다목적 선박의 공기조화 장치의 설계

■정 영 록 / (주)신성마린엔지니어링, yr1443@gmail.com
■김 경 배 / 국방기술품질원 부산국방벤처센터, kkbdtaq@empas.com

선박용 공기조화 장치의 설계에 대하여 수순에 의한 방법과 설계사례를 소개 하고자 한다.

서 언

선박은 사용 목적과 그 용도에 따라 여러 종류로 분류 되는데, 이러한 분류의 선박은 선형(船型)과 사용목적에 적합한 냉동 및 공기조화 장치가 설계되어져야 한다.

따라서 선박 냉동 및 공기조화장치를 잘 설계하기 위해서는 선박의 종류와 사용목적과 구조의 특성을 잘 이해하고 대상선박의 조선 기술적인 사항과 그에 관련된 Rule과 Regulation 등을 잘 숙지하여야만 설계목적에 부합하는 가장 이상적인 냉동 및 공기조화장치를 설계 할 수 있을 것이다.

본고에서는 2007년 Singapore에서 건조한 다목적 작업선인 "Multi purpose field support vessel"에 적용한 HAVC system의 설계를 위한 조건과 설계방법을 소개하고자 한다.

공기 조화장치의 설계

선박의 제원

Length over all	= 74.87 m
Length b.p.p	= 67.20 m
Bredth	= 16.40 m
Depth maindeck	= 7.45 m
Accommodation	= 31 persons

설계조건

(1) Design condition (**표 1**)

The main system design is based on 50% fresh

[그림 1] Singapore에서 건조한 다목적 작업선(Multi purpose field support vessel)

<표 1> 외기 및 실내온도 조건

	Cooling	Heating
Outside:	40℃ DB, 70% RH	−20℃ DB
Inside:	28℃ DB, 50% RH	20℃ DB, approx : 50% RH

<표 2> 설계조건

Max. Ambient. air	45℃ D.B	95% RH
Design out side air	35℃ D.B	75% RH
Inside air	24℃ D.B	50% RH

<표 3> 외기 및 주변온도 조건

NO	Location	Temp(℃)
1	Ambient air	45
2	Deck exposed in sunshine	65
3	Deck exposed in sunshade	55
4	Wall exposed in sunshine	55
5	Wall exposed in sunshade	47
6	Air conditioning space	24
7	Passageway & corridor	27
8	Non air−conditioning space	40
9	Unitary toilet	27
10	Public toilet	27
11	Galley	37
12	Engine Room	50

<표 4> 열전달율

NO		Location	kcal/㎡.h℃
1	Ceiling	Non air−cond	4.0
		Corridor	2.55
		Lav. Bath	2.0
		Exposed	0.9
		Non. Air−cond	4.0
2	Floor	Corridor	2.55
		Eng. Space	1.5
		Galley	1.15
3	Bulkhead wall	Shell side(50t insulation)	1.5 ~ 0.9
		Shell side(25t insulation)	1.15 ~ 0.9
		Divided	1.44 ~ 2.24

<표 5> 환기 횟수

NO	Space	Revision (R/h)	Mech. Vent	
			Supply	Exhaust
1	Accommodation cabin room	10 ~ 12		
2	Recreation room	15		
3	Galley	15	12	40
4	Mess room	15		
5	Meeting room	15		
6	Wheel house	10		
7	Toilet/shower	−	−	12
8	Sick bay room	12	−	10

air supply, 50% return air. Please see Air Balance Scheme, and 100% fresh air for intermediate season.

Fresh air rate for each person = 30㎥/h fresh air per person.

(2) Power supply : 3 × 440 V, 60 Hz

(3) Control power : 1 × 220 V, 60 Hz

(4) Refrigerant : Direct expansion of R 404 A

(5) Cooling water : Freshwater 36℃

(6) Heating Medium : Electric heating

(7) Humidification : Drink water spray humidifying with compressed air

(8) Classification : DNV

(9) Flag : Norway(NMA)

(10) Regulations : ISO 7547
SOLAS 1947 with the latest amendments of 2000 & 2002

(11) Motors : Our quotation includes marine motors.
Enclosure IP 55, insulation class F., motor space heater to be supplied.

