

가스 스프링 Elevation 동작 마찰력 보상 변수 조합 연구 (1)

이정익

인하공업전문대학 기계공학부 기계설계과

A Combination Study on the Elevation Motion Friction Compensation Parameters in Gas Spring (1)

Jeong-Ick Lee

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

요약 본 연구에서는, 50인치 이상 대형 텔레비전의 높낮이의 마찰을 줄이기 위한 요인 분석이 실시되었다. 첫째는 피스톤 로드와 정확한 위치 제어를 위한 관형 전단면 제어에 대한 것이다. 여기서 관형 오리피스 전단면과 미로형 오리피스 전단면이 비교되었다. 두 번째 연구는 가스 씰 립 기술에 의한 마찰력 줄이기가 시행되었다. 세 번째는 실린더의 체적의 보상을 위한 주변장치가 피스톤 로드와 체적을 압축함으로써 세부사항을 결정하고 체적 보상 실험을 수행하는 것이다. 이로 인한 연구 결과들은 다음과 같다. 첫째는 CAE 및 실험적 고려를 통한 관형과 미로형 사이의 오리피스 전단면에 있어서, 미로형 오리피스의 전단면이 마찰을 줄이는데 뛰어났다. 둘째는 가스 씰 립 기술에서, 중공 로드와 실험 결과에서 외경 20 mm, 내경 8 mm의 직경을 가지는 것이 30 킬로그램을 가정한 50인치 이상의 텔레비전에 가장 적합한 것으로 확인되었다. 셋째는 사양 결정과 체적 보상 실험을 위한 체적 보상의 안전성 문제와 성능의 총체적 고려사항 결과 중공로드 외경 8 mm, 내경 4 mm와 리벳 시스템이 결정되었다. 마지막으로, 300 mm의 이동거리에서는 관형, 미로형 오리피스에 있어 직경 0.4~0.6의 오리피스에서는 미로형 오리피스가 발견되지 않았다.

Abstract In this study, factor analysis was performed to reduce the friction in the elevation motion of a stand for a 50-inch television. Pipe type cross-section control was used for accurate positioning control of the piston rod. The pipe type was also compared with a labyrinth-type crosssection for the orifice. The frictional force was then reduced using gas seal lip technology. Specifications were chosen, and a volume compensation experiment was carried out using an apparatus for compensating the volume of the cylinder, which is compressed by the volume of the piston rod. Based on CAE and experimental considerations, the labyrinth-type orifice is preferred for reducing friction. For the gas seal lip technology, outer and inner diameters of $\phi 20$ and $\phi 8$ for the hollow rod were more appropriate when assuming the weight of a 50-inch television to be 30kgf. The third is that the result of total consideration in stability problem and performance of volume compensation for specification decision and volume compensation experiment is determined the final speculation of hollow rod $\phi 8 \times 4$ and riveting system. The last is that the labyrinth orifice is not founded that of the $\phi 0.4 \sim 0.6$ orifice both tests on 300 mm intervals.

Keywords : Elevation, Friction, Gas seal lip, Hollow rod, Labyrinth type, Orifice, Piston, Pipe type

1. 서론

최근 자동차의 급격한 수요 증대로 인한 자동차 메이커에서는 각종 유공압 시스템을 이용한 전자 제어기술

발전과 더불어 차량의 본 네트를 비롯한 트렁크 등에 레이어아웃 최소화를 위한 가스 스프링의 사용이 날로 증대되고 있다.[1] 가스 스프링의 비선형 변화-하중 특성으로 인해 하중지지 영역이 넓고, 승차감이 우수하여 가스 스

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

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

Received November 4, 2016

Accepted May 12, 2017

Revised (1st January 6, 2017, 2nd April 26, 2017, 3rd May 11, 2017)

Published May 31, 2017

프링을 현수장치(Suspension)에 적용하는 경우가 증가하고 있다. 가스 스프링은 높은 반력과 긴 행정에서도 일정한 탄력 변화율을 유지하고 컴팩트한 디자인과 외형을 지니며 어떠한 적용품에도 쉽게 장착 가능한 뛰어난 조립성을 가지고 있기 때문에 코일 스프링을 대신하여 자동차뿐만 아니라 산업전반에서 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 개발하여 TV용 Elevation 기능에 감성품질을 구현하고자 한다.[4, 5] 피스톤의 속도 제어를 위해서는 피스톤 오리피스 피스의 동작원리를 알아야 한다.

피스톤 오리피스란, 가스 스프링[6-8] 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 연구에서는 50인치 이상 대형 텔레비전에 장착된 가스 스프링 스탠드의 Elevation 동작에 마찰력 감소를 위한 요인분석이 이루어졌다. 첫 번째, 최적화된 피스톤 로드 제어를 위한 관형과 미로형의 오리피스 단면 비교를 실시하였고, 두 번째, 중공로드의 다양한 가스 셀 조임 기술 연구하였고, 세 번째, 피스톤 로드의 부피 보상 장치에 대해 연구하였으며, 네 번째는 관형, 미로형에 대한 최적화된 피스톤 구조 설계에 대해 연구하여 마찰력 감소를 시도하였다.

