

전기 선박의 발전전망

김 상 근

(주)한진중공업 특수선설계부 부장

1. 서 언

20세기 중반의 컴퓨터의 출현과 자연과학의 급진적인 발달로 인류사회는 혁신적인 정보 시대가 열리고 있으며, 우리는 지금 새로운 산업혁명의 한가운데 있다. 18세기 후반부터 시작된 제1차 산업혁명으로 인해 인간이 직접 손으로 하던 일을 기계에게 뺏기게 되었고, 그 결과로 생산기술 및 사회, 경제구조상의 변혁이 이루어졌으며, 금차의 정보산업 혁명은 생산면에 있어서 자동화를 통한 재래식 기계에 의존하던 일뿐만 아니라 인간의 두뇌에 의해서 하던 일도 자동화시스템에 맡기게 되었다.

돌이켜 보면 제1차 산업혁명을 지나면서 인간의 생활과 사회활동도 점차적으로 바빠졌으며, 교통수단의 급진적인 발달이 촉진되었다. 이와 마찬가지로 금차의 정보산업혁명도 인간의 생활을 더욱 바쁘게 하고, 교통의 고속화를 더욱 촉진하고 있다. 즉 20세기 중반이후에 육해공의 각종 여객운송, 화물운송수단이 더욱 빨라져서 초음속여객기, 50노트 이상의 초고속 여객선, 300km/h 이상의 고속전철까지 등장하기에 이르렀다.

50노트 이상의 선박이 출현한 것은, 유체역학적으로 볼 때, 항공기는 음속을 넘을 수 없다는 종래의 개념을 초음속항공기가 깰 수 있었던 것과 같이, 과거에는 생각할 수 없었던 조파저항의 큰 hump를 넘어서 배가 항진할 수 없다는 종래의 개념을 깬 것이라고 생각할 수 있다.

2. 선박의 분류

선박은 속력에 따른 분류(저속선, 고속선, 초고속선), 목적에 따른 분류(군함, 상선, 특수목적선), 용도에 따른 분류(유조선, 컨테이너선, LNG선, 벌크선, 살물선, 여객선 등), 재질에 따른 분류(목선, 철선, 알루미늄선, FRP선 등), 추진기관에 따른 분류(스팀터빈선, 디젤선, 가스터빈선, 원자력

추진선, 초전도전자추진선, 연료전자추진선 등)등 많은 분류가 있으나 조선공학적 견지에서 선박의 선형 특성에 따라 분류하면 선박은 선체중량 지지형식에 따라 아래와 같이 3가지 형식(부력지지, 양력지지, 공기압력지지)으로 대별되며 그림 1과 같이 표현된다.

또한 최근에는 보다 빠르고, 보다 편리하고, 보다 경제적인 선박을 개발하기 위해 서로간의 장점을 결합한 복합지지형식(Hybrid 선형)이 실용화되었으며, 21세기에는 보다 다양한 복합지지형식이 출현될 것으로 예견된다.

1) 부력지지형식 : 가장 보편적이며 일반적인 선박 형태로 Archimedes의 원리인 부력에 의해 선체중량을 지지하는 배수량형선박으로 대부분의 선박은 이에 해당한다.

o 단동선(Monohull) : 선박의 동체가 한개로 구성된 단동체로 가장 보편적이며 전통적인 선박이다. 상선(유조선, 컨테이너선, LNG선, 벌크선, 살물선 등), 군함(Corvette, Frigate, 구축함, 순양함, 상륙함, 수송함, 항공모함 등) 등 대부분의 선박이 해당된다.

o 쌍동선(Catamaran) : 선박의 동체가 두 개로 구성된 쌍동체로 단동선에 비해 선체의 폭이 상대적으로 크므로 안정성이 우수하며 갑판면적이 넓다. 이러한 장점으로 고속여객선으로 적합하여 최근 water jet의 발달과 함께 고속 및 초고속화, 대형화가 가능하여 비약적인 발전을 이루었다. 또한 쌍동선의 내항성능을 향상하기 위해 선수부분의 동체를 앞으로 돌출한 파관관통형쌍동선(WPC, Wave Piercing Catamaran)도 많은 발전을 이루고 있다.

o 소수수선면쌍동선(SWATH, Small Waterplane Area Twin Hull) : 쌍동선의 일종으로 내파성능을 증대하기 위해 수면하부에 잠수체를 증가시킨 선박이다. 고속선으로는 한계가 있으나 내파성능이 우수하여 높은 파도에서 운항하는 선박에 적합하다.

