

# 신조 선박 건조시 선주의 역할

## Ship Owner's Role in New Building



권 주 석  
J. S. Kwon

• 현대상선 주식회사 신조기술부 이사



유 민 행  
M. H. Yu

• 현대상선 주식회사 신조기술부 감독

### 1. 서 언

선박 회사가 선박을 건조함에 있어 회사의 영업 목적에 맞는 건조 사양서를 작성하고, 안전 운항을 확보할수 있고 보수 유지가 용이하며 운항 목적에 부합되는 선박을 갖고자 할 것이다. 그러나 일반적으로 좋은 배란 경제적인 측면, 안전성, 성능, 거주성, 환경측면 등을 고려하여 선주 측에서 본 좋은 배와 조선소측에서 본 좋은 배가 반드시 일치하지 않는다. 즉 사용자측과 제조자측과의 입장이 상이하기 때문이다. 이러한 차이점에도 불구하고 좋은 배를 만들기 위하여 선주나 조선소 다 같이 노력하고 있다.

이러한 관점에서 선주입장을 대변하는 부서인

당사 신조기술부를 소개하고 초대형 컨테이너선에서 발생하는 여러가지 문제점을 조선소와 함께 해결하게된 배경을 소개하고자 한다.

### 2. 부서 조직 및 목표

#### 2.1 부서 목표

관련 법규에 부합되어 회사의 환경 및 안전 품질 경영 시스템을 수용하고 안전을 확보 할 수 있으며, 영업 계획에 맞고, 보수유지가 용이한 선박을 건조한다.

#### 2.2 부서 조직

신조기술부는 그림 1과 같은 조직으로 구성되어

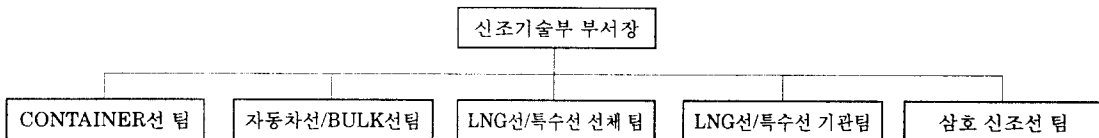


그림 1. 신조기술부 부서조직

있다. 2,000년대 세계 5대 선사 진입을 목표로 증가하는 신조선박 건조 척수에 대비하고자 부서장과 38명의 인원이 현재 신조 선박 25척과 PORT CRANE 10대를 건조 진행 중이며 24척의 신조선 건조 계획을 위한 사전 준비 작업에 임하며 중요 업무 내용은 다음과 같다.

- 신조선 기본 사양 검토
- MAKER LIST 검토 및 승인
- 환경 목표를 달성하기 위해 건조 선형에 적합한 기자재 검토
- 도면 검토 및 승인
- 현장 검사 집행
- 선박 인도
- 새로운 기술 사항 검토
- 환경 안전 품질 경영 관련 법규 및 국내외 강제 규제 검토, 적용
- 선박의 안전 관리를 위한 기술 지도

### 3. 신조 감독 업무 절차

#### 3.1 영업 목적의 확인

선박 건조 해당 영업 부서와 영업적 필요사항을 CHECK하여 조선소와 사양 협의시 반영될 수 있도록 다음과 같은 사항에 대해 사전 협의한다.

- CALLING PORTS REGULATIONS
- CALLING PORTS CONDITIONS (PORT INFORMATION)  
DRAFT/CARGO CAPACITY / 하역 장비
- PRINCIPAL DIMENSION
- SPEED / CRUSING RANGE
- 연료 소모량
- 화물의 종류 및 용량

아울러 선형에 따른 화물의 적재 창고 (HOLD TYPE)를 협의하여 경제 선형을 확보할 수 있도록 준비한다.

#### 3.2 조선소의 OUTLINE SPEC.입수

조선소에서 제시된 선가와 건조될 선박의 OUTLINE SPEC.을 입수하여 OUTLINE SPEC.에 기본 선형과 영업 목적에 필요한 사항이 포함되어 있

는지 여부를 조사하여 선가를 확정 할 수 있도록 기술적 검토를 시행한다.

- 현대상선 표준으로 적용하는 사양 적용
- LATEST RULE 적용 확인
- 자동화 설비 기준 확인
- 협약 증서, 선급 검토
- 영업 목적에 따른 검토 사항의 적용 확인

#### 3.3 BUILDING SPEC. 검토

1) BUILDING SPEC.은 아래와 같이 구성되어 있다.

- GENERAL
- HULL
- MATERIAL CONSTRUCTION
- HULL OUTFITTING
- ACCOMMODATION
- HULL PIPING
- CARGO HANDLING SYSTEM
- MACHINERY
- AUTOMATION CONTROL, REMOTE CONTROL AND CENTRALIZED WATCHING SYSTEM
- ELECTRIC EQUIPMENT AND SYSTEM

2) SPEC. 검토시 필요 사항

- SPEC.에 나오는 용어를 정확히 이해한다.
- YARD에서 제시하는 표준 SPEC.은 YARD 입장에서 동일 선가로 비용이 적게 소요되는 것만큼 YARD 이익이 증가된다는 관점에서 작성된 것이므로 모든 문장을 다 읽어보고 검토해야 한다.
- SPEC.은 약 400 페이지의 많은 분량이고 각 PART별로 전문 내용이 많으므로 신조 감독 별로 분야를 나누어 각자 검토후 조선소와 MEETING을 하기전 사전 협의를 갖고 내용을 조정한다.

3) BUILDING SPEC.의 확정

조선소와 BUILDING SPEC.의 협의를 갖고 발생된 EXTRA/CREDIT 금액을 정리하여 기본 사양서와 함께 경영층에 보고 최종 SPEC.을 확정 조선소와 상호 서명한다.

