

강재 플레이트 댐퍼의 구조성능에 관한 연구

윤일로¹ · 김철환^{2*} · 도천기³ · 장 웅⁴

¹교수, 경북대학교, 건설방재공학부, ²교수, 경북대학교, 건축학부,

³박사과정, 경북대학교, 건설방재공학부, ⁴석사과정, 경북대학교, 건축공학과

A Study on the Structural Performance of Steel Plate Damper

Youn, Ilro¹, Kim, Cheol Hwan^{2*}, Do, Cheon Gi³, Jang, Woong⁴

¹Professor, School of Constructional Disaster Prevention, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

²Professor, School of Architecture, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

³Graduate Student, School of Constructional Disaster Prevention, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

⁴Graduate Student, Department of Architectural Engineering, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

Abstract - The earthquake which was recently occurred in Kyeongju area caused serious damage to several structures. It is needed to improve capacity against seismic of existing structures constructed before providing seismic design code. This paper is to verify the structural characteristics proposed diagonal steel dampers for existing structures to enhance the seismic resist capacity. The experimental and analysis study were undertaken to obtain the load-displacement relationships of diagonal steel dampers. The valuables were angels and spaces of strut. As a result, it is verified that the proposed steel damper is effective in the seismic reinforcement of existing structures.

Keywords - Seismic design, Steel damper, Experimental study, FEM analysis study, Structural characteristics

1. 서론

최근 국내에서 지진이 잇따라 발생하여 지진의 피해우려가 높아지는 가운데 2005년 건축구조기준에 따라 3층 이상 건물은 내진설계의 대상이 되었으며, 2016년 말부터는 대부분의 2층 이상 건축물도 내진 설계 대상이 되었다. 그러나 내진 설계기준의 개정이전에 지어진 노후화된 건축물들은 내진설계가 이루어지지 않아 대규모 지진 발생으로 인한 재난 피해가 심각할 것으로 예상된다. 특히, 공항시설을 제외한 병원시설, 건축물, 도로 시설의 경우 정부계획 대비 내진보강 시행비율은 10%에 불과한 것으로 나타나 내진보강대책이 필요하다는 지적이 일고 있다.

일반적으로 내진성능을 향상시키는 방법으로는 기둥과 보로 구획된 골조 내에 새로운 벽을 증설하거나 기존 벽두께를 증가 또는 기존부재의 강성을 증가시켜 내진성능을 향상시키는 강도·강성을 증가시키는 방법과 주로 기둥의 전단보강에 사용하여 기둥의 파괴형식을 전단파괴에서 휨파괴로 이동시켜 변형(연성)능력을 향상시키는 방법, 구조물의 감쇠를 증가시킴으로써 지진에너지를 소산시키는 방법 등으로 분류할 수 있다. 에너지소산형 장치 중에서 강재 플레이트 댐퍼는 감쇠 성능에 기반한 설계를 함으로써, 구조물에 발생하는 하중 에너지를 소산시켜 구조물에 직접적인 하중 유입을 막으며, 구조물에 발생하는 변형을 플레이트 댐퍼에 집중시켜 구조물의 소성변형을 최소화하고, 반복이력에 대한 안정적인 거동을 유도하는 방법이다.

국·내외적으로 에너지소산형 장치인 강재 플레이트 댐퍼에 관한 연구가 많이 진행되고 있으며, 그중 수직 슬릿 댐퍼^{[1],[2],[3]}와 수평 슬릿 댐퍼^[4]에 관한 연구에서는 스트럿 두께가 일정할 때, 스트럿의 폭과 길이의 비율(h/b)에 따라 에너지 소산 능력이 뛰어나다는 결과를 나타내었으며, 강재 댐퍼

Note.-Discussion open until October 31, 2017. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on November 30, 2016; revised January 20, 2017; approved on January 20, 2017.

Copyright © 2017 by Korean Society of Steel Construction

*Corresponding author.

Tel. +82-53-950-8543 Fax. +82-53-950-6590

E-mail. chk@knu.ac.kr

의 변형에 관한 매커니즘과 인장 및 압축응력은 오상훈^{[5],[6]} 등에 의해 연구가 진행되어 왔다.

스트럿의 휨거동에 의한 수평하중 지지방법의 댐퍼는 단면이 휨지배에 의해 거동하게 됨에 따라 인장거동의 단면에 비해 낮은 저항 능력을 가지게 되며, 또한 스트럿의 폭이 넓은 경우에는 단면의 인장축이 인장파열이 발생하여^[5] 급격한 내력의 저하를 가져오기도 한다.

본 연구에서는 댐퍼의 단면이 인장거동을 하여 전단면이 충분히 항복하여 저항하는 형태로서 제안된^[7] 대각형 강재 댐퍼를 대상으로 실험 및 해석을 수행하여 이력특성을 파악하고, 댐퍼로서의 구조적 효율성을 규명하고자 한다.

