

## 압입식 송풍방식을 적용한 AHU의 성능 향상을 위한 연구

장호성\* · 김은필†

(원고접수일 : 2008년 4월 28일, 원고수정일 : 2008년 8월 21일, 심사완료일 : 2008년 11월 13일)

### A Study on Performance Enhancement of AHU with a Pressure Type Fan

H. S. Jang\* · E. P. Kim†

**Abstract :** The miniaturization of the Air Handling Unit (AHU) has become an actual need because of the restriction of the using space on the vessel. In modern AHU's construction, in which the fan section is at the end part of the ship, it's very difficult to select a suitable capacity of evaporators, because the fan motor emits heat. Thus, the AHU structure has been changed as the fan section has been set before the cooling coil to get temperature values similar to the designed amount. Also, the air guider is installed in order to maintain equal air distribution after it passed the fan section. So, it is possible for air to equally pass the cooling coil. It is investigated three different geometries to find the best performance. Also, It is compared with the numerical and experimental results. The study found the case 3 gives the best results. The results of this study show the possible application of the new design.

**Key words :** AHU(공조장치), Air guide(공기 가이드), Cooling coil(냉각코일)

#### 기호 설명

$\alpha$  : 열확산계수 [ $m^2/s$ ]

$\beta$  : 열팽창 계수 [ $1/K$ ]

$\lambda$  : 공기 과잉율

$\tau$  : 연소 혼합 시간 [ms]

단계와 단순 제작 과정을 거쳐 이제는 독자적인 설계 기술과 성능 평가 기술을 가미한 연구가 학계와 업계에서 활발히 진행되고 있다<sup>[1]</sup>. 선박 분야에 있어서 공조장치는 선박내의 쾌적한 환경을 만들기 위하여 개발되었고, 대부분 여객선의 객실, 공동구역에 주로 설치되었다. 그러나 선박이 최신화 됨에 따라 공조장치의 장비가 승무원의 작업환경의 개선 등의 목적으로 유조선에서 일반 화물선까지 적용되어 선박공조장치 설계는 선박설계에 있어서 중요한 인자가 되었다<sup>[2]</sup>. 특히 갈수록 심화되고 있는 선박 내부 사용공간의 제약성으로 인해 AHU의 최적화가 요구되고 있는 실정이다.

#### 1. 서 론

우리나라 공조장치(AHU, Air Handling Unit) 기술은 그 동안 선진국의 기술을 모방하는

† 교신저자(부경대학교 공과대학 기계공학부, E-mail : ekim@pknu.ac.kr, Tel : 051-629-6182)

\* 부경대학교 냉동공조공학과

현재의 AHU 구조는 팬 부분이 후단부에 있는 형태로, 이러한 구조에서는 팬모터의 발열에 따른 증발기(냉각코일) 용량 선정에 어려움이 많다<sup>[3]</sup>. 실제 팬모터의 발열로 인한 높은 온도상승으로 인해 주어진 공간의 설계온도를 얻기가 힘들다.

이에 현재의 AHU 구조를 Fig. 1과 같이 변경하여 팬 부분을 냉각코일 전단에 배치하여 설계치와 유사한 온도상승을 도모하며, 또한 이를 통해 냉각코일의 용량을 줄이고자 한다.

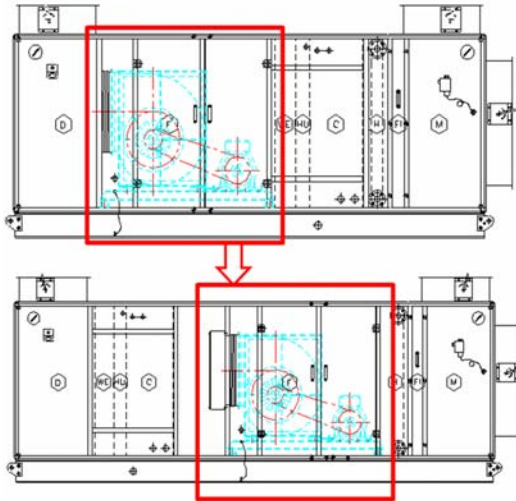


Fig. 1 Schematic of a suction and pressure type AHU

팬 부분을 통과한 공기가 냉각코일 전단에 걸쳐 고루 분포된 상태에서 통과될 수 있도록 공기 가이드의 연구를 실시하여 냉각 코일 전반부에 유동이 촉진될 수 있도록 유도하였다. 냉각코일을 통과하는 공기가 고루 분포되어 통과하지 못하면 부하의 불균등으로 인해 제 성능을 발휘하지 못하게 된다. 또한 공기 가이드의 부가적인 기능으로 팬 블레이드의 파손시 냉각코일과 히팅코일의 파손을 방지할 수 있도록 하였다.

