

대한조선학회 창립 50주년 기념 초청 강연회

조선설계/생산기술의 발전 동향

대우조선해양(주) 상선본부장 임 문 규 전무

1. 서 론

우리 나라의 조선산업은 세계시장에 본격적으로 뛰어들어 '70년대 이후 두 차례의 유류 파동과 '90년대 후반 아시아의 경제위기에 이어 2001년 9.11 테러에 의한 세계적인 경제불황 중에서도 양과 질적으로 꾸준한 성장을 거듭하고 있다.

1970년대 정부의 중화학공업 육성 및 수출 드라이브 정책에 힘입어, '80년대 세계적인 해운 및 조선산업의 장기불황에도 불구하고, 조선산업의 성장세는 지속되어 '80년대 후반 세계시장 점유비율도 20%대가 되면서 세계2위 조선국의 자리를 확보하게 되었다. '90년대에 들어 세계조선시황의 회복과 함께 우리 조선산업도 대대적인 설비증설과 함께 조선기술의 향상 및 LNG선 등 고부가가치선의 건조 확대 등으로 질적 성장을 꾀하는 고도 성장기에 접어들었다. 그리하여 2000년에는 수주, 건조, 수주잔량 모든 지표에서 일본을 따돌리고 세계시장 점유율 1위로 부상하였고, 이후 한국 조선산업은 세계 최강의 글로벌 경쟁력을 갖추게 되었다.

조선을 시작한지 30여년만에 세계 최고의 경쟁력을 확보한 조선산업이 계속해서 경쟁력을 유지하면서 한국 조선산업의 위상을 굳건히 하기 위해서는 고부가가치의 선박해양 신제품개발과 생산성향상 기술개발에 상당한 노력이 필요할 것이다.

이에 대한조선학회 창립 50주년을 맞이하여 세계 조선시장에서 한국 조선업의 현황을 돌아보고, 한국 조선산업이 향후에도 지속적으로 세계 조선시장을 선도할 수 있는 경쟁력을 확보하기 위하여 구비하여야 할 전략적인 비전, 이를 뒷받침할 수 있는 진일보한

설계 및 생산기술의 개발 및 발전 방향을 제시하고자 한다.

2. 세계 조선산업과 한국의 조선 현황

2.1 세계 조선산업에서 한국의 위상

로이드의 통계에 의하면 그림1에서 보는 바와 같이 1965년 이후 세계 선박건조물량은 1975년에 3,420만 GT로 최고수준을, 1988년에 1,091만 GT로 최저를 기록하고 있다. 그러나 '90년대 들어 세계경제 및 해운산업이 회복되면서 세계의 선박건조물량은 꾸준히 증가하여 2000년에는 3,124만 GT까지 늘어났고 2001년에는 3,118만 GT를 기록하였다.

이러한 선박에 대한 수요증가는 주로 노후 선박의 대체수요, 해양오염을 줄이기 위한 기준미달 선박에 대한 해체 증가로 인한 해체수요, 지속적인 세계 경제 성장에 따른 물동량 증가, 해운업체들의 규모의 경제를 추구하기 위한 선박의 대형화 추세에 의한 신규수요의 증가 등의 요인들에 의한 것으로 평가된다.

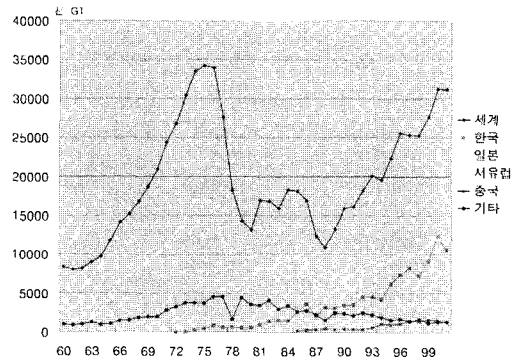


그림 1. 세계 선박 건조량 추이

표 1. 세계 조선산업의 수요 전망

(단위: 백만 CGT)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
정상조건	20.0	19.7	20.8	22.4	22.2	21.1	20.4	20.6	20.4	21.0
규제강화	20.0	20.0	20.8	24.3	22.6	22.0	21.3	20.8	20.2	20.4

자료: OECD WP6, 2001.

표 2. 한·중·일 선박건조능력의 변화 추이

(단위: 백만 CGT)

	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2001	2005
일본	9.0	7.0	6.5	5.5	6.5	7.2	7.2	8.7
한국	0.4	0.6	1.7	1.8	2.4	5.1	6.5	7.2
중국	0.3	0.5	0.4	0.5	0.6	1.3	1.5	2.2
유럽	8.5	5.6	4.4	3.5	4.0	5.2	5.4	6.1
세계	22.4	17.8	17.2	15.0	17.7	21.6	23.2	26.5

자료: OECD WP6 (주: 로이드통계 기준인 100GT 이상의 상선이 대상임.)

표 3. 세계 시장점유율의 국가별 비교(건조량 기준)

(단위: %, 만 GT)

	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1992	1994	1997	2001
한국	n.a	n.a	1.2	4.0	14.4	21.8	24.7	21.5	32.5	37.2
일본	41.5	48.1	49.7	46.5	52.3	43.0	41.6	44.1	39.1	38.6
유럽	49.2	40.4	38.2	22.6	16.3	17.9	18.1	19.0	16.5	13.8
중국	n.a	n.a	n.a	n.a	0.9	2.3	1.9	5.5	5.8	5.9
세계전체 건조량	1,176	2,098	3,420	1,310	1,816	1,589	1,820	1,962	2,530	3,118

자료: Lloyd's.(주: 100GT 이상의 선박이 대상.)

세계 조선 주요국의 조선공업협회에서 최근 발표한 세계 선박건조수요 전망에 의하면 [표 1]과 같이 향후 2010년까지 조선산업은 지속적으로 호조될 것으로 예상되는데, 특히 해양오염방지를 위한 국제협약 등 환경규제가 강화 될 때에는 수요가 더 늘어 날 것으로 예상하고 있다.

반면에 건조설비측면에서 보면, 1975년 22.4백만CGT로 고점에 있던 건조능력이 1990년에 15.0백만CGT로 약1/3이상 줄어 들었는데, 이는 1980년대의 조선 불황으로 일본과 유럽 업체들의 설비감축에 따른 것이다. 그러나 1990년이후 우리나라 조선업계의 설비 확충으로 건조설비가 늘어 나는데, 이는 Tanker의 대체 수요와 Container선의 발주 증가도 한 몫 한 것으로

생각된다. 1998년 대비 2005년까지 연평균 약 3.0%의 증가율을 보이고 있는 건조능력 증대는 설비의 효율성과 로봇/자동화 추진 등으로 생산성 증대 등에 기인한 것으로 [표 2]와 같이 2005년의 세계조선산업의 건조능력은 26.5백만 CGT가 될 것으로 예상된다.

