

2008년도 창의적 선박 설계 기말 고사 (Part I) (해답지)

일시: Part I. 2008년 6월 18일 수요일 오전 9시 ~ 오후 12시

Part II. 2008년 6월 18일 수요일 오후 1시 ~ 오후 7시

시험 시 주어지는 자료:

- 1) Specification for 4,100TEU Container Ship (선주 요구 사항)
(설계선: 4,100TEU Container Ship)
- 2) 3700TEU 기준선 자료 중 관련 부분
 - a) Light weight summary
 - b) T&S (HOMO. 10T SCANTLING DEPARTURE (2,918 TEU)
 - c) 선속에 따른 자항 Test 결과
 - d) Hydrostatic Table
 - e) Midship Section
 - f) G/A는 제외하나 설계선의 G/A 작성을 위하여
1:100 Scale의 설계선 외곽 Line을 제공함
- 3) ICLL, 1966 자료 중 관련 부분 (건현 계산) in English version
- 4) IMO Rule 자료 중 관련 부분 (Intact stability) in English version
- 5) DNV Rule 자료 중 관련 부분 (구조 설계)
 - a) SWBM & VWBM 추정식
 - b) 설계선의 stress factor (f_{2b} , f_{2d})
 - c) Plate & Longitudinal stiffener 치수 결정에 필요한 모든 수식
- 6) 설계선의 Lightweight의 VCG와 이외 각종 Tank들의 VCG 및 Vertical Moment
설계선의 Ballast tank의 경우 ballasting하는 %별 VCG 및 Vertical Moment가 주어짐
- 7) 선박의 측벽이 수직측벽이라 가정하였을 때의 GZ Curve 계산식을 제공
(설계선의 경우, Deck가 물에 잠기기 시작하는 Heel angle까지는 위 계산식을 이용하여
GZ 값을 계산하고, 그 이상의 Heel angle에 대해서는 GZ값을 따로 제공할 것임)
- 8) Lackenby 선형 variation식
- 9) Gaussian Quadrature formula

#이외의 자료 및 식에 대해서는 각자 알고 있어야 함.

혹시 배포되지 않은 자료가 있으면 시험감독에게 알릴 것.

준비물:

삼각자, 자, 계산기, 필기구

1. 선주 요구사항 이해

“Specification for 4,100TEU Container Ship”을 번역하고 설계 과정에 반영하시오.

(설계선: 4,100TEU Container Ship)

[1. 선주 요구사항 이해 해답]

11. GENERAL DESCRIPTION AND PARTICULARS

111. General Description

이 선박은 선수루를 제외한 연속적인 전통 상갑판을 가지며, bulbous bow가 있는 경사선수를 가져야 한다. Open water type의 선미 트랜섬과 저속 디젤엔진에 의해 직접 구동되는 반균형타와 고정피치 프로펠러를 가지고 있다.

추진장치와 항해선교를 포함하는 거주구는 일반배치도에서 보이는 바에 같이 준선미에 위치해야 한다.

선박은 8개의 화물창이 배치되어야 하고, 1번 화물창 이외의 화물창은 일반적으로 이중선체 구조로 건조되어야 한다.

선박은 18 bay와 17개의 해치를 가지고 있어야 하며, 각각의 화물창의 경우 해치(1번 16번 해치제외)는 3개의 패널로 된 해치커버가 있다.

화물창은 cell guide와 20ft(1 bay, 3bay)와 40ft(그 외의 bay)와 ISO 규격의 컨테이너 운송을 위한 지지 구조를 갖추어야 하며, 11row, 8 tier의 컨테이너를 실어야 하고, 선박의 depth는 6tier의 8'6” 높이의 컨테이너와 2tier의 9'6” 높이의 컨테이너를 쌓는데 적합해야 한다.

이중저 위로 20ft 컨테이너를 6tier까지 쌓을 때는 일반적으로 40ft cell guide를 고려해야 한다.

갑판 위의 컨테이너는 일반적으로 13 row, 3tier ~ 4tier으로 적재한다. 일반적으로 해치커버, 갑판 지지대, lashing point가 20 ft 와/또는 40ft 컨테이너에 맞게 배치되어야 한다.

거주구 선미측 갑판의 2 tier부터 45ft 컨테이너 100개를 배치할 수 있어야 한다.

Bow thrust와 stern thruster가 한 기씩 배치되어야 한다.

이중저 내에 pipe duct가 배치되어야 한다.

갑판 위의 220 FEU의 냉동 컨테이너와 화물창 내의 9'6" 높이의 30 TEU의 냉동 컨테이너의 운송을 위해 250개의 전기 소켓이 설치되어야 한다. 더불어 선적의 유연성을 위해서 화물창 내에 추가의 50 FEU에 해당하는 전기 소켓이 제공되어야 한다.

엔진룸부터 조타기실과 전방 화물창 공간까지의 이동 통로는 상갑판 아래 양쪽으로 배치되어야 한다.

컨테이너, 화물창, ballast 탱크, 연료 탱크, 청수 탱크 등의 배치는 일반배치도에서 보이는 바와 같이 배치되어야 한다.

112. Principal Dimensions

전체 길이	approx. 294.0 m
수선간 길이	281.00 m
형 폭	32.26 m
형 깊이	21.50 m
설계/구조강도해석상 흘수	10.78 m
건형 종류	“B” type
건형 갑판	approx. 13.952m
Air draft (from designed draft of 10.78 m to the top of mast)	approx. 43.5 m

113. Deck Heights, Camber and Sheer

(1) center line에서의 형 갑판 높이.

상갑판에서 A갑판까지	3.4 m
A갑판에서 B갑판까지	3.4 m
B갑판에서 C갑판까지	3.4 m
C갑판에서 D갑판까지	3.4 m
D갑판에서 E갑판까지	3.4 m
E갑판에서 항해선교 갑판까지	3.4 m
항해선교 갑판에서 컴퍼스 갑판까지	2.8 m

(2) 갑판의 Camber와 현호

상갑판의 Camber	0.2m, 사다리꼴 타입
선루의 Camber	bridge wing의 straight camber를 제외하면 없음

상갑판의 현호

없음

114. Deadweight and Capacities

(1) 재화중량

이 선박의 보증 재화중량은 선박이 trim이 없는 상태에서 설계흘수 10.78m에서 밀도 1.025의 해수에 떠 있을 때, 47,790 metric ton이다.

(2) 용량(100% 만재상태)

Ballast 탱크	approx. 21,000 m ³
Settling 탱크와 service 탱크를 포함한 중유 탱크	approx. 4,300 m ³
Settling 탱크와 service 탱크를 포함한 디젤오일 탱크	approx. 300 m ³
청수 탱크	approx. 250 m ³

(3) 컨테이너 용량

화물창 내부의 8 tier x 11 row, 갑판 위의 3 tier ~ 4 tier x 13 row의 컨테이너는 일반적으로 다음을 따라 배치된다.

- 컨테이너의 숫자

갑판 위	approx. 1,758 TEU
화물창 안	approx. 2,322 TEU
합계	approx. 4,080 TEU

- 컨테이너 단위

TEU: 8.5ft(높이) x 8ft(넓이) x 20ft(길이)

FEU: 8.5ft(높이) x 8ft(넓이) x 40ft(길이)

위에서 언급한 갑판 위의 컨테이너 수는 구조흘수(even keel)에서의 IMO visibility 요구조건을 만족시키도록 세어져야 한다.

115. Dangerous Cargoes

위치 : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7번 화물창 (59번 Bay 위의 화물창 제외)

IMDG (국제해상위험물운송규칙, The International Maritime Dangerous Goods (IMDG)) 등급:

1.4S, 2, 3, 4, 5.1, 6.1, 6.2, 7, 8, 9

위치: 상갑판 위(59번 Bay 제외)

IMDG-등급: 선급이 허용한 모든 등급의 위험화물

위에 언급된 위험화물은 다음의 조건하에서 운송되어야 한다.

(a) 화물은 밀폐된 화물 컨테이너로 운반되어야 한다.

(b) Protection Grade 2 C의 보증된 전기장치가 필요한 수소, 수소혼합물, 아세틸렌, 질산에틸(ethyl nitrate), 이황화탄소 등은 적재하지 않아야 한다.

(c) IAEA(국제원자력 기구, International Atomic Energy Agency) 와/또는 항만 공사에 의해 관리되는 포장, 저장과 운송 등은 모든 사용상의 안전성을 고려하여 선주에 의해 수행되어야 한다.

(d) 냉동 컨테이너와 낮은 등급의 위험화물(IMDG 등급 - 1.1-1.6, 2.1, 2.3, 3.1, 3.2, 4.3, 6.1, 6.2, 7, 8 제외) 선급에 의해 허용된 화물창에 적재될 수 있다.

