

# 건축물 제연시스템의 송풍기에 대한 해석기술 개발 Development of Analysis Technology on Fan in Pressure Differential System for Smoke Management

김정엽 · 김지석  
Kim, Jung Yup · Kim, Ji Seok  
한국건설기술연구원 화재안전연구소

### Abstract

The fact that the major cases of life casualties are from smoke in the fire accidents and the expected steep increase of skyscrapers, huge spaces, multiplexes and huge scaled underground spaces demand establishment of efficient smoke countermeasure. The core technology for development of smoke management system is analysis tool of fan used in pressure differential system. The development of analysis technology on sirroco-typed fan using experimental and numerical methods are carried out to evaluate the features and performance of fan used in pressure differential systems.

**key words** : smoke management, pressure differential system, fan, numerical analysis, performance test

## 1. 서 론

고층건물에서의 화재발생시 피난계단을 통한 안전한 대피경로가 유지되기 위해서는 NFSC501A[1]와 같은 국내외의 관련 설계기준이 만족되도록 급기가압 제연시스템이 운전되어야 한다. 이러한 특성을 파악하기 위해서 지금까지 실제 규모로 급기가압 제연시스템을 가동해 가며 다양한 성능평가가 수행되었다(2,3,4]. 즉, 거실, 부속실 및 계단간 압력차를 측정해 차압의 형성범위를 검토하였으며, 부속실과 거실사이 출입문의 방연풍속을 측정하였고 연돌효과가 급기가압 제연시스템에 미치는 영향을 분석하는등, 제시되고 있는 설계기준이 실제 운영되고 있는 건물에서 어떻게 실현되고 있는지에 대한 현장평가를 진행하였다. 급기가압 제연시스템에 대한 현장평가 결과 여러가지 문제점이 도출되었으며, 이러한 문제점에 대한 개선방안을 제시하기 위해서는 고층건물에서의 연기확산과 제어에 대한 해석기술과 관련 설계자료가 확립되어야 한다.

이러한 연구의 수행을 위해서 필요한 요소기술 중 하나가 급기가압 제연시스템에서 사용되는 송풍기에 대한 해석기술이다. 급기가압 제연시스템용 송풍기는 그림 1과 같이 건물의 지하나 옥상의 기계실에 설치되어 수직풍도를 통해 각 부속실에 공기를 공급하여 부

속실과 거실간 차압을 발생시키는 역할을 수행한다.

본 연구에서는 급기가압 제연시스템에 사용되고 있는 송풍기에 대하여 실규모 성능평가 실험을 수행하였으며, 실험결과를 바탕으로 3차원 송풍기 유동 수치해석기술의 적용성을 검토하였다.

## 2. 실규모 성능실험



(a) 건물A



(b) 건물B

그림 1. 급기가압용 송풍기

본 연구에서는 현장에 설치되어 있는 급기가압 제연시스템용 송풍기의 사양을 참조하여 실규모 실험용 송풍기를 제작하였으며, 표 1에 제작된 송풍기의 사양을 제시하였다. 그림 2는 송풍기의 설계도면 중 일부를 보여주고 있다. 그림에서와 같이 송풍기의 외각 전장은 1,732×1,497×720mm(H×L×W)이고 성능실험의 편의성을 위해 이동형으로 설계되었으며, 회전수 변경이 가능하도록 인버터 기능이 포함되었다. 송풍기와 연결되는 실험덕트에는 송풍기의 풍량과 압력상승을 측정할 수 있는 계측기가 설치된다. 그림 3은 제작된 송풍기와 실험덕트의 전경을 보여주고 있다. 송풍기의 흡입구와 토출구에는 압력과 풍량을 측정하기 위한 덕트가 연결되어 있으며 덕트 후단에 댐퍼를 설치하여 토출부에서의 압력저항을 조절할 수 있도록 하였다. 실험에서는 송풍기를 가동하면서 토출부 덕트내 형성되는 정압과 풍량을 압력센서와 유량측정시스템으로 계측하고 이를 실시간으로 일정시간동안 로깅한 후 측정치의 평균값으로 실험결과를 도출하였다.

실험조건은 우선 사양서에서 제시된 정격운전상태로 송풍기를 가동하면서 압력과 풍량을 계측하였다. 표 2에서와 같이 인버터에서 60Hz로 운전될 때 회전수가 492RPM이며 그때의 풍량과 압력은 각각 293.7CMM, 63.2mmAq로 측정되었다. 상기의 측정값은 사양서의 정격운전조건과 거의 같은 운전상태로서, 양호한 결과를 보여주고 있다. 한편 인버터를 조정하여 임펠러의 회전수를 점차 줄이면서 풍량과 압력을 측정하였으며 그림 4와 같이 일반적인 시스템 곡선과 같이 풍량과 압력의 관계가 이차원 곡선의 양상을 보여주고 있다. 이러한 실험결과는 급기가압 제연시스템에 사용되는 송풍기의 수치해석 기술을 확

립하기 위한 실험자료로 사용될 수 있다.

