

점성이 높은 감쇠기의 동적 거동에 관한 연구

Force-Displacement diagram corresponding to the piston velocity change

윤종민† · 임상혁* · 박화용* · 김원겸** · 이재웅***

Jong Min Yun, Sang Hyuk Lim, Hwa Yong Park, Won Kyum Kim, Jae Eung Lee

1. 서 론

기계가 고속화되고 정밀화됨에 따라서 기계와 구조물에서 발생하는 진동은 기계의 파손, 정밀도 저하 및 소음진동공해를 수반하므로 이에 대한 적절한 연구가 절실히 요구된다. 특히 최근 들어서 각종산업의 기계장치들이 소형 경량화, 고정밀화, 고속화 되어가면서 미진동의 허용한계가 점점 엄격해져, 이를 해결하기위한 방안이 활발히 연구 중이다.

고점성 유체를 사용한 감쇠기는 높은 하중에 견디고 큰 감쇠값을 가지는 이유로 진동절연기내부에 많이 사용되고 있다. 하지만 고점성 감쇠기의 동적 거동이나 특성에 대한 연구는 미진한 편이다.

본 연구에서는 고점성 감쇠기의 이론적인 해석과 실험 및 해석을 통하여 피스톤의 지름 및 이동속도, 이심의 변화가 감쇠값과 동적거동에 미치는 영향에 관하여 연구하였다.

2. 점성감쇠기 구조와 기본이론

Figure. 1은 본 연구에 토대가 되는 점성 감쇠기의 구조를 나타낸다. 여기서 D 는 피스톤의 직경을 말하며, d 는 피스톤과 실린더 벽 사이의 거리, l 은 피스톤이 점성 유체에 잠긴 깊이이며, h 는 피스톤과 실린더 바닥사이의 거리를 말한다.

피스톤이 압축되는 경우의 감쇠계수는 피스톤의 벽면 전단응력과 바닥면의 전단응력의 영향을 받으며, 각각의 경우를 구하여 합치면 다음과 같다.

$$c_{total} = c_{wall} + c_{plate} \quad (1)$$

$$c_{total} = \frac{3\mu\pi D^3}{4} \left[\frac{l}{d^3} \left(1 + \frac{2d}{D} \right) + \frac{D}{8h^3} \right] \quad (2)$$

피스톤이 인장되는 경우에는 피스톤과 점성유체 사이의 공간이 진공이 되어 외부와의 압력 차이와 실린더 벽면 전단응력이 감쇠계수에 영향을 주므로, 결국 인장시의 총 힘은 이 둘의 힘의 합으로 나타내어지며 다음과 같다.

$$F = F_p + F_s \quad (3)$$

$$F = \frac{\pi}{4} D^2 P + \frac{\mu\pi D l}{d} v_o \quad (4)$$

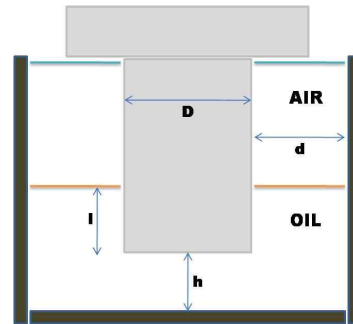


Figure. 1 Configuration of Viscous Damper in Isolator

3. 피스톤의 이심 및 해석

피스톤의 이심에 따른 유동 집중 현상이 어떤 감쇠효과를 주는지 확인하기 위해 피스톤을 중심에서부터 한 축 방향으로 2mm씩 이심시켜 총 네 차례 해석을 수행하였다. 실험 장비를 통해 이심을 실험하기에는 이심 격차를 조절하기가 어려워 정확한 결과를 얻어내기가 힘들다는 판단아래 상용화 툴인 Fluent를 이용하여 해석을 수행하였다. 다만 해석 시, 이심은 한축 방향으로만 이루어졌기 때문에 2차원 상에서 해석이 이루어져도 3차원과 큰 차이를 보이지 않을 것이라 예상하고 진행하였다.

