

슬릿형상에 따른 강재댐퍼의 이력거동

Hysteretic Behaviors of Metallic Dampers with the Various Slit Shape

이 현 호¹⁾ 김 세 일^{2)*}
Lee, Hyun Ho Kim, Seh Il

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the strength and deformation capacity of metallic dampers with the variable slit shape. For this purpose, 12 metallic damper specimens were prepared and shear testing was performed. According to the test results, the S shaped metallic damper with the strut height of 200mm and angle of 60° shows better hysteretic performance than any other specimens. By making a comparison between the yield strength in test and the proposed strength formula, test results shows larger yield strength than calculation method.

Keywords : S shaped metallic damper, Slit shape, Strut height, Strut angle, Seismic performance

1. 서론

댐퍼는 지진과 같은 자연재해로 인한 구조물의 피해를 최소화하기 위해 구조물에 도입되는 에너지 저감장치로써, 이에 대한 연구와 적용은 반세기여 걸쳐 진행되어 왔다. 특히 수동형 댐퍼의 대표적인 강재댐퍼는 1970년대 초반부터 현재까지 다양한 형태의 연구가 수행되어 크고 작은 건축물에 적용되어 왔다(Soong and Dargush, 1997). 국내에서는 최근 10년 사이 강재댐퍼에 대한 관심이 집중(오상훈 등, 2005; 오상훈, 2006; 박지형 등, 2006; 이현호 등, 2010)되고 있으며, 학교 등 저층 공공건축물의 적용사례가 지속적으로 증가되는 추세에 있다. 그러나 현재 국내에서 적용되고 있는 강재댐퍼의 형태에 관한 거동 특성 및 재료 특성에 대한 실험적 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 강재댐퍼에 형성되는 슬릿 형상이 강도 및 변형 능력에 미치는 영향을 평가하는데 있다.

2. 실험

2.1 실험방법

2.1.1 재료시험

Table 1 Characteristic value of coupons

Coupon	Fy (N/mm ²)	Fu (N/mm ²)	Elongation ratio(%)
Specimen 1	251	361	26.3
Specimen 2	249	397	28.1
Specimen 3	272	408	27.8
Average	257	389	27.4

재료시험을 위한 3개의 시편을 제작하였으며, 시험결과 재료의 특성값은 Table 1과 같다.

2.1.2 실험체 개요

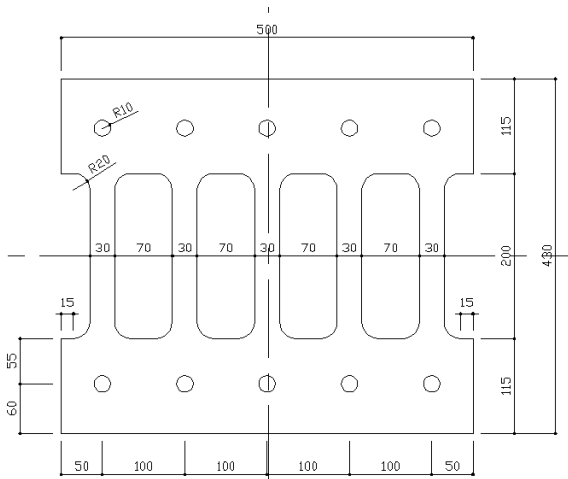
실험체는 재질 SS400의 강재를 사용하여 계획된 실험체 형상과 조건이 만족되도록 제작하였으며, 실험 변수는 Table 2와 같으며, 스트럿 폭 30mm를 갖는 대표적인 강재댐퍼의 형상 및 치수는 Fig. 1과 같다. Table 2의 실험체 명에서 I, S는 실험체의 슬릿 형상, 270, 200, 140은 스트럿 높이, 90, 70, 60, 50은 스트럿의 수평 기준선에 대한 각도를 나타낸다. 여기서 H/W 비는 스트럿 폭(W) 대 스트럿 높이(H)의 비를 나타낸다. 이후 실험체 표기방법 중 댐퍼들을 종류별로 묶어 나타내는 경우가 있다. 예를 들어, S70인 경우에는 S형 스트럿 각도 70도인 댐퍼들을 지칭하며, H200인 경우 춤 200인 댐퍼들을 지칭하

1) 정회원, 동양대학교 교수
2) 정회원, 빛과울구조건설링 대표

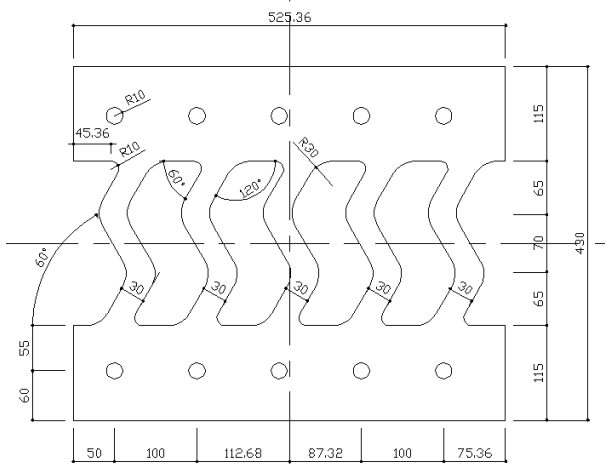
* Corresponding author : twkim31@korea.com 010-7373-1970
• 본 논문에 대한 토의를 2011년 10월 31일까지 학회로 보내주시면 2011년 11월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

Table 2 Metallic damper list

Type	Specimen name	Strut height (mm)	Strut angle (Degree)	Strut thickness (mm)	H/W ratio
I shape	I-270-90	270	90	12	9.00
	I-200-90	200	90	12	6.67
	I-140-90	140	90	12	4.67
S shape	S-270-70	270	70	12	9.00
	S-200-70	200	70	12	6.67
	S-140-70	140	70	12	4.67
	S-270-60	270	60	12	9.00
	S-200-60	200	60	12	6.67
	S-140-60	140	60	12	4.67
	S-270-50	270	50	12	9.00
	S-200-50	200	50	12	6.67
	S-140-50	140	50	12	4.67



