

## 송풍기 분야 연구동향

박 원 규\*

### 1. 서 언

2005년도 국내에 발표된 웬 및 송풍기 분야의 주요 연구동향을 요약하여 소개한다. 2005년도에는 국내 전문학술지와 학술대회들을 통해 다수의 웬 및 송풍기 논문들이 발표되었지만, 본 원고는 그 중에서도 국내의 터보기계 관련 전문 학술지인 유체기계저널, 대한기계학회 논문집(B), 설비공학회 논문집, 한국소음진동공학회 논문집, 한국전산유체공학회 학술대회는 논문집 등에 2005년도에 게재된 웬 및 송풍기 분야의 논문을 중심으로, 이 분야의 연구동향을 분석하였다. 특히 발표 논문들 중에서 웬 및 송풍기가 전체 시스템의 단순한 부품으로 사용된 경우는 제외하고, 논문의 내용상 웬 및 송풍기 자체가 중요한 부분을 차지하는 논문에 대해서 언급하기로 한다. 2005년도에 상기 학술지에 게재된 논문은 총 8편 (유체기계저널: 4편, 대한기계학회 논문집(B): 1편, 설비공학회 논문집: 1편, 한국소음진동공학회 논문집: 1편, 한국전산유체공학회 학술대회 논문집: 1편)이며, 웬 및 송풍기 관련 설계, 유동, 성능 및 소음에 이르는 각 분야에 있어서 심도 있는 연구 및 기술개발이 폭넓게 이루어졌다. 또한 논문 내용의 분석을 통해, 2005년도에 이루어진 연구결과들이 웬 및 송풍기에 대한 다양한 형태의 형상설계, 최적화, 기초실험, 성능실험 및 유동/소음 해석 등의 방법들에 의해 시도되었다는 점을 알 수 있으며, 이를 통해 국내 웬 및 송풍기 연구가 점차적으로 그 깊이와 폭을 넓혀가고 있음을 알 수가 있다. 또한 대형 건물에서의 환기시설 설치 유무에 따라 쾌적성에 어떤 영향을 주는지에 관한 연구도 계속하여 발표되고 있다. 그러므로 본 원고는 2005년도 학술지에 게재된 8편의 내용을 분석, 요약하여 웬 및 송풍기 관련 산업계, 연구계 및 학계의 향후 연구에 도움을 주고자 한다.

### 2. 연구 내용의 분석

먼저, 유체기계저널에 발표된 총 4편의 논문들은 최적설계, 전산 해석을 위한 수치적 기법, 소음 저감 및 유동 해석에 대한 연구 내용을 포함하고 있다.

박상태 등<sup>(1)</sup>에 의해 발표된 “레인지 후드용 시로코 웬 성능 특성에 관한 연구”는 AMCA 210을 기준으로 하여 입구영역의 봉쇄 (blockage)가 레인지 후드 (range hood)용 시로코 웬 (sirocco fan)의 성능에 미치는 영향을 시험과 수치해석을 수행한 결과 수치해석 결과가 시험과 정성적으로 유사한 압력-유량곡선을 나타내고 있으나 정량적으로는 차이를 보이고 있었으며, 레인지 후드용 시로코 웬에서 모터에 의한 입구영역의 봉쇄 (blockage)가 증가함에 따라 최고 효율점에서 유량계수가 0.15에서 0.12로 감소, 최고효율은 최대 26% 감소, 최대 유량점의 감소 등 전반적인 웬 성능감소의 원인이 됨을 시험 및 해석을 통해 확인할 수 있었으며, 정량적인 감소량에 대한 데이터베이스를 확보할 수 있었다. 또한 해석을 통해 내부 유동을 분석한 결과, 입구 봉쇄의 영향으로 날개로 유입되는 유동이 날개폭을 따라 매우 불균일하게 유입되고 이는 효율감소의 원인이 됨을 보여 주었다.

강동진 등<sup>(2)</sup>에 의해 발표된 “비정렬 유한 체적법을 이용한 횡류 팬 유동장 해석”는 비정렬 유한체적법에 기초한 Navier-Stokes 코드에 이동 격자계 기법을 추가하여 횡류 팬 유동 해석을 수행한 연구이다. 이 연구에서는 횡류 팬의 넓은 유량 계수에 대해 수치해석을 수행하여 실험데이터와의 비교를 통하여 수치해석 코드의 개발 및 검증을 하였고, 수치해는 기존의 수치해보다 정량적으로 더 나은 결과 및 예측성능을 보여주고 있다. 따라서 이 논문에서의 수치해석 코드는 향후 횡류팬 유동장 해석과 형상 최적화 등에 유용하게 사용할 수 있는 연구를 보여주고 있다.

