Journal of the Korea Concrete Institute
Vol. 27, No. 6, pp. 625~632, December, 2015
http://dx.doi.org/10.4334/JKCI.2015.27.6.625

pISSN 1229-5515
eISSN 2234-2842

CBD 시스템으로 보강된 비내진 RC 골조의 내진성능 평가

허무원 [1] · **이상현** [1] · **천영수** [2]*

[1]단국대학교 건축공학과 [2]한국토지주택연구원

Seismic Capacity of Non-seismic Designed RC Framed Building Retrofitted by CBD System

Moo-Won Hur,[1] Sang-Hyun Lee,[1] and Young-Soo Chun[2]*

[1] Department of Architectural Engineering, Dan-kook University, Yongin 16890, Rep. of Korea

[2]Land & Housing Institute, Daejeon 34047, Rep. of Korea

ABSTRACT In this study, a comparative analysis have been conducted to examine seismic reinforcement effect of a school building that is designed with a CBD (Channel Beam Damper) system supported by H-frame with existing non-seismic RC frame. As a result of experiment, seismic reinforcement specimen with CBD system showed hysteretic characteristics of a large ellipse with great energy dissipation ability and increased strength and stiffness, while non-seismic design specimen showed rapid reduction in strength and brittle shear failure at top and bottom of the left and right column. In addition, comparing the stiffness reduction between the two specimens, CBD system was effective in preventing the reduction of stiffness. Energy dissipation ability of specimen reinforced by CBD system was about 4.0 times higher than the non-reinforced specimen. Such enhancement in energy dissipation ability could be considered as the result of improved strength and deformation for further application in designing of seismic reinforcement.

Keywords : CBD system, strength degradation, stiffness degradation, energy disspation, strain distribution

1. 서 론

최근 들어 아시아 지역에 대규모 지진이 다수 발생하여 막대한 인명피해와 경제적 손실을 초래하였다. 이들 피해의 원인은 대부분 내진성능이 부족한 저층 철근콘크리트구조물에서 발생한 것으로 조사되었다. 이러한 사례들을 통해 우리나라도 지진에 대해 안전지대가 될 수 없다는 인식이 확대되고 있으며, 내진기준이 제정되기 이전에 지어진 저층 철근콘크리트 건물과 같이 내진성능이 의문 시 되는 구조물을 대상으로 지진 발생 시 대규모 인명피해 및 경제적 손실이 발생할 수 있다는 우려가 증가하고 있다.

이에 따라 국내에서도 지진피해를 줄일 수 있는 다양한 내진보강 방법들이 제시되고 있으며, 그 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 최근 들어 내진보강 방법 중 지진으로부터 발생하는 에너지를 효과적으로 소산할 수 있는 제진구조로 내진보강을 하는 사례가 증가하고 있다.

제진구조는 지진에 경험이 많은 미국 및 일본 등 외국에서는 실무에서 널리 활용되고 있는 구조로서 지진다발지역의 경우 초기 설치비용 및 지진 후 복구비용이 적게 든다는 이점이 있어 중·약진 지역에서 특히 많이 활용되는 구조이다. 최근 국내에서도 제진구조에 대한 필요성이 대두되면서 내진보강 및 신축 등 제진구조를 도입한 건물들이 다수 건설되고 있는 실정이며, 이러한 제진구조 중 경제성과 시공성 및 높은 에너지소산능력을 제공하는 강재이력형 감쇠장치를 이용한 수동형 제진구조시스템이 널리 사용되고 있다.

국내의 경우 강재이력형 감쇠장치는 2000년도 초부터 다양한 연구가 활발히 진행되어 왔으며, 이러한 연구를 바탕으로 최근에는 실 구조물에 감쇠장치를 적용한 사례도 증가하고 있는 추세이다.[1-7] 하지만, 기존의 강재이력형 감쇠장치의 경우 대부분 판형태의 감쇠장치로 면내거동만을 고려하여 설치함으로서 비틀림 발생과 면외 거동 발생 시 감쇠장치가 작동하지 않는 경우도 발생할 수 있다.

이에 본 논문에서는 면외 거동을 방지 할 수 있으며 기존 구조물의 내력과 연성을 동시에 보강할 목적으로 H형강의 프레임과 보타입 감쇠장치로 이루어진 CBD (Channel beam

*Corresponding author E-mail : cysoo@lh.or.kr
Received February 24, 2015, Revised June 18, 2015, Accepted September 14, 2015

damper) 시스템을 제안하고, 내진설계 이전에 지어진 저층 학교건물(비내진 RC골조)을 대상으로 제안된 CBD 시스템의 내진보강 효과를 실험적으로 검토해 보고자 한다.

2. CBD 시스템

Fig. 1과 Fig. 2는 보 타입 감쇠장치의 형상과 CBD 시스템의 형상을 나타낸 것이다. CBD 시스템은 H형강으로 이루어진 프레임과 보타입의 감쇠장치로 이루어진 구조로 기존 구조물의 기둥과 기둥 사이에 설치되며 완벽한 프레임을 구성하여 설치되는 형태이다.

