

가스 스프링 Elevation 동작에의 최적화된 피스톤 구조 설계

이정익*

¹인하공업전문대학 기계공학부 기계설계과

A optimized structural design of piston on moving in gas spring elevation working

Jeong-Ick Lee^{1*}

¹Dept. of Mechanical Design, Division of Mechanical Engineering,
INHA Technical College

요 약 텔레비전의 가스 스프링은 롱 스트로크 (200 ~ 300mm, TV 상승 변위) 하에서 작동 할 때 피스톤 속도의 제어가 가능하다. 이 원리에 의해서 사용자는 높낮이 조절이 가능하다. 먼저 피스톤의 흐름 해석을 수행하였다. 정확한 관형 단면을 위한 피스톤 속도 조절기술을 조사하였다. 유동률 제어 및 높낮이 작용을 위한 피스톤 구조를 제안되었다. 본 연구는 대형 텔레비전 스탠드를 통해 50 인치 이상 TV의 가스 스프링의 개발을 위한 것이다. 최적 피스톤 로드 제어를 위한 중공축(외경 19.9mm, 내경 13.9mm)에 질소 개스(0.3m/s)를 주입하였다. 그 결과, 유동율이 증대함에 따라 피스톤 로드의 압력강하는 외력의 변화 없이 증대되었다. 결과적으로, 가스스프링을 통한 변위의 제어는 가능하다.

Abstract Gas springs of the television is to control the piston speed when operating under along stroke(200~300 mm, television elevation)is possible. User by this principle is capable of elevation adjustment. First carried out a flow analysis of the piston. A piston speed adjustment technique for precise pipe type cross-section was examined. The piston structure for flow rate control and elevation action is proposed. This study is the development of a gas spring of more than 50 inch television with a large television stand. Hollow piston rod for optimal control(the outer diameter 19.9 mm, the inner diameter 13.9 mm) was injected into the nitrogen gas(0.3 mm/s) in. As a result, the flow rate the pressure drop of the piston rod as the increase was increased without any change of the external force. As a result, control of the displacement via the gas spring is possible.

Keywords : Gas spring, Labyrinth orifice, Piston, Pipe office

1. 서론

최근 자동차의 급격한 수요 증대로 인한 자동차 메이커에서는 각종 유공압 시스템을 이용한 전자 제어기술 발전과 더불어 차량의 본 네트를 비롯한 트렁크 등에 레이아웃 최소화를 위한 가스 스프링의 사용이 날로 증대되고 있다.[1] 가스 스프링의 비선형 변화-하중 특성으로 인해 하중지지 영역이 넓고, 승차감이 우수하여 가스 스프링을 현수장치(Suspension)에 적용하는 경우가 증가하고 있다. 가스 스프링은 높은 반력과 긴 행정에서도 일정한 탄력 변화

율을 유지하고 컴팩트한 디자인과 외형을 지니며 어떠한 적용품에도 쉽게 장착 가능한 뛰어난 조립성을 가지고 있기 때문에 코일 스프링을 대신하여 자동차뿐만 아니라 산업 전반에서 이용범위가 넓다고 할 수 있다.[2, 3]

본 기술 개발 제품은 가스 스프링의 디지털 텔레비전 스탠드 적용에 있어서 가스 스프링의 피스톤 속도를 제어함으로써 긴 스트로크(200~ 300mm, TV Elevation 길이변위) 조건하에 가스스프링 동작 시 사용자가 의도한 높낮이 조절이 가능하게 하고 스트로크에 따라 사용자 외력의 차이가 크게 발생하는 문제를 별도의 장치를 개

*Corresponding Author : Jeong-Ick Lee(INHA Technical College)

Tel: +82-32-870-2157 email: jilee@inhac.ac.kr

Received August 7, 2015

Revised (1st October 19, 2015, 2nd November 10, 2015)

Accepted December 4, 2015

Published December 31, 2015

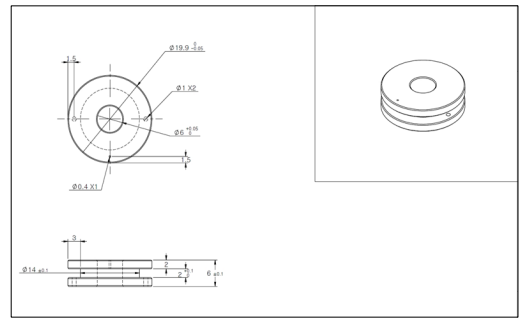
말하여 TV용 Elevation 기능에 감성품질을 구현하고자 한다.[4, 5] 피스톤의 속도 제어를 위해서는 피스톤 오리피스들의 동작원리를 알아야 한다.

피스톤 오리피스란, 가스스프링 내부에 봉입되어 있는 질소가스의 유로를 뜻하며 유로가 크거나 작거나 또는 길거나 짧거나 등의 조건에 따라 피스톤의 속도가 달라진다. 즉, 피스톤 속도는 유로의 크기에 비례하며 길이에 반비례한다. 본 과제에서는 오리피스를 미로(Labyrinth)형, 파이프(Pipe)형으로 나누고 개발을 진행하되 시뮬레이션과 테스트는 오리피스 지름과 길이만으로도 테스트가 용이한 파이프 형으로 진행하였다. 또한 본격적인 연구 활동으로 오리피스 홀 크기에 따른 피스톤 속도를 측정하고 반발력과 연관하고 그 상관관계를 규명하여 스탠드에 적용하는 오피피스 사양을 설계하고 높이(Elevation) 동작 시 사용자가 의도한 범위에서 높낮이 조절이 가능하고 Slip Up/Down 현상을 방지하는데 목적을 두었다. 본 연구를 통해 시뮬레이션과 테스트를 통하여 유동흐름과 압력강하를 예측 및 측정하고 높이 동작에 적합한 피스톤 단면 구조를 비교 및 제안하는데 본 연구의 목적을 두고 있다.