조선시장은 세계적으로 단일시장이고 자유경쟁의 원리가 지배하기 때문에 조선국의 주요업체들은 세계 수요를 놓고 치열하게 경쟁하고 있는데, [표 1]과 [표 2]에서 보듯이 2001년도 기준으로 조선 수요량보다 건조능력이 10%이상 많으며, 2005년경에는 20%정도의 건조능력이 더 많은 것으로 예측되어 선박의 수주를 위한 경쟁은 더욱더 치열할 것으로 예측된다.

[표 3]은 '90년대 중반 이후 최근까지 세계시장에

창립 50주년 기념

표 4. 선종별 세계 시장점유율의 국가별 비교(수주량 기준)
(단위: %, GT, 2001.12.31기준)

선종	한국	일본	EU	기타	합계
LNG선	79.3	14.1	6.6	0	100
Tanker	42.2	46.8	0	11.0	100
Bulk Carrier	0.9	69.4	0	29.7	100
Container선	33.0	27.5	19.3	20.2	100
Cruise선	0	0	74.8	25.2	100
Passenger Ship	0	3.7	19.1	77.2	100

경쟁요소	세부요소	경쟁력 수준		
		한국	일본	중국
마케팅 능력 (수주능력)	가격경쟁력	■	○	□
	Financing능력	○	■	△
	수주-건조경험	□	■	△
제품 개발	신제품 개발능력	□	■	△
	개발 설비	□	□	△
제품 설계	설계인력	■	□	○
	설계 유연성	■	□	△
	설계 자동화	□	■	△
생산성	인력 숙련도	□	■	△
	생산효율	○	■	△
	생산자동화	□	■	△
기자재 및 설비	조선기자재	○	■	△
	건조설비	■	□	○
납기	건조기간납기준수	□	■	△
A/S	보증,A/S네트워크	○	■	△
	부품 공급 등			

■ 우위 □ 대등 ○ 미흡 △ 열위

그림 2 한중일 조선산업의 경쟁요소 평가
(자료 : 세계일보)

서의 점유율은 일본이 40% 내외, 한국이 35% 내외, 유럽국가들이 15% 정도, 중국이 5% 내외를 차지하는데, 한정된 선박의 수요와 건조능력의 초과로 2005년경 이후에는 선박 건조량 점유율에 변화가 생길 것으로 예상된다.

선박의 수주실적은 1999~2000년 기간동안 한국의

수주량이 크게 증가하여 일본을 추월했으나 2001년에는 다시 하락하였는데, 이는 한국의 경우 충분한 물량의 확보와 고부가가치 선박으로의 선별적 수주 전략 선회에 따른 것이다. 선종별 국가별 선박 시장점유율(표4)에서 보면, 한국은 LNG선, Tanker, 컨테이너선에 집중되어 있고, 유럽은 Cruise선(여객선포함)과 컨테이너선에 집중되어 있으며, 일본은 Bulk Carrier를 포함한 여러 선종을 골고루 수주하고 있다. 이는 우리나라의 조선산업이 Bulk Carrier 등 부가가치가 낮은 일반선박에서 상대적으로 고기술과 고품질을 요구하며 부가가치가 높은 컨테이너선과 LNG선으로 시장 방향을 유도하며 구조조정을 하는 것을 알 수 있다.

그러나 우리나라 조선산업에 대하여 삼성경제연구소와 일본해사산업연구소가 공동으로 연구한 한·중·일 조선산업의 경쟁요소를 종합평가한 결과(그림2)를 보면 한국은 기술경쟁력에서도 상세설계와 생산설계 부문에서만 다소 우위에 있을 뿐 기본설계와 생산기술(절단, 용접, 의장, 탑재), 관리기술(원가, 자재, 생산, 인력) 등에서는 일본의 90% 수준에 머무르고 있는 것으로 되어 있다.

이같은 기술격차에도 불구하고 한국이 세계시장에서 일본과 대등한 수주경쟁을 벌이고 있는 것은 대형선 위주의 건조설비에 따른 비용절감과 선주들의 요구를 충족시킬 수 있는 다양한 선형 설계능력, 가격경쟁력 때문이란 분석이다.

이에, 우리조선업계는 일반상선의 우수한 설계능력과 가격경쟁력을 바탕으로 우리조선해양 산업이 호황시에 고부가가치의 제품을 생산하기 위한 구조조정을 보다 더 확실히 추진해야 할 것이다. 이를 위해 선박의 대형화 고속화 첨단화에 대응하는 유체/구조/의장의 설계핵심기술개발과 해양제품에 대한 엔지니어링 기술 확보, 그리고 원가절감과 생산성 향상을 위한 생산자동화에 대한 기술개발을 지속적으로 추진해야 할 것이다.

2.2 선박제품의 고부가가치화

Dry Bulk Carrier는 가장 고전적인 선박으로 새로운 기술의 적용이 더디고 신제품도 개발이 되지 않아

특 집 1

표 5. 제품별 TON/GT당 가격 (단위 : \$)

제 품 명	\$/ton(LWT)	\$/GT
Bulk Carrier(170k)	1,500	400
Tanker(300k)	2,000	450
Container Ship(6,700TEU)	2,200	800
LNGC(140k)	6,000	2,200
Rig	13,000	
Cruise Ship		4,700

GT당선가가 400\$로 컨테이너선의 800\$, LNG선의 2,200\$에 비하여 선박의 부가가치가 매우 낮은 편으로 이미 우리나라 조선 업계에서 매력을 잃어 버린 제품이 되어 버렸다.

Tanker는 비록 GT당 선가가 450\$로 그렇게 부가가치가 높은 선박은 아니지만 해상오염 사고가 발생할 때마다 새로운 해상오염 방지에 대한 Rule의 적용으로 선박의 형상이 변화되면서 새로운 설계 및 건조 기술이 발전하면서 '90년대 후반 우리나라 조선업의 주력선종이었다. 그러나 Tanker도 우리나라 조선산업에서 2010년 이전까지는 주력선종으로 경쟁력을 가질 것으로 보이지만, 이후에는 새로운 기술의 발전이 예상되지 않음으로 중국조선소가 쉽게 따라 올 것이고 더 이상 우리나라의 주력제품이 되질 않을 것이다.

Container선은 화물의 적하역 신속과 육상운송과의 연계가 용이하다는 장점으로 해상운송에서 차지하는

비중이 계속 증가하고 있다. 또한 컨테이너선은 새로운 화물의 수요를 창출하는데 최근에는 소량의 화학 제품 같은 액체화물이나 기계류 같은 중량 화물 그리고 냉동이 필요한 화물을 이동하는 냉동컨테이너 등 전용 컨테이너의 개발로 해상 물동량의 증가를 주도하고 있다. 컨테이너선은 규모의 경제 논리와 소비자에게 신속하게 전달하는 이유로 선박의 대형화와 고속화가 진행되면서 몇 세대를 거쳐 성장하는 제품으로 2020년까지 우리나라 조선산업에서 주력선종으로 남을 것이다.

LNG선은 청정에너지인 천연가스의 폭발적 수요로 2000년대 들어 주력 전략 제품으로 자리를 차지한 제품이며, LNG-RV 등 관련제품 개발과 CNG선, PNG선, LNG-FPSO, LNG-FSRU 등 신제품의 개발을 통해 향후 2020년대 이후에도 고부가가치 주력선종이 될 것이다.

