

원형 덕트용 VAV 댐퍼의 성능 비교

권 영 필[†]

숭실대학교 기계공학과

Comparison of the Performance of the VAV Dampers for the Circular Duct

Youngpil Kwon

Department of Mechanical Engineering, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea*

(Received June 27, 2012; revision received August 1, 2012)

ABSTRACT: The performance of the typical VAV dampers; blade type, venturi type and blade-orifice type, for the circular duct, is obtained by measuring the volume flow rate as a function of the opening degree. The performance features are discussed by comparing the volume flow rate of each damper. It is shown that the blade-orifice type damper, recently developed, is excellent in its linearity of the performance and that it is worse than the blade type but much better than the venturi type in its flow resistance.

Key words: VAV(변풍량), Damper(댐퍼), Opening degree(개도), Blade(블레이드), Venturi(벤츠크리형), Orifice-blade(오리피스블레이드)

기 호 설 명

A	: 덕트 단면적
d	: 덕트 지름
K	: 손실계수
p	: 정압
Q	: 유량
Q^*	: 무차원 유량
ρ	: 공기의 밀도(= 1.2 kg/m^3).

1. 서 론

오늘날 건물 에너지 절약과 탄소배출 저감을 위해서 열손실의 극소화, 시스템의 최적화, 고효율 기기의 사용 및 신재생에너지의 활용 등, 다양한 방법들이 활용되고 있다. 공조분야에서는 최적의 풍량 공급을

위한 변풍량(VAV) 시스템이 주덕트에서 20~30%의 최대 풍량을 저감할 수 있으므로 에너지절약에 영향력이 큰 요소로 평가되고 있으며⁽¹⁾ 대규모 건물이나 공공시설에 널리 사용되고 있다.

변풍량 시스템의 운전에는 자동제어가 핵심이라고 할 수 있으며, 계통 중 어느 하나라도 문제가 있으면 전체 시스템에 악영향을 미치게 된다. 공통적으로 나타나는 VAV 시스템의 문제점이 변풍량 유닛의 작동이다.⁽²⁾ 신뢰성 있는 제어를 위해서는 댐퍼의 제어성이 좋아야 하며, 댐퍼의 개도변화에 따른 풍량 변화가 선형성을 갖는 것이 바람직하다. 또한 댐퍼는 구조가 간단하고 전폐가 가능해야 하며 내구성이 좋고 가격이 저렴해야 한다.

원형 덕트용 댐퍼의 대표적인 형태는 Fig. 1과 같이 3종류로 나눌 수 있다. Fig. 1(a)와 같은 가장 단순한 블레이드(blade)형 댐퍼는 개도에 따른 유량의 변화가 비선형으로 될 뿐 아니라 개도가 낮을 때는 거의 폐쇄에 가까운 특성을 나타내기 때문에 제어가 대단히 어렵게 된다. 이러한 특성을 보완하기 위하여 개도각이 큰 부분에서만 작동하도록 한 타원형

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-820-0655; fax: +82-2-820-0668

E-mail address: ypkwon@ssu.ac.kr

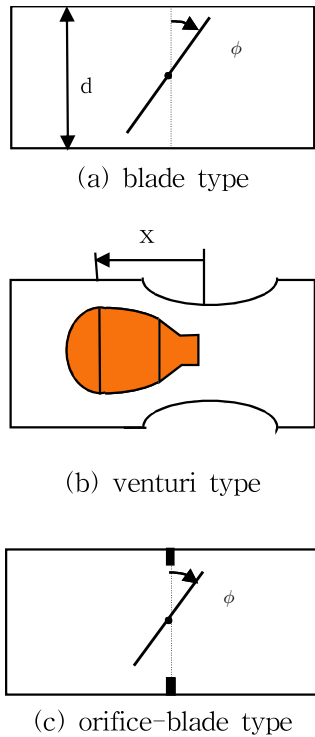


Fig. 1 Schematic of the typical dampers for circular ducts.

블레이드로 된 댐퍼가 개발되기도 하였으나 작동 각도가 축소되어 제어성이 떨어진다.