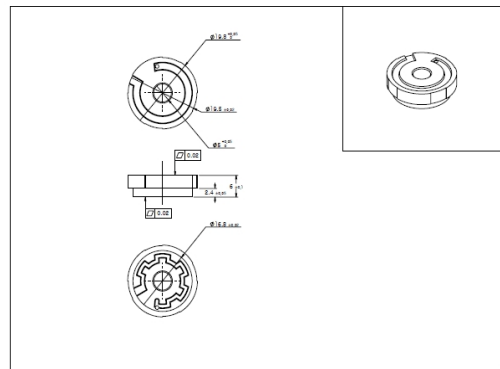
2. 피스톤 속도 제어

2.1 가스 스프링에서 오리피스의 유형

가스 스프링 목적에 맞는 피스톤을 설계하기 위해서는 첫 번째, 오리피스에 구멍 크기에 따른 유동흐름을 파악하여 유동속도를 산출하고 두 번째, 산출된 유동속도를 바탕으로 유동제어 실험을 진행하여 유효성을 평가한다. 마지막으로 세 번째, 최적화된 피스톤 설계를 위한 목표치를 설정하여 피스톤 오리피스 사양 및 유형을 결정하는 흐름으로 진행한다. 먼저 오리피스 유형에 따른 피스톤을 간단하게 설계하고 위도면 중 파이프형 오리피스를 기반으로 시뮬레이션을 진행하였다. 시뮬레이션은 오리피스 직경에 따른 압력강하 즉, 오리피스를 통과하기 전과 후 두 구간에서 압력의 차이에 따른 기체 유동 속도를 시뮬레이션 하였다. 반면, 미로형 오리피스는 단면이 복잡하여 산술적인 CAE 계산으론 불가능하므로 추후 실험에 의해 파이프형 오리피스와 비교하도록 한다.



(a) Pipe type orifice



(b) Labyrinth type orifice

Fig. 1. Type of piston orifice

2.2 가스 스프링 내의 피스톤

가스 스프링은 가스셀과 가스(N_2)의 압력작용으로 마찰력이 발생하고 마찰력은 외력의 방향과 반대방향으로 작용하며 마찰력은 다시 정지마찰력과 운동마찰력으로 구분된다. 가스스프링은 이 정지마찰력으로 인하여 사용자가 Elevation 동작을 위해 외력을 가할 시 가스 스프링의 반발력과 마찰력의 합보다 더 많은 외력을 필요로 하게 된다. 따라서 마찰력이 정지 마찰력에서 운동 마찰력으로 전환될 때 초과 외력이 발생하게 되고 초과 거리가 발생하게 된다. 이에 사용자는 원하는 위치에 TV 본체를 이동시키기가 어렵게 되는 것이다. 또한 가스 스프링은 가스 스프링 내부에 압축되는 피스톤 로드와 부피만큼 내부 부피가 감소하게 되어 압력이 상승하게 된다. 따라서 가스 스프링이 압축될수록 반발력이 상승하여 변위에 따라 사용자 외력의 차이가 크게 발생한다.

2.3 피스톤 속도 제어 기술

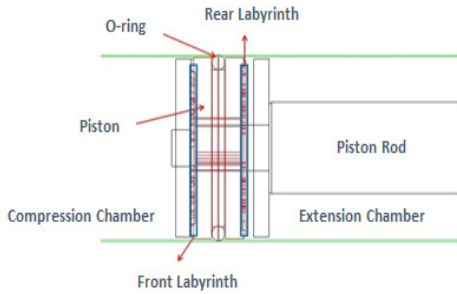


Fig. 2. Schematic diagram of piston package

Fig. 2는 가스 스프링의 피스톤 패키징의 단면을 나타낸 그림이다. 가스 스프링의 실린더 내부는 크게 압축실과 인장실로 나뉘지며 피스톤이 두 저장조를 나누는 역할을 한다. 피스톤에는 피스톤 외벽과 실린더 내벽 사이의 가스의 누출을 막기 위해 오링이 장착되어 있으며, 두 저장조 사이에서 가스이동을 위한 통로로서 오리피스 역할을 하는 미로가 피스톤 앞, 뒷면에 형성되어 있다. 이는 압력강하를 발생시켜 가스누출 속도에 감쇠 주기 기능을 하며 감쇠효과를 다르게 줄 수 있도록 서로 다른 미로 형상을 가지고 있다.(Fig. 3 참조)

아래 Table. 1은 피스톤 앞면과 뒷면의 오리피스 단면적 및 길이를 나타내고 있으며 각각의 미로에는 압력강하를 위하여 단면적에 차이를 두었다.