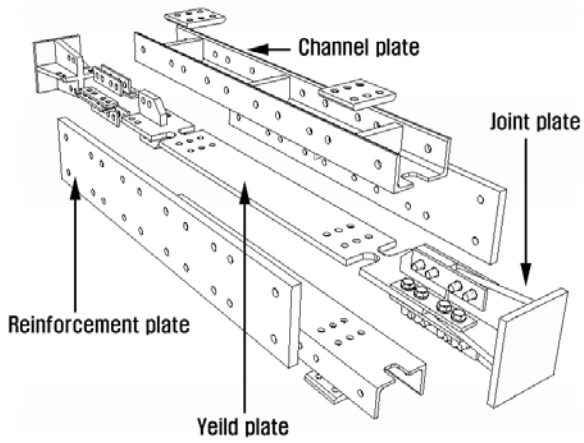


Fig. 1 Configuration of beam type damper

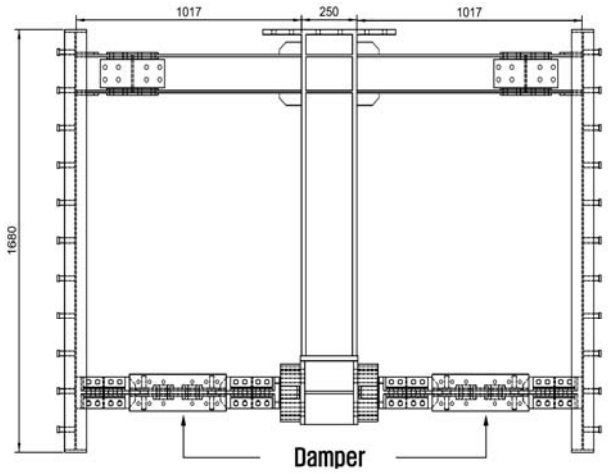


Fig. 2 CBD system

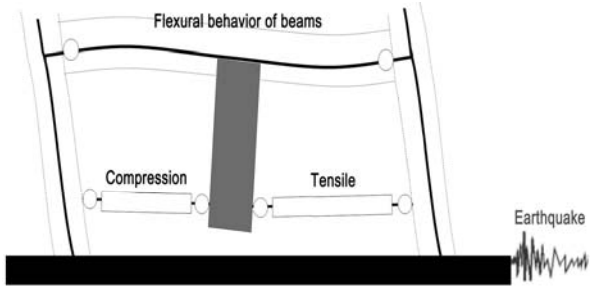


Fig. 3 Motion of CBD system in the event of EQ

기존 노후화 된 기둥의 부족한 내력은 H형강으로 이루어진 프레임을 설치하여 내력을 증가시키고, 연성은 보타입 감쇠장치가 확보한 시스템이다. CBD 감쇠장치는 에너지흡수 성능이 우수한 강재를 항복판으로 사용하고 항복판이 압축 및 인장 시 좌굴 및 비틀림을 구속하도록 채널강재로 보강한 강재이력형 감쇠장치이다. Fig. 3에 지진발생 시 CBD 시스템의 거동형태를 나타내었다. CBD 시스템은 큰 전단변형에 의한 에너지 흡수율이 높으며, 공장에서 조립되어 시공이 용이하고, 작업성이 뛰어나다. 또한, 설치완료 후 감쇠장치를 구리스로 밀봉하기 때문에 특별한 유지관리가 필요하지 않으며, 감쇠장치의 소성변형 또는 파괴 시 CBD 시스템은 볼트 조립식이므로 기존 감쇠장치 제거 후 교체가 가능한 편리한 시스템이다. Fig. 4는 CBD의 장치실험 사례를 통한 이력특성을 나타낸 것으로 일반 강재의 인장, 압축에 의한 이력특성이 설계 시 그대로 적용될 수 있음을 보여주고 있다.

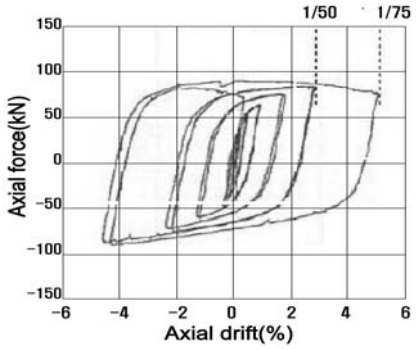


Fig. 4 Result of damper test

3. 실 험

3.1 실험체 계획

CBD 시스템의 내진성능 증진효과를 검증 할 목적으로 비내진 상세를 가지는 학교건물의 골조를 대상으로 보강 전·후의 내진성능을 반복가력 실험을 통하여 평가하였다.

연구대상 건물은 내진설계 이전에 준공된 건물이며, Fig. 5에 평면도를 나타내었다.

실험체는 Fig. 5에 점선으로 표시된 바와 같이 기둥-보로 구성된 외측골조의 1층 부분으로부터 모델링하였으며, 기둥하부의 조적벽은 고려하지 않았다. 실험체 크기