김형섭 등<sup>(3)</sup>에 의해 발표된 “치수효과를 고려한 횡류팬의 작동특성 연구”는 공기조화 설비 분야 및 에어

\* 부산대학교 기계공학부  
E-mail : wgpark@pusan.ac.kr

전에 많이 장착되어 있는 횡류팬에 대하여, 리어가이더와 스테빌라이저의 설계변수를 포함한 설계 인자를 익힌 길이 기준으로 축소, 확대하여 횡류팬에 대하여 상사실험을 수행하였으며, 유량계수에 대한 압력계수가 회전수 변화에 관계없이 매우 일정하므로 회전수 변화에 대한 상사성이 성립됨을 알 수 있었다. 또한 통과 유속이 통과 유량 증가에 대응하여 순차적으로 설계되는 아르키메데스 나선을 적용한 횡류팬의 치수 변화에 따라 Reynolds 수가 4,300~8,500 범위에서는 종래의 무차원 유량계수와 정압계수로 상사법칙이 성립되는 것으로 판단되는 것을 나타내고 있다.

최영석 등<sup>(4)</sup>은 “유동 안정화 장치가 팬 테스트의 성능에 미치는 영향” 논문에서 팬 테스트에서 사용되는 유동 안정화 장치 (flow settling means)의 다공도가 측정 판에 미치는 영향에 대하여 해석을 수행한 결과 입구에서 면적비 1.0인 균일한 유입조건으로 계산을 수행한 결과 ANSI/AMCA 210-99의 유량-노즐차압곡선과 매우 잘 일치하는 해석결과를 나타내고 있어 해석의 타당성을 확인할 수 있었으며, 유동안정화 장치가 없는 경우에는 입구 제트유동의 속도가 클 때 입구 쪽의 제트 유동이 노즐 전후의 측정 판에 많은 영향을 미쳐 유동 안정화 장치의 필요성을 확인할 수 있었다. 뿐만 아니라, 유동 안정화 장치에서의 다공도는 ANSI/AMCA 210-99에서 규정한 것처럼 50~60%를 만족해야 함을 해석을 통해 확인할 수 있었으며, 다공도가 70% 이상일 때, 입구의 제트 속도가 큰 경우 노즐 전후의 측정 판에 영향을 끼쳐 차압측정으로 인한 유량 계측에 있어 오차를 발생하게 됨을 알 수 있었다. 이는 규격에서 제시하는 다공도의 범위와도 일치됨을 보여 주었다.

대한기계학회논문집 B권에 발표된 논문인 장춘만 등<sup>(5)</sup>은 “유량에 따른 축류팬의 익단누설와류 및 후류 특성”을 연구 하였다. 이 연구에서는 축류팬의 익단 유동장에 대해 상대 좌표계에서 측정할 수 있는 회전열선 센서를 사용하여 날개의 부압면 영역을 포함하는 익단에서 시간평균 유동 특성을 설계 유량점 및 탈설계 유량조건에서 측정 하였다. 또한, 날개 끝단의 부압면 근방과 후류에서 유량에 따른 후류의 특성을 익단 누설와류의 거동과 연관시켜 고찰하였다. 이 연구는 저압 축류팬을 대상으로 하였으며, NACA65 계열의 익형이 사용되었다. 실험 장치는 벨로우즈 입구, 팬 로터, 벨트로 연결된 팬 구동모터 등으로 구성되었고 출구쪽에는 덤퍼 및 보조팬을 설치하였다. 설계유량과

탈설계 유량조건에서 축류팬 날개의 부압면 영역을 포함하는 전 익단영역 그리고 후류 역을 회전열선 센서로 측정해서 다음과 같은 결론을 얻었다. 유량이 증가함에 따라 누설와류 발생점이 부압면의 하류측으로 이동하며, 과대유량 시에는 부압면측에 큰 속도섭동치를 야기 시킨다. 또한 익단 누설와류에 의한 속도섭동치는 유량의 감소와 함께 증가하며, 이는 저유량 영역에서의 소음 증가에 기여한다. 그리고 익단 누설와류와 준직교하는 단면에서 상대속도를 측정함으로써 익단 누설와류의 구조 및 중심위치를 유량에 따라 분석하였으며, 중심점은 전 유량 조건에서 94~96% 스팬에 위치함을 알 수 있었다. 또한 스톨 유량조건에서의 날개의 부압면 근방에서는 1,000 Hz 이하의 저주파를 갖는 큰 스펙트럼 밀도가 분포함을 알 수 있었다. 저유량 영역에서는 익단 누설와류와 압력면의 간섭에 의하여 날개 후연의 끝단에서 후류생성이 방해를 받으며, 이로 인해 칼만 와류 생성이 억제됨을 알 수 있었다.