Table 1. Design parameters for experiments for Labyrinth type orifice

Case	Orifice cross section area(A)	Orifice length(L)
Front	0.38 mm ²	1385mm
Rear	0.57 mm ²	67.5mm

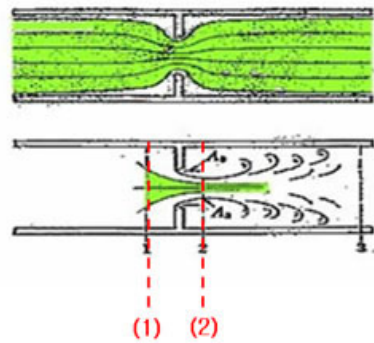
압력강하를 위한 압력구배는 다음 식 (1)과 같다.

$$\Delta P = p_1 - p_2$$

$$V_2 = \frac{2(p_1 - p_2)}{p \left(1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right)}$$

$$Q = Q_1 = Q_2 = A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad (1)$$

Where, p_1 : Before Pressure of Orifice,
 p_2 : After Pressure of Orifice,
 V_1 : Before Velocity of Orifice,
 V_2 : After Velocity of Orifice,
 Q_1 : Before Flow Quantity of Orifice,
 Q_2 : After Flow Quantity of Orifice,
 A_1 : Before Area of Orifice,
 A_2 : After Area of Orifice



((1): before pressure drop, (2): after pressure drop)

Fig. 3. Pressure of orifice

압력강하를 위한 압력구배는 피스톤의 단면적에 비례하여 오리피스 단면적이 클수록 유속도 증가하는 것을 알 수 있다. Table 1과 같이 미로면 후반부(Rear Labyrinth)의 단면적이 미로면 전반부(Front Labyrinth)의 단면적보다 크며 이는 신장 시보다 압축 시 압력강하를 크게 한다. 압력강하가 크면 클수록 피스톤에 가해지는 힘은 커지며 추가력을 흡수할 수 있는 충격의 범위가 커지게 된다. 따라서 다양한 형상의 오리피스를 설계하고 유동 해석하여 효과적으로 압력강하를 발생할 수 있는 유로를 설계해야하는 것이 목적이다. Fig.3은 압축실에서 인장실로 통과하는 유로 사이에 있는 오리피스에서의 속도분포를 나타낸 그림이다. 그림에서 (1)과 (2)를 통과하는 유체의 유량은 동일하고 오리피스 단면적에 의한 압력강하가 발생하며 (2)지점에서의 유체속도는 식 (2)와 같이 구할 수 있다.

오리피스에서의 압력강하는 다음과 같이 베르누이 방정식[7]인 식 (2)를 이용하여 구한다.

$$\frac{p_1}{r} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{r} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2 \quad (2)$$

여기서, subscript 1: inlet of orifice flow
 subscript 2: outlet of orifice flow

$$h_l = K_1 \frac{V_1^2}{2g} + K_2 \frac{V_2^2}{2g} + \lambda_1 \frac{d_1}{1_1} \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_2 \frac{d_2}{1_2} \frac{V_2^2}{2g} \quad (3)$$

h_l : hydraulic loss of fluid according to flow
 K_1, K_2 : hydraulic loss coefficients of inlet and outlet of flow
 λ_1, λ_2 : fluid friction coefficients

유동에 따른 유체 손실수두[8]을 식 (3)과 같이 구하면 층류유동인 경우 레이놀즈수[2]와의 관계는 다음 식 (4)와 같이 나타난다.

$$\lambda = \frac{R_e}{64} \quad (4)$$

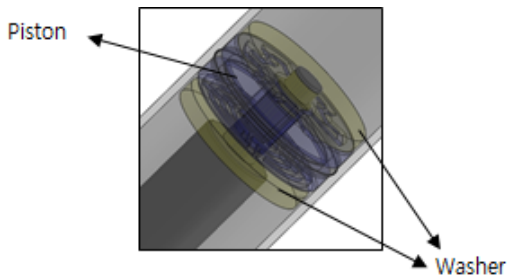


Fig. 4. Schematic diagram of piston package

압축과 신장 시의 감쇠는 피스톤 앞, 뒷면의 구조에 의해 상이하다는 것은 위에서 이미 언급하였고 위 오리피스 구조를 효율적으로 사용하기 위하여 가변 피스톤 구조를 고안해 내었다. 원리는 비교적 간단하여 Fig.4와 같이 피스톤 로드의 피스톤 압입부에 2단 구조를 설계하여 압축(Fig. 5), 신장(Fig. 6) 시의 운동 방향에 따라 피스톤이 유동하는 원리이며 피스톤 앞, 뒤의 와셔(washer)가 가스의 이동경로를 설정해 주는 역할을 한다.

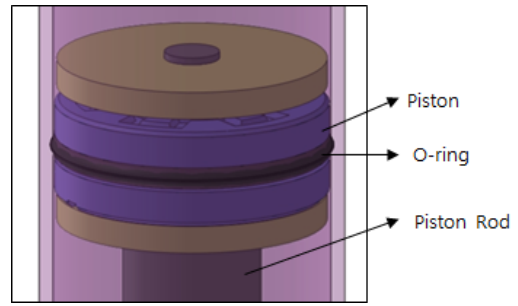


Fig. 5. Piston location at compression

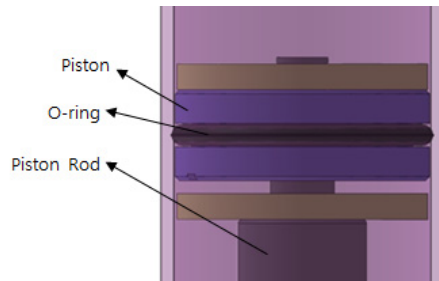


Fig. 6. Piston location at extension

Fig. 5는 압축 시 피스톤의 위치를 나타내는 그림으로서 압축 시 피스톤 로드는 위 방향으로 이동하고 피스톤은 오링의 마찰로 아래방향에 위치한다. 즉, 미로에 의한 압력강하(감쇠)는 피스톤의 미로면 후반부를 통해 작용한다. 이와 반대로 Fig. 6은 인장 시의 피스톤 위치로 피스톤 로드는 아래방향으로 이동하고 피스톤은 위 방향에 위치하며 압력강하는 피스톤의 미로면 전반부를 통하여 작용한다. 이와 같이 피스톤은 오링의 마찰력에 의해 압축과 신장시의 위치가 다르며 각각 작용하는 압력강하도 상이한 구조의 미로에 의해 작동한다. Fig. 7은 TV에 적용된 Elevation 동작을 보여주고 있다.

