

회전형 Friction Damper의 거동 특성 연구

배 춘 희*, 박 영 필**

Performance of Rotational Friction Dampers Under earthquake excitation

Chun-Hee Bae, Young Pil Park

Abstract

A study on the dynamic response of single-storey steel frames equipped with a rotational friction damper is presented. Extensive testing was carried out for assessing the friction pad material, damper unit performance and scaled model frame response to lateral harmonics excitation. Numerical simulations based on non-linear time history analysis were used to evaluate the seismic behaviour of steel frames with rotational frictional damper. It is demonstrated that using discrete friction dampers of proper parameters to link steel frame can reduce dynamic response significantly.

1. 개론

지진이 발생하면 대형구조물이 설치된 지반이 크게 움직여 구조물의 과도한 움직임이 발생하고, 심하게 되면 건물이 무너지게 된다. 이러한 이유 때문에 그동안 구조물의 내진 성능을 향상시키는 많은 수단들이 연구되고 개발되어 왔으며, 이러한 것들은 구조물의 강성증대, 진동 절연(면진), 그리고 건물에 진동에너지를 흡수할수 있는 장치를 부착하는 방법에 의해 지진진동시 구조물의 진동을 저감시켜왔다. 상기에서 언급된 방법 가운데 기존에 건축에서 가장 많이 사용하고 있는 구조물의 강성증대에 의한 진동저감과 진동에너지를 흡수하는 장치를 건물에 설치하는 수동제어 방법은 그것의 효과, 경제적 이유 및 양호한 내구성 때문에 광범위하게 사용되어 오고 있다. 이러

한 수동적 진동제어장치로는 Friction Damper, Bracing[1,2,3], Viscous Damper[4], visco-Elastic damper[5], Mass 댐퍼 및 동흡진기(Dynamic Absorber)등이 있다. 이러한 형태의 진동저감장치 가운데 발전소 대형 구조물 및 일반 대형 건축 철골구조물에 사용된 것이 Friction Damper, Bracing 및 점.탄성 댐퍼등 이고, 발전소 대형 구조물 및 대형 수직펌프등의 진동저감을 위해 사용되고 있는 것이 동흡진기(Dynamic Absorber)이며, 배관계등의 진동저감을 위해 사용하는 것이 Friction Damper 이다. 이외에도 대형 수직펌프나 구조물의 에너지를 능동적으로 흡수하기 위해 AMD(Active Mass Damper)등이 사용되어 오고 있다. 그러나 이러한 지진진동저감장치들은 진동에 대한 응답특성이 각각 달라 바람같은 풍력에 의한 미소진동에서부터 큰 가진력이 수반되는 지진진동저감에 까지 광범위하게 사용할수 있는 데는 많은 어려움 과 한계가 있다. 또

* 정회원 한전 전력연구원

** 정회원 연세대학교

한 AMD(Active Mass Damper)같은 능동진동제어방법은 안전성을 최우선으로 하는 발전소와 같은 대형구조물의 진동 제어에는 분명한 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 바람등의 미소진동에서부터 대형수직펌프 같은 정상상태의 진동을 포함하여 가진력이 매우 큰 지진 진동까지도 흡수할수 있는 Friction damper의 특성과 에너지 흡수효과등에 대하여 규명해 보고자 한다.

2. Frictional Damper Properties

2.1. 댐퍼 구성 및 원리

댐퍼는 Fig 1 과 같이 중앙에 있는 수직판, 2개의 측면판, 그리고 두개의 원형 마찰패드로 구성되어 있다. 중앙판은 일정크기의 높이를 가지며 힌지로 구조물의 중앙부에 있는 거더에 연결된다.

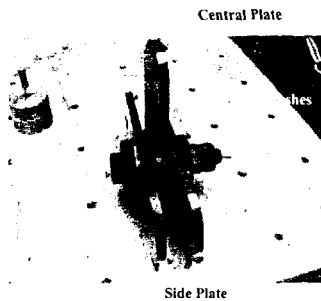


Fig 1 댐퍼 형상

두개의 측면판 끝은 댐퍼 중심으로부터 거리 r 에 있는 brace에 연결되어있고, bracing bar는 댐퍼와 구조물 기둥 양끝에 핀으로 연결되어있다. 여기서 사용된 두개의 측면판과 1개의 중심판은 마찰면적을 크게하고, 철판과 마찰패드면의 압축력을 조정하기 위하여 볼트를 사용한다. 또한 마찰력의 크기를 일정하게 유지시켜주기 위하여 여러개의 washers를 사용한다. 아래 Fig 2에서 구조물에 측면으로 힘이 작용할 때 거더는 수평방향으로 움직이려고 하는데, 이때 구조물에 작용하는 에너지는 bracing 시스템과 댐퍼에서 발생하는 마찰에 의해 소산되며 이

때 발생하는 마찰력이 구조물의 수평방향 움직임을 제한 하게 한다.