(a) I-200-90 damper



(b) S-200-60 damper

Fig. 1 Details of specimens

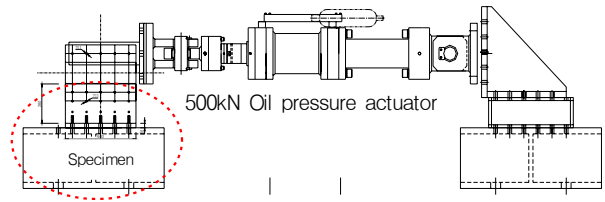


Fig. 2 Experimental Setting Sketch

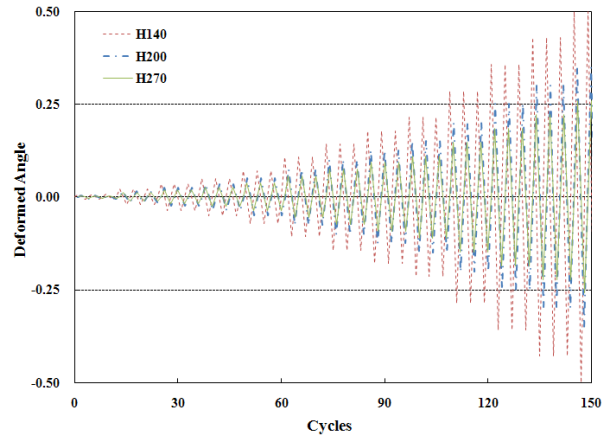


Fig. 3 Loading history curve

는 것이다.

2.1.3 실험체 설치

댐퍼의 구조성능 평가를 위한 실험체 설치상황을 Fig. 2에 나타내었다. 설치계획에서 실험체별 최대내력에 대하여 충분한 여유를 갖도록 500 kN 용량의 유압서보 액츄에이터를 사용하였다.

변위계는 액츄에이터에 설치했고, 변형계이지는 댐퍼 스트럿의 상하 양단 지점과 중간부분에 설치하였다.

실험체 가력방법은 Fig. 3과 같은 변위각으로 표현된 변위증분 반복이력방식을 적용하여 실험체가 항복 후 파괴가 발생하여 더 이상 하중에 저항하지 않는 순간까지 반복가력하였다.

2.2 실험결과

2.2.1 하중-변위 곡선

각 실험체별 실험결과 하중변위곡선은 Fig. 4와 같다. 스트럿 각도 90°의 Fig. 4 (a)에서 I형 강재댐퍼는 스트럿 높이 270mm인 경우 부재각 0.148 (40/270)일 때 최대 하중에 도달한 후 내려저하로 파괴되었고, 높이 200mm

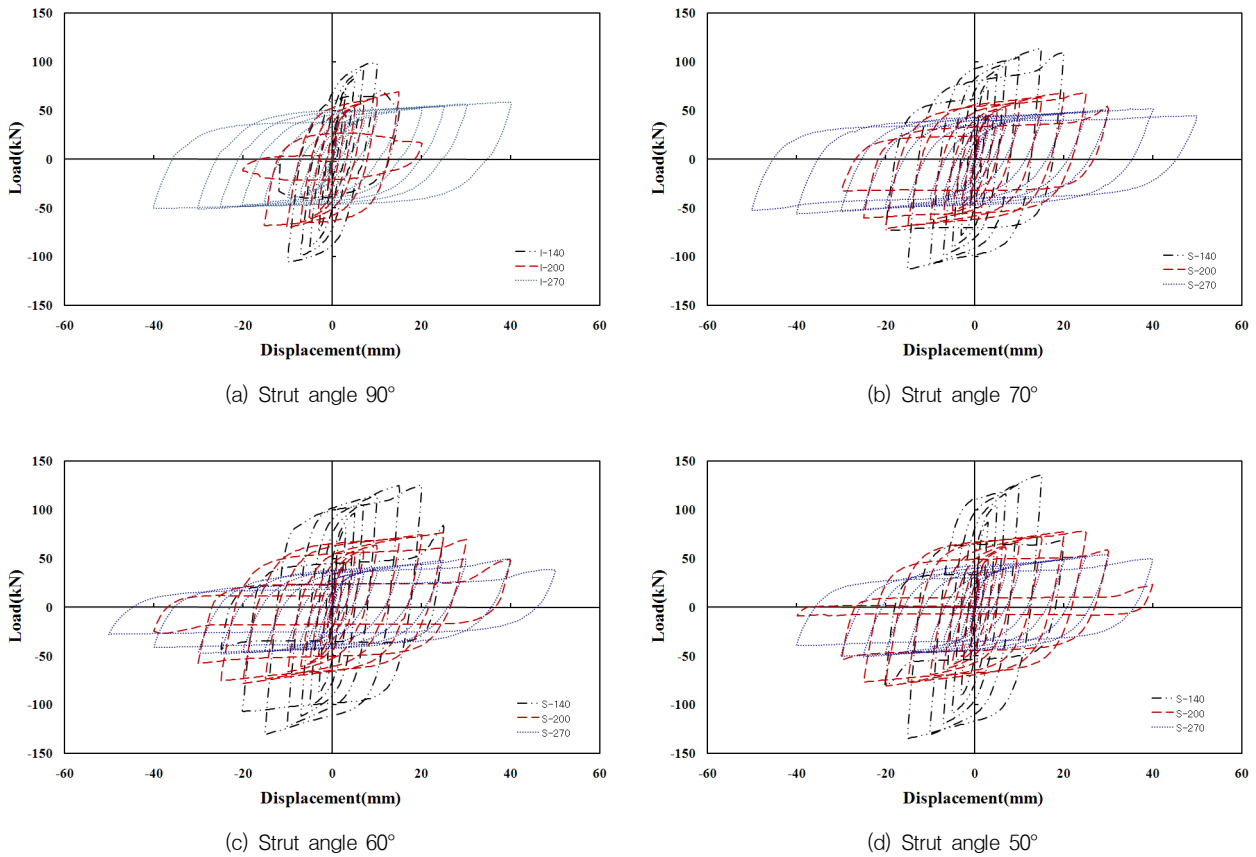


Fig. 4 Load-displacement curves

인 경우 부재각 0.075일 때 최대하중에 도달한 후 부재각 0.100일 때 급격한 내력 저하가 발생되었으며, 높이 140mm인 경우 부재각 0.0714일 때 최대하중에 도달한 후 부재각 0.107일 때 급격한 내력 저하가 발생되었다.