2. 실험

2.1 실험체 계획

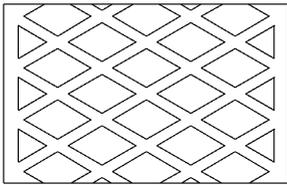
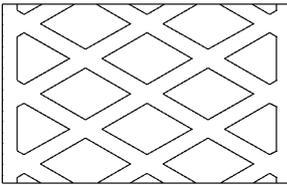
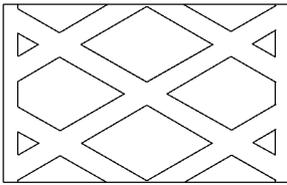
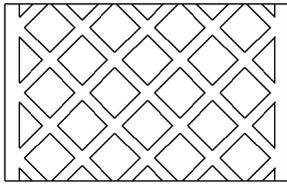
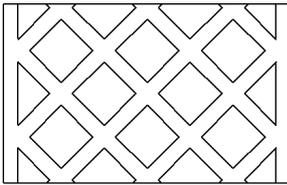
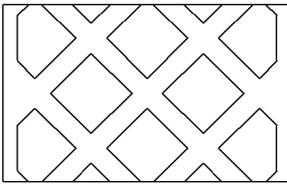
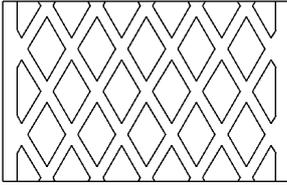
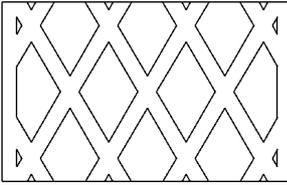
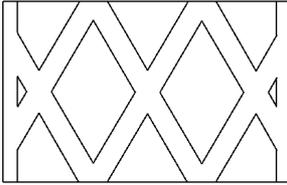
실험체의 형상 및 일람은 Table 1에 나타낸다. Table 1에

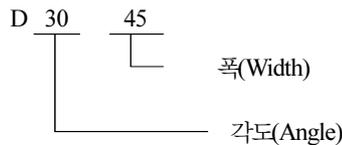
나타낸 것과 같이 실험체는 강재 플레이트에 마름모 공극을 두어 횡력에 대한 저항력을 높이고자 X형태의 대각 가새 형태의 스트럿으로 구성된 댐퍼를 계획하였다. 실험체의 크기는 500×800×3mm으로서 스트럿의 각도 및 폭을 변수로 하였으며, 스트럿 폭은 각각 30mm, 45mm, 60mm로 계획하였고, 그에 따른 각도의 변수로는 각각 30°, 45°, 60°로 계획하였다. 실험체의 단면 공제율은 50%로 동일하게 제작하였으며, 오차범위는 ±1%내외이다. 공제율 50%는 본연구의 댐퍼가 창문틀 부위에 설치된다고 가정하여 채광, 미관 등을 고려하여 결정하였다.

2.2 실험체 설치 및 가력

가력 실험체 및 실험설치 상황은 Fig. 1에서와 같이 단부에 힌지로 구성된 구조프레임에 플레이트 댐퍼를 설치하고, 300kN의 oil jack으로 압축 및 인장 반복하중으로 실험을 실시하였다. 하중 및 변위, 거동 등의 정확한 실험결과를 취득하기 위해 별도로 로드셀과 변위계(LVDT)를 설치하여 측

Table 1. List of specimens

Type	Width : 30mm	Width : 45mm	Width : 60mm
Angle 30°			
	D30-30	D30-45	D30-60
Angle 45°			
	D45-30	D45-45	D45-60
Angle 60°			
	D60-30	D60-45	D60-60



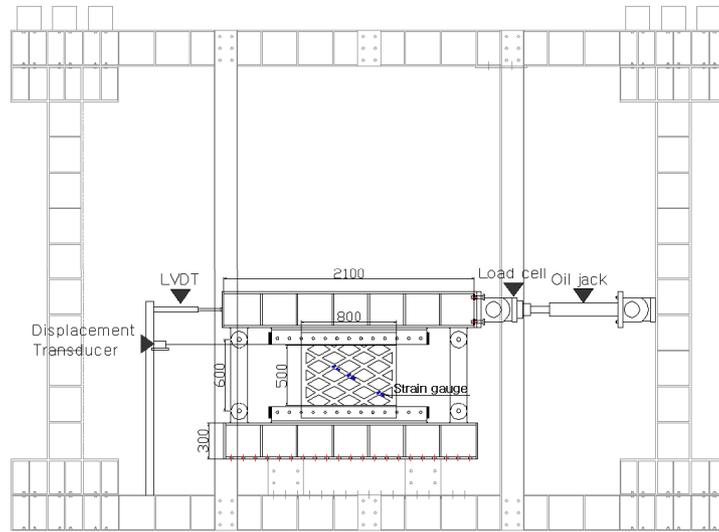


Fig. 1. Set-up of specimen

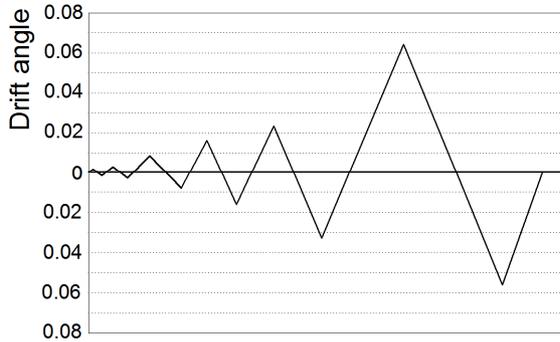


Fig. 2. Loading cycle

정하였다. 실험체의 변형률을 취득하기 위하여 스트레인게이지를 부착하였다. 가력은 Fig. 2의 변위제어 cycle을 기준으로 진행하였다.

사이클은 2사이클(Δl)에서 단면 항복($\epsilon = \frac{\Delta l}{l} \geq \epsilon_y$)할 것으로 판단하고 사이클을 설정하였으며, 이후 2배씩 증가하는 방법으로 설정하였다.

2.3 재료시험

본 연구의 실험 및 해석을 위해 실험체에 사용된 강재의 기계적 성질을 파악하기 위하여 인장시험편을 제작하여 인장강도 시험을 진행하였다. 시험에 사용된 강재는 SS400급 강재를 사용하였으며, 한국공업규격의 재료 인장시험편에 따라 제작 및 실험을 진행하였다. 강재의 기계적 특성은 Table 2에 나타낸다.