(e) 7번 화물창의 위험 화물은 엔진룸 격벽의 최소 3m 떨어진 곳에 적재해야 한다.

116. Trim and Stability

(1) 선박이 다음의 각각의 상태에서 적합한 trim과 안정성을 가진다는 것을 증명하기 위해 예비 trim과 안정성 계산을 선주에게 제출해야 한다.

(a) 경하상태(Lightship)

(b) ballast 된 상태에서의 출항과 입항

(c) 유럽에서 출항 시의 평균 적재 컨테이너(13.85mt와 12.26mt)

(heavy fuel oil 2,500mt과 다른 소비재 모두)

(d) 몬트리올에 입항 시, 평균 적재 컨테이너(13.85mt 와 12.26mt)

(heavy fuel oil 1,500mt, Diesel oil 100mt과 출항시의 10%의 소비재 적재)

(e) 몬트리올에서 출항 시 평균 적재 컨테이너(13.85mt 와 12.26mt)

(bunker와 다른 소비재들 약 50%)

(f) 유럽에서 출항시의 평균 적재 컨테이너 (13.85mt 와 12.26mt)

(bunker와 다른 소비재들 약 10%)

(g) 입출항 시, 설계/구조흘수에서 14.0mt/TEU의 컨테이너를 균일하게 적재

(h) 입출항 시, 설계/구조흘수에서 13.5mt/TEU의 컨테이너를 균일하게 적재

(i) 입출항 시, 설계/구조흘수에서 12.6mt/TEU의 컨테이너를 균일하게 적재

(j) 출항 시, 설계/구조흘수에서 10.0mt/TEU, 11.0mt/TEU, 14.0mt/TEU의 컨테이너를 균일하게

적재 (heavy fuel oil 2,500mt과 다른 소비재 모두)

(k) Pre-docking조건 (heavy fuel oil 1,500mt과 다른 소비재들 10%)

(1) dry docking(입거) 입항

“출항 상태”는 연료와 다른 소비재를 모두 채운 상태를 바탕으로 하고, “입항 상태”는 출항 상태의 소비재가 약 10% 또는 50% 상태를 바탕으로 한다.

(2) 평균 적재 상태에서 설계흘수 10.78m에서의 컨테이너당 단위 무게는 다음과 같다.

(a) 13.85mt의 평균 적재 컨테이너

항목	컨테이너 수	단위 무게(MT)
20 ft 컨테이너 (TEU)	100	7
	161	13
	927	23
40ft 컨테이너 (FEU)	174	8
	356	18
	476	26

(b) 12.26mt에서의 평균적재 상태

항목	컨테이너 수	단위 무게(mt)
20 ft 컨테이너 (TEU)	130	6
	447	16
	575	23
40ft 컨테이너 (FEU)	208	7
	317	15
	670	24

컨테이너 수는 설계 진행에 따라 수정될 수 있다.

평균 컨테이너의 단위 무게 약 13.85mt/TEU를 기반으로 하였을 때, 적재 컨테이너의 수는 3,190 TEU가 되어야 한다.

(a) 적재된 컨테이너의 VCG(Vertical center of gravity)는 8'6"높이와 9'6"높이의 45%로 가정한다.

(b) 중유 1,500mt, 디젤오일 100mt와 출항상태의 10%의 다른 소비재를 실었을 때, 자유 표면 효과로 인해 변환 메타센터(Meta center) 높이 (GoM)는 몬트리올 입항상태일 때, 0.6m보다 작지 않아야 한다.(icing effect는 고려하지 않는다.)

(3) 위의 loading condition에서 trim(trim), 안정성, 가시도(visibility), 굽힘모멘트, 전단력을 조정하기 위해 필요하다면, ballast water를 완전히 혹은 부분적으로 채울 수 있다.

A.P. TK와 F.P. TK는 설계규범 내에서 water ballast 탱크로 사용될 수 있다.

(정수 중의 허용 굽힘모멘트 : 호깅(hogging) + 310,000 T-M

새깅(sagging) - 25,000 T-M).

상기 loading condition에서의 최종 trim과 안정성 계산은 무게중심과 경사시험, 재화중량 측정으로부터 구한 경하중량을 바탕으로 계산되며, 선주에게 제출해야 한다.

만약 최종 트림과 안정성에 대한 책자가 선급이나 기타 권위 있는 기관의 승인을 기다리고 있는 상황이라면, 조선소는 트림과 안정성에 대한 임시의 책자를 선박 인도 시 제공해야 한다.

Icing의 허용치는 영국 만재흘수 기준 (A5-10.22)에 따른다.

트림과 안정성 계산을 위한 물과 그림의 비중은 다음과 같다.

해수: 1.025

청수: 1.000

중유: 0.980

디젤유: 0.850

윤활유: 0.900

117.Speed, Daily Fuel Oil Consumption and Cruising Range

(1) 속도

선박이 설계흘수 10.78m에서 even keel상태로 떠 있고, 85% MCR(42,230PS)로 주기관이 가동되며, 20% sea margin을 고려하였을 때, 이 선박의 보증속력은 23.0 knots가 되어야 한다.

위 속력은 선박이 무한 수심에서 깨끗한 선체를 갖고 있으며, 기상상태는 Beaufort Scale 3이고, 해류는 없을 때를 기반으로 한다.

설계흘수에서 선박의 실제 속도 성능은 모델 테스트에 의한 시험적인 추정과 시험 상태에서 시운전으로부터 얻어진 실제 결과들 사이에서 같은 상관관계(correlation)를 적용함으로써 수정된 모델 테스트 결과에 기반을 두어야 한다.

주기관의 유형과 출력은 다음과 같다.

Type and number : B&W 8K90MC-Cx1 set

Maximum continuous rating (MCR) : 49,680PS x 104.0 rpm

Normal continuous rating (NCR) : 42,230PS x 98.5 rpm

(2) Daily fuel oil consumption of main engine

10,200 kcal/kg의 저열량 연료와 ISO 참고기준을 기반으로 주기관을 NCR로 가동했을 경우, 일일 연료 소모량은 약 125.8 mt이다.

위의 일일 연료 소모량은 5%의 여유 margin없이 주기관 제조업자에 따라 NCR에서 specific fuel 소모량을 124.1g/BHP.h로 적용하여 계산되었다.

(3) Cruising range

다음 조건 상에서 약 1,500 해리

- 설계/구조 흘수에서 서비스 속력 23.0 knots
- NCR로 주기관 가동
- 비중 0.980, 9,700 kcal/kg의 저열량의 중유
- 연료 탱크 98%를 채우고, 2%는 3일의 여유분을 위해 남겨놓음

118. Hull Form

(1) Hull Form

조선소는 다음과 같은 선박 성능에 대한 관점에서 선박의 선형과 프로펠러 형상을 설계해야 한다.

- 저항과 추진효율
- 프로펠러가 유발하는 진동
- 침로유지
- 조종성(manueverability)
- 안정성

(2) Model tests

다음의 모델 시험 범위는 조선소의 시험(Builder's practice)에 따른 HSVA에 의해 도출되며, 시험 결과는 선주에게 참고자료로써 제출되어야 한다.

- 설계흘수와 ballast 흘수에서의 저항 시험
- 설계흘수와 ballast 흘수에서의 stock 프로펠러 저항 시험
- 페인트 칠 후의 설계흘수에서의 유선 시험
- 설계흘수에서의 반류 측정
- 설계한 프로펠러에 대한 open water test
- 설계흘수와 ballast 흘수에서 설계한 프로펠러 저항 시험

- 설계흘수에서의 공동현상 시험

Bulbous bow를 포함한 선형은, 9m에서 10.78m의 흘수 범위 내에서 최적속도성능에 도달하기 위해, CFD를 이용하여 최적화되어야 하고, 선택된 선형은 model basin에서 test되어야 한다.

선주의 대리인은 언제나 환영 받아야 하며, 조선소는 모델 시험 동안, 모델 시험 결과에 대해 선주와 심도 있는 논의를 해야 하고, 선박의 최적속력성능을 얻기 위해 선형과 프로펠러의 성능향상이 요구될 때, 추가 시험을 포함하여 합리적인 노력을 해야 한다.

(3) Propeller

정수 중의 프로펠러는 설계흘수에서 깨끗한 선체를 기반으로 하였을 때, 104.4rpm(NCR에서 dir 6.0%의 margin 고려)에서 42,230PS(NCR)의 마력을 흡수할 수 있도록 설계되어야 한다.

