9
Waterline beam	(m)	2.3
Transom deadrise	degree	3.9
Midship deadrise	degree	15
Navigational Draft	(m)	0.2
Longitudinal center of floatation L_{CF}	(m)	3.9
Prismatic coefficient (C_p)		0.81
Block coefficient (C_B)		0.67
Waterplane coefficient (CWP)		0.92
Waterplane area	(m ²)	8.3
Vertical center of gravity V_{CG}	(m)	0.36
Vertical center of buoyancy V_{CB}	(m)	0.13
Longitudinal center of buoyancy L_{CB}	(m)	4.15

Fig. 6과 Fig. 7은 속도에 따른 선체 저항과 엔진출력을 나타낸 것으로 그 값은 Orca 3D[7]에 탑재된 선형해석 프로그램을 이용하여 구하였다. 선체저항 및 엔진출력은

설계속도를 25노트로, 최대속도를 30노트로, 추진효율을 55%로, 저항설계마진을 5%로 각각 설정하여 구하였다. 엔진 출력은 프로드 수 0.75이상에서는 Savitsky 방법[10]을, 프로드 수 0.75이하에서는 총저항계수 C_t 를 기초로 하는 Holtrop 방법[11]을 이용하여 평가하였다. 설계속도 25노트에 대하여 42kW의 엔진이 필요하며 최대속도 30노트에 대하여는 60kW의 엔진이 필요하므로 일반적으로 시중에서 사용되고 있는 전장 6m급에서 사용되는 엔진이 70kW인 것을 고려하면 선형해석에 사용된 설계 마진이 충분함을 알 수 있다. 또한, 활주상태에서 최소 총저항을 나타내는 프로드 수 3.0에서의 엔진출력은 28.5kW이고 선속은 19노트로서 설계속도 25노트보다는 낮은 속도에서 운전되어야 보트를 경제적 운영할 수 있다.

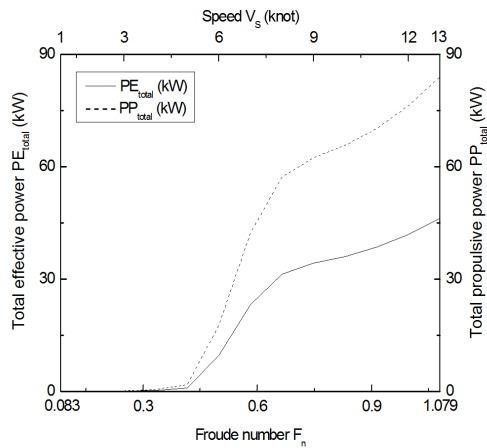


(a) Holtrop method

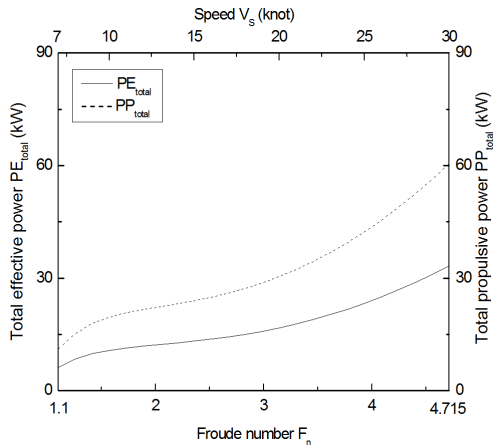


(b) Savitsky method

[Fig. 6] Relationship between Froude number and resistance coefficient



(a) Holtrop method



(b) Savitsky method

[Fig. 7] Relationship between Froude number and engine power

4. 결론

본 연구에서는 플레저 보트를 둘러싸고 있는 디자인 환경과 개념을 분석하고 이것을 기초로 폴리에틸렌 보트에 대한 선형을 디자인한 후 Orca 3D를 이용한 선형 해석을 통하여 선체 저항 및 엔진 출력을 예측한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 선형 디자인에 필요한 외형 주요 치수는 선형 디자인 기준의 실척선의 치수를 분석하여 그 수치를 결정된 결과 전장 5.9m, 뱀 2.3m, 형심 1.3m 흘수 0.6m이었다.