스트럿 각도 70°의 Fig. 4 (b)에서 S형 강제댐퍼는 스트럿 높이 270mm인 경우 부재각 0.148일 때 최대하중에 도달한 후 내력이 감소되면서 부재각 0.185에 이르러 파괴되었다. 높이 200mm인 경우 부재각 0.125일 때 최대하중에 도달하고 부재각 0.150일 때 내력이 저하되어 파괴되었고, 높이 140mm인 경우 부재각 0.104일 때 최대하중에 도달한 후 부재각 0.143일 때 파괴되었다.

스트럿 각도 60°의 Fig. 4 (c)에서 S형 강제댐퍼는 스트럿 높이 270mm인 경우 부재각 0.111일 때 최대하중에 도달한 후 서서히 내력이 감소되어 부재각 0.185일 때 파괴되었다. 높이 200mm인 경우 부재각 0.125일 때 최대하중에 도달하고, 부재각 0.200일 때까지 내력이 서서히 감소하여 파괴되었으며, 높이 140mm인 경우 부재각 0.143일 때 최대하중에 도달한 후 부재각 0.179일 때 급격히 내력이 저하되어 파괴되었다.

스트럿 각도 50°의 Fig. 4 (d)에서 S형 강제댐퍼는 스트럿 높이 270mm인 경우 부재각 0.111일 때 최대하중에 도달하였고, 부재각 0.185일 때 파괴되었다. 높이 200mm인 경우 부재각 0.125일 때 최대하중에 도달 후 부재각 0.200일 때 파괴되었으며, 높이 140mm인 경우 부재각 0.107일 때 최대하중에 도달한 후 부재각 0.143일 때 급격히 내력이 저하되어 파괴되었다. 실험결과 전반적으로 스트럿 높이가 낮을수록 최대하중은 높게 나타났으나, 파괴까지의 반복가력 횟수는 적어지는 것으로 나타났다.

2.2.2 실험체 파괴형상

Fig. 5는 각도 60°의 강제댐퍼 실험체의 파괴형태이고, Table 3은 파괴시 댐퍼의 특성값이다. I형 댐퍼는 대체적으로 각 스트럿의 양단부 중 1개소에만 소성항복거동(Plastic yielding fracture, PY 거동)에 의한 파괴가 발생하였으며, S형 강제댐퍼는 각도와 관계없이 S-270 계열 댐퍼의 스트럿 1~2개를 제외한 모든 댐퍼의 스트럿의 양단부에 소성항복파괴가 발생하였다.

이는 스트럿의 휨좌굴 후 휨소성거동(Buckling yielding

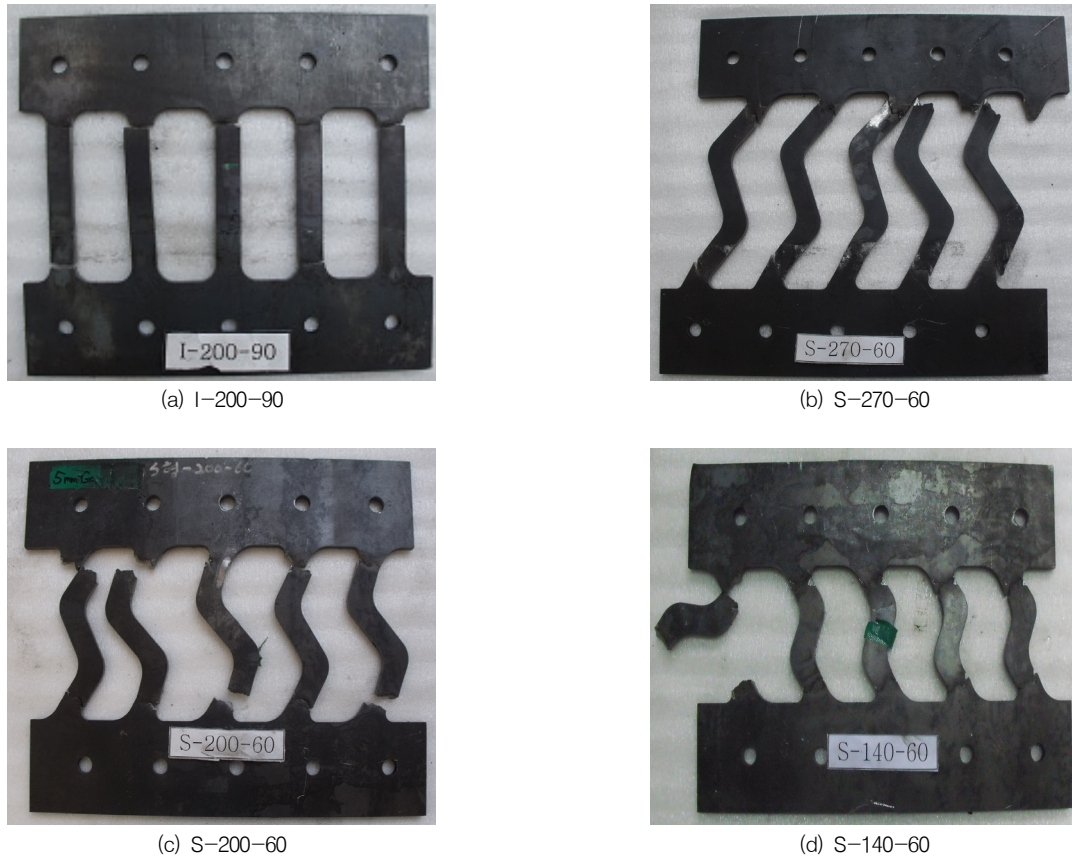


Fig. 5 Fracture shapes of specimens

Table 3 Summary of Fracture shapes of specimens

Specimen name	Final applied load (kN)	Final displacement (mm)	Last step No.	Fracture mode
I-270-90	58.8	39.82	10	Plastic yielding fracture
I-200-90	16.8	19.79	7	Plastic yielding fracture
I-140-90	50.9	15.10	6	Plastic yielding fracture
S-270-70	44.4	49.99	11	Plastic yielding fracture
S-200-70	54.2	29.78	9	Plastic yielding fracture
S-140-70	110.0	20.02	7	Plastic yielding fracture
S-270-60	38.2	50.09	11	Plastic yielding fracture
S-200-60	48.9	39.64	10	Plastic yielding fracture
S-140-60	83.8	24.85	8	Plastic yielding fracture
S-270-50	49.8	39.88	10	Plastic yielding fracture
S-200-50	23.1	40.02	10	Plastic yielding fracture
S-140-50	68.8	19.59	7	Plastic yielding fracture

fracture, BP 거동) 현상이 사라진 것으로써 S형 댐퍼의 스트럿 중간에 있는 절곡부가 스트럿의 좌굴을 방지하는데 기여한 것을 알 수 있다.