표 1. 송풍기 사양그림

구분	사양
Type	Sirocco Fan
Flow rate	300 CMM
Static pressure	60 mmAq
RPM	480 rpm
Motor	11kW(4P)*380V*60Hz

표 2. 실험조건 및 측정결과

CASE	RPM	Flowrate (m <sup>3</sup> /min)	Static Pressure (mmAq)
CASE1	492	293.7	63.2
CASE2	411	253.6	44.9
CASE3	330	207.7	28.5
CASE4	249	164.5	16.3
CASE5	166	107.6	7.1

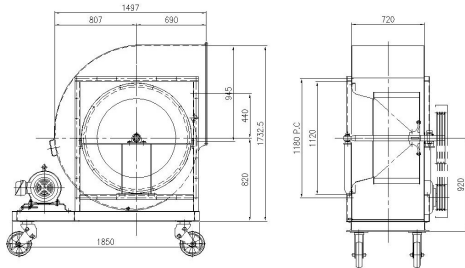


그림 2. 실험용 송풍기 설계도면



그림 3. 실험용 송풍기 및 덕트 전경

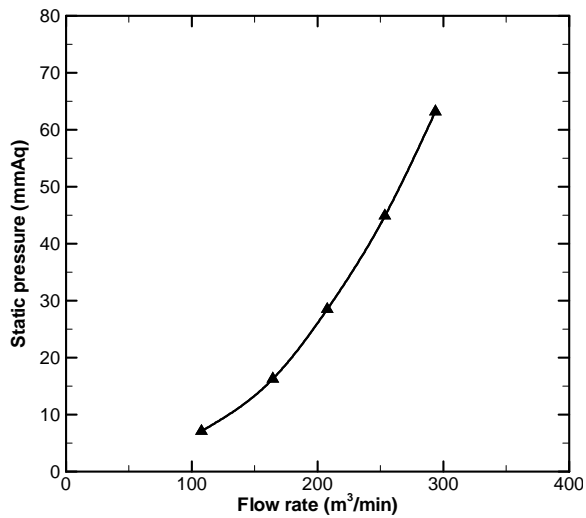


그림 4. 송풍기 특성 실험결과

### 3. 3차원 수치해석 및 적용성 검토

연기제어의 핵심 요소인 송풍기의 작동에 의해 다양한 특성을 갖는 제배연시스템의 해석을 위하여 본 연구에서는 송풍기 유동의 3차원 수치해석기술을 적용하였다. 회전하는 송풍기의 날개 주위 유동 현상은 고정 좌표계에서는 비정상 문제이나, 날개의 회전 중심과 동일한 회전축을 기준으로 회전하면서 관찰되는 유동장은 정상 상태이므로, 본 연구에서는 이러한 회전 좌표계를 이용하여 정상 해석을 수행하였다. 한편 회전 좌표계를 기준으로 해석되는 날개 주위 유동장과 그 외 지역의 고정 좌표계를 바탕으로 하는 유동장이 동시에 해석되기 위해서는, 각 영역 간 접합면에서 서로의 유동정보가 적절한 방법으로 교환되어야 한다. 이를 위하여 두 영역간의 인터페이스를 설정하여 안정적인 해석이 이루어지도록 하였다. 한편 앞에서 수행된 실규모 실험과 동일한 송풍기 사양 및 실험조건을 적용하였고 실험과 수치해석의 결과를 비교, 분석하여 수치해석기술을 적용성을 검토하였다.

그림 5은 수치해석을 수행하기 위한 송풍기 해석모델을 보여주고 있고 그림 6은 대상 모델에 대하여 수치해석의 격자계를 생성한 결과를 도시하였다. 해석모델은 실험에서 적용된 시로코형 송풍기와 동일한 형상과 날개각을 가진다. 실험조건과 동일하게 날개의 회전수를 변화시켜가며 수치해석을 수행하였으며, 수치해석 결과로서 송풍기내 유동장과 유량, 압력상승치를 분석하였다. 그림 7에서 그림 9는 수치해석의 결과를 보여주고 있다. 그림 7은 송풍기내 유선을 도시하고 있다. 그림에서와 같이 송풍기 날개의 회전에 의해 외부공기가 입구로 흡입되어 날개와 케이싱을 거쳐 출구로 토출되는 것을 알 수 있다. 그림 8과 그림 9는 송풍기내 중앙단면에서의 속도벡터와 압력분포를 보여주고 있다. 압력분포에서 알 수 있는 바와 같이 송풍기에 의해 유동의 압력이 650 Pa내외까지 상승한다.

그림 10은 동일한 조건에서 송풍기의 작동에 의한 풍량과 압력상승에 대한 실험과 수치해석의 결과를 도시한 것으로서 정량적으로 유사한 결과를 보이고 있어 본 연구에서 채택한 송풍기 수치해석 기법이 건축물에서의 제배연시스템 설계에 활용되었을 경우 신뢰성 있는 결과가 도출될 것으로 판단된다.

