

스터드 타입 강재 슬릿 댐퍼 시스템으로 보강된 구조물의 내진성능

김영주¹ · 최광용² · 박해용³ · 김진우^{4*}

¹대표이사, 한국건축구조연구원, ²연구소장, 한국건축구조연구원,
³조교수, 한밭대학교 건축공학과, ⁴책임연구원, 한국건설생활환경시험연구원, 내진센터

Seismic Performance of Structures Retrofitted with Stud-Type Steel Slit Damper System

Kim, Young Ju¹, Choi, Kwang Yong², Park, Hae Yong³, Kim, Jin Woo^{4*}

¹CEO, Korea Institute of Structural Engineering & Consulting, Busan, 46241, Korea

²Director of Research, Korea Institute of Structural Engineering & Consulting, Busan, 46241, Korea

³Assistant Professor, Dept. of Architectural Engineering, Hanbat National University, Daejeon, 34158, Korea

⁴Senior Researcher, Seismic Safety Center, Korea Conformity Laboratories, Cheongju, 28115, Korea

Abstract - In this study, a stud-type steel damper system using buckling-restrained slit panel damper was proposed and developed to address the disadvantages of conventional seismic retrofit systems so that it can be effectively applied to existing reinforced concrete (RC) buildings. A full-scale two-story frame designed from existing RC buildings with non-seismic details was subjected to pseudo-dynamic testing. When applied the damper system to the existing RC frame, the seismic retrofitting performance was evaluated and verified. As a result of the test, the RC frame reinforced with a damper showed stable behavior even when the PGA of El-Centro seismic waves was at the level of 600 gal(cm/s^2) due to large energy dissipation of steel damper. These results confirmed the effectiveness of the seismic retrofitting method using the damper system proposed in this study.

Keywords - Stud-type damper system, RC structures, Steel damper, Seismic retrofit, Pseudo-dynamic testing

1. 서론

경주지진(2016년)과 포항지진(2017년)에서는 시설물의 지진피해^[1]가 발생하여, 다양한 내진보강공법^[2]이 등장하는 계기가 되었다. 국내의 노후된 철근콘크리트 건물을 내진보강하는 방법 중 강도/강성 보강공법이 보편적으로 적용되고 있으며, 대표적으로 철근콘크리트 전단벽, 철골가새공법 등이 있다(이하 ‘강성/강도 증가형 공법’). 이러한 공법은 구조물의 강성 및 강도의 증가에 의해 구조물에 발생하는 변위를 감소시

키는 장점이 있는 반면, 강도/강성의 증가에 의해서 기초 및 지반으로 전달되는 작용력도 증가하므로 기초(파일)보강이 동반된다. 이는 공사비 및 공사기간 증가 등의 단점을 초래할 수 있다. 또한 강성 증가에 의해서 구조물에 발생하는 가속도도 상승하여 외장재 등의 비구조부재의 피해도 발생할 가능성이 있다.

이러한 강성/강도 증가형 공법의 문제점을 해결하는 방안으로 댐퍼를 활용한 제진시스템^{[3],[4]}이 있다. 구조물에 댐퍼를 적용하면 댐퍼의 에너지소산에 의한 구조물의 응답 감소로 인해 지반으로 전달되는 작용력이 분산되어 기초보강의 생략 등 보다 경제적인 공사를 기대할 수 있다.

본 연구에서는 기존 내진보강 공법의 단점을 극복하기 위해 스테드 타입으로 지지되며 댐퍼의 면외방향 변형을 구속하는 댐퍼 시스템(이하 ‘스터드 타입 강재 댐퍼 시스템’)을 제안하고 구조실험을 통해 내진보강 효과를 검증하고자 한다. 이를 위해 철근콘크리트 2층

Note.-Discussion open until June 30, 2024. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on November 08, 2023; revised on November 22, 2023; approved on November 22, 2023.

Copyright © 2023 by Korean Society of Steel Construction

*Corresponding author.

Tel. +82-43-210-8961 Fax. +82-43-210-8919

E-mail. kimjinwoo@kcl.re.kr

골조를 제작하고 댐퍼 시스템의 적용 유무를 변수로 유사동적실험을 수행하였으며, 두 실험결과를 비교분석하였다.

2. 스투드 타입 강제 댐퍼 시스템

2.1 댐퍼 시스템 개요

강제 댐퍼 시스템은 댐퍼가 항복하는 형식에 따라서 축항복형과 전단항복형으로 구분되며, 댐퍼를 구성하는 강재가 축항복과 전단항복을 통해 소성변형을 반복함으로써 지진에너지를 소산하고 주요 구조부재인 기둥, 보 등의 손상을 감소시킨다. 축항복형 댐퍼 시스템은 댐퍼의 부재 축방향 변형거동에 의해 지진에너지를 소산하고, 좌굴방지를 위해 가새의 외측을 강관과 모르타르 등을 이용하여 구속시키는 시스템이다. 전단항복형 댐퍼 시스템은 댐퍼를 지지하는 부재의 형식에 따라 가새타입(bracing type), 벽 스투드 타입(wall stud type), 기둥 스투드 타입(column stud type) 등이 있으며, 강제 댐퍼의 전단소성변형을 통해 지진에너지를 소산한다^[5].