2.2.3 실험체 최대 강도 및 변위

실험체의 특성값을 정리한 Table 4에서 최대강도 및 최대변위는 실험결과 얻은 하중변위의 골격부 곡선상에서 얻은 값(A. Benavent-Climent, 2007)을 정리한 것이다. 여기서 항복강도 및 항복변위 값은 Fig. 6과 같이 하중변위 곡선의 초기강성(Ke) 기울기의 3분의 1 값을 갖는 직선과 하중변위 곡선상에서 만나는 점의 접선 a를 구한 후 접선과 초기강성의 직선이 교차하는 점의 값으로 정의하였다. 2차 강성은 항복점과 최대하중과 변위점을 연결한 직선 b의 기울기로 정의하였다.

3. 결과분석

3.1 강도특성

3.1.1 스트럿 높이별 분석

Fig. 7은 스트럿 형태별로 항복강도와 최대강도의 변화를 나타낸다. 댐퍼의 항복강도와 최대강도는 모두 스트럿 높이가 낮아질수록 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 스

Table 4 Results of Experiment

Specimen name	Yielding strength (kN)	Maximum strength (kN)	Yielding displacement (mm)	Maximum displacement (mm)	initial stiffness (kN/mm)	Second stiffness (kN/mm)	Energy dissipated area (kN · mm)
I-270-90	28.0	58.8	1.49	39.82	18.78	0.54	59,691
I-200-90	42.0	68.9	1.49	15.03	28.17	1.55	18,202
I-140-90	74.6	108.0	1.99	10.10	37.47	2.55	14,576
S-270-70	28.7	51.5	2.0	39.53	14.35	0.48	73,373
S-200-70	40.9	68.5	1.54	25.02	26.58	1.13	44,770
S-140-70	71.2	113.6	1.31	14.65	54.36	2.32	38,674
S-270-60	29.2	49.9	1.93	29.89	15.15	0.67	57,593
S-200-60	39.6	76.2	1.28	24.83	30.43	1.16	58,960
S-140-60	76.6	125.4	1.40	20.00	54.71	2.67	54,803
S-270-50	31.6	54.0	1.78	29.62	17.72	0.70	50,786
S-200-50	48.1	78.5	1.69	24.69	28.43	1.11	57,147
S-140-50	81.17	136.0	1.36	15.04	59.65	3.01	38,018

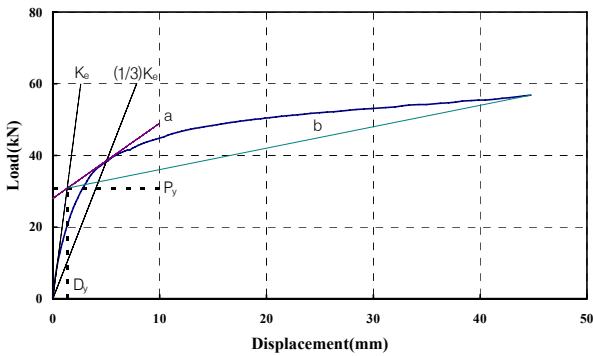


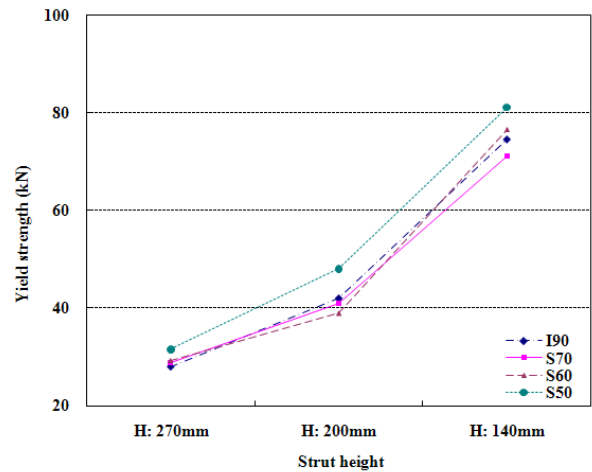
Fig. 6 Yield strength estimation method

트렛 높이가 낮아지면서 스트럿의 거동이 휨소성저항 거동에서 전단력저항 거동(Shear yielding fracture, SP 거동)이 일정부분 기여하면서 변형에 대한 저항능력이 증가하기 때문인 것으로 판단할 수 있다. 특히, 스트럿 높이가 270mm에서 200mm으로 74% 감소할 때 강도는 평균 45%증가 하고, 높이 200mm에서 140mm으로 70% 감소할 때 강도는 평균 79% 증가하는 것으로 나타나 스트럿 높이의 감소비가 큰 만큼 반비례로 강도가 증가하는 경향을 알 수 있다. 따라서 댐퍼의 항복강도와 최대강도는 스트럿 높이 140mm인 경우가 가장 높게 나타났다.

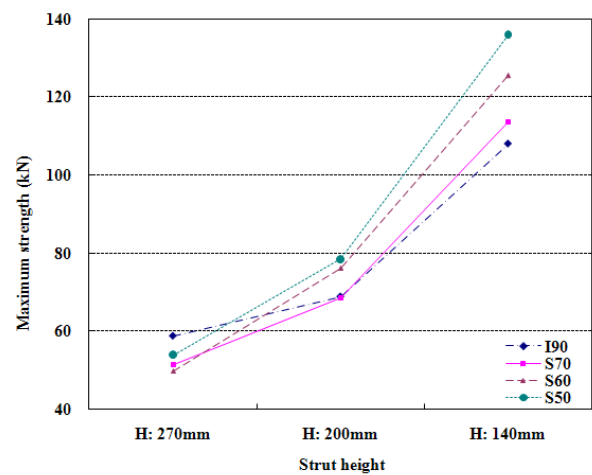
3.1.2 스트럿 각도별 분석

Fig. 8은 위에서부터 스트럿 높이 140mm, 200mm, 270mm을 갖는 댐퍼의 스트럿 각도변화에 따른 강도 변화를 나타낸다.

