

급기가압 제연시스템의 송풍기에 대한 실규모 성능평가 실험

김 정 업

한국건설기술연구원 화재 및 설비연구센터

Experiments on Performance of Fan used in Pressure Differential System for Smoke Management

Jung-Yup Kim

Fire & Engineering Services Research Dept., Korea Institute of Construction Technology, Koyang, 411-712, Korea

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 experiments on performance of sirroco-typed fan are carried out to evaluate the features of fan and present the experimental data for numerical analysis.

Key words: Smoke management(연기제연), Pressure differential system(급기가압시스템), Fan(송풍기), Performance test(성능실험)

1. 서 론

도시가 고도화·집적화되면서 건설구조물의 대형화, 고층화 및 복합화가 급격히 진행됨에 따라 화재에 취약한 건설구조물이 증가되고 있어, 인명안전에 대한 효과적인 화재대책의 필요성이 절실히 요구되고 있다. 특히 화재시 피난 및 소화활동에 큰 지장을 초래하고, 인명안전에 가장 큰 위협이 되고 있는 연기의 제어를 위한 제연시스템의 중요성이 강조되고 있다.

선진외국에서는 과거 대형화재사고인 MGM Grand 호텔, Roosevelt 호텔 및 Johnson City Retirement Center 화재에서와 같이 연기확산에 의한 질식사나 인명사망의 주요원인이며, 이에 대처하기 위한 신뢰성 있는 제연시스템의 필요성을 오래전부터 인식하여, 연기생성·확산·제어분야의 이론적 기반 확립과 다양

한 실규모 실험을 통하여 제연시스템 설계기술을 개발하여 왔으며[1,2], 효율성과 적용성을 확보한 체계적 정립에 지속적인 투자를 하고 있다. 특히 고층건물을 대상으로 실제적인 제연시스템의 설계인자 연구와 성능실험을 수행하여 왔다[3,4].

고층건물의 피난안전확보를 위하여 국내 화재안전 기준 NFSC501A의 “특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준”에서는 제연구역의 기압을 화재가 발생한 거실보다 높게 유지시켜 제연구역 내로 연기의 침투를 방지하도록 하고 있다[5]. 이러한 목적을 위해 국내에서 일반적으로 사용하고 있는 방법이 Fig. 1에서 설명하는 것과 같이 제연용 송풍기와 풍도 및 급기댐퍼를 이용하여 거실과 계단실 사이의 부속실내 기압을 높여주는 급기가압 제연시스템이다.

급기가압 제연시스템에서 대부분의 건물에서 제연구역으로 설정되는 부속실의 압력이 설계치 이하로 하강되면 연기가 침투되어 최종 피난로인 피난계단의 연기안전성 확보가 어려울 수 있으며 반대로 부속실의 압력이 너무 클 경우에는 대피자가 출입문을 개방하기 곤란할 수 있기 때문에 부속실과 거실사이의 압

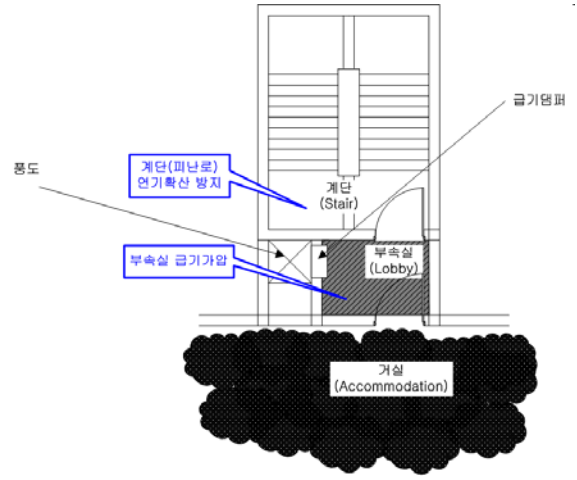
† Corresponding author
Tel.: +82-31-369-0506; fax: +82-31-369-0540
E-mail address: jykim1@kict.re.kr