따라서, 팬 구간을 냉각코일 전단으로 옮김에 냉각코일 전단에 공기 가이드를 설치하여 냉각코일로 들어가는 공기를 고루 분산시킬 수 있는 공기 가이드의 형상을 수치해석과 실험을 통해 최적화 하는 것이 본 연구의 목적이다.

## 2. 이 론

AHU의 송풍방식이 흡입식에서 압입식으로 변경됨에 따라 팬에서 취출되는 공기가 냉각코일로 유입될 시 균일한 풍속을 형성시킬 수 없을 것으로 판단되어, 팬 구간과 냉각코일 구간 사이에 공기 가이드 구간을 추가하여 냉각코일 입구 전반에 걸쳐 균일한 풍속을 생성하기 위한 공기 가이드 형상을 도출하는 것이다.

AHU에 적용될 공기가이드는 Fig. 2와 같이 case1, case2, case3을 선택하여 해석을 실시하였다.

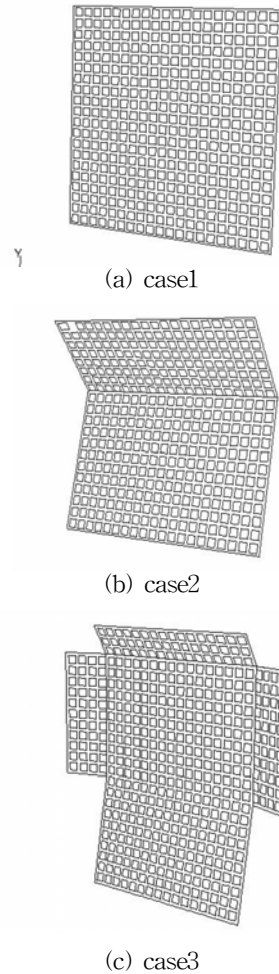


Fig. 2 Air guides

AHU 내부의 유체유동과 대류 열전달특성의 수치 해석을 위한 가정은 정상상태 유동과 열전달, 비압축성 유체, 층류유동, 복사 열전달 무시, 유체와 고체의 물성치 상수(유체의 점성 제외)로 가정하였다.

그러나 결과값에 큰 영향을 미치는 공기의 점성은 온도 변화에 따라 변하므로 고려하였다. 즉 자연대류에서 부력에 의해 야기된 유동의 크기는 Rayleigh 수에 의해 알 수 있고 정의는 다음과 같다.

$$Ra = \frac{g \beta \Delta T L^3 \rho}{\mu \alpha} \quad (1)$$

여기서  $\beta$ 는 열팽창 계수로 다음과 같이 정의된다.

$$\beta = \frac{-1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial T} \quad (2)$$

Boussinesq 모델은 운동량 방정식에서의 부력항을 제외하고는 모든 알려진 방정식에서의 밀도를 일정한 값으로 다음과 같다.

$$(\rho - \rho_0) g \cong -\rho_0 \beta (T - T_0) g \quad (3)$$

여기서  $\rho$ 는 유체의 밀도(일정),  $T_0$ 는 온도,  $\beta$ 는 열팽창계수다.

이상의 가정 하에 연속 방정식, 운동량 방정식, 에너지 방정식<sup>[4]</sup>을 위한 수치해석은 열·유동 전용 해석 프로그램인 Fluent 6.2를 사용하였다<sup>[5]</sup>.

### 3. 결과 및 토의

팬 구간부터 냉각코일 후단부까지 전체를 모델링할 경우 수치해석에 해당하는 부분이 상당히 크기 때문에 격자 생성시 오차 발생 및 다량의 격자로 인해 해석 시간이 지체되어 팬 취출구부터 냉각코일 입구까지 모델링하여 해석을 실시하였다.

모델링에 사용된 격자의 수는 case1이 80만개, case의 100만개, case 370만개로 정렬격자를 사용하였다. 격자의 품질은 최저 0.2로 해석의 안정도를 확인하였으며, 공기 가이드의 크기는 실제 실험과 동일하게 모델링하여 수치해석을 실시하였다.

