

풍도 내 유동 교란과 자동차압 댐퍼의 성능 특성 기초 연구 Basic Study on the Performance of a Pressure-difference Control Damper Affected by Flow Disturbance in a Wind Tunnel

윤영민* · 이민정* · 김남일**† · 유홍선**

Yung Min Yun* · Min Jung Lee* · Nam Il Kim**† · Hong Sun Ryou**

*중앙대학교 기계공학부 대학원, **중앙대학교 기계공학부
(2009. 06. 10. 접수/2009. 12. 11. 채택)

요 약

화재 시 피난로의 연기의 확산·침투를 막기 위한 제연 댐퍼의 성능 특성은 FIS 001 규정에 의해 시험되고 있지만 시험 방법 및 규정에 대한 개선 요구가 지속적으로 제시되었다. 유체역학적인 관점에서 급기시스템의 끝단에 위치한 제연 댐퍼의 특성은 전체 제연시스템의 성능에 매우 중요한 역할을 수행한다. 본 연구에서는 일반적으로 널리 사용되고 있는 자동차압댐퍼에 관한 FIS 001 규정의 취약점을 논하고 댐퍼의 주요 특성을 다양한 방법으로 시험하였다. 이러한 실험 결과 시험 장치 내의 유속 교란은 댐퍼의 성능 특성 시험에 영향이 적음을 확인하였으며 누기량 및 방연 풍속 확보 등과 관련된 실험을 추가 수행하였다. 이러한 결과는 자동차압댐퍼의 성능 시험을 위한 설비 구축 및 시험 규정의 개선에 활용될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

The performance characteristics of a smoke damper, which aims to suppress the penetration of smoke to a safe area, have been tested under the regulation of the FIS 001. However, the improvement of the test methods and the regulation has consecutively been requested. From a view-point of fluid mechanical theory, a pressure control damper, that is installed at the end of the flow control system, is important and it dominates flow characteristics in all designed flow systems. In this study, the weak points of the regulation of the FIS 001 concerned with the pressure control damper was visited and the some important characteristics of the damper was examined. Based on these results, it was confirmed that the effects of flow disturbance in the air supplying duct on the performance of the damper are not significant. This results gives some information for the modification of the experimental regulation concerned to the pressure control damper.

Key words : Smoke control, Pressure difference, Air supplying damper, FIS 001

1. 서 론

건물 화재 시 발생하는 연기로 인한 인명 피해를 줄이기 위해 각 건물에는 제연시스템을 설치해 두고 있다. 다양한 제연시스템 중에서 널리 쓰이는 방안이 급기가압 방식이다. 급기가압 방식의 제연시스템의 주요 요소로는 급기를 위한 송풍기, 덕트, 댐퍼 등이 있다. 이 중에서 피난 공간 내의 안전 확보를 위해 제연 공간의 실시간 상황 변동에 직접 대응하는 요소 기기가

급기제연댐퍼이다. 따라서 이러한 급기제연댐퍼의 올바른 선택과 시공은 화재로 인한 인명 피해 최소화를 위해 매우 중요한 사안이다.

특히, 최근 급격히 증대하는 고층 및 초고층 건축물에서의 화재에 대해서는 고가 사다리차의 접근이 사실상 어려운 점을 감안할 때, 피난자들의 안전 확보를 위해 무엇보다도 확실한 성능이 요구되는 것이 제연시스템 요소기기들이다. 국내에서는 아직 초고층 제연시스템에 대한 별도의 규정은 마련되지 않았지만, 초고층 제연시스템의 규정이 기존의 일반 건축물에 대한 제연댐퍼 관련 규정의 취지를 위배하지 않으면서 초고층

†E-mail: nikim@cau.ac.kr

건축물 특유의 요구 성능을 만족할 수 있도록 관련 규정과 기술을 보완하는 것이 적절한 접근 방법으로 판단된다.

급기제연댐퍼에는 여러 가지 종류가 있지만, 그 중 최근 가장 널리 보급되고 있는 대표적인 댐퍼는 자동차압·과압 조절형 급기댐퍼이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 자동차압·과압 조절형 급기댐퍼에 대해 연구를 수행하기로 하고, 이후 본 논문에서는 이를 ‘자동차압댐퍼’라 칭하기로 한다. 현재 소방방재청 고시 제 2008-47호에서는 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준을 제시하고 있다.¹⁾ 그리고 한국소방산업기술원에서는 이러한 자동차압댐퍼의 인정기준(FIS 001)을 별도로 제시하고 있다.²⁾ 자동차압댐퍼의 주요 역할은 제연구역의 압력을 일정 범위로 유지함으로써 거실(옥내)로부터 제연구역으로의 연기 유입을 차단하고 제연공간에 위치한 각종 방화문의 개폐가 가능하도록 과압이 걸리는 것을 방지하는 목적을 가지고 있다. FIS 001에서는 자동차압댐퍼의 재질, 환경시험 등 다양한 성능 시험 기준에 대해 서술하고 있는데, 특히, 댐퍼의 작동성능 시험에 대해서 상세하게 기술하고 있다. 이러한 작동시험 방법에는 댐퍼의 독립적 성능 보다는 시험 시설에 의한 영향이 있을 것으로 판단되는 다수의 내용이 포함되어 있다. 따라서 댐퍼의 성능 시험 방법으로는 부적절 할 가능성이 크다는 점 외에도 시험 결과로부터 제연시스템의 설계에 활용할 수 있는 데이터가 검증되지 않는다는 점 등 논란의 여지가 많은 것에 대체로 전문가들의 동의가 이루어지고 있다.³⁻⁶⁾ 아울러 피난 공간의 제연 설비 특성과 부속실차압 특성에 대한 모델링과 수치해석 등이 이루어지고 있다.⁷⁻⁹⁾