2. 피스톤 속도 제어

가스 스프링은 가스 셀과 가스(N_2)의 압력작용으로 마찰력이 발생하고 마찰력은 외력의 방향과 반대방향으로 작용하며 마찰력은 다시 정지 마찰력과 운동 마찰력으로 구분된다. 가스 스프링은 이 정지 마찰력으로 인하여 사용자가 Elevation 동작을 위해 외력을 가할 때에 가스 스프링의 반발력과 마찰력의 합보다 더 많은 외력을 필요로 하게 된다. 따라서 마찰력이 정지 마찰력에서 운동 마찰력으로 전환될 때 초과 외력이 발생하게 되고 초

과 거리가 발생하게 된다. 이에 사용자는 원하는 위치에 텔레비전 본체를 이동시키기가 어렵게 되는 것이다. 또한 가스 스프링은 가스 스프링 내부에 압축되는 피스톤 [4] 로드의 부피만큼 내부 부피가 감소하게 되어 압력이 상승하게 된다. 따라서 가스 스프링이 압축될수록 반발력이 상승하여 변위에 따라 사용자 외력의 차이가 크게 발생한다. 가스 스프링의 압축과 신장 시의 감쇠는 피스톤 앞, 뒷면의 구조에 의해 상이하며, 오리피스 구조를 효율적으로 사용하기 위하여 가변 피스톤 구조를 고안하였다. 원리는 비교적 간단하여 Fig. 1과 같이 피스톤 로드의 피스톤 압입부에 2단 구조를 설계하여 압축, 신장 시의 운동 방향에 따라 피스톤이 유동하는 원리이며 피스톤 앞, 뒤의 와셔(washer)가 가스의 이동경로를 설정해 주는 역할을 한다.

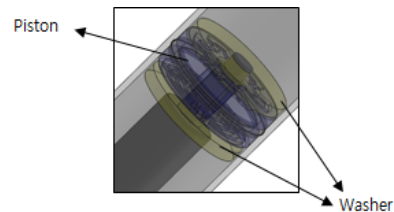


Fig. 1. Schematic diagram of piston package

Fig. 2는 TV에 적용된 Elevation 작동을 보여주고 있다.

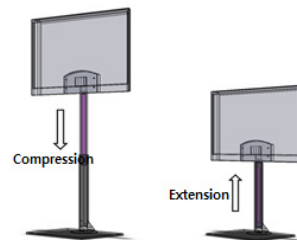


Fig. 2. Operation of elevation

가스 스프링 Elevation 동작 마찰력 보상을 위한 변수로는 첫째, 피스톤 로드 움직임이 관형 또는 미로형에 따라 오리피스 단면이 반응하는 정도에 따른 속도, 둘째, 마찰력 감소를 위한 피스톤 로드와 작용하는 가스 셀 조임 기술에 따른 속도, 셋째, 피스톤 로드의 부피 보상 장치에 따른 정도, 마지막으로, 관형이나 미로형 인가에 따른 최적화된 피스톤 구조 설계에 따른 속도 제어의 4가지 요인이 있으며 이들은 각각의 조합에 따라 결과가 다

르게 나타난다. 이는 가스 스프링의 Elevation에 있어 동작 마찰력 보상을 위한 변수의 4가지로 분류된다.

3. 피스톤 로드와 정확한 제어를 위한 관형 단면제어

3.1 관형(pipe type) 피스톤 유형

Fig. 3은 관형 피스톤 유형을 지닌 피스톤 로드와 전체 개략도이다.

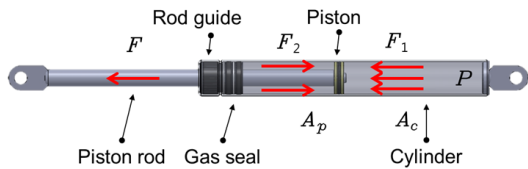
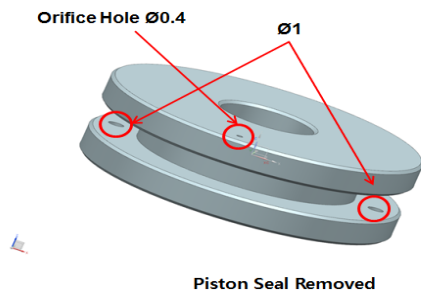


Fig. 3. Piston rod schematic diagram

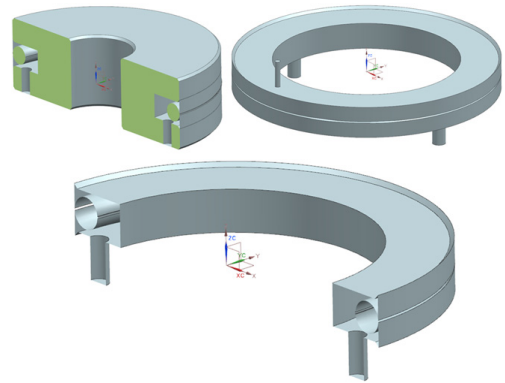
F_1 , F_2 는 압축(compression)이며, 서로 반대방향으로 가지고 있으면 인장(extension)이다. F_1 , F_2 의 수식의 결과 $F = F_1 - F_2$ 이것은 $A_p P$ 이므로 즉 반발력은 피스톤 로드와 단면적에 따라 결정되는 것이다. 밀폐된 실린더 내에 압축 질소 가스와 소량의 오일이 봉입되어 있고, 피스톤 로드와 단면에 질소 가스의 압력이 작용하여 반발력을 얻는 구조로 되어 있다.