력차가 상한값과 하한값을 갖는 일정범위내에서 유지되어야 한다. NFSC501A에서는 부속실과 거실 사이에 40Pa이상의 차압(스프링쿨러 설치시 12.5Pa)을 유지하고, 출입문의 개방에 필요한 개방력이 110N 이하가 되도록 기준을 제시하고 있다. 한편 급기가압제연시스템은 피난을 위하여 부속실의 출입문을 일시적으로 개방하는 경우 부속실에서 거실방향으로 방연풍속을 유지하여 거실내 연기가 부속실로 침투하지 못하도록 해야한다. 이때 방연을 위한 공기유동이 출입문의 전체영역에서 기준 풍속이상을 유지하여야 하며, 일부지역의 풍속이 기준풍속 이하일 경우 일부 연기가 부속실로 침투할 수 있다. NFSC501A에서는 방연풍속으로 0.5m/s이상을 제시하고 있다.

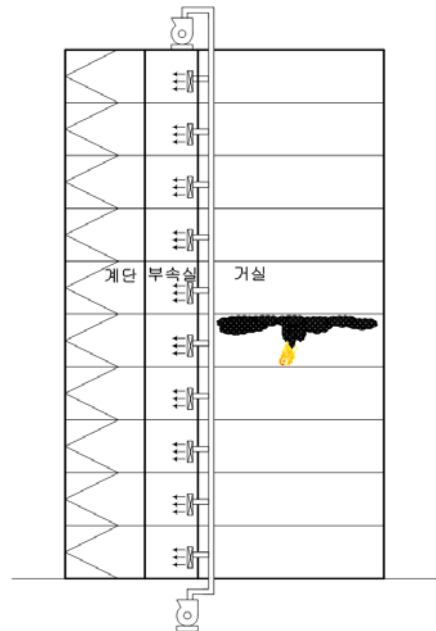
고층건물에서의 화재발생시 피난계단을 통한 안전한 대피경로가 유지되기 위해서는 앞에서 언급한 설계기준이 만족되도록 급기가압 제연시스템이 운전되어야 한다. 이러한 특성을 파악하기 위해서 본 연구진에서는 실제 현장에서 급기가압 제연시스템을 가동해 가며 다양한 성능평가를 수행하였다. 즉, 거실, 부속실 및 계단간 압력차를 측정해 차압의 형성범위를 검토하였으며[6], 부속실과 거실사이 출입문의 방연풍속을 측정하였고[7] 연돌효과가 급기가압 제연시스템에 미치는 영향을 분석하는등[8], 제시되고 있는 설계기준이 실제 운영되고 있는 건물에서 어떻게 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. Fig. 2에서와 같은 급기가압 제연시스템용 송풍기는 건물의 지하나 옥상의 기계실에 설치되어 수직풍도를 통해 각 부속실에 공기를 공급하여 부속실과 거실간 차압을 발생시키는 역할을 수행한다.

본 논문에서는 급기가압 제연시스템에 사용되고 있는 송풍기를 제작하여 회전수와 출구측 압력저항을 변화시켜가며 성능평가실험을 수행하였던 과정과 실험결과를 제시하였다.



(a) Top view.



(b) Sectional view.

Fig. 1 Schematic diagram of pressure differential system.



(a) Building A

(b) Building B

Fig. 2. Photographs of fan.

2. 연구방법

본 연구에서는 현장에 설치되어 있는 급기가압 제연시스템용 송풍기의 사양을 참조하여 실규모 실험용 송풍기를 제작하였으며, Table 1에 제작된 송풍기의 사양을 제시하였다. Fig. 3은 송풍기의 설계내용 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. Fig. 4는 제작된 송풍기의 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. Fig. 5는 실험에서 사용한 압력센서의 모습을 보여주고 있다.

실험은 두가지 조건에 대하여 수행하였다. 우선 첫번째 실험(CASE1)은 사양서에서 제시된 정격운전상태로 송풍기를 가동하면서 압력과 풍량을 계측하였다. 이때 송풍기의 회전수 변화에 따른 운전결과도 함께 측정하였다. 두번째 실험(CASE2)은 토출부 덕트에 압력을 작용하기 위해 댐퍼 대신 벤츄리형 축소덕트를 설치하고 송풍기의 회전수에 따른 압력과 풍량을 측정하였다. 두번째 실험의 결과는 송풍기에 대한 수치해석결과와의 비교자료로 사용할 수 있다. Fig. 6은 두번째 실험을 위한 토출부 덕트와 벤츄리형 덕트의 설계도를 보여주고 있다. 벤츄리형 덕트의 축소부는 200mm와 300mm의 두가지 형식을 제작하였으며, 본 논문에서는 300mm의 벤츄리형 덕트를 장착했을 때에 대한 결과를 제시하였다. Fig. 7은 벤츄리형 덕트가 설치된 실험장치의 전경을 보여주고 있다.