블레이드 댐퍼의 특성을 개선하기 위하여 고안된 것이 Fig. 1(b)와 같은 벤츄리에 콘(cone)을 장치한 벤츄리(venturi)형 댐퍼이다. 벤츄리형은 블레이드형에 비하여 구조가 복잡하고 가동부가 많음에도 불구하고, 또 그 특성이 잘 알려져 있지 않지만, 현장에서 널리 활용되고 있다.

최근 Fig. 1(c)와 같은 블레이드와 오리피스를 결합한 오리피스-블레이드(orifice-blade)형 댐퍼가 개발되었다.⁽³⁾ 이 댐퍼는 전 개도 범위에 걸쳐 개도와 유량 관계가 탁월한 선형특성을 보이는 것이 밝혀졌다.⁽³⁾

본 연구는 이상 세 종류 원형 덕트용 유량조절 댐퍼의 성능을 시험하여 그 특성을 구하고 비교 평가하기 위한 것이다.

2. 시험장치 및 방법

시험장치는 Fig. 2와 같은 풍동 장치로 구성되었다. 송풍기는 인버터로 풍량 제어를 하며 안지름 $d = 250 \text{ mm}$ 의 원형 덕트에 연결된다. 먼저 허니콤으로 기류를 정류하며 송풍기에서 $10.0d$, 시험부의 전방 $7.8d$ 위치에 풍량 측정용 압력 센서, $3.0d$ 에 정압

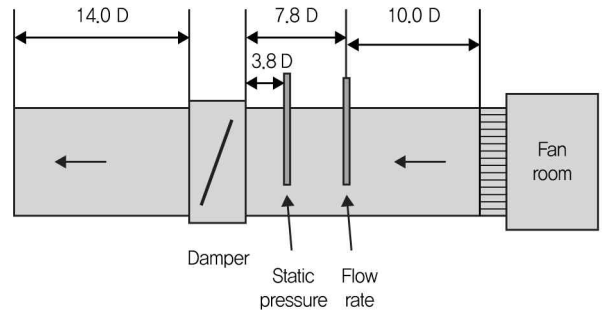


Fig. 2 Schematic of the test system

측정 센서를 장착하였다. 측정부 후단의 길이는 $14.0d$ 를 확보하였다.

모든 측정 데이터는 컴퓨터로 처리하여 정압, 풍량 등을 표시할 수 있도록 하였다. 정압력 측정 센서의 오차는 $\pm 1\%$, 풍량 측정 센서는 오차 $\pm 2\%$ 내로 측정이 가능하다. 풍량 측정용 트랜스듀서와 정압력 측정용 트랜스듀서의 오차는 $\pm 0.25\%$ 내로 자동 0점 조정이 되는 장치다. 이 시험장치는 ASHRAE 기준에 따른 것이며 계측의 신뢰도는 국내 공인 기관의 검증을 받은 것이다.

3. 결과 및 고찰

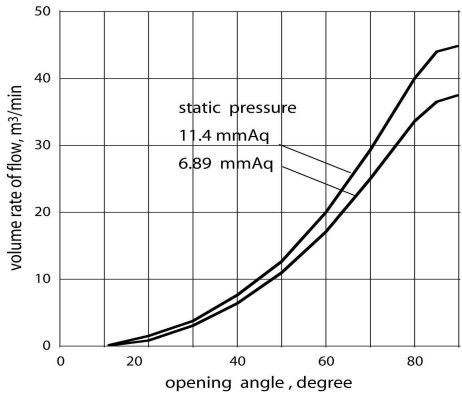
3.1 측정 결과

댐퍼를 시험부에 장착하고 정압을 일정하게 제어 하면서 개도에 따른 풍량 변화를 측정한 결과를 Fig. 3에 도시하였다.

