

590인승 Ro-Pax型 연안여객선의 선실 내 봄철 온열환경 측정평가

황광일† · 신동걸* · 김은수** · 도요한** · 최윤석** · 최정열**

(원고접수일 : 2008년 7월 7일, 원고수정일 : 2008년 8월 27일, 심사완료일 : 2008년 11월 4일)

A Measurement and Evaluation of Indoor Thermal Conditions in Spring of a Coastal Passenger Ship - 590-Passenger Ro-Pax Type

Kwang-Il Hwang† · Dong-Keol Shin* · Eun-Su Kim** · Yo-Han Do** · Yun-Seok Choi** · Jung-Yul Choi**

Abstract : The purpose of this study is to measure and analyze the indoor thermal conditions in the spring of a Korean coastal passenger ship which is 590-passenger Ro-Pax type built at 1997. Especially this study has focussed on the relations between the diffuser open ratio, which can be controlled by 12 steps, and the comfort. Followings are the results of this study. (1) The supply air volume to cabins are maximum 4.3 and 2 times more than design quantity when the diffusers in cabins are open 100% and 50%, respectively. (2) Regardless of diffuser open ratio, the supply air maintains constantly high temperature and below 10% of relative humidity through the experimental days. (3) All the cabins are not satisfied with the ASHRAE comfort criterion at the condition of 100% and 50% of diffuser open ratio, because of high temperature and low relative humidity. (4) At a low diffuser open ratio, number of cabins which satisfy the ASHRAE comfort criterion are increased. (5) Humidifying and dehumidifying, and hvac control system of each cabin must be reviewed and studied at the view of passengers to service more comfort environments.

Key words : Passenger(여객), Ship(선박), HVAC(공조), Indoor(실내), Thermal condition(온열환경)

1. 서 론

1.1 연구배경과 목적

우리나라 조선산업은 2000년 이후 수주, 건조, 수주잔량 등의 통계지표에서 뿐만 아니라 건조기술

에 있어도 세계 조선산업을 선도하고 있다. 그러나 중국의 조선산업이 국가의 지원과 저임금 노동력을 앞세워 일본을 제치고 세계 2대 조선 강국으로 부상하였고, 유럽은 크루즈선 등 특수선 건조를 위한 핵심기술을 확보하고 이를 지키기 위해 노력하는 등 전세계 조선산업의 경쟁은 더욱 치열해지고 있다.

† 교신저자(한국해양대학교 기계·정보공학부, E-mail : hwangki@hhu.ac.kr, Tel : 051)410-4368)

* 한국해양대학교 대학원 냉동공조공학전공

** 한국해양대학교 기계·정보공학부 냉동공조에너지시스템전공

이런 경쟁 상황에서 우리나라는 고부가가치 선박인 초대형 컨테이너선, LNG선, 부유식원유생산장 설비선박(FPSO) 등에 기술력을 집중하는 한편, 크루즈(Cruise)선의 건조를 위하여 2007년 하반기부터 본격적인 기술개발을 시작하였고 또한 건조경험이 풍부한 유럽업체를 인수하는 등 조선업계 선두를 유지하기위해 노력하고 있다.

특히 크루즈 산업은 매년 9.5%씩 수요가 증가하는 성장 산업이며¹⁾, 크루즈선은 한 척에 5~12억 달러 이상 나가는 고부가가치 선박으로 전체 건조비용의 약 40~50%를 거주구와 객실이 차지할 만큼 선실 인테리어와 승선환경을 중요하게 다루고 있다. 특히 크루즈 여행의 특성상 승객은 고가의 운임을 내고 실내에서 장시간 생활하기 때문에 쾌적한 선실 환경이 매우 중요한 건조 기술의 한 분야이다. 그러나 우리나라는 현재 상선과 일부 특수선 분야에서 세계최고의 기술력을 보유하고 있음에도 불구하고, 크루즈선 혹은 여객선 등의 승선 쾌적성과 관련된 설계 및 기자재와 환경디자인 관련 기술은 초보적 단계에 머물러있어 크루즈선 건조에 어려움을 겪고 있다.

본 연구에서는 국내에서 건조되어 운항 중인 590인승 Ro-Pax선의 선실 내 온열환경을 측정하였고 쾌적도를 분석하였다. 또한 향후 본 연구의 성과가 크루즈선의 선박공조 설계를 위한 기초자료가 되기를 기대한다.

