



## 부속실 유입공기 배출댐퍼 성능에 관한 연구

# Study on the Performance of Inlet Air Exhaust Dampers in Vestibules

장근호\*

Jang, Keunho\*

### Abstract

In this study, a leakage test and a differential pressure test were performed on 5 samples of the most common inlet air exhaust dampers in Korea. For dampers without a seal on the blade, a leakage rate similar to that of Class IV dampers was generated when compared to the leakage amount of UL555s, and a leakage rate corresponding to Class I dampers was measured for air tight dampers with a seal on the blade. This indicates a difference of approximately 15-20 times from the leakage value, which has a significant effect on the smoke control system. Therefore, designers and builders should achieve these leakage values to demonstrate the required ventilation performance according to the National Safety Code.

**Key words :** Exhaust Dampers in Vestibules, Inlet Air Exhaust Damper, Leakage, Differential Pressure

### 요 지

본 연구에서 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 유입공기 배출댐퍼 5개 샘플을 대상으로 누설량 시험과 차압시험을 수행하였다. Blade에 Seal이 부착되지 않은 댐퍼는 UL555s의 누설량과 비교한 경우 Class IV에 해당되는 누설량이 발생하였으며, 날개(Blade)에 실(Seal)이 부착되어 있는 기밀댐퍼(Air Tight Damper)에서는 Class I에 해당되는 누설량 값이 측정되었다. 이는 누설량 값에서 약 15-20배 정도의 차이를 나타내는 것으로 제연설비에 미치는 영향이 크므로 부속실 제연설비의 설계 및 시공자는 이러한 누설값을 설계 및 시공에 반영하여 화재안전기준에서 요구하는 제연성능을 발휘할 수 있도록 하여야 한다.

**핵심용어 :** 부속실 제연설비, 공기유입댐퍼, 누설, 차압

## 1. 서 론

국내 초고층 건축물은 지속적으로 증가하고 있어 화재 발생시 연기로 인한 인명피해 사례가 증가하고 있다. 행정안전부 국가화재정보시스템의 2017년도 화재 통계를 보면 44,178건의 화재가 발생하였으며, 사망 345명, 부상 1,852명의 피해가 있었으며, 사망 원인 중 연기에 의한 질식사 60%에 도달하였다(National Fire Data System, 2018). 고층 건축물이거나 심층 지하 건축물일수록 피난로가 복잡하고 길어지고 건물내의 환기를 기계환기방식을 적용하여 화재가 발생한 경우 연기가 자연배출되지 않아 연기로 인한 인명피해가 더욱 커지게 된다, 따라서 거주자의 안전성 향상

을 위해서는 발생된 연기의 배출이 무엇보다도 중요하다.

건축물의 수직관통부인 계단과 승강로를 방호하기 위해 국내 건축법과 소방법에서는 지하3층 이하 또는 11층 이상의 건축물에 설치하는 특별피난계단 부속실과 비상용 승강기의 승강장, 피난용 승강기의 승강장에는 급기압 제연설비를 설치하도록 하고 있으며 국가화재안전기준(National Fire Safety Code, NFSC 501A)에 이러한 특별피난계단의 부속실이나 승강장에 설치하는 제연설비의 설계 및 설치방법에 대해 규정하고 있다.

국가화재안전기준(NFSC 501A)에서는 제연방식, 제연구역의 차압, 방화문의 누설량, 보충량, 방연풍속 등에 대한 기준과 실내에 유입된 공기의 배출 댐퍼에 대한 규정을

\*교신저자, 정회원, 경기대학교 대학원 도시방재학과 박사과정(Tel: +82-2-860-9716, Fax: +82-2-860-9778, E-mail: abcd123@korea.com)

Corresponding Author, Member, Ph.D Candidate, Department of Urban Disaster Management Engineering Graduate School, Kyonggi University

제시하고 있으며 그 중 배출댐퍼에 관한 내용은 “배출댐퍼는 두께 1.5 mm 이상의 강판 또는 이와 동등 이상의 성능이 있는 것으로 설치하여야 하며 비 내식성 재료의 경우 부식방지 조치를 하여야 하며, 평상시에 닫힌 구조로서 기밀상태를 유지할 것”(NFSC 501A)으로 명시되어 있으나 기밀상태에 대한 정량적인 기준을 제시하고 있지 않다.

제연설비와 관련된 국내외 선행연구로 Choi et al. (2009)은 “제연댐퍼 누설량 시험에 관한 연구 - 제연시스템의 성능 위주설계를 위하여 -”에서 AMCA Standard 500-D 시험기준으로 제연댐퍼의 누설량 시험을 수행하였다. 제연댐퍼의 구조에서 날개의 구동장치, 본체와 상부, 하부 날개와의 틈새, 본체와 날개 측면의 틈새, 날개의 직진도와 날개 사이의 밀착 또는 제연댐퍼 자체의 필요성에 의한 덕트와 관통되는 개구부의 크기 등이 누설량에 영향을 주는 인자라고 하였으며, 제연시스템의 설계자는 부속실 차압에서 누설량이 큰 경우 부속실에 과압배출장치를 설치해야 한다고 말했다. Hong (2010)는 “FDS를 이용한 특별피난계단 부속실 면적에 따른 방연풍속 특성에 관한 연구”에서 특별피난계단 부속실 급기가압 시스템에서 역류가 발생하지 않는 최적의 조건을 제시하였다. TAB 측정데이터와 FDS 비교 분석을 통해 21 Case를 선정하여 분석하였으며, 부속실 바닥면적이 4.0 m<sup>2</sup> 이상인 경우 역기류가 발생하지 않는 것을 확인하였다. Kim (2011)은 “급기가압 제연시스템의 성능개선을 위한 연구”에서 국가화재안전기준은 방화문의 차연성능을 참조할 수 있도록 개정되어야 하며, 적절한 방연풍속과 기류분포를 위해서 자동차압댐퍼는 상향으로 하여야하고, 출입문이 열리고 닫힘에 따라 송풍기의 운전점이 이동하므로 시스템 플랩댐퍼나 복합댐퍼를 제연시스템에 설치하여야 한다고 하였다. Im (2011)은 “급기가압 제연설비 성능 개선의 연구”에서 거주자의 안전한 피난을 확립하기 위한 건축물의 특별피난계단에 설치된 부속실 제연설비의 신뢰성을 확보하기 위해서는 시스템 플랩댐퍼나 개별 플랩댐퍼 설치가 필요함을 검토하였다.