Table 2. Mechanical properties of steel

Grade	Thickness	F_y (MPa)	F_u (MPa)	YR	Elo (%)
SS400	3mm	370	450	0.82	31.9

3. 실험 결과 및 분석

3.1 하중-변위관계

각 실험체의 하중-변위관계는 Fig. 3에 나타낸다. 강재 대각 스트럿 형태의 댐퍼인 경우 모든 형태의 실험체에서 기본적으로 항복점까지 선형적인 거동을 하며, 항복이후부터 실험 종료 시까지는 안정적인 거동을 나타내고 있다. D30 type의 실험체인 경우 D45, D60 type에 비해 약 40% 정도의 내력저하가 발생하고 있다. 각 type으로 비교해 보았을 때, 스트럿 각도에 따른 내력변화는 크게 나타나지 않으나, 스트럿 각도 차에 따른 최대 내력의 차이가 크게 나타나고 있다. 이러한 현상은 대각 스트럿의 구성각도에 따라 하중을 전달할 수 있는 실험체 상하부에 설치된 강체와의 결합하여 하중을 지지할 수 있는 스트럿의 단면적이 달라지기 때문으로 판단된다. 따라서 이러한 대각형태의 댐퍼가 수평하중에 대해 충분히 저항하기 위해서는 상하의 강체 또는 측면에 강체를 설치하여 대각 스트럿으로부터 전달되는 하중을 충분히 흡수할 수 있도록 할 필요가 있다.

또한, Fig. 3의 하중-변위관계의 이력거동에 있어서 일반적인 강재의 하중변위 관계의 형태와는 달리 항복이후에

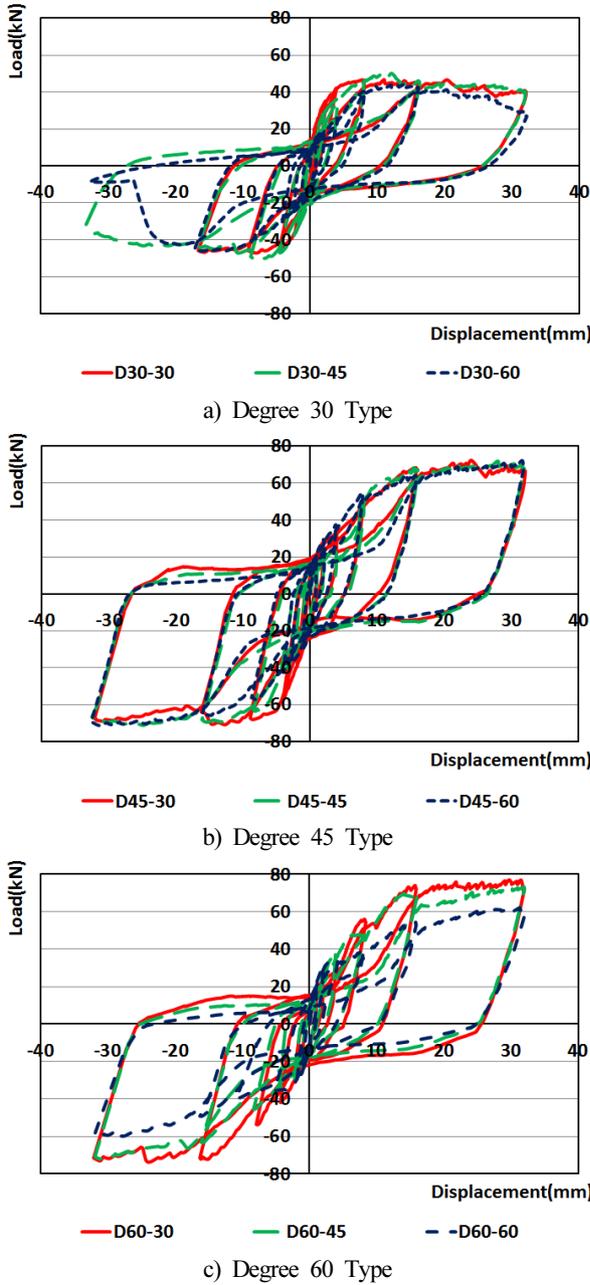


Fig. 3. Load-displacement relationship

하중이 반복 재하될 경우에는 역 S자형태의 이력거동을 나타내고 있다. 이러한 현상은 수평하중에 저항하는 대각 스트럿부재가 항복에 의해 소성변형이 발생하여 압축에서 인장으로의 거동이 하중이 “0”인 점에서 거동하지 못하고 누적 변형량만큼의 변위가 진행된 이후에 수평하중에 대해 저항할 수 있기 때문으로 판단된다. Fig. 4는 D45-45 실험체의 대각 스트럿부재에 대한 하중 사이클별 변형율을 나타내고 있다. Fig. 4에서 알 수 있듯이 하나의 사이클이 완료된 점에

