

선박 공조 설계 적용 사례

■ 김희준 / 삼성중공업 의장설계2팀 선실설계2, heejoon.kim@samsung.com

선박에 적용 중인 공조시스템의 적용사례를 소개하고자 한다

선박의 선실(Accommodation)은 선박이나 해양 구조물을 운영 보수 유지하는 선원들의 거주 구역 및 승객을 위한 편의 시설을 총칭하며 장기간 선상 생활 시 발생하는 진동, 소음 및 화재 등으로부터 보호되고 육상 생활과 동일한 수준의 안락한 거주 환경 확보를 위해 이에 상응하는 각종 시설을 갖춘 최적의 공간배치가 요구되며 해상 인명 안전규약(SOLAS), 국제해사기구(IMO) 및 항만 관청의 까다로운 방화 및 소음 규정에 의거, 적절한 내장재, 보온재 및 흡음재 사용은 물론이고 모든 선실 자체 선정 및 내부 배치는 계약 사양서 및 선원의 지역 특성(유럽/미주/아시아)을 고려한 설계가 필수이고 유조선, 살물선, 컨테이너선 등 일반선과 석유를 채굴(Drilling Ship), 시추, 저장(FPSO)하는 특수선과 여객을 수송하는 여객선으로 분류될 수 있다.

선실구역은 선종 별로 갑판(Deck)수는 차이가 있고 공간별로 배치의 차이가 있으나 일반상선에는 다음과 같이 배치된다.

- 상갑판(Upper Deck) : 각종창고, 공조실, 제어실, 세탁실, 갱의실 등
- A-deck : 식당, 휴게실, 병원, 주방, 사무실 등
- B-deck : 선원 침실 (일부 하급 사관 침실)
- C-deck : 사관 침실 (일부 상급 선원 침실)
- D-deck : 선장급 침실 및 상급 사관 침실
- 항해갑판(NAV. deck) : 조타실, 무전실, 전기창고

선박의 종류 및 승선 인원은 대략적으로 다음의 수준으로 결정된다.

- 일반선(Tanker/Container/LNGC) : 20명 ~ 50명
- 특수선(FPSO/Drilling ship) : 100명 ~ 200명
- 여객선(RO Pax/Cruise ship) : 500명 ~ 2000명

설계조건

설계조건은 선박이 운항되는 기후조건에 따라 선박 발주자에 의해서 주어지나 일반적으로 표 1과 같은 조건이 주어진다,

극지방을 항행하는 선박일 경우 외기온도를 -45℃로 설계하거나 또는 중동, 걸프만 지역을 운항하는 LNG, 채굴선에는 +45℃로 설계하는 경우도 있다.

신선공기 공급비율 (Fresh Air Ratio)

선박 내의 공기 청정도를 유지하기 위한 수치로서 일반 상선의 경우 총 풍량의 50%를 신선공기를 유지하고 있으나 선진국(독일, 북구)에 발주하는 선박의 경우, 자국 법규에 따라 100% 신선공기 도입을 요구하는 사례도 있다.

• 여객선의 신선공기 비율

선실(cabins), 공용실(Public space) : 100% Fresh Air

조타실(Wheelhouse), 계단(stairway), 잠용실(Locker) 등 : 50% Fresh Air

〈표 1〉 선박용 공조시스템 설계 운습도 조건

	외기	실내
여름	+35℃ 70% RH	+27℃ 50% RH
겨울	-20℃	+22℃ 50% RH



〈표 2〉 선박의 공간별 환기 회수

공간	급기 (T/H)	배기(T/H)
Cabin & Office	6	-
Reception Hall	8	-
Main saloon	8	-
Wheel house	10	-
Public Toilet	-	10
Sanitary room	-	5
Dry provision store	10	6
Private Toilet	-	15
Locker & store	5	5

• 최소 환기 회수 (T/H)

선박의 운항국적에 따라 각국에서 요구하는 환기회수는 다르나 대개 공조구역일 경우 Cabin 구역당 6 Times/Hour를 요구한다.