3.2 관형 피스톤 유동해석

Fig. 4는 피스톤의 3차원 모델링과 유동장을 나타내고 있다.



(a) 3d modeling and orifice model of pipe type



(b) flow field: bottom $\varnothing 1.0 \times 2$, top $\varnothing 0.4 \times 1$

Fig. 4. 3D Modeling and flow field

Fig. 5는 경계조건 및 하중조건을 표시한 것이며, Table 1에 이와 관련한 유한요소정보를 표시하고 있다.

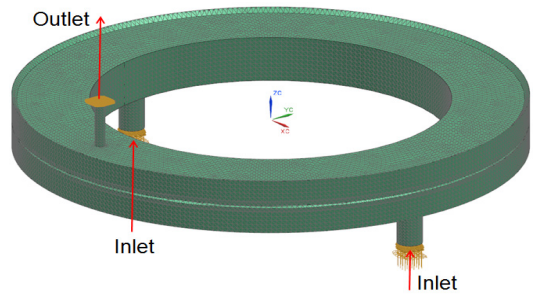


Fig. 5. Boundary and loading condition

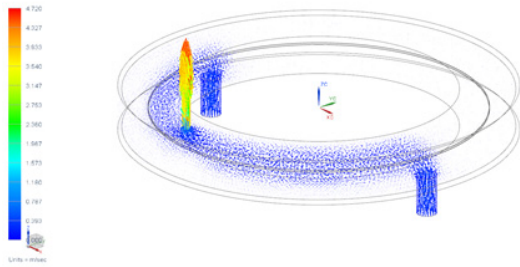
Fig. 5는 서로 대칭하는 질소기체 2곳의 하측입구(Inlet)와 상측 한곳의 출구(Outlet)를 표시하였다. NX를 이용하여 3차원 모델링을 수행하였으며, 유한요소해석은 NX NASTRAN 10.0을 이용하였다.

Table 1. Finite element analysis

Finite element modeling	Element	3D tetrahedral
	No. of node	38,791
	No. of element	156,142
Boundary & loading condition	inlet	0.3m/s
	outlet	Opening
	flow	nitrogen gas

Fig. 6은 피스톤에서 발생하는 질소기체의 속도 분포를 나타낸 것이다.

us_20171 - Solution 1 Result
Load Case 1, Static Step 1
Velocity - Element Result, Unswaged, Magnitude
Min: 0.000, Max: 4.700, Units: m/sec



us_20171 - Solution 1 Result
Load Case 1, Static Step 1
Velocity - Element Result, Unswaged, Magnitude
Min: 0.000, Max: 4.700, Units: m/sec
Streamlines: Velocity - Element Result, Seeds: Seed Set 1

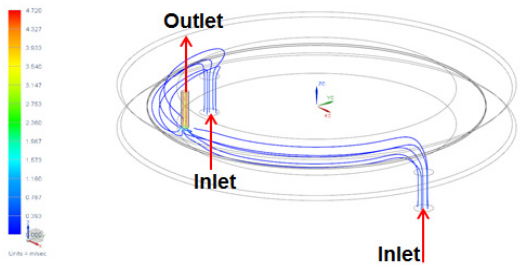


Fig. 6. Velocity distribution

Fig. 6에 나타난 바와 같이 하측 오리피스에 주입된 질소기체가 상측 오리피스로 배출되는 것을 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있었다. 특이사항으로서는 상측 오리피스 가스 주입구를 기준으로 림(rim)의 양쪽만 유로가 형성되었다. Fig. 6의 상측 오리피스의 기체의 유량은 미미하였다. 즉, 피스톤 로드에서 장착된 관형 타입 오리피스를 가진 피스톤의 단면 전체에 질소기체를 주입하더라도 상측에 오리피스 한 개를 중심으로 림(rim)의 반만의 유속으로 인장, 압축이 발생하며, 나머지 반의 기체의 유량이 피스톤 로드에서 인장, 압축에 미치는 영향은 적음을 알 수 있다. Fig. 7은 오리피스 내 유속을 관찰하기 위해 오리피스 직경에 따른 유속을 나타낸 것이다. Fig. 7에 나타난 바와 같이 근사화 그래프를 바탕으로 $y = 19.155x^{-1.923}$ 이란 관계식이 산출되었다. 또한 오리피스 외경이 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, $\phi 0.2$ 에서 급격한 압력강하가 발생한다고 추측할 수 있으므로 본 연구에서 $\phi 0.2$ 는 배제되었다.