또한 자동차압댐퍼의 성능 시험을 위한 다양한 방안들도 제안되고 있다.⁶⁾ 하지만 자동차압댐퍼의 성능에 대한 시험 방안에 대한 연구는 여전히 부족한 현실이다. 특히 자동차압댐퍼는 부속실의 환경 변화에 따라 다양한 작동을 보이게 되므로 다양한 조건에서의 시간에 따른 성능의 변화와 요구 성능 확보 여부에 대한 연구가 추가로 요구된다.

따라서 본 연구에서는 댐퍼의 고유 성능 시험 방안 자체에 대해 유체역학적 관점에서 실험적 고찰을 수행하고자 한다. 특히, 댐퍼의 성능 시험을 위한 송풍 공간 즉, FIS 001 규정에서의 풍도에 해당하는 공간 내부에서의 유동 교란에 의한 댐퍼 성능의 영향을 평가하고자 한다. 또한 급기유량의 변화에 따라 댐퍼 하류에서의 유속 분포의 변화와 적절한 유량 측정 방안에 대해 고찰하고자 한다. 이를 통해 자동차압댐퍼의 누

기량과 최대 방연 풍량 확보를 위한 압력 조건에 대해 실험을 수행하고자 한다.

2. 실험 장치 및 실험 방법

2.1 사용된 자동차압댐퍼

실험에 사용된 자동차압댐퍼의 외형을 Figure 1에 제시하였다. 개구부의 면적은 최대 27cm × 44cm의 크기를 가지며, 압력 측정부는 압력 표시 패널 바로 옆에 댐퍼의 전면을 향해 설치되어 있다. 결과적으로 본 연구는 자동차압댐퍼의 성능 실험 방법에 대한 고찰을 주목적으로 하므로 특정 댐퍼의 상세한 성능 자체는 연구 결과에 직접 관여하지 않는다는 점을 주지할 필요가 있다.

2.2 실험 장치

실험에 사용된 송풍부는 팬의 속도가 정성적으로 제어 가능한 유체역학 실험용 풍동(wind tunnel)을 사용하였다. Figure 2에서 우측의 덕트가 풍동의 출구이다. 사용된 풍동의 경우 45cm × 45cm 덕트의 단면에서 유속의 균일도는 벽면 근처를 제외하면 5% 이내로 우수하였다. 이러한 풍동의 출구에 자동차압댐퍼의 성능 실험을 위한 덕트를 Figure 2와 같이 추가로 설치하였다. 댐퍼 시험을 위한 덕트는 FIS 규정에서의 ‘풍도’에 해당하므로 본 연구에서 유체역학 실험 장치인 ‘풍동’과 그 끝에 제연설비 성능시험을 위해 추가 장착된 덕트인 ‘풍도’를 구분하여 칭하기로 하자. 풍도의 크기는 댐퍼가 장착된 부분에서 90cm × 90cm × 90cm의 크기

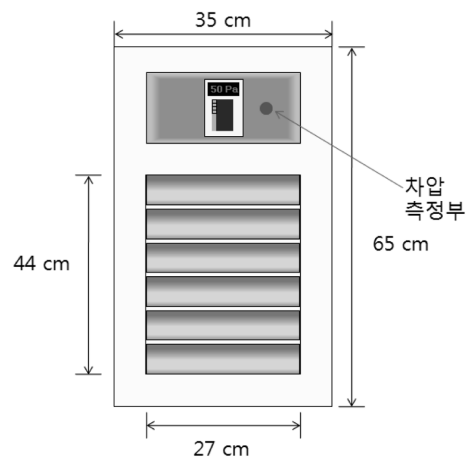


Figure 1. Configuration of the pressure difference control damper used in experiment.