119. Complement

Class	No.
- 선장:	2
- 상급 선원:	2
- 중급 선원(도선사 2명과 견습생 2명 포함):	9
- 하급 선원:	4
- 일반 선원:	7
- 승객:	3
- 총합:	27명

120. Guaranteed Figures

조선소는 선박을 건조함에 있어서 이 section의 아래에 언급된 조건을 충족시켜야 한다.W

이 보증 내용은 계약이 이뤄진 후 사양에 대한 상호 합의하의 수정 혹은 교체에 의해 수정될 수 있다.

- 재화중량 : 설계/구조 흘수 10.78m에서 47,790 metric tonnes.

- 선속 : 설계흘수 10.78m에서 even keel상태로 떠 있고, 85% MCR(42,230PS)로 주기판이 가동되며, BF Scale 3, 20% sea margin을 고려하였을 때, 23.0 knots

- 주기관 연료 소모율: 10,200 kcal/kg의 저열량 디젤오일과 ISO 표준 참고 조건(shop test bed에서 측정)에 기반한 MCR에서 124.0 g/BHP.h + 5% 공차
- 명목상 컨테이너 용량: 총 4,080 TEU
- 구조흘수 10.78m에서의 균일 14MT/TEU 컨테이너의 용량: 2,760 TEU

12. CLASSIFICATION, RULES, REGULATIONS AND CERTIFICATES

121. Classification

선체, 기관부, 장비, 의장품을 포함한 선박은 DNV(선급)의 검사를 받아야 하며, 다음과 같은 상징으로 구별되어 등록된다.

: + 1A1, “컨테이너 선(Container Carrier)”, E0, NAUTICUS(Newbuilding), ICE-1C, W1-OC, DG-P

In-water 검사 규정이 적용되어야 한다.

122. Rules and Regulations

이 선박은 Bermuda 항에 등록되어야 하며, 다음의 규정 및 규칙을 따라야 한다.

- (a) International Convention on Load Lines, 1966 (국제만재흘수선협약)과 1988년 의정서
- (b) International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974 (SOLAS, 해상인명안전협약)의 1978년, 1988년 의정서와 2000년까지의 개정안
- (c) International Convention for Prevention of Pollution from Ship, 1973 (MARPOL, 국제해양오염방지협약) (부록 1, 4, 5, 6(12, 13, 16규칙))의 1978년 의정서와 1999년까지의 개정안
- (d) International Regulation for Preventing Collisions at Sea, 1972 (COLREG, 국제해상충돌예방규칙)과 1993년까지의 개정안
- (e) International Convention on Tonnage Measurement of ships, 1969 (국제톤수협약)
- (f) International Telecommunication Union, 1997 (ITU, 국제전기통신연합)의 radio regulation
- (g) 톤수 측정 규칙을 포함한 수에즈 운하의 운항 규정
- (h) 파나마 운하, 파나마 운하에 인접한 바다에서의 항해 선박에 대한 규정 및 규칙과 선박 측정에 대한 규정
- (i) 미국의 바다에서 운항하는 외국 선박에 대한 USCG(United States Coast Guard)의 규정 및 규칙(CFT 제목 33 - Navigation and Navigable Waters, Part 155, 156, 159, 164, Certificate와 검사 제외)

- (j) MUA(호주해운조합)의 요구사항
- (k) 선박의 소음 수준에 대한 IMO 규칙 A.468(12) 코드
- (l) ISO 흡수 제안서 6954번, “상선의 진동의 종합적인 평가에 대한 가이드라인” 1984
- (m) 선원의 accommodation에 대한 ILO(국제노동기구) 협약(92번, 133번)
- (n) 국제 해상 위성 기구(INMARSAT) 표준 설계서 및 규제
- (o) IMO에 의한 모든 종류의 선박 안정성에 관한 결의안(IMO Resolution A. 749(18))
- (p) IMO에 의한 “경보 및 지시기에 관한 코드” 결의안(IMO Resolution A. 831(19))
- (q) Pilot Ladder에 관한 IMPA의 추천사항
- (r) 화물창 조정 및 안전에 관한 British Factory Act
- (s) 캐나다 북극지방 B-type 선박에 의한 오염방지 규제
- (t) 미국 어안의 안전과 건강을 위한 USCG 규약(USCG CFR Title 29 – part 1918)
- (u) 안전을 위한 표준 기상 USCG 규약(CFR Title 46-170)
- (v) 화물창 조정 장비에 관한 AMSA 규약
- (w) 컨테이너 맞춤에 관한 OSHA의 요구사항
- (x) 선원의 식료품과 요식업에 관한 ILO 규정
- (y) 상선에 최소 기본 사항에 관한 관한 ILO 규정
- (z) 유해 해양 미생물의 이동을 최소화 하기 위한 선박의 Ballast Water 관리 및 조정에 관한 IMO 규정 (IMO Res. A.868(20))
- (aa) Implementation of the National Invasive Species Act of 1996 (NISA).
- (ab) Australian New Mandatory Ballast Water 요구사항
- (ac) Paris Memorandum의 Accommodation에 관한 요구사항
- (ad) 국제 해상 기구의 규제

2.3. Certificates

조선소는 다음의 증명서를 얻어야 한다. 그리고 하나의 원본과 2개의 복사본인 3개를 가지고 배의 인도 시간에 소유주에게 전해야 한다.

- (a) 조선소의 증명서는 조선소에 의해 발행된다.
- (b) 분류 별 증명서는 선급협회에 의해 발행된다.
- (c) “국제 만재 흡수선의 증명서”는 선급협회에 의해 발행된다.
- (d) “국제적인 용적톤수의 증명”은 선급협회와 다른 지정된 당국에 의해 발행된다.
- (e) “국제 오일 오염 방지 증명서”는 선급협회와 다른 지정된 당국에 의해 발행된다.
- (f) “화물 선박의 안전 비율 증명서”는 선급협회와 다른 지정된 당국에 의해 발행된다.
- (g) “화물 선박의 안전 구조 증명서”는 선급협회와 다른 지정된 당국에 의해 발행된다.
- (h) “화물 선박의 안전 장비 증명서”는 선급협회와 다른 지정된 당국에 의해 발행된다.
- (i) “수에즈 운하 용적톤수 증명서”는 선급협회와 다른 지정된 당국에 의해 발행된다.

- (j) “파나마 운하 서류 증명서”는 선급협회와 다른 지정된 당국에 의해 발행 된다.
- (k) 외국 선박에 대한 USCG 규칙과 규약의 허가 진술은 선급협회에 의해 발행된다.
- (l) 주 기관과 보조 기관을 위한 EIAPP의 허가의 진술은 선급협회와 다른 지정된 당국에 의해 발행된다.
- (m) 소각로를 위한 MARPOL Annex VI의 허가 진술은 선급협회와 다른 지정된 당국에 의해 발행된다.
- (n) 기술적인 문서를 포함한 NOX를 위한 IAPP의 허가 진술은 선급협회와 다른 지정된 당국에 의해 발행된다.
- (o) 하수 오염 방지에 관한 증명서는 선급협회와 다른 지정된 당국에 의해 발행된다.
- (p) 쓰레기에 의한 오염 방지에 관한 증명서는 선급협회와 다른 지정된 당국에 의해 발행된다.
- (q) 선원 숙식 설비에 관한 ILO 규정은 선급협회와 다른 허가 당국에 의해 발행된다.
- (r) 음식과 요식업에 관한 ILO 규정은 선급협회와 다른 지정된 당국에 의해 발행된다.
- (s) 상선에 관한 최소 표준 ILO 규정은 선급협회나 다른 허가 당국에 의해 발행된다.
- (t) 구서(선박의 취를 박멸)증서는 한국 정부에 의해 발행된다.
- (u) 화물창 기어에 관한 ILO 규정은 제조사에 의하여 발행된다.
- (v) 나침반에 관한 증명서는 조선소에 의하여 발행된다.
- (w) 운송 위험 물품에 관한 서류는 선급협회나 다른 허가 당국에 의해 발행된다.
- (x) 고정 컨테이너를 설치에 관한 증명서는 선급협회에 의해 발행한다.
- (y) 재화중량 증명서는 조선소에 의하여 발행된다.
- (z) 점검 기록과 선내 점검 기록에 관한 것은 조선소에 의하여 발행된다.
- (aa) Lashing Gear에 관한 것은 선급협회에 의하여 발행된다.
- (bb) IMO의 DNV룰에 따른 선박 관리 계획은 선급협회에 의하여 발행된다.
- (cc) Statement of Compliance for Implementation of the National Invasive Species Act of 1996 (NISA) issued by the Classification Society.
- (dd) Australian New Mandatory Ballast Water에 관한 증명서는 선급협회에 의해 발행된다.

선급협회 또는 다른 지정된 당국에 의해 날인된 후, 매뉴얼/설계도가 제공 되어야 한다.

-Trim and stability booklet.

-Cargo Securing Manual.

