

# 감압밸브로 제어되는 구조물 제진용 유체댐퍼의 감쇠력 특성

## Experimental Investigation for Damping Forces of Pressure Reducing Valve Installed Viscous Fluid Damper

박진영†·이완하\*·오 주\*·박건록\*

Jin-young Park, Wan-ha Lee, Ju Oh and Kun-nok Park

### 1. 서 론

본 연구에서는 감압밸브로 최대 감쇠력이 제어되는 건설 구조물용 유체 댐퍼의 감쇠특성을 시험을 통하여 분석하였다. 오리피스와 감압 밸브의 조합은 가력 속도의 제곱과 비례의 합성형으로 볼 수 있다. 이러한 조합은 기초 면진용으로 주로 사용되고 있다. 감압밸브로 제어되는 유체 댐퍼는 속도-감쇠력 그래프에서 이중선형 곡선의 변곡점 위치를 명확하게 부여할 수 있으며 오리피스만으로 감쇠력을 구현하는 경우보다 비교적 넓은 제작 오차 범위를 허용할 수 있으므로 제품의 신뢰수준 확보가 용이하다.

### 2. 본 론

#### 2.1 시험개요

##### (1) 시험체 설계 및 제작

감압밸브가 적용된 유체 댐퍼의 작동 원리는 그림 1에서와 같이 우회 유로에 설계 압력이 발생하면 밸브가 열리게 되며 반대방향 밸브는 체크밸브의 역할을 한다. 제작된 유체댐퍼의 단면은 그림 2와 같으며 홀(hole)형 오리피스와 온도변화에 따른 체적 보상을 위한 기구가 설치되어 있다. 가동 변위량은  $\pm 80\text{mm}$ 로 설계되었으나 본 논문에서는  $\pm 25\text{mm}$ 의 변위량에 대한 실험 결과를 분석하였다. 감압밸브의 작동 압력은 피스톤 헤드를 기준으로 양쪽 챔버의 압력차가 140bar 이상일 때 개방되도록 설계되었으며 이 때 500kN의 감쇠력이 발생하도록 제작되었다.

적용 유체는 일반 유압유가 사용되었으며 동점도는 71.2cSt (@40°C, ASTM D445)이며 점도지수는 98(ASTM D2270)로 제공되어 있다. 고점도의 점성유체를 적용하면 낮은 속도에서 높은 감쇠력을 얻을 수 있다. 또한 일반 유압유에 비하여 실리콘 계열유체는 점도지수가 2배

이상 높다. 따라서 유체댐퍼의 온도의존성을 낮출 수 있으므로 감쇠력 변화가 작은 유체 댐퍼의 제작이 가능하다.

##### (2) 시험 조건 및 변수

일정한 변위량에 대하여 속도와 주파수를 변수로 설정하여 시험을 수행하였으며 시험기의 가동 용량을 고려하여 최대 80mm/sec 이하에서 실험이 수행되었다. 실험실의 온도는 25°C로 항온 유지되었으며 시험체의 피스톤 헤드와 실린더 온도가 28°C 이하일 때 시험이 이루어지도록 하였다.

가력 속도에 따른 감쇠력 변화를 측정하기 위하여  $\pm 25\text{mm}$  변위에 대하여 10~80mm/sec로 시험이 수행되었으며 1cycle 이동거리가 100mm이므로 0.1~0.8Hz의 주파수로 대응할 수 있다. 각 세트에 대하여 11회 가력하였으며 첫번째 가력을 제외한 2회~11회까지의 감쇠력에 대하여 분석을 실시하였다.

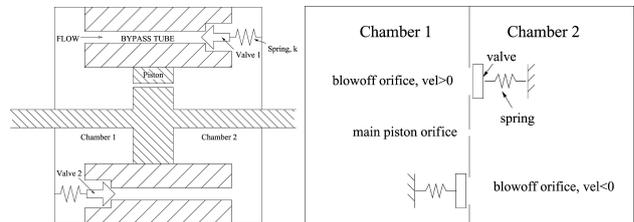


그림 1. Hole type orifice + 감압밸브의 개념도와 모델

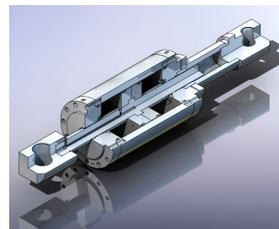


그림 2. 유체 댐퍼 개요도



그림 3. 실험 전경

시험장비는 2,000kN 피로시험기가 사용되었으며 가동 속도는 최대 100mm/sec로 시험이 가능한 장비이다. 내부 온도와 압력 계측을 위하여 별도의 데이터 로거가 사용되었으며 온도센서(K-type)는 피스톤 헤드와 실린더 표면에 설치하여 유체에 직접 접하도록 하였다. 유압계측은 HBM사의 PE300을 사용하였으며 실시간으로 유압을 기록하였다.