1.2 기존연구고찰

선박의 선실내 온열환경과 관련된 연구로는 황광일 등²⁾이 원항여객선의 다양한 객실에 대한 실내 온열환경을 실측하여 선실의 용도, 구조, 위치에 따라 온열환경에 차이가 있으며 선실 내부의 가구 배치에 따라 동일 공조 공간 내에서도 4~6℃의 온도 불균형이 발생하고 있음을 보고했다. 또한 신조 운항실습선을 대상으로 쾌적도를 평가한 신동걸 등^{3),4)}의 연구에서는, 봄철 운항 시에는 낮은 습도로 인해 16.1%만이 ASHRAE가 제시한 쾌적범위에 포함되었고, 여름철 운항 시에는 일사량이 많아지지만 증발하기 쉬운 해상 조건으로 인해 습도가 상승하여 만족도가 약 32%로 향상되었다. 또한 도근

영 등⁵⁾은 상선의 공조 설비는 외기부하의 변화에 대응할 수 있어야 하며, 육상 건물에 비해 상대적으로 높은 상선의 기밀성으로 인해 환기량을 더욱 증가시켜야 한다고 제안하였다.

2. 연구의 범위와 방법

2.1 실측 선박의 개요

현재 부산항과 제주항을 정기운항하고 있는 본 연구의 측정대상 선박은 크루즈 여객선 개발 컨셉으로 1997년에 건조된 590인승 Ro-Pax선이다. 본선은 길이 114.5m, 선폭 20m, 하계 만재흘수 4.75m, 만재톤수 9,000톤, 운항속력 17.8knot이고, 총 6개의 Deck중 승조구역은 상부 3개 Deck로 이루어져 있으며, 승선 승객 Deck의 위치는 Fig.1과 같다.

본 측정선박에는 5대의 AHU(Air Handling Unit)와 1대의 FCU(Fan Coil Unit)이 설치 운전되고 있다. A Deck와 Nav.Brigde Deck는 중앙 계단을 기준으로 전부(前部)의 선실구역과 후부(後部)의 공동생활구역으로 각각 구분하여 공조하고, Upper Deck의 경우에는 후부가 차량(車輛) 적재 공간이기 때문에 1대의 AHU가 Deck 전부의 승객 공간만 냉난방하고 있다. Fig.2는 AHU와 FCU의 설치위치와 이들 기기로부터 각 공조공간으로 전개되는 주관(Main Duct)의 공급계통을 간략히 나타내고 있으며, 또한 실측대상인 6개 선실(점선 사각형)과 AHU의 관계를 보여준다. Table 1은 각 AHU의 설계 부하용량을 정리한 것이다.

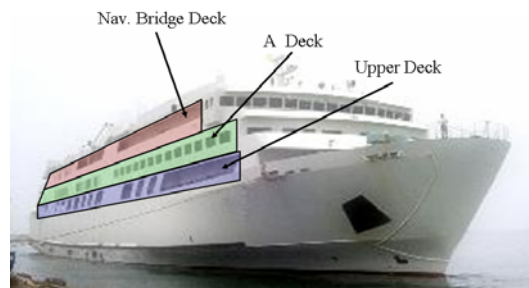


Fig. 1 The external appearance of the measured ship

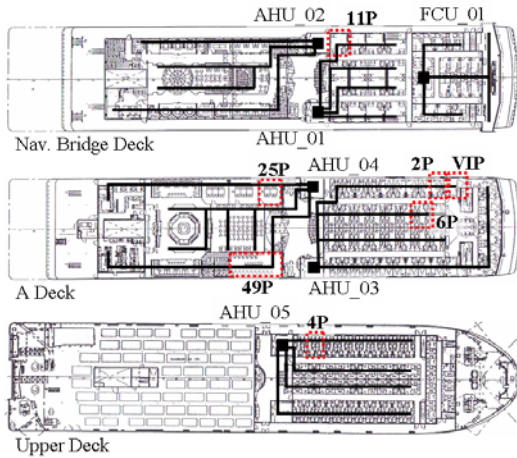


Fig. 2 AHU schematic diagram of the ship and the locations of the measured cabins