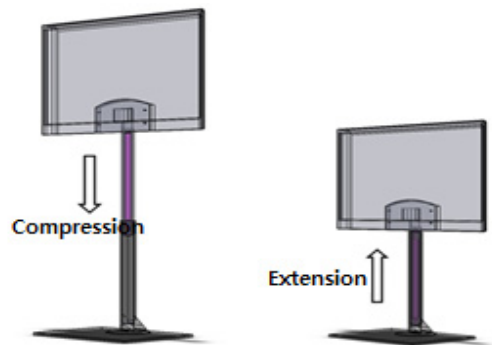
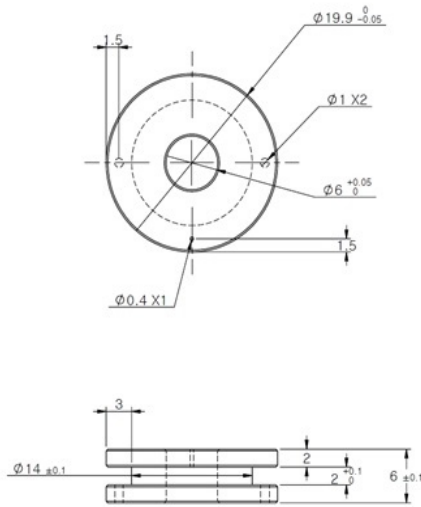


Fig. 7. Operating of Elevation

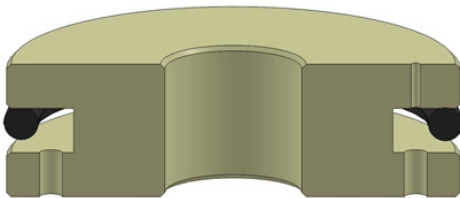
3. 피스톤 로드의 정확한 제어를 위한 관형 단면제어

앞서 2.1의 가스 스프링에서 오리피스스의 유형에는 관형 오리피스와 미로형 오리피스스가 있었으나 구조해석 편의상 관형 오리피스 연구로 한정하기로 한다. 이 이유는 관형 오리피스는 아래 CAE해석을 통해 오리피스 관로 내 변형에 대해 충분히 검증할 수가 있으나 미로형 오리피스스의 경우 Fig. 1의 (b)에서 보듯이와 같이 복잡한 단면에 대해 CAE는 불가능하다. 이를 대신하기 위해 아래 Table 2의 관형, 미로형 오리피스스의 실제 실험을 통해 한 번 더 검증하고자 한다.

3.1 관형(pipe type) 피스톤 형상



(a) 2d CAD of pipe type orifice



(b) 3d CAD of pipe type orifice

Fig. 8. Pipe type orifice

Fig. 8의 관형 오리피스는 외경 $\phi 19.9$, 내경 $\phi 6$ 이고

단면에 구멍이 대칭되게 $\phi 1 \times 2$ 로 이루어져 있으며 외경 외곽으로부터 $\phi 1$ 은 1.5 mm 떨어져 있다. (a: 참조)그러나 이 수치는 뒤의 3.2 절의 유동해석을 위한 베이스 모델로 사용되는 수치이다.

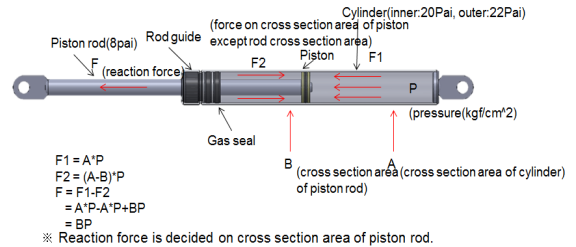


Fig. 9. Piston rod schematic diagram

Fig. 9는 관형 피스톤 유형을 지닌 피스톤 로드의 전체 개략도이다. Fig. 9의 F1, F2는 압축이며, Fig. 9의 F1, F2가 반대방향을 가지고 있으면 인장이다. F1, F2의 수식의 결과 $F = F_1 - F_2$ 이며 이것은 BP의 차이이므로 즉 반발력은 피스톤 로드의 단면적에 따라 결정되는 것이다. Fig. 8의 피스톤 로드는 $\phi 8$, 실린더 내경은 $\phi 20$, 실린더 외경은 $\phi 22$ 이다. 피스톤 로드 길이는 239 ± 0.5 , 실린더는 320이며, 로드 가이드를 제외한 실린더는 265이다.

가스 스프링은 밀폐된 실린더 내에 압축 질소 가스와 소량의 오일이 봉입 되어 있고 피스톤 로드의 단면에 질소 가스의 압력이 작용하여 반발력을 얻게 되는 구조로 되어 있다.

