

39feet급 선내기·선내외기 추진방식 레저보트의 저항특성 연구

박 충 환†

(원고접수일 : 2008년 7월 28일, 원고수정일 : 2008년 9월 15일, 심사완료일 : 2008년 10월 29일)

A Study on the Resistance Performance of 39feet-class Leisure Boat with Propulsion Type of In-Board and In · Out-Board Engine

Chung-Hwan Park†

Abstract : The propulsion type of a small boats mainly were divided that the In-board and In · out-board position located engine. The boats of the In-board and In · out-board engine individually were propelled by propeller and stern drive. In this paper, 39feet-class leisure boats with propulsion type of In-board and In · out-board engine were performed to compare the effect of resistance performance using model test. As a result, leisure boat with In · out-board engine is ascertained the optimum boat affects the speed and fuel efficiency.

Key words : Leisure boat(레저보트), In-board(선내기), In · out-board(선내외기), Model test (모형시험), Resistance performance(저항특성)

1. 서 론

최근 국민소득 증대와 주5일제 근무 확산으로 낚시를 포함한 레저수요가 가일층 증가하고 있고 더불어 낚시선을 포함하는 레저보트의 척수도 매년 증가하고 있는 추세이다. 하지만, 전국 연안에는 각종 해산물을 양식하는 양식장이 분포하고 있어, 양식장 주변의 로프, 부유물 등이 소형선박 추진기에 감기는 해난사고 발생은 매년 증가하고 있는 실정이다.

한편, 소형선박의 추진방식으로는 선내 엔진의 탑재 위치에 따라 크게 선내기 선형과 선내외기 선형으로 구분된다^[1]. 선내기 선형은 프로펠러에 의해 추진되는 주로 박스 킬(box-keel)형상의 소형

연안선박에 사용되어 고속성능은 선내외기 선형에 비해 떨어지나, 타(rudder)를 지지하는 슈 피스(shoe-piece)가 로프, 그물 등을 넘게 되어 추진기에 감기는 사고가 적은 장점이 있고, 선내외기 선형이라 함은 스텐 드라이브(stern drive)를 장착하여 추진되는 선박으로, 고속에서 추진효율은 우수하나, 그물이 추진기에 감기는 사고가 빈번한 선형이다. 본 논문에서는 선내 엔진탑재 위치에 따라 이러한 장단점을 가진 동일한 규모의 39feet 선내기, 선내외기 추진기 장착 레저보트를 대상으로 모형시험을 수행하였으며, 이를 통해 추진방식에 따른 선미형상의 차이가 저항성능에 미치는 영향을 살펴보았다.

† 교신저자(중소조선연구원 해양레저산업부, E-mail:chpark@rims.re.kr, Tel: 051)974-5523)

2. 추진방식별 선형특성

선내기 추진기는 전체 선박용 추진기로 가장 널리 사용되는 것으로서, 엔진이 대부분 선박의 중앙에 설치되어 프로펠러 축계(shaft)가 선미선저의 관통을 위해 박스 킴을 부착하게 되며, 프로펠러 축이 선미부분까지 연결되어 프로펠러를 회전시키는 선박이다. 또한, 선내기 추진기는 선내외기 추진장치에 비하여 가격이 싸고, 타 하단을 지지하기 위해 슈 피스가 장착됨으로써 그물, 페어망 및 부유물 등에 걸리지 않는 장점이 있으나, 선내외기 추진기에 비해 추진효율이 낮아 고속성능에는 불리한 특성이 있다.

선내외기 추진기는 추진효율이 우수하여 고속 활주형선에 주로 탑재되며, 조종성능도 우수하고 신뢰성이 높은 추진장치이다. 그러나 초기투자비가 비싸며, 서해안의 해역에서는 조수간만의 차이로 인하여 각종 페어망과 로프 등에 추진기가 감기는 해단사고가 빈번하게 발생하고 있다. 한편, 디젤기관을 원동력으로 사용하고 있는 선내기 및 선내외기 추진기는 연료비가 가솔린 선외기의 약 1/4로 훨씬 경제적이고, 감속비가 크고 지름이 큰 프로펠러를 사용할 수 있기 때문에 고속성능이 우수한 특성을 가지고 있다. Fig. 1과 Fig. 2에 선내기 및 선내외기 선형의 개략도를 나타내었다.