Shin (2015)은 “급기가압 제연성능 개선을 위한 자동차압·과압조절형댐퍼의 실험적 연구”에서 국내에서 생산되는 6가지 자동차압·과압조절형댐퍼를 선정하여 누설량 측정 실험을 실시하고 국가화재안전기준에서 규정한 출입문 개방력을 유지하기 위한 댐퍼에서의 허용 누설량을 제시하였다. 또한 내구성 확보를 위한 부하 반복동작실험에 따른 변화 특성을 제시하였다. Oh (2016)는 “부속실 제연설비의 연기 흐름에 영향을 주는 인자들에 대한 분석”에서 화재안전기준에 따른 유입공기 배출구의 크기가 부족함을 확인하였으며 외벽의 누설틈새 면적이 크고, 유리창이 깨질 수 있다는 이유로 유입공기 배출을 면제시켜줄 경우 제연설비 성능에 막대한 영향을 초래한다고 분석하였다. Song (2017)은 “특별피난계단의 계단실 및 배출댐퍼에 대한 고찰”에서 전실의 배출댐퍼는 방화댐퍼의 역할을 수행해야 하며, 제연댐퍼의 역할을 수행하기 위해서는 반드시 일정한 누기율 기준을

만족할 수 있어야 한다고 했다.

Kim (2017)에 “제연시스템의 압력손실에 대한 성능확보를 위한 연구”에서 제연설비의 압력손실을 계산할 때 설비의 공조시스템 계산방법을 적용하게되면 정압계산이 부정확하여, 제연설비의 기능을 확보하기 어렵다. 압력손실계산을 국내에서 일반적으로 계산하는 방식과 해외서적에 의한 선정방식에 의한 정압계산을 각각 계산하여 비교하고, 제연시뮬레이션을 통해 검토하였다. 제연설비의 효율성을 향상시키기 위해 정확한 압력손실 값을 반영하여야 하며, 댐퍼의 누설량과 덕트 부속의 저항을 산정하여야 한다고 확신하였다. Go(2018)은 “제연설비 시험·조정·평가(TAB)를 통한 성능평가 개선방안”에서 부속실 제연설비에서 계단실과 부속실을 동시개압하는 것이 필요하며, 시스템 플랩댐퍼를 설치하여 일정압력 범위내에서 제어되도록 할 필요가 있고 성능개선을 위해 거실제연설비의 시험기준을 마련하고 제연설비 TAB 표준품셈을 마련할 것을 제안하였다.

이와 같이 국내 제연설비 연구에서 부속실 급기가압시스템의 자동차압·과압조절형 댐퍼의 시험이나 성능에 관한 연구, 부속실의 방연풍속, 역류방지를 위한 부속실의 최소면적, 댐퍼의 누설 등에 대한 연구는 다양하게 이루어졌으나 유입공기 배출댐퍼의 성능에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 방연풍속형성을 위해 복도나 거실로 유입된 공기가 효과적으로 배출되지 않으면, 부속실과 차압을 형성할 수 없으므로 재실자가 2차 피난시에 연기가 부속실로 유입될 수 있으므로 유입공기 배출댐퍼의 성능은 매우 중요하다고 할 것이다.

최근 준공된 현장에서는 부속실 유입공기 댐퍼와 배출 송풍기에 대한 T.A.B (Testing, Adjusting and Balancing) 결과를 보면 배기풍량 4,200 CMH 배출되어야하나 설치된 부속실 유입공기 배출댐퍼의 누설로 인해서 필요풍량의 약 48%인 2,016 CMH만 배출되었다. 이는 비록 한 현장만의 문제가 아니며, 국내 대부분의 현장에서 기밀성능과 관계없이 유입공기 배출댐퍼가 시공되고 있어 화재안전기준에서 요구하는 유입공기 배출 성능기준을 만족하지 못하고 있는 현실이다.

제연설비는 화재가 발생한 경우에 거주자의 인명안전을 위해 꼭 필요한 설비이며, 또한 피난자가 연기를 조금만 흡입하여도 패닉상태가 되어 피난을 실패하거나 사망에 이르게 될 수 있다. 따라서 관련 소방법규 적합한 배출풍량을 확보하여야 하며, 이를 위해서는 반드시 배출댐퍼의 누설량 값을 기반으로 한 배출댐퍼의 적용과 송풍기의 풍량 산출, 이에 적합한 시공이 이루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는 현장에서 주로 시공되고 있는 대표적인 5개 종류의 유입공기 배출댐퍼를 AMCA Standard 500-98 “Test Methods for Louver, Dampers and Shutters”의 시험기준으로 배출댐퍼의 누설시험과 압력강하 시험을 수행하여 각 모델간의 차이를 비교하였다.

## 2. 제연설비와 배출댐퍼

특별피난계단의 계단실 및 부속실(비상용 승강기와 피난용 승강기의 승강장도 포함한다)에 대한 제연설비는 거주자가 옥외로 피난하기 위해 사용하는 계단실을 연기로부터 보호하여 거주자의 인명안전 뿐만 아니라 소방관의 소화활동과 구조활동을 원활하게 하는데 그 목적이 있다. 급기압 제연설비는 소방대상물의 제연구역인 계단실, 부속실, 비상용 또는 피난용 승강기의 승강장에 신선한 공기를 공급하여 화재가 발생한 옥내보다 압력을 높게 함으로서 화재로부터 발생한 연기나 열기가 제연구역으로 침투하지 못하도록 하기 위해 설치한다.

Fig. 1은 부속실 제연설비의 개략도이다. 제연구역에 신선외기를 공급하는 급기 송풍기와 급기덕트, 자동차압·과압 조절형 댐퍼, 제연구역의 압력과 외기의 압력을 측정하기 위한 차압 센서, 화재구역에서 유입공기를 배출하기 위한 배기송풍기와 유입공기 배출댐퍼 등으로 구성된다.

