

# RC 골조에 보강된 강재프레임과 강재댐퍼의 성능 평가

## Performance Evaluation of Steel Frame and Steel Damper Reinforced in RC frame

이 현 호\*

Lee, Hyun-Ho

### Abstract

In this study, the performance evaluation of the RC frame specimen (RV2) which was strengthened by a steel frame and a steel damper with the lateral deformation prevention details proceeded. The comparison objects are bare frame specimen (BF), RV2 and AWD, where AWD is a specimen reinforced with steel damper and aramid fiber sheets. In the evaluation of envelope curve, stiffness degradation, and energy dissipation capacity, RV2 was evaluated to have excellent capacity as a whole. To evaluate the strengthening effect of the steel frame based on the maximum strength and energy dissipation capacity, it was evaluated to have a 38% of the RV2's capacity.

**Keywords :** Steel frame, Steel damper, Lateral deformation prevention detail, Bare frame, Aramid fiber sheet

## 1. 서론

2016년 경주지진, 2017년 포항지진 이후 기존 공공 시설의 내진보강이 지속적으로 이루어지고 있으며, 2021년에는 모든 공공 시설물에 대한 내진율 72%까지 내진성능을 확보하였다. 이러한 내진율 상승에 있어 학교시설은 1,399개소에 총 2,771억원이 투입되어 가장 많은 내진보강이 이루어지고 있다. 학교 시설물은 기둥과 보로 이루어진 골조 구조물로, 내진보강은 강재프레임과 강재댐퍼가 적용된 공법이 많이 사용되고 있으며, 최근에는 강재프레임이 적용된 공법이 많이 사용되고 있다.

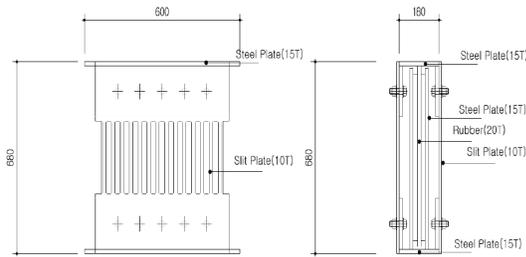
따라서 본 연구에서는 RC골조를 대상으로 비보강 성능실험결과 및 강재프레임과 강재댐퍼, 아라미드 섬유 시트 및 강재댐퍼로 보강한 성능실험 결과를 상호 평가하여 강재프레임 및 강재댐퍼, 그리고 강재프레임의 보강효과를 평가하고자 한다. 이로부터 강재댐퍼의 보강효과, 강재프레임의 보강효과 등을 평가하고자 한다. 성능 평가는 3개 실험체를 대상으로 진행되며, 본 논문 작성

시 제작한 보강 실험체 및 기 실험된 비보강 실험체 1개, 보강 실험체 1개의 실험결과를 상호 비교한다.

## 2. 기존 연구

Lee et al.(2022)<sup>1)</sup>은 <Fig. 1>과 같은 고감쇠고무와 강재슬릿이 결합된 하이브리드 댐퍼의 구조성능 실험결과를 발표하였는데, 고감쇠 고무와 강재슬릿이 병렬 결합된 하이브리드 댐퍼를 개발한 것이다. 건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00)<sup>2)</sup> 및 학교시설 내진성능평가 및 보강 매뉴얼(MOE 2021)<sup>3)</sup>에 의한 변위 의존성 평가를 진행하여 기준의 표준요구성능을 만족하는 것을 확인하였다. 또한 2층 실물골조실험을 진행하였으며, 실험결과 허용층간변형률을 만족하는 것으로 평가되었다. 또한 비보강 실험체 대비 내부끼움형 보강실험체가 2.55배 누적 에너지 소산량이 증가함을 제시하였다.

\* 교신저자, 동양대학교 건축소방안전학과 교수, 공학박사  
Dept. of Architecture & Fire Safety, Dongyang University  
Tel: 054-630-1165 Fax: 054-630-1371  
E-mail : hhlee@dyu.ac.kr



〈Fig. 1〉 Hybrid damper combining with high damping rubber and steel slit<sup>1)</sup>



(a) OMF-N (b) OMF-ALL(H)

〈Fig. 2〉 Final failure shape<sup>4)</sup>

Yoo and Choi(2022)<sup>4)</sup>는 〈Fig. 2〉와 같은 비내진 상세를 가진 2층 골조의 내진보강공법으로 벽체형 마찰댐퍼(WFD)를 사용한 성능실험을 진행하였다. 또한 골조의 전단파괴와 감쇠장치의 충분한 성능발현을 위하여 골조 내부를 H형강으로 보강하였다. 준정적반복가력 실험결과, 최대내력, 에너지소산능력, 연성의 측면에서 WFD의 내진보강효과가 유효한 것으로 평가하였다.