열부하 계산(Heat Lead Calculation)

(1) Design condition

1) Temperature & Humidity condition(표 2)

<표 6> Air-volume Table

NO	Deck	Room	A(㎡)	V(㎥)	R(T/h)	Q(㎥/h)	
1	Main DK	Sick-Bay	13.0	28.7	10	287	
		Galley	18.0	39.6	15	594	
		W/P	–	–	–	200	Spot. Cool
		Mess. Rm	37.5	82.5	15	1238	
		Rec. Rm	18.9	41.6	15	624	
		Laundry	–	–	–	100	Spot. Cool
		Store	–	–	–	100	Spot. Cool
2	Forecastle DK	4-men(P)	12.9	28.4	12	341	
		4-men(C)	12.9	28.4	12	341	
		4-men(S)	12.9	28.4	12	341	
		2-men(P)	13.1	28.8	10	288	
		2-men(P)	14.8	32.6	10	326	
		2-men(S)	14.0	30.8	10	308	
		2-men(S)	15.7	34.5	10	345	
		2-men(C)	11.3	24.9	10	249	
		Store	–	–	–	100	Spot. Cool
		W/P	–	–	–	100	Spot. Cool
3	Bri. Dk	1-men(P)	10.3	22.7	10	227	
		1-men(s)	10.3	22.7	10	227	
		C/E	14.1	31.0	12	372	
		Master	14.1	31.0	12	372	
		Meeting Rm	13.5	29.7	12	356	
4	Nav. Bri. Dk	W/H	115.3	253.7	10	2537	
		Total	359.6	791.3		9,973 ㎥/h	
5	Tank top	E.C.R	20.6	51.6	40	2,064 ㎥/h	
6	Nav. Br. Dk	W/H	115.3	253.7	14	3,600 ㎥/h	

Note) For spot cooling area, such as galley, laundry, store, public toilet there has no requirement to maintain above temperature and humidity.

2) Fresh air and return air ratio
Fresh air : 50% of total supply air
Return air : 50% of total supply air
Note) Requirement of fresh air min 30㎥/h per person

3) Sea water temperature : 32℃

4) Environment temperature condition(표 3)

5) Heat transfer coefficient coefficient (K-value)(표 4)

6) Air change ratio(표 5)

(2) Air-volume, Distribution(표 6)

(3) Necessary air volume (Vt)
Vt = 9,973 ㎥/h (166 ㎥/min)

(4) Cooling capacity (QT)

$$QT = Vt \frac{1}{V} (iM-iF)$$

$$= 9{,}973\ m^3/h \times \frac{1}{0.83}\ kg/m^3 \times (18.7 - 8.2)\ kcal/g$$

$$= 126{,}164(kcal/h) = 146.7(kW)$$

기기 선정 및 사양서(Specification)

(1) Air handling unit : 1 unit
- Refrigerant : R-404a
- Cooling capacity : 126,164 (146.7 kW)
- Power source : AC 440 V, 3 Ph, 60 Hz

- Control power : AC 220 V, 1 Ph, 60 Hz
- Dimension : 2750 mmL × 2100 mmW × 1425 mmH
- Weight : 2,500 kg

(2) Refrigeration condensing unit : 2 unit

1) R-404a Compressor : 1 set/unit
- Type : Open type, single stage six cylinder reciprocating compressor
- Model : Bitzer 6F. 2(Y)
- Cooling capacity : 126,164 Tc/Te = 40℃/5℃
- Revolution : 1,400 R.P.M.
- Motor input power : 36.4 BkW
- Starting method : Driven by V-belt
- Standard equipment :
  - Compressor with suction and discharge shut-off valves
  - Oil and insert gas filling
  - Oil sump heater (140w)
  - Oil drain valve
  - Oil sight glass
- Accessories :
  - Compressor belt pulley
  - Capacity regulation 33 % / 66 %
  - Thermal protective thermostat
  - Oil pressure safety switch

2) Motor for compressor : 1 set/unit
- Type : Three phase induction motor
- Frame No. : 200 L
- Enclosure : TE
- Cooling method : FC
- Power : AC 440 V, 3 Phase, 60 Hz
- Output : 60 HP(45 kW)
- Insulation class : "F"
- Protect grade : IP 54
- Pole : 4 P
- Full load current : 79 A
- Starting current : 575 A
- Speed (at full load) : 1,760 R. P. M.
- Approximate weight : 315 kg

3) R-22 Air Cooler (Evaporator) : 1 set/unit
- Type : Multi-pass crossed fin tube type
- Cooling method : R-404a direct expansion cooling system
- Cooling capacity : 126,164 kcal/h (146.7 kW)
- Size Fin : 8 R × 38 S × 1000 EL
  pitch - 2.5 mm
  Pipe pitch - 22 × 25 mm
- Material : Tube - Cupper (3/8″)
  Fin - Aluminum
  End plate - G.I. 1.6 t

4) Fan & Motor = 1 set/unit

가) Fan : 1 set/unit
- Model : FD - 180
- Type : Single suction multi-blade centrifugal type
- Air flow rate : 180 m^3/min
- Total pressure : 160 mmAq
- Power consumption : 9.8 kW
- Revolution : 940 R. P. M.