† 교신저자; 중앙대학교 일반대학원 기계공학부

E-mail :yun1424@naver.com

Tel : (02)820-5284, Fax : (02)814-9476

* 중앙대학교 일반대학원 기계공학부

** 삼성테크윈 파워시스템

*** 중앙대학교 기계공학부

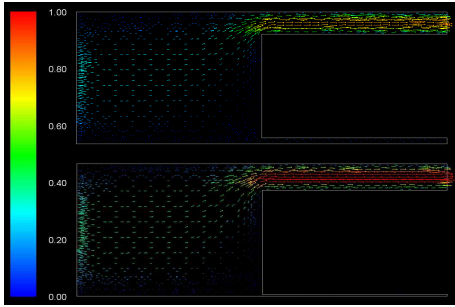


Figure. 2 CFD Result of Fluid flow w.r.t eccentric

Eccentric[mm]	0	2	4	6
Mass flux[kg/s]	0.616	0.46	0.361	0.327

Table. 1 Mass flux w.r.t gap

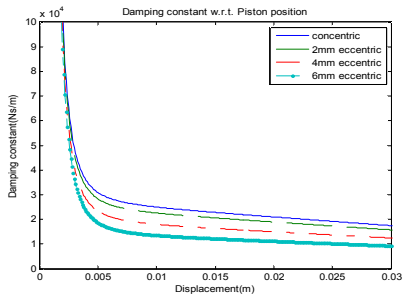


Figure. 3 Damping constant w.r.t eccentric

Fig. 2는 피스톤의 이심에 따른 유동 집중현상을 해석을 통해 수행한 결과이며 Table. 1은 피스톤의 이심에 의한 유동 집중현상으로 발생된 유량의 변화, Fig. 3은 유동 집중현상에 따른 감쇠계수의 변화를 그래프화 시킨 것이다. 유량의 공식은 $Q=A \times u$ 로서 A 는 관의 유체통과 단면적, u 는 관내 유속이다. 결과적으로 피스톤의 이심은 감쇠값에 감소를 가져온다고 할 수 있다.

4. 실험 및 고찰

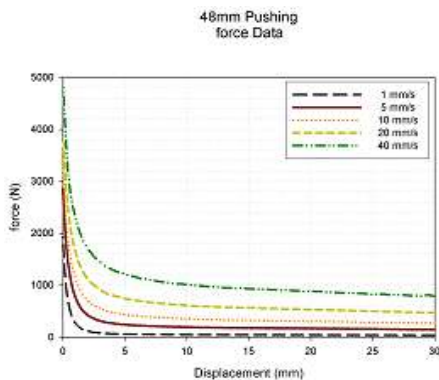


Figure. 4 General tendency of compression

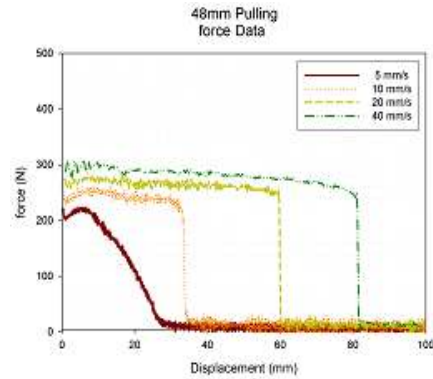


Figure. 5 General tendency of tensileness

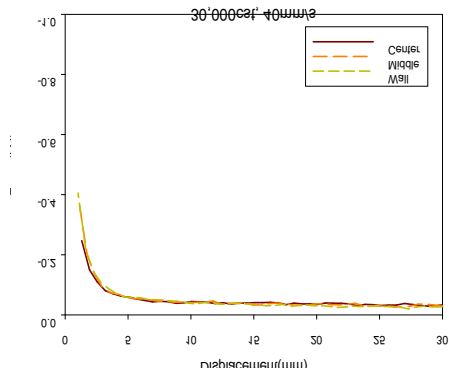


Figure.6 Force-Displacement diagram corresponding to the piston eccentric position

간극의 변화에 따른 감쇠계수의 변화와 압축/인장시의 걸리는 힘의 변화와 이심에 따른 힘의 변화 등 점성 감쇠기의 동적 거동을 확인하기 위해 피스톤의 직경을 48mm에서 1mm씩 증가시켜 52mm까지 총 5개의 시편으로 실험을 수행하고 51mm를 기준시편으로 하여 이심시켜 실험을 각각 수행하였다. 실험에 사용된 장비는 MTS사의 810 Floor-Standing System으로 시간에 따른 힘과 변위의 측정, 속도와 거리의 자유로운 제어가 가능하여 사용되었다. Fig. 4와 Fig. 5는 피스톤에 각각 압축과 인장을 주었을 때 나타나는 일반적인 경향을 보여준다. 압축 시의 경향을 보여주는 Fig. 4는 이론값을 시뮬레이션 한 경향과 거의 흡사하다. 인장 시에는 이론값과는 전혀 다른 양상을 나타내는데 이는 압축 시에는 유체가 밀려 나오면서 많은 저항력을 발생시키지만 인장 시에는 유체가 밀려서 움직이는 것이 아니라 틈으로 흘러 내리는 거동을 하기 때문이다. 특히 힘이 급속도로 떨어지는 구간이 인장 시에만 발견되는데 이는 일정구간 진공이 발생하여 갑자기 힘이 떨어진다고 생각할 수 있다. 피스톤의 이심과 관련하여 결과는 Fig. 6에 나타내었다. 앞선 해석결과와는 상이하게 이심에 따른 힘의 차이가 거의 나타나지 않음을 확인할 수 있다.