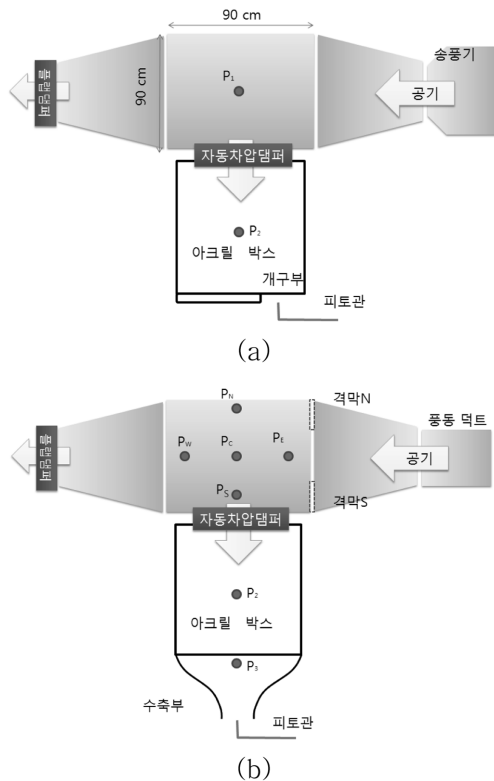


Figure 2. Configuration of the duct for the experiment of a damper, (a) with a open gate, (b) with a contraction nozzle at the exit and bluff body plates in the duct.

를 가진다.

기존의 댐퍼 성능 시험 장치들은 유동의 흐름방향에 장착되었던 반면, 본 연구에서의 댐퍼는 유동의 흐름에 수직한 방향으로 장착되었다. 이는 실제 건축물의 댐퍼를 설치할 때의 장착 방향에 보다 유사한 특성을 가지고 있다. 풍도 내부의 압력 조절을 위해 풍도 출구 방향에 플랩댐퍼를 설치하였다. 플랩댐퍼를 닫게 되면 풍도 내부의 압력이 상승하고 플랩댐퍼를 열면 압력이 하강한다. 풍도 내부와 자동차압댐퍼의 하류에서의 압력을 측정하기 위해 각각 P_1 과 P_2 위치에서 정압을 측정하였다. 사용된 압력계는 $-500 \sim +1000\text{Pa}$ 범위에서 오차 1.5%로 측정이 가능하며 압력을 전압으로 출력할 수 있다. 출력된 압력(전압)을 데이터 수집기(GL450, GRAPHTEC)를 이용하여 저장하고 이를 분석하였다.

댐퍼의 출구에는 기밀이 유지되는 아크릴 공간을 설치하였다. 부속실에 해당하는 아크릴 공간은 $75\text{cm} \times 75\text{cm} \times 75\text{cm}$ 크기를 가지는 정육면체 공간이며, Figure

2(a)와 같이 출구쪽의 개방도를 조절할 수 있도록 제작되었다. 유속 측정을 위해서는 외경 4.7mm, 내경 1.7mm의 피토투브와 마이크로마노미터(FCO12, Furness Controls Limited, 측정 범위 0~18m/s, 오차 1%)를 이용하였다. 유속은 0.1m/s 단위까지 측정 가능하였는데, 실험에서 유량 측정은 Figure 2(a)와 같이 개구부 조건에서의 실험을 비롯하여, Figure 2(b)와 같은 수축부를 통한 실험 등이 이루어졌다.

특히 주목할 것은 풍도 내부에 격막을 설치하고 유동 교란을 인위적으로 유도하고 그 효과를 실험하였다는 점이다. 위와 아래의 격막을 각각 '격막N'과 '격막S'로 표시하였으며, 격막에 의한 압력 교란을 측정하기 위해 풍도 내부의 압력을 P_N , P_S , P_E , P_W , P_C 다섯 위치에서 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 자동차압댐퍼 시험 - 작동 압력 변화

FIS 001 자동차압댐퍼 작동 시험에 따르면 풍도의 압력을 150Pa로 유지한 상태에서 부속실의 출입문을 개폐하고 부속실의 압력이 5초 이내에 50Pa이 되는지를 반복시험 하도록 규정하고 있다. 이는 방연 풍량을 만족하는 유량이 부속실에 공급되고 있는 조건에서 부속실의 출입문이 닫힌 후 댐퍼에 의해 과압 해소에 걸리는 시간이 5초 이내여야 함을 의미한다. 하지만 송풍기가 충분한 유량을 유지하는 조건에서 출입문이 닫힌 후 부속실의 압력 강하는 댐퍼 고유의 특성에 의해 결정되는 것이라기보다는 댐퍼의 작동에 따라 적절히 감소된 공기 유량과 출입문 틈새 유량의 크기에 의해 결정되는 것으로 볼 수 있다. 다시 말해 댐퍼가 완전히 닫히는 데 걸리는 시간이 5초 이내이고 댐퍼의 차압 조절 능력이 정상적으로 이루어진다면 위의 규정 조건을 만족하게 될 것이므로 댐퍼의 고유 작동 시간에 주목할 필요가 있다.