Table 1 Specifications of each AHUs

AH U No.	Heating Capacity [kcal/h]	Cooling Capacity [kcal/h]	Humidifier Capacity [kcal/hr]	Designed air supply volume [CMH]
1	25,938	49,945	7,548	4,945
2	68,939	111,158	19,760	12,952
3	60,133	78,131	13,306	7,088
4	88,707	115,480	17,426	16,505
5	46,022	68,366	8,871	7,560

2.2 실측 선실의 개요

본 선박에는 9종류, 총88개의 선실이 있으나 본 연구에서는 Nav.Bridge-deck에 위치한 선실 1개소(11P), Upper-deck에 위치한 선실 1개소(4P), A-deck에 위치한 선실 5개소(VIP, 2P, 25P, 49P) 등 실험목적에 부합하는 총 7개 선실을 측정하였다.

각 선실의 형상과 체원을 Table 2에 정리하였고, 선실구역(VIP,2~11인실)의 급기구와 공동생활구역(25, 49인실)의 급기구의 형상은 Table 3과 같다. 선실구역의 급기구에는 개도조절기(라디오스위치형)가 설치되어 12단계로 풍량을 조절할 수 있지만 공동생활구역에 적용된 슬롯형 급기구는 풍량 조절이 불가능하다.

Table 2 Specifications of the measured cabins

Cabin	Picture	Plane figure	Volume [m ³] (floor area × height)
VIP			- 15.14m ² × 2m - diffuser 1 units
2P			- 9.75m ² × 2m - diffuser 1 units
4P			- 11.02m ² × 2m - diffuser 1 units
6P			- 14.1m ² × 2m - diffuser 1 units
11P			- 13.65m ² × 2m - diffuser 1 units
25P			- 22.66m ² × 2m - diffuser 4 units
49P			- 52.97m ² × 2m - diffuser 9 units

■ — : Diffuser unit

Table 3 Features of diffuser in each cabins

VIP, 2P, 4P, 6P, 11P	25P, 49P

2.3 측정 범위와 방법

본 논문에서는 각 공간의 온습도측정을 위해 부착형 온습도계(TR-72)를 사용하였고, 취출구의 개구(開口)면적과 열풍속도계(YK-2004AH)에 의해 측정된 풍속을 이용해 급기량을 계산하였다. VIP와 2인실(2P), 4인실(4P), 6인실(6P)의 측정 방법은, 재실자가 없는 상태에서 급기구의 개도를 100%, 50%, 0%로 각기 조절하여 실시하였다. 급기구의 개도를 다르게 한 것은 급기구의 조절 능력과 실내 급기량에 따른 온열환경의 변화를 파악하기 위해서이다. 측정지점은 각 선실 바닥면 중앙점에서 1m 높이의 위치로 설정한 실내대표점과 급기구 출구에 각각 온습도계를 설치하였다. 한편 공동생활구역인 25인실(25P)과 49인실(49P)실은 본선의 운항목적 상 승객들이 가장 많이 이용하는 공간으로 항상 승객들의 빈번한 출입과 활동 때문

에 다른 선실과는 다르게 재실자의 영향을 받지 않도록 선실 벽과 바닥에서 각각 1m 떨어진 지점을 대표점으로 설정하였다. 온습도는 1분 간격으로 측정하였고, 풍량 측정은 각 상황별로 3회씩 수행하였다.

2.4 측정 일시 및 외기조건

측정기간은 2008년 3월 24일부터 27일까지이고 선박 운항시간인 오후 7시부터 명일 새벽 6시까지 측정하였다. 측정공간과 측정일을 Table 4에 정리하였다.

실측한 외기조건을 나타낸 Fig. 3에서, 측정 1일차, 2일차, 3일차의 외기 온도는 7~15℃의 분포를 보이고 야간에도 7℃이상 유지하고 있으며 습도도 50% 이상 나타내는 등 실측기간 중의 외기조건은 봄철의 해양기후 특성을 갖고 있음을 알 수 있다^[6].