나) Motor : 1 set/unit
- Type : Three phase induction motor
- Frame No. : 160 L
- Enclose : TE
- Cooling method : FC
- Power source : AC 440 V. 3 Ph. 60 Hz
- Output : 20 HP(15 kW)
- Insulation class : "B"
- Protect grade : IP44
- Full load current : 27.0 A
- Starting current : 161.7 A
- Speed (at full load) : 1,750 R. P. M.
- Approximate weight : 136 kg

5) R-22 Drier : 1 set/unit
- Type : Horizontal and cylindrical
- Accessories : stop valve and by-pass valve sight glass

6) Air mixing chamber : 1 set/unit

가) Air filter
- Type : Stainless frame with a washable polyamide filter mat.
  Removal and washable with clean

air or fresh air
- Size : 2,000 mmL × 1,100 mmH

7) Gauge and gauge board & safety device : 1 set/unit
- High press. gauge
- Low press. gauge
- Oil press. gauge
- Water press. gauge
- Hi/low press. switch
- Oil press. switch
- Water press. switch

8) Thermostatic expansion valve : 1 set/unit
9) Suction valve panel : 1 set/unit
10) R-404a valve and fittings : 1 set/unit

Chemicals

(1) Ref. machine oil - Lot
(2) R-404a gas with bombe - bottle
(3) Thermometer with nipple (I-type 0-100℃) for condenser - ea
(4) Thermometer (Dial-type 0-100℃) for suction & discharge - ea