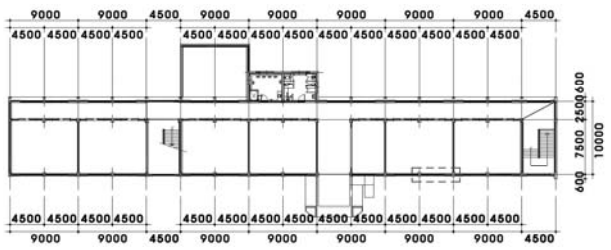


Fig. 5 Studied building

는 실험실 여건 등을 고려하여 실물크기의 60%로 축소하여 제작하였다. Table 1은 실험체 일람표를 나타낸 것이다. Fig. 6과 Fig. 7에 DSS-00 실험체와 DSS-02 실험체의 배근도 및 CBD 시스템의 설치형상을 나타내었다. 축소 전 기둥 단면은 350×500 mm로 상사율에 맞추어 210×300 mm로 축소하였고 축소한 기둥의 주근은 10-D13, 띠철근은 D6@ 180으로 배근하였다. CBD 시스템의 기둥 H형강(H-150×100×6×9)은 축소된 기둥 폭과 작업성을 고려하여 선정하였다. 또한, CBD 시스템은 비보강 실험체의 강도와 연성을 모두 증진할 수 있도록 계획하였고, 비보강 실험체 대비 내력은 약 70% 증진과 동시에 KBC 2009의 허용층간변위(1%, 내진등급(특)) 확보를 보강 목표로 설정하였다.[8)]

Table 1 Specimens

Name	Size (㎜) (Length×Height×Width)	weight (kN)	Reinforced or not
DSS-00	3,600×3,480×800	95	w/o damper
DSS-02		100	with CBD system

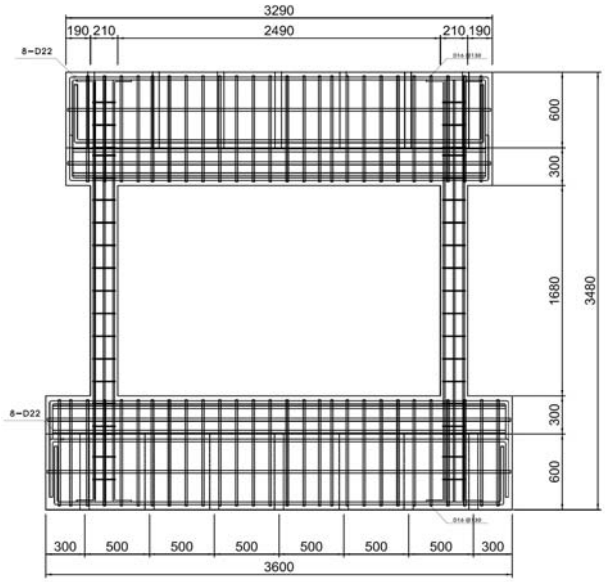


Fig. 6 DSS-00 specimen

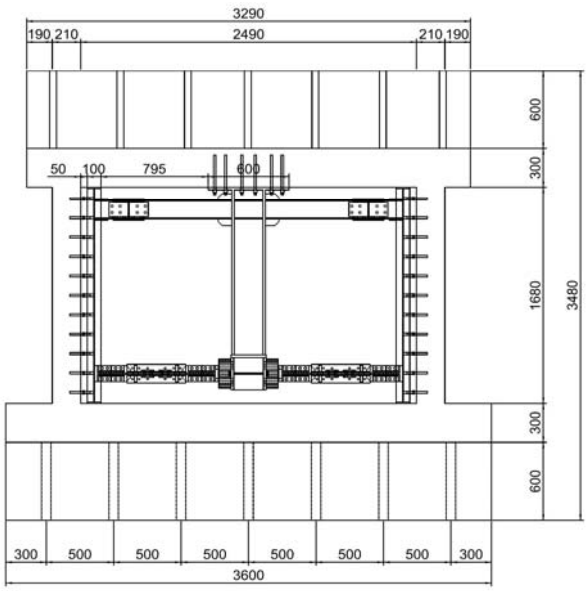


Fig. 7 DSS-02 specimen

3.2 보 타입 감쇠장치 설계

보 타입 감쇠장치는 Fig. 8에 나타낸 바와 같이 골조 대비 감쇠장치의 강성이 크고 항복변위가 작아 조기에 항복하도록 설계되었다. 백은림 등(2014)[7)]에 따르면 효율적인 감쇠장치의 거동을 확보하기 위해서는 골조 대비 감쇠장치의 항복변위비(δ_s/δ_d)를 4.0이상 유지할 필요가 있는 것으로 보고하고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 내용들을 반영하여 골조와 감쇠장치의 항복변위비가 5이상이 되도록 감쇠장치를 설계하였다. Fig. 9는 축소된 비내진 골조의 비선형정적