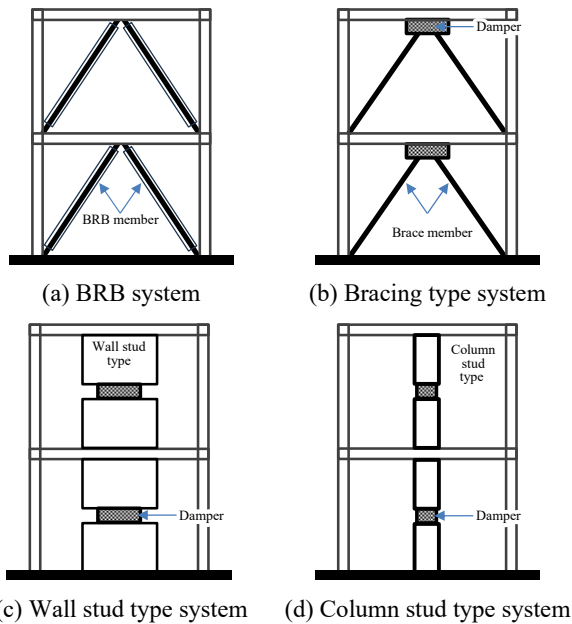


Fig. 1. Geometric scheme of damper installation

기둥 스투드 타입 댐퍼 시스템은 층고의 중앙에 배치되는 댐퍼와 이를 지지하는 기둥(간주)을 상·하의 보에

접합하여, 지진 시에는 보에서 기둥을 통해 댐퍼에 전단력이 작용하며, 이에 따라 댐퍼가 전단항복 후 소성 변형하는 메커니즘을 갖는다. 이 댐퍼 시스템은 다른 시스템과 비교하여 평면계획의 자유도가 높아 시각적·공간적 융통성이 큰 공간 절약형 댐퍼 시스템(space-saving damper system)이며, 본 연구에서는 이 시스템을 활용한다.

2.2 면외방향 구속 슬릿 패널 댐퍼

강재를 이용한 댐퍼는 지진 시 강재가 항복한 후 소성변형을 반복하는 것으로 지진에너지를 소산한다. 강제 슬릿 댐퍼는 초기 강성 및 강도에 대해 비교적 명확한 예측이 가능하고, 제작 및 시공의 편의성을 갖추고 있으므로 제진구조의 에너지소산부재로 널리 활용되고 있다. 그러나 대변형 또는 반복적인 소성거동에서 발생하는 댐퍼의 면외변형은 보유강도와 강성저하를 초래하여 댐퍼의 기대성능을 만족하지 못하는 경우가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 강제 슬릿 댐퍼의 면외변형을 물리적으로 억제할 수 있는 구속패널을 가진 비좌굴 슬릿 패널 댐퍼^[6]를 활용하였다.

면외방향 구속 패널 댐퍼 상세는 Fig. 2와 같으며, 슬릿 댐퍼, 면외변형 구속패널 및 끼움판으로 구성된다. 면외변형 구속 패널은 슬릿 댐퍼의 외면 상하좌우 4개소에 설치되며 슬릿 댐퍼의 경간 중앙 일부를 제외한 길이에 대해서 면외방향으로 구속하여 면외좌굴을 방지함으로써 변형성능을 향상시킨다.

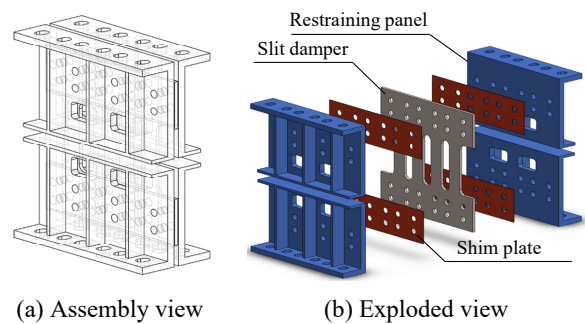


Fig. 2. Buckling-restrained slit panel damper

슬릿 댐퍼는 반복되는 지진하중에 대해서 스트럿이 탄소성변형한다. 스트럿의 형상비에 따라서 휨 및 전단 거동을 하며 슬릿 댐퍼의 항복강도에(Q_y) 관한 설계 산정식은 아래와 같다.

$$Q_y = \left[\frac{\sigma_y t b^2}{2h_c}, \frac{2\sigma_y t b}{3\sqrt{3}} \right]_{\min} \quad (1)$$

여기서, σ_y 는 항복강도, t 는 슬릿 플레이트의 두께, b 는 댐퍼 스트럿의 폭, h_c 는 댐퍼의 유효높이를 나타낸다. 댐퍼 스트럿의 이상화 모델은 Fig. 3에 나타났다.

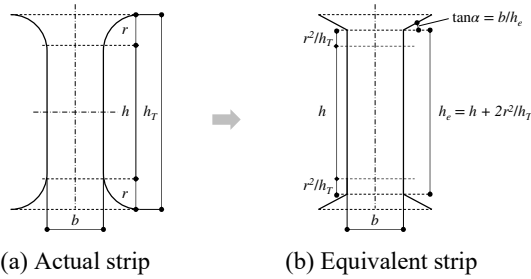


Fig. 3. Idealization of damper strut

3. 실험 프로그램

3.1 실험체 개요

스터드 타입 강제 댐퍼 시스템의 구조성능을 파악하기 위해서 Fig. 4와 같이 2개의 철근콘크리트 2층 골조 실험체를 계획하였다. 실험체는 댐퍼 시스템으로 보강된 실험체(ISDS)와 무보강 실험체(NRF)로 2개가 계획되었다. Table 1에 실험체 일람을 나타냈다.

