

점성오일 댐퍼와 내진기능을 포함한 다방향 방진마운트 개발

Development of Multi Direction Vibration Isolator with Oil Damper and Seismic Protection

김창열† · 최재성* · 윤대진* · 최종철** · 김한준**

Chang-yeol Kim, Jae-sung Choi, Dae-jin Yun, Jong-chor Choi and Han-jun Kim

1. 서 론

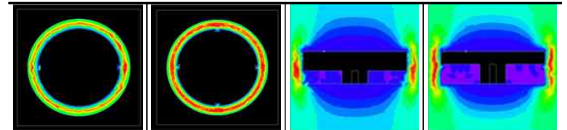
최근 국내에서 50층 이상 초고층 빌딩의 건설이 활발해지면서 지진 등과 같은 큰 외력에 대한 관심이 높아지고 있다 그러나 국내에는 건축물에 대한 내진 설계 기준은 정립되어 있으나 건축물에 설치되는 비구조 요소에 대한 설계기준은 미흡한 상황이다. 비구조요소의 중요성에 대한 일례로 Alaska 지진(1964) 당시 피해현장을 조사했던 조사관들이 작성한 보고서에 따르면 건축물이 비록 지진에 대해 파괴 및 손상되지 않아도 건축물에 설치되는 비구조요소의 파괴 및 손상으로 인해 많은 피해가 발생할 수 있는 것으로 보고되었다. 그러나 이러한 비구조 요소에 대한 내진설계의 중요성에도 불구하고 원자력분야 등 소수 분야를 제외하고는 대책이 미흡한 실정이다. 최근 국내에서도 비구조 요소의 내진설계에 관한 법률 제정 등 해외의 내진설계 선진국의 기술 및 법규를 바탕으로한 관련법규 제정에 관심이 높아지고 있다.

본 연구에서는 비구조 요소의 내진 설계를 위해 점성오일 댐퍼와 코일 스프링 댐퍼를 이용하여 방진 성능이 우수하고 다방향 충격진동을 감쇠시키며 내진성을 가지는 방진 마운트를 개발하였다.

2. 점성오일댐퍼 개발

2.1 점성오일댐퍼 해석

점성오일댐퍼를 개발하기 위해 성능을 결정짓는 주요인자인 피스톤형상을 다양하게 적용해 해석을 수행하고 간극 및 점도의 변화에 따른 거동 특성을 파악



(a) Variation of Piston Shape (b) Variation of Cap/Viscosity

Fig. 1 Analysis of Oil Damper

Equipment	Specimens	
		
UTM	Cylinder	Piston

Fig. 2 Experimental Performance of Oil Damper

하여 점성오일댐퍼의 설계를 진행하였다.(Fig.1)

2.2 점성오일댐퍼의 성능실험

점성오일댐퍼의 제원 및 작동 속도에 따른 거동 특성과 저장강성 및 감쇠비 예측을 위해 실험을 수행하였다.

점성오일댐퍼의 제원을 변경해 가며 실험한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. (Fig.2, 3)

- (1) 실린더와 피스톤의 간극이 작아질수록 저장강성 및 감쇠비는 증가함.
- (2) 피스톤 직경이 동일할 경우 피스톤 형상에 따라 저장강성 및 감쇠비가 변함.
- (3) 점도가 증가 할수록 저장강성 및 감쇠비 증가함.

3. 내진 요소 개발

3.1 설계식을 이용한 성능예측

국내 건축구조기준(KBC 2009) 중 비구조요소의 내진설계법과 건축전기설비내진설계 시공지침서(KEOG 9701-2009)를 토대로 설계식을 작성하고 개발품의 제원을 결정하여 설계하였다.(Fig.4)