R404A-Piping Diagram

그림 2 참조

Refrigeration Unit

그림 3 참조

Air Handling Unit

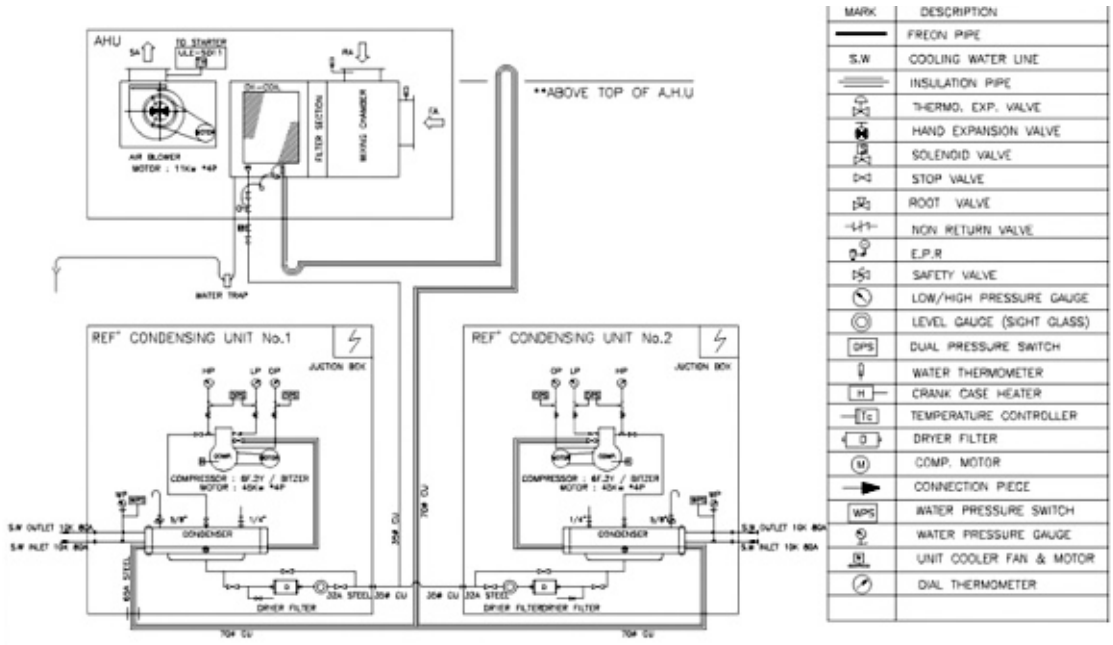
그림 4 참조

Ventilation system

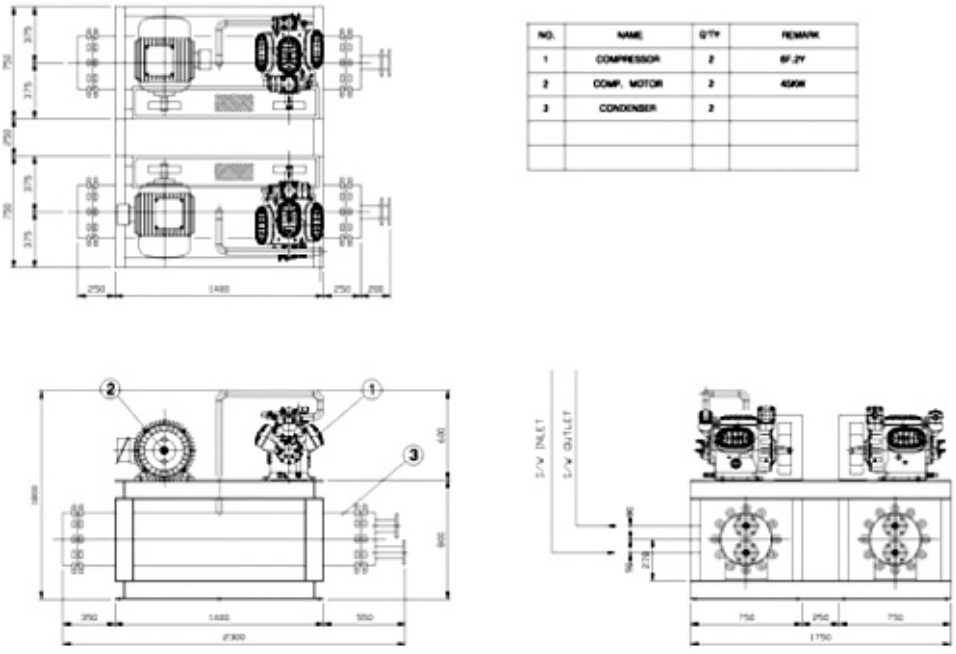
표 6 참조

Air Duct system

(1) Duct의 단면적이 0.02 m²을 초과하는 경우에는 A구역이나 B구역을 통과하는 Deck나

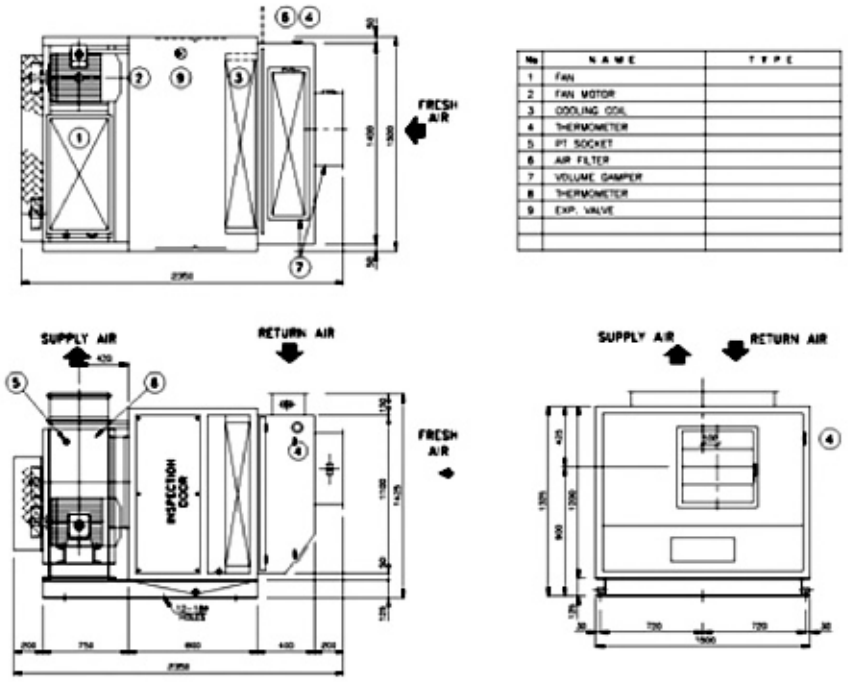


[그림 2] R 404 A Piping Diagram



NO.	NAME	QTY	REMARK
1	COMPRESSOR	2	6F-2Y
2	COMP. MOTOR	2	45KW
3	CONDENSER	2	

[그림 3] Refrigeration Unit



No	NAME	TYPE
1	FAN	
2	FAN MOTOR	
3	COOLING COIL	
4	THERMOMETER	
5	PT SOCKET	
6	AIR FILTER	
7	VOLUME DAMPER	
8	THERMOMETER	
9	EXP. VALVE	