-파나마와 수에즈 운하 당국에 의해 승인된 도면

-고정 사다리를 위한 오스트레일리아 해양 규정 32개 부분이 승인된 도면

공식적인 증명서가 배의 인도 시기에 얻어 지지 못한다면 조선소는 선주에게 잠정적인 증명

서를 제공해야 한다.

이러한 경우에 제조업자는 배가 인도된 후에 가능한 빨리 공식적인 증명서를 선주에게 전달해야 한다.

2. 주요치수 선정

설계선의 주요치수 중, Specification에 주어지지 않은 C_b 와 LWT를 추정하시오.

Given: L, B, T, DWT

Find: C_b , LWT

[2. 주요치수 선정 해답]

가) LWT 추정

$$\begin{aligned}
 W_{S\text{설계선}} &= \left(\frac{L_{BP\text{설계선}}}{L_{BP\text{기준선}}} \right)^{1.67} \times \left(\frac{B_{\text{설계선}}}{B_{\text{기준선}}} \right)^{0.67} \times \left(\frac{D_{\text{설계선}}}{D_{\text{기준선}}} \right)^{0.5} \times \left(\frac{T_{\text{설계선}}}{T_{\text{기준선}}} \right)^{0.17} \times \left(\frac{C_{B\text{설계선}}}{C_{B\text{기준선}}} \right)^{0.17} \times W_{S\text{기준선}} \\
 &= \left(\frac{281.00}{245.24} \right)^{1.67} \times \left(\frac{32.26}{32.2} \right)^{0.67} \times \left(\frac{21.5}{19.3} \right)^{0.5} \times \left(\frac{10.78}{12.5} \right)^{0.17} \times \left(\frac{0.6605}{0.6605} \right)^{0.17} \times 10,968.3 \\
 &= 14187.77 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

설계선의 C_b 는 기준선의 것과 같다고 가정.(추후에 Iteration 할 것임)

$$\begin{aligned}
 W_{M\text{설계선}} &= \frac{MCR_{\text{설계선}}}{MCR_{\text{기준선}}} \times W_{M\text{기준선}} \\
 &= \frac{49,680}{38,570} \times 1,846.5 \\
 &= 2,378.4 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

MCR_설계선은 O-spec 117번

$$\begin{aligned}
 W_{O\text{설계선}} &= \frac{L_{BP\text{설계선}}}{L_{BP\text{기준선}}} \times \frac{B_{\text{설계선}}}{B_{\text{기준선}}} \times W_{O\text{기준선}} \\
 &= \frac{281.00}{245.24} \times \frac{32.26}{32.2} \times 3,073.3 \\
 &= 3528 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LWT_{\text{설계선}} &= W_S + W_O + W_M \\
 &= 14187.77 + 2,378.4 + 3528
 \end{aligned}$$

$$= 20,094.17 \text{ ton}$$

$$\rho \times L \times B \times T \times C_b \times (1 + \alpha) = DWT + LWT$$

$$C_b = \frac{DWT + LWT}{\rho \times L \times B \times T \times (1 + \alpha)} = \frac{47,790 + 20,094.17}{1.025 \times 281.00 \times 32.26 \times 10.78 \times (1 + 0.0035)} = 0.6754$$

설계선의 Alpha는 기준선의 값으로 가정.

계산된 Cb값으로 LWT 추정(Iteration)

$$\begin{aligned} W_{S\text{설계선}} &= \left(\frac{L_{BP\text{설계선}}}{L_{BP\text{기준선}}} \right)^{1.67} \times \left(\frac{B_{\text{설계선}}}{B_{\text{기준선}}} \right)^{0.67} \times \left(\frac{D_{\text{설계선}}}{D_{\text{기준선}}} \right)^{0.5} \times \left(\frac{T_{\text{설계선}}}{T_{\text{기준선}}} \right)^{0.17} \times \left(\frac{C_{B\text{설계선}}}{C_{B\text{기준선}}} \right)^{0.17} \times W_{S\text{기준선}} \\ &= \left(\frac{281.00}{245.24} \right)^{1.67} \times \left(\frac{32.26}{32.2} \right)^{0.67} \times \left(\frac{21.5}{19.3} \right)^{0.5} \times \left(\frac{10.78}{12.5} \right)^{0.17} \times \left(\frac{0.6754}{0.6605} \right)^{0.17} \times 10,968.3 \\ &= 14,241.68 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$W_{M\text{설계선}} = 2,378.4 \text{ ton}$$

$$W_{O\text{설계선}} = 3528 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} LWT_{\text{설계선}} &= W_S + W_O + W_M \\ &= 14,241.68 + 2,378.4 + 3528 \\ &= 20,148.08 \text{ ton} \end{aligned}$$

나) C_b 추정

$$\rho \times L \times B \times T \times C_b \times (1 + \alpha) = DWT + LWT$$

$$C_b = \frac{DWT + LWT}{\rho \times L \times B \times T \times (1 + \alpha)} = \frac{47,790 + 20,148.08}{1.025 \times 281.00 \times 32.2 \times 10.78 \times (1 + 0.0035)} = 0.6772$$

설계선의 Alpha는 기준선의 값으로 가정.

3. 저항성능추정, 프로펠러 주요치수 선정

3.1. 설계선의 저항성능 추정

기준선의 설계 흘수(10.1m)에서의 정수(calm water) 중의 저항 성능 시험 결과가 제시되어 있다. 설계선이 기준선과 상사하다고 가정했을 때, 설계선의 선속이 23knots 일 때의 전체 저항을 Froude 의 2 차원 계산 방법을 이용하여 계산하시오.

ITTC 1957 추정식:

$$C_F = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

$$\nu = 1.1873 \times 10^{-6} \text{ (m}^2\text{)/s}$$

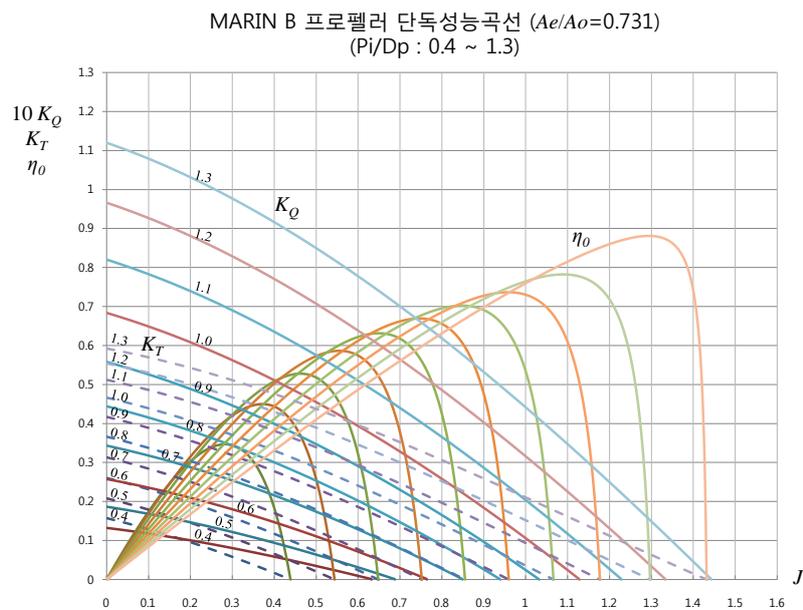
3.2. 프로펠러 주요치수 선정

기준선의 전개 면적비($A_e / A_o = 0.731$)에 해당하는 프로펠러 단독 성능 곡선이 다음과 같이 주어졌다. 설계선의 프로펠러가 기준선의 프로펠러와 같은 전개 면적비를 갖는다고 가정할 때, 설계선의 요구 속력(23 knots)에서 최대 효율을 갖는 프로펠러의 주요치수(직경, 피치)를 구하시오.

Given: 설계선의 엔진마력, 회전수(n), 속도(v), 전개 면적비(A_e/A_o), $\eta_T = 0.98$

기준선의 선속에 따른 저항, η_R

Find: 설계선 Propeller 직경(D_p), Pitch(P_i)



[3. 저항성능추정, 프로펠러 주요치수 선정 해답]

3.1. 설계선의 저항성능 추정

기준선 3,700 TEU Container Carrier 의 Design Draft 에서의 저항 시험 결과가 제시되어 있다.