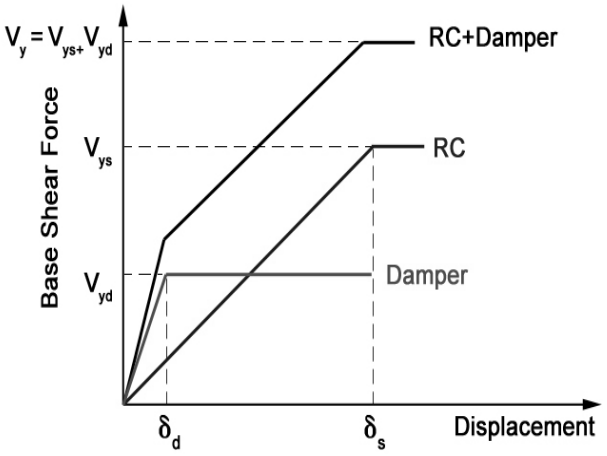


Fig. 8 Behavior according to retrofit using damper

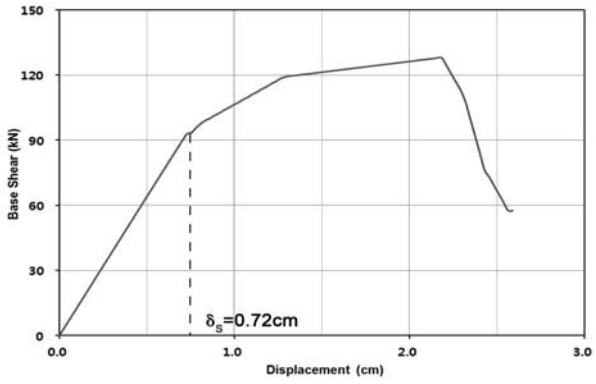


Fig. 9 Pushover result of non-seismic RC frame

Table 2 Specifications of beam type damper

Yield Displacement (mm)	Yield load (kN)	Initial stiffness (MPa)	Second stiffness (MPa)
1.4	25	1.78	0.03

해석결과를 도식화하여 나타낸 것이다. 해석결과, 비내진 골조의 항복변위(δ_s)는 0.72 cm, 항복하중(V_{ys})은 92.6 kN으로 나타났으며, Table 2에 본 연구에 적용된 보 타입 감쇠장치의 특성값을 나타내었다.

3.3 실험방법

Fig. 10에 CBD 시스템을 보강한 실험체의 셋팅 상황을 나타내었다. 실험체 상부 스터브 위에 가력용 철골프레임을 설치하고, 엑츄에이터를 철골프레임에 연결한 후 이를 이용하여 반복하중을 가력 하였다. 또한, 실험체 좌·우측에 엑츄에이터 2개 설치하여 일정한 축력을 가력 하였다. 그리고 감쇠장치의 작동여부를 확인하기 위하여 중앙부 기둥의 좌·우측 감쇠장치 끝단에 로드셀을 설치하여 감쇠장치에 전달되는 인장, 압축력을 측정하였다.

Fig. 10 Specimen set-up (DSS-02)

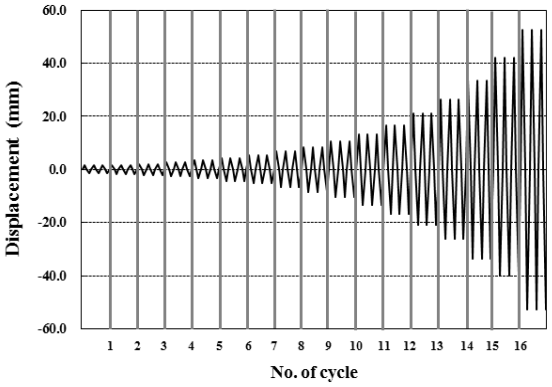


Fig. 11 Loading histories

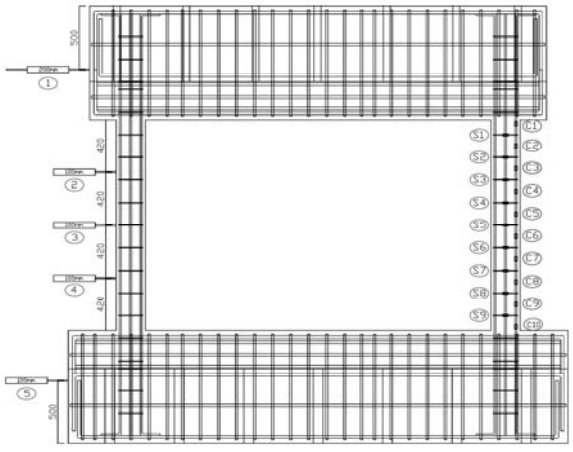


Fig. 12 Location of LVDTs and strain gauges

각 단계에 적용된 횡 변위(mm)는 수평 부기둥의 순길이로 나눈 값)에 따라 16개의 스텝으로 1/1,150, 1/1,000, 1/800, 1/640, 1/500, 1/400, 1/320, 1/250, 1/200, 1/160, 1/125, 1/100, 1/80, 1/64, 1/50, 1/40 순으로 각 3 싸이클씩 단계별로 점증 가력 하였다.[9)]

Fig. 11과 Fig. 12에 하중이력(Loading histories) 및 계측장비 위치를 도식화하여 나타내었다. LVDT는 수평 엑츄에이터 하중 작용점을 기준으로 등간격으로 하부 스터브까지 총 5개를 설치하였다. 또한, 기둥내부 주근과 띠철근의 응력분포를 확인하기 위하여 주근에 10개(C1~C10), 띠철근에 9개(S1~S9)의 스트레인 게이지를 부착하였다.

3.4 CBD 시스템 설치

Fig. 13은 CBD 시스템의 설치 과정을 나타낸 것이다.

CBD 시스템은 (a) 실험체 제작 완료, (b) 보 및 기둥 천공, (c) 셋 앵커 설치, (d) 중앙부 및 기둥부 H형강 설치, (e) 기둥 거푸집 설치, (f) 무수축 몰탈 타설 및 양생 순으로 설치하였고, 보 타입 감쇠장치는 실험체 이송 시 발생될 진동 등을 고려하여 실험실 반입 후 실험 전에 설치하였다.

3.5 재료시험

본 연구에서 사용한 콘크리트의 설계강도는 18 MPa로 KS F 2405 (압축강도 실험방법)에 의한 콘크리트 압축강도 시험결과 6개 공시체 평균값은 20.53 MPa로 나타났다.