Cruise선은 전세계 선박시장의 가격 기준으로 약25%를 차지하는 제품으로 고급화와 대형화의 추진이 이루어져 기술개발도 필요함으로 2020년 이후에도 부가가치가 높은 전략선종이 될 것이다.

Tanker나 LNG선이 원료를 이동만 시켜주는 Down-Stream으로 10년 이내 우리 조선업계가 경쟁력을 잃어버릴 제품이라면, 인공섬 등 해양공간활용 구조물은 선박의 대체 산업으로 성장할 것이고, 원유/가스전을 탐사 채굴 및 생산하는 해양개발 관련 제품은 부

표 6. 주력제품의 변화 예측

구분	1980년대	1990년대	2000년대	2010년대	2020년대
주력제품	B/C 소형Container선 Chemical선	S/H Tanker 중형Container선 Ro-Ro(PCC)	LNG선 대형Container선 D/H Tanker	LNG복합제품 초대형/초고속 -Container선 Cruise Ship	LNG복합제품 NG관련제품 Cruise Ship 해양공간제품
성장제품 (신제품)	Tanker	LNG선 대형Container선	Ro-Pax (Cruise ship) 해양제품	해양공간제품 심해자원제품	수소운반선 메탄하이 드레이트선
사양/ 퇴출제품	-	B/C	Tanker	LNG선	

가가치가 높은 Up-stream으로 2010년 이후 20~30년간 우리나라 조선해양 산업의 경쟁력을 유지할 전략 제품이다. 이를 위해 이들 제품에 대한 지속적인 기술 개발과 Engineering 능력을 갖추어야 할 것이다.

이러한 고부가가치선을 건조하기 위해서는 무엇보다도 조선분야에 대한 기술개발이 절실히 필요할 것이다. 따라서 고부가가치선을 건조하는데 필요한 설계기술 및 생산기술에 대하여 제품별로 요소기술을 발굴하고 개발하는 과정을 소개하여야 하나, 본 고에서는 대한조선학회 50주년에 맞추어 설계기술과 생산기술에 대하여 지나온 역사와 현재의 모습에 대하여 대우조선해양(주) 관점에서 간략히 소개하고자 한다.

3. 기술의 발전 방향

3.1 설계 기술

선박의 견적을 제시할 때부터 건조를 완료하여 선주에게 인도할 때까지의 건조공정을 간단하게 그려보면 설계기간 7~8개월을 포함하여 1.5년 정도가 소요된다. 건조계획은 선박 인도일 부터 역으로 계산하여 설계와 자재의 구매기간 등을 고려하고 강재절단/착공(Steel Cutting, Work Commence), 기공(Keel Laying), 진수(Launching), 인도(Delivery)일자를 정해 기본선표를 결정한다.

3.1.1 기본 설계

1912년 타이타닉호의 해난사고가 직접적인 동기가 되어 1914년과 1929년에 해상에서의 인명의 안전을 위한 국제조약이 체결되었으며, 1930년 국제만재흡수선조약(Load Line)이 만들어져 선박항행의 안전상 가장 중요한 항행흡수의 제한에대한 국제 기준이 만들어졌다.

1958년 국제연합의 하부조직으로서 정부간해사협의 기구인 IMCO가 설립되어, 현재는 그 명칭이 IMO (International Maritime Organization)로 바뀌었으며, 이 기구하에 SOLAS, ICLL MARPOL 등이 체결되었고, 국제선급협회연합(IACS)가 결성되어 여러가지 규칙의 통일작업이 이루어지고있다.

해상에서의 인명의 안전을 위한 국제조약인 SOLAS의 요구사항이 갈수록 다양/복잡/엄격해 지고있으며, MARPOL의 요구사항도 이중선체를 넘어서 Air Pollution, Ballast Water Exchange, 방오도료의 사용 규제 등 설계환경에 대한 제약이 심해지고 있다.

기본설계에서 1970년대중반까지 도면을 비롯한 복원성, 저항추진 등 기본 성능 평가를 위한 제반 계산은 수작업에 의존하여 왔으며, '70년대에 들어와서야 컴퓨터의 보급으로 선박계산용 S/W가 개발되었다. 최근에 기본설계용으로 사용하는 SIKOB Program에서 3-D와 연계된 기본계산 Package가 개발중인데, 이는 선종의 다양화 및 대형화/고속화 때문에 종래의 설계 방식 및 Tool로는 문제해결에 어려움이 따르기 때문이다. 또한 도면작업도 수작업에 의존하던 것이 CAD

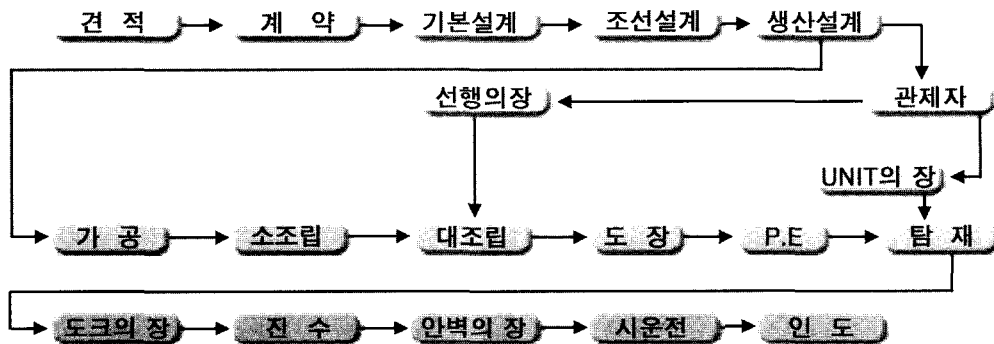


그림 3 선박의 수주에서 인도까지

Program의 도입으로 현재 TRIBON, CADDs 등을 사용하고 있으며, 이중 일부는 생산설계까지 일관화 작업을 수행하고 있다.

3.1.2 구조 설계

1970년대 Drafter가 설치된 대형 책상에서 수작업으로 이루어졌던 도면 작성이 '80년대이후 컴퓨터가 도입되면서 크고 작은 삼각자 대신 Mouth와 Key Board를 두드리며 도면을 그리고 있다. 이제는 도면 크기를 잘못 예상하여 도면을 처음부터 다시 그리는 해프닝도 없어졌고, 3차원의 복잡한 도면 또한 입체적으로 도면 검토가 가능하여 도면 오작률이 현저히 낮아졌다. 또, 구조물과 Hull Outfitting, Pipe 등을 같은 화면상에 띄워 검토가 가능해져, 서로간의 간섭 때문에 이미 제작된 구조물을 뜯어 고치는 경우는 지나간 추억거리로 남게 되었다.

아무리 건조 시점이 급박해도 빠른 Feed-back System 구축으로 선주가 놀랄 정도로 도면/현장 수정 작업이 빨리 이루어진다. 여전히 설계 시수는 설계자의 기량에 따라 다소 차이를 보이고 있으나, 시수 관리 System의 전산화로 비교적 정확한 설계 투입 시수를 산출하고 있다. Tribon 등 3차원 Modeling이 가능한 Software를 이용, 도면의 질이 높아지고 도면 오작률이 현저히 감소되었다.