그런데 FIS 001시험의 절차에 있어서 출입문이 완전히 닫히는데 걸리는 시간을 10초로 설정하고 있어서 출입문 닫힘의 특성에 따라 댐퍼의 성능이 상당히 영향을 받을 수 있다. 이러한 이유로 댐퍼의 성능을 독자적으로 평가하기에는 기존의 FIS 001 규정이 적합하지 않은 것으로 판단된다.

본 연구에서는 자동차압댐퍼의 작동시험 방안으로 풍도의 압력을 150Pa로 유지한 상태에서 댐퍼의 완전 개방 시 부속실 압력이 50Pa 이상에 이르러서 댐퍼가 작동할 수 있는 조건을 설정하고 댐퍼의 작동 및 정지에 따른 부속실 및 풍도의 압력 변화를 시간별 측정하

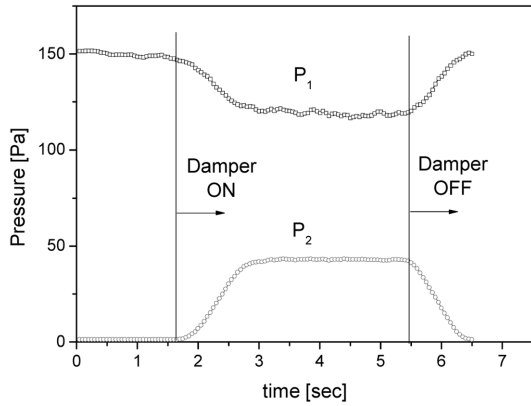


Figure 3. Pressure variation during the work of the damper.

는 방법을 이용하여 댐퍼 고유의 작동 시간을 확인할 수 있었다. 실험 결과의 예를 Figure 3에 제시하였다. 시험 댐퍼의 경우 댐퍼가 작동하고 약 1.5초 이후 약 45Pa의 일정한 압력에 이르렀으며, 댐퍼를 정지한 경우는 약 1초 이후에 닫힌 것을 알 수 있다. 이를 통해 시험 댐퍼의 경우 최대 1.5초 이내에 압력 제어가 가능함을 알 수 있으며, 압력의 조절이 40~60Pa 범위에서 적절히 이루어지고 있음을 동시에 알 수 있다. 따라서 1Pa의 측정 신호를 0.1초 간격으로 측정하고 저장하는 시스템을 통해 댐퍼의 작동 시간과 압력 제어 특성을 보다 명확하게 평가할 수 있을 것으로 판단되며, 이를 근거로 기존 시험 방식의 개선을 제안한다.

3.2 자동차압댐퍼 시험 - 누기량 측정

댐퍼의 작동 성능 중 중요한 것이 누기량이다. FIS 001 시험 규정에서는 누기량에 대한 별도의 언급은 없다. 하지만 제어시스템의 송풍량을 결정하는 데에는 누기량에 대한 정보가 필수적으로 요구된다. 이러한 누기량은 기본적으로 댐퍼 상하류의 압력차에 의해 결정될 것이다. 누기량이 상대적으로 작다면 결국 댐퍼 상류 측, 풍도 내부의 압력에 의해 누기량이 결정될 것임을 짐작할 수 있다.

누기량 측정을 위해서 Figure 2(b)와 같이 댐퍼 하류에 수축부를 두고 출구에서 유량 분포를 측정하였다. 수축부 출구 면적은 15cm × 15cm 로서 아크릴 공간의 단면적을 기준으로 수축비 25를 가진다. 이와 같은 조건에서 수축부 출구에서는 상당히 균일한 유속 분포가 유지될 것으로 기대된다. 본 실험에서는 유량 측정을 위해 출구에서의 속도를 가로세로 등간격으로 전체 25개 지점에서 측정하였으며 그 결과를 각각 9

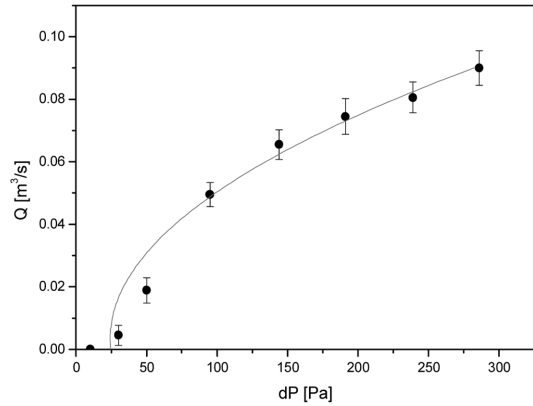


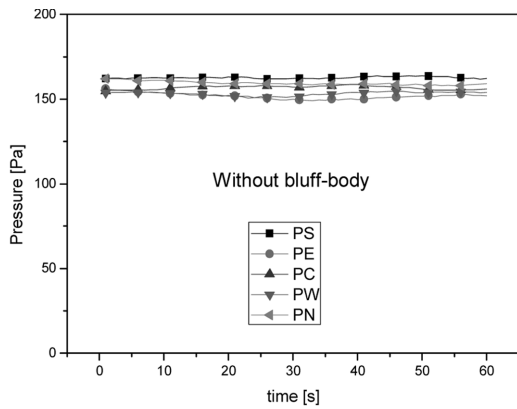
Figure 4. Leakage flow rate of a damper depending on pressure difference.