4) 기자재 MAKER 확정

기자재 MAKER LIST는 선박 건조시 적용되는 MAKER로서 조선소측으로 부터 복수로 제시되며 사용 실적이 나쁘거나, 저품질 MAKER가 포함될 시 운항선의 사용 DATA를 참조하여 사용상 문제가 있는 MAKER는 초기 SPEC. LIST상에 배제시켜야 한다. 환경 목표를 달성하기 위해 선형에 적합한 기자재 선정 검토 및 환경에 영향을 끼칠수 있는 기기는 운항선 및 MAKER 자료를 기초로 하여 최적의 환경 성과를 획득할 수 있도록 검토하여 반영하여야 한다.

국산 기기로서 최초로 적용되는 품목이나 사용 실적을 보완한 제품인 경우 사양 보완 혹은 무상 보증 수리 기간의 연장등 필요한 조치를 하여야 하며 서류상 합의사항을 정리하여 둔다. 또한 조선소에서 추천된 국내 MAKER인 경우 조선소 설계요원과 구매부 직원을 대동하여 공장 방문을 하여 사용 적합성 여부를 조사하여 최종 MAKER 결정시 다른 의견이 제시되지 않도록 해야 한다.

조선소와 최종 합의된 MAKER LIST는 경영층에 보고후 서명한다.

3.4 도면 검토

1) 기본도(KEY PLAN DRAWING)

선박의 골격과 주요 구성 요소를 표기한 기본도는 설계자의 설계 근거 확인, BUILDING SPEC. 및 CLASS RULE의 일치 여부를 확인하여야 하며 감독 직무에 상관없이 전 감독이 검토 하여야 한다.

- GENERAL ARRANGEMENT
- MIDSHIP SECTION
- SHELL EXPANSION
- CONSTRUCTION PROFILE
- CAPACITY PLAN
- MACHINERY ARRANGEMENT IN E/R
- PIPING DIAGRAM HULL / E/R
- KEY DISTRIBUTION PLAN
- G/A OF ELECTRIC EQUIPMENT OF ACCOMMODATION
- JOINER PLAN OF ACCOMODATION

SPEC.결정시 검토 요청된 MODEL TEST/구조

해석/진동해석 등의 결과서를 검토 분석하여야 하며 YARD STANDARD & PRACTICE는 공수 (MAN - HOUR)가 절감되는 방향으로 꾸준히 변경되므로 이미 건조한 선박의 STANDARD & PRACTICE를 참조하여 선박 안전과 사용상 불편이 있는지를 면밀히 검토해야 한다.

2) 승인 도면 검토

조선 설계도 검토 및 승인은

- 설계 배경 확인
- 건조 사양서 확인
- 관련 RULE 확인
- YARD STANDARD & PRACTICE 및 운항선 문제점 FEEDBACK 사항
- 실적선 SEA TRIAL중 OWNER COMMENT 사항을 반영하여야 하며,

MAKER 도면 검토 및 승인은

- 건조 사양서 내용 확인
- 외주 업체 관리 방안 확인
- 운항선 문제점 FEEDBACK 사항
- STANDARD SPARE PARTS LIST 확인을 한다.

국부적으로 잘못되어 조선소에서 국부 수정 도면 (PARTIAL ALTERNATION DRAWING)을 승인 받으러 오는 경우는 꼭 CLASS의 사전 승인을 득한 도면에 한해 서명토록 해야 한다.

3.5 현장 검사의 집행

1) 검사의 원칙

검사는 승인된 도면, CLASS RULE, YARD STANDARD & PRACTICE, YARD QUALITY STANDARD에 따라 진행되는지 확인하는 절차이며 검사 내용은 YARD QC와 사전에 도면에 의해 합의된 사항을 YARD PROCEDURE 대로 한다.

현장 입회시 아래 내용을 확인 검사 집행 한다.

- 승인 도면 내용 확인
- 동형선에서의 검사시 문제점 확인
- 검사 절차서 확인
- 각 계측 기기의 CALIBRATION 여부 확인
- 각종 허용 수치 확인

2) COMMENT의 처리

현장검사 결과 승인된 도면이나 기타 기준대로 작업이 되지 않았을 경우 YARD의 OWNER COMMENT REPORT를 이용하여 조선소 QC를 통해 제출한다.

특히 승인된 도면이나 기타 기준대로 작업이 시행 되었으나, 사용 결과 불편하거나 보완이 요구되는 사항도 동일한 절차를 통해 YARD에 통보한다.

적절한 간격으로 조선소 QC에게 COMMENT의 처리 결과를 확인한다.

3.6 해상 시운전(SEA TRIAL)

1) SEA TRIAL 사전 조치

조선소 시운전부 COMMANDER와 SEA TRIAL 일정 및 항목에 대해 사전 협의하여 SEA TRIAL 항목은 BULIDING SPEC.과 CLASS RULE에 따른다. 승선시 방 배치는 선장과 협의하여 YARD에 통보하며 승선직후 전 승조원에 대한 해상 시운전에 관한 주의사항을 교육시키고 조선소 시운전 요원의 사전 승인없이 기기의 작동을 금하고 안전 관리에 대해 설명한다.

2) SEA TRIAL 실시

승인 도면 SEA TRIAL PROCEDURE에 있는 항목 모두를 CHECK해야 하며, 짧은 시간에 많은 기기의 성능 시험을 마쳐야 하므로 감독과 의장 요원의 업무 분담을 통해 충분한 검증을 할 수 있도록 시간을 확보해야 한다.