철근과 강재시편은 KS B 0801 (금속재료 인장시험편 규정) 2호의 규정에 따라 시험편을 제작하여, KSB 0802의

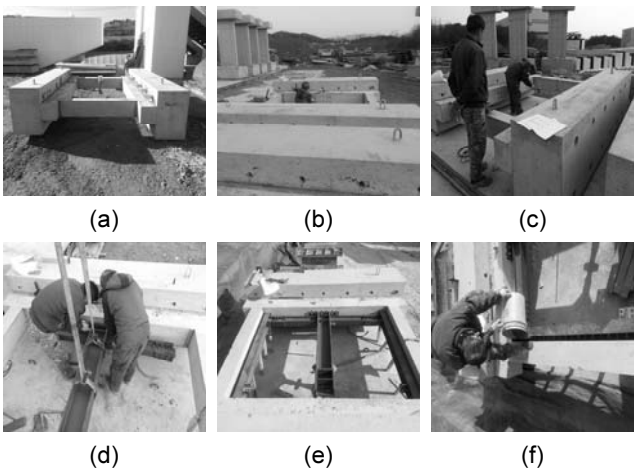


Fig. 13 Installation of CBD system

금속재료 인장시험방법에 따라 시험을 실시하였다. Table 3에 철근의 인장시험결과와 강재시편결과를 나타내었다.

Table 3 Material properties of steel and coupon test

Bar size	Yield strength (MPa)	Yield strain (×10-5)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)
D13	348.03	2960.3	517.4	36.0
D6	299.55	4205.8	418.6	26.8
12T	332.01	1919.0	477.3	26.8

4. 실험 결과

4.1 균열 및 파괴상황

실험체의 균열패턴은 실험체 파괴메커니즘을 파악하는데 중요한 실마리를 제공한다. Fig. 14과 Fig. 15에 DSS -00과 DSS-02의 실험종료 후 파괴상황을 나타내었다.

DSS-00은 부재각 1/1,000 (횡변위 1.68 mm) 부가력에서 우측 기둥 하단부에 미세한 휨 균열이 발생하였고, 기둥 중앙부에서는 부재각 1/800 (횡변위 2.10 mm) 정가력에서 미세한 휨 균열이 발생하였다. 그 후 부재각이 증가시마다 좌·우측 기둥의 상·하부에서 균열이 점차 증가하는 양상을 나타내었으며, 부재각 1/160 (횡변위 10.50 mm) 정가력 시에는 기둥 중앙에 전단균열이 다수 발생하였고, 부재각이 증가하면서 전단균열이 점점 커지고 그 수가 증가하였다. 부재각 1/64 (횡변위 26.25 mm)에서 기둥 양단부에 전단균열 폭이 매우 커지면서 콘크리트 피복이 박리되었고, 부재각 1/50 (횡변위 33.60 mm)에서 기둥 단부가 파괴되었다.

DSS-02의 초기균열은 부재각 1/800 (횡변위 2.10 mm)에서 미세한 휨균열이 발생하였고, 기둥 중앙부에서는 부재각 1/500 (횡변위 3.36 mm)에서 미세한 휨균열이 발생하였다. 그 후 부재각 증가 시마다 DSS-00과 유사하게 좌·우측 기둥의 상·하부에서 균열이 점차 증가하는 양상을 나타내었다. 부재각 1/160 (횡변위 10.50 mm)에서는 양쪽 기둥 상단부에 전단균열이 미세하게 발생하였고, 부재각 1/64 (횡변위 26.25 mm)에서 기둥 상단부의 균열이 중앙부까지 증가하였다. 하지만 DSS-00와 같이 콘크리트 피복이 박리되는 현상 및 무수축 몰탈을 타설한 부위에서는 균열이 발생하지 않았다. 그 이후 부재각 1/50 (횡변위 33.60 mm)까지 전단균열의 폭이 커지고 길게 확장되었으며, 부재각 1/40 (횡변위 42.00 mm) 부방향에서 하중 감소가 나타나 실험을 종료하였다.

4.2 하중-변위관계

Table 4에 DSS-00와 DSS-02에 대한 실험결과를 정리하였으며, Fig. 16에 각 실험체별 하중-변위관계를 나타내었다.

DSS-00은 내진기준 허용층간변형각 1.0% 시 기둥의 상·하부에 많은 균열과 콘크리트의 피복이 박리 되는 현상

Fig. 14 Crack pattern (DSS-00)

Fig. 15 Crack pattern (DSS-02)

Table 4 Test Results

Specimen	Cycle	Yield load (kN)	Yield Displacement (δy, mm(%))	Maximum load (kN)	Maximum displacement (δmax, mm(%))	Ductility Ratio
DSS-00	+	82.7	8.4	146.9	33.6	4.0
	-	-85.2	-8.4	-144.2	-33.6	4.0
DSS-02	+	158.4	8.4	251.7	42.0	5.0
	-	-153.4	-8.4	-253.1	-42.0	5.0