개 및 5개 지점에서 측정된 결과와 비교하였다. 결과적으로 수축부에서의 유동 균일 특성으로 인해 측정 지점의 개수에 따른 오차는 5% 이내로 충분히 적음을 확인하였다. 따라서 누기량을 측정하기 위해서 수축부 출구에서 5개 지점 혹은 9개 지점에서의 유속을 측정하고 해당 단면적을 곱한 값을 총합하여 유량을 산출하였다.

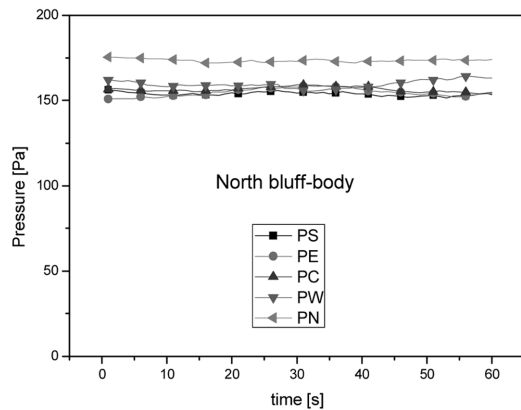
유량 측정 결과를 Figure 4에 나타내었다. 댐퍼의 상하류의 압력차가 25Pa 이하인 조건에서는 댐퍼의 누기량이 상대적으로 매우 작았으며, 압력의 증가에 따라 대략적으로 압력의 제곱근에 비례하여 누기량이 증가하였다. 시험 댐퍼의 경우 댐퍼 상하류 압력차가 300Pa에 이를 경우 누기량은 약 0.09m³/s에 이르렀다. 댐퍼의 성능 시험에는 이러한 누기량이 제시되어야 하며, 이를 시험하기 위해서는 수축부를 이용한 유량 측정 기법이 용이하게 사용될 수 있음을 보였다.

3.3 자동차압댐퍼 시험 - 유동 교란과 작동

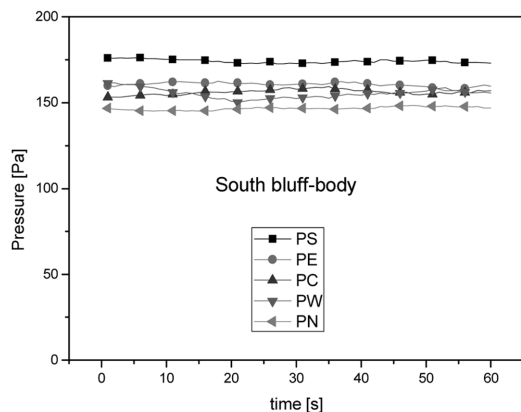
자동차압댐퍼의 작동 성능을 시험하기 위해서 Figure 2(b)와 같이 유체실험용 풍도의 출구와 댐퍼가 장착된 풍도 사이에 유로의 1/4 면적을 가지는 격막을 그림의 위쪽(격막 N) 혹은 아래쪽(격막 S)에 설치하였다. 이러한 조건은 풍도 내부의 위치별 유속의 차이가 최소한 평균유속의 4/3에 해당하는 조건을 의미한다. 유속 변화로 인해 발생하는 풍도 내부에서의 압력 변화를 관찰하기 위해서 풍도 윗면에 P_w, P_E, P_N, P_S, P_C 위치에 다섯 개의 압력 측정부를 설치하였다. 각각의 압력 측정부에서의 압력의 시간 변화를 1초 간격으로 측정하였으며, Figure 5에는 5초 간격으로 기호를 나타내었다.



(a) without bluff-plate



(b) with a bluff-plate in N-direction



(c) with a bluff-plate in S-direction

Figure 5. Pressure distribution in a wind duct depending on the existence of a bluff-plate.

모든 실험 조건에서 시간에 따른 압력의 변화는 무시할 수 있는 수준이었다.

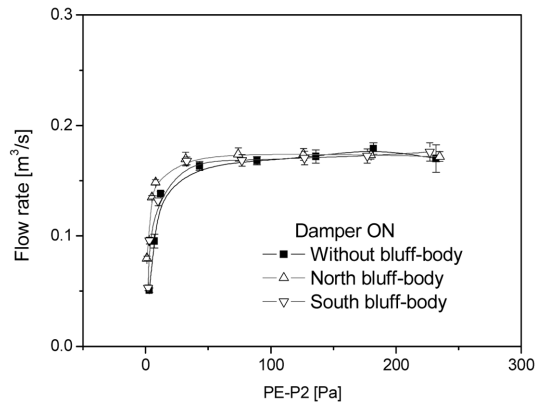


Figure 6. Flow rate of air depending on pressure difference across a damper.