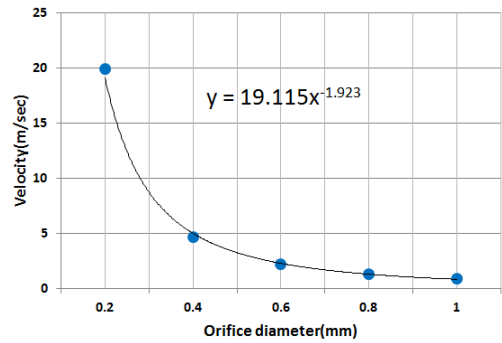
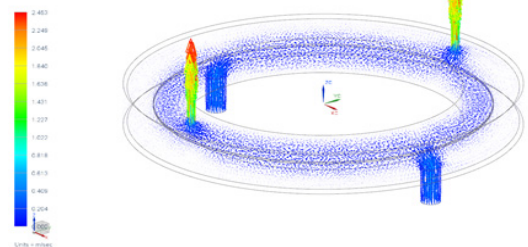


Fig. 7. Velocity according to orifice diameter

Fig. 8은 오리피스가 2개 일 때 관내 속도 분포를 나타낸 것이며, Fig. 9는 오리피스의 개수에 따른 유속을 정량화하여 나타낸 것이다. Fig. 8은 서로 대칭하는 질소 기체 2곳의 하측입구(Inlet)와 상측 대칭 두 곳의 출구(Outlet)를 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. 시뮬레이션 결과를 증명하고 실제 개발 시의 변수 등을 사전에 검토해 보고자 본 연구에서는 PCB 보드, 센서, 프레임 등으로 구성된 세트를 제작하여 실제 압력과 유속 변화를 테스트 하였다.

us_20171 - Solution 1 Result
Load Case 1, Static Step 1
Velocity - Element Result, Unswaged, Magnitude
Min: 0.000, Max: 2.460, Units: m/sec



us_20171 - Solution 1 Result
Load Case 1, Static Step 1
Velocity - Element Result, Unswaged, Magnitude
Min: 0.000, Max: 2.460, Units: m/sec
Streamlines: Velocity - Element Result, Seeds: Seed Set 2

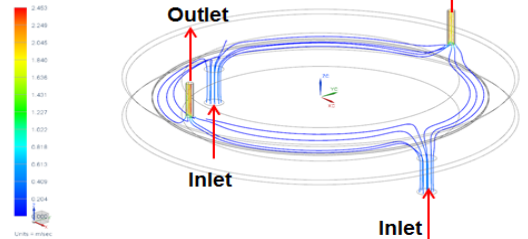


Fig. 8. Velocity distribution at two orifice

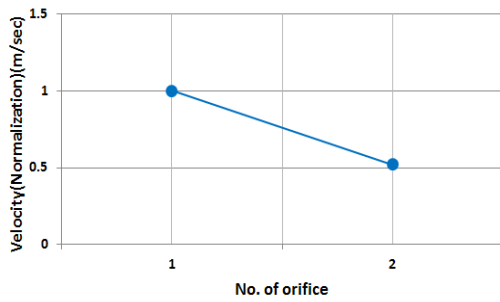
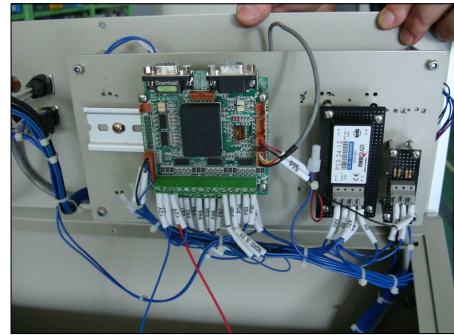


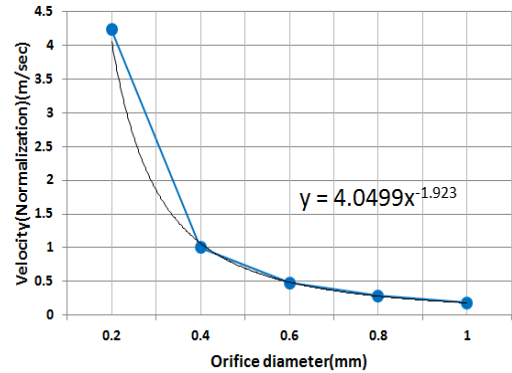
Fig. 9. Velocity according to No. of orifice

Fig.9는 아래 오리피스 입구가 두 곳일 경우 오리피스 출구의 개수에 따른 속도를 나타낸 것이다. 시뮬레이션 상으론 앞서 고찰에서 나타낸 바처럼 1, 2개소인 경우는 오리피스 수에 따른 속도는 비례관계를 나타내었다. 출구가 3개인 경우는 입구에 따른 각도를 어떻게 배치할지 고민이었으나 개발과정의 토의결과 현재 사용되는 가스 스프링의 경우 오리피스 입구가 하측은 2개소, 상측은 1개소 이상 제작 시 가스 스프링의 역할을 수행할 수 없음을 알게 되어 출구 3개소까지 시뮬레이션은 수행될 필요성이 없다고 결론에 도달하였다.

Fig. 10에 나타난 바와 같이 실제 실험 테스트 결과 시뮬레이션과 유사한 패턴의 값이 도출되었고 실제 압력 강하가 발생한다는 사실을 알 수 있었다. 아래 Fig. 10에 나타난 바와 같이 시뮬레이션의 근사화 그래프는 $y = 19.115x^{-1.923}$ 를 보여주었고 실제 실험을 통해서 $y = 4.0499x^{-1.923}$ 으로 약 20% 정도의 차이를 보여주고 있다.