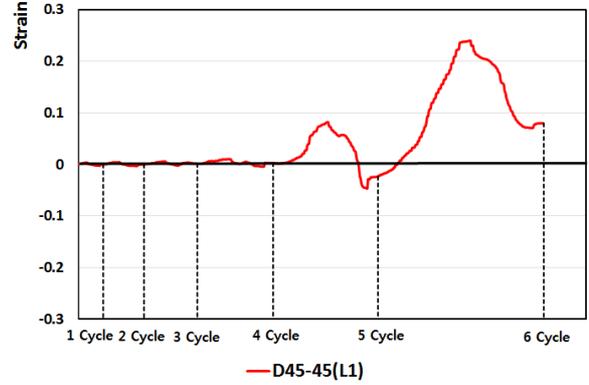


Fig. 4. Strain-loading cycle relationship

Table 3. Results of experiment

Type	K_{st} (kN/mm)	P_y (kN)	D_y (mm)	P_{max} (kN)	D_{max} (mm)	P_{max}/P_y
D30-30	21.6	38.8	3.1	46.7	11.0	1.2
D30-45	16.4	35.4	3.7	50.1	12.1	1.42
D30-60	17.3	25.0	3.8	44.6	14.2	1.78
D45-30	19.4	32.5	3.8	72.4	24.0	2.23
D45-45	16.5	46.2	7.7	72.0	28.0	1.56
D45-60	22.4	41.1	5.1	72.2	31.6	1.76
D60-30	17.4	46.2	7.3	77.0	29.7	1.67
D60-45	18.7	47.2	6.6	73.2	31.9	1.55
D60-60	21.1	30.2	2.0	62.1	31.3	2.06

K_{st} : initial stiffness, P_y : yielding strength, D_y : displacement at yielding strength, P_{max} : maximum strength, D_{max} : displacement at maximum strength

서의 대각 스트럿부재의 변형율은 3사이클까지는 거의 탄성 범위에 머물러 있으나, 이후 소성영역으로 진입하게 됨에 따라 잔류변형이 발생하고 있음을 나타내고 있다.

Table 3에서는 실험결과를 요약하여 나타내며, Fig. 5는 제1cycle 원점과 끝점을 이은 직선을 이용한 항복강도 및 항복변위의 산정방법을 나타낸다. 초기강성 K_{st} 는 대부분의 실험체가 20kN/mm 전후로서 의미있는 차이가 나타나지 않고 있다. 이러한 현상은 대각 스트럿중 좌우단부에 부착된 경우에도 단부의 판재가 변형이 발생하기 이전까지는 대각 스트럿이 수평하중에 대해 충분히 저항하고 있기 때문으로 판단된다. 항복강도에 있어서는 D60-45 실험체(47.2kN)가 높게 나타나고 있으며, 가장 낮은 D30-60 실험체(25.0kN)보다 약 1.9배정도 높게 나타나고 있다. 그러나 각도 및 대각 스트럿의 폭의 차이에 따른 영향은 크게 나타나지 않고 있다. 이는 전술한 바와 같이 좌우단부에 부착된 대각 스트럿

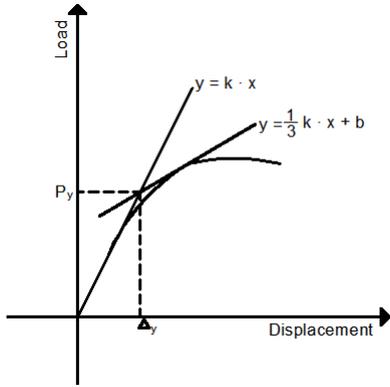


Fig. 5. Method of yield strength evaluation

이 항복 시까지 수평하중에 충분히 저항하고 있음을 나타내고 있다. 그러나 최대강도에 있어서 대각 스트럿의 설치각도에 따른 차이가 크게 나타나고 있다. 이는 대각 스트럿의 설치각도가 30°인 D30 type인 경우에는 대각 스트럿이 하중을 충분히 지지할 수 있는 상하의 강체에 부착되지 못하고 좌우단부에 부착됨에 따라 좌우단면의 변형과 함께 급격히 내하력을 상실하게 되어 최대하중이 크게 낮게 나타나고 있다. 따라서 이러한 댐퍼의 경우에는 상하 및 좌우 단부에 대각 스트럿으로 부터의 하중을 충분히 지지할 수 있는 부재의 설치가 필요하다고 판단된다.

또한 Table 3에서는 최대하중시의 변위도 나타내고 있다. 전술한 바와 같이 D30 type 실험체의 경우에는 좌우 판재의 하중지지력을 상실하게 되므로 조기에 최대하중에 도달하고 이후 하중이 점진적으로 저하하고 있으나, 급격한 변화양상은 나타나지 않고 있다. 또한 D46 및 D60 type 실험체의 경우에는 D30 type 실험체에 비해 2배 이상의 최대하중시의 변위 능력을 나타내고 있다. 그러나 D30 type 실험체인 경우에도 가장 낮은 최대 변위값인 11.0mm를 층간변위로 환산하면 2/100이상으로 내진 설계기준의 허용층간변위를 충분히 만족하고 있으며, 또한 최대하중이후의 안정된 거동을 하고 있어 내진 댐퍼로서의 우수한 변위능력을 가지고 있다고 할 수 있다.

3.2 에너지 흡수 능력

댐퍼의 내진성능을 평가하기 위해 각 실험체의 에너지 흡수능력은 산정하여 Table 4 및 Fig. 6에 나타내고 있다. 또한 Table 4 및 Fig. 6은 각 실험체의 각 Cycle 별로 나누어 비교하고 있다. 1cycle에서의 흡수능력은 실험체의 강성과

Table. 4 Energy absorption

Type	1 cycle	2 cycle	3 cycle	4 cycle	5 cycle	6 cycle	Sum (kN · mm)
D30-30	64	175	380	851	1,536	1,446	4,453
D30-45	59	136	392	859	1630	2,776	5,851
D30-60	45	109	230	616	1,468	2,112	4,580
D45-30	47	132	389	1,038	2,159	4,228	7,994
D45-45	53	109	278	806	2,084	4,275	7,605
D45-60	50	172	328	919	1,945	4,012	7,425
D60-30	48	104	282	784	2,029	4,529	7,776
D60-45	48	124	305	791	1,855	4,059	7,177
D60-60	53	128	400	822	1,426	3,219	6,047