SEA TRIAL 결과가 만족스럽지 못할 경우 선상에서 시운전부 COMMANDER에게 구두로 시정 조치를 요청하며 필요시 서면으로 요청한다. SEA TRIAL중 발견된 부적합 사항은 서면으로 YARD QC에게 전달하고 인도전까지 모든 작업을 완료할 수 있도록 독려한다.

해상 시운전 선속, 진동, 주기관 상태등 그 결과를 경영층에 보고한다.

3.7 선박 인도

선박 인도 시점에는 관련된 각 부서와의 업무 협조를 통해 인도에 지장이 없도록 아래 업무를 진행한다.

- 초기 기부속 청구 및 선적

- 선용품, 윤활유, 연료유 청구 및 선적
- 의장 요원 파견 요청
- SOPEP 관련 자료 발송
- 인도증서 및 관련 CERT. 확인
- 조선소 EXTRA/CREDIT 정산
- A/S ITEMS 확인 (가능한한 A/S ITEMS이 남지 않도록 노력한다)
- FINAL DWG. 및 INSTRUCTION BOOKLET 수령

4. 초대형 고속 컨테이너선의 문제점과 대응 배경

치열한 운항 경쟁에서의 비교 우위를 지키기 위해 CONTAINER선의 대형화, 고속화가 필요 불가결한 상황하에서 일찌기 당사에서는 당시 4,400TEU CONTAINER선으로 세계에서 가장 빠르고 큰 선박을 건조하여 경쟁력을 제고하였다. 또한 4,400TEU선의 운항 경험을 바탕으로 한단계 도약하여 1996년도에 5,551TEU CONTAINER선 7척을 성공적으로 인도하였다.

초대형 고속 CONTAINER선에서 발생하는 여러 가지 문제점을 기술적으로, MODEL TEST로, 계산에 의한 실선 TEST등을 통하여 5,551TEU CONTAINER 선에서 해결하게된 배경을 소개 한다.

4.1 5,551TEU CONTAINER선의 SHIP'S PARTICULAR

표 1. H - TYPE\* SHIP'S PARTICULAR

DIMENSION L.O.A	275.0M
B	40.0M
DRAFT(D/S)	12.0/14.0M
CONTAINER CAPACITY	
PHYSICAL TEU	5,551TEU
REFER CON.	390FEU
MAIN ENGINE	HD B&W 12K90MC - C, MK VI 74,520BHP × 104RPM
F.O.C(MT/DAY)	202.2
SPEED (KTS)	25.6 AT DESIGN DRAFT 12.0M
CLASSIFICATION	DNV + KR
COMPLEMENT	36명 + SUEZ CREW 4명
COMMUNICATION	FULL GMDSS, IMMARSART B,C
NAVIGATION	TOTAL NAV. RADAR WITH ARPA, ECDIS

\* H TYPE : 당사 CONTAINER 선단중 5,551TEU CONTAINER 선단을 H - TYPE으로 호칭함.

4.2 초대형 고속 CONTAINER선의  
문제점과 H-TYPE선의 대응

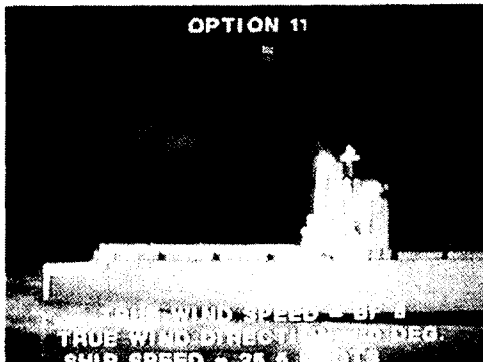
4.2.1. SMOKE 유입 현상 및 대책

1) SMOKE 유입 현상

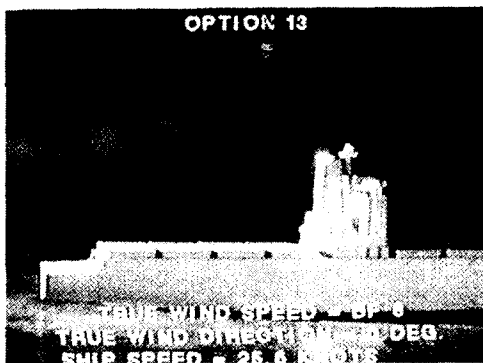
HONGKONG - SINGAPORE 항로에서의 ACCOMMODATION 앞뒤쪽 ON DECK에 CARGO가 LOADING 되지 않고 선수 방향의 바람이 불 경우 주기 배기 가스가 연돌에서 ENGINE ROOM이나 선실로 다량 유입되는 현상이 발생함. 이는 고속선에서 공기의 정상 흐름을 선실이 방해함으로 인해 선실 뒤쪽에 기류의 큰 와류가 발생되는데, 연돌에서 나오는 배기 가스가 선형 특성상 형성되는 난기층의 내측에 위치함으로 와류를 따라 기관실/선실로 역류하여 들어오게되는 현상.

2) TEST 방안 검토 및 TEST PLAN

WIND TUNNEL TEST로 현상을 검증하고



Option 11 True Ship Speed = 25.6 knots, True Wind Speed = BF8 = 19m/s, True Wind Angle = 0°



Option 13 True Ship Speed = 25.6 knots, True Wind Speed = BF8 = 19m/s, True Wind Angle = 0°

그림 2

HHI(현대중공업)와 HMM(현대상선)간의 IDEA를 가지고 DENMARK의 DMI에 의뢰해서 결과 보완 조치함.