† 교신저자; 정회원, 유노비스이엔씨(주) 기술연구소

E-mail : unseng@chol.com

Tel : (02)556-8466 , Fax : (02)556-8460

* 정회원, 유노비스이엔씨(주) 기술연구소

** 유노비스이엔씨(주)

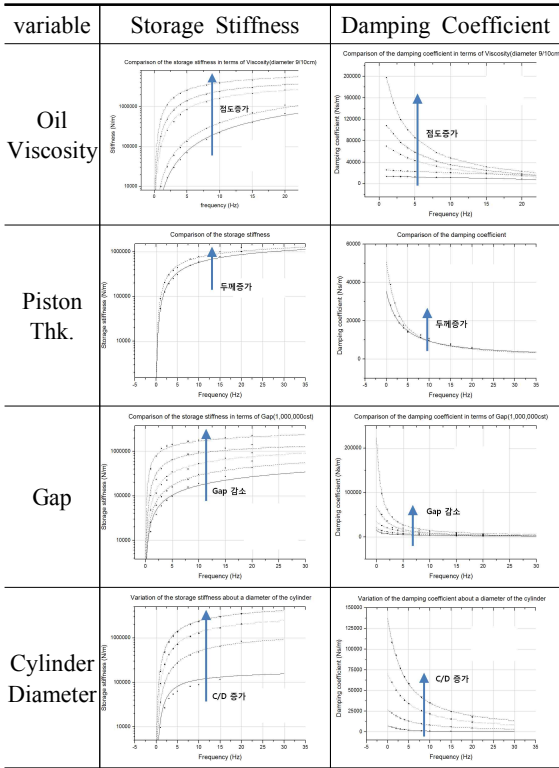


Fig. 3 Experimental Characteristic Curve of Viscous Damper

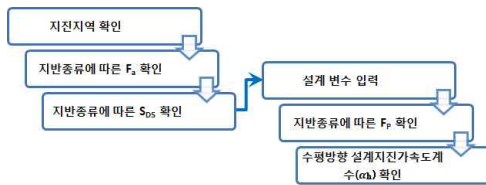


Fig. 4 Computation of Seismic Design Load

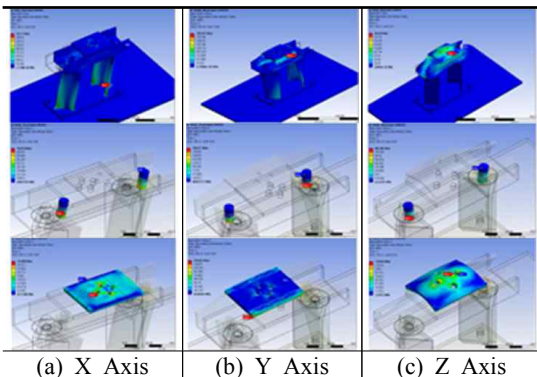


Fig. 5 Simulation of Seismic Loads

3.2 Simulation을 이용한 성능예측

내진성능을 평가하기 위하여 FEM 해석 기법을

이용하여 수평·수직하중에 대해 부재별 응력을 검토하였으며 모든 방향의 외력에 대해 검토를 수행하였다.(Fig. 5)

3.3 내진성능실험

1) 변위하중실험 (UTM)

Simulation 결과에 대한 검증과 제품의 내진성능의 신뢰도를 확보하고자 지진하중에 따른 부재별 응력을 실험하였으며(Fig. 6) 각 방향에 대한 외력에 대한 부재 강도를 파악하기 위해 3축을 모두 고려하였다.

각 축별 산정된 하중을 가하여 실험한 결과와 Simulation 결과를 비교 검토한 결과 유사한 결과를 나타냈다.(Fig. 7)

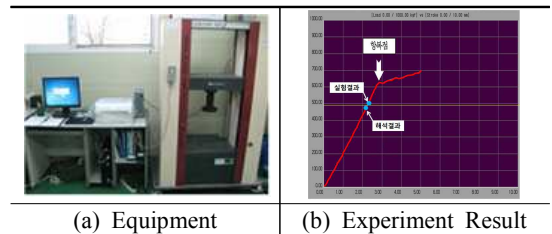


Fig. 6 Displacement Experiment of Horizontal Load

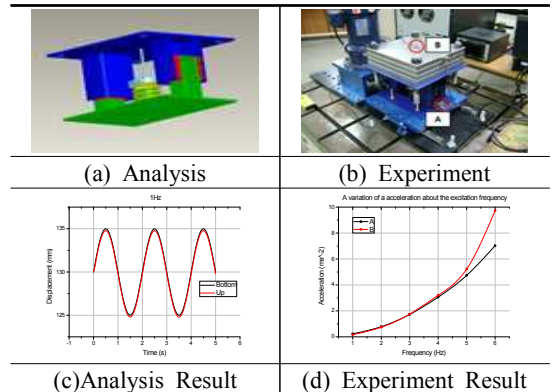


Fig. 7 Experimental of Horizontal Load on Shaking Table

2) Shaking Table 실험

Shaking Table을 이용하여 수평방향 외력 작용시 동적거동특성을 파악하였으며(Fig. 7) 실험시 국내 지진상황과 유사하도록 수평방향 가진 주파수를 설정하였다. 실험은 제품의 상하부의 가속도를 측정하여 전달률을 평가하였으며 다물체 동역학 해석을 수행하여 실험 결과와 비교하였다. 실험결과 수평방향 외력에 대한 동적 거동특성은 해석결과와 매우 유사한 것으로 나타났으며 해석기법을 이용한 내진요소 개발의 유의성을 확인하였다.