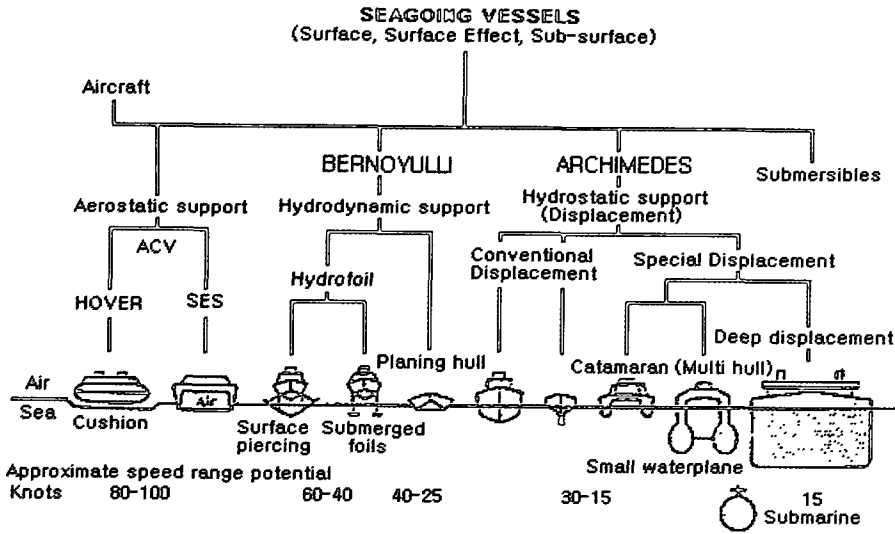


그림 1. 선박의 분류

쌍동체의 선수 및 선미 부분에만 스킨트를 설치하여 공기압력에 의해 선체를 약 70 - 80% 부양하는 선박이다. 복합지지형식의 출현으로 최근에는 복합지지선형으로 분류되기도 한다.

4) 복합지지형식(Hybrid 선형) : 보다 빠르고, 보다 편리하고, 보다 경제적인 선박을 실현하기 위해 서로간의 장점을 결합한 복합지지형식(Hybrid 선형)으로 다양한 형태의 선박 개념이 가능하며 대표적인 선박형태는 그림 2와 같다.

2) 양력지지형식 : 물의 저항을 최소화하기 위해 Bernoulli의 원리를 이용한 양력에 의해 선체중량을 지지하는 방식으로 활주형선(Planing hull), 수중익선(Hydrofoil)이 이에 해당된다.

o 활주형선(Planing hull) : 고속주행시 선체 바닥면의 경사각에 의해 양력을 발생하는 선박으로 고속주행시 유리하며 저속에서는 저항이 증가되어 오히려 불리하다. 소형 경주용선, 소형여객선, 소형 고속경비정에 많이 적용되고 있다.

o 수중익선(Hydrofoil) : 선체 밑에 날개(foil)를 부착하여 날개의 양력에 의해 선체를 수면위로 들어 올려 물의 저항을 최소화하는 선박으로 고속주행시 유리하며 저속에서는 저항이 증가되어 오히려 불리하다. 소형 고속여객선, 소형 고속경비정에 많이 적용되고 있다.

3) 공기압력지지형식 : 물의 저항을 극소화하기 위해 공기압력에 의해 선체를 수면 위로 부양하는 방식으로 수륙양용공기부양선(Hovercraft), 표면효과선(SES, Surface Effect Ship)이 이에 해당된다. 선박으로서 가장 빠른 형식으로 100노트(시속 185km)까지 실현되었다.

o 수륙양용공기부양선(Hovercraft) : 선체 하부의 전둘레에 걸쳐 스킨트(flexible skirt : 고무천으로 제작되며 압축공기가 일정한 높이가 되는 동안 공급된 압축공기가 유출되지 않도록 함)를 장착하여 공기압력에 의해 선체를 완전 부양하는 선박이다. 초고속 및 수륙양용이 가능하여 소형여객선, 특수목적선(구난정, 조사선, 상륙정 등)으로 활용되고 있다.

o 표면효과선(SES, Surface Effect Ship) : 쌍동형공기부양선(Sidewall Hovercraft)이라고도 하며, 수륙양용공기부양선과 쌍동선의 장점을 결합한 형식으로