특히, 초기 Design 단계에서 구조적으로 안정적이면서도 경제성이 높은 Design을 채택하기 위해서는 도면과 구조해석을 포함한 강도 계산과 중량 산출을 번갈아 가면서 수행하도록 도면 File과 국부 구조 강도 계산 S/W를 연결하여 자동 Scantling을 결정할 수 있도록 하고, NAPA 혹은 Intergraph등의 S/W와 연결, 구조 해석용 Model이 자동 생성되도록 하는 일련의 연구가 상당한 진전을 보이고 있다.

3.1.3 의장 요소기술

최근 FPSO, LNG선 등 고기술이 요구되는 선박의 수요 증가와 근해의 해저 유전 자원이 고갈되어감에 따라 심해자원에 대한 개발이 본격 추진되면서 선박

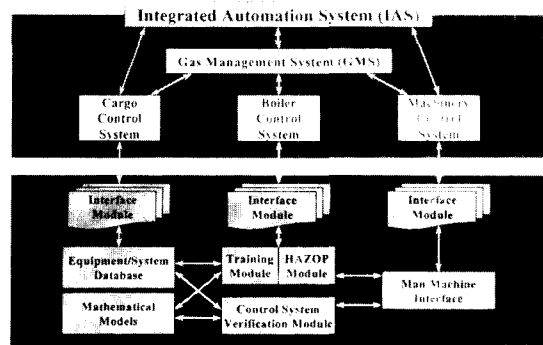


그림 4. LNG선 통합자동화시스템

해양 복합 제품의 수요 증가로 프로세스 설계 및 해석에 대한 기술개발 요구가 증가되고 있다. 또한, 선박해양 제품에 탑재되는 각 장비의 고급화와 자동화 추세에 따라 최적 설계 시스템, 운전 자동화 시스템, 운전 시뮬레이터 등 새로운 기술 개발의 필요성이 증가하고 있다.

의장 요소기술은 대체로 프로세스 해석기술, 배관망 해석기술, Control & Instrumentation 기술, 신선종 의장시스템 개발 등으로 분류할 수 있으며, 그 대상으로는 선체의의장, 기관의의장, 선실의의장, 해양구조물의 Topside Process 등이 있다.

아래의 그림은 대우조선해양(주)에서 개발한 LNG선 IAS(Integrated Automation System)에 대한 구성도를 나타낸 것이다.

또한, 최근 들어 운항자동화 기술들에 관하여 많은 관심을 기울이고 있는데, 이는 1990년을 전후해서 인터넷의 발달이 선박 네트워크 시스템 기술 향상으로 이어졌고, 더욱이 GPS의 활용이 최적화되면서 더욱 활발한 기술개발이 이루어지고 있는데, 이러한 운항 자동화 관련 새로운 기술의 적용으로 무인화 선박과 같이 고도로 자동화된 선박이 조만간 등장할 것이다.

3.2 조선 CAD/CAM

대우조선해양(주)은 조선소 설립 초기인 1980년에 이미 선체설계 분야에 AUTOKON 시스템을 도입하면서 설계 분야에 CAD 시스템을 적용하기 시작하였

다. 1983년 의장설계 분야에 Designer VX를 도입하면서 선체, 의장 모든 설계과정에 CAD 시스템이 적용되었다. 이 당시의 정보화 과정에는 많은 우여곡절이 있었는데, 1980년대 초기만 하더라도 국내에서는 컴퓨터를 사용해 본 기술자들이 거의 없는 상황이었다. 더구나, CAD 시스템을 도입했음에도 하드웨어의 보급 제한 등으로 그 활용이 미미한 상태였다. 이런 점에서 CAD 시스템의 본격적인 사용은 1989년 선체설계 목적으로 Steerbear 시스템이 도입되고, 1990년 의장설계에 CADDS 4X 시스템이 도입되면서 시작되었다.

이들 두 시스템은 각각 1995년에 TRIBON과 CADDS 5 시스템으로 업그레이드되어 현재까지 사용하고 있다. 이들 시스템을 근간으로 여러 가지 자체 개발 응용 프로그램들이 접목되면서 이 두 시스템은 대우조선해양(주)의 주력 설계 시스템 역할을 하게 되었다.

그러나, 이들 두 CAD 시스템이 지난 10여 년 동안 대우조선해양의 생산성 향상에 많은 기여를 해 왔음에도 불구하고 설계 혁신을 지속적으로 이어 가기에 는 다음과 같은 몇 가지 근본적인 문제가 있었다. 즉, 서로 다른 OS 환경에서 구동되는 이기종 CAD 시스템이기 때문에 선체와 의장간에 정보교환이 어렵고, 이로 인해 보다 효과적인 설계를 진행하기에는 한계가 있었다. 또한, 선체와 의장 작업이 동시에 진행되는 생산 현장에서 두 업무 영역간 정보제공을 원활하게 하기 위해서는 통합 CAD 시스템이 절실하게 필

요하게 되었다.

이러한 배경으로 대우조선해양(주)에서는 전사 조직의 유연성을 확보하기 위한 전사 통합 CAD시스템을 개발하여 현재 완료 단계에 있으며, 아래의 그림은 통합 CAD 시스템의 구성도를 보여주고 있다.

3.3 생산 요소기술

3.3.1 용접

1970년대 초반까지만 해도 한국의 조선업체들을 포함한 중공업계 전체가 세계시장에서 차지하는 위치나 생산량은 지금에 비하면 아주 미미하였고 용접기나 용접재료 제조업 같은 관련 산업도 변변하지 못하였다. '80년대에는 선박 건조에서 용접기술을 통한 생산성 향상에 많은 노력을 기울이면서 한국 조선업계의 경쟁력이 크게 성장하였다. Gravity용접법이 스티프너의 용접에 이용되었고, 반자동화가 가능한 FCAW(Flux Cored Arc Welding)에 대한 기술개발이 활발해지면서 '80년대 후반에 FCAW 또는 CO2 용접법이 대거 도입되어 품질향상과 함께 생산성이 비약적으로 향상되었다.

오늘날 조선소의 용접법에서 반자동화 및 자동화가 가능한 FCAW와 SAW(Submerged Arc Welding)가 대부분을 차지함에 따라 용접 자동화율도 급격하게 신장되었다. 생산관리가 체계화되고 자동화기술이 발전됨에 따라 작업장별 특성에 맞는 자동화설비가 속속 도입되고, 용접 로봇의 개발과 응용기술 개발로 용접 자동화시스템을 적용하는 단계로 발전하였다.