Fig. 8 (a)의 항복강도는 높이 140mm인 경우 S형 절

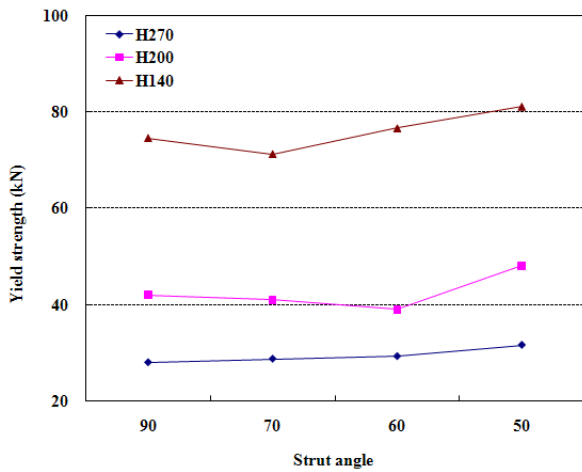


(a) Yield strength

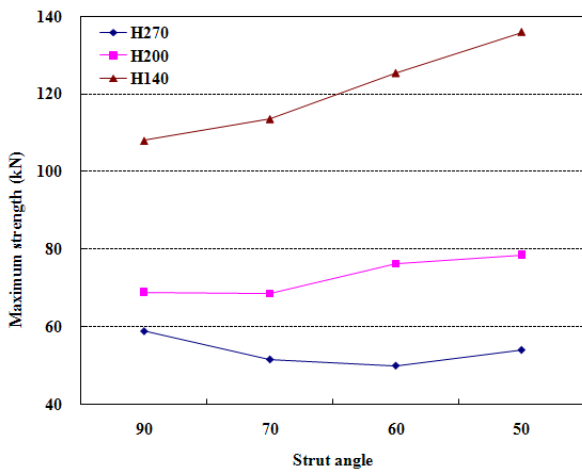


(b) Maximum strength

Fig. 7 Strength by strut height



(a) Yield strength



(b) Maximum strength

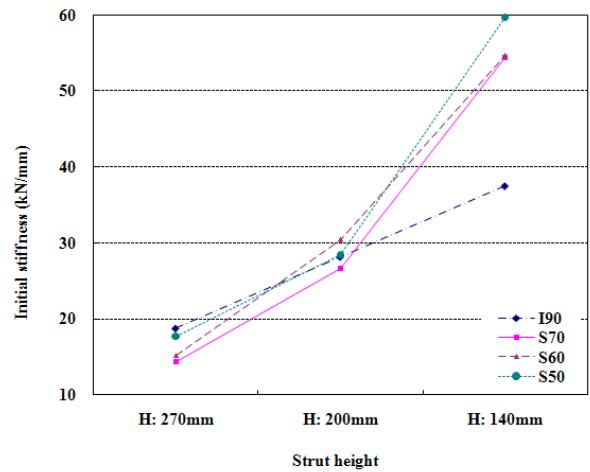
Fig. 8 Strength by strut angle

곡이 형성되는 70°에서 강도저감이 발생한 후 지속적으로 증가하고 있으며, 200mm는 60°까지 미소하게 강도가 감소한 후 50°에서 크게 증가하고, 270mm는 매우 완만한 강도증가의 경향이 나타나고 있어 전체적으로 각도 50°강도가 각도 90°강도보다 크게 나타났다.

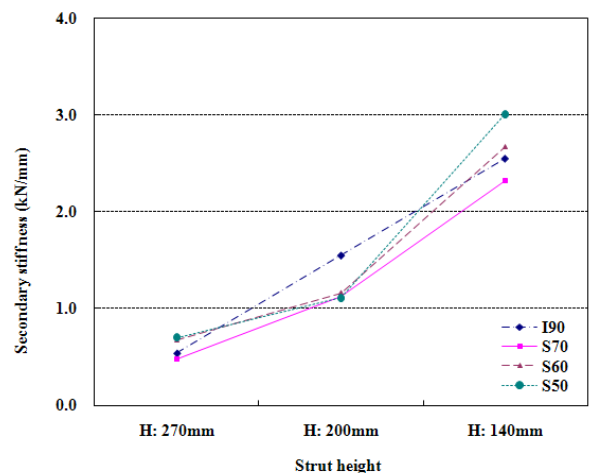
Fig. 8 (b)의 최대강도는 높이 270mm 댐퍼에서 각도 50°강도가 각도 90°보다 적은 강도를 보인 반면, 다른 높이의 댐퍼는 각도 50°에서 강도가 가장 높게 나타났다.

3.2 강성특성

Fig. 9는 각도별로 댐퍼의 스트럿 높이 변화, 즉 각각 74%, 70%의 변화에 따른 강제댐퍼의 강성특성을 나타낸 것이다.



(a) Initial stiffness



(b) Secondary stiffness

Fig. 9 Analysis of stiffness properties

Fig. 9 (a)의 초기강성은 스트럿 높이가 낮아질수록 I형 댐퍼는 각각 50%, 33% 증가하고, S형 댐퍼는 각각 60~100%, 80~110% 증가를 나타내고 있다. 스트럿 높이에 따른 초기강성은 높이 270mm에서는 I형, 높이 200mm에서는 각도 60°의 S형, 높이 140mm에서는 각도 50°의 S형 댐퍼가 가장 높게 나타났다.