4. 조합형 방진마운트의 성능예측 및 실험

4.1 성능예측 및 실험

점성오일 댐퍼의 단독 성능 실험 결과를 실험적으로 검증하기 위하여 단자유도계 방진시 방진마운트의 성능시험을 실시하였다. 성능 실험 개략도는 Fig. 8과 같고 단자유도 시스템에 동일한 하중 분포를 갖도록 실험 샘플을 분포시킨 후 임팩트 해머로 가진하였다.

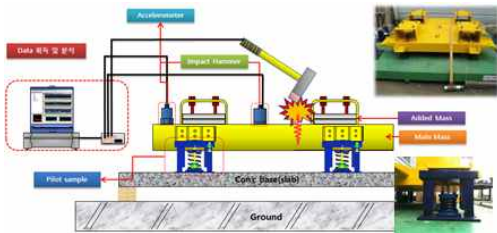


Fig. 8 Schematic of Test Equipments

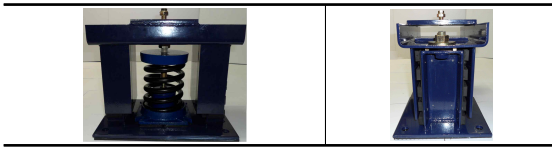


Fig. 9 Picture of Test Sample

조합형 방진마운트 성능 실험에 적용할 샘플의 성능 예측은 일자유도 운동방정식과 전달함수 계산식 인 식(1), (2)에 의해 구하였다.

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t) \quad (1)$$

$$\text{where } k = k_{\text{damper}} + k_{\text{spring}}$$

$$FRF = \frac{-\omega^2(k - m\omega^2 - c\omega i)}{(k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2} \quad (2)$$

아래와 같은 4가지 오일댐퍼의 제원에 따른 성능을 비교하기 위하여, 기본형을 포함한 실험조건에 부합하는 5가지 샘플을 제작하였다.

- 1) 오일댐퍼 적용 유무에 따른 성능
- 2) 피스톤과 실린더 간극 변화에 따른 성능
- 3) 피스톤 형상 변화에 따른 성능
- 4) 사용된 오일의 점도 변화에 따른 성능

4.2 실험결과 및 분석

Fig.10는 케이스별 조합형 방진마운트의 실험결과를 나타낸 것이다. (a)는 오일댐퍼의 단독실험결과에

다른 예측결과와 실험결과를 비교한 것으로 두 결과가 상당히 유사한 것으로 나타났다. (b), (c), (d), (e)는 오일댐퍼 제원변화에 따른 실험결과를 비교한 것이다. 조합형 방진마운트의 성능은 오일댐퍼의 제원 변화에 따른 동적거동특성이 다르게 나타났으며 전술한 오일댐퍼 단독실험 결론과 유사한 결과를 보이는 것으로 나타났다. 따라서 실험결과를 바탕으로 방진대상의 동적거동특성에 따른 조합형 방진마운트의 최적 설계가 가능할 것으로 판단되며 향후 다양한 오일댐퍼 단독실험으로 조합형 방진마운트의 성능을 예측할 수 있을 것으로 판단된다.

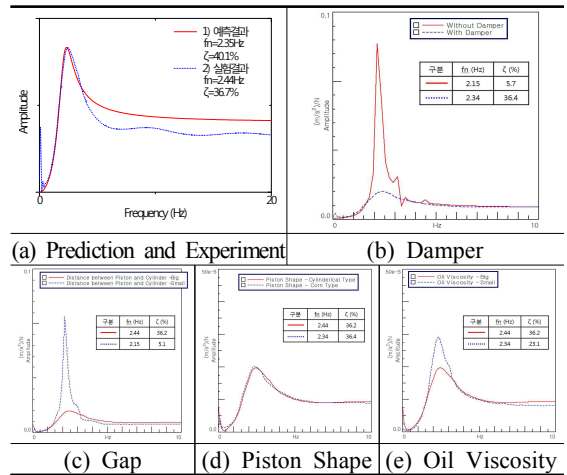


Fig. 10 Experimental Characteristic Curve of Hybrid Mount

5. 결론

본 논문에서는 비구조물의 내진 설계에 적용할 수 있는 방진마운트 개발에 있다. 개발결과, 낮은고유진동수를 유지하면서 감쇠비를 조절할 수 있으며 다방향 충격에도 우수한 효과를 갖고 내진성능이 포함된 일체형 방진마운트를 개발하였다.