- (2) 선형 디자인은 보트 디자인에 필요한 키워드를 결정하고 이것을 이미지화하는 스케치 과정과 2차원 렌더링 및 3차원 렌더링을 통하여 최종 선형을 결정한 결과 도시적 이미지의 샤프한 선형으로 결정되었다.
- (3) 설계속도 25노트에 대하여 42kW의 엔진이 필요하며 최대속도 30노트에 대하여는 60kW의 엔진이 필요하므로 일반적으로 시중에서 사용되고 있는 전장 6m급에서 사용되는 엔진이 70kW인 것을 고려하면 선형해석에 사용된 설계 마진이 충분하다.
- (4) 활주상태에서 최소 총저항을 나타내는 프루드 수 3.0에서의 엔진출력은 28.5kW이고 선속은 19노트로서 설계속도 25노트보다는 낮은 속도에서 운전되어야 보트를 경제적 운영할 수 있다.

References

- (1) S.S. Cho, W.M. Kwak, B.S. Ham and Y.C. Jo, "A Study on Structural Strength Assessment of Polyethylene Boat", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 14, No. 3 pp. 1045-1053, 2013
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.3.1045>
- (2) H.M. Kim, S.B. Suh, "The Study on the Development of 6m class Sports RIB", *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, Vol.31, pp. 606-613, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5916/jkosme.2007.31.5.606>
- (3) L.S. Byun, "A Study on Characteristics of Interior Design Materials in Leisure Boats & Yachts", *Journal of the Korean Institute of Interior Design*, Vol. 15, pp. 158-165, 2006.
- (4) D.K. Oh, K.W. Lee, C.W. Lee, "Basic Design of 40ft Class Pleasure Boat based on Digital Mock-up", *Journal of the Korean Society of Marine Environment & safety*, Vol 17, pp. 283-289, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7837/kosomes.2011.17.3.283>
- (5) S.J. Ha, Y.K. Cho, M.W. Cho, K.C. Lee, W.H. Choi, "Process Capability optimization of a LED Die Bonding Using Response Surface Analysis", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 13, No. 10 pp. 4378-4384, 2012
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.10.4378>
- (6) S.H. Van, S.H. Kim, "Study on Concept Design of Public Motor Boat", *Journal of the Korean Institute of Navigation and Port Research*, Vol. 26, pp. 7-12, 2002.
- (7) Research Institute of Medium small shipbuilding, *Design*

- and Estimation Techniques of Power Boat*, RIMS, Busan in Korea, pp. 103-115, 2010.
- (8) John Teale, *How to design a boat*, Sheridan house, Great Britain, pp. 40-66, 2003.
- (9) Rhinoceros, *Orca 3D manual (c2012[cited 2011 Jun 10]*, Available from: <http://www.orca3d.com/Orca3dJ/>), pp. 1-10, Orca 3D Publisher, 2012.
- (10) Daniel Savitsky, P. Ward Brown, "Procedures for Hydrodynamic Evaluation of Planing Hull in Smooth and Rough Water", *Marine Technology*, Vol. 13, No. 4, pp. 381-400, 1976.
- (11) ITTC, *1957 ITTC Model-ship Correlation Line Values of Frictional Resistance Coefficient*, 1957 Madrid ITTC Conference, pp.1-4, Madrid, ITTC Publisher, 1957.
-

조 석 수(Seok-Swoo Cho)

[정회원]



- 1993년 2월 : 동아대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 동아대학교 대학원 기계공학과 (공학박사)
- 1997년 3월 ~ 1997년 8월 : 창원문성대학교 기계과 전임강사
- 1997년 8월 ~ 현재 : 강원대 자동차공학과 교수

<관심분야>

선형 및 구조설계