최근 선박의 고속화, 대형화, 고성능화, 그리고 다양화의 추세에 따라 이에 맞추어서 국내 용접기술 개발도 이에 발맞추어 나가고 있다. 초대형 컨테이너선 용 두께 50~70mm두께의 후판을 단일패스로 용접하기 위한 기술개발은 합금성분 첨가량을 조정하여 슬래그 생성량을 저감시키거나 슬래그 유동성을 개선한 와이어를 개발하는 방법이나 또는 전극을 요동시키거나 두 전극을 활용하여 극후판을 한번에 용접하려는 방법을 시도하고 있다.

그리고 대형해상구조물에 쓰이는 두꺼운 강재의 물

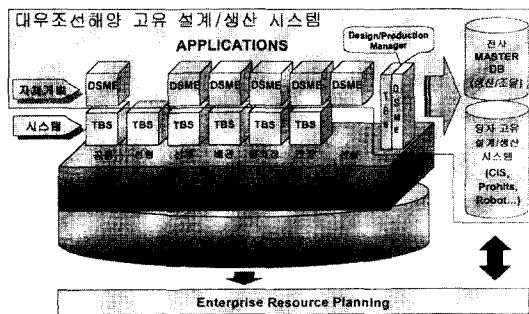


그림 5. 통합 CAD 시스템

성이 고강도, 고인성화 되면서 용접부에서 유사한 물성을 확보해야 함에 따라 TMCP강의 사용이 필수 사항이 되어가고 있다. 국내 대형 조선소들은 다양한 해양공사의 경험을 축적하면서 얻은 용접기술과 TMCP강 용접성의 장점을 살려 선박건조에서도 기존의 고장력 선급강재를 TMCP강으로 적극적으로 대체하는 추세이다.

지식 집약적 생산형태의 변화는 조선업에도 숙련 작업자 및 기술자의 감소가 예상되므로 과거의 기술과 경험을 데이터베이스화하고 이를 이용한 가공정보 및 재료정보를 고효율 용접시공에 적용해야 한다. 또 생산기술 체계화에 대비하여 절단 및 용접부의 고정도/고품질화 기술 개발이 이루어질 것이다. 용접공정의 자동화 기술개발이 계속 필요하게 되며, 레이저용접 및 마찰교반 용접과 같은 새로운 용접법의 도입으로 변형을 최소화한 고효율 정밀용접이 가능하게 될 것이다.

3.3.2 로봇 시스템

조선 산업에 있어서 가장 중요한 공정 중의 하나가 선체 블록 조립 공정으로, 용접 자동화의 가장 큰 관심의 대상이기도 하다. 선체 블록의 용접 작업 생산성 향상을 위해 용접 Carriage 등의 간이 용접 자동화 장치가 개발되어 현장에 적용되고 있지만, 작업자가 지속적으로 용접 상태를 관찰하고 용접 조건을 조정해 주어야 하고, 또한 장치의 구조상 용접 보류 구간이 발생하는 등 자동용접의 한계를 갖고 있다. 이에 자동 용접 품질을 제어 및 감시할 수 있으며, 용접 보류 구간을 최소화할 수 있는 지능형의 용접 로봇 시스템이 그 대안으로 대두되었다.

로봇 시스템의 특성상 단순, 반복적인 구조물을 대상으로 우선적으로 접근하게 되며, 이러한 조건에 가장 잘 부합되는 공정이 선체 블록 대조립 공정이다. 대조립 블록은 주판(Bottom Plate)에 종방향 부재(Longitudinal Member), 횡방향 부재(Transversal Member) 및 Collar Plate 부재 등이 결합되어, 다수의 수직 및 수평 용접부가 존재하는 단위 용접 작업 영

역을 반복적으로 다수 갖고 있다. 이에 이러한 구조의 작업 대상물에 적합한 로봇 시스템은 다수의 단위 용접 로봇 및 이의 수동 운반을 담당하는 Gantry 형태의 구조물을 조합한 형태의 용접 로봇 시스템이다. 기본적으로 용접 품질의 향상을 위하여 용접선 추적 기능(Arc Sensor) 및 용접부의 위치를 찾는 작업물 검출 기능(Touch Sensor) 등을 갖추고 있다.

로봇 시스템과 운반 시스템이 독립적인 구조로 되어 용접 작업을 수행하는 시스템이 1세대 로봇 시스템이라면, 로봇 및 운반 시스템이 일체화되어 자동으로 로봇을 로봇 작업 영역으로 이동시킬 수 있는 로봇 시스템이 2세대 로봇 시스템이라 할 수 있다. 이는 로봇 시스템과 운반 시스템이 일체화되어 있으므로, 작업자가 용접 로봇을 특정 작업 위치로 이동시켜 주는 기능이 자동 기능으로 대체되었고, 따라서 적당한 크기의 단위 중조립 블록에 대하여 일련 과정의 로봇 용접 작업을 작업자의 지원 없이 로봇 단독으로 자동으로 용접 작업을 수행할 수 있게 되었다.

단순, 반복적인 정형화된 작업 대상물에서 탈피하여 다양한 형태의 작업 대상물을 인식하여 용접 작업을 수행하는 시스템을 3세대 로봇 시스템이라 할 수 있다. 이러한 시스템을 위해 Vision Sensor 등의 시각 보조 시스템이 추가되었다. 소조립 공정 등과 같이 그 형태가 다양하며 작업 위치 역시 가변적인 작업 대상물을 능동적으로 인식하여 이에 대한 적극적 제어를

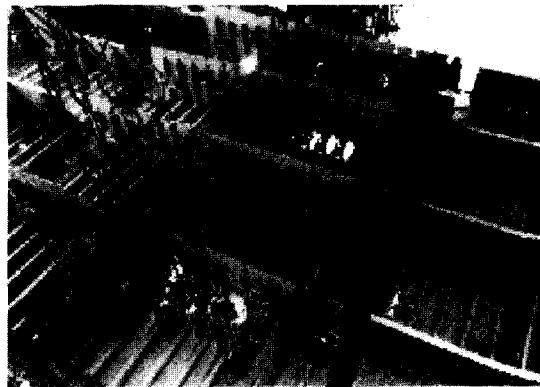


그림 6. 대조립 용접 로봇 시스템

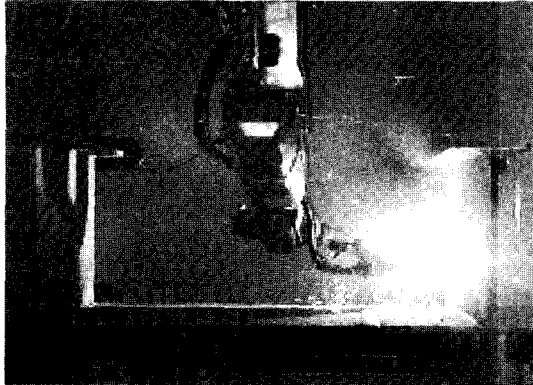


그림 7. 중조립 용접 로봇 시스템

통하여 용접 작업을 수행하는 방식이다. 추후 조선 산업에 있어서의 용접 로봇 시스템의 개발 방향으로는, 조선 산업의 특성상 다수 존재하는 곡블록에 대한 용접 로봇 시스템 개발 및 이중 선체의 구조를 가진 평블록에 대한 용접 로봇 시스템 등 복잡하고 고난이도의 로봇 시스템이 요구되고 있다.