3. 결과 및 검토

Table 2는 앞에서 언급한 실험조건 중 첫번째 실험인 정격운전상태에서의 실험결과를 보여주고 있다. 표에서와 같이 인버터에서 60Hz로 운전될

Table 1 Specifications of fan

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

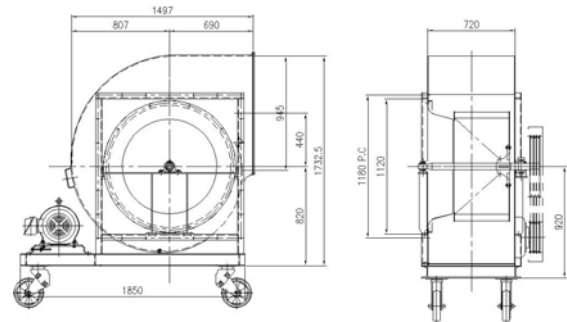


Fig. 3 Schematic diagram of fan.



Fig. 4 Photograph of fan in experiment.



Fig. 5 Photograph of pressure sensor.

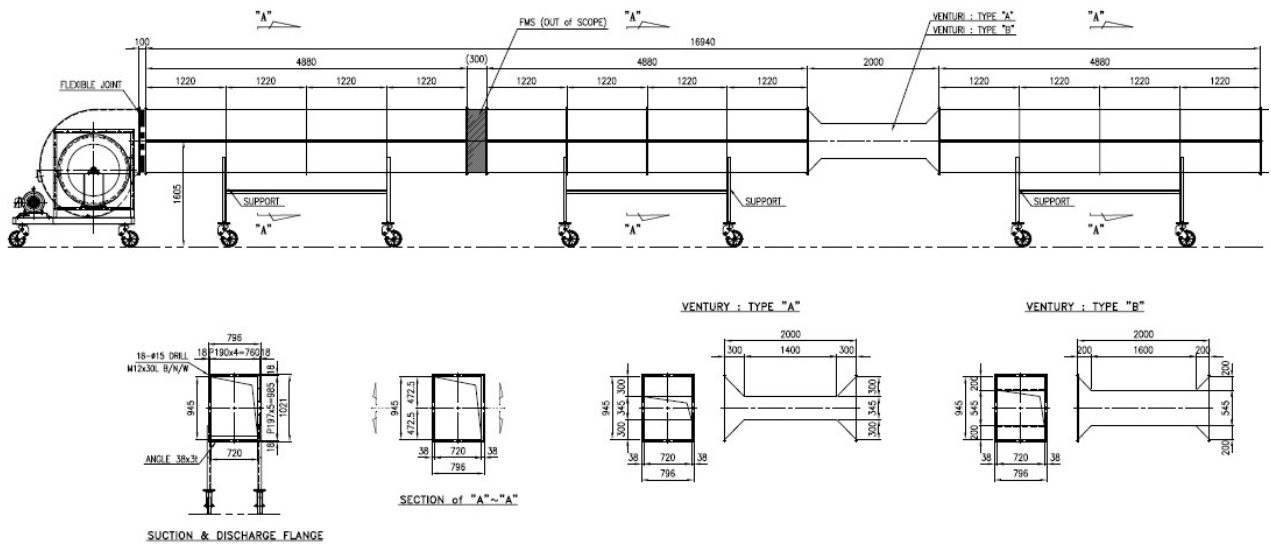


Fig. 6 Schematic diagram of discharge duct.



Fig. 7 Photograph of venturi-typed duct

Table 3 Test results for CASE2.

CASE	RPM	Flowrate (m ³ /min)	Static Pressure (mmAq)
CASE2-1	385	391.7	24.9
CASE2-2	330	339.4	19.2
CASE2-3	285	286.4	14.1
CASE2-4	238	238.3	9.7
CASE2-5	186	184.7	6.1

Table 2 Test results for CASE1.