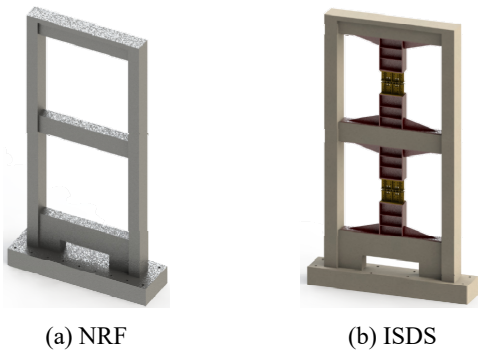


Fig. 4. Schematic 3D view of specimens

Table 1. Specimen list

Specimen name	Retrofit	El-Centro(NS) earthquake PGA level (gal)
NFR	None	200/300
ISDS	Stud type damper system	200/300/400/600

실험체는 1980년도 교사 표준설계도에 따라 지어진 골조를 대상으로 하며, 이에 대해 구조실험을 수행하였다. 대상 교사의 골조는 경간이 4,500 mm, 층고가 3,300 mm이지만 실험체의 제작 및 이동 상의 제한 때문에 실제 실험체의 경간은 3,550 mm(베이스 너비는 4,350 mm), 층고는 각각 2,950 mm(1F), 2,900 mm(2F)로, 총 높이는 7,300 mm, 넓이는 3,550 mm로 일부 축소된 규모로 계획되었다. 시험체 설계에 적용된 콘크리트의 기준강도는 24 MPa이며, 철근은 SD400이다.

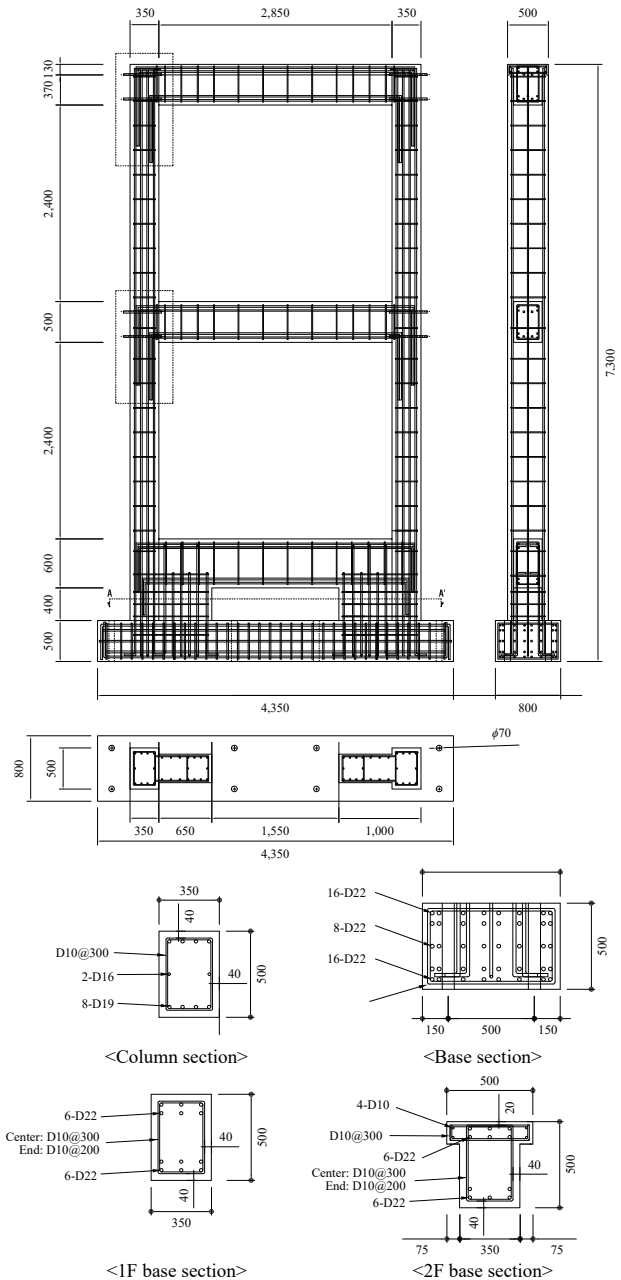


Fig. 5. NRF specimen (Unit: mm)

ISDS 실험체는 Fig. 6와 같이 골조 내부에 스테드 타입 댐퍼 시스템이 끼움으로 설치되며 댐퍼요소를 중심으로 상·하부에 스테드 부재가 배치된다. 실험체에 설치된 슬릿 댐퍼의 설계 항복내력은 약 70 kN이다. 댐퍼 상·하부에 위치한 스테드 부재에 대해, 이전 연구^[7]는 댐퍼가 최대하중에 도달할 때까지 스테드 부재는 탄성상태에 유지하는 조건으로 댐퍼요소에 대한 스테드 부재의 강성비가 약 20 이상임을 제시하였다. 이에 따라 본 연구에서는 댐퍼요소에 대한 스테드 부재의 강성비를 약 32.7로 설계하였으며, 결과적으로 BH-650×300×20×25인 부재를 적용하였다. 이 스테드 부재는 상·하부 보부재에 평면 브래킷 타입으로 앵커 접합으로 접합되며, 평면 브래킷의 강도를 증가시키기 위하여 직각삼각형 타입의 수직스티프너(20 mm)를 보강하였다. 앵커의 설계는 콘크리트구조 설계기준 및 해설^[8]을 참조하였다.