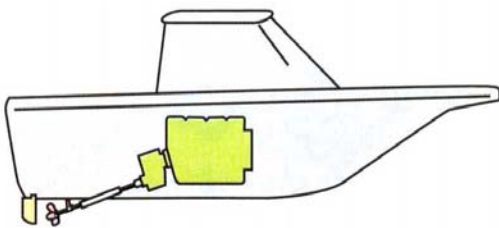


Fig. 1 Leisure boat of in-board engine

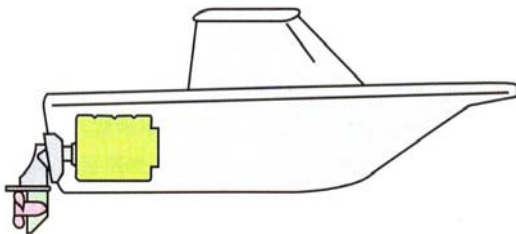


Fig. 2 Leisure boat of in · out-board engine

3. 시험대상선 선형설계

3.1 개념정립

시험대상선은 선주요구사항인 총톤수는 G/T 3톤급으로서 최대 승선인원은 조타수를 포함하여 총 9명 내외로 결정하였다. 또한, 국내에서 건조, 운항되고 있는 선내기 및 선내외기 추진기 장착 레저보트 실적선 조사 분석과 조선공학적 제 계산을 통해 주요제원을 산출하였다. 한편, 선내기 및 선내외기 추진장치에 따른 선미형상 변화가 저항성능에 미치는 영향을 비교하기 위해 선내외기 추진기 선형의 주기관은 높은 추진효율로 우수한 고속성능의 스텐-드라이브(stern-drive)장착 선미선형으로, 선내기 추진기 선형은 프로펠러를 장착한 선미선형으로 선형개념을 정립하였다. 시험대상 선박의 주요제원은 Table 1과 같다.

Table 1 Principal particulars of leisure boat

Length(L)	Abt.12.0m	Draft(d)	Abt. 0.8m
Breadth(B)	Abt. 3.8m	Main engine	450PS
Depth(D)	Abt. 2.0m	Ship speed	약 20knots

3.2 선형설계

39feet급 선내기 및 선내외기 장착 레저보트의 단면형상은 고속성능이 우수한 직선형 단면형상으로 결정하였고, 폭은 고속 활주시 안정성과 능파성 향상을 위해 조금 넓게 하였다^{[2]-[3]}. 고속 운항시 우수한 내항성능을 고려하여 슬래밍(slamming) 발생에 따른 충격하중 감소를 위하여 선수단면을 깊은 V형과 선저 경사각은 27°로 결정하였다^[4]. 또한, 활주형선의 선수에서 박리를 유도하여 충격하중 감소와 횡요, 종요를 감소로 운동성능 개선, 파형개선과 양력발생으로 침수표면적 감소에 따른 저항감소 효과발생을 위해 스프레이 스트립(spray strip)을 선저 좌·우측에 각각 2개씩 부착하였다^{[5]-[7]}. Fig. 3과 Fig. 4는 39feet 선내기 추진선형의 선형선도(lines)와 일반배치도(G/A)를, Fig. 5와 Fig. 6은 선내외기 추진선형의 선도(lines)와 일반배치도(G/A)를 나타낸 그림이다.

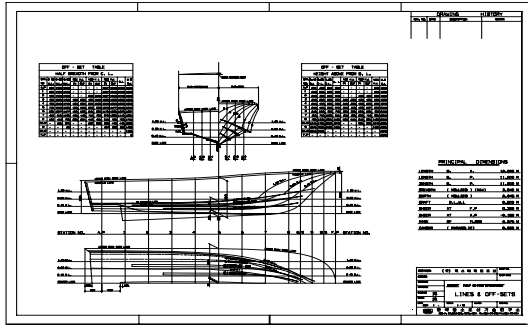


Fig. 3 Lines of leisure boat (In-board)

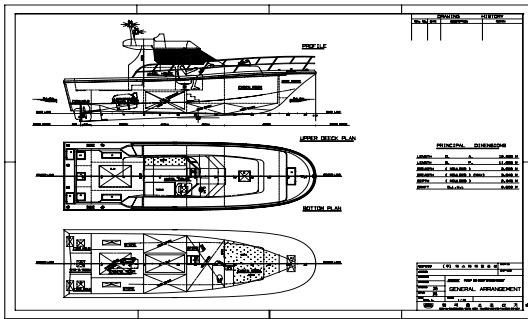


Fig. 4 G/A of leisure boat (In-board)