- SMOKE TEST를 위한 DESIGN 변경 협의
  - 연돌의 WEATHER SHIELD를 COMPASS DECK LEVEL로 변경
    - FUNNEL HEIGHT 증가 효과
  - WEATHER SHIELD 상부 전후면 BULKWARK에 OPENING 시공
    - AIR FLOW 유도
  - "F" DECK 상 후면에 WIND DEFLECTOR 설치
    - FAN ROOM으로 FRESH AIR 유도
  - FAN CAPACITY 증가
    - ENGINE ROOM의 부압(-압력) 형성 방지
- WIND TUNNEL TEST 조건
  - FUNNEL 형상 중 상기 DESIGN 변경 ITEMS 적용
  - BEAUFORT SCALE : 8
  - TEST DRAFT : 9.5M
  - LOAD CONDITION
    - 선수 : EMPTY 선미 : FULL
    - 선수 : EMPTY 선미 : EMPTY
  - SHIP SPEED : 25.6KTS
  - GAS CONCENTRATION MEASURING POINT
    - BRIDGE SIDE DOOR
    - FAN AIR INLET SIDE
    - FAN AIR INLET AFTER
    - SUNKEN DECK

3) WIND TUNNEL TEST 및 해상 시운전 결과 MODEL TEST 결과 INTAKE 및 WHEEL HOUSE DOOR에 배기가스 CONCENTRATION 없이 상태 양호함을 확인하고 DESIGN 변경 조치에 따라 가스 FLOW에 영향을 미치지 않는 SAM-PAN TOP을 없애고 "F" DECK의 LEVEL로 WIND SHIELD 위치변경/FUNNEL 후부에 6J DAMPER/"F" DECK상부 LEVEL의 FUNNEL 선수미 방향의 관통 구조 채택/WIND DEFLECTOR 적용 및 FAN ROOM의 AIR INTAKE량 증

가를 위한 VENT DUCT를 확장 시킴.

1996년 5월 11일 해상 시운전의 SPEED TEST 중 90%, 100% MCR 상태에서도 기관실에 765mmHg의 +압력 유지 및 가스 FLOW가 FUNNEL 뒤쪽으로 와류를 형성치 않고 MODEL TEST와 동일하게 양호한 결과를 확인하였으며 ENGINE ROOM과 선실에 FRESH AIR로 유지되어 불편함이 없었다.

4. 2. 2. 고속선의 RUDDER CAVITATION 및 대책

1) RUDDER CAVITATION 현상

일반적으로 CAVITATION은 WATER EVAPORATION 현상으로 국부적인 지점의 압력이 그 지점에서의 증기압보다 낮을 경우 발생하게 되는데, 과거에 건조된 선박들은 선속이 낮아서 RUDDER CAVITATION 현상을 거의 경험할 수 없었다. 그러나 최근 CONTAINER선들이 대형화, 고속화되면서 RUDDER CAVITATION 문제가 제기되고 있으며 선미재 각부의 PITTING 현상으로 침식을 시켜 강도저하를 가져오는 원인이 되고 있다. 그림

3에서와 같이 RUDDER HORN, LOWER PIN-TLE, RUDDER BODY 및 RUDDER SOLE 부위에 주로 CAVITATION 침식이 발생하고 있다.

● RUDDER HORN

RUDDER HORN과 RUDDER BODY간의 불연속면은 RUDDER 구조상의 문제로 부가물 (DEFLECTOR)의 장착을 통하여 그 정도를 약화시킬 수가 있고, PROPELLER TIP VORTEX에 의한 침식은 RUDDER HORN의 SECTION이나 형상의 변경만으로 피할 수 있는 것이 아니어서 PROPELLER TIP부분의 PITCH 값을 줄이고, HIGH SKEW 적용으로 TIP VORTEX의 강도를 완화시키던가 PROPELLER와 RUDDER와의 거리를 증가시켜 TIP VORTEX 강도를 완화시키는 방법을 쓸 수 있다.

● RUDDER HORN의 LEADING EDGE

RUDDER HORN의 LEADING EDGE에 발생하는 CAVITATION은 PROPELLER에 의해 가속된 AXIAL FLOW VELOCITY와 PROPELLER 회전 에 의해 발생하는 TANGENTIAL FLOW

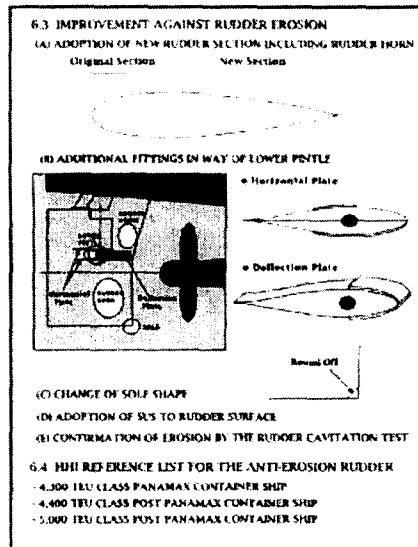
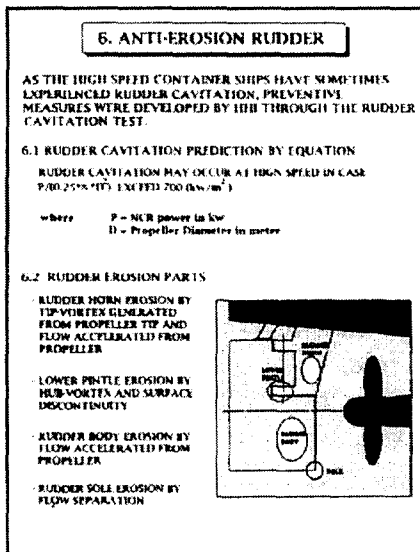


그림 3

VELOCITY에 의해서 국부 압력이 증기압 이하로 낮아짐으로써 발생한다. LIFTING SURFACE CODE에 의한 계산이나 LASER DOPPLER VELOCIMETER로 TUNNEL에서 계측된 결과에 의하면 AXIAL FLOW VELOCITY나 TANGENTIAL RUDDER ANGLE 0도에서의 RESULTANT FLOW에 의한 ANGLE OF ATTACK은 약 12~16도로 추정되어 RUDDER ANGLE 0도에서도 RUDDER HORN에 CAVITATION이 발생 되는 경우가 있다.