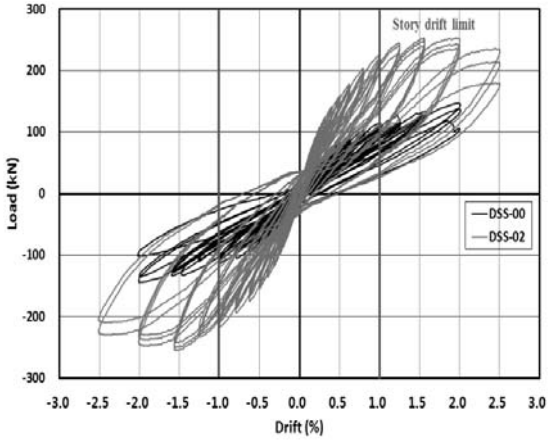


Fig. 16 Load-displacement relationship

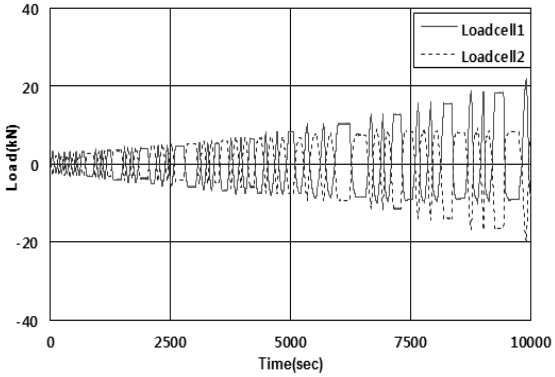


Fig. 17 Result of load-cell 1 and 2

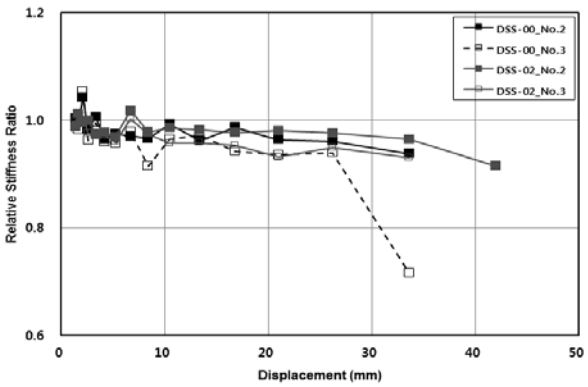
이 발생하였고 강도저하도 각 싸이클별 약 8.0%정도 나타났다.

이에 반해 CBD 시스템으로 보강한 DSS-02는 내진기준 허용층간변형각 1.0%에서도 기둥 상·하부의 콘크리트 피복의 박리등은 나타나지 않았다. 또한 강도저하도 각 싸이클 별 약 2.0% 수준으로 나타났다. 실험 종료 시 약 2.5%의 층간변형각을 나타내어 우수한 내진거동을 보여주었다. 또한 최대내력에 있어서도 실험체 계획 시 산정한 강도보강 목표보다 초과하여 정방향은 1.71배, 부방향은 1.75배 내력이 증가된 결과를 보여주었다.

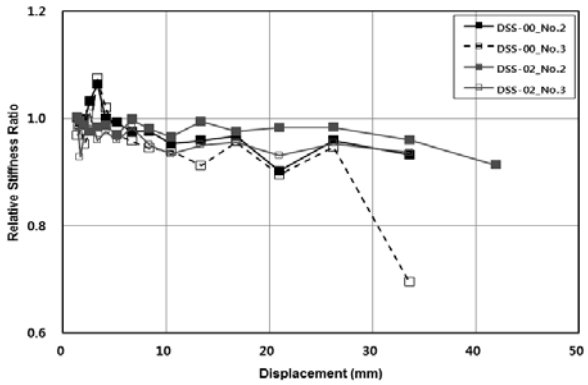
Fig. 17은 시간의 변화에 따라 감쇠장치에 전달되는 하중의 변화를 나타낸 그림이다. 그림으로부터 알 수 있듯이 반복하중이 작용함에 따라 감쇠장치에 인장과 압축력이 전달되고 있으며, 가력변위가 증가할수록 감쇠장치로 전달되는 힘 또한 증가하고 있음을 알 수 있다.

4.3 강도저하

Fig. 18은 부재각의 단계별로 두 번째와 세 번째 싸이클의 강도저하를 첫 번째 싸이클의 강도를 기준으로 상대비로 나타낸 것이다. DSS-00의 경우 반복가력 실험 시 강도저하가 부재각 1/160 (105 mm) 이후 정·부 방향 모두 약 8~10%정도 나타났고, 실험 종료 시인 부재각 1/50 (33.6 mm)에서는 정·부 방향 모두 약 30%의 강도저하가 나타났다.



(a) Positive direction



(b) Negative direction

Fig. 18 Comparison of strength degradation ratio

하지만, DSS-02의 경우에는 목표 허용층간변위 인 부재각 1/100 (168 mm)에도 강도저하가 정·부방향 모두 2~3% 사이로 나타났고 실험 종료 시인 부재각 1/40 (420 mm)에서도 정·부방향 모두 강도저하가 약 9%로 나타났다. 이는 CBD 시스템이 강도저하를 방지하는데도 효과적이라는 사실을 나타내고 있다.