Fig. 9 (b)에서 댐퍼의 항복 후 2차 강성은 스트럿 높이가 낮아질수록 I형 댐퍼는 각각 187%, 65% 증가하고, S형 댐퍼는 각각 59~136%, 105~171% 증가를 나타내고 있다. 초기강성과는 달리 2차 강성은 설치되는 건축물의 초기강성보다 낮아야 댐퍼에 변형이 유발되어 에너지를 흡수할 수 있으므로 최대한 기울기가 낮은 것이 효율적인 것이라 할 수 있다. 따라서 2차 강성이 최소가 되는 댐퍼를 높이별로 분류하면, 높이 270mm에서는 70°의 S

형, 높이 200mm에서는 S형 전체, 높이 140mm에서는 각도 50°의 S형 댐퍼가 낮게 나타났다.

한편, S형 댐퍼의 경우 높이 200mm에서 140mm로 변하는 동안 강제댐퍼의 강성이 갑자기 크게 변하는 것을 알 수 있다. 이는 댐퍼의 스트럿 높이가 감소함에 따라 댐퍼의 상하단부와 절곡부가 PY거동과 함께 SY 거동이 수반되고 있는 것으로 판단할 수 있다.

이상과 같이 댐퍼의 초기강성과 2차 강성은 스트럿 높이가 짧아질수록 증가하는 것을 확인되었다.

3.3 강성저하성능평가

Fig. 10은 변위증분 반복가력단계에 대한 강성변화를 나타낸 것이다. Fig. 10의 그래프는 스트럿 높이/폭 비 (H/W 비)로써 세 부분으로 나눌 수 있는데, 위로부터 첫 번째 곡선군은 H/W 비 4.67(스트럿 높이 140mm), 두 번째 곡선군은 H/W 비 6.67(스트럿 높이 200mm), 세 번째 곡선군은 H/W 비 9.00(스트럿 높이 270mm) 구간으로 구분된다.

H/W 비 4.67 구간의 변위단계별 강성저하는 처음부터 파괴될 때까지 급격히 저감하는 양상으로 나타나고 있으며, I형은 최대 15mm 변위를 갖고, S형은 최대 25mm 변위 값을 갖는다.

H/W 비 6.67 구간의 변위단계별 강성저하는 처음부터 4~5 단계 변위까지 급격히 저감한 후 파괴될 때까지 완만히 저감하는 것으로 나타나고 있으며, I형은 20mm 최대변위를 갖고, S형은 최대 40mm 변위 값을 갖는다.

H/W 비 9.00 구간의 변위단계별 강성저하는 초기 1, 2단계만 급격한 강성저감의 기울기를 갖고, 이후 파괴될 때까지 완만히 저감하는 것으로 나타나고 있으며, I형은 40mm 최대변위를 갖고, S형은 최대 50mm 변위 값을 갖는다.

이상의 분석결과, H/W 비 4.67의 댐퍼는 최대변위가 25mm로 나타났으며, I형 댐퍼를 제외한 H/W 비 6.67, H/W 비 9.0의 댐퍼는 최대변위가 40mm~50mm 될 때까지 댐퍼의 강성을 유지하는 것으로 나타났다.

3.4 에너지소산능력평가

Fig. 11의 그래프는 왼쪽부터 첫 번째 4개 막대그래프 군은 H/W 비 9.00, 두 번째 군은 H/W 비 6.67, 세 번째 군은 H/W 비 4.67로 분류되며, 변위단계별로 누적된 에너지소산면적을 나타낸다.

H/W 비 9.00 군에서 H/W 비 4.67 군으로 이동하면서 두 가지 특징이 발견된다. 첫째는 같은 변위단계를 기준하여 H/W 비가 낮을수록 소산된 에너지 값은 높아지고 있으며, 둘째로 댐퍼별 최대변위에서 소산된 최대에너지의 값은 작아지고 있다는 것이다.

특히 소산된 에너지값이 작아지는 경향은 I형의 경우 뚜렷하게 나타나는 반면에 S형의 경우 I형에 비해 그 차이가 크지 않음을 알 수 있다.

동일한 H/W 비를 기준으로 분석하면, H/W 비 9.00과 6.67 댐퍼의 경우 스트럿 각도가 작아질수록 같은 변위단계에서 소산된 에너지 값이 감소하다가 최종 50°에서 약

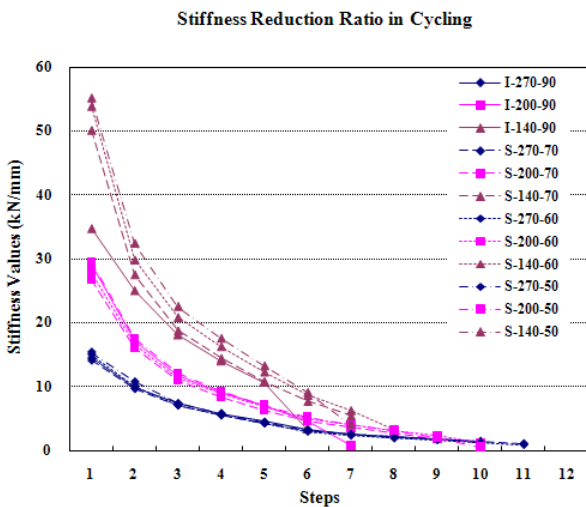


Fig. 10 Stiffness degradation curves

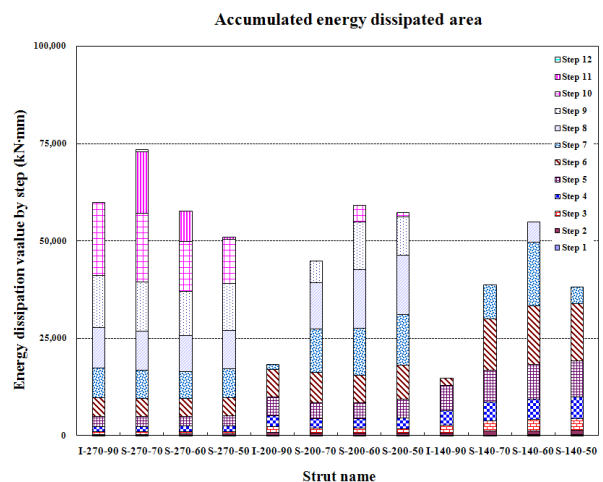


Fig. 11 Accumulated energy dissipated area

간 증가하는데 반하여, H/W 비 4.67 댐퍼는 지속적으로 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 또한 각도 60°S형 댐퍼의 최대에너지소산능력은 스트럿 높이에 크게 영향을 받지 않고 우수한 능력을 보유하고 있는 것으로 나타나고 있다.