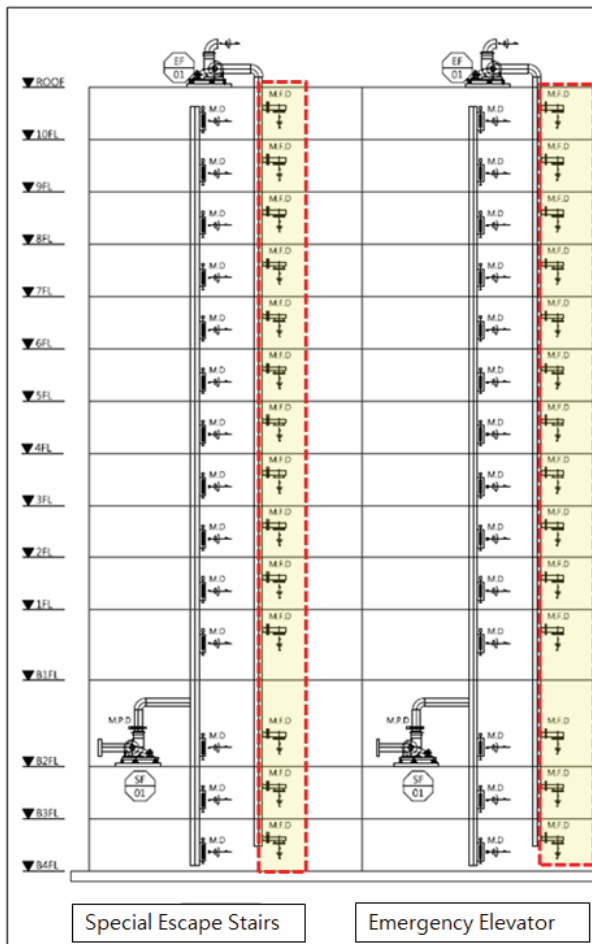


Fig. 1. Smoke Control System Diagram

화재가 발생하면 건물내에 설치된 화재감지기가 작동하고 화재신호가 수신기에 송출된 이후 건물내 급배기 댐퍼,

방화문, 창문 등의 자동폐쇄장치가 작동하고 이후 급배기 송풍기가 작동하게 된다. Fig. 2는 제연설비 작동 흐름도이다.

특별피난계단의 부속실은 최소 40 Pa 이상 주변 거실이나 복도보다 높은 압력으로 유지되어 화재실에서 연기가 유입되지 못하도록 한다. 또한 피난자가 부속실의 출입문을 열고 특별피난계단으로 피난하는 경우에 많은 양의 공기가 화재실로 유입된다. 지속적인 재실자의 피난을 위해서는 화재실로 유입된 공기를 외부로 원활하게 배출하여야 하며, 이를 위해 배기 송풍기와 배출댐퍼가 필요하다.

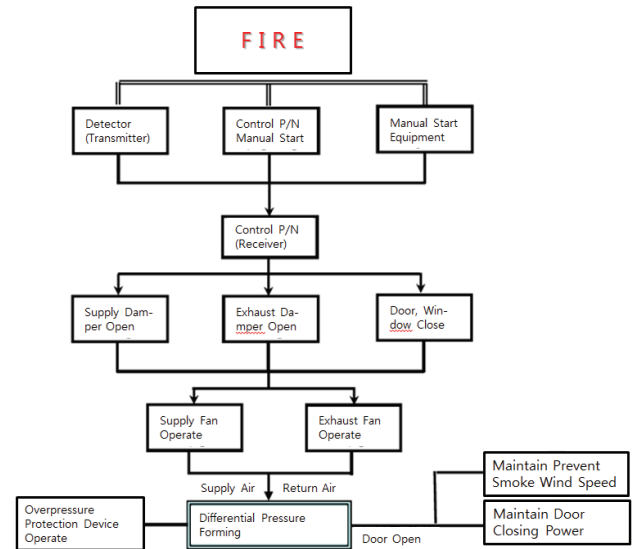


Fig. 2. Smoke Equipment Operation Flow

Fig. 3은 부속실의 배출댐퍼 개념도이다. 피난자의 피난으로 거실에 유입된 공기를 배출하기 위해서 다른 층의 배출댐퍼는 기밀하게 닫히고, 화재층의 배출댐퍼만 열려야 한다. 건축물의 부속실이 20개 이상인 경우에는 2개소에서 동시에 피난하는 경우에도 원활한 배출이 되도록 하여야 한다.

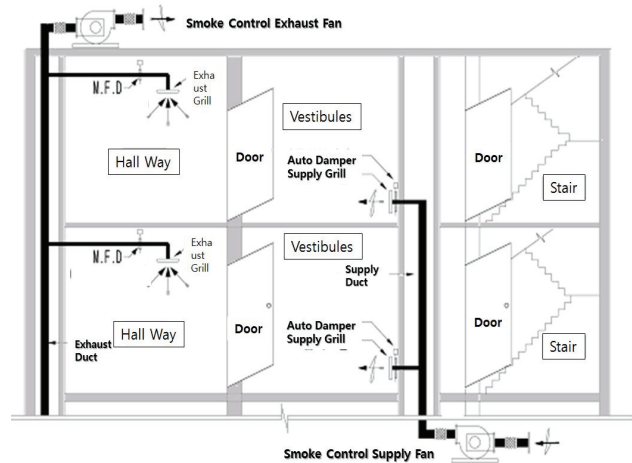


Fig. 3. Exhaust Dampers Diagram in Vestibules

유입공기 배출댐퍼는 피난자가 피난한 층에서만 덕트를 통해 공기가 배출되어야 하고, 다른 층에서는 댐퍼가 기밀하게 닫혀야 한다. 따라서 유입공기 배출댐퍼에서 가장 중요한 기능은 누설이 작아야 한다는 것이다. 화재층 이외의 층에 설치된 배출댐퍼에서 누설되는 양만큼 화재층에서의 배출량이 부족하게 된다.

따라서 유입공기 배출댐퍼는 누설이 작은 댐퍼를 설치하여야 하며, 누설된 양만큼 송풍기의 풍량을 증대하여 화재층에서 원활한 유입공기의 배출이 이루어져야만 한다.

### 3. 유입공기 배출댐퍼의 누설량 시험

댐퍼는 기체의 이동을 차단하기 위한 것으로 폐쇄되었을 때 기체의 이동량인 누설량을 차압별, 모델별로 측정하였다.

#### 3.1 시험체의 선정

시험체는 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 제조사의 제품 중에서 5개를 준비하였으며, 그 내용은 Table 1과 같다. 샘플 A, B는 외함(Case)과 날개(Blade)가 모두 철재(Steel)이며, 실(Seal)은 설치되어 있지 않다. 샘플 C, D, E는 테프론(Teflon) 재질의 실(Seal)을 가지고 있는 기밀(Air Tight)기능의 댐퍼이며, 제조사에 따라 외함(Case)은 알루미늄(Aluminum)이거나 철재(Steel)로 되어 있고, 날개(Blade)는 모두 알루미늄(Aluminum)으로 제작되어 기밀을 유지할 수 있는 구조이다. 댐퍼의 크기는 유입공기댐퍼로 많이 사용되는 크기인 600 mm × 500 mm를 선정하였다.

#### 3.2 시험장치 및 시험용 계측기

누설량 시험을 위한 시험용 측정장치는 송풍기와 속도를 조절할 수 있는 인버터, 정류격자 풍속측정을 위한 풍량측정장치(Flow Measuring Station, FMS)와 테스트 댐퍼를 설치할 수 있는 고정장치로 구성되며 개략도 및 형태는 Fig. 4와 같다.

접속관의 형태는 확대 및 축소가 될 수 있고, 확대관의 각도는 7°이내이며, 축소관의 각도는 15°이내이도록 하였다. 정류격자는 공기흐름의 안정화를 위하여 모든 측정관로에 사용하였으며 측정 관로는 내면이 미끈하여 일정한 원형 단면을 이루도록 하였다.