• 1인당 최소신선공기량 (Fresh Air per Person)

선원 1인당 신선공기량은 나라마다 다르게 규정하고 있으며 대략 다음의 값을 적용하고 있다.

영 국 : 25 m³/h

독 일 : 30 m³/h

스웨덴 : 72 m³/h

관련계산에 대한 법규는 각국별 계산 규정이 있으나 특별히 사양에서 요구하지 않을 경우에는 다음의 ISO규정에 준하여 계산한다.

ISO 7547 : 2002, Ships and marine technology - Air conditioning and ventilation of Accommodation spaces - Design condition and basis of calculations

ISO 15138 : Petroleum and natural gas industries - Offshore production installations - Heating, ventilation and air conditioning

공조장치(Ventilation System)

통상 선실 내의 공기를 급기/배기 또는 순환시키는 장치는 실의 기능 또는 법규에 따라 1 ~ 3개의 환기 장치가 배치되나 여객선의 경우 해상인명안

전규약(SOLAS Chap. II-2 Reg 32 1.2)에 따라 주방화구역(Main Fire Zone)은 독립적인 통풍을 요구하므로 수십 대의 공조기 (AHU, Air Handling Unit)가 적용된다.

선실 구역 (개인침실 & 공실)

고속단일 재열 덕트(High Velocity Single Duct System with Reheating System Automatically Controlled) 시스템으로서 각 객실에서 재실인원이 희망하는 온도로 조절 가능한 시스템을 적용한다.

주방구역

저속 단일덕트(Low Velocity Single Duct) 시스템으로서 주방의 특성상 온도조건을 유지할 수 없어 외기온도보다 약 10℃ 낮은 온도를 주방 내 작업자의 주 작업공간에 토출 되도록 취출구를 배치하고 주방의 배기공기는 Hood 및 Conpies를 통해 배출되므로 독립적인 Fan을 설치한다.

열원장치(Cooling & Heating System)

냉매/열매

대부분의 일반 선박에는 직접 팽창식(DX) 냉동장치가 공급되나 대용량인 특수선이나 여객선의 경우 칠러 유닛이 사용된다.

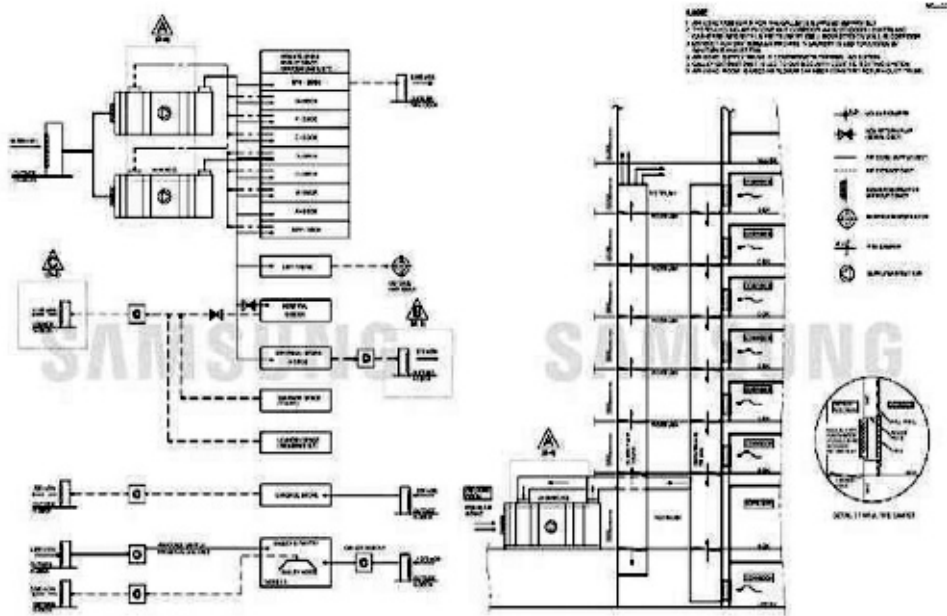
- 냉매 : 1차 냉매로는 R404a 또는 R134a를, 2차 냉매로는 물을 사용