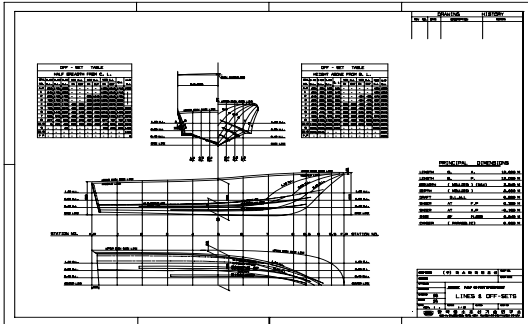


Fig. 5 Lines of leisure boat (In · out-board)

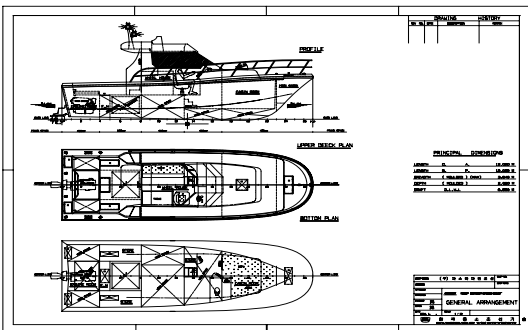


Fig. 6 G/A of leisure boat (In · out-board)

4. 시험설비와 대상모형

4.1 시험설비

39feet급 선내기 및 선내기외 추진기 장착 레저 보트의 저항성능 비교, 평가를 위해 실험에 사용된 회류수조 선형시험설비의 주요사양은 아래와 같이 개략적인 형상은 Fig. 7과 같다.

- Type : 2 Impeller, Vertical type
- Whole body : 17.6(L)m * 3.1(B)m * 6.4(D)m
- Measuring body : 6.0(L) * 2.0(B)m * 1.6(D)m
- Water Capacity : abt. 90ton
- Velocity range : 0.1~3.0 m/sec

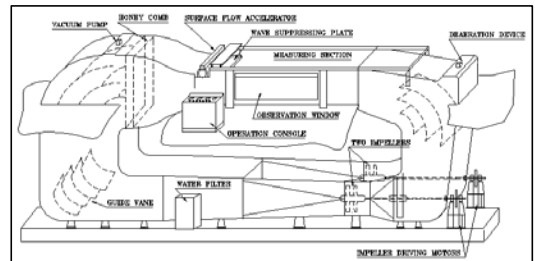


Fig. 7 Schematic diagram of C.W.C

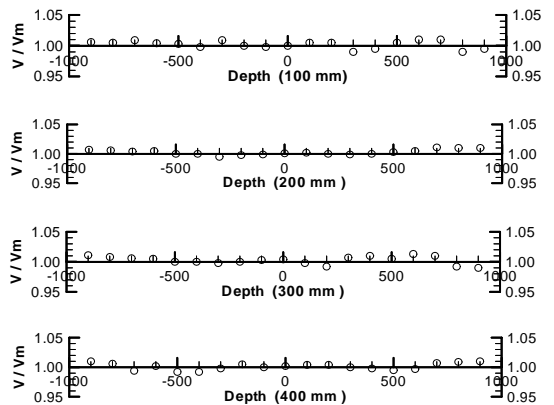


Fig. 8 Velocity distribution(V_m : mean velocity)

회류수조 시험결과치의 정도향상에 있어 가장 중요한 것은 관측부에서의 균일한 유속을 얻는 것이

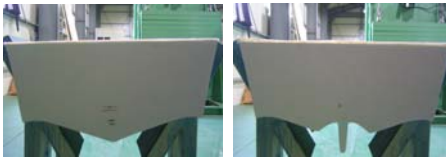
다. 이에, 본 실험에서는 제과판으로부터 1.2m(보통 모형선의 $F.P$ 가 되는 위치) 관측부 단면에서 JIS형 피토크관을 이용하여 계측한 1.0m/s의 유속분포를 계측하여 Fig. 8에 표시하였다. 벽면 부근을 제외하면 유속의 편차는 $\pm 1.5\%$ 정도 이내가 됨을 확인하여 시험결과치의 신뢰성을 우선적으로 검증하였다^{[8]-[9]}.