(a) Experimental test equipment



(b) Velocity according to orifice diameter and curve fitting of data
Fig. 10. Experimental test of velocity according to orifice diameter and curve fitting

3.3 관형 오리피스 피스톤과 미로형 오리피스 피스톤의 실험을 통한 수치해석 검증 고찰

3.3.1 관형 오리피스 피스톤

Fig. 11은 관형 오리피스 피스톤과 300 mm 스트로크 구간에서 측정위치, 방법, 마찰력 등을 점검한 것으로서

Table 2. Load calculation of seal parts considering 30kgf loads(50 inch television weight set-up)

seal spec.	gas spring inner pressure (kgf/cm ²)	gas seal rip part weight (kgf)	inner diameter (∅)	cutting angle (°)	durability (He-test)	friction force (kgf)	remark
∅20x∅6	106	31.17	5.2	33	gas leakage occurrence (3EA/10EA)	-	lip cross section (0.2941cm ²)
∅20x∅8	59.7	16.24	7.2	35	no gas leakage	1.405	lip cross section (0.2720cm ²)
∅20x∅10	38.2	12.58	9.2	35	no gas leakage	1.45	lip cross section (0.3292cm ²)

* lip part weight: Lip cross section x inner pre

오리피스 외경을 $\varnothing 0.2 \sim \varnothing 1.0$ 으로 적용한 피스톤으로 가스 스프링을 제작하여 30 kg(50인치 텔레비전의 무게에 해당)의 물체를 얹고 가스 스프링의 slip up/down 유무를 관찰한 결과 $\varnothing 0.4 \sim \varnothing 1.0$ 오리피스 300 mm구간에서 slip up/down 현상이 발생됨을 알 수 있었다.

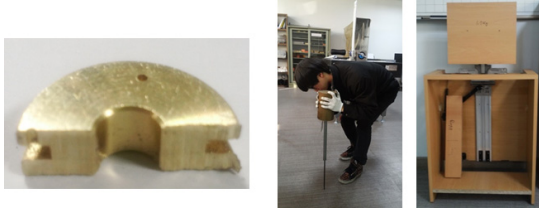


Fig. 11. Pipe type orifice piston and experiment

3.3.2 미로형 오리피스 피스톤

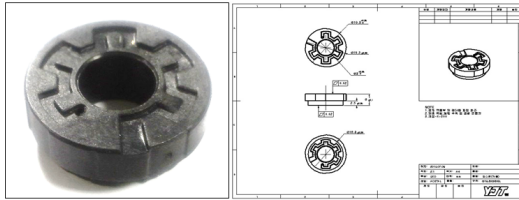


Fig. 12. Labyrinth type orifice piston

Fig. 12는 미로형 오리피스 피스톤을 나타낸 것으로 실험결과 $\varnothing 0.4 \sim \varnothing 0.6$ 의 오리피스는 300 mm 구간에서 slip up/down 현상이 전혀 발생하지 않아 50인치 이상의 대형 텔레비전의 가스 스프링의 세부 사양으로 결정되었다. 본 미로형의 경우는 단면 형상이 복잡하여 시뮬레이션으로 관측하기에는 한계가 있으므로 파이프 형 오리피스의 시뮬레이션 결과를 사용하였다.

실험 결과 유속이 증가할수록 압력강하가 증대되지만 가스 스프링의 반력에는 변동이 없었다. 또한, 오리피스를 빠져나가는 기체에 의한 압력강하에 감소요소가 작용하면 피스톤 속도가 저하되어 slip up/down 현상의 방지가 가능하다. 따라서 본 실험결과에서는 적합한 피스톤 구조로는 미로형 오리피스 피스톤을 사용한다.

4. 피스톤 로드의 마찰력 감소 기술

가스 스프링은 운동 시 부품 형합성에 의한 마찰력도 존재하지만 피스톤로드와 가스 씰 립부에 의한 마찰력이 대부분을 차지한다.

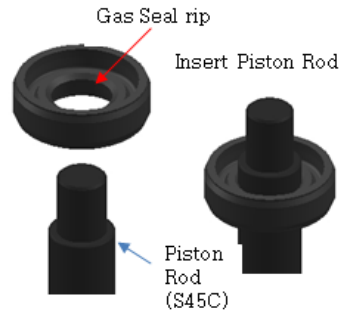


Fig. 13. Gas seal rip(material: NBR)

Fig. 13은 가스 씰 립으로서 피스톤 로드에서 압입되는 과정을 보여주고 있다. 실제 가스 스프링에서 가스 씰은 고정되고 피스톤 로드만이 왕복운동을 하며 이때 마찰력이 발생하게 된다. 다만 마찰력은 고무재질의 가스 씰과 S45C 재질의 피스톤로드의 마찰력에 Fig. 14의 청색 화살표와 같이 가스스프링 내부 압력에 의한 립 조임력이 더해져서 마찰력이 더 강하게 작용하게 된다. 즉, 내부압력에 의해 립은 조여지게 되며 마찰력이 상승하게 되는 결과를 초래한다. 마찰력 상승은 텔레비전 스탠드의 Elevation 동작 시에 사용자 외력을 증가시키며 감성품질 하락을 가져온다. 립 조임력은 마찰력과 밀접한 관계가 있지만 사실 피스톤 로드를 조임으로써 가스누출을 방지하는 중요한 기능을 담당한다.