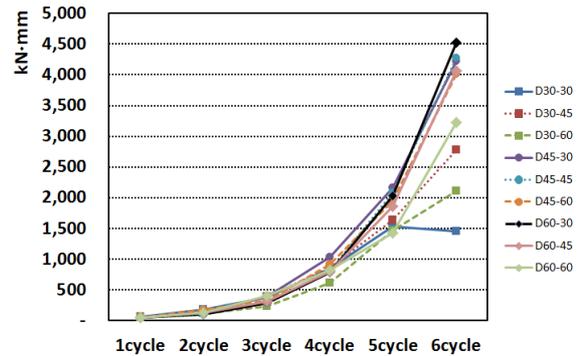


Fig. 6. Energy absorption

높은 관계를 가지고 있으며, 4cycle 이후에는 지지하중의 차에 다른 차이가 크게 나타나고 있다. 따라서 D30 type에 비해 D46, D60 type 실험체가 높은 흡수 능력을 가지고 있음을 알 수 있다.

대각 스트럿 type의 경우 D30-30 type이 인장측 32mm 까지 가력이 되어 있어 가장 낮은 효율을 보이고 있으므로 5 cycle까지의 총 누계 에너지흡수능력을 기준으로 D45-30 type이 가장 좋은 에너지 흡수 효율을 나타내고 있으며, 가장 낮은 D60-60 type보다 약 33% 좋은 효율을 나타냈다.

3.3 실험체 파괴양상

실험의 진행은 설치된 플레이트 실험체가 완전히 파괴 및 변형이 발생할 때까지 변위제어를 하였다. Fig. 7에서는 각 실험체들의 실험 종료 후의 파괴양상을 나타내고 있다. 모든 실험체들은 대각 스트럿에 인장과 압축이 반복 작용함에 따라 면외 변형이 크게 발생하였으며, D45 및 D60 type에서는 좌우 단부에 부착된 대각 스트럿을 통하여 작용하는 인장

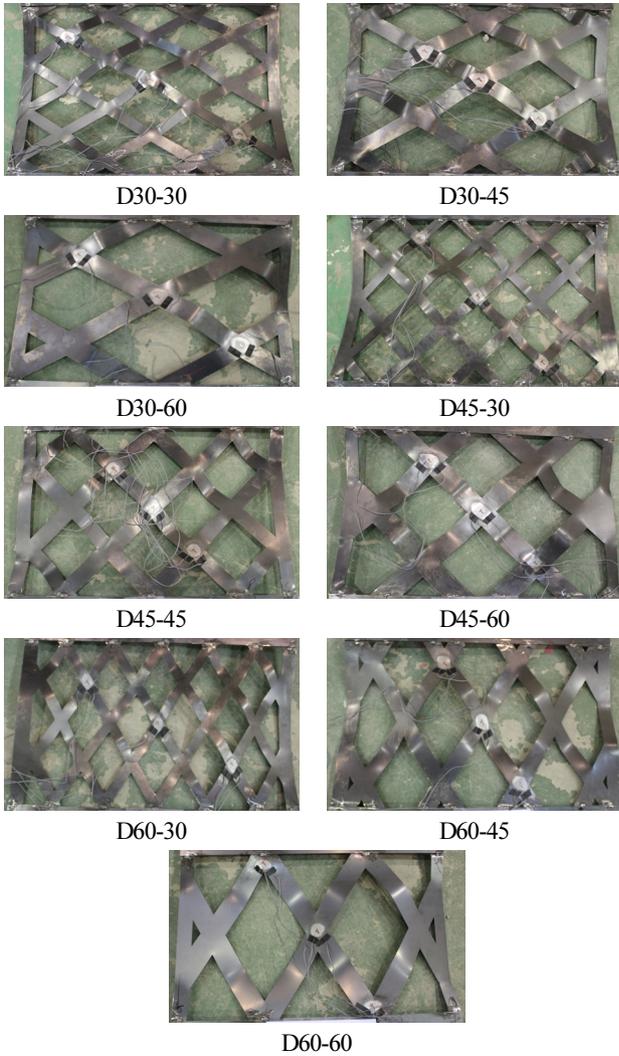


Fig. 7. Failure mode

하중으로 인하여 좌우단부 부위의 플레이트에 큰 변형과 더불어 찢김현상이 발생하였다.

4. 유한요소 해석

각 실험체의 3차원 해석을 위해 Element Type은 3D-Solid 모델을 적용하였으며, 해석 실험체의 모델링은 4140~5321 개소의 Mesh로 분할하여 해석을 진행하였으며, 유한요소 해석을 위한 Boundary conditions는 Fig. 8에 나타낸다. 실험상황과 동일한 조건으로 진행하기 위해 모델 상단은 실험체의 횡방향 반복가력을 위해 U_x 방향을 제외한 U_y, U_z 방향은 구속하였다. 모델의 하단부는 3방향(U_x, U_y, U_z) 자유도 구속하였으며, 해석모델 또한 실험모델과 동일한 조건으

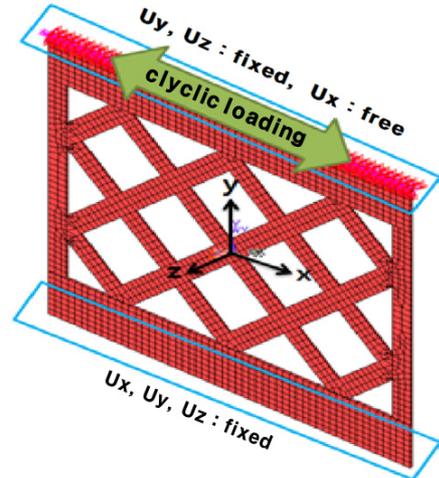


Fig. 8. Boundary conditions

로 해석을 진행하였다.