4.2 대상모형

모형시험에 사용된 시험대상 선형은 39feet급의 동일한 크기를 가진 레저보트로서 선내기와 선내외기 추진방식에 따른 선미형상에 차이가 있는 2척의 선형을 제작하여 사용하였다. 실선 대응 모형선의 축척비(scale Ratio)는 선도를 바탕으로 동일하게 1/15.025 비율로 하였으며, 모형선 재질은 시험조건인 모형선 배수량, 홀수 및 트림변화를 고려하여



(Bow shape)



(Stern shape)

Fig. 9 Model ship of leisure boat

Table 2 Principal particulars of ship and model

Particulars	In-board		In · out-board		
	Ship	Model	Ship	Model	
Lbp(m)	12.000	0.799	12.000	0.799	
Lwl(m)	10.352	0.689	10.352	0.689	
B(m)	3.840	0.256	3.840	0.256	
D(m)	2.000	0.133	2.000	0.133	
T (m)	dF	0.798	0.053	0.796	0.053
	dA	0.786	0.052	0.780	0.052
S (m ²)	35.400	0.157	34.930	0.155	
∇ (m ³)	10.812	0.003	10.812	0.003	

FRP와 목재로서 가볍게 제작하였다. 실선과 모형선의 주요계원을 Table 2에 정리하였고, 모형시험에 사용된 제작, 완성된 39feet 선내외기 및 선내기 추진방식 레저보트 모형선의 선수, 선미형상을 Fig. 9에 보였다.

5. 시험방법 및 결과고찰

5.1 시험방법 및 해석

저항시험은 39feet급의 동일한 크기의 선내기와 선내외기 추진방식 레저보트 모형선을 선수회전(yaw)과 좌우동요(sway)가 제한된 상태에서 저항동력계 로드 셀(load Cell)로 모형선을 무게중심(L.C.G) 위치에 고정하여 모형선 유속에 따른 저항치를 계측하였으며, 홀수상태는 적절히 추(weight)를 이동하여 만재상태의 홀수로 맞추어 시험을 수행하였다^[10].

한편, 저항시험은 Froude의 상사법칙에 따른 선속으로 수행되었으며, 해석방법은 1978 ITTC 해석법을 근간으로 한 2차원법을 적용하였다. 저항시험 결과 해석방법을 요약하면 식(1)과 같다.

- Froude 해석법

$$C_{TS} = C_{FS} + C_R + C_A + C_{AA} \tag{1}$$

- 총저항계수 : C_{TS}
- 잉여저항계수 : C_R
- 마찰저항계수 : C_{FS} (1957 ITTC 곡선)
- 모형선 - 실선상관수정계수 : C_A (1978 ITTC 해석법)
- 실선 공기저항계수 : C_{AA}

또한, 시험대상 레저선박의 실선 속도별 침하량 및 트림변화를 계측하였으며, 그 결과를 다음 식(2)와 식(3)과 같이 무차원화하여 비교하였다.

- 침하량(sinkage)

$$S = ((dA + dF) / 2) \times 2g / U^2 \tag{2}$$

- 트림(trim)변화

$$t = (dA - dF) \times 2g / U^2 \tag{3}$$

여기서, U^2 는 선속이며, dA 는 선미트림, dF 는 선수트림이다.

5.2 저항시험

동일배수량에서의 G/T3톤급 시험대상 선내외기 및 선내기 추진기 장착 선형의 시험결과, 침하량은 Fig. 10과 같이 실선속력 8knots($F_n(V/\sqrt{gL})=0.408$)을 기점으로 작아지는 현상을 보여 선체와 수면사이의 동적압력(양력)이 발생되면서 선체가 부상되는 시점임을 추정할 수 있다.