Lee(2021)<sup>5)</sup>은 기존 강관댐퍼의 일방향성에 따른 횡좌굴을 방지하고자, 기존 특허 자료를 검토하여 횡변형 방지 상세를 적용한 강재댐퍼의 성능 실험을 진행하였다. 그 결과 동일한 조건의 상세 없는 실험체 대비 최대 모멘트는 1.22배, 최대변위비는 2.41배 증가하는 것으로 평가하였다. 또한 에너지 소산능력도 1.39배 증가하여 횡변형 방지 상세 적용이 댐퍼의 성능 향상 증진에 효과적임을 보여주었다.

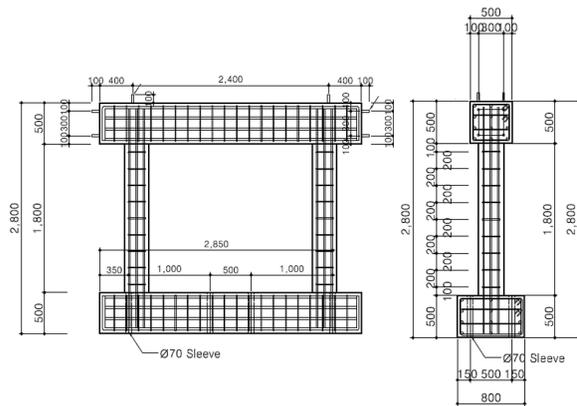
본 연구에서는 이상과 같이 비보강 골조 대비 강재프레임 및 강재댐퍼 보강 골조의 성능 증진 효과, 강재프레임의 보강 기여도를 평가하고자 하며, 사정상 본 연구

에서 수행하기 어려운 실험결과는 동일 조건의 기존 연구결과를 활용하여 가능한 범위 내에서 비교 평가를 진행하였다.

### 3. 성능 실험

#### 3.1 실험체 제작 및 셋팅

본 연구의 선행 연구<sup>6)</sup>에서 실험한 비보강 골조 실험결과와 비교하기 위하여, 기존 연구에 사용한 동일한 크기의 RC 골조 실험체를 계획하였으며, 기둥 높이는 1.8m로, 기둥 순 간격은 2.0m로 제작하였다. 〈Fig. 3〉과 같이 기둥 크기는 300×300mm이며, 주근은 8개의 D16이며, 스티럽은 D10을 200mm 간격으로 배근하였다. 철근의 항복강도는 400MPa이며, 콘크리트의 설계압축강도는 24MPa로 계획하였다. RC 골조의 가력보와 바닥에 고정하기 위한 기초는 수평하중 가력시 손상이나 들뜸이 없도록 충분한 강성을 가지도록 설계하였다.



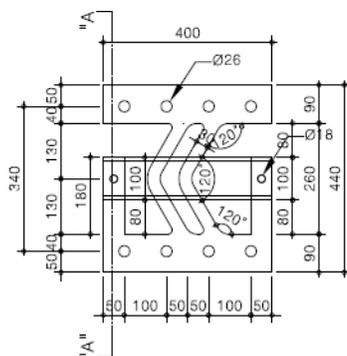
〈Fig. 3〉 Specimen detail

200×200×8×12mm인 H형강으로 RC 골조 내부를 보강하였으며, 적용 댐퍼는 기존 연구<sup>5)</sup>에서 성능이 검증된 횡변형 방지 상세 적용 꺾쇠형 댐퍼를 사용하였다(〈Fig. 4〉 참조). 꺾쇠형 스트럿의 폭은 30mm, 두께는 12mm, 수직 높이는 260mm로 계획하였으며, SS 275 강종을 사용하였다. 본 연구에 적용한 실험체는 〈Table 1〉과 같이 강재프레임 및 강재댐퍼가 설치된 RV2 및 기존 연구의 비보강 실험체 BF 이다. 또한 강재프레임 없이 강재