- 열매 : 증기, 전기, 온수

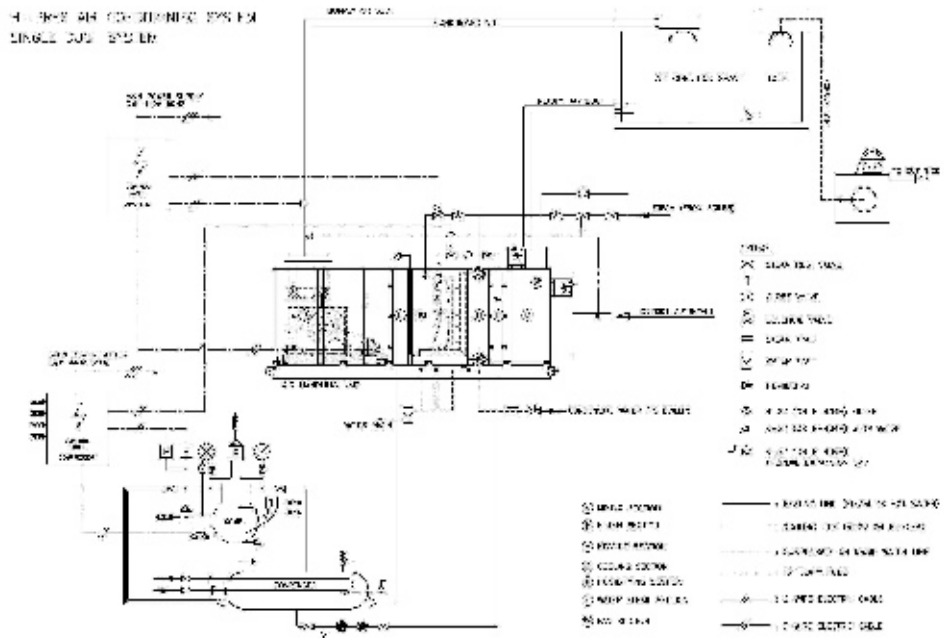
단 공급되는 열원장치는 한정된 선박 공간 내 설치되는 장비로서 모든 부품이 조립된 후 공급된다.

배치설계 및 공간분류

선박 공조장치 배치설계 시 고려되어야 할 사항은 다음과 같다. 선박은 기관실 배기구, 기름 통기관이 협소한 공간에 설치되므로 선실 신선공기 흡입구의 위치 선정은 대단히 중요하다. 초기 일반



[그림 1] 일반선의 환기장치 개념도



[그림 2] 일반선의 공조냉동장치 개념도



배치도 작성시 기본적인 공조실 및 공기 출입구의 공간은 필히 확보 되어야 한다.

- 공조실 배치 검토 시 Air Intake와 Exhaust Outlet의 이격거리를 충분히 검토하고, 특히 개방유희공간(Open Recreation Space)에 각종 통풍구가 설치되지 않도록 유의
- Fans, Motors, Filters와 Coil의 점검 수리공간 확보
- 공조기 크기를 검토하여 공조실 구역 점검
- 전열교환기 (Entalphy Exchanger)의 높이 고려
- 응축수 봉수 (Condensate Water Trap)를 감안한 높이 검토
- 일식제작선실(PreFabricated Cabin)적입 후 천정상부의 작업이 불가하므로 취출기기 (Room Unit)와 Yard의 Duct를 연결하기 위한 공간을 확보하기 위해 취출기기를 개폐 (Hinge Type)가 되도록 함
- 여객선인 경우 공실내의 배기 팬은 흡연 (Smoke Extraction)이 가능한 형식으로 공급되도록 유도. (10분 내에 환기 가능한 용량 일 것)
- Cabin 배기 공기는 Door Grill 및 화장실 하부 덕트를 이용 가능하나, 통로 쪽의 소음을 감안하여 화장실 하부 덕트를 이용함
- 주방 레인지용 배기덕트에는 CO₂ 소화장치를 설치(주방내의 방화뱀퍼는 원격제어 가능한 형식)
- 세탁물건조기 (Drying Tumbler)는 독립적으로 배기되도록 배기 팬 설치
- 화장실 배출공기가 전열교환기 효율을 높이기 위해 사용 될 경우 관련 법규를 확인/검토 필요 각 실의 기능에 따라서 공조장치 구성이 달라질 수 있으나 최소한 아래와 같이 분류 되어야 한다.
- 사용 공간별 분류
개인선실, 공실, 주방, 계단실, 기계실(제어실, 조타실)
- 특수선의 경우 통풍 및 격벽 관통에 대한 방화 등급 설계 기준
화재 발생시 전략에 기초하여 계산 및 설계 (Low Risk area and High risk area구역 정의)
- 관통관은 선급 조건을 만족 시키는 방화 보온