Table 11 Propulsion Performance of Full Scale Ship (Design)

Propulsion Performance of Full Scale Ship									
Project Name : Hn1329 3700TEU					Ship Particulars				
Ship Model ID : SM107									
Propeller ID : SP094					Length BP = 245.24 m				
Test Date : 26-Nov-99					Length WL = 239.26 m				
Test Option : w/ Rudder					Draught at FP = 10.10 m				
Test Draught : Design					Draught at AP = 10.10 m				
Scale Ratio : 30.800					Breadth = 32.20 m				
					Wetted Surface Area= 9408. m2				
					Displacement Volume= 49778. m3				
					Bilge Keel Area = 135.00 m2				
					T.Proj Area abv WL = 880.00 m2				
ITTC Standard Prediction									
Ship Speed (kts)	Fn	PE (PS)	PD (PS)	S-P Adv (J)	Rate Revs (rpm)	Thrust (kN)	Torque (kN-m)	Model Wake (Wtm)	Ship Wake (Wts)
19.00	.202	11575	14940	.685	80.75	1084	1300	.323	.273
20.00	.212	13716	17914	.677	85.31	1239	1475	.321	.279
21.00	.223	16185	21078	.679	90.21	1380	1641	.315	.273
22.00	.234	18906	24682	.677	94.96	1537	1826	.312	.271
22.50	.239	20386	26635	.676	97.38	1619	1921	.310	.270
23.00	.244	22008	28847	.674	99.83	1713	2030	.309	.270
24.00	.255	26181	34655	.665	105.42	1960	2309	.307	.271
25.00	.266	33202	44312	.652	113.29	2355	2747	.303	.263
Ship Speed (kts)	Thrust (Thdf)	Hull Effi (EtaH)	Relative Effi (EtaR)	Prop Effi (EtaO)	Behind Effi (EtaB)	Total Effi (EtaD)	Full Scale Open Water (J)	Propeller Water (10Kt)	Propeller Character (100Kq)
19.00	.196	1.106	1.016	.690	.701	.775	.100	4.554	6.005
20.00	.208	1.098	1.019	.684	.697	.766	.200	4.127	5.510
21.00	.201	1.098	1.020	.685	.699	.768	.300	3.637	4.949
22.00	.201	1.097	1.021	.684	.698	.766	.400	3.120	4.358
22.50	.200	1.096	1.021	.684	.698	.765	.500	2.602	3.757
23.00	.201	1.094	1.022	.682	.697	.763	.550	2.347	3.455
24.00	.204	1.092	1.022	.677	.692	.755	.600	2.093	3.152
25.00	.194	1.094	1.021	.670	.685	.749	.650	1.842	2.845
							.700	1.590	2.534
							.750	1.336	2.213
							.800	1.076	1.878
							.850	.805	1.524
							.900	.520	1.145

여기에 기준선의 실선이나 모형 선박의 전저항은 직접적으로 제시되어 있지는 않다. 하지만 EHP(Effective Horse Power)는 제시되어 있으므로(PE) 다음 식을 이용하여 전저항을 계산할 수 있다.

$$EHP = R_T (V) \cdot V$$

설계선의 선속이 23knots 일 때 F_n 이 0.225341475 이다. 같은 F_n 을 갖는 기준선의 선속은 21.5knots 이다.

이때 전저항을 계산하면,

$$R_T = \frac{EHP}{V} = \frac{17,509 \times 0.736}{21.5 \times 0.5144} = 1,165 \text{ [kN]}$$

Froude 의 저항 분류에 따르면, $R_T = R_F(R_n) + R_R(F_n)$ 이다.

양변을 $\frac{1}{2} \rho s V^2$ 으로 나누면

$$\frac{R_T}{\frac{1}{2} \rho s V^2} = \frac{R_F(R_n)}{\frac{1}{2} \rho s V^2} + \frac{R_R(F_n)}{\frac{1}{2} \rho s V^2}$$

$C_T = C_F(R_n) + C_R(F_n)$ 이다.

ITTC 1957 추정식을 이용하여 기준선의 마찰 저항 계수(C_F)을 계산하면 다음과 같다.

$$C_F = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2} = \frac{0.075}{\left[\log \left(\frac{21.5 \times 0.5144 \times 245.24}{1.1873 \times 10^{-6}} \right) - 2 \right]^2} = 0.001385$$

앞에서 구한 기준선의 전저항으로부터 전저항 계수를 계산하면 다음과 같다.

$$C_T = \frac{R_T}{\frac{1}{2} \rho s V^2} = \frac{1,165}{\frac{1}{2} \times 1.025 \times 9,408 \times (21.5 \times 0.5144)^2} = \frac{1,165}{589,753} = 0.001975$$

기준선의 잉여저항 계수는 다음과 같이 계산된다.

$$C_R(F_n) = C_T - C_F(R_n) = 0.001975 - 0.001385 = 0.000590$$

설계선이 기준선과 기하학적으로 상사하다고 가정하여, 동일한 C_R 를 갖는다고 가정하자.

설계선에 대하여 $C_T = C_F(R_n) + C_R(F_n)$ 이다. 여기서 $C_R = 0.000590$ 로써 기준선의 것과

동일하다.

ITTC 1957 추정식을 이용하여 설계선의 마찰 저항 계수(C_F)을 계산하면 다음과 같다.

$$C_F = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2} = \frac{0.075}{\left[\log \left(\frac{23 \times 0.5144 \times 281}{1.1873 \times 10^{-6}} \right) - 2 \right]^2} = 0.001352$$

따라서 설계선의 전저항 계수는 다음과 같다.

$$C_T = C_F + C_R = 0.001352 + 0.000590 = 0.001942$$

설계선의 전저항(R_T)은 다음과 같다.

$$R_T = C_T \cdot \frac{1}{2} \rho s V^2 = 0.001942 \times \frac{1}{2} \times 1.025 \times 11826 \times (23 \times 0.5144)^2 = 1648 \text{ [kN]}$$

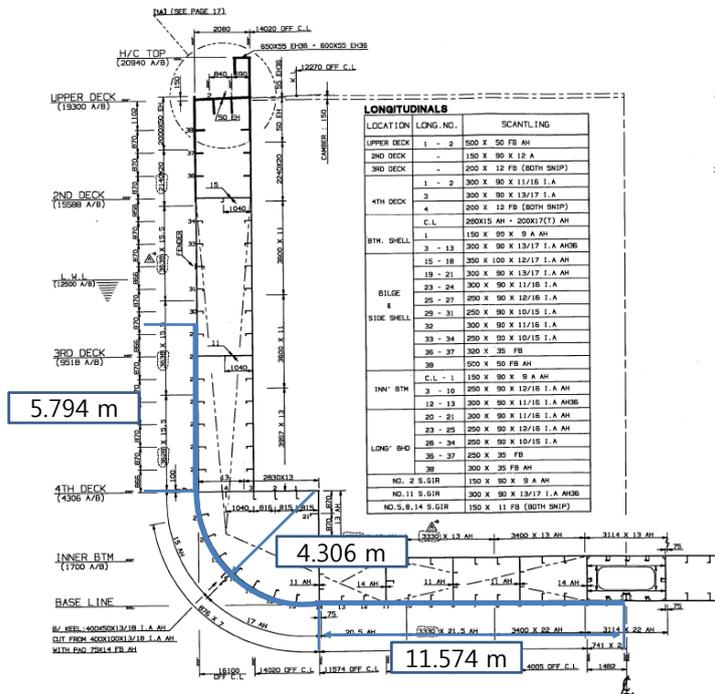
Cf) 설계선의 침수표면적 계산 방법.

설계선은 기준선의 중앙평행부를 확장하여 설계하였다. 그리고 흘수(T)와 폭(B)도 변경되었으므로, 침수표면적에도 반영되어야 한다.

설계선의 침수표면적 = 기준선의 침수 표면적

- + ① 길이방향 확장으로 인한 침수표면적 증가량
- + ② 흘수 증가로 인한 침수표면적 증가량.
- + ③ 폭 증가로 인한 침수표면적 증가량.

① 먼저 기준선의 길이방향 확장으로 인한 침수표면적 증가량을 계산해보자.



설계 흘수 아래에 물과 닿아있는 부분의 길이를 구하면 다음과 같다.

$$(5.794 + 11.574 + \frac{1}{4} \times 4 \times \pi \times 4.306) \times 2 = 61.7914$$

여기에 확장한 길이를 곱하면, 길이방향 확장으로 인한 침수표면적 증가량을 계산할 수 있다.

$$61.7914 \times (281 - 245.24) = 2,210 [m^2]$$

②홀수 증가로 인하여 침수표면적이 늘어난 부분은, 그 모양이 직사각형이라 가정하였다. 따라서 설계선과 기준선의 홀수 차이에 설계선의 LBP 를 곱하여 구할 수 있다.

$$(10.78 - 10.1) \times 281 = 191 [m^2]$$

③폭 증가로 인하여 침수표면적이 늘어난 부분도, 그 모양을 직사각형이라 가정하였다. 따라서 설계선과 기준선의 폭 차이에 설계선의 LBP 를 곱하여 구할 수 있다.

$$(32.26 - 32.2) \times 281 = 17 [m^2]$$

설계선의 침수표면적은 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$9,408 + 2,210 + 191 + 17 = 11,826 [m^2]$$

3.2. 프로펠러 주요치수 선정

Step 1) 전개면적비(A_e / A_o) 가정

설계선의 프로펠러 전개면적비는 기준선의 전개면적비와 같다고 가정.

$$A_e / A_o = 0.731$$

Step 2) 속력 v 가정

설계선의 속력은, Specification에서 제시하는 속력 23 knots로 가정.