댐퍼만 사용한 AWD 기준 실험결과도 사용하여 강재프레임 보강효과를 평가하였다. RV2 실험체에서 댐퍼는 골조 내부 하단에 설치하기 위하여 강판 벽 하부에 설치하였으며, 강판 벽은 골조 내부 상부에 충분히 안전하게 고정하였다. 댐퍼는 강판 벽 하부 좌우에 각각 1개씩 설치하였으며, 댐퍼의 수평 거동이 원활하도록 댐퍼와 댐퍼 사이에 한지를 설치하였다. 이러한 실험체 설치 방법은 <Fig. 5>에 자세히 나타내었다. 또한 AWD 실험체에서 댐퍼가 충분한 강성 및 변형능력을 확보하기 위하여 기둥을 아라미드 섬유 시트로 황구속하였다. 즉 아라미드 섬유 시트 보강은 강성에 큰 영향을 미치지 않고 변형능력증진에 초점을 맞춘 공법으로 사용한 것이다.

<Table 1> Specimen list

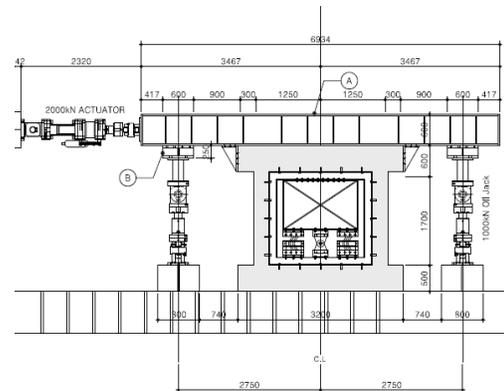
Specimen name	Description
BF	Bare frame (No strengthening)
RV2	Bare frame + Steel frame + Steel damper
AWD	Bare frame + Aramid fiber sheet + Steel damper



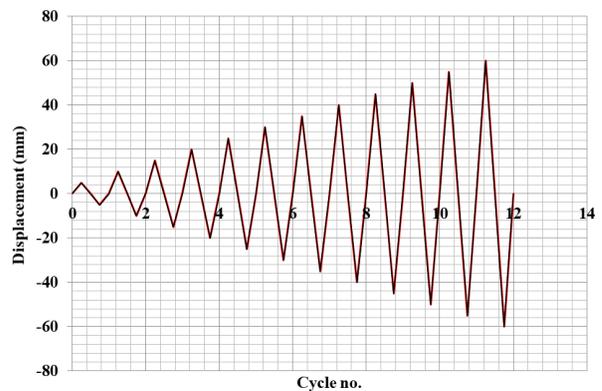
<Fig. 4> Clamped type steel damper detail

실제 조건과 유사하도록 실험체에 축력을 작용하였으며, 축력은 기둥 능력의 10%에 해당하는 600 kN을 각각 1,000kN의 오일잭이 300kN씩 부담하도록 하였다. 횡 가력은 2,000kN 용량 및 ±250mm의 스트로크 가지는 액츄에이터를 사용하였다. <Fig. 6>과 같이 횡 가력은 수평 변위를 5mm씩 점증적으로 증분하여 진행하였다. 변형도를 측정하기 위하여 실험체 골조의 주근 및

띠철근에 스트레인 게이지를 부착하였으며, 콘크리트 표면에도 스트레인 게이지를 부착하였다. 또한 강재댐퍼 스트럿에도 스트레인 게이지를 부착하였다.