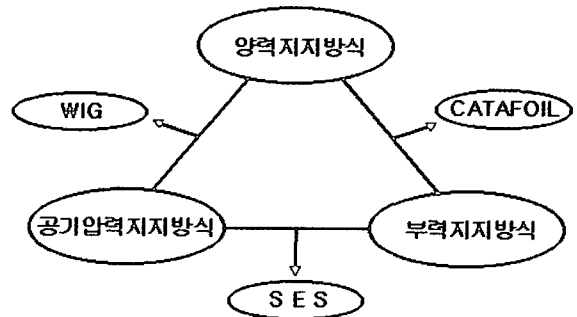
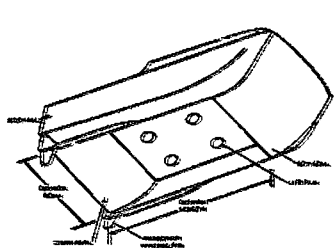


그림 2. 복합지지형식

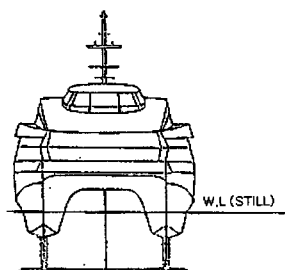
o 표면효과선(SES, Surface Effect Ship) : 공기압력 지지형식(수륙양용공기부양선)과 부력지지형식(쌍동선)의 장점을 결합한 복합지지형식으로 분류되며 선체중량은 공기부양에 의해 70 - 80% 지지, 쌍동선체의 부력에 의해 20 - 30% 지지된다. 갑판면적이 넓고 초고속이 가능하여 여객선, 고속함정으로 활용되고 있다.

o CATAFOIL(혹은 FOILCAT) : 부력지지형식(쌍동선)에 양력지지형식(수중익선)의 수중익(foil)을 결합한 복합지지형식으로 수중익의 양력에 의해 선체중량을 80 - 100% 지지한다. 수중익을 제어하여 내항성능을 향상시켰으며 최근 초고속여객선으로 건조되어 우수한 성능을 입증하였다.

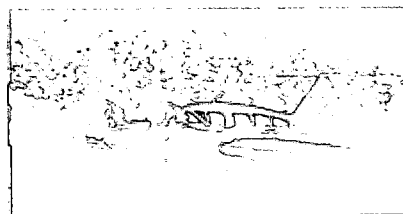
o 해면효과익선(WIG, Wing In Ground effect) : 선박과 항공기의 중간 형태로 공기부양지지형식(공기동압에 의한 지면효과)과 양력지지형식(항공기)을 결합한 복합지지형식으로, 선체에 공중익을 부착하여 해면을 낮게 항주함으로써 공중익의 양력과 해면효과에 의한 양력 증가를 동시에 얻을 수 있는 에너지 절약형 선박이다. 1960년대 러시아를 중심으로 발달하였으며 최고속력 300노트(시속 550km)까지 실현 건조되었다.



(SES)



(CATAFOIL)



(WIG)

그림 3. 대표적인 복합지지선형

3. 20세기 선박의 발전현황

3.1 대형저속선

전통적인 단동선(Monohull)으로 화물선을 중심으로 '50년대 이후 비약적으로 발전하였다. 해상물류수송의 급팽창으로 화물선은 대형화를 거듭하여 대형화물선이 보편화되었으며, 컨테이너(Container)선의 경우 속도 또한 10노트에서 25노트로 고속화되었다.

- 컨테이너(Container)선 : '70년대에의 1,000TEU(Twenty Equipment Unit : 20ft 컨테이너)급에서 '90년대에는 6,000TEU급으로 4~5년마다 대형화를 거듭하였으며, 2000년대에는 13,000TEU급으로 초대형화가 전망됨.
- 유조선(Tanker) : 30만DWT(Dead Weight Tonnage : 화물적재중량)급 초대형 유조선인 VLCC(Very Large Crude Oil Carrier)가 상용화되었음.
- 벌크(Bulk)선 : Handysize(2.5~4.5만DWT), Panamax (6~7만DWT), Capesize(12~15만DWT)로 대형화가 계속되었음.