3.2 관형 피스톤 유동해석 준비

본 연구 개발 목적에 맞는 피스톤을 설계하기 위해서는 첫 번째, 오리피스에 홀(hole) 크기에 따른 유동흐름을 파악하여 유동속도를 산출하고 두 번째, 산출된 유동속도를 바탕으로 유동제어 실험을 진행하여 유효성을 평가한다. 마지막으로 세 번째, 최적화된 피스톤 설계를 위한 목표치를 설정하여 피스톤 오리피스 사양 및 유형을 결정하는 흐름으로 진행하였다. 먼저 오리피스 유형에 따른 피스톤을 간단하게 설계하고 위 도면 중 관형 오리피스를 기반으로 시뮬레이션을 진행하였다. 시뮬레이션은 오리피스 직경에 따른 압력강하 즉, 오리피스를 통과하기 전과 후 두 구간에서 압력의 차이에 따른 기체 유동 속도를 시뮬레이션 하였다.

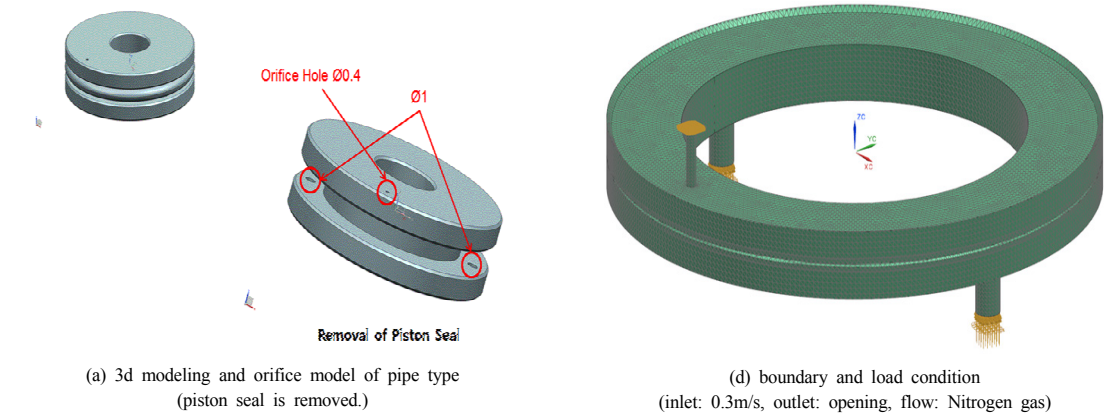


Fig. 10. Simulation preparation of pipe type orifice

상기 Fig. 10 (a)의 관형 오리피스스를 기반으로 피스톤 셸을 제거한 (b)의 유동장을 1/2 모델로 하여 하측 $\phi 1.0 \times 2$, 상측 $\phi 0.4 \times 1$ 로 구성하였다. (c)에서처럼 유한요소모델링(FEM)의 총 38,791개 node와 156,142개의 요소(element)를 구성하고 (d)와 같이 하측 $\phi 1.0 \times 2$ 의 오리피스에 0.3 m/s의 속도로 질소를 주입시켰다.

3.3 관형 피스톤 유동해석 고찰

상기와 같은 3.2의 조건들로 관형 피스톤 유동해석 고찰을 해본 결과는 아래 Fig. 11에 나타나 있다.

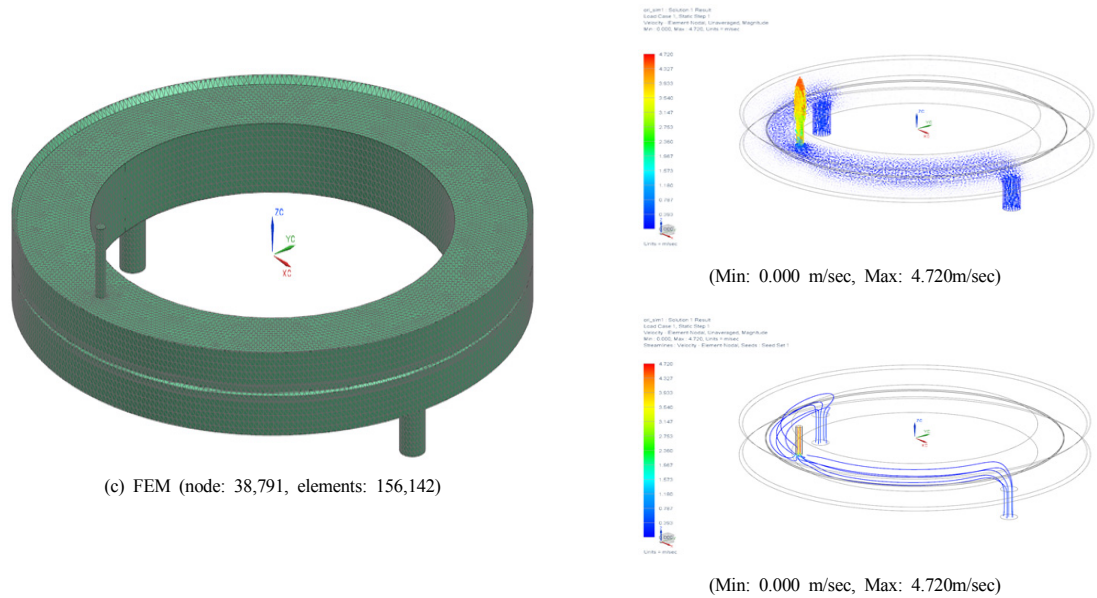
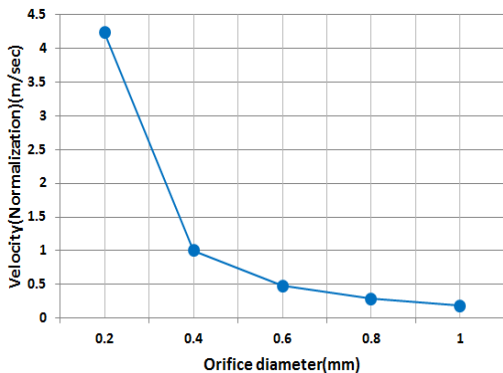
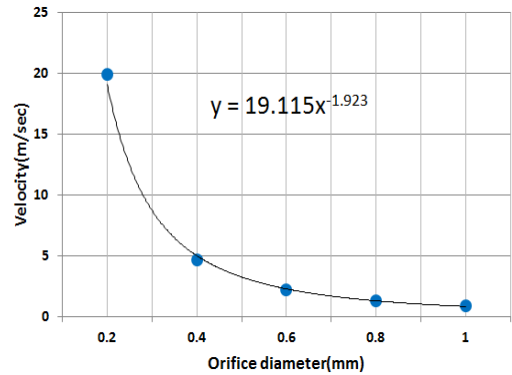