Table 4 Measurement conditions

Measurement Cabin	Date
VIP, 2P, 4P, 6P, 11P	2008.3.24~2008.3.27
25P	2008.3.24~2008.3.25
49P	2008.3.25~2008.3.27

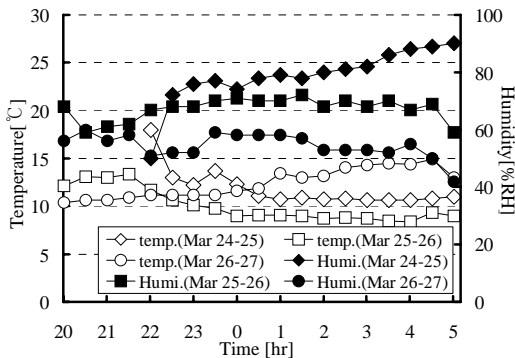


Fig. 3 Temperature and humidity conditions of outdoor

3. 실측결과 및 분석

3.1 급기구 개도에 따른 실별 급기량

각 선실의 급기구를 100%, 50% 개도할 때의

토출풍속을 2회씩 측정하여 급기량을 구하였다. 그러나 개도조절이 불가능한 슬롯형 급기구가 설치된 25인실과 49인실은 개도 조절 없이 2회씩 측정하였다.

각 선실의 급기구 개도조절에 따른 풍량과 환기회수 측정결과를 Fig. 4과 Fig. 5에 각각 나타내었다.

VIP실, 2인실, 4인실, 6인실, 11인실을 대상으로 급기구 개도율 100%에서 측정된 풍량은 377~642CMH(m³/hr)로 설계풍량에 비해 약 2~4.3배 많게 나타났고, 25인실과 49인실의 측정 풍량은 각각 1,362CMH, 1,266CMH로 설계풍량의 약 1.6배, 약 0.7배로 나타났다. 또한 환기회수로 환산한 평가에서는 측정된 환기회수가 14~29ACH(Air Change per Hour)로 산정됨에 따라 선실의 기준환기회수 6ACH보다 약 2~5배 크게 나타났다.

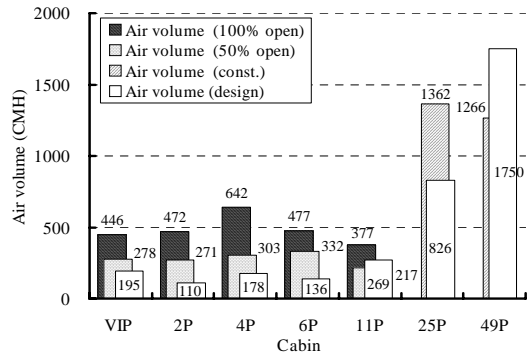


Fig. 4 Air supply volume of each cabins

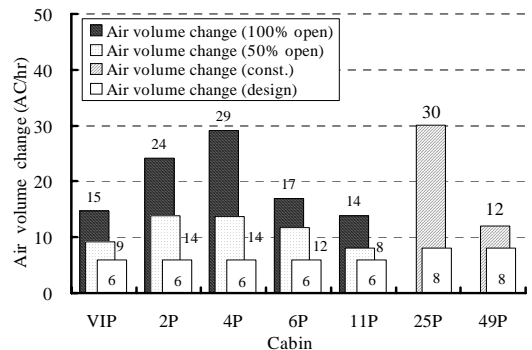


Fig. 5 Air volume change of each cabins

한편, 급기구 개도를 50%에서도 풍량은 기준치에 비해 2배정도 높게 나타났고, 환기회수로는 8~29ACH로 측정되어 설계환기회수 기준에 비해 1.3~3.2배 많이 공급되고 있음을 알 수 있다.

3.2 급기구 개도에 따른 실별 온열환경

VIP실, 4인실, 11인실, 49인실의 급기구 개도를 100%, 50%, 0%로 조절했을 때의 각 온습도 측정결과는 다음과 같다.

VIP실의 온습도 측정결과를 보여주는 Fig. 6과 7에서 급기구 출구에서의 온도는 개도 변화에 관계없이 40℃를 일정하게 유지하지만 개도를 많이 할수록 실내 대표점 온도는 상승함을 알 수 있다. 그러나 상대습도 10% 미만의 매우 건조한 공기가 공급되기 때문에 시간이 경과할수록 100%, 50% 개도에서의 실내 습도는 20% 수준으로 낮아지지만 급기구를 닫았을 때는 40%로 일정하였다. 이는 건조한 고온공기의 다량 유입으로 인해 실내의 상대습도가 낮아지기 때문이다.

