

강재 스트립과 스프링의 혼합형 댐퍼

Hybrid Damper of Steel Strip and Spring

김동백* · 이인덕** · 이재원*** · 김종훈****

Kim, Dong-Baek · Lee, In-Duk · Lee, Jae-Won · Kim, Jong-Hoon

요약

구조물의 내진보강방법 중에서 가장 널리 이용되는 방법인 강재 이력형 감쇠장치는 수평하중에 대한 응력-변위 곡선을 이용하여 지진 에너지를 소산시키는 방법인데, 이 경우 편심하중 등에 의해서 부재가 면 외 방향으로 거동하여 응력-변위곡선이 불규칙하여 그 결과의 신뢰성이 떨어지는 경우가 있다. 이러한 현상을 방지하기 위해서는 별도의 채널(Channel)을 시공하는 불편함을 감수해야 하며, 또한 수평력이 반복적으로 작용할 때 그 효과를 장담할 수 없는 문제점이 있다. 본 연구에서는 강재 스트립과 스프링을 결합한 댐퍼를 고안하여 스프링은 탄성변형을, 강재 스트립은 소성변형을 받게 하는 혼합형 댐퍼를 개발하고자 한다. 여기서, 스프링은 복원력으로 작용하여 반복하중에 대한 저항성을 키우고 강재 스트립의 하중-변위 곡선을 규칙적으로 하는 역할을 수행하게 되며 에너지 소산량을 계산할 때 편리함과 정확도를 높이고자 한다. 강재 스트립의 폭과 길이는 일정하지 만 두께를 변화시켜서 5종류를 선택하였으며, 댐퍼 1개당 3개의 스트립을 정삼각형 형태로 배치하고 그 중심에 상당한 강성을 갖는 스프링을 갖는 형태로 제작하였다. 댐퍼 시험체는 5개를 제작한 후, 이 댐퍼를 구조물에 배치하였을 때의 지진에 대한 에너지 소산량과 부재력을 검토하여 댐퍼의 안전성(Safety)을 검증하고자 한다.

Keywords : 감쇠장치, 편심하중, 강재 스트립, 스프링, 혼합형 댐퍼, 에너지 소산량

1. 서론

본 연구에서는 강재 스트립과 스프링을 결합한 댐퍼를 고안하여 스프링은 탄성변형을, 강재 스트립은 소성변형을 받게 하는 혼합형 댐퍼(Hybrid Damper, HBD)를 개발하고자 한다. 여기서, 스프링은 복원력으로 작용하여 반복하중에 대한 저항성을 키우고 강재 스트립의 하중-변위 곡선을 규칙적으로 하는 역할을 수행하게 되며 에너지 소산량을 계산할 때 편리함과 정확도를 높이고자 한다. 강재 스트립의 폭과 길이는 일정하지만 두께를 변화시켜서 5종류를 선택하였으며, 댐퍼 1개당 3개의 스트립을 정삼각형 형태로 배치하고 그 중심에 상당한 강성을 갖는 스프링을 갖는 형태로 제작하였다. 본 연구에서는 제안한 탄성과 소성의 복합개념을 도입한 댐퍼(HBD)가 지진 발생 시 구조물의 안전성을 실험적, 해석적으로 검증하고자 하며 기존의 중-저층 철근 콘크리트 구조물의 경우에 대해서도 외부에 반력벽을 설치하여 제안한 댐퍼를 적용한 후 그 결과를 파악하여 현장적용 가능성을 검토하려는 데 그 목적이 있다.

2. 본론

생성된 지진하중 EQ1, EQ2, EQ3를 실험결과에서 가장 효율적이라고 판단된 스프링이 포함된 혼합형 댐퍼 시험체 (HBD-40)를 예제 구조물에 적용하여 동적거동 해석을 수행한 결과를 분석하면 다음과 같다.