Fig. 11. Velocity distribution of pipe type orifice

Fig. 11에서 보듯이 하측 오리피스에 주입된 질소기체가 상측 오리피스로 배출되는 것을 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있었으며 특이사항으로서는 상측 오리피스 가스 주입구를 기준으로 림(rim)의 양쪽만 유로가 형성되는 것을 알 수 있었고 Fig. 11의 붉은색 화살표로 표시한 상측 오리피스 반대편의 기체의 유량은 미미하였다. 즉, 피스톤 로드에서 장착된 관형 타입 오리피스를 가진 피스톤의 단면 전체에 질소기체를 주입하더라도 상측에 오리피스 한 개의 경우 중심으로 림의 반만의 유속으로 인장, 압축이 발생하며 나머지 반의 기체의 유량이 피스톤 로드에서 인장, 압축에 미치는 영향은 미미하다는 것이다. Fig. 10 (a)의 상측 오리피스 직경은 $\Phi 0.4$ 로 하였으나 오리피스 내 유속을 관찰하기 위해 직경의 크기를 0.4 외에 $\Phi 0.2, 0.6, 0.8, 1.0$ 으로 하여 위 시뮬레이션을 반복하고 상측 오리피스 유속을 수치화하여 정규화 그래프로 표현하였다. 아래 Fig. 12의 (a)는 오리피스 다양한 직경에 따른 관내 속도를 나타내며 이를 근사화(curve fitting)한 것이 (b)이다. 정규화 그래프를 바탕으로 $y = 19.155x^{-1.923}$ 이란 관계식을 도출하였다. 오리피스 외경이 그림 (a), (b) 모두에서 보듯이 1.0에서 0.4까지는 유속이 완만히 증가하다가 0.2에서 급격히 증가하여 하측 오리피스 유속(inlet=0.3m/s)의 약 60배인 20m/s까지 증가하는 것을 알 수 있었다. 즉, $\Phi 0.2$ 에서는 원인은 알 수가 없으나 급격한 압력강하가 발생한다고 추측할 수 있었으며 본 연구과제에서는 배제해야 하는 데이터로 판단되어 0.2는 차후 연구 및 실험에서 알아보기로 하고 배제하였다.



(a) Velocity according to orifice diameter



(b) Curve fitting of above (a)

Fig. 12. Velocity according to orifice diameter and curve fitting

아래 Fig. 13은 오리피스가 2개 일 때 관내 속도 분포를 보여주며, Fig. 14는 Fig 13을 정량화하여 그래프로 표시하였다. 상측 오리피스를 반대편에 한 개 추가하여 동일한 시뮬레이션을 수행했을 경우 전체적으로 유로가 형성되며, 늘어난 오리피스 수량에 반비례하여 유속은 감소한다는 것을 시뮬레이션을 통해서도 확인할 수 있었다.

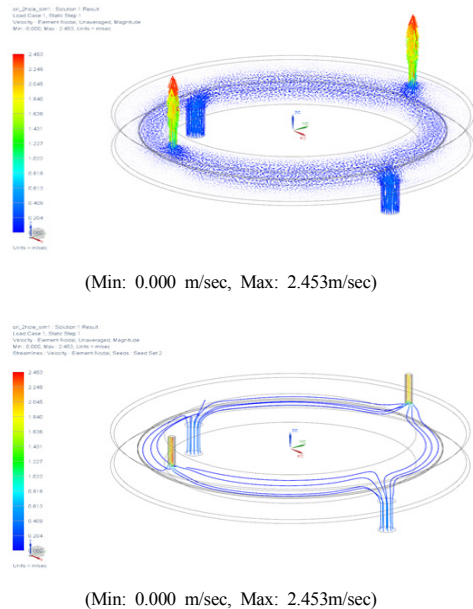


Fig. 13. Velocity distribution at two orifice

최종적으로 시뮬레이션을 통해 오리피스 외경에 따른 유속변화를 알 수 있었고 관계식을 도출할 수 있었다. 특히, 직경 0.2에서 급격한 유속증가가 일어난다는 사실은 차후 오리피스 설계에 중요한 단서를 제시해 주었다.