3.2 실험방법

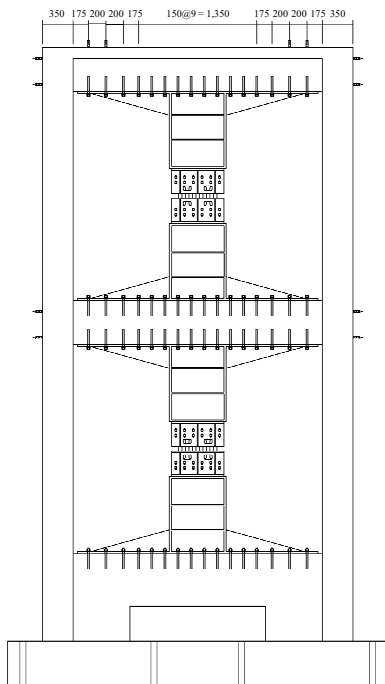
3.2.1 유사동적실험

본 실험에서 시행한 유사동적실험 시스템의 개요 및 개념을 Fig. 7(a)에 나타냈는데, 제어용 컴퓨터에 의한

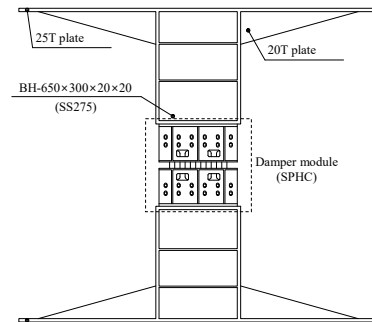
입력지진동에 따른 수치계산 부분과 실험체의 가력 실험 부분으로부터 구성된다. 제어용 컴퓨터에 의한 수치계산 부분은 pseudo-dynamic testing program을 이용하였으며, 가력실험 부분에서 변위계(LVDT)에 의하여 계측된 변형에 대한 실험체의 복원력, 입력 지진 가속도 및 현 스텝의 응답량에 근거해 수치적분을 이용하여 운동방정식을 계산하도록 하였다. 운동방정식의 수치적분에는 α -method^[9]를 이용하였으며, 실험체의 특성에 대하여 설정된 해석모델, 즉 감쇠계수·질량 등에 근거하여 다음 스텝의 응답변형을 산정하였고, 이상의 조작을 반복하였다.

3.2.2 입력지진파

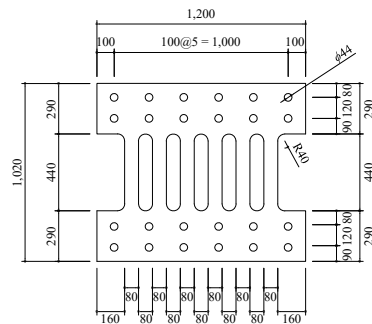
Fig. 7(b)에 입력지진파(EI-Centro[NS] 지진파)의 응답스펙트럼과 건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00, 이하 ‘KDS 기준’)^[10]에서 규정하는 응답스펙트럼(지진 구역 1, S4 지반 가정)을 비교하여 나타냈다. EI-Centro (NS) 지진파에 대해 최대지반가속도(PGA)를 기준으로 300 gal(cm/sec²) 수준을 KDS의 최대고려지진(MCE, maximum considered earthquake) 레벨로, PGA 200 gal 수준을 KDS의 설계수준지진(DBE, design based earthquake) 레벨로 상정하였으며, 최대지반가속도(PGA)를



(a) Damper system installed inside the RC frame



(b) Damper system



(c) Slit plate damper element (14 mm plate)

Fig. 6. ISDS specimen (Unit: mm)

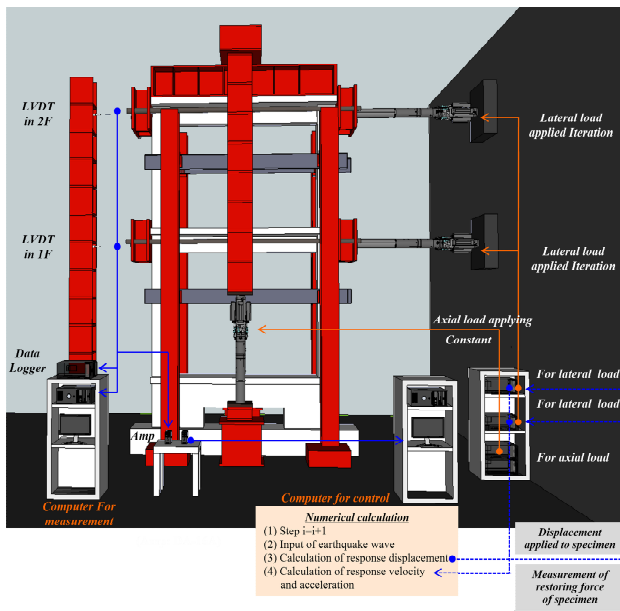
기준으로 하여 200 gal(cm/sec²)부터 600 gal까지 가속도를 증가시키면서 가력하였고, 실험체가 파괴상황에 도달했을 때 실험을 종료하였다.

3.2.3 실험체 셋업 및 재료실험결과

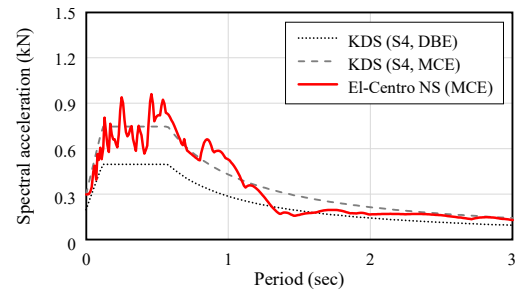
Fig. 8은 실험체의 테스트 셋업을 나타낸다. 가력은 수평용 응답변형을 2,000 kN 유압식 가력기(actuator)에 의하여 실험체에 강제하며, 일정 축력은 1,000 kN

유압식 가력기 2대로 가력하였다. 변위계(LVDT)는 각 층별 변위와 댐퍼의 변위 등을 측정하기 위해 각 실험체별로 배치하였고, 변형도 게이지도 골조 내부의 철근과 댐퍼에 설치하여 변형도 분포를 계측하도록 계획하였다.