수치해석에 사용된 경계 조건은 실제 팬 구간에서 취출되는 공기의 속도가 취출구 상하좌우 위치

에 따라 다르게 나타나 Fig. 3과 같이 취출구를 10개의 존으로 나누어 속도를 측정하여 해석에 적용하였다. 해석에 사용된 공기 가이드의 공기 유입 속도는 Table 1과 같다.

inlet_01		inlet_02	
inlet_03	inlet_04	inlet_05	inlet_06
inlet_07	inlet_08	inlet_09	inlet_10

Fig. 3 Zones of inlet area

Table 1 Boundary conditions of inlet area

Velocity [m/s]	x	y	z
inlet_01	15.0589	-1.4711	0.1803
inlet_02	14.357	-1.8411	-0.2207
inlet_03	1.9103	-1.4455	1.8445
inlet_04	8.1338	-3.9254	1.1905
inlet_05	7.7478	-5.3800	-2.2306
inlet_06	1.4749	-0.8398	-2.5959
inlet_07	0	0	0
inlet_08	0	0	0
inlet_09	0	0	0
inlet_10	0	0	0

Case 1, 2, 3의 유동형태를 알아보기 앞서 수치해석의 신뢰도를 확보하기 위해 실험과 수치해석을 실시하였다. case1을 장착된 상태에서 공기 가이드 후단(냉각코일 전단) 460 mm 지점에서 Fig. 4와 같이 가로, 세로 200 mm 간격으로 각각 4, 6 point씩 24 지점으로 나누어 풍속을 측정하였다. 각 지점별 결과는 Table. 2와 같고, Fig. 5는 가로별 평균 풍속을 나타낸다. 실험에 대한 자세한 내용은 참고논문<sup>[6]</sup>에 기술되어 있다.

수치해석은 공기 가이드 부분을 case1이 부착한 형상을 모델링하여 팬으로부터 취출되는 속도값을

입력하였을 때 냉각코일로 유입되는 풍속을 구하였다. 또한 수치해석을 통한 위치별 풍속그래프와 실험을 통해 측정된 속도그래프를 Fig. 6과 같이 비교해석을 통해 신뢰도를 측정하였다.

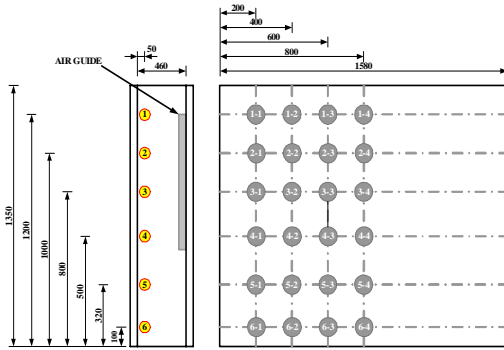


Fig. 4 Points for air velocity measurement

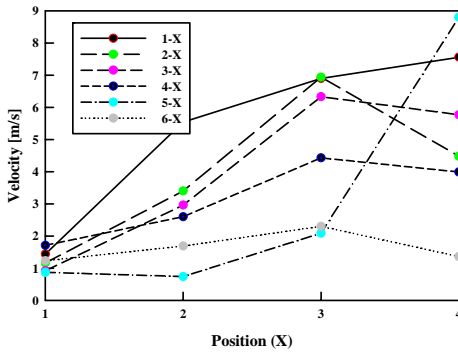


Fig. 5 Results of horizontal velocity measurement

Table 2 Results of air velocity measurement

Test Point	Air Velocity [m/s]	Average Velocity [m/s]	Test Point	Air Velocity [m/s]	Average Velocity [m/s]
1-1	1.44	5.36	4-1	1.71	3.18
1-2	5.54		4-2	2.60	
1-3	6.90		4-3	4.43	
1-4	7.56		4-4	3.99	
2-1	1.16	4.00	5-1	0.87	3.13
2-2	3.40		5-2	0.74	
2-3	6.94		5-3	2.09	
2-4	4.48		5-4	8.80	
3-1	0.92	4.00	6-1	1.23	1.65
3-2	2.96		6-2	1.69	
3-3	6.33		6-3	2.30	
3-4	5.77		6-4	1.36	

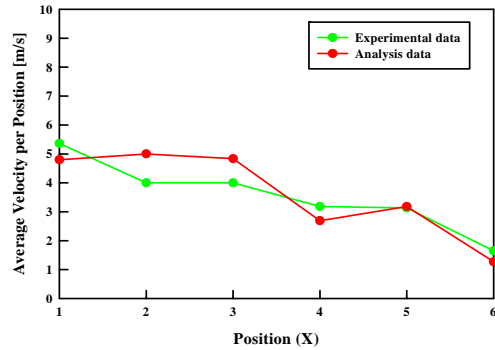


Fig. 6 Comparison of experimental data and analysis data

비교해석 결과 최대 오차율 18.3%로 수치해석을 위한 비교적 안정적인 결과임을 확인할 수 있었다. 신뢰도를 확보한 후 case2, case3이 기존 공기 가이드의 대체품으로 유동을 고르게 분산할 수 있는지 수치해석을 실시하였다.