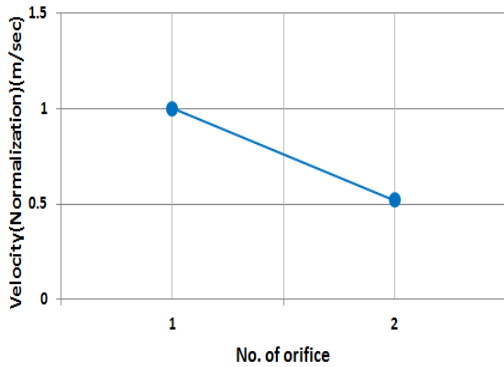
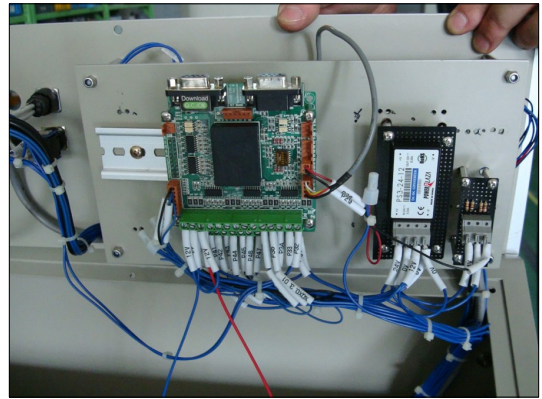


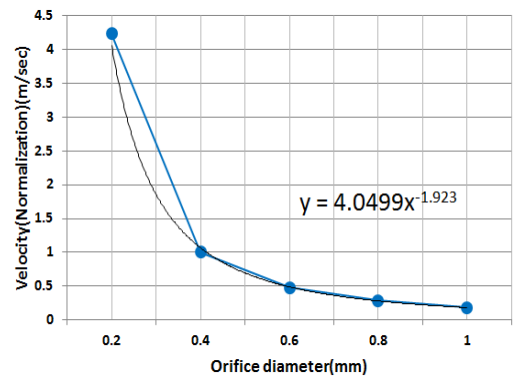
Fig. 14. Velocity according to No. of orifice

시뮬레이션 결과를 증명하고 실제 개발 시의 변수 등을 사전에 검토해 보고자 본 연구에서는 PCB보드, 센서, 프레임 등으로 구성된 세트를 제작하여 실제 압력과 유속 변화를 테스트 하였다.

아래 Fig. 15에서 보듯이 실제 실험 테스트 결과 시뮬레이션과 유사한 패턴의 값이 도출되었고 실제 압력강하가 발생한다는 사실을 알 수 있었다. 시뮬레이션의 정규화 그래프는 $y = 19.155x^{-1.923}$ 를 보여주었고 실제 실험을 통해서서는 $y = 4.0499x^{-1.923}$ 으로 해석과는 약 20% 정도의 차이를 보여주고 있다.



(a) Experimental test equipment





(b) Velocity according to orifice diameter and curve fitting of data

Fig. 15. Experimental test of velocity according to orifice diameter and curve fitting

가장 중요한 사실은 유속이 증가할수록 압력강하 또한 증가하지만 실제 피스톤을 움직이는 힘(force)에는 변동이 없다는 사실을 알아낼 수 있었고 이는 TV Elevation 가스 스프링에 충분히 적용 가능함을 보여주

Table 2. Comparison pipe orifice and labyrinth orifice

method development	applications	results	remark
1.pipe orifice	-Different from the outer diameter of the orifice used to produce a gas spring as the piston apply, topped with objects on the ground and perpendicular to ground 30Kg slip up / down observation	-Found slip up / down phenomenon of the Ø0.4~1.0 orifice tests on 300mm intervals from all orifices	
2.labyrinth orifice	-To review and modify the cross-sectional area and length, and the orifice diameter of the orifice labyrinth piston development -piston fixed specification	-Not found any slip up / down phenomenon in the Ø0.4~0.6 orifice of the test results, 300mm intervals -orifice fixed spec.	

었다. 즉, 기체 유동시 압력강하는 가스 스프링 힘에는 영향을 미치지 않으며 단지 속도제어만 가능하므로 이를 통해 TV의 Slip Up/Down 현상을 방지하고 사용자가 원하는 변위제어가 가능해지게 됨을 알 수 있었다.

4. 최적화된 피스톤 구조 개발

상기 오리피스스의 시뮬레이션과 테스트 데이터를 바탕으로 피스톤 구조를 설계하고 개발하였다. 관형과 미로형 두 가지 타입을 개발하여 목업 샘플을 제작하고 테스트하면서 유효한 데이터를 확보 할 때까지 다수의 시뮬레이션과 유동제어 실험을 계속하였다. 결국 사양 및 급형수정 등 여러 번의 수정 끝에 관형과 미로형 피스톤 사양이 결정되었고 이를 위해 다음 관형, 미로형 오리피스로 나누고, 개발 적용, 결과에 대해 Table 2에 다르게 나타냈다.