이때 설계선의 DHP는 다음과 같이 계산된다.

$$P = DHP = \frac{NCR (S.W.)}{1.025} \times 0.736 \times \eta_T \times \eta_R = \frac{42,230}{1.025} \times 0.736 \times 0.98 \times 1.022 = 30,371 [kW]$$

Step 3) 조건식1(주기관이 전달한 토크를 프로펠러가 흡수하는 조건)을 $K_Q = C_1 J^5$ 의 형태로 표현

$$\text{조건식 1 : } \frac{P}{2\pi n} = \rho \cdot n^2 \cdot D_p^5 \cdot K_Q$$

$$V_A = V(1 - w) = (23 \times 0.5144) \times (1 - 0.27) = 8.64 [m / s]$$

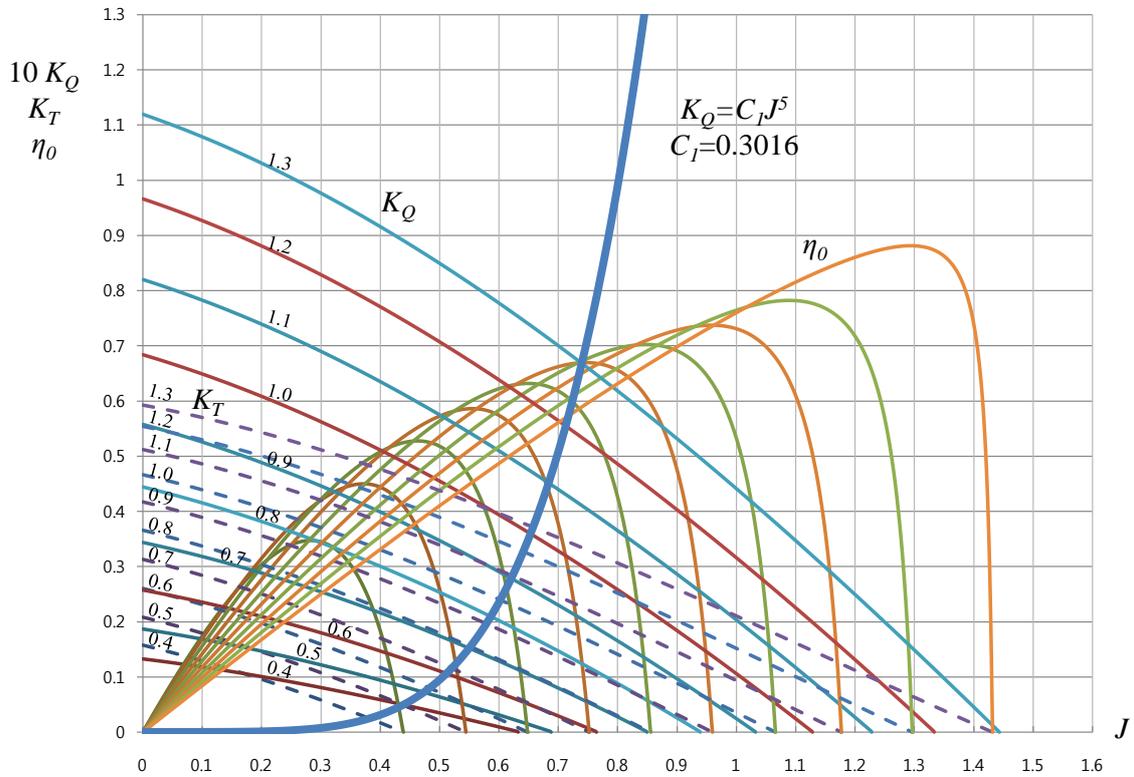
$$K_Q = C_1 J^5$$

$$C_1 = \frac{P \cdot n^2}{2\pi \rho V_A^5} = \frac{30,371 \times (104 / 60)^2}{2\pi \times 1.0 \times 8.64^5} = 0.3016$$

$$\therefore K_Q = 0.3016 \times J^5$$

Step 4) 프로펠러 단독 성능 곡선을 이용하여 여러 피치비에서 최대 효율(η_0)을 내는 J 와 그 때의 K_T 를 구함

MARIN B 프로펠러 단독성능곡선 ($A_e/A_o=0.731$)
 ($P_i/D_p : 0.4 \sim 1.3$)



P_i / D_p	J	η_0	K_T
0.4	0.4408	-	-
0.5	0.4754	0.3386	0.032023
0.6	0.5137	0.5088	0.065598
0.7	0.5519	0.5860	0.100645
0.8	0.5885	0.6176	0.137179
0.9	0.6232	0.6264	0.174901
1.0	0.6558	0.6233	0.213477
1.1	0.6865	0.6143	0.252660
1.2	0.7154	0.6028	0.292397
1.3	0.7426	0.5911	0.332876

Step 5) Step 4)에서 구한 J 를 이용해 D_p 를 구함.

$$J = \frac{V_A}{n \cdot D_p}$$

$$D_p = \frac{V_A}{n \cdot J} = \frac{8.64}{(104 / 60) \cdot 0.6232} = 7.9984 \text{ [m]}$$

Step 6) 구한 D_p 와 K_T 가 조건식2(배가 어떤 속력에서 요구하는 추력을 프로펠러가 내야 하는 조건)을 만족하는지 확인.

$$\text{조건식 2)} : \frac{R_T}{1-t} = \rho \cdot n^2 \cdot D_p^4 \cdot K_T$$

$$T_s = \frac{R_T}{1-t} = \frac{1648}{1-0.201} = 2063 \text{ [kN]}$$

$$T_p = \rho \cdot n^2 \cdot D_p^4 \cdot K_T = 1.025 \times (104 / 60)^2 \times 7.9984^4 \times 0.174901 = 2204$$

$T_s < T_p$ 이므로 가정한 것보다 더 큰 속력으로 가정할 수 있다. 이 문제에서는 Iteration하지는 않는다.

Step 7) 전개면적비가 조건식3(Keller의 최소면적비 경험식)을 만족하는지 확인.

$$\text{조건식 3)} A_E / A_o \geq K + \frac{(1.3 + 0.3z)T}{D_p^2 \cdot (p_0 + \rho gh - p_v)}$$

단추진기선 이므로, $K = 0.2$

축 침수 깊이 h 는 기준선과 같은 4.15m로 가정

$$K + \frac{(1.3 + 0.3z)T}{D_p^2 \cdot (p_0 + \rho gh - p_v)} = 0.2 + \frac{(1.3 + 0.3 \times 5) \times 2204}{7.9984^2 \cdot (99.047 + 1.025 \times 9.81 \times 4.15)} = 0.6852$$

설계선의 프로펠러의 전개면적비는 0.731 이므로 조건식3을 만족한다.

4. 견현 계산

ICLL기준에 따라 요구 견현과 최소 선수 높이를 계산하고, 설계선이 이를 만족하는지 검토하시오.

[견현용 길이(L_f)의 경험식]

초기 설계 단계에서 견현 길이(L_f)가 확정되지 않은 경우, 다음 경험식을 이용하여 추정할 수 있다.

$$L_f = [0.85 \cdot D_{mld} - (T_s + 1)] \cdot 0.6248 + L_{bp}$$

[$0.85 \cdot D_{mld}$ 에서의 C_b 추정식(Kanda의 식)]

$$C_b = C_{bo} \cdot (0.85 \cdot D / T)^{(C_{wo} / C_{bo} - 1)}$$

where, $C_{wo} = (1 + 2 \cdot C_{bo}) / 3$

C_{bo} : 계획 만재 흘수에서의 C_b

C_{wo} : 계획 만재 흘수에서의 C_w

[4. 견현 계산 해답]

Step 1. 표정 견현(F_t) 구하기

초기 설계 단계에서 견현 길이(L_f)가 확정되지 않은 경우, 문제에서 주어진 경험식을 이용하여 추정할 수 있다.

$$\begin{aligned} L_f &= [0.85 \cdot D_{mld} - (T_s + 1)] \cdot 0.6248 + L_{bp} \\ &= [0.85 \cdot 13.952 - (10.78 + 1)] \cdot 0.6248 + 281.00 \\ &= 281.05 \text{ m} \end{aligned}$$

견현 계산시, D_{mld} 는 Base line에서 견현 갑판까지의 수직 거리이다.

견현 길이에 해당하는 표정 견현을 **표정 견현표(ICLL Reg. 28)**에서 찾는다.