4.4 에너지소산능력

각 사이클에 따른 이력거동으로부터 그에 해당하는 에너지소산능력(energy dissipation capacity)을 아래와 같은 선적분을 이용하여 구하였다. 하중과 변위가 연속량이 아니기 때문에 선적분을 수행할 수 없어 실험으로부터 얻은 하중-변위의 이산량으로 치환하여 근사값으로 산정하였다.

$$E_D = \oint F(x)\ dx = \sum F(x_i)\ \triangle x_i \qquad (1)$$

여기서, $F(x)$: 감쇠장치 하중이력, $\triangle x$: 변위 증분

실험체의 이력거동에 따른 소산 에너지량(E_D)을 각 싸이클에 따라 구하고 DSS-00 및 DSS-02의 정·부방향 에너지소산량을 비교한 것을 Fig. 19에 나타내었다.

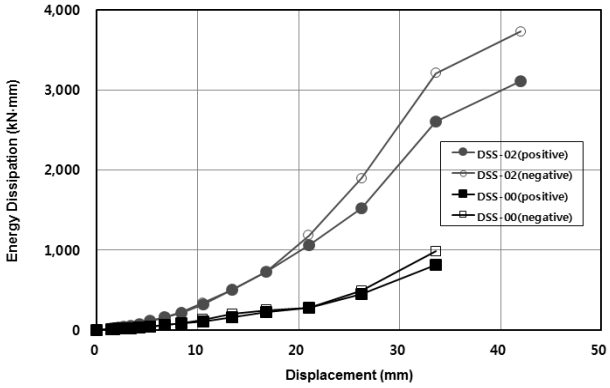


Fig. 19 Energy dissipation of specimens

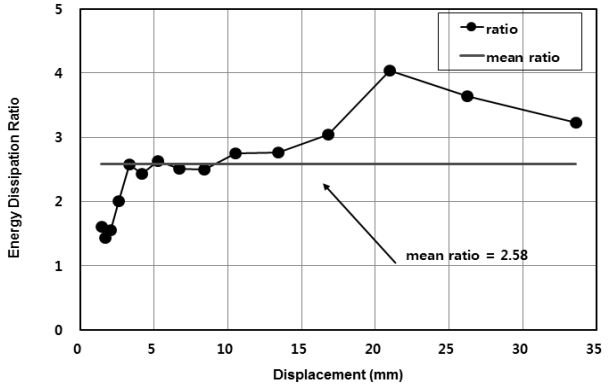
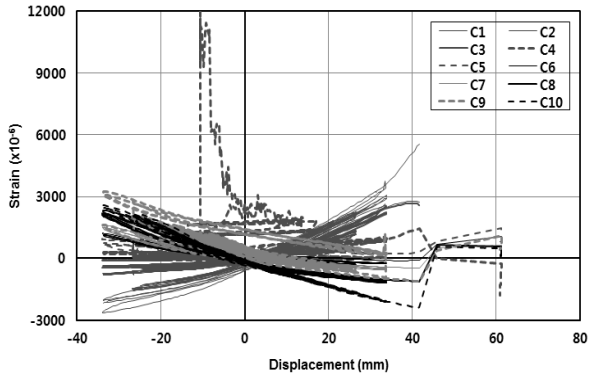


Fig. 20 Energy dissipation Ratio

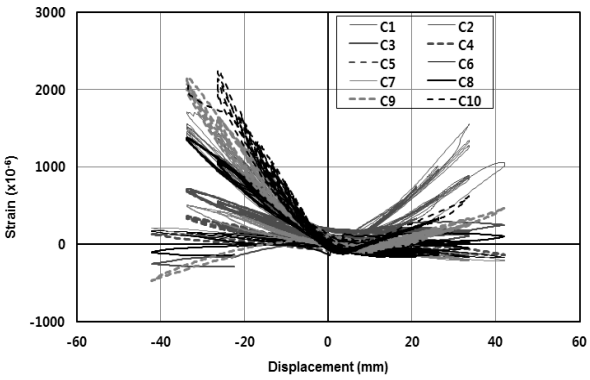
그림으로부터 알 수 있듯이 보강실험체가 비 보강실험체 보다 약 4.0배 에너지소산능력이 향상되었음을 확인할 수 있다. Fig. 20은 Fig. 19의 결과를 이용하여 각 사이클 당 DSS-02의 에너지 소산량에 대한 DSS-00의 에너지 소산비율을 나타내고 있다. 그림에서와 같이 각 사이클마다 비율이 변동을 가지는 것으로 나타나지만 평균값이 2.58로 CBD 시스템에 의한 DSS-02가 각 싸이클당 약 250% 정도로 에너지 소산이 크게 이루어지고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 에너지 소산능력의 증진은 CBD 시스템 보강으로 인한 강도와 변형 능력의 증진에 따른 결과라고 사료된다.

4.5 철근의 변형능력

Fig. 21은 DSS-00와 DSS-02의 주철근 변형률 분포를 나타낸 것이다. 최대하중 가력 시 DSS-00의 주근에 부착된 게이지는 대부분 항복하였으나, DSS-02의 경우 기초부근의 철근을 제외하고는 대부분의 주근이 2,000 $\mu\epsilon$의 변형률을 나타내 기초와 기둥의 접합부를 제외하고는 기둥 주근의 항복이 진행되지 않았다는 것을 알 수 있다. 띠철근에 부착된 스트레인 게이지의 결과도 주근의 결과와 유사하게 나타났다.