5. 결론

50인치 이상의 대형 TV 스탠드의 Elevation 동작용 가스 스프링의 개발에 있어 최적화된 피스톤 로드 제어를 위한 관형 단면(외경 19.9 mm, 내경 13.9 mm)에 하측 $\Phi 1.0 \times 2$, 상측 오리피스 면에 $\Phi 0.4 \times 1$ 의 형상을 가지며, 하측 $\Phi 1.0 \times 2$ 에 0.3 m/s의 질소기체를 주입하여 관형 오리피스와 미로형 오리피스에 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1. 오리피스스의 시뮬레이션과 테스트 데이터를 바탕으로 피스톤 구조를 설계하고 개발하면서 관형과 미로형 두 가지 타입을 개발하여 목업 샘플을 제작하고 테스트하면서 유효한 데이터를 확보 할 때까지 다수의 시뮬레이션과 유동제어 실험을 계속한 결과 관형 피스톤이 가스 스프링 Elevation 동작에 최적화된 피스톤 구조임을 알 수 있었다.
2. 관형 오리피스 단면의 경우 상측 오리피스가 하나 일 경우($\Phi 0.4 \times 1$) 가스 주입구인 오리피스가 있는 쪽은 유속이 관찰되었으나, 상측 오리피스가 없는 반대쪽은 유속이 거의 없었다. 그러나, 오리피스가 두 개로 늘어난 경우($\Phi 0.4 \times 2$)는 가스 주입구인

양쪽 오리피스를 주변으로 유속이 모두 관측되었다.

3. 관형 오리피스스의 경우 오리피스의 직경에 따른 변화를 0.2에서 1.0까지 다양하게 주어 유속의 정규화 그래프를 얻을 수 있었다. 직경의 변화를 주었을 때 본 연구에서는 직경이 아주 작은 $\Phi 0.2$ 의 경우는 유속의 급격한 압력강하가 발생하여 설계에서 배제해야 하는 설계값이 생겼다.
4. 관형 오리피스의 직경에 따른 속도의 시뮬레이션과 실제 실험을 비교하여 정규화 그래프 근사값이 시뮬레이션에서는 $y = 19.155x^{-1.923}$ 이고 실제 실험에서는 $y = 4.0499x^{-1.923}$ 으로서 오리피스 직경에 대한 유속의 경향은 일치하지만 시뮬레이션 값이 약 20% 정도 이상 오차가 남을 알 수 있었다.
5. 실험을 통해 관형 오리피스가 직경 0.4-1.0오리피스 테스트 결과 오리피스 300 mm 구간에서 slip up/down 현상이 발생한 반면, 미로형 오리피스는 0.4-06.에서는 테스트 결과 오리피스 300 mm 구간에서는 sip up/down 현상이 일어나지 않아서 관형과 미로형의 오리피스 사양을 확정 할 수 있었다.
6. 유속이 증가하면 피스톤 로드를 움직이는 압력강하 값 또한 증가하지만 실제 피스톤 로드를 움직이는 힘에는 변동이 없다는 사실을 알 수 있었고, 이를 50인치 이상 대형 TV에 적용했을 경우 유속 유동 시 발생하는 압력강하는 가스 스프링 힘엔 영향을 주지 않고, 다만, 속도 제어만 가능하므로 이를 통해 TV의 Slip up/down 현상을 방지하고 사용자가 원하는 변위 제어가 가능하다.

References

- [1] C. W. Park and H. Y. Kim, "A study on the auto-mobile gas spring structural analysis using of bimetal", Jol. of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol.22, No. 1, pp.131-137, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.7735/ksmte.2013.22.1.131>
- [2] I. S. Han, K. J. Choi, J. Y. Kim and Y. B. Lee, "The numerical analysis and experimental verification of the heat transfer effect on the highly pressured gas spring", Transactions of KSAE, Vol. 21, No. 2, pp.87-97, 2013.
- [3] S. K. Lim, C. H. Lee, I. Hwang, H. W. Kang and S. J. Park, "Design of high frequency casting machine for dental", Proceedings of KSMTE Spring Meeting, pp.264-265, 2011.

- [4] S. W. Kim and W. T. Kim, "Numerical simulation on interaction of liquid droplet-wall surface in a gas channel of a polymer electrolyte membrane fuel cell", Jol. of Korean Soc. of Mechanical Technology, Vol 17, No. 1, pp. 97-102, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17958/ksmt.17.1.201502.97>
- [5] D. J. Chun and C. H. Ji, "A study on the thermal load effect by piston oil jet gallery", Jol. of Korean Soc. of Mechanical Technology, Vol 14, No. 1, pp. 1-6, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17958/ksmt.14.1.201202.1>
- [6] A. R. Ye, R. Das and H. D. Kim, "Investigation of transonic and supersonic flows over an open cavity mounted on curved wall(1)", Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B, Vol. 39, No. 3, pp.231-236, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-B.2015.39.3.231>
- [7] J. S. Nam, G. W. Kim, J. H. Kim and H. D. Kim, "Theoretical and computational analysis of Bernoulli Levitation flows", Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B, Vol. 37, No. 7, pp. 629-636, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-B.2013.37.7.629>
- [8] J. S. Kim, J. W. Kim, H. M. Kim and S. E. Yoon, "Calculation of heat loss coefficient at surcharged circular manhole using fluent model", Proceedings of the Korean water resources association conference, pp.1828-1832, 2008.

이 정 익(Jeong-Ick Lee)

[정회원]



- 1991년 2월 : 한양대학교 공과대학 기계공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 한양대학교 공과대학 정밀기계공학과 (공학석사)
- 1999년 8월 : 한양대학교 공과대학 정밀기계공학과 (공학박사)
- 1993년 1월 ~ 1999년 12월 : (주) 대우전자. 중앙연구소 (선임연구원)
- 2000년 3월 ~ 2007년 2월 : 용인송담대. 자동차기계설계 전공 (교수)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 인하공전. 기계공학부. 기계설계과 (교수)

<관심분야>

CAD/CAM/CAE, 생산자동화, 금형설계, IoT, BIOMECHANICS