4.1. 재료특성

본 연구에서는 유한요소해석을 위해 ANSYS(Ver. 13.0)를 사용하였으며, 해석에 사용된 재료 특성은 사용강재의 재료 시험결과로부터 아래와 같이 규정하여 해석을 수행하였다. 기본적으로 강재의 이력특성은 Fig. 9와 같이 Multi-linear Kinematic Hardening을 이용하였으며, Stress-Strain 곡선은 Engineering Stress-Engineering Strain에서의 데이터를 바탕으로 True Stress-Logarithmic로 치환하여 재료 물성치를 추출하여 적용한 재료물성은 아래와 같다.

탄성계수: 205,000MPa

항복강도: 370MPa

최대강도: 450MPa

포아송비: 0.3

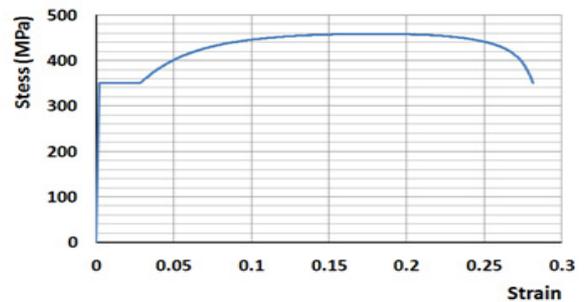


Fig. 9. Stress-strain relationship

4.2 해석 결과

해석결과는 Figs. 10 및 11에 나타낸다. Fig. 10은 실험에서와 같이 최대 변위 32mm까지의 변위에서의 응력도 분포를 나타내며, Fig. 11에서는 해석결과의 하중-변위관계를

나타낸다. Fig. 10에서 알 수 있듯이 대각 스트럿이 상하단부의 강체에 접합된 경우에는 충분한 응력 분포가 일어나고 있으며, 좌우 단부에 접합된 대각 스트럿의 경우에는 부재의 내력을 충분히 발휘하지 못하고 있으며, 또한 좌우 단부의 플레이트에서 큰 변형이 발생하고 있으며, 응력도 집중되고