3.2 소형(초)고속선

여객선을 중심으로 복합지지선형을 포함하여 아래와 같은 다양한 선종이 출현하였으며 '70년대 이후 Gas turbine, Water jet의 발달로 혁신적인 발전을 거듭하고 있다. 소형 여객선(20m, 20노트급)에서 대형 Car ferry(120m, 50노트급)로 대형화, 고속화되었으며, 공기부양선(ACV, Air Cushion Vehicle)의 경우 100노트, 해면효과익선(WIG)의 경우 300노트를 이상을 기록하였다.

- 부력지지형식 : 쌍동선(Catamaran), 소수수선면쌍동선(SWATH), 파랑관통형쌍동선(WPC, Wave Piercing Catamaran)
- 양력지지형식 : 수중익선(Hydrofoil), 활주형선(Planing hull)

- 공기압력지지형식 : 수륙양용공기부양선(Hovercraft)

- 복합지지형식 :

표면효과선(SES : Hovercraft + Catamaran)

수중익쌍동선(Catfoil : Catamaran + Hydrofoil)

해면효과익선(WIG : 공기압력지지 + Aircraft)

3.3 고찰

- 저속선은 화물선을 중심으로 대형화, 고속화가 진행되었으며, 장거리 수송의 경제성 극대화를 위해 고속화보다는 대형화, 초대형화로 발전되었음.
- (초)고속선은 여객선을 중심으로 대형화, 고속화가 진행되었으며, 단거리 수송의 경제성 극대화를 위해 대형화보다는 고속화, 초고속화로 발전되었음. 속력의 한계를 극복하기 위해 복합지지선형을 비롯한 다양한 선종이 출현하였음.
- 대형 저속선분야와 소형(초)고속선분야는 동일한 조선분야이나 상호 추구하는 목적 이 달라 상호 기술적인 교류없이 각각 독자적인 발전을 이루었음.

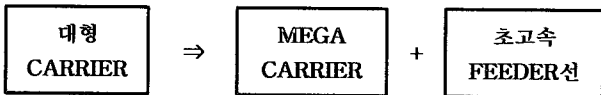
4. 21세기 선박의 발전전망

4.1 발전 전망

- 세계물동량의 90%를 담당하고 있는 해상물류수송의 압도적인 점유율은 계속 유지되며 정보산업사회의 급팽창으로 해상물류수송의 초고속화, 초대형화가 가속됨.
- 추진장치의 발달(디젤기관, 가스터빈, 가스터빈의 고효율 및 대형화, water jet의 고효율 및 대형화)과 새로운 추진장치(원자력추진, 초전도전자추진, 연료전지 등)의 개발 및 적용으로 선박의 초고속화, 초대형화를 가속시킴.
- 기존 선형의 단점을 보완하기 위해 복합지지선형을 비롯한 새로운 선형이 개발되어 선박의 초고속화, 초대형화가 가속됨
- 시대적 요청에 따라 저속선분야와 고속선분야의 기술

적인 연합이 이루어지며 21세기 초에는 초고속화물선이 실현화됨. 초고속화물선의 출현은 해상물류수송의 혁명적인 사건으로 21세기는 신해양시대가 도래됨.

- 초고속화물선의 개발로 해상물류수송은 장거리 국제간 화물수송을 위한 Mega Carrier(초대형화물선)와 단거리 국제/국내간 화물수송을 위한 초고속 Feeder선으로 이원화 및 상호 보완적 분업구조로 발전할 것으로 전망됨.



4.2 발전 방향

1) 21세기 초

- **A Group** : 디젤기관의 고효율 및 대형화, 그리고 단추진선보다는 쌍추진선의 점유율이 증가되며 초대형화물선(Mega carrier)이 상용화 됨.
- **B Group** : 초고속을 위해 새로운 복합지지선형 개발을 포함한 다양한 노력이 시도되며 특히 WIG(해면효과익선)의 발전이 예상된다.
- **C Group** : Gas turbine, Water jet의 발달로 50노트급 초고속 Feeder선이 출현되며 초대형 화물선과 상호 보완적 분업구조를 형성함.
- 새로운 추진장치(초전도 전자추진, 연료전지 등)의 접목이 시도되며 소형고속선을 대상으로 적용됨.