● LOWER PINTLE

LOWER PINTLE 부분의 침식은 RUDDER HORN과 RUDDER BODY의 불연속면에 의한 것과 PROPELLER VORTEX에 의한 것으로 구분된다. 불연속면에 의한 침식은 LOWER PINTLE 수직부와 수평부로 나누어지고 이것에 대한 대책은 부가물의 부착이나 형상의 변경으로 가능하게 된다. PROPELLER VORTEX에 의한 침식은 HUB VORTEX의 강도에 따라 달라지며 주로 HUB 형상에 크게 좌우된다.

● RUDDER BODY

RUDDER BODY의 CAVITATION에 의한 침식은 RUDDER HORN의 LEADING EDGE 침식과 동일하게 PROPELLER 후류에 의해 발생되며 RUDDER ANGLE 0도에서도 12~16도의 ANGLE OF ATTACK을 가짐으로써 발생된다. 이 또한 RUDDER SECTION의 변경이나 형상의 변경으로 문제의 해결이 가능하다.

2) CAVITATION 예측법

예측법은 경험식에 의한 추정과 DYNAMIC PRESSURE 계산에 의한 추정이 있다.

A. 경험식

경험식은 PROPELLER의 단위 면적이 얼마 만

큼의 부하를 감당하고 있는지를 계산하여 그 계산값으로서 CAVITATION을 예측하고 있으며 계산식은 다음과 같다.

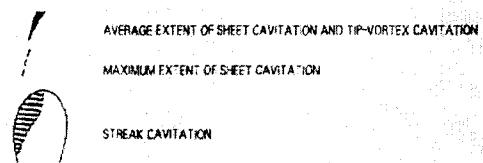
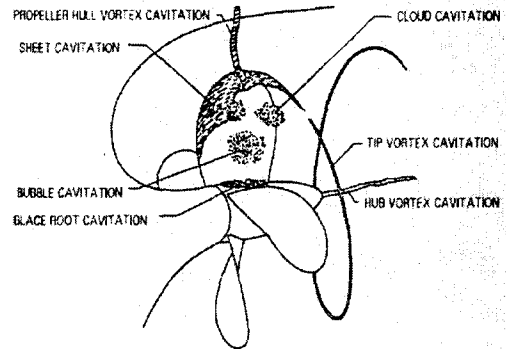
선속이 22 KNOTS를 넘고  $P/(0.25 \times \pi \times D^2) > 700$ 이면 RUDDER CAVITATION이 발생한다고 예상한다.

여기서, P=NCR POWER IN KW

D=PROPELLER DIAMETER IN M

B. DYNAMIC PRESSURE 계산법

DYNAMIC PRESSURE 계산법은 PROPELLER SHAFT CENTER상의 0.8r/R 지점에서 STATIC PRESSURE와 DYNAMIC PRESSURE



NOTES - CAVITATION ON SUCTION SIDE INDICATED IN BLACK  
- CAVITATION ON PRESSURE SIDE INDICATED IN RED

KEY TO DENOTE TYPES OF POSSIBLE FORMS OF CAVITATION.

그림 4

표 2. 고속 CONTAINER선의 CAVITATION 예측 값

	A선	B선	비 고
NCR POWER(Kw)	35,000	44,000	
PROPELLER DIA(M)	8.4	8.2	
경험식 값	631.6	833.2	> 700
STATIC PRESSURE(KPA)	152.6	152.7	
DYNAMIC PRESSURE(KPA)	143.4	162.1	STATIC < DYNAMIC
CAVITATION MARGIN	5.8%	- 5.9%	
실선 확인 결과	NO CAVITATION	CAVITATION	

표 3. SECTION 변경에 따른 DYNAMIC PRESSURE

NACA 0021	A선		B선	
	NACA634 21	NACA 0021	NACA634 - 21	
STATIC PRESSURE(KAP)	152.2	152.2	152.7	152.7
DYNAMIC PRESSURE(KPA)	143.4	114.2	162.1	130.8
CAVITATION MARGIN	5.8%	24.9%	5.9%	14.3%
판 정	안 전	안 전	발 생	안 전

를 계산하여 그 차이로서 CAVITATION을 예측하는 방법이다. 이 방법은 PROPELLER에 의해 가속되는 FLOW VELOCITY와 SLIPSTREAM RADIUS를 RUDDER 지점에서 THRUST LOADING COEFFICIENT (Cth)의 함수로 구하고 PROPELLER SLIPSTREAM의 회전으로 인한 INFLOW ANGLE 3도를 구한후 그 값에 COURSE KEEPING ANGLE 3도를 더하여 MAXIMUM LIFT COEFFICIENT를 구한다.

이 MAX LIFT COEFFICIENT 값으로 RUDDER SECTION의 최대 DYNAMIC PRESSURE를 구하고 STATIC PRESSURE 값과 비교한다.

RUDDER SECTION NACA0021과 NACA 634-21에 대한 DYNAMIC PRESSURE 계산 결과는 표 3에 나타난다.

위의 계산 결과에 의하면 RUDDER SECTION 변경을 통하여 RUDDER CAVITATION의 발생을 억제하는 것이 가능함을 보인다.