또한, 변위단계별 에너지 소산능력은 H/W 비가 작아질수록 커지는 반면에, 최종파괴까지의 변위단계 수는 H/W 비가 커질수록 증가하는 것으로 나타나고 있는데, 이를 통해 스트럿은 H/W 비에 따라 거동의 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 동일 변위단계에서 강재댐퍼에 누적된 에너지가 상대적으로 크다는 것은 단순히 강재의 저항이 일률적으로 한 가지 형태로만 발생하지 않고, 또 다른 저항형태가 있다고 판단할 수 있다.

이와 같이 슬릿형 강재댐퍼에 누적된 에너지소산능력은 Fig. 11에서 I형 댐퍼보다 S형 댐퍼가 우수한 것으로 나타나고 있으며, 특히 스트럿 높이가 낮을수록 스트럿 각도가 60°인 S형 댐퍼가 우수한 것으로 나타났다.

4. 내력특성평가

국내에서 사용되고 있는 강재 댐퍼(오상훈 등, 2005; 오상훈, 2006)의 상세는 Fig. 12와 같다. 댐퍼에 수평하중이 작용할 때, 댐퍼에서는 휨모멘트와 전단력이 발생하는

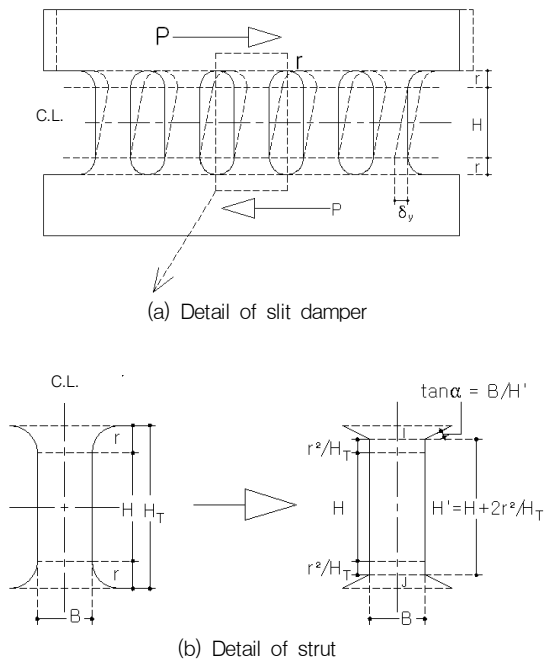


Fig. 12 Detail of I shape damper

다. 따라서 댐퍼의 항복내력은 이 중 작은 값으로 결정되며, 내력식은 다음 식(1), (2), (3)과 같다.

$$Q_y = n \times \min Q_{yb}, Q_{ys} \quad (1)$$

여기서,

n = 플레이트 1장에 포함된 댐퍼의 스트럿개수

Q_{yb} = 댐퍼의 전소성모멘트에 의한 항복내력

$$Q_{yb} = \frac{t \cdot B^2 \cdot \sigma_y}{2H'} \quad (2)$$

Q_{ys} = 전단력에 의한 항복내력

$$Q_{ys} = \frac{2}{3} \frac{t \cdot B \cdot \sigma_y}{\sqrt{3}} \quad (3)$$

t = 댐퍼의 두께, B = 댐퍼의 폭, H : 댐퍼 높이

$$H' = H + 2 \cdot \frac{r^2}{H + 2r}$$

이상의 식을 적용하기 전에 국내 논문(Oh, 2000)과 일본 논문(Shin, 1997)에 의한 댐퍼실험결과를 내력식과 비교한 결과를 Fig. 13에 나타내었는데, 실험결과가 계산결과보다 0.91~2.06 범위에서 전반적으로 높게 평가되는 것으로 나타나고 있다.

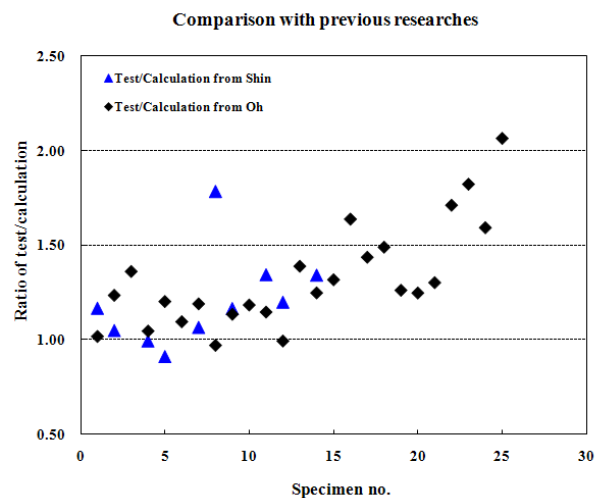


Fig. 13 Comparison of yield strength with previous researches

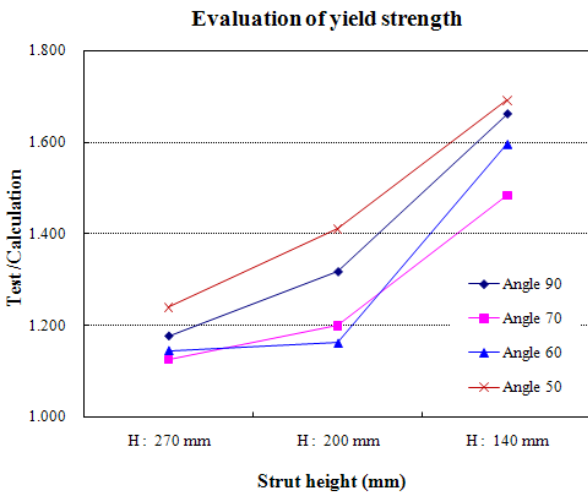


Fig. 14 Evaluation of yield strength

식 (1), (2), (3)을 이용하여 본 연구에 사용한 강제댐퍼의 내력을 산정한 결과, 스트럿 높이 140 mm인 경우 항복내력은 48.0kN, 스트럿 높이 200mm인 경우 항복내력은 34.1kN, 스트럿 높이 270mm인 경우 항복내력은 25.5kN으로 평가되었다. 이 때 사용된 강재의 강도는 재료실험 결과의 평균값을 적용하였다. Fig. 14는 Table 5에 있는 실험체의 항복강도와 내력식 (1), (2), (3)에 의해 계산된 결과의 비를 정리하여 나타낸 것이다. 이에 의하면 실험결과가 내력식 대비 약 10%~69% 정도 크게 평가되는 것을 확인할 수 있다.