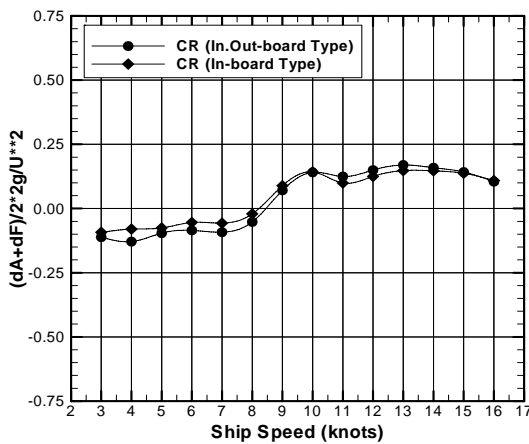


Fig. 10 Sinkage curve of leisure boat

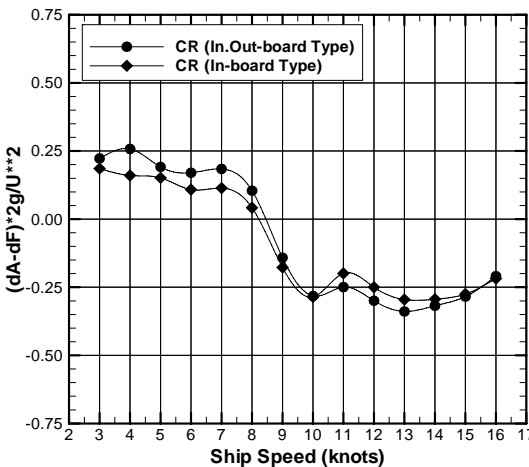


Fig. 11 Trim curve of leisure boat

또한, 트림변화 곡선도 Fig. 11과 같이 두 선형 모두 실선속력 8knots($F_n=0.408$)에서 선저 양

력의 발생으로 트림이 점점 작아지는 경향을 보이고 있으며, 실선속력 12knots($F_n=0.612$)부터 선내외기 추진기 선형이 선내기 추진 선형에 비해 상대적으로 트림변화가 작게 나타났다. 침하량과 트림변화가 상대적으로 작아진다는 것은 선속이 높아짐에 선저바닥의 양력발생에 따른 고속 주행상태에서 선내외기 선미선형이 선내기 선미선형에 비해 최적의 선수미 트림각을 유지시켜 접수면(침수표면적)감소효과를 조금 더 크게 발생시킨 것으로 판단된다. 선내기 추진선형과 선내외기 추진선형의 잉여저항계수 (C_R)는 Fig. 12와 같이 실선속력 9knots~10knots($F_n=0.459\sim0.510$)부근에서 뚜렷한 저항 증가(hump)현상이 나타나고 있으며, 선내외기 추진 선형이 선내기 추진선형에 비해 실선속력 12knots($F_n=0.612$)을 기점으로 선속이 높아짐에 따라 최고 약 20%의 저항감소율을 나타내었다. 이는 선내외기 추진선형은 활주형 선형으로서 프로펠러 축계 장착 박스 킬 부착 선내기 추진선형에 비해 선속증가에 따른 선체와 수면사이의 동적압력(양력) 발생으로 선체를 조금 더 부상시켜 침수표면적 감소에 따른 저항감소 효과가 좀 더 크게 발생한 것으로 사료된다.

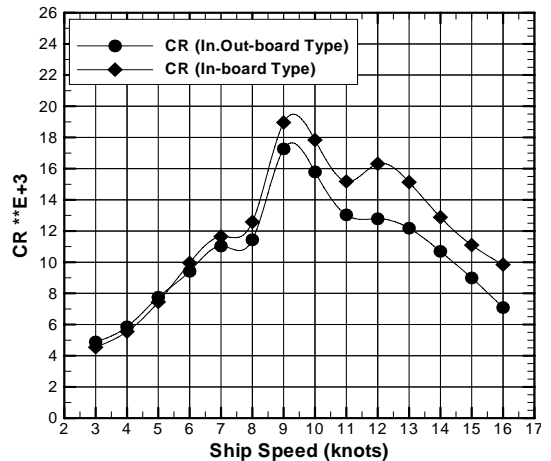


Fig. 12 Comparison of CR curve for leisure boat

5.2 파형관측

동일배수량을 가지는 시험대상 선내기 추진선형과 선내외기 추진선형의 선수부 파형변화를 비교,

관찰하였다. 일반적으로 활주형선은 고속 항주시 선수부분의 어깨파는 완전한 물보라가 되고 선수선저에서 현측으로 비상하여 뿌려지는 스프레이(물보라) 현상이 나타나며, 이때 선수부분에서의 불균일한 쇄파의 형성은 저항증가의 원인이 된다. 하지만, 시험대상 선형은 선수부는 동일하고 선내외기 및 선내기 추진기 장착에 따른 선미부 형상변화만 있기 때문에 선수부에서는 두 선형의 스프레이 형태와 유체흐름은 큰 변화는 보이지 않았다. Fig. 13과 Fig. 14는 실선속력 15Knot에서의 두 선형의 선수부에서의 파형모습을 나타낸 것이다.