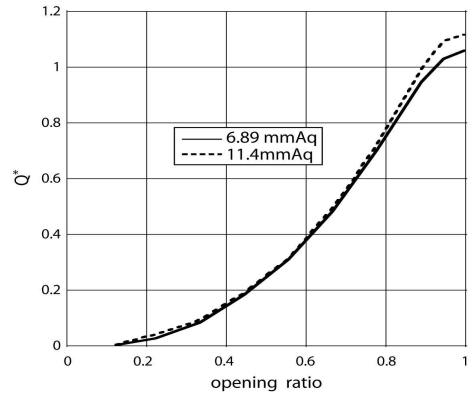
먼저 Fig. 3(a)는 블레이드 댐퍼의 성능 데이터를 도시한 것이다. 그림에서 개도각에 따른 유량의 변하기 선형적인 비례 관계와는 상당한 차이가 있음을 알 수 있다. 개도각이 10° 이하인 경우에는 유량이 거의 없으므로 작v은 유량을 제어하기 매우 어려움을 알 수 있다

Fig. 3(b)는 벤츄리형 댐퍼에 대하여 시험한 개도-유량 관계를 도시한다. 이 경우의 개도는 이송거리 x 를 최대 이송거리 x_{max} 으로 나눈 값의 백분율이다. 이 경우도 블레이드형과 비슷하게 비선형 특성을 보인다. 그러나 40% 이하의 저개도에서 블레이드형에 비하여 매우 큰 유량을 나타내며 개도에 거의 비례하기 때문에 저부하에서 선형성이 있다고 할 수 있다. 그러나 40% 이상의 개도에서는 심한 비선형 특성을 나타낸다.

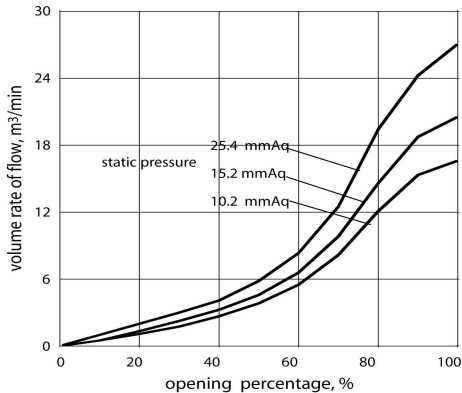
Fig. 3(c)는 오리피스-블레이드 댐퍼의 개도각-유량 특성을 나타낸다. 이 댐퍼의 블레이드 지름(오



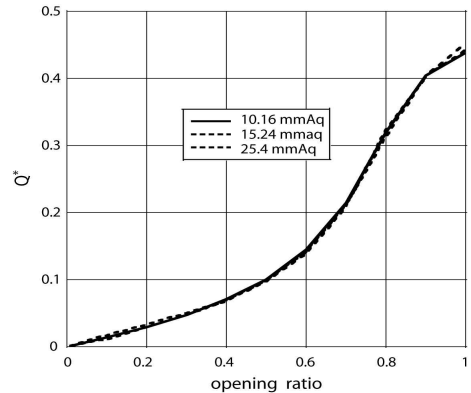
(a) blade damper.



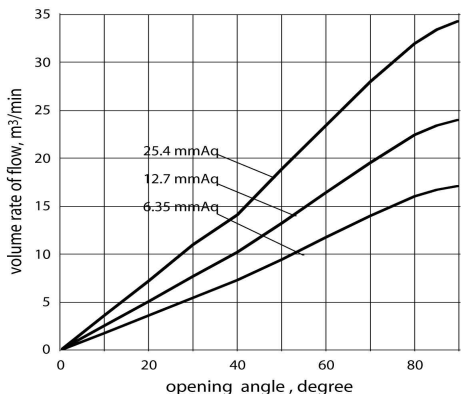
(a) blade type damper



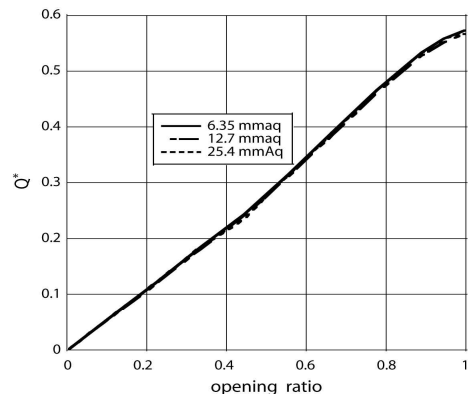
(b) venturi damper



(b) venturi type damper



(c) orifice-blade damper



(c) orifice-blade type damper

Fig. 3 Variation of the volume rate of flow with the opening ratio for various dampers.