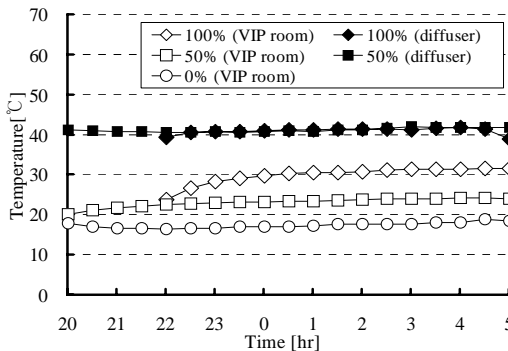


Fig. 6 Temperature variation in VIP Room

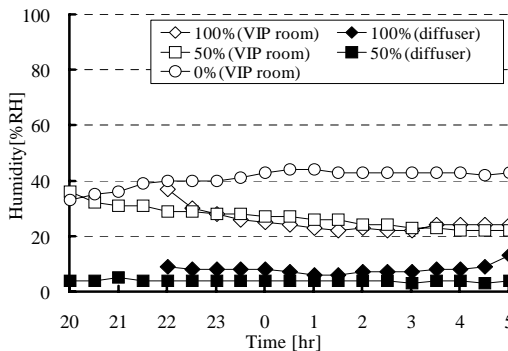


Fig. 7 Humidity variation in VIP Room

4인실의 경우에는 급기온도는 시간이 경과함에 따라 높아져 새벽 4, 5시에는 60℃ 이상이 되었고 이 때 급기의 상대습도는 0%에 가까운 상태로 측정되었다. 이로 인해 실내온도 역시 시간이 경과함에 따라 100% 개도일 때 39℃, 50% 개도일 때 37℃의 매우 더운 환경이 실내에 형성되었지만, 실내 습도는 VIP실보다 5% 더 낮은 상태임을 Fig. 8과 9는 각각 보여준다. 이는 VIP실에 비해 4인실의 공간체적이 더 작음에 불구하고 4인실의 급기온도가 더 높기 때문에 4인실의 실내 상대습도는 더 낮아진 것이다.

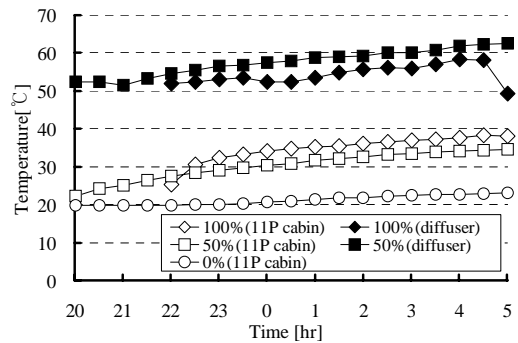


Fig. 8 Temperature variation in 4P cabin

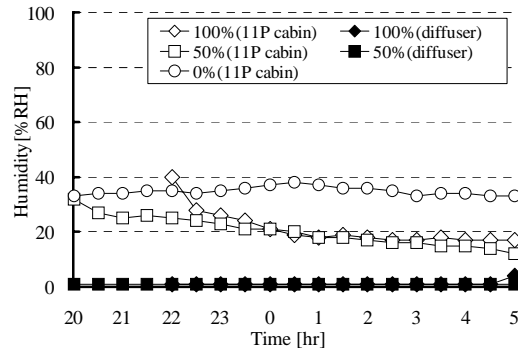


Fig. 9 Humidity variation in 4P cabin

또한 Fig. 10과 Fig. 11에서, 11인실의 급기온도는 VIP실과 비슷한 40± 5℃로 측정되었지만 실내온도는 VIP실에 비해 약 5℃ 정도 높고 실내습도는 20~25%의 일정한 상태로 급기구 개도의 영향을 크게 받지 않음을 알 수 있다.

한편, Fig. 12는 개도조절이 불가능한 슬롯형 급기구가 설치된 49인실의 온습도 측정결과를 보

여준다. 승객들의 출입이 잦아 외기 침입이 자주 발생한 20시부터 22시까지는 온도가 30℃ 미만이었으나 승객들이 잠을 자기 시작해 재실자 수가 안정적인 상태를 유지한 23시 이후로는 온도가 상승하여 30℃의 안정적인 온도분포를 보이고 있다. 그러나 습도는 25% 이하의 매우 건조한 상태로 측정되었고, 온도변화와 반비례적으로 변화하는 경향을 약하게 보여준다.