Fig. 13 Wave profile of leisure boat (In-board)



Fig. 14 Wave profile of leisure boat (In·Out-board)

6. 결 언

본 논문은 39feet급 레저보트를 대상으로 모형시험을 통해 선내기 추진기 및 선내외기 추진기 장착에 따른 선미형상 변화에 따른 저항성능을 비교, 평가한 것이다. 동일한 크기를 가진 선내기 추진선형과 선내외기 추진선형 2개의 모형선을 제작하여

저항감소 효과를 비교, 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 침하량과 트림변화 곡선은 두 선형모두 유사한 경향을 보였으며, 실선속력 9knots($F_n=0.510$)를 기점으로 지속적으로 작아지고 있어 선속이 증가함에 따라 선저바닥의 양력발생에 따른 선체의 부상과 함께 고속 주행상태에서는 상대적으로 선내외기 선미선형이 선내기 선미선형에 비해 최적의 선수미 트림각을 유지시키는 선형임을 확인하였다.

(2) 시험결과, 39feet급 선내외기 추진기 선형이 선내기 추진기 선형에 비해 전체 시험범위에서 10~20%의 저항감소율을 보였다. 이는 선내외기 추진기 선형은 활주형선으로서 프로펠러 축계장착의 박스 킴을 부착한 선내기 추진기 선형에 비해 선속증가에 따른 선체와 수면사이의 동적압력(양력) 발생으로 선체를 더욱 부상시켜 침수표면적 감소에 따른 저항 감소 효과가 발생한 것으로 판단된다.

(3) 선내기 추진기 선형이 연안해역에서 운항할 때 추진기가 그물, 어망 등의 부유물에 걸리지 않는 장점은 있지만, 저항성능측면에서는 선내외기 추진기 선형이 선내기 추진기 선형에 비해 저항감소에 따른 속도증가와 연비 절감 등의 경제성이 우수한 선형임을 모형시험을 통해 확인하였다.

참고문헌

- [1] 배원섭, “소형선박기관”, 대광서림, pp.158-168, 1996.
- [2] 김주남, 정우철, 박제웅, 김도정, “45노트급 고속정 초기선형 개발과 저항성능에 관한 연구”, 한국해양공학회지, 제20권, 제3호, pp.32-36, 2006.
- [3] 민계식, 이귀주, 활주형선의 단면형상 및 장-폭비와 저항특성과의 관계에 대한 실험적 연구”, 대한조선학회지, 제31권, 제3호, pp.64-68, 1994.
- [4] 박충환, “실 해역 모형시험기법을 이용한 소형 고속 활주형선의 선형개발에 관한 연구”, 한국해양대학교 박사학위논문, 2008.

- [5] 박충환, 활주형선의 Spray Strip 부착에 따른 저항특성 연구,” 대한조선학회 춘계학술대회 논문집, pp.60-65, 2004.
- [6] 이춘주, 유재문, 반활주형 선형에 대한 선형계 열화 및 저항계수 추정 연구,”대한조선학회 추계학술대회논문집,pp.60-167, 2003.
- [7] Niwa, S., "High-speed Craft Engineering", pp.115-119, 1997
- [8] 小倉理一, 西本仁, et. al, "新型回流水槽の諸特性と抵抗試験について“, 西部造船會報, 第64會 1982. 5.
- [9] Savitsky, D., "Status of Hydrodynamic Technology as Related to Model Tests of High-Speed Marine Vehicles", DTNSRDC -81/026, 2p, 1981.
- [10] Tanaka H, et. al "Cooperative Resistance Tests with Geosim Models of a High-Speed Semi-Displacements Craft, Journal of the Society of Naval Architects of Japan, Vol. 169, pp.55-64, 1991.

저 자 소 개



박충환(朴忠煥)

1970년 4월생. 1995년 한국해양대학교 선박공학과 졸업(공학사). 1997년 동대학원 졸업(공학석사). 2008년 한국해양대학교 해양시스템공학과 박사졸업. 2003년 조선기술사 취득. 1997년부터~ 현재 중소조선연구원 근무