스프링을 포함한 댐퍼(HBD-40 시험체)와 스프링이 없는 일반 댐퍼 시험체(NHBD-40)의 최대 층간상대변위(응답변위) 비를 검토하면 1층은 47.6%, 2층은 63.1%, 3층은 72.7% 수준이고, 최대 층간상대변위(응답변위) 비의 감소율은 1층이 가장 크고 위층으로 갈수록 감소율은 다소 줄어드는 경향을 보이며, 평균 전단력의 비를 검토하면 1층은 62.76%, 2층은 36.9%, 3층은 30.6% 수준이고, 3층의 감소율이 가장 크고 아래층으로 갈수록 감소율은 다소 줄어드는 경향을 보인다. 또한, 각층의 지진하중에 대한 안전성을 검토하는 데는 각층의 전단력과 층간 상대변위의 관계가 매우 중요하다. 그러한 측면에서 볼 때 지진하중

* 정회원 · 한경대학교 건설환경공학부 명예교수 dbkim@hknu.ac.kr

** 정회원 · 한경대학교 건설환경공학부 강사 lid555@naver.com

*** 정회원 · 한경대학교 건설환경공학부 박사과정 jae1638@hanmail.net

**** 정회원 · 한경대학교 건설환경공학부 박사과정 pr0001@korea.kr

EQ1, EQ2, EQ3 각각의 경우 층별 Node4, Node5, Node6에 대한 하중-상대변위 그래프 9개 중에서 대각선 방향의 3개가 매우 의미가 있다고 할 수 있다(표 1.).

표 1. HBD시험체와 NHDB시험체의 동적해석 결과표

입력지진	해석 모델	1층		2층		3층		시험체	
		최대층간상대 변위(mm)	최대전단력 (kN)	최대층간상대 변위(mm)	최대전단력 (kN)	최대층간상대 변위(mm)	최대전단력 (kN)	최대변위 (mm)	최대전단력 (kN)
EQ1	HBD-40	1.98	4,200	3.17	2,945	3.29	1,019	11.39	4,200
	NHBD-40	4.3	6,673	4.94	7,043	4.43	3,536		
	HB/NH	46.0%	62.9%	64.2%	41.8%	74.3%	28.8%		
EQ2	HBD-40	1.97	3,894	3.1	2,019	3.31	508	9.49	4,200
	NHBD-40	4.23	7,024	5.24	5,736	4.77	3549		
	HB/NH	46.6%	55.4%	59.2%	35.2%	69.4%	14.3%		
EQ3	HBD-40	1.97	3,985	3.17	1,347	3.33	1,389	11.13	4,200
	NHBD-40	3.92	5,563	4.78	4,347	4.45	2,430		
	HB/NH	50.3%	71.6%	66.3%	31.0%	74.8%	57.2%		
각층3개의 평균	HBD-40	1.97	4,026.3	3.15	2,103.7	3.31	972.0	10.67	4,200
	NHBD-40	4.15	6420.0	4.99	5708.7	4.55	3171.7		
	HB/NH	47.6%	62.7%	63.1%	36.9%	72.7%	30.6%		
3개의입력 중 최대값	HBD-40	1.98	4,200	3.17	2,945	3.33	1,389	11.39	4200
	NHBD-40	4.30	7,024	5.24	7043	4.77	3,549		
	HB/NH	46.0%	59.8%	60.5%	41.8%	69.8%	39.1%		

3. 결론

스프링의 편심제어 효과는 분명히 존재하고 편심제어 효과 여부는 스프링력/댐퍼좌굴하중의 비와 매우 밀접한 관계가 있으며 스프링의 탄성력과 강재 Strip의 좌굴하중이 적절히 배합되면 효과적인 탄소성 댐퍼(Elasto-Plastic Damper)가 구성된다고 판단된다. 또한, 시험체별 실험결과를 검토한 결과 스프링력/댐퍼좌굴하중의 비가 작으면 편심하중으로 인하여 하중-변위 이력 곡선이 불규칙적으로 나타남으로 에너지 소산량을 구하기 어려우며, HBD 시험체의 이론적 검토 결과, 주기는 T=0.3sec에서 T=0.514sec 로 줄었으므로 감쇠효과는 확연히 존재하고 내진 안전성은 확보되었다고 판단된다.

감사의 글

한상환, 김지영, 문기훈, 이창석, 김형준, 이강석 (2014), 토글 가새-고집적 마찰댐퍼를 설치한 철근콘크리트 모멘트 골조의 성능 평가, 한국지진공학회논문집, 18권, 3호, pp.133~140.

허무원, 이상현, 천영수 (2015), CBD 시스템으로 보강된 비내진 RC 골조의 내진성능 평가, 콘크리트학회논문집, 27권, 6호, pp.625~632.

이준호, 최영후, Asad Naeem, 김진구 (2015), 복합 슬릿-마찰 감쇠장치의 성능 실험, 한국지진공학회2015년도학술발표회논문집, pp.155~156.