리피스의 안지름)은 208 mm인 경우이다. 그림에서 개도와 유량 관계가 거의 정비례하는 선형성을 나타내는 것을 알 수 있다.

관로 내의 장애물을 통과하는 비압축성 유체의 압력손실은 대략 유속의 제곱에 비례한다.⁽⁴⁾ 따라서 댐퍼를 통과하는 유량 Q를 단면적 A와 정압손실 Δp 를 이용하여 다음과 같이 무차원화 하였다.

Fig. 4 Variation of the dimensionless volume rate of flow with the opening ratio for various damper.

$$Q^* = Q / (A \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}) \quad (1)$$

무차원 유량 Q^* 는 단위 정압에서 평균유속을 나타낸다고 할 수 있다. Fig. 4는 각 댐퍼에 대한 시험 데이터로부터 댐퍼의 개도에 따른 무차원 유량을 도시한 것이다.

그림에서 블레이드형 댐퍼가 개도 1, 즉 전개 시에 약간의 편차가 있는 것을 제외하면 댐퍼 별로 시험 데이터가 거의 동일 곡선 상에 있음을 알 수 있다. 즉 무차원 유량은 사용 압력 범위에서는 정압, 또는 유속에 관계없이 개도만의 함수라고 할 수 있다.

3.2 특성 비교

Fig. 5는 Fig. 4에 보인 개도-유량 관계의 평균값을 비교 도시한 것이다. 개도가 낮을 때는 오리피스-블레이드형 댐퍼가 동일 정압에서 유량이 가장 크고, 개도가 클 때는 블레이드형 댐퍼가 가장 큰 것을 알 수 있다. 전개 시의 유량은 블레이드형, 오리피스-블레이드형 및 벤츄리형의 순으로 각각 65.4, 34.3 및 26.6을 나타낸다.

오리피스-블레이드형은 블레이드형에 비하여 개도가 낮을 때 유로가 더 크므로 유량이 증가하게 되며, 개도가 큰 경우에는 오리피스의 저항으로 인하여 유량이 감소하게 된다. 벤츄리형은 콘의 단면적이 크므로 전체적으로 저항이 증가하여 유량이 감소한다고 할 수 있다.

Fig. 6은 제어특성을 비교하기 위하여 일정한 정압 하에서 전개일 때의 유량 Q_{max} 에 대한 상대유량인 Q/Q_{max} 을 개도의 함수로 도시한 것이다. 개도에 따른 유량변화를 보면 오리피스-블레이드형이 거의 직선을 나타내므로 블레이드형이나 벤츄리형에 비하여 탁월한 선형성을 갖는 것을 알 수 있다.

블레이드형은 60% 이상의 개도에서 선형에 가까운 특성을 보이며 벤츄리형은 40% 이하의 개도에서 선형에 가까운 특성을 보이나 그 밖의 개도에서는 비선형성을 나타냄을 알 수 있다. 특히 개도가 큰 영역에서 급격한 유량 변화를 나타낸다. 블레이드형과 벤츄리형의 이러한 특성은 제어의 신뢰성을 저하시키는 요인이 된다.

댐퍼에 의한 압력손실은 손실계수를 이용하여 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$\Delta p = K \frac{\rho V^2}{2} \tag{2}$$

여기서 K는 손실계수로서 식(1)에 정의한 무차원 유량과의 관계는 다음 식과 같다.

$$K = (Q^*)^{-2} \tag{3}$$

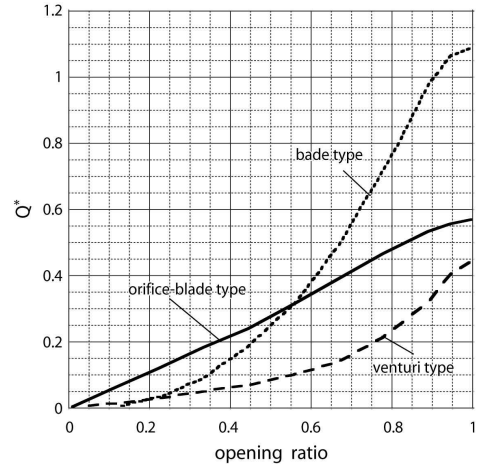


Fig. 5 Variation of the dimensionless volume rate of flow with the opening ratio.