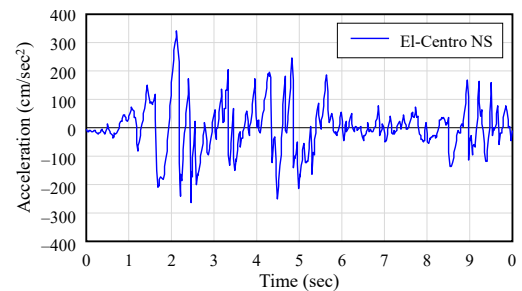
Tables 2-3는 실험체에 사용된 재료에 관한 시험결과를 요약하여 나타낸 것이다. 콘크리트는 28일 강도를 기준으로 기준강도인 24 MPa을 모두 만족하였다.



(a) Illustration of the pseudo-dynamic testing system^[4]



(b) Acceleration response spectrum



(c) Ground motion (pseudo-dynamic test)

Fig. 7. Method of the pseudo-dynamic test of specimen



Fig. 8. Test setup (ISDS specimen)

콘크리트 골조에 배근된 철근과 보강체 제작에 사용된 강판의 재료시험결과도 공칭강도 및 성능을 각각 만족하는 결과를 보였다. 댐퍼에 사용된 강재는 일반압연 연강급 강판(SPHC; KS D 3501 준용)이다.

Table 2. Material properties (concrete)

Pour date	Compressive stress (MPa)
2022, Nov. 16	24.40
2022, Nov. 18	24.14
2022, Nov. 21	25.15
2022, Nov. 23	26.55
2022, Nov. 26	27.22
2022, Nov. 29	28.50

*Criterion of compressive stress of concrete: 24 MPa

Table 3. Material properties (steel)

Material	Yield stress (MPa)	Tensile stress (MPa)	Elongation (%)	Yield ratio	
Steel bar (SD400)	D10	484	610	14.2	0.79
	D16	441	618	15.3	0.71
	D19	493	645	16.2	0.76
	D22	575	722	16.1	0.80
Steel plate	SS275-6t	304	446	26.7	0.68
	SS275-12t	283	441	30.5	0.64
	SS275-20t	324	507	33.2	0.64
	SS275-25t	290	441	27.3	0.66
	SPHC-12t	286	355	31.7	0.81

3.3 실험결과

3.3.1 하중-변위관계 및 파괴상황

Fig. 9은 실험체의 밀면 전단력-지붕층 변위 관계 곡선을 가속도 레벨별로 나타낸 것이다. 댐퍼 시스템으로 보강된 실험체(ISDS)는 무보강 실험체(NFR)에 비해 같은 가속도 레벨에서 강성이 매우 증가하였으나, 응답 변위는 상대적으로 감소한 결과를 나타냈다. Fig. 9(b) 그래프에 나타낸 최상층 변위는 NFR 실험체의 300 gal 레벨에서의 최대변위가 ISDS 실험체의 600 gal 레벨에서의 변위와 거의 유사한 것을 알 수 있다. 즉, ISDS 실험체는 NFR 시험체와 비교하여 변위응답이 감소하

였으며, 이로 인해 골조의 손상이 많이 감소하였다. 또한 Fig. 10에 나타낸 시간에 따른 골조 1층의 응답변위를 비교해도 이와 유사한 결과를 관찰할 수 있다.

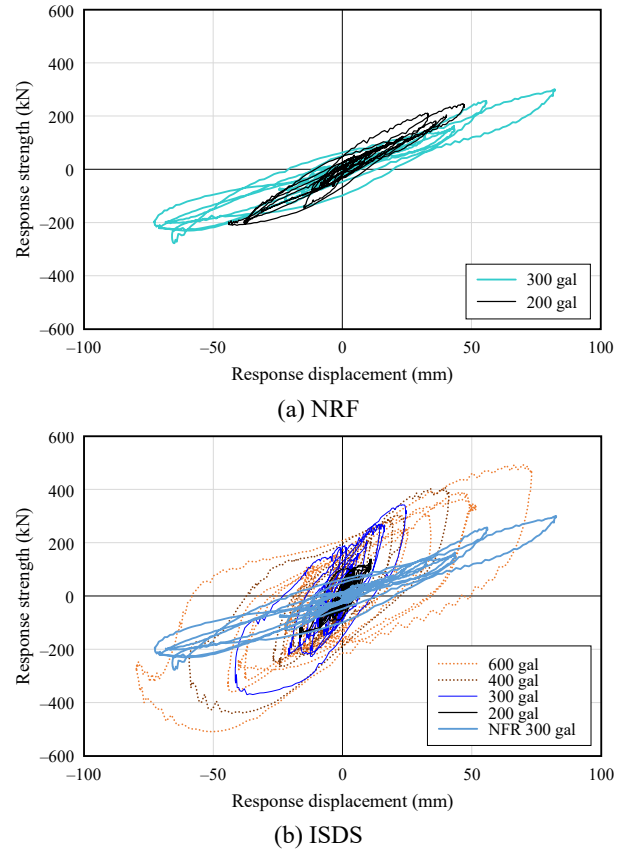


Fig. 9. Response strength-displacement curves

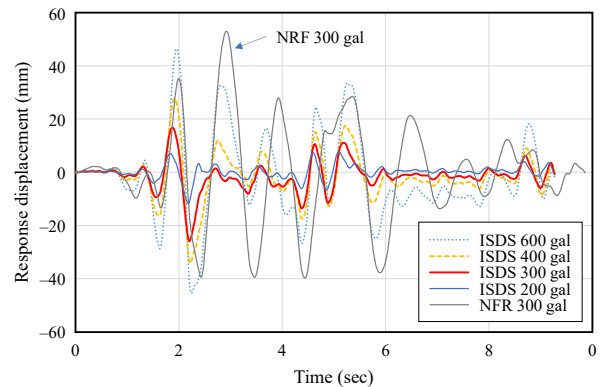


Fig. 10. Comparison of response displacements (1st floor)

Fig. 11은 실험체별 파괴 상황을 나타낸 것으로, 골조의 균열은 실험 종료 후의 사진이다. 무보강 실험체의 경우 200 gal 지진 레벨에서부터 1·2층 기둥-보 접합부 부근을 중심으로 큰 균열이 관찰되었으나, 보강

된 실험체는 400 gal, 600 gal 지진 레벨에 도달해서 철근콘크리트 골조의 균열이 증가하였다. Fig. 12는 상·하 스택드 사이에 설치된 댐퍼는 골조의 변형과 비례하여 거동하는 것을 확인할 수 있었으며, 실험 종료 후 면외변형 구속패널을 제거하고 관찰한 결과 댐퍼의 손상이 발견되지 않았다(댐퍼의 최대변위: 약 40 mm).