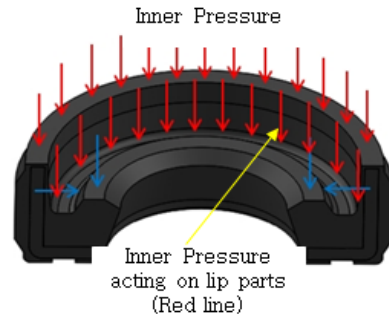


Fig. 14. Gas seal cross section

따라서 추후 연구에서는 마찰력을 최소화 할 수 있으면서 신뢰성확보가 가능한 대안을 연구할 것이며 내구력 테스트 및 He 테스트 등을 통해 신뢰성을 확보할 예정이다.

5. 피스톤 로드에서 작용하는 가스 씰 최소 조임 기술 실험

5.1 가스 씰 조임부의 내경 및 커팅각도 설계

텔레비전 Elevation에 적용되는 가스 스프링은 본체의 무게로 인해 모니터용 가스스프링에 비해 고압용 설계가 필요하다. 이에 가스 스프링 내압에 따른 내경 및 커팅각도를 설계하였고, 실험을 실시하여 Table 3의 결과를 얻었다. Table 2는 30kgf 하중 고려 시 씰부 하중계산에 대한 가스 씰 외경이 $\varnothing 20$ 이고, 가스 씰 내경이 $\varnothing 6$, $\varnothing 8$, $\varnothing 10$ 의 직경을 가질 때 가스 스프링 내압, 가스 씰 립부 하중, 내경, 커팅 각도, 내구성, 마찰력을 조사한 실험 결과이다. 단, $\varnothing 20 \times \varnothing 6$ 사양의 경우 Test 중 가스 누기가 발생하여 본 연구에서는 배제되었고 중공로드 사양을 고려하여 Fig. 15에 나타난 바와 같이 $\varnothing 20 \times \varnothing 8$, $\varnothing 20 \times \varnothing 10$ 사양의 가스 씰을 개발하였다.

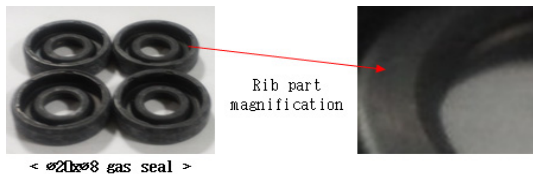


Fig. 15. Rib parts magnification

본 연구에서는 고무재질은 피스톤 로드(S45C)에 잘 견디고 나아가 가스 스프링의 Elevation에 잘 견딜 재질로 material로는 NBR로 국한하기로 하였다.

5.2 가스 씰부 소재변경에 따른 마찰력 향상

동일내경의 가스 씰부의 립 조임력을 줄이기 위하여 가스 씰의 소재를 경도 70 Hs 에서 경도 90 Hs로 변경하여 마찰력 검증 실험을 실시하였다. 경도 70 Hs에서는 마찰력이 2.25 kgf 나왔으나 경도 90 Hs에서는 1.405 kgf로 0.845 kgf 감소되었다. 따라서 경도가 높은 가스 씰을 사용하면 마찰력은 감소하는 것을 알 수 있었다.

6. 실린더 부피 보상 장치

6.1 가스 스프링 부피보상 장치 개발

가스 스프링의 길이 변위 당 압력증가량을 감소시키기 위한 중공로드의 효용성을 이론식을 통하여 제시하였

고 이를 검증하기 위해 실제 중공로드를 개발하고 가스 스프링에 적용하여 검증하였다. 본 연구의 목적은 가스 스프링의 스탠드 장착 시 사용자 외력의 차이를 감소시키는 것이며 이를 위해 스프링 상수(K) 값을 0.025 kgf/mm 이내로 목표를 설정하였다.

6.2 부피보상을 위한 중공로드 사양결정 및 부피보상 실험

1) 중공로드($\varnothing 10 - \varnothing 6$)

$\varnothing 10$ (단일로드) (Fig. 17)	스트로크 (160 mm)	스프링 상수 (K)
	29.05 kgf → 34.80 kgf (+5.75kgf)	(34.80-29.05)/160 =0.0359 kgf/mm
$\varnothing 10 - \varnothing 6$ (중공로드) (Fig. 18)	스트로크 (160 mm)	스프링 상수 (K)
	28.27 kgf → 31.78 kgf (+5.75kgf)	(31.73-28.27)/160 =0.0216 kgf/mm

스프링 상수 0.0143 kgf/mm 감소하여 약 40 %의 부피보상 효과를 나타낸다.

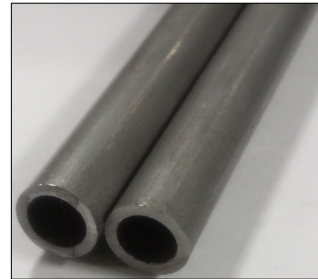


Fig. 16. Developed hollow piston rod($\varnothing 10 - \varnothing 6$)

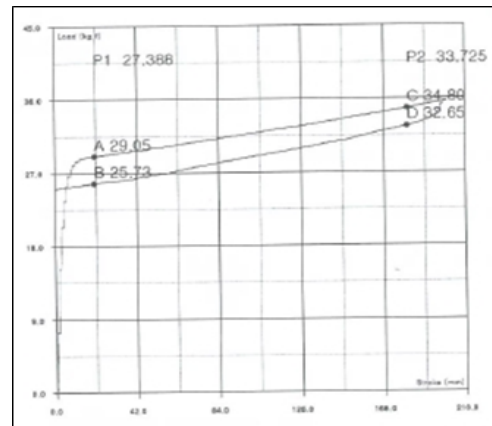


Fig. 17. The volume calibration of general piston rod($\varnothing 10$)