Figure 5(a)는 격막을 설치하지 않은 조건에 해당하며 다섯 개의 압력측정 위치에서 측정된 압력의 차이가 10% 이내로 매우 적은 것을 확인할 수 있었다. 반면, 격막을 설치한 경우에는 위치별 압력의 차이가 20% 정도로 증가하였다. 특히, 격막 후류에서의 압력이 다른 지점에서의 압력과 비교하여 구분 가능한 정도로 상승하였는데, 이는 유속의 감소로 인한 정압의 상승으로 설명이 된다. 격막의 설치로 인한 유속 변동 조건에서 가장 압력 변화가 작은 지점은 본 연구의 경우 P_E 지점이었으며, 이후의 실험에서는 이를 압력의 기준으로 사용하였다.

댐퍼의 작동 조건에서 풍도 내에 격막을 설치하지 않은 경우와 격막을 설치한 경우에서의 작동 유량을 비교한 결과를 Figure 6에 보였다. 압력은 풍도 내의 압력 P_E 와 아크릴 공간의 압력 P_2 의 차이를 기준으로 하였다. 압력 차이가 약 25Pa 이상인 조건에서 유량은 일정하게 제어되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 유량은 결국 출구 쪽에 위치한 수축부의 양단의 압력차가 50Pa인 조건, 다시 말해서 아크릴 공간의 압력이 대기압 기준으로 50Pa이 유지되는 조건에서의 유량을 의미한다. 이러한 조건에서는 댐퍼 양단의 압력의 변화가 발생하더라도 상당한 압력 범위에서 유량의 조절이 가능함을 의미한다.

본 연구에 사용된 특정 댐퍼처럼 ON/OFF 제어 시스템에 의해 작동하는 댐퍼의 경우 댐퍼 양단의 압력 차의 범위를 확대하면 댐퍼의 열린 정도는 점차 줄어들게 된다. 수축부를 사용한 본 실험의 경우 앞서 Figure 4에서 보인 바와 같이 300Pa 정도에서 누기량이 $0.09\text{m}^3/\text{s}$ 정도로 작동 유량보다 작아서 시험 범위에서는 댐퍼에 의한 압력 조절이 가능하다. 하지만, 궁극적으로 매

우 높은 압력차에서는 댐퍼가 닫혀있는 조건에서도 아크릴공간(부속실)의 압력이 상승하게 될 것이다. 만일 실험 방법에 있어서 좁은 개구면적을 가지는 수축부를 사용한다면 댐퍼의 누기량에 의해서도 아크릴공간의 압력이 50Pa 이상에 이를 수 있으므로, 댐퍼의 압력 조절 능력이 사라지게 될 것이다. 이는 역으로 댐퍼의 원활한 작동을 위해서는 틈새 누설 면적이 일정 크기 이상으로 유지되어야 함을 의미한다.

3.4 자동차압댐퍼 시험 - 방연 풍속

댐퍼의 성능 중에서 또 하나의 중요한 사양이 최대 공급 유량 즉, 최대 급기량이다. 시험 규정(FIS 001)에 의하면 개폐문의 사이즈는 0.9m × 2m 이며, 제연을 위한 평균 유속은 0.7~0.8m/s를 확보하도록 요구하고 있다. 이러한 조건은 최대 1.44m³/s의 공기 유량을 의미한다. 이를 달성하기 위해서는 부속실의 압력이 매우 낮은 상태로 유지되고 댐퍼를 통해 충분한 유량이 공급되어야 한다. 방연 풍속 만족 여부에 대한 실험을 수행하기 위해서는 댐퍼가 완전히 개방된 조건에서 댐퍼 상하류 압력을 증가시키며 유량을 시험할 필요가 있다.

본 연구에서는 댐퍼의 압력차에 따른 최대 급기량 측정을 위해 Figure 2(b)와 같이 아크릴 공간의 출구에 개구부를 충분히 확보하고 댐퍼가 항상 열려있는 상태가 되도록 하였다. 급기댐퍼의 장착 위치와 댐퍼 블레이드의 방향, 그리고 개구부의 위치에 따라 위치별 유속이 변화한다. 개구부에서의 유속 변화를 세밀하게 측정된 결과를 등속도선으로 나타낸 것이 Figure 7이다. 개구부의 면적을 아크릴 공간의 단면적의 1/4로 유지한 상태에서의 유속 분포와 개구부를 1/8개방한 상태

에서의 유속 분포가 각각 Figure 7(a)와 7(b)이다.