시험용 계측기와 주요 부속품은 누설량 측정을 위한 디지털 압력계, 마노미터, 디지털 온습도계, 인버터 등이며, 측정값의 유효성을 확보하기 위한 검교정을 받은 계측기를 사용하였으며 제조사, 모델 및 측정(운전)범위는 Table 2와 같다.

#### 3.3 시험 방법

- 1) AMCA STANDARD 500-98에 준한 시험설비에 시험 댐퍼(Test Damper)를 설치한다.
- 2) 시험설비의 제어패널(Control Panel) 전원을 켜다.

- 3) 시험댐퍼(Test Damper)의 날개(Blade)를 100% 닫는다.
- 4) 시험댐퍼(Test Damper)의 전단 압력을 시험(Test) 압력이 되도록 송풍기 인버터(Fan Inverter)를 조절하여 맞춘다.
- 5) 마노미터(Manometer)로 토출측 속도를 측정하고, 속도값에 면적을 곱하여 누설되는 풍량을 산출한다.
- 6) 누설풍량이 매우 작아 마노미터(Manometer)로 속도를 측정할 수 없을 경우, 풍량측정장치(FMS)에서 전압과 정압을 측정하여 전압과 정압의 차로 동압을 구한다. 이 경우, 아래의 계산식에 의거하여 속도를 구하고 속도값에 면적을 곱하여 누설되는 풍량을 산출한다.

$$Pd = \frac{V^2}{2g} \cdot r \quad (1)$$

$$V = \sqrt{\frac{Pd \times 2g}{r}} \quad (2)$$

여기서  $r$  = 비중량, 공기의 비중량 =  $1.2 \text{ kg/m}^3$ ,  
 $g$  = 중력가속도,  $V$  = 속도 ( $\text{m/s}$ ),  
 $Pd$  = 동압 ( $\text{kg/m}^2$  or  $\text{mmAq}$ ) / 동압 = 전압 - 정압이다.

- 7) 신뢰성 확보를 위해 각 시험체 별로 각 2회 측정한다.

### 4. 유입공기 배출댐퍼의 차압 시험

유입공기 배출댐퍼의 차압은 송풍기의 정압을 선정하는 데 꼭 필요한 데이터 값이다. 송풍기 선정을 위해서는 송풍량과 정압을 계산하여야 하며, 제연설비에서의 정압 선정시 덕트내의 풍속을 15~20 m/s로 선정하므로 차압은 반드시 실험데이터 값을 계산에 사용하여야 하나 제조사에서 차압에 대한 데이터를 제공하지 않는 경우가 대부분이다.



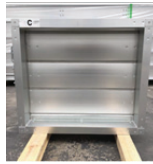
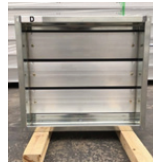

#### 4.1 시험 방법

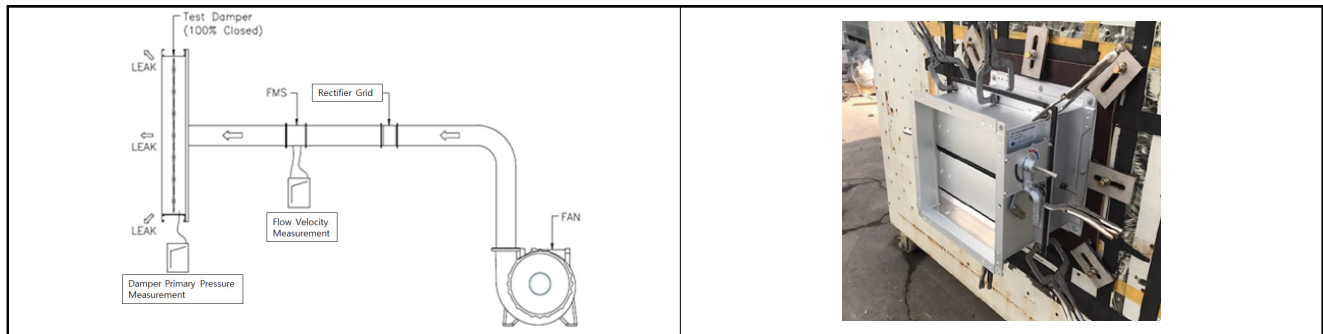
시험체의 선정은 누설량 시험을 위해 선정한 시험체를 동일하게 사용하였다.

#### 4.2 시험 장치 및 시험용 계측기

차압 측정을 위한 시험장치는 누설량 측정을 위한 시험장치와 유사하다. 공기를 공급하는 송풍기와 송풍기의 속도를 조절을 통해 송풍량을 조절할 수 있는 인버터, 난류를 층류로 변환하여 정확한 풍량측정이 가능하도록 하는 정류격자, 덕트내에 흐르는 공기의 풍속측정을 위한 풍량측정장치(FMS, Flow Measuring Station)가 있다. 테스트 댐퍼를 단단하게 시험장치에 고정할 수 있는 고정장치가 설치되며 시험장치의 형태와 사진은 Fig. 5와 같다.





**Table 1.** Selection of Test Specimen of Inlet Air Exhaust Dampers

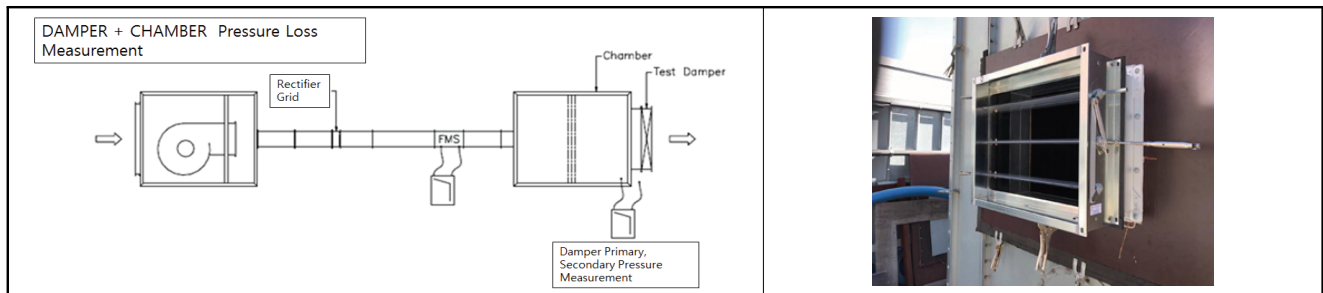
Division	1	2	3	4	5
Sample	A	B	C	D	E
Case Material	Steel	Steel	Aluminum	Steel	Steel
Blade Material	Steel	Steel	Aluminum	Aluminum	Aluminum
Seal Material	None	None	Teflon	Teflon	Teflon
Size (mm)	600×500×170	500×600×200	600×500×200	600×500×200	600×500×200
Picture					