2.2. 실험장치 구성

마찰특성이 다른 여러재료를 가지고 댐퍼의 특성을 규명하기 위하여 실험을 하였으며 실험장치의 형상을 아래 그림과 같고 시험장치 구성은 아래와 같다.

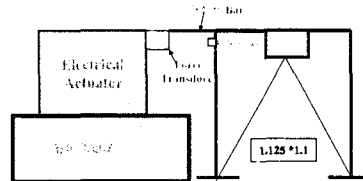


Fig 2 댐퍼 특성 시험장치

댐퍼시험을 위한 각 구성을 보면

- 1) 가진기 형식 및 Model: Electrical Actuator GW V350
- 2) Force-Transducer: B&K 8200
- 3) 가진전달용 Bar: 소형 Bar
- 4) 변위 측정: B&K 4391
- 5) 댐퍼: Mini Damper
- 6) 컬럼은 50×15mm, Beam은 90×50×5mm, 높이×폭 (1.125×1.1), 용접
- 7) 철골 구조물 설치 위치: Steel 정반

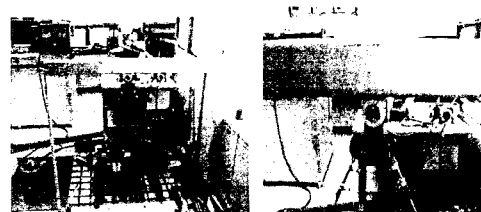


Fig 3 댐퍼 설치 형상

2.3. 시험방법 및 결과

전기식 가진기를 사용하여, 가진력 전달 Bar에 Sine파의 Harmonics Force를 주파수별로 가진하여 댐퍼의 특성을 파악하였다.

모든 parameter를 일정하게 한 상태에서 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0Hz로 가진하여 Fig 4~6 과 같이 구조물에 가해진 모우멘트와 회전각 크기에 따른 에너지 곡선을 얻었다. 구하여진 댐퍼 성능곡선을 살

해보면 그래프에 서 나타난 것과 같이 입력 에너지의 약 75~90%를 저감시켜 주는 것으로 나타났으며, 비교적 10Hz 이하인 저주파수 영역에서는 주파수에 독립적임을 확인하였다.

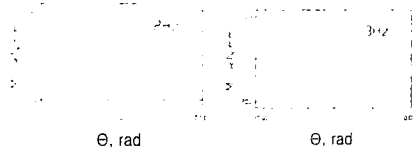


Fig 4 2, 3Hz에서의 에너지 곡선

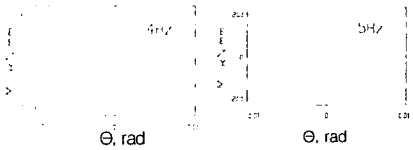


Fig 5 4,5Hz에서의 에너지 곡선

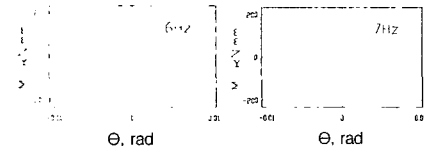


Fig 6 6, 7Hz에서의 에너지곡선

3. Numerical Simulation

3.1 해석 모델

해석에 사용된 축소형 건물은 부재를 봉으로 설계하였으며 각 층의 높이 50cm로 3개층과 25cm 2개층으로 이루어졌다. 그리고 가로와 세로의 길이는 아래의 3개층은 120cm×90cm, 위의 2개층은 90cm×90cm로 설계되었으며 형상은 Fig 7과 같다.

3. 2응답해석 결과

입력지진은 Table 1과 같은 지진 입력데이터를 이용, Matlab를 사용하여 수행하였다.

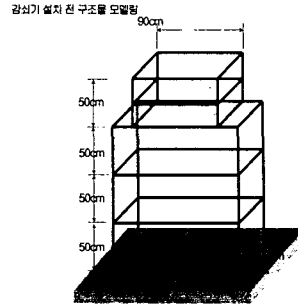


Fig 7 해석모델

해석결과 이 댐퍼 설치시 응답은 크게 개선되어 지진진동 저감효과가 97% 이상이며, 상세한 결과는 아래와 같다.