(Fire insulation) 적용

A-60 격벽을 관통하는 덕트는 방화 뱀퍼가 설치되거나 방화 보온된 덕트를 사용하여 구역과 격리

- Low / High risk Area 구역정의

• Typical low risk areas:

Living Quarter Areas excl. Galley and Laundry, Local Control Room, Central Equipment Room, Transformer room, UPS/DC/AC Converters, Instrument Room, Telecommunication Room, Cable Voids, Engine Rooms without hydrocarbons, Workshop/storage without fire potential, HVAC Rooms

• Typical high risk areas:

Diesel engine rooms with fuel storage tanks, Diesel treatment/separation rooms, Galley areas, Laundry

또한 특수선 공조장치는 단순히 선실구역 내에 거주하는 선원들에게 활동하기 쾌적한 상태를 만들어 주기 위한 공기조화 개념과 더불어 안전구역으로 설계 되어져야 하기 때문에 다음 추가설비가 고려된다.

- 유독가스 인입 방지를 위한 선실내의 양압(50 Pa) 유지

- 유독가스 제거를 희석 통풍할 수 있는 장치 설비

- 비상시 필수 장비 가동을 위해 비상전원 없이 공조장치 가동

- 화재시 선내 탈출 위한 제연 설비 또는 효율적인 장비작동 방법구성

덕트 설비

선박의 경우 대부분 천정상부에 공간이 없기 때문에 풍속을 증가시켜 고속 덕트 장치를 적용한다. 하지만 Fan Pressure, power 및 Sound Limit 등의 Factor를 고려하여 중속 또는 저속 덕트 장치를 적용하는 경우도 있다. 대개 사각덕트 보다 원형(spiral duct)를 많이 사용한다.

방화댐퍼

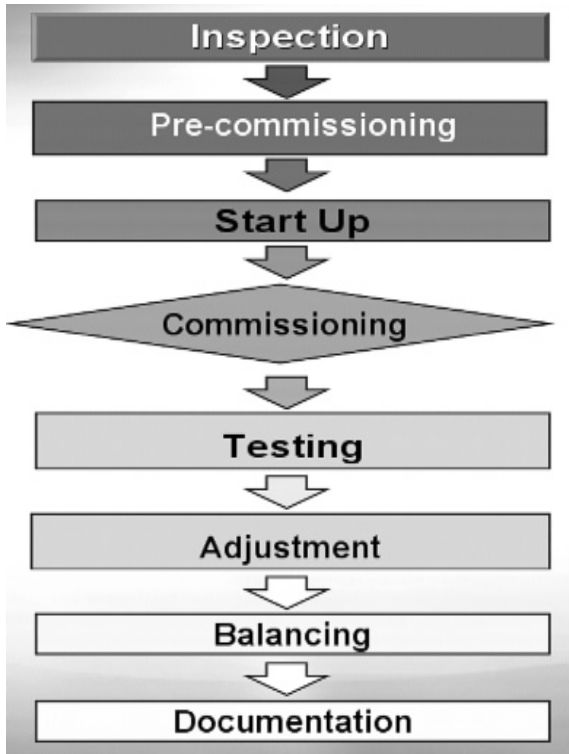
해상인명안전규약(SOLAS)의 방화댐퍼 최소요구 사양은 용융식 댐퍼 (Fusible Link)이나 여객선의 승객의 안전을 고려하여 원격 조정 전기식 또는 공압식 방화 댐퍼로 적용하며 모든 방화 댐퍼는 선급에서 규정하는 시험에 합격한 승인품을 사용해야 한다.