(Table B참조. 컨테이너 선은 B-type에 속한다.)

Length of ship (metres)	Freeboard (millimetres)
278	4373
279	4385
280	4397
281	4408
282	4420
283	4432

$$\therefore F_t = 4408 \text{ mm}$$

Step 2. C_b 에 대한 수정 (Reg. 30)

설계선의 $C_{bo} = 0.6772$ 로 주요치수 결정과정에서 추정 하였음.

(이하 견현 계산 에서의 C_b 는 $0.85 \cdot D_{mld}$ 에서의 C_b 를 의미하며, 설계 흘수(10.78m)에서의 C_b 는 C_{bo} 로 표기한다.)

[$0.85 \cdot D_{mld}$ 에서의 C_b 추정식(Kanda의 식)]

$$\begin{aligned} C_{wo} &= (1 + 2 \cdot C_{bo}) / 3 \\ &= (1 + 2 \cdot 0.6772) / 3 \\ &= 0.7848 \end{aligned}$$

C_{bo} : 계획 만재 흘수에서의 C_b

C_{wo} : 계획 만재 흘수에서의 C_w

$$\begin{aligned}
C_b &= C_{bo} \cdot (0.85 \cdot D / T)^{(C_{wo} / C_{bo} - 1)} \\
&= 0.6772 \cdot (0.85 \cdot 13.952 / 10.78)^{(0.7848 / 0.6772 - 1)} \\
&= 0.6815 \quad (\text{at } 0.85 \cdot D_{mld})
\end{aligned}$$

[C_b 에 대한 수정량 계산식]

C_b 가 0.68보다 큰 경우	$F_t(\text{표정건현}) \times \frac{(C_b + 0.68)}{1.36}$ 으로 건현값 계산
C_b 가 0.68보다 작은 경우	수정없음
여기서 C_b 는 $0.85 D_{mld}$ 에서의 값	

설계선의 경우, C_b 가 0.68보다 큰 경우이다.

$$\begin{aligned}
C_b \text{에 대한 수정량} &= F_t(\text{표정건현}) \times \frac{(C_b + 0.68)}{1.36} \\
&= 4,408 \times \frac{(0.6815 + 0.68)}{1.36} \\
&= 4413 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Step3. 깊이에 의한 수정

건현 갑판 stringer의 두께를 0.015로 가정한다.

$$\begin{aligned}
D_f &= D_{mld} + t_{stringer} \\
&= 13.952 + 0.015 \\
&= 13.967
\end{aligned}$$

여기서 D_{mld} 는 건현 갑판까지의 거리이다.

[선박 깊이에 대한 수정량 계산식]

$D_f > L_f / 15$	$(D_f - L_f / 15) \times R$ 만큼 수정량 증가시킴 $R = L_f / 0.48 \quad (L_f < 120 \text{ m})$ $R = 250 \quad (L_f > 120 \text{ m})$
$D_f < L_f / 15$	$(L_f / 15 - D_f) \times R$ 만큼 수정량 감소시킴

$$\begin{aligned}
L_f / 15 &= 281.05 / 15 \\
&= 18.733
\end{aligned}$$

$D_f < L_f / 15$ 이므로, $(L_f / 15 - D_f) \times R$ 만큼 수정량을 감소시킨다.
 이때, $R = 250$ 이다.

$$\begin{aligned} \text{선박 길이에 대한 수정량 감소} &= (L_f / 15 - D_f) \times R \\ &= (281.05 / 15 - 13.967) \times 250 \\ &= 1,192 \end{aligned}$$

Step 4. 선루에 의한 수정

가) 선루의 길이(L_s)라 함은 L_f 의 범위 내에 있는 선루 부분의 평균길이를 말한다. 설계선의 경우 $L_a = L_f$ 이다.

$$L_a = L_f = 281.05 \text{ m}$$

다)선루의 표준 높이를 다음과 같다.

L_f [m]	저선미루 [m]	그 밖의 선루 [m]
30이하	0.9	1.80
75	1.20	1.80
125이상	1.80	2.30

설계선의 경우, 저 선미루의 표준 높이는 1.8m, 그 밖의 선루의 표준높이는 2.3이다.

설계선의 경우, 유효길이(L_e)는 둘러막혀 있는 선루의 실제높이(H_a)가 표준높이(H_s)보다 크므로, 유효길이(L_e) = 선루의 길이(L_s)가 된다.

따라서,

$$L_e = 281.05 \text{ m}$$

라) 설계선의 유효길이(L_e)가 122m 이상이므로 견현을 1,070mm 감소 시킨다.

Step5. 현호에 의한 수정

가) 다음 표의 계산식을 통해 현호의 표준 높이 S_0 를 계산한다.

$$L_f = 281.05 \text{ m}$$

위 치		Standard				Actual		
		Height	Ordinate	S.M	Product	Ordinate	S.M	Product
후 반 부	A.P	$25 \times (L_f/3 + 10)$	2,592	1	2,592	0	1	0
	L/6	$11.1 \times (L_f/3 + 10)$	1,151	3	3,452	0	3	0
	L/3	$2.8 \times (L_f/3 + 10)$	290	3	871	0	3	0
	Amidship	0	0	1	0	0	1	0
	평균 높이 $S_A = 8.34(L_f/3 + 10)$					865	$S_a :$	

전 반 부	Amidship	0	0	1	0	0	1	0
	L/3	$5.6 \times (L/3 + 10)$	581	3	1742	0	3	0
	L/6	$22.2 \times (L/3 + 10)$	2,302	3	6,905	0	3	0
	F.P	$50.0 \times (L/3 + 10)$	5,184	1	5,184	0	1	0
	평균 높이 $S_f = 16.68(L_f/3 + 10)$					1,729	$S_f :$	0

$$\text{현호의 표준 높이 } (S_0) = \frac{865 + 1,729}{2} = 1,297 \text{ mm}$$

나) 선루의 높이에 따른 현호의 수정(실제 현호의 평균높이)

$$\text{Forecastle deck (Sof)} : \frac{y}{3} \times \frac{L_1}{L_f} = \frac{5,248}{3} \times \frac{38.5}{281.05} = 240 \text{ mm}$$

y : FP 또는 AP에서 선루의 실제높이(7,548mm)와 표준높이(2,300mm)의 차 따라서, 5,248mm가 된다.

$$L_1 = \text{둘러막힌 선미루 또는 선수루의 평균길이}(0.5L_f \text{이하}) \times 2 = 38.5 \text{ m}$$

$$\text{Poop deck (Sop)} : \frac{y}{3} \times \frac{L_1}{L_f} = 0$$

y : FP 또는 AP에서 선루의 실제높이(0.0mm)와 표준높이(0.0mm)의 차 따라서, 0.0mm가 된다.

따라서 실제 현호의 평균 높이 $S = Sof + Sop = 240 \text{ mm}$ 이 된다.

다) 현호에 의한 수정

현호에 의한 수정은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & (S_0 - S) \times (0.75 - 0.5r_1) \text{ mm} \\ &= (S_0 - S) \times (0.75 - (Le / (2 \times Lf))) \\ &= (1,297 - 240) \times (0.75 - (281.05 / (2 \times 281.05))) \\ &= 264 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_0 (\text{mm}) = \text{현호의 표준높이}$$

$$S (\text{mm}) = \text{실제현호의 평균높이}$$

$$r_1 = Le / Lf$$

따라서, 설계선(4,100TEU 컨테이너선)의 현호에 의한 수정은 264mm이다.

Step 6. 하기 만재 흘수

C _b 에 따른 표정건현	4,413	mm
깊이에 따른 수정	-1,192	mm
선루에 따른 수정	-1,070	mm
현호에 따른 수정	264	mm
형상 건현	2,415	mm
건현용 깊이	13.967	m
허용 하기 만재 흘수	11.55	m
계획 만재 흘수	10.78	m
여유	0.77	m

Step 7. 최소 선수 높이

[Minimum bow height의 계산식]

$L_f < 250$	$B_m = 56L_f(1-L_f/500) \times 1.36 / (C_b + 0.68) (\text{mm})$
$L_f > 250$	$B_m = 7000 \times 1.36 / (C_b + 0.68) (\text{mm})$
$C_b < 0.68$ 경우에는 $C_b = 0.68$	

$L_f > 250, C_b < 0.68 \Rightarrow C_b = 0.68$

$$\begin{aligned}
 B_m &= 7,000 \times 1.36 / (C_b + 0.68) \\
 &= 7,000 \times 1.36 / (0.68 + 0.68) \\
 &= 7,000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

실제 선수 높이(Ba)

$$\begin{aligned}
 Ba &= \text{실제건현} + \text{F.P에서의 현호} + \text{선수루 높이} + \text{선루 높이} + t_{\text{stringer}} \\
 &= (13952 - 10780) + 0 + 3,500 + (21500 - 13952) + 0.015 \\
 &= 14,220 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Actual Bow Height } (H_a) &> \text{Minimum Bow Height } (H_m) \\
 14,220 \text{ mm} & > 7,000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

5. Sketch G/A작성

설계선의 Profile, Deck plan, Tank top plan, Midship section을 작성하시오.