**Fig. 4.** Leaking Rate Measurement Equipment

**Table 2.** Test Instruments and Main Accessories

Name	Digital Manometer	Manometer (liquid)	Digital Hygrometer	Inverter
Picture				
Model	MS-MANO 100	M400-250	314	SV 220 LG 5A-4
Manufacturer	MSI	DWYER	CENTER	LSIS Co., Ltd.
Measurement range	Low: 0~0.5 kgf/cm <sup>2</sup> High: 0~17 kgf/cm <sup>2</sup>	Speed: 0~65 m/s Pre.: 0~245 mmAq	Temp.: -20~60 °C Humi.: 0~100%	Power: 9.0 kW Range: 0.1~400 Hz



**Fig. 5.** Differential Pressure Amount Measurement Equipment

접속관의 형태는 확대 및 축소가 될 수 있고, 확대관의 각도는 7°이내, 축소관의 각도는 15°이내이도록 하였다. 정류격자는 누설량 측정과 동일하게 공기흐름의 안정화를 위하여 모든 측정관로에 사용하였으며 측정 관로는 내면이 미끈하고 일정한 원형 단면을 이루도록 하였다.

시험용 계측기와 주요 부속품은 누설량 측정을 위한 시험 기기와 동일하다. 디지털 압력계, 마노미터, 디지털 온습도 계, 인버터 등이며, 검교정을 받은 계측기를 사용하였고, 자세한 내용은 Table 2와 동일하다.

### 4.3 시험 방법

국내에는 유입공기 배출댐퍼에 대한 시험기준이 제정되지 않아 부득이하게 해외 AMCA 기준을 통한 유입공기 배출댐퍼의 시험을 수행하였다.

- 1) AMCA STANDARD 500-98에 준한 시험설비의 후단 챔버(Chamber)에 시험댐퍼(Test Damper)를 설치한다.
- 2) 시험댐퍼(Test Damper) 풍량 측정이 가능한 풍도의 입구와 출구를 연다.
- 3) 시험설비의 제어패널(Control Panel) 전원을 켜다.
- 4) 시험설비 흡입구 시험댐퍼(Test Damper)를 100% 열고, 모든 부속 문(Access Door)를 닫는다.
- 5) 송풍기 인버터(Fan Inverter)를 조절하여 시험 풍량을 맞춘다.
- 6) 시험댐퍼(Test Damper)의 전후의 차압을 마노미터(Manometer)를 이용하여 측정한다.
- 7) 송풍기를 정지하고 챔버(Chamber)에서 댐퍼(Damper)를 분리한다.
- 8) 송풍기 인버터(Fan Inverter)를 조절하여 시험 풍량을 맞춘다.
- 9) 챔버(Chamber)의 전후의 차압을 마노미터(Manometer)를 이용하여 측정한다.
- 10) 6)항 측정값(댐퍼 + 챔버 압력손실)과 9)항 측정값(챔버 압력손실)의 차를 구하여 시험댐퍼(Test Damper)의 압력손실을 구한다.

## 5. 시험결과

유입공기 배출댐퍼의 누설량 시험과 차압 시험은 각각 2회 실시하였으며 시험결과는 다음과 같다.

### 5.1 누설량 시험결과

#### 5.1.1 누설량 1차 시험결과

누설량 시험결과에서 X축의 값은 적용 압력을 Pa 단위로 표시하고 Y축의 값은 해당 압력에서 각 샘플 A, B, C, D, E의 누설량을 Cubic Miter per Minute (CMM) 단위로 나타낸 것이며 시험결과는 Table 3과 같다. X축의 압력은 UL555s의

누설등급과 비교가 용이하도록 압력 구간을 선정한 것이며, Y축의 누설량 단위도 또한 UL555s의 누설량과 비교가 용이하도록 CMM 단위를 사용하였다.

Table 3에서 A샘플, B샘플의 적용압력 3,000 Pa과 4,000 Pa에서 누설량 값이 없는 것은 시험을 수행하였으나 누설량이 과다하여 측정 기기의 측정범위를 초과하였음을 의미한다. A샘플과 B샘플은 유입공기 배출댐퍼의 실(Seal)이 별도로 부착되어 있지 않은 날개(Blade) 일체형으로서 다른 샘플들과 비교하여 댐퍼의 누설량이 많음을 알 수 있었다.

#### 5.1.2 누설량 2차 시험결과

누설량 2차 시험결과는 Table 4와 같으며 누설량 1차 시험결과와 큰 차이가 없으나 실험결과의 신뢰성확보를 위해 2번 시험하였다.

#### 5.1.3 누설량 시험결과

유입공기 배출댐퍼는 댐퍼가 닫힌 상태에서 송풍기가 가동되면서 외부에서 공기가 유입되어 누설되므로 덕트 내부가 음압 상태에서 측정된 흡입 누설량 값이다.

배출댐퍼에 실이 부착된 C샘플, D샘플, E샘플과 실이 없는 A샘플, B샘플은 누설량에서 큰 차이를 보이고 있다. 2,000 Pa을 기준으로 A, B, C, D, E샘플의 누설량은 각각 14.49, 14.20, 1.14, 0.78, 1.26 m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>를 보이고 있다. 누설량이 제일 큰 A샘플과 제일 작은 D샘플의 경우 약 18 배 누설량 차이(14.49/0.78 ≃ 18.58)를 보이고 있으며, 실이 있는 댐퍼중에서 가장 누설이 큰 E샘플과 비교하는 경우에도 약 11배 누설량 차이(14.49/1.26 ≃ 11.50)를 보이고 있었다.