실험에 사용된 특정 자동차압댐퍼는 블레이드의 방향이 아래쪽을 향하고 있어서 전체적으로 아래쪽의 유속이 높았다. 또한 개구부의 위치가 오른쪽에 치우쳐 있어서 아크릴 공간 내부의 유동이 주로 우측방향으로 치우치면서 우측방향의 모멘텀이 발생하게 되며, 이로 인해 출구 우측 하단에 최고 속도를 가지게 된다. 측정 결과 개구부의 좌측 중간 부분에서 최소 유속이 측정되었으며 그 값은 1m/s 이하로서 7m/s에 이르는 최고속도에 비해 매우 작은 값이었다. 개구부의 면적을 1/8로 줄이면 출구 유속의 분포가 2.5m/s~7.5m/s의 범위를 가지며 1/4 개방 조건에 비해 상대적으로 균일해 지는 것을 알 수 있다. 이는 개구부에서 발생하는 압력 저항이 증가하기 때문으로 판단된다.

개구부를 아크릴 공간의 출구 쪽 정중앙에 0.4m × 0.4m의 크기로 설치하고 2m 길이의 덕트를 연결하여 덕트의 출구에서 유속분포를 측정된 결과가 Figure 7(c)이다. 이러한 실험 방법에서는 아크릴 공간의 단면적의 1/4 보다 조금 큰 개구 면적이었지만 유속의 분포가 1.8~2.9m/s의 범위를 가짐으로써 불균일도는 Figure 7(a)의 1/4 개방 조건에 비해 상당히 개선되어 있어서 유량을 보다 정확히 측정할 수 있었다.

이와 같이 다양한 방법으로 댐퍼가 완전히 열린 조건에서 유량을 측정된 결과를 Figure 8에 모두 나타내었다. 다시 말해, 비교적 낮은 유량에서는 수축부를 통해 유량을 측정하였으며, 수축부를 통한 유량 측정 시 아크릴 공간의 압력이 댐퍼의 작동 압력보다 높아지는 조건에서는 개구부를 두고 조밀한 유속 측정을 통해 유량을 측정하였으며, 긴 덕트를 이용하여 유량의 균

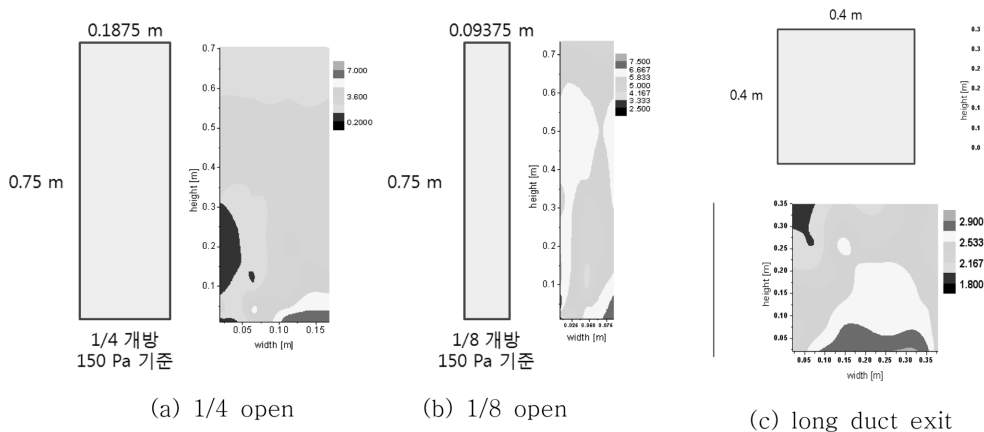


Figure 7. Distribution of the flow velocity at various exit configuration.

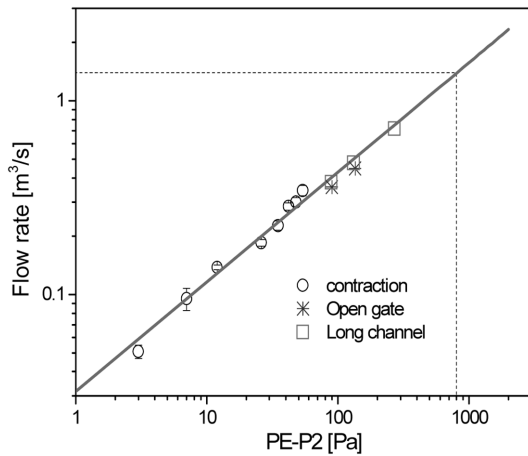


Figure 8. Air flow rate through a damper when the damper is fully open.

일도를 높은 조건에서 유량을 측정된 결과를 모두 도시하였다.

일반적으로 유량은 댐퍼의 상하류에 걸리는 압력 차에 지수적으로 비례함이 알려져 있으므로 모든 실험 결과를 로그좌표에 나타낸 결과 실험 방법에 무관하게 유사한 결과를 취득할 수 있었다. 따라서 댐퍼 상하류의 압력 변화를 기준으로 다양한 유량 측정 방법이 각각의 측정 시 속도 측정의 엄밀성과 측정 지점의 충분한 확보만 보장 된다면 유량의 측정에는 모두 신뢰할 수 있는 결과를 도출할 수 있음을 보였다. 본 실험의 경우 지수 그래프의 기울기는 0.566 정도였다. 따라서 시험에 사용된 특정 댐퍼의 경우 유량과 압력차의 관계는 대략적으로 다음의 식 (1)의 관계를 가짐을 알 수 있었다.

$$Q[\text{m}^3/\text{s}] \approx 0.0315(\Delta P[\text{Pa}])^{0.566} \quad (1)$$

이러한 실험 결과로 미루어 볼 때 방연 풍속을 만족하는 유량 $1.44\text{m}^3/\text{s}$ 를 만족하기 위해서는 대략 800Pa 정도의 압력차가 요구되는 것을 알 수 있다. 이러한 정보는 송풍기의 선정과 운전을 위해 반드시 제시되어야 하는 정보로 판단된다.