Floor Level	Displacement(cm)	
	No damper	with damper
1	2.31	0.05
2	4.22	0.09
3	5.43	0.13
4	5.72	0.71
5	5.78	0.85

Table 1 응답해석결과

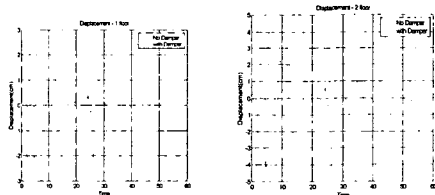


Fig 8 댐퍼 설치 전.후 1,2층 변위

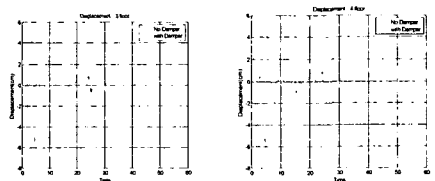


Fig 9 댐퍼 설치 전.후 3,4층 변위

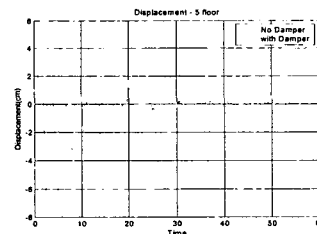


Fig 10 설치 전.후 5,6층 변위

4 가진 시험 결과

구조물에 설치된 댐퍼의 응답개선효과를 보기 위하여 Actuator(동하중: 3ton), 시스템 제어용 Console(0~100Hz), Exciting Table(1m×1.2m), 오일펌프로 구성된 유압 가진시스템을 사용하였다. 해석에 사용된 구조물을 실물로 제작, Fig 11과 같이 소형 댐퍼 6개를 설치하여 유압가진기에 설치한 후 응답개선효과 시험을 실시한결과 아래와 같이 85%의 응답개선효과를 얻었다.

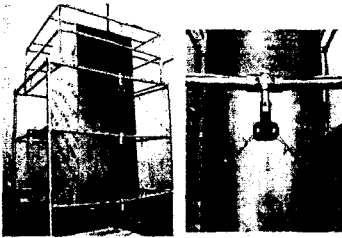


Fig 11 설치된 구조물

Floor Level	Displacement(cm)	
	No damper	with damper
1	2.3	0.46
2	4.2	0.756
3	5.4	0.81
4	5.7	0.82

Table 2 응답시험결과

5. 결 론

이상에서 얻어진 결과를 가지고 요약한 결론은 아래와 같다.

- (1) 회전형 Friction Damper는 damping 시스템이 적정하게 선정되면 구조물의 응답특성은 크게 개선된다.
- (2) 구조물에 진동 가진시 brace bar에는 압축력이 작용하지 않아 댐퍼의 회전이나 과도한 비틀림 현상이 발생하지 않는다.
- (3) Friction Damper에는 항시 인장력만 작용하므로 brace bar의 설치 비용이 크게 저감된다.
- (4) Friction Damper의 Hysteresis Curve는 주파수에 의존적인 점.탄성 댐퍼에 비하여 주파수에 관계없이 일정하다.

참고문헌

- (1) R. W. Henry, "Analysis of braced frame energy absorbers," Report No. 392, Department of civil engineering, University of Auckland, New Zealand, December, 1985
- (2) R. W. Henry, Braced Frame Energy Absorbers; A Test Programme, Department of civil Engineering, University of Auckland, New Zealand, December, 1986
- (3) R. G. Tyler, "Preliminary Tests on an Energy Absorbing Element for braced Structures Under Earthquake Loading" Bulletin of the New Zeland National Society for Earthquake Engineering, 16: 201~212, 1985
- (4) J, M, Kelly, "Base Isolation in Japan, 1988, "Report No. UCB/EERC-88/20, Earthquake Engineering Research Center, Univercity of California, Berkeley, December, 1988
- (5) D, Bergman and R. D. Hanson, "Characteristics of Viscoelastic Damping Devices," in proceeding of a Seminar and Workshop on Base Isolation and passive Energy Dissipation, ATC-17, p.231~240, Applied Technology Council, Palo Alto, California,1986
- (6) Imad H. Mualla, "Performance of steel frames with a new friction damper device under earthquake excitation", Engineering Structures, p.365~371, 2002.