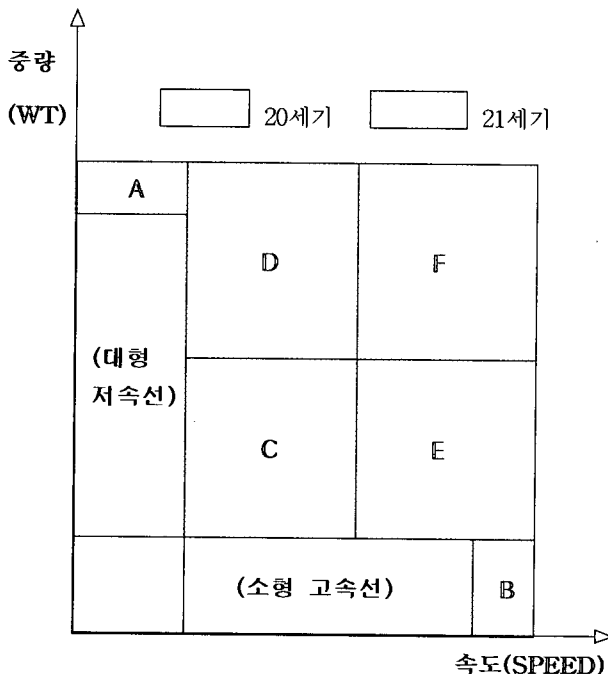


그림 4. 선박의 발전 현황 및 전망

2) 21세기 중반

- 새로운 추진장치(초전도 전자추진, 연료전지 등)의 발달과 새로운 복합지지선형의 개발로 "D Group"(40-50노트, 4000-5000TEU급 고속대형 Container선 등)과 "E Group"(100노트급 초고속 Feeder선 등)이 실용화 됨.

3) 21세기 후반

- 새로운 추진장치의 지속적인 발달로 "F Group"(초고속초대형 화물선)이 실용화 됨.

4.3 유망 선종

현재의 대표적인 고속선형 및 각 선종별 주요 특성은 표 1과 같으며, 21세기초의 대형화, 고속화 추세에는 아래 선종의 많은 발전이 예상된다.

1) Semi-planing hull(반활주형선)

기존 부력지지방식의 저항 특성의 한계를 극복하기 위해 활주형선(planing hull)의 장점을 가미한 반활주형(Semi-planing) 선형을 이용하여 초고속화물선으로 개발하는 노력이 진행되고 있다. 대표적으로 미국에서 진행중인 "FASTSHIP" Project가 있으며 FASTSHIP은 40노트급, 1400TEU 초고속화물선으로 2003년경 대서양항로에 투입될 예정이다. FASTSHIP의 출현은 21세기 초고속 해상화물수송체계를 앞당기는 혁명적인 사건으로 전망된다.

2) Catamaran(쌍동선)

우수한 안정성과 넓은 갑판면적으로, 20세기말에는 고속여객선 및 카페리선으로 적합하여 비약적인 발전을 이루었으며 점차 대형화되어 고속 Feeder선으로도 많은 가능성을 갖고 있다.

3) Trimaran(삼동선)

기존 단동선의 양 측면에 작은 동체를 부가하여 3개의 동체로 이루어진 선박으로 단동선에 비해 탁월한 안정성과 넓은 갑판면적을 보유할 수 있으므로 상선 및 함정으로 폭넓게 적용될 수 있다. 대표적으로 영국 해군에서 미래의 함정개발을 위해 진행중인 "TRITON" Project가 있으며, 현재 100m급 시험선을 건조하여 시운전중이다. 또한 삼동선의 특징을 응용한 Pentamaran(오동선)이 있으며, 오동선은 삼동선의 양 측면 작은 동체를 앞뒤로 양분한 형태로 현재 고속 Feeder선으로 건조되고 있다.

4) SES(표면효과선)

갑판면적이 넓고 초고속이 가능하여 여객선, 고속함정으로 활용되고 있으며 최근 일본의 경우 차세대 초고속화물선 개발사업인 TSL(Techno Super Liner)사업에 이 선형을 접목하여 차세대 초고속화물선으로서의

가능성을 타진하는 등 21세기에는 많은 발전의 여지가 있는 선형이다.

5) 해면효과익선(WIG)

최근 IMO(국제해사기구)와 ICAO(국제민간항공기구)의 협의를 통해 WIG는 선박으로 분류되었다. 현재의 WIG는 러시아의 독점적인 1세대 WIG에서 2세대 WIG로 바뀌는 과정에 있으며 1세대 WIG의 약점인 내파성을 극복하기 위한 많은 노력이 경주되고 있다. 실용적인 방법을 찾는다면 새로운 도약이 예견된다.