아래 그림은 대우조선해양에서 개발한 “단디(Dandy) 로봇”을 이용한 대조립/중조립 용접로봇 시스템의 운용을 보여주고 있다.

3.3.3 측정

선박 및 해양구조물 등의 건조는 대형의 구조물을 제작하고 각종 장치를 설치하므로 조선소에서의 정밀 측정은 제품의 성능과 품질을 평가할 뿐만 아니라 그 결과에 따라 후속 작업의 방법이 결정되므로 생산성 향상과 품질을 유지하기 위해서는 빠르고 편한 측정 방법과 정확한 측정기술 및 측정기기의 현업적용이 무엇보다도 중요하다. 특히 길이 측면에서 선박은 다른 제품에 비해 정밀도는 낮지만 측정의 상대 정밀도는 높은 측정을 요구한다. 즉, 64M Dram 반도체의 상대 정밀도는 1/20,000 이나 선박의 상대 정밀도는 1/30,000 이다.

특히 대형 구조물인 Block을 정확하게 측정할 수 있는 3차원 측정시스템 기술은 몇 년전 까지만 하더라도 거의 외국의 기술들에 의존하다시피 하였다. 그

러나 그 사용법이 어렵고 복잡하여 실제적인 적용 자체가 불가능하였기 때문에 최근 국내 조선업계에서는 이에 대한 사용법을 보다 간편하고 현장에 알맞는 3차원 측정시스템을 다방면으로 개발하여 적용 중에 있다.

3.4 건조기술

3.4.1 생산계획 시뮬레이션

설비투자, 생산계획 등 생산관련 주요 의사결정은 자금 계획과 생산 공정에 큰 영향을 주므로 면밀한 사전 검토 및 거시적 평가가 필요하다. 생산방식 변화와 설비 투자 변경은 각 기능 분야별로 다른 순기능 혹은 역기능을 초래하므로 거시적 평가 과정이 무엇보다 중요하다.

계획안에 대한 거시적으로 종합적인 평가를 거치기 위해서는 사전 시뮬레이션이 가장 좋은 방법인데, 이 과정은 강력한 시스템 차원의 뒷받침이 있어야 한다. 시뮬레이션의 적용 분야는 강제야적 적치/재고 관리, 강제선별 자동화, 물류 모니터링 절단일정, 조립 공정 시뮬레이션, 안벽 배치 시뮬레이션, 공정개선, 신장비 개발을 위한 시뮬레이션 대일정, 중일정 계획 시뮬레이션 등이다.

좁더 생산 과정에서 시뮬레이션 구현 과정을 검토하면, 사전 시뮬레이션에 기초한 가공, 조립 Shop 작업계획으로 작업장별 부하 평준화와 Throughput 증대 및 작업 특성, 난이도, 블록 세부 특성을 고려한 사전 검증에 적용하고, 아울러 실시간 공정 모니터링으로 생산 실적을 계획 수립에 자동 반영하고 투명한 공정 예측 및 관리, 호선별 세부 시수 견적이 가능하도록 한다. 생산정보 자동생성을 위해 CAD인터페이스로 통계 값 대신 블록, 작업 별 세부 물량, 시수 산출, 데이터 준비 시간 단축 및 고정도 계획 수립이 기반을 다진다.

3.4.2 선각

Block 분할은 각 조선소의 설비 특성 및 건조 방침에 따라 결정될 뿐만 아니라 선각, 의장, 도장 등 선

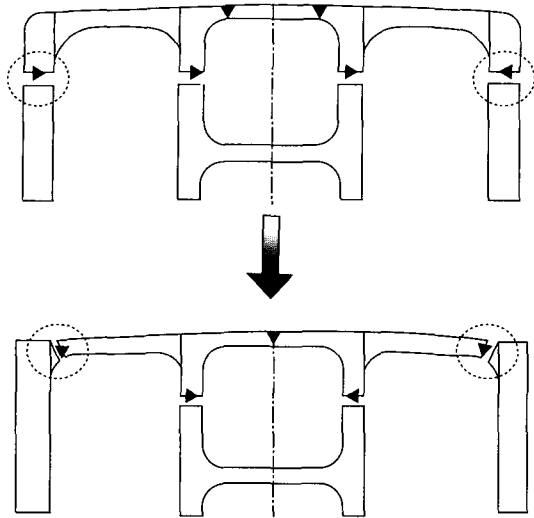


그림 8. 블록분할의 개선

박 건조의 전 공정에 걸쳐 종합적으로 판단하여야 하는 중요 기술이다. 그러므로 끊임없이 연구, 검토되어 조선 시황의 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 기술 향상을 꾀함과 아울러 구체화, 체계화되어야 한다.

대우조선해양(주)의 블록 분할의 흐름을 보면 제1기(1980~1986) 대형 입체블록분할 방식, 제2기(1987~1988) 조립 Shop 내에서의 발판 물량 최소화 및 Block 제작 공정 Bottleneck 해소를 위해 소형블록 분할 방식(평블록 분할), 제3기(1989~1992) 대형(입체)블록 분할방식, 제4기(1993~) 적은 Manpower에 의한 최고 생산성을 겨냥한 블록 분할로 진일보하고 있다.

3.4.3 탑재

탑재 용접기술은 '85년까지 수동 전기용접으로 작업을 하였는데, 당시에는 Butt 용접부의 Gap을 Zero로 하고 용접 개선 면에도 그라인드를 하는 등 부수적인 작업이 많았다. 그러나 작업장의 열악한 환경과 기량 미숙 등으로 인한 용접부의 품질이 불량하여 이면부의 Back Gouging 실시 후 수정용접이 빈번하여 생산성이나 작업성 측면에서 많은 어려움을 초래하였다. 1986년도 이후 CO₂ 반자동 용접개발과 이의 도입

으로 용접품질과 생산성 향상이 비약적으로 향상되었다. 또한 용접재료와 용접기법의 개발로 Butt 용접부의 Gap이 Zero에서 4~12mm로 확대되어 용접품질 및 생산성이 많은 향상되었으며, 아울러서 적층수를 줄이기 위해 자동용접법(SAW)과 수직 용접부에 일렉트로 가스용접법(EGW) 등의 고능률 용접기법의 도입 및 적용이 활발하게 되었다.

또한 Block 탑재시에도 초기에는 조립단계에서 Block 제작시에 탑재시의 재절단을 고려한 마진이 50mm씩 적용되었고, 탑재를 위한 정도 측정하여 마진을 절단하는 등 탑재공정이 보통 2~3일 정도 소요되었다. 그러나 대우조선해양(주)은 CAD를 통해 설계 정보값을 사전 시뮬레이션을 통해 가상 탑재하여 정도를 확인하는 One Time Setting의 기술 도입 및 정착으로 탑재시간을 약 100분으로 줄이는 획기적인 3차원 측정 기술 및 정도 관리기술을 보유하게 되었다.