개폐댐퍼(Shut Off Damper)

흡/배기구에는 Damper를 설치되어야 하는데 여객선의 경우 개방갑판(Open Deck)에 인접한 벽면을 A급 방화등급(A-class)을 요구하므로 Fire Damper 또는 동등한 기능을 가진 Shut Off Damper를 설치한다.

방연 댐퍼 (Smoke Damper)

Duct가 한 갑판 (Deck)이상에 공기를 공급/배기할 경우 Smoke Damper를 설치한다.



[그림 3] HVAC 점검 흐름도

소음 규정

선실내의 소음 발생은 배의 건조 사양에 명기 또는 각국 법규에서 요구하는 소음규정이 존재하므로 공조 설계시 예측하여 미리 설계 반영 것이 중요하다. 공조장치에서 소음의 주요인은 각종 Fan 및 공기마찰에 의한 Duct소음이므로 소음예측계산 (Noise Prediction)을 통해 Noise Level 및 Sound level을 검토해야 하며, 요구되는 Sound Level을 유지하기 위해 필요하다면 흡음기 (Sound Absorber) 설치를 검토 한다. 특히 북유럽 노르웨이 국적의 선박일 경우 공조기에서 발생 소음을 30 dB로 규정하고 있고 있어 설계시 유의하여야 한다. 소음 저감을 위한 주요 방안은 다음과 같다.

- 공조실내의 흡음재 시공
- Fan의 급배기 Duct에 흡음덕트 시공
- 개방 갑판의 통풍구에 흡음기 설치
- 특히 개방갑판의 통풍구 저속 및 소음규정에 유의

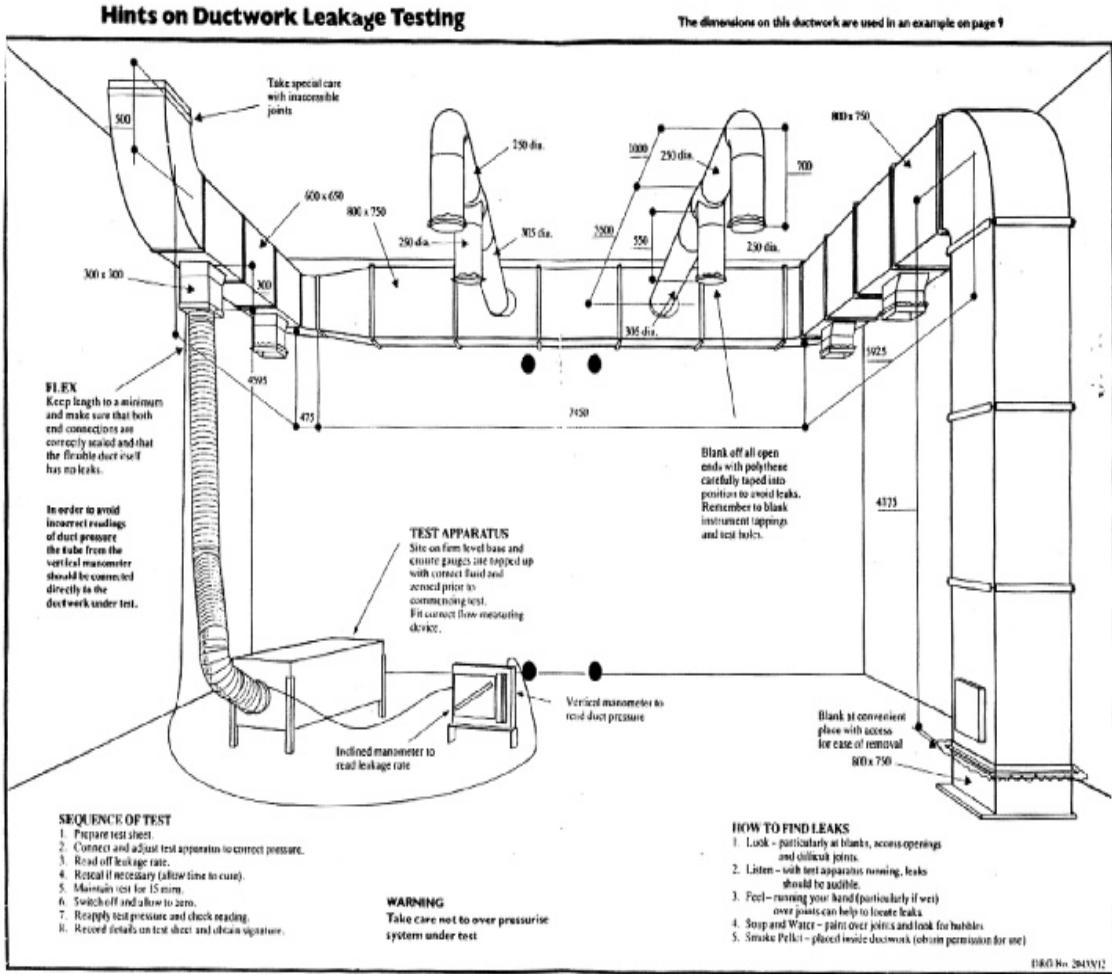
소음관련 주요 규정은 다음에 의한다.