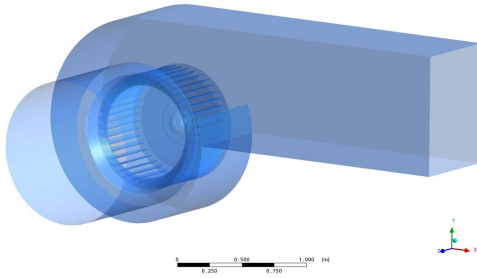


그림 5. 송풍기 해석모델

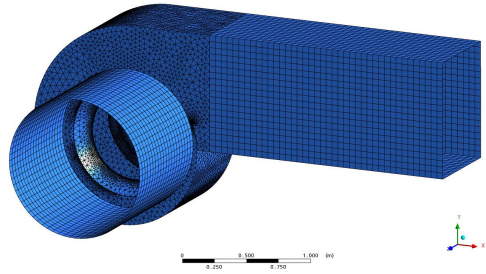


그림 6. 수치해석 격자계

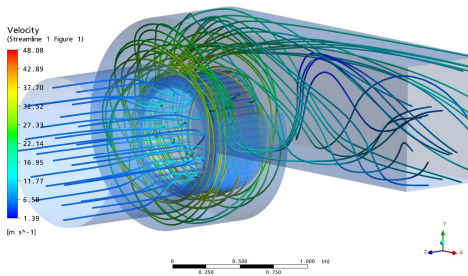


그림 7. 유선분포

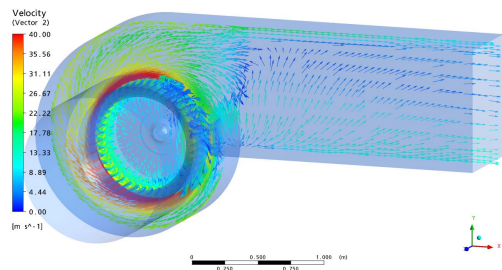


그림 8. 중앙단면에서의 속도벡터

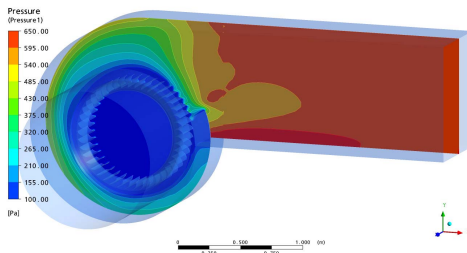


그림 9. 중앙단면에서의 압력분포

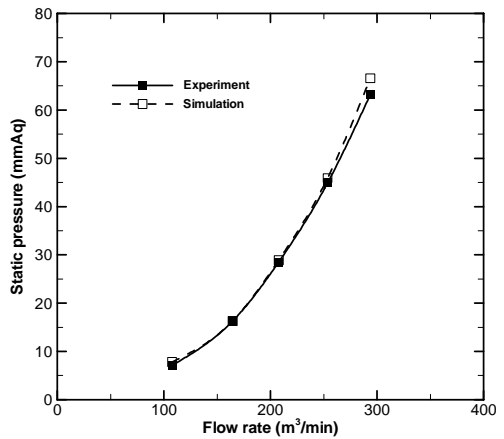


그림 10. 실험과 수치해석의 결과 비교

### 3. 결 론

고층건물에서 피난로 확보를 위한 연기의 제어를 위해 대다수 사용되고 있는 급기가압 제연시스템의 분석과 개선안 연구에서 필요한 요소기술 중 하나가 급기용 송풍기에 대한 해석기술이다. 본 연구에서는 급기가압 제연시스템에 사용되고 있는 송풍기를 제작하여 회전수와 토출덕트의 압력저항을 변화시켜가며 성능평가실험을 수행하였고, 수행된 실규모 실험과 동일한 송풍기 사양 및 실험조건을 적용하여 3차원 수치해석을 진행하였다.

성능평가 실험결과로서 정격운전 상태에서는 사양서상의 운전조건과 유사한 풍량과 압력치를 나타내었고 회전수가 줄어들면서 일반적인 시스템 곡선과 같이 풍량과 압력의 관계가 이차원 곡선의 양상을 보여주었다. 또한 동일한 조건에서 실험과 수치해석 결과가 정량적으로 유사한 결과를 보이고 있어 본 연구에서 채택한 송풍기 수치해석 기법이 건축물에서의 제배연시스템 설계에 활용되었을 경우 신뢰성 있는 결과가 도출될 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. NFSC501A, (2007), 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준.
2. Tamura, G.T., (1990), "Fire Tower Tests of Stair Pressurization Systems with Overpressure Relief", ASHRAE Trans. Vol.96.
3. Tamura, G.T., (1992), "Assessment of Stair Pressurization System for Smoke Control", ASHRAE Trans. Vol.98.
4. 김정엽, (2008), "연돌효과가 급기가압 제연시스템에 미치는 영향에 대한 현장실험", 한국화재소방학회논문집, 제22권 제3호, pp. 194-200.