조립 단계에서부터 탑재를 고려한 고정도 블록제작을 위한 3차원 측정기술의 활용은 일반화되고 있고, 탑재 단계에서 Vital Point 무타켓 무선계측으로 인공위성을 통한 정도 Data 전송 등 최첨단장비를 활용하는 정도혁신에 다양한 노력이 경주되고 있다.

3.4.4 도장

선박의 수명을 연장시키고 수려한 외관을 갖게 하는 가장 효과적이며 경제적인 방법은 선체표면을 도장하는 것이다. 1990년대 초반까지 Water Ballast Tank에는 Coal Tar Epoxy, 선저부는 Conventional A/F 및 TBT 방오도료, 외현부는 Epoxy Finish 도료를 주로 사용하였다. 이러한 도료들은 선체 수명 보호에는 좋은 영향을 미쳤지만 도료 건조시간이 길어서 선박 공정자체가 도료 건조시간에 좌우되는 경향이 많았고, 도료자체 독성으로 주변환경 오염 및 인체에 유해한 요인들을 많이 발생시켜 왔다.

전세계적으로 환경에 대한 인식도 강화되고, 건조량이 증가되는 1990년대 중반부터 Water Ballast Tank에는 환경 친화적이고 부식 식별이 용이한 Tar Free Epoxy 도료를 적용하고, 선저부에는 해양 환경 오염

창립 50주년 기념

을 크게 감소시키는 Tin Free 타입 방오도료, 외현부에는 더욱더 수려한 외관을 확보하기 위한 Urethane Finish 도료 적용이 각광을 받게 되었다. 이들 도료는 속건성 도료로 개발되어 선박 건조 공정을 급격히 단축시키는데 많은 기여를 하였다.

앞으로는 도장작업을 더욱 간편/단순화시키며 환경 및 건강을 고려한 도료개발이 가속화 될 것으로 예상된다. 즉, 유기용제 사용을 배제한 Solvent Free Epoxy 도료, 근원적인 해양환경 오염방지를 위한 Biocide Free 방오도료, 도장작업 단순화를 구현기 위한 Universal Primer 도료들이 출현 선박도장에 사용될 것이다.

3.4.5 의장

선박 의장 공사는 이전에는 선체를 만든 다음 공사를 하였으나, 이제 대부분 조선소는 선행의장공사로 선각공사와 병행해서 진행되는데, 선행의장 작업을 얼마나 많이 하느냐에 따라 공기단축, 공수절감, 품질향상에 절대적 영향을 미치는데, 이는 각 공종별 Utility 지원, 이동/장비의 차이가 많이 있기 때문이다.

표 7. 선행화 관점에서 공종별 작업효율 분석

공종	Block	PE	Dock	Quay	
선각	1.0	1.3	1.5	-	
의장	1.0	1.5	2.0	4.0	
도장	소지	1.0	20.2	24.5	30.5
	도장	1.0	8.1	8.3	8.9

제작기간이 8개월 정도가 소요되는 엔진을 포함한 수많은 기계류들이 공정상 필요한 때에 들어오게 되며, 의장공장은 공정에 맞춰서 파이프와 철의장 제품들을 만든다. 선체의 블럭이 만들어지는 동안에 대조립 공장에서는 블럭 내부에 의장품과 파이프들을 설치하는 블럭 선행의장 공사가 실시된다. 블럭이 완성되면 선행공장에 적치되고, 이때 파이프나 전선과 관련된 많은 공사들을 수행하게 된다. 또, 한편에서는 기계류와 파이프류, 고통장치, 통풍장치 등에 대한 Unit 선행의장공사를 진행하며, 이 유니트는 PE장 또는 도크에서 일체 탑재 설치한다. 진수 후에는 안벽에 계류

된 선체에서 마무리 안벽 의장공사를 하게 되며, 이어 기계류, 전장류의 시운전을 마치고 외항에 나가 선박의 운항 종합 시운전을 거쳐 여기에서 이상이 없으면 한 척의 선박이 비로소 완성된다.

선장공사 구역은 Block 수량이 많고, 조립Shop 내에서의 원활한 설비지원 미흡과 조립작업과 병행한 작업수행에 따른 작업기피 및 의장품 최적설치 Stage 반영 미흡으로 인해 선장구역 선체의장화(선각화) 확대 적용이 매우 중요하다. 동일 Stage내 이중배원/배량으로 인한 작업간섭 배제 및 선행단계 상류화를 통한 물류 간소화를 기하기 위해 단순/경량 철의장품 중 단독으로 설치되는 Item 선체선행화 추진과 ASS'Y & Block 단위 Area내 철의장품 설치되는 경우 선체 선행화 추진이 필요하다.

3.4.6 정도

정도관리는 40%대에 이르는 탑재단계의 제작업을 줄이고, 작업 환경 개선, 자동화/로봇화를 위해서도 불가피하기 때문에 정도 혁신이야말로 조선소의 생존과 직결된다고 할 수 있다. 레고 Block처럼 착착 쌓으면 용접이 가능한 선체 블럭, 렌치만 들고 볼팅만 하면 되는 의장작업, 재 작업과 망치소리가 없는 작업환경 이것이 조선소에 근무하는 모든 사람의 꿈이요 희망일 것이다. 설계에서 시운전까지 전 공정이 후 공정을 먼저 생각하고 각 Stage에서 정품만을 만들 때만이 이 꿈이 실현될 수 있기 때문이다.

정도관리는 왕도가 있다기보다는 전 조적이 얼마나 기본에 충실하고, 누구나 쉽게 사용할 수 있는 치공구의 개발, 정도 불량률 최소화 할 수 있는 Process의 개선이 필요한데, 특히 사외에서 제작되는 Block의 정도품질이 결국 전사 정도품질을 좌우하는 실태이므로 이를 위하여 사외 정도품질 향상을 위하여 많은 노력을 기울여야 한다.

앞으로 정도향상을 위해서는 계측 없이 자동 센싱에 의해 정밀하게 정도품질을 확인할 수 있는 계측 시스템의 개발과 입열 조건에 따른 정밀한 수축치의 자동산정과 구조물의 용접응력에 의한 정확한 변형예측

등 많은 기초 Data와 IT기술을 이용하여 사전에 문제점을 예측하고 설계단계에서 반영하는 과학적인 정도관리를 해야 한다.

3.4.7 시운전

고가(高價)인 배는 자동차와 달리 차체 내에 설치된 모든 기기·장비의 성능을 선주·선급에게 확인시켜야 인도할 수 있다. 시운전은 메인 엔진과 주변기기, 전력원과 항해통신장비, 화물 적·하역에 필요한 기기 등의 유기적 작동여부와 성능을 검사하는 고기술·고난이도를 요구하는 공정이다. 도크에서는 안벽에서 순조로운 검사가 진행되도록 의장에서 설치한 각종 장비를 꼼꼼히 점검한다. 공정이 빠른 경우에는 도크 단계에서 선박 전력공급 장비인 발전기가 설치된다. 안벽에서는 보일러 작동검사, 발전기 성능검사와 메인 엔진 초기성능검사 등을 실시한다. 메인 엔진 초기 성능검사는 낮은 속도로 30분간 메인 엔진을 가동, 주변기기의 정상 작동 여부를 검사한다.