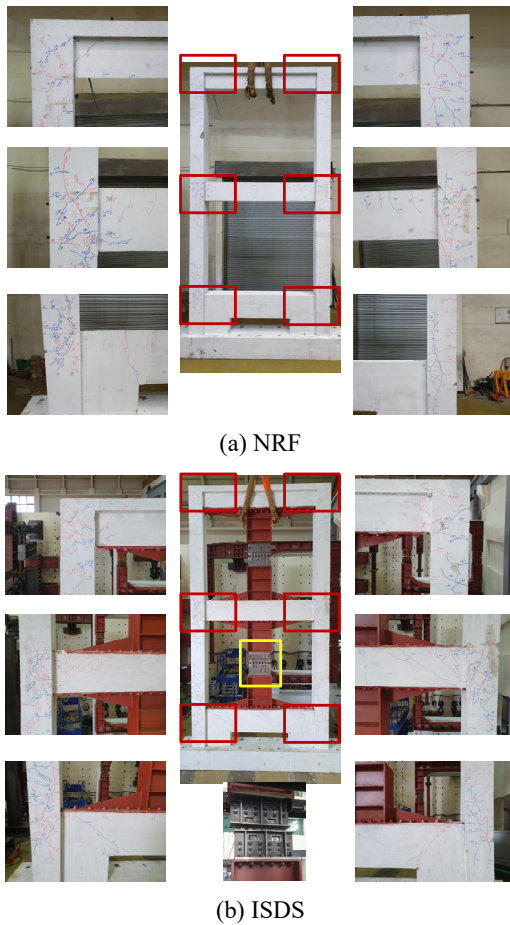


Fig. 11. Cracks of test specimens

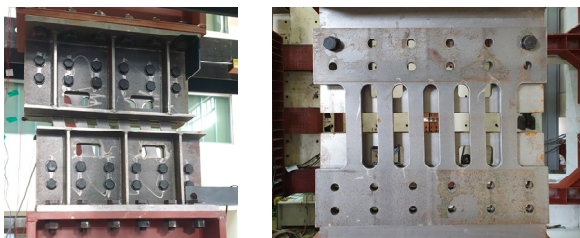


Fig. 12. Failure mode of damper after test

3.3.2 댐퍼의 거동(ISDS 실험체)

Fig. 13은 1·2층 댐퍼의 하중-변위 관계를 가속도 레벨별로 나타낸 그래프이다. 1층의 댐퍼는 2층의 경우

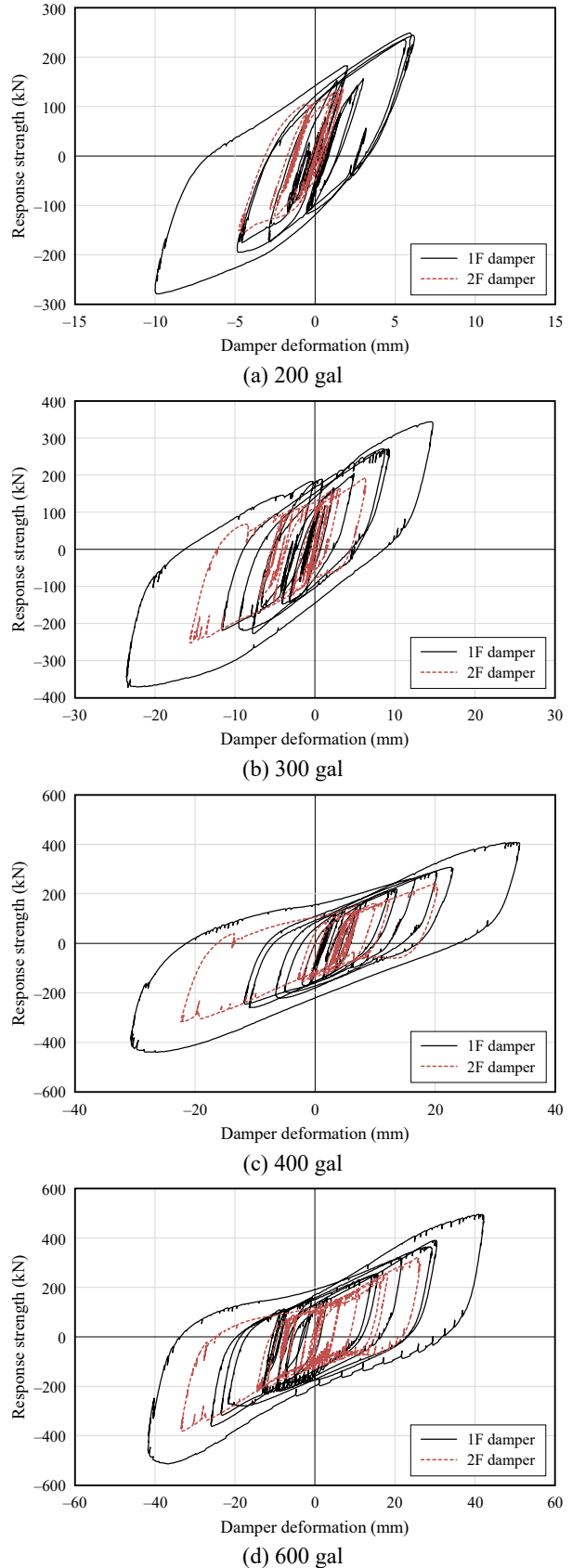


Fig. 13. Response curves of dampers

와 비교하여 약 2배의 최대변위가 발생하였으며 가속도 레벨이 증가할수록 댐퍼는 더욱 안정된 이력곡선을 나타냈다. 최대 600 gal의 지진 레벨에서도 내력저하 없이 지진에너지가 소산되고 있음을 보여주고 있다.