CASE	RPM	Flowrate (m ³ /min)	Static Pressure (mmAq)
CASE1-1	492	293.7	63.2
CASE1-2	411	253.6	44.9
CASE1-3	330	207.7	28.5
CASE1-4	249	164.5	16.3
CASE1-5	166	107.6	7.1

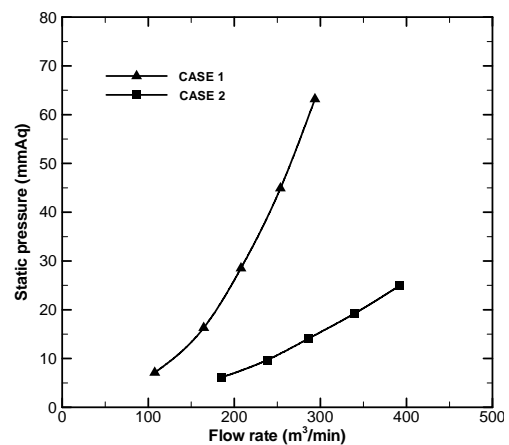


Fig. 8 System curves for test.

때 회전수가 492rpm이며 그 때의 풍량과 압력은 각각 293.7CMM, 63.2mmAq로 측정되었다. 상기의 측정값은 사양서상의 정격운전조건과 거의 같은 운전상태로서, 양호한 결과를 보여주고 있다.

한편 인버터를 조정하여 임펠러의 회전수를 점차 줄이면서 풍량과 압력을 측정하였으며 일반적인 시스템 곡선과 같이 풍량과 압력의 관계가 이차원 곡선의 양상을 보여주고 있다.

Table 3는 두번째 실험조건인 토출부 덕트 중간에 벤츄리형 덕트를 설치하고 실험한 결과를 보여주고 있다. 첫번째 실험결과와 비교해 보면, 벤츄리형 덕트에 의한 압력저항이 정격운전상태에서 댐퍼에 의해 토출부에 작용하는 압력저항보다 적은 것을 알 수 있다. 즉 유사한 임펠러의 회전수에 대해서 두번째 조건에서 풍량은 더 크고 압력은 더 작은 상태로 운전된다. 이러한 실험결과는 향후 급기가압 제연시스템에 사용되는 송풍기의 수치해석 기술을 확립하기 위한 실험자료로 사용될 것이다.

Fig. 8는 각 실험결과를 송풍기 성능곡선과 유사한 그래프로 나타낸 것이다. 두 실험조건은 두가지 시스템곡선으로 표현될 수 있다.

4. 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 수행하였다.

성능평가 실험결과로서 정격운전 상태에서는 사양서상의 운전조건과 유사한 풍량과 압력치를 나타내었고 회전수가 줄어들면서 일반적인 시스템 곡선과 같이 풍량과 압력의 관계가 이차원 곡선의 양상을 보여주었다. 한편 토출덕트에 벤츄리형 덕트를 설치한후 운전하면서 성능을 측정하였다.

이러한 실험결과는 향후 급기가압 제연시스템의 설계 및 송풍기의 수치해석기술 개발에 유용한 기초자료로 사용될 것이다.

참 고 문 헌

1. BS EN12101-6, 2005, Smoke and heat control systems - Part6 : Specification for pressure differential systems.
2. NFPA 92A, 2006, Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences.
3. G. T. Tamura, 1990, "Fire Tower Tests of Stair

- Pressurization Systems with Overpressure Relief", ASHRAE Trans. Vol.96.
4. G. T. Tamura, 1992, "Assessment of Stair Pressurization System for Smoke Control", ASHRAE Trans. Vol.98.
5. NFSC501A, 2007, 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준.
6. 김정엽, 이동호, 김하영, 2008, "급기가압 제연시스템의 현장 성능평가 연구", 한국화재소방학회 춘계학술논문발표회 논문집, pp.251-254.
7. 김정엽, 이동호, 김하영, 2008, "급기가압 제연시스템의 피난문 개방시 방연풍속 형성특성에 대한 현장실험", 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, pp.463-467.
8. 김정엽, 2008, "연돌효과가 급기가압 제연시스템에 미치는 영향에 대한 현장실험", 한국화재소방학회논문지, Vol.22, No.3.