IMO Res. A.468(XII) “Code on Noise Levels on Board Ship”, 1981

장치 검정 및 운전

공조 장치 설치가 완료된 후 장치 성능을 입증하기 위하여 검사를 실시한다. 일반 상선의 경우 주요 장비에 대한 운전검사 및 각 구역들에 대한 공기량 측정이 주가 되지만, 특수선의 경우는 전문적인 HVAC Commissioning 표준(SMACNA, CIBSE, NEBB, etc.)에 따라 행해진다. 그림 3은 HVAC 시스템에 대한 점검 절차를 나타낸다.

일반적으로 공조 장비에 대한 검사와 FAT(Factory Acceptance Test)가 공급전 장비업체에서 행하여진다. 이를 통해 장비의 성능이 합의된 요구조건을 만족하는지 확인한다. 또한 덕트 설치 작업이 완료되면 요구되는 누기 등급이 만족하는지 확인하기 위해서 공인된 시험방법(ex. Eurovent 2/2[34])에 의해 누기시험을 한다. 발주처와의 협의에 따라 부분 점검을 하는 경우도 있으나, 통상 전 덕트에 대한 점검을 하는 경우가 대부분 이다.



[그림 4] 누기시험 개념도

맺음말

상기 기술한 것은 선박공조장치의 일반적인 사항으로 대형 여객선(Cruise Ship)의 공조장치의 경우 수많은 선실, 조종실 구역배치, 덕트 배치 등 대단히 복잡하며, 선박이라는 한정된 공간에 모든 장비를 설비해야 하므로 장비의 최적화가 관건이며, 또한 중량은 배의 성능에 영향을 미치므로 경량화 장비의 선정이 무엇보다 중요하고, 선박의 진동 및 해상 특수성을 감안하여 보다 강한 내

구력을 가진 장비가 요구된다.

공조장치에 요구되는 동력소모량은 선박의 발전 장치에 영향을 주는 인자로 초기계약 시 고려되어야 해야 하며, 선주 측에서는 보다 안락하고 쾌적한 환경을 요구하며, 무엇보다도 운전비용이 적게 소요되는 저동력 소모장치를 요구한다. 따라서 설계자는 사전 System 설계 시 선주와 충분히 협의 및 거주자의 취향을 반영하여 최적의 공조 설계를 하여야 한다. (※)