[그림 4] Air Handling Unit

<표 6> Ventilation Fan(Supply & Exhaust)

NO	Q'ty	LOCATION	FUNCTION	AIR VOLUME		MOTOR OutPut
				m^3/min	mmAq	
E-1	1	W/P Laundary (Main Dk.)	Exhaust	7.5	25	0.6
E-1	1	W/P Toilet(Forecastle Dk.)	Exhaust	6.33	25	0.6
E-1	1	Toilet(Bridge&Nav.b.Dk.)	Exhaust	5.83	25	0.6
E-2	1	Main Deck Store(Port)	Supply	8.67	20	0.6
E-2	1	Deck(Paint) Store(Stbd)	Exhaust	5.33	20	0.4
E-3	1	Co2 Room	Exhaust	4.17	12	0.6
E-4	1	Dry(Laundary Room)	Exhaust	10	20	0.6
E-5	1	Bosun Store	Exhaust	12.5	20	0.4
w-6	1	Gallery	Exhaust	26.67	15	0.4
w-7	1	Hospital	Exhaust	5	40	0.4
S-8	1	Gallery	Supply	13.3	20	0.4
S-10	1	Engine Room	Supply	750	55	15
S-11	1	Engine Room	Supply	750	55	15
S-12	1	Emergency Generator Room	Supply	18	20	0.4
S-13	1	Bow Thruster Room	Supply	188.67	20	2.2
S-14	1	Dry Bulk Room	Supply	45	20	0.4
S-15	1	Steering Gear Room	Supply	75	20	0.75
				Total	39.35	

Bulkhead에는 3 mm 이상의 steel plate로 제작 된 관통piece로 제작 취부한다.

(2) Duct의 단면적이 0.075 m^2를 초과하는 경우 A-60구역을 통과하는 Deck나 Bulkhead에는 4.5 mm steel plate로 제작 된 관통piece의 길이가 900 mm 이상이어야 하며 불연성 방열재로 방열 마감 후 Fire damper를 설치한다.

(3) Duct의 단면적이 0.02 m^2 이하인 경우 A구역을 통과하는 Deck나 Bulkhead에는 3 mm 이상의 steel plate로 제작 된 관통 piece의 길이가 200 mm 이상으로 제작 취부한다.

(4) 모든 Duct의 포기치수는 내면 치수를 기준하며 Duct의 설치높이를 표기하는 H는 원형 Duct의 경우에는 Deck나 Bulkhead로부터 원형 Duct의 center부분까지의 치수를 말하며 장방형 Duct의 경우에는 Deck나 Bulkhead로부터 장방형 Duct의 밑면까지의 치수를 말한다.

(5) 본 Duct 도면에는 장방형Duct의 재질은 Galvanized iron sheet로 선정하고 Galvanized iron sheet의 두께는 0.8 mm ~ 1.2 mm로 선정한다.

(6) Water tight 구조에 설치되는 Duct는 10 mm 두께의 steel을 사용하고 A-O class의 Duct는 6 mm 두께로 한다. (**표 7** 참조)

(7) 장방형 Duct의 외부방열은 25 mm 두께의 Thermal insulation재로 방열한 후 Aluminium Foil로 Taping한다.

(8) 장방형 Duct의 연결은 Angle Bar Flange로 한다.(**표 8** 참조)

(9) Air Terminal의 취출 공기량은 설계 공기량의 90% 이상이어야 한다.

(10) Duct의 support와 Hanger는 steel Angle을 사용한다.(**표 9** 참조)