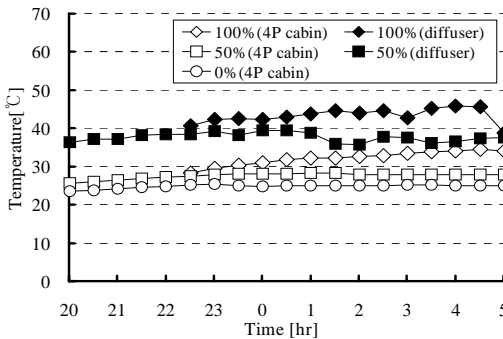


Fig. 10 Temperature variation in 11P cabin

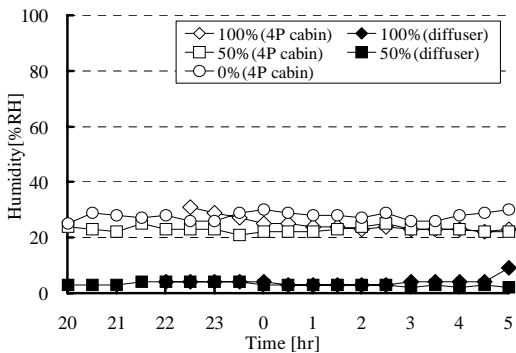


Fig. 11 Humidity variation in 11P cabin

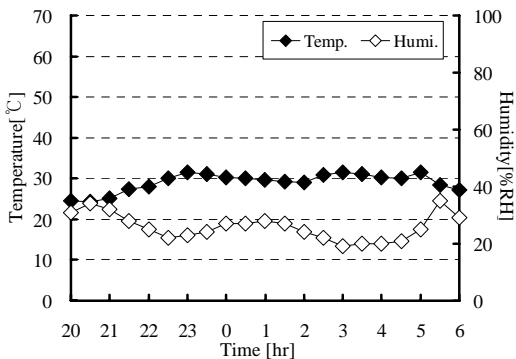


Fig. 12 Temp. & Humi. variation in 49 cabin

3.3 급기구 개도조절과 쾌적성 평가

Fig. 13은 급기구 개도 100%, 50%, 0%일 때의 온열환경에 따른 쾌적도를 파악하기 위해 각 객실의 측정결과를 ASHRAE 쾌적범위⁷⁾에 반영한 것이다.

급기구를 100% 개도했을 때는 모든 선실이 높은 온도와 낮은 습도로 인해 ASHRAE가 제시한 쾌적범위를 만족하지 못했다. 급기구 50% 개도일 때의 VIP실은 낮은 습도에도 불구하고 실내온도의 적정성으로 쾌적조건을 겨우 만족하지만 다른 선실들은 모두 높은 실내온도로 인해 쾌적범위를 벗어나 있다. 한편 급기구를 닫았을 때, 즉 0% 개도에서는 4인실, 6인실, 11인실이 쾌적범위안에 있지만 고급선실인 VIP실과 2인실은 낮은 실내온도로 인해 쾌적조건을 만족시키지 못하고 있다.

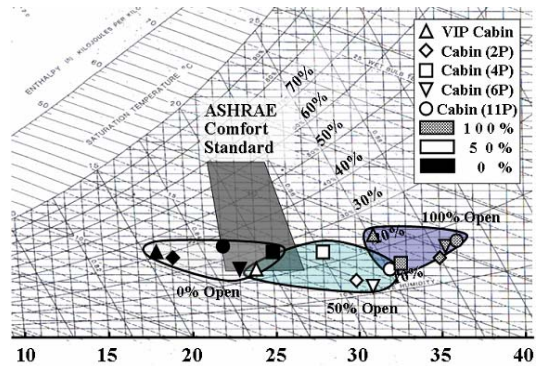


Fig. 13 Measured each discharged volume conditions marked on ASHRAE comfort standard

4. 결 론

본 논문은 1997년에 국내에서 건조되어 현재 부산, 제주 간을 운항하고 있는 590인승 Ro-Pax급 여객선의 봄철 운항 중 선내 온열환경을 측정평가한 것으로 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 각 선실 급기구를 100% 개도한 상태에서 측정된 급기량은 설계풍량 대비 최대 4.3배, 50% 개도한 상태에서는 2배 이상 많은 풍량이 공급되고 있다.