향후, 제연 댐퍼의 시험 및 성능 인정 과정에서 댐퍼의 제작 업체는 댐퍼의 완전 개방 조건에서의 유량과 압력의 관계에 대한 지수 그래프를 이용한 댐퍼의 성능 특성 그래프의 제시가 필요할 것으로 판단되며, 댐퍼의 성능 시험 방법에서는 일정 오차 범위 내에서 제시된 성능 특성이 타당함을 평가할 필요가 있다고 판단된다.

한국화재소방학회 논문지, 제23권 제6호, 2009년

4. 결 론

자동차압댐퍼의 성능 시험을 위한 프로토타입 풍도를 제작하고 풍도에 수직인 방향으로 자동차압댐퍼를 설치한 조건에서 댐퍼의 성능 특성을 시험하였다.

제연 댐퍼의 작동 시간 시험을 위한 보다 직접적인 방법으로 댐퍼의 작동 개시와 종료에 따른 풍도와 부속실에서의 시간에 따른 압력 변화를 측정하는 방안을 제안하였다. 댐퍼 누기량 측정의 필요성을 제시하고 이를 실험적으로 구하는 방안으로 댐퍼 하류에 수축부를 설치하였으며, 이를 통해 보다 편리하게 댐퍼의 누기량 측정이 가능함을 제시하였다.

댐퍼가 작동하는 조건에서 댐퍼를 통한 유량은 결국 댐퍼 하류에 위치한 부속실의 누설 유량에 의해 결정되는 것을 보였으며, 댐퍼의 누기량이 부속실의 누설 유량보다 클 경우 댐퍼의 작동이 불가하게 될 것이므로 누기량에 대한 규격이 요구됨을 알 수 있었다. 또한, 댐퍼의 작동 시험에서는 댐퍼 상류의 유속 교란이 거의 영향을 미치지 않으므로 균일 유속을 위해 엄밀하게 설계된 풍동을 사용할 필요성이 낮음을 확인하였다. 방연 풍속을 만족하는 유량을 측정하기 위해 댐퍼를 완전 개방한 조건에서 여러 방법으로 유량을 측정하였는데, 유량 측정의 방법에 따른 차이는 크지 않았다. 댐퍼 완전 개방 조건에서의 댐퍼 상하류의 압력차와 댐퍼를 통한 유량간의 성능 특성이 제시되면 시험 기관에서는 적절한 오차 범위 내에서 이러한 성능 특성의 만족 여부를 검사할 필요가 있다.

본 연구의 결과는 실제 댐퍼의 성능 시험을 위한 시설 및 기준 설정의 참고 자료로 활용할 수 있을 것이다.

후 기

본 논문은 소방방재청의 차세대 핵심 소방안전 기술 개발 사업의 일환으로 수행된 “초고층 건축물 피난을 위한 제연시스템 연구개발” 과제의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 소방방재청고시 제2008-47호, “특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501A)” (2008.12).
2. 한국소방산업기술원, “자동차압과압조절형 급기댐퍼의 인정기준(FIS 001)”(2007).
3. 박형주, 김상욱, “국내 고층건물 피난성능 확보를 위한 급기가압방연(제연) 시스템의 제도개선 연구”, 한

- 국화재소방학회, Vol.15, No.4, pp.49-56(2001).
4. 허영준, 유철권, “기계 제연시스템의 문제점과 개선 대책에 관한 연구”, 대한설비공학회, 설비저널, Vol.32, No.1, pp.27-35(2003).
 5. 박용환, “급기가압 댐퍼의 설정 기준압에 따른 부속 실 차압 특성 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.21, No.4, pp.12-17(2007).
 6. 박재현, “제연댐퍼에 있어서 성능만족도를 제고하기 위한 공기역학적 설계 및 시험방법 개발에 관한 연구”, 석사학위논문, 서울시립대 도시과학대학원(2007).
 7. 김진수, “급기가압 제연설비의 계산법 모델링에 대한 연구”, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집 (2002).
 8. 박외철, “제연방식과 풍량에 따른 제연성능의 수치적 연구”, 한국화재소방학회, Vol.17, No.2, pp.56-61 (2003).
 9. 박용환, “피난 시나리오에 따른 승강장 부속실 차압 특성 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.21, No.4, pp.38-43(2007).