Fig. 14은 El-Centro 지진파 300 gal 레벨 하에서 1층의 시험체 전체변형과 댐퍼의 변형을 이력곡선의 형태로 도시한 그래프이다. 골조와 댐퍼의 변위 차이가 약 2 mm였으며, 이 결과는 골조 내 설치된 댐퍼가 골조의 변형을 거의 수용하고 있음을 보여주는데, 이는 댐퍼의 거동이 에너지소산 측면에서 효율적임을 나타낸다.

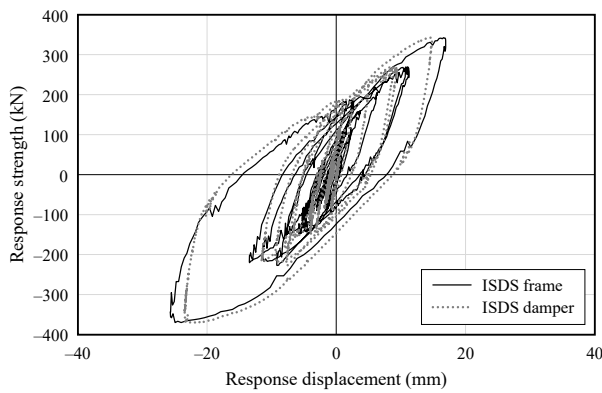
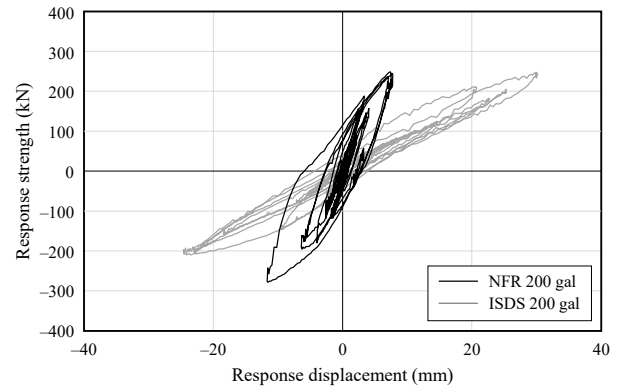


Fig. 14. Comparison of response curves between frame and damper at 300 gal earthquake level (1st floor)

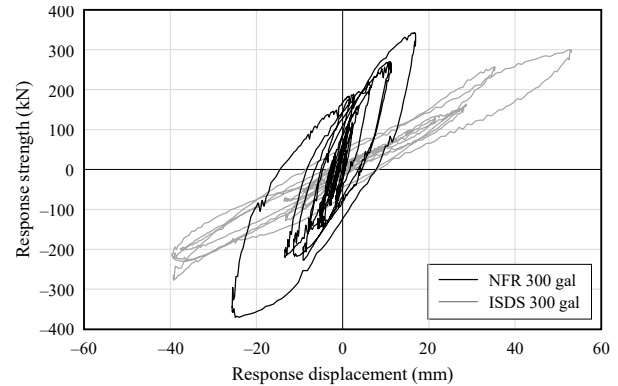
3.3.3 층간변형각 검토

Table 4는 Fig. 15 그래프의 내력과 층간변위를 요약하여 나타낸 것이다. 앞에서 설명한 바와 같이, 국내 기준에 대해서 El-Centro PGA 300 gal 레벨이 MCE 수준의 지진, PGA 200 gal 레벨이 DBE 수준의 지진이라고 한다면, 응답 변위는 각각 붕괴방지(CP)수준과 인명안전(LS)수준의 허용층간변형각을 만족해야 한

다(단, 국내 기준에 따른 응답스펙트럼 기반으로 추정된 것이며 지진파의 종류에 따라서 다른 가속도 스펙트럼을 나타낼 수 있다). 내진설계되지 않은 구조물의 허용층간변형각은 LS 및 CP 레벨에서 각각 0.7 %rad과 1.05 %rad이 된다. 이러한 측면에서 Table 4을 참조하면, 무보강 실험체는 이 허용변형각을 초과하는 반면에 댐퍼로 보강된 실험체는 허용층간변형각을 만족하는 결과를 보였다.



(a) 200 gal



(b) 300 gal

Fig. 15. Comparison of response curves of the 1st floor

Table 4. Summaries of test results

Specimen	Earthquake level (gal)	Base shear (kN)		Response drift on the 1st floor			
		Max.	Min.	Story drift (mm)		Story drift ratio (%)	
				Max.	Min.	Max	Min.
NFR	200	247.3	-209.4	30.1	-24.6	1.02	-0.83
	300	300.7	-276.2	53.0	-39.6	1.80	-1.34
ISDS	200	248.6	-277.2	7.8	-11.7	0.26	-0.40
	300	343.4	-368.9	16.9	-25.8	0.57	-0.87
	400	407.5	-438.9	27.8	-34.1	0.94	-1.16
	600	493.6	-508.2	46.4	-45.3	1.57	-1.54

4. 결론

본 연구에서는 스티드 타입 강재 댐퍼 시스템으로 보강된 구조물의 내진성능을 평가하기 위해서 2층 골조실험체를 계획하여 유사동적실험을 수행하였다. 기존 무보강 RC 구조물에 댐퍼 시스템을 보강하여 적용한 실험체의 내진보강 성능을 검토하였다. 본 연구의 주요결과는 다음과 같다.