3) 5,551TEU船의 적용 현황

선속은 25.6KNOTS로 더욱 빨라지고 POWER 역시 74,520 BHP로써 4,400TEU CONTAINER 선에 비해 6,440BHP 높아져서 CAVITATION이 더욱 심해 질수 밖에 없는 조건이나, 하기 각 ITEMS을 적용한 후 NETHERLAND의 MARIN 수조 시험실에서 실시한 MODEL TEST 결과 유체흐름이 유첨 사진(그림 5)과 같이 양호하게 나타났으며, 해상시운전중 이의 실선 확인을 위해 FULL SPEED 28 KNOTS 이상에서 좌우 전타 시험을 하였으며 시운전 완료 후 수면상의 RUDDER HORN 및 RUDDER 상부 PINTLE AREA CHECK 결과 상태 양호함을 확인 하였음.

A. 부위별 적용 및 이유

● RUDDER SECTION 변경

4,400TEU선 RUDDER(NACA 0021 TYPE)의 모형을 제작하여 MARIN에서 TEST 결과 정확히 운항선에 나타난 CAVITATION 위치와 일치함을 확인하고 NACA 634-021 SECTION (단면적)으로 바꾸어 RUDDER PROFILE의 PRESSURE DISTRIBUTION을 변경 시킴.

● RUDDER HORN

- TIP VORTEX에 의한 침식을 감소시키기 위해 PROPELLER와 RUDDER와의 거리를 2,100mm에서 3,300mm로 증가시킴.
- PROPELLER TIP VORTEX에 의한 HORN의 침식을 방지하기 위해 RUDDER HORN 전면에 SUS 316L OVERLAY 시킴.

● LOWER PINTLE

- 유체 흐름을 RUDDER 불연속면에 닿지 않고 건너 흐를수 있도록 SPOILER 설치
- RUDDER HORN과 RUDDER LEADING EDGE 틈새에 PORT/STARBOARD간의 PRESSURE 교환을 방지하기 위해 50mm GAP을 15mm GAP으로 간극 최소화

● RUDDER BODY

- RUDDER LIFTING HOLE은 유체의 FLOW를 방해하지 않도록 COVER PLATE 취부하여 없앴
- RUDDER와 RUDDER HORN의 수평 경계면에서의 침식을 방지하기 위해 LOWER PINTLE 상하부에 HORIZONTAL PLATE 취부
- LOWER PINTLE CLEARANCE MEASURING HOLE은 유체 흐름을 방해하지 않도록 HOLE을 없애고 INSPECTION COVER를 설치



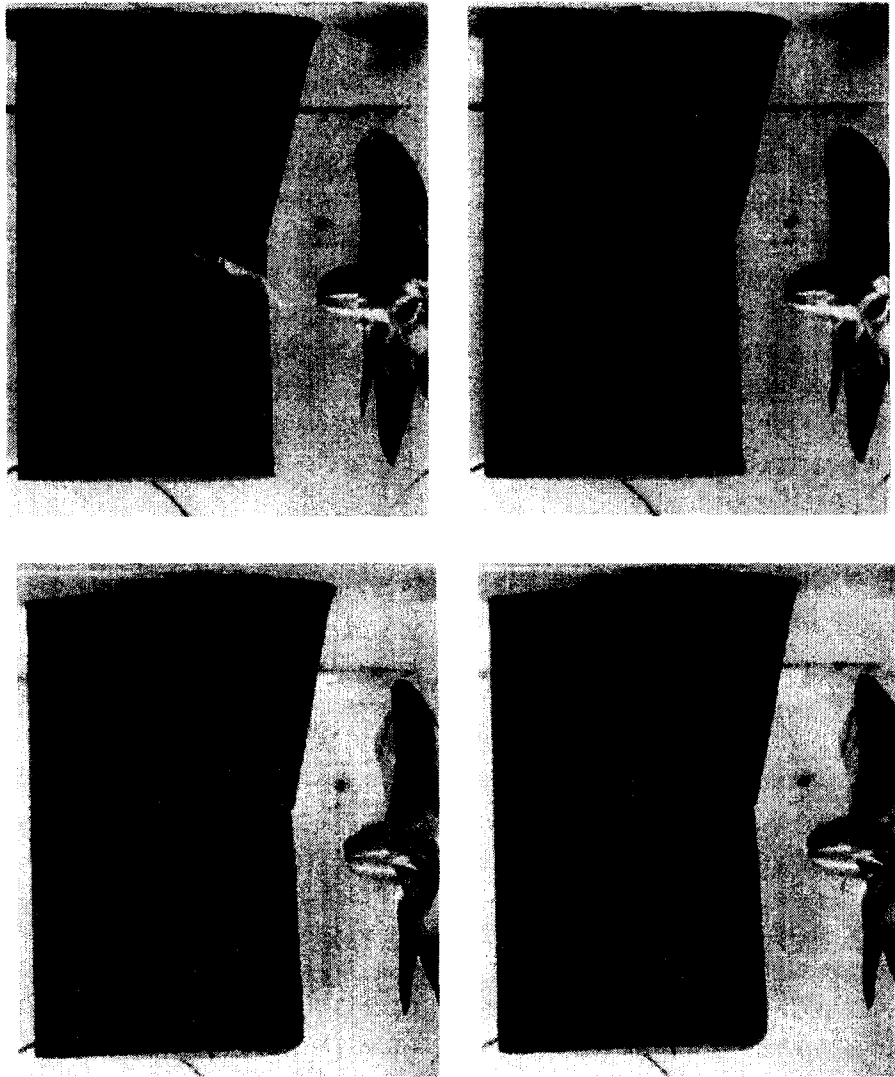


그림 5

- RUDDER HORN부 침식 현상을 방지하기 위해 RUDDER 끝단을 ROUND OFF하여 유체의 흐름을 좋게 하였으며 AP MOLLER의 경험에 의한 HORIZONTAL PLATE 부착