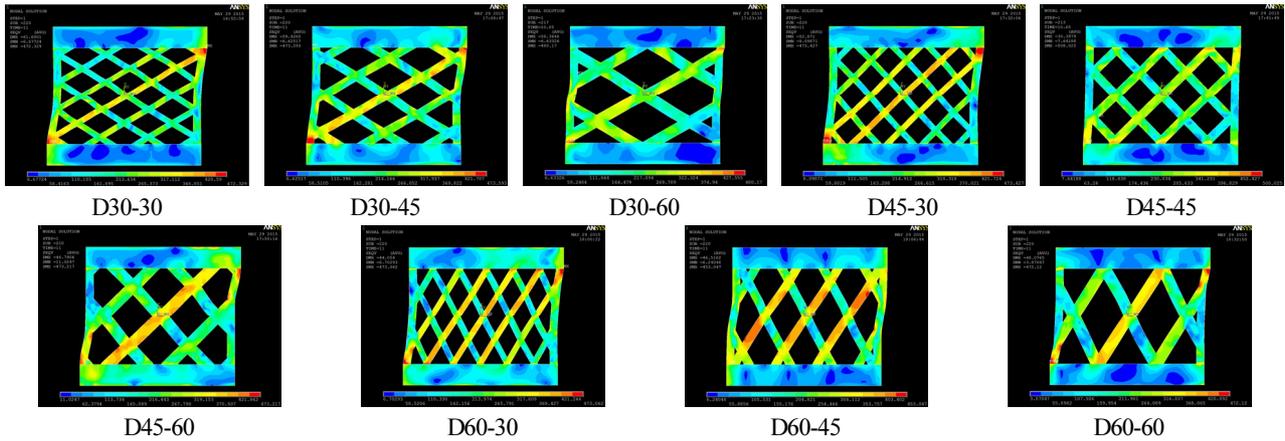


Fig. 10. Stress diagrams of analysis results

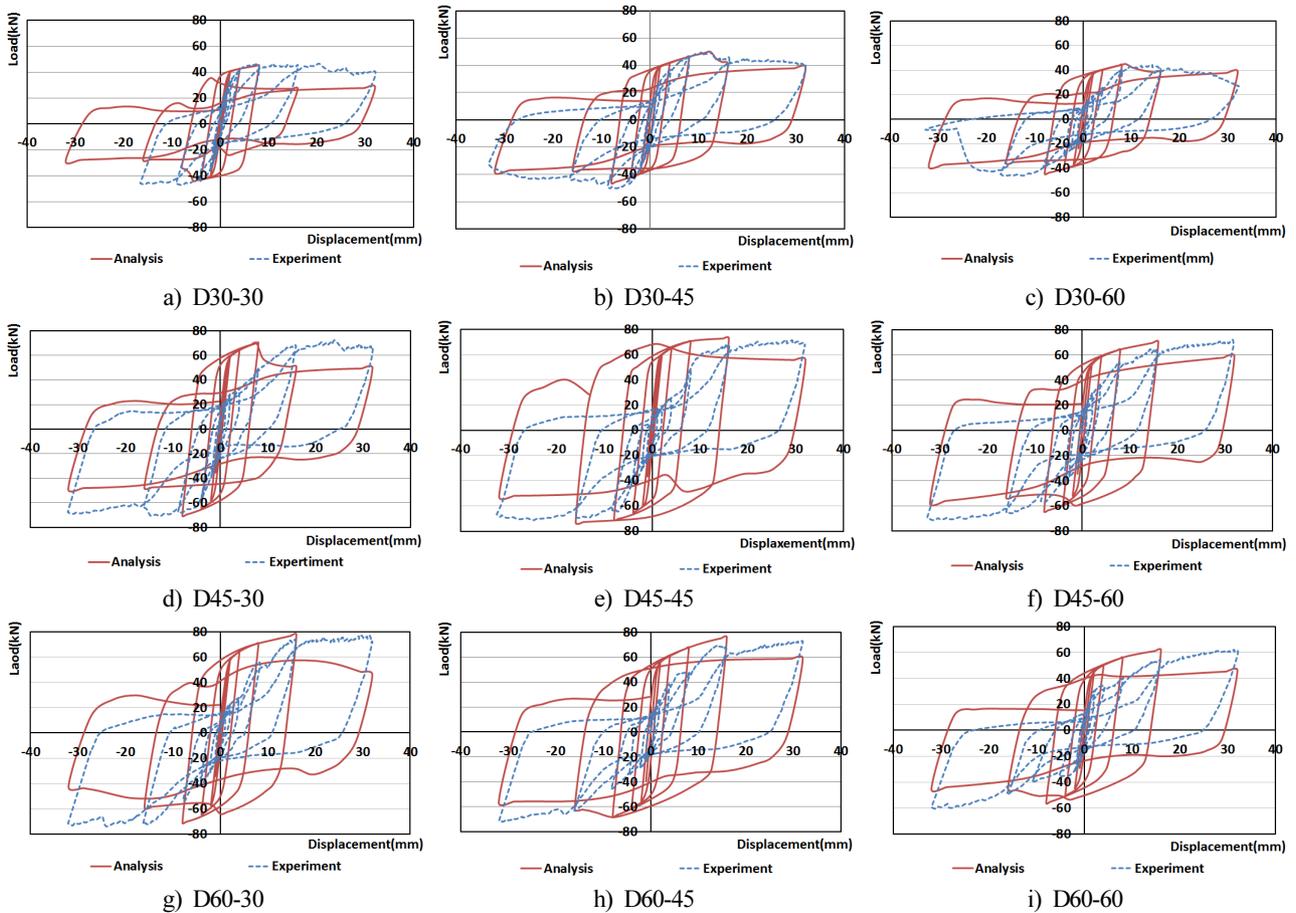


Fig. 11. Load-displacement relationship (analysis and experiment)

Table 5. Analysis results

Type	K_{st} (kN/mm)			P_{max} (kN)		
	Exp.	Anal.	Exp./Anal.	Exp.	Anal.	Exp./Anal.
D30-30	21.6	23.6	0.92	46.7	45.17	1.03
D30-45	16.4	26.4	0.62	50.1	49.86	1.00
D30-60	17.3	23.8	0.73	44.6	45.05	0.99
D45-30	19.4	35.5	0.55	72.4	70.36	1.03
D45-45	16.5	36.6	0.45	72.0	73.05	0.99
D45-60	22.4	34.5	0.65	72.2	70.48	1.02
D60-30	17.4	34.2	0.51	77.0	77.79	0.99
D60-45	18.7	39.5	0.47	73.2	76.14	0.96
D60-60	21.1	29.1	0.73	62.1	61.9	1.00

있음을 알 수 있다.

Fig. 11에서는 해석결과와 실험결과를 비교해서 나타내고 있다. 대부분의 실험체에서 해석결과는 실험결과를 잘 추적하고 있음을 알 수 있다. 그러나 부분적으로 항복하중 이후의 거동에서 최대하중의 추적까지는 높은 결과를 나타내고 있으나, 부분적으로 최대하중이후의 거동에 상이한 부분이 발생하고 있다. 이러한 현상은 재료특성의 차이로 인한 것으로 판단되며, 금후 연구가 필요한 부분이라고 사료된다.

실험 및 해석결과의 초기강성 및 최대내력을 비교하여 Table 5에 나타내고 있다. 실험치와 해석치의 초기강성에서 많은 차이가 나타나는데, 이는 댐퍼 가력프레임 힌지부의 유격, 가력시 편심, 슬립 등에 의한 것으로 판단된다. Table 5에서 해석결과와 실험결과의 최대내력은 4%전후의 차이가 발생하고 있어 해석적으로 대각 스트럿 댐퍼의 강도 등 이력 거동을 잘 추적할 수 있다고 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 대각 스트럿형태의 강재 플레이트 댐퍼를 이용하여 구조물의 내진 성능 향상을 위한 새로운 형상의 강재 댐퍼를 제안하고, 실험 및 해석을 통하여 다음과 같은 결론은 얻었다.

- (1) 강재 플레이트 댐퍼의 최대내력 및 에너지 흡수능력 등은 D45, D60 Type은 유사한 수치 및 거동을 나타내는 반면 D30 Type은 D45, D60 Type에 비해 약 30~40% 정도 낮게 나타나고 있다.