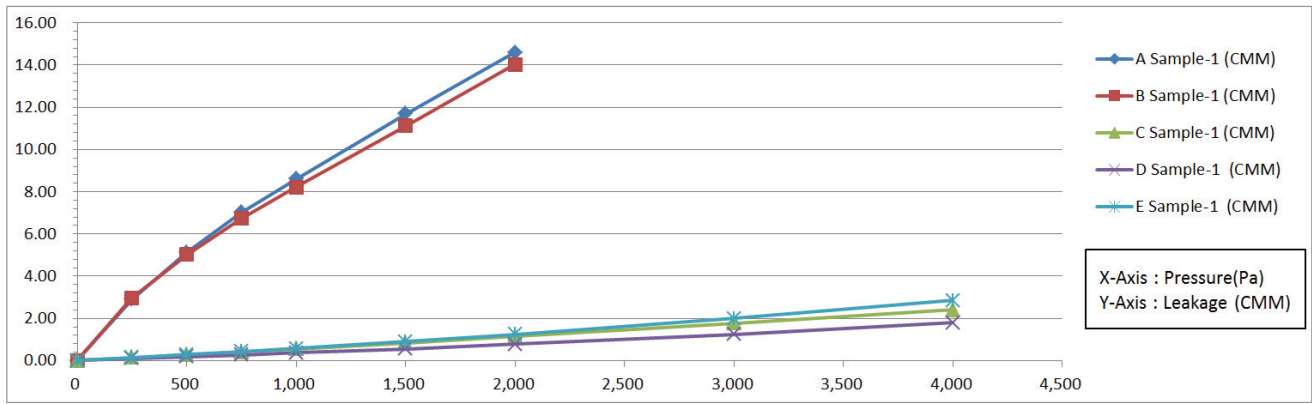
또한 배출댐퍼에 실이 부착된 C샘플, D샘플, E샘플의 누설량을 비교해보면 누설량이 가장 작은 E샘플과 누설량이 가장 큰 E샘플의 누설량 차이도 약 1.6 배 차이(1.26/0.78 ≃ 1.62)를 보이고 있다. E샘플의 경우에는 Table 5와 같이 날개가 4개로 구성되어진 댐퍼로서 C샘플과 D샘플보다 날개가 1개 더 많다. 댐퍼의 날개가 많아지면 누설틈새가 길어지므로 상대적으로 누설량이 많아지는 것을 확인할 수 있었다.

### 5.2 차압 시험결과

#### 5.2.1 차압 1차 시험결과

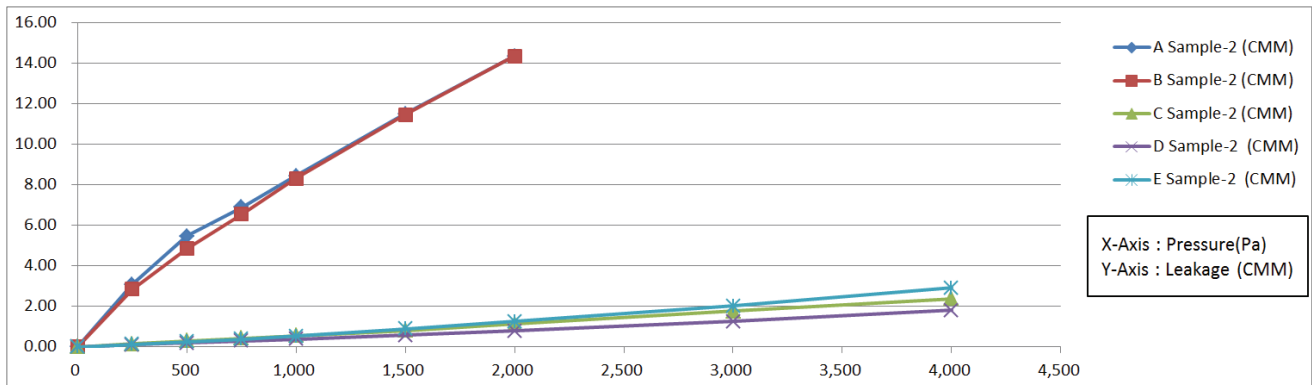
차압 시험결과에서 X축의 값은 각 샘플 A, B, C, D, E의 케이스 내부를 통과하는 풍량값을 CMM 단위로 표기하고 Y축은 해당 풍량에서 댐퍼의 전후단에 발생하는 차압을 mmAq 단위로 나타낸 것이며 시험결과는 Table 6과 같다. 댐퍼의 풍량값의 간격은 댐퍼를 통과하는 풍량을 균등한 간격으로 0 m/s에서 20 m/s까지 증가하면서 시험을 수행하였다. 1차 차압 시험결과는 Table 6과 같다.

**Table 3.** Leakage 1 Time Test Result



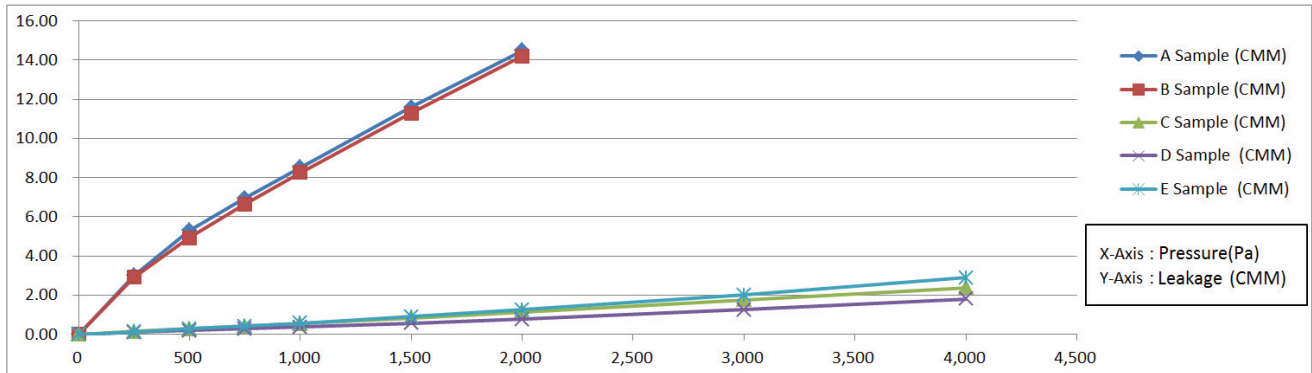
Pressure (Pa)	A Sample-1 (CMM)	B Sample-1 (CMM)	C Sample-1 (CMM)	D Sample-1 (CMM)	E Sample-1 (CMM)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
250	2.91	2.97	0.14	0.10	0.14
500	5.13	5.02	0.28	0.18	0.29
750	7.01	6.73	0.41	0.28	0.43
1,000	8.61	8.21	0.55	0.37	0.58
1,500	11.69	11.12	0.84	0.56	0.91
2,000	14.60	14.03	1.15	0.77	1.25
3,000	-	-	1.78	1.25	2.00
4,000	-	-	2.40	1.80	2.86