<Fig. 5> Test setting



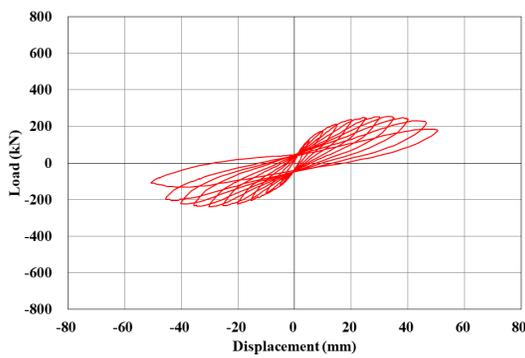
<Fig. 6> Loading history

### 3.2 실험 결과

<Table 2>에 각 실험체별 재료 시험결과를 나타냈는데, 콘크리트는 동일 업체에서 제작하였음에도 불구하고 설계강도 보다 적게 제작되었는데, 그래도 강도의 편차는 없는 것으로 평가되었다. D10, D16 철근의 항복강도 및 인장강도는 적절한 것으로 평가되었다. 그렇지만 강재 댐퍼의 항복 및 인장강도는 실험체 별 차이가 있었는데, 이는 소량 주문에 의한 제작 업체의 강종 혼동에 의한 것으로 판단된다. 또한 이는 강재 사용에 따른 유의 사항을 아울러 제시한 것으로 판단되므로, 강재 사용시 신중한 선택이 필요할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 이를 일반화하여 평가하는 것이 어려울 것으로 판단되어, 결과 그대로 적용하였다.

〈Table 2〉 Material test results (unit : MPa)

Name	Compressive strength	Yield strength			Tensile strength		
		D16	D10	Steel damper	D16	D10	Steel damper
BF	21.9	468	513	-	608	637	-
RV2	22.0	456	470	222	597	592	311
AWD	21.2	527	501	357	634	63	498



(a) Load-displacement curve



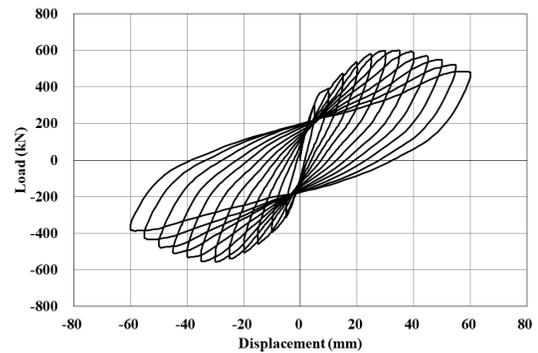
(b) Failure shape

〈Fig. 7〉 Test results of BF<sup>(6)</sup>

본 연구에 사용한 비보강 실험체인 BF는 기존 연구 결과<sup>(6)</sup>를 적용한 것인데, 〈Fig. 7〉에 하중-변위 곡선을 나타내었다. 이에 의하면 정가력시 최대하중 253.3kN, 이때의 변위는 34.9mm로 나타났다. 부가력시 최대하중 -237.0kN에 도달하였으며, 이때의 변위는 -34.6mm로 나타났다. 최대하중을 지나자마자 급격하게 실험체의 강도가 저하되어 파괴에 도달하였다. 이는 〈Fig. 7〉에서도 알 수 있는데, 기둥 상하단에 응력이 집중되어, 소성 거동을 보이기도 전에 기둥 주근이 좌굴되어 종국 파괴

에 도달한 것으로 판단된다.

강재프레임 및 강재댐퍼를 부착한 RV2 실험체는 실험체 중앙 하단에 설치한 힌지를 중심으로 좌우 댐퍼가 같이 거동하면서 가력방향댐퍼와 가력반대방향 댐퍼는 인장, 압축 하중을 교대로 받으면서 실험이 진행되었다. 정가력시 최대하중 601.0kN, 이때의 변위는 35.0mm로 나타났다. 부가력 시 최대하중 -555.2kN, 이때의 변위는 -34.6mm로 나타났으며, 실험체의 하중-변위 곡선을 〈Fig. 8〉에 나타내었다.



(a) Load-displacement curve



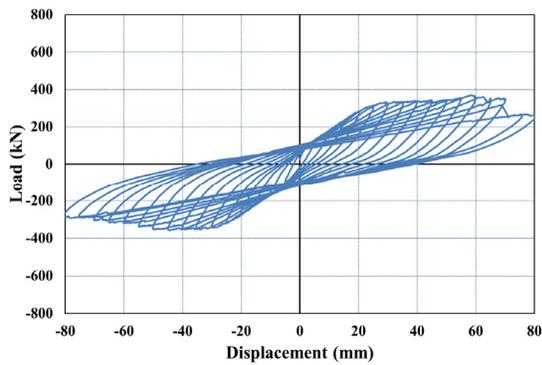
(b) Failure shape

〈Fig. 8〉 Test results of RV2

RV2 실험체의 파괴 양상은 횡하중이 증가함에 따라 RC 기둥이 힘을 받다가, 이후 댐퍼 및 강재프레임이 저항하는 기구를 보였다. 최대하중 도달이후 강재댐퍼가 변형함과 동시에 RC 기둥 주철근의 콘크리트 피복이 탈락하면서 주근이 좌굴되어 최종 파괴에 도달하는 것으로 확인되었다.

강재프레임의 보강효과를 평가하기 위해 유사한 기준

연구결과를 활용하였다. Lee(2018)<sup>7)</sup>은 본연구와 동일한 조건의 RC골조 기둥을 아라미드 섬유 시트로 감싸고, S형 강재 댐퍼를 사용한 실험결과를 발표하였다. 실험체명은 AWD이며, AWD가 RV2와 다른 것은 골조 내부 강재프레임 보강이 없는 대신 연성능력을 증진시키기 위하여 기둥을 아라미드 섬유 시트로 감싼 것이고, 댐퍼의 형상은 S형인 것이다. 그렇지만 기존 연구에서는 꺾쇠형과 S형 댐퍼가 거의 유사한 거동을 보여, 본 연구에 적용하였다. 또한 강재댐퍼의 스트럿 개수는 4개로 동일하고, 크기 및 제원도 동일하다. AWD 실험결과, 정가력에서 최대하중 368.2kN (변위 58.3mm), 부가력에서 최대하중 -358.2kN (변위 -44.6mm)로 나타났다. <Fig. 9>에 나타난 파괴양상을 보면 댐퍼에 변형이 집중되어 최종파괴에 도달함을 확인할 수 있었다.



(a) Load-displacement curve



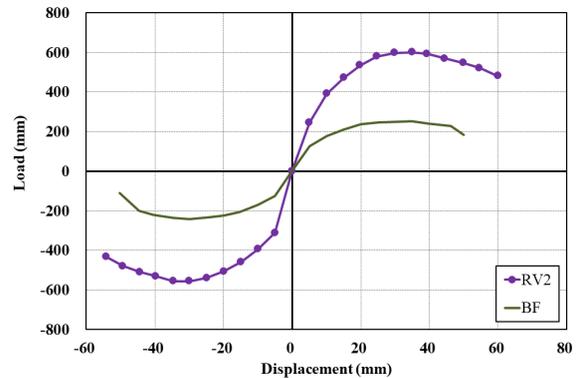
(b) Failure shape

<Fig. 9> Test results of AWD<sup>7)</sup>

## 4. 강재프레임 및 강재댐퍼 보강 효과

### 4.1 포락선

본 포락선 비교에서는 <Table 1>에 기술한 비보강 실험체 BF의 실험결과와 강재 프레임 및 강재댐퍼를 부착한 RV2의 실험결과를 적용하였다. <Fig. 10>에 포락선 비교 결과를 나타내었는데, RV2가 2배 이상의 최대강도 능력을 보유한 것을 확인할 수 있었다. 즉 정가력시 최대강도는 2.37배, 부가력시 최대강도는 2.34배 RV2 보유 내력이 우수함을 확인할 수 있었다. 비보강, 보강 구분 없이 최대강도 발현시 수평변위는 35mm 전후로 나타났다.



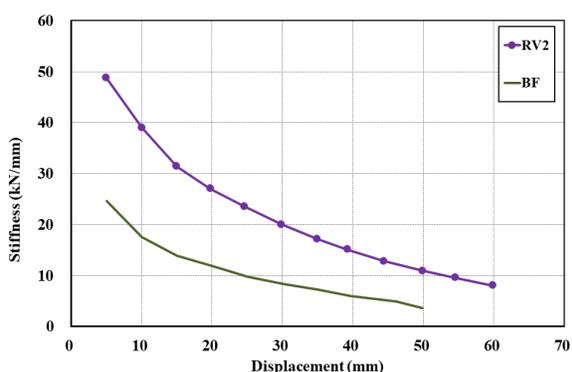
<Fig. 10> Envelope curve comparison

실험 종료시까지 RV2는 400kN 이상의 내력을 보유한 것으로 평가된 반면, BF는 200kN 이하의 내력을 보유한 것으로 평가되어, 구조적 안전성에 있어서 강재프레임과 강재댐퍼를 부착한 RV2의 내력 성능이 월등히 우수한 것으로 평가되었다. 또한 RV2는 정가력시 60mm까지 수평변위가 발생하여, 충분한 변위 저항 능력을 보유한 것으로 확인되었다. 이상과 같이 비보강 대비 RV2의 강도 및 변형 능력 증진은 강재 프레임 및 댐퍼의 보강 효과에 의한 것으로 평가되었다.

### 4.2 강성저하

각 실험체별 정가력시 강성저하를 <Fig. 11>에 정리하였다. 여기서 강성은 원점과 각 사이클별 최대하중을

연결한 직선의 기울기로 산정하였다. 최대강도가 크게 나타난 RV2의 강성저하가 BF대비 변위 30mm 전후까지 큰 것으로 평가되었다. 최대강도 발현시인 변위 35mm인 경우, BF의 강성은 7.26kN/mm, RV2의 강성은 17.2kN/mm로 평가되어, 보강실험체의 강성이 비보강 대비 2.37배 큰 것으로 우수한 강성보유 능력을 확인하였다. 수평변위 60mm인 경우, RV2는 8.02kN/mm의 강성을 보유하여, BF 최대강도시의 강성보다 큰 강성을 보유한 것으로 평가되었다.

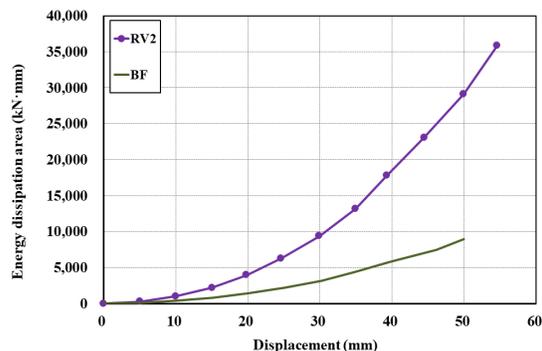


〈Fig. 11〉 Stiffness degradation comparison (+ cycle)

### 4.3 에너지소산능력

수평하중 가력시 측정된 하중-변위 곡선을 면적으로 정리한 각 사이클별 누적 에너지소산능력을 〈Fig. 12〉에 나타내었다. 포락선 및 강성저하 비교에서도 알 수 있듯이 보강실험체인 RV2의 에너지소산능력이 월등히 우수한 것을 확인할 수 있었다. 최대 하중 발현시인 변위 35mm인 경우, BF의 에너지소산량은 4,368kN·mm, RV2의 소산량은 13,187kN·mm로 나타났다. 이로부터 RV2가 BF대비 3.02배의 우수한 에너지소산능력을 보유한 것으로 평가되었다. 가력변위 55mm에 대하여 RV2의 에너지소산량은 35,868kN·mm로 평가되어 우수한 지진에너지 흡수 능력을 확인할 수 있었다.

이상의 포락선, 강성저하, 에너지 소산 능력 평가 결과로 부터, 강재프레임 및 강재댐퍼 적용한 실험체인 RV2가 우수한 강도, 변형 및 에너지 소산능력을 보유한 것을 확인할 수 있었다.



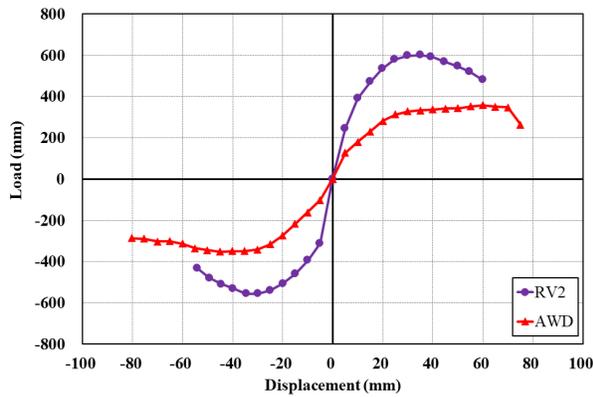
〈Fig. 12〉 Energy dissipation area comparison

## 5. 강재프레임 보강 효과

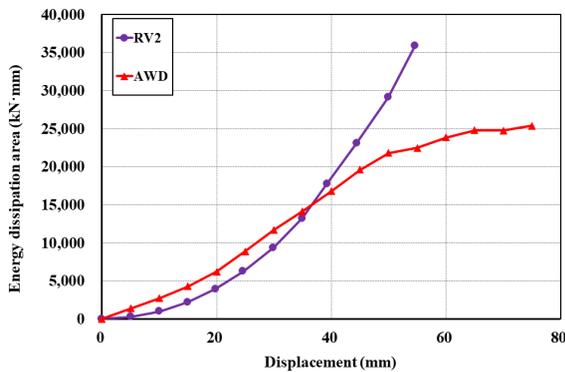
### 5.1 포락선 및 에너지소산능력

4장에는 비보강 실험체 대비, 강재프레임 및 강재댐퍼를 적용한 RV2의 우수한 보강 효과를 확인하였다. 본 장에서는 골조 보강시 적용된 강재 프레임 유무에 따른 보강 효과를 평가하고자 한다. 이는 강재프레임 및 강재댐퍼 보강에서 강재프레임의 기여도를 평가하기 위함이다. 본 연구에서는 사정상, 비교 실험체를 제작하지 못하기 때문에, 본 연구와 유사한 기존 연구의 실험체 AWD<sup>7)</sup>를 활용하였다. 여기서 비교 대상은 RV2 및 AWD의 실험결과이다.

〈Fig. 13〉에 RV2 및 AWD의 포락선 비교 결과를 나타내었는데, RV2가 약 1.6배 이상의 최대강도 능력을 보유한 것을 확인할 수 있었다. 즉 정가력시 최대강도는 1.63배, 부가력시 최대강도는 1.55배 RV2 보유 내력이 우수한 것으로 평가되었다. RV2의 최대강도 발현시 수평변위는 35mm 전후로 나타났으며, AWD의 최대강도 발현시 수평변위는 정가력시 58.3mm, 부가력시 44.6mm로 측정되어, 최대강도 발현이 RV2보다 큰 수평변위에서 발생하였다. RV2는 골조내부에 설치한 강재프레임이 수평변위를 잡아주어서 상대적으로 적은 수평변위에서 최대하중이 나타난 것임을 알 수 있었으며, AWD는 아라미드 섬유 시트로 구속된 RC기둥의 횡변형 성능이 증진되어 수평변위가 증가하면서 점차적으로 최대하중에 도달한 것으로 판단된다. 이상의 결과로부터 강재프레임과 댐퍼를 설치한 보강은 강성보강의 개념으로, 아라미드 섬유 시트로 기둥을 보강한 경우는 연성보강의 개념으로 보강 목표를 잡는 것이 적절한 것으로 판단된다.



〈Fig. 13〉 Envelope curve comparison of RV2 & AWD



〈Fig. 14〉 Energy dissipation area comparison of RV2 & AWD

각 실험체의 사이클별 누적 에너지소산능력을 〈Fig.14〉에 나타내었다. 수평 변위 35mm를 변곡점으로, 35mm 이전에는 AWD의 에너지소산능력이 약간 큰 것으로 나타났으며, 변곡점을 지나서는 RV2의 에너지소산능력이 점차적으로 커지는 것으로 평가되었다. 수평 변위 55mm인 경우, RV2가 AWD 대비 1.6배 큰 것으로 평가되어, 강재프레임 및 댐퍼 보강의 에너지소산능력이 우수한 것으로 판단된다. 수평 변위 60mm 이후, AWD의 에너지소산능력은 큰 증가 없이 일정하게 발휘되는 것으로 나타났는데, 이는 RC기둥의 아라미드 섬유 시트 구속 효과로 판단된다. 그렇지만 갑작스런 아라미드 섬유 시트의 파단은 기둥의 중력하중 지지력을 취성적으로 상실할 수 있으므로 섬세한 주의가 필요한 것으로 판단된다.

## 5.2 강재 프레임 보강 효과

이상의 연구결과로부터 강재프레임의 보강 효과를 평가하였다. 그 방법으로 최대강도 및 에너지소산면적의 차를 이용하였다. 강재프레임과 댐퍼로 보강한 RV2의 실험결과에서 강재댐퍼만 보강한 AWD의 실험결과를 빼는 방법인 것이다(〈Table 3〉 참조). 대상은 정가력시 최대강도 및 수평 변위 55mm시의 에너지소산능력으로 한정하였다.

〈Table 3〉 Test results

Name	Max. Load (kN)	Energy dissipation area [kN · mm]
RV2 ①	601.0	35,868
AWD	368.2	22,467
RV2-AWD ②	232.8	13,401
②/①×100 = %	38.7	37.4

〈Table 3〉에 의하면, 프레임의 보강효과는 ②번에서 확인할 수 있으며, 최대하중시는 232.8kN, 에너지는 13,401kN·mm로 산정되었다. 이를 ①번에 대한 비로 계산하면 강재프레임 보강효과를 산정할 수 있는데, RV2 보유 능력의 약 38% 보강효과가 있는 것으로 평가할 수 있었다. 또한 〈Table 3〉의 강재프레임 보강 효과에 비보강 실험체 BF의 결과를 제하면, 댐퍼의 보강효과를 산정할 수 있는데, RV2 내력의 약 20%에 해당하는 것으로 계산되었다. 그렇지만 매우 제한된 실험결과에 근거한 것이므로 자세한 평가는 보다 많은 연구 결과를 근거로 제시하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

## 6. 결론

본 연구에서는 강재프레임 및 강재댐퍼가 부착된 RC 골조 실험체의 성능 평가를 비보강 골조 실험체 및 강재댐퍼와 아라미드 섬유 시트로 기둥 보강한 실험체와 비교·평가하였다.

1) 비보강 실험체 BF의 실험결과와 강재프레임 및 강재댐퍼를 부착한 RV2의 실험결과 및 포락선 평가 결과, RV2가 2배 이상의 최대강도 능력을 보유한 것을 확인할 수 있었다. 최대강도 발현시인 변위 35mm인 경우,

보강실험체의 강성이 비보강 대비 2.37배 큰 것으로 산정되어, 우수한 강성 보유 능력을 확인하였다. 또한 변위 35mm인 경우, RV2가 BF대비 3.02배의 우수한 에너지 소산능력을 보유한 것으로 평가되었다.

2) 골조 보강시 설치한 강재 프레임 유무에 따른 강재프레임의 보강효과를 평가하였으며, 강재프레임과 댐퍼 보강된 RV2와 강재댐퍼로 보강된 AWD를 대상으로 하였다. 최대강도 및 수평 변위 55mm시의 에너지소산능력을 근거로 강재프레임 보강효과를 평가한 결과, RV2 보유 능력의 약 38% 강재프레임 보강효과가 있는 것으로 평가되었다.

3) 또한 강재프레임 보강 효과에 비보강 실험체 BF의 결과를 제하면, 댐퍼의 보강효과를 산정할 수 있는데, RV2 내력의 약 20%에 해당하는 것으로 산정되었다. 그렇지만 이상의 연구 결과는 매우 제한된 실험결과에 근거한 것이므로 자세한 평가는 보다 많은 연구 결과를 근거로 제시하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

### 감사의 글

이 논문은 2022년도 동양대학교 학술연구비의 지원으로 수행되었음

### References

1. Lee, J. H., Park, B. T., and Km, Y. S., "Experimental structural performance evaluation of hybrid damper combining with high damping rubber and steel slit", Journal of the Korean Association for Spatial Structures, Vol.22, No.4, pp.23~30, 2022, doi: 10.9712/KASS.2022.22.4.23
2. Architectural Institute of Korea, "Seismic Building Design Code and Commentary : KDS 41 17 00", pp.136~139, 2019.
3. Ministry of Education, "Seismic Performance Evaluation and Reinforcement Manual for School Facilities", pp.97, 2021.
4. Yoo, C. G., & Choi C. S., "An experimental study on seismic performance of two-story reinforced concrete frames retrofitted with internal steel frame and wall type friction damper", Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol.26, No.6, pp.64~72, 2022, doi: 10.11112/jksmi.2022.26.6.64
5. Lee, H. H., "The effect of preventing lateral deformation of the clamp type steel damper in rocking behavior ", Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol.25, No.5, pp.141~148, 2021, doi: 10.11112/jksmi.2021.25.5.141
6. Lee, H. H., "Capacity development of existing frame by aramid sheet and energy dissipation device", Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol.19, No.5, pp.112-119, 2015, doi: 10.11112/jksmi.2015.19.5.112
7. Lee, H. H., "Hysteretic behavior of steel damper for the lateral displacement control", Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol.22, No.3, pp.46-52, 2018, doi: 10.11112/jksmi.2018.22.3.046

- Received : January 30, 2023
- Revised : February 24, 2023
- Accepted : March 02, 2023