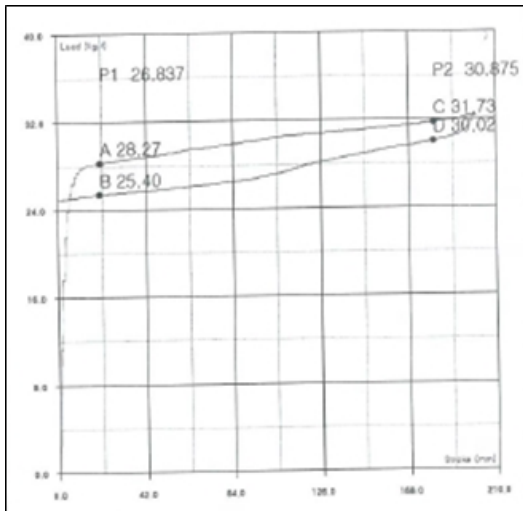


Fig. 18. The volume calibration of developed hollow piston rod (Ø10-Ø6)

2) 중공로드(Ø10-Ø8)

Fig. 19의 스프링상수(K) 값이 연구 목표(0.025 kgf/mm 이내)에는 도달하나 0.02 kgf/mm 이내의 성능 향상 검토 안으로서 내경의 지름을 Ø6에서 Ø8로 증대하여 연구하는 대체 안이 제시 되었으나 연구 결과 교정 공정에서 문제가 발생하여 개발이 불가능하게 되었다. 따라서 중공로드의 외경을 Ø10에서 Ø8로 변경하고 내경을 Ø4로 하여 개발 검토를 진행하였다.

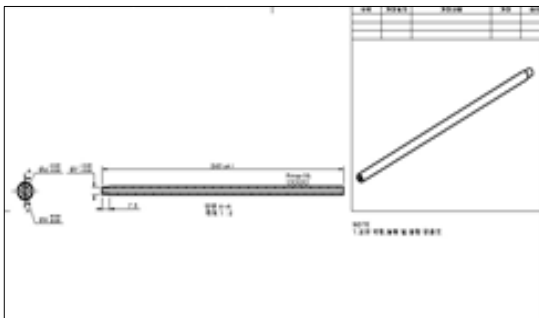


Fig. 19. The hollow piston rod (Ø10-Ø8)

3) 중공로드(Ø8-Ø4)

Fig. 20과 같이 Ø10-Ø6 중공로드 대체품으로 외경 Ø8, 내경 Ø4의 중공로드를 만들어 샘플 제작 및 부피 보상 실험을 진행하였다.

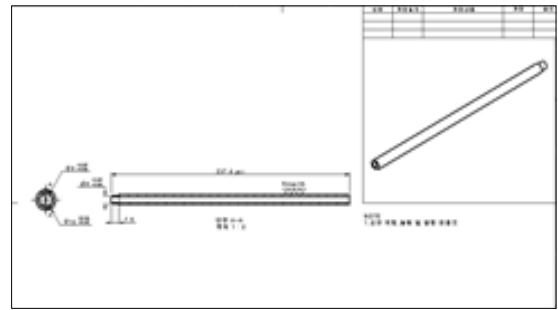


Fig. 20. The hollow piston rod (Ø8-Ø4)

Ø8 - Ø4 (중공로드) (Fig. 21)	스트로크 (80 mm)	스프링 상수 (K)
	29.98 kgf → 31.18 kgf (+1.2kg ₀)	(31.18-29.98)/80 = 0.015 kgf/mm

스프링 상수 0.01 kgf/mm 초과하여 만족스런 값을 나타냄. 약 40 %의 부피보상 효과를 나타낸다.

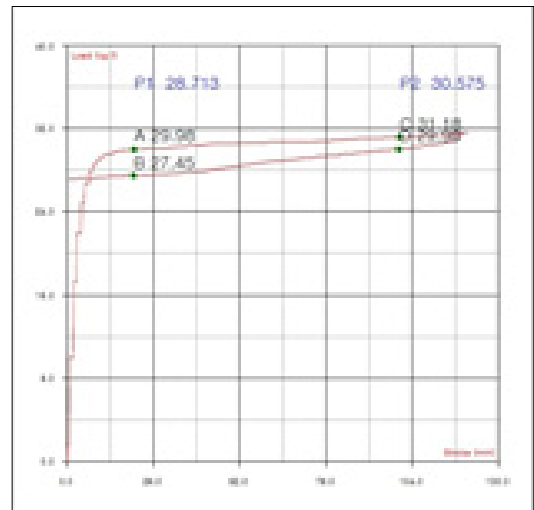


Fig. 21. The volume calibration of developed hollow piston rod (Ø8-Ø4)

4) 중공로드(Ø8-Ø6)

Fig. 21의 실험결과 안에 대한 부피보상을 증대 검토 안으로서 내경을 Ø6 수정하여 중공로드를 개발하고 샘플을 제작하여 부피보상 테스트를 실시하였다.