#### 4. 3. 대형 고마력 주기관 문제점 및 대책

##### 4. 3. 1. PISTON RING의 손상 및 마모

###### 1) 손상 및 마모 현상

4,400TEU 선 건조시 당시 최대 ENGINE인

12K90MC - C MK III (67,080 BHP)으로서 PISTON RING은 HEIGHT 15mm × 4PCS의 DAROS - UBALLOY 재질을 사용했으나, 인도 후 운항중 TOP RING의 장력 상실 및 2nd RING이 EDGE로부터 20mm되는 부위가 절손되는 현상이 6척에 발생이 되어 다방면으로 B&W와 HMM간의 검토가 이루어지고, 실선 TEST를 통하여 현재의 수정된 PISTON RING으로 손상이 되지않는 양호한 결과를 얻어내 H - TYPE SERIES선에 표준으로 적용하였다.

2) 원인과 대책

TOP RING의 절구부에서 LEAK되는 배기 가스가 2nd RING에 작용하면서 발생하는 과도한 차압에 의하여 2nd PISTON RING이 심한 맥동을 일으키고, 절구부 20mm되는 부위에서 절손됨이 판명되어 TOP RING의 절구부에서 내려오는 LEAK GAS PRESSURE가 2nd RING의 전주 방향으로 힘이 미치도록 TOP RING의 전주 6개소에 가스 개구부를 만들어서 BALLANCE를 유지케 하였고 TOP/2nd RING의 HEIGHT를 15mm에서 30% 증가시켜 강도를 보완,

즉, TOP RING : GT - CL PM14/19.5mm(GAS TIGHT CONTROL LEAKAGE RING),

2nd RING : RM5 - T 19.5mm,

3rd/4th RING : RM5 15mm를 적용하여 운항선에 TEST 결과 절손 현상없이 상태 양호하여 5,551TEU CONTAINER 선에 표준으로 적용케 되었다.

4. 3. 2 주기 THERMAL LOAD 경감 조치

● 4,400TEU 선에서 주기 PISTON RING의 절손 현상이 주기의 THERMAL LOAD에 일부 영향을 받고 있다고 판단하고, B&W와 검토 협의한 후

- EXHAUST V/V의 CAM 각도를 -1도에서 +7도로 조정
- PISTON ROD 하부의 SHIM PLATE 18mm 제거
- EXHAUST GAS BY - PASS ORIFICE를 115mm에서 60mm

• FUEL ATOMIZER를 1.75mm×4HOLES에서 1.43mm×6HOLES로 수정 후 현대 FEDERAL호 SHOP TEST에서 확인한 결과 표 4에 보이는 바와 같이 양호한 THERMAL LOAD를 얻게 되어 4,400TEU 전 SERIES선에 보완하였다.

● 5,551TEU선의 MKⅥ ENGINE에서는 MEP를 18BAR로 증가함으로써 THERMAL LOAD 증가가 더욱 심해질것이 예상되고, 기존 FUEL VALVE SYSTEM으로서는 LOAD DOWN이 제한적일 수밖에 없어 기존의 2 FUEL VALVE SYSTEM에서 3 FUEL VALVE SYSTEM을 채용하여 열부하 경감을 실현하였다.

4. 3. 3 F.O SYSTEM 변경

1) F.O PUMP STICKING 현상

향후 2,000년도부터 IMO에서 강제 규제가 예상되는 NOx 제한치를 만족하는 ENGINE PERFORMANCE를 얻기 위해 WATER를 첨가한 연료로써 연소가 가능하고 NOx 저감이 가능한 LOW - NOx NOZZLE 사용 및 WATER 함유 연료 사용을 위해 F.O PUMP PLUNGER SIZE 증가 즉 Dia를 76mm에서 84mm로 증가시키고, 동일한 CAM 각도에서 F.O 분사 압력을 유지하기 위해 PLUNGER 길이를 15mm 증가 시켰음.(표 5)

상기 변경에 따른 F.O PUMP로써 WATER 함유 연료 사용이 가능한 설계이나 TEST 결과 PLUNGER와 BARREL간의 TOP에서 PLUNGER LENGTH증가에 의한 SIDE MOVEMENT 증가

표 4. 호선별 열부하 CONDITION

호 선		현대 애드머럴(초기) H766	현대 페더럴 H850	현대 인디펜던스H913	
ENGINE TYPE		12K90MC - C MKⅢ (1992년 인도)	12K90MC - C MKⅢ (1994년 인도)	12K90MC - C MKⅥ (1996년도 인도)	EXPECTED DESIGN MKⅥ
사용 NOZZLE		M12(1.75φ×4)	M35(1.43φ×6)	M6 - 7(1.95φ×4)	
EXH	SEAT	458	403	369	445
VALVE	BOTTOM	675	600	546	620
PISTON	MEAN	514	444	448	
	Max	579	487	464	480
LINER	TOP	296	233	216	235
	1번 PISTON RING	219	217	208	