**Table 4.** Leakage 2 Time Test Result



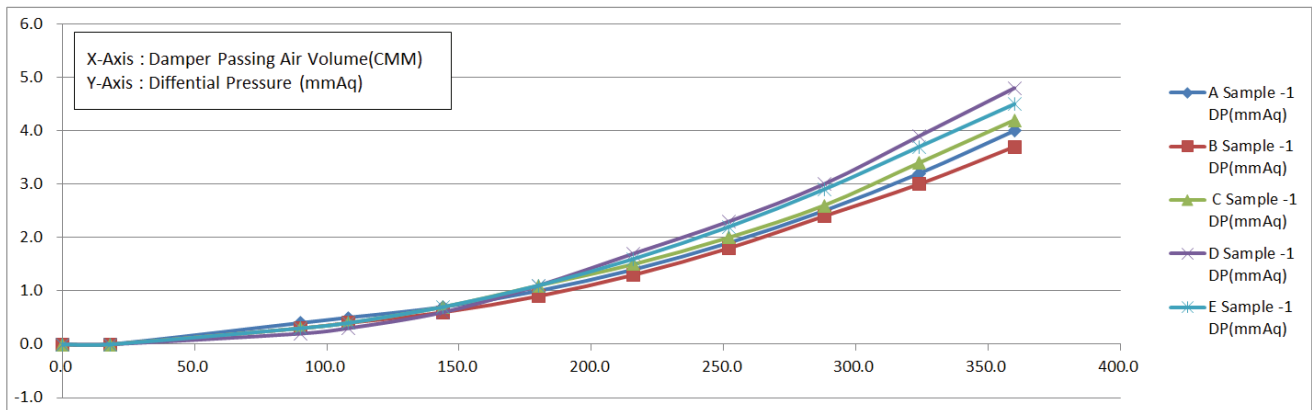
Pressure (Pa)	A Sample-2 (CMM)	B Sample-2 (CMM)	C Sample-2 (CMM)	D Sample-2 (CMM)	E Sample-2 (CMM)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
250	3.08	2.85	0.16	0.11	0.13
500	5.47	4.85	0.31	0.21	0.26
750	6.90	6.56	0.43	0.31	0.40
1,000	8.44	8.32	0.56	0.40	0.55
1,500	11.52	11.46	0.82	0.58	0.90
2,000	14.37	14.37	1.13	0.79	1.26
3,000	-	-	1.77	1.27	2.03
4,000	-	-	2.38	1.81	2.91

**Table 5.** Leakage Test Result



Pressure (Pa)	A Sample (CMM)	B Sample (CMM)	C Sample (CMM)	D Sample (CMM)	E Sample (CMM)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
250	3.00	2.91	0.15	0.11	0.14
500	5.30	4.94	0.30	0.20	0.28
750	6.96	6.65	0.42	0.30	0.42
1,000	8.53	8.27	0.56	0.39	0.57
1,500	11.61	11.29	0.83	0.57	0.91
2,000	14.49	14.20	1.14	0.78	1.26
3,000			1.78	1.26	2.02
4,000			2.39	1.81	2.89

**Table 6.** Differential Pressure 1 Time Test Result



Damper Wind speed (m/s)	Damper passing air volume (CMM)	A Sample-1 DP (mmAq)	B Sample-1 DP (mmAq)	C Sample-1 DP (mmAq)	D Sample-1 DP (mmAq)	E Sample-1 DP (mmAq)
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	90.0	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3
6	108.0	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4
8	144.0	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7
10	180.0	1.0	0.9	1.1	1.1	1.1
12	216.0	1.4	1.3	1.5	1.7	1.6
14	252.0	1.9	1.8	2.0	2.3	2.2
16	288.0	2.5	2.4	2.6	3.0	2.9
18	324.0	3.2	3.0	3.4	3.9	3.7
20	360.0	4.0	3.7	4.2	4.8	4.5



### 5.2.2 차압 2차 시험결과

차압 2차 시험결과 Table 7과 같으며 1차 시험결과인 Table 6과 결과가 크게 다르지 않다.

### 5.2.3 차압 시험결과

유입공기 배출댐퍼의 차압 1차 시험결과 Table 6과 차압 2차 시험결과 Table 7의 값을 산술평균하여 Table 8과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

배출댐퍼의 통과풍량이 제일 많은 360 CMM에서 각 A-E 샘플 댐퍼의 차압값을 보면 4.1, 3.6, 4.1, 4.9, 4.5 mmAq 이다. 제일 차압이 큰 댐퍼는 날개에 실을 부착한 D샘플이고, 제일 차압이 작은 것은 실이 없는 B샘플이었으며, 제일 차압값과 제일 작은 값의 차이는 약 1.3 배 차이(4.9/3.6 = 1.36)로 누설량에 비해 크지 않은 것으로 파악되었다. 이는 블레이드에 실이 부착되어 있는지 여부가 차압에 미치는 영향이 없으며, 날개가 4개인 E샘플도의 경우에도 D샘플 보다 차압이 작은 것으로 보면 날개의 수량도 차압 값에 영향이 크지 않은 것으로 파악되었다.

차압시험은 누설량시험과 달리 댐퍼의 날개를 모두 열고 공기가 댐퍼를 지나는 동안 발생한 압력의 강하 값을 측정하

는 것이므로 외함의 재질, 날개(Blade) 재질, 실(Seal)의 부착 여부, 날개의 수량 등에 크게 영향을 받지 않는 것으로 판단되며, 차압은 공기가 댐퍼의 내부를 통과할 때 외함과 날개가 이루는 단면적의 크기와 부속 자재들의 형상에 따라 공기와 닿는 면적의 차이로 형성될 것으로 예상된다.

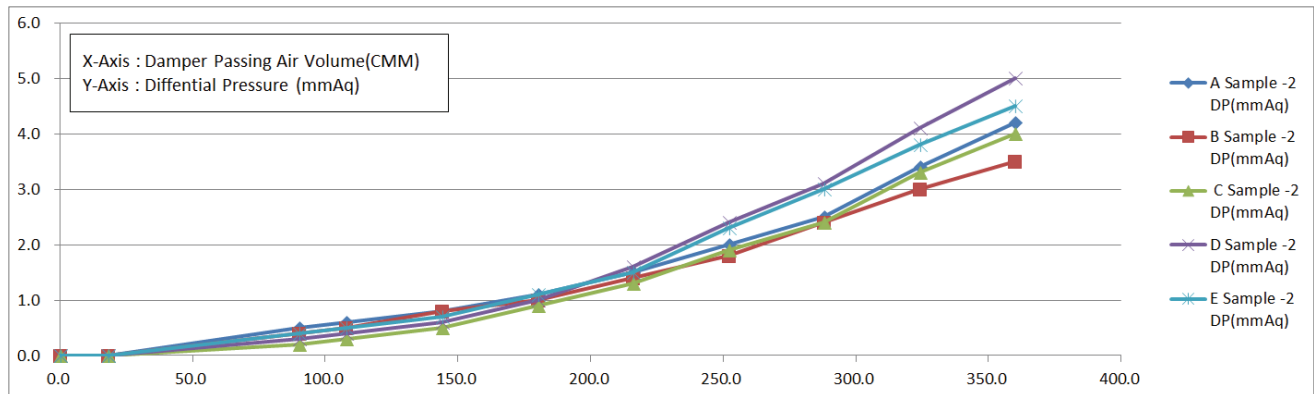
각 제조사별로 유입공기 배출댐퍼의 차압 데이터를 설계사 및 시공사에 공급하여 정확한 설계와 시공을 통해 제연설비의 성능이 확보될 수 있도록 하여야 할 것이다.