설비공학논문집에 발표된 논문인 강석운 등<sup>(6)</sup>은 “피치각 수정에 따른 축류식 터보팬 성능 변화에 관한 연구”를 수행 하였다. 이 연구의 목적은 임펠러의 설계 및 생산에 있어서 다양한 성능관련 요구조건들의 충족시키기 위한 효율적인 방안을 제시하는데 있었다. 이 연구에서 공기의 유량과 정압의 상승에 영향을 주는 축류 터보팬의 임펠러 피치각에 대해 고찰하였다. 최대정압 250 Pa, 유량 1,300 CMH의 축류 터보팬을 시험하고 CFD로 해석하였다. 수치해석 결과 피치각 44°, 49°, 54°, 59°, 64°에 대해 각각 1,175 CMH, 1,223 CMH, 1,270 CMH, 1,340 CMH, 800 CMH의 유량을 얻을 수 있었다. 또한 동일한 피치각들에 대해 108 Pa, 122 Pa, 141 Pa, 188 Pa, 63 Pa의 압력을 얻을 수 있었다. 공기 유량은 피치각이 44°에서 59°까지 변하는 동안 선형적으로 증가했고 최대 유량을 기록한 59° 피치각에서의 유량은 기준 피치각인 54°에서의 그것보다 13% 증가한 수치를 보였다. 정압상승 또한 피치각이 44°에서 59°까지 변하는 동안 선형적으로 증가했다. 최대 정압상승을 보인 59°에서의 정압상승은 기준점인 54° 피치각 보다 33% 증가한 수치를 보였다. 실험결과에서 보듯이 피치각의 변화는 정압상승의 폭넓은 변화를 가져오는 것을 알 수 있다. 그러나 64° 피치각에서의 유량 및 정압상승은 급격한 감소를 보였다. 64° 피치각의 경우는 날개 전단 바로 아래에서 박리가 발생하여 흡입면 전체가 박리역으로 되고 이와 같은 박리가 점차 하류에

서 발생하면서 상하 압력차가 급격히 감소한다. 이로 인해 항력이 급격히 증가하는 양상으로 압력분포가 변화되어 과도한 피치각에서는 유량과 정압 상승량이 감소하게 된다.

한국소음진동공학회논문집에 발표된 김용우 등<sup>(7)</sup>은 “산업용 송풍기 소음기의 성능개선을 위한 실험적 연구”를 수행하였다. 이 연구에서는 석유화학 공장에 설치된 산업용 루츠 블로어 (roots blower)용 소음기의 성능향상에 대한 실험을 수행하였다. 소음기 내부에 설치된 다양한 형태의 버프 (buff)와 이들의 배열 및 위치 등의 변화에 따른 소음기의 성능변화를 파악하였고, 소음기의 성능을 향상시킬 수 있는 버프의 형태, 배열조건, 개수, 위치 등의 최적값을 실험적인 방법은 통해 찾아내고 실험을 통해 성능향상을 확인하였다. 실제 실험에서는 버프가 있는 경우, 퍼프 1개의 위치를 달리 할 경우, 1개의 버프를 등간격으로 설치하고 각도를 달리 할 경우, 3~4개의 버프를 설치하고 각도와 설치 간격을 달리 할 경우 등에 대한 소음 측정을 실시하였다. 또한 이 연구결과를 기초로 하여 시험용 소음기를 제작 하였으며, 상기의 최적치로 실험실에서 측정된 결과 노이즈 레벨 (noise level)의 감소를 18 dB 수준으로 낮출 수 있었고 이것은 기존의 소음기에 비해 4 dB이 감소한 수치이다. 이 연구에서 제시하는 소음기를 실제 현장의 송풍기에 설치한 후 소음레벨 측정결과 4.8 dB의 소음 저감효과를 보였다.