(11) 그 외 Duct의 제작 취부 방법 등은 선박용

<표 7> Duct의 두께

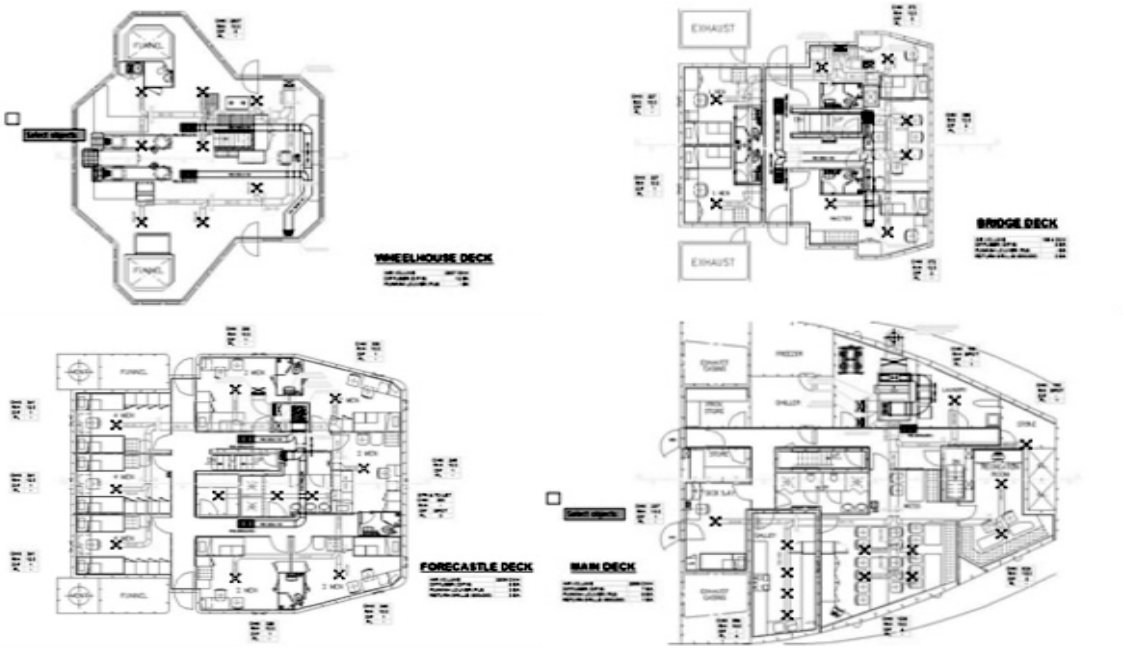
LONGER SIDE OF DUCT (MM)	THICKNESS OF STEEL SHEET (GAUGE)
0 ~ 150	22 (0.8) GALVANIZED STEEL SHEET
151 ~ 300	20 (1.0) GALVANIZED STEEL SHEET
301 ~ 450	18 (1.2) GALVANIZED STEEL SHEET
451 ~ 750	16 (1.5) GALVANIZED STEEL SHEET
751 ~ 900	14 (2.0) GALVANIZED STEEL SHEET
901 ~ 1500	10 (3.0) MILD STEEL PLATE
ABOVE 1501	7 (4.5) MILD STEEL PLATE

<표 8> Duct Hanger

LONGER SIDE OF DUCT (MM)	FLANGE SIZE (ANGLE BAR/FLAT BAR)
0 ~ 300	L20 × 20 × 3t
301 ~ 450	L25 × 25 × 3t
451 ~ 750	L25 × 25 × 3t
751 ~ 1200	L38 × 38 × 3t
1201 ~	L50 × 4t

<표 9> Duct Support / Hanger

LONGER SIDE OR DIA. OF DUCT (MM)	DUCTING SUPPORT MATERIAL	MAX. SPACING
0 ~ 300	L20 × 20× 3t C/W TRIANGLE DOUBLAR PLATE 50× 50× 6t	3000
301 ~ 750	L32× 32× 4t C/W TRIANGLE DOUBLAR PLATE 75× 75× 6t	2400
751 ~ 1500	L50× 50× 6t C/W TRIANGLE DOUBLAR PLATE 100× 100× 8t	1800
1501 ~	L75× 75× 6t C/W TRIANGLE DOUBLAR PLATE 100× 100× 10t	1800



[그림 5] Air Flow Diagram

Duct 표준 설치 방안에 준하여 시행한다.

AIR DUCT DIAGRAM

그림 5 참조

맺음말

이상과 같이 전장(L.O.A) 75 m의 다목적 선박(Multi purpose field support vessel)의 HVAC System설계를 전반적으로 소개하였다.

선박을 대상으로 하는 HVAC설계 시에는 선급의 규정, SOLAS(해상인명안전규약), ILO 등에서 규정하는 Rule에 따라야 하며 그 외 항해구역과 선박의 용도 등을 고려한 HVAC설계가 되어야만 한다.

선박은 이동성, 부양성, 적재성 등의 특수상황을 고려하고 선박의 구조와 특성 등을 잘 이해하여야만 효과적인 선박의 HVAC설계가 이루어진다.

국내 조선산업의 발전과 함께 국내 HVAC업체가 선박용 냉동 공조 시장에 많이 참여하였으면 하는 바람이다.