2) 급기구 개도 변화에 따른 선실 내로의 급기온

도는 큰 차이가 없었지만, 설실 내 대표점의 온도는 급기량 감소에 따라 10℃ 이상 차이가 발생하였다. 이를 통해 급기구 개도 조절능력을 확인 할 수 있다.

3) 급기구 개도 변화와 상관없이 선실 내로 공급되는 상대습도는 10% 미만이었으며, 급기구 개도율이 클수록 다량의 건조공기 공급으로 인해 실내습도는 낮아지는 현상이 나타났으며, 급기구 개도에 따라 20% 이상 습도차이가 발생하는 경우도 있었다. 급기구를 완전히 닫았을 때의 상대습도가 40% 수준으로 쾌적범위 내에 포함되는 것으로 측정되었다.

4) 49인실의 대형선실을 측정된 결과, 실내환경은 승객의 잦은 출입에 영향을 받고 있으며, 평균 온도는 30℃, 평균습도는 18%정도로 측정되었다.

5) 쾌적성 분석 결과, 급기구의 개도율이 50% 이상일 경우에는 VIP실을 제외한 모든의 선실에서 높은 온도와 낮은 습도 때문에 쾌적범위에서 벗어났으며, 급기구를 완전히 닫은 조건(개도율 0%)에서는 4인실, 6인실, 11인실이 쾌적조건을 만족하고 있다.

본 연구를 통해 급기구의 개도조절에 의한 실내환경 조절능력을 확인하였다. 그러나 급기구의 개도율에 따른 온도조절 능력에 비해 AHU로부터 낮은 습도의 건조공기가 실내로 유입됨에 따라 쾌적조건 만족율은 매우 낮았다. 따라서 향후에는 거주구역의 쾌적성 향상을 위한 가습과 제습 방법에 대한 연구를 수행할 계획이다.

참고문헌

[1] 황진희, 홍장원, 김은수, “크루즈 관광산업 발전 기반 조성방안”, 한국해양수산개발원, 2006. 12.

[2] 황광일, 이상우, 심재건, 박민강, 문태일, “선박 선실 내의 실내공기환경 실태 조사에 관한 연구-원항 여객선 선실의 동절기 온열환경-”, 한국마린엔지니어링학회지, Vol.31, No.4, pp.370-376, 2007.5.

[3] 신동걸, 이진욱, 이형기, 황광일 “신조 실습선의 봄철 온열 환경 평가” 한국마린엔지니어링학회지 Vol.31, No.8, pp.939-946, 2007. 11.

[4] 신동걸, 이진욱, 이형기, 황광일 “신조 운항실습선의 여름철 실내 온열환경 실측평가” 한국마린엔지니어링학회지 Vol.32, No.2, pp.276-283, 2008. 3.

[5] 도근영, 송화철, “해상호텔의 공조설비에 관한 연구”, 2003년도추계학술발표대회논문집, 한국생태환경건축학회, 2003.11

[6] 기상청, <http://www.kma.go.kr>

[7] ANSI/ASHRAE Standard 55-92 : Thermal environmental conditions for human occupancy, 1992

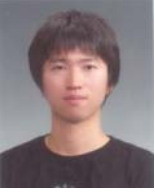
저 자 소 개



황광일(黃光一)
 1988년 고려대학교 기계공학과 졸업(학사), 1991년 고려대학교 대학원 기계공학과 졸업(석사), 1996년 Waseda Univ. 건설공학과 졸업(박사), 1996년~2004년 삼성건설, 삼성전자, 2004년~현재 한국해양대학교 기계정보공학부



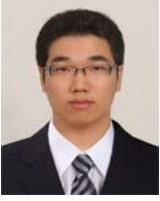
신동걸(申東傑)
 2007년 한국해양대학교 기계정보공학부 졸업(학사), 현재 한국해양대학교 냉동공조학과 대학원 석사과정



김은수(金恩成)
 2008년 한국해양대학교 기계정보공학부 냉동공조·에너지시스템공학전공 재학



도요한(都耀翰)
 2008년 한국해양대학교 기계정보공학부 냉동공조·에너지시스템공학전공 재학



최윤식(崔鈞碩)

2008년 한국해양대학교 기계정보공학
부 냉동공조·에너지시스템공학전공
재학



최정렬(崔正烈)

2008년 한국해양대학교 기계정보공학
부 냉동공조·에너지시스템공학전공
재학