(설계선의 1:100 Scale 선형 외곽 라인을 제공함)

-PROFILE에 배치되어야 할 구획

: CONTAINER, MOORING SPACE, STEERING GEAR RM. CO2 ROOM, VOID TANK, A.P.T.(After Peak Tank), ENGINE ROOM, ACCOMMODATION, DOUBLE BOTTOM, W.W.B.T(Wing Water Ballast Tank), H.F.O.T(Heavy Fuel Oil Tank), D.B.W.B.T(Double Bottom Water Ballast Tank), F.P.T.(Fore Peak Tank), CARGO HOLD 등

- DECK PLAN에 배치되어야 할 구획

: CONTAINER, HATCH

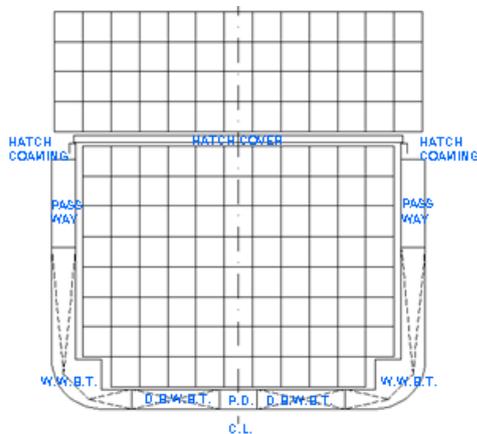
- TANK TOP PLAN에 배치되어야 할 구획

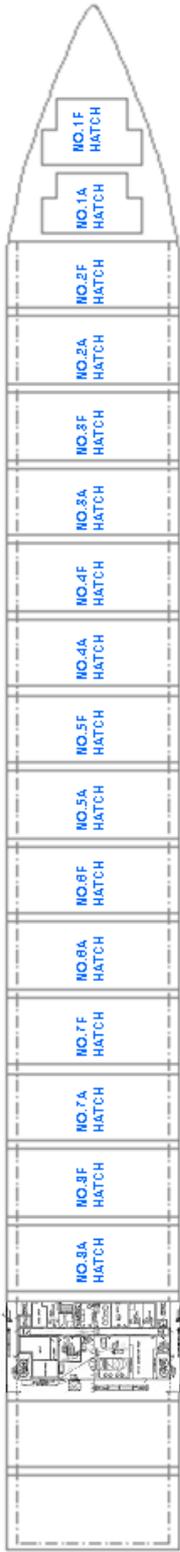
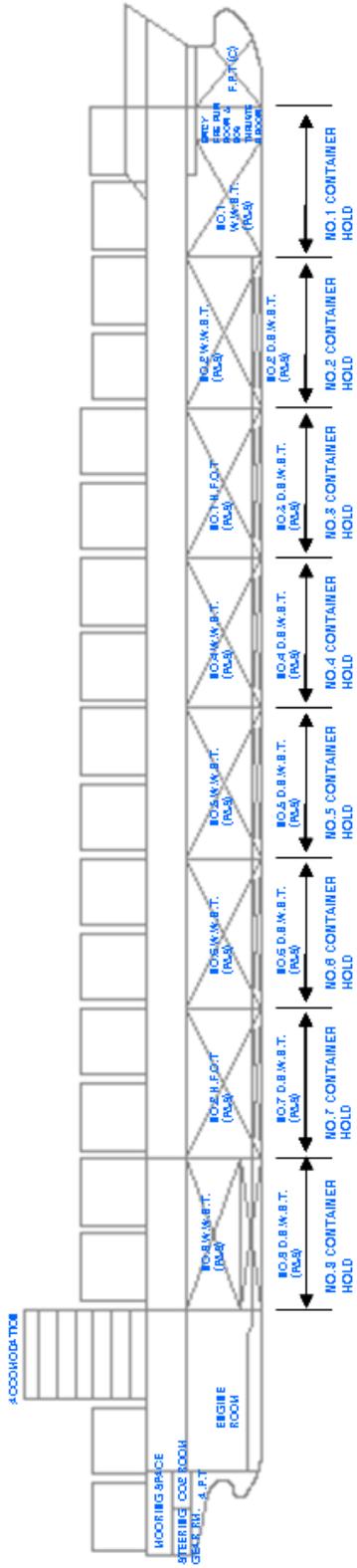
: CONTAINER, W.W.B.T., D.B.W.B.T., H.F.O.T, BOW THRUSTER ROOM, F.P.T. 등

- MIDSHIP SECTION에 배치되어야 할 구획

: CONTAINER, PASS WAY, W.W.B.T., D.B.W.B.T

[Sketch G/A 작성 해당]

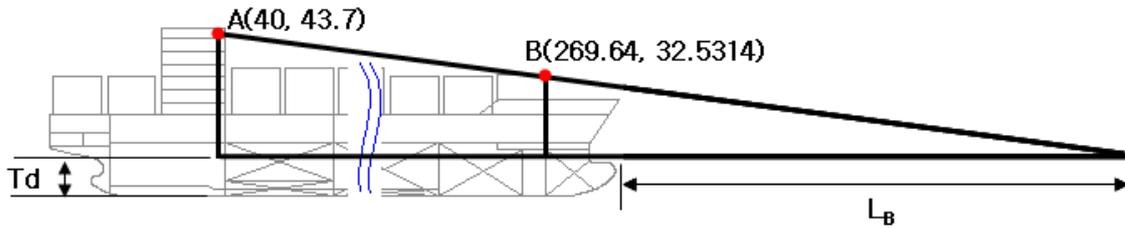




6. Visibility Check

Sketch G/A상에 Space측면에서의 Container를 배치하고, Visibility조건을 만족하는지 확인하시오.

[Visibility Check 작성 해답]



View point(점 A)의 위치는 SOLAS Chap. V / Reg. 22에 의해 결정된다. 기준선의 경우 Accommodation의 우측 벽의 위치는 41.6m인데, view point의 위치는 40m이다. 설계선과 기준선의 Nav. bridge deck와 compass deck사이의 모습(구획 배치, 창문 등)이 동일하다고 가정하면, 설계선의 view point는 설계선의 Accommodation 우측 벽으로부터 1.6m(41.6m-41m) 떨어진 곳에 위치한다고 할 수 있다. 그런데 설계선의 Accommodation의 위치는 기준선과 동일(Accommodation의 우측 벽 위치: 41.6m)하다고 가정하였으므로, 설계선의 view point는 40m(41.6m-1.6m)이다. 따라서 점 A의 종방향 위치는 40.6m이다. Depth가 21.5m이고, Accommodation의 각 층(A deck에서 Nav. bridge deck까지)의 높이는 3.4m간격이고 6층이며, 사람의 눈높이를 1.8m로 가정하므로, 설계선의 view point의 높이는 $21.5 + 3.4 * 6 + 1.8 = 43.7\text{m}$ 이다. 따라서 점 A의 좌표는 (40, 43.7)이다.

Cargo hold의 길이는 12.64m이고, accommodation에서 선수 쪽으로 16개의 cargo hold가 존재한다. Accommodation(우측 벽 위치 41.6m)과 cargo hold의 간격은 1.8m이고, cargo hold 간의 간격은 1.6m이므로, 점 B의 종방향 위치는 $41.6 + 12.64 * 16 + 1.8 + 1.6 * 15 = 269.64\text{m}$ 이다. 점 B와 닿아있는 container의 VCG는 31.236m이고, container의 높이는 8.5 feet이므로, 점 B의 높이는 $31.236 + 8.5 * 0.3048 / 2 = 32.5314\text{m}$ 이다. 따라서 점 B의 좌표는 (269.64, 32.5314)이다.

직각 삼각형의 닦은꼴을 이용하면, $(43.7 - 32.5314) : (269.64 - 40) = (42.35 - 10.78) : (294 - 5 - 40 + L_B)$ 이다. 여기서 10.78m는 Td이고, 294m는 Loa, 5m는 선미와 A.P 간의 거리이다. 이 식을 정리하면, $11.1686 : 229.64 = 32.92 : (247.4 + L_B)$

B)이다. 따라서 $L_B = (229.64 * 32.92 - 11.1686 * 249) / 11.1686 = 427.8752$ 이다.
 $L_B = 427.8752m < \min(2*LOA, 500m) = 500m$ 이므로, visibility 조건을 만족한다.