† 교신저자; 유니슨(주) 기술연구소  
E-mail : parkjy@unison.co.kr  
Tel : (041) 620-3433, Fax : (041) 552-7416

\* 유니슨(주) 기술연구소

표 3. 유체 댐퍼의 속도의존성 시험 결과(Stroke=±25mm)

Velocity (mm/sec)	Frequency (Hz)	내부온도 ( $\Delta_{temp}, ^\circ\text{C}$ )	Max.Force (kN)	Fluid pressure @Max. Force (bar)	Damping Force @3rd.cycle(kN)		
					Max.	Min.	Avg.
10	0.1	0.9	72.27	24.00	71.55	-69.08	70.31
20	0.2	2.2	170.65	58.26	168.34	-165.16	166.75
30	0.3	4.9	273.19	94.31	263.26	-255.29	259.28
40	0.4	6.5	355.47	122.60	345.91	-325.97	335.94
50	0.5	7.6	421.14	142.91	413.57	-388.18	400.88
60	0.6	8.2	459.72	155.75	449.17	-416.55	432.86
80	0.8	9.1	456.54	151.51	436.80	-413.79	425.29

## 2.2 시험결과

### (1) 속도의존성 시험 결과

그림 4는 전체 사이클에서 최대 감쇠력과 압력을 나타내고 있다. 50mm/sec(0.5Hz)에서 감압밸브가 작동되기 시작하는 것으로 관찰되며 60mm/sec이상의 속도에서 최대 155bar, 460kN이 측정되었으며 감쇠력과 압력 제어가 적절하게 이루어졌다.

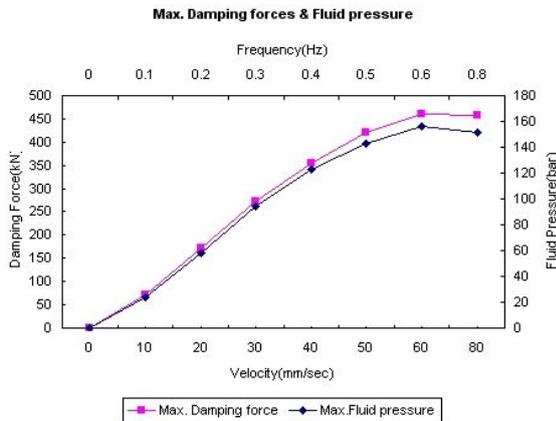


그림 4. 최대 감쇠력과 압력 측정결과

그림 5는 세번째 사이클의 감쇠거동을 속도에 따라 정리한 것이다. 체적보상기구의 영향으로 3~5mm의 하중슬립이 발생하였으나 보상기구 추가설계 및 유로 조정을 통하여 충분한 보완이 이루어질 것이다.

그림 6은 세번째 사이클의 감쇠력을 정리한 그래프이다. 최대 감쇠력은 433kN이며 첫번째 사이클에서 발생한 최대 감쇠력 456kN에서 5%의 감소율을 보였다. 낮은 속도에서는 감쇠력 저하가 적게 나타나는 것으로 분석되었으며 유체 온도상승에 따른 점도저하에 의하여 하중 감소가 발생하는 것으로 판단된다.

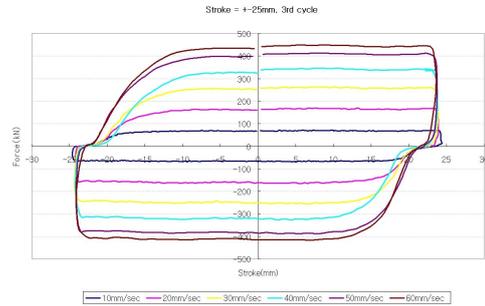


그림 5. 세번째 사이클의 속도별 감쇠 변화

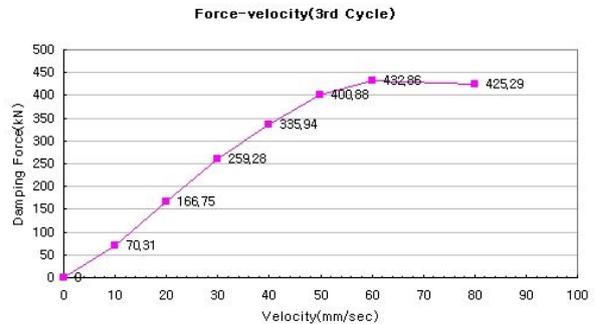


그림 6. 세번째 사이클의 속도별 감쇠력

## 3. 결론

본 연구에서는 감압밸브로 최대 감쇠력이 제어되는 건설 구조물 제진용 댐퍼에 대하여 속도의존성 시험을 수행하였다. 최대 감쇠력을 제어하기 위한 감압밸브의 개방압력은 60mm/sec에서 최대 155bar가 측정되었으며 감쇠력 제어를 명확히 관찰할 수 있었다.

체적보상기구의 영향으로 하중방향 변경 시에 슬립이 다소 발생하였으나 보상기구의 보완설계로 해결할 수 있을 것으로 판단된다.