- (2) 대각 스트럿 형태의 강재 플레이트 댐퍼의 최대 수평하중시의 변위는 구조기준에 의한 구조물 허용층간변위를 상회하고 있으며, 최대하중 이후 하중의 급격한 저하없이 안정적인 거동을 나타내고 있어 내진 댐퍼로서 효율성 및 경제성, 시공성, 현장 적용성 등이 우수한 것으로 판단된다.
- (3) 각 실험체의 파괴양상은 대각 스트럿의 인장 및 압축응력에 의해 면외 방향의 변형이 크게 발생하고 있으며, 또한, 단부에 응력집중 및 지지부위에서 균열, 찌김 등의 파괴가 발생하고 있어, 추후 이에 대한 연구 및 보강이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2016학년도 경북대학교 연구년 교수 연구비에 의하여 연구되었음.

참고문헌(References)

- [1] 우승기, 이창환, 주영규, 김상대(2013) 최적형상을 갖는 힌지배형 강재 스트럿 댐퍼의 단조성능 평가, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 제29권, 제2호, pp.3-11.
Woo, S.Ki., Lee, C.H., Ju, Y.K., and Kim, S.D. (2013) Performance Evaluation of Optimized Flexure-Dominated Steel Strip Dampers under Monotonic Loading, *Journal of Architectural Institute of Korea*, AIK, Vol.29. No.3, pp.3-11 (in Korean).
- [2] 이상호, 오상훈, 백은림(2011) 철근콘크리트 골조의 내진 성능향상을 위한 강재댐퍼시스템의 제안, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 제27권, 제9호, pp.21-28.
Lee, S.H., Oh, S.H., and Baek, E.L. (2011) The Proposal of Steel Damper System to Improve the Seismic Performance of Reinforced Concrete Frame, *Journal of Architectural Institute of Korea*, AIK, Vol.27. No.9, pp.21-28 (in Korean).
- [3] Lee, M.H., Oh, S.H., Huh, C., Oh, Y.S., Yoon, M.H., and Moon, T.S. (2005) Ultimate energy absorption capacity of steel plate slit dampers subjected to shear force, *International Journal of Steel Structures*, KSSC, Vol.2, No.2, pp.71-79.
- [4] Chan, Ricky W.K. and Albermani, Faris. (2008). Experimental study of steel slit damper for passive energy

- dissipation, *Engineering Structures*, Vol.30, No.4, pp.1058-1066.
- [5] 안태상, 김영주, 박진화, 김형근, 장동운, 오상훈(2012) 건물의 내진보강을 위한 캔틸레버타입 강재댐퍼의 실험, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제24권, 제2호, pp.149-161.
- Ahn, T.S., Kim, Y.J., Park, J.H., Kim, H.G., Jang, D.W., and Oh, S.H. (2012) Experimental study on a Cantilever Type Metallic Damper for Seismic Retrofit of Building Structures, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.24. No.2, pp.149-161 (in Korean).
- [6] 오상훈, 최광용, 유홍식(2012) 고층 전단벽시스템 적용을 위한 직렬 연결형 강재이력댐퍼의 구조성능평가, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제24권, 제4호, pp.371-382.
- Oh, S.H., Choi, K.Y., and Ryu, H.S. (2012) Structural Performance Evaluations of Steel Hysteretic Damper in Series for High-Rise Shear Wall System, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.24, No.4, pp.371-382 (in Korean).
- [7] 김철환, 정환목, 장용(2015) 대각형태 강재 플레이트 댐퍼의 해석적 연구, 한국공간구조학회 춘계학술발표회 논문집, 제11권, 제1호 (통권 제 11호), pp 99-100.
- Kim, C.H., Jung, H.M., and Jang, W. (2015) Analytical Study on the Steel Plate Damper with Diagonal Type, *Proceedings of KASS 2015 Spring Conference*, KASS, Vol.11, No.1, pp.99-100.
- [8] IWATA, M., Huang, Y.H., KAWAI, H. and WADA, A. (1995) Study on the-Damage Tolerant Structures, *Journal of Technology Design*, AIJ, No.1, pp.82-88.
- [9] 이명호, 오상훈, 윤명호(2009) 강재슬릿댐퍼를 부착한 X형 가새골조의 에너지 흡수능력, 대한건축학회 논문집구조계, 대한건축학회, 제25권, 제11호, pp.53-60.
- Lee, M.H., Oh, S.H., and Yoon, M.H. (2009) Energy Absorption Capacity of X-Type Braced Frame with Steel Plate Slit Dampers, *Journal of Architectural Institute of Korea*, AIK, Vol.25. No.11, pp.53-60 (in Korean).
- [10] 대한건축학회 건축구조기준(2009).
Architectural Institute of Korea(2009), *Korean Building Code(KBC-2009)* (in Korean).

요 약 : 최근에 경주에서 발생한 지진으로 인해 건축물은 많은 피해를 입고 있다. 이는 내진설계법이 적용되지 않은 기존의 건축물에서 주로 많은 피해가 발생한 것으로서 이러한 건축물을 대상으로 내진 성능을 향상시키기 위한 조치가 필요하다. 본 연구에서는 내진설계가 되지 않은 기존 건축물의 내진성능을 향상시키기 위해 제안된 대각 스트럿형태 강재 플레이트 댐퍼의 유효성을 규명하는 것을 목적으로 하고 있다. 이를 위하여 제안된 대각 플레이트의 각도 및 스트럿 간격을 변수로 한 9가지의 실험체를 제작하여 댐퍼의 하중-변형 관계를 실험을 수행하였으며, 이를 해석적으로 검증하기 위하여 유한요소해석을 수행하였다. 결과 제안된 댐퍼의 형상에 따른 강도 및 강성 등을 규명하였으며, 댐퍼의 유효성을 규명하였다.

핵심용어 : 내진설계, 강재 댐퍼, 구조실험, 유한요소해석, 구조적 특성