안벽 검사가 마무리되면 최종적으로 해상시운전이 이뤄진다. 해상 시운전은 선종에 따라 짧게는 2일에서 길게는 30일까지 진행된다. 해상 시운전은 선박속도, 탱크 압력, 앵커링 등 60여 가지가 넘는 검사를 수행한다. 속도는 직선 구간을 정해 놓고 이동거리와 시간을 비교해 산출하고, 앵커링은 닻을 내리고 올릴 때의 속도와 체인의 장력 등을 검사하고, 이 밖에도 각종 항해통신장비의 성능검사 등 시운전에서 이뤄지는 검사항목은 모두 90여 가지이다.

지금까지는 해상시운전시 발생할 문제점의 사전 예측이 어려워 해상 시운전은 문제점 돌출의 장으로 생각하여 시운전하면서 시행착오와 해결을 병행하는 것을 당연시하였으나, 앞으로는 해상시운전에 대한 결과를 설계과정에서 이미 계산되고 예측되어 해상시운전은 단지 예상된 결과를 선주/선급과 함께 확인하는 과정으로 추진해야 한다. 또한 해상시운전을 Cyber의 개념으로 추진하여 선주/선급과 함께 승선하지 않고도 시운전본부에서 인공지능을 통한 인터넷 망으로 모니터링과 분석을 동시에 실시할 수 있도록 기술개발

이 추진될 것이다.

4. 결 론

본 지면을 빌어 우리 나라 조선산업의 현황과 앞으로 추진할 방향 그리고 조선의 설계기술 및 생산기술에 대한 개략적인 모습을 살펴보았다.

우리나라 조선산업은 '70년대 초에 본격적으로 세계 조선시장에 진출하여 짧은 기간에 세계1위 조선국으로 도약하였다. 그것은 우리나라 조선산업이 기본설계, 상세설계와 생산설계를 독자적으로 할 수 있는 우수한 설계기술 인력과 개발설계로 설계유연성을 확보하였기 때문이며, 대형선 위주의 건조설비 및 생산기술을 바탕으로 풍부한 생산기술 인력을 보유했기 때문에 가능하였다.

이러한 상황을 지속적으로 유지시키기 위해서 우리나라의 조선산업앞으로 준비하고 대처해야 할 것들에 대해 아래와 같이 4가지로 정리해 보았다.

첫째, 우리나라 조선 산업의 주력 제품은 대형화와 고속화로 기술개발이 이루어지는 Container선과 수요가 증가하는 LNG선과 관련제품인 CNG선, LNG-FPSO, LNG-FSRU 등 그리고 선박시장에서 가격기준으로 약 25%를 차지하는 Cruise선이 우리 조선산업의 새로운 제품으로 예견할 수 있다.

둘째, BMP, 인공섬 등 해양공간활용 제품과 심해자원탐사/채굴/생산에 관련된 해양자원개발 제품은 우리나라 조선해양산업을 부가가치가 높은 Up-stream으로 이끌 제품으로, 지속적으로 요소기술개발과 기본설계 Engineering을 키워야 할 제품이다.

셋째, 제품의 가격경쟁력의 원천이 되는 용접 품질 향상, 공기단축, 인력감소 등 생산성향상을 위해 가공, 도장, 용접, 탑재 등 생산인력에 의존해야 할 부분에 대한 자동화 및 로봇화는 필수 불가결한 요소이다.

네째, 제품정보를 중심으로 하는 PDM 및 ERP 시스템과 CAD 시스템이 서로 연계하여 구축 완성함으로써 조선 설계 및 생산 체계를 최적으로 지원할 수

있는 통합 시스템 체계가 확립되어야만 한다.

결국 우리나라가 지속적으로 경쟁력 있는 조선해양 산업을 우리의 후대에까지 물려 주기 위해서는 양질의 설계/생산 기술인력의 확보/육성/유지로 이어질 수밖에 없기 때문에 앞으로 조선해양 산업을 이끌어갈

인재를 육성하는 학교, 조선해양의 요소기술을 연구하는 국책연구소 그리고 산업을 리더하는 조선소가 조선해양산업에 대한 동반자 관계로 산·학·연 협력 체계를 좀 더 활성화하고 돈독히 하기 위해 더욱더 노력해야 할 것이다.

50주년 기념 연구발표회

연구발표회(1) : 2002. 11. 7(목)

(1) 제 1발표장: 설계분야

좌장: 박재상

- Introduction to it's Guidance Notes for the Classification of Floating LNG Production of Storage Vessel/ Thanos Kolipulos(로이드선급협회)
- Mooring Design for 300K Class FSO Loadout /Y.T.Yang, H.G.Cho, H.S.Kang*, J.W.Cho(현대중공업(주))
- 복수 부선을 이용한 선적, 운송 및 진수시의 복수 부선 연결 시스템 개발/양영태, 윤기영, 박병남*(현대중공업(주))
- ACIS를 이용한 Anchor 시스템용 Digital Mockup 구축/신성철, 김덕은*, 김수영(부산대학교)
- 육상건조 Amenam FSO의 선적 기법 개발 /양영태, 조현국, 강희석, 하심식*, 권진석(현대중공업(주))
- 협동화를 통한 합성수지선의 생산시스템 연구 /나승수*, 김근철, 김영훈(목포대학교)

좌장: 임효관

- 함정 설계의 생존성 향상 방안에 대한 연구 1 /김재현*, 신형철, 이경덕, 변정우(현대중공업(주)), 박명규(한국해양대학교)
- 수학적 선형의 저항특성 추정 및 선형 최적화에 대한

연구/민계식, 이연승*, 강선형(현대중공업(주))

- 15,000 TEU급 초대형 컨테이너선의 최적화 초기설계/고창두*, 조용진(해양시스템안전연구소), 신우행, 김하준(대우조선해양(주)), 권성철, 박봉근((주)한진중공업)
- 선형변수 LCB 변화를 통한 37K P/C 선형개선 연구 /최영달*, 정승규, 최영빈(STX 조선(주)), 강국진(해양시스템안전연구소)
- Twin-Skeg 선형변환 방법 개발/이춘주*, 이영연(해양시스템안전연구소)
- VLFS 안전성 확보를 위한 방파제 설계 연구 /조규남*(홍익대학교), 유경훈, 강점문, 윤명철(현대중공업(주))

좌장: 고창두

- 해양레저용 보급형 모터보트 설계에 관한 연구 /반석호, 김상현*(해양시스템안전연구소)
- 이순신 창제 거북배의 설계 구조와 복원에 대한 고찰 /이원식(원인고대선박연구소)
- 프로펠러 날개 손상 해석/김건도*, 이창섭, 노인식, 이성진, 김용직(충남대학교)
- 여객선의 Crabbing 모형시험/신현경*, 이형락, 양창섭, 김태무(울산대학교)
- 북극해 항로 진출의 타당성과 쇄빙상선 모델 제안 /조성철*, 최경식(한국해양대학교)
- 변동입력 고차성분을 고려한 추진기 개발