공기 가이드 case1의 실험 및 수치해석을 실시하여 실험 Data와 수치해석 Data의 비교해석을 통해 수치해석의 신뢰도를 확보하였다. 이를 바탕으로 공기 가이드 case2, case3의 해석을 실시하였다. Fig. 7은 case1의 경우에 속도분포도를 나타내 것이다. 그림에서 상부는 속도가 빠르게 나타나고 있으며 중앙 하부에는 속도를 분포가 느리게 나타나고 있는 영역이 있어 상부영역과 하부영역의 속도차가 많이 나타나고 있다. Fig. 8은 case2의 경우로 Fig. 7과 같이 상부만 유동이 빠르게 나타나 속도가 전체적으로 고르지 못하였다. 속도의 분포는 더욱 불균형을 이루고 있음을 알 수 있다. 따라서 case2의 경우는 공기의 흐름 상태를 더욱 악화시키는 것을 알 수 있다.

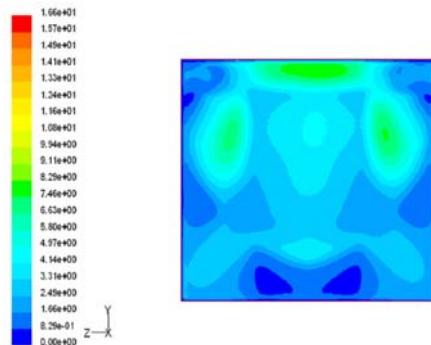


Fig. 7 Velocity distribution of case 1

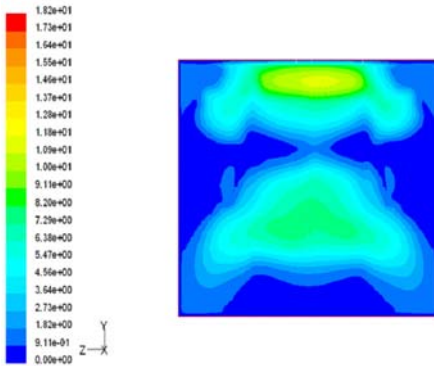


Fig. 8 Velocity distribution of case 2

Fig. 9는 case3인 경우에 속도의 분포를 나타내고 있다. 속도의 음영이 전체적으로 적절하게 분포되어 있음을 보여주고 있다. 따라서 case 3의 경우가 개선된 공기 가이드의 선택이 될 수 있음을 보여주고 있다. 이는 case 3인 경우가 팬에서 취출되는 공기의 속도의 차이를 보완한 것을 알 수 있

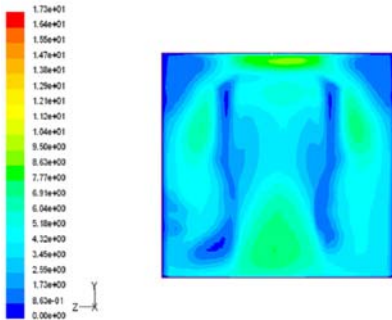


Fig. 9 Velocity distribution of case 3

다. Fig. 10은 평균유속에 대한 각 case별 수치해석과 case1의 실험결과를 보여주고 있다. Fig. 10을 통해서 알 수 있듯이 case2는 point 1, point 2의 피크지점과 point 3, point 6의 속도차이가 많이 나는 것을 확인 할 수 있다. case1은 point 1과 point 6의 속도차이보다 case3인 경우에 같은 지점에서의 속도차가 많이 적어지는 것을 알 수 있다.

이를 바탕으로 case 3인 경우에 실험 결과를 Tabel 3에 나타내었다. 수치해석과 마찬가지로 전체적인 속도분포가 많이 개선되었음을 알 수 있다. 또한 Fig. 11은 case 1과 case 3의 실험결과를 비교하여 나타내었다. 각 경우의 최대속도와 최저속도의 차는 1.68 m/s이다. case 1인 경우는 속도차가 3.71 m/s로 약 200%이상 개선되었음을 알 수 있다.