## 6. 결론

본 연구에서는 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 유입공기 배출댐퍼 5개 샘플을 대상으로 누설량 시험과 차압시험을 수행하여 다음과 같은 결론이 도출되었다.

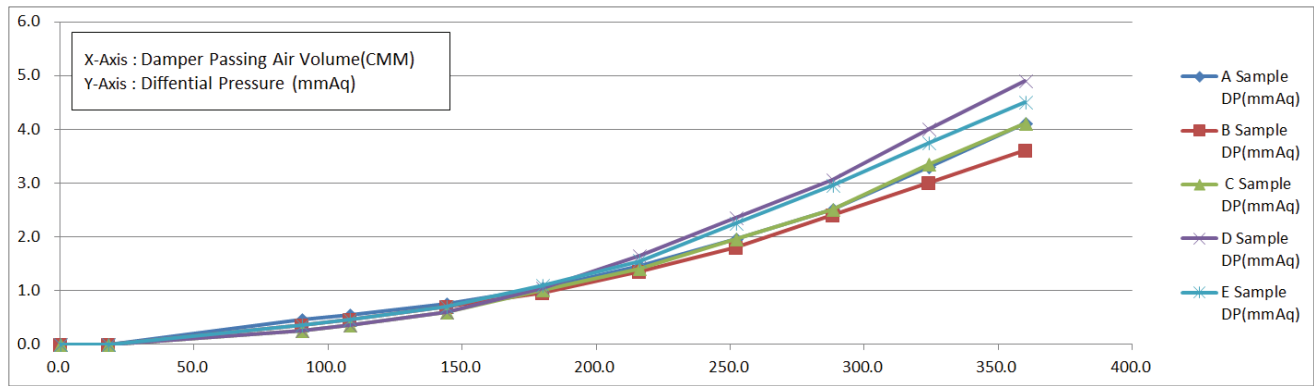
- (1) 누설량이 제일 큰 A샘플과 제일 작은 D샘플의 경우 약 18 배 누설량 차이(14.49/0.78 = 18.58)를 보이고 있으며, 실이 있는 댐퍼중에서 가장 누설이 큰 E샘플과 비교하는 경우에도 약 11배 누설량 차이(14.49/1.26 = 11.50)를 보이고 있다. 따라서 국내제연설비에 설치

Table 7. Differential Pressure 2 Time Test Result



Damper Wind speed (m/s)	Damper passing air volume (CMM)	A Sample-2 DP (mmAq)	B Sample-2 DP (mmAq)	C Sample-2 DP (mmAq)	D Sample-2 DP (mmAq)	E Sample-2 DP (mmAq)
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	90.0	0.5	0.4	0.2	0.3	0.4
6	108.0	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5
8	144.0	0.8	0.8	0.5	0.6	0.7
10	180.0	1.1	1.0	0.9	1.0	1.1
12	216.0	1.5	1.4	1.3	1.6	1.5
14	252.0	2.0	1.8	1.9	2.4	2.3
16	288.0	2.5	2.4	2.4	3.1	3.0
18	324.0	3.4	3.0	3.3	4.1	3.8
20	360.0	4.2	3.5	4.0	5.0	4.5

**Table 8.** Differential Pressure Test Result



Damper Wind speed (m/s)	Damper passing air volume (CMM)	A Sample DP (mmAq)	B Sample DP (mmAq)	C Sample DP (mmAq)	D Sample DP (mmAq)	E Sample DP (mmAq)
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	90.0	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4
6	108.0	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5
8	144.0	0.8	0.7	0.6	0.6	0.7
10	180.0	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1
12	216.0	1.5	1.4	1.4	1.7	1.6
14	252.0	2.0	1.8	2.0	2.4	2.3
16	288.0	2.5	2.4	2.5	3.1	3.0
18	324.0	3.3	3.0	3.4	4.0	3.8
20	360.0	4.1	3.6	4.1	4.9	4.5

하는 유입공기 배출댐퍼의 누설량에 대한 성능기준 마련이 시급하며 또한 국내에 제연댐퍼의 시험기준이 제정하여 필요하다.

- (2) 국내 제연설비의 성능을 확보하기 위해서는 상기의 누설량 시험결과를 바탕으로 부속실 제연설비의 설계 및 시공자는 유입공기 배출댐퍼의 누설량값을 설계에 반영하여, 송풍기의 풍량을 선정하여야 화재안전기준에서 요구하는 제연성능을 발휘할 수 있을 것이다.
- (3) 차압시험결과는 누설량 시험과는 달리 216 CMM에서 1.3~1.7 mmAq로 날개(Blade)의 실(Seal)의 유무와 관계없이 거의 유사한 결과를 얻었다. 차압시험의 결과는 각 제조사에서 제연설비의 설계자 및 시공자들에게 제공되어야 하며, 이러한 시험 결과는 송풍기의 정압 산출을 위한 기초자료로 사용될 수 있기를 바란다.

### References

Choi, K.-C., Song, Y.-S., Cha, J.-H. (2009). A study on leaking amount test of control damper: For a performance based designed of smoke control system.

*Fire Science and Engineering*, Vol. 23, No. 3, pp. 131-137.

Go, J. (2018). *Performance evaluation improvement plan through testing, adjustment, and balancing (TAB) of smoke control system*. Master's thesis, Kyonggi University.

Hong, D.H. (2010). *A study on characteristics of airflow according to vestibule area using fire dynamics simulator*. Master's thesis, Seoul National University of Science and Technology.

Im, H. (2011). *A study on the improvement of pressurizing smoke control system*. Master's thesis, University of Seoul.

Kim, K.J. (2017). *A study on the securing performance for pressure loss of smoke control systems*. Master's thesis, Gachon University.

Kim I.-Y. (2011). *A study on improving performance of pressurization system for smoke control*. Master's thesis, University of Seoul.

National Fire Data System. (2018). *Fire status statistics*.

Retrieved from <http://www.nfds.go.kr>

NFSC 501A. *Article 14: Discharge according to vertical wind direction.*

Oh, W.S. (2016). *Analysis of influence of smoke driving forces on the vestibule pressurization system.* Ph.D. dissertation, University of Seoul.

Shin, P.S. (2015). *An experimental study for the improvement of smoke control performance of automatic pressure differential · overpressure control dampers.* Ph.D. dissertation, Kyonggi University.

Song S.B. (2017). A study of exhaust dampers on the staircase of the special evacuation stairs. *Proceedings of 2017 Summer Annual Conference*, The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, pp. 954-957.

---

<b>Received</b>	October 12, 2018
<b>Revised</b>	October 16, 2018
<b>Accepted</b>	October 23, 2018