한국전산유체공학회 학술대회논문집에 실린 안은영 등<sup>(8)</sup>은 “익형의 기하학적 조건에 따른 축류팬의 성능에 관한 연구”에서 날개 (Blade)를 구성하는 여러 변수 중 익현 길이 (Chord Length)에 따른 팬의 성능 변화에 대해 논의 하였는데, 공조기에서 공기 이송장치로 사용되는 팬 중에서 현의 길이가 서로 다른 세 종류의 축류팬의 성능 비교와 팬의 날개 사이에서의 유동 형태를 다루었다. 성능 확인을 위해 풍동 (wind tunnel) 실험을 수행하였고 유동장의 관찰 및 측정을 위해 영상 유속 측정장치 (Particle Image Velocimetry)를 사용하였다. 그리고 정상 상태에서의 축류팬 주변의 유동에 대한 전산 유체역학적 접근을 위해 상용프로그램을 활용하였는데, 온도의 영향을 무시한 단상 유동에 대한 2차원 해석을 하였으며, 계산 수행하였다. 실험 결과, Chord Length가 길수록 성능이 더 우수하며, 높은 유량계수에서 최대 효율 값을 나타냄을 확인하였다. 이 이유는 Chord Length가 다른 두 팬이 중심부(Hub와 Tip사이)에서는 유동이 팬의 회전 방향과 동일하지만,

Hub 부근에 가까이 가면서 두 팬의 유동장의 속도 분포 모습이 다른 경향을 나타내는데, Hub 측과 Tip 측의 익현 길이의 감소로 이상 유동이 날개의 후연에서 발견되기 때문임을 보여주었다.

### 3. 결 언

지금까지 2005년도의 국내 팬 및 송풍기 분야에서 발표된 논문들에 대해서 살펴보았다. 2005년 한 해도 국내 송풍기 분야 연구의 수준과 깊이가 설계, 해석, 실험 및 시험 분야에 있어서 한층 더 심화되었음을 알 수 있었다. 올해도 대부분 기업과의 산학 협동을 통해 회원들의 연구 활동이 대폭 증대되어 학문적인 연구 역시 병행되어졌으며, 대부분 연구에서 전산해석 결과가 설계에 선행되어 반영되어지는 비중이 더욱 더 높아졌다. 이를 통해 국내 송풍기 산업계에서도 좀 더 체계적이고 지속적인 연구 및 개발 체계가 점차 그 자리를 잡아 가고 있음을 알 수 있었다. 2005년은 송풍기 및 팬 연구도 매우 다양한 주제와 방법으로 활발히 이루어 졌음을 확인 할 수 있었고, 특히 산업 현장에서 발생하는 기술적 문제를 산·학 협동의 체계적 연구로 해결해 나아가는 시도가 점차적으로 더욱 더 큰 성과를 얻고 있음을 알 수 있었다. 마지막으로 올해 2006년에도 국내의 송풍기 및 팬 연구에 대해 그 깊이와 폭을 더 넓혀 가기를 기대하는 바이다.

### 참고문헌

- (1) 박상태, 최영석, 박문수, 김철호, 권오명, 2005, “레인지 후드용 시로코 팬 성능 특성에 관한 연구”, 유체기계저널, 제8권, 제2호, pp. 9~15.
- (2) 강동진, 배상수, 2005, “비정렬 유한 체적법을 이용한 횡류팬 유동장 해석”, 유체기계저널, 제8권, 제3호, pp. 7~15.
- (3) 김형섭, 김윤제, 2005, “치수효과를 고려한 횡류팬의 작동특성연구”, 유체기계저널, 제8권, 제3호, pp. 26~32.
- (4) 최영석, 김덕수, 윤준용, 2005, “유동안정화 장치가 팬 테스트의 성능에 미치는 영향”, 유체기계저널, 제8권, 제5호, pp. 29~34.
- (5) 장춘만, 김광용, 2005, “유량에 따른 축류팬의 익단누설와류 및 후류 특성”, 대학기계학회논문집 B 권, 제29권, 제3호, pp. 322~329.

- (6) 강석윤, 이태구, 류인근, 이재현, 2005, “피치각 수정에 따른 축류식 터보팬 성능 변화에 관한 연구”, 설비공학논문집, 제17권, 제3호 pp. 268~276.
- (7) 김용우, 김병삼, 2005, “산업용 송풍기 소음기의 성능개선을 위한 실험적 연구”, 한국소음진동공학회논문집, 제15권, 제9호, pp. 1060~1069.
- (8) 안은영, 김재원, 정은주, 2005, “익형의 기하학적 조건에 따른 축류팬의 성능에 관한 연구”, 한국전산유체공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 25~29.