스트럿 높이에 따른 강도비의 증가는 H/W 비가 9.00에서 6.67로 감소할 때 1~14% 증가, H/W 비가 6.67에서 4.67로 감소할 때 20~40%까지 증가하는 것으로 나타났다. 특히 H/W 비가 4.67인 모든 스트럿의 강도비가 48% 이상 되고 있는 것은 소성 한지 거동에 전단력 저항 거동의 영향이 다른 스트럿 높이의 실험체에 비해 증가하고 있다는 것을 알 수 있다.

이상과 같이 댐퍼의 실험결과에 따른 항복강도는 스트럿 높이 및 각도에 크게 영향을 받고 있는 것으로 판단할 수 있으며, 강제댐퍼의 항복강도는 실제 설계에 있어 매우 중요한 설계변수이므로, 향후 댐퍼 형상에 따른 항복강도 산정방법에 대한 보완연구가 필요한 것으로 판단된다.

5. 결론

I형 및 S형 댐퍼의 최적 형상에 관한 실험결과 다음과 같은 결론이 도출되었다.

- (1) 강제댐퍼의 스트럿 높이가 작을수록 각 단계별로 항복강도는 최대 79%, 최대강도는 최대 73%, 강성은 최대 109% 증가하는 것으로 평가되었다.
- (2) Fig. 4 및 Fig. 10에서 강제댐퍼의 스트럿 높이가 커질수록 매 부재각별 강성저하의 변화폭이 줄어들고 파괴시까지의 부재각이 증가하는 것으로 나타났고, Fig.12에서 연성능력은 스트럿 높이가 큰 댐퍼가 우수한 것으로 평가되었다.
- (3) 에너지소산능력은 스트럿 높이가 커질수록 변형능력이 커져 우수한 것으로 평가되었으며, H/W 비 9.0에서는 스트럿 각도 70°, H/W 비 6.67 및 4.67에서는 스트럿 각도 60°인 경우가 우수한 것으로 평가되었다.
- (4) 강제댐퍼는 설치되는 구조물보다 크지 않는 적절한 항복강도, 높은 강성, 큰 연성이 요구되며, 이를 기준하여 본 연구에서 분석된 결과, 높이 200mm 각도 60°의 S형 강제댐퍼가 형상적으로 가장 우수한 것으로 나타났다.
- (5) 기존 항복강도 산정식을 이용한 내력과 실험결과를 비교한 결과, 10~70% 범위에서 실험결과가 높게 평가되는 것으로 나타났다. 따라서 현재 사용되고 있는 내력식을 발전시켜 강제댐퍼의 형태적인 변수로써 폭-두께 비, 높이-폭 비, 형태에 따른 소성항복부 수, 스트럿의 각도 등이 고려된 설계식의 제안 등을 위한 보완연구가 필요한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 도시철도표준화 2단계 연구개발사업의 연구비지원 및 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행한 기초연구사업임(No.2011-0006551)

참고문헌

1. 김영훈 외 6인, "전단력과 축력을 받는 강제 슬릿 댐퍼의 종국에너지 흡수능력", 대한건축학회 2000년 학술발표대회 논문집, 제20권 제2호, pp.369-372.
2. 대한건축학회, 건축구조기준 (KBC 2009), 기문당, 2010.
3. 박지형 외 3인, "강제 이력댐퍼의 특성과 댐퍼적용효과 평가 기법에 관한 연구", 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제26권 제1호, 2006, pp.33-36
4. 오상훈 외 4인, "탄소성 이력댐퍼를 부착한 기둥-보 접합부의 이력거동", 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제25권 제

1호, 2005년, pp.635-638.

5. 오상훈, 강제댐퍼를 이용한 제진구조의 성능 및 내진설계법, 한국면진제진협회 기술강습회 자료집, 2006, pp.11-35.

6. 이현호, 김세일, "건축구조물의 내진성능 향상을 위한 강제댐퍼 형상 및 이력거동", 구조물진단학회, vol. 14, No. 3, 2010. pp.123-130.

7. 泰雅史 외 3인, "極低降伏点鋼用いたエネルギー吸収ダンパーに關する研究(その1 基本特性)", 日本建築學會大會學術講演概要集, 1997, pp.853-854.

8. A. Benavent-Climent, "An energy-based damage model for seismic response of steel structures", EARTHQUAKE

ENGINEERING AND STRUCTURAL DYNAMICS, vol. 36, 2007, pp.1049-1064.

9. T. T. Soong, G. F. Dargush, "Passive Energy Dissipation Systems in Structural Engineering", John Wiley & Sons, 1997, pp.35-81.

(접수일자 : 2011년 3월 22일)
 (수정일자 : 2011년 5월 24일)
 (심사완료일자 : 2011년 6월 2일)

요 지

본 연구의 목적은 강제댐퍼 면내에 형성되는 슬릿 형상이 댐퍼의 강도 및 변형 능력에 미치는 영향을 평가하는데 있다. 이를 위하여 댐퍼 스트럿의 높이 및 각도에 대한 실험체 12개를 만들어 전단실험을 수행하였다. 분석결과, 댐퍼의 초기강성, 항복강도 및 항복 후 2차강성의 크기를 고려할 때 스트럿 높이가 200mm이고, 스트럿 각도 60°인 S형 강제댐퍼의 내진성능이 가장 우수한 것으로 평가되었다. 또한 기존내력식을 이용한 댐퍼의 항복강도 비교결과, 내력식의 결과보다 실험 결과값이 크게 나와 댐퍼의 항복강도는 스트럿높이, 스트럿각도 등의 크기정도에 지배 받는 것으로 나타났다.

핵심 용어 : S형 강제댐퍼, 슬릿형상, 스트럿 높이, 스트럿 각도, 내진성능