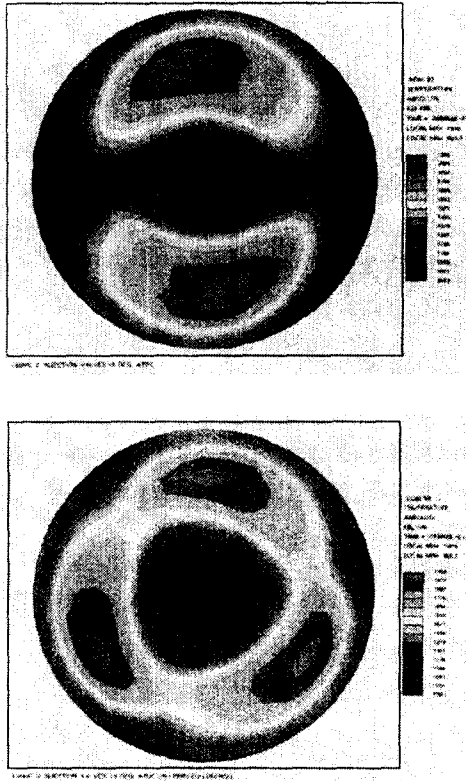


그림 6

표 5. F. O PUMP & ROLLER GUIDE

ENGINE TYPE	MKⅢ	MKⅥ
PLUNGER Dia	76mm	84mm
SEALING DEVICE	O-RING	UMBRELLA
R/G NECK LENGTH	268mm	610mm
R/G REACTION FORCE	29,459N	358,199N
R/G 측압	33,263N	53,212N

와 PLUNGER 끝단의 CAVITATION에 의한 문제로 STICKING 현상이 발생하게 되었다.

2) 대책

ROLLER GUIDE 상부의 NECK 12mm t BRONZE GUIDE BUSHING을 도입하여 LATERAL FORCE를 53,212N에서 36,000N으로 줄이고, 윤활 상태 개선을 위해 10mm TOP CLEANCE를 없앴으로써 BEARING 면적을 15cm<sup>2</sup>에서 41.7cm<sup>2</sup>로 면적을 확보했으며 CAVITATION 문

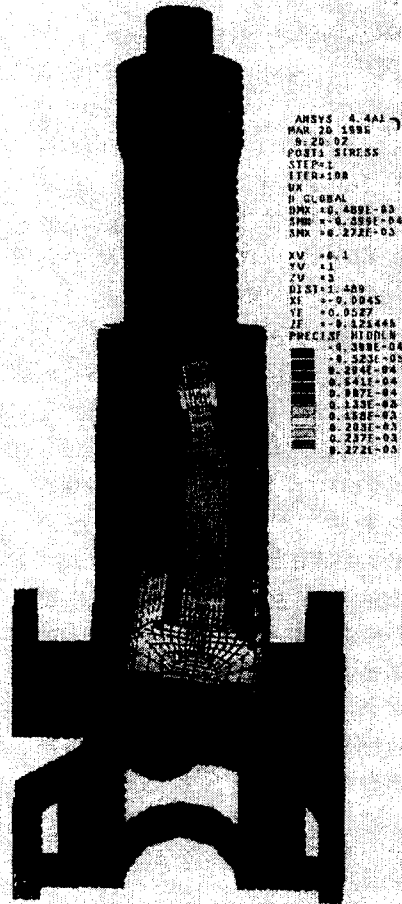


그림 7

제는 BARREL에 2개의 10Φ TIMING HOLES을 가공하여 OIL VELOCITY를 50% 감소 시킨 결과 상태가 양호함을 SHOP TEST중 확인하였다.

4. 3. 4 PISTON FRETTING 현상 및 대책

1) PISTON FRETTING 현상

FRETTING은 상대 운동이 일어나게 하는 COMPONENT 사이에 진동이나 STRESS 변화가 있는 기계나 ENGINEERING STRUCTURE에 발생하는 마모 현상으로써 MAIN ENGINE의 PISTON과 PISTON ROD/PISTON ROD와 CROSSHEAD PIN 사이에 FRETTING 현상이 MKⅢ ENGINE에서 확인되었다.

## 2) 대책

근본적으로 조치하는 방법은 표면 사이에 상대 운동을 없애는 방법과 마모나 FATIGUE에 견디는 표면을 만드는 2가지 방법이 있으나 PISTON의 운전 조건이 HEAT UP/COOL DOWN되는 조건으로써 상대 운동을 없앤다는 것은 불가능한 사실이고, 마모와 FATIGUE에 견디는 표면을 만드는 것인데 이를 위해서는 여러가지 형태의 SURFACE TREATMENT가 있으나 PISTON ROD에 직접 FLAME HARDENING을 했을 경우 HARDENING CRACK의 위험이 있어 PISTON과 PISTON ROD 사이에는 5mm 두께의 표면경도 650~700HV로 질화 처리된 SPACE RING을 삽입하고 PISTON ROD와 CROSS HEAD PIN 사이에는 온도 변화가 없는 상대 운동 부분이어서 SOFT INSERT가 요구되어 5mm BRONZE SHIM을 삽입하고 운항선에 TEST한 결과 FRETTING 현상이 발생치 않아 5,551TEU에 표준으로 적용케 하였다.

## 5. 결 언

지금까지 신조 선박 건조 관련 업무 내용과 특정 선종의 운항 경험상 문제점을 해결하는 배경을 소개하였다. 좋은 배란 싸고, 안전하고, 쓰기 좋고, 환경에 우수한 배라고 말할수 있으며, 추가하여 경쟁 선사의 비슷한 크기의 배와 모든면에서 경쟁력이 있는 배를 만들어야 치열한 운항 경쟁에서의 비교 우위를 지킬수 있다.

특수 선종인 액화 천연가스선의 다양한 선종을 건조한 경험이 있는 당사로서 현재의 축적된 선박 건조 관련 기술과 운항중인 선박에서 발생하는 각종 문제점을 조선소 혹은 기기 MAKER를 통하여 그 문제점을 제시하고 해결 방향에 대한 지침을 제공함으로써 보다 경쟁력 있는 선박 건조에 일익을 하고 있으며 선사, 조선소, 기기 MAKER 간의 공통 이익을 가져다 줄 수 있는 선박 건조에 노력할 것이다.