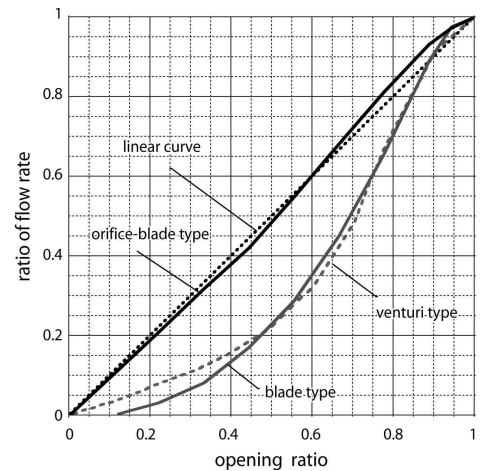


Fig. 6 Variation of the normalized volume rate of flow with the opening ratio for various dampers.

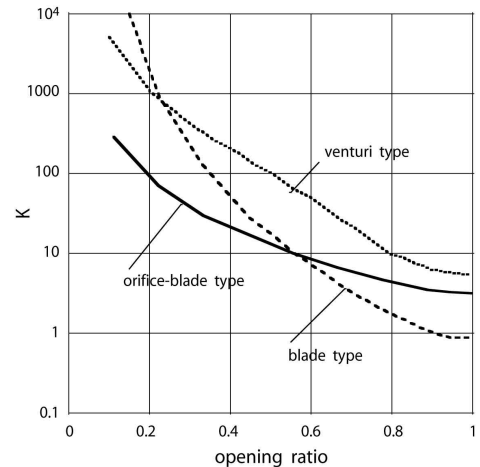


Fig. 7 Variation of the loss factor K with the opening ratio for various dampers.

손실계수를 비교도시하면 Fig. 7과 같다. 개도가 매우 낮은 경우를 제외하면 벤튜리형의 손실계수가 가장 크고 개도가 낮을 때는 오리피스-블레이드형이 가장 작으며 개도가 클 때는 블레이드형이 가장 작다. 전개 시의 압력 손실은 블레이드형, 오리피스-블레이드형 및 벤튜리형의 순으로 2.4:8.5:14.1와 같다. 즉 전개 시의 댐퍼에 의한 정압손실이 벤튜리형이 가장 크고 오리피스-블레이드형은 그 보다 40% 낮은 값이며 블레이드형은 매우 작다고 할 수 있다. 전개 시의 정압손실의 증가는 송풍기 정압 증가로 귀결되기 때문에 시스템의 에너지 비용을 초래하는 요소라고 할 수 있다.

4. 결 론

이상의 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

- (1) 오리피스-블레이드형 댐퍼가 개도-유량 관계가 거의 직선에 가까운 탁월한 선형성을 나타낸다.
- (2) 블레이드형 댐퍼는 개도각 60° 이상에서, 벤튜리형 댐퍼는 40° 이하에서 선형에 가까운 유량 특성을 보이나 그 외의 각도에서는 비선형 특성을 나타낸다.
- (3) 전개 시에 압력손실이 벤튜리형이 가장 높고

블레이드형이 가장 낮으며 오리피스-블레이드형은 벤튜리형의 60% 정도이다.

후 기

이 논문을 위하여 실험시설 및 실험을 지원해 준 에이에프테크사의 백완기 대표에게 감사를 표한다.

참고문헌

1. Choi, J. E., 2012, HVAC system for energy saving, Magazine of the SAREK, Vol. 41, No 4, pp. 11-23.
2. Kim, C. Y., 2008, Test commisioning of the VAV system, Magazine of the SAREK, Vol. 37, No. 9, pp. 19-24.
3. Kwon, Y. I. and Baik W. K., 2009, Study on the damper shape of VAV unit with linear characteristic of air volume control for various dsmpere opening rates, SAREK winter conference pp. 7-11.
4. Douglas. J. F., Gasiorek, J. M., and Swaffield, J. A., 1995, Fluid Mechanics, 3rd ed., Longman Scientific and Technical.