Table 3 Results of velocity measurement (case3)

Position	Velocity [m/s]	Average velocity [m/s]	Position	Velocity [m/s]	Average velocity [m/s]
1-1	1.23	4.22	4-1	1.57	3.83
1-2	2.65		4-2	2.49	
1-3	5.89		4-3	6.54	
1-4	7.12		4-4	4.60	
2-1	2.12	3.76	5-1	1.09	3.52
2-2	2.67		5-2	2.15	
2-3	4.92		5-3	4.95	
2-4	5.32		5-4	5.89	
3-1	1.54	3.86	6-1	2.57	2.54
3-2	2.79		6-2	1.81	
3-3	5.43		6-3	1.34	
3-4	5.67		6-4	4.45	

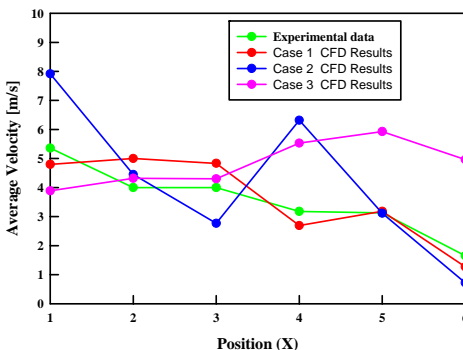


Fig. 10 Comparison of average velocity experiment vs analysis

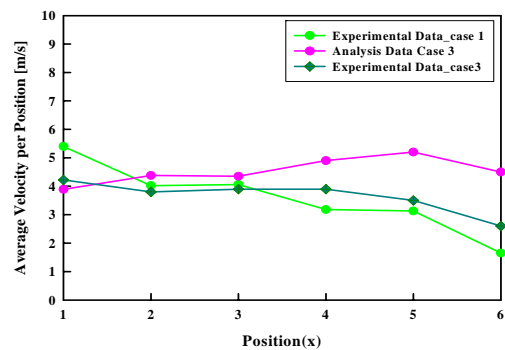


Fig. 11 Comparison of average velocity of case1 vs case3

## 4. 결 론

AHU의 송풍방식이 압입식으로 변경됨에 따라 팬에서 취출되는 공기가 냉각코일로 유입될 시 균일한 풍속을 형성시킬 수 없을 것으로 판단되어, 팬 구간과 냉각코일 구간 사이에 공기 가이드 구간을 추가하였다. 이 공기 가이드의 형상은 균일한 풍속을 생성하기 위한 것으로 세 가지 모델을 채택하여 조사하였다. 압입식 송풍방식을 적용한 AHU의 성능 향상을 위한 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다. 세 가지 경우 중에 case 3인 경우가 수치해석과 실험 결과는 전체적으로 속도분포가 가장 개선되었다. 이는 유속의 불균형이 일어나는 영역에서 가이드의 형상 때문에 개선된 것을 확인할 수 있었다.

## 참고 문헌

- [1] 황상일, 선박 공조덕트의 특성분석에 관한 사례 연구, 한국마린엔지니어링학회지 제30권, pp. 211-217, 2006.
- [2] 정영호, 선박공조장치 설계계획과 공조방법, 한국마린엔지니어링학회지, pp. 19-29, 2006.
- [3] Adrian Bejan, Allan D. Kraus, "Heat transfer handbook," John Wiley & Sons Inc, pp. 797-842, 2003.
- [4] Louis Burmeister, "Convective Heat Transfer," John Wiley & Sons Inc, p. 383, 1993.
- [5] Fluent, User's Guide, Fluent Inc., USA, 1993
- [6] 장호성, 압입식 송풍방식을 적용한 AHU의 성능 향상을 위한 실험적 연구, 부경대학교 냉동공조공학과 석사논문, 2008.

## 저 자 소 개



장호성(張皓盛)

1980생. 2006년 부경대학교 기계공학부 졸업. 2008년 부경대학교 냉동공조공학과 졸업. 현재 SL(주) 기술연구본부



김은필(金恩弼)

1962년생. 1987년 부산대학교 기계공학과 졸업. 1991년 미국피츠버그대학 기계공학과 졸업(공학석사). 1995년 미국피츠버그대학 기계공학과 졸업(공학박사). 현재 부경대학교 기계공학부 부교수