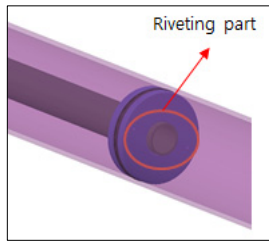


Fig. 22. Riveting part of the hollow piston rod (φ8-φ4)

Fig. 22에서 실험 중 설계상에선 문제되지 않았던 리베팅 부위의 접촉면적(10.21 mm^2)이 부족하여 가스 스프링 자체의 안전성 문제가 제기되었고 인장시험 결과 인장력 30 kg_f 에서 파단 되어 $\phi 8$ - $\phi 4$ 에 비해 70 kg_f 낮은 결과를 초래하였다. 결국 안정성 문제와 부피보상 성능을 종합적으로 검토한 결과 중공로드 $\phi 8$ - $\phi 4$ 로 최종 결정되었다.

7. 피스톤 구조의 설계 및 개발

상기 오리피스스의 시뮬레이션과 테스트 데이터를 바탕으로 피스톤 구조를 설계하고 개발하였다. 관형과 미로형 두 가지 타입을 개발하여 목업 샘플을 제작하고 실험하면서 유효한 데이터를 확보 할 때까지 다수의 시뮬레이션과 유동제어 실험을 계속하였다. 결국 사양 및 금형 수정 등 여러 번의 수정 끝에 관형과 미로형 피스톤 사양이 결정되었고 이를 위해 다음 관형, 미로형 오리피스로 나누고, 개발 적용, 결과에 대해 Table 3에 다르게 나타냈다. 결과적으로는 같은 300 mm 간격에 걸쳐 실험해 보았을 때 관형 오리피스의 경우는 $\phi 0.4 \sim \phi 1.0$ 오리피

스에서는 slip up/down 현상이 발생하였으나 미로형 오리피스스의 경우는 $\phi 0.4 \sim \phi 0.6$ 오리피스에서는 slip up/down 현상이 전혀 발생하지 않았다. 따라서 미로형 오리피스로 단면 스펙이 결정되었다.

8. 결론

50인치 이상의 대형 텔레비전 스탠드의 Elevation 동작을 발생시키는 가스 스프링의 부피 보상 장치에 대해 첫 번째, 최적화된 피스톤 로드 제어를 위한 관형과 미로형의 오리피스 단면 비교를 실시하였고, 두 번째, 중공로드의 다양한 가스 쥔 조임 기술 연구하였고, 세 번째, 피스톤로드의 부피 보상 장치에 대해 연구하였으며, 네 번째는 관형, 미로형에 대한 최적화된 피스톤 구조 설계에 대해 연구하여 다음과 같은 결과를 얻게 되었다.

1. 관형 오리피스의 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.
2. 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.

Table 3. 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 $\phi 0.4 \sim \phi 1.0$ 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 $\phi 0.4 \sim \phi 0.6$ orifice of the test results, 300mm intervals -orifice fixed spec.	

3. 모니터용 가스스프링 내압에 따른 내경 및 커팅각도를 설계 하였고 테스트해본 결과 외경에 대한 중공로드의 사양을 $\varnothing 20 \times \varnothing 6$, $\varnothing 20 \times \varnothing 8$, $\varnothing 20 \times \varnothing 10$ 세 가지에서 $\varnothing 20 \times \varnothing 6$ 은 가스 누기가 발생되어 배제되었다. 나머지 두 가지에서는 가스 스프링 내압, 가스 씰 립부 하중, 내경, 마찰력 모두 감소하였다.
4. 모니터용 가스스프링 내압에 따른 동일내경의 씰의 립 조임력을 줄이기 위해 가스 씰의 소재를 변경하였다. 경도 70 Hs에서 90 Hs로 변경하여 마찰력을 실시했을 경우 0.845 kgf가 감소되었다.
5. 본 연구의 실험조건에서 여러 가지 중공축이 실험되었는데 실린더 부피를 보상하기에 가장 적절한 중공축은 $\varnothing 10$ - $\varnothing 6$, $\varnothing 10$ - $\varnothing 8$, $\varnothing 8$ - $\varnothing 4$, $\varnothing 8$ - $\varnothing 6$ 가운데 $\varnothing 8$ - $\varnothing 4$ 의 경우 80 mm의 스트로크 구간에 스프링 상수 (K)가 0.015 kgf/mm로 목표치 0.01을 상회하는 우수한 값을 보여주었다.
6. 가스 스프링에서 리벳부는 실린더 부피 보상장치에 중요한 역할을 하며 안전상 100 kgf의 인장강도를 나타내어야 하는데 본 실험에서는 $\varnothing 8$ - $\varnothing 6$ 에서는 인장강도를 만족하지 못해 $\varnothing 8$ - $\varnothing 4$ 를 선정하게 되었다.
7. 유속이 증가하면 피스톤 로드를 움직이는 압력강하 값 또한 증가하지만 실제 피스톤 로드 움직이는 힘에는 변동이 없다는 사실을 알 수 있었고, 이를 50인치 이상 대형 텔레비전에 적용했을 경우 유속 유동 시 발생하는 압력강하는 가스 스프링 힘엔 영향을 주지 않고, 다만, 속도 제어만 가능하므로 이를 통해 텔레비전의 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: <https://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: <https://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: <https://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: <https://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: <https://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, 3D PRINTING, 인공지능 등...