- (1) 무보강 2층 골조 실험체는 El-Centro 지진파 PGA의 200 gal 레벨에서 층간변형각이 KDS 41 17 00 기준에서 비내진상세를 가진 구조물의 붕괴 방지 수준의 층간변형각 1.05 %와 유사한 1.02 %에 도달하였고, 300 gal 레벨에서는 최대 1.8 %의 층간변형각에 도달하였다. 이는 기준에서 요구하고 있는 허용 내진성능범위를 매우 초과하는 결과로, 300 gal 지진레벨에서 실험을 종료하였다.
- (2) 스티드 타입 강재 댐퍼 시스템으로 보강된 2층 골조 실험체의 경우 El-Centro 지진파 200 gal 및 300 gal에서 각각 최대 0.40 % 및 0.87 %의 작은 층간변형각이 발생하여 작은 균열이 발생한 것으로 보이며, 400 gal부터 점진적으로 균열이 증가하였지만 600 gal 레벨까지 안정적인 이력거동을 발휘하였다.
- (3) 댐퍼로 보강된 실험체의 경우 El-Centro 지진파 200 gal 레벨에서부터 댐퍼가 잘 거동하였으며, 지진레벨이 증가할수록 더욱 안정된 이력거동을 하였다. 또한 낮은 지진레벨에서는 2층에 비해서 1층에 설치된 댐퍼에 그 변형이 매우 집중되었으나 지진레벨이 증가할수록 2층으로 그 변형이 분산되는 것을 알 수 있었다.
- (4) 댐퍼로 보강된 실험체에 대해서 골조의 층 변형과 댐퍼의 변형이 거의 유사한 것을 확인하였는데, 이는 댐퍼에 대한 스티드 부재의 강성비를 32.7로 설계한 데 기인한 것이다. 기존 연구를 통해 댐퍼가 극한하중에 저항할지라도 스티드 부재는 탄성상태에 유지하는 조건을 댐퍼요소에 대한 스티드 부재의 강성비가 약 20 이상임을 제시한 것은 합리적인 결과라고 판단된다.
- (5) 본 연구결과는 실험을 통해서만 도출한 제한된

실험결과이므로, 향후 비선형 시간이력해석을 통해 더욱 자세한 결과를 도출하는 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었습니다(과제번호 RS-2022-00143417). 이에 감사드립니다.

참고문헌(References)

- [1] Architectural Institute of Korea (2018) *Site Inspection and Damage Investigation of Buildings by Earthquakes in Gyeongju and Pohang*, Korea (in Korean).
- [2] Seoul Metropolitan Government (n.d.) *Earthquake Safety Portal*, Korea (in Korean), <http://goodhousing.eseoul.go.kr/SeoulEqk/main.do>.
- [3] Lee, C.-H., Ryu, J., Kim, D.-H., and Ju, Y.K. (2018) Improving Seismic Performance of Non-Ductile Reinforced Concrete Frames Through the Combined Behavior of Friction and Metallic Dampers, *Engineering Structures*, Elsevier, Vol.172, pp.304-320.
- [4] Lee, K.-S., Lee, B.-G., and Jung, J.-S. (2022) Seismic Strengthening of R/C Buildings Retrofitted by New Window-Type System Using Non-Buckling Slit Dampers Examined via Pseudo-Dynamic Testing and Nonlinear Dynamic Analysis, *Applied Science*, MDPI, Vol.12, No.3, 1220.
- [5] Kim, H.R., Kim, S.B., Eom, T.S., Kim, J.H., and Kim, J.W. (2020) Experimental Study on Mechanical Characteristics of H-Type Shear Panel Steel Damper Under Constant Amplitude Deformation, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.32, No.5, pp.321-330 (in Korean).
- [6] Kim, J.-W., Kwon, U.-J., Choi, K.-Y., Kim, Y.-J., and Park, H.-Y. (2023) Experimental Study on Structural Performance of Steel Slit Damper According to Restrained Out-of-Plane Deformation, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, KSMI, Vol.27, No.1, pp.86-94 (in Korean).
- [7] Kim, Y.J. *et al.* (2022) *Development of Seismic Retrofit Techniques for Small and Medium-Sized*

Buildings on Soft Ground Using Bearing Force Dispersion and Restraint Mechanism of Soil, The First Report from Regional Innovation Technology Development Program (RS-2022-00143417), Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea (in Korean).

요약: 본 연구에서는 기존 내진보강시스템의 단점을 보완하여 기존 철근콘크리트(RC) 건물에 효과적으로 적용할 수 있는 스테드 타입 강재댐퍼 시스템을 개발하였다. 비내진 상세를 가진 기존 RC 건물을 모델로 한 실제 크기의 2층 골조에 대해서 유사동적실험을 수행하였으며, 기존 RC 골조에 댐퍼 시스템을 적용할 경우 내진보강성능에 대해 평가하고 검증하였다. 실험 결과, 댐퍼로 보강된 RC 골조는 큰 에너지소산에 의해서 El-Centro 지진파의 PGA가 600 gal(cm/s^2) 수준에서도 안정적인 거동을 보여주었다. 이러한 결과는 본 연구에서 제안된 댐퍼 시스템을 이용한 내진보강방법의 유효성을 확인시켜 주었다.

핵심용어: 스테드 타입 댐퍼 시스템, RC 구조물, 강재댐퍼, 내진보강, 유사동적실험