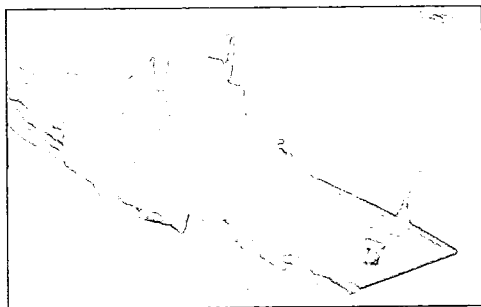


그림 5. Trimaran(영국의 TRITON)

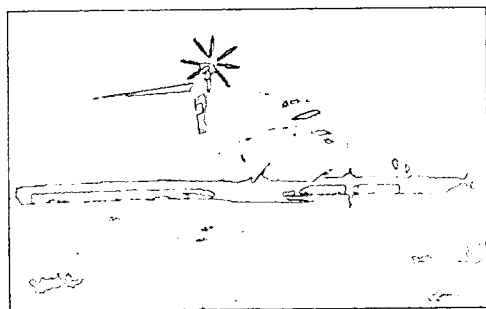


그림 6. WIG(러시아의 ORLYONOK)

표 1. 고속선형의 대형화, 고속화 전망

고속 선형	대형화		고속화		비고
	종형	대형	고속	초고속	
Semi-planing Hull	○	○	○	△	semi-planing으로 저항감소
Trimaran	○	○	○	△	Monohull의 단점 보완
Catamaran	○	○	○	△	저항감소 필요
S E S	○	△	○	○	Skirt단순화 필요
Hovercraft	△	×	○	○	중량 $\propto L^3$ 양력 $\propto L^2 \times Pc$
Hydrofoil	△	×	○	△	중량 $\propto L^3$ 양력 $\propto L^2$
FOILCAT	△	×	○	○	중량 $\propto L^3$ 양력 $\propto L^2$
SWATH	○	×	△	×	내항성능우수하나 흘수변화 심함
W I G	△	×	○	○	수면 이륙시 저항 감소필요

(주. ○ : 우수 / △ : 보통 / x : 불량)

4. 결 언

- 1) 선박의 초고속화, 대형화는 시대적 요청사항으로 지난 30여년 동안의 비약적인 발전을 기초로 초고속화물선은 21세기의 보편적인 해상수송수단으로 기대된다. 최근에 개발중인 초고속화물선은 21세기의 해양시대를 앞당기는 견인차가 될 것이다.
- 2) 21세기에는 보다 빠르고 보다 편리한 선박을 개발하기 위해 각 선종들 간의 장점을 결합한 다양한 형태의 복합지지형식(Hybrid 선형)이 출현되며 21세기초에는 반활주형선, 쌍동선, 삼동선, 표면효과선, 해면효과익선의 발전이 예상된다.
- 3) 선박의 초고속화, 초대형화는 대출력추진장치의 개발이 필수적이므로 조선기술자의 노력만으로는 역부족이다. 현재 디젤기관, 개스터빈 및 water jet의 발달로 상당부분 해결되었으나 초고속, 초대형을 실현하기에는 많은 한계를 갖고 있다. 21세기에는 전기기술자의 도움으로 화석연료가 아닌 새로운 추진장치(초전도전자추진, 연료전지 등)가 실용화될 것으로 예견되므로 선박의 초고속화, 초대형화는 실현되리라고 생각된다. 21세기의 육상, 해상, 항공의 신교통수단은 전기기술자의 노력을 간절히 바라고 있다.

참고자료

- [1] 황종홀, 김상근 : 초고속선 특집(대한조선학회지 제34권 제6호, '97.12.20)
- [2] 김상근 : 초고속화물선의 발전전망(한국기술사회지 1998. 12. Vol.31 No.6)

저 자 소개



김상근(金尙根)

1954년 10월 29일생. 1978년 2월 서울대 공대 조선공학과 졸업. 1977년 12월-현재 (주)한진중공업 조선연구소/기본설계부/특수설계부 근무. 1985년 11월 대한조선학회 "충무기술상" 수상. 1991년 12월 기술사(조선설계) 취득. 산자부 공업기반기술개발사업 기술개발기획평가단 위원. 산자부 전력물자 기술자문위원.