(a) C1~C10(DSS-00)



(b) C1~C10(DSS-02)

Fig. 21 Strain distribution of reinforcements

5. 결 론

본 연구에서는 CBD 시스템의 내진보강 효과를 알아보기 위하여 내진설계 이전에 지어진 저층 학교 건물을 대상으로 CBD 시스템을 설치하여 기존 비내진 RC 골조의 실험결과와 비교 분석하였다. 본 연구로부터 얻은 주요 결론은 다음과 같다.

1) 실험결과, 비내진 RC골조 실험체인 DSS-00는 기둥의 상·하부에 피해가 집중되면서 급격한 강도저하와 함께 취성적인 파괴양상을 나타낸 반면, CBD 시스템으로 보강된 실험체인 DSS-02는 강도 및 강성의 증가와 함께 연성적인 파괴양상을 나타내었다.
2) CSD 시스템을 보강한 DSS-02는 최대내력에 있어서도 실험체 계획 시 산정한 강도보강 목표보다 초과하여 정방향은 1.71배, 부방향은 1.75배 내력이 증가된 결과를 보여주었고 강도저하의 경우에도 목표 허용층간변위 인 부재각 1/100에도 강도저하가 정·부방향 모두 2~3% 사이로 작게 나타났고 실험 종료 시인 부재각 1/40에서도 정·부방향 모두 강도저하가 9%를 넘지 않았다. 또한, 약 4.0배의 에너지소산능력 향상을 나타내어 CBD 시스템의 보강효과를 확인할 수 있었다.
3) 본 연구에서 제안하는 CBD 시스템을 적용할 경우 비내진 상세를 갖는 철근콘크리트 골조의 내력 증

진 및 안전성 확보를 위해 국내 내진기준에서 요구하는 층간변형각 기준을 만족하도록 보강하는데 용이하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

4) 본 연구에서는 보 타입 감쇠장치의 내력산정을 비내진 건물의 기둥 전단력으로 결정하였으나, 실무 적용을 위해서는 쉽게 계산이 가능한 경험식의 도출이 필요할 것으로 판단됨으로 이에 대해서는 추후 보완적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구에 도움을 주신 삼영엠텍(주)와 전남대학교 황재승 교수님께 감사드립니다.

References

1. Oh, S. H., Ryu, H. S., and Kim, Y. J., "Structural Behavior of Beam-to-Column Connections with Elasto-Plastic Hysteretic Dampers", *Journal of EESK*, 2005, pp.552-559.
2. Oh, S. H., and Kim, Y. J., "Hysteretic Behavior of Beam-to-Column Connections with Slit Plate Dampers", *Journal of AIK*, Vol.21, No.12, 2005, pp.101-108.
3. Lee, H. H., "Yield Strength Evaluation of Slit Shaped Metallic Damper", *Proceedings of the Korea Concrete Institute*, Vol.22, No.2, 2010, pp.239-240.
4. Choi, K. S., Kim, H. R., Kim, J. H., and You, Y. C., "Hysteretic Behavior of Steel Slit Damper with Different Aspect Ratio", *Proceedings of the Korea Concrete Institute*, Vol.23, No.2, 2011, pp.17-18.
5. Lee, H. H., and Kim, S. I., "Hysteretic Behaviors of Metallic Dampers with the Various Slit Shape", *Journal of KSMI*, Vol.15, No.5, 2011, pp.199-208.
6. Lee, H. H., "Displacement and Velocity Dependence of Clamped Shape Metallic Dampers", *Journal of KSMI*, Vol.17, No.2, 2013, pp.62-70.
7. Beak, E. L., Oh, S. H., and Lee, S. H., "Seismic performance of an Existing Low-Rise Reinforced Concrete Piloti Building Retrofitted by Steel Rod Damper", *EESK J Earthquake Eng*, Vol.18, No.5, 2014, pp.241-251.
8. KBC, Korean Building and Commentary, Architectural Institute of Korea, 2009.
9. ACI Committee 374, "Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing and Commentary", ACI 374.1-05.

요 약 본 연구에서는 내진설계 이전에 지어진 학교 건물을 대상으로 내진보강효과를 알아보기 위하여 CBD 시스템을 설치하여 기존 비내진 설계된 보강 RC골조 실험결과와 비교 분석하였다. 실험결과, 비내진 설계된 실험체는 좌·우측 기둥의 상·하부에 피해가 집중되면서 급격한 강도저하와 함께 취성적인 전단파괴의 양상을 나타낸 반면, CBD 시스템을 보강한 실험체는 강도 및 강성의 증가와 함께 탄소성 거동을 보이면서 에너지 흡수 능력이 큰 타원형의 이력특성을 나타내었다. 또한, 두 실험체의 강성저하를 비교한 결과 CBD 시스템을 보강한 실험체가 강성저하를 방지하는데도 효과적임을 알 수 있었다. 에너지소산능력도 CBD 시스템을 보강한 실험체가 비보강 실험체에 비해 약 4.0배의 향상된 결과를 나타내었다. 이러한 에너지소산능력의 증진은 내력과 변형 능력의 증진에 따른 결과라고 사료된다. 본 연구에서 제안하는 CBD 시스템을 적용할 경우 비내진 상세를 갖는 철근콘크리트 골조의 내력 증진 및 안전성 확보를 위해 국내 내진기준에서 요구하는 허용층간변형각 기준을 만족하도록 보강하는데 용이하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : CBD 시스템, 